



HYDROGEOTECHNIQUE 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

CONSEIL GÉNÉRAL DU LOIRET
**Déviation RD921 – Franchissement de la digue
DARVOY (45)**

RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE
Mission G5

Dossier n°	Indice	Date	Observations	Rédigé par :	Vérifié par :	Approuvé par :
C.14.17016	0	06/06/14	Rapport provisoire – sans les résultats des essais en laboratoire	Aline VENANT	Florent ROBIN	Hervé GRISEY
C.14.17016	1	26/06/14	Intégration des résultats des analyses GTR et des prestations géophysiques	Aline VENANT	Florent ROBIN	Hervé GRISEY
C.14.17016	2	10/07/14	Intégration d'une synthèse non technique et du chapitre sur les palplanches	Aline VENANT	Florent ROBIN	Hervé GRISEY
C.14.17016	3	27/08/14	Intégration des résultats des essais de cisaillement et essais oedométriques	Aline VENANT	Florent ROBIN	Hervé GRISEY
C.14.17016	4	15/09/14	Modifications de la profondeur des palplanches suite à la réunion et aux remarques du 11/09/14	Aline VENANT	Florent ROBIN	Hervé GRISEY

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable

642 rue Paul Héroult – 45650 SAINT JEAN LE BLANC - Tél. 02.38.22.59.42 - Fax 02.38.22.58.01
e-mail : centre@hydrogeotechnique.com

SARL au capital de 50 000 Euros - Site : www.hydrogeotechnique.com - Qualifications OPQIBI : 1001 – 1002 – 1106 – 1201
Siège social : Z.I. de la Charmotte – 90170 ANJOUTEY - R.C.S. BELFORT B 393 328 463 – SIRET 393 328 463 00012 - APE 71.12B
TVA FR 92 393 328 463 – TVA SUR ENCAISSEMENTS

SOMMAIRE

1.INTRODUCTION	4
1.1.MISSIONS.....	4
1.2.RÉFÉRENTIELS	6
1.3.DESCRPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION	7
2.ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE	10
2.1.CONTEXTE SITOLOGIQUE ET HISTORIQUE.....	10
2.2.CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	11
2.3.CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE.....	12
2.4.RISQUES NATURELS.....	12
2.4.1.Remontées de nappes.....	13
2.4.2.Risque inondation.....	14
2.4.3.Les phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux.....	14
2.4.4.Base de données des cavités souterraines.....	15
2.4.5.Risque de glissement de terrain.....	15
2.4.6.PPR, cartes ZERMOS.....	15
2.5.RISQUE MINIER	16
2.6.SISMICITÉ	16
2.7.BASE DE DONNÉES DES ANCIENS SITES INDUSTRIELS ET ACTIVITÉS DE SERVICE.....	16
2.8.VESTIGES MILITAIRES ET OBJETS PYROTECHNIQUES	16
3.PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE	17
3.1.PROGRAMME SPÉCIFIQUE	17
3.2.IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE.....	19
3.3.ORGANISATION DES ANNEXES	19
4.RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION	20
4.1.LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES.....	20
4.2.HYDROGÉOLOGIE.....	28
4.2.1.Perméabilité	28
4.2.2.Piézométrie	29
4.3.PRESTATIONS GÉOPHYSIQUES	30
5.SYNTÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES	31
5.1.SYNTÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES.....	31
5.2.ALÉAS.....	32
5.2.1.La géologie.....	32
5.2.2.La nature des matériaux	32
5.2.3.L'hydrogéologie.....	32
5.2.4.L'environnement et l'historique du site	32
5.2.5.Les risques naturels.....	33
6.PRINCIPES GÉNÉRAUX	34
7.ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DES INCLUSIONS RIGIDES.....	35
7.1.PRINCIPES	35
7.2.NIVEAU D'ANCRAGE	36
7.3.CAPACITÉ PORTANTE.....	36



7.4.SUJÉTIONS D'EXÉCUTION	40
8.MISE EN ŒUVRE DES PALPLANCHES	41
8.1.PARAMÈTRES	41
8.2.CONDITIONS HYDRAULIQUES	42
8.3.FICHE.....	42
8.4.SUJÉTIONS D'EXÉCUTION	42
9.SYNTÈSE NON TECHNIQUE	43
9.1.CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES.....	43
9.2.INCLUSIONS RIGIDES.....	44
9.3.RIDEAU DE PALPLANCHES	44
10.POINTS À ÉTUDIER PARTICULIÈREMENT AU STADE G2-PHASE PRO	45
ANNEXES	47



1. INTRODUCTION

1.1. **MISSIONS**

À la demande et pour le compte de la **Direction de l'Ingénierie et des Infrastructures, du Conseil Général du Loiret**, la Direction Régionale Centre Val de Loire du Bureau d'Études **HYDROGÉOTECHNIQUE EST** a procédé à l'exécution des sondages, essais et études géotechniques préalables à la réalisation du **franchissement de la digue par la déviation de la RD921**, situé sur la **commune de DARVOY (45)**.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la norme 94.500 des missions type d'ingénierie géotechnique de l'AFNOR-USG (Novembre 2013), qui suivent les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet, à savoir :

- ü ÉTAPE 1 : étude géotechnique préalable (G1)
 - ES : Phase étude de site,
 - PGC : Phase principes généraux de construction,
- ü ÉTAPE 2 : étude géotechnique de conception (G2)
 - AVP : Phase avant projet,
 - PRO : Phase projet,
 - DCE / ACT
- ü ÉTAPE 3 : études géotechniques de réalisation
 - Étude et suivi géotechnique d'exécution (G3)
 - 1) Phase étude,
 - 2) Phase suivi.
 - Supervision géotechnique d'exécution (G4)
 - 3) Phase étude,
 - 4) Phase suivi.
- ü **Étude d'éléments spécifiques géotechniques**
 - **Diagnostic géotechnique (G5).**

L'étude géotechnique conduite sur le terrain, ainsi que le présent rapport correspondent à une **mission G5** de l'Union Syndicale Géotechnique. Vous trouverez en annexe la classification, le contenu, et le schéma d'enchaînement de cette mission.

Ce rapport a été rédigé par **Aline VENANT, Ingénieur géotechnicien de l'Institut Polytechnique LaSalle Beauvais**, vérifié par **Florent ROBIN, Directeur régional, Ingénieur géologue géotechnicien de l'Université d'Orléans** et approuvé par **Hervé GRISEY, Docteur en Géologie appliquée**.

Les objectifs de cette étude sont :

- Ø l'appréhension des caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques des sols au droit du projet,
- Ø la présentation des principes généraux de construction des ouvrages géotechniques, à savoir :
 - u les inclusions rigides,
 - u le rideau de palplanches,
- Ø la justification de quelques ébauches dimensionnelles des ouvrages principaux suivant les règles, normes AFNOR ou fascicules.

Notre mission de type G5 s'arrête à la remise de ce rapport. Elle devra être suivie des missions de type G2-PRO et DCE/ACT, G4. Ponctuellement une mission G5 à définir par la Maîtrise d'œuvre du projet pourra être réalisée. La mission G3 est à la charge de l'entreprise adjudicataire des travaux.



Le caractère de cette étude est strictement de type géotechnique. Sont exclus les aspects liés à :

- Ø la détection systématique de cavités éventuelles,
- Ø la recherche de pollution éventuelle,
- Ø la caractérisation des ouvrages enterrés et des incidences des vestiges et fouilles archéologiques,
- Ø la caractérisation de la perméabilité des sols vis à vis de l'assainissement ou des eaux pluviales.

1.2. **RÉFÉRENTIELS**

La campagne de sondages, ainsi que notre étude suivent les normes et documents français et plus particulièrement :

- Ø Eurocodes 1 – NF-EN-1991-1 (mars 2003),
- Ø Eurocodes 7 – NF-EN-1997-1 (juin 2005) et NF-EN-1997-2 (septembre 2007),
- Ø Eurocodes 8 – NF-EN-1998-5 (septembre 2005),
- Ø Arrêtés du 22 octobre 2010 et du 19 juillet 2011 relatifs à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »,
- Ø NFP 94-262 – Calcul géotechnique – Fondations profondes (juillet 2012),
- Ø Guide technique pour les remblais et les couches de forme (septembre 1992),
- Ø Normes relatives aux essais in situ et essais en laboratoire.

Pour mener à bien notre mission, les documents suivants nous ont été fournis par le Maître d'œuvre :

- Ø le cahier des charges des investigations et objectifs de l'étude, non daté,
- Ø le plan topographique, en format dwg, de juillet 2005,
- Ø le plan du tracé du projet, en format dwg, d'août 2013.



1.3. DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION

Le projet concerne **le franchissement de la digue par la déviation de la RD921**, sur la commune de **DARVOY (45)**.

À ce stade, les informations connues sur le projet correspondent à :

- ∅ digue de classe A dont l'intégrité ne doit pas être impactée par le franchissement,
- ∅ structure de chaussée posée sur la digue pour un franchissement à niveau,
- ∅ inclusions rigides dans le corps de digue pour supporter la chaussée, afin que la digue ne supporte pas la charge de la voirie routière,
- ∅ rideau de palplanches coté Loire assurant l'étanchéité de la digue sur 60ml axé sur la déviation,
- ∅ d'après les informations fournies par le maître d'ouvrage, l'ouvrage étudié est classé en **catégorie géotechnique 1** :

Catégorie géotechnique*	Classe de conséquence	Conditions de site	Base des justifications
1	CC1	Simple et connues	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative
2	CC1	Complexes	Reconnaissance géotechnique et calcul
2	CC2	Simple	
3	CC2	Complexes	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis
3	CC3	Simple ou complexes	

* Cette classification est à confirmer par le maître d'ouvrage.



Les illustrations suivantes présentent les travaux projetés :



Figure 1 : plan de situation

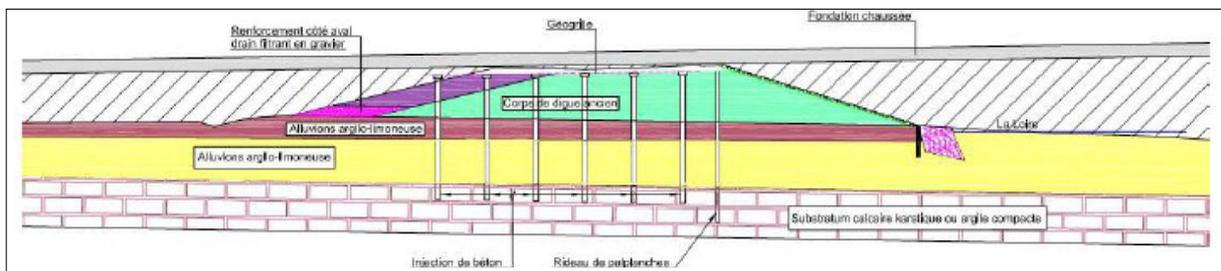


Figure 2 : Coupe de principe du projet

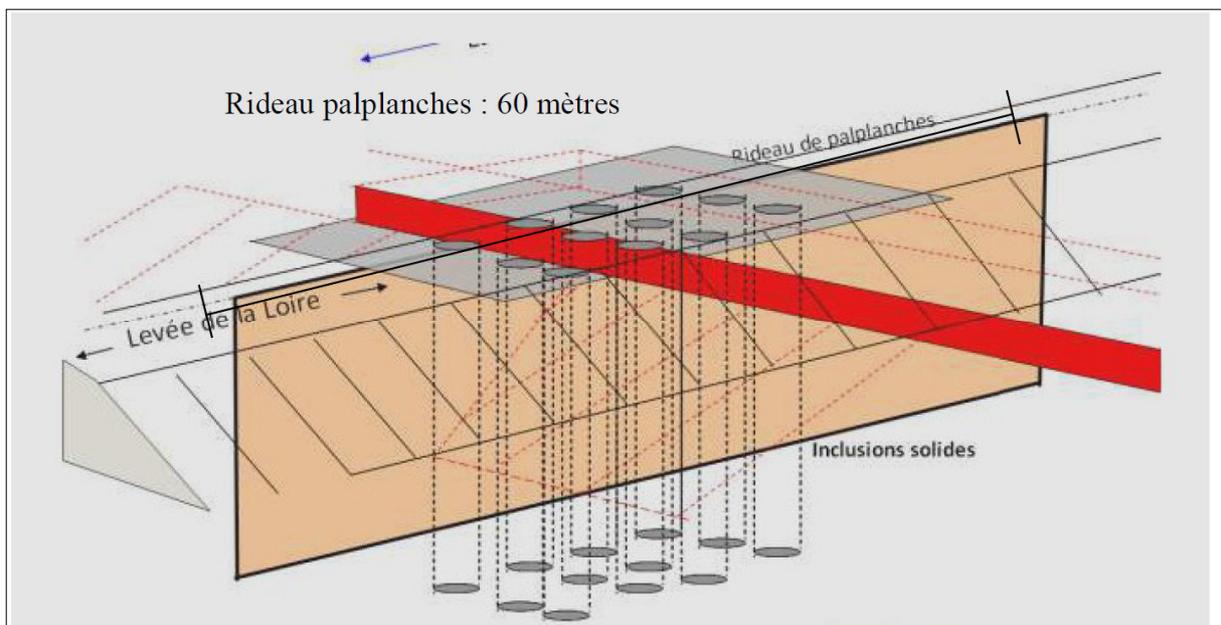


Figure 3 : Vue en perspective du projet

Tous changements d'implantation ou d'importance du projet par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport doivent nous être communiqués et recevoir notre accord par écrit. Ces changements peuvent modifier les conclusions de notre étude.



2. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE

2.1. CONTEXTE SITOLOGIQUE ET HISTORIQUE

Le site se trouve sur la commune de **DARVOY (45)**, à proximité du lieu-dit « Pontvilliers ».

La digue se trouve dans le lit majeur de la Loire. Elle est bordée de part et d'autre par des parcelles agricoles.

Au droit du projet, la digue fait environ 3m de haut, 34m de large à la base et 10m de large au sommet.

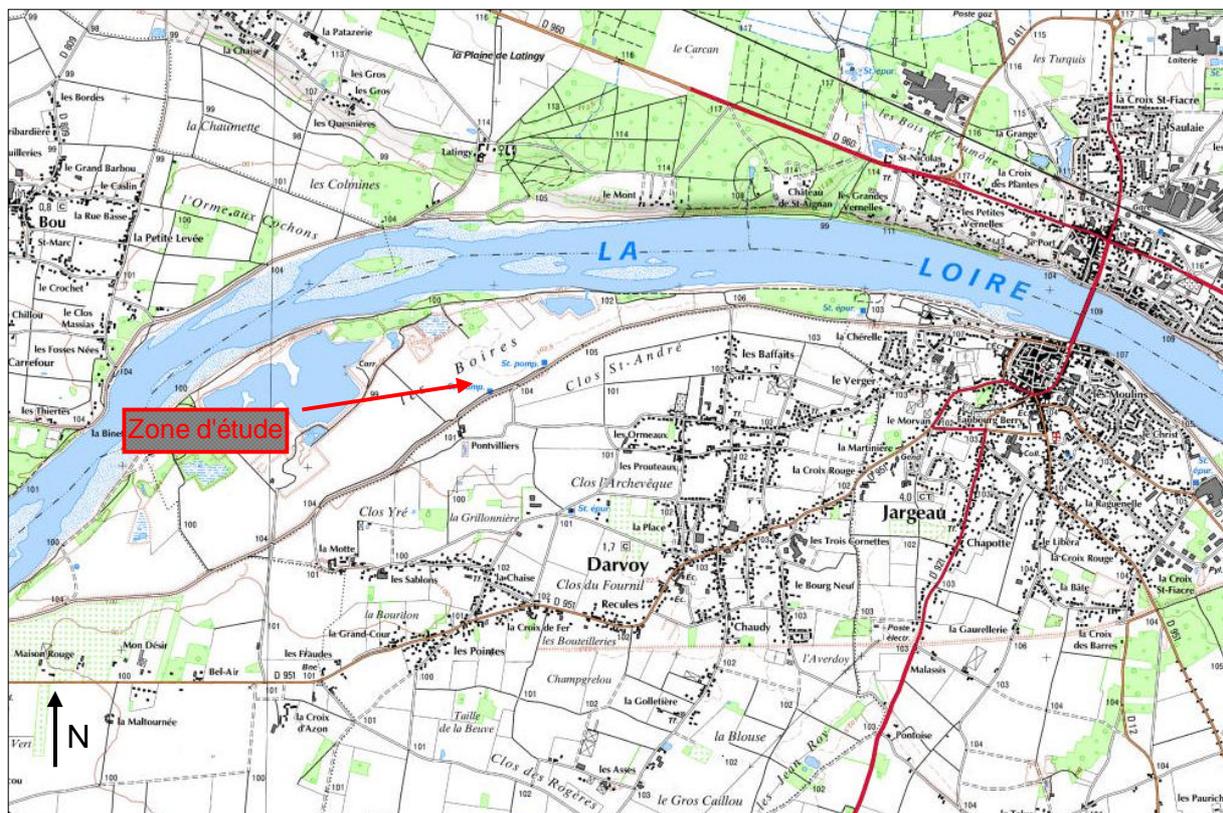


Figure 4 : Localisation de la zone d'étude, extrait de la carte IGN au 1/25000

On notera la présence d'exploitations de sables et graviers au Nord-Ouest du site.

La vue aérienne ci-dessous illustre le site :



Figure 5 : Vue aérienne, extrait du site Géoportail

2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La carte géologique (éditions du BRGM) au 1/50000 de La Ferté Saint Aubin montre que la zone d'étude se situe au niveau des formations suivantes, sous les formations de surface et d'altération non mentionnées par le document :

- ∅ matériaux de remblai du corps de digue,
- ∅ sur les alluvions modernes et récentes, à dominante sableuse (Fz et Fy),
- ∅ reposant sur la formation des marnes et calcaires de Beauce (g₃).

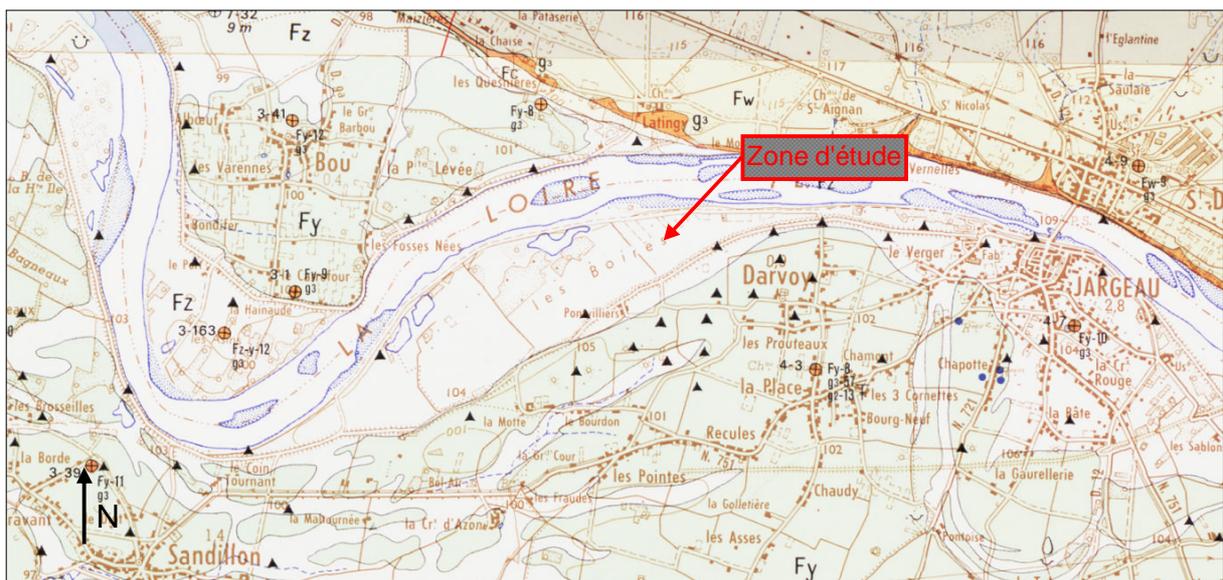


Figure 6 : Extrait de la carte géologique de La Ferté Saint Aubin, Éditions BRGM

Le sondage n° 03984X0123/F2, référencé par le BRGM à proximité immédiate du site, met en évidence la succession lithologique suivante :

- ∅ sur environ 1m d'épaisseur, des limons de recouvrement,
- ∅ entre 1m et 14m de profondeur, des sables, graviers et silex, pouvant être attribués aux alluvions,
- ∅ à partir de 14m de profondeur et jusqu'en fin de sondage, à 40m de profondeur, un calcaire à rattacher à la formation des marnes et calcaires de Beauce.

La coupe du sondage est disponible en annexe.

2.3. **CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE**

Le projet se situant dans le lit majeur de la Loire, la nappe alluviale d'accompagnement de la Loire est présente à faible profondeur.

La formation des nappes et calcaires de Beauce est aquifère en profondeur.

Attention, la piézométrie de ces différents aquifères n'est pas nécessairement confondue.

2.4. **RISQUES NATURELS**

Selon le portail de prévention des risques majeurs du ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, les arrêtés de catastrophes naturelles pris sur la commune sont les suivants :

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Figure 7 : Extrait du tableau d'arrêtés de catastrophes naturelles, (macommune.prim)

2.4.1. Remontées de nappes

Le portail Internet (www.inondationsnappes.fr) classe le site en zone de sensibilité moyenne à forte pour le risque d'inondation par remontée de nappe :

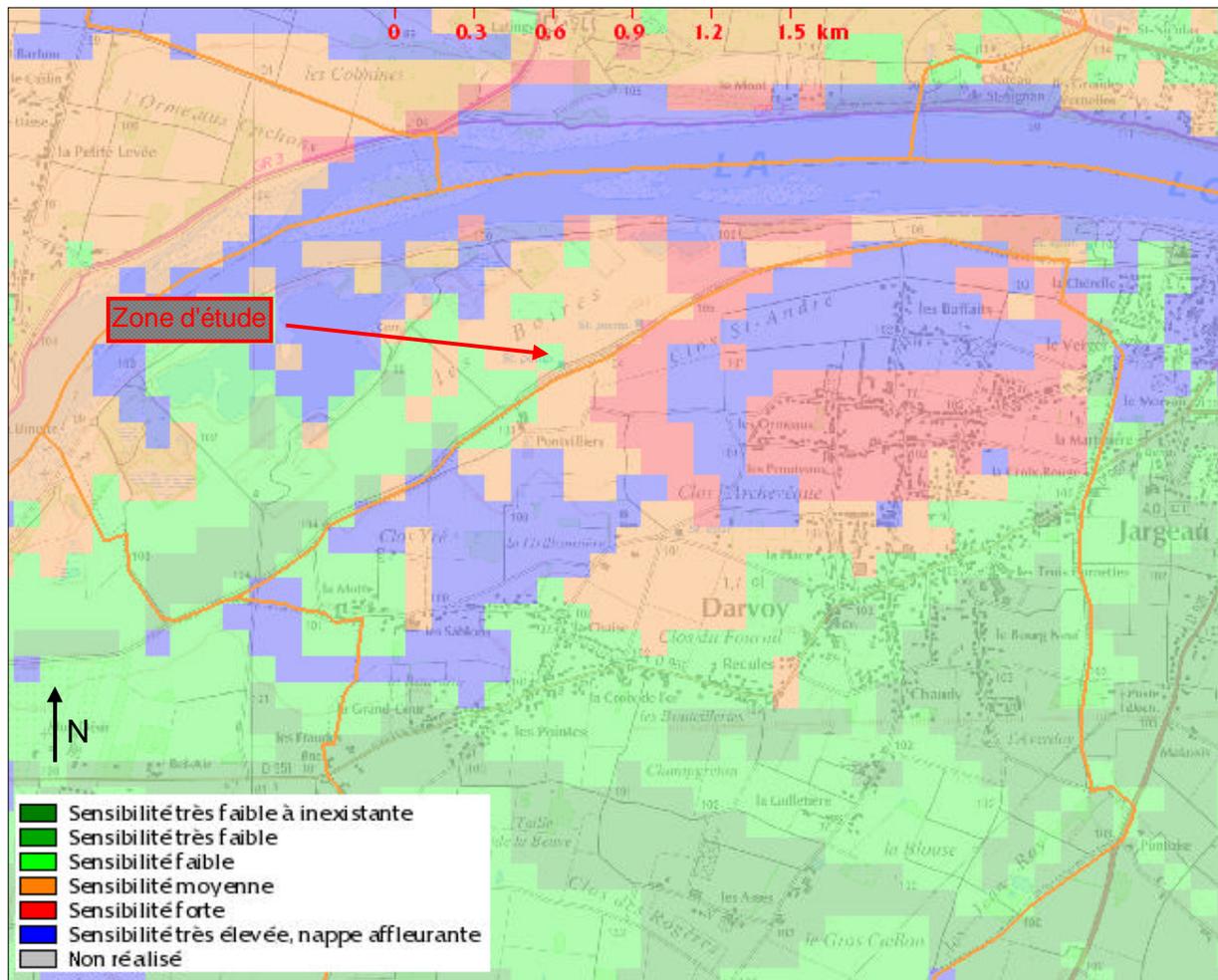


Figure 8 : Extrait de la carte de l'aléa « Inondation par remontée de nappes »

On veillera à se rapprocher des services communaux pour connaître le niveau des PHEC.

2.4.2. Risque inondation

Située dans la vallée de la Loire, le projet est en zone d'aléa fort à très fort pour le risque d'inondations, par débordement de la Loire.

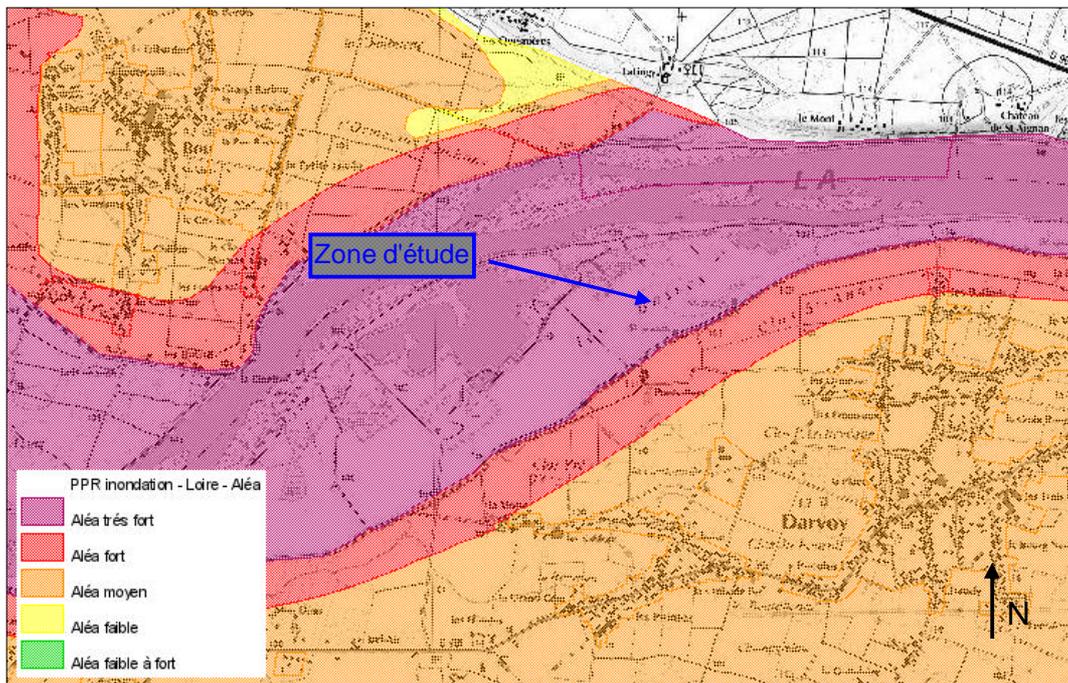


Figure 9 : Extrait de la carte aléa inondations (Cartorisque)

2.4.3. Les phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux

La cartographie de l'aléa des sols argileux aux phénomènes de retrait gonflement dont un extrait est présenté ci-après classe le site en zone **d'aléa faible**.

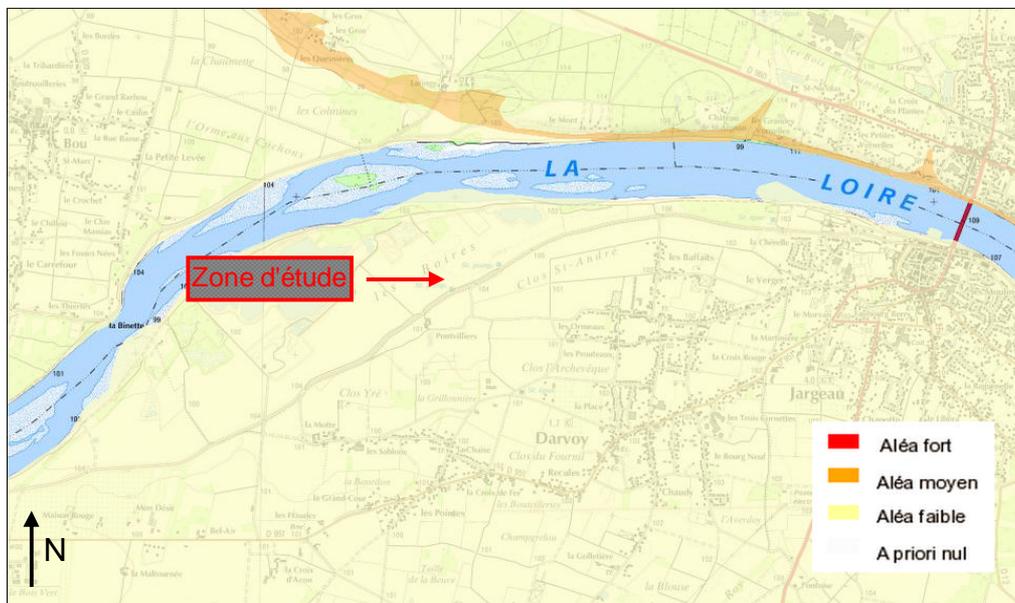


Figure 10 : extrait de la carte « argiles » du BRGM

2.4.4. Base de données des cavités souterraines

D'après la base de données du BRGM ainsi que la carte géologique, de nombreuses cavités naturelles et anthropiques sont présentes sur la commune de Darvoy et sur les communes limitrophes. La formation des calcaires de Beauce est réputée sensible aux phénomènes karstiques et remontées de fontis associées, tout particulièrement en contexte alluvial.

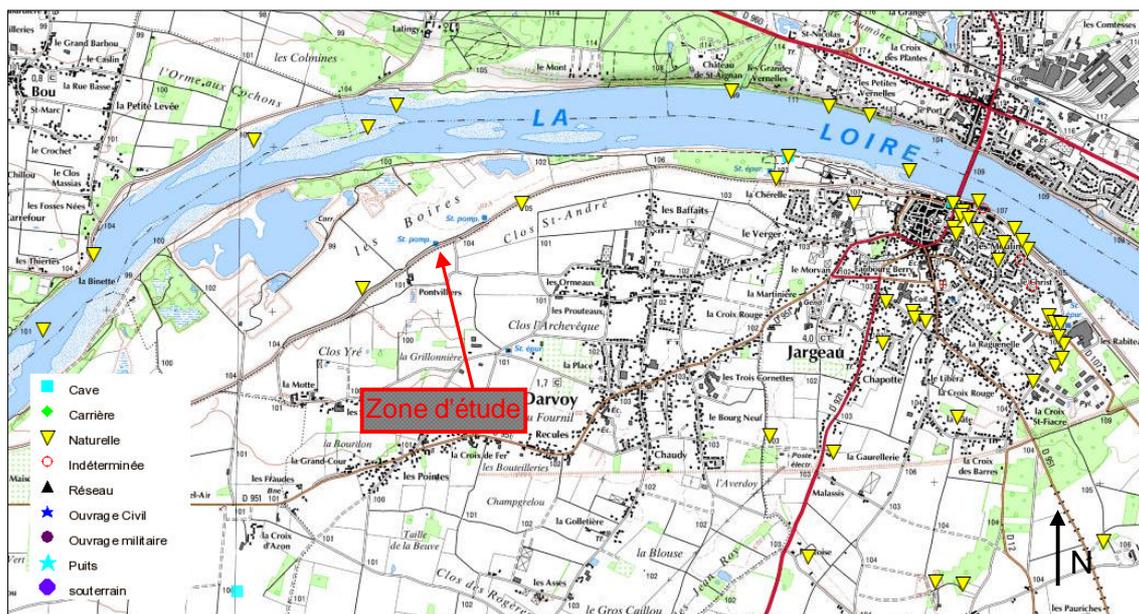


Figure 11 : extrait de la carte « cavités » du BRGM

2.4.5. Risque de glissement de terrain

La zone d'étude ne se situe pas en zone de glissement de terrain.

2.4.6. PPR, cartes ZERMOS

La commune de Darvoy fait l'objet de plusieurs PPR, listés ci-dessous :

Plans	Bassin de risque	Prescrit le	Enquêté le	Approuvé le
PPRn Inondation	Loire - Val d'Orléans	06/02/2012	-	-
PPRn Inondation - Par une crue à débordement lent de cours d'eau	Loire - Val d'Orléans	06/02/2012	-	-
PPRn Inondation	Loire (val d'Orléans)	24/01/2000	09/11/2000	07/06/2001

Les éléments relatifs aux arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sont réputés fiables car directement issus du secrétariat de la commission nationale. Par contre, les informations sur les PPR de cette page ne peuvent servir de base pour la mise en place de l'information aux acquéreurs et locataires. Seuls les arrêtés préfectoraux, publiés sur les sites des préfectures, offrent la garantie d'exhaustivité nécessaire.

Figure 12 : Extrait du tableau des PPR, (macommune.prim)

2.5. **RISQUE MINIER**

La zone d'étude ne se situe pas en zone de risque minier.

2.6. **SISMICITÉ**

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par les décrets [no 2010-1254 du 22 octobre 2010](#) et [no 2010-1255 du 22 octobre 2010](#), ainsi que par l'[Arrêté du 22 octobre 2010](#)) :

- Ø une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible),
- Ø quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

Les nouvelles règles de constructions parasismiques pour les bâtiments ainsi que le nouveau zonage sismique (qui modifient les articles 563-1 à 8 du Code de l'Environnement) sont entrées en vigueur.

Ici, le site (<http://macommune.prim.net>) classe la zone étudiée en **zone 1**.

2.7. **BASE DE DONNÉES DES ANCIENS SITES INDUSTRIELS ET ACTIVITÉS DE SERVICE**

Aucun ancien site industriel n'a été recensé par le BRGM au droit de la zone d'étude ou extrait BASIAS.

2.8. **VESTIGES MILITAIRES ET OBJETS PYROTECHNIQUES**

Compte tenu de la localisation du site, il est peu probable que des vestiges de la première et/ou seconde guerre mondiale et des objets pyrotechniques soient enfouis.



3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE

3.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE

Nous avons mis en œuvre les investigations suivantes :

ü **2 essais au pénétromètre statique**

notés PS1 et PS2,

conduits au refus aux profondeurs consignées dans le tableau ci-dessous.

Sondage	PS1	PS2
Profondeur du refus à la pointe électrique (m)	12,5	15,0
Profondeur du refus à la pointe mécanique (m)	13,6	16,6

ü **2 sondages de reconnaissance géologique de type destructif,**

au taillant 64mm,

notés SP1 et SP2,

descendus à 20,0m de profondeur,

avec identifications des formations traversées à l'avancement,

les outils ayant été adaptés à la lithologie rencontrée.

ü **L'enregistrement des paramètres de forage** à l'avancement avec un

appareil de type LUTZ. Cet appareil permet de mesurer :

- la vitesse instantanée d'avancement (VIA),
- la pression sur l'outil (PO),
- la pression d'injection du fluide de forage (PI),
- le couple de rotation (CR),
- la pression de retenue (PR).

Les enregistrements sont ensuite traités par ordinateur et joints aux coupes de sondage.

ü **Dans ces sondages, 30 essais de chargement in-situ de type**



pressiométriques,

suivant la norme NFP 94-110-1,
selon une maille de principe de 1,5m, adaptée à la lithologie rencontrée,
permettant la mesure après dépouillement :

- du module de compressibilité : E_M
- de la pression de fluage : p_f
- de la pression de rupture : p_l

Ü 2 forages en carottage continu,

en diamètre 116mm,

notés SC1 et SC2,

conduits à 20m de profondeur suivant la norme XP 94-202 et/ou suivant la norme NF-EN-ISO-22475-1,

avec identifications des formations traversées à l'avancement,

les outils ayant été adaptés à la lithologie rencontrée,

avec prélèvement de 8 échantillons non remaniés, conditionnés sous gaines PVC étanche, les autres échantillons étant conditionnés en caisses à carottes.

Ü **Dans l'un de ces sondages, la réalisation de 3 essais de perméabilité,**
de type Nasberg ou Lefranc.

Ü Enfin, en laboratoire, suivant les normes correspondantes,

- 7 mesures de la teneur en eau, NFP94-050,
- 7 analyses granulométriques, NFP94-056,
- 2 analyses sédimentométriques, NFP94-057,
- 7 valeurs au bleu, NFP94-068,
- 2 essais de cisaillement Cu+u, NFP94-074,
- 2 essais de cisaillement rectiligne à la boîte, NFP94-071-1,
- 3 essais de compressibilité à l'oedomètre, NFP94-090-1.

Les sondages carottés et pressiométriques ont été réalisés à l'aide d'une



sondeuse de type HYDROFORE 750. Les essais de pénétration statique ont été réalisés à l'aide d'un atelier de sondage de type HYDROTEST 200.

Les coupes sont nécessairement approximatives en nature et limites des couches et ne permettent pas de caractériser la blocométrie. Le diamètre des éléments prélevés est limité par le diamètre intérieur du carottier.

3.2. **IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE**

Le plan d'implantation des sondages est fourni en annexe du rapport.

Les coordonnées des têtes de sondages ont été estimées à partir du plan topographique mis à notre disposition.

Sondages	LAMBERT II Centre		Cote (NGF)
	X	Y	
SP1	580 997,8	318 405,4	105,03
SP2	581 053,6	318 427,1	105,08
SC1	581 016,3	318 412,9	105,03
SC2	581 034,8	318 420,1	104,04
PS1	581 025,6	318 416,3	105,04
PS2	581 008,6	318 409,5	105,03

3.3. **ORGANISATION DES ANNEXES**

En annexes à ce rapport, nous présentons :

- ∅ en annexe 1 : le plan d'implantation des sondages,
- ∅ en annexe 2 : la coupe du sondage référencé par le BRGM,
- ∅ en annexe 3 : le profil synthétique géotechnique,
- ∅ en annexe 4 : le rapport d'investigations géophysiques,
- ∅ en annexe 5 : la vérification à la boullance pour les palplanches,
- ∅ en annexe 6 : les coupes des sondages pressiométriques,
- ∅ en annexe 7 : les coupes des sondages carottés,
- ∅ en annexe 8 : les résultats des essais de pénétration,
- ∅ en annexe 9 : les résultats des essais de perméabilité,
- ∅ en annexe 10 : les résultats des essais en laboratoire,
- ∅ en annexe 11 : la classification des missions géotechniques.



4. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION

4.1. LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES

L'analyse des coupes lithologiques des différents sondages permet de schématiser la lithologie de la manière suivante :

- ∅ en tête, **couche 0-1, un béton bitumineux surmontant une grave ciment**, le tout pouvant être attribué à la structure de chaussée du corps de digue, rencontrée sur les épaisseurs suivantes :

Sondage	SP1	SP2	SC1	SC2
Épaisseur (m)	0,15	0,15	0,10	0,12

- ∅ puis, **couche 0-2, un sable fin limoneux marron, à quelques rares cailloux**. Cette couche a été rencontrée sur les épaisseurs suivantes :

Sondage	SP1	SP2	SC1	SC2
Profondeur du toit (m)	0,15	0,15	0,10	0,12
Profondeur du mur (m)	7,30	5,60	6,50	7,30
Épaisseur (m)	7,15	5,45	6,40	7,18

La distinction entre les matériaux du corps de digue et les matériaux sous-jacents est difficile à faire, les matériaux étant de même nature.

- Analyses granulométriques

Sondage	SC1	SC1	SC2
Profondeur (m)	1,1-1,6	4,5-5,0	2,2-3,0
D (mm)	1	1	1
% 50mm	100	100	100
% 20mm	100	100	100
% 5mm	100	100	100
% 2mm	100	100	100
% 400µm	98	99	98
% 80µm	37,3	55,2	36,3
% 2µm	12,0	/	12,0

Le passant à 20mm est de 100%.

Le passant à 400µm est de 98% et 99%.

Le passant à 80µm caractérise un sol A pour un Dmax de 1mm.

- Essai au bleu de méthylène (VBS)

Sondage	SC1	SC1	SC2
Profondeur (m)	1,1-1,6	4,5-5,0	2,2-3,0
VBS	1,31	3,70	1,31

Les valeurs mesurées caractérisent des sols peu plastiques, sensibles aux variations hydriques.

- Classification GTR

Les matériaux testés sont classés A1 et A2 au sens du GTR, dans un état hydrique « h », avec les valeurs de teneurs en eau suivantes :

$$w_n = 20,6 - 22,6 - 19,8 \%$$

Les matériaux du corps de digue semblent être des matériaux A1, tandis que les matériaux sous-jacents sont des matériaux A2.

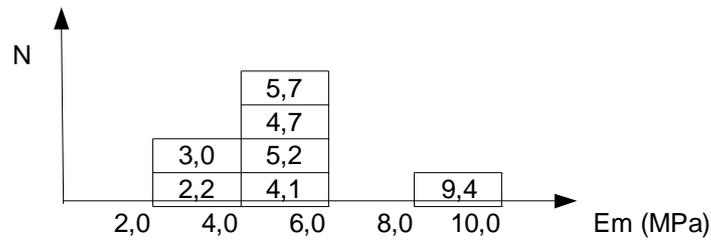
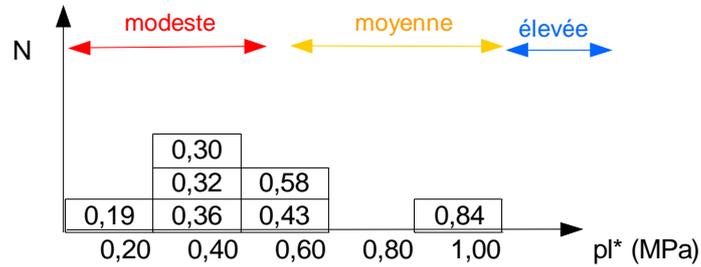
- Essais de cisaillement Cu+u

Sondage	SC1	SC1
Profondeur (m)	2,5	4,5
c' (kPa)	4	5
φ' (°)	26,4	23,5

- Essais de compressibilité à l'oedomètre

Sondage	Profondeur (m)	Wn (%)	eo	σ'vo (kPa)	σ'p (kPa)	Cc	Cs	Cv (cm ² /s)
SC1	1,5	16,4	0,57	30	95	0,208	0,024	8,8.10 ⁻⁴
SC1	4,5	22,6	0,58	85	100	0,314	0,043	1,8.10 ⁻⁴
SC2	2,5	19,4	0,59	50	107	0,189	0,026	11,1.10 ⁻⁴

- Essais in situ pressiométriques :



Cette couche est de **compacité modeste à moyenne**.

Paramètre	Valeur moyenne m	Écart type s (%)	Coefficient de variation CV	Nombre de valeurs N
pl*	0,43	0,2	0,47	7
Em	4,9	2,2	0,4	7

Les valeurs caractéristiques retenues pour cette couche sont :

$$pl^*_k = 0,43 \text{ MPa}$$

$$E_{Mk} = 4,9 \text{ MPa}$$

Ø puis, **couche 1-1, un sable +/- grossier, +/- argileux, +/- chargé en cailloux et galets**. Cette couche a été rencontrée sur les épaisseurs suivantes :

Sondage	SP1	SP2	SC1	SC2
Profondeur du toit (m)	7,30	5,60	6,50	7,30
Profondeur du mur (m)	16,70	14,80	16,50	15,00
Épaisseur (m)	9,40	9,20	10,00	7,70

- Analyses granulométriques

Sondage	SC1	SC2	SC2
Profondeur (m)	8,0-8,2	9,2-9,6	14-14,3
D (mm)	28,4	47,8	42
% 50mm	100	100	100
% 20mm	97	96	87
% 5mm	91	87	76
% 2mm	76	73	63
% 400µm	28	17	23
% 80µm	15,9	11,6	14,9

Le passant à 20mm est compris entre 87% et 97%.

Le passant à 400µm est compris entre 17% et 28%.

Le passant à 80µm caractérise un sol B pour un Dmax de 47mm.

- Essais au bleu de méthylène (VBS)

Sondage	SC1	SC2	SC2
Profondeur (m)	8,0-8,2	9,2-9,6	14-14,3
VBS	0,51	0,85	0,81

Les valeurs mesurées caractérisent des sols non plastiques, sensibles aux variations hydriques.

- Classification GTR

Les matériaux testés sont classés B5 et B2 au sens du GTR, dans un état hydrique « h », avec les valeurs de teneurs en eau suivantes :

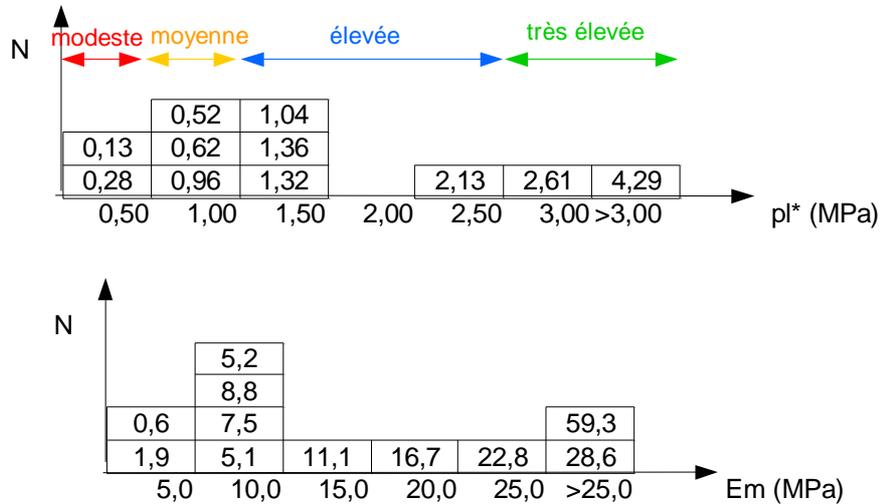
$$w_n = 11,5 - 13,5 - 19,7 \%$$

Selon la charge en éléments caillouteux, les matériaux peuvent être classés C1B5 et C1B2.

- Essai de cisaillement rectiligne à la boîte

Sondage	SC2
Profondeur (m)	9,4
c' (kPa)	9
ϕ' (°)	38,1

- Essais in situ pressiométriques :



Cette couche est de **compacité moyenne à élevée, ponctuellement faible à modeste.**

Paramètre	Valeur moyenne m	Écart type s (%)	Coefficient de variation CV	Nombre de valeurs N
pl^*	1,65	1,13	0,68	9
E_M	18,3	16,4	0,9	9

Les valeurs caractéristiques retenues pour cette couche sont :

$$pl^*_k = 1,65 \text{ MPa}$$

$$E_{Mk} = 13,8 \text{ MPa}$$

Les pressions limites et modules pressiométriques peuvent toutefois être beaucoup plus faibles, en correspondance avec les résultats des essais de pénétration présentés ci-après.

∅ puis, **couche 1-2, une alternance de niveaux sableux +/- graveleux, de niveaux marneux et de blocs de calcaire.** Cette couche a été rencontrée sur les épaisseurs suivantes :

Sondage	SP2	SC2
Profondeur du toit (m)	14,80	15,00
Profondeur du mur (m)	17,70	17,70
Épaisseur (m)	2,90	2,70

- Analyse granulométrique

Sondage	SC2
Profondeur (m)	15,2-16,4
D (mm)	87,9
% 50mm	69
% 20mm	67
% 5mm	59
% 2mm	49
% 400 μ m	24
% 80 μ m	16,0

Le passant à 20mm est de 67%.

Le passant à 400 μ m est de 24%.

Le passant à 80 μ m caractérise un sol B pour un Dmax de 88mm, écrêté par le diamètre du carottier.

- Essai au bleu de méthylène (VBS)

Sondage	SC2
Profondeur (m)	15,2-16,4
VBS	0,81

La valeur mesurée caractérise des sols non plastiques, sensibles aux variations hydriques.

- Classification GTR

Les matériaux testés sont classés C1B5 au sens du GTR, dans un état hydrique « h » à « th », avec une valeur de teneur de 27,4 %

- Essai de cisaillement rectiligne à la boîte

Sondage	SC2
Profondeur (m)	15,8
c' (kPa)	42
ϕ' (°)	39,3

- Essais in situ pressiométriques :

$$p_l^* = 2,31 \text{ MPa} \quad E_M = 29,8 \text{ MPa}$$

Cette couche est de **compacité élevée**.

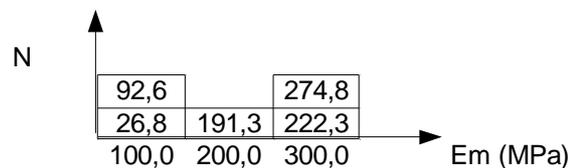
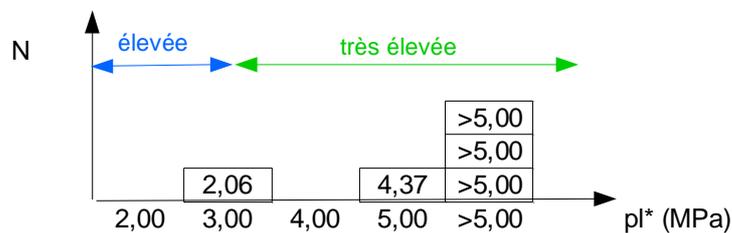
∅ enfin, **couche 2, un marno-calcaire gris**. Cette couche a été rencontrée sur les épaisseurs suivantes :

Sondage	SP1	SP2	SC1	SC2
Profondeur du toit (m)	16,70	17,70	16,50	17,70
Profondeur du mur (m)	= 20,00*	= 20,00*	= 20,00*	= 20,00*
Épaisseur (m)	= 3,30**	= 2,30**	= 3,50**	= 2,30**

*Fin de sondage

**Épaisseur partielle

- Essais in situ pressiométriques :



Cette couche est de **compacité élevée à très élevée**.

Paramètre	Valeur moyenne m	Écart type s (%)	Coefficient de variation CV	Nombre de valeurs N
p_l^*	>5,00	1,1	0,3	5
E_M	161,6	89,8	0,6	5

Les valeurs caractéristiques retenues pour cette couche sont :

$$p_{l^*k} = >5,00 \text{ MPa}$$

$$E_{Mk} = 161,6 \text{ MPa}$$

Ø Caractéristiques pénétrométriques

L'analyse des essais pénétrométriques montre :

- un niveau de compacité élevé en tête, sur 0,2m à 0,4m d'épaisseur, correspondant à la structure de chaussée,
- puis, un niveau de compacité modeste à moyenne, jusqu'à 5m de profondeur, pouvant être attribué à la couche 0-2 du corps de digue et des matériaux sous-jacents,
- ensuite, un niveau de compacité élevée à très élevée, jusqu'à 9,8m de profondeur en PS1 et jusqu'à 11,0m de profondeur en PS2, pouvant être rattaché à la partie inférieure de la couche 0-2 et à la partie supérieure de la couche 1-1 sableuse +/- graveleuse,
- puis, de nouveau, un niveau de compacité modeste à moyenne, jusqu'à 11,4m de profondeur en PS1 et jusqu'à 13,8m de profondeur en PS2, à rattacher à la partie inférieure de la couche 1-1 présentant des pl* faibles,
- enfin, un niveau de compacité élevée à très élevée, ayant entraîné l'arrêt des essais au refus entre 13,6m et 16,6m de profondeur, au sein de la couche 1-1.

Sondage	Compacité faible à modeste	Compacité moyenne	Compacité élevée à très élevée
PS1	0,5m – 1,8m 1,8 = qc (MPa) = 2,0	0,2m – 0,5m 2,0 = qc (MPa) = 4,2	0,0m – 0,2m 4,2 = qc (MPa) = 8
	3,0m – 5,0m 1,0 = qc (MPa) = 2,0	1,8m – 3,0m 2,0 = qc (MPa) = 4,0	5,2m – 9,0m 4,2 = qc (MPa) = 43,9
	10,0m – 11,2m 0,5 = qc (MPa) = 2,0	5,0m – 5,2m 2,0 = qc (MPa) = 4,2	9,6m – 9,8m 4,2 = qc (MPa) = 8,0
	12,2m – 12,4m 0,5 = qc (MPa) = 2,0	9,0m – 9,6m 3,0 = qc (MPa) = 4,2	11,4m – 12,2m 4,2 = qc (MPa) = 15,8
		9,8m – 10,0m 2,0 = qc (MPa) = 3,5	12,4m – 12,5m* 4,2 = qc (MPa) = 7,0
		11,2m – 11,4m 2,0 = qc (MPa) = 4,2	12,5m – 13,6m** 16,1 = qc (MPa) = 60,0
PS2	1,5m – 2,8m 1,0 = qc (MPa) = 2,8	2,8m – 3,6m 2,0 = qc (MPa) = 3,0	0,0m – 0,4m 4,2 = qc (MPa) = 10,0
	3,6m – 4,6m 1,0 = qc (MPa) = 2,0	4,6m – 5,0m 2,0 = qc (MPa) = 4,2	5,0m – 11,0m 4,2 = qc (MPa) = 22,0
	11,4m – 11,8m 0,5 = qc (MPa) = 2,0	11,0m – 11,4m 2,0 = qc (MPa) = 4,2	11,8m – 12,1m 4,2 = qc (MPa) = 10,0

Sondage	Compacité faible à modeste	Compacité moyenne	Compacité élevée à très élevée
	12,1m – 12,4m 1,0 = qc (MPa) = 2,0	13,2m – 13,8m 2,0 = qc (MPa) = 4,2	12,4m – 13,2m 4,2 = qc (MPa) = 16,0
			13,8m – 15,0m* 4,2 = qc (MPa) = 22,0
			15,0m – 16,6m** 6,4 = qc (MPa) = 60,0

* Arrêt de l'essai au refus à la pointe électrique

** Arrêt de l'essai au refus à la pointe mécanique

4.2. HYDROGÉOLOGIE

4.2.1. Perméabilité

Trois essais de perméabilité de type Nasberg ou Lefranc ont été réalisés :

Sondage	SC1	SC1	SC1
Profondeur de l'essai (m)	1-2	4-5	8-9
Lithologie	Sable fin limoneux (couche 1-1)	Sable fin limoneux (couche 1-1)	Sable (couche 1-1)
Perméabilité (m/s)	$3,7 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$4,3 \cdot 10^{-6}$

Ces valeurs sont moyennes et caractéristiques de matériaux limono-sableux.

Deux essais de perméabilité ont également été réalisés en laboratoire :

Sondage	SC1	SC1
Profondeur de l'essai (m)	2,0-3,0	2,2-3,0
Lithologie	Sable fin limoneux (couche 1-1)	
Perméabilité (m/s)	$1,16 \cdot 10^{-8}$	$4,29 \cdot 10^{-9}$

Ces valeurs mesurées en laboratoire sont plus faibles que celles mesurées in-situ. Cette différence est constamment observée sur les échantillons dont les mesures sont effectuées en laboratoire. Elle est liée à la méthodologie de réalisation de l'essai en laboratoire, nécessitant un compactage des matériaux, et un écrêtement des matériaux.

4.2.2. Piézométrie

Lors de la réalisation des sondages, une première venue d'eau a été notée vers 4,0m de profondeur au sein des sables fins limoneux de la couche 0-2 et une seconde vers 10,0m de profondeur au sein des sables de la couche 1.

Les sondages de reconnaissance se font sur une période de courte durée et le niveau de la nappe indiqué dans le rapport ne reflète pas forcément le niveau maximum.

L'origine des fluctuations possibles est, soit naturelle (sécheresse, crue de nappe en relation avec la situation météorologique par exemple), soit dues à des travaux ou une modification de l'environnement aux alentours immédiats (pompages, rejets, etc.).

On retiendra donc de ce site :

- Ø l'existence de circulations erratiques et intermittentes à différentes profondeurs au sein de toutes les couches, fortement conditionnées par la météorologie,
- Ø l'existence d'une nappe d'accompagnement dont le niveau libre se trouvait vers 4,0m de profondeur par rapport au terrain actuel en mai 2014 ; cette nappe est bien évidemment sujette à fluctuations saisonnières et en étroite relation avec le cours de la Loire, de sorte qu'elle peut se rapprocher de la surface du terrain en périodes de hautes eaux,
- Ø la très probable mise en charge de la nappe sous la couverture de la couche 0-2 en périodes de crues,
- Ø l'existence de circulations karstiques au sein de la couche 2,
- Ø l'inondabilité du site.

4.3. PRESTATIONS GÉOPHYSIQUES

Le panneau électrique PE1 réalisé le long de la digue de Darvoy montre des matériaux constitutifs de la digue assez résistifs pouvant correspondre à des matériaux grossiers de maintien (enrochement de la digue). Le substratum calcaire se situerait entre 8 et 20 mètres de profondeur. La surface de contact avec les alluvions sus-jacentes présente de nombreuses irrégularités (faciès ruiniforme), avec des zones où la frange d'altération du substratum est importante, notamment au niveau du sondage SC1 où le substratum calcaire sain n'est pas atteint (marno-calcaire à 20m). Le risque karstique est par conséquent important.

Le panneau électrique PE2 réalisé en travers de la digue présente davantage de variations latérales de résistivité. Les matériaux de couverture sont plutôt fins et argileux côté Sud et deviennent de plus en plus grossiers vers la Loire (granoclassement des alluvions), côté Nord. Plus en profondeur les matériaux sont très hétérogènes, avec d'une part des matériaux assez résistifs pouvant être associés au substratum calcaire, d'autre part des matériaux peu à moyennement résistifs indiquant des matériaux fins voire un substratum fortement altéré. Ces variations importantes de résistivité révèlent la présence de karsts a priori de grandes dimensions et profonds.

L'aléa karstique de part et d'autres de la digue est jugé fort à l'issu de ces reconnaissances.

5. SYNTHÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES

5.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES

Compte tenu des investigations menées, le site est marqué par la succession lithologique et les caractéristiques mécaniques suivantes :

Lithologie		Remblais	Remblais	Alluvions	Alluvions	Substratum
Description		Béton Bitumineux sur grave traitée	Sable fin limoneux marron	Sable +/- grossier, +/- argileux, +/- chargé en cailloux et galets	Alternance de passées sablo-graveleuses, marneuses et de blocs de calcaire	Marno-calcaire gris
N° couche		0-1	0-2	1-1	1-2	2
Épaisseur (m)	Sondage SP1	0,15	7,15	9,4	/	= 3,3*
	Sondage SP2	0,15	5,45	9,2	2,9	= 2,3*
	Sondage SC1	0,1	6,4	10	/	= 3,5*
	Sondage SC2	0,12	7,18	7,7	2,7	= 2,3
Hydrogéologie (m/TN)		/	4	10	/	/
Classification GTR		/	A1/A2	B5/B2/C1B5/C1B2	C1B5	/
c' (kPa) / ϕ' (°)		/	4 = c'(9kp) = 5 23,5 = ϕ' (°) = 26,4	c' = 9kPa / ϕ' = 38,1°	c' = 42kPa / ϕ' = 39,3°	/
Compacité		/	Modeste à moyenne 0,19 = pl^* (MPa) = 0,84 2,2 = Em(MPa) = 9,4	Moyenne à élevée, ponctuellement faible à modeste 0,13 = pl^* (MPa) = 4,29 0,6 = Em(MPa) = 59,3	Élevée pl^* (MPa) = 2,31 Em (MPa) = 29,8	Très élevée 2,06 = pl^* (MPa) = 5,00 26,8 = pl^* (MPa) = 274,8
Perméabilité k (m/s)		/	$3,7 \cdot 10^{-6} = k = 1,8 \cdot 10^{-6}$	$4,3 \cdot 10^{-6}$	/	/

*Épaisseur partielle

5.2. ALÉAS

Les aléas géotechniques sont en relation entre autres, avec :

5.2.1. La géologie

- ∅ aléas liés aux variations latérales de faciès au sein des alluvions, pouvant entraîner l'apparition de lentilles de nature variable au sein des couches 1-1 et 1-2. Il est possible que des sols de nature localement différente de celle retrouvée en sondages, soient rencontrés,
- ∅ aléas liés aux irrégularités importantes du toit du marno-calcaire, affecté par l'altération et la fracturation, avec un niveau de transition, correspondant à la couche 1-2, au sein duquel les graves de la couche 1-1 se mélangent aux premiers blocs de calcaire en tête du substratum,
- ∅ aléas liés à l'hétérogénéité de la blocométrie des couches 1-1 et 1-2,
- ∅ aléas liés à la présence de karst, de fontis,
- ∅ aléas liés à l'alternance de niveaux marneux et calcaires.

5.2.2. La nature des matériaux

- ∅ sensibilité à l'eau et à l'affouillement des matériaux des couches 0-1, 1-1 et 1-2,
- ∅ présence de gros éléments au sein des couches 1-1 et 1-2,
- ∅ sensibilité de la couche 1-1 à la boulangerie.

5.2.3. L'hydrogéologie

- ∅ aléas liés aux fluctuations saisonnières du niveau libre de la nappe ; on rappelle que le niveau mesuré par nos soins n'est pas nécessairement représentatif du niveau maximum de cette nappe, d'autant que le site est inondable,
- ∅ aléas liés à la mise en charge localisée de la nappe sous les lentilles fines (variations latérales de faciès dans les alluvions).

5.2.4. L'environnement et l'historique du site

- ∅ aléas liés à la digue.



5.2.5. Les risques naturels

- ∅ implantation du projet dans une zone inondable,
- ∅ présence de cavités souterraines naturelles, non mises en évidence lors de notre campagne d'investigations géotechniques, mais dont l'existence probable est révélée par les prestations géophysiques.

6. PRINCIPES GÉNÉRAUX

Les solutions proposées sont celles qui semblent les meilleures à ce stade en fonction des données en notre possession.

D'autres solutions pourraient cependant être proposées en fonction de critères non pris en compte dans une étude de faisabilité et qui peuvent apparaître en phase conception ou d'exécution (problèmes de délais ou de phasage, variante locale économique, modification de l'environnement, caractéristiques particulières du projet non portées à notre connaissance). Si cela était le cas, nous conseillons à la Maîtrise d'œuvre ou à la Maîtrise d'Ouvrage de nous confier une mission pour valider les modifications apportées.

7. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DES INCLUSIONS RIGIDES

7.1. PRINCIPES

Nous suggérons la réalisation des inclusions rigides par tarière creuse, avec dispositif d'enregistrement, conduites au refus au toit des marno-calcaires.

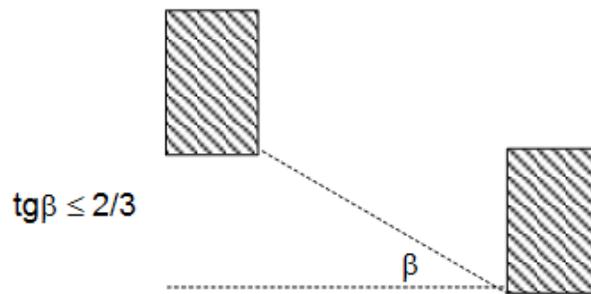
Classe	Catégorie	Technique de mise en œuvre	Abréviation	Norme de référence
1	1	Foré simple (pieux et barrettes)	FS	NF EN 1536
	2	Foré boue (pieux et barrettes)	FB	
	3	Foré tubé (virole perdue)	FTP	
	4	Foré tubé (virole récupérée)	FTR	
	5	Foré simple ou boue avec rainurage ou puits	FSR, FBR, PU	
2	6	Foré tarière creuse simple rotation, ou double rotation	FTC, FTCD	NF EN 1536
3	7	Vissé moulé	VM	NF EN 12699
	8	Vissé tubé	VT	
4	9	Battu béton préfabriqué ou précontraint	BPF, BPR	NF EN 12699
	10	Battu enrobé (béton – mortier – coulis)	BE	
	11	Battu moulé	BM	
	12	Battu acier fermé	BAF	
5	13	Battu acier ouvert	BAO	NF EN 12699
6	14	Profilé H battu	HB	NF EN 12699
	15	Profilé H battu injecté	HBi	
7	16	Palplanches battues	PP	NF EN 12699
1 bis	17	Micropieu type I	M1	NF EN 1536/14199/12699
	18	Micropieu type II	M2	
8	19	Pieu ou micropieu injecté mode IGU (type III)	PIGU, MIGU	
	20	Pieu ou micropieu injecté mode IRS (type IV)	PIRS, MIRS	

Extrait de la norme NFP 94-262

7.2. NIVEAU D'ANCRAGE

On veillera à :

- ∅ assurer un ancrage dans l'horizon porteur présentant une pression limite nette équivalente supérieure à 4MPa, au-delà de l'horizon de compacité faible à modeste, à la base de la couche 1-1,
- ∅ respect des règles empiriques sur les fondations à niveaux décalés,



7.3. CAPACITÉ PORTANTE

Elle est la somme du terme de pointe et du frottement latéral. Elle est calculée à partir des règles de justification des fondations profondes développées au sein de la norme NF P94-262 et suivant l'approche 2 des Eurocodes 7.

On a :

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k}$$

Avec:

- $R_{c,k}$ = portance du terrain pour un pieu,
- $R_{b,k}$ = résistance à la compression du terrain sous la base du pieu,

$$R_{b,k} = A_b \times q_{b,k} \quad \text{et} \quad q_{b,k} = \frac{q_p}{g_{r,d}}$$

- $R_{s,k}$ = résistance du frottement le long du fût du pieu.

$$R_{s,k} = P_s \int_0^D q_{s,k}(z) dz \quad \text{et} \quad q_{s,k} = \frac{q_s}{g_{r,d}}$$

Avec :

$$\gamma_{r,d} = \gamma_{r,d1} \times \gamma_{r,d2}$$

	Procédure du « pieu modèle » (utilisation des coefficients ξ ou de l'annexe D de la norme NF EN 1990)		Procédure du « modèle de terrain »	
	Procédure du « modèle de terrain »		$\gamma_{r,d2}$ Compression	$\gamma_{r,d2}$ Traction
	$\gamma_{r,d1}$ Compression	$\gamma_{r,d1}$ Traction		
Pieux non ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10 et 15	1,15	1,4	1,1	
Pieux ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20	1,4	1,7		
Pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20	2,0	2,0		

Annexe F de la norme NFP 94-262

Résistance à la compression $R_{b,k}$:

$$q_b = k_p \times p_{le}^* + q_0$$

avec :

- k_p = facteur de portance = 1,4 en SP1 et 1,6 en SP2
- p_{le}^* = limite nette équivalente = 4 MPa,
- q_0 = contrainte verticale au niveau de la pointe (négligée).
- A_b = aire nominale de la pointe du pieu (Ici $A_b = 0,096 \text{ m}^2$)

On obtient alors :

Sondage	SP1	SP2
$R_{b,k}$ (MN)	0,431	0,487

Résistance du frottement latéral $R_{s,k}$:

Elle est donnée par la relation :

$$R_{s,k} = P_s \sum_0^D q_{s,k}(z) dz \quad \text{avec} \quad q_{s,k} = \frac{q_s}{g_{r,d}}$$

avec :

- P_s = périmètre du fut du pieux (m),
- D = longueur de la fondation dans le terrain (m),
- $q_{s,k}(z)$ = frottement latéral unitaire limite à la cote z (kPa).

avec : $q_s(z) = a_{\text{pieu-sol}} f_{\text{sol}} [Pl^*(z)]$

Type de pieux	Sondage	Couche	h (m)	pl* (MPa)	Courbe	$a_{\text{pieu-sol}}$	f_{sol}	qs (kPa)	Compression $q_{s,k}$ (kPa)
6	SP1	0-2	7,3	0,4	Q2	1,8	24	44	35
		1-1	2,7	2,1	Q2	1,8	74	134	106
		1-1	6,7	0,2	Q2	1,8	13	24	19
		2	>2	4,0	Q4	1,6	115	179	142
	SP1	0-2	5,6	0,4	Q2	1,8	24	44	35
		1-1	2,4	1,3	Q2	1,8	58	104	82
		1,1	6,8	0,5	Q2	1,8	29	53	42
		1-2	2,9	2,3	Q2	1,8	78	140	111
		2	>2	4,0	Q4	1,6	112	179	142

Pour une inclusion \varnothing 350, travaillant en compression, on arrive à la résistance suivante :

Sondage	SP1	SP2
Longueur (m)	17,8	18,8
$R_{s,k}$ (MN)	0,903	1,266

Valeur de la portance caractéristique $R_{c,k}$:

Elle est donnée par la relation :

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k}$$

Sondage	SP1	SP2
$R_{c,k}$ (MN)	1,334	1,753



Valeur de la portance de calcul $R_{c,d}$:

Elle est donnée par la relation :

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t}$$

Situation durables et transitoires	$\gamma_t =$	1,1	
	$R_{c,d}$ (MN)	SP1	SP2
		1,213	1,594
Situations accidentelles	$\gamma_t =$	1	
	$R_{c,d}$ (MN)	SP1	SP2
		1,335	1,753

Valeur de la portance à l'ELS :

Pour des éléments mis en œuvre sans refoulement :

$R_{c,cr,k} = 0.5R_{b,k} + 0.7R_{s,k}$		
Sondage	SP1	SP2
$R_{c,cr,k}$ (MN)	0,848	1,130

Valeur de la portance critique de fluage $R_{c,cr,d}$:

Elle est donnée par la relation :

$$R_{c,cr,d} = \frac{R_{c,cr,k}}{\gamma_{cr}}$$

Combinaisons caractéristiques	$\gamma_{cr} =$	0,9	
	$R_{c,cr,d}$ (MN)	SP1	SP2
		0,942	1,255
Combinaisons permanentes	$\gamma_{cr} =$	1,1	
	$R_{c,cr,d}$ (MN)	SP1	SP2
		0,771	1,027

Les tassements seront négligeables (de l'ordre de 0.01Ø) sous réserve du non remaniement du niveau d'ancrage.

7.4. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION

Elles sont liées entre autres :

- Ø à l'acheminement d'un matériel lourd,
- Ø à la réalisation des travaux de terrassement pour la création des épaulements à la digue avant la réalisation des injections,
- Ø à la mise en œuvre d'un matelas de répartition, sur un géotextile possédant une résistance à la traction = 20kN/m, en matériaux granulaires 0/100 ou équivalents, propres, bien gradués, après réalisation des inclusions rigides sur 0,50m a minima, puis au réglage de la plate-forme avec la mise en œuvre d'un complément pour la réalisation de la couche de forme en graves 0/31,5,
- Ø à la réalisation d'un maillage primaire, éventuellement complété d'un maillage secondaire, à définir lors de la réalisation de la mission G2-PRO,
- Ø à la réalisation des inclusions avec enregistrement des paramètres de forage et de bétonnage,
- Ø au respect de l'ancrage dans la couche 2,
- Ø à la réalisation d'essais de contrôle, de continuité et de qualité,
- Ø à la présence de niveaux indurés et/ou couches de blocométrie variable pouvant entraîner des refus et problèmes d'ancrage,
- Ø à la fluctuation altimétrique possible du toit des marno-calcaires et à la variation du niveau d'ancrage,
- Ø à l'enregistrement des paramètres de forage pour des pieux réalisés à la tarière creuse, afin de vérifier la qualité de l'ancrage des pieux,
- Ø à la vérification des quantités de béton mises en œuvre,
- Ø à la prise en compte des aléas karstiques et à la réalisation de sondages destructifs conduits 5Ø ou 7m minimum sous la base des pieux pour s'assurer de l'absence d'anomalies,
- Ø à la réalisation d'injection solide pour combler les vides si ceux-ci étaient relevés.



8. MISE EN ŒUVRE DES PALPLANCHES

8.1. PARAMÈTRES

La fiche des palplanches sera dimensionnée par une justification par le programme RIDO ou équivalent, sur la base des paramètres géotechniques proposés ci-après :

Couche	Lithologie	Épaisseur (m)	ρl^* (MPa)	E_m (MPa)	γh (T/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)
0-2	Sable fin limoneux	4,3 à 2,6	0,43	4,9	1,9	5	20
1-1	Sable +/- grossier, +/- argileux	7,7 à 10	1,65	13,8	2,1	0	28
1-2	Alternance de passées sablo-graveleuses, marneuses et blocailleuses	0 à 2,9	2,31	29,8	2,1	0	28
2	Marno-calcaires	= 2,3	> 4,00	161,6	2,2	100	40

Attention : pour un soutènement sous déplacement, c'est le paramètre k_0 qui est à prendre en compte avec $k_0 = 1 - \sin\phi'$.

Pour les caractéristiques à court terme, on tablera sur :

Couche	Lithologie	Épaisseur (m)	C_u (kPa)	ϕ_u (°)
0-2	Sable fin limoneux	4,3 à 2,6	40	10
1-1	Sable +/- grossier, +/- argileux	7,7 à 10	0	28
1-2	Alternance de passées sablo-graveleuses, marneuses et blocailleuses	0 à 2,9	0	28
2	Marno-calcaires	= 2,3	200	30

8.2. **CONDITIONS HYDRAULIQUES**

Il faudra prévoir un suivi du niveau bathymétrique de la nappe de la Loire, mais en première approche, les niveaux d'eau suivant peuvent être pris en compte :

- niveau des eaux exceptionnelles EE : 105 mNGF
- niveau des hautes eaux EH : 102 mNGF
- niveau des eaux fréquentes EF : 101 mNGF
- niveau des basses eaux EB : 98m mNGF.

Ces niveaux seront à confirmer au stade de la mission G2-PRO, avec la réalisation d'un suivi bathymétrique du niveau de la nappe alluviale.

8.3. **FICHE**

La condition de boullance a été vérifiée pour une longueur de fiche de 3m par rapport au TN en pied de digue, avec un niveau d'eau calé à 105mNGF.

Les palplanches pourront être ancrées au sein de la couche 0-2 jusqu'à 3m ou 4m de profondeur, par rapport au TN en pied de digue.

8.4. **SUJÉTIONS D'EXÉCUTION**

Elles sont liées :

- Ø à l'amenée d'un matériel lourd, l'entreprise devra avoir pris connaissance des lieux avant la remise des offres,
- Ø aux difficultés d'accès au site et à l'encombrement de la chaussée,
- Ø aux énergies suffisantes de mise en fiche des palplanches pour atteindre un ancrage au sein de la couche 2, compte-tenu de la présence possible de blocs au sein des couche 1-1 et 1-2.



9. SYNTHÈSE NON TECHNIQUE

9.1. CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES

Compte tenu des investigations menées, le site est marqué par la succession lithologique et les caractéristiques mécaniques suivantes :

- ∅ en tête du corps de digue, un béton bitumineux surmontant une grave traitée (couche 0-1), rencontrés sur 0,10 à 0,15m d'épaisseur, constituant la structure de chaussée,
- ∅ puis, un sable fin limoneux marron (couche 0-2), rencontré sur 5,45m à 7,18m d'épaisseur. Cette formation peut être attribuée, pour sa partie supérieure au corps de digue, la distinction avec le terrain naturel étant difficile à faire les matériaux étant de même nature. On notera que les matériaux de la tranche supérieure, correspondant au corps de digue, sont classés A1 au sens du GTR, tandis que les matériaux de la tranche inférieure, correspondant plus probablement au terrain naturel, sont classés A2 au sens du GTR. Cette couche est de compacité modeste à moyenne,
- ∅ ensuite, un sable +/- grossier, +/- argileux, +/- chargé en blocs et cailloux (couche 1-1), rencontré sur 7,7m à 10,0m d'épaisseur. Cette formation peut être attribuée aux alluvions de la Loire. Ces matériaux sont classés B5, B2, C1B5 et C1B2 au sens du GTR. Cette couche est de compacité moyenne à élevée, ponctuellement faible à modeste,
- ∅ puis, une alternance de niveaux sablo-graveleux, marneux et de blocs de calcaire (couche 1-2), rencontrée sur 2,7m à 2,9m d'épaisseur, au droit des sondages SP2 et SC2. Cette formation peut être attribuée à la frange d'altération des calcaires de Beauce sous-jacents. Les matériaux testés sont classés C1B5 au sens du GTR. Cette couche est de compacité élevée,
- ∅ enfin, un marno-calcaire gris (couche 2), rencontré en fin de sondages, sur 2,3m à 3,3m d'épaisseur. Cette couche peut être attribuée à la formation des calcaires de Beauce. Elle est de compacité très élevée.

Le profil géotechnique est présenté en annexe 3.



9.2. INCLUSIONS RIGIDES

Les inclusions rigides pourront être réalisées par tarière creuse, en diamètre Ø350mm, avec dispositif d'enregistrement et conduites au refus au toit des marno-calcaires.

Le maillage sera à définir lors de la réalisation de la mission G2-PRO.

Un matelas de répartition d'une épaisseur minimale de 0,50m sera mis en œuvre en tête des inclusions.

9.3. RIDEAU DE PALPLANCHES

Les palplanches pourront être ancrées au sein de la couche 0-2, jusqu'à 3m ou 4m de profondeur, par rapport au TN en pied de digue.

10. POINTS À ÉTUDIER PARTICULIÈREMENT AU STADE G2- PHASE PRO

Au stade de la mission G2-phase PRO, il sera impératif d'étudier les points spécifiques suivants :

- 1) Étude du maillage des inclusions,
- 2) Étude de l'effet de groupe des inclusions,
- 3) Calage des cotes altimétriques du projet, en relation avec la hauteur de la digue à traiter par inclusions rigides et la hauteur du matelas de répartition,
- 4) Suivi de la piézométrie et du niveau bathymétrique,
- 5) Caractérisation du rideau de palplanche.

Des sondages complémentaires, menés 5Ø ou 7m sous la base des inclusions permettront de s'assurer de l'absence d'anomalies.

Des sondages destructifs de grande profondeur réalisés de part et d'autre de la digue pourront également permettre de définir la nature et la géométrie des anomalies reconnues de part et d'autre de la digue lors de la campagne d'investigations géophysiques.

Nous restons à la disposition de Conseil Général du Loiret et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Dressé par les Ingénieurs soussignés

Ingénieur en charge de l'opération

Aline VENANT

Ingénieur en charge du contrôle interne

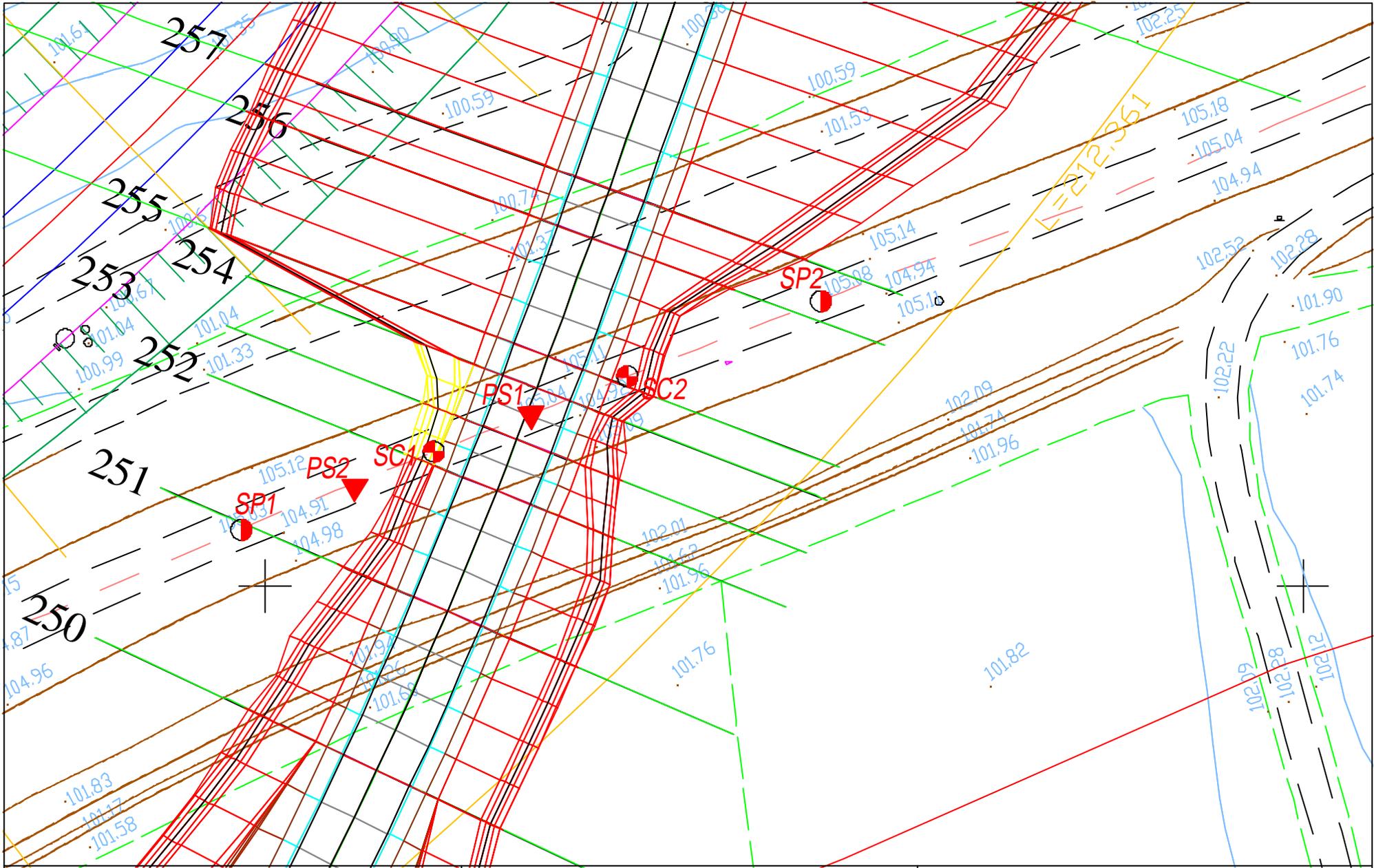
Florent ROBIN

Superviseur

Hervé GRISEY



ANNEXE 1
PLAN D'IMPLANTATION DES
SONDAGES



ANNEXE 2
COUPES DU SONDAGE
RÉFÉRENCÉ PAR LE BRGM



Dossier du sous-sol

03984X0123/F2

Localisation

Département

LOIRET (45) - SGR/CEN

Commune

DARVOY (45123)

Région naturelle

SOLOGNE

Bassin versant

Non renseigné

Adresse ou Lieu-dit

PONT VILLIERS LES BOIRES

Coordonnées

Système	X (m)	Y (m)
Lambert 2 étendu	580870	2318410
Lambert 2 - Centre	580870	318410
Lambert-93	631278	6751999

Système	Latitude	Longitude
WGS84	47.86478457 47° 51' 53" N	2.08085395 2° 4' 51" E

Altitude

100.62 m - Précision RNG

Description technique

Nature

FORAGE

Profondeur atteinte

40.0 m

Diamètre de l'ouvrage

Non renseigné

Date fin de travaux

September 1, 1966

Mode d'exécution

TREPAN.

Etat de l'ouvrage

ACCES, EXPLOITE, MESURE, POMPE, PRELEV, TUBE-METAL.

Utilisation

EAU-ASPERSION.

Objet de la recherche

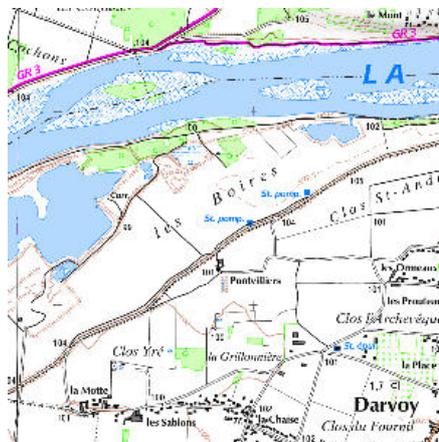
Non renseigné

Objet de l'exploitation

EAU.

Objet de la reconnaissance

Non renseigné



Gisement

Non renseigné

Document(s) papier

COUPE-GEOLOGIQUE, MATERIEL-POMPAGE, PIEZO-OCCASIONNELLE, PLAN-SITUATION, PRODUCTION, PRODUCTIVITE.

Références

1) BRGM DSGR 67 A 21

Référencé comme point d'eau OUI**Niveau d'eau mesuré par rapport au sol**

4.9 m - October 17, 1966

Coupe**Z Origine**

101.0 - Précision : M01

Auteur

DESPREZ

Date

October 17, 1966

Document(s) numérisé(s)

6 document(s)

Vignette	Nom	Type	Poids
	M394308.TIF	RECAPITULATIF DE L'OUVRAGE	76 Ko
	M394312.TIF	COUPE GEOLOGIQUE DE CHANTIER	36 Ko
	T62489.TIF	RECAPITULATIF DE L'OUVRAGE	34 Ko
	T62490.TIF	RECAPITULATIF DE L'OUVRAGE	22 Ko
	T62491.TIF	RECAPITULATIF DE L'OUVRAGE	95 Ko
	T62492.TIF	DIVERS	415 Ko

Log géologique numérisé**Nombre de passes** : 5 - [Afficher le log validé](#)**Nombre de niveaux** : 5

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 1 m	ALLUV: TERRE (ALLUVIONS DE LOIRE)	QUATERNAIRE
De 1 à 14 m	ALLUV: PRE/SABLE/GRAVIER/SILEX/	QUATERNAIRE
De 14 à 20 m	CALCAIRE, TENDRE (CALCAIRES DE BEAUCE)	AQUITANIEN
De 20 à 25 m	CALCAIRE, GRIS DUR	AQUITANIEN
De 25 à 40 m	CALCAIRE, GRIS DUR ; MARNE	AQUITANIEN

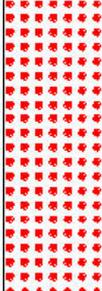
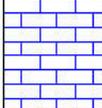
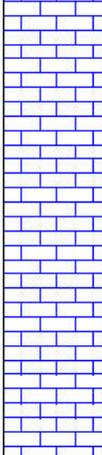
Dossier du sous-sol

03984X0123/F2

Log validé

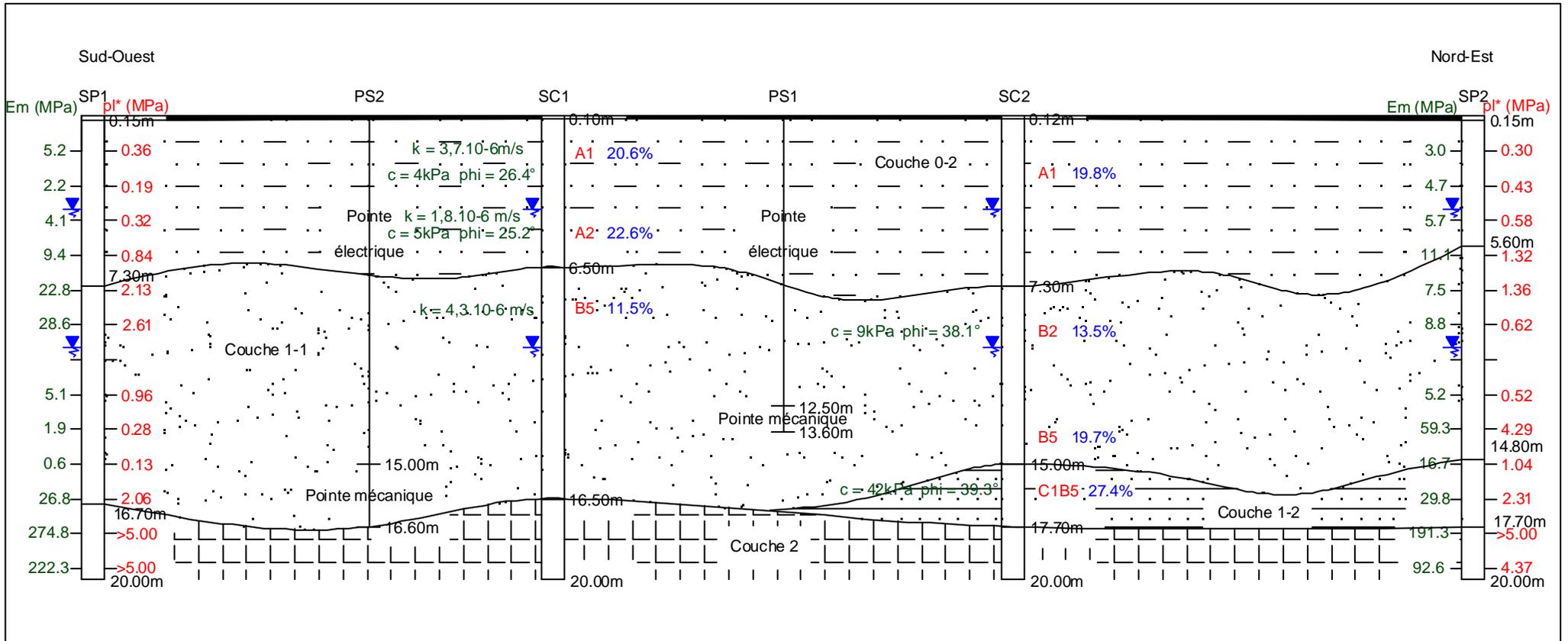
Profondeur

De à m [Rafraîchir](#)

Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
1.00	Fy-z		Terre	Holocène	99.62
			Sable, graviers, silex		
14.00	Calcaires de Beauce		Calcaire tendre	Stampien à Aquitainien	86.62
20.00			Calcaire, gris dur		80.62
25.00			Calcaire, gris dur, marné		75.62
40.00					60.62

ANNEXE 3
PROFIL GÉOTECHNIQUE





Légende

- Couche 0-1: Béton bitumineux surmontant une grave ciment
- Couche 0-2: Sable fin limoneux marron, à quelques rares cailloux
- Couche 1-1: Sable +/- grossier, +/- argileux, +/- chargé en cailloux et galets
- Couche 1-2: Alternance de niveaux sableux +/- graveleux, de niveaux mameux et de blocs de calcaire
- Couche 2: Marmo-calcaire gris

- B5** Classification GTR
- 20.6%** Valeur de teneur en eau
- Niveau d'eau

ANNEXE 4
RAPPORT D'INVESTIGATIONS
GÉOPHYSIQUES





I.M.G

Ingénierie et Mesures Géophysiques

Prospection géophysique terrestre et marine,
Etudes géologiques et hydrogéologiques
Auscultation et diagnostic des ouvrages



GROUPE HYDROGEOTECHNIQUE

CONSEIL GENERAL DU LOIRET

DEVIATION RD921 ENTRE JARGEAU ET SAINT-DENIS-EN-VAL FRANCHISSEMENT DE LA DIGUE DE DARVOY

COMMUNE DE JARGEAU (45)

COMPTE RENDU DES RECONNAISSANCES GEOPHYSIQUES

- Prospection par tomographie électrique
- Contenu : 11 pages et 2 planches A3

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable

dossier	indice	date	établi par	vérifié par	commentaires
14/D/031/N	1	Mai 2014	Julien MOINARD	Alexandre DAUMESNIL	mission G5

IMG Sud : 8 allée de Roumanie ZI Mayencin 2, 38610 GIERES

Tél. : 04 76 42 85 01, Courriel : contact.sud@imgeophy.eu

IMG Nord : 642 rue Paul Heroult, 45650 SAINT JEAN LEBLANC

Tél. : 02 38 22 59 42, Courriel : contact.nord@imgeophy.eu

IMG Méditerranée : 18 Bd Felix de Kerimel, 13730 SAINT VICTORET

Tél. : 04 13 10 11 27, Courriel : contact.sud@imgeophy.eu

Ingénierie et Mesures Géophysiques

SIEGE SOCIAL : 28 avenue Jacques Anquetil 95195 GOUSSAINVILLE, tél : 01 39 88 04 85
SARL au capital de 7500 euros – SIRET 494 549 629 00017 – APE 71.12B – RCS PONTOISE B 494 549 629
TVA Intracommunautaire FR 46 494 549 629

SOMMAIRE

1. CADRE ET OBJECTIFS DE LA MISSION.....	3
1.1 OBJET DES RECONNAISSANCES.....	3
1.2 CADRE DE LA MISSION ET DOCUMENTS UTILISES	3
2. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL	4
2.1 LOCALISATION.....	4
2.2 GEOLOGIE	5
2.3 HYDROGEOLOGIE.....	5
3. ACQUISITION ET TRAITEMENT	6
3.1 ACQUISITION DES MESURES.....	6
3.1.1 Programme technique réalisé	6
3.1.2 Méthodologie d’acquisition	6
3.2 TRAITEMENT DES MESURES.....	7
4. RESULTATS DES RECONNAISSANCES	8
PRESENTATION DES RESULTATS.....	8
INTERPRETATION DES RESULTATS.....	8
ANNEXE 1.....	10
A. MOYENS MATERIELS UTILISES	10
B. METHODOLOGIE	10
PRINCIPE DE LA TOMOGRAPHIE ELECTRIQUE	10
ANNEXE 2.....	11
RESULTATS DES RECONNAISSANCES	11
 <i>Figure 1 : carte IGN et vue aérienne de la zone d’étude.....</i>	 <i>4</i>
<i>Figure 2 : carte géologique – Feuille de La-Ferte-Saint-Aubin</i>	<i>5</i>
<i>Figure 3 : Emplacement des profils électriques.....</i>	<i>6</i>

1. CADRE ET OBJECTIFS DE LA MISSION

1.1 OBJET DES RECONNAISSANCES

La présente prospection de mesures géophysiques a été réalisée à la demande de la société **HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE** et pour le compte du Conseil Général du Loiret **CG45**.

Cette étude intervient dans le cadre du projet de déviation de Jargeau au niveau de la digue de Darvoy. Elle a pour objectifs de caractériser l'aléa karstique et fournir des éléments géologiques complémentaires aux reconnaissances géotechniques.

1.2 CADRE DE LA MISSION ET DOCUMENTS UTILISES

Documents utilisés :

- photo aérienne et carte IGN,
- plan autocad,
- extrait de la carte géologique au 1/50 000 – feuille de LA FERTE-ST-AUBIN,
- Résultats des reconnaissances géotechniques (2 sondages carottés).

Les reconnaissances géophysiques s'inscrivent, au même titre que les missions d'ingénierie géotechnique, dans le cadre d'une mission d'auscultation et de diagnostic (mission G5), telle que définie par la Classification des Missions Géotechniques types de la norme NF P94-500 de novembre 2013.

En l'absence de normes spécifiques propres aux mesures géophysiques, celles-ci sont réalisées conformément aux recommandations de l'association AGAP Qualité pour la promotion de la qualité en géophysique et éditées par l'Union Française des Géologues.

Le présent compte rendu a été établi par M. Julien MOINARD, géophysicien et vérifié par M. Alexandre DAUMESNIL, géologue et géophysicien, directeur d'IMG.

2. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

2.1 LOCALISATION

Les reconnaissances ont été menées sur la commune de Jargeau (45).



Localisation du site



Figure 1 : carte IGN et vue aérienne de la zone d'étude

2.2 GEOLOGIE

A l'examen de la feuille géologique de La Ferte Saint Aubin (figure 3) et suite aux observations et reconnaissances réalisées, les terrains en présence sont les suivants :

- Le substratum local est représenté selon la feuille géologique par la formation calcaire de Beauce de l'Aquitanien (**G3**), marneux en surface. Le contact entre la formation de Beauce et les alluvions montre une surface très irrégulière (ruiniforme).
- Les terrains de couverture sont représentés par des Alluvions modernes de la Loire (**Fz**) et Alluvions Hollocènes (**Fy**), composées de sable, galets et graviers.

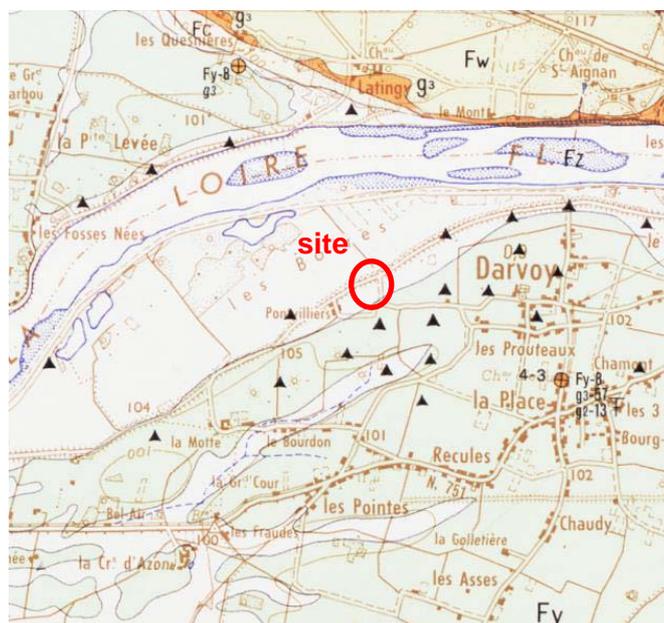


Figure 2 : carte géologique – Feuille de La-Ferte-Saint-Aubin

2.3 HYDROGÉOLOGIE

Le toit de la nappe d'accompagnement de la Loire est généralement situé à 3 m de profondeur environ, que ce soit en période de crue ou à l'étiage. Aucune venue d'eau ou résurgence n'a été constatée en surface lors de l'intervention.

3. ACQUISITION ET TRAITEMENT

3.1 ACQUISITION DES MESURES

3.1.1 Programme technique réalisé

DATE D'INTERVENTION

Les reconnaissances ont été réalisées le mercredi 23 avril 2014 par beau temps.

PARTICIPANTS

Les mesures, dépouillements et analyses ont été réalisés par M. Julien MOINARD.

PROGRAMME

Le programme de reconnaissances réalisé est le suivant :

- 1 profil de 126 m le long de la digue (64 électrodes espacées de 2m), noté **PE1**
- 1 profil de 126 m en travers de la digue (64 électrodes espacées de 2m), noté **PE2**

Les deux profils électriques sont disposés en croix et centrés sur le franchissement de la digue par la future déviation.



Figure 3 : Emplacement des profils électriques

3.1.2 Méthodologie d'acquisition

L'acquisition est réalisée avec un appareil de marque ABEM, permettant une injection jusqu'à 500mA et 400V. Les paramètres suivants sont utilisés :

- Filtre de 50Hz
- 2 à 4 stacks par mesure avec une dérive de 1%
- Injection à 200mA

Le logiciel S4kWin est utilisé pour la réalisation des protocoles de mesures, pour le pilotage de l'acquisition et pour l'export des données.

3.2 TRAITEMENT DES MESURES

Le logiciel de traitement d'imagerie électrique utilisé est Res2Dinv Version 3.53.

Partant d'un modèle de terrain, le logiciel calcule les résistivités apparentes que donnerait ce modèle et les compare à celles réellement mesurées. La différence entre résistivités calculées et mesurées est donnée par l'erreur RMS. Le modèle est réajusté de sorte à minimiser cette erreur à chaque itération. Le calcul est arrêté lorsque l'erreur RMS ne varie plus significativement (limite de convergence). On obtient ainsi un modèle de terrain avec des résistivités "interprétées" se rapprochant de la réalité.

Paramètres d'inversion

- Tailles des cellules du modèle fixées au demi-espacement inter-électrodes, soit 1 m
- Inversion standard (résolution de l'équation des moindres carrés par la méthode standard de Gauss-Newton)
- Résistivités interprétées calculées par la méthode des éléments finis
- 7 itérations avec une limite de convergence à 1%
- Détermination du Damping Factor en fonction du niveau de variabilité des mesures

Incertitude de l'inversion

Les pseudos sections calculées sont de bonne qualité, l'erreur RMS au bout de la 7^{ème} itération atteint 0.50% pour le panneau PE1 et 1.07% pour le panneau PE2.

A titre comparatif une inversion est jugée correcte pour une RMS < 5 %, bonne pour une RMS <1 %.

4. RESULTATS DES RECONNAISSANCES

PRESENTATION DES RESULTATS

Les résultats des reconnaissances sont reportés sur la planche 2 en annexe.

Nous y retrouvons :

- Les deux pseudos sections inversées de résistivité,
- Les sondages géotechniques fournis par Hydrogéotechnique Centre positionnés sur les pseudos-sections,
- La localisation des mesures sur un fond de plan autocad.

INTERPRETATION DES RESULTATS

Les résistivités électriques permettent de différencier les matériaux en termes de granulométrie et de distinguer les horizons où les sables et graves sont dominants, des horizons où la fraction fine est dominante (argiles limons). Au sein de ces matériaux plus ou moins argileux, les zones de plus faibles résistivités que la tendance globale traduisent généralement une teneur en eau des matériaux supérieure.

Pour l'interprétation des profils de reconnaissances, nous retiendrons les limites granulométriques suivantes :

- résistivité < 70 ohm.m (teintes bleues) : Matériaux à granulométrie fine dominante (limons argileux et sables fins), teneur en eau élevée pour les résistivités les plus basses.
- de 70 à 170 ohm.m (teintes bleues claires à jaunes) : sables dominants, limons, cailloutis
- de 150 à 250 ohm.m (teintes jaunes) : marnes sableuses, calcaire altéré
- plus de 250 ohm.m (teintes orange et rouges) :
 - En profondeur : substratum calcaire avec une part variable de silex.
 - En surface : enrochement de la digue et alluvions caillouteuses et graveleuses, coté Loire.

Le panneau électrique PE1 réalisé le long de la digue de Darvoy montre des matériaux constitutifs de la digue assez résistifs pouvant correspondre à des matériaux grossiers de maintien (enrochement de la digue). Le substratum calcaire se situerait entre 8 et 20 mètres de profondeur. La surface de contact avec les alluvions sur jacentes présente de nombreuses irrégularités (faciès ruiniforme), avec des zones où la frange d'altération du substratum est importante, notamment au niveau du sondage SC1 où le substratum calcaire sain n'est pas atteint (marno-calcaire à 20m). Le risque karstique est par conséquent important.

Le panneau électrique PE2 réalisé en travers de la digue présente davantage de variations latérales de résistivité. Les matériaux de couverture sont plutôt fins et argileux côté Sud et deviennent de plus en plus grossiers vers la Loire (granoclassement des alluvions), côté Nord. Plus en profondeur les matériaux sont très hétérogènes, avec d'une part des matériaux assez résistifs pouvant être associés au substratum calcaire, d'autre part des matériaux peu à moyennement résistifs indiquant des matériaux fins voire un substratum fortement altéré. Ces variations importantes de résistivité révèlent la présence de karsts a priori de grandes dimensions et profonds.

L'aléa karstique est jugé fort à l'issue de ces reconnaissances.

ANNEXE 1

A. MOYENS MATERIELS UTILISES

- 1 système d'imagerie électrique LUND SAS1000 de marque ABEM ;
- câbles électriques espacement entre électrodes de 2m ;
- 2 bobines de câbles de 500 m pour les électrodes à l'infini ;
- électrodes et connectiques ;

B. METHODOLOGIE

Les reconnaissances par panneaux électriques, permettent de définir la nature des matériaux par des correspondances résistivités / granulométries et teneur en eau des matériaux. Ils permettent de détecter sous certaine condition, toute anomalie électrique du terrain naturel, générée par un évènement particulier et notamment les vides francs, les poches argileuses dans un environnement graveleux et inversement d'éventuelles poches de matériaux graveleux et drainants dans un encaissant de granulométrie fine.

PRINCIPE DE LA TOMOGRAPHIE ELECTRIQUE

Le panneau électrique consiste à réaliser des sondages électriques multiples en augmentant régulièrement l'espacement entre les électrodes de courant AB et dans une moindre mesure les électrodes potentielles MN.

On augmente la profondeur d'investigation en augmentant la distance entre les électrodes. On représente ainsi des résistivités apparentes sous formes de pseudo sections qui reflètent qualitativement la variation spatiale de la résistivité apparente.

La réalisation des acquisitions nécessite de poser au sol un câble électrique, à planter des piquets en INOX (électrodes) et à injecter dans le sol un courant électrique.

L'interprétation des panneaux électriques est réalisée à l'aide du logiciel Res2DINV. Ce logiciel calcule une modélisation tendant à transformer les résistivités apparentes mesurées sur le terrain en résistivités « vrai » se rapprochant de la réalité.

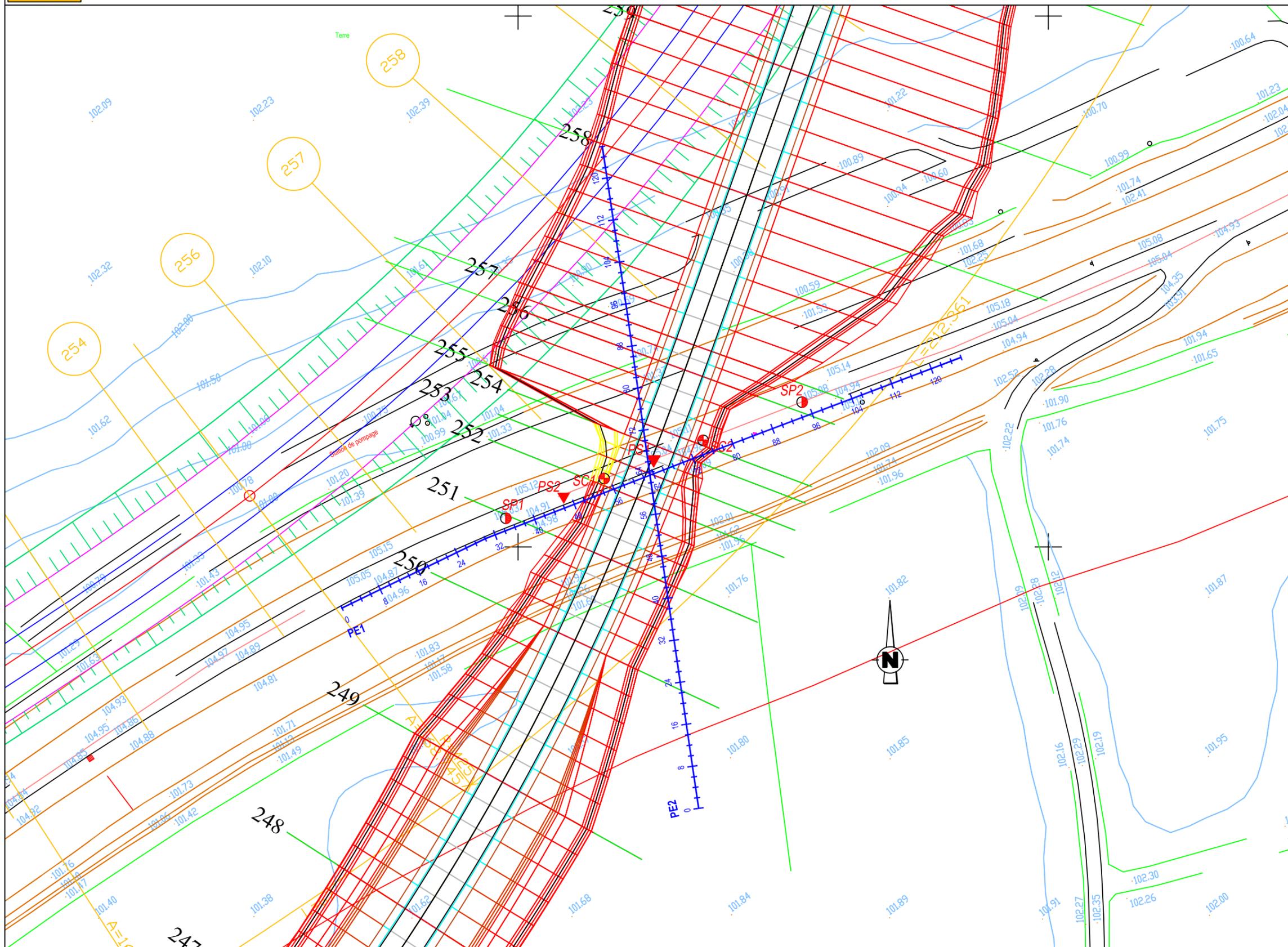
On obtient ainsi une profondeur calculée issue de la modélisation, qui dépend de la nature du terrain et de la géométrie du dispositif utilisé.

ANNEXE 2

RESULTATS DES RECONNAISSANCES

PLANCHE 1 : Localisation des reconnaissances	12
PLANCHE 2 : Résultats des reconnaissances	13

Echelle du plan: 1 / 750

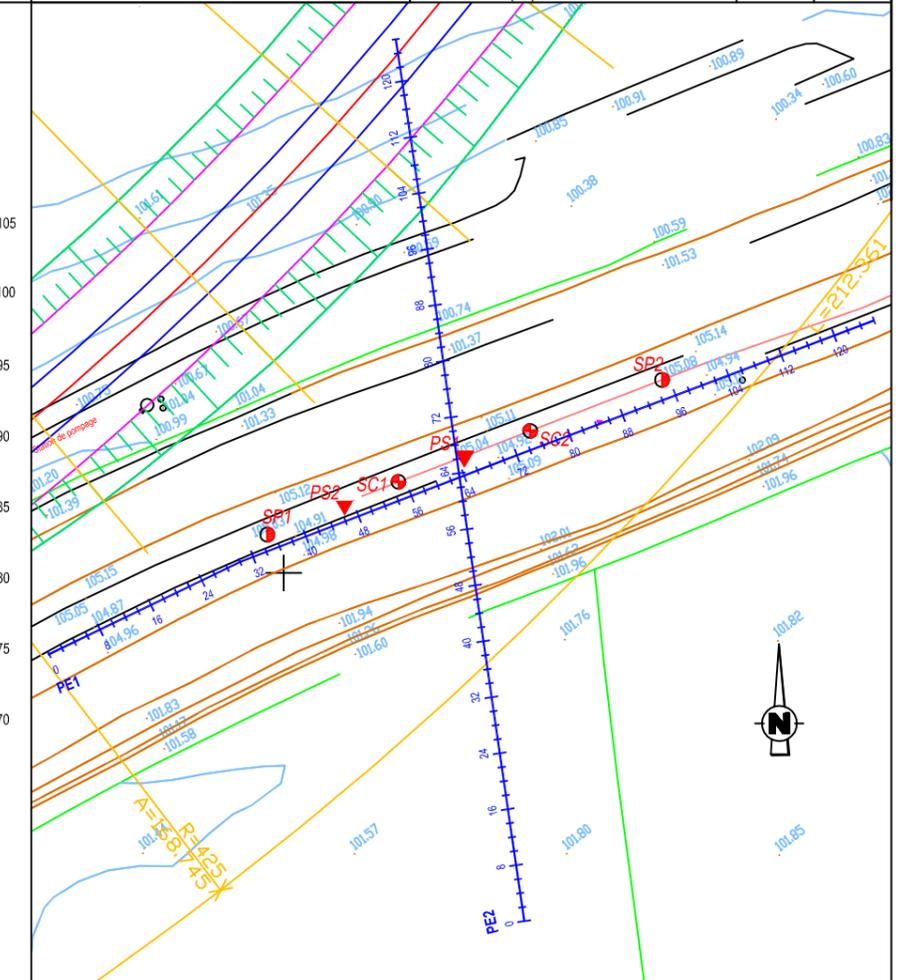
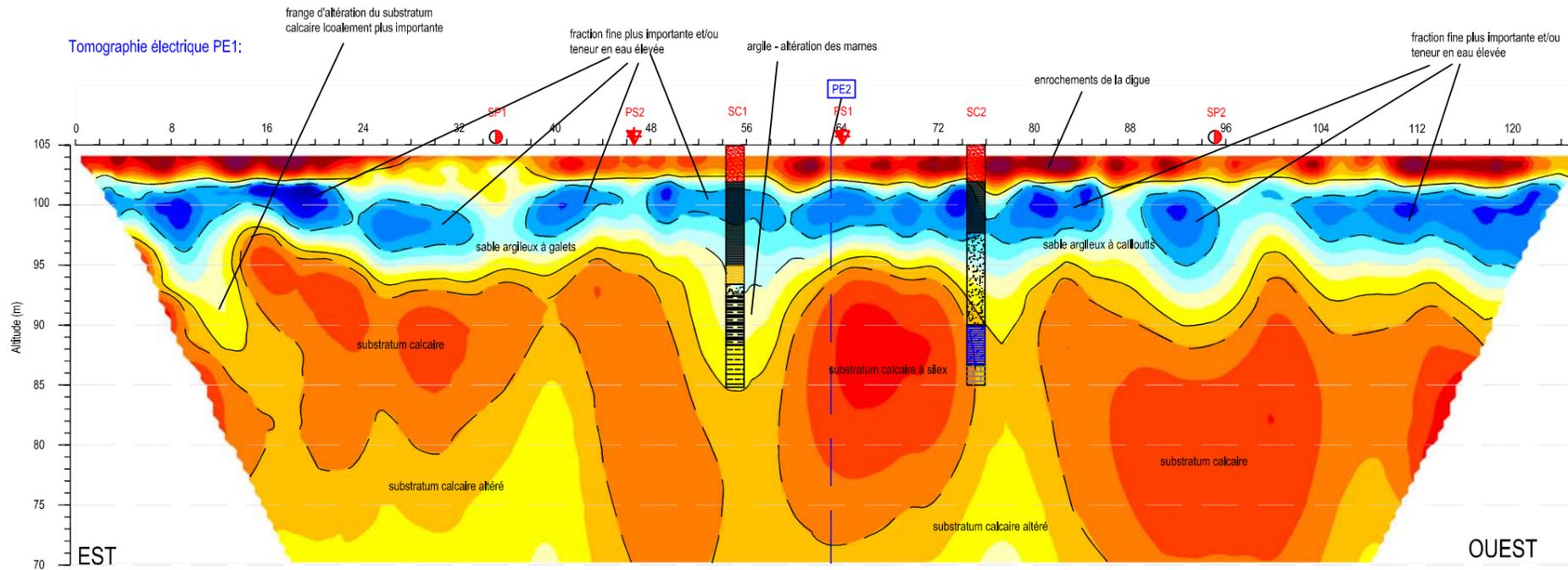


- SC1**  Sondage carotté
- PS2**  Sondage pressiométrique
- SP1**  Sondage à la pelle
-  Profil de tomographie électrique
-  Projet

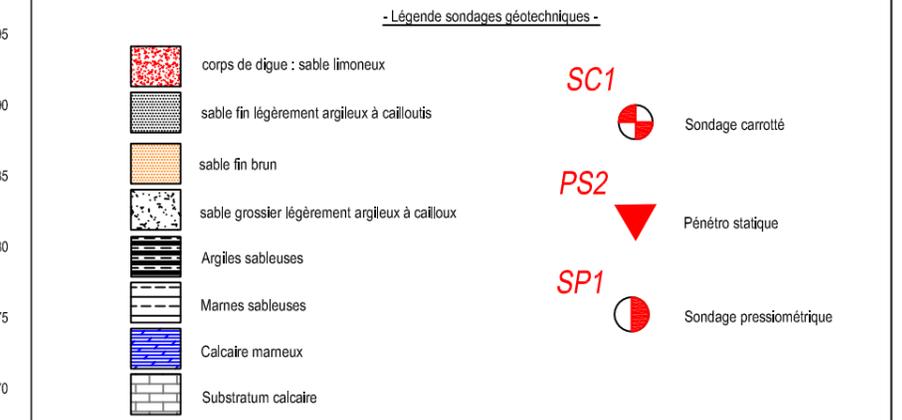
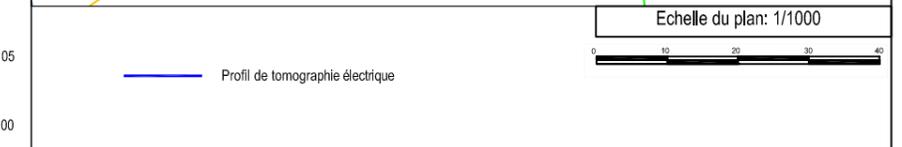
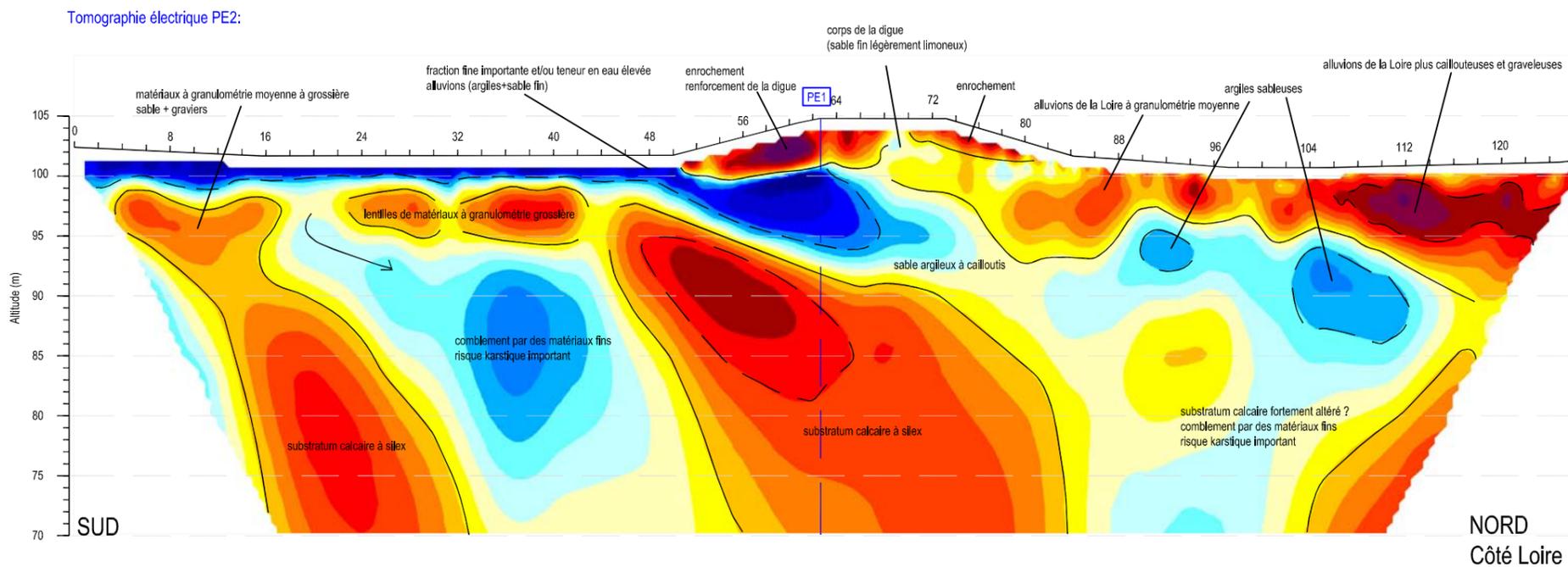
Détection de karst, Digue de Darvoy ville de Jargeau (45)

Date d'acquisition : 23/04/2014
Matériel utilisé : SAS1000 ABEM

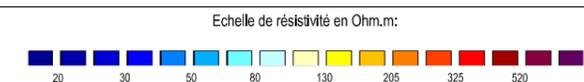
	PE - 1	PE - 2
Longueur (m)	126	126
Maille	2	2
Protocole	Pôle-Pôle	Pôle-Pôle
Nombre de mesures réalisées	958	958
Nombre de mesures utilisées	958	911
RMS Error (%)	0,5	1,0



Echelle du plan: 1/1000



Echelle verticale : 1/500
Echelle horizontale : 1/500

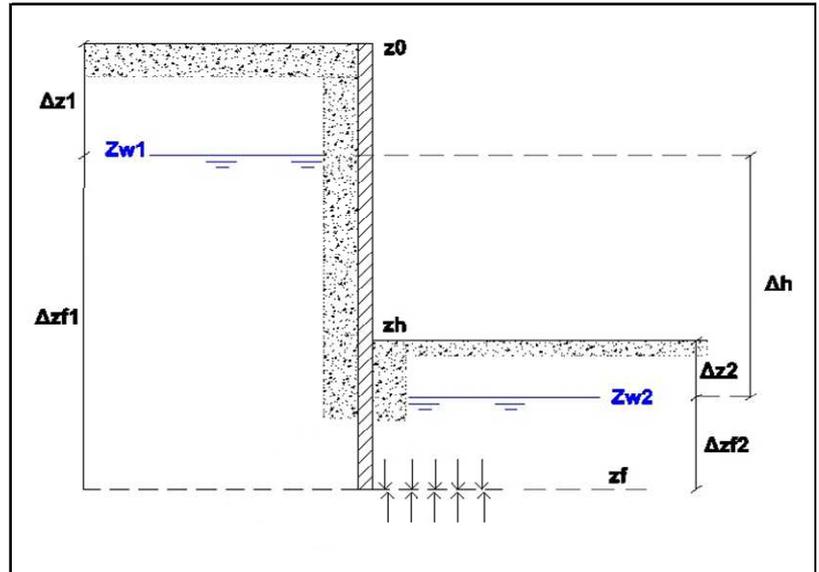


ANNEXE 5
VÉRIFICATION À LA BOULANCE
POUR LE RIDEAU DE
PALPLANCHES

Tableau A.4.1 – Facteurs partiels pour les actions (γ_F)

Action	Symbole	Valeur
Permanente		
Défavorable ^a	$\gamma_{G,dst}$	1,35
Favorable ^b	$\gamma_{G,stb}$	0,90
Variable		
Défavorable ^a	$\gamma_{G,dst}$	1,50

a Déstabilisatrice.
b Stabilisatrice.


Configuration géométrique de l'aquifère :

Mandel - Sans substratum imperméable

$$\rho = 0,095 + \frac{0,81}{1 + \sqrt{1 + \frac{\Delta h}{\Delta z_{f2} + \Delta z_2}}}$$

Données d'entrée :
Configuration géométrique de l'ouvrage :

Batardeau infiniment long

z_0 (m) =	105.00	$\gamma'_{aval} T/m^3 =$	1.00	Δh (m) =	4.00
z_h (m) =	101.00			Δz_1 (m) =	0.00
z_f (m) =	98.00			Δz_2 (m) =	0.00
z_{w1} (m) =	105.00			Δz_{f1} (m) =	7.00
z_{w2} (m) =	101.00			Δz_{f2} (m) =	3.00
$\gamma_w T/m^3 =$	1.00				

Calcul du rapport de la perte de charge aval sur la perte de charge totale :

$$\rho = 0.42$$

Calcul de Δh_{aval} :

$$\Delta h_{aval} = \rho \times \Delta h = 1.66 \text{ m}$$

Facteur géométrique : 1.0

$$\text{alors } \Delta h_{aval} \text{ pondéré} = 1.66 \text{ m}$$

Calcul de Δh_{amont} :

$$\Delta h_{amont} = \Delta h - \Delta h_{aval} \text{ pondéré} = 2.34 \text{ m}$$

Calcul des gradients amont et aval :

$$i_1 = i_{amont} = \frac{\Delta h_{amont}}{\Delta z_{f1}} = 0.334 \quad i_2 = i_{aval} = \frac{\Delta h_{aval}}{\Delta z_{f2}} = 0.554$$

Gradient hydraulique critique :

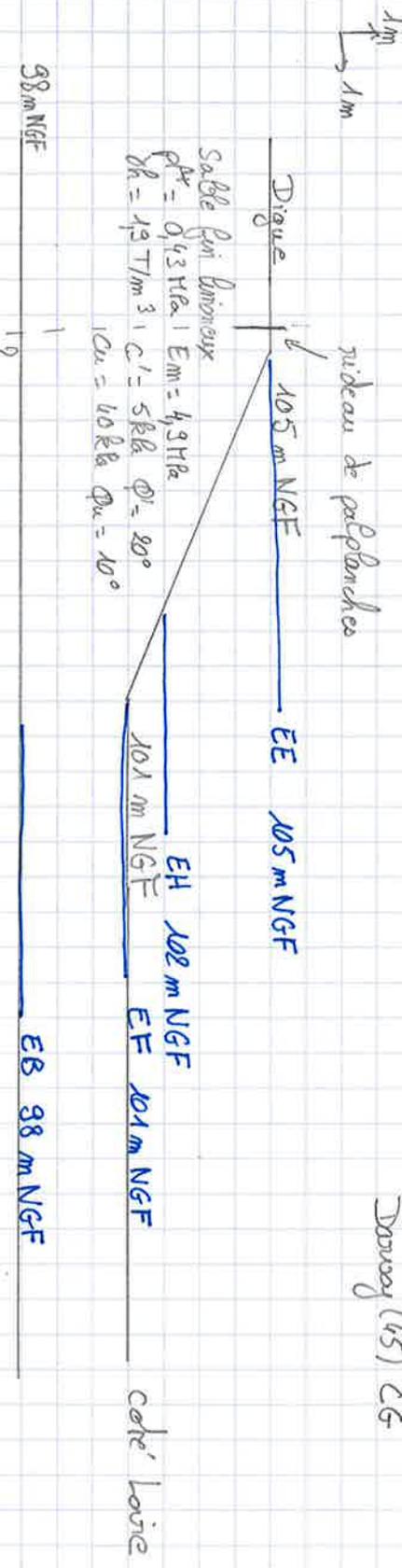
$$i_c = \frac{\gamma'_{aval}}{\gamma_w} = 1.00$$

Vérification du mécanisme de Boulance

 On cherche un coefficient de sécurité tel que : $1,35 S_{dst} \leq 0,90 G'_{stb} \Leftrightarrow \frac{i_c}{i_{aval}} \geq \frac{1,35}{0,90} = 1,50$
Résultat: $\frac{i_c}{i_{aval}} = 1.81 > 1.50$ **Condition de Boulance vérifiée**



Douay (45) CG



Sable + graviers + argiles

$\rho^R = 1,65 \text{ t/m}^3$ | $E_m = 13,8 \text{ tPa}$

$\gamma_R = 2,0 \text{ T/m}^3$ | $c' = 0 \text{ kPa}$ | $\phi' = 28^\circ$

$c_u = 0$ | $\phi_u = 28$

Marne-calcaire

$\rho^R > 1,00 \text{ t/m}^3$ | $E_m = 161,6 \text{ tPa}$

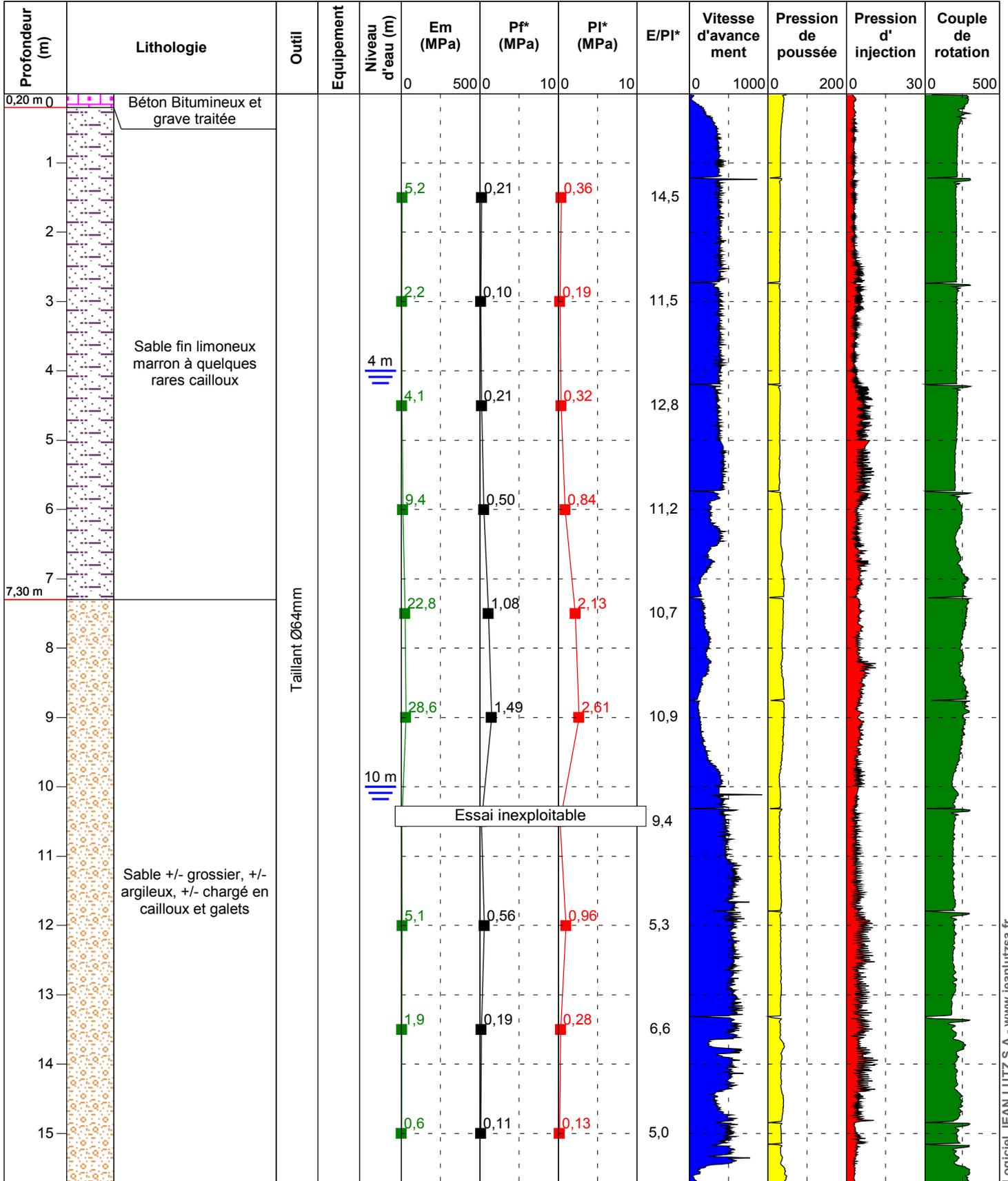
$\gamma_R = 2,2 \text{ T/m}^3$ | $c' = 100 \text{ kPa}$ | $\phi' = 40^\circ$

$c_u = 200 \text{ kPa}$ | $\phi_u = 30^\circ$

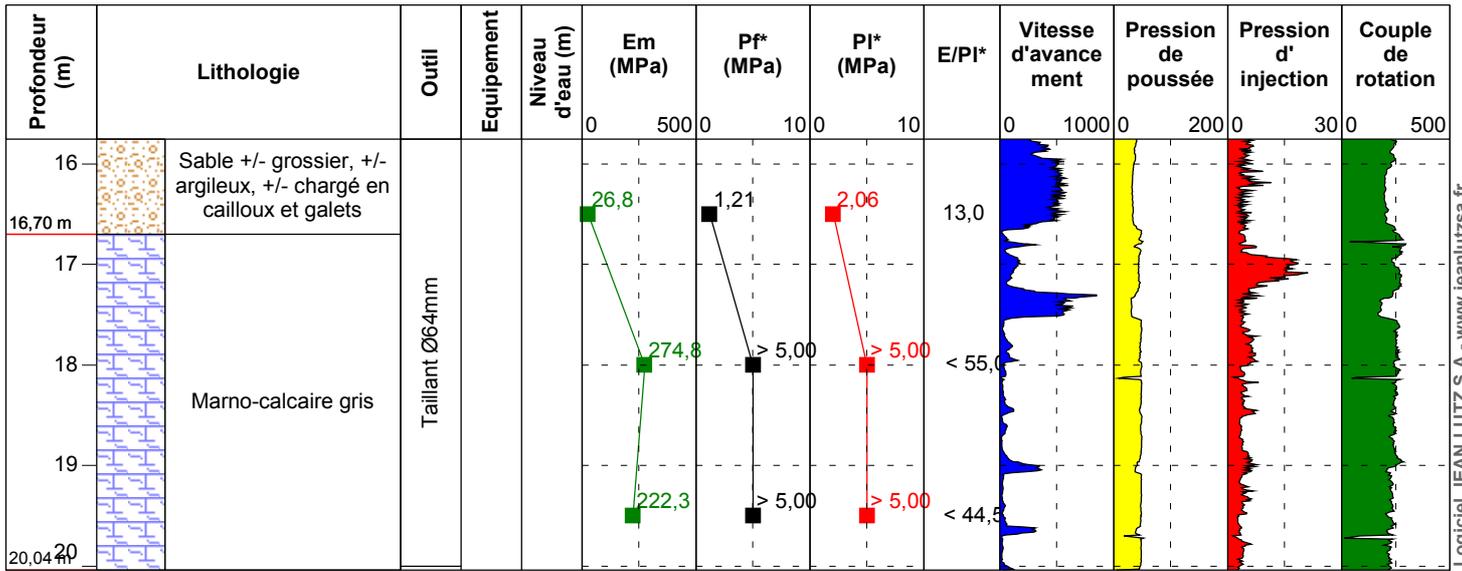
38 m NGF

ANNEXE 6
COUPES DES SONDAGES
PRESSIOMÉTRIQUES

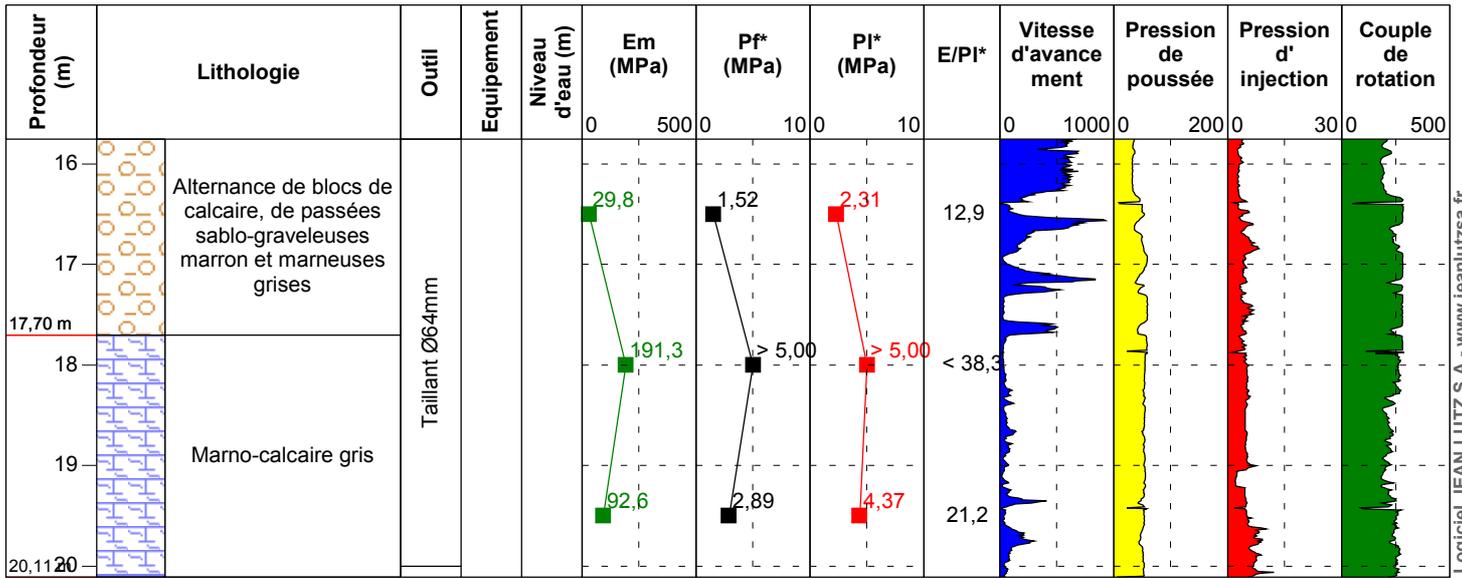




SP1



SP2



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeantutzsa.fr

ANNEXE 7
COUPES DES SONDAGES
CAROTTÉS

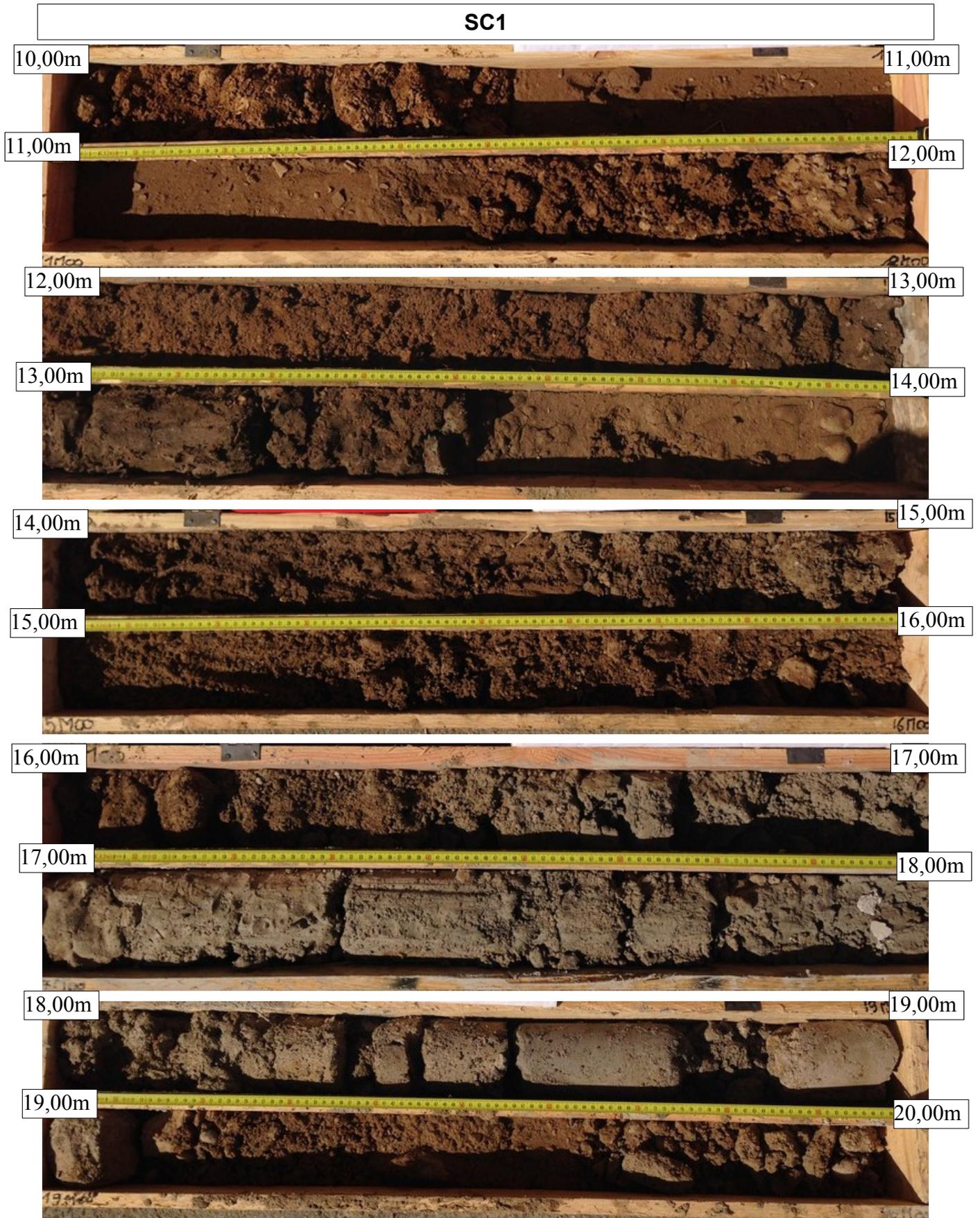




Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau (m)	% Récupération	RQD	Observations
0,00 m	Enrobé	Carottier rotatif Ø116mm		100		
0,40 m	Grave traitée aux liants hydrauliques					
0,80 m	Sable limoneux marron à cailloutis					
1,00 m	Sable fin limoneux marron					
2	Sable fin limoneux marron					
3,00 m	Sable fin limoneux marron					
4,00 m	Limons argilo-sableux marron					
5,00 m	Sable fin limoneux marron					
5,60 m	Sable marron foncé à cailloutis					
6,30 m	Sable fin limoneux marron					
6,50 m	Sable marron foncé à cailloutis					
7,00 m	Sable limoneux marron à cailloux et cailloutis					
8,00 m	Sable grossier marron brun à cailloutis					
9,00 m	Sable limoneux légèrement argileux marron ocre à cailloux et cailloutis					
10,00 m	Sable grossier légèrement argileux marron ocre à cailloux et galets					
10,50 m	Sable fin brun à rares cailloutis					
11,50 m	Sable grossier légèrement argileux brun à cailloux et nombreuses coquilles					
12,60 m	Argile sableuse brun gris					
13,30 m	Calcaire fracturé argileux gris					
13,50 m	Sable légèrement argileux brun à cailloutis et cailloux					
14,00 m	Argile sableuse brune à cailloutis					
14,60 m	Sable grossier argileux marron à cailloux et cailloutis					

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau (m)	% Récupération	RQD	Observations
16	Sable grossier argileux marron à cailloux et cailloutis	Carottier rotatif Ø116mm		100	37	
16,50 m				100		
17	Marnes sableuses grises à cailloux et cailloutis			100		
18,00 m	Graves dans une matrice marneuse grise			100		
18,30 m	Calcaire argileux gris à nombreuses coquilles			100		
19,10 m	Sable grossier à nombreux cailloux, cailloutis et blocs calcaire (Dmax = 50mm)			100		
19,70 m	Marno calcaire gris					
20,00 m						





**HYDRO - GEOTECHNIQUE**LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT**Conseil Général du Loiret - Déviation RD921 - Digue** (Dossier: C.14.17016)
de Darvoy
DARVOY (45)

Date : 05/05/2014

Profondeur : 0,00 - 20,00 m

1/75

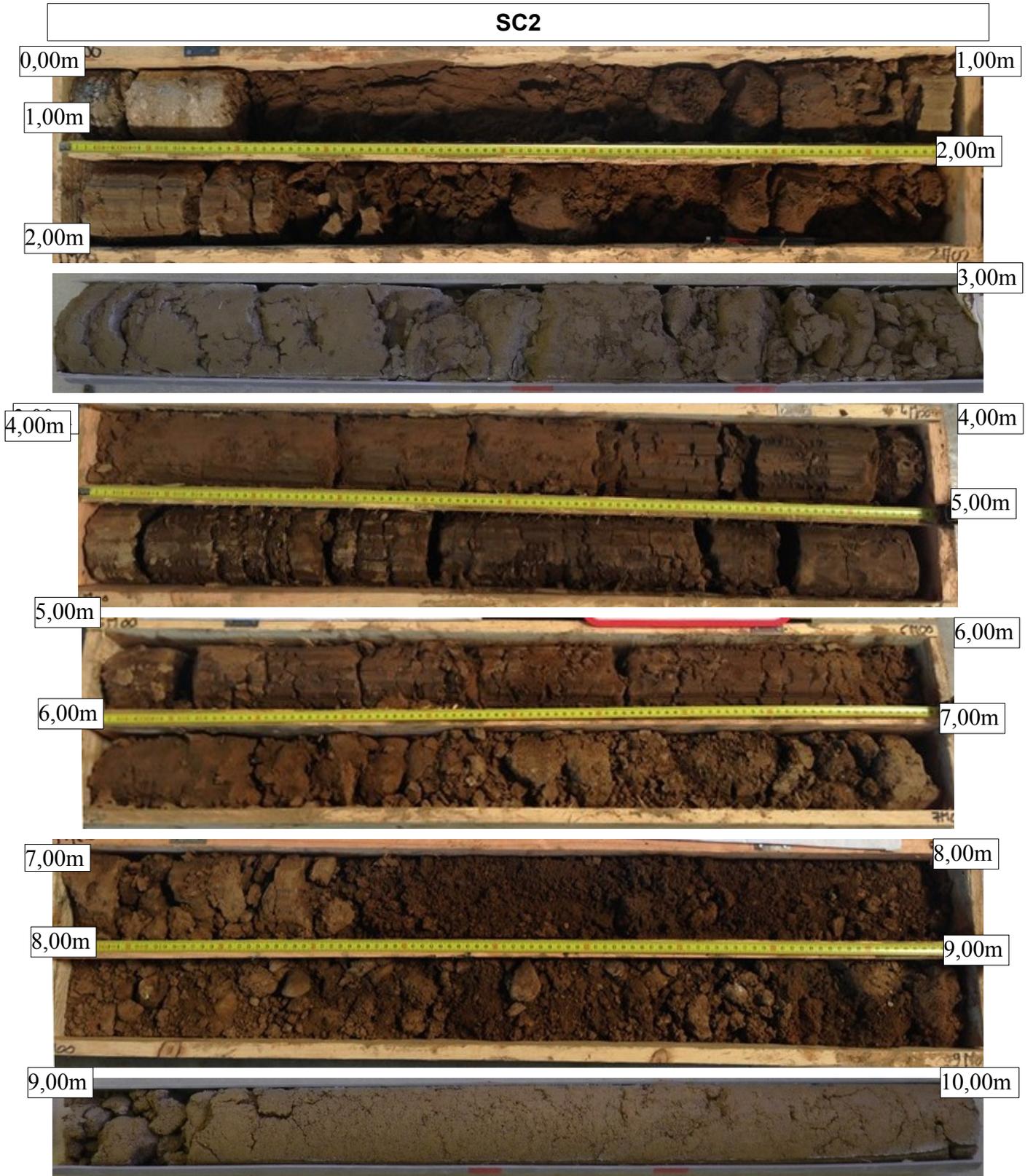
Forage : SC2

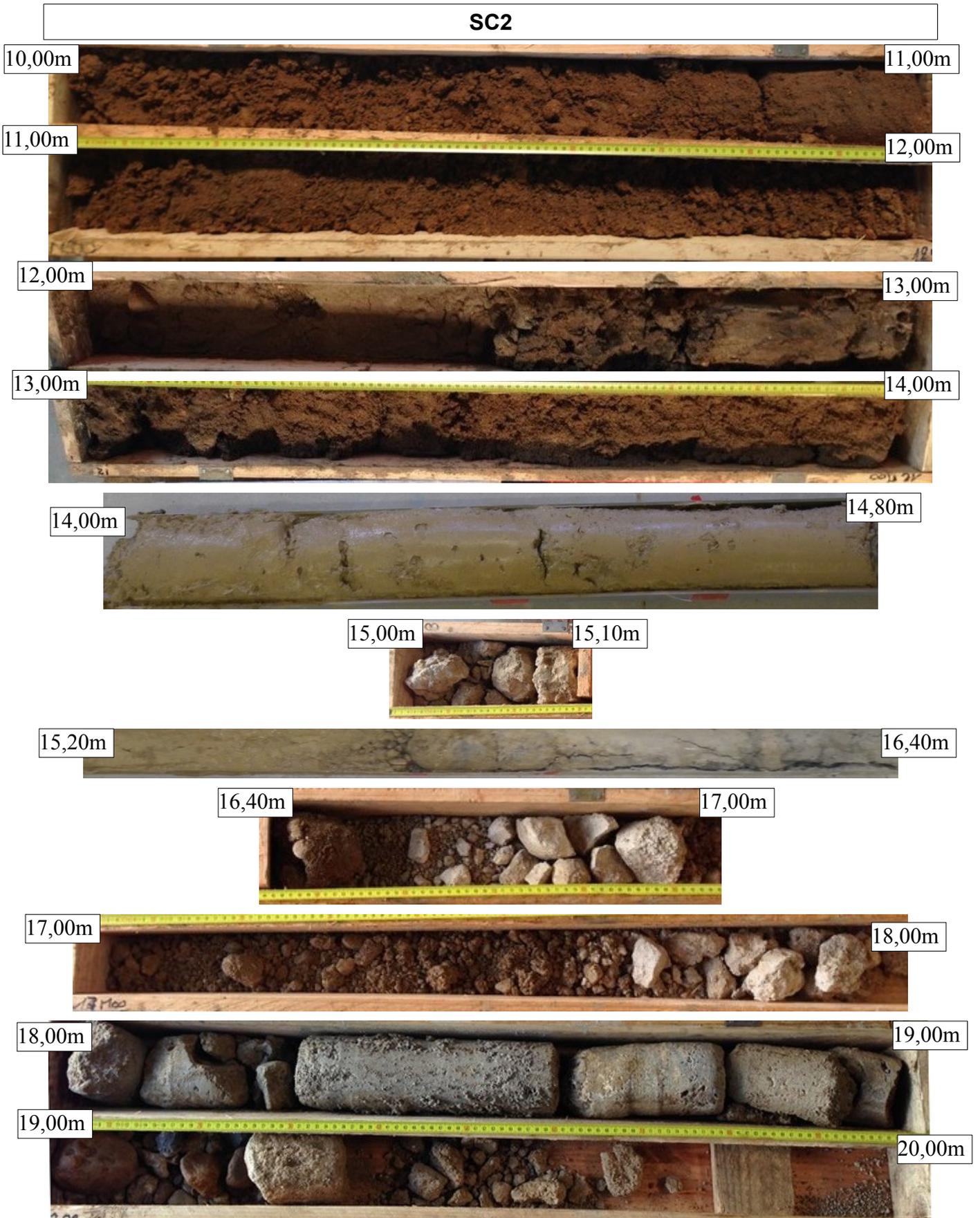
EXGTE 3.15/LB2EPF546FR

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau (m)	% Récupération	RQD	Observations	
0,05 m							
0,18 m	Enrobé	Carottier rotatif Ø116mm					
	Grave traitée						
1	Sable très fin légèrement limoneux brun à cailloux et cailloutis				100		
2,00 m	Sable fin limoneux marron brun						Échantillon non remanié
3,00 m							
4	Sable fin légèrement argileux brun à cailloutis et cailloux				100		
5							
6,00 m	Sable très fin légèrement limoneux à cailloutis et rares galets				100		
7							
7,30 m	Sable limoneux grossier à galets et nombreux cailloux et cailloutis				100		
8							
9,00 m	Sable grossier à cailloux, cailloutis et quelques blocs						Échantillon non remanié
10,00 m							
11	Sable argileux grossier marron ocre à cailloux et galets				100		
12							
12,90 m	Argile brun foncé à cailloux et cailloutis			100			
13,50 m	Sable argileux à galets, cailloux et cailloutis						
14,00 m							
	Sable grossier marron beige à cailloux et cailloutis					Échantillon non remanié	
15,00 m							
15,20 m	Calcaire marneux gris			100			
	Limon marron beige, blocs de calcaire et sable grossier gris					Échantillon non remanié	

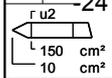
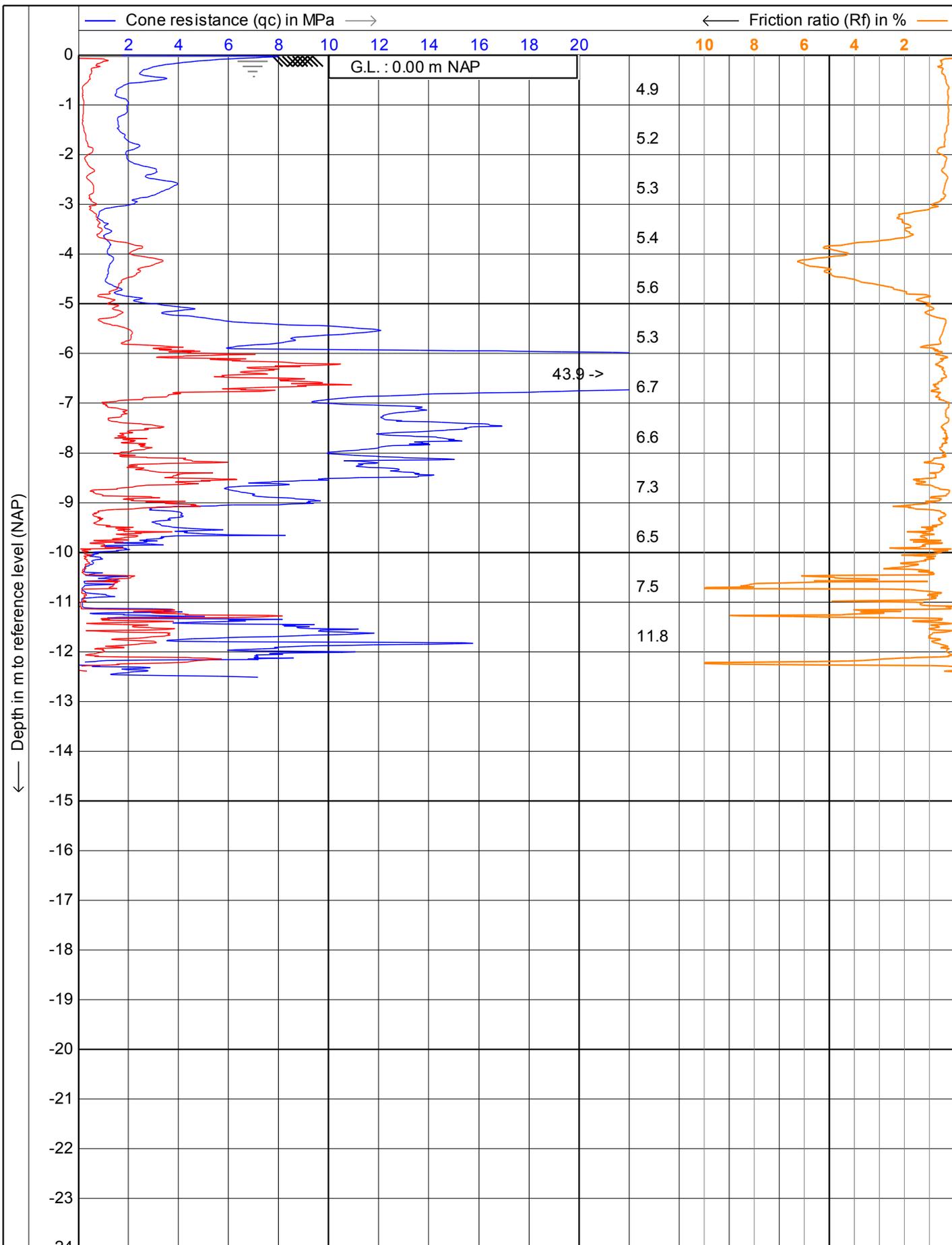
SC2

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau (m)	% Récupération	RQD	Observations
16	Limon marron beige, blocs de calcaire et sable grossier gris	Carottier rotatif Ø116mm		100	65	Échantillon non remanié
16,40 m						
16,60 m	Grave dans une matrice sable argileuse marron					
16,95 m	Calcaire gris clair à matrice limoneuse					
17	Grave dans une matrice sablo argileuse marron ocre					
17,67 m						
18	Calcaire gris clair					
18,30 m	Calcaire gris à silex					
19,00 m	Blocs silex rouges noirs					
19,30 m						
20,00 m	Calcaire gris à silex	50				





ANNEXE 8
RÉSULTATS DES ESSAIS DE
PÉNÉTRATION



HYDRO-GEOTECHNIQUE

NF EN ISO 22476-1

Project : **hydro**

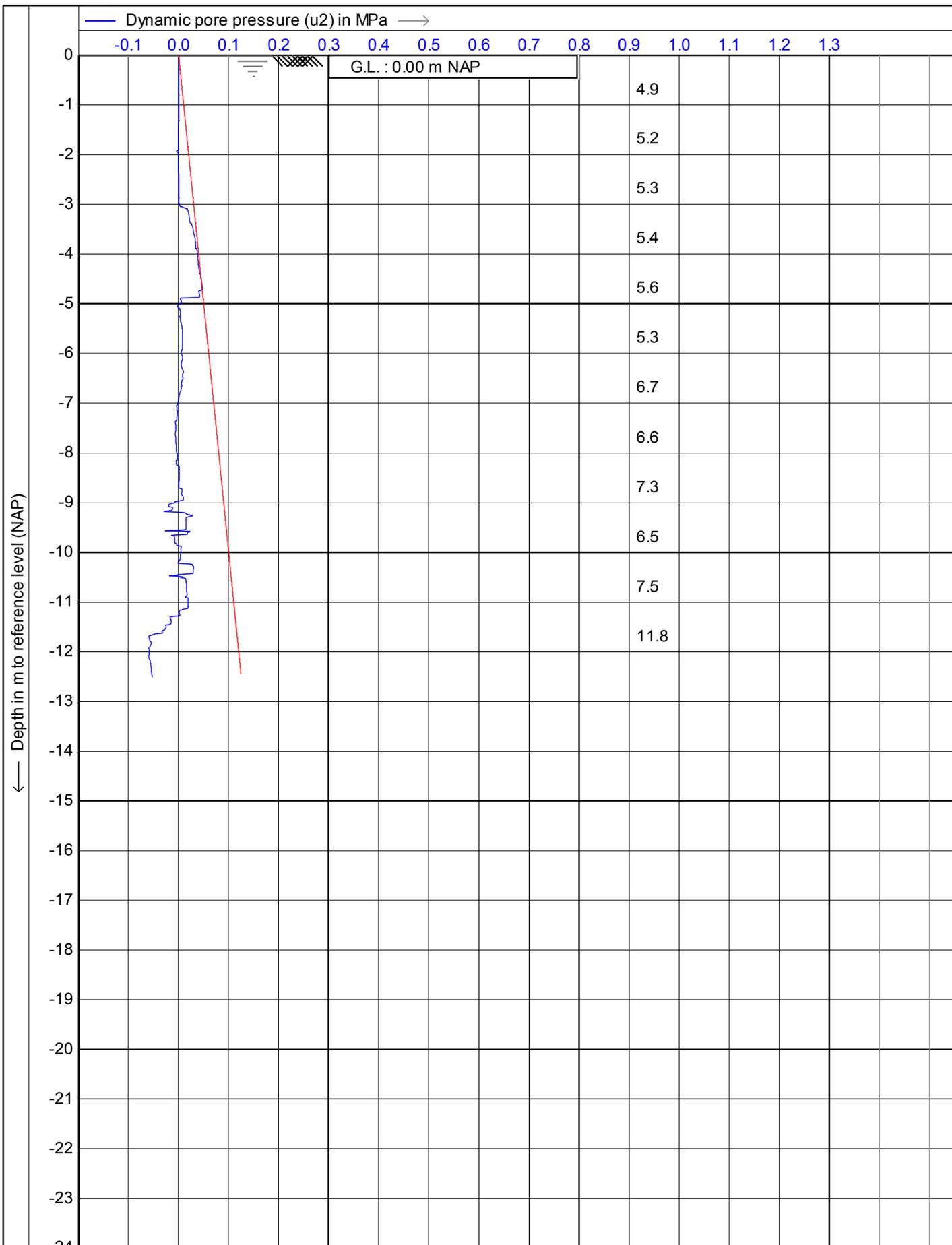
Location:

Date : **27-5-2014**

Cone no. : **C10CFIIP.C12283**

Project no. : **DARVOY**

CPT no. : **PS1** | 1/15



γ u_2
 150 cm^2
 10 cm^2



NF EN ISO 22476-1

Project : **hydro**

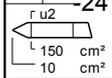
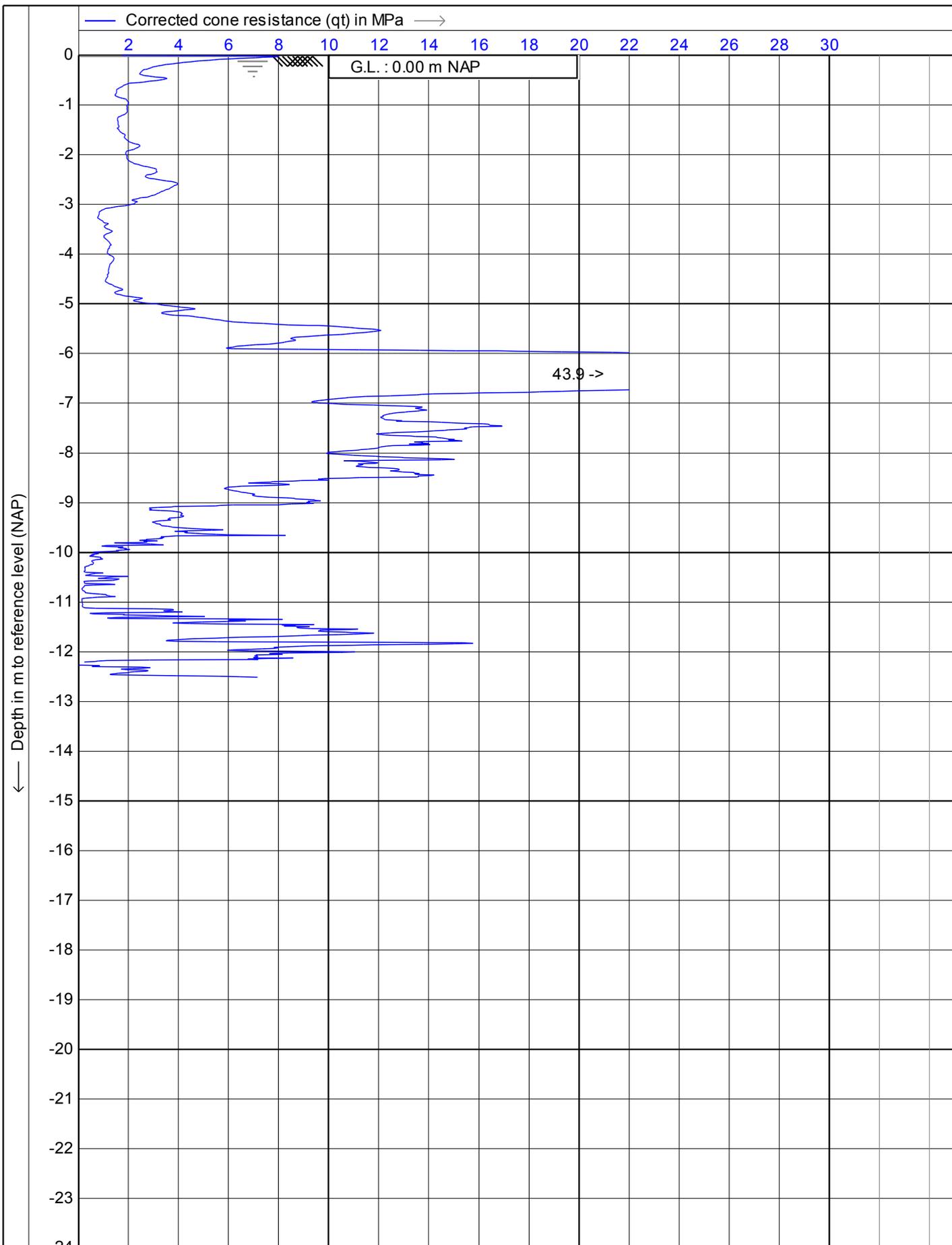
Location:

Date : **27-5-2014**

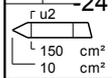
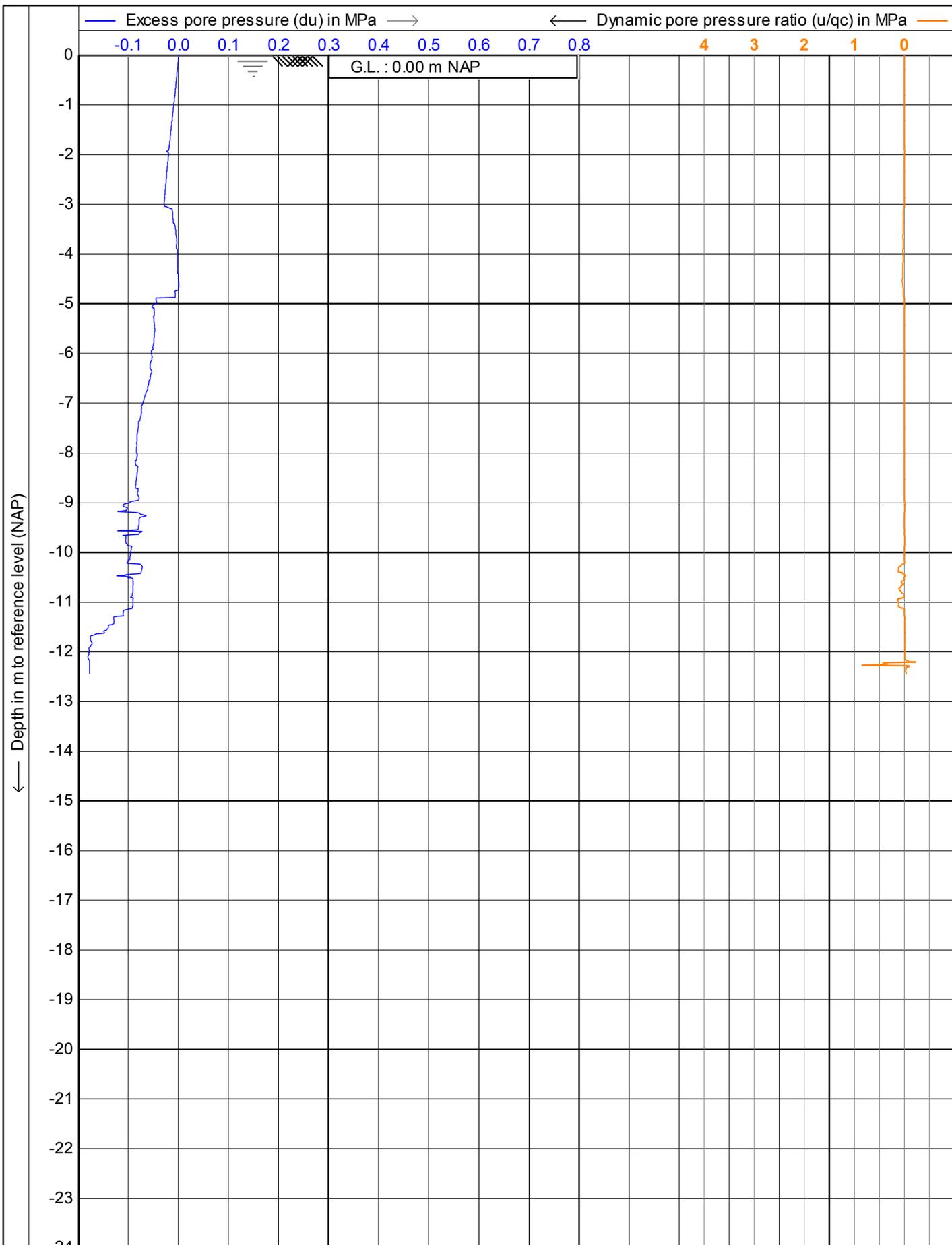
Cone no. : **C10CFIIP.C12283**

Project no. : **DARVOY**

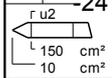
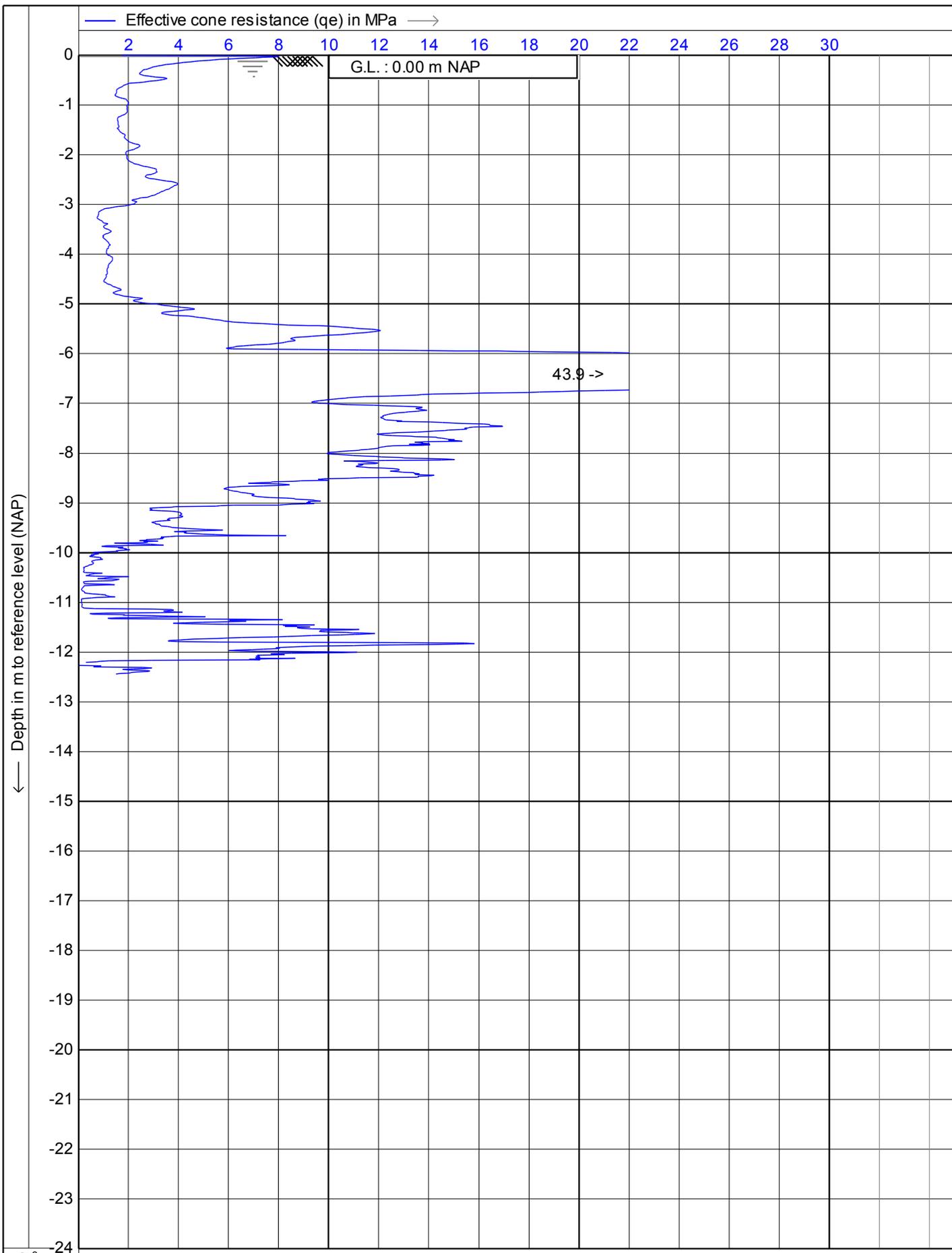
CPT no. : **PS1** **2/15**



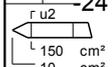
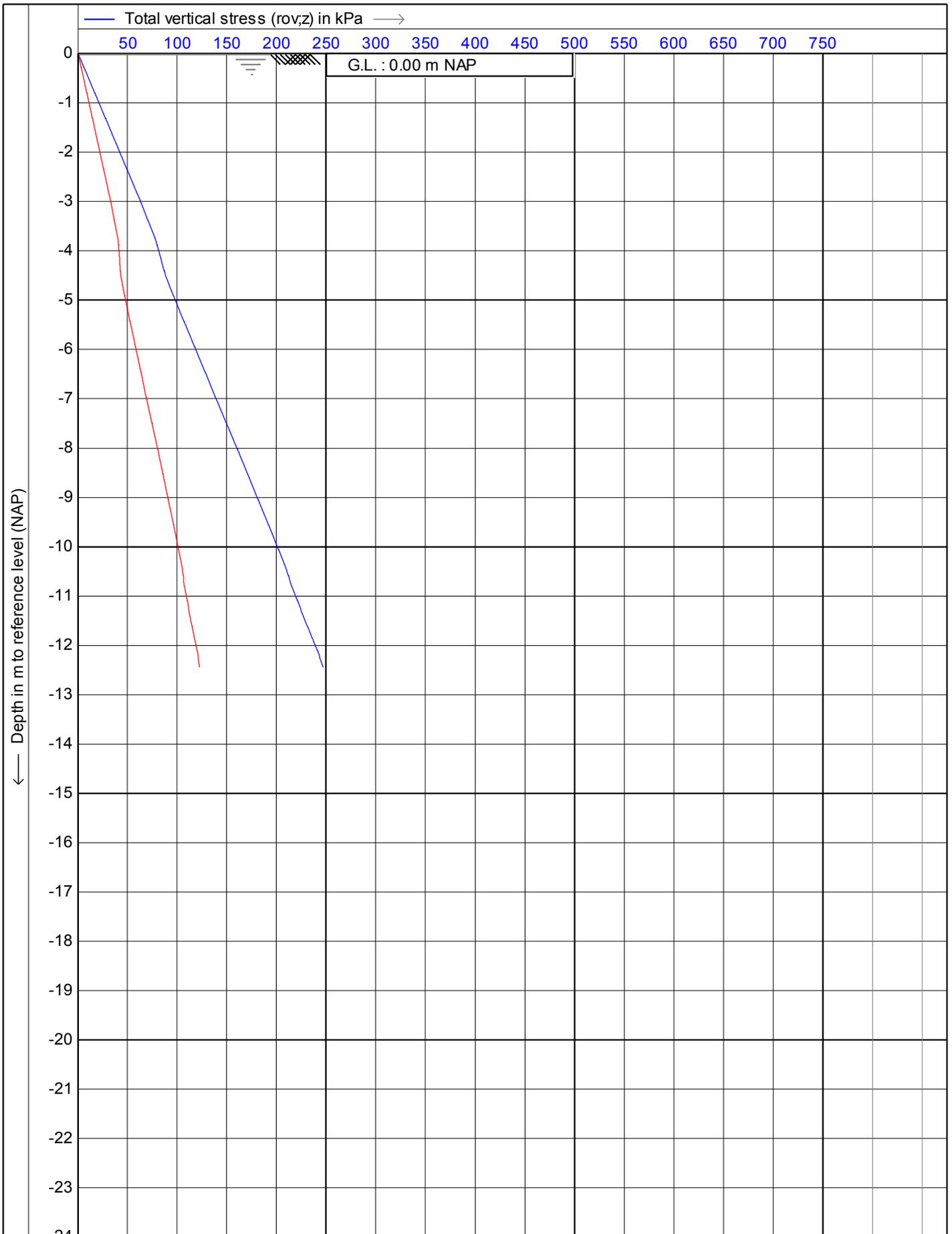
 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1		Date : 27-5-2014
	Project : hydro		Cone no. : C10CFIIP.C12283
	Location:		Project no. : DARVOY
			CPT no. : PS1
			3/15



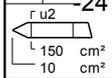
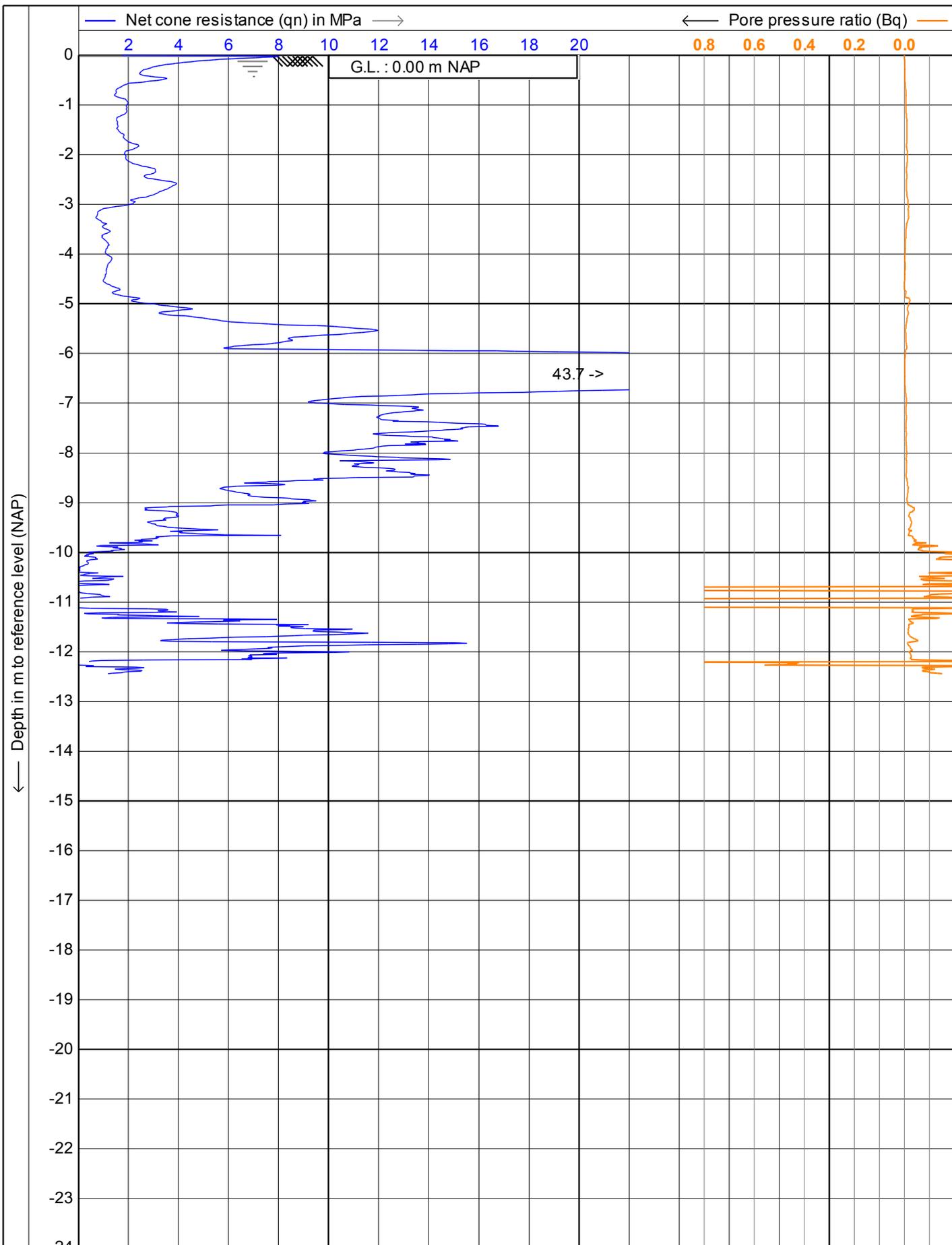
	NF EN ISO 22476-1		Date : 27-5-2014
	Project : hydro		Cone no. : C10CFIIP.C12283
	Location:		Project no. : DARVOY
			CPT no. : PS1 4/15



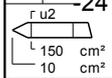
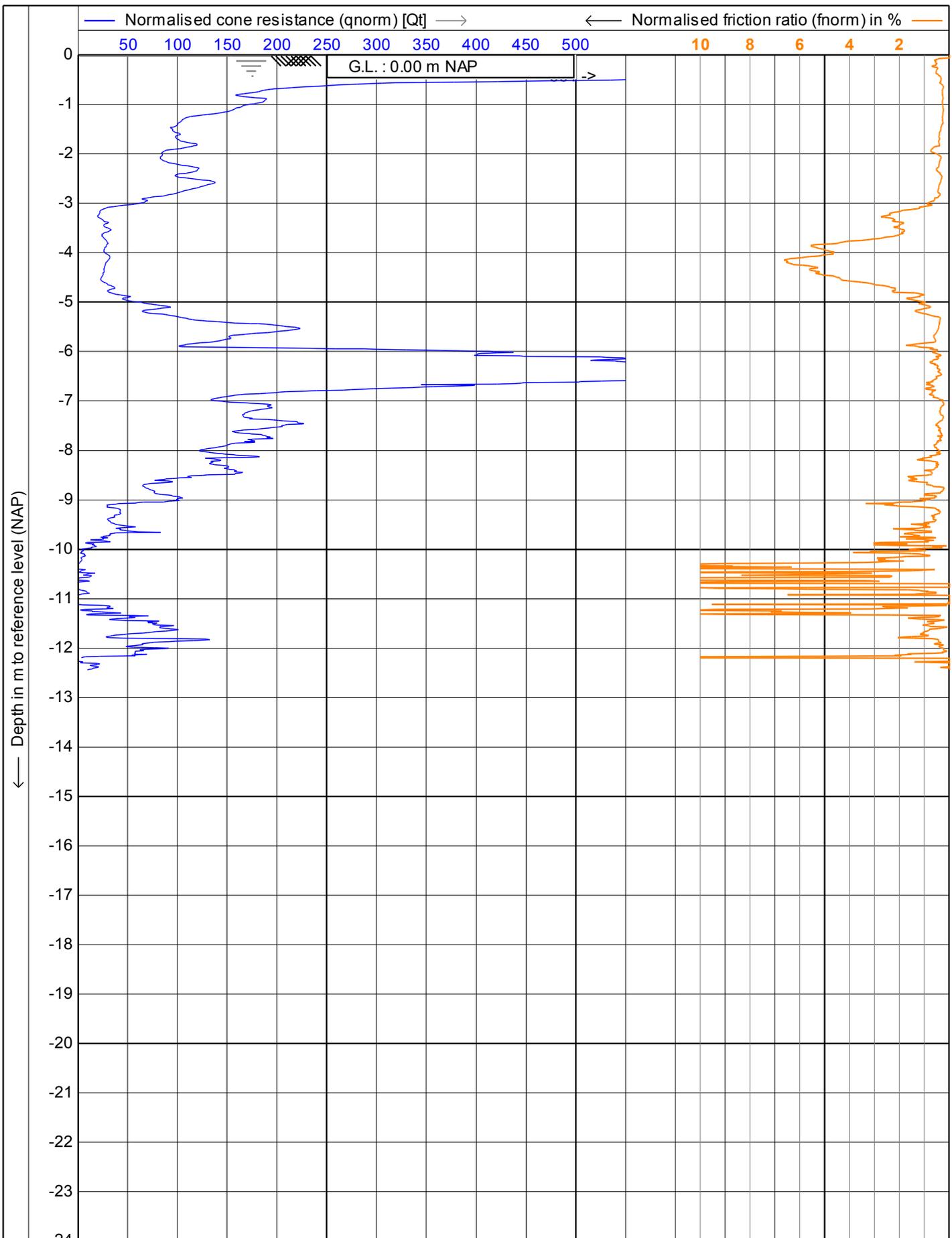
 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1		Date : 27-5-2014
	Project : hydro		Cone no. : C10CFIIP.C12283
	Location:		Project no. : DARVOY
			CPT no. : PS1
			5/15



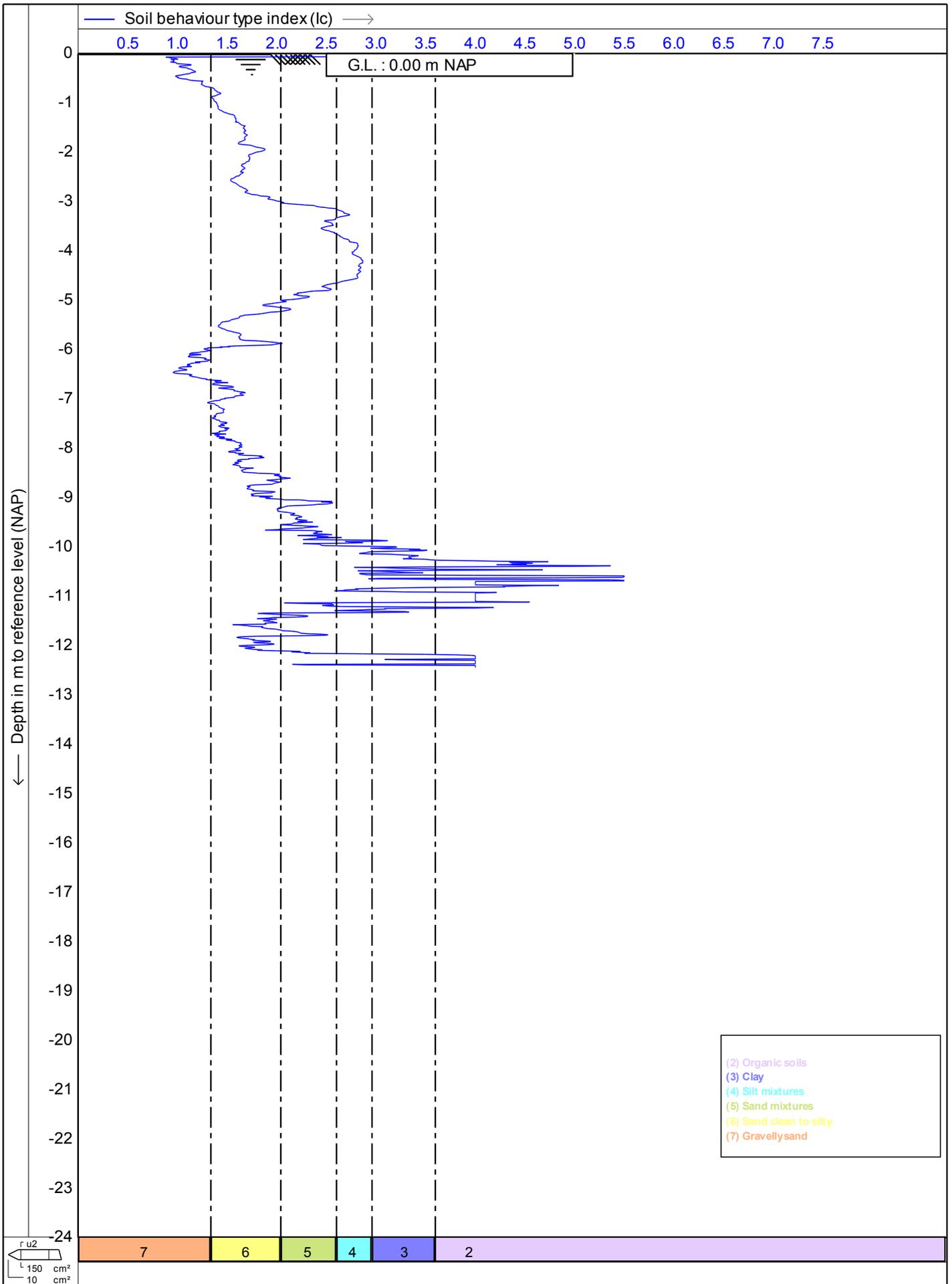
 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1		Date : 27-5-2014
	Project : hydro		Cone no. : C10CFIIP.C12283
	Location:		Project no. : DARVOY
			CPT no. : PS1
			6/15



 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1		Date : 27-5-2014
	Project : hydro		Cone no. : C10CFIP.C12283
	Location:		Project no. : DARVOY
			CPT no. : PS1
			7/15



 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1		Date : 27-5-2014
	Project : hydro		Cone no. : C10CFIIP.C12283
	Location:		Project no. : DARVOY
			CPT no. : PS1
			8/15



NF EN ISO 22476-1

Date : 27-5-2014

Cone no. : C10CFIIP.C12283

Project no. : **DARVOY**

CPT no. : **PS1**

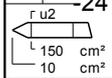
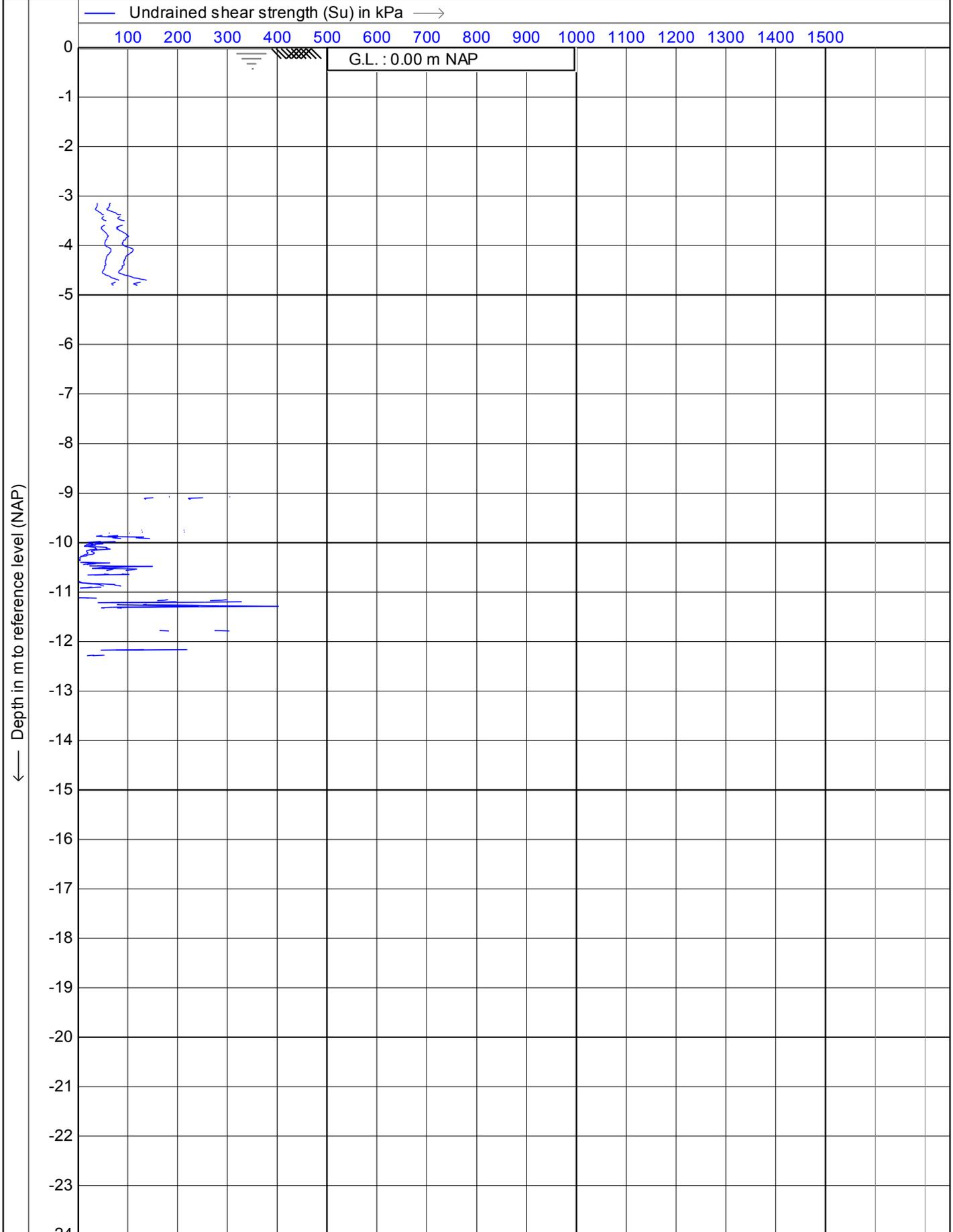
9/15



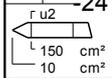
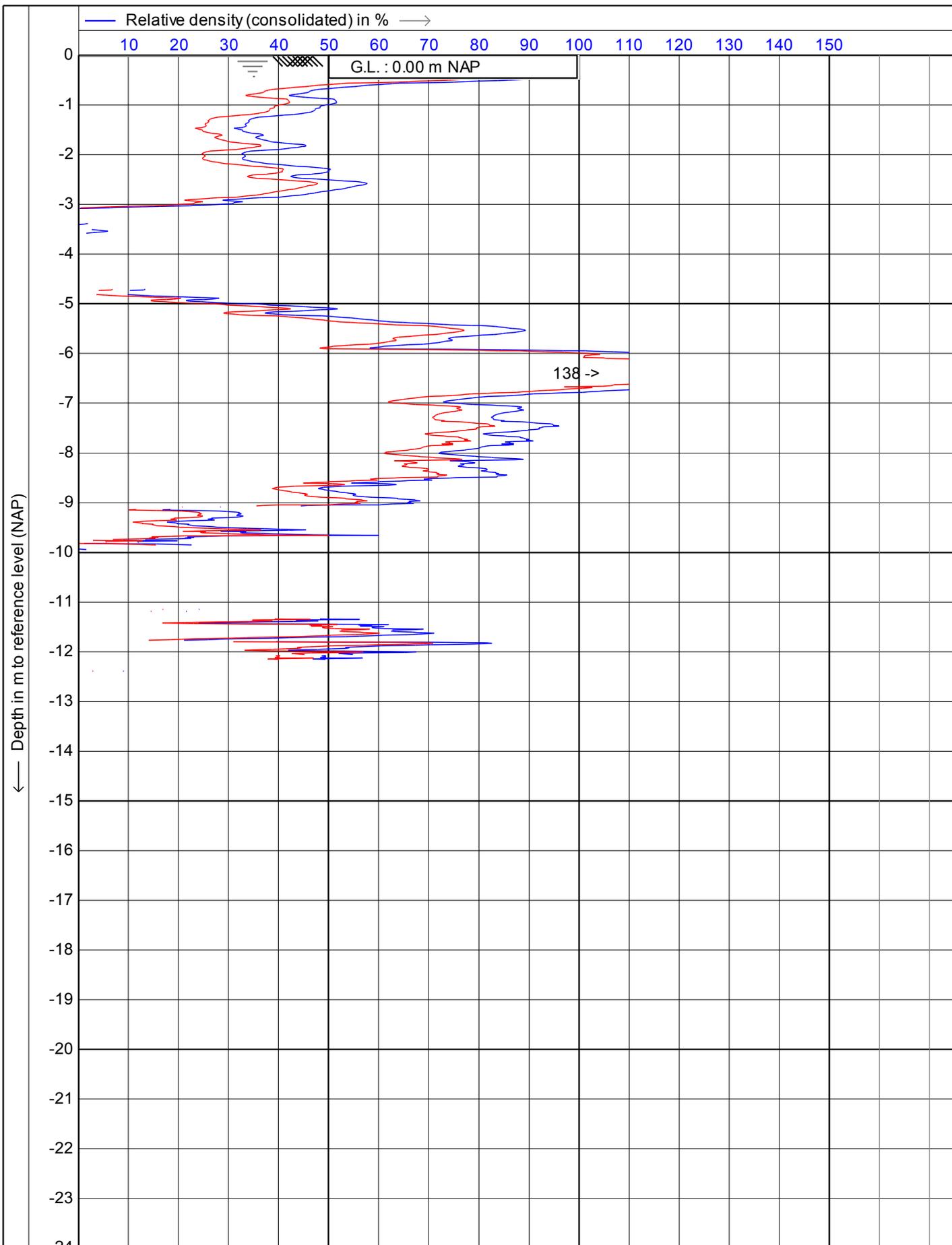
HYDRO-GEOTECHNIQUE

Project : **hydro**

Location:



 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1		Date : 27-5-2014
	Project : hydro		Cone no. : C10CFIIP.C12283
	Location:		Project no. : DARVOY
			CPT no. : PS1
			10/15



— Relative density (over-consolidated) in % \longrightarrow

HYDRO-GEOTECHNIQUE

NF EN ISO 22476-1

Project : **hydro**

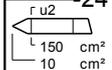
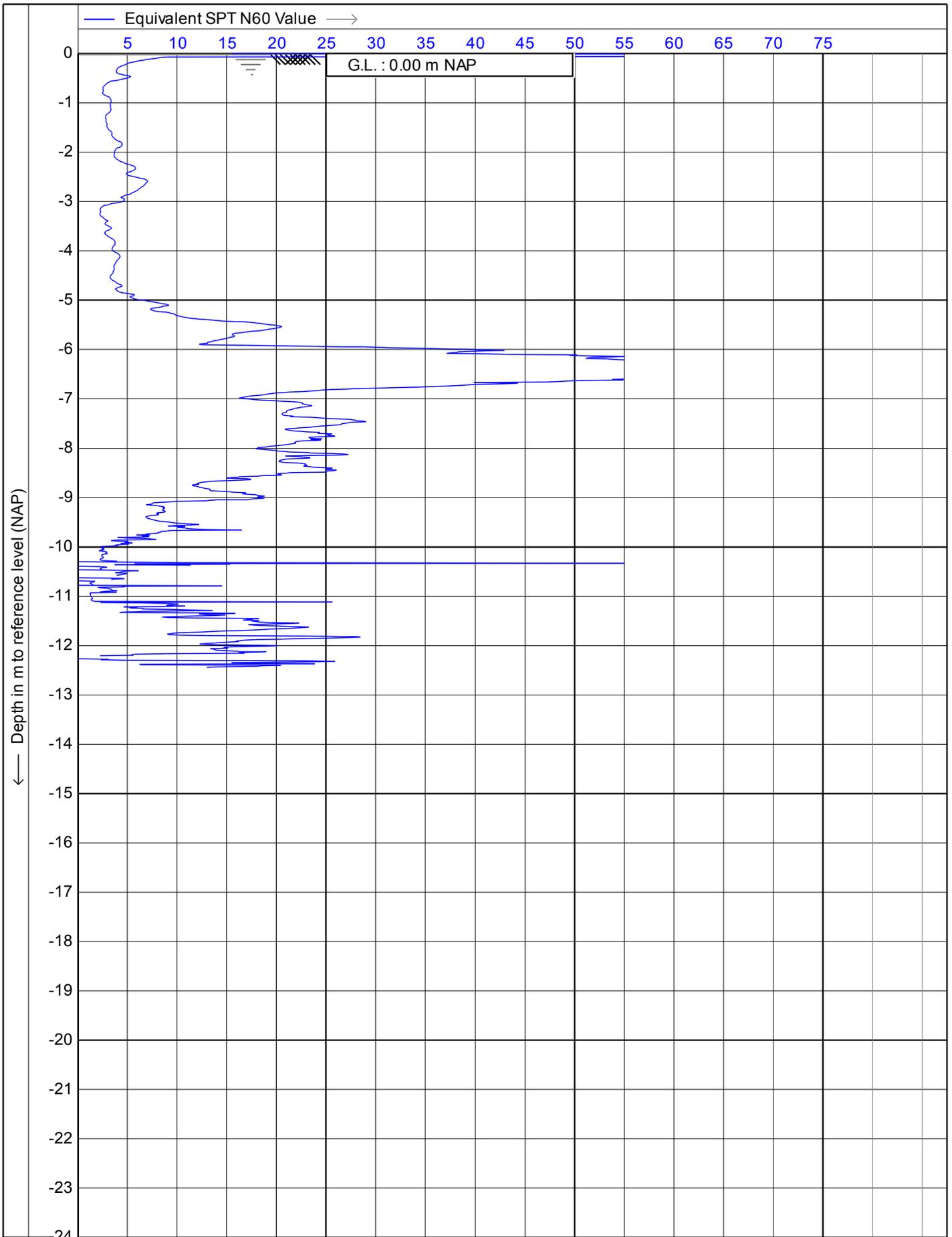
Location:

Date : **27-5-2014**

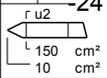
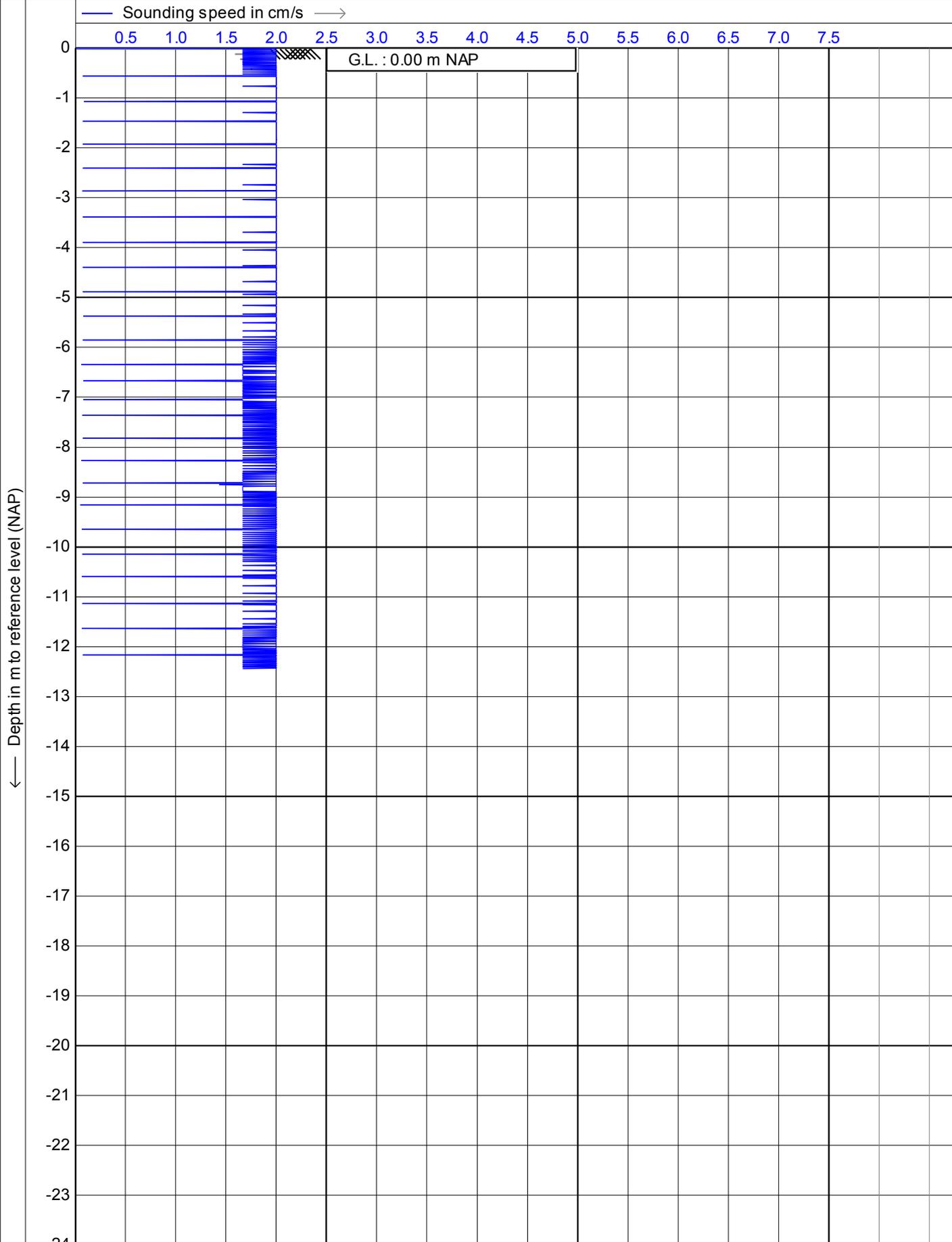
Cone no. : **C10CFIIP.C12283**

Project no. : **DARVOY**

CPT no. : **PS1** 11/15



 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1	Date : 27-5-2014
	Project : hydro	Cone no. : C10CFIIP.C12283
	Location:	Project no. : DARVOY
		CPT no. : PS1



NF EN ISO 22476-1

Project : **hydro**

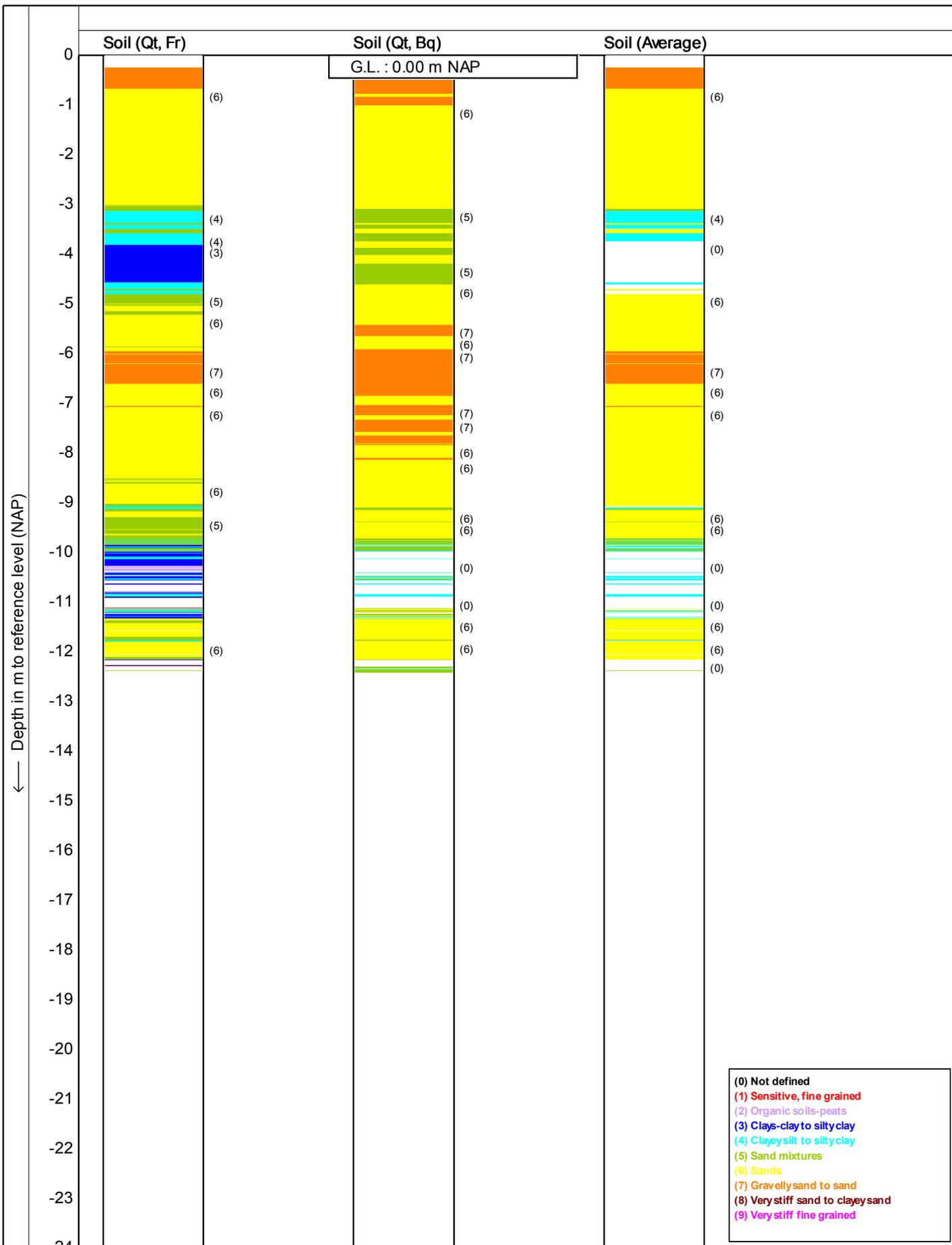
Location:

Date : **27-5-2014**

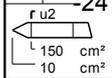
Cone no. : **C10CFIIP.C12283**

Project no. : **DARVOY**

CPT no. : **PS1** | 13/15

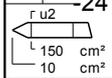
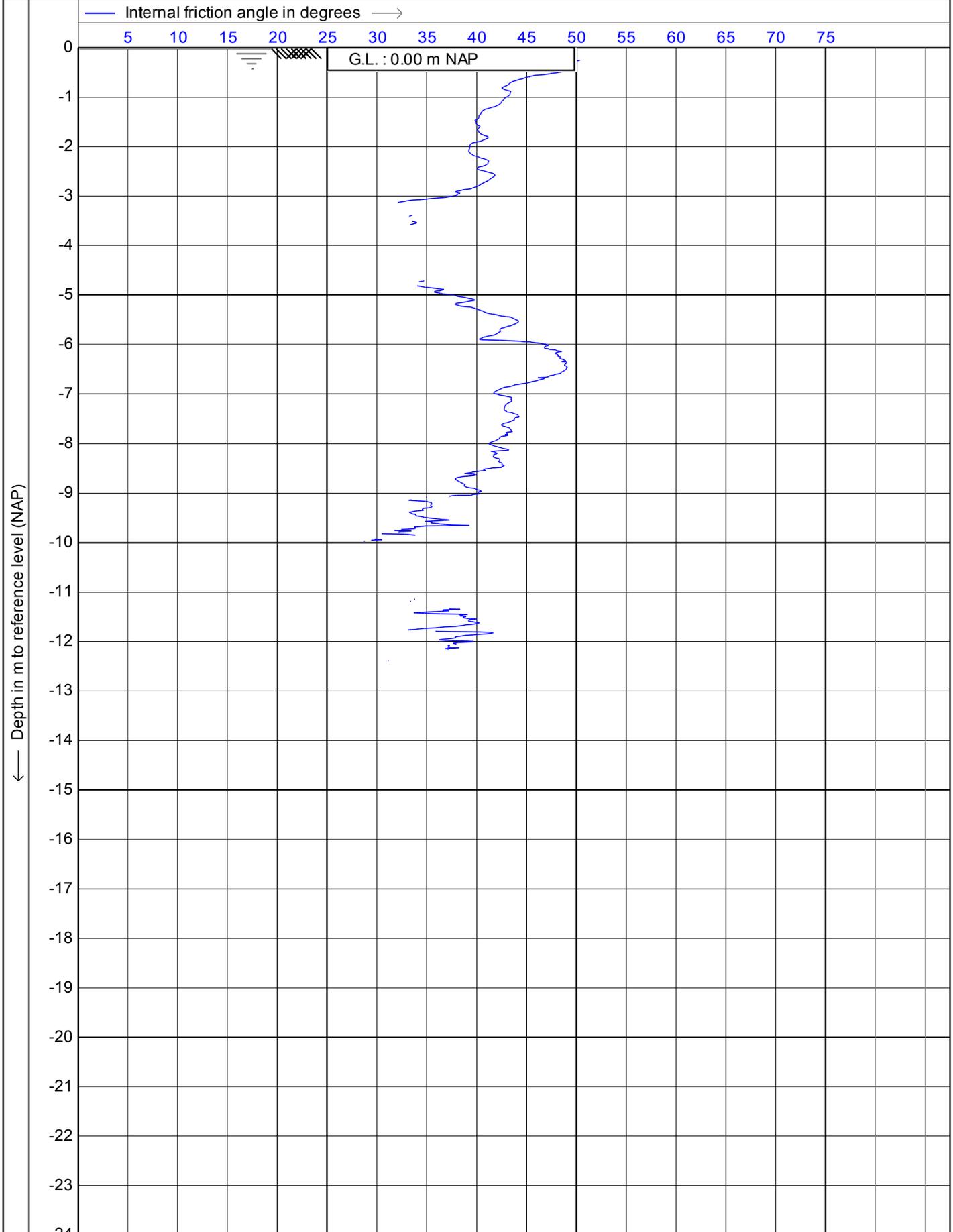


- (0) Not defined
- (1) Sensitive, fine grained
- (2) Organic soils-peats
- (3) Clays-clay to silty clay
- (4) Clayey silt to silty clay
- (5) Sand mixtures
- (6) Sands
- (7) Gravelly sand to sand
- (8) Very stiff sand to clayey sand
- (9) Very stiff fine grained

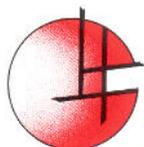


Soil behaviour type classification after Robertson 1990

HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1	Date : 27-5-2014	
	Project : hydro	Cone no. : C10CFIP.C12283	
	Location:	Project no. : DARVOY	
		CPT no. : PS1	14/15



 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1	Date : 27-5-2014
	Project : hydro	Cone no. : C10CFIIP.C12283
	Location:	Project no. : DARVOY
		CPT no. : PS1
		15/15



HYDROGÉOTECHNIQUE

INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE, GÉOLOGIQUE, HYDROGÉOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE
APPLIQUÉE AUX BATIMENTS, GENIE-CIVIL, INFRASTRUCTURES ET A L'ENVIRONNEMENT
SONDAGES - ESSAIS DE SOLS IN SITU ET EN LABORATOIRE

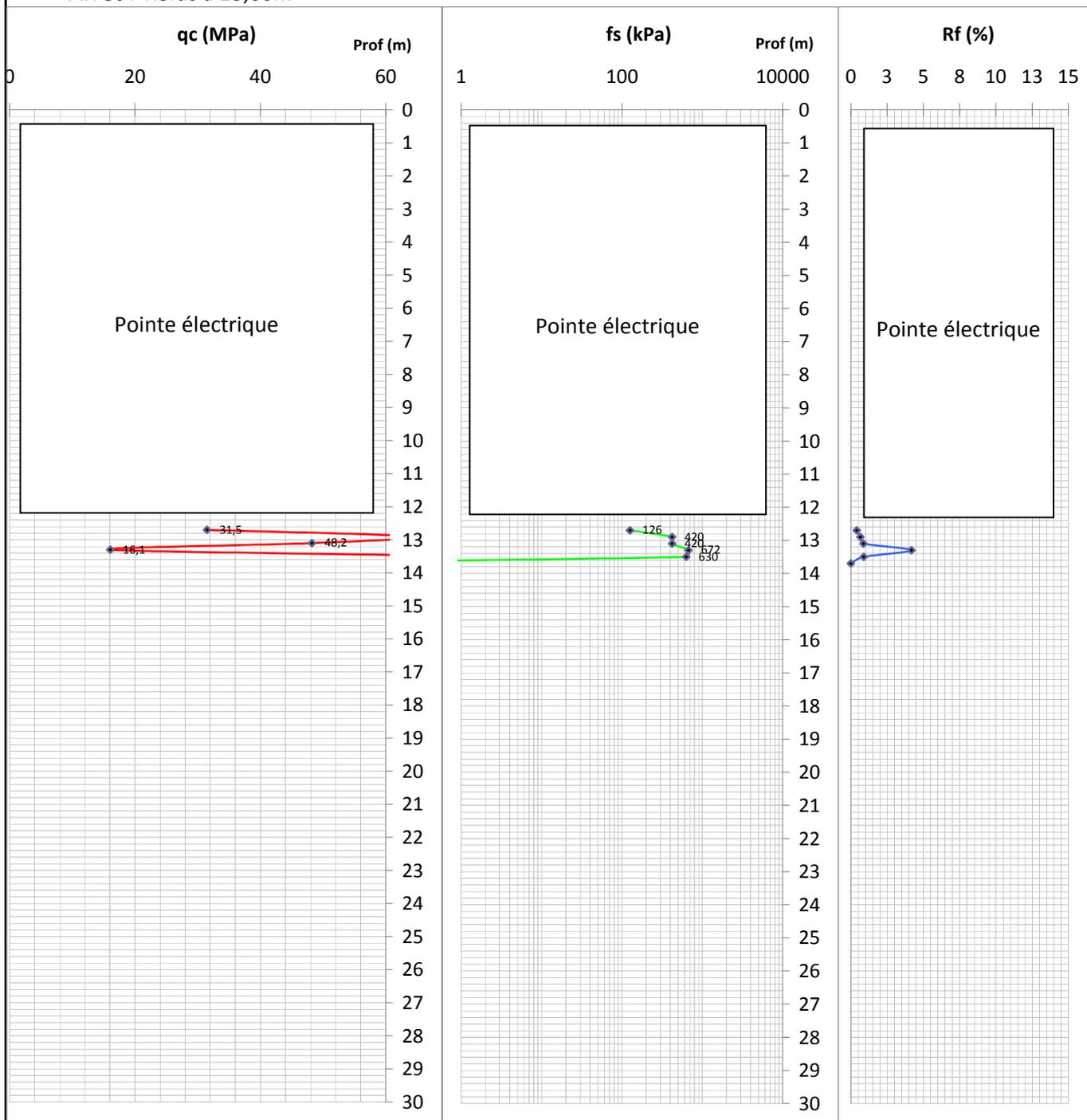
**PROCÈS VERBAL D'ESSAI
ESSAI DE PÉNÉTRATION STATIQUE**

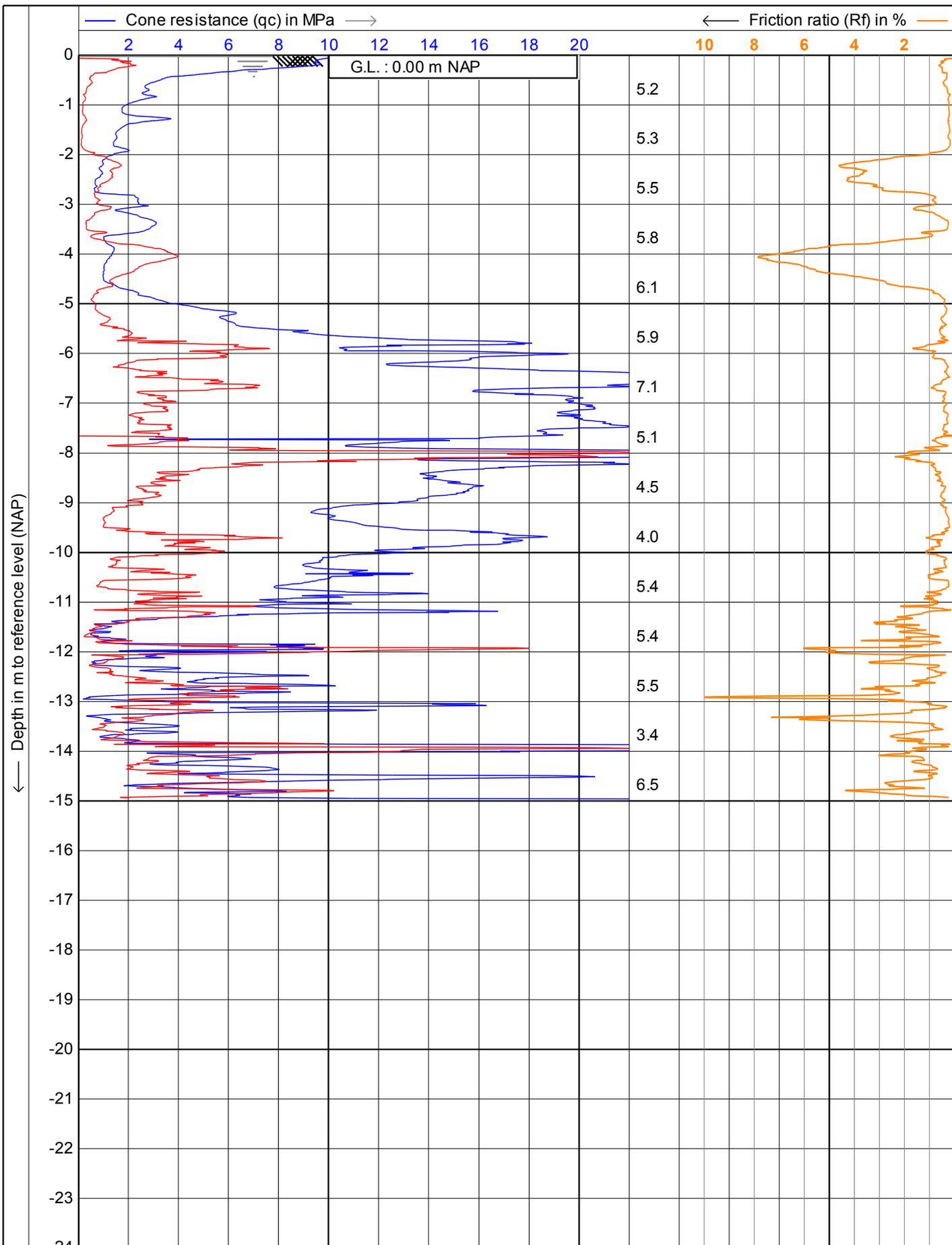
Selon la norme NF EN ISO 22476-12

SONDAGE PS1

Dossier : C.14.17016
Pénétromètre Hydrotest 200kN
Date : 27/514
Client : CG45
Chantier : DARVOY (45)
Arrêt : Refus à 13,60m

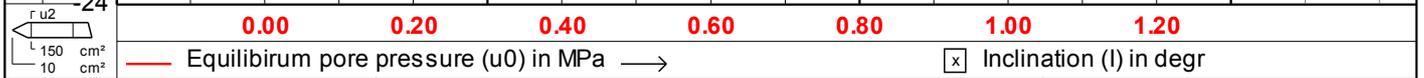
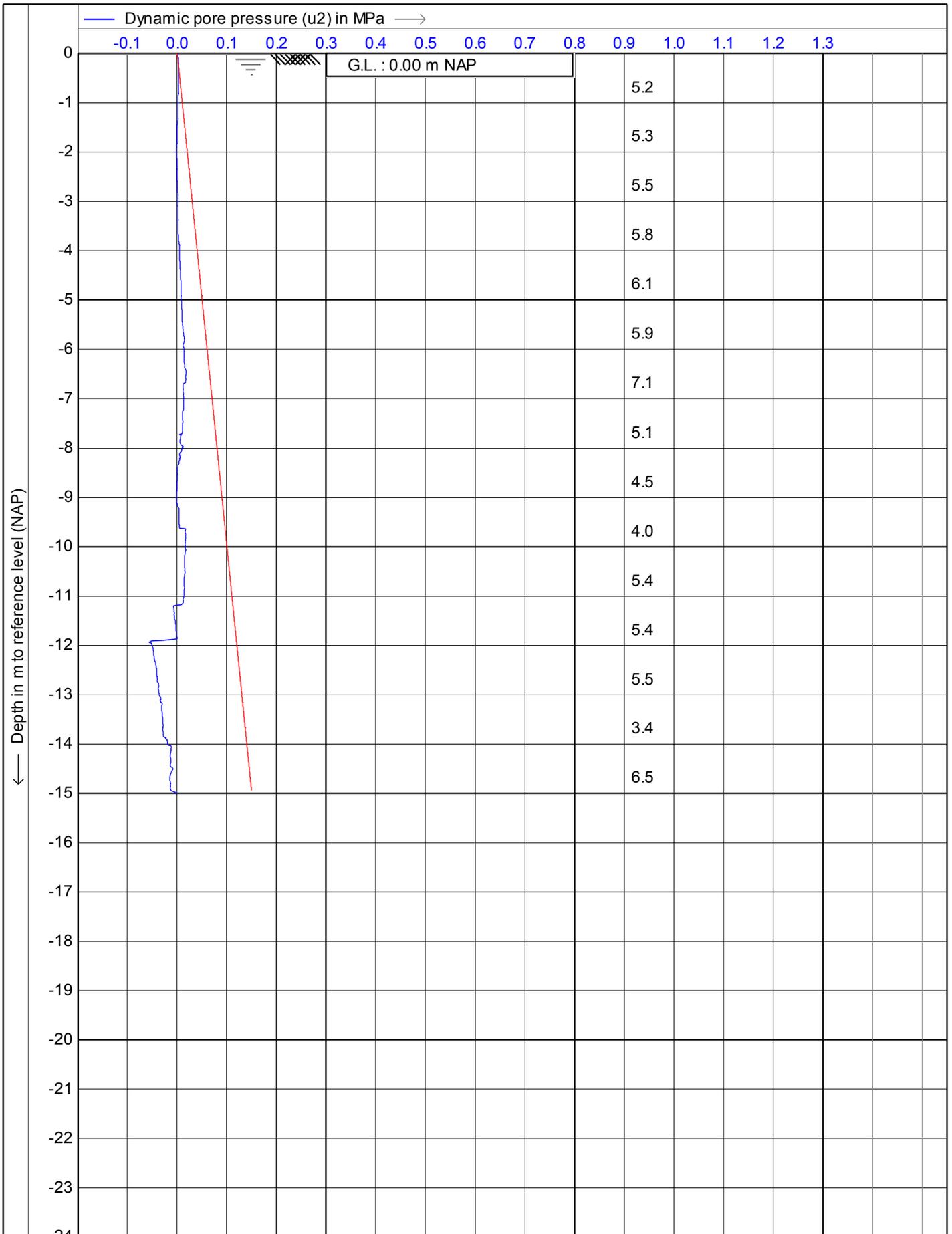
X = 0
Y = 0
Z = 0



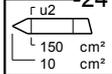
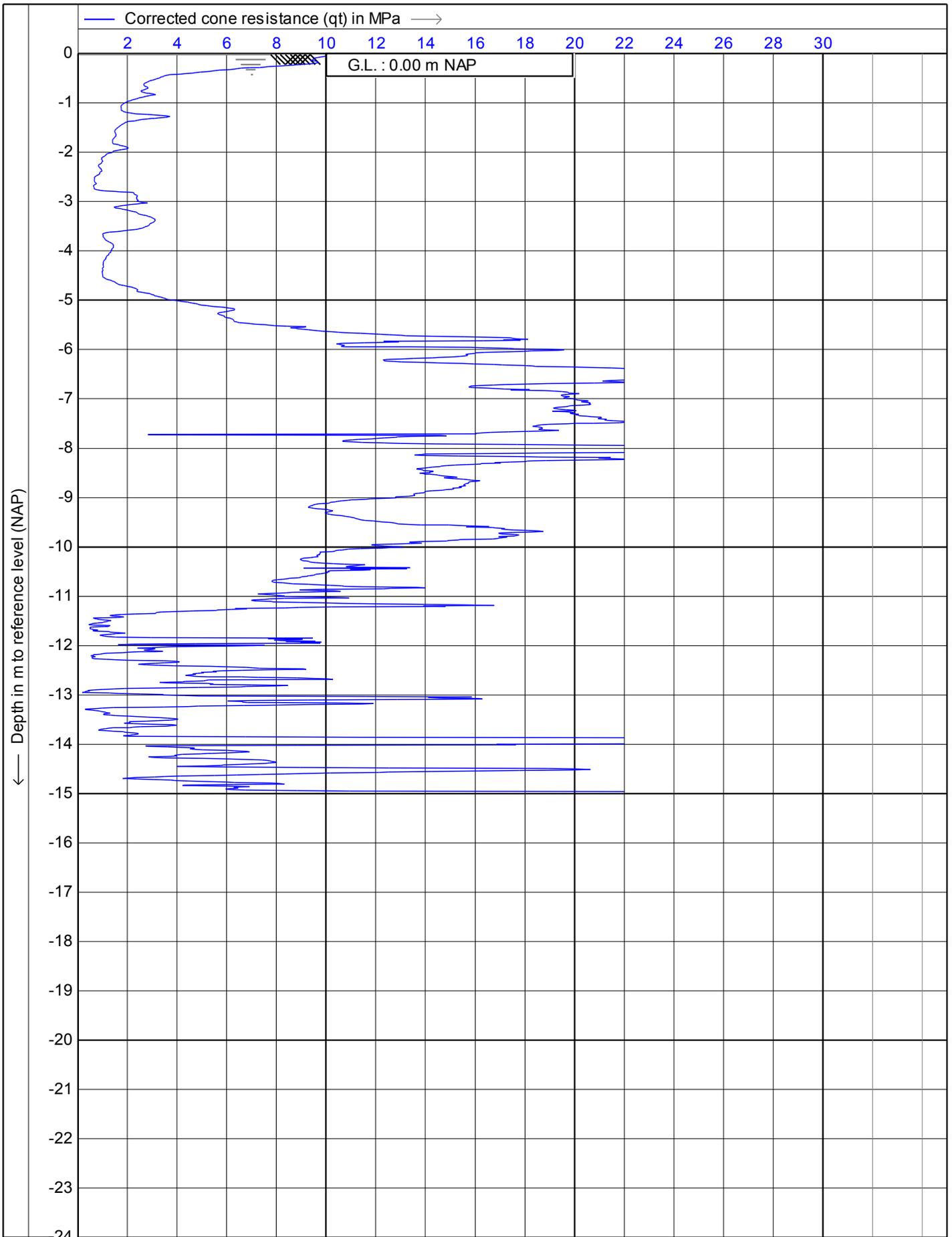


	NF EN ISO 22476-1		Date : 27-5-2014
	Project : hydro		Cone no. : C10CFIIP.C12283
	Location:		Project no. : DARVOY
			CPT no. : PS2
			1/15

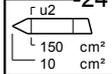
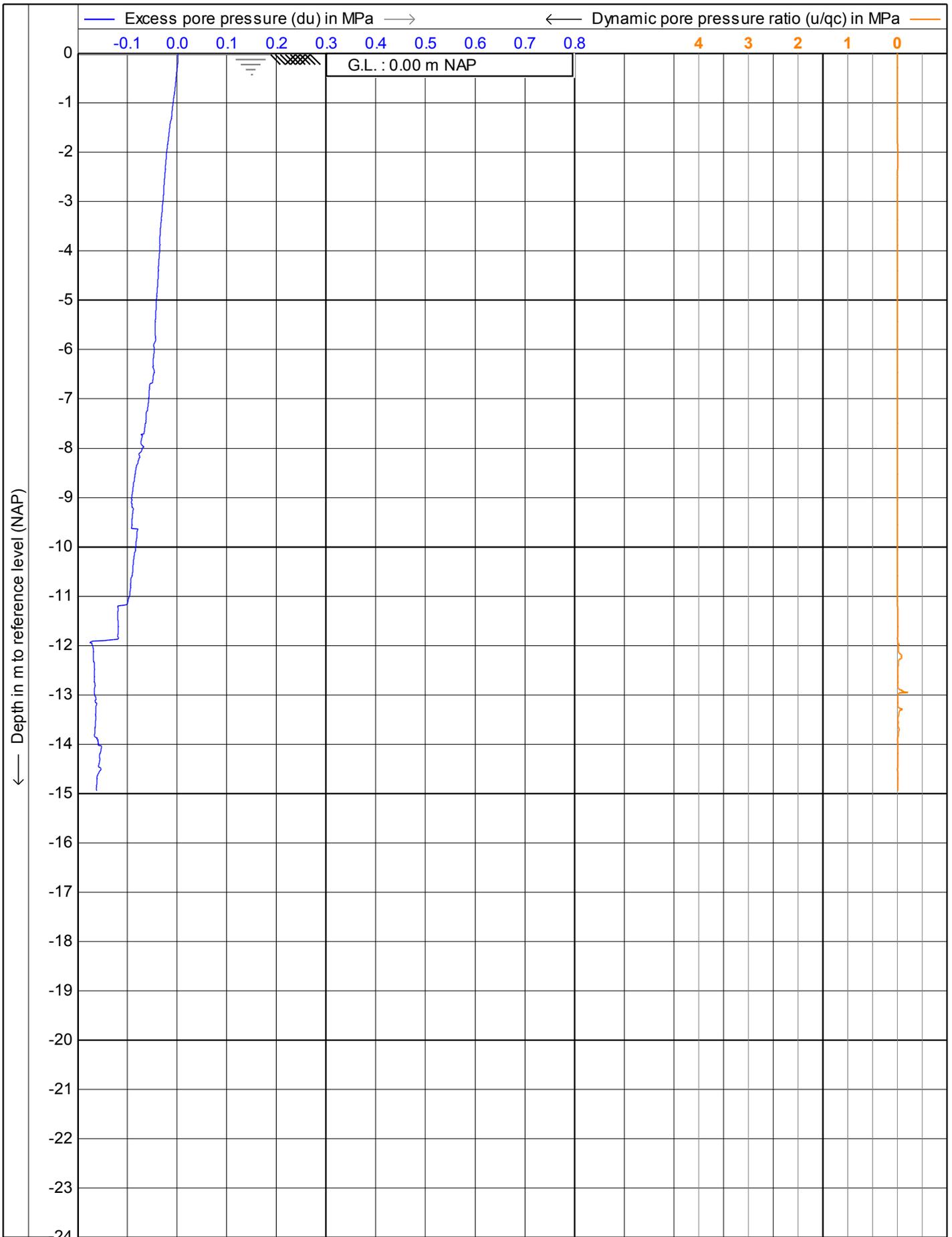
1.40



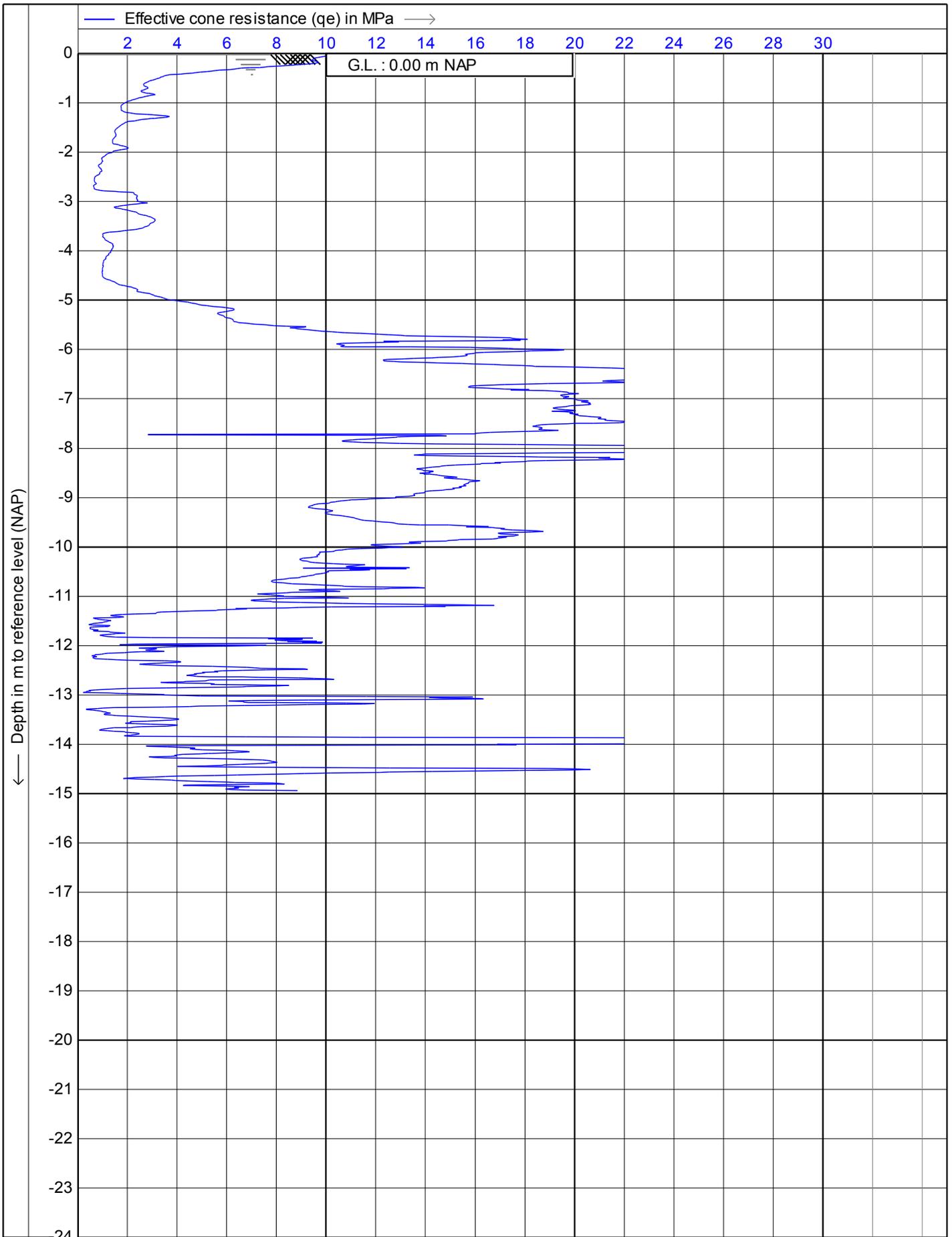
	NF EN ISO 22476-1	Date : 27-5-2014
	Project : hydro	Cone no. : C10CFIIP.C12283
	Location:	Project no. : DARVOY
		CPT no. : PS2 2/15



 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1	Date : 27-5-2014
	Project : hydro	Cone no. : C10CFIIP.C12283
	Location:	Project no. : DARVOY
		CPT no. : PS2



 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1		Date : 27-5-2014
	Project : hydro		Cone no. : C10CFIIP.C12283
	Location:		Project no. : DARVOY
			CPT no. : PS2
			4/15



NF EN ISO 22476-1

Date : 27-5-2014

Cone no. : C10CFIIP.C12283

Project : hydro

Project no. : **DARVOY**

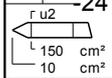
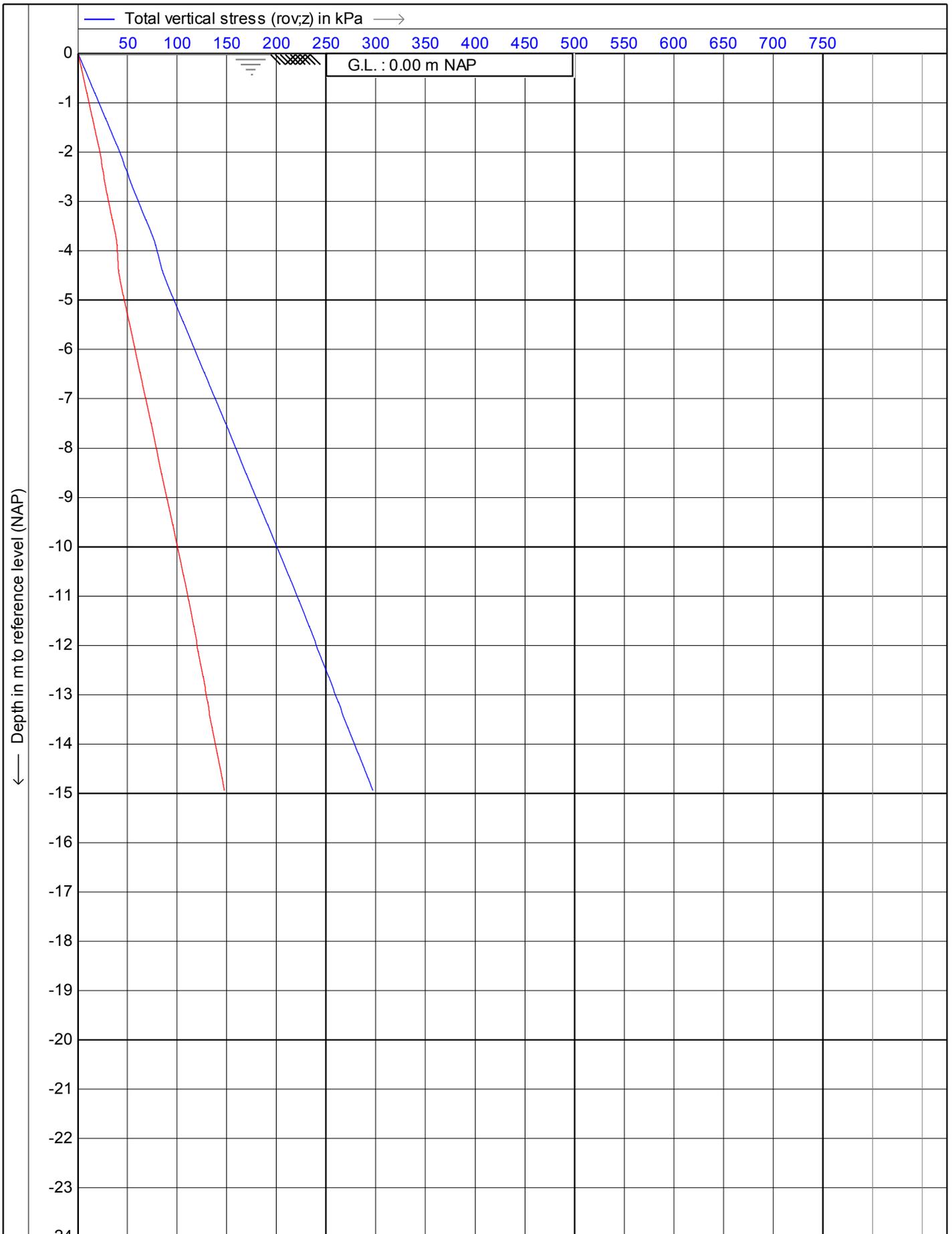
Location:

CPT no. : **PS2**

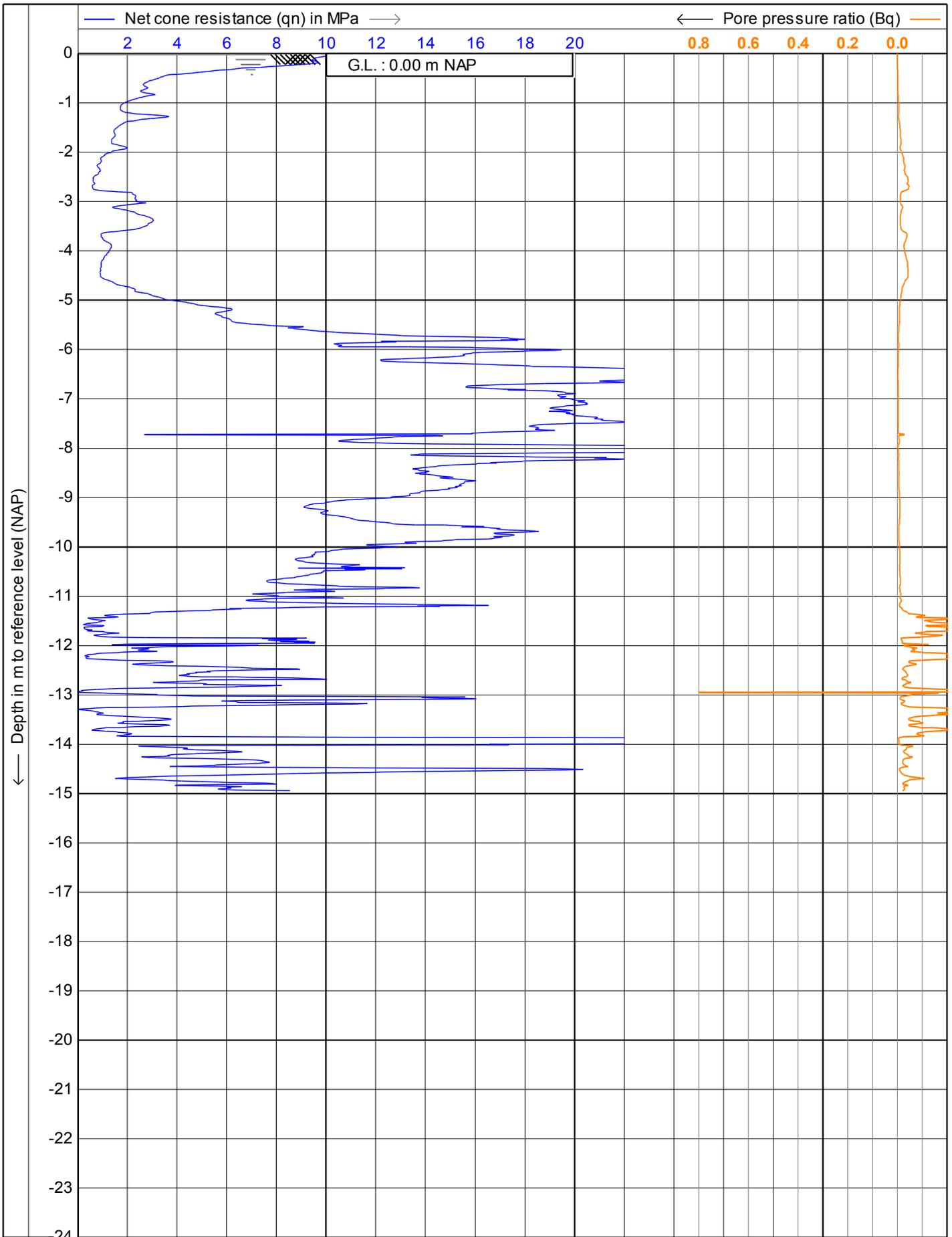
5/15



HYDRO-GEOTECHNIQUE



 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1		Date : 27-5-2014
	Project : hydro		Cone no. : C10CFIIP.C12283
	Location:		Project no. : DARVOY
			CPT no. : PS2
			6/15



NF EN ISO 22476-1

Date : 27-5-2014

Cone no. : C10CFIIP.C12283

Project : hydro

Project no. : **DARVOY**

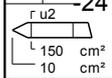
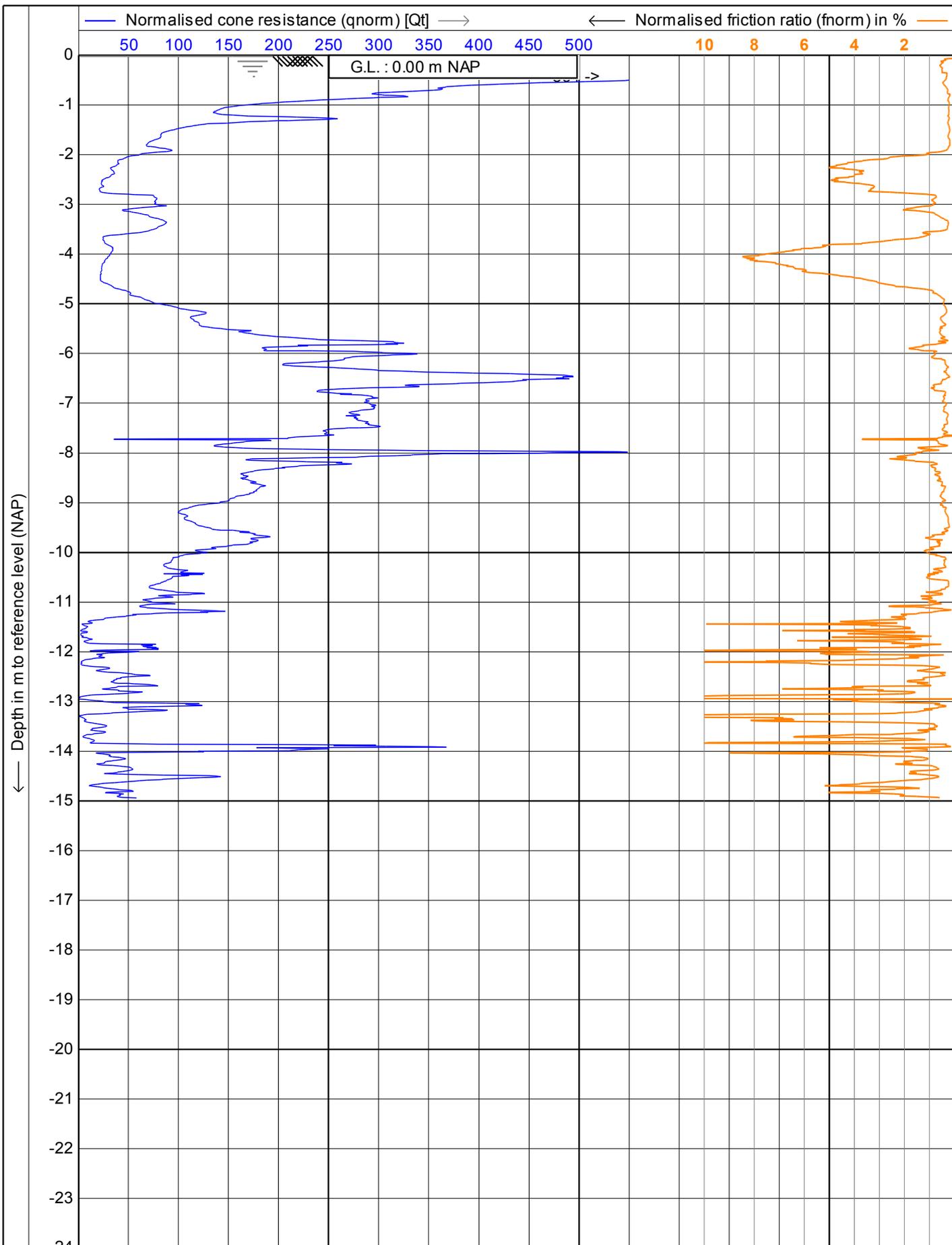
Location:

CPT no. : **PS2**

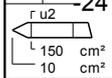
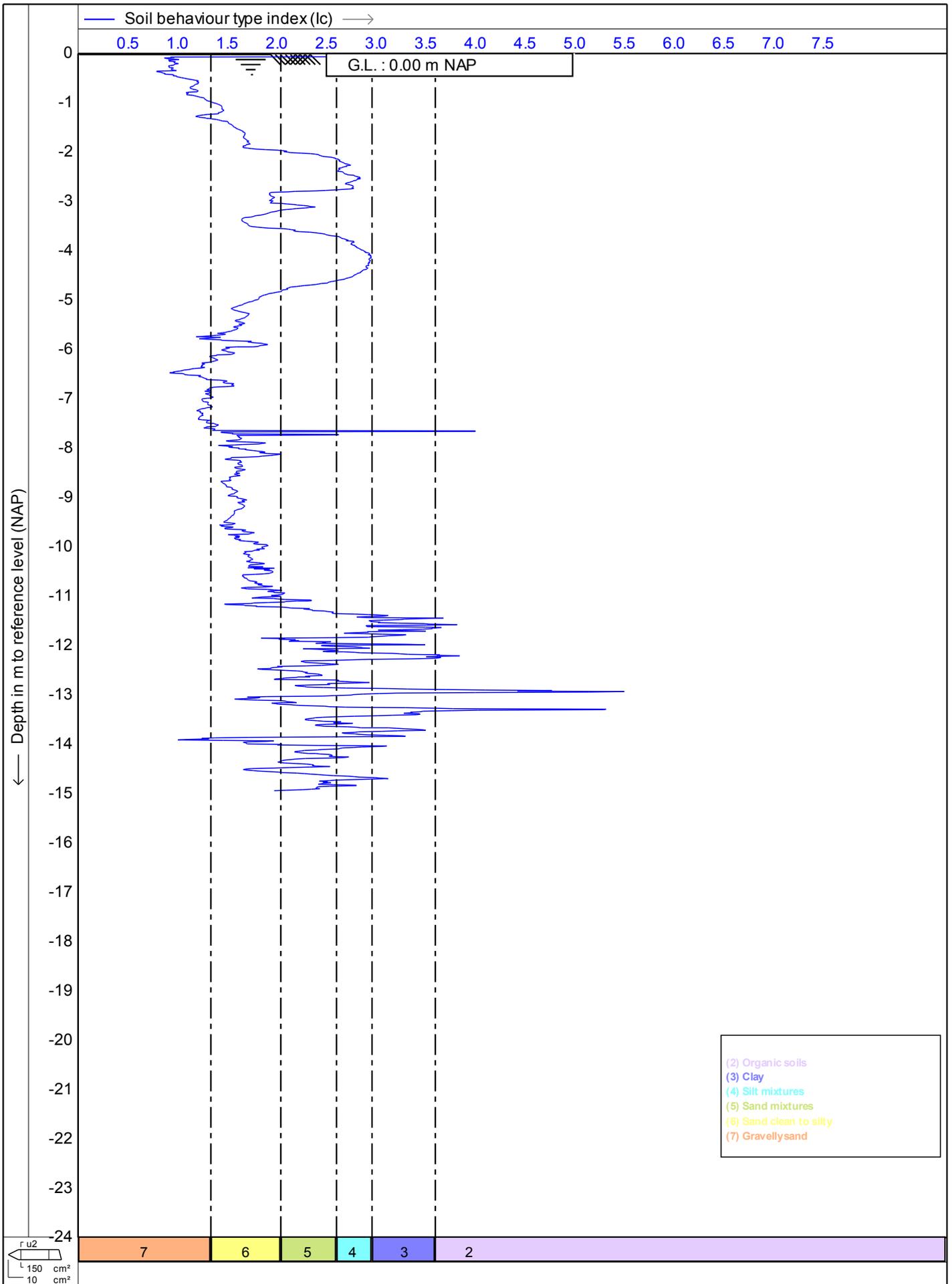
7/15



HYDRO-GEOTECHNIQUE



 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1		Date : 27-5-2014
	Project : hydro		Cone no. : C10CFIP.C12283
	Location:		Project no. : DARVOY
			CPT no. : PS2 8/15



HYDRO-GEOTECHNIQUE

NF EN ISO 22476-1

Project : **hydro**

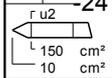
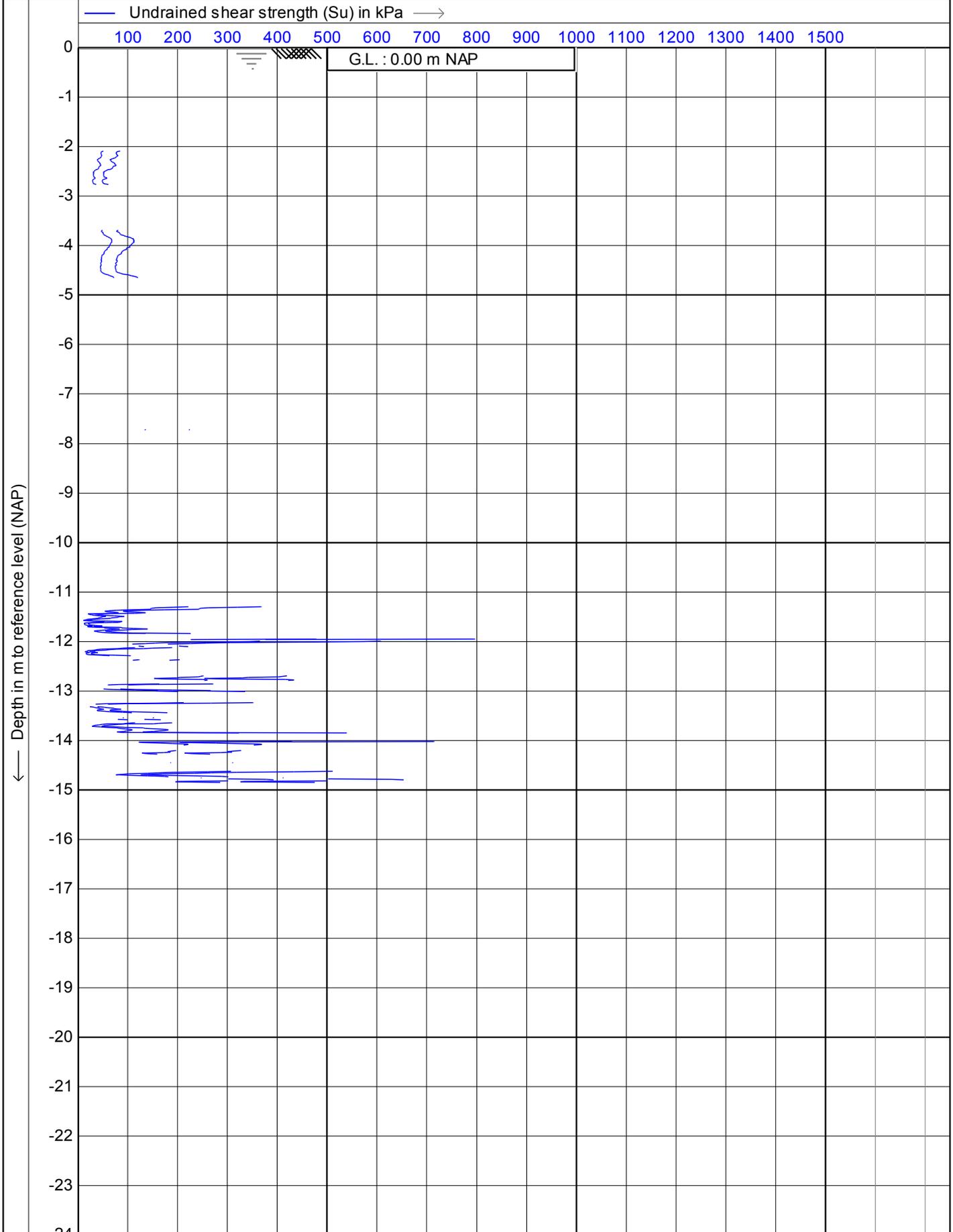
Location:

Date : **27-5-2014**

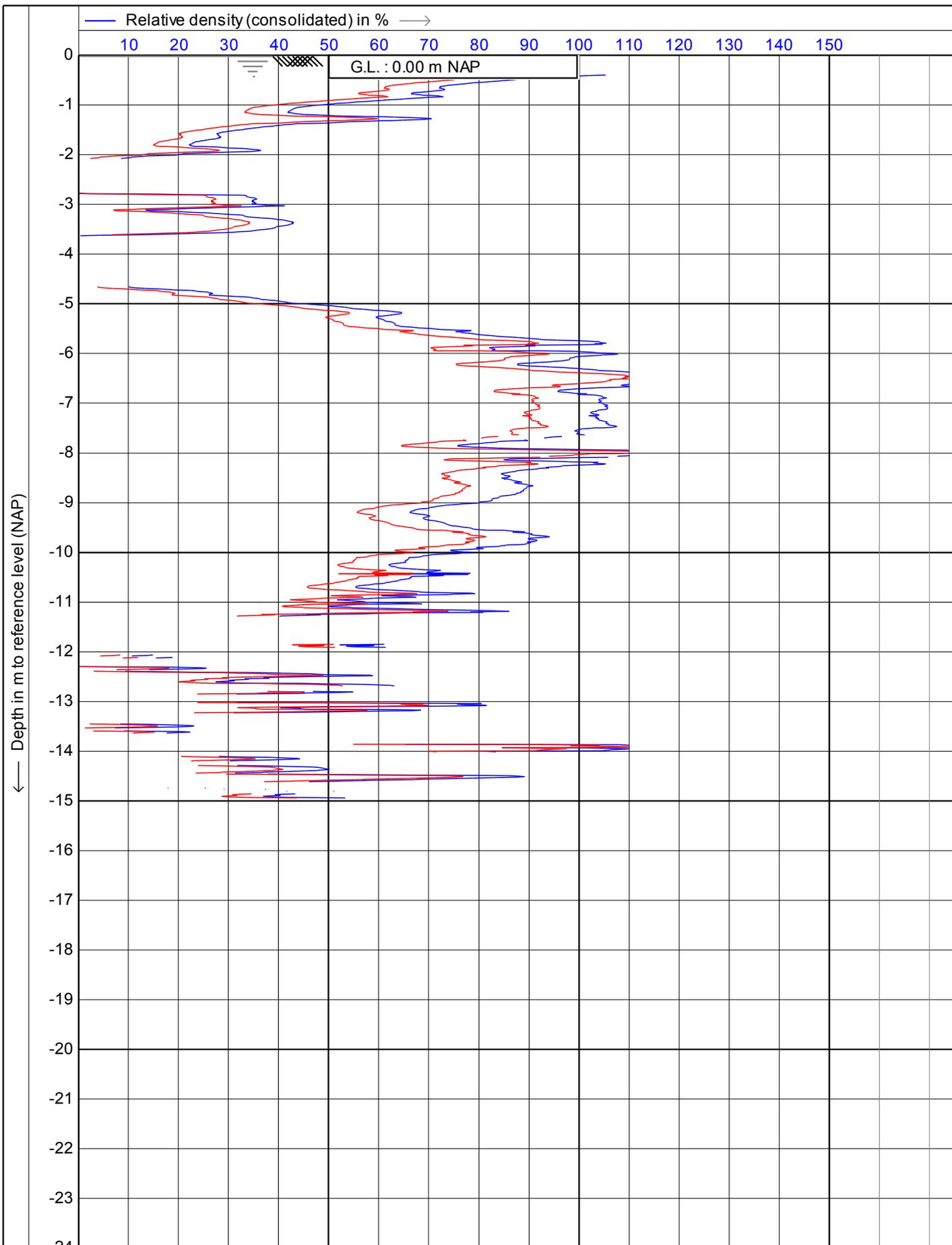
Cone no. : **C10CFIIP.C12283**

Project no. : **DARVOY**

CPT no. : **PS2** | **9/15**



 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1	Date : 27-5-2014
	Project : hydro	Cone no. : C10CFIP.C12283
	Location:	Project no. : DARVOY
		CPT no. : PS2



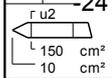
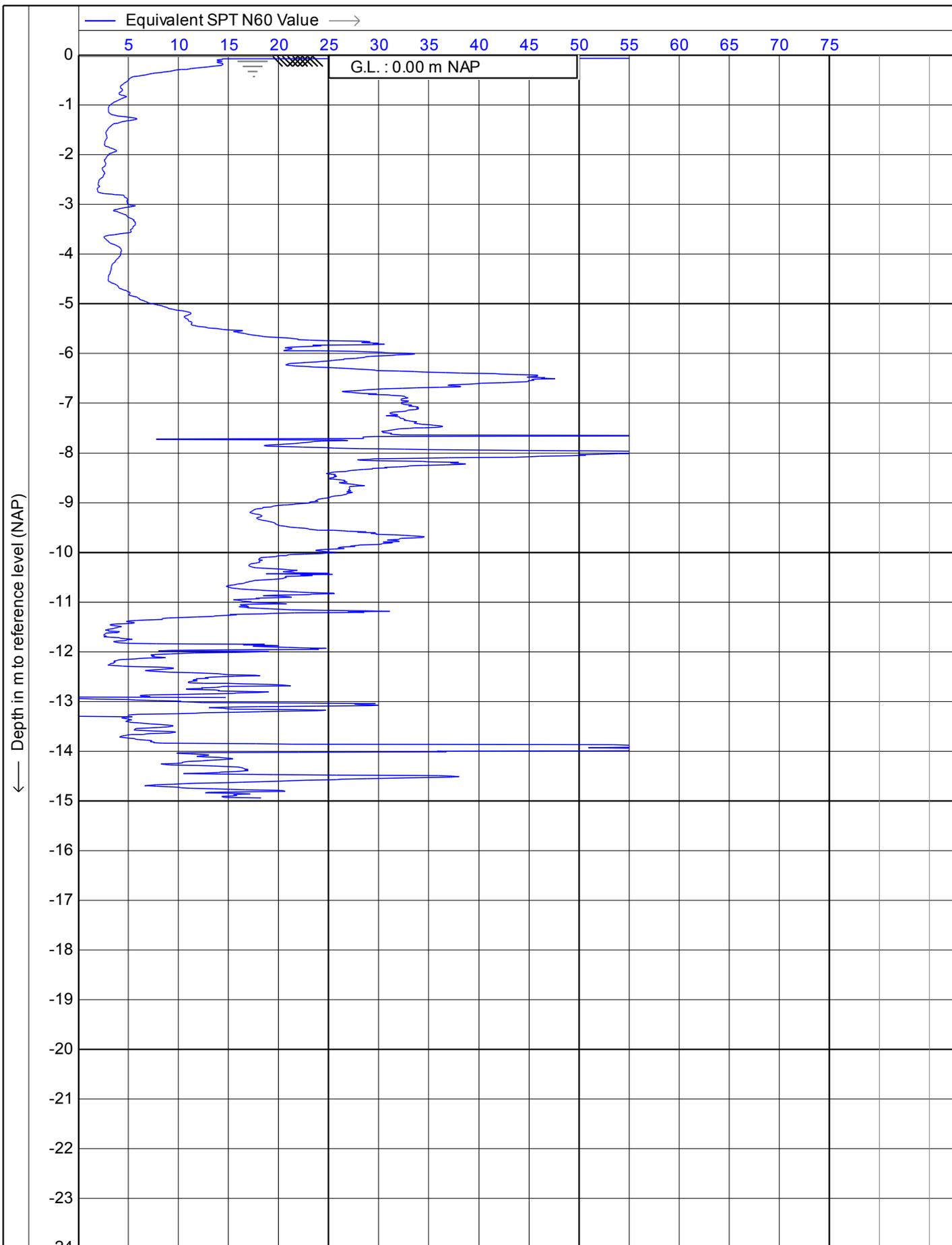
NF EN ISO 22476-1

Date : 27-5-2014
 Cone no. : C10CFIP.C12283
 Project no. : **DARVOY**
 CPT no. : **PS2** 11/15

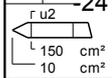
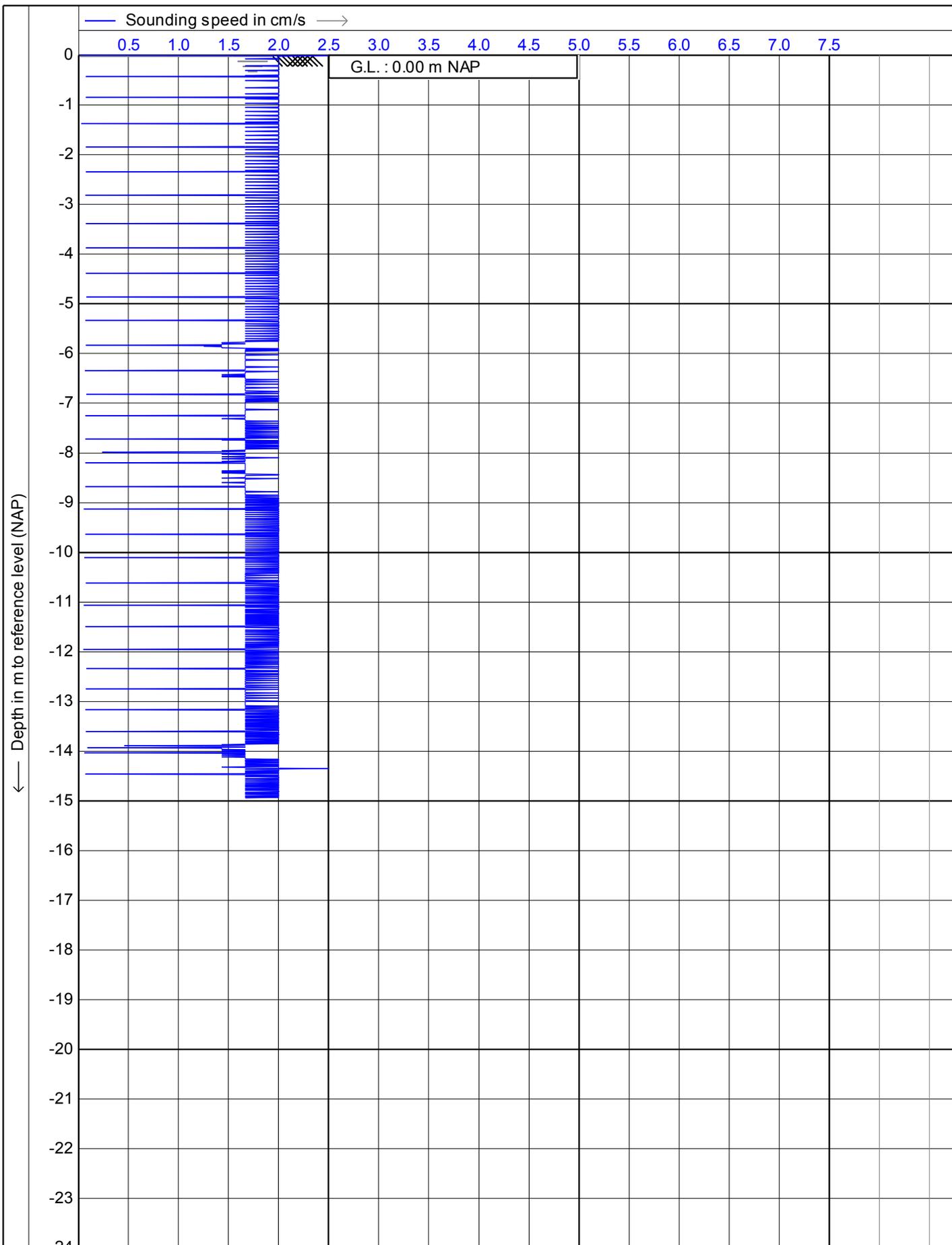


HYDRO-GEOTECHNIQUE

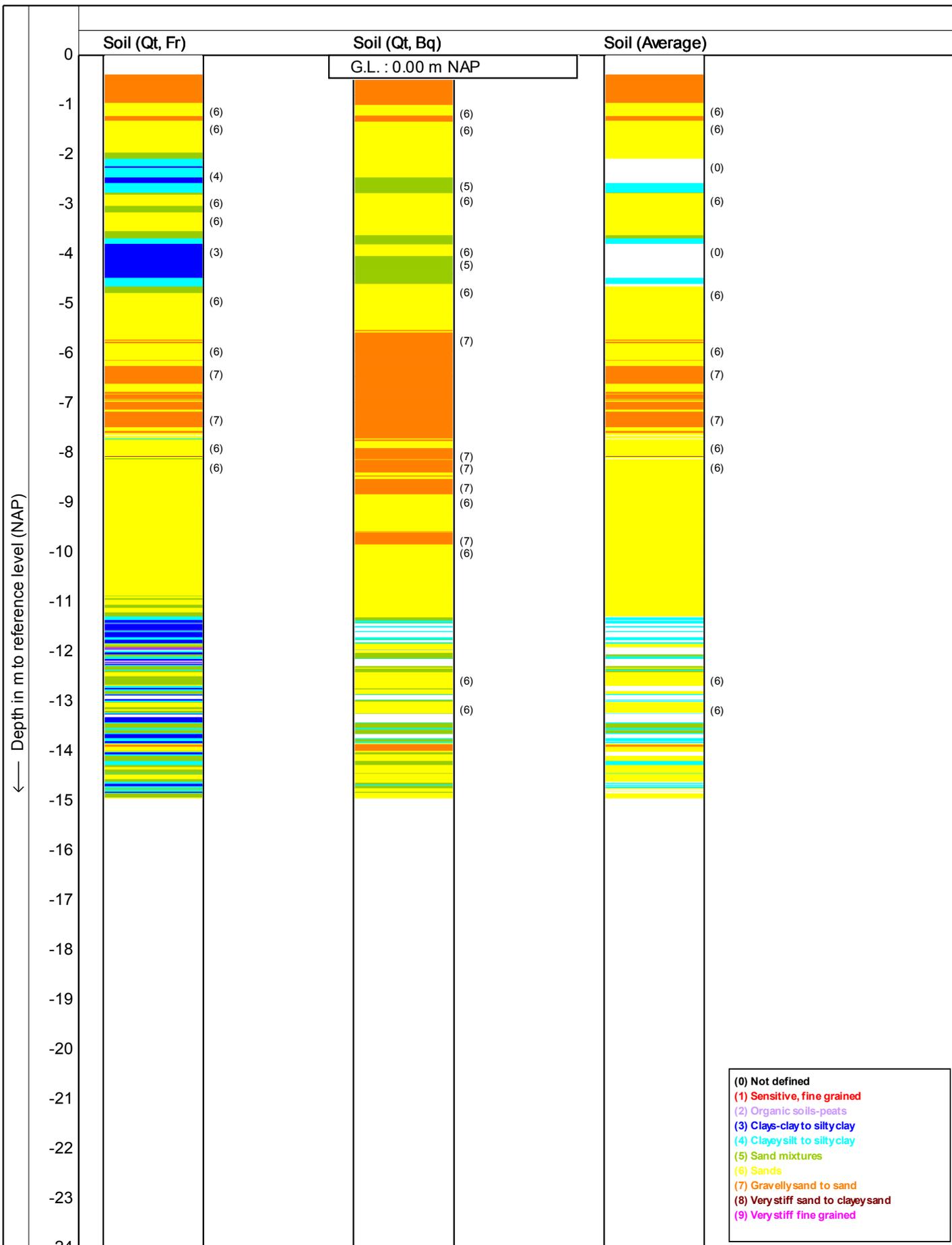
Project : **hydro**
 Location:



 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1		Date : 27-5-2014
	Project : hydro		Cone no. : C10CFIIP.C12283
	Location:		Project no. : DARVOY
			CPT no. : PS2

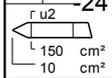
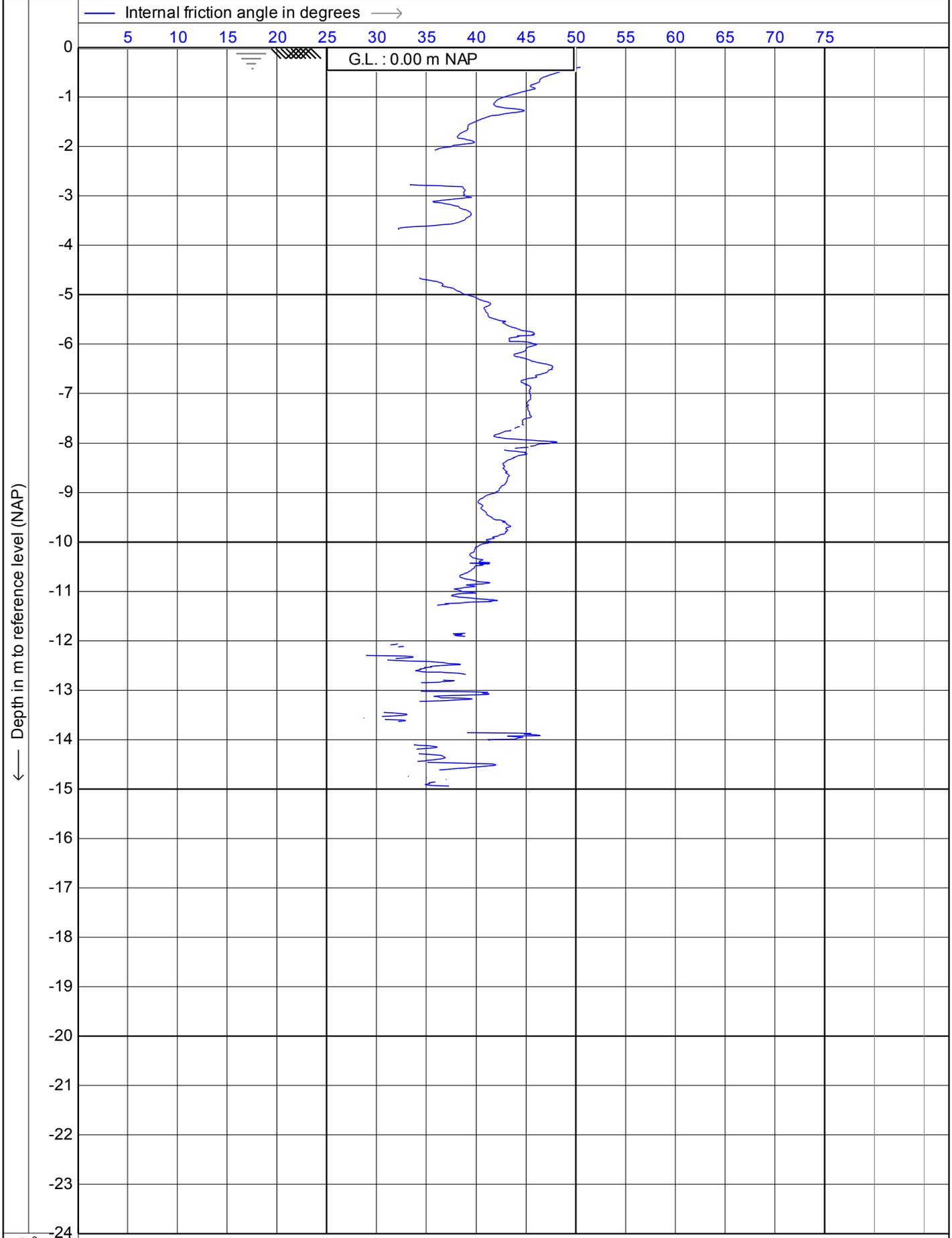


 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1	Date : 27-5-2014
	Project : hydro	Cone no. : C10CFIIP.C12283
	Location:	Project no. : DARVOY
		CPT no. : PS2

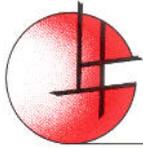


Soil behaviour type classification after Robertson 1990

	NF EN ISO 22476-1	Date : 27-5-2014	
	Project : hydro	Cone no. : C10CFIIP.C12283	
	Location:	Project no. : DARVOY	
		CPT no. : PS2	14/15



 HYDRO-GEOTECHNIQUE	NF EN ISO 22476-1	Date : 27-5-2014
	Project : hydro	Cone no. : C10CFIP.C12283
	Location:	Project no. : DARVOY
		CPT no. : PS2



HYDROGÉOTECHNIQUE

INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE, GÉOLOGIQUE, HYDROGÉOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE
APPLIQUÉE AUX BATIMENTS, GENIE-CIVIL, INFRASTRUCTURES ET A L'ENVIRONNEMENT
SONDAGES - ESSAIS DE SOLS IN SITU ET EN LABORATOIRE

**PROCÈS VERBAL D'ESSAI
ESSAI DE PÉNÉTRATION STATIQUE**

Selon la norme NF EN ISO 22476-12

SONDAGE PS2

Dossier : C.14.17016

Pénétromètre Hydrotest 200kN

Date : 27/514

Client : CG45

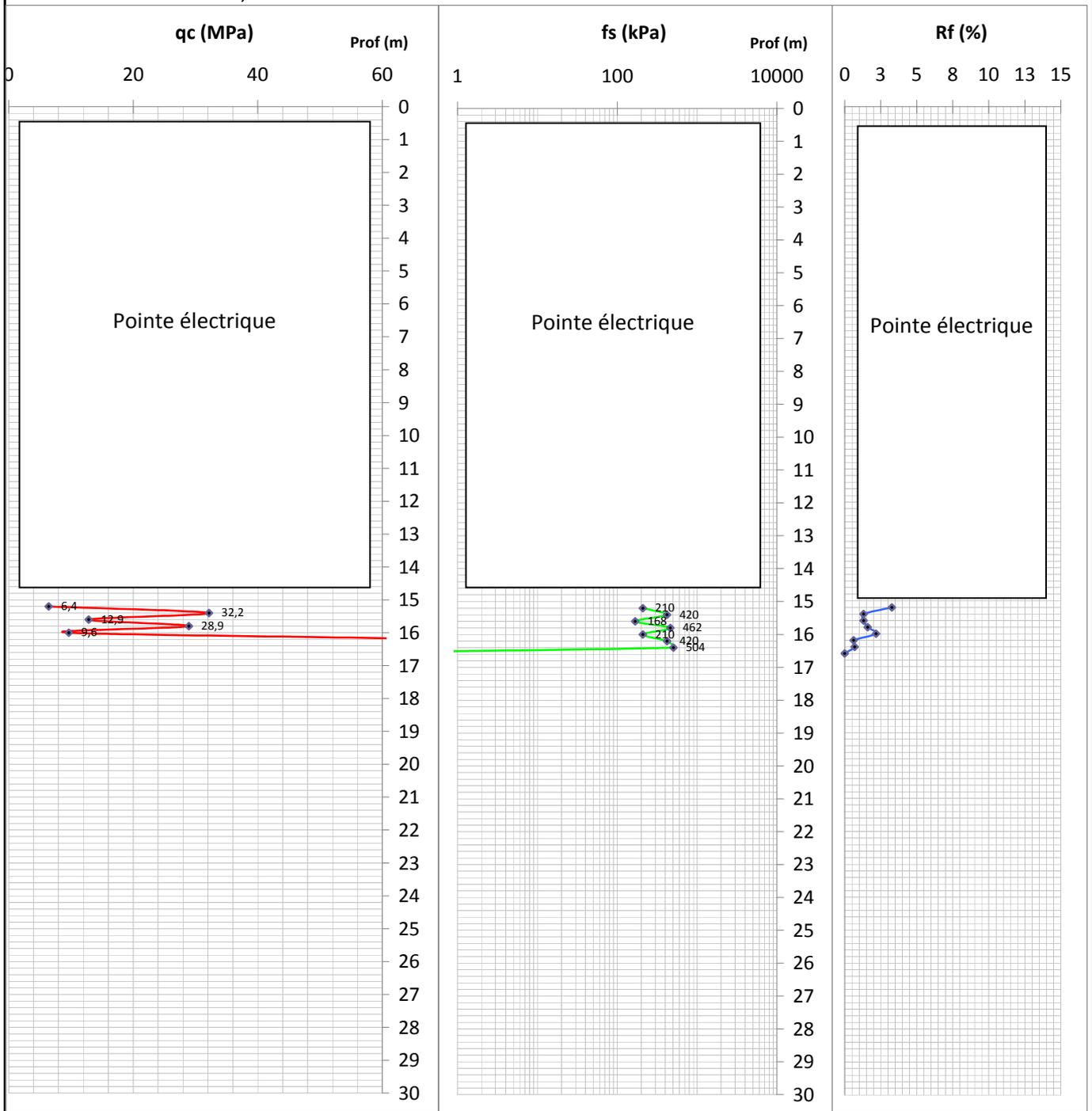
Chantier : DARVOY (45)

Arrêt : Refus à 16,60m

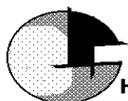
X = 0

Y = 0

Z = 0



ANNEXE 9
RÉSULTATS DES ESSAIS DE
PERMÉABILITÉ



HYDRO-GEOTECHNIQUE

Essai de perméabilité en sol sec

Essai NASBERG

(charge variable)

Client: Conseil Général

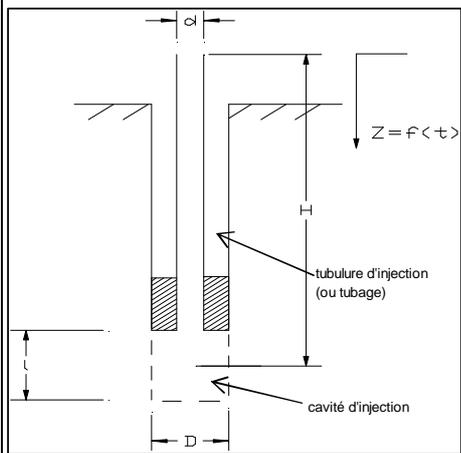
Chantier: Darvoy

Dossier: C.13.17016

Sondage: SC1

Profondeur: essai de 1,00 à 2,00 m

Date: 15/05/2014



Données géométriques sur la cavité d'injection

Diamètre de la cavité D (en m)	0,116
Diamètre de la colonne d'eau d (en m)	0,116
Hauteur de la cavité l (en m)	1
Hauteur colonne d'eau H à t ₀ (tubage hors sol+ dans le sol + 1/2 cavité) (m)	1,6

Coefficients de forme:

(d'après les abaques de CASSAN = fonction de l/D)

a	0,68701126
b	0,57535466

Données expérimentales:			
temps en s	rabattement He en m	charge z en m	perméabilité k en ms ⁻¹
0	0	1,6	0
30	0,2	1,4	1,3974E-05
60	0,255	1,345	9,0181E-06
120	0,355	1,245	6,4229E-06
180	0,44	1,16	5,4156E-06
240	0,52	1,08	4,8956E-06
300	0,58	1,02	4,4354E-06
360	0,63	0,97	4,0673E-06
420	0,67	0,93	3,7472E-06
480	0,714	0,886	3,5359E-06
540	0,758	0,842	3,3776E-06
600	0,786	0,814	3,177E-06
660	0,81	0,79	2,9968E-06
720	0,845	0,755	2,8949E-06
780	0,887	0,713	2,84E-06
840	0,901	0,699	2,69E-06
900	0,923	0,677	2,5892E-06
1200	1,055	0,545	2,314E-06
1500	1,15	0,45	2,0836E-06
1800	1,235	0,365	1,9221E-06
2100	1,324	0,276	1,8268E-06
2400	1,425	0,175	1,7925E-06
2700	1,517	0,083	1,7661E-06
3000	1,615	-0,015	1,7732E-06
3300	1,715	-0,115	1,8044E-06
3600	1,816	-0,216	1,8588E-06

moyenne k: 3,7288E-06 ms⁻¹

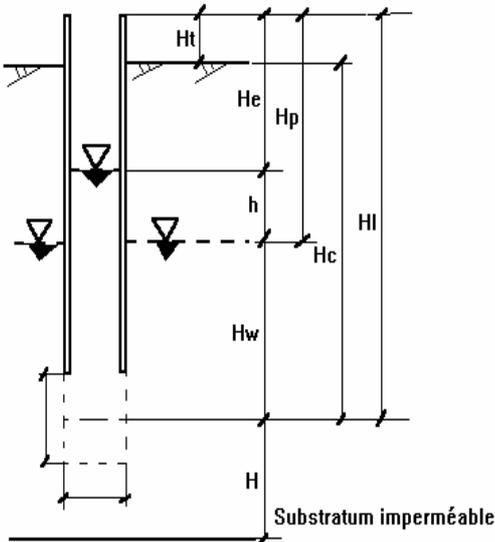
PROCES-VERBAL
ESSAI D'EAU LEFRANC

réalisé conformément à la norme NF P 94-132

Sondage : SC1

Lieu : Darvoy

Date : 15/04/14

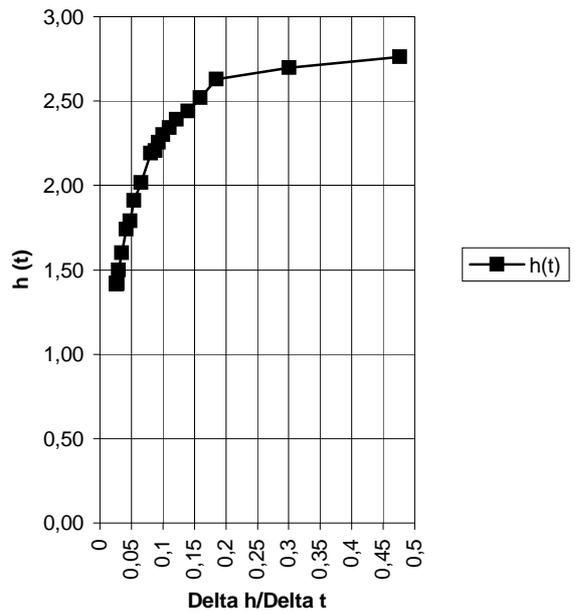
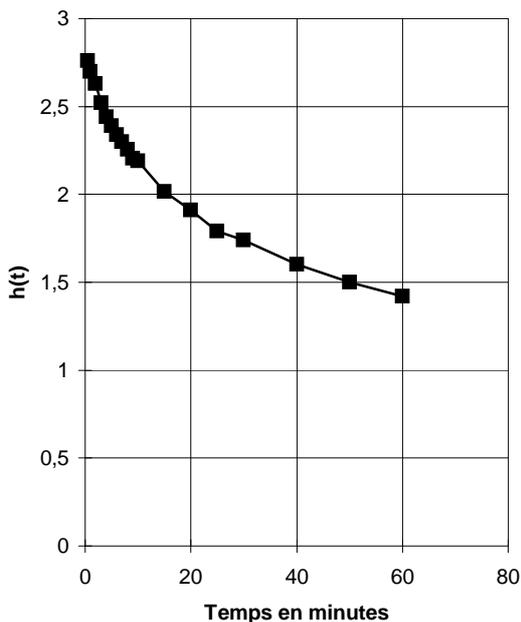


Aire intérieure section du tube	
S=	0,01057
Qa	
m ³ /min	

Cote du tubage/ terrain naturel : Ht=		0,1
Niveau piézométrique : Hp=		3 m
Cote cavité : ZTN - Hc=		-4,5
CAVITE		1 m
profondeur par rapport bord sup tubage	de: 4 m à : 5 m	Ø cavité = 0,116 Coefficient de forme = 8,621
Limite de l'aquifère : H=		
IMPLANTATION DU SONDAGE		
0		

t (min)	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
Q (t)															
He (m)	0,238	0,301	0,37	0,48	0,56	0,61	0,66	0,7	0,745	0,795	0,81	0,985	1,09	1,21	1,26
t (min)	40	50	60												
Q (t)															
He (m)	1,4	1,5	1,58												

Kl= 1,858E-06 m/s



FIRME:HYDRO-GEOTECHNIQUE

Opérateur: BB

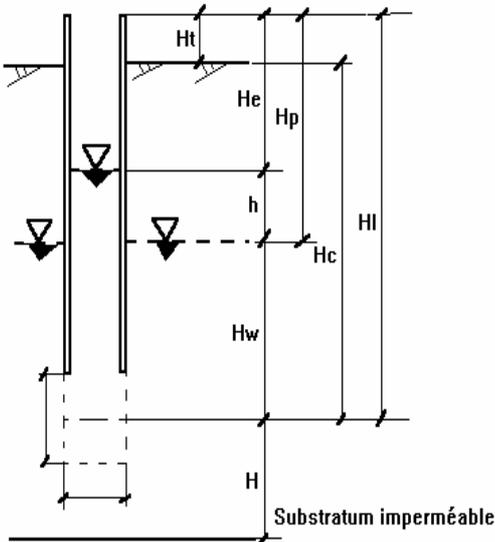
PROCES-VERBAL
ESSAI D'EAU LEFRANC

réalisé conformément à la norme NF P 94-132

Sondage : SC1

Lieu : Darvoy

Date : 15/05/14



Aire intérieure section du tube
S= 0,01057

Qa
m³/min

Cote du tubage/
terrain naturel : Ht= 0,8

Niveau piézométrique : Hp= 4,8 m

Cote cavité : ZTN - Hc= -8,5

CAVITE 1 m

profondeur de: 8 m
par rapport à :
bord sup tubage 9 m

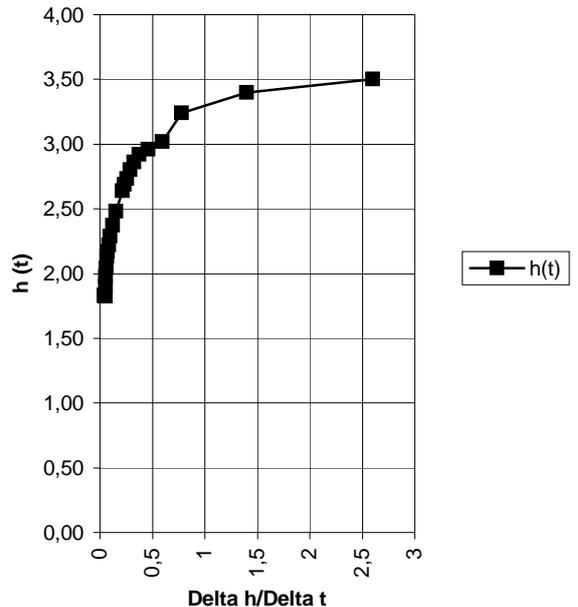
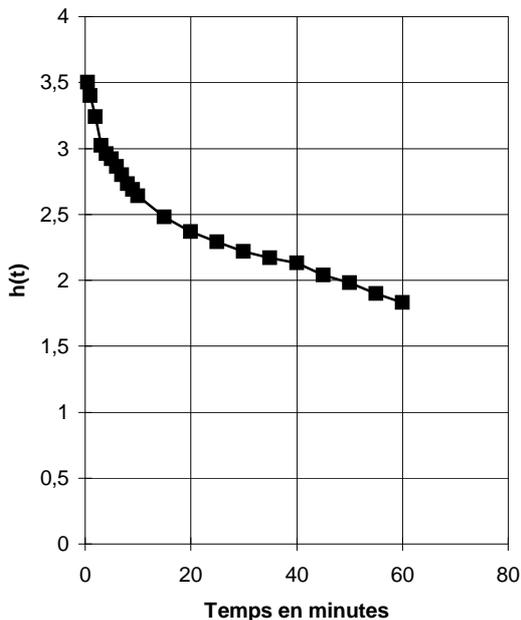
Ø cavité = 0,116
Coefficient de forme 8,621

Limite de l'aquifère : H= 11,5

IMPLANTATION
DU
SONDAGE 0

t (min)	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
Q (t)															
He (m)	1,3	1,4	1,56	1,78	1,84	1,88	1,94	2	2,07	2,11	2,16	2,32	2,43	2,51	2,58
t (min)	35	40	45	50	55	55	55								
Q (t)															
He (m)	2,63	2,67	2,76	2,82	2,9	2,9	2,9								

Kl= 4,272E-06 m/s



FIRME:HYDRO-GEOTECHNIQUE

Opérateur: BB

ANNEXE 10
RÉSULTATS DES ESSAIS EN
LABORATOIRE



**Essai consolidé non drainé CU + u à l'appareil triaxial
avec mesure de la pression interstitielle réalisé
conformément à la norme NF P 94-074**

Darvoy

Sondage n°	SC01	σ'_{v0} :	50 kPa	N° Dossier :	C,14,17,016
Profondeur :	2,5 m	U :	0 kPa	Date d'essai :	2 juillet 2014

Caractéristiques des éprouvettes

Valeurs initiales		1	2	3
H ₀ :	mm	76	76	76
D ₀ :	mm	38	38	38
w :	%	24,5	20,1	21
pd :	kg/m ³	1601	1700	1720
ρ _s :	mesuré :	-	-	-
	estimé :	2700	2700	2700
Sr :	%	96,37	92,26	99,51
U _{cp} :	kPa	392	396	400
σ' _c :	kPa	50	150	250
ΔV _{saturation}	cm ³	4,89	5,24	9,69
B :		0,96	0,96	0,96
t ₁₀₀ :	min	56	56	56
ΔVs consolidation :	cm ³	0,08	2,86	1,35
Valeurs après consolidation				
Hs :	mm	75,9765	75,1594	75,6032
DS _(moyen) :	mm	37,9882	37,5726	37,8
w :	%	25,4	24,3	23,6
pd :	kg/m ³	1601	1631	1648
Rupture				
q = (σ ₁ -σ ₃) _f : déviateur	S' (kPa)	46,7	141,1	222,7
	t (kPa)	17,7	66,1	105,7
	Δuf	21,0	75,0	133,0
	Af	0,593	0,567	0,629
Af à 0,5σ' _{v0} :			0,296	
Vitesse d'écrasement (μm/min)		38,8	38,8	38,8

Données granulométriques

Passant à 400μ :	nc %
Passant à 80μ :	nc %
Passant à 2μ :	nc %

Observations :

Mode de rupture des éprouvettes :

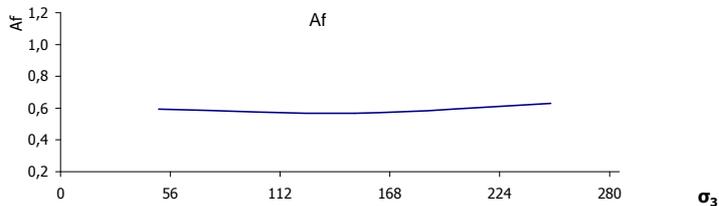
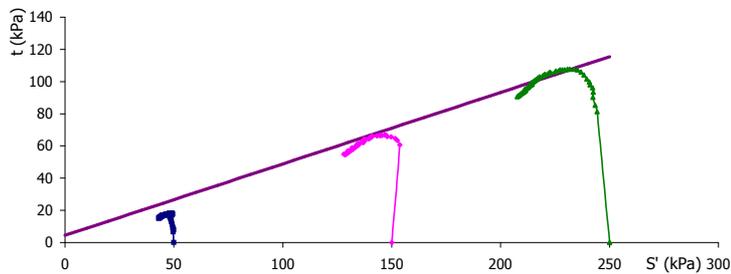
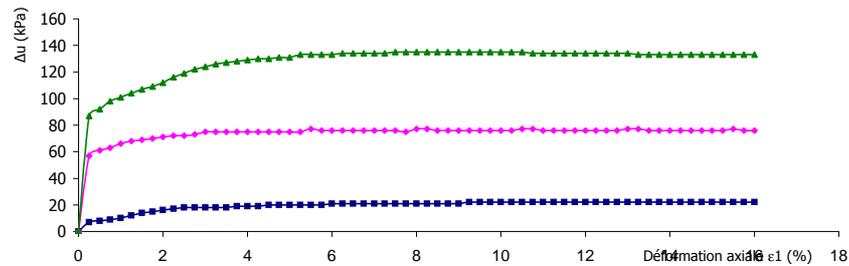
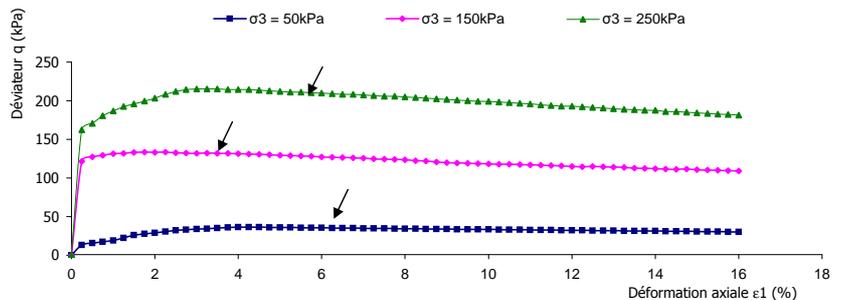
- E1:** Ecrasement partie supérieure
- E2:** Cisaillement multiple
- E3:** Cisaillement multiple

Description des éprouvettes :

- E1:** Sable - limoneux marron - avec cailloux et cailloutis
- E2:** Sable - limoneux marron - avec cailloux et cailloutis
- E3:** Sable - limoneux marron - avec cailloux et cailloutis

Températures extrêmes en cours d'essai :	22 °C
	25 °C

Essai réalisé par : **MARIEBULTEZ**



Résultats :

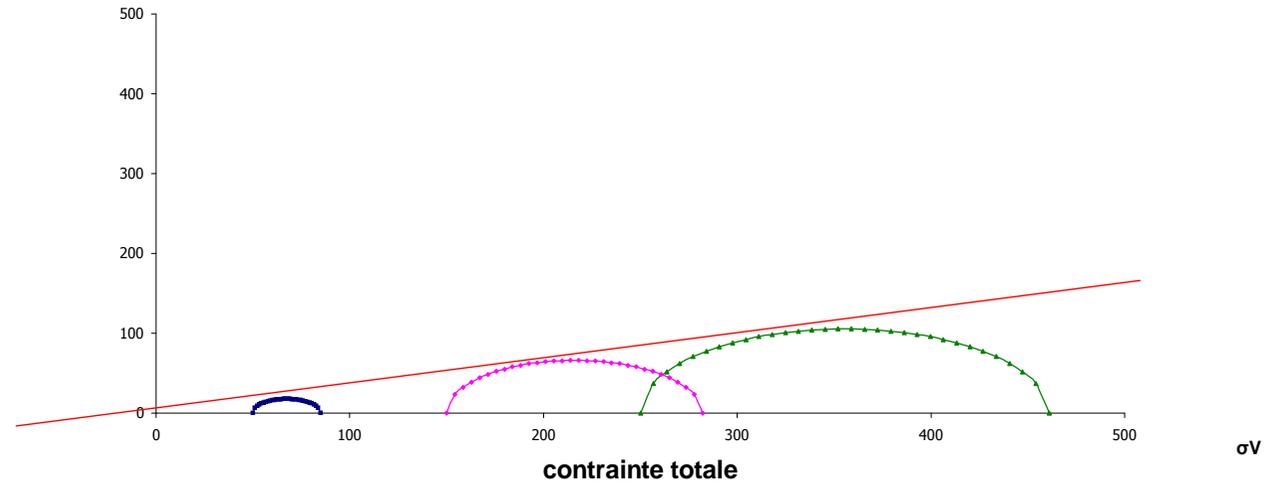
C' = 4 kPa φ' = 26,4



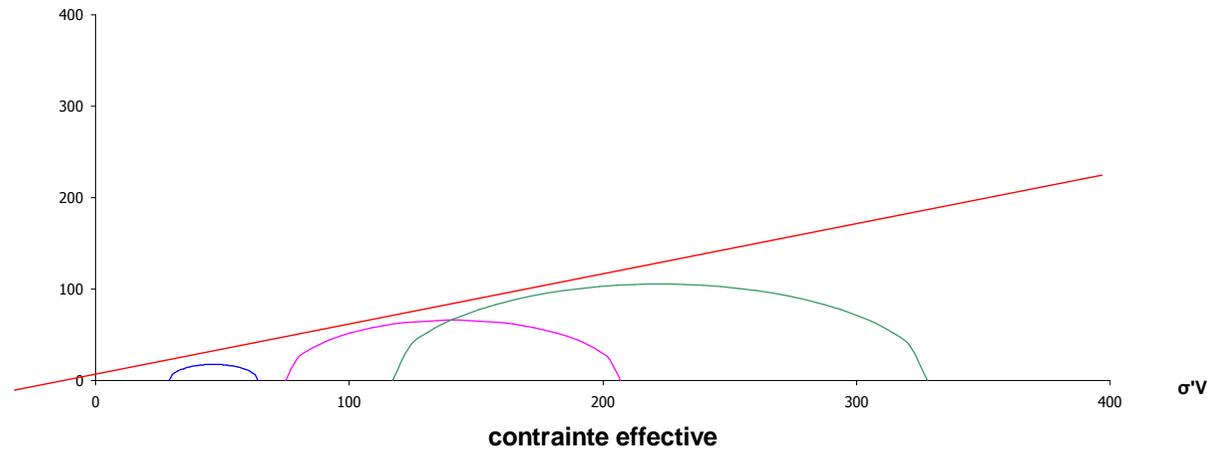
**Essai consolidé non drainé CU + u à l'appareil triaxial
avec mesure de la pression interstitielle réalisé
conformément à la norme NF P 94-074**

Darvoy	Sondage n°	SC01	σ_{v0} :	50 kPa	N° Dossier :	C,14,17,016
	Profondeur :	2,5	U_0 :	- kPa	Date d'essai :	2 juillet 2014

$$t = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2$$



$$t = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2$$



**Essai consolidé non drainé CU + u à l'appareil triaxial
avec mesure de la pression interstitielle réalisé
conformément à la norme NF P 94-074**

Darvoy

Sondage n°	SC01	σ'_{v0} :	90 kPa	N° Dossier :	C,14,17,016
Profondeur :	4,5 m	U :	0 kPa	Date d'essai :	2 juillet 2014

Caractéristiques des éprouvettes

Valeurs initiales		1	2	3
H ₀ :	mm	76	76	76
D ₀ :	mm	38	38	38
w :	%	23,8	22,4	22
pd :	kg/m ³	1600	1657	1670
ρ _s :	mesuré :	-	-	-
	estimé :	2700	2700	2700
Sr :	%	93,47	96,08	96,31
U _{cp} :	kPa	396	400	390
σ' _c :	kPa	60	160	260
ΔV _{saturation}	cm ³	10,37	14,49	3,51
B :		0,96	0,96	0,97
t ₁₀₀ :	min	60	60	60
ΔVs consolidation :	cm ³	0,6	8,34	4,45
Valeurs après consolidation				
Hs :	mm	75,8237	73,5487	74,6921
DS _(moyen) :	mm	37,9115	36,7117	37,3287
w :	%	28,7	28,2	24
pd :	kg/m ³	1570	1584	1639
Rupture				
q = (σ ₁ -σ ₃) _f : déviateur	S' (kPa)	48,7	183,0	231,4
	t (kPa)	19,7	80,0	98,4
	Δuf	31,0	57,0	127,0
	Af	0,788	0,356	0,645
Af à 0,5σ' _{v0} :			0,591	
Vitesse d'écrasement (μm/min)		36,2	36,2	36,2

Données granulométriques

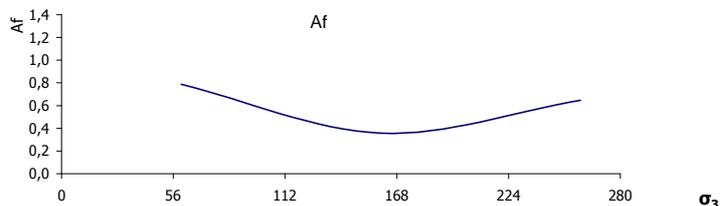
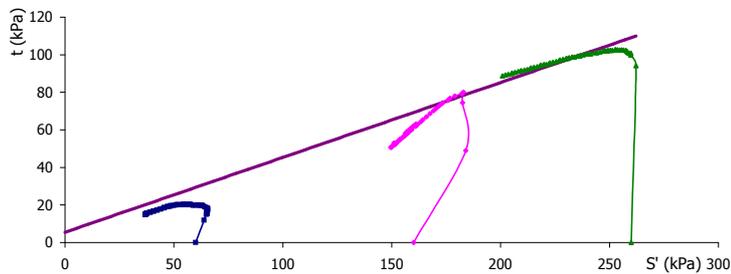
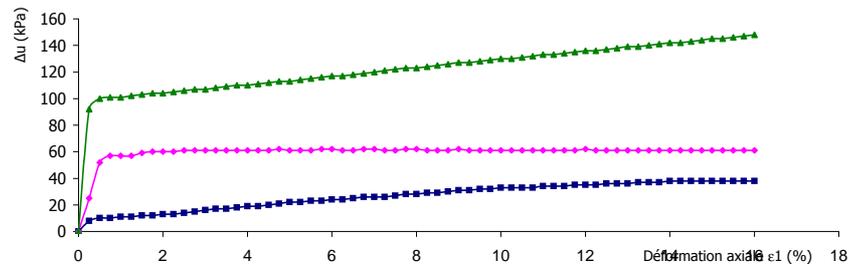
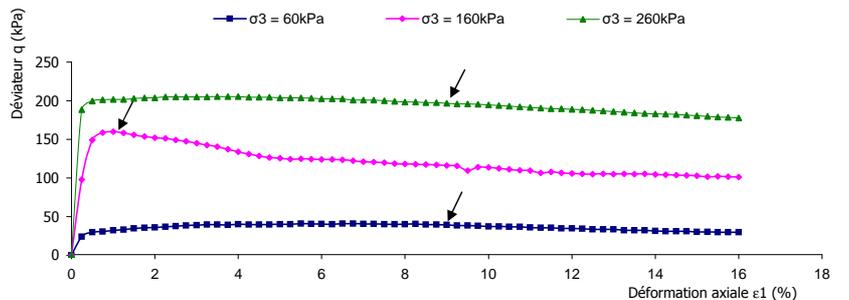
Passant à 400μ :	nc %
Passant à 80μ :	nc %
Passant à 2μ :	nc %

- Observations :**
Mode de rupture des éprouvettes :
- E1:** Cisaillement multiple
 - E2:** Ecrasement partie centrale (tonneau)
 - E3:** Ecrasement partie supérieure

- Description des éprouvettes :**
- E1:** Limon sableux - légèrement argileux - brun avec cailloutis
 - E2:** Limon sableux - légèrement argileux - brun avec cailloutis
 - E3:** Limon sableux - légèrement argileux - brun avec cailloutis

Températures extrêmes en cours d'essai :	22 °C
	25 °C

Essai réalisé par : **MARIEBULTEZ**



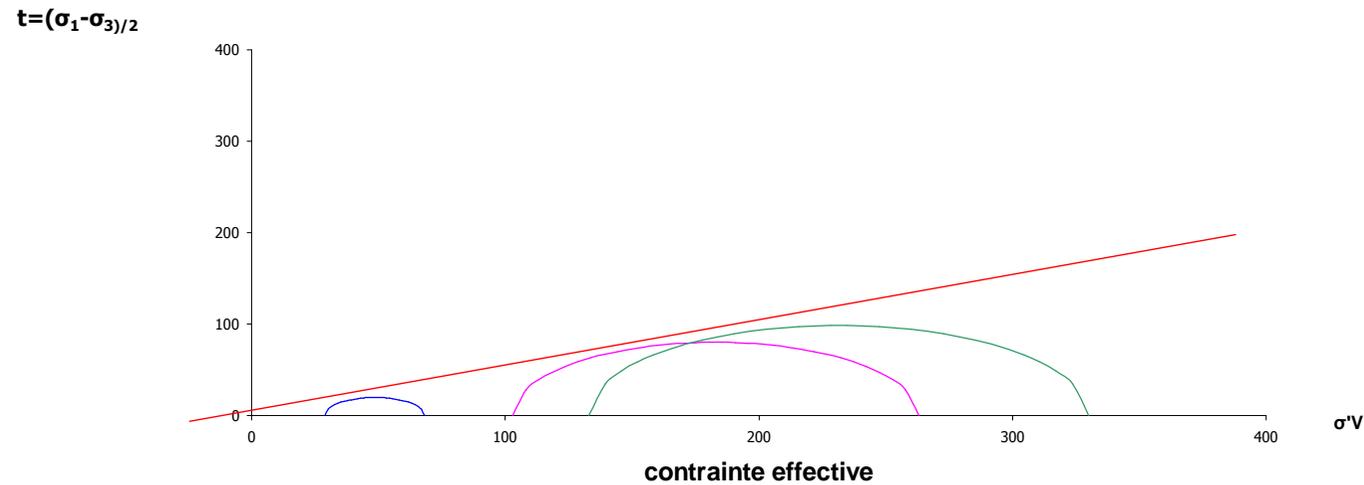
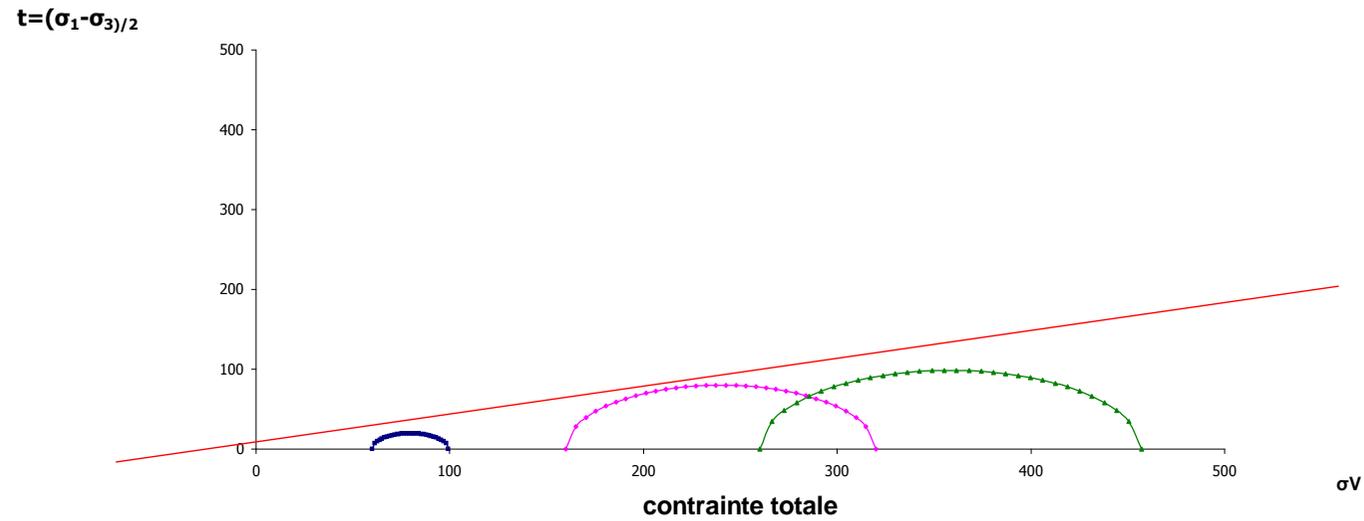
Résultats :

C' = 5 kPa φ' = 23,5 °



**Essai consolidé non drainé CU + u à l'appareil triaxial
avec mesure de la pression interstitielle réalisé
conformément à la norme NF P 94-074**

Darvoy	Sondage n°	SC01	σ_{v0} :	90 kPa	N° Dossier :	C,14,17,016
	Profondeur :	4,5	U_0 :	- kPa	Date d'essai :	2 juillet 2014





Essai de cisaillement rectiligne à la boîte
réalisé conformément à la norme NF P 94-071-1

Chantier : DARVOY

Date : 24/07/2014

Sondage : SC2 Nature : Sables légèrement limoneux marron légèrement Date : 24/07/2014
Profondeur : 9,40 m ocre Hauteur nappe = 4,00 m
N° de dossier : C.14.17016 $\rho_s = 2700$ kg/m³ Côté = 60 mm

Echantillon n°1 Date : 24/07/2014 $\sigma_n = 268$ kPa

Confection de l'éprouvette :
Mh= 155,8 g $V_0 = 72,0$ cm³
Ms= 137,3 g $\rho = 2164$ kg/m³
W% = 13,5% $\rho_d = 1907$ kg/m³
e= 0,42
Sr= 87,5%
Méch= 155,8 g

Consolidation :
 $\Delta h = 1,137$ mm $V_{re} = 67,9$ cm³ Mh= 191,9 g
Méch= 154,3 g $\rho = 2272$ kg/m³ Ms= 174,9 g
 $\rho_d = 2022$ kg/m³ Tare= 37,6 g
e= 0,34 W% = 12,4%
Sr= 99,7%

Observations :
Echantillon remanié, écrêté à 5 mm puis compacté à la densité proctor $\gamma_h = 2.16$

Echantillon n°2 Date : 24/07/2014 $\sigma_n = 134,00$ kPa

Confection de l'éprouvette :
Mh= 155,8 g $V_0 = 72,0$ cm³
Ms= 137,3 g $\rho = 2164$ kg/m³
W% = 13,5% $\rho_d = 1907$ kg/m³
e= 0,42
Sr= 87,5%
Méch= 155,8 g

Consolidation :
 $\Delta h = 0,819$ mm $V_{re} = 69,1$ cm³ Mh= 193,1 g
Méch= 155,4 g $\rho = 2250$ kg/m³ Ms= 175,0 g
 $\rho_d = 1988$ kg/m³ Tare= 37,7 g
e= 0,36 W% = 13,2%
Sr= 99,5%

Observations :
Echantillon remanié, écrêté à 5 mm puis compacté à la densité proctor $\gamma_h = 2.16$

Echantillon n°3 Date : 24/07/2014 $\sigma_n = 67$ kPa

Confection de l'éprouvette :
Mh= 155,8 g $V_0 = 72,0$ cm³
Ms= 137,3 g $\rho = 2164$ kg/m³
W% = 13,5% $\rho_d = 1907$ kg/m³
e= 0,42
Sr= 87,5%
Méch= 155,8 g

Consolidation :
 $\Delta h = 0,179$ mm $V_{re} = 71,4$ cm³ Mh= 195,1 g
Méch= 157,7 g $\rho = 2210$ kg/m³ Ms= 174,7 g
 $\rho_d = 1924$ kg/m³ Tare= 37,4 g
e= 0,40 W% = 14,9%
Sr= 99,5%

Observations :
Echantillon remanié, écrêté à 5 mm puis compacté à la densité proctor $\gamma_h = 2.16$

RESULTATS:

C'		ϕ'	
C'_p	C'_r	ϕ'_p	ϕ'_r
3	9	43,1	38,1



Essai de cisaillement rectiligne à la boîte
réalisé conformément à la norme NF P 94-071-1

Chantier : DARVOY

Date : 07/07/2014

Sondage : SC2 Nature : sables limoneux beige très saturés Date : 07/07/2014
Profondeur : 15,80 m Hauteur nappe =
N° de dossier : C.14.17016 $\rho_s = 2700$ kg/m³ Côté = 60 mm

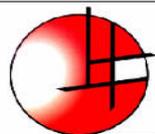
Echantillon n°1		Date : 07/07/2014	$\sigma_n = 396$ kPa
Confection de l'éprouvette : Mh= 140,2 g V ₀ = 72,0 cm ³ Ms= 108,3 g $\rho = 947$ kg/m ³ W% = 29,5% $\rho_d = 504$ kg/m ³ e= 0,80 Sr= 100,0% Méch= 140,2 g		Observations : Echantillon remanié, écrêté à 5 mm puis compacté à $\gamma_h = 1.95$	
Consolidation : $\Delta h = 3,141$ mm V _{re} = 60,7 cm ³ Mh= 159,3 g Méch= 121,6 g $\rho = 2004$ kg/m ³ Ms= 146,0 g $\rho_d = 784$ kg/m ³ Tare= 37,7 g e= 0,51 W% = 12,3% Sr= 64,6%			

Echantillon n°2		Date : 07/07/2014	$\sigma_n = 198,00$ kPa
Confection de l'éprouvette : Mh= 140,2 g V ₀ = 72,0 cm ³ Ms= 108,3 g $\rho = 947$ kg/m ³ W% = 29,5% $\rho_d = 504$ kg/m ³ e= 0,80 Sr= 100,0% Méch= 140,2 g		Observations : Echantillon remanié, écrêté à 5 mm puis compacté à $\gamma_h = 1.95$	
Consolidation : $\Delta h = 2,467$ mm V _{re} = 63,1 cm ³ Mh= 158,8 g Méch= 126,1 g $\rho = 998$ kg/m ³ Ms= 141,0 g $\rho_d = 716$ kg/m ³ Tare= 32,7 g e= 0,57 W% = 16,4% Sr= 77,4%			

Echantillon n°3		Date : 07/07/2014	$\sigma_n = 99$ kPa
Confection de l'éprouvette : Mh= 140,2 g V ₀ = 72,0 cm ³ Ms= 108,4 g $\rho = 947$ kg/m ³ W% = 29,3% $\rho_d = 506$ kg/m ³ e= 0,79 Sr= 99,8% Méch= 140,2 g		Observations : Echantillon remanié, écrêté à 5 mm puis compacté à $\gamma_h = 1.95$	
Consolidation : $\Delta h = 1,671$ mm V _{re} = 66,0 cm ³ Mh= 166,3 g Méch= 129,2 g $\rho = 958$ kg/m ³ Ms= 145,5 g $\rho_d = 643$ kg/m ³ Tare= 37,1 g e= 0,64 W% = 19,2% Sr= 80,5%			

RESULTATS:

C'		ϕ'	
C' _p	C' _r	ϕ'_p	ϕ'_r
42	42	39,4	39,3

**HYDRO-GEOTECHNIQUE****ESSAI de COMPRESSIBILITE
par PALIERS à l'OEDOMETRE**

Essai réalisé selon la norme NF P94-090-1

SITE : Darvoy	N° DOSSIER : C.14.17016
Client : CG45	
Sondage : SC1	Benjamin Chastang ▼
Profondeur : 1,50 m	
Nature du sol : -	Date de prélèvement: S22
Description : Sable légèrement argileux brun à quelques cailloutis	

CARACTERISTIQUES de l'EPROUVETTE

Confection de l'éprouvette:	hauteur bague (mm) :	19
	Densité sèche initiale:	1,62
	Teneur en eau initiale(%):	16,4
	Teneur en eau initiale verif (%):	16,3
	Indice des vides initial:	0,67

CONSOLIDATION à σ'_{vo} et déchargement:

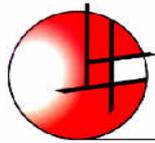
Poids humide initial de l'échantillon(g):	137,6	Hauteur initiale (mm):	18,1
Poids sec de l'échantillon(g):	118,2	Teneur en eau initiale(%):	16,4
Diametre de l'éprouvette(mm):	70	Densité sèche initiale à δ'_{vo} :	1,69
Densité humide initiale:	1,88	Densité des grains estimée:	2,70
Indice des vides initial:	0,58	ei estimée:	0,59
		Wnsat estimée:	22,0
		Sr (%)	74,6%

CARACTERISTIQUES de COMPRESSIBILITE

	Contrainte au repos	σ'_{vo} :	30	kPa
		e_0 :	0,57	
	Pression de préconsolidation	σ'_p :	95	kPa
	Indice de gonflement	C_s :	0,024	
	Indice de compression:	C_c :	0,208	

COEFFICIENT de CONSOLIDATION (Méthode de Taylor)

	Palier (kPa)			CV (cm ² /s)	Kvn (m/s)
de	52	à	208	21,6E-04	3,08E-10
de	208	à	416	8,9E-04	1,38E-10
de	416	à	832	8,8E-04	9,82E-11

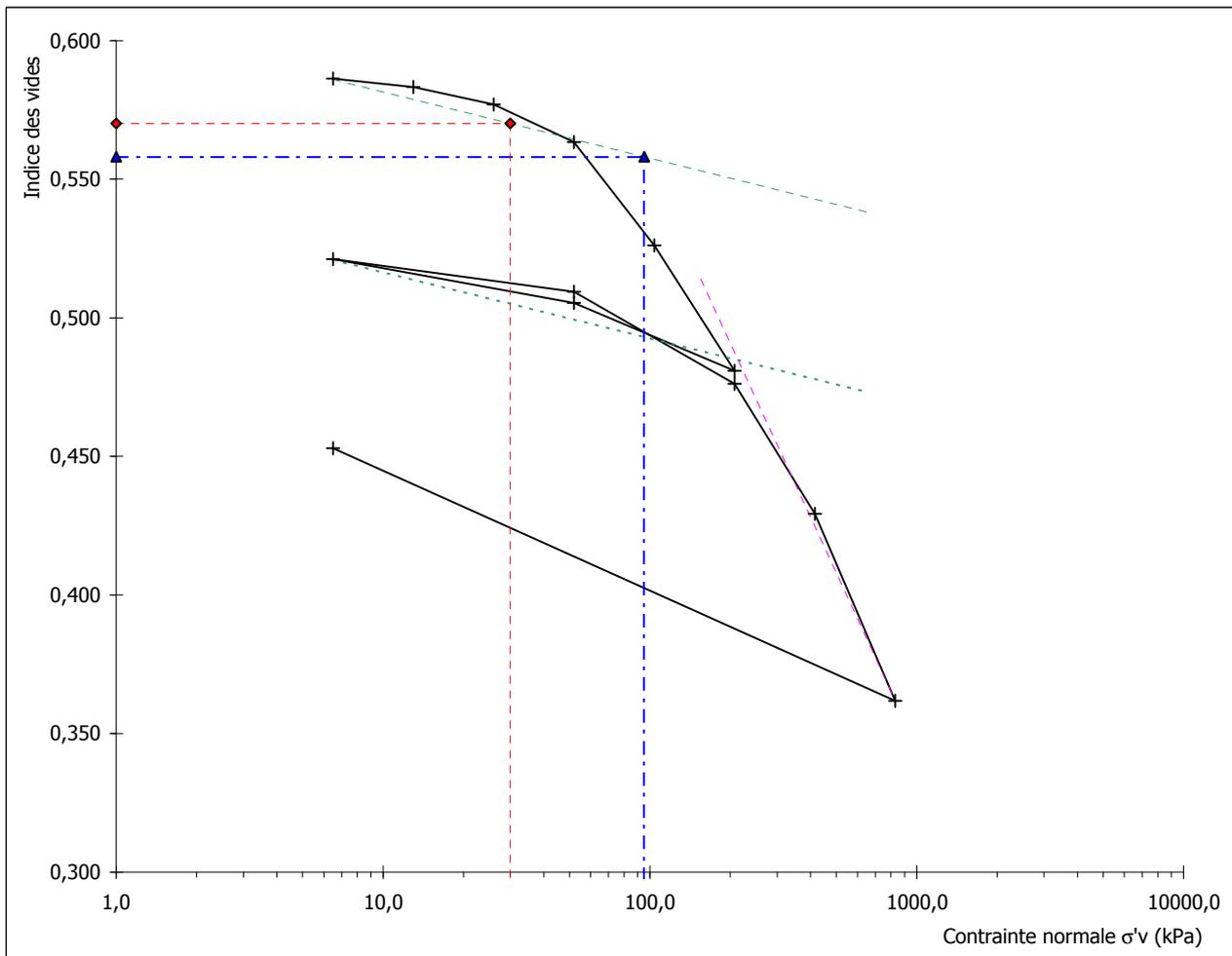


HYDRO-GEOTECHNIQUE

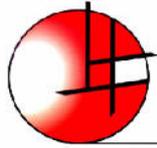
**ESSAI de COMPRESSIBILITE
par PALIERS à l'OEDOMETRE**

Essai réalisé selon la norme NF P94-090-1

SITE : Darvoy	N° DOSSIER : C.14.17016
Client : CG45	Prof. de la nappe : 4,00
Sondage : SC1	
Profondeur : 1,50 m	
Nature du sol : -	Date de prélèvement: S22
Description : Sable légèrement argileux brun à quelques cailloutis	



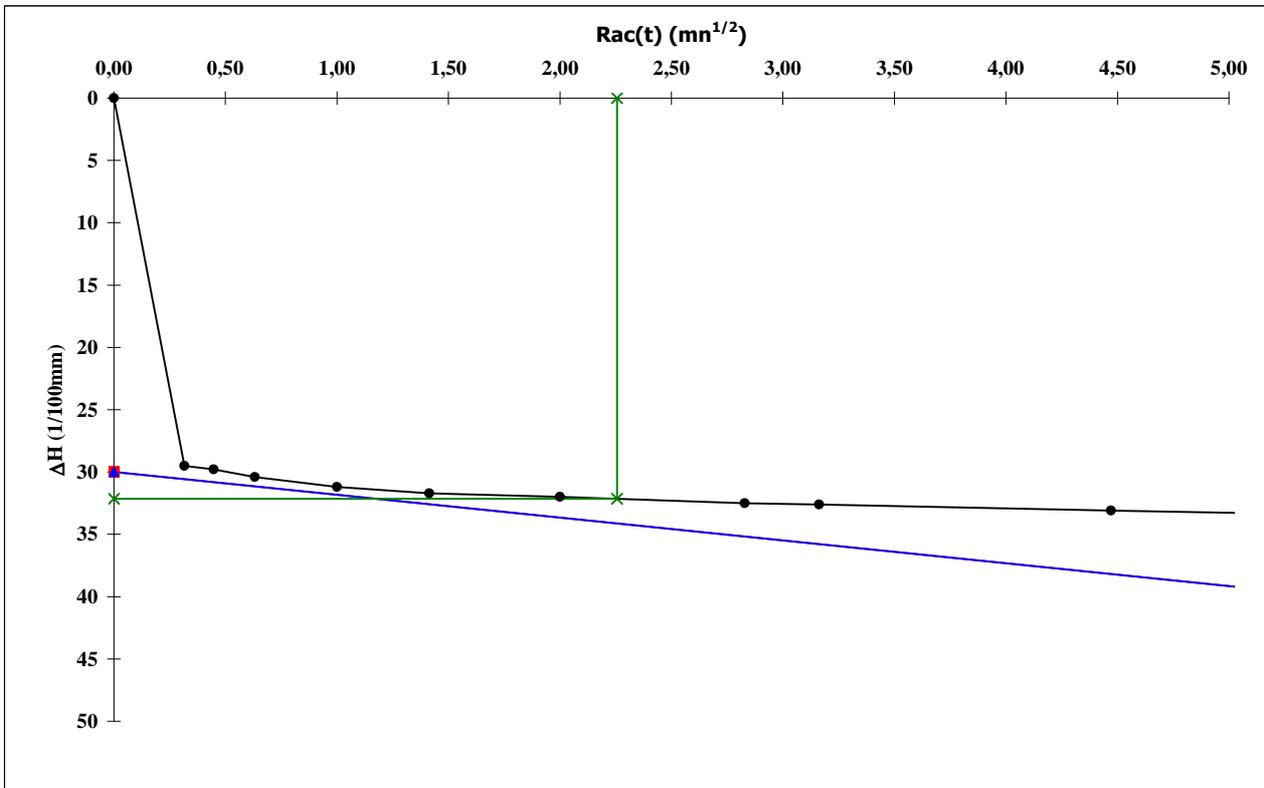
CN (kPa)	Tassement (1/100mm)	Indice des vides
6,5	9,9	0,586
13,0	13,3	0,583
26,0	20,5	0,577
52,0	36	0,563
103,9	78,3	0,526
207,9	129,8	0,481
52,0	101,9	0,505
6,5	84	0,521
52,0	97,4	0,509
207,9	135,1	0,476
415,8	188,5	0,429
831,5	265,2	0,362
6,5	161,6	0,453

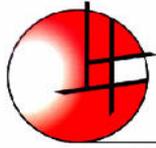


(Méthode de TAYLOR)

SITE : Darvoy	N° DOSSIER : C.14.17016
Client : CG45	Prof. de la nappe : 4,00
Sondage : SC1	
Profondeur : 1,50 m	
Nature du sol : -	Date de prélèvement : S22
Description : argileux brun à quelques cailloutis	Palier : 52 - 208 kPa

Temps (mn)	Lecture (1/100mm)	Rac(t) (mn ^{1/2})	ΔH (1/100mm)		
	97,4			emn	0,492821673
0,1	126,9	0,32	29,5	mvn=	0,000142397
0,2	127,2	0,45	29,8		
0,4	127,8	0,63	30,4	dc=	30,0 1/100mm
1	128,6	1,00	31,2	d90=	32,2 1/100mm
2	129,1	1,41	31,7	t90=	5,1 mn
4	129,4	2,00	32	h=	0,882 cm
8	129,9	2,83	32,5		
10	130	3,16	32,6	Cv=	21,6E-04 cm ² /s
20	130,5	4,47	33,1		
40	131,1	6,32	33,7		
100	132,3	10,00	34,9	Kvn=	3,07577E-10
200	133,2	14,14	35,8		
400	133,9	20,00	36,5		
600	134,3	24,49	36,9		
800	134,6	28,28	37,2		
1000	134,8	31,62	37,4		
1200	135,1	34,64	37,7		
1440	135,1	37,95	37,7		

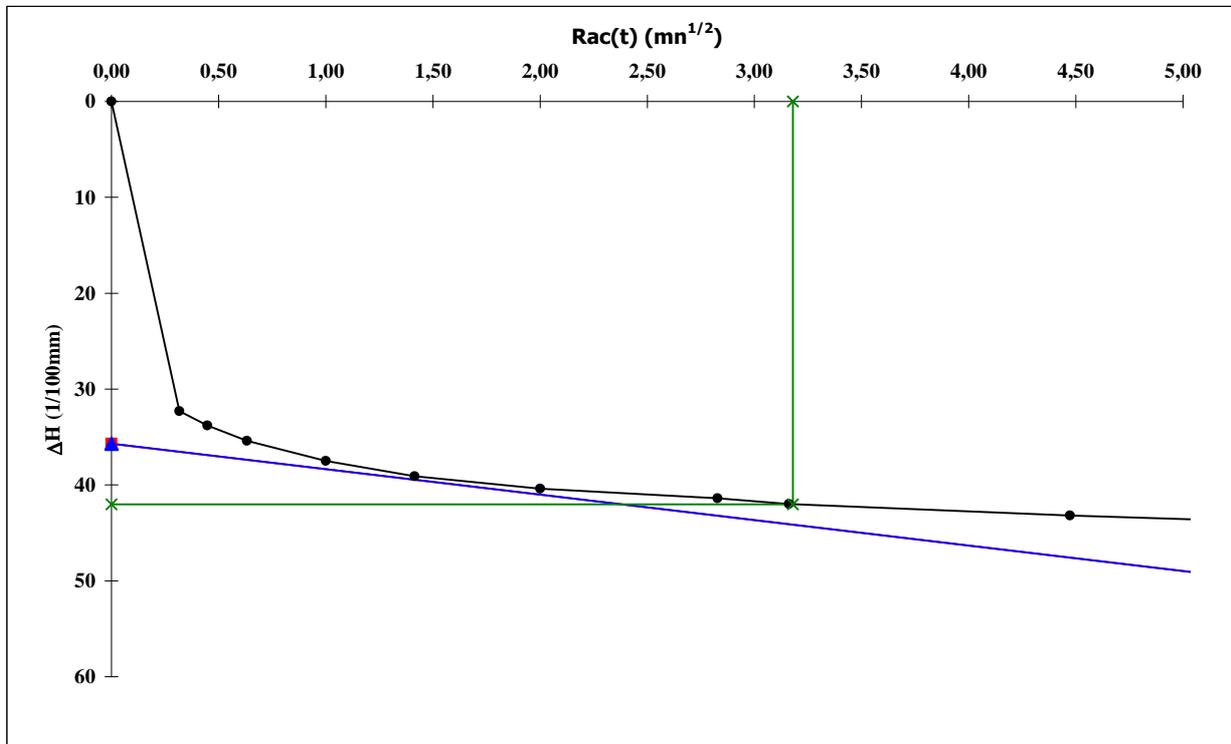


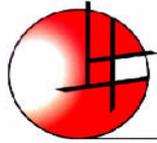


(Méthode de TAYLOR)

SITE : Darvoy Client : CG45	N° DOSSIER : C.14.17016
Sondage : SC1 Profondeur : 1,50 m	
Nature du sol : - Description : argileux brun à quelques cailloutis	Date de prélèvement : S22 Palier : 208 - 416 kPa

Temps (mn)	Lecture (1/100mm)	Rac(t) (mn ^{1/2})	ΔH (1/100mm)		
	135,1			emn	0,452779258
0,1	167,4	0,32	32,3	mvn=	0,000155442
0,2	168,9	0,45	33,8		
0,4	170,5	0,63	35,4	dc=	35,7 1/100mm
1	172,6	1,00	37,5	d90=	42,0 1/100mm
2	174,2	1,41	39,1	t90=	10,1 mn
4	175,5	2,00	40,4	h=	0,800 cm
8	176,5	2,83	41,4		
10	177,1	3,16	42	Cv=	8,9E-04 cm ² /s
20	178,3	4,47	43,2		
40	179,6	6,32	44,5		
100	181,5	10,00	46,4	Kvn=	1,38344E-10
200	183,5	14,14	48,4		
400	185,3	20,00	50,2		
600	186,1	24,49	51		
800	186,5	28,28	51,4		
1000	187,1	31,62	52		
1200	187,7	34,64	52,6		
1440	188,5	37,95	53,4		

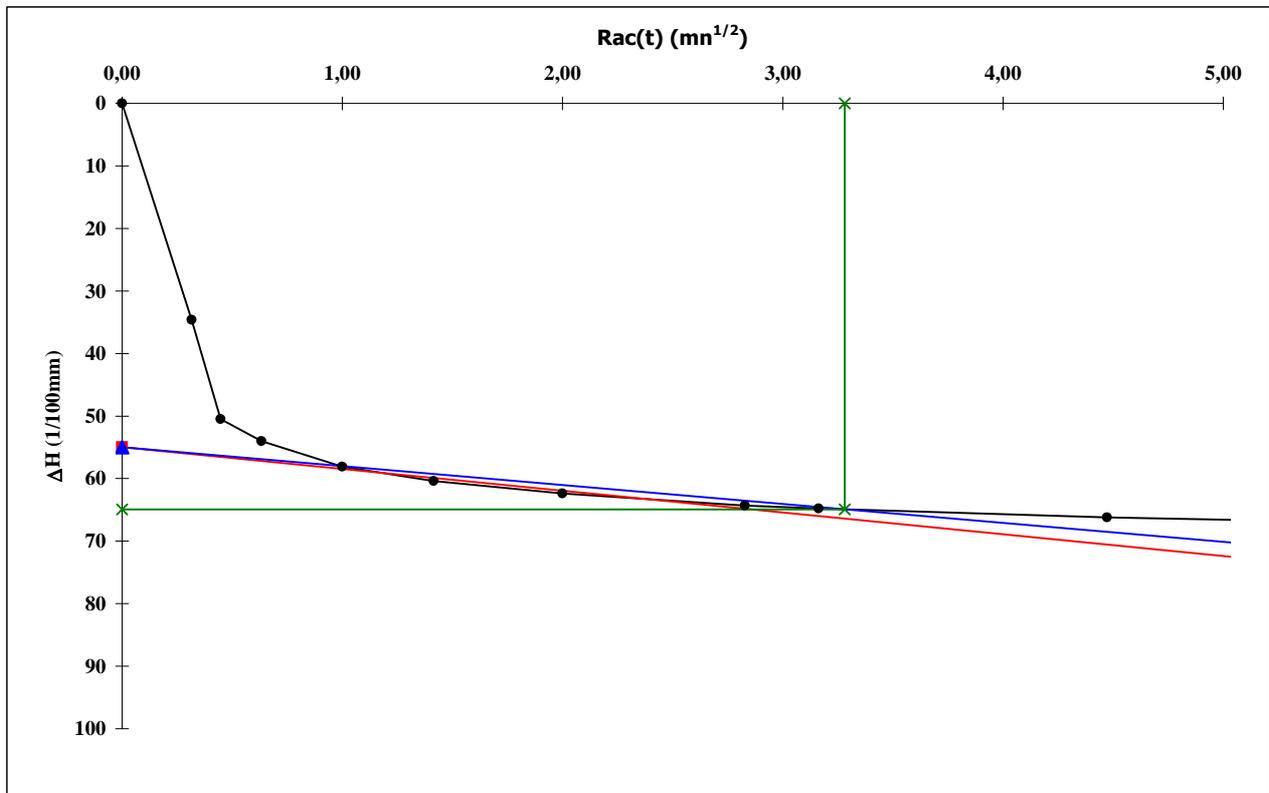




(Méthode de TAYLOR)

SITE : Darvoy Client : CG45	N° DOSSIER : C.14.17016
Sondage : SC1 Profondeur : 1,50 m	
Nature du sol : - Description : argileux brun à quelques cailloutis	Date de prélèvement : S22 Palier : 416 - 832 kPa

Temps (mn)	Lecture (1/100mm)	Rac(t) (mn ^{1/2})	ΔH (1/100mm)	
	188,5			emn = 0,395594645
0,1	223,1	0,32	34,6	mvn = 0,000111633
0,2	239	0,45	50,5	
0,4	242,5	0,63	54	dc = 55,0 1/100mm
1	246,6	1,00	58,1	d90 = 64,9 1/100mm
2	248,9	1,41	60,4	t90 = 10,8 mn
4	250,9	2,00	62,4	h = 0,817 cm
8	252,8	2,83	64,3	
10	253,3	3,16	64,8	Cv = 8,8E-04 cm ² /s
20	254,7	4,47	66,2	
40	256	6,32	67,5	
100	258,3	10,00	69,8	
200	260,1	14,14	71,6	Kvn = 9,82373E-11
400	261,9	20,00	73,4	
600	262,8	24,49	74,3	
800	263,3	28,28	74,8	
1000	263,8	31,62	75,3	
1200	264,4	34,64	75,9	
1440	265,2	37,95	76,7	





HYDRO-GEOTECHNIQUE

**ESSAI de COMPRESSIBILITE
par PALIERS à l'OEDOMETRE**

Essai réalisé selon la norme NF P94-090-1

SITE : Darvoy	N° DOSSIER : C.14.17016
Client : CG45	
Sondage : SC1	Benjamin Chastang ▼
Profondeur : 4,50 m	
Nature du sol : -	Date de prélèvement: S22
Description : Argile limoneuse brune	

CARACTERISTIQUES de l'EPROUVETTE

Confection de l'éprouvette:	hauteur bague (mm) :	19
	Densité sèche initiale:	1,51
	Teneur en eau initiale(%):	22,6
	Teneur en eau initiale verif (%):	22,2
	Indice des vides initial:	0,79

CONSOLIDATION à σ'_{vo} et déchargement:

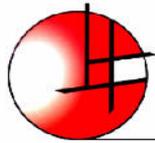
Poids humide initial de l'échantillon(g):	135,6	Hauteur initiale (mm):	17,3
Poids sec de l'échantillon(g):	110,6	Teneur en eau initiale(%):	22,6
Diametre de l'éprouvette(mm):	70	Densité sèche initiale à δ'_{vo} :	1,66
Densité humide initiale:	1,86	Densité des grains estimée:	2,70
Indice des vides initial:	0,63	ei estimée:	0,63
		Wnsat estimée:	23,3
		Sr (%)	97,0%

CARACTERISTIQUES de COMPRESSIBILITE

Contrainte au repos	σ'_{vo} :	85	kPa
	e0 :	0,58	
Pression de préconsolidation	σ'_{p} :	110	kPa
Indice de gonflement	Cs :	0,043	
Indice de compression:	Cc :	0,314	

COEFFICIENT de CONSOLIDATION (Méthode de Taylor)

	Palier (kPa)			CV (cm ² /s)	Kvn (m/s)
de	52	à	208	6,6E-04	1,57E-10
de	208	à	416	1,9E-04	5,07E-11
de	416	à	832	1,8E-04	2,98E-11

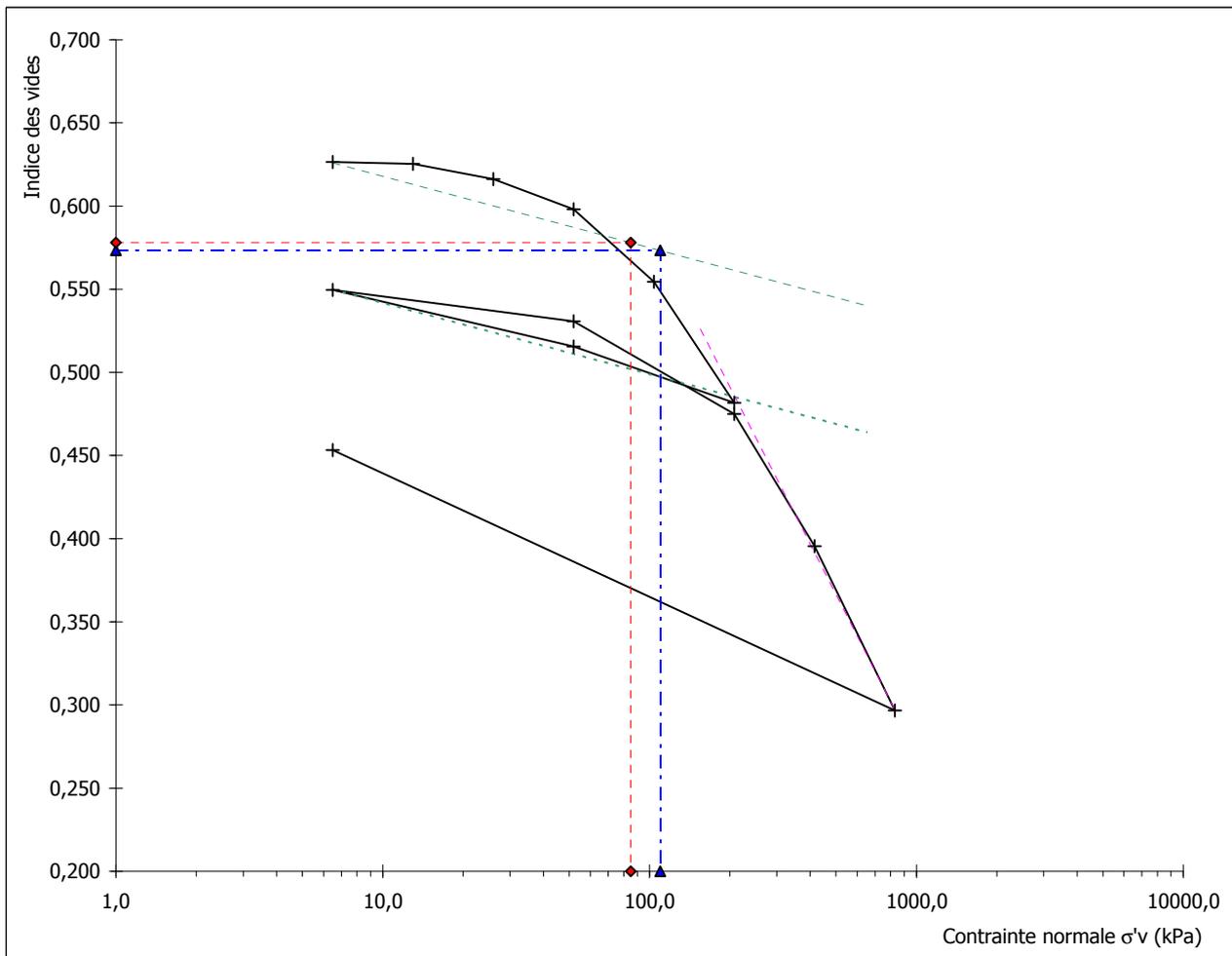


HYDRO-GEOTECHNIQUE

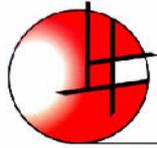
**ESSAI de COMPRESSIBILITE
par PALIERS à l'OEDOMETRE**

Essai réalisé selon la norme NF P94-090-1

SITE : Darvoy	N° DOSSIER : C.14.17016
Client : CG45	Prof. de la nappe : 4,00
Sondage : SC1	
Profondeur : 4,50 m	
Nature du sol : -	Date de prélèvement: S22
Description : Argile limoneuse brune	



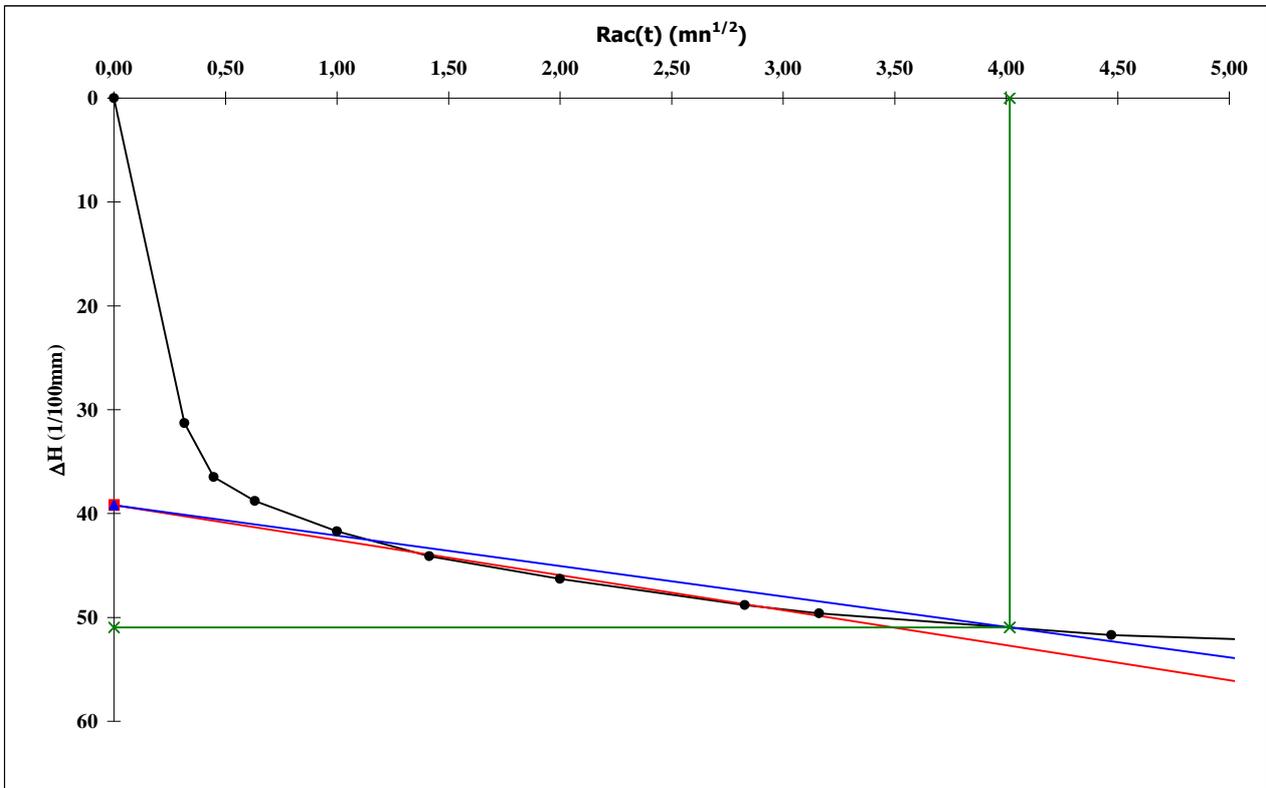
CN (kPa)	Tassement (1/100mm)	Indice des vides
6,5	3,6	0,626
13,0	4,8	0,625
26,0	14,6	0,616
52,0	33,8	0,598
103,9	80,2	0,554
207,9	157,6	0,482
52,0	121,7	0,515
6,5	85,3	0,550
52,0	105,6	0,531
207,9	164,8	0,475
415,8	249,5	0,395
831,5	354,6	0,297
6,5	188	0,453

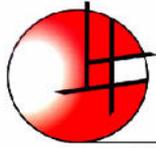


(Méthode de TAYLOR)

SITE : Darvoy Client : CG45	N° DOSSIER : C.14.17016 Prof. de la nappe : 4,00
Sondage : SC1 Profondeur : 4,50 m	
Nature du sol : - Description : ile limoneuse brune	Date de prélèvement : S22 Palier : 52 - 208 kPa

Temps (mn)	Lecture (1/100mm)	Rac(t) (mn ^{1/2})	ΔH (1/100mm)		
	105,6			emn	0,502815367
0,1	136,9	0,32	31,3	mvn=	0,00023738
0,2	142,1	0,45	36,5		
0,4	144,4	0,63	38,8	dc=	39,2 1/100mm
1	147,3	1,00	41,7	d90=	51,0 1/100mm
2	149,7	1,41	44,1	t90=	16,1 mn
4	151,9	2,00	46,3	h=	0,868 cm
8	154,4	2,83	48,8		
10	155,2	3,16	49,6	Cv=	6,6E-04 cm ² /s
20	157,3	4,47	51,7		
40	158,6	6,32	53		
100	160,4	10,00	54,8	Kvn=	1,56671E-10
200	162,1	14,14	56,5		
400	163	20,00	57,4		
600	163,4	24,49	57,8		
800	164	28,28	58,4		
1000	164,3	31,62	58,7		
1200	164,6	34,64	59		
1440	164,8	37,95	59,2		

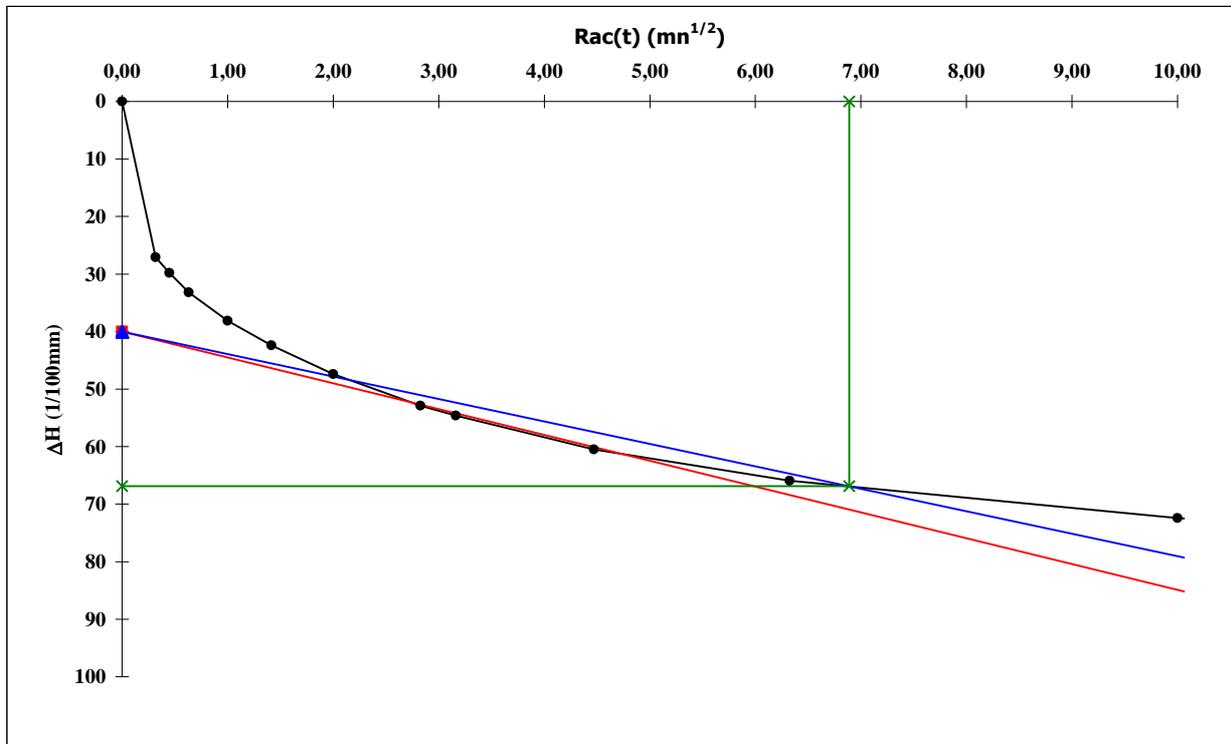


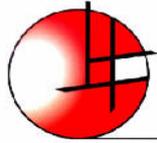


(Méthode de TAYLOR)

SITE : Darvoy Client : CG45	N° DOSSIER : C.14.17016
Sondage : SC1 Profondeur : 4,50 m	
Nature du sol : - Description : ile limoneuse brune	Date de prélèvement : S22 Palier : 208 - 416 kPa

Temps (mn)	Lecture (1/100mm)	Rac(t) (mn ^{1/2})	ΔH (1/100mm)	
	164,8			emn = 0,435218739
0,1	191,9	0,32	27,1	mvn = 0,00026672
0,2	194,6	0,45	29,8	
0,4	198	0,63	33,2	dc = 40,0 1/100mm
1	202,9	1,00	38,1	d90 = 66,9 1/100mm
2	207,2	1,41	42,4	t90 = 47,5 mn
4	212,2	2,00	47,4	h = 0,800 cm
8	217,7	2,83	52,9	
10	219,4	3,16	54,6	Cv = 1,9E-04 cm ² /s
20	225,3	4,47	60,5	
40	230,7	6,32	65,9	
100	237,2	10,00	72,4	Kvn = 5,06768E-11
200	241,9	14,14	77,1	
400	245,3	20,00	80,5	
600	246,2	24,49	81,4	
800	246,7	28,28	81,9	
1000	247,2	31,62	82,4	
1200	248	34,64	83,2	
1440	249,5	37,95	84,7	

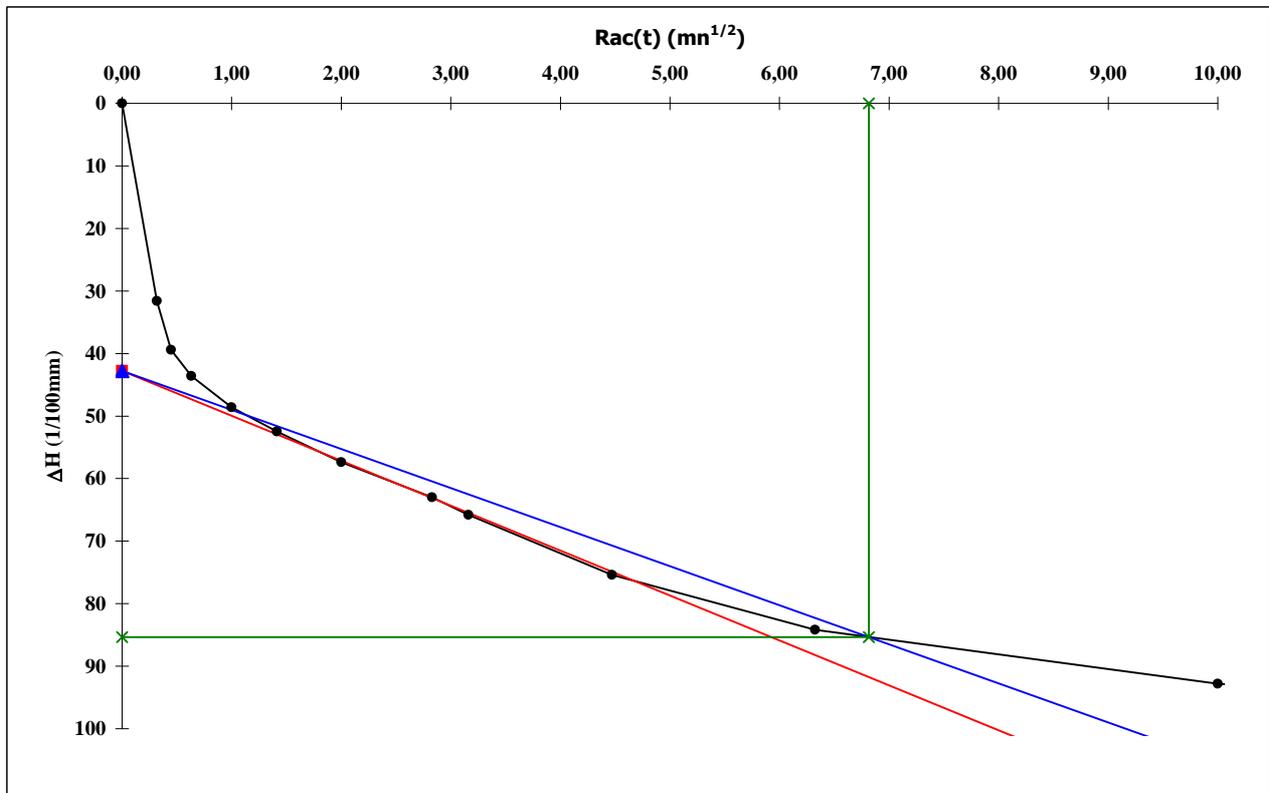




(Méthode de TAYLOR)

SITE : Darvoy Client : CG45	N° DOSSIER : C.14.17016
Sondage : SC1 Profondeur : 4,50 m	
Nature du sol : - Description : ile limoneuse brune	Date de prélèvement : S22 Palier : 416 - 832 kPa

Temps (mn)	Lecture (1/100mm)	Rac(t) (mn ^{1/2})	ΔH (1/100mm)		
	249,5			emn	0,346060713
0,1	281,1	0,32	31,6	mvn=	0,00016548
0,2	288,9	0,45	39,4		
0,4	293,1	0,63	43,6	dc=	42,8 1/100mm
1	298,1	1,00	48,6	d90=	85,3 1/100mm
2	302	1,41	52,5	t90=	46,4 mn
4	306,9	2,00	57,4	h=	0,773 cm
8	312,5	2,83	63		
10	315,3	3,16	65,8	Cv=	1,8E-04 cm ² /s
20	324,9	4,47	75,4		
40	333,7	6,32	84,2		
100	342,3	10,00	92,8		
200	346,9	14,14	97,4	Kvn=	2,97864E-11
400	350,4	20,00	100,9		
600	351,9	24,49	102,4		
800	352,8	28,28	103,3		
1000	353,4	31,62	103,9		
1200	354	34,64	104,5		
1440	354,6	37,95	105,1		



**HYDRO-GEOTECHNIQUE****ESSAI de COMPRESSIBILITE
par PALIERS à l'OEDOMETRE**

Essai réalisé selon la norme NF P94-090-1

SITE : Darvay	N° DOSSIER : C.14.17016
Client : CG45	
Sondage : SC2	Benjamin Chastang ▼
Profondeur : 2,50 m	
Nature du sol : -	Date de prélèvement: S22
Description : Sable argileux beige	

CARACTERISTIQUES de l'EPROUVETTE

Confection de l'éprouvette:	hauteur bague (mm) :	19
	Densité sèche initiale:	1,59
	Teneur en eau initiale(%):	19,4
	Teneur en eau initiale verif (%):	20,2
	Indice des vides initial:	0,70

CONSOLIDATION à σ'_{vo} et déchargement:

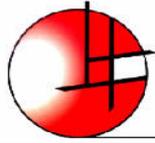
Poids humide initial de l'échantillon(g):	138,8	Hauteur initiale (mm):	18,1
Poids sec de l'échantillon(g):	116,2	Teneur en eau initiale(%):	19,4
Diametre de l'éprouvette(mm):	70	Densité sèche initiale à δ'_{vo} :	1,67
Densité humide initiale:	1,90	Densité des grains estimée:	2,70
Indice des vides initial:	0,61	e_i estimée:	0,62
		W _{nsat} estimée:	22,8
		S _r (%)	85,1%

CARACTERISTIQUES de COMPRESSIBILITE

	Contrainte au repos	σ'_{vo} :	50	kPa
		e_0 :	0,59	
	Pression de préconsolidation	σ'_p :	107	kPa
	Indice de gonflement	C _s :	0,026	
	Indice de compression:	C _c :	0,189	

COEFFICIENT de CONSOLIDATION (Méthode de Taylor)

	Palier (kPa)			CV (cm ² /s)	K _{vn} (m/s)
de	52	à	208	15,2E-04	2,27E-10
de	208	à	416	11,2E-04	1,68E-10
de	416	à	832	11,1E-04	1,12E-10

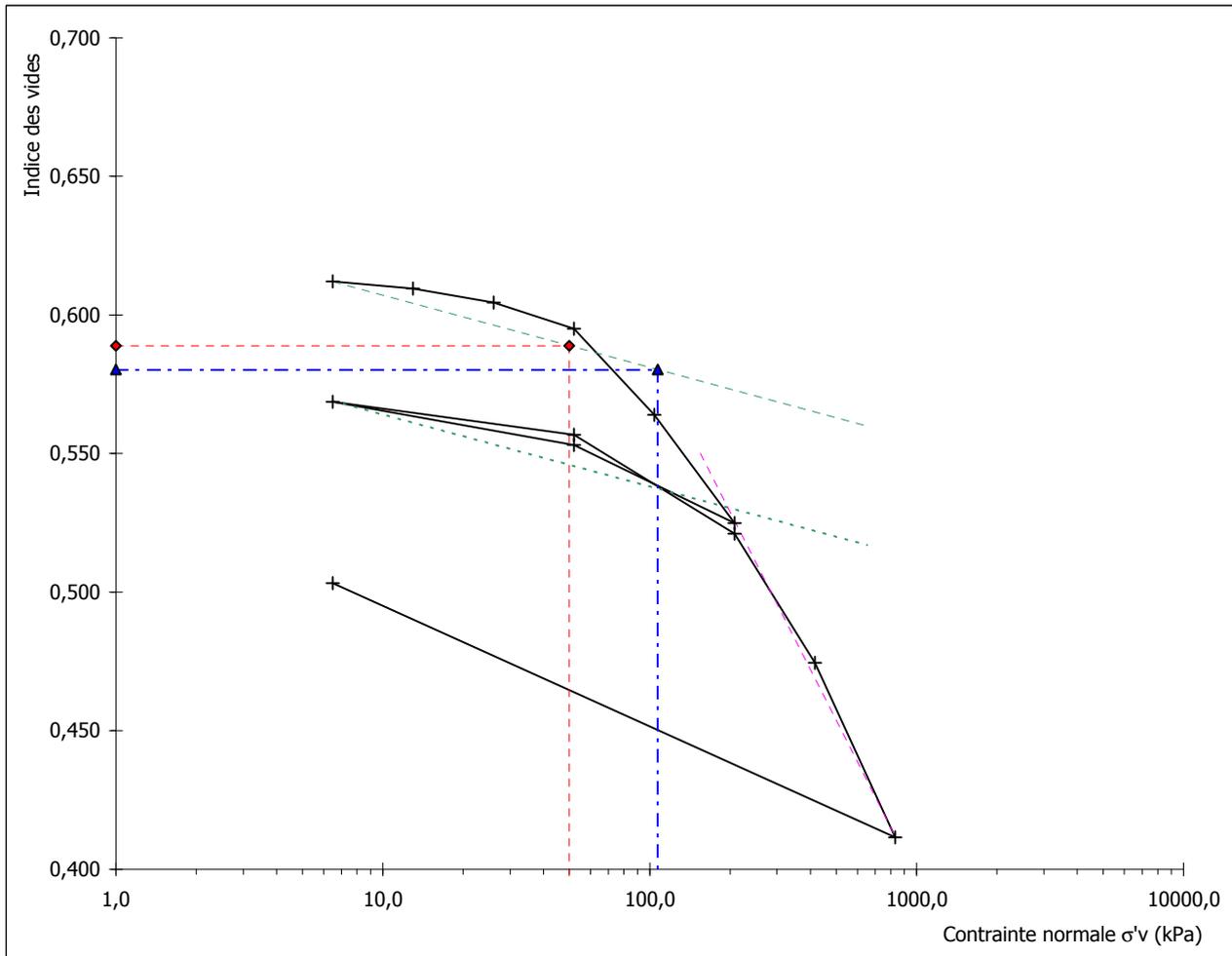


HYDRO-GEOTECHNIQUE

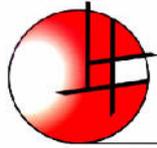
**ESSAI de COMPRESSIBILITE
par PALIERS à l'OEDOMETRE**

Essai réalisé selon la norme NF P94-090-1

SITE : Darvay	N° DOSSIER : C.14.17016
Client : CG45	Prof. de la nappe : 4,00
Sondage : SC2	
Profondeur : 2,50 m	
Nature du sol : -	Date de prélèvement: S22
Description : Sable argileux beige	



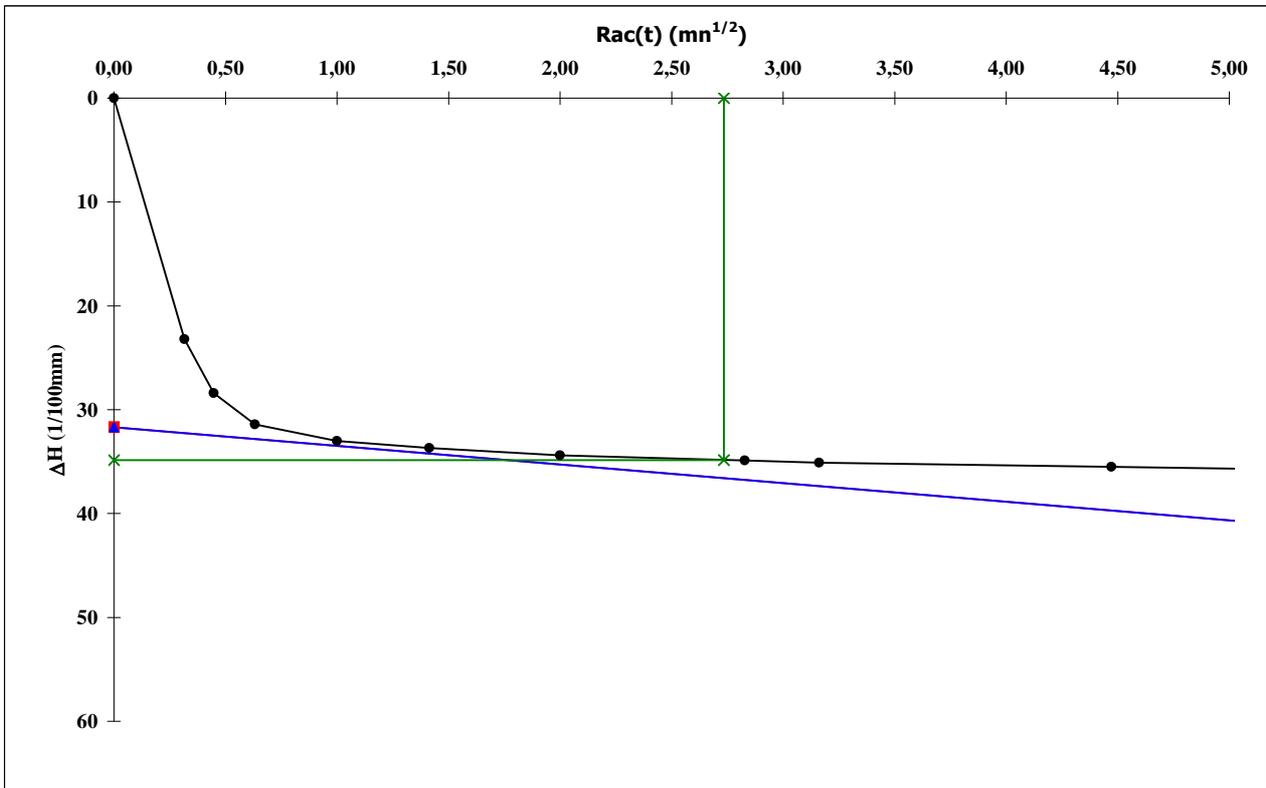
CN (kPa)	Tassement (1/100mm)	Indice des vides
6,5	6,2	0,612
13,0	9	0,610
26,0	14,7	0,604
52,0	25,2	0,595
103,9	60	0,564
207,9	103,7	0,525
52,0	72,2	0,553
6,5	54,7	0,569
52,0	68	0,557
207,9	108	0,521
415,8	160,1	0,474
831,5	230,4	0,412
6,5	127,9	0,503

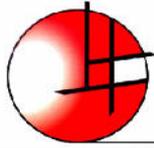


(Méthode de TAYLOR)

SITE : Darvay	N° DOSSIER : C.14.17016
Client : CG45	Prof. de la nappe : 4,00
Sondage : SC2	
Profondeur : 2,50 m	
Nature du sol : -	Date de prélèvement : S22
Description : sable argileux beige	Palier : 52 - 208 kPa

Temps (mn)	Lecture (1/100mm)	Rac(t) (mn ^{1/2})	ΔH (1/100mm)		
	68			emn	0,538948551
0,1	91,2	0,32	23,2	mvn=	0,000149078
0,2	96,4	0,45	28,4		
0,4	99,4	0,63	31,4	dc=	31,7 1/100mm
1	101	1,00	33	d90=	34,8 1/100mm
2	101,7	1,41	33,7	t90=	7,5 mn
4	102,4	2,00	34,4	h=	0,896 cm
8	102,9	2,83	34,9		
10	103,1	3,16	35,1	Cv=	15,2E-04 cm ² /s
20	103,5	4,47	35,5		
40	104,1	6,32	36,1		
100	105,1	10,00	37,1	Kvn=	2,26599E-10
200	106	14,14	38		
400	106,8	20,00	38,8		
600	107,3	24,49	39,3		
800	107,6	28,28	39,6		
1000	107,7	31,62	39,7		
1200	107,9	34,64	39,9		
1440	108	37,95	40		

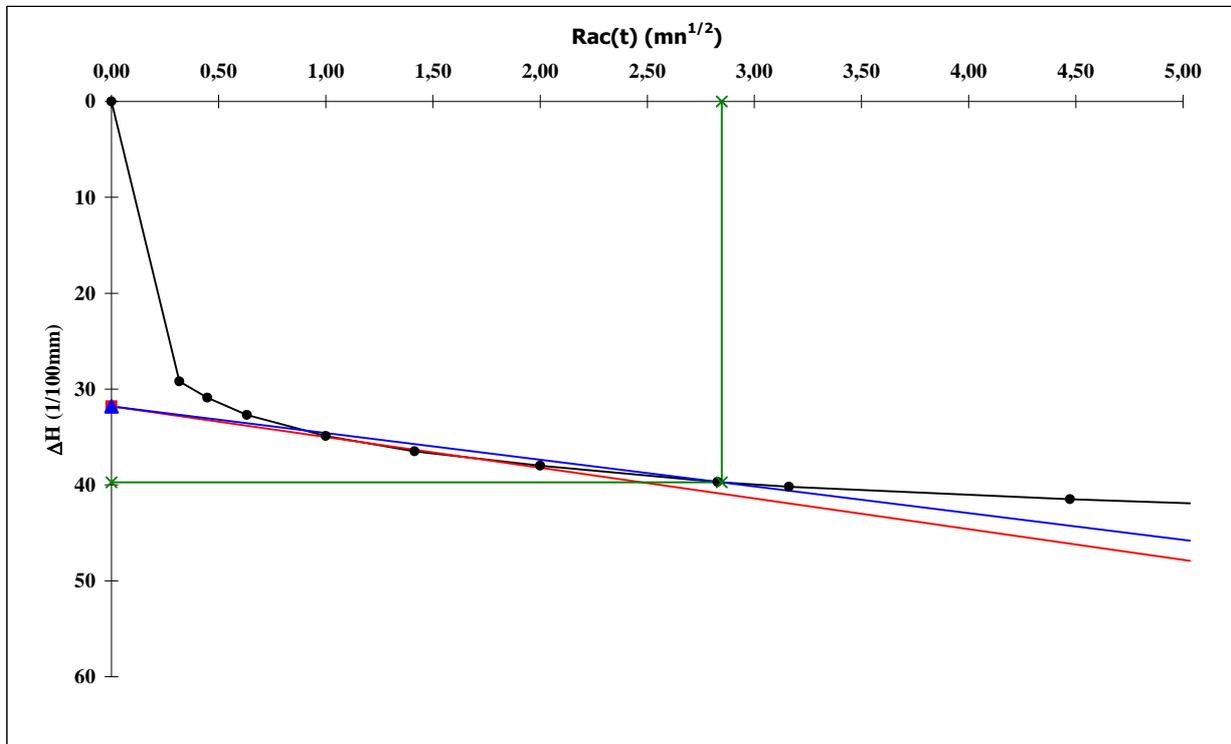


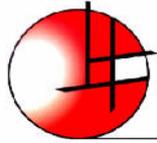


(Méthode de TAYLOR)

SITE : Darvay Client : CG45	N° DOSSIER : C.14.17016
Sondage : SC2 Profondeur : 2,50 m	
Nature du sol : - Description : sable argileux beige	Date de prélèvement : S22 Palier : 208 - 416 kPa

Temps (mn)	Lecture (1/100mm)	Rac(t) (mn ^{1/2})	ΔH (1/100mm)	
	108			emn = 0,497769829
0,1	137,2	0,32	29,2	mvn = 0,000149635
0,2	138,9	0,45	30,9	
0,4	140,7	0,63	32,7	dc = 31,8 1/100mm
1	142,9	1,00	34,9	d90 = 39,7 1/100mm
2	144,5	1,41	36,5	t90 = 8,1 mn
4	146	2,00	38	h = 0,800 cm
8	147,7	2,83	39,7	
10	148,2	3,16	40,2	Cv = 11,2E-04 cm ² /s
20	149,5	4,47	41,5	
40	150,9	6,32	42,9	
100	153	10,00	45	Kvn = 1,67591E-10
200	155,3	14,14	47,3	
400	157,1	20,00	49,1	
600	157,8	24,49	49,8	
800	158,3	28,28	50,3	
1000	158,7	31,62	50,7	
1200	159,4	34,64	51,4	
1440	160,1	37,95	52,1	





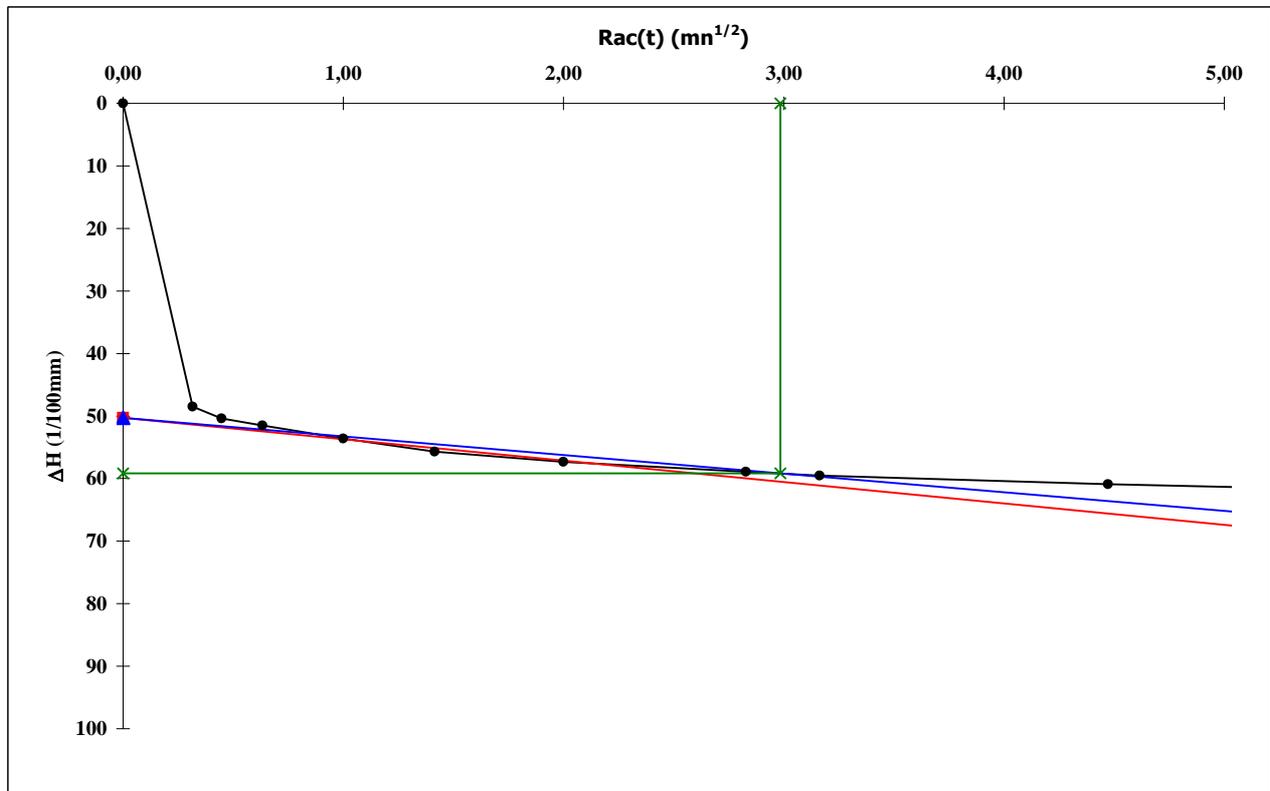
HYDRO-GEOTECHNIQUE

GRAPHIQUE TASSEMENT-TEMPS

(Méthode de TAYLOR)

SITE : Darvay Client : CG45	N° DOSSIER : C.14.17016
Sondage : SC2 Profondeur : 2,50 m	
Nature du sol : - Description : sable argileux beige	Date de prélèvement : S22 Palier : 416 - 832 kPa

Temps (mn)	Lecture (1/100mm)	Rac(t) (mn ^{1/2})	ΔH (1/100mm)		
	160,1			emn	0,443043709
0,1	208,6	0,32	48,5	mvn=	0,000100953
0,2	210,5	0,45	50,4		
0,4	211,6	0,63	51,5	dc=	50,3 1/100mm
1	213,7	1,00	53,6	d90=	59,2 1/100mm
2	215,8	1,41	55,7	t90=	8,9 mn
4	217,4	2,00	57,3	h=	0,835 cm
8	219	2,83	58,9		
10	219,6	3,16	59,5	Cv=	11,1E-04 cm ² /s
20	221	4,47	60,9		
40	222,5	6,32	62,4		
100	224,4	10,00	64,3		
200	226,1	14,14	66	Kvn=	1,12058E-10
400	227,7	20,00	67,6		
600	228,5	24,49	68,4		
800	229	28,28	68,9		
1000	229,4	31,62	69,3		
1200	229,8	34,64	69,7		
1440	230,4	37,95	70,3		



ANNEXE 11
CLASSIFICATION DES MISSIONS
GÉOTECHNIQUES



CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE

(extraite de la norme NFP 94-500 novembre 2013)

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.
-



ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en oeuvre 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'oeuvre 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).
-

SCHEMA D'ENCHAINEMENT DES MISSIONS GEOTECHNIQUES

(extrait de la norme NFP 94-500 novembre 2013)

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage	Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux		
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

* note à définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante



UNION SYNDICALE GÉOTECHNIQUE
CONDITIONS GÉNÉRALES DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES
(version du 27.06.2000, mise à jour Hydrogéotechnique décembre 2006)

1. CADRE DE LA MISSION

Par référence à la CLASSIFICATION DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES TYPES (Norme NFP 94-500), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions géotechniques nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions géotechniques suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution.

En particulier :

- ◆ les missions G1, G2, G3, G4 sont réalisées dans l'ordre successif,
- ◆ une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante,
- ◆ une Prestations d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et l'exactitude des résultats qu'elle fournit,
- ◆ une mission type G1 à G5 n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport,
- ◆ une mission type G1 ou G5 exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques,
- ◆ une mission type G2 engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) parties(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission géotechnique objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

2. RECOMMANDATIONS

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une reconnaissance du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés au géotechnicien chargé du suivi ou de la supervision géotechnique d'exécution (missions G3 et G4) afin qu'il en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution, voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations, notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

3. RAPPORT DE LA MISSION

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés ; un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.

