

## 95 – PUISEUX EN FRANCE

LIEU DIT SOUS LE MOULIN DE PUISEUX

Installation de Stockage de Déchets Inertes

MAITRE D'OUVRAGE	ARCHITECTE
SCREG	
BUREAU DE CONTRÔLE	

## ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT PROJET

Mission géotechnique NF P 94-500 Décembre 2006			
G <sub>11</sub>	Etude géotechnique préliminaire de site	X	
G <sub>12</sub>	Etude géotechnique d'avant projet		
G <sub>2</sub>	Etude géotechnique de Projet		
G <sub>3</sub>	Etude et suivi géotechnique d'exécution		
G <sub>4</sub>	Supervision géotechnique d'exécution		
G <sub>5</sub>	Diagnostic géotechnique		

Étape	Date	Indice	Auteur	Vérification	Référence
Création du document	26/12/2011	0	A.AZOULAY	G.DEFER	10.12.0845
		A			
		B			
		C			

Le présent rapport comporte 50 pages (hors annexes). Sauf autorisation écrite préalable, sa reproduction n'est autorisée que dans intégralité. Toute modification ou utilisation frauduleuse est passible de poursuites.

		Page
<b>CH 1</b>	<b>DONNEES INITIALES</b>	4
<b>I.1</b>	<b>DONNEES GENERALES DU PROJET</b>	4
<b>1.2</b>	<b>CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE</b>	8
	A Données géologiques	8
	B Données hydrogéologiques	9
<b>1.3</b>	<b>PROGRAMME D'INVESTIGATIONS</b>	10
	A Sondage carotté	10
	B Sondages pressiométriques	11
	C Essais pressiométriques	11
	D Puits à la pelle	11
	E Essais de laboratoire	12
<b>CH 2</b>	<b>RESULTATS DES INVESTIGATIONS</b>	13
<b>2.1</b>	<b>FICHES DE SONDAGE</b>	13
	A Sondage carotté	13
	B Sondages en destructif – roto-percussion ou tarière hélicoïdale	14
<b>2.2</b>	<b>RESULTATS DES PUIITS A LA PELLE</b>	15
<b>2.2</b>	<b>RESULTATS DES ESSAIS PRESSIOMETRIQUES</b>	21
	A Principe de l'essai	21
	B Résultats des essais	21
<b>2.3</b>	<b>RESULTATS DES ESSAIS AU PHICOMETRE</b>	23
	A Principe de l'essai	23
	B Résultats des essais	24
<b>2.4</b>	<b>RESULTATS DE LABORATOIRE</b>	25

<b>CH 3</b>	<b>INTERPRETATION</b>	26
<b>3.1</b>	<b>GEOLOGIE GEOTECHNIQUE</b>	26
	A Limons des Plateaux/Colluvions	26
	B Calcaire de Saint Ouen	27
	C Sables de Beauchamp	27
<b>3.2</b>	<b>ASPECTS HYDROGEOLOGIQUES</b>	29
<b>CH 4</b>	<b>ADAPTATION AU SITE</b>	30
<b>4.1</b>	<b>STABILITE DES TALUS</b>	36
<b>4.2</b>	<b>ANALYSE COMPORTEMENTALE</b>	43
	<b>ANNEXES</b>	50

Chapitre	<h1>DONNEES INITIALES</h1>
<b>1</b>	

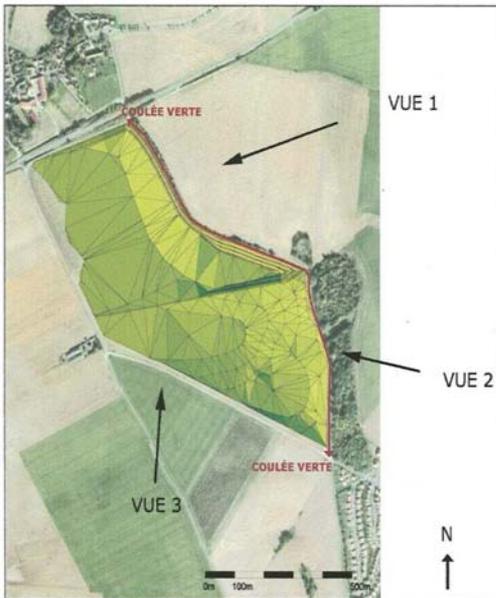
## 1.1 DONNEES GENERALES DU PROJET

A la demande de l'entreprise SCREG ILE DE France NORMANDIE, **NEOPRISM Consultants** a procédé aux reconnaissances géotechniques préalables à l'acquisition d'un terrain pour la mise en place d'une Installation de Stockage de Déchets Inertes sur une emprise d'environ 39 ha, sur la Commune de PUISEUX EN FRANCE (95). Dans son état actuel, le site correspond à des parcelles agricoles.



Source : Google Earth, 2009

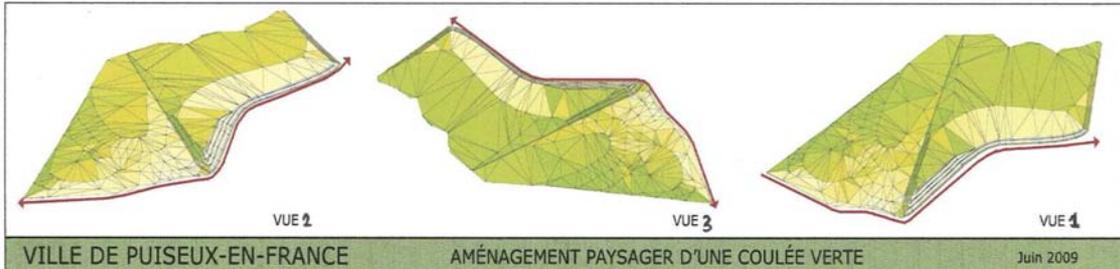
SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 4/50
----------------------------------	---	-----------



PLAN MASSE TOPOGRAPHIQUE



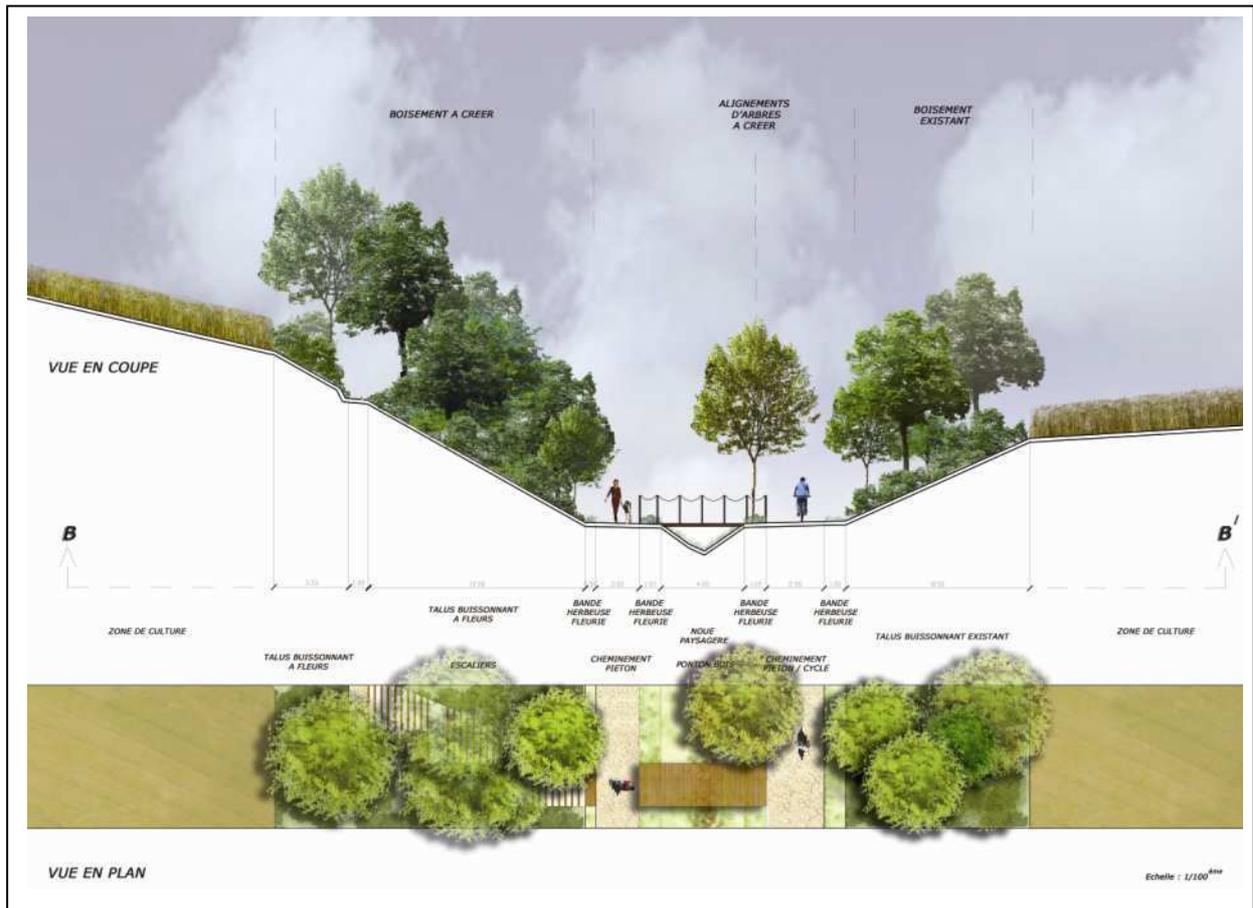
AXONOMÉTRIE : IMPACT PAYSAGER



VILLE DE PUISEUX-EN-FRANCE

AMÉNAGEMENT PAYSAGER D'UNE COULÉE VERTE

Juin 2009



<p>SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE</p>	<p>95 – PUISEUX EN FRANCE – Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011</p>	<p>Page 6/50</p>
--	--	------------------



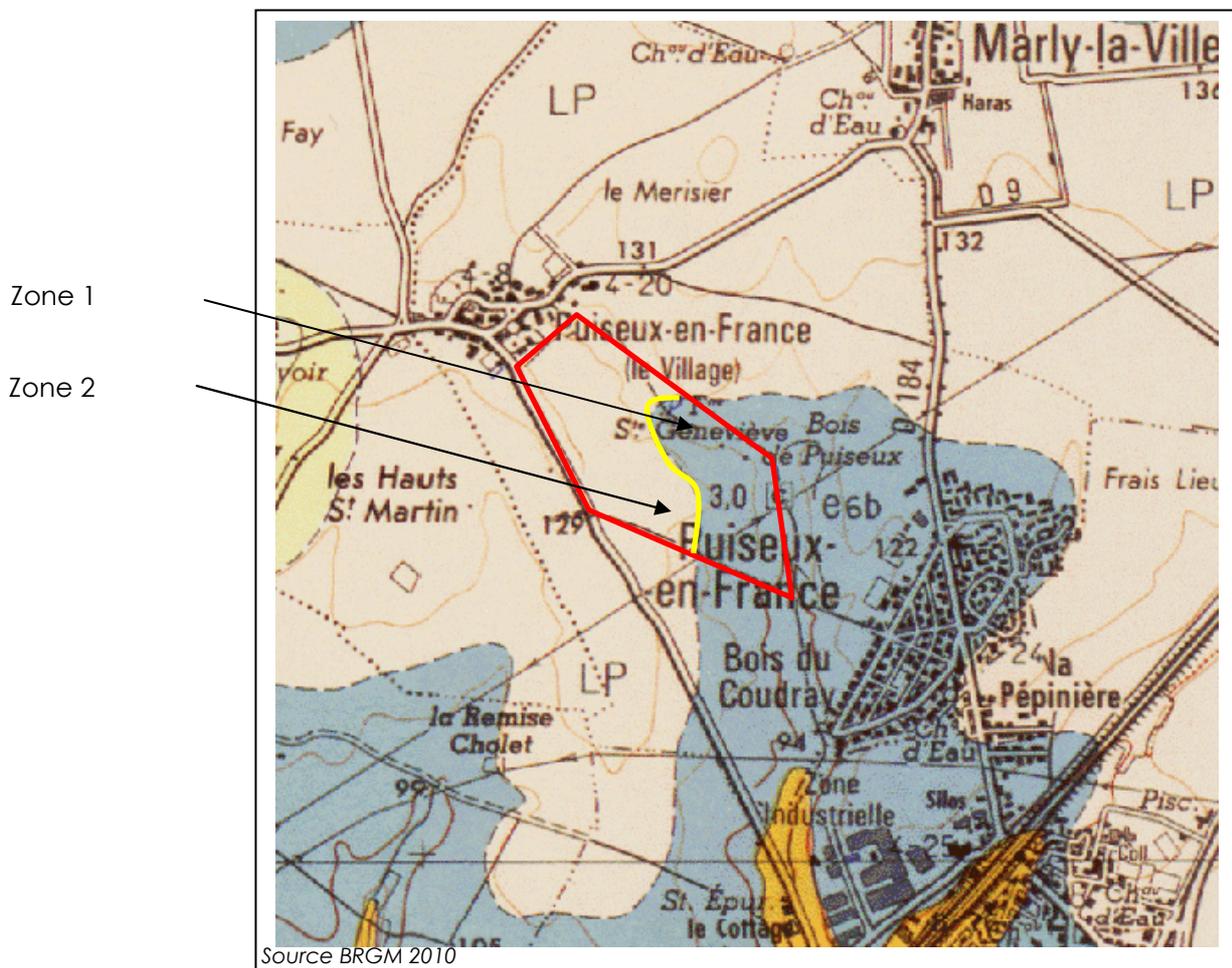
L'installation envisagée de type CET de classe 3 conduira à la mise en place de matériaux inertes sur des épaisseurs pouvant atteindre 11 à 12 m

## 1.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

### A DONNEES GEOLOGIQUES

Les documents géologiques et notamment la carte géologique au 1/50 000<sup>ème</sup> font état de la succession lithologique suivante :

Zone 1	Zone 2
Sable de Monceau	Limon des Plateaux
Calcaire de Saint Ouen	Sables de Beauchamp
Sables ou Grès de Beauchamp	Marnes et Caillasses

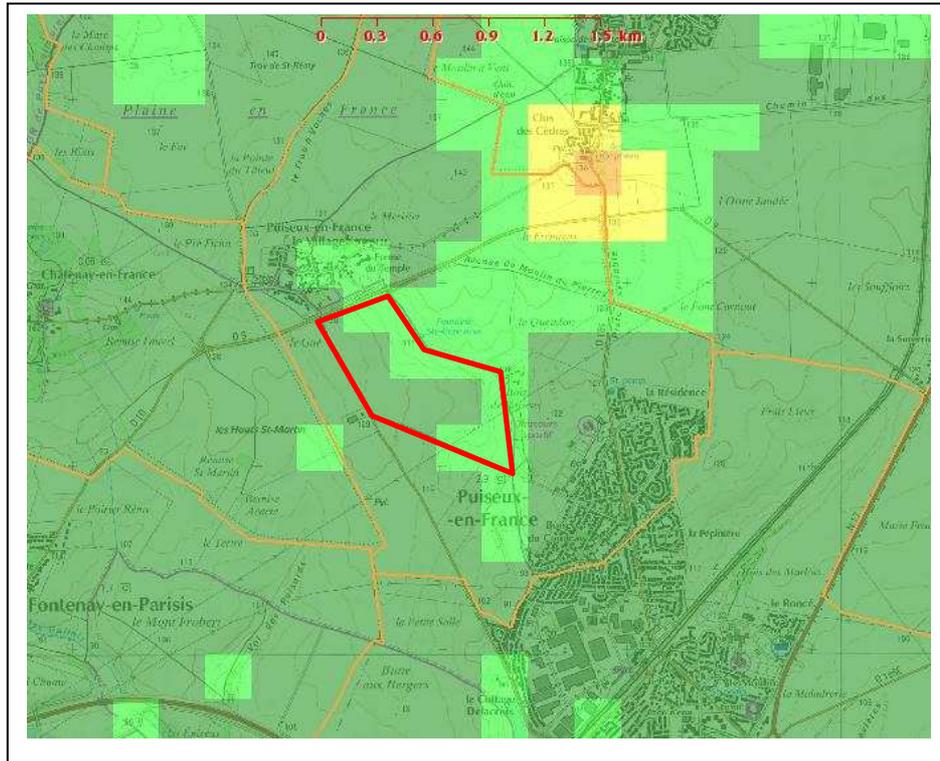


**Le terrain est traversé par un ancien ru (La coulée Verte). Cette configuration rend possible la présence d'alluvions modernes dans l'emprise de l'ancien ru.**

## B DONNEES HYDROGEOLOGIQUES

Le contexte hydrogéologique fait référence à une nappe au sein des Sables ou Grès de Beauchamp.

La base de données du BRGM sur l'aléa remontée de nappe place le projet en limite d'un aléa faible à très faible.



Source BRGM 2010

### Inondations : sédiment

-  Nappe sub-affleurante
-  Sensibilité très forte
-  Sensibilité forte
-  Sensibilité moyenne
-  Sensibilité faible
-  Sensibilité très faible

## 1.3 PROGRAMME D'INVESTIGATIONS

Dans ce contexte, la reconnaissance des sols (G11) suivant la norme NF P 94-500 de décembre 2006 relative aux missions géotechniques, avait pour objectif de déterminer la nature géologique du sol, leurs caractéristiques mécaniques, la tenue des terres et de repérer d'éventuelles circulations aquifères.

Cette étude comporte :

Cette étude comporte :

1. la réalisation de sondages et essais définissant
  - a. la nature et les caractéristiques mécaniques des sols au droit des sondages
  - b. la présence éventuelle d'eau lors de notre intervention
2. l'analyse comportementale du projet (stabilité et déformation)

Cette mission exclue toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages qui entrent dans le cadre exclusif d'une mission d'étude de projet géotechnique G2.

Elle ne comprend pas l'étude hydrogéologique du site, les missions de conception (G2), d'exécution (G3) et de suivi d'exécution (G4).

A cet effet, les investigations réalisées sont les suivantes :

### A SONDAGE CAROTTE

Le calage altimétrique des différentes couches et des diagraphies de sondages a été réalisé à partir d'**un sondage carotté descendu à 7 m/sol actuel**. Ce carottage au carottier double enveloppe a été mené en 114 mm dans un diamètre permettant le prélèvement d'échantillons intacts (XP 94-202).

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 10/50
----------------------------------	---	------------

## B SONDAGES PRESSIOMETRIQUES

**4 sondages** descendus à une profondeur moyenne de 10,0 m/sol. Ces sondages ont été menés en destructif de type tarière hélicoïdale Ø 64 mm à partir d'un atelier de forage type EMCI 700 de faible encombrement équipé d'un enregistreur de forage (BAP160) et les paramètres enregistrés seront les suivants :

- Vitesse d'avancement de l'outil - VIA
- Pression sur l'outil - PO
- Pression d'injection - PI
- Couple de rotation - CR



## C ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

Les caractéristiques en déformation des sols ont été déterminées à partir de **36 essais pressiométriques** de type LOUIS MENARD de manière à échantillonner toutes les formations de manière représentative. Ces essais et leur interprétation ont été exécutés selon les directives de la norme NF-P 94 110.

## D PUIITS A LA PELLE MECANIQUE

**10 puits à la pelle mécanique** au droit des terres agricoles non cultivées à une profondeur de 3,0 m/sol environ à l'aide d'une mini-pelle de type BOBCAT 2,7 Tonnes. Les puits à la pelle ont permis de visualiser les conditions de terrassement (stabilité des fouilles, arrivées d'eau...).

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 11/50
----------------------------------	---	------------

## E ESSAIS EN LABORATOIRE

Les échantillons pour les essais en laboratoire ont été prélevés au droit du sondage carotté. Ils comprennent les essais suivants :

- Essai œdométrique **(1 Unité)**.

En raison de la nature des matériaux et notamment les faibles caractéristiques mécaniques, les essais de cisaillement ont été remplacés par des essais au phicomètre.

L'implantation des différents points de reconnaissance est reportée sur le plan placé en annexe. Cette implantation a été dictée par des contraintes liées à la mise en culture des différentes parcelles.

**Note** Toutes les profondeurs indiquées dans le présent document sont données à partir du terrain naturel à la date de la reconnaissance.

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 12/50
----------------------------------	---	------------

Chapitre	RESULTATS DES INVESTIGATIONS
2	

## 2.1 FICHES DE SONDAGE

Les investigations ont été réalisées par NEOPRISM CONSULTANTS, le 27 septembre 2011 pour les puits à la pelle et du 12 au 15 décembre 2011 pour les sondages pressiométriques et le carotté.

### A SONDAGE CAROTTE

Le sondage carotté a fait l'objet d'un levé (GEOLOG3) que nous présentons sur la fiche synthétique jointe en annexe accompagnée des photos du carottage. Cette fiche synthétique regroupe les informations suivantes :

Description lithologique et nature du terrain

Stratigraphie

Echantillonnage

% de matériaux carottés

Remarques sur des éventuelles circulations aquifères

Observations sur le mode et la conduite des forages (tubage, équipement...)

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 13/50
----------------------------------	---	------------

## B SONDAGES EN DESTRUCTIF – ROTO PERCUSSION OU TARIERE HELICOÏDALE

Les sondages ont fait l'objet d'un levé (GEOLOG3) que nous présentons sur les fiches synthétiques jointes en annexe et qui regroupent les informations suivantes :

Description sommaire des terrains rencontrés dans nos sondages

Paramètres de forage FORALIM 4G

VIA Vitesse d'avancement en m/h

C<sub>R</sub> Couple de rotation en bar

Caractéristiques pressiométriques en MPa avec

P<sub>f</sub> Pression de fluage

P<sub>l</sub> Pression limite

E<sub>M</sub> Module de déformation pressiométrique

Remarques sur des éventuelles circulations aquifères

Observations sur le mode et la conduite des forages

Les coupes des sondages sont données à titre indicatif. Compte tenu de la méthode de relevé (observations des boues de forage). Ces coupes sont imprécises et ne pourront nous être opposables dans le cadre d'un marché forfaitaire des fondations, même si les quantités estimées par l'entreprise venaient à être différentes de celles réellement mises en place.

L'analyse globale, calée sur une coupe type permet de replacer les limites entre couches.

Une recherche par niveau permet de déceler des variations de faciès dans une formation donnée (présence de blocs siliceux, alternance de bancs rocheux et argileux, niveaux sableux compacts et grésifiés). Pour une interprétation lithologique, ces observations tout à fait générales conduisent à retenir les variations relatives suivantes :

Paramètre	Vide	Décompression	Cohérent	Pulvérulent	Rocheux
VIA	+++	++	+	- + (1)	--
PI	--		+	-	+
PO	---	--	-	+	++
CR	-	-	-		++
Temps	---	--			++

(1) l'effet de lancement peut créer une augmentation artificielle de la vitesse d'avancement

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE – Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11 – – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 14/50
----------------------------------	---	------------

## 2.3 RESULTATS DES PUITES A LA PELLE

Les sondages à la pelle mécanique ont fait l'objet d'un levé que nous présentons ci-après et qui comporte des indications sur les points suivants :

- Description sommaire des matériaux,
- Stabilité des fouilles,
- Excavation,
- Venues d'eau éventuelles.

### PUITS P1

Localisation	PUISEUX EN FRANCE (CET 3)		ATS NGF	116m
Profondeur en m/sol actuel	Nature des matériaux		Photos	
0,00 à 0,50	Terre végétale (présence de racines)			
0,50 à 1,70	Limon marron			
1,70 à 2,80	Limon légèrement argileux ocre			
Niveau d'eau	Excavation	Stabilité	Echantillon	
Néant	Normale	Bonne		

### PUITS P2

Localisation	PUISEUX EN FRANCE (CET 3)		ATS NGF	115m
Profondeur en m/sol actuel	Nature des matériaux		Photos	
0,00 à 0,20	Terre végétale			
0,20 à 2,70	Limon légèrement argileux ocre			
Niveau d'eau	Excavation	Stabilité	Echantillon	
Néant	Normale	Bonne		

## PUITS P3

Localisation	PUISEUX EN FRANCE (CET 3)		ATS NGF	114m
Profondeur en m/sol actuel	Nature des matériaux		Photos	
0,00 à 0,30	Terre végétale			
0,30 à 2,70	Limon légèrement argileux ocre + blocs calcaires			
2,70 à 2,90	Argile limoneuse marron			
Niveau d'eau	Excavation	Stabilité	Echantillon	
Néant	Normale	Bonne		

## PUITS P4

Localisation	PUISEUX EN FRANCE (CET 3)		ATS NGF	112m
Profondeur en m/sol actuel	Nature des matériaux		Photos	
0,00 à 0,30	Terre végétale			
0,30 à 2,70	Limon argileux ocre + blocs calcaires			
2,70 à 2,9	Sable argileux + blocs siliceux			
Niveau d'eau	Excavation	Stabilité	Echantillon	
Néant	Normale	Bonne		

## PUITS P5

Localisation	PUISEUX EN FRANCE (CET 3)		ATS NGF	112m
Profondeur en m/sol actuel	Nature des matériaux		Photos	
0,00 à 0,30	Terre végétale			
0,30 à 2,70	Limon argileux + blocs calcaires			
Niveau d'eau	Excavation	Stabilité	Echantillon	
Néant	Normale	Bonne		

## PUITS P6

Localisation	PUISEUX EN FRANCE (CET 3)		ATS NGF	111m
Profondeur en m/sol actuel	Nature des matériaux		Photos	
0,00 à 0,30	Terre végétale			
0,30 à 2,70	Limon ocre			
2,7 à 2,90	Limon argileux ocre			
Niveau d'eau	Excavation	Stabilité	Echantillon	
Néant	Normale	Bonne		

## PUITS P7

Localisation	PUISEUX EN FRANCE (CET 3)		ATS NGF	116m
Profondeur en m/sol actuel	Nature des matériaux		Photos	
0,00 à 0,50	Terre végétale			
0,50 à 1,50	Limon ocre + matières organiques			
1,50 à 2,70	Limon argileux ocre à rubanement sableux + matières organiques			
Niveau d'eau	Excavation	Stabilité	Echantillon	
Néant	Normale	Bonne		

## PUITS P8

Localisation	PUISEUX EN FRANCE (CET 3)		ATS NGF	125m
Profondeur en m/sol actuel	Nature des matériaux		Photos	
0,00 à 0,50	Terre végétale			
0,50 à 1,80	Argile à rubanement sableux + matières organiques			
1,80 à 2,30	Limon argileux ocre à rubanement sableux + matières organiques			
Niveau d'eau	Excavation	Stabilité	Echantillon	
Néant	Difficile	Bonne		

## PUITS P9

Localisation	PUISEUX EN FRANCE (CET 3)		ATS NGF	124m
Profondeur en m/sol actuel	Nature des matériaux		Photos	
0,00 à 0,40	Terre végétale			
0,40 à 2,20	Limon argileux ocre à rubanement sableux + matières organiques + blocs calcaires			
2,2 à 2,70	Argile Verte			
Niveau d'eau	Excavation	Stabilité	Echantillon	
Néant	Normale	Bonne		

## PUITS P10

Localisation	PUISEUX EN FRANCE (CET 3)		ATS NGF	118m
Profondeur en m/sol actuel	Nature des matériaux		Photos	
0,00 à 0,40	Terre végétale			
0,40 à 2,20	Limon ocre			
2,20 à 2,9	Limon argileux ocre			
2,90 à 3,00	Sable beige grisâtre			
Niveau d'eau	Excavation	Stabilité	Echantillon	
Néant	Difficile	Bonne		

## 2.3 RESULTATS DES ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

Trente six essais pressiométriques ont été réalisés au sein du sondage et répartis sur la hauteur.

### A PRINCIPE DE L'ESSAI (NORME NF-94 110 1)

L'essai consiste à dilater une sonde sous l'effet d'une pression normale. Le contrôle des déformations volumétriques en fonction des pressions appliquées fournit la réponse du sol à des sollicitations radiales jusqu'à la rupture du sol. Cette réponse comporte en générale 3 phases distinctes :

Une phase de mise en contact

Une phase pseudo-élastique

Une phase de rupture

### B RESULTATS DES ESSAIS

Les résultats exprimés en Mégapascal (MPa) sont regroupés ci après avec

Pf Pression de fluage nette

Pl Pression limite de rupture nette

Em Module de déformation pressiométrique dans le domaine élasto-plastique

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 20/50
----------------------------------	---	------------

Sondage	Profondeur de l'essai en m/sol	Nature du matériau testé	Etage	Pf	PI	E
				en MPa		
SP1	1,0	Cuttings limoneux marron	LP/C	0,30	<b>0,60</b>	<b>18,3</b>
	2,0	Cuttings limono-argileux marron	LP/C	0,40	<b>0,60</b>	<b>20,5</b>
	3,0	Cuttings limono-argileux marron	LP/C	0,40	<b>0,70</b>	<b>22,6</b>
	4,0	Cuttings limono-argileux marron	LP/C	0,50	<b>0,80</b>	<b>19,8</b>
	5,0	Cuttings marno-sableux beige	C.S.O	0,60	<b>1,00</b>	<b>24,2</b>
	6,0	Cuttings marno-sableux beige	C.S.O	0,70	<b>1,30</b>	<b>26,9</b>
	7,0	Cuttings marno-sableux beige	C.S.O	0,90	<b>1,60</b>	<b>35,2</b>
	8,0	Cuttings marno-sableux beige	C.S.O	0,80	<b>1,50</b>	<b>28,6</b>
	9,0	Cuttings marno-sableux beige	C.S.O	0,90	<b>1,60</b>	<b>25,0</b>
SP2	1,0	Cuttings limoneux marron	LP/C	0,20	<b>0,50</b>	<b>17,6</b>
	2,0	Cuttings limoneux marron	LP/C	0,30	<b>0,50</b>	<b>10,0</b>
	3,0	Cuttings limoneux marron	LP/C	0,40	<b>0,70</b>	<b>19,7</b>
	4,0	Cuttings limono-argileux marron	C.S.O	0,80	<b>1,40</b>	<b>26,9</b>
	5,0	Cuttings marno-sableux beige	C.S.O	0,90	<b>1,60</b>	<b>28,3</b>
	6,0	Cuttings marno-sableux beige	C.S.O	1,00	<b>1,80</b>	<b>34,8</b>
	7,0	Cuttings marno-sableux beige	C.S.O	0,90	<b>1,50</b>	<b>32,5</b>
	8,0	Cuttings marno-sableux beige	C.S.O	1,20	<b>2,00</b>	<b>39,1</b>

## Légende

LP/C Limons des Plateaux / Colluvions

C.S.O Calcaire de Saint Ouen

Sondage	Profondeur de l'essai en m/sol	Nature du matériau testé	Etage	Pf	PI	E
				en MPa		

SP3	1,0	Cuttings limoneux marron	LP/C	0,40	<b>0,60</b>	<b>12,5</b>
	2,0	Cuttings limoneux marron	LP/C	0,40	<b>0,70</b>	<b>18,3</b>
	3,0	Cuttings limono-argileux marron	LP/C	0,40	<b>0,70</b>	<b>19,6</b>
	4,0	Cuttings limono-argileux marron	LP/C	0,50	<b>0,80</b>	<b>20,1</b>
	5,0	Cuttings limoneux marron	LP/C	0,50	<b>0,80</b>	<b>18,4</b>
	6,0	Cuttings sableux blanchâtres	S.B	0,90	<b>1,50</b>	<b>30,8</b>
	7,0	Cuttings sableux blanchâtres	S.B	0,90	<b>1,50</b>	<b>32,7</b>
	8,0	Cuttings sableux blanchâtres	S.B	0,80	<b>1,60</b>	<b>46,2</b>
	9,0	Cuttings sableux blanchâtres	S.B	1,00	<b>1,70</b>	<b>39,9</b>
	10,0	Cuttings sableux blanchâtres	S.B	1,10	<b>1,90</b>	<b>42,8</b>
SP4	1,0	Cuttings limoneux marron	LP/C	0,30	<b>0,60</b>	<b>18,3</b>
	2,0	Cuttings limoneux marron	LP/C	0,40	<b>0,70</b>	<b>19,6</b>
	3,0	Cuttings limono-argileux marron	LP/C	0,30	<b>0,60</b>	<b>21,8</b>
	4,0	Cuttings limono-argileux marron	LP/C	0,40	<b>0,70</b>	<b>24,3</b>
	5,0	Cuttings limono-argileux marron	LP/C	0,50	<b>0,80</b>	<b>20,5</b>
	6,0	Cuttings sablo-limoneux marron	S.B	0,90	<b>1,50</b>	<b>34,6</b>
	7,0	Cuttings sableux blanchâtres	S.B	0,80	<b>1,50</b>	<b>32,8</b>
	8,0	Cuttings sableux blanchâtres	S.B	0,90	<b>1,60</b>	<b>36,2</b>
	9,0	Cuttings sableux blanchâtres	S.B	1,10	<b>1,90</b>	<b>45,3</b>

## Légende

LP/C    Limons des Plateaux / Colluvions  
C.S.O    Calcaire de Saint Ouen  
S.B      Sables de Beauchamp

## 2.4 RESULTATS DES ESSAIS AU PHICOMETRE

### A PRINCIPE DE L'ESSAI (NORME NF-94 120)

L'essai consiste à exercer sur les parois du forage, une pression normale  $\sigma$  par l'intermédiaire d'une sonde constituée de coquilles métalliques cylindriques munies d'une série de dents annulaires horizontales. Sous l'effet de cette pression, les coquilles se dilatent et les dents annulaires pénètrent dans le sol. On applique ensuite à la sonde un effort d'arrachement axial, à vitesse contrôlée, à partir de la surface du sol jusqu'à la rupture. L'effort d'arrachement limite  $T_l$  s'exerce sur la surface cylindrique circonscrite à la partie de la sonde munie de dents. On en déduit la contrainte de cisaillement limite  $\tau = \frac{T_l}{S}$  correspondant à la contrainte normale  $\sigma$ . L'essai est répété plusieurs fois et permet de construire ainsi, la droite intrinsèque du sol. La réalisation de l'essai comprend plusieurs phases :

- Une phase d'étalonnage.
- Une phase de mise en contact.
- Une phase de mesure.

L'étalonnage concerne la déformation volumétrique de la sonde en fonction des pressions appliquées et permet la détermination des paramètres spécifiques de la sonde (Pression d'étalonnage et diamètre extérieur). Ces paramètres permettent d'apporter les corrections nécessaires à la mesure de la pression normale et au calcul de la surface de contact  $S$ . La phase de mise en contact est une phase préliminaire à l'essai qui consiste à réaliser le contact de la sonde par incréments de pressions successives en mesurant pour chaque palier les déformations volumétriques à  $t_{15}$ ,  $t_{30}$  et  $t_{60}$ . Le diagramme pression volume  $t_{60}$  permet de vérifier la mise en contact de la sonde. La phase de mesures comporte 5 à 8 paliers de mesures selon le protocole suivant :

- Mise en pression
- Mesure des volumes  $VD_{15}$ ,  $VD_{30}$  et  $VD_{60}$  aux temps  $t_{15}$ ,  $t_{30}$  et  $t_{60}$ .<sup>1</sup>
- Application d'un effort d'arrachement par vérin
- Mesure du volume de la sonde en fin de palier  $VF$  et de la dilatation  $VF - VD$ .

<sup>1</sup> On définit la déformation de fluage appelé "fluage initial" et égal à la différence  $VD_{60} - VD_{30}$ .

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 23/50
----------------------------------	---	------------

## B PRINCIPE DE L'ESSAI (NORME NF-94 120)

En raison de la rapidité de l'essai, les caractéristiques obtenues dans des sols sablo-argileux correspondent à des valeurs non drainées à court terme  $c_u$  et  $\phi_u$ .

Nous présentons ci-après le résultat des mesures obtenues à différentes profondeurs. Les graphes correspondants sont donnés en annexe du présent rapport.

Sondage	Profondeur en m/sol	Nature du matériau testé	Court Terme	
			$C_u$ en kPa	$\phi_u$ en °
SP1	1,5	Limon argileux marron	16	30
	2,0	Argile marron clair	E.I.	E.I.

E.I. Essai Inexploitable

## 2.5 RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE

La méthodologie et les procédures à suivre lors des prélèvements, notamment celles relatives au conditionnement des échantillons et au contenu du procès-verbal de prélèvement, sont conformes aux prescriptions de la norme XP P 94-202.

L'essai œdométrique est en cours et donnera lieu à un procès verbal complémentaire.

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 25/50
----------------------------------	---	------------

Chapitre	INTERPRETATION
3	

L'interprétation des coupes de sondage se fait par remontée des matériaux traversés, sur l'analyse des diagraphies et sur la différenciation mécanique. Cette interprétation peut conduire à des imprécisions sur la limite entre couches.

Le modèle géologique est bâti à partir de l'ensemble des données acquises sur le site.

D'une manière générale, les sondages ont montré la présence d'une couverture assez épaisse de limons des plateaux ou de colluvions limoneuses surmontant en fonction de la localisation le Calcaire de Saint Ouen ou les Sables de Beauchamp

### 3.1 GEOLOGIE - GEOTECHNIQUE

#### A LIMONS DES PLATEAUX/COLLUVIONS

Sous la terre arable, les sondages ont recoupé un dépôt limoneux à limono-argileux marron attribuable aux limons des plateaux en place ou colluvionnés à la faveur du versant. Les puits à la pelle ont montré Ces formations géologiques au droit du site montrent une épaisseur importante variant de 4,0 à 6,5 m/sol actuel. Ces matériaux sont soulignés en diagraphie par des vitesses d'avancement assez élevées.

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 26/50
----------------------------------	---	------------

L'épaisseur des recouvrements limoneux en sondage se répartit de la façon suivante :

Sondages	C1	SP1	SP2	SP3	SP4
Epaisseur (m)	6,5	5,0	4,0	6,0	6,0

Sondages	P1	P2	P3	P4	P5
Epaisseur (m)	2,8	2,7	2,9	2,7	2,7

Sondages	P6	P7	P8	P9	P10
Epaisseur (m)	2,9	2,7	2,3	2,2	2,9

Les caractéristiques mécaniques mesurées dans cette formation sont plutôt faibles. Les pressions limites sont comprises entre 0,50 à 0,80 MPa pour un module pressiométrique évoluant de 10,00 à 24,30 MPa.

Paramètres	Nb Essais	Valeur Moyenne	Confiance		Minimum	Maximum	Ecart-type
			- 95%	+ 95%			
Pression limite	16	0,66	<b>0,62</b>	<b>0,71</b>	0,50	0,80	± 0,10
Module pressiométrique	16	18,86	<b>17,16</b>	<b>20,57</b>	10,00	24,30	± 3,48

## B SABLES DE BEAUCHAMP (ZONE 1)

Sous les limons des plateaux/ colluvions, les sondages SP3 ET SP4 ont rencontré des sables blanchâtres bien calibrés pouvant contenir des blocs ou bancs gréseux. Ce faciès est attribuable aux Sables de Beauchamp.

La grésification des sables reste peu importante en sondage. On notera cependant que des blocs décimétriques voire métriques sont rapportés au niveau bibliographique. **Cette grésification reste très aléatoire et ne peut faire l'objet d'une cartographie sans un recours à un grand nombre de sondages ou par la mise en œuvre de méthodes géophysiques de type microgravimétrie. Les sables répondent à une classification GTR B1, B2 ,B5 et B6 en fonction de leur granulométrie.**

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 27/50
----------------------------------	---	------------

Les caractéristiques mécaniques mesurées dans cette formation sont très bonnes. Les pressions limites sont comprises entre 1,50 à 1,90 MPa pour un module pressiométrique évoluant de 30,80 à 46,20 MPa.

Paramètres	Nb Essais	Valeur Moyenne	Confiance		Minimum	Maximum	Ecart-type
			- 95%	+ 95%			
Pression limite	8	1,65	<b>1,53</b>	<b>1,77</b>	1,50	1,90	± 0,17
Module pressiométrique	8	38,58	<b>34,53</b>	<b>42,62</b>	30,80	46,20	± 5,83

### C CALCAIRE DE SAINT OUEN (ZONE 2)

Sous les recouvrements (Limons de Plateaux/Colluvions), les sondages SP1 et SP2 ont recoupé à une profondeur variant de 4,0 à 5,0 m/sol actuel un faciès marneux beige blanchâtres attribuables aux Calcaires de Saint Ouen. Cette formation peut contenir des blocs et bancs très indurés (problème sur couronne diamant).

Les caractéristiques mécaniques mesurées dans cette formation sont bonnes à très bonnes. Les pressions limites sont comprises entre 1,00 à 2,00 MPa pour un module pressiométrique évoluant de 24,20 à 39,15 MPa.

Paramètres	Nb Essais	Valeur Moyenne	Confiance		Minimum	Maximum	Ecart-type
			- 95%	+ 95%			
Pression limite	10	1,53	<b>1,36</b>	<b>1,70</b>	1,00	2,00	± 0,27
Module pressiométrique	10	30,15	<b>27,07</b>	<b>33,23</b>	24,20	39,15	± 4,96

Au sein des sols type A (classification GTR), il est prudent de retenir les valeurs suivantes :

$$C_u = 40 \text{ kPa} \quad \varphi = 20^\circ \quad C' = 2 \text{ à } 10 \text{ kPa} \quad \varphi' = 25^\circ$$

Pour les Sables auversiens, on pourra adopter les caractéristiques suivantes :

$$C_u = 0 \text{ kPa} \quad \varphi = 30^\circ \quad C' = 0 \text{ kPa} \quad \varphi' = 25^\circ$$

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE – Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 28/50
----------------------------------	--	------------

## 3.2 ASPECTS HYDROGEOLOGIQUES

Lors de nos investigations, les sondages n'ont pas mis en évidence de niveau d'eau. Néanmoins, des arrivées d'eaux restent toujours possibles dans les matériaux meubles. La configuration géologique de versant et la présence de Sables de Beauchamp plaident en faveur d'écoulements diffus au sein de la série traversée.

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 29/50
----------------------------------	---	------------

Chapitre	ADAPTATION AU SITE
4	

La reconnaissance des sols basée sur un nombre limité de sondages. En raison des contraintes d'accessibilité des parcelles, la densité de forage ne permet pas de construire un modèle géologique complet.

Le présent document et ses annexes constituent la synthèse des travaux de reconnaissance des sols, basés sur un nombre limité de sondages et de mesures.

Le projet prévoit la mise en place progressive de matériaux en remblais (déchets de matériaux inertes) avec une forte intégration paysagère.

L'analyse géotechnique met en évidence une problématique liée à la stabilité des talus de grande hauteur sur des sols compressibles et conduit à évaluer d'une part, les déformations et d'autre part à apprécier les facteurs de sécurité relatifs à la stabilité des talus.

L'adaptation au site est envisagée selon la succession logique des phases de réalisation.

- ❑ Remblais par phases
- ❑ Stabilité

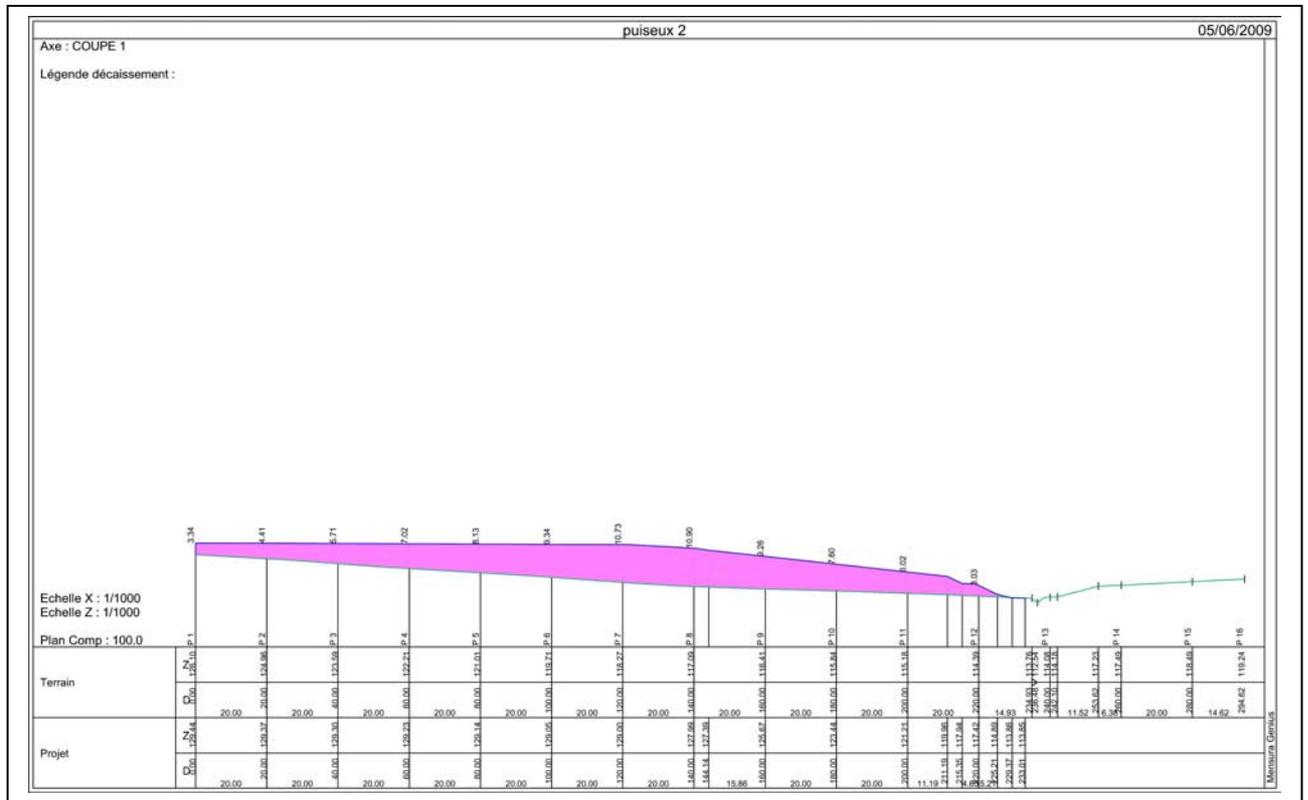
Les unités employées en matière de contrainte et leurs équivalences sont les suivantes :

$$0,1 \text{ MPa} = 10^5 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa} = 100 \text{ kN/m}^2 = 10,2 \text{ T/m}^2 = 1,02 \text{ kg/cm}^2$$

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE – Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11 - – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 30/50
----------------------------------	---	------------

L'examen des coupes montre les points suivants :

**Coupe 1**

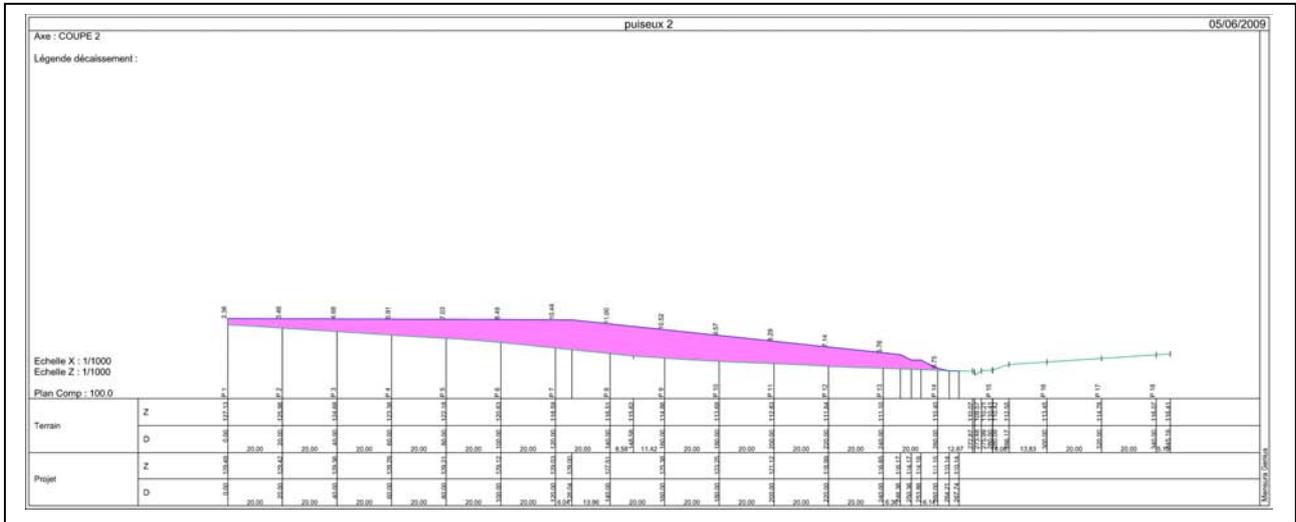


Cette coupe s'étend sur plus de 200 m avec des cotes altimétriques variant de 126 NGF à 112 NGF au point P13 soit un terrain naturel dont la pente moyenne s'établit à environ 4°.

En phase finale, le projet prévoit l'édification d'un remblai dont la hauteur maximale est d'environ 11 m et correspond à une charge par excès de 22 T/m<sup>2</sup>

Le remblai se termine par un double talus paysager d'une emprise d'environ 15 mètres (talus haut d'une hauteur de 2 mètres environ avec une pente de 26° et un talus bas de 2,50 mètres environ avec une pente de 30° séparés par une risberme d'environ 4,50 m).

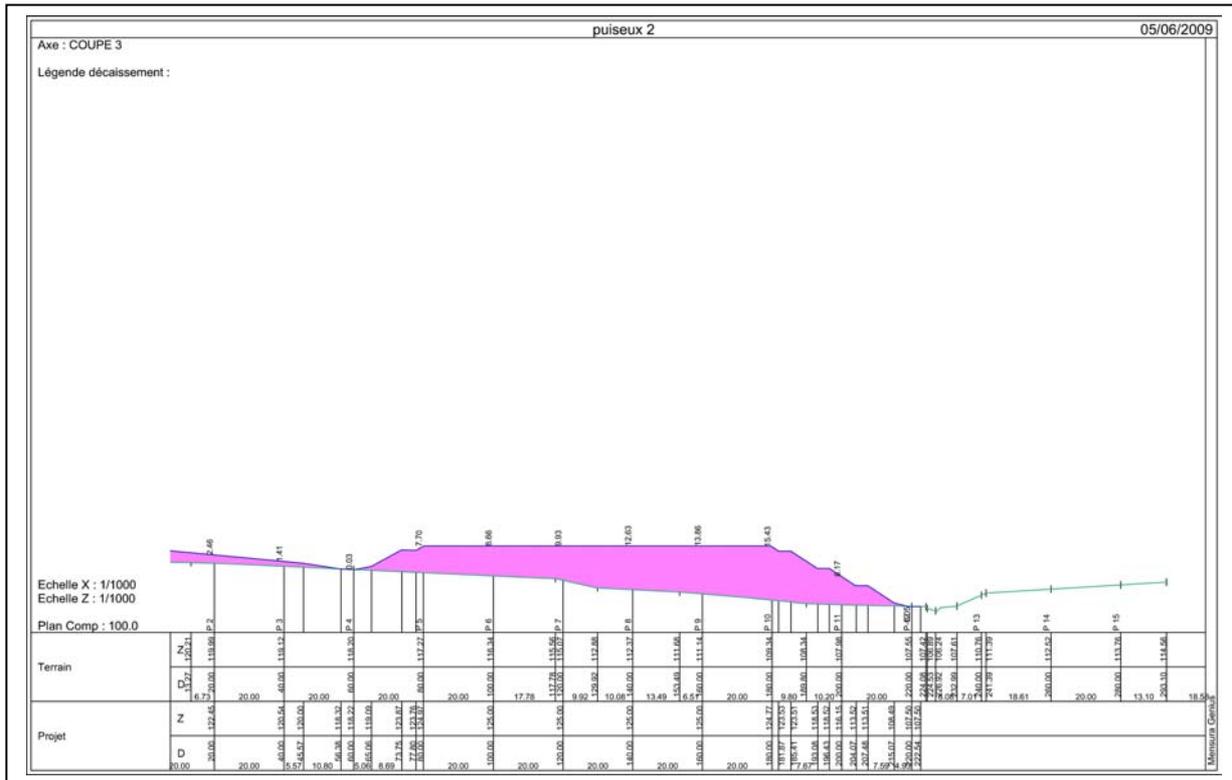
## Coupe 2



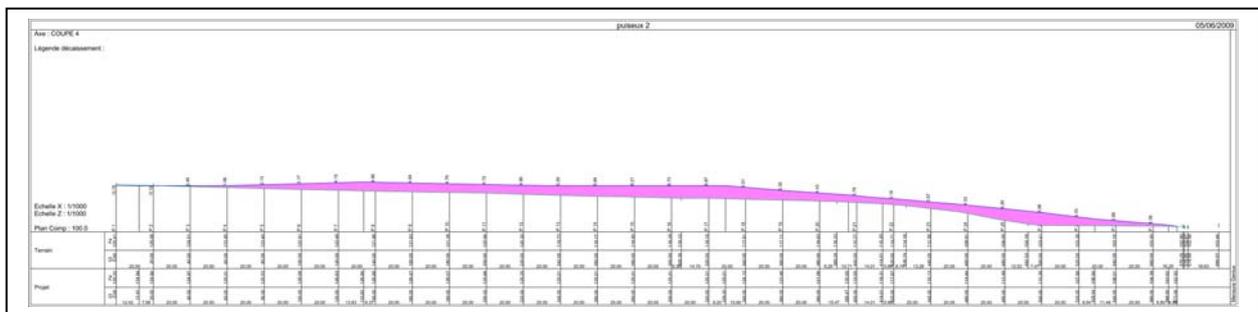
Le remblai se termine par un double talus paysager d'une emprise de 15 mètres (talus haut d'une hauteur de 2 mètres environ avec une pente de 26 ° et un talus bas de 3 mètres environ avec une pente de 33° séparés par une risberme d'environ 3,50 m).

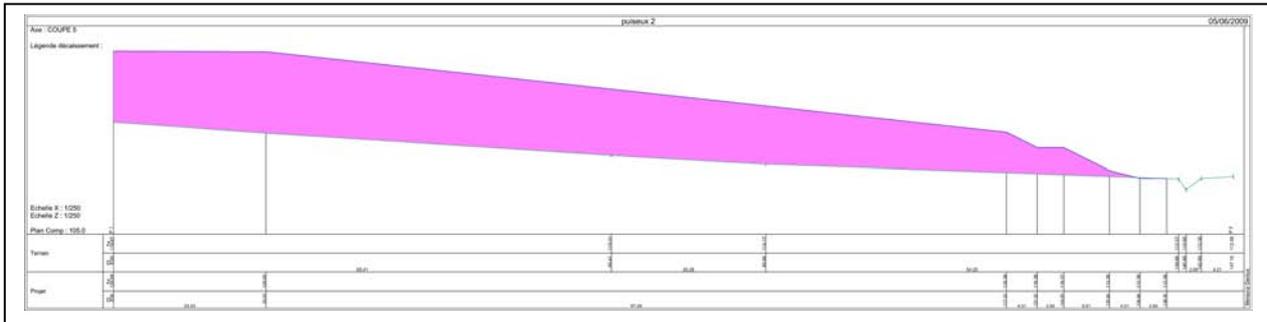
### Coupe 3

Cette coupe montre le remblai calé à une altitude de 125 NGF et qui conduit en partie basse du site à des hauteurs d'environ 15,5 mètres correspondant à une charge par excès de 31 T/m<sup>2</sup>. Le remblai présente à son extrémité une hauteur de 17,5 m sur une emprise de 40 mètres et un angle de talus moyen de 24 °. Dans le détail, ce talus comporte 3 risbermes intermédiaires soit 4 talus (2 d'une hauteur d'environ 5,00 m et 1 d'une hauteur de 1,25 m et le talus bas d'une hauteur de 6 m).



Les coupes 4 et 5 sont sensiblement identiques aux coupes 1 et 2.





Le calage du remblai doit tenir compte du caractère fortement compressible des matériaux support. Les contraintes imposées portent sur les caractéristiques de l'ouvrage en service, souvent sur la durée maximale du chantier et parfois sur les conditions de réalisation.

Dans tous les cas, par exemple, si le sol support est capable de supporter la charge correspondant à la hauteur totale du remblai (hauteur imposée au dessus du niveau du terrain naturel augmentée de l'amplitude des tassements) et si les déformations des limons sont assez rapides pour que les tassements postérieurs à la fin du chantier soient acceptables, il est inutile d'étudier d'autre variante et l'on peut prévoir **la construction du remblai en une seule phase.**

Dans le cas présent, l'édification est prévue sur plusieurs années et l'amplitude n'a pas d'importance sur le projet lui-même.

L'application des règles pressiométriques selon la notice D60 de Louis Ménard conduit à formuler le tassement d'une couche molle reposant sur un substratum et chargée par une fondation dont la largeur dépasse 2 fois l'épaisseur  $h$  de la couche par la relation suivante :

$$w = \int_0^h \frac{\alpha(z)\sigma(z)\beta(c_s)}{E(z)} dz$$

Dans cette somme, les différents termes désignent :

- $\alpha(z)$  coefficient rhéologique du sol à la profondeur  $z$ . Ce coefficient dépend de la nature du sol et du rapport  $E/Pl$ . Dans le cas présent, on retient sur toute hauteur de la couche compressible, un coefficient  $\alpha$  de 0,66.
- $\sigma(z)$  contrainte à la profondeur  $z$  constante sur toute la hauteur de calcul.
- $\beta(C_s)$  coefficient fonction du rapport de la contrainte limite du sol à la contrainte de service
- $E(z)$  module pressiométrique à la profondeur  $z$  ( $E \approx 25 \cdot 10^5$  Pa)

L'application de la formule du tassement suppose une plate-forme et un substratum horizontal. On admettra que son application dans le cas présent est une approximation pessimiste (pente de 4°). Dans tous les cas, ces données répondent donc au critère d'application de la formule de Louis Ménard.

En première approche, en retenant une hauteur de 15 m sur une épaisseur de 10 mètres de limons (valeur par excès) et un module de déformation de 500 T/m<sup>2</sup> (5 MPa), le tassement calculé ex abrupto est d'environ 40 cm.

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 35/50
----------------------------------	---	------------

## 4.1 STABILITE DES TALUS

Dans le cadre de l'avant projet, l'étude de stabilité est menée en adoptant un certain nombre d'hypothèses. Une étude plus approfondie en fonction du projet pourra être conduite à partir des caractéristiques intrinsèques des remblais et des profils adoptés. Ces calculs donneront lieu à une note additive.

Les méthodes classiques, basées sur les critères de rupture et les paramètres associés en contraintes totales à court terme ( $c_u$  et  $\phi_u$ ) et en contraintes effectives à long terme ( $c'$  et  $\phi'$ ), étudient l'équilibre du massif soumis à l'action de son poids propre augmentée éventuellement de surcharges. Ces forces donnent naissance en tout point d'une surface de rupture potentielle à des contraintes décomposées en contraintes normales  $\sigma$  et contraintes tangentielles  $\tau$ . Le rapport de la résistance réelle du sol à la résistance minimale calculée requise exprime un coefficient de sécurité  $F = \frac{\tau_{\max}}{\tau}$  pour la surface de rupture considérée. La stabilité est considérée acquise pour un coefficient de sécurité égal à 1,5.

On adoptera dans les limons/colluvions, les caractéristiques effectives suivantes :

$$c' = 2 \text{ à } 10 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 20^\circ$$

La justification de stabilité est une vérification que les dispositions adoptées prémunissent contre tout risque de rupture. Les vérifications qui relèvent du calcul sont conduites en appliquant la méthode globale (ELS).

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 36/50
----------------------------------	---	------------

L'analyse de stabilité d'un talus comporte a minima la prise en compte des éléments suivants

1. Géométrie (angle de talus, hauteur...)
2. Matériaux (caractéristiques intrinsèques, poids volumiques...)
3. Ecoulements
4. Surcharges

Les calculs de stabilité peuvent être effectués

1. aux Etats Limites Ultimes (E.L.U.) en considérant des coefficients de sécurité  $\tau$  qui affectent tous les paramètres de calcul y compris la méthode de calcul elle-même. **Aux ELU, le coefficient recherché est alors égal ou supérieur à l'unité.**
2. aux Etats Limites de Service (E.L.S), les calculs sont menés sans pondération. **La stabilité est considérée acquise pour un coefficient de sécurité supérieur à 1,5.**

Coefficient de sécurité requis en fonction des méthodes de calcul

Méthode	F <sub>s</sub> E.L.S.	F <sub>s</sub> E.L.U.
BISHOP	1,3 à 1,5	1,0

Dans le cas présent, pour un centre de stockage de matériaux inertes, le coefficient recherché est de 1,3.

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 37/50
----------------------------------	---	------------

## **Actions et sollicitations**

Les sollicitations sont les efforts internes dans les éléments de l'ossature provoqués par les actions déterminées, pour une section donnée. Elles s'évaluent par une méthode appropriée d'analyse des structures. Par principe, les valeurs des actions introduites dans les calculs de vérification de la résistance de l'ossature sont les plus défavorables. Ces valeurs sont fixées par les documents constituant le marché, soit directement lorsqu'elles dépendent de l'utilisation même de la construction, soit par référence à des normes ou règlements.

## **État limite ultime et état limite de service**

Pour justifier la sécurité et l'aptitude au service des constructions ou des talus, on emploie une méthode dite d'états limites. Son principe est de montrer que les combinaisons d'actions et les sollicitations de calcul à envisager n'entraînent pas dans la construction ou les ouvrages, un des phénomènes que l'on souhaite éviter. Un état limite ultime (ELU) est atteint lorsque l'un des phénomènes suivants se produit : perte d'équilibre de la structure, formation pour tout ou partie de la structure d'un mécanisme de ruine, instabilité de forme, rupture d'un élément, déformations plastiques excessives. Un état limite de service (ELS) est atteint lorsque la structure devient inapte aux fonctions normales pour lesquelles elle est conçue, en particulier dans les cas de déformations excessives entraînant une interruption du service normal de la structure ou des désordres inacceptables d'éléments non structuraux.

**Les phénomènes de fluage, liquéfaction et érosion du matériau n'entrent pas dans le champ de l'étude.**

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 38/50
----------------------------------	---	------------

Dans le cas présent, le modèle géotechnique est un multicouche construit à partir des coupes de sondages et des données géologiques en notre possession.

Les sondages réalisés montrent sous la terre végétale, des limons sur une épaisseur d'environ 7 mètres surmontant soit le Calcaire de Saint Ouen soit les Sables de Beauchamp.

Sauf avis contraire, l'ouvrage est considéré en type 2a selon la norme XP 94 240. La durée de service est de 70 ans. La sismicité correspond à la zone 0 négligeable mais non nulle.

**Catégorie géotechnique 1** (ouvrage simple)

Ouvrage de dimensions modestes, dont une éventuelle défaillance ne peut avoir que des conséquences mineures, implanté dans un site où les conditions géotechniques sont simples, et ne devant satisfaire que des critères de résistance à l'exclusion de tout critère de déplacement.

**Catégorie géotechnique 2a** (ouvrage courant)

Ouvrage n'appartenant ni à la catégorie géotechnique 1, ni à la catégorie géotechnique 2b.

**Catégorie géotechnique 2b** (ouvrage sensible)

Ouvrage répondant à un ou plusieurs des critères suivants :

- Ouvrage pour lequel une défaillance éventuelle aurait des conséquences humaines, économiques ou logistiques de grande ampleur ;
- Ouvrage pour lequel une inspection détaillée ou une réparation éventuelle ne pourrait être entreprise dans des conditions économiques ou de gênes acceptables ;
- Ouvrage présentant des difficultés notables d'exécution et/ou de conception du fait de conditions géotechniques particulières.

À défaut de précision contractuelle, la durée de service prise en référence pour les justifications d'un ouvrage permanent de catégorie géotechnique 1 ou 2a est égale à 70 ans, et est de 100 ans pour un ouvrage permanent de catégorie géotechnique 2b.

La justification de l'ouvrage est basée sur les paramètres suivants :

1. Ouvrage courant catégorie géotechnique 2a (ouvrage courant),
2. Durée de service 70 ans,
3. Sols selon coupes de terrain

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 39/50
----------------------------------	---	------------

## 1 Géométrie

La stabilité est étudiée pour la coupe 3 avec talus multiples (33°).

## 2 Caractéristiques des matériaux

Les caractéristiques intrinsèques suivantes résultent des essais de cisaillement direct de type phicomètre et des valeurs raisonnablement admises dans différentes couches du modèle. Pour les remblais, on adopte une cohésion minimale de 5 kPa permettant de garantir la tenue des remblais.

Nature	Couche	$\gamma$ kN		Long terme	
				$\phi'$ degrés	$c'$ KPa
Remblais	1	20	20	30	5
Limons/Colluvions	2	18	18	25	2
Substratum	3	17	20	30	0

Ce modèle de terrains homogènes ne tient pas compte d'hétérogénéités géologiques au sein des couches, de variations de leur état de saturation leur assurant plus ou moins de cohésion.

## 3 Surcharge

Aucune surcharge n'a été considérée à ce stade de l'étude. Il appartient à l'entreprise de vérifier les conditions de chargement réelles sur le talus.

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE – Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11 - – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 40/50
----------------------------------	---	------------

#### **4 Conditions hydrauliques**

Aucune nappe n'est prise en compte dans le modèle. Cette condition suppose que les dispositions particulières soient prises afin d'éviter les accumulations d'eau ou les écoulements à l'intérieur du corps du talus (drains sub-horizontaux, tranchées drainantes, éperons drainants...).

La conception du dispositif de drainage doit être telle que l'accès au drain reste possible tout au long de la vie de l'ouvrage pour le contrôle et l'entretien du drain. La longueur et la densité des drains sont déterminées en fonction des données géotechniques. Les choix effectués doivent être confirmés ou corrigés au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

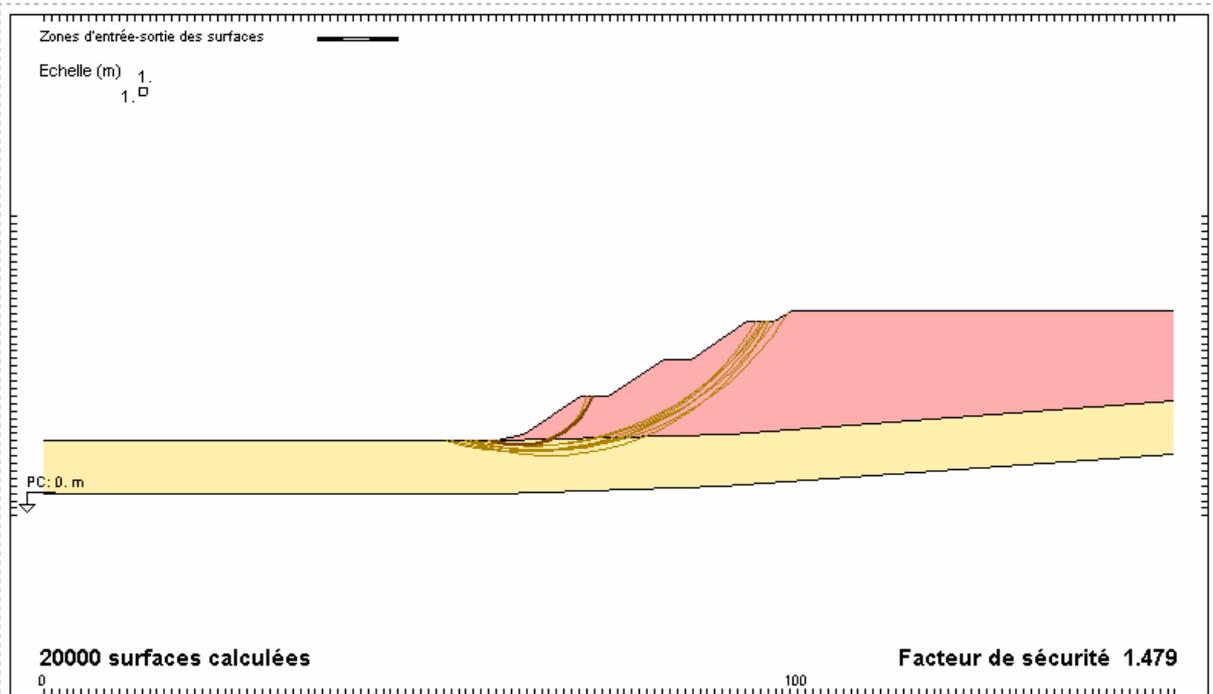
#### **5 Type de ruptures**

Les types de rupture étudiés sont les suivantes :

1. Circulaires selon la méthode des entrées sorties (20 000 cercles).

Dans les conditions du modèle prédéfini, et pour le cas le plus défavorable (Coupe 3 talus de 17 m de hauteur totale 3 talus de 5 m pente moyenne de 33° avec 3 risbermes), le coefficient de sécurité est de 1,48 jugé satisfaisant.

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 41/50
----------------------------------	---	------------



GEOSTAB® v4.05 du 18/07/2011 développé par GEOS  
<http://www.geos.fr> E-mail: info@geos.fr

GEOS INGENIEURS CONSEILS, Bâtiment Athéna 1  
 Parc d'Affaires International, 74166 ARCHAMPS - FRANCE

TEL: 04 50 95 38 14  
 FAX: 04 50 95 99 36

SOLS	( $\gamma$ ; $\gamma_{sat}$ )	C	$\phi$	$q_s$
1	(20.00; 20.00) * 1.00	5.000 / 1.00	30.00 / 1.00	0.000 / 1.00
2	(18.00; 18.00) * 1.00	2.000 / 1.00	25.00 / 1.00	0.000 / 1.00
3	(17.00; 20.00) * 1.00	0.000 / 1.00	30.00 / 1.00	0.000 / 1.00

Fichier "Puisseuxcoupe3B"  
 Méthode de BISHOP modifiée  
 Coefficient de Méthode 1.  
 Unités : kN, m

N°	Xc	Yc	R	Fs
1	63.030	19.870	10.520	1.479
2	65.680	43.690	34.950	1.480
3	64.110	47.420	38.090	1.485
4	63.930	45.500	36.880	1.486
5	62.560	20.380	11.040	1.488
6	63.990	48.080	39.540	1.491
7	65.910	46.970	38.340	1.491
8	66.970	40.670	32.650	1.494
9	65.690	42.700	33.300	1.494
10	63.430	18.220	8.9100	1.497

0845_GD	12/01/12 12:08	<b>PUISEUX COUPE 3+</b>	Phase Initiale - Cas Initial	FIGURE <b>001</b>
---------	----------------	-------------------------	------------------------------	----------------------

## 4.2 ANALYSE COMPORTEMENTALE

L'analyse précédente ne prend pas en compte le montage par étapes successives ni l'aspect surpressions interstitielles.

La déformation du sol support est contrôlée par la consolidation progressive d'un milieu en conditions non drainées. La mise en place du remblai par couche provoque dans les matériaux non drainés (limons/colluvions), l'apparition de surpressions interstitielles est fonction des hypothèses de perméabilité adoptées.

L'étude de l'ouvrage est menée en déformation plane par la méthode des éléments finis à partir d'un code de calcul 2D (PLAXIS version 8). Cette méthode a pour objectif d'étudier la déformation et la répartition des contraintes en tout point du maillage (ouvrage et sol d'assise) et de vérifier la stabilité étape par étape. Cette méthode est donc plus complète que l'approche menée avec GEOSTAB.

La loi de comportement adoptée est une loi d'élasto-plasticité de type Mohr-Coulomb. Le comportement est donc supposé totalement réversible dans un certain domaine de contraintes. Le critère est constant et n'intègre pas de phénomène d'écrouissage. La loi de comportement est définie à partir des caractéristiques intrinsèques ( $c$  et  $\varphi$ ) pour la partie plastique et des caractéristiques à la déformation représentées classiquement par le module d'Young  $E$  et le coefficient de Poisson  $\nu$  pour la partie élastique. En première approche, le module d'Young est directement pris égal à  $E_{\text{young}} = E_p / \alpha$  où  $\alpha$  représente le coefficient rhéologique.

Nature	Couche	$\gamma$ kN		$\varphi$ degrés	C kPa	$E_{\text{Young}}$ kPa	k en m/s
Remblais*	1	20	20	30	5	24 000	-
Limons/Colluvions	2	18	18	25	2	5 000	1e-7
Substratum (Beauchamp)	3	17	20	30	0	13 000	-

\*Module estimé

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE – Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11 – – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 43/50
----------------------------------	---	------------

Le maillage réalisé sous PLAXIS (version 8) en déformation plane est composé d'élément de haute précision numérique (triangle T6). La modélisation est effectuée à partir d'une fonction qui génère automatiquement les éléments dont le nombre et la taille ont été choisis en fonction du problème considéré avec un raffinement du maillage dans les parties les plus sollicitées par les charges ou les déplacements. Les conditions aux limites sont de type classique sur les frontières d'un domaine d'environ 160 mètres

Les conditions aux limites sont de type classique :

- déplacements verticaux et horizontaux nuls à la base du maillage
- déplacements horizontaux nuls sur les frontières gauche et droite.

#### **A Géologie**

Le modèle est de type multicouche (identique à celui adopté sous GEOSTAB)

#### **B Hydrogéologie**

Le modèle ne recoupe aucune surface aquifère.

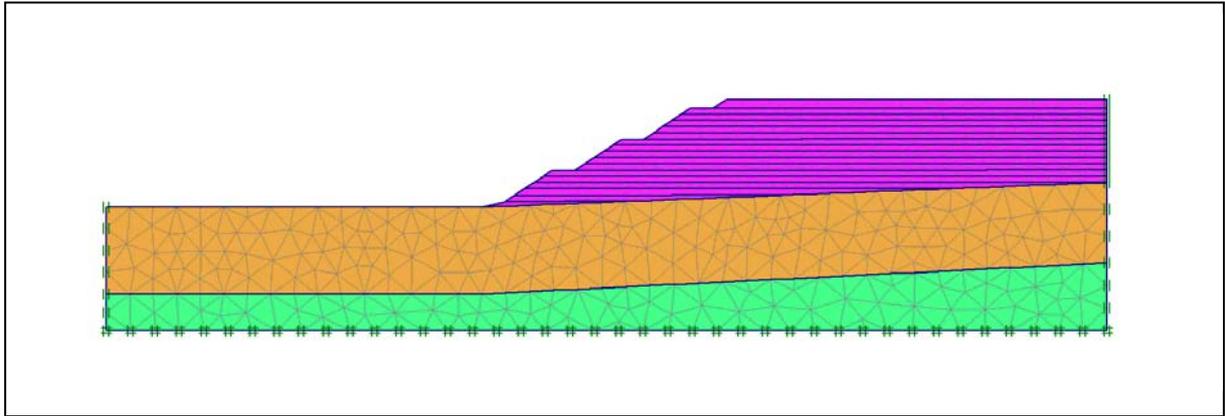
#### **C Surcharge**

Aucune surcharge n'a été considérée à ce stade de l'étude. Il appartient à l'entreprise de vérifier les conditions de chargement réelles sur le talus.

#### **D Remblai**

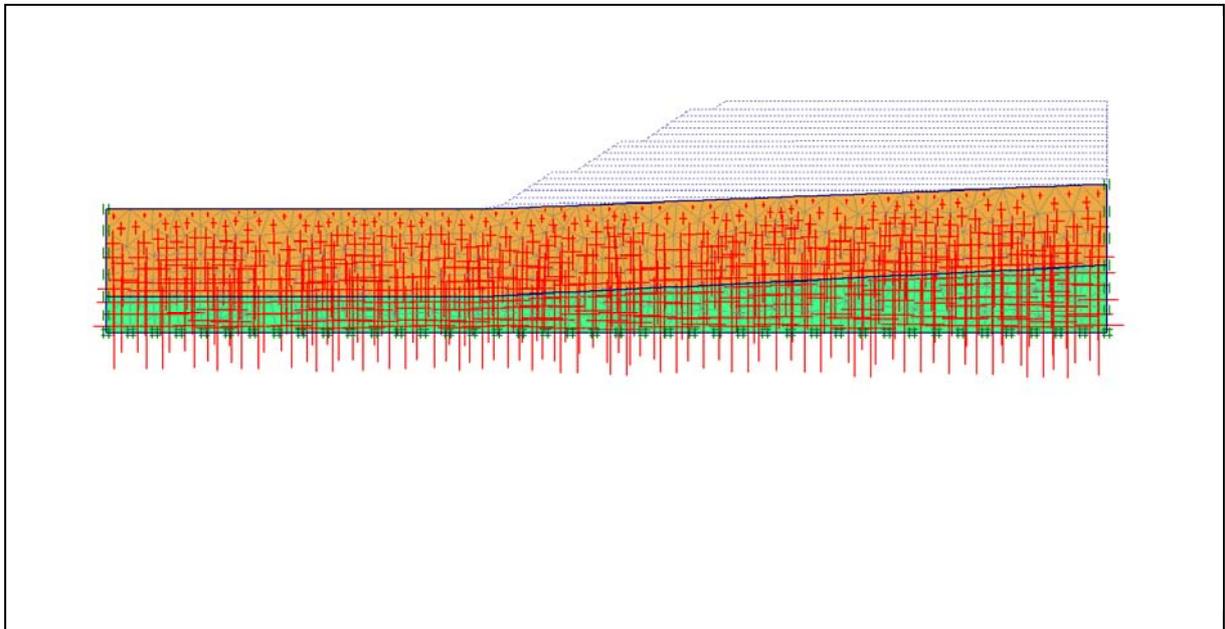
Le montage du remblai est effectué couche par couche

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 44/50
----------------------------------	---	------------



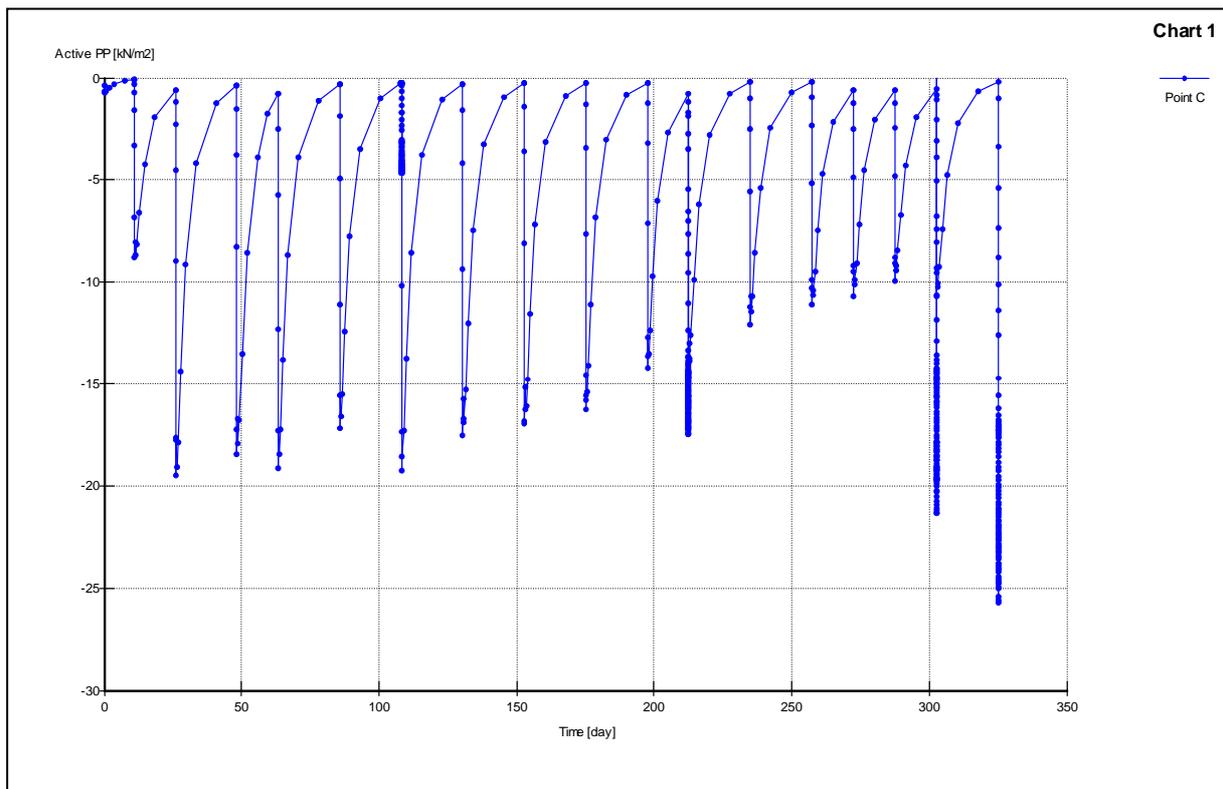
Maillage initial (1 148 éléments 2 415 nœuds et 3 444 points de contraintes)

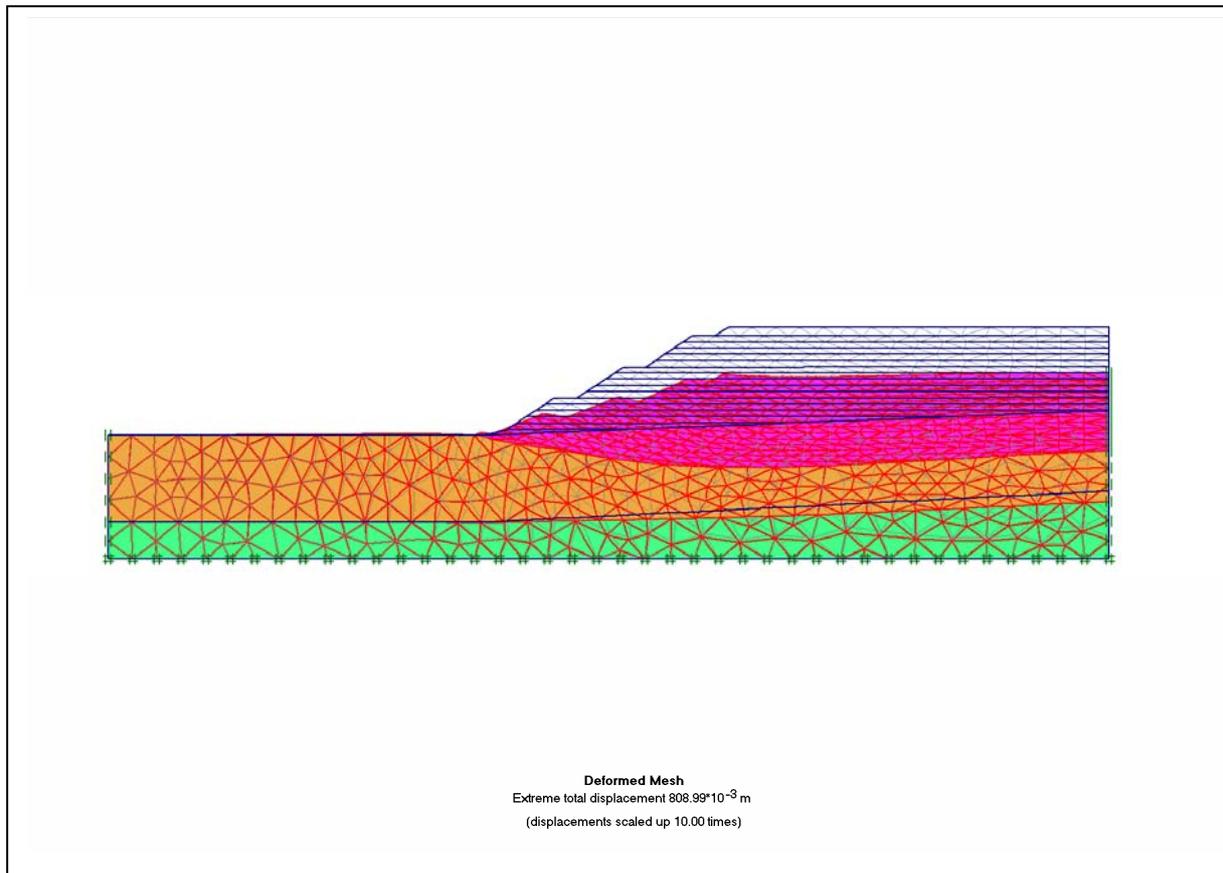
La première étape consiste à appliquer un chargement gravitaire pour simuler l'état des contraintes initiales. Dans le cas d'un terrain subhorizontal, on admet que les contraintes principales sont essentiellement verticales et horizontales. La contrainte  $\sigma_{yy}$  est supposée équilibrer le recouvrement des terrains et la contrainte horizontale  $\sigma_{xx}$  est une pondération de la contrainte verticale  $\sigma_{xx} = k_0 \sigma_{yy}$



Les étapes de calcul consistent à activer chaque couche de remblai (17 couches) pour simuler le chargement et d'effectuer le calcul de consolidation (34 étapes) sont nécessaires pour monter la totalité du remblai.

Le chargement complet par étape et avec prise en compte de la consolidation au sein des limons provoque un tassement de près de 80 cm à la base du remblai. Ce tassement est obtenu avec un temps de consolidation cumulé proche d'une année.





Un dernier calcul est effectué pour l'analyse de la stabilité du remblai réalisé.

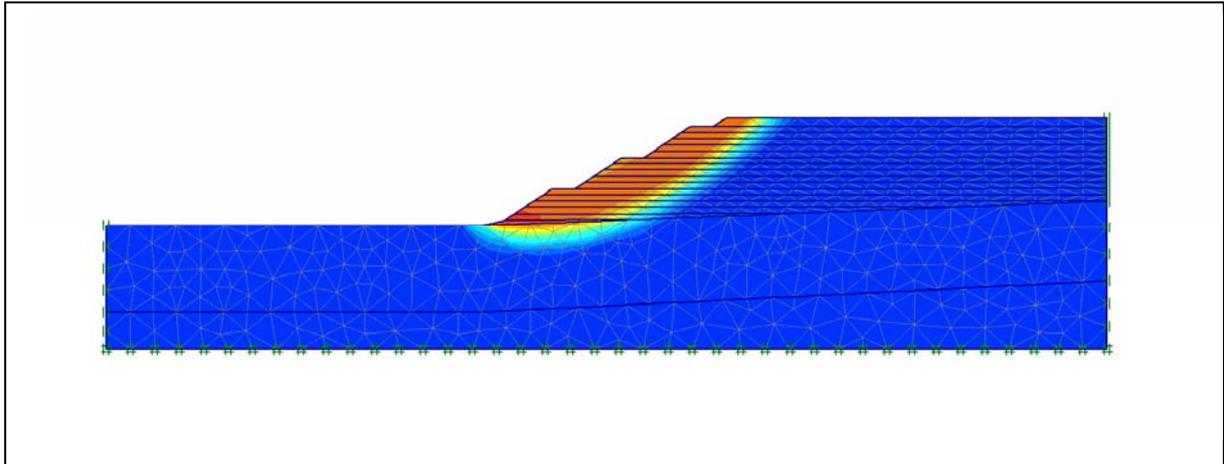
D'une manière générale, le coefficient de sécurité est défini comme le rapport entre la charge à la rupture et la charge de service. Le rapport de la résistance réelle à la résistance minimale pour assurer l'équilibre définit conventionnellement le coefficient de sécurité, utilisé en mécanique des sols. En introduisant un critère de type Mohr Coulomb, ce coefficient s'écrit :

$$F = \frac{c + \sigma \tan \varphi}{c_r + \sigma \tan \varphi_r}$$

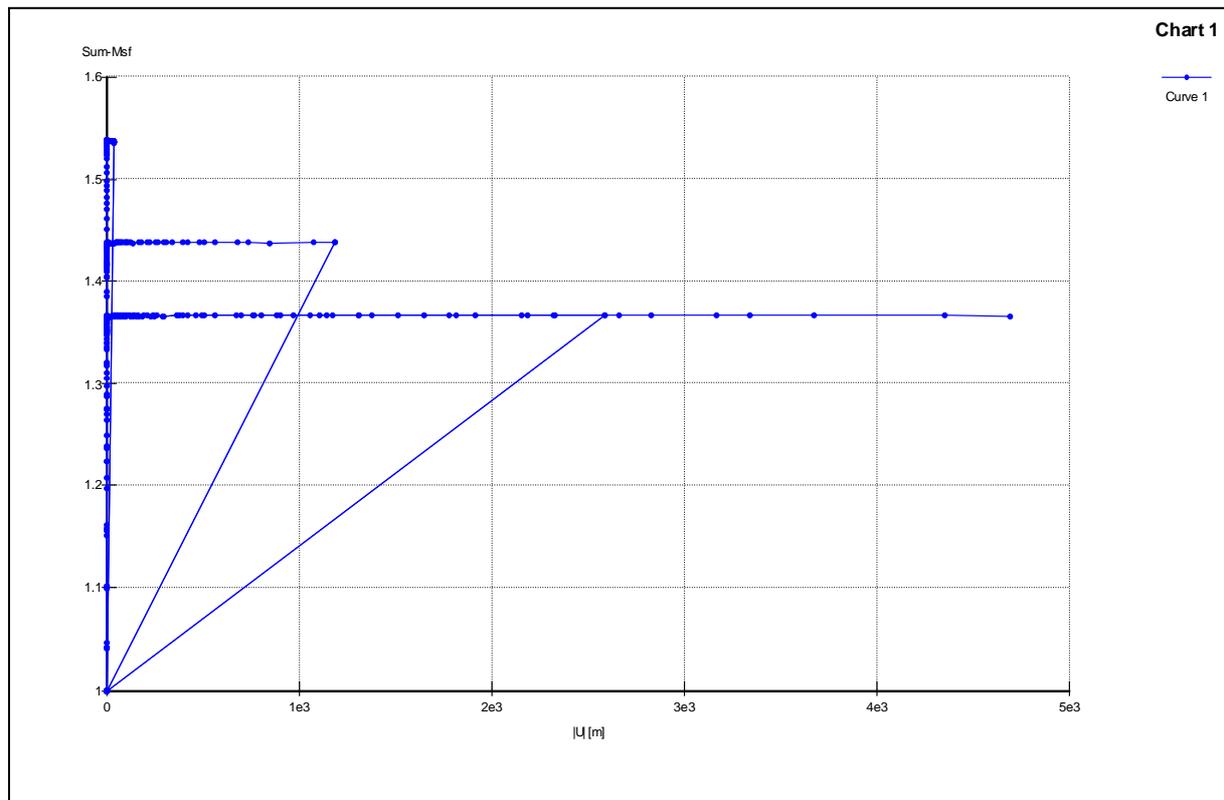
où l'indice r caractérise les paramètres de résistance réduits assurant strictement l'équilibre.

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE – Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11 – – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 47/50
----------------------------------	---	------------

Le calcul est itéré en réduisant les paramètres jusqu'à la rupture.



L'allure du champ de déplacement rend compte d'un glissement subcirculaire ou de type spirale logarithmique.



Dans le cas présent, le montage des 3 talus renvoie les coefficients de sécurité suivants :

Montage par étape	Coefficient de sécurité
Talus 1	1,56
Talus 1 + 2	1,44
Talus 1 + 2 + 3	1,37

Le coefficient global de 1,37 est encore tout à fait satisfaisant.

La présente étude reste malgré l'outil utilisé, une étude sommaire. On rappellera que la loi de type Mohr Coulomb adoptée reste une approximation du comportement réel du sol. Les caractéristiques intrinsèques ( $c$  et  $\varphi$ ) du remblai d'assise n'ayant pu être déterminées, les paramètres introduits résultent d'une évaluation. La cohésion de 5 kPa prise dans le remblai d'assise constitue une valeur raisonnable qu'il conviendra cependant de vérifier en cours de montage notamment dans les zones de talus. Une loi de type SSM (Soft Soil Model) est sans doute plus adaptée mais requiert également des paramètres supplémentaires. Les perméabilités qui contrôlent la dissipation des pressions interstitielles et subséquemment la consolidation restent des évaluations « raisonnables ».

Les phénomènes de fluage, liquéfaction et érosion du matériau d'assise n'entrent pas dans le champ de l'étude.

NEOPRISM Consultants devra être tenu informé de toute anomalie rencontrée, en rapport avec les conclusions de la présente étude.

L'ingénieur chargé de l'étude

Axel AZOULAY

Superviseur de l'étude

Gérard DEFER

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE – Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11 - – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 49/50
----------------------------------	---	------------

# ANNEXES

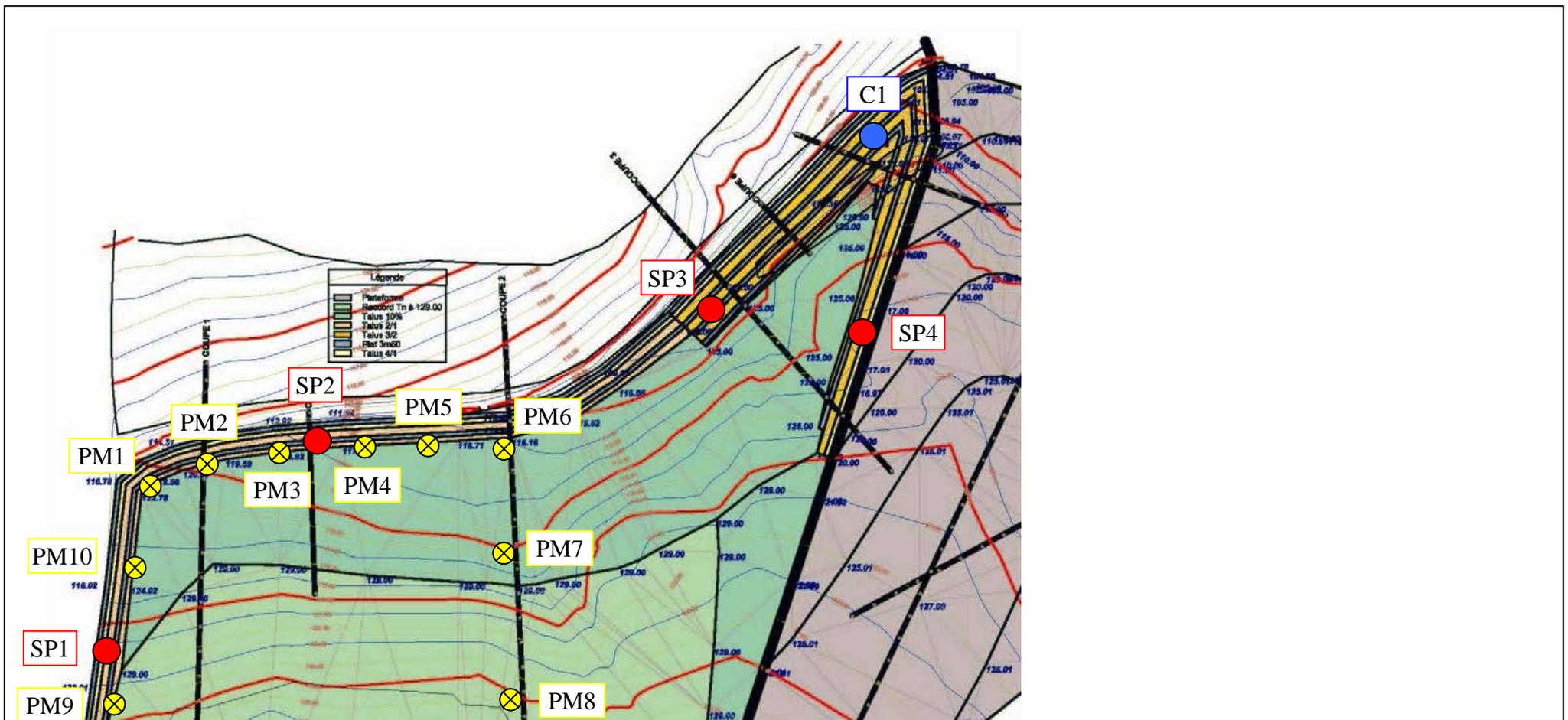
## 1. PLAN D'IMPLANTATION

## 2. FICHES DE SONDAGES PRESSIOMETRIQUES

## 3. FICHE DE SONDAGE CAROTTE

## 4. RESULTATS DES ESSAIS AU PHICOMETRE

SCREG ILE DE FRANCE NORMANDIE	95 – PUISEUX EN FRANCE –Centre de Stockage de classe 3 – Etude G11- – Dossier 10.12.0845 – Décembre 2011	Page 50/50
----------------------------------	---	------------



- Sondages géologiques et pressiométriques 10 m/sol actuel Ø 63 mm
- Sondages carottés 7 m/sol actuel Ø 114mm
- ⊗ Fouilles à la pelle mécanique

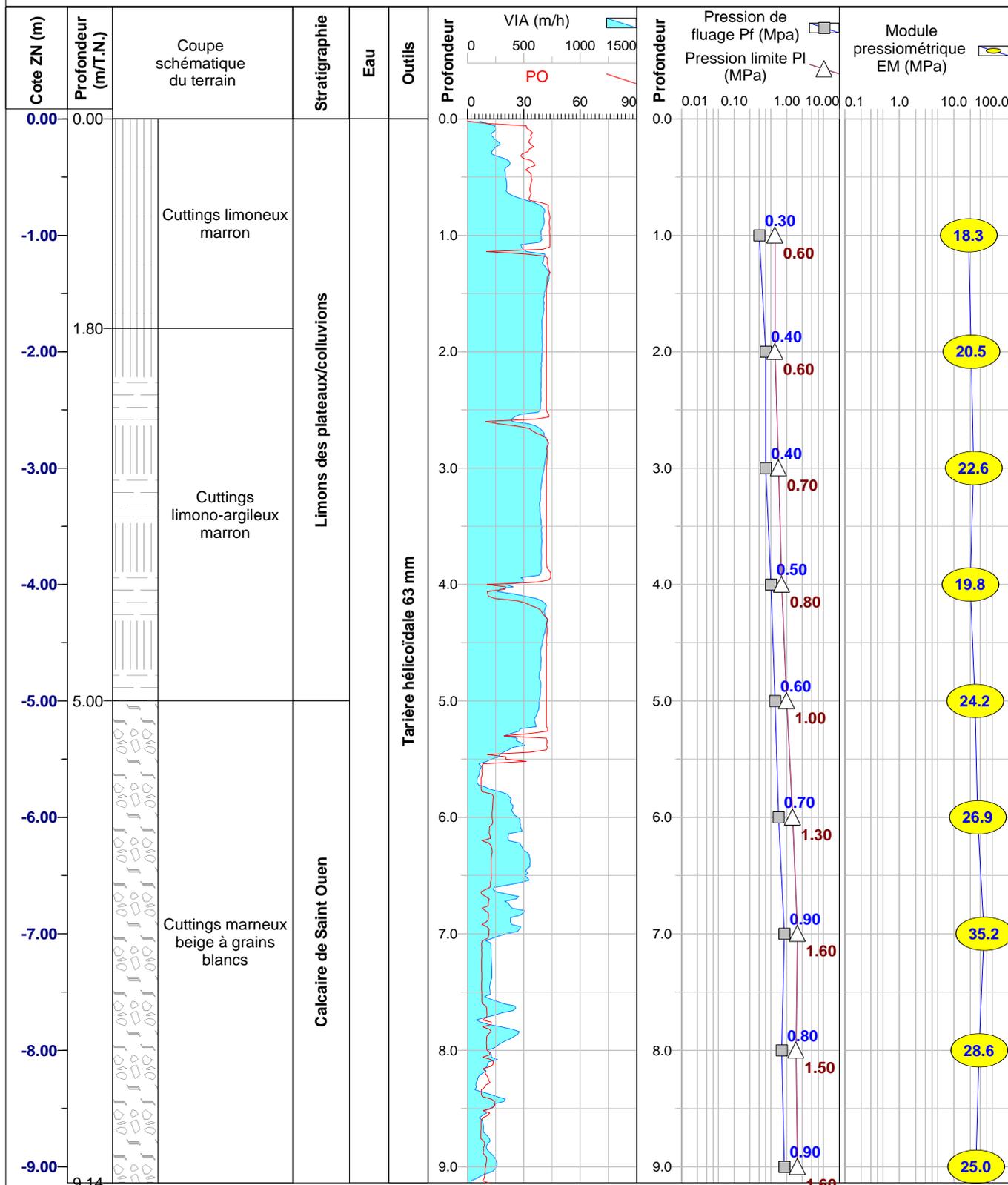
95 – PUISEUX EN FRANCE  
**Installation pour le Stockage des Déchets Inertes**

Implantation schématique des sondages



25, rue de Saulx  
 91160 CHAMPLAN  
 Téléphone 01 60 11 41 38 Télécopie 01 69 20 90 02 www.neoprism.fr

Sondage pressiomérique NF-P 94110-1

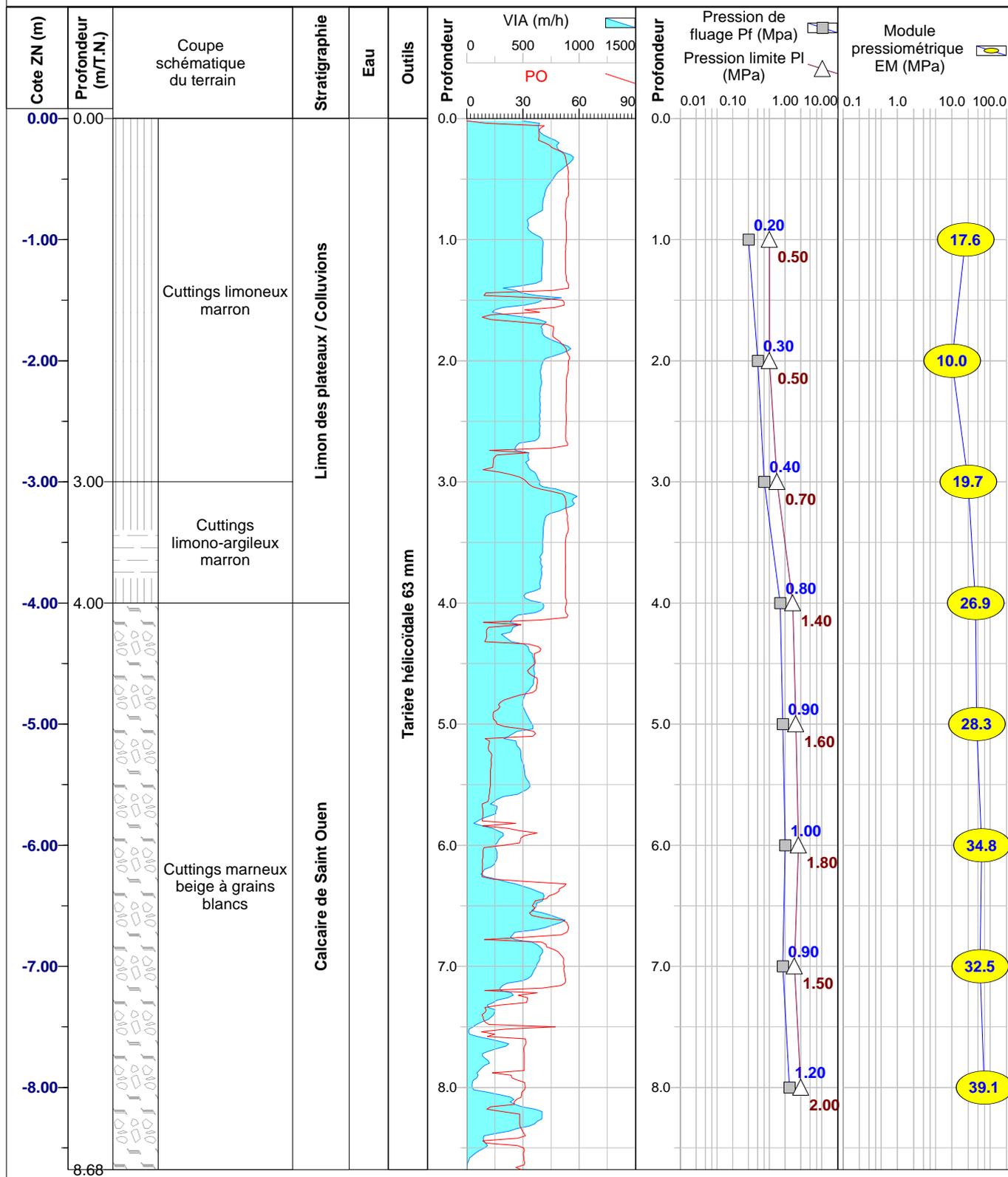


OBSERVATIONS

Organisme  
NEOPRISM Consultants

Nom  
Signature

Sondage pressiomérique NF-P 94110-1

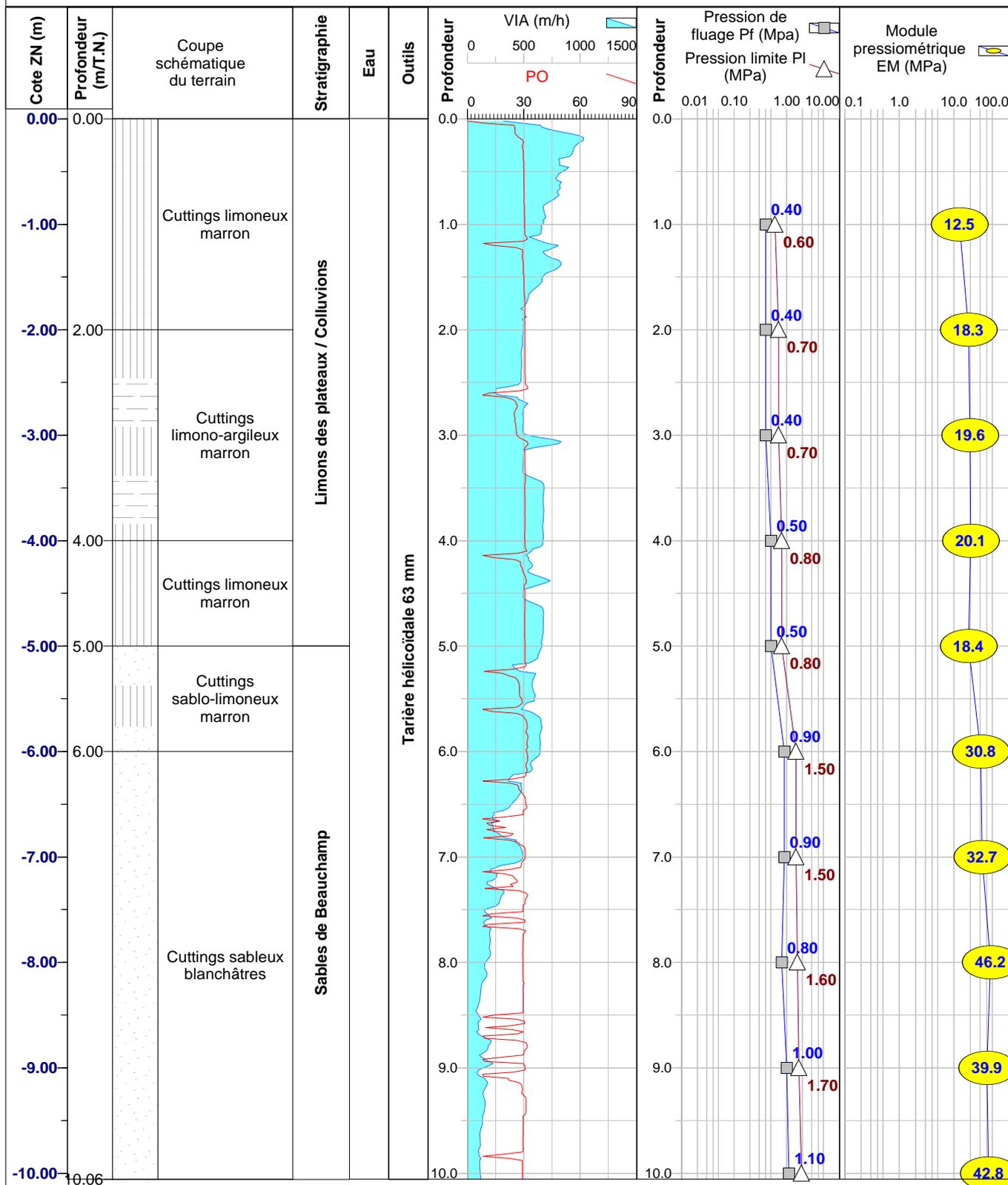


OBSERVATIONS

Organisme  
NEOPRISM Consultants

Nom  
Signature

Sondage pressiomérique NF-P 94110-1

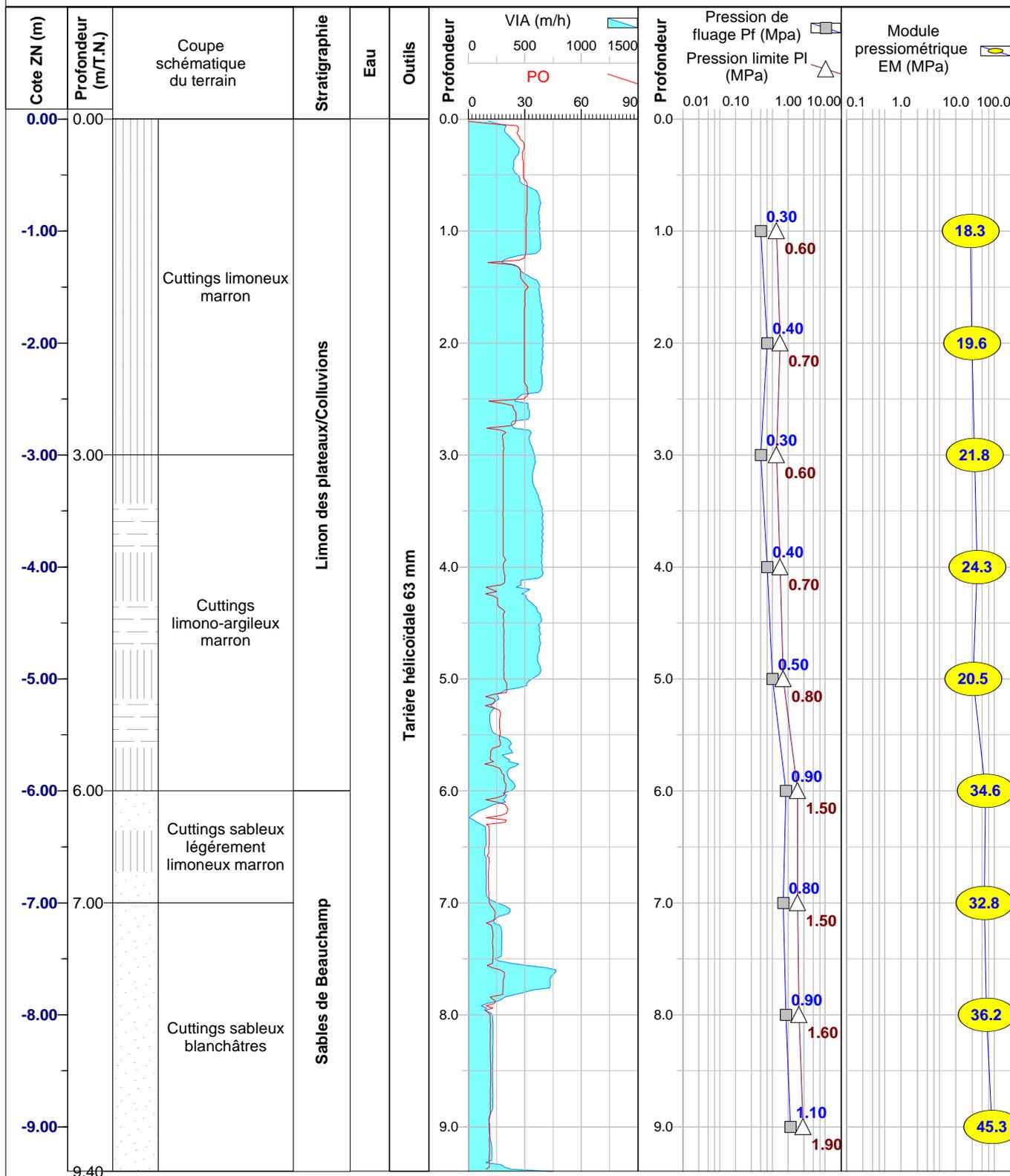


OBSERVATIONS

Organisme  
NEOPRISM Consultants

Nom  
Signature

Sondage pressiomérique NF-P 94110-1

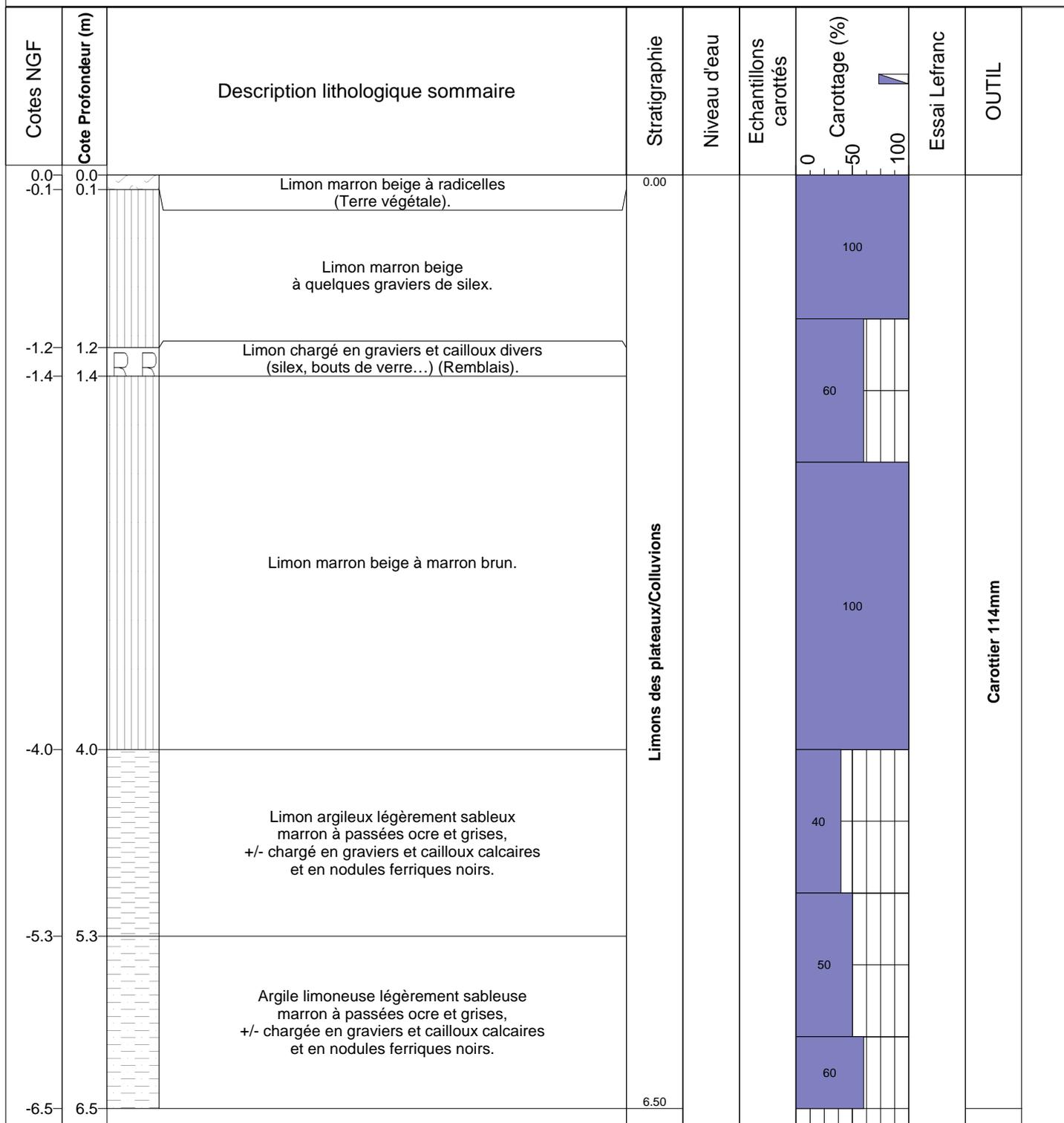


OBSERVATIONS

Organisme  
NEOPRISM Consultants

Nom  
Signature

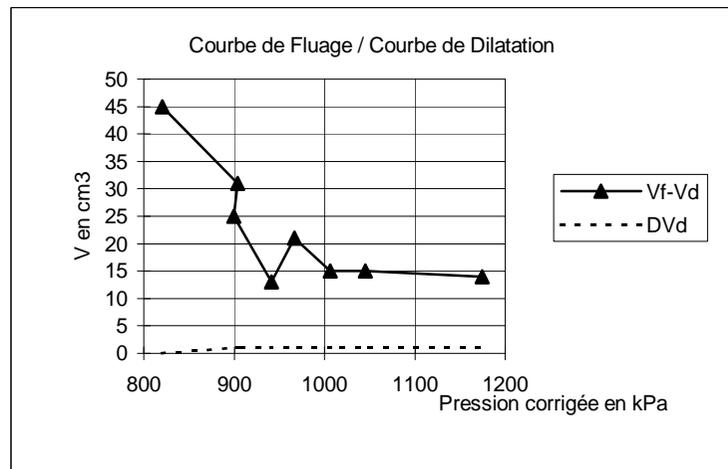
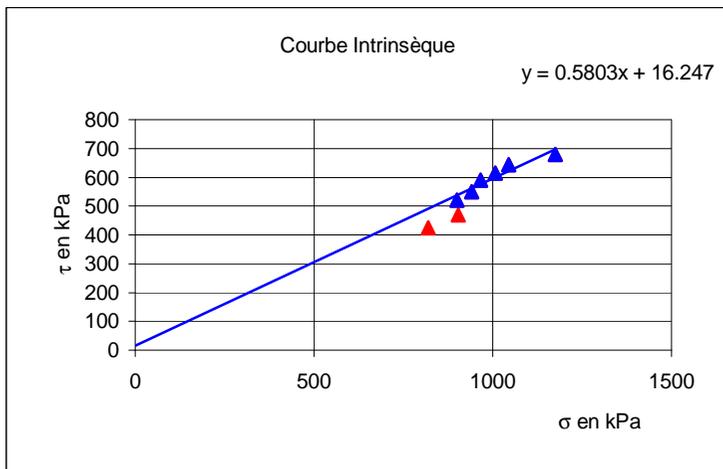
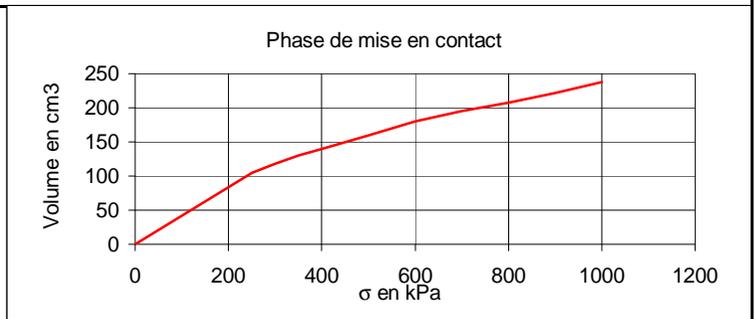
SONDAGE CAROTTE 114 MM



ESSAI PHICOMETRIQUE NF-94-120

Etude	95 - PUISEUX
Client	SCREG
Dossier	10 12 0845
Date	14/12/2011
Sondage	T1

Cote Essai (Zs)	1.50 m
Cote Nappe (Zw)	- m
Cote du C.P.V. (Zc)	1.00 m
Type	PHICOMETRE
Sonde	Renforcée
Etalonnage	14/12/2011



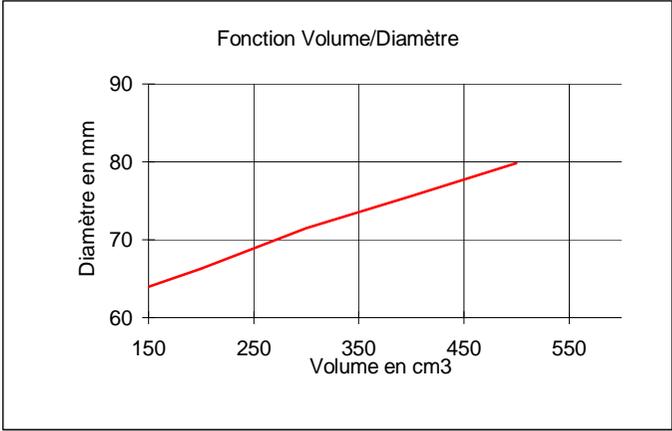
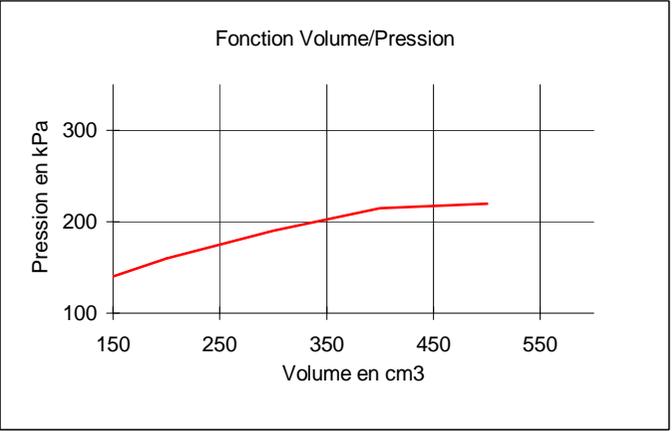
Interpolation Polynomiale

Cohésion	kPa	16
Angle de frottement interne		30

NATURE DU MATERIAU	Limons argileux marron
--------------------	------------------------

NEOPRISM Consultants  
Assistance Technique en Géosciences

25 rue de Saulx  
91160 CHAMPLAN  
Téléphone 01 60 11 41 38 Télécopie 01 69 20 90 02 www.neoprism.fr

ESSAI PHICOMETRIQUE NF-94-120																						
ETALONNAGE SONDE																						
Etude	95 - PUISEUX		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Volume cm3</td> <td>1.5</td> <td>Diamètre (mm)</td> </tr> <tr> <td>150</td> <td>1.40</td> <td>64.0</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1.60</td> <td>66.3</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>1.90</td> <td>71.1</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>2.15</td> <td>75.6</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>40891.00</td> <td>79.8</td> </tr> </table>		Volume cm3	1.5	Diamètre (mm)	150	1.40	64.0	200	1.60	66.3	300	1.90	71.1	400	2.15	75.6	500	40891.00	79.8
Volume cm3	1.5	Diamètre (mm)																				
150	1.40	64.0																				
200	1.60	66.3																				
300	1.90	71.1																				
400	2.15	75.6																				
500	40891.00	79.8																				
Client	SCREG																					
Dossier	10 12 0845																					
Date	14/12/2011																					
Sondage	T1																					
Essai	1.50	m/sol																				
			Matériel																			
			Sonde	Renforcée	Longueur en mm	330 mm																
			Marque	APAGEO	Cale	0,25 kN																
			Etalonnage	14/12/2011																		
			Interpolation Polynomiale																			
			Coefficient R	1.00																		
			Résidus	0.0																		
																						
Interpolation Polynomiale																						
DIAMETRE EXTERIEURE DE LA SONDE $d=47,4+0,16V-4,45E^{-4}V^2-7,41E^{-7}V^3-4,58E^{-10}V^4$			PRESSION D'ETALONNAGE $P=10+1,72V-2E^{-3}V^{2+}1,66E^{-6}V^3$		 25 rue de Saulx 91160 CHAMPLAN Téléphone 01 60 11 41 38 Télécopie 01 69 20 90 02 www.neoprism.fr																	