



**ACONSTRUCT**



# Rapport

## Diagnostic 2024 des remblais des bassins La Hutte 1, Radicelle et Regnault – Escaudœuvres (59)

### Mission G5



Rapport n°132367 /version B – 06 février 2025

Projet suivi par Maxime MARTHE – 06.22.64.64.84 – maxime.marthe@anteagroup.fr

## Fiche signalétique

### Diagnostic 2024 des remblais des bassins La Hutte 1, Radicelle et Regnault – Escaudœuvres (59)

Mission G5

#### CLIENT

ACONSTRUCT

31bis rue de Reckem | 59960, Neuville-en-Ferrain | France

#### SITE

Bassins La Hutte 1, Regnault et Radicelle

Escaudœuvres (59)

#### RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet

Maxime MARTHE

Interlocuteur commercial

Maxime MARTHE

Implantation chargée du suivi du projet

Implantation de Lille

03.20.43.25.55

secretariat.lille@anteagroup.fr

Rapport n°

A132367

Version n°

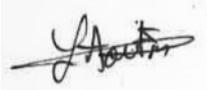
1

Votre commande et date

Commande n° CA2400736 en date du 23/07/2024

Projet n°

NPCA240285

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Louise Aoustin	Ingénieure d'étude	Février 2025	
Vérification	MARTHE	Sachant	Février 2025	

## Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
<b>A</b>	14/10/2024	59	7	Version initiale
<b>B</b>	06/02/2025	57	7	Corrections à la suite des échanges avec Aconstruct après réception de la version initiale.

# Sommaire

1.	Contexte et objectifs de l'étude .....	8
1.1.	Objectifs de la mission confiée à Antea Group .....	8
1.2.	Fonction et situation des bassins objets de l'étude .....	9
1.2.1.	Situation des bassins étudiés .....	9
1.2.2.	Configuration du site d'Escaudœuvres .....	10
1.3.	Contexte géotechnique .....	11
1.3.1.	Contexte géologique .....	11
1.3.2.	Contexte hydrogéologique.....	11
1.3.3.	Aléa sismique .....	14
1.3.4.	Aléa remontée de nappe .....	14
1.3.5.	Aléa cavité.....	15
2.	Reconnaitances.....	16
2.1.	Approche générale .....	16
2.1.1.	Approche qualitative.....	16
2.1.2.	Approche quantitative .....	16
2.2.	Synthèse de l'inspection visuelle – août 2024 .....	16
2.3.	Travaux engagés depuis le diagnostic de 2020 .....	20
2.3.1.	La Hutte 1 et 2.....	20
2.3.2.	Radicelle.....	22
2.3.3.	Regnault .....	23
2.3.4.	Relevés inclinométriques 2024 .....	24
2.3.5.	Relevés piézométriques .....	25
2.4.	Reconnaitances mécaniques entreprises.....	26
2.4.1.	Investigations 2020 .....	26
2.4.2.	Investigations 2024 .....	26
2.5.	Résultats des investigations .....	27
2.5.1.	Essais CPT .....	27
2.5.2.	Carottages .....	28
2.6.	Géométrie .....	29
2.6.1.	Analyse probabiliste des résultats obtenus .....	30
2.6.2.	Essais en laboratoire .....	35
2.7.	Modèles géotechniques de synthèse .....	37
2.7.1.	Détermination des modèles.....	37
2.7.2.	La Hutte 1.....	39

2.7.3.	Radicelle .....	40
2.7.4.	Bassin Regnault .....	40
<b>3.</b>	<b>Approche méthodologique des scénarios de rupture des remblais des bassins .....</b>	<b>41</b>
3.1.	Rupture par érosion externe .....	41
3.1.1.	Érosion externe par débordement.....	41
3.2.	Rupture par érosion interne.....	42
3.3.	Rupture par instabilité au glissement .....	43
<b>4.</b>	<b>Modélisation des écoulements .....</b>	<b>44</b>
4.1.	Principe.....	44
4.2.	Méthodologie de calcul .....	44
4.2.1.	Outil de modélisation.....	44
4.2.2.	Choix de modélisation.....	44
4.3.	Hypothèses de calcul.....	44
4.3.1.	Niveau de remplissage des bassins .....	45
4.3.2.	Mesures piézométriques au droit des remblais.....	45
4.3.3.	Charges hydrauliques à l’aval.....	46
4.3.4.	Maillage et conditions aux limites .....	46
4.3.5.	Perméabilités .....	46
4.4.	Résultats de la modélisation hydraulique .....	47
<b>5.</b>	<b>Stabilité à l’érosion interne .....</b>	<b>49</b>
5.1.1.	Avis sur l’érosion régressive et la suffusion .....	49
5.2.	Critère de rétention aux interfaces .....	50
5.3.	Erosion de contact avec la fondation .....	50
5.4.	Erosion de conduit.....	51
5.5.	Boulanges .....	51
<b>6.</b>	<b>Stabilité au glissement.....</b>	<b>52</b>
6.1.	Méthodes et logiciel.....	52
6.2.	Hypothèses de calculs .....	53
6.2.1.	Surcharges.....	53
6.2.2.	Situations étudiées.....	53
6.2.3.	Conditions sismiques .....	53
6.3.	Résultats des calculs de stabilité au glissement.....	54
6.3.1.	La Hutte 1.....	54
6.3.2.	Radicelle .....	54
6.3.3.	Regnault .....	55
6.4.	Limites de l’étude .....	56
<b>7.</b>	<b>Synthèse de l’expertise.....</b>	<b>57</b>

## Table des figures

Figure 1 : Plan de situation des sites par rapport à l'ancienne sucrerie .....	9
Figure 2 : Plan IGN et localisation des bassins en exploitation du site d'Escaudœuvres.....	10
Figure 3 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 du BRGM – Feuille de Le Cateau.....	11
Figure 4 : Localisation des piézomètres de surveillance de la nappe sur fond de photo aérienne .....	12
Figure 5 : Fluctuations piézométriques entre 1992 et 2023 - Escaudœuvres.....	13
Figure 6 : Implantation de la zone d'étude sur le zonage sismique en vigueur au 1er mai 2011.....	14
Figure 7 : Carte de l'aléa remontée de nappe.....	15
Figure 8 : La Hutte 1 – synthèse de l'examen visuel .....	17
Figure 9 : Renforcement des crêtes des remblais du bassin La Hutte – 26/08/2021 .....	21
Figure 10 : Radicelle - Plan de récolement de l'épaulement granulaire en date du 06/11/2020.....	22
Figure 11 : Coupe schématique de l'instrumentation inclinométrique .....	24
Figure 12 : Schéma de principe d'une mesure inclinométrique (Source Norme NFP 94-156).....	25
Figure 13 : Profil type de pénétrométrie obtenue (CPT10).....	28
Figure 14 : Carotte SC9 – observations entre 1,5 et 3,0 m/crête.....	29
Figure 15 : Carotte SC9 – observations entre 4,5 et 6,0 m/crête.....	29
Figure 16 : Profils retenus pour les remblais « types » des bassins étudiés .....	30
Figure 17 : Géométrie des remblais types des différents bassins.....	30
Figure 18 : Loi de Student, intervalle Bilatérale .....	30
Figure 19 : Tableau de corrélation des caractéristiques mécaniques selon la nature des sols (Source Antea Group).....	39
Figure 20 : Conditions aux limites et maillage du modèle - Profil Recyclage Ouest .....	46
Figure 21 : Ligne de saturation en considérant un niveau de remplissage jusqu'à la côte de revanche – Regnault .....	49
Figure 22 : Radicelle Est – Gradients hydrauliques - Charge à l'aval au niveau NPHE - Niveau maximum d'exploitation .....	50
Figure 23 : Résumé de l'initiation de l'érosion de contact, rapport entre la vitesse de Darcy et le diamètre effectif du grain de sol fin.....	50
Figure 24 : Données sur les tuyauteries des bassins.....	51
Figure 25 : La Hutte - Synthèse des calculs de stabilité sur Talren .....	54
Figure 26 : Radicelle - Synthèse des calculs de stabilité sur Talren.....	54
Figure 27 : Regnault - Synthèse des calculs de stabilité sur Talren.....	55

## Table des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des résistances $q_c$ obtenues en CPT – Etude 2020 et 2024 .....	27
Tableau 2 : Abaque de Student .....	31
Tableau 3 : Synthèse des résultats en laboratoire – investigations de mai 2020 .....	36
Tableau 4 : Synthèse des résultats en laboratoire – investigations de juin 2020 .....	37
Tableau 5 : Synthèse des résultats en laboratoire – investigations de septembre de 2020 .....	37
Tableau 6 : Classement des sols selon différents critères issue du tableau A.2.1 de la norme NF P 94-261.....	38
Tableau 7 : Modèle géotechnique pour le bassin La Hutte 1 – Sondage CPT2.....	39
Tableau 8 : Modèle géotechnique Radicelle .....	40
Tableau 9 : Modèle géotechnique Bassin Regnault .....	40
Tableau 10 : Revanche calculée selon Mallet et Pacquan .....	41
Tableau 11 : Hauteurs de pluies attendues sur 24h, occurrences de 5 à 100 ans.....	42

Tableau 12 : Cotes de nappe et de niveau de remplissage des profils modélisés .....	45
Tableau 13 : Données piézométriques au 29/08/2024 .....	45
Tableau 14 : Comparaison de la piézométrie modélisée en 2021 et 2024 .....	45
Tableau 15 : Valeurs de perméabilité retenue dans les calculs .....	47
Tableau 16 : Risque de boulangerie – facteurs de sécurité .....	51
Tableau 17 : Coefficients de sécurité partiels de l'approche 3 de l'Eurocode 7 .....	52
Tableau 18 : Critères d'évaluation des probabilités de défaillance par érosion interne .....	57
Tableau 19 : Evaluation des probabilités de défaillance par érosion interne sur les bassins La Hutte 1, Radicelle et Regnault.....	57
Tableau 20 : Cotes de sûreté et de danger pour chaque bassin .....	58

## Table des annexes

Annexe I :	Plan de localisation des sondages 2024 et cumulés de 2020 à 2024
Annexe II :	Relevés inclinométriques 2024
Annexe III :	Relevés piézométriques 2024
Annexe IV :	Logs des sondages 2024
Annexe V :	Logs des sondages (2020)
Annexe VI :	Calculs SEEP/W
Annexe VII :	Calculs TALREN

# 1. Contexte et objectifs de l'étude

## 1.1. Objectifs de la mission confiée à Antea Group

La société AGRISTO projette la reprise des bassins La Hutte 1, Radicelle et Regnault qui ont été exploités par la sucrerie TEREOS d'Escaudœuvres (59). Il s'agit de bassins qui historiquement étaient utilisés pour le stockage des eaux de process issues du lavage des betteraves. Le bassin La Hutte stockait des eaux terreuses alors que Radicelle et Regnault stockaient des eaux claires. La société Agristo prévoit également un usage de stockage des eaux de lavage des pommes de terre de leurs activités.

Un diagnostic géotechnique des remblais des bassins de la sucrerie d'Escaudœuvres a été réalisé entre 2020 et 2021 par Antea Group. ACONSTRUCT à la demande d'AGRISTO souhaite actualiser ce diagnostic géotechnique afin de réaliser une nouvelle auscultation et prendre en compte les aménagements et observations effectués entre 2021 et 2024.

Le présent rapport constitue la mise à jour de l'étude G5 n°104929 version E du 17/10/2020.

## 1.2. Fonction et situation des bassins objets de l'étude

### 1.2.1. Situation des bassins étudiés

Les bassins, objets de l'étude, sont situés au nord-est du site de l'usine sucrière d'Escaudœuvres, à proximité de Cambrai, dans le département du Nord (59).

Le site d'Escaudœuvres exerçait, entre autres, des activités saisonnières de production de sucre par extraction de la betterave sucrière. Historiquement Tereos exploitait 2 sites de bassins de décantation dénommés bassins d'Escaudœuvres et bassins d'Iwuy, implantés sur différentes communes (Escaudœuvres, Eswars, Thun-Saint-Martin et Thun-l'Evêque).

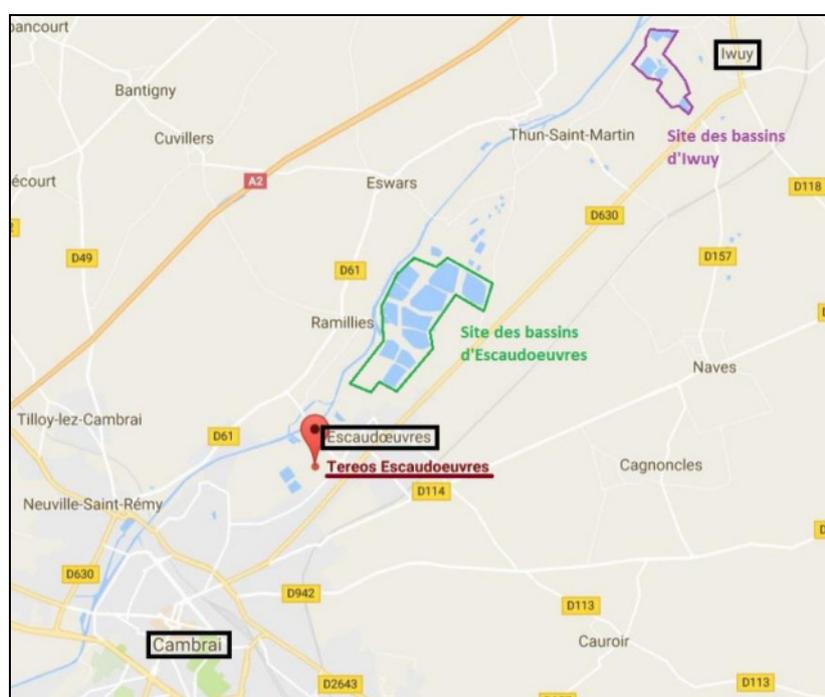


Figure 1 : Plan de situation des sites par rapport à l'ancienne sucrerie

Dans le cadre de la reprise du site par Agristo, une partie des bassins du site des bassins d'Escaudœuvres seront repris :

- Bassin Radicelle ;
- Bassin Regnault ;
- Bassin La Hutte 1 et 2.

## 1.2.2. Configuration du site d'Escaudœuvres

Le site d'Escaudœuvres est constitué de 10 bassins en exploitation, dont 4 qui seront repris par Agristo. Les noms des bassins utilisés pour la suite de ce rapport sont indiqués sur la Figure 2.

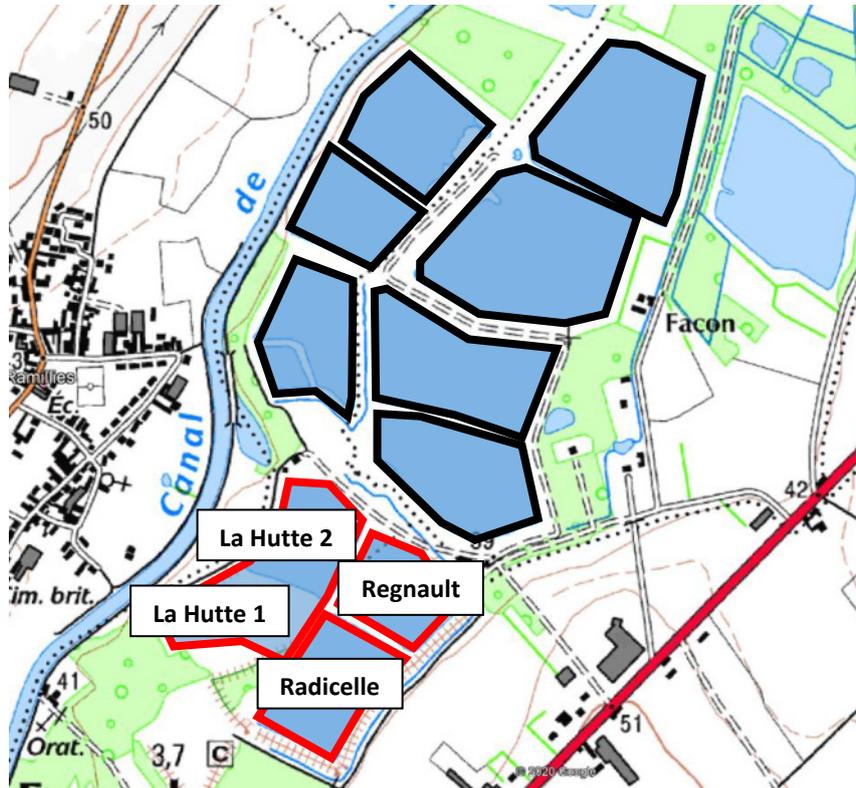


Figure 2 : Plan IGN et localisation des bassins en exploitation du site d'Escaudœuvres

## 1.3. Contexte géotechnique

### 1.3.1. Contexte géologique

D'après la carte géologique du BRGM, les formations géologiques présentes au droit du site sont les suivantes, sous une épaisseur plus ou moins importante de remblais :

- **Alluvions quaternaires** récentes : ces terrains, potentiellement tourbeux, sont plutôt silteux et comportent  $\pm$  de graviers ;
- **Craie du Sénonien** : cette formation correspond au substratum géotechnique du site. Elle se compose d'une craie blanchâtre  $\pm$  altérée en tête et avec  $\pm$  de silex.

Un extrait de la carte géologique, feuille de *Le Cateau* est proposé en figure ci-après.

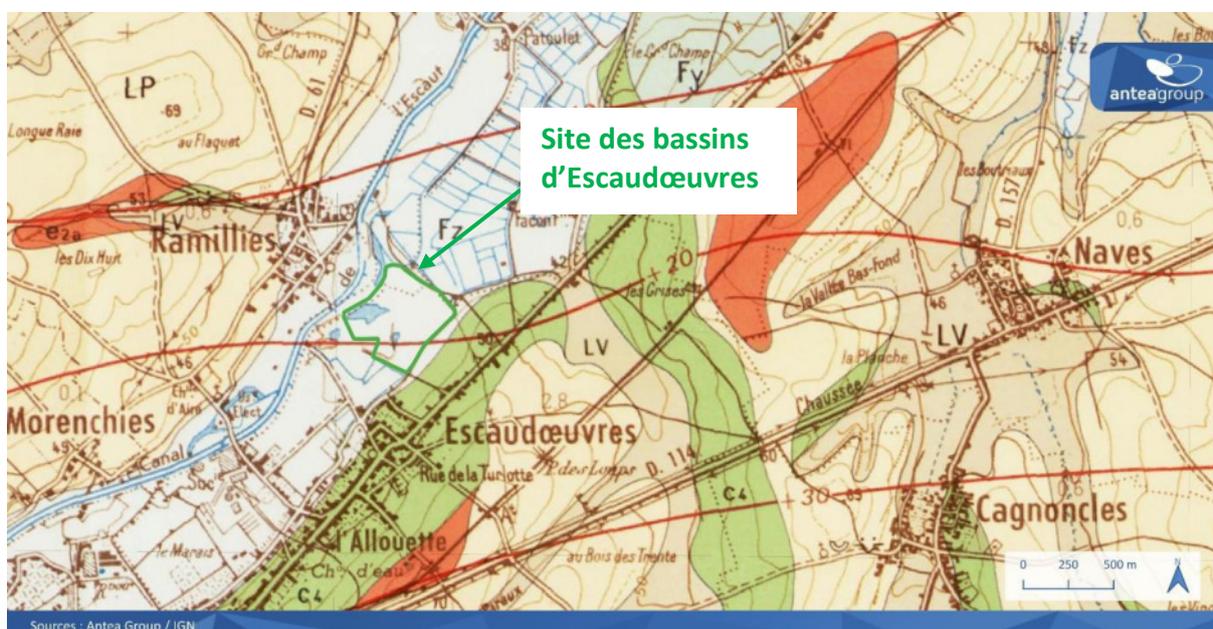


Figure 3 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 du BRGM – Feuille de Le Cateau

### 1.3.2. Contexte hydrogéologique

Du point de vue hydrogéologique, deux nappes sont présentes au droit du site :

- La nappe alluviale de la vallée de l'Escaut,
- La nappe contenue dans les formations crayeuses séno-turonniennes.

Etant donné l'absence d'horizon imperméable entre les formations alluviales et les formations crayeuses, ces deux aquifères constituent un système bicouche, au sein duquel les deux nappes sont en relation.

Plusieurs cartes piézométriques de la nappe de la craie ont été réalisées par le BRGM, dont notamment :

- Une carte établie à l'échelle régionale lors des hautes eaux de 2001 avec une équidistance des courbes piézométriques de cinq mètres. Elle représente une situation de hautes eaux ;

- Une carte établie à l'échelle régionale en lors des basses eaux de 2009 avec une équidistance des courbes piézométriques de cinq à dix mètres.

Au droit de la zone du projet, selon les tracés piézométriques présentés, **la nappe s'écoule du sud-ouest vers le nord-est**, en suivant le sens d'écoulement du canal de l'Escaut. Le **gradient hydraulique est de l'ordre de 0,3 à 0,5 %** dans le secteur du projet.

Sur la base de ces cartes piézométriques, la cote piézométrique de la nappe de la craie varie de quelques mètres entre les périodes de basses et hautes eaux et peut être **estimée au droit du projet entre 38 et 40 m NGF (basses eaux 2009) et 39 et 44 m NGF (hautes eaux 2001)**. Avec une cote topographique comprise entre 38 et 48 m NGF, il est ainsi estimé que le niveau peut théoriquement varier de 10 mètres sous la surface du point le plus haut (en périodes de basses eaux importantes) à 4 mètres sous la surface du point le plus bas (en périodes de hautes eaux importantes).

Il convient de préciser que ces cartes piézométriques sont réalisées à une échelle régionale, et qu'à ce titre, elles peuvent être imprécises localement. Les cotes et profondeurs indiquées restent donc des ordres de grandeur, et n'excluent pas des valeurs plus hautes ou plus basses.

À l'échelle des bassins de l'ancienne sucrerie, la piézométrie est étudiée à partir de 5 piézomètres (Pz1, Pz2, Pz3, Pz4 et Pz5) depuis 1992 jusqu'en 2023. La carte ci-après présente la localisation de ces piézomètres de surveillance de la nappe.



Figure 4 : Localisation des piézomètres de surveillance de la nappe sur fond de photo aérienne

La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ci-après met en évidence les cycles basses eaux – hautes eaux dont l’amplitude suit une évolution analogue pour les deux ouvrages (Pz2 et Pz5) suivis régulièrement depuis 1993. L’amplitude maximale observée correspond à une différence de niveau de 1,37 m pour le Pz4 entre la période de basses eaux 2012 et la période de hautes eaux 2015.

De manière générale, l’amplitude entre les hautes eaux et les basses eaux au niveau de ces ouvrages sont très faibles (quelques centimètres seulement). Les mesures de niveaux de cette campagne autres sont globalement dans la continuité du suivi.

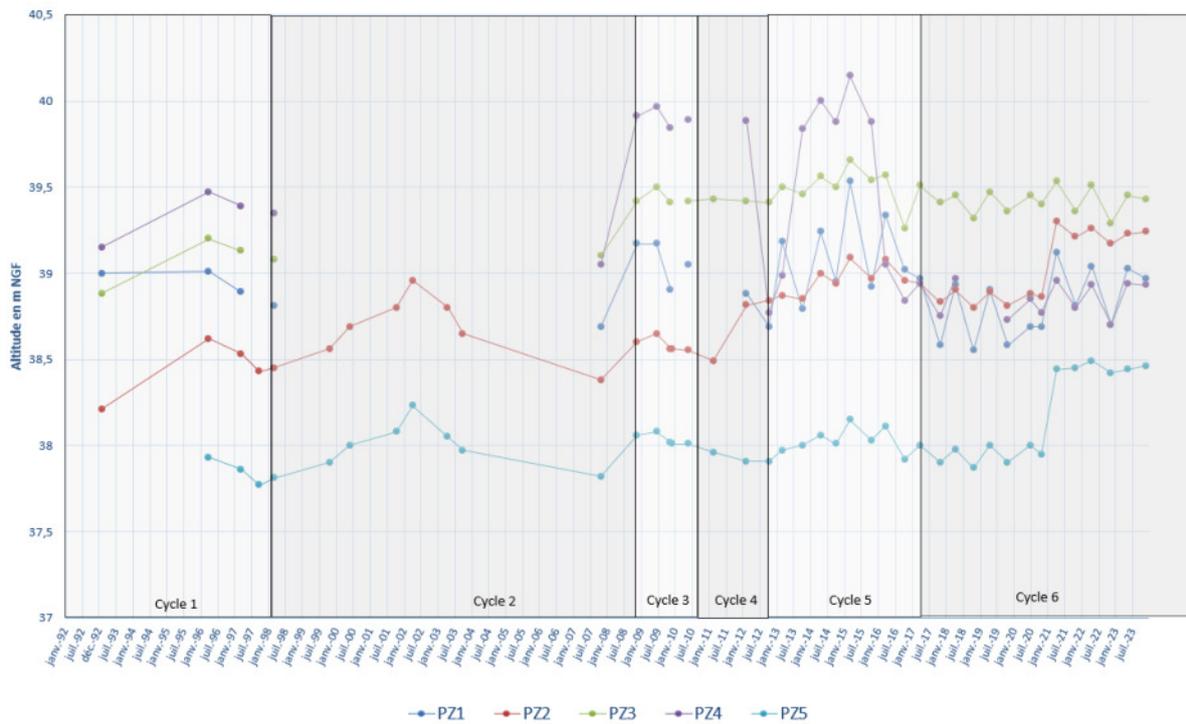


Figure 5 : Fluctuations piézométriques entre 1992 et 2023 - Escaudœuvres

Concernant les bassins étudiés dans la présente étude (La Hutte, Radicelle et Regnault), les piézomètres PZ3 par sa localisation géographique semble être le plus représentatif. Nous avons considéré un niveau des plus hautes eaux compris entre 39,5 m NGF pour les bassins les plus au sud et 39,2 pour les bassins les plus au nord.

### 1.3.3. Aléa sismique

Afin de correspondre aux nouvelles normes européennes (EUROCODE 8), une réévaluation du zonage sismique français a été réalisée en 2005 par le BRGM.

Basée sur une approche probabiliste de l'aléa sismique, la nouvelle carte d'aléa prévoit un découpage du territoire français en communes et non plus en cantons. Le nouveau zonage comprendrait alors 5 zones :

1. zone de sismicité 1 : sismicité très faible ;
2. zone de sismicité 2 : faible ;
3. zone de sismicité 3 : modérée ;
4. zone de sismicité 4 : moyenne ;
5. zone de sismicité 5 : forte.

Selon la carte en vigueur au 1er mai 2011, le site des bassins d'Escaudœuvres sont classés en zone d'aléa modérée, l'accélération de référence  $a_{gr}$  est égale à  $1,1 \text{ m/s}^2$ .

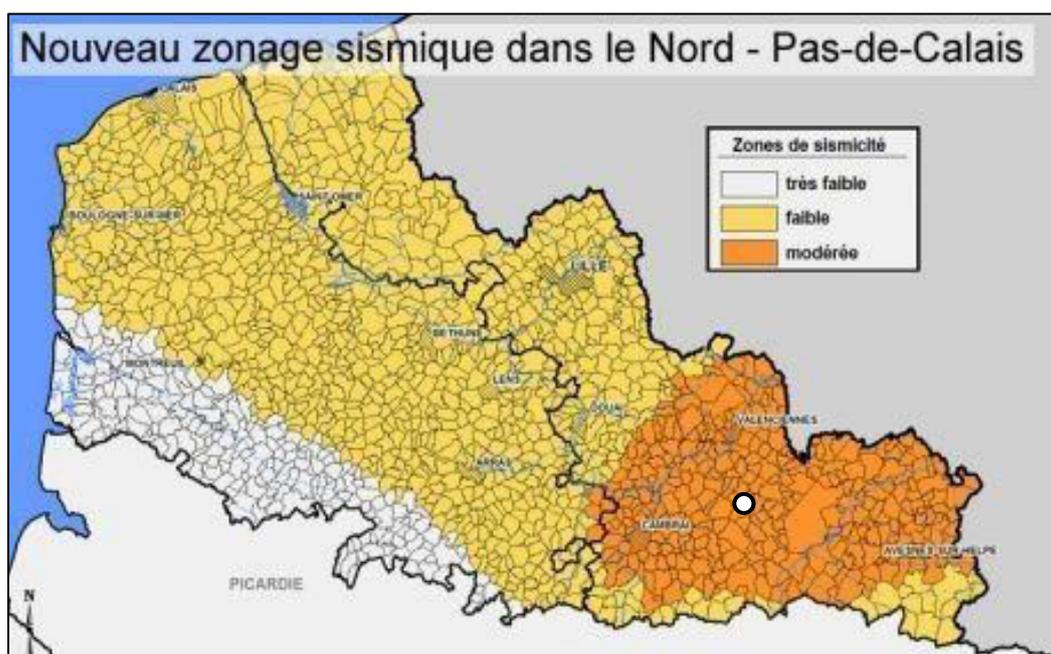


Figure 6 : Implantation de la zone d'étude sur le zonage sismique en vigueur au 1er mai 2011

### 1.3.4. Aléa remontée de nappe

D'après les données du BRGM issues du site [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr), le site d'étude est localisé en zone potentiellement sujette aux débordements de nappe. Il s'agit d'une carte théorique pouvant amener à des imprécisions locales, et ne substitue pas la réalisation / l'étude de suivis piézométriques dans le secteur d'étude.



Figure 7 : Carte de l'aléa remontée de nappe

### 1.3.5. Aléa cavité

Les bassins sont situés dans une vallée alluviale, composée de matériaux fins et situés sous nappe. Dans ce contexte, l'aléa cavité est jugé très faible.

## 2. Reconnaissances

### 2.1. Approche générale

L'étude vise à statuer sur la stabilité actuelle des remblais et préconiser des actions correctives ou de surveillance si nécessaire. Le diagnostic est focalisé sur les remblais à enjeu, c'est-à-dire les remblais périphériques, assurant une rétention vis-à-vis-à-vis de l'extérieur.

Les reconnaissances se basent sur deux approches.

#### 2.1.1. Approche qualitative

L'inspection visuelle des remblais, menée dans le cadre de la surveillance annuelle des remblais, apporte une information qualitative. Cette approche naturaliste rend compte du comportement général des remblais. Les désordres affectant les remblais sont listés, permettant de connaître leurs éventuelles pathologies ; La surveillance est éventuellement complétée par de l'instrumentation (piézomètres, Inclinomètres).

#### 2.1.2. Approche quantitative

L'étude collecte les informations quantitatives selon les points suivants :

- La réalisation de sondage au pénétromètre statique (ou *Cone Penetrometer Test*), permettant d'obtenir une vision continue de la résistance mécanique des terrains. Par corrélation, la lithologie et les caractéristiques mécaniques du terrain traversé sont définies.
- La réalisation de carottages et d'essais en laboratoire : le prélèvement et l'analyse d'échantillons intacts permet de caractériser directement les matériaux constitutifs des remblais. Ces mesures sont utilisées pour corréler les mesures au CPT ;
- Le relevé topographique des remblais : à partir de ce plan, un profil « type » du remblai est retenu. Le profil est localisé dans les secteurs de remblais les plus hauts ou ayant attiré notre attention ;

Les investigations in situ initiales ont été réalisées en octobre 2020.

De nouveaux sondages CPT ont été réalisés le 29 août 2024.

## 2.2. Synthèse de l'inspection visuelle – août 2024

Les remarques formulées à l'issue de l'inspection d'août 2024 étaient les suivantes :

### La Hutte 1

Le bassin La Hutte 1 était en eau lors de notre visite.



Photo 1 : Vue du bassin La Hutte 1 depuis le remblai Ouest

Il ressort de l'examen visuel les désordres suivants :

N° de désordre	Description	Degré de gravité	Modalités d'action	Délai d'action
1	Érosion du haut de parement du remblai séparant La Hutte 1 / La Hutte 2 sous l'effet du batillage	Moyen	Le niveau d'eau se situe sous la ligne d'érosion. Avec l'arrêt usine, le bassin est La Hutte 2 est voué à être rempli en terre (actuellement en cours). Nous préconisons une surveillance et une circulation d'engins légers uniquement.	Périodique

Figure 8 : La Hutte 1 – synthèse de l'examen visuel

Le bassin est jugé apte à être exploité normalement.

### La Hutte 2

Ce bassin ne comporte pas d'eau, hormis des flaches liées aux irrégularités des dépôts de terre.



**Photo 2 : Vue du bassin La Hutte 2 depuis le remblai Ouest**

Ce bassin est voué à rester sec et même comblé à terme jusqu'à la crête (au plus haut). Les eaux pluviales devront être gérées en conséquent.

Il reste néanmoins envisagé ultérieurement une exploitation pour permettre le dépôt et le ressuyage des terres. Le cas échéant une étude spécifique devra être menée.

### Regnault



**Photo 3 : Vue du bassin Regnault depuis le remblai Est**

À l'issue de la visite, nous n'avons pas de remarques sur les remblais du bassin Regnault.

Rappelons qu'historiquement, TEREOS a pu observer en période hivernale de faibles et temporaires résurgences d'eau en pied de remblai Est. Ce désordre n'a jamais pu être constaté en direct par Antea Group, le phénomène étant fugace. Ce point fera l'objet d'une vigilance à la remise en eau du bassin jusque sa cote d'exploitation maximale. En cas de suintement confirmé, un aménagement de type étanchéité ou masque granulaire s'avérera nécessaire.

### Radicelle

Le bassin Radicelle était sec lors de notre visite.  
Seules quelques flaches étaient présentes dans les dépressions de fond.



À l'issue de la visite, nous n'avons pas de remarques sur les remblais du bassin Radicelle.

Le bassin est jugé apte à être exploité normalement.

## 2.3. Travaux engagés depuis le diagnostic de 2020

### 2.3.1. La Hutte 1 et 2

Un remblai de séparation du bassin La Hutte a été réalisé en 2021, créant respectivement les bassins La Hutte 1 et La Hutte 2.

Le remblai de séparation a été créé avec les caractéristiques suivantes :

- Réemploi des terres présentes sur le site d'Escaudœuvres (Zone « Peupliers » ou Eswars 2) ;
- Talutage des talus du remblai de séparation à 3H/2V ;
- Crête de 5 m de large ;
- Crête enherbée, non aménagée pour la circulation des engins.

Ces travaux ont été supervisés par Antea Group et la réception a été proposée en septembre 2021.



Photo 4 : Digue de séparation entre La Hutte 1 et 2 le 02 septembre 2021

Des travaux de renforcement des matériaux de la crête de remblai ont été réalisés également sur le bassin La Hutte, en 2021. Ces travaux ont constitué en :

- Déblaiement sur 1,5 m de profondeur au niveau de l'axe de la digue ;
- Maintien en place des parements (déblais à partir de 0,5 m depuis le bord de crête) ;
- Traitement des déblais au liant ;
- Remblaiement par couche de 0,3 m d'épaisseur ;
- Mise en œuvre d'un enduit de protection ;
- Mise en œuvre de 0,1 m d'une GNT 0/31,5mm.

Ces travaux ont été supervisés par Antea Group et la réception a été proposée en septembre 2021.



**Figure 9 : Renforcement des crêtes des remblais du bassin La Hutte – 26/08/2021**

Enfin, comme tous les bassins du site, les parements externes des remblais sont équipés d'un grillage anti-fouisseur, recouvert de 20 cm de terre environ. Les travaux ont été réceptionnés courant 2021.



Photo 5 & Photo 6 : Avril 2021 – équipement en grillage anti-fouisseur

### 2.3.2. Radicelle

Le remblai Ouest du bassin Radicelle est équipé d'un épaulement granulaire, ces travaux ont été réceptionnés le 6 novembre 2020.

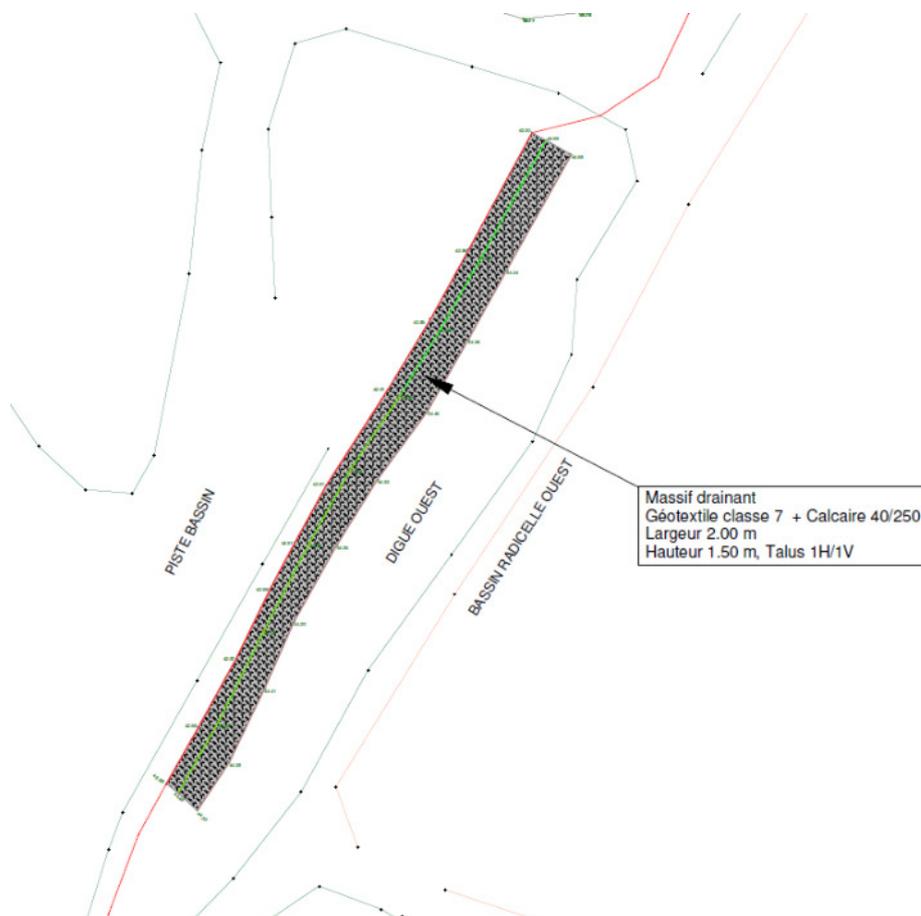


Figure 10 : Radicelle - Plan de récolement de l'épaulement granulaire en date du 06/11/2020

Le remblai Est est équipé d'un masque granulaire surplombant le mur de soutènement en béton :



Photo 7 : Radicelle – remblai Est, mur et masque granulaire

Les remblais externes sont équipés de grillages anti-fouisseurs.

### 2.3.3. Regnault

Des travaux d'engrochement ont été réalisés au niveau du parement interne du remblai nord du bassin Regnault. Ils ont été réalisés en septembre 2020.



Photo 8 : Travaux d'engrochement sur le parement interne du remblai Nord de Regnault – 15/09/2020

Ces travaux ont été supervisés par Antea Group en septembre 2020.

Les remblais externes sont équipés de grillages anti-fouisseurs.

### 2.3.4. Relevés inclinométriques 2024

Les mesures consistent à introduire, dans un tube scellé au sol, une sonde inclinométrique et à mesurer l'angle que fait, à chaque profondeur donnée, l'axe du tube par rapport à la verticale.

L'inclinaison du tube par rapport à la verticale est donnée de proche en proche, en déplaçant la sonde par pas constant égal à la longueur de la sonde (0,5 m).

Les mesures sont faites selon deux axes. Un axe perpendiculaire à la digue (axe AA) et un axe parallèle à la digue (axe BB). L'axe AA constitue donc l'axe le plus critique.

Le déplacement du tube par rapport à la position initiale est déterminé par calcul, en faisant la différence entre les mesures à l'instant t et les mesures initiales.

Les mesures sont répétées avec le même appareillage et selon la même procédure. Ce suivi permet d'appréhender les déplacements des tubes dans le temps et donc de mettre en évidence des éventuels déplacements dans les digues.

Le schéma suivant reprend le principe d'orientation des mesures par rapport à la lecture graphique :

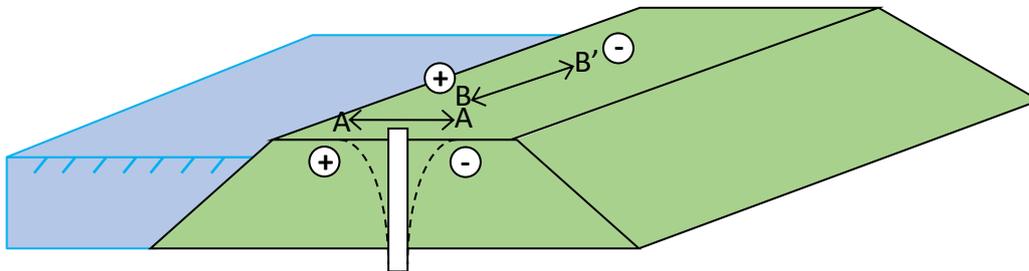


Figure 11 : Coupe schématique de l'instrumentation inclinométrique

Les mesures sont exploitées et interprétées directement par l'expert géotechnicien.

Le schéma de principe suivant illustre le principe des mesures :

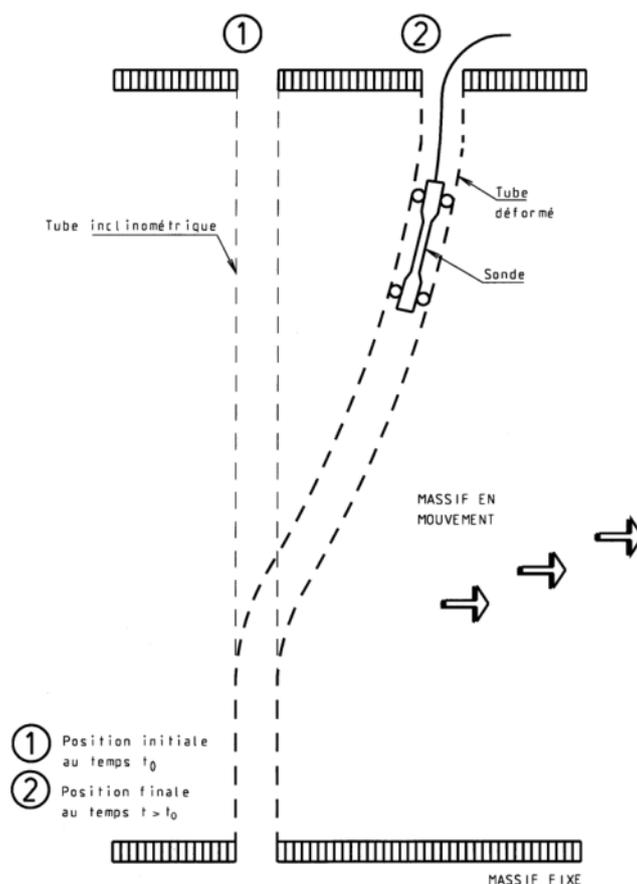


Figure 12 : Schéma de principe d'une mesure inclinométrique (Source Norme NFP 94-156)

Les inclinomètres ont été menés à une profondeur de 5 m environ sous la base des remblais.

**Au 22/08/2024, les déplacements sur les ouvrages inclinométriques La Hutte I5, Radicelle I3 et Regnault I4 sont inférieurs à 15 mm dans les deux axes et ne sont pas jugés significatifs. Au niveau des inclinomètres, les remblais sont stables.**

### 2.3.5. Relevés piézométriques

Les doublons de piézomètres Pz3, Pz4 et Pz5 ont été retrouvés et relevés lors de la visite d'août 2024. Les profils de saturation sont fournis en annexe du rapport.

Il ressort des mesures, des niveaux de saturation profonds dans les remblais, logiquement expliqués par la situation actuelle (remplissage faible à nul).

## 2.4. Reconnaissances mécaniques entreprises

### 2.4.1. Investigations 2020

La campagne de reconnaissance a été réalisée, sous la supervision d'Antea Group, en mai 2020. Elle a consisté dans le secteur La Hutte, Radicelle et Regnault, en la réalisation de :

- **Sept (7)** (n°9 à n°15) sondages pénétrométriques (CPT) de 12 ml ;
- **Un (1)** (SC9) sondage destructif de 12 ml, avec 2 prélèvements intacts par sondage, entre 1,5 m et 3,0 m, puis entre 4,5 m et 6,0 m.

Les carottages ont été réalisés en semaine n°19 de l'année 2020 (du 4 au 7 mai 2020), ils ont été confiés à un sous-traitant (Hydrogéotechnique), sous le contrôle d'Antea Group. Les CPT ont été réalisés en semaine n°21 de l'année 2020 (du 11 au 15 mai 2020), ils ont été confiés à un sous-traitant (Lankelma) sous le contrôle d'Antea Group.

L'*Annexe I* présente l'implantation des sondages et l'*Annexe II* les résultats des sondages géotechniques et leur interprétation selon les abaques de Robertson.

Les sondages destructifs et carottés complémentaires ont été effectués le 16 juin 2020. Les CPT ont été réalisés le 29 juin 2020.

Le 7 décembre 2020, 11 CPT supplémentaires, de 12 ml chacun, ont été effectués au droit des remblais du bassin La Hutte.

La semaine du 7 au 11 décembre 2020, l'instrumentation des remblais du site a été complétée : deux doublets piézométriques (Pz13 et Pz14) ont été installés sur le bassin La Hutte et un doublet piézométrique a été installé sur le bassin Regnault (Pz15).

Remarques : les sondages sont des reconnaissances ponctuelles et ne peuvent offrir une vision continue de l'état des terrains. Leur implantation et leur densité, guidées par la connaissance que nous avons du site, permettent d'avoir une vision représentative de l'état des terrains, sans que l'on puisse exclure, entre deux sondages, l'existence d'une anomalie d'extension limitée qui aurait échappé aux mailles de nos investigations. Les profondeurs qui suivent sont exprimées en mètres par rapport au niveau de la crête de digue (m / Crête), rencontré au moment des reconnaissances de mai à décembre 2020.

### 2.4.2. Investigations 2024

De nouveaux sondages CPT ont été effectués, répartis sur les différents bassins et comptabilisant :

- **Huit (8)** sondages pénétrométriques (CPT) de 8 à 16 ml ;

## 2.5. Résultats des investigations

### 2.5.1. Essais CPT

On considère l'échelle de valeurs suivantes pour classer les terrains traversés selon leur résistance à la pénétration  $q_c$  :

- $q_c < 1$  MPa : résistance mécanique très faible ;
- $1 < q_c < 5$  MPa : résistance mécanique faible ;
- $5 \leq q_c \leq 10$  MPa : résistance mécanique moyenne.

Concernant les résistances  $q_c$ , il ressort une certaine homogénéité dans les résultats à l'échelle du site. Les sols de fondation sur la Hutte 1 sont jugés faibles.

Ces CPT présentent des couches de résistance très faible, sur des épaisseurs significatives. Des calculs de stabilités seront menés spécifiquement pour ces CPT. Dans l'ensemble les CPT réalisés en 2024 montre des gammes de résistances semblables par rapport à ceux réalisés en 2020 et 2021 sur les mêmes digues. Une analyse statistique avec découpage fin entre les différentes couches est fournie ultérieurement au paragraphe 2.6.1 de ce rapport. Elle permet de comparer de manière quantitative les données mécaniques entre CPT de 2020/2021 et ceux de 2024.

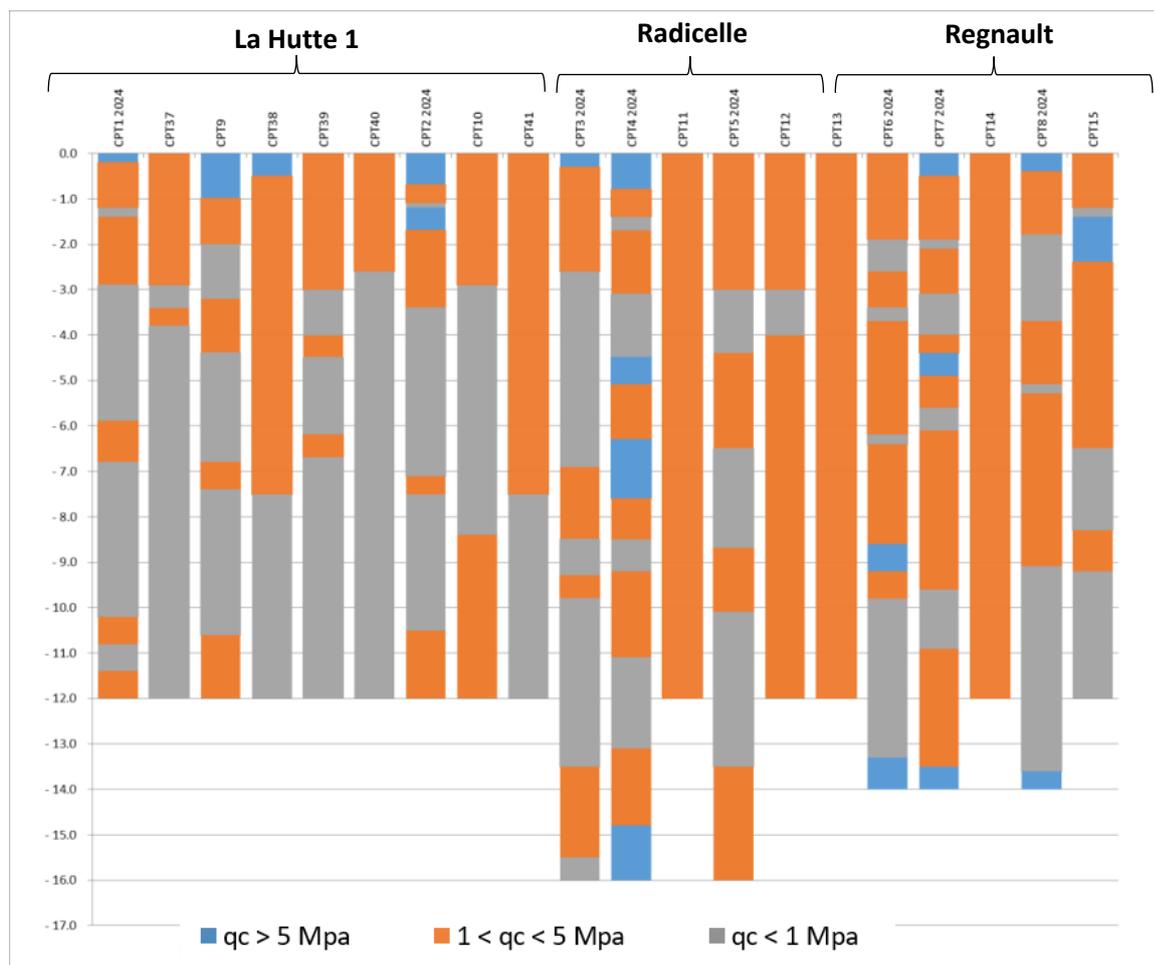


Tableau 1 : Synthèse des résistances  $q_c$  obtenues en CPT – Etude 2020 et 2024

Du point de vue lithologique, les remblais de digues sont à dominantes silteuses. Les passes sableuses ont, en général, une meilleure résistance au cône. Les passes argileuses, et surtout organiques, ont une résistance au cône faible à très faible. La lithologie est interprétée selon les abaques de Robertson.

L'interprétation est jugée satisfaisante dans le cas de la présente étude, au regard des résultats obtenus en laboratoire.

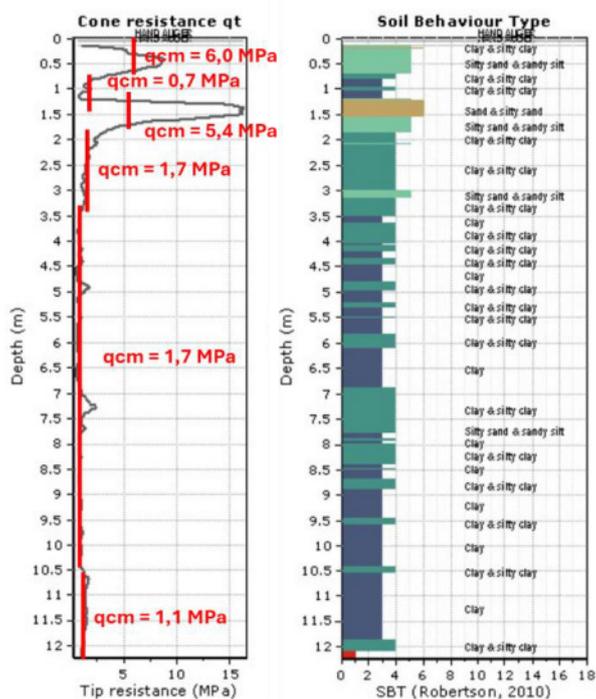
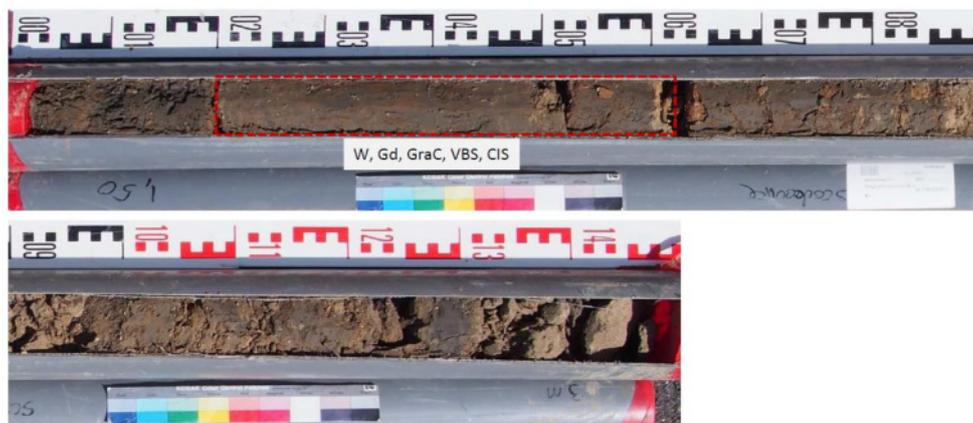


Figure 13 : Profil type de pénétrométrie obtenue (CPT10)

## 2.5.2. Carottages

Le sondage SC9 bien que réalisé au niveau du bassin la Hutte 2, reste représentatif en termes de lithologie aux 3 bassins de la présente étude.

Au droit des échantillons intacts prélevés en SC9, les observations sont les suivantes :

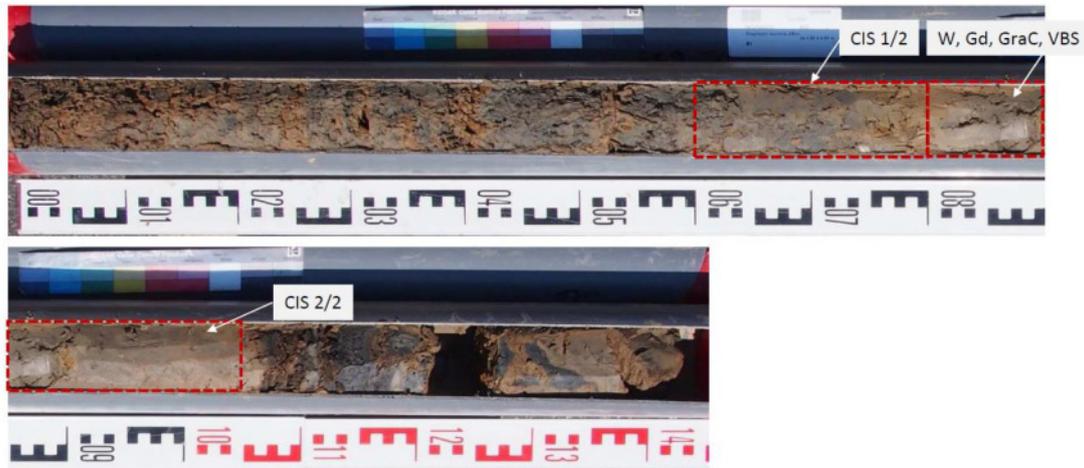


Réf. Echantillon : SC 9 de 1.50 à 3.00 m (20\_0503)

H + 0.00 à 0.90 m : Marne silteuse gris sombre plastique à molle de H+ 0.00 à 0.20 m, puis ferme jusqu'à H+ 0.90 m.

H + 0.90 à 1.50 m : Silt marneux ferme grisâtre, localement destructuré.

Figure 14 : Carotte SC9 – observations entre 1,5 et 3,0 m/crête



**Réf. Echantillon :** SC9 de 4.50 à 6.00 m (20\_0504)  
**H + 0.00 à 1.45 m :** Marne silteuse plastique à molle, gris bleuté à marbrures marron, gris bleuté. Présence localement de structures litées millimétriques.  
 Présence d'éléments racinaires de H+ 0.00 à 0.45 m.  
 Rares éléments calcaires blanchâtres millimétriques.

Figure 15 : Carotte SC9 – observations entre 4,5 et 6,0 m/crête

Le descriptif est cohérent avec l'interprétation lithologique des CPT.

## 2.6. Géométrie

À partir des plans topographiques établis par un géomètre expert, un profil « type » de remblais est retenu pour chaque bassin. Les calculs de stabilité, menés sur TALREN V, sont réalisés suivant la géométrie de ces profils types.

Il s'agit des profils de remblais considérés comme majorant du point de vue de la stabilité au glissement, prenant en compte leur hauteur et leur pente de talus.

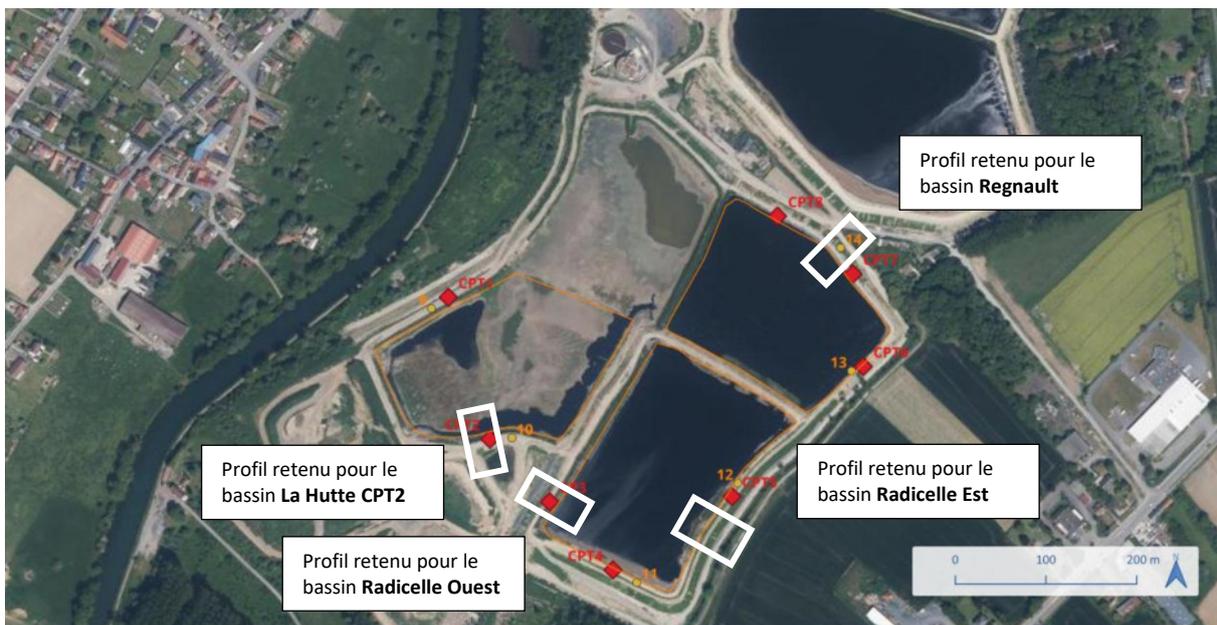


Figure 16 : Profils retenus pour les remblais « types » des bassins étudiés

Les géométries, prises en compte dans les modélisations, sont les suivantes :

Bassin	Hauteur (m) (crête – pied de digue aval)	Bathymétrie moyenne en 2020 (m) (crête – niveau moyen de terre dans le bassin)	Hauteur d'eau maximale (m)	Largeur de crête (m)	Pente intérieure	Pente extérieure
La Hutte 1 Sud	3,6	3,1	2,1	5,5	66%	66%
Radicelle Est	10	2,7	1,7	5,5		50%
Radicelle Ouest	8	2,7	1,7	5,5		62%
Regnault	7	3,0	2,0	5,5		50%

<sup>(1)</sup> données estimées d'après notre connaissance du site

<sup>(2)</sup> Bassins considérés comme vides de terre

Figure 17 : Géométrie des remblais types des différents bassins

### 2.6.1. Analyse probabiliste des résultats obtenus

Une étude probabiliste a été effectuée dans le but d'analyser les données issues des sondages CPT (Cone Penetration Test). Pour ce faire, une approche méthodique a été adoptée impliquant l'analyse des données selon la loi de Student, couche par couche, de manière indépendante des autres. L'objectif central de cette démarche est d'évaluer la variabilité des propriétés géotechniques du sol avec un niveau de confiance de 95%. En utilisant un seuil de risque de 5%, cette analyse statistique vise à fournir des informations cruciales sur les caractéristiques géotechniques spécifiques à chaque strate de sol, permettant ainsi une compréhension approfondie de la structure du sous-sol et contribuant à des prises de décision éclairées sur la sécurité et l'état de stabilité de la digue en question.

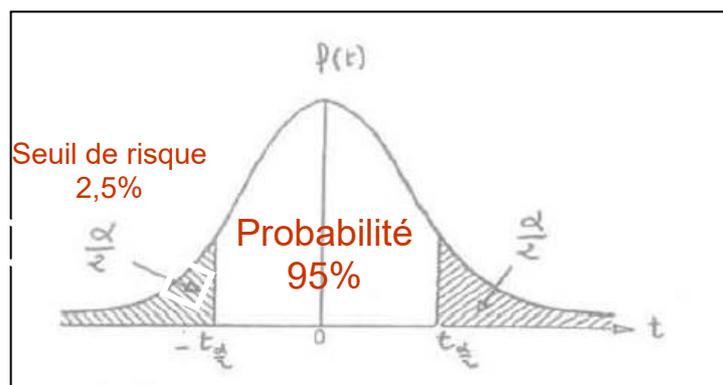


Figure 18 : Loi de Student, intervalle Bilatérale

Pour faire cette étude probabiliste suivant la loi de Student, il faut dans un premier temps déterminer la taille de chaque échantillon (nombre de données), la moyenne (arithmétique) et l'écart type. Avec ces paramètres, il sera possible de calculer l'intervalle de confiance évaluée par :

$$[\bar{x}_{\min}, \bar{x}_{\max}] = [\bar{x} - t_{n-1, 1-\alpha/2} \cdot s / \sqrt{n}, \bar{x} + t_{n-1, 1-\alpha/2} \cdot s / \sqrt{n}]$$

Avec :

- $n$  : nombre d'éléments (degrés de liberté)
- $s$  : écart type
- $\alpha$  : seuil de confiance
- $t_{n-1, 1-\alpha/2}$  : variable qui suit la loi de Student

A noter que la valeur critique  $t_{n-1, 1-\alpha/2}$  est obtenu par lecture sur l'abaque de Student en fonction du degré de liberté correspondant à la taille de l'échantillon et du seuil de confiance.

LOI DE STUDENT AVEC  $k$  DEGRÉS DE LIBERTÉ  
QUANTILES D'ORDRE  $1 - \gamma$

$k$	Seuil de confiance										
	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.010	0.005	0.0025	0.0010	0.0005
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	127.3	318.3	636.6
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.09	22.33	31.60
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.21	12.92
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.767
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
50	0.679	0.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496
60	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
80	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	2.887	3.195	3.416
100	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	2.871	3.174	3.390
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
$\infty$	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291

Tableau 2 : Abaque de Student

Nous proposons d'analyser les valeurs de qc selon les différentes couches lithologiques observées dans les remblais et le sol de fondation, à savoir :

- Sable très ferme
- Silt sableux très ferme
- Silt sableux ferme
- Silt sableux moyennement ferme
- Silt argileux très ferme
- Silt argileux moyennement ferme
- Silt argileux mou
- Argile moyennement ferme

- Argile moyennement molle
- Argile molle
- Argile tourbeuse moyennement ferme.
- Argile tourbeuse molle

Les tableaux présentés ci-dessous regroupent les résultats de l'étude probabiliste avec un seuil de risque de 5% pour les CPT effectués en 2020 et 2024 :

Couche de sol	Sable très ferme	
Année	2020	2024
Seuil de risque	5%	5%
Degrés de liberté	286	396
Moyenne	5,41	6,98
Ecart-type	1,72	3,67
Intervalle de confiance	[5,31 ; 5,51]	[6,81 ; 7,16]

Couche de sol	Sable ferme	
Année	2020	-
Seuil de risque	5%	-
Degrés de liberté	166	-
Moyenne	2,66	-
Ecart-type	1,81	-
Intervalle de confiance	[2,60 ; 2,72]	-

Couche de sol	Silt Sableux très ferme	
Année	2020	2024
Seuil de risque	-	5%
Degrés de liberté	-	291
Moyenne	-	4,65
Ecart-type	-	2,02
Intervalle de confiance	-	[4,54 ; 4,77]

Couche de sol	Silt Sableux ferme	
Année	2020	2024
Seuil de risque	5%	5%
Degrés de liberté	970	532
Moyenne	2,75	2,91
Ecart-type	1,17	1,37
Intervalle de confiance	[2,72 ; 2,79]	[2,85 ; 2,96]

Couche de sol		Silt Sableux moyennement ferme	
Année	2020	2024	
Seuil de risque	5%	5%	
Degrés de liberté	280	1 075	
Moyenne	1,81	1,74	
Ecart-type	0,56	0,81	
Intervalle de confiance	[1,78 ; 1,84]	[1,72 ; 1,76]	

Couche de sol		Silt argileux très ferme	
Année	2020	2024	
Seuil de risque	-	5%	
Degrés de liberté	-	40	
Moyenne	-	3,47	
Ecart-type	-	1,60	
Intervalle de confiance	-	[3,22 ; 3,71]	

Couche de sol		Silt argileux moyennement ferme	
Année	2020	2024	
Seuil de risque	5%	5%	
Degrés de liberté	305	388	
Moyenne	1,74	1,35	
Ecart-type	0,76	0,69	
Intervalle de confiance	[1,70 ; 1,79]	[1,32 ; 1,38]	

Couche de sol		Silt argileux mou	
Année	2020	2024	
Seuil de risque	-	5%	
Degrés de liberté	-	65	
Moyenne	-	0,82	
Ecart-type	-	0,17	
Intervalle de confiance	-	[0,80 ; 0,84]	

Couche de sol		Silt argileux très mou	
Année	2020	2024	
Seuil de risque	5%	-	
Degrés de liberté	184	-	
Moyenne	0,72	-	
Ecart-type	0,32	-	
Intervalle de confiance	[0,70 ; 0,74]	-	

Couche de sol		Argile moyennement ferme	
Année	2020	2024	

Seuil de risque	5%	5%
Degrés de liberté	1052	1100
Moyenne	1,10	1,34
Ecart-type	0,42	0,70
Intervalle de confiance	[1,09 ; 1,12]	[1,32 ; 1,36]

Couche de sol	Argile moyennement molle	
Année	2020	2024
Seuil de risque	5%	5%
Degrés de liberté	245	520
Moyenne	0,90	0,82
Ecart-type	0,37	0,28
Intervalle de confiance	[0,88; 0,92]	[0,81 ; 0,83]

Couche de sol	Argile molle	
Année	2020	2024
Seuil de risque	5%	5%
Degrés de liberté	835	754
Moyenne	0,72	0,74
Ecart-type	0,49	0,32
Intervalle de confiance	[0,70 ; 0,73]	[0,73 ; 0,75]

Couche de sol	Argile très molle	
Année	2020	2024
Seuil de risque	5%	-
Degrés de liberté	834	-
Moyenne	0,72	-
Ecart-type	0,49	-
Intervalle de confiance	[0,70 ; 0,73]	-

Couche de sol	Argile tourbeuse moyennement ferme	
Année	2020	2024
Seuil de risque	5%	5%
Degrés de liberté	177	403
Moyenne	0,62	1,15
Ecart-type	0,25	0,53
Intervalle de confiance	[0,60 ; 0,64]	[1,13 ; 1,18]

Couche de sol	Argile tourbeuse molle	
Année	2020	2024
Seuil de risque	-	5%
Degrés de liberté	-	67
Moyenne	-	0,56
Ecart-type	-	0,47
Intervalle de confiance	-	[0,50 ; 0,61]

L'analyse probabiliste dans les différentes couches lithologiques montre que les résultats de la campagne de sondage de 2024 sont légèrement supérieurs ou similaires à ceux obtenus en 2020. Dans ces conditions, les modèles géotechniques établis en 2020 sont jugés conservatifs.

### 2.6.2. Essais en laboratoire

Les résultats en laboratoire sont synthétisés ci-après.

Les essais confirment que les remblais de digues sont constitués essentiellement de silts, tantôt argileux, tantôt sableux. Les remblais argileux sont généralement classés A2 (VBS > 2,5), alors que les remblais sableux ou très silteux sont classés A1 au sens du GTR.

Plusieurs teneurs en eau sont supérieures à 30%, ce qui traduit probablement, dans ce cas, une saturation en eau du matériau ou a minima un état hydrique très humide. Cette saturation en eau du matériau est prise en compte par la suite du rapport lors de la modélisation des écoulements, et les calculs de stabilité au glissement.

Lorsque la fraction argileuse est significative, les paramètres mécaniques sont essentiellement contenus dans les fourchettes suivantes :

$$25 \leq \phi' (^{\circ}) \leq 30$$

$$6 \leq C' (\text{kPa}) \leq 24$$

Lorsque la fraction sableuse est significative, les paramètres mécaniques sont essentiellement contenus dans les fourchettes suivantes :

$$30 \leq \phi' (^{\circ}) \leq 36$$

$$1 \leq C' (\text{kPa}) \leq 11$$

Référence de l'échantillon / nature	Intitulé		Photo	W <sub>n</sub>	pd	D <sub>max</sub>	Analyse granulométrique NF P94-056			Essai au bleu de méthylène NF P94-068	Classification GTR NF P11-300	Cisaillage rectiligne à la boîte (sur échantillon intact) NF P94-071			
	Symbole	D&P					<50mm	<2mm	<80µm			VBS	C <sub>p</sub>	φ <sub>p</sub>	C <sub>f</sub>
	Unité	ml	(-)	(%)	(Mg/m <sup>3</sup> )	(mm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(kPa)	(°)	(kPa)	(°)	
<b>SC1 de 1.50 à 2.93 m</b> [H+1.02 à 1.12 m] Marne argileuse plastique marron foncé.		1	1	31.3	1.35	<5	100.0	100.0	98.7	2.8	A <sub>2</sub>	16	31	16	31
<b>SC1 de 4.50 à 6.00 m</b> [H+1.29 à 1.38 m] Silt argileux brun foncé.		1	1	40.5	1.23	<5	100.0	99.8	99.4	3.4	A <sub>2</sub>	20	25	20	25
<b>SC2 de 1.50 à 3.00 m</b> [H+0.87 à 0.96 m] Marne ferme marron.		1	1	26.9	1.46	7	100.0	99.3	96.2	3.1	A <sub>2</sub>	9	29	6	29
<b>SC2 de 4.90 à 5.83 m</b> [H+1.03 à 1.08 m] Silt plastique gris.		1	1	21.4	1.66	<5	100.0	99.8	99.2	0.9	A <sub>1</sub>	18	30	13	30
<b>SC3 de 1.50 à 3.00 m</b> [H+0.38 à 0.44 m] Alternance de lits millimétriques de marne argileuse, peu plastique, marron.		1	1	40.4	1.28	6	100.0	98.0	93.0	2.3	A <sub>1</sub>	25	28	24	28
<b>SC3 de 4.50 à 6.00 m</b> [H+0.00 à 0.10 m] Argile marneuse, plastique, grise, marbrée de marne argileuse plastique marron.		1	1	36.1	1.38	<5	100.0	99.4	98.0	3.1	A <sub>2</sub>	20	26	19	26
<b>SC4 de 1.50 à 3.00 m</b> [H+0.75 à 0.80 m] Marne sableuse (sable fin), ferme, brun grisâtre.		1	1	23.6	1.55	8	100.0	99.4	82.2	1.3	A <sub>1</sub>	2	32	1	32
<b>SC4 de 4.50 à 5.80 m</b> [H+0.90 à 0.97 m] Sable fin marneux très plastique, légèrement destructuré, brun grisâtre.		1	1	32.0	1.34	<5	100.0	98.3	92.2	1.9	A <sub>1</sub>	6	32	1	32
<b>SC5 de 1.50 à 3.00 m</b> [H+0.70 à 0.75 m] Marne sablo-argileuse, peu plastique, marbrée beige grisâtre et noirâtre.		1	1	23.1	1.34	<5	100.0	98.6	78	0.7	A <sub>1</sub>	24	28	17	29
<b>SC5 de 4.50 à 5.80 m</b> [H+0.50 à 0.55 m] Marne sableuse (sable fin), ferme, beige et beige grisâtre.		1	1	19.1	1.59	<5	100.0	98.5	64.1	1	A <sub>1</sub>	7	33	3	34
<b>SC6 de 1.50 à 2.90 m</b> [H+0.33 à 0.40 m] Marne argileuse, plastique, marron et brun grisâtre. Présence de rares éléments carbonatés anguleux millimétriques.		1	1	30.7	1.37	7	100.0	98.8	96.1	3.2	A <sub>2</sub>	7	32	6	32
<b>SC6 de 5.90 m</b> [H+0.34 à 0.42 m] Marne sableuse (sable fin), ferme, grise marbrée de marron.		1	1	22.3	1.57	<5	100.0	100	93.4	1.1	A <sub>1</sub>	24	32	15	33
<b>SC7 de 1.50 à 3.00 m</b> [H+0.35 à 0.40 m] Marne sableuse (sable fin), peu plastique, marbrée gris et marron. Présence de rares éléments carbonatés millimétriques.		1	1	20.1	1.55	<5	100.0	99.6	82.5	0.9	A <sub>1</sub>	8	32	2	33
<b>SC7 de 4.50 à 5.80 m</b> [H+0.70 à 0.75 m] Marne sableuse (sable fin), ferme, marbrée marron grisâtre et brun.		1	1	20.8	1.58	<5	100.0	99.9	78.1	0.8	A <sub>1</sub>	4	37	6	33
<b>SC8 de 1.50 à 3.00 m</b> [H+0.30 à 0.60 m] Sable fin silteux plastique localement mou, gris à marbrures marron. Rares tâches noirâtres (matière organique ?).		1	1	23.4	1.51	<5	100.0	99.9	88.1	0.6	A <sub>1</sub>	14	31	11	31
<b>SC8 de 4.50 à 5.82 m</b> [H+0.40 à 0.70 m] Sable grossier évoluant en sable fin grisâtre ferme, destructuré.		1	1	33.3	1.33	<5	100.0	99.9	96.0	1.2	A <sub>1</sub>	16	38	3	36
<b>SC9 de 1.50 à 3.00 m</b> [H+0.20 à 0.40 m] Marne silteuse gris sombre plastique ferme.		1	1	23.5	1.52	<5	100.0	99.4	97.2	1.9	A <sub>1</sub>	15	31	12	31
<b>SC9 de 4.50 à 6.00 m</b> [H+0.80 à 0.90 m] Marne silteuse plastique à molle, gris bleuté à marbrures marron, gris bleuté. Présence localement de structures litées millimétriques.		1	1	29.0	1.49	7	100.0	99.8	98.5	2.2	A <sub>1</sub>	15	31	15	31

Tableau 3 : Synthèse des résultats en laboratoire – investigations de mai 2020

Référence de l'échantillon / nature	S 101c		S 101d	S 102	S 103	S 111			S 114	S 505				
	Intitulé	Description visuelle de l'échantillon Supérieur 1.1.00 ml XP P94-01.0/NF P94-011	Photographie de l'échantillon	Teneur en eau pondérale NF P94-050	pd NF P94-053	D <sub>max</sub>	<50mm	<2mm	<80µm	VBS	GTR NF P11-300	C <sub>p</sub>	φ <sub>p</sub>	C <sub>f</sub>
Unité	ml	(-)	(%)	(Mg/m <sup>3</sup> )	(mm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(kPa)	(°)	(kPa)	(°)
<b>SCA de 0.00 à 1.50 m</b> [H+0.00 à 0.40 m] Alternance de passées millimétriques à centimétriques d'argile plastique grise et de silt plastique marron et grisâtre.	1	1	33.1	1.27	<5	100.0	98.8	96.1	3.9	A <sub>2</sub>	13	30	13	30
<b>SCA de 4.50 à 6.00 m</b> [H+0.00 à 0.50 m] Argile silteuse plastique, grise.	1	1	28.9	1.36	<5	100.0	99.2	97.1	2.5	A <sub>2</sub>	15	27	15	27
<b>SCB de 3.00 à 4.50 m</b> [H+0.78 à 1.10 m] Silt argileux, plastique à mou, marron gris.	1	1	30.2	1.45	<5	100.0	100	99.1	3.4	A <sub>2</sub>	7	31	8	30
<b>SCC de 3.00 à 4.50 m</b> [H+0.00 à 0.50 m] Silt argileux très plastique, marron gris.	1	1	33.8	1.38	15	100.0	99.4	94.1	3.6	A <sub>2</sub>	10	36	7	34

Tableau 4 : Synthèse des résultats en laboratoire – investigations de juin 2020

Référence de l'échantillon / nature	S 102		S 113b	S 114	S 105				S 107	
	Intitulé	Teneur en eau pondérale NF P94-050	Sédimentométrie NF P94-057	Essai au bleu de méthylène NF P94-068	Limite d'Atterberg (liquidité et plasticité) NF P94-052-1/NF P90-051	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	IP	IC	W <sub>R</sub>
Unité	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<b>Pz1B de 2.00 à 3.00 m</b> Argile peu carbonatée molle gris bleuté. Présence d'éléments carbonatés millimétriques.	34.0	25.8	4.0	42	29	13	0.6	12.9		
<b>Pz1B de 3.00 à 4.50 m</b> Argile marno-sableuse molle grise et noire.	65.1	13.4	2.3	51	42	9	-1.6	28.2		

Tableau 5 : Synthèse des résultats en laboratoire – investigations de septembre de 2020

## 2.7. Modèles géotechniques de synthèse

### 2.7.1. Détermination des modèles

Compte tenu des investigations réalisés en 2024, il en ressort :

- L'absence de déplacements significatifs lors des mesures inclinométriques ;
- Des valeurs de résistances issues des CPT de 2024 similaires ou plus favorables que sur les CPT 2020.
- L'absence de désordre observé lors de l'inspection visuelle.

Compte tenu de ces éléments, les modèles géotechniques qui seront définis par la suite de ce rapport seront ceux du diagnostic géotechnique de 2020.

Concernant le bassin La Hutte 2, un remplissage en terre du bassin est en cours. Nous n'avons pas réalisé de modélisation concernant la Hutte 2 puisqu'il ne s'agit plus d'un bassin à proprement parlé.

La dénomination des sols est basée sur l'Eurocode 7 :

Classes de sol		$I_c$	$p_1^*$ (MPa)	$q_c$ (MPa)	$(N_{1,60})$	$c_u$ (kPa)
<b>Argiles et limons</b>	Très mous à mous	0,0 – 0,50	< 0,4	< 1,0		< 75
	Fermes	0,50 – 0,75	0,4 à 1,2	1,0 à 2,5		75 à 150
	Raides	0,75 – 1,00	1,2 à 2	2,5 à 4,0		150 à 300
	Très raides	> 1,00	$\geq 2$	$\geq 4,0$		$\geq 300$
<b>Sols intermédiaires</b> (sable limoneux, sable argileux, argile sableuse)		Classement à réaliser selon les indications des Figures A.2.1 à A.2.4				
<b>Sables et graves</b>	Très lâches		< 0,2	< 1,5	< 3	
	Lâches		0,2 à 0,5	1,5 à 4	3 à 8	
	Moyennement denses		0,5 à 1	4 à 10	8 à 25	
	Denses		1 à 2	10 à 20	25 à 42	
	Très denses		> 2	> 20	42 à 58	
<b>Craies</b>	Molles		< 0,7	< 5		
	Altérées		0,7 à 3	5 à 15		
	Saines		$\geq 3$	$\geq 15$		
<b>Marne et calcaire marneux</b>	Tendres		< 1	< 5		
	Raides		1 à 4	5 à 15		
	Très raides		> 4	> 15		
<b>Rocher</b>	Altéré		2,5 à 4			
	Fragmenté		> 4			

Tableau 6 : Classement des sols selon différents critères issue du tableau A.2.1 de la norme NF P 94-261

Les valeurs de cohésion et d'angle de frottement ont été déterminées à partir des essais en laboratoire et par corrélation avec les essais pénétrométriques statiques.

Les corrélations établies pour les valeurs de cohésion et d'angle de frottement sont sécuritaires vis-à-vis des résultats obtenus en laboratoire.

Type de sol	$q_c$ (MPa)	$C'$ (kPa)	$\phi'$ (°)
Argile très molle	0,4 à 0,5	5	20
Argile silteuse molle et sol organique	0,5 à 0,7	3	20
Argile molle avec matière organique	1,0	7	22
Argile molle	0,8 à 1,0	7	25
Argile silteuse molle	1,0 à 1,5	7	28
Argile silteuse moyennement ferme	1,5 à 3,0	12	28
Sable silteux moyennement ferme	2,0 à 2,5	2	32
Sable silteux ferme	3,0	5	32
Silt argileux ferme	3,0	15	28
Sable silteux très ferme	6,0	5	34
Sable très ferme	7,0	5	35

Figure 19 : Tableau de corrélation des caractéristiques mécaniques selon la nature des sols (Source Antea Group)

Ces hypothèses sont jugées en adéquation avec les résultats obtenus en laboratoire. Sur les 22 essais réalisés en laboratoire, l'angle de frottement obtenu est toujours supérieur à 26°. Pour les sols mous, nous avons retenu un choix prudent sur les caractéristiques mécaniques. ( $\phi' = 20^\circ$ ). Les cohésions retenues se trouvent dans la gamme des valeurs basses des résultats obtenus en laboratoire ( $1 \leq C'$  (kPa)  $\leq 24$ ).

A partir des corrélations présentées ci-dessus et des résultats des investigations, un modèle géotechnique a été réalisé pour chaque bassin.

### 2.7.2. La Hutte 1

Considérant les investigations réalisées, Antea Group propose de retenir le modèle géotechnique suivant pour le bassin La Hutte 1, basé sur le sondage CPT2 (2024) localisé au sud du bassin :

Modèle géotechnique – CPT2 (2024)						
Profondeur (m / crête)	Profondeur (m NGF)	Type de sol	$q_{cm\ 2020}$ (MPa)	$C'$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$\gamma_h$ (KN/m <sup>3</sup> )
0 à 0,7	46,8 à 45,9	Sable silteux très ferme	6,0	5	34	19
0,7 à 1,2	45,9 à 45,6	Argile molle	0,7	7	25	19
1,2 à 1,7	45,6 à 45,1	Sable très ferme	5,4	5	35	19
1,7 à 3,4	45,1 à 43,4	Silt argileux moyennement ferme	1,7	12	28	19
3,4 à 10,5	43,4 à 36,3	Argile molle	0,7	7	25	19
10,5 à 12,0	36,3 à 34,8	Argile moyennement ferme	1,1	7	28	19

Tableau 7 : Modèle géotechnique pour le bassin La Hutte 1 – Sondage CPT2

### 2.7.3. Radicelle

Considérant les investigations réalisées, Antea Group propose de retenir le modèle géotechnique suivant pour le Radicelle, basé sur le sondage CPT11 (2020), localisé au sud du bassin :

Modèle géotechnique – CPT11						
Profondeur (m / crête)	Profondeur (m NGF)	Type de sol	$q_{cm\ 2020}$ (MPa)	$C'$ (kPa)	$\varphi'$ (°)	$\gamma_h$ (KN/m <sup>3</sup> )
0,0 à 1,0	49,6 à 48,6	Sable silteux très ferme	4,0	5	34	19
1,0 à 3,0	48,6 à 46,6	Sable silteux moyennement ferme	2,0	2	32	19
3,0 à 4,0	46,6 à 45,6	Argile molle	0,8	7	25	19
4,0 à 6,0	45,6 à 43,6	Silts sableux fermes	3,5	5	32	19
6,0 à 7,0	43,6 à 42,6	Argile silteuse molle	1,5	7	28	19
7,0 à 8,5	42,6 à 41,1	Silts sableux ferme	3,0	5	32	19
8,5 à 12,0	41,1 à 37,6	Argile silteuse molle	2,0	7	28	19

Tableau 8 : Modèle géotechnique Radicelle

Le mur béton en partie Ouest a été modélisé comme une couche de sol très résistance, avec respectivement  $\varphi' = 40^\circ$  et  $C' = 1000$  kPa.

### 2.7.4. Bassin Regnault

Considérant les investigations réalisées, Antea Group propose de retenir le modèle géotechnique suivant pour le bassin Regnault, basé sur le sondage CPT13, localisé au sud-est du bassin :

Profondeur (m / crête)	Côte (m NGF)	Type de sol	$q_{cm\ 2020}$ (MPa)	$C'$ (kPa)	$\varphi'$ (°)	$\gamma_h$ (KN/m <sup>3</sup> )
0,0 à 1,5	46,8 à 45,3	Sable silteux moyennement ferme	2,0	2	32	19
1,5 à 4,5	45,3 à 42,3	Silt argileux mou	1,0	7	25	19
4,5 à 6,2	42,3 à 40,6	Sable silteux moyennement ferme	2,0	2	32	19
6,2 à 12,0	40,6 à 34,8	Silt argileux mou	1,0	7	25	19

Tableau 9 : Modèle géotechnique Bassin Regnault

## 3. Approche méthodologique des scénarios de rupture des remblais des bassins

Les modes de rupture principaux des remblais de bassin sont les suivants :

- L'érosion externe ;
- L'instabilité au glissement ;
- L'érosion interne.

### 3.1. Rupture par érosion externe

#### 3.1.1. Érosion externe par débordement

Ce phénomène est lié au débordement de l'eau contenu dans le bassin. Compte tenu du fait que les bassins ne sont pas soumis aux phénomènes de crue car ils sont totalement déconnectés de cours d'eau, ce risque est géré par la hauteur de revanche retenue dans le cadre de l'exploitation des bassins.

D'après MALLET et PACQUAN, la hauteur des vagues, sous l'effet du vent, est donnée avec une assez bonne approximation par la formule :

$$H = 0,5 + \sqrt{L}/3$$

Avec L la longueur du plan d'eau en km

La vitesse de propagation des vagues en m/s est donnée par :

$$V = 3/2 + 2/3H$$

La revanche vis-à-vis des vagues est évaluée par la formule  $R=V^2/2g$ .

Il convient d'additionner H et R (H+R) pour obtenir la revanche de sécurité nécessaire.

Bassin	L Longueur interne du bassin (km)	H Hauteur de vague (m)	V Vitesse de propagation des vagues (m/s)	R Revanche par rapport aux vagues (m)	R Totale (m)
La Hutte 1	0,27	0,67	1,95	0,19	0,86
Radicelle	0,27	0,67	1,95	0,19	0,86
Regnault	0,24	0,66	1,94	0,19	0,85

Tableau 10 : Revanche calculée selon Mallet et Pacquan

A cette revanche de vague, il apparaît pertinent de prendre une sécurité supplémentaire pour prendre en compte les pluies exceptionnelles. Prenant en compte les coefficients Montana de la station météo France de Cambrai, les hauteurs obtenues pour une pluie longue (24h) sont les suivantes :

<b>Poste Météo France Cambrai</b>			
Pluie de 3h à 24 h			
	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>Pluie (mm)</b>
<b>5 ans</b>	10.68	0.81	42.53
<b>10 ans</b>	15.204	0.835	50.48
<b>20 ans</b>	21.555	0.863	58.38
<b>30 ans</b>	26.362	0.879	63.55
<b>50 ans</b>	34.296	0.902	69.95
<b>100 ans</b>	48.903	0.933	79.61

durée de pluie: **1440 min**

Tableau 11 : Hauteurs de pluies attendues sur 24h, occurrences de 5 à 100 ans

Une pluviométrie exceptionnelle pourra amener une hausse du niveau d'eau comprise entre 4 et 8 cm sur une journée, hausse qu'il convient rajouter à la revanche due aux vagues.

**Au regard de la hauteur potentielle de vagues et d'une pluviométrie exceptionnelle, la revanche de 1,0 m pour tous les bassins, tel que pratiqué par l'exploitant précédent, est satisfaisante. Le risque d'érosion externe est jugé négligeable dans cette configuration.**

### 3.2. Rupture par érosion interne

Les bassins de l'ancienne sucrerie d'Escaudœuvres sont constitués de remblais en terre. Dans les conditions d'exploitation et concernant les remblais non étanchés par géomembrane, l'érosion interne représente le critère majorant dans la caractérisation du niveau de sûreté.

Comme le recommande le guide du CFBR de 2015 pour les ouvrages anciens, il est recommandé de procéder à des modélisations hydrauliques pour évaluer leur comportement. Le calage des données est notamment assuré par les relevés piézométriques mis en œuvre sur chaque bassin.

La stabilité à l'érosion interne fait l'objet du chapitre spécifique n°5.

### 3.3. Rupture par instabilité au glissement

La méthodologie pour vérifier la stabilité au glissement des remblais est présentée au chapitre 5 du présent rapport. Pour chaque bassin, sur la base des profils géométriques et des sondages les plus défavorables, des calculs de stabilité sont menés.

Les calculs sont menés avec le niveau maximal d'exploitation des bassins, soit les niveaux de revanche calculés au chapitre 3.1.

La stabilité est vérifiée en obtenant un coefficient de sécurité satisfaisant en fonction des scénarios étudiés.

La stabilité au glissement est vérifiée au chapitre n°6. L'approche de vérification est déterministe (recherche d'un coefficient de sécurité) et intègre également une analyse probabiliste.

## 4. Modélisation des écoulements

### 4.1. Principe

Le principe de la modélisation est d'évaluer les conditions d'écoulement hydraulique au sein des remblais en remblai et le risque d'érosion interne.

Les écoulements au sein des remblais ou dans le terrain d'assise peuvent être à l'origine de départ et de migration de matériaux lorsque le gradient hydraulique dépasse un certain seuil (appelé gradient critique des matériaux constituant le barrage ou sa fondation).

L'érosion interne régressive correspond à l'arrachage de matériaux en sortie du réseau d'écoulement lorsque le gradient d'écoulement excède le gradient critique de flottabilité du sol. Un conduit peut se créer progressivement de l'aval vers l'amont amplifiant au cours du temps le gradient et les vitesses d'écoulement.

Les données et résultats des modélisations sont fournies en annexe.

### 4.2. Méthodologie de calcul

#### 4.2.1. Outil de modélisation

Les calculs sont effectués à l'aide du logiciel SEEP/W, version 2021, développé par Geostudio ([www.geoslope.com](http://www.geoslope.com)), basé sur la méthode des éléments finis.

Il permet de modéliser des écoulements hydrauliques au sein des milieux poreux.

Les calculs sont réalisés en 2D en coupe et en régime permanent.

#### 4.2.2. Choix de modélisation

Les calculs sont menés en régime permanent, ce qui signifie que les écoulements au sein du remblai et des fondations ont eu le temps de s'établir à leur état final.

Cette approche calculatoire ne prend pas en compte l'exploitation réelle des bassins, avec leurs chroniques de remplissage.

Compte-tenu des faibles valeurs de perméabilité estimées pour les matériaux constituant les remblais des bassins, cette approche de calcul est très sécuritaire car elle majore les pressions interstitielles au sein du remblai.

### 4.3. Hypothèses de calcul

Les situations calculées sont les suivantes :

- **Situation n°1** : Remplissage du bassin à sa cote maximale d'exploitation et niveau de nappe élevé ;

### 4.3.1. Niveau de remplissage des bassins

Les niveaux d’eaux considérés dans les calculs sont les suivants :

Profil Remblais	NPHE nappe (m NGF)	Niveau max. d'exploitation (m NGF)
La Hutte 1	39,5	45,1
Regnault	39,2	45,8
Radicelle Est	39,5	48,6

Tableau 12 : Cotes de nappe et de niveau de remplissage des profils modélisés

### 4.3.2. Mesures piézométriques au droit des remblais

Chaque bassin est équipé de piézomètres depuis octobre 2020. Ces piézomètres ont été réalisés en crête de remblais ou en doublon crête/pied et permettent de capter le niveau d’eau dans le corps de remblais.

Pz	3H	3B	4H	4B	5H	5B	13
Bassin	Radicelle		Regnault		La Hutte 2		La Hutte 1
Niveau piézométrique (m/terrain)	6,4	2,48	7,08	1,47	6,58	2,26	6,13*
Niveau piézométrique (m NGF)	43,73	39,45	39,92	39,03	40,38	38,48	40,83*

Tableau 13 : Données piézométriques au 29/08/2024

\* Le piézomètre 13 n’a pas été retrouvé lors de la visite le 29 août 2024. Il s’agit des données relevées en juillet 2022 lors de l’inspection annuelle.

Un comparatif de cette piézométrie a été réalisé :

Nom des bassins	Référence piézomètre	Niveaux piézométrique réalisés en octobre 2020 (m NGF)	Niveaux piézométrique réalisés en août 2024 (m NGF)	$\Delta H$ (2024 – 2020) (m)
Radicelle Ouest	PZ3H	43,6	43,73	0,13
	PZ3B	39,8	39,45	-0,35
Regnault Nord	PZ4H	40,25	39,92	-0,33
	PZ4B	38,95	39,03	0,08
La Hutte 2 Est	PZ5H	-	40,38	-
	PZ5B	39,5	38,48	-1,02

Tableau 14 : Comparaison de la piézométrie modélisée en 2021 et 2024

Il ressort globalement des résultats une piézométrie 2024 globalement plus élevée que les mesures réalisées en octobre 2020. Dans l’ensemble, l’évolution piézométrique n’est pas significative.

### 4.3.3. Charges hydrauliques à l’aval

Conformément aux Eurocodes, pour l’ensemble des bassins modélisés la charge hydraulique imposée à l’aval correspond au NPHE nappe.

### 4.3.4. Maillage et conditions aux limites

Les conditions aux limites appliquées au modèle sont les suivantes :

- A gauche du modèle, côté bassin : charge imposée au niveau de remplissage ;
- A droite du modèle : charge imposée au niveau NPHE ou au niveau du dernier relevé piézométrique ;
- Sur les flancs aval de la digue : condition de suintement.

La dimension des mailles est égale à 0,2 m.

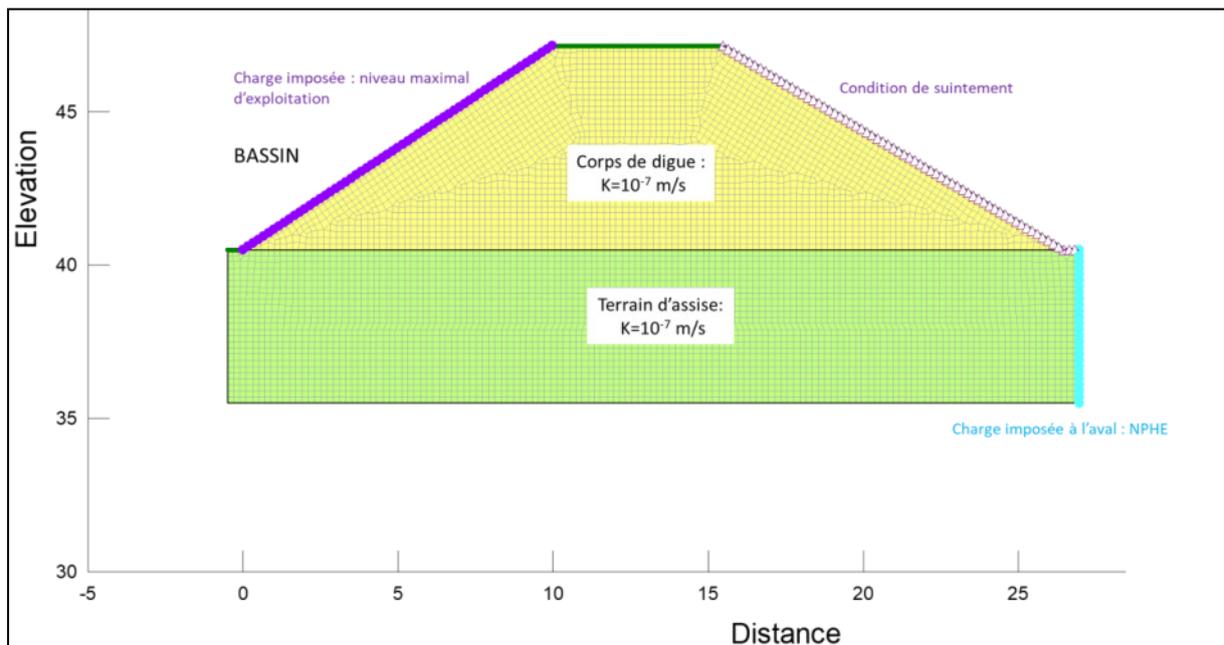


Figure 20 : Conditions aux limites et maillage du modèle - Profil Recyclage Ouest

### 4.3.5. Perméabilités

Les valeurs de perméabilités retenues dans les calculs sont basées sur les observations et les résultats des essais d’identification réalisés en laboratoire ainsi que sur les rétro-calages menés en considérant les niveaux de remplissage actuels.

Compte-tenu de la nature des matériaux constituant les digues des bassins et le terrain d'assise, les perméabilités retenues sont les suivantes :

	Perméabilité (m/s)	Facteur d'anisotropie
Corps de digue	$1.10^{-7}$	1
Terrain d'assise	$1.10^{-7}$	1
Mur en béton	$1.10^{-9}$	1

Tableau 15 : Valeurs de perméabilité retenue dans les calculs

Ces hypothèses permettent d'évaluer le comportement hydraulique et la stabilité des structures de confinement, permettant ainsi une gestion optimale des risques liés à l'infiltration et à la rétention des eaux.

#### 4.4. Résultats de la modélisation hydraulique

Les résultats des modélisations sont fournis en annexe et récapitulés dans le tableau ci-après. Pour les calculs montrant un suintement, d'autres situations calculatoires ont été étudiées pour appréhender l'influence du niveau de remplissage et de la nappe.

Radicelle – Digue Est					
Configuration calcul	Charge amont - Remplissage (m NGF)	Charge aval (m NGF)	Niveau piézométrique dans le corps de digue (m NGF)	Risque de Suintement en parement aval	Gradient hydraulique maximum
N°1	48.6	39.5	46.8	Oui (42,2 m NGF)	0.4
N°2	48.6	37.9	46.5	non	0.4
N°3	45.5	39.5	44	non	0.2

La Hutte 1					
Configuration calcul	Charge amont - Remplissage (m NGF)	Charge aval (m NGF)	Niveau piézométrique dans le corps de digue (m NGF)	Risque de Suintement en parement aval	Gradient hydraulique maximum
N°1	45.1	39.5	43.9	non	0.3

Regnault – Digue Nord					
Configuration calcul	Charge amont - Remplissage (m NGF)	Charge aval (m NGF)	Niveau piézométrique dans le corps de digue (m NGF)	Risque de Suintement en parement aval	Gradient hydraulique maximum
N°1	45.8	39.2	44	non	0.5

Les modèles numériques mettent en évidence un risque de suintement de la nappe sur le parement aval pour les hypothèses les plus sécuritaires pour le remblai Est du bassin Radicelle.

Une résurgence a pu être observée à travers le mur (fissure) durant l'hiver 2022-2023, ce qui est cohérent avec la modélisation mettant en évidence une ligne de saturation atteignant le mur. La stabilité au glissement reste assurée dans cette configuration et il n'y a pas eu d'entraînement de matière. Cette résurgence semble ponctuelle, n'ayant pas été observée sur notre visite annuelle de 2023, ni lors de la visite fin août 2024 dans le cadre de la présente étude.

Rappelons que le remblai Est de Radicelle présente un masque granulaire jusqu'à une hauteur de 43,2 m NGF, assurant une protection contre l'érosion du parement. Par ailleurs, le gradient hydraulique en pied de parement extérieur est faible ( $\leq 0,4$ ), permettant de considérer comme faible le risque de déclenchement du processus d'érosion.

## 5. Stabilité à l'érosion interne

### 5.1.1. Avis sur l'érosion régressive et la suffusion

A partir des résultats SEEP obtenus, nous ne mettons pas en évidence de profils avec suintement sur les remblais des bassins La Hutte 1 et Regnault. Cette configuration permet de considérer un risque d'érosion régressif ou par suffusion faible à nul.

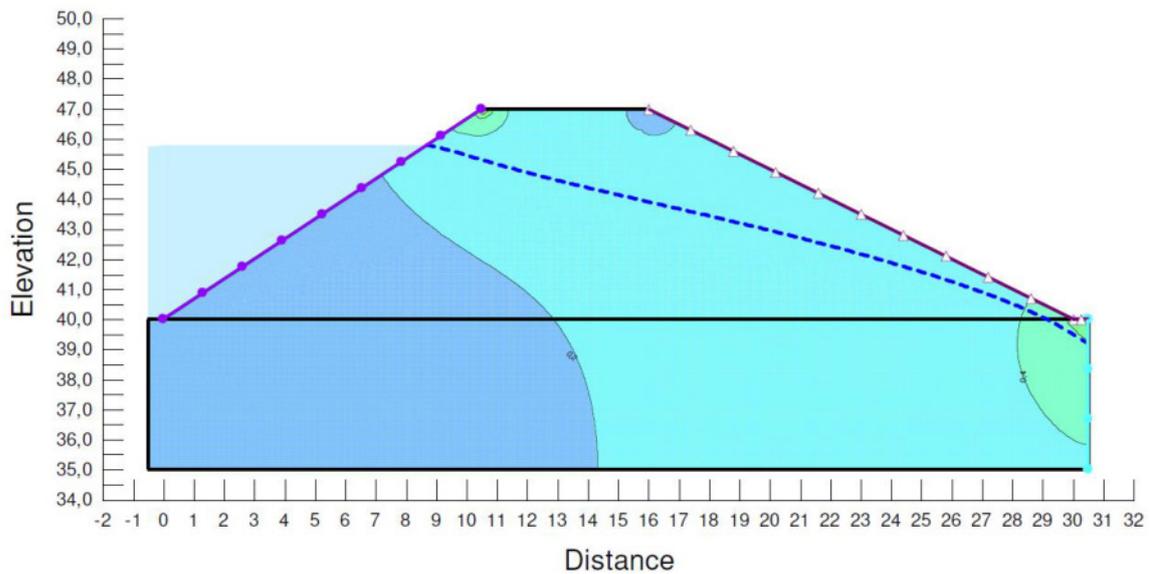


Figure 21 : Ligne de saturation en considérant un niveau de remplissage jusqu'à la côte de revanche – Regnault

Au droit du remblai Est du bassin Radicelle, un risque de suintement de la nappe sur le parement aval pour les hypothèses majorantes existe. Comme précisé dans le §4.4, le gradient hydraulique en pied de parement extérieur est néanmoins faible ( $\leq 0,4$ ), permettant de considérer comme faible le risque de déclenchement du processus d'érosion.

De plus, les modélisations mettent en évidence une ligne de saturation restant sous la cote du terrain naturel aval (figure ci-après). Cette configuration garantit le non-développement d'une érosion régressive liée à un écoulement traversant.

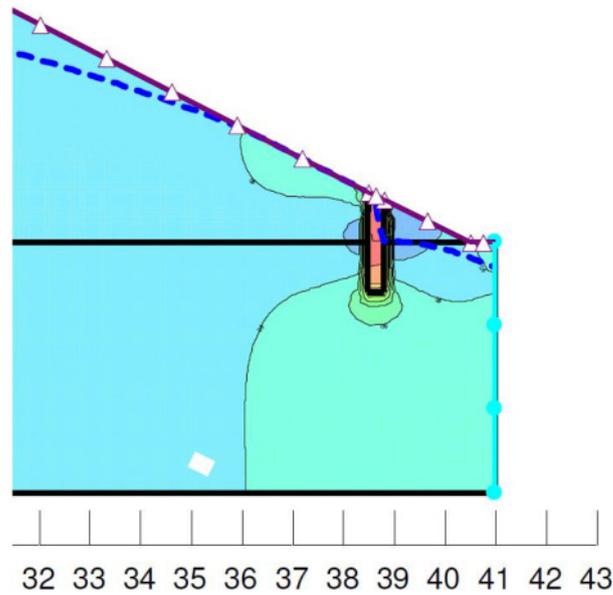


Figure 22 : Radicelle Est – Gradients hydrauliques - Charge à l'aval au niveau NPHE - Niveau maximum d'exploitation

## 5.2. Critère de rétention aux interfaces

Ce critère est négligé dans la présente étude car les ouvrages ne présentent pas d'interfaces marquées, ces derniers ayant été réalisé en déblai/remblai globalement.

## 5.3. Erosion de contact avec la fondation

Des mesures expérimentales ont été effectuées pour connaître l'initialisation du contact dans la configuration d'un matériau grossier sur une couche de sol fin, tel que présenté sans la figure ci-après.

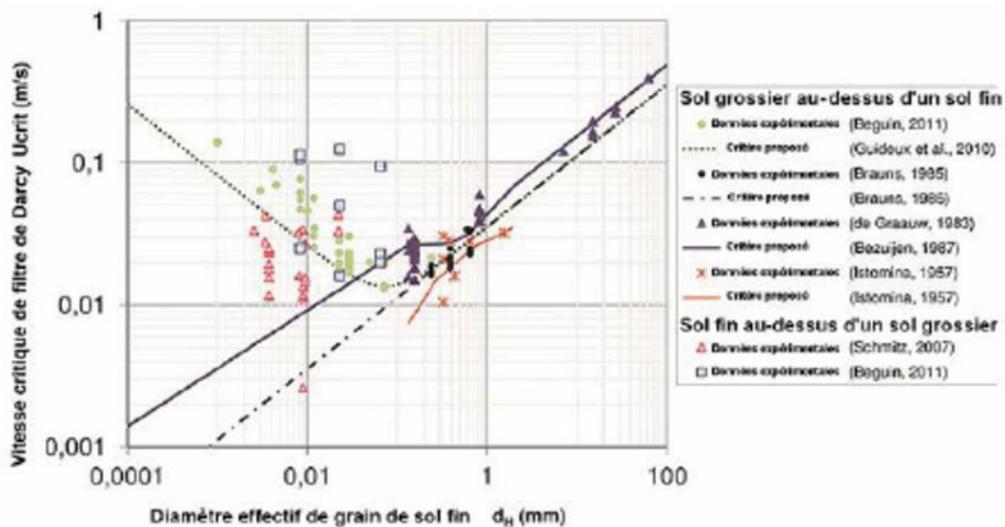


Figure 23 : Résumé de l'initiation de l'érosion de contact, rapport entre la vitesse de Darcy et le diamètre effectif du grain de sol fin

Le critère récent de BEGUIN (2011) implique une vitesse  $U_{crit}$  supérieure à  $10^{-2}$  m/s, quel que soit le diamètre effectif du sol fin. Les modélisations au droit des remblais mettent en évidence des vitesses de l'ordre de  $10^{-5}$  m/s, soit bien inférieures au critère de BEGUIN pour développer une érosion de contact.

## 5.4. Erosion de conduit

Les parements sont tous équipés de grillage anti-fouisseurs

Notons également que le risque lié au passage de canalisation a été vérifié. Le bassin Radicelle ne présente pas de canalisations rigides à notre connaissance. Sur Regnault et La Hutte, les configurations ne sont pas jugées à risque.

Bassin	Remblai	Conduite	Passage
Regnault	Remblai Nord	Forage dirigé en PE - 350	Sortie sous le niveau naturel en pied de remblai
La Hutte	Remblai Nord	Fosse équipée d'une pompe	Tuyauterie aérienne

Figure 24 : Données sur les tuyauteries des bassins

## 5.5. Boullance

Les modélisations mettent en évidence l'absence d'écoulements ascendants, permettant d'écarter un phénomène de boullance. Toutefois, un calcul de stabilité à l'érosion interne peut être effectué pour vérifier l'existence d'un phénomène de Boullance.

Le risque de Boullance est analysé à l'aide de la formule suivante :

$$i \times \gamma_d = \frac{h_A - h_B}{l_{AB}} \times \gamma_d \leq i_c = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$$

Avec :

- $i : (h_A - h_B) / l_{AB}$
- $\gamma_d : 1,2$  (situation de crue)
- $i_c = \gamma' / \gamma_w = 8 / 10 = 0,8$

D'où :

Bassin		Facteur de sécurité
La Hutte 1	$0,31 < 0,8$	2,6
Radicelle	$0,34 < 0,8$	2,4
Regnault	$0,29 < 0,8$	2,8

Tableau 16 : Risque de boullance – facteurs de sécurité

## 6. Stabilité au glissement

### 6.1. Méthodes et logiciel

Afin de vérifier la stabilité du système vis-à-vis du glissement, les calculs numériques ont été réalisés avec le logiciel TALREN 5, développé par TERRASOL. Les calculs de la présente étude ont été menés avec la méthode des tranches de Bishop en rupture circulaire (type d'instabilité concernant les matériaux en présence).

Pour une surface potentielle de glissement, le calcul fournit le coefficient de sécurité, noté  $F$ , correspondant au rapport des efforts résistants (résistance au cisaillement du sol, renforcements...) sur les efforts moteurs (poids des terrains, écoulement de l'eau dans le sol...). Le coefficient de sécurité de l'ouvrage est donné par la surface de glissement la plus critique ( $F$  minimal).

Les calculs sont menés selon l'approche 3 de l'Eurocode 7, dont les coefficients de sécurité partiels sont les suivants :

<b>A2 + M2 + R3</b>	
<b>Facteurs partiels A2 pour les actions <math>\gamma_F</math> ou effets des actions <math>\gamma_E</math></b>	
Action permanente défavorable $\gamma_G$	1,0
Action permanente favorable $\gamma_G$	1,0
Action variable défavorable $\gamma_Q$	1,3
Action variable favorable $\gamma_Q$	0
<b>Facteurs partiels M2 pour les paramètres de sol <math>\gamma_M</math></b>	
Tangente de l'angle de frottement interne $\phi'$ ( $\gamma_{\phi'}$ )	1,25
Cohésion effective $c'$ ( $\gamma_{c'}$ )	1,25
Cohésion non drainée $c_u$ ( $\gamma_{cu}$ )	1,4
Poids volumique $\gamma$ ( $\gamma_\gamma$ )	1,0
<b>Facteurs partiels R3 de la résistance (<math>\gamma_R</math>) pour les pentes</b>	
Facteur partiel de la résistance $\gamma_{R,e}$	1,1

**Tableau 17 : Coefficients de sécurité partiels de l'approche 3 de l'Eurocode 7**

Le coefficient de modèle est pris égal à 1,10, correspondant à un ouvrage courant.

Dans nos calculs, nous chercherons à obtenir un coefficient de sécurité dit « long terme » :

- **$F \geq 1,0$  à long terme,**

Pour les situations calculatoires jugées très défavorables (saturation selon Kozeny), un coefficient de sécurité ramené à 0,85 est jugé satisfaisant. Cette situation est jugée stable à « court terme » si :

- **$F \geq 0,85$  à court terme.**

## 6.2. Hypothèses de calculs

### 6.2.1. Surcharges

Nous avons modélisé une surcharge de 10 kPa répartie sur la largeur en crête de digue. Un accotement de 0,5 m a été respecté. Cette charge de 1 tonne par m<sup>2</sup> est plus défavorable que la circulation d'un engin lourd en crête de digue. Le niveau de surcharge respecte la préconisation du CFBR.

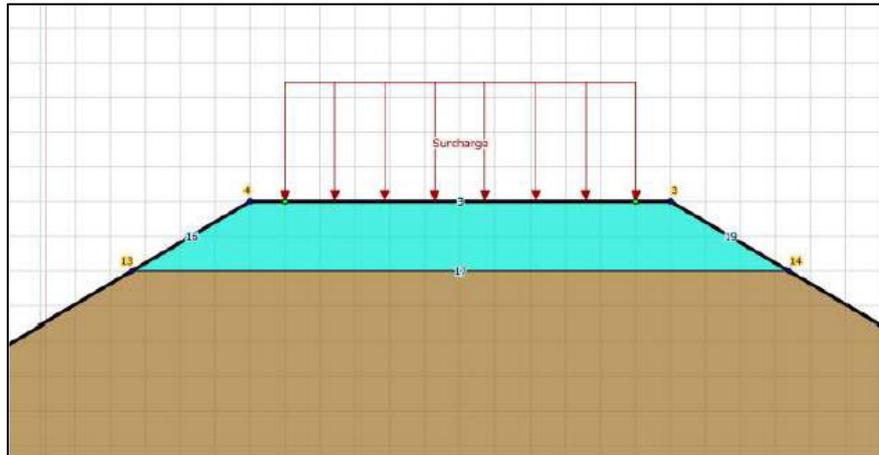


Figure 10 : Modélisation d'une surcharge en crête de digue

### 6.2.2. Situations étudiées

Les situations calculées, identiques à celles étudiées dans le logiciel SEEP/W, sont les suivantes :

- **Situation n°1** : Charge asymétrique d'eau entre deux bassins avec un niveau de saturation profond
- **Situation n°2** : Charge asymétrique d'eau entre deux bassins avec saturation en pied de digue
- **Situation n°3** : Charge asymétrique d'eau entre deux bassins avec saturation selon modélisation aux éléments finis

### 6.2.3. Conditions sismiques

Dans les zones de sismicité très faibles, les sollicitations dynamiques ne sont pas dimensionnantes. Les calculs de stabilité sont menés en conditions statiques uniquement.

Le sol d'assise (argiles, puis sables silteux) n'est pas considéré comme un matériau liquéfiable au sens de l'Eurocode 8.

## 6.3. Résultats des calculs de stabilité au glissement

### 6.3.1. La Hutte 1

Les résultats des facteurs de sécurité sont représentés dans le tableau suivant :

Bassin	Sondage de référence	F <sub>s</sub> Stabilité générale Avec saturation profonde	F <sub>s</sub> Stabilité générale Avec saturation selon Kozeny	F <sub>s</sub> Stabilité générale Avec saturation selon SEEP	F <sub>s</sub> Stabilité en Grand Avec saturation selon SEEP
La Hutte 1	CPT2 (2024)	-	-	1,87	2,06

Figure 25 : La Hutte - Synthèse des calculs de stabilité sur Talren

La modélisation SEEP a été réalisée sur le profil de digue le plus défavorable d'un point de vue d'un écoulement à travers la digue, ici le profil de digue Sud.

Considérant la méthode Kozeny très défavorable et peu réaliste, un coefficient de sécurité supérieur à 0,85 est jugé satisfaisant pour cette situation calculatoire.

**La stabilité au glissement est vérifiée.**

### 6.3.2. Radicelle

Les résultats des facteurs de sécurité sont représentés dans le tableau suivant :

Bassin	Sondage de référence	F <sub>s</sub> Stabilité générale Avec saturation profonde	F <sub>s</sub> Stabilité générale Avec saturation selon Kozeny	F <sub>s</sub> Stabilité générale Avec saturation selon SEEP	F <sub>s</sub> Stabilité en Grand Avec saturation selon SEEP
Radicelle Est	CPT11 (2020)	1,50	1,00	1,00	1,00
Radicelle Ouest Avec épaulement granulaire	CPT11 (2020)	1,59	0,99	-	-

Figure 26 : Radicelle - Synthèse des calculs de stabilité sur Talren

La modélisation SEEP a été réalisée sur le profil de digue le plus défavorable d'un point de vue d'un écoulement à travers la digue, ici le profil de digue Est.

Considérant la méthode Kozeny très défavorable et peu réaliste, un coefficient de sécurité supérieur à 0,85 est jugé satisfaisant pour cette situation calculatoire.

**La stabilité au glissement est vérifiée.**

### 6.3.3. Regnault

Bassin	Sondage de référence	F <sub>s</sub> Stabilité générale Avec saturation profonde	F <sub>s</sub> Stabilité générale Avec saturation selon Kozeny	F <sub>s</sub> Stabilité générale Avec saturation selon SEEP	F <sub>s</sub> Stabilité en Grand Avec saturation selon SEEP
Regnault	CPT13	1,24	0,88	1,01	1,04

Figure 27 : Regnault - Synthèse des calculs de stabilité sur Talren

Considérant la méthode Kozeny très défavorable et peu réaliste, un coefficient de sécurité supérieur à 0,85 est jugé satisfaisant pour cette situation calculatoire.

**La stabilité au glissement est vérifiée.**

## 6.4. Limites de l'étude

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels et artificiels étudiés.

L'inspection visuelle des remblais permet cependant d'obtenir une vision relativement continue des ouvrages.

S'agissant d'ouvrages anciens, l'étude n'évalue pas la portance du sol supportant le remblai. En revanche, l'évaluation de la portance devra être menée dans le cadre d'éventuels travaux de rehausse.

L'étude n'évalue pas non plus les possibles tassements résiduels du sol support sous le poids des remblais. Considérant l'âge des remblais (plusieurs décennies), et le comportement historiquement bon des remblais à ce niveau, la déformabilité du sol support est jugée négligeable.

L'étude actuelle considère des cas de remplissage a priori plus défavorable que prévu pour l'exploitation future. Les conclusions des vérifications de la stabilité à l'érosion interne et au glissement dans ce cas là serait également défavorable par rapport à la situation future.

## 7. Synthèse de l'expertise

La société TEREOS exploitait les bassins La Hutte 1, Radicelle et Regnault jusqu'en 2023. Les remblais de ces bassins ont fait l'objet d'une expertise en 2021. Des cotes de danger et des cotes de sûreté ont été définies pour conditionner le remplissage des bassins.

La société Agristo a souhaité réaliser une nouvelle actualisation des remblais, comportant une inspection visuelle, un relevé des instruments de surveillance (piézomètres, inclinomètres) et la réalisation de nouveaux sondages pénétrométriques. En tendance, les sondages 2024 présentent des résistances un peu plus fortes que ceux réalisés en 2020, ne remettant pas en causes les modèles géotechniques établis. Les instruments et l'inspection visuelle confirment le bon état des remblais en 2024.

Les 3 mécanismes de défaillance des remblais sont étudiés, à savoir :

- L'érosion externe
- L'érosion interne
- La stabilité au glissement

Le risque d'érosion externe par débordement est négligé avec le maintien d'une revanche substantielle par rapport au niveau de crête, à savoir 1,0 m a minima.

Le risque d'érosion interne des remblais est porté par le risque d'érosion régressive. Les processus par suffusion, par érosion aux interfaces et de contact, par érosion de conduit et par phénomène de boulangerie ont une probabilité de survenance d'un à plusieurs ordres de grandeur inférieurs.

Les classes de risques suivantes sont appliquées en fonction des critères d'érosion, de la possibilité d'un suintement, du gradient hydraulique associé à la cote de revanche :

Situation	Aléa	Probabilité
Critère d'érosion non vérifié (Suffusion, Rétention, Contact, Conduit, Boulangerie)	Fort	≥ 5%
Critères vérifiés et suintement absent ou contrôlé*	Très Faible	< 0.1%
Critères vérifiés et suintement avec gradient inférieur à 0,3	Faible	< 1%
Critères vérifiés et suintement avec gradient de 0,3 à 0,6	Moyen	< 5%
Critères vérifiés et suintement avec gradient supérieur à 0,6	Fort	≥ 5%

\* Contrôle par masque granulaire

**Tableau 18 : Critères d'évaluation des probabilités de défaillance par érosion interne**

Ainsi, les probabilités de défaillance attendues pour le risque de rupture par érosion interne sont récapitulées dans le tableau ci-après :

Bassin	Situation	Risque de défaillance	Probabilité
La Hutte 1, Radicelle, Regnault	Critères vérifiés et suintement absent ou contrôlé	Très Faible	< 0.1%

**Tableau 19 : Evaluation des probabilités de défaillance par érosion interne sur les bassins La Hutte 1, Radicelle et Regnault**

Le risque de glissement a été vérifié pour plusieurs situations hydrauliques. Prenant en compte des caractéristiques mécaniques retenues avec un seuil de risque de 5% (méthode probabiliste), et l’obtention de coefficients de sécurités (méthode déterministe) nettement supérieures aux valeurs demandées dans le CFBR, le risque d’instabilité au glissement est jugé strictement inférieur à 5%.

Ainsi, à l’issue du diagnostic 2024, nous proposons un maintien des cotes de sûreté et de danger des bassins d’Escaudœuvres et repris par Agristo, soit :

Profil Digue	Cote de danger	Cote de sûreté
	(m NGF)	(m NGF)
La Hutte 1	46,6	45,6
Radicelle	49,6	48,6
Regnault	46,8	45,8

**Tableau 20 : Cotes de sûreté et de danger pour chaque bassin**

Dans le cadre de l’usage futur des bassins, nous préconisons le protocole de surveillance suivant, en phase d’exploitation :

- Relevé des niveaux de revanches : Fréquence quotidienne - relevé visuel ou capteur automatique (niveaux à formaliser dans un registre) ;
- Installation d’un dispositif de pompage ou de surverse (entre bassins) pour maintenir le niveau de revanche à la cote maximale indiquée ;
- Relevé des piézomètres et inspection visuelle complète des remblais (crête, parement interne, parement externe) par le personnel formé de l’usine : Fréquence hebdomadaire (formalisé sur fiche) ;
- Relevé des inclinomètres et inspection visuelle complète par un expert (Diagnostic en barrage de classe C) : Fréquence annuelle ;
- Tonte régulière de la végétation en parements, a minima 2 fois par an

## Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. A défaut, Antea Group s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence.

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

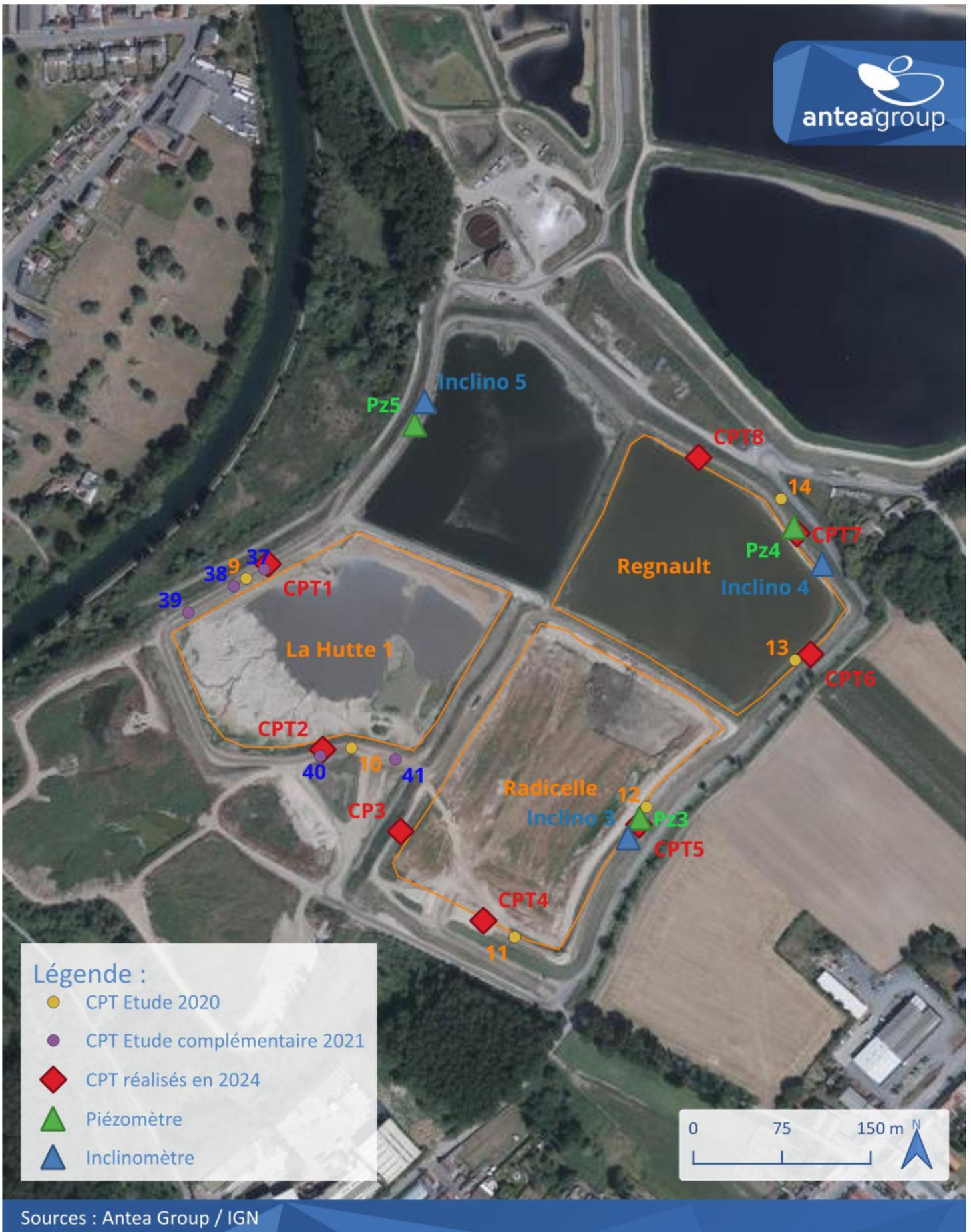
Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <https://www.anteagroup.fr/fr/annexes>



# ANNEXES

- Annexe I : Plan de localisation des sondages 2024 et cumulés de 2020 à 2024
- Annexe II : Relevés inclinométriques 2024
- Annexe III : Relevés piézométriques 2024
- Annexe IV : Logs des sondages 2024
- Annexe V : Logs des sondages (2020)
- Annexe VI : Calculs SEEP/W
- Annexe VII : Calculs TALREN

## **Annexe I : Plan de localisation des sondages 2024 et cumulés de 2020 à 2024**

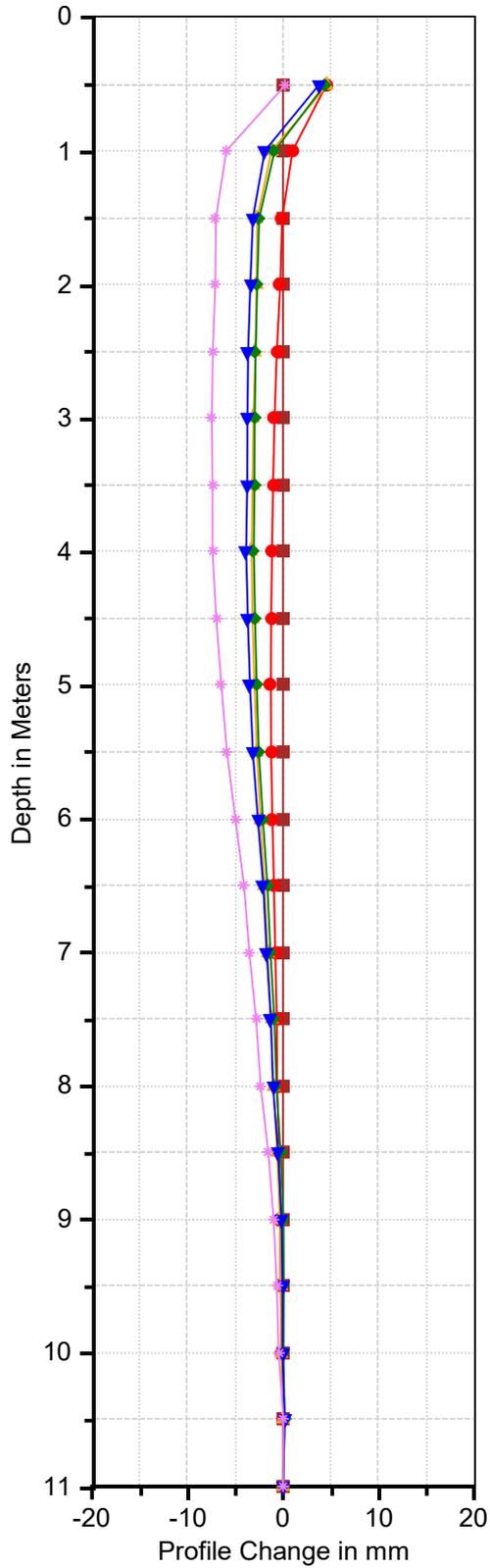


Sources : Antea Group / IGN

## Annexe II : **Relevés inclinométriques 2024**

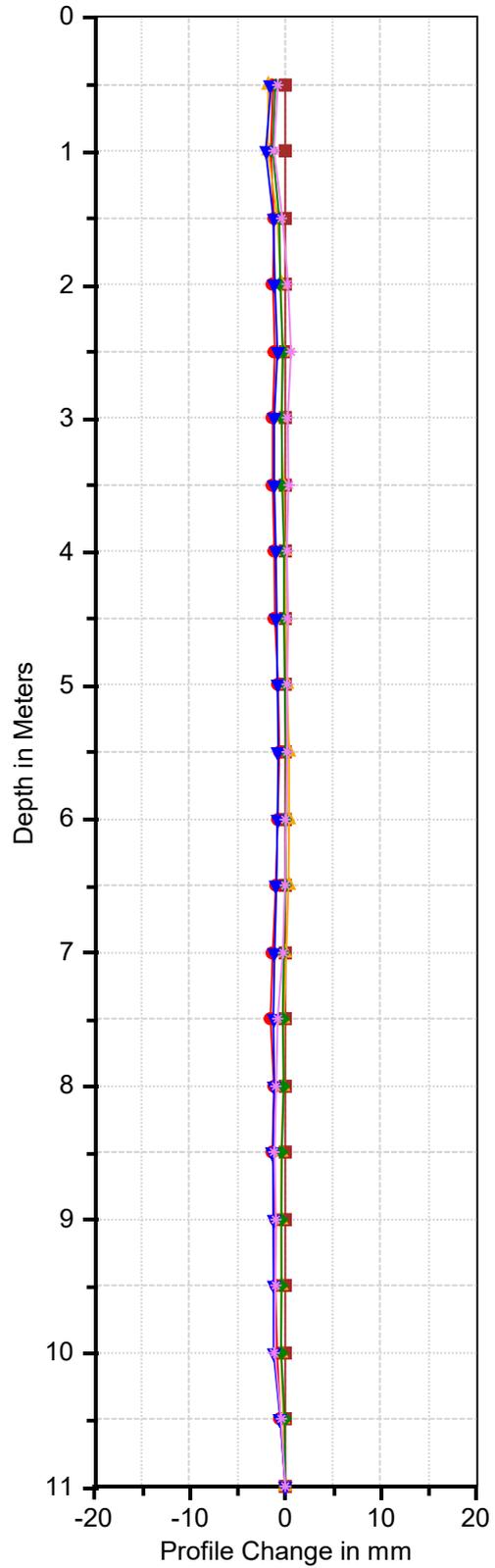
LaHutte I5 A

03/11/2020 10/06/2021 21/07/2022  
27/01/2023 22/06/2023 29/08/2024



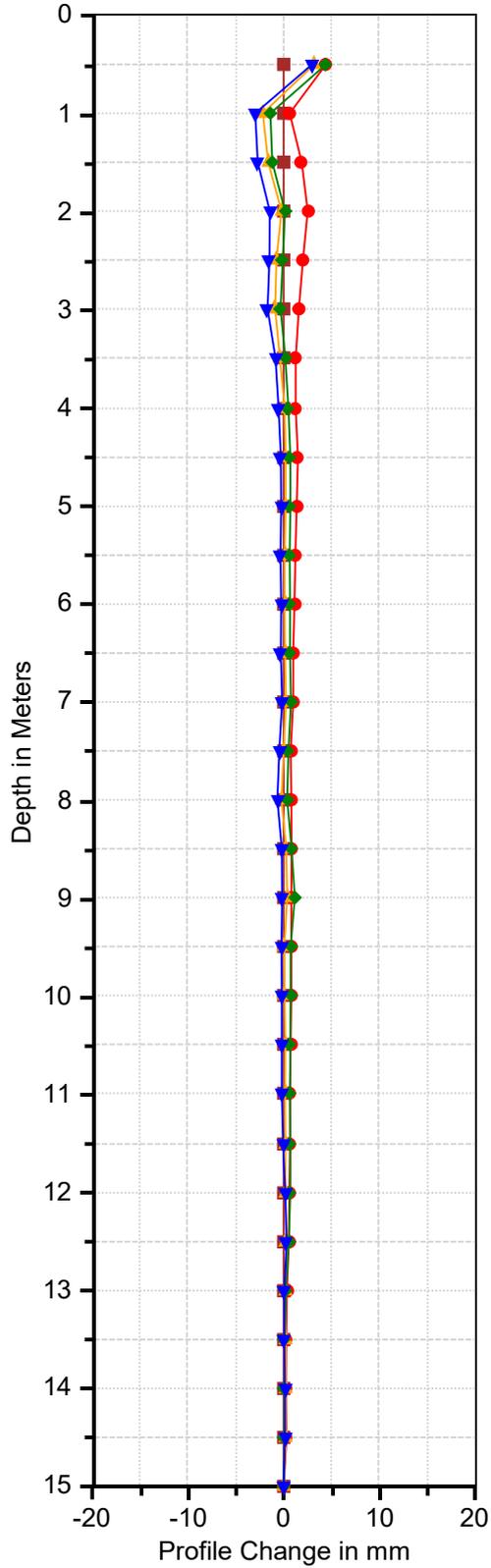
LaHutte I5 B

03/11/2020 10/06/2021 21/07/2022  
27/01/2023 22/06/2023 29/08/2024



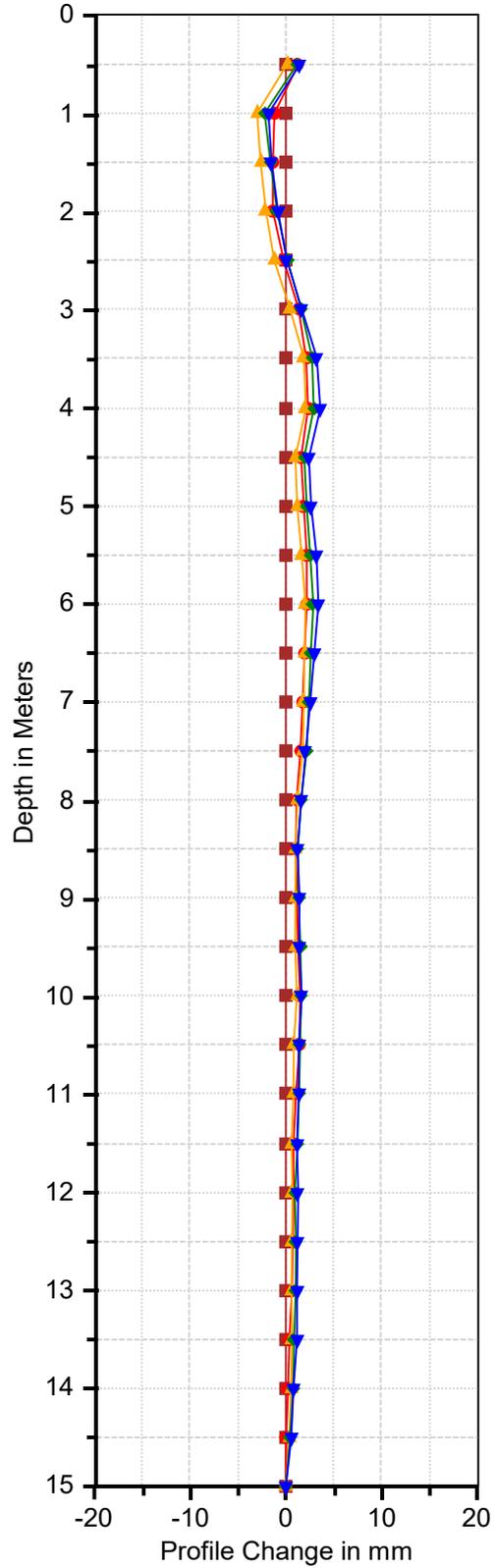
Radicelle I3 A

03/11/2020 10/06/2021 21/07/2022  
22/06/2023 29/08/2024



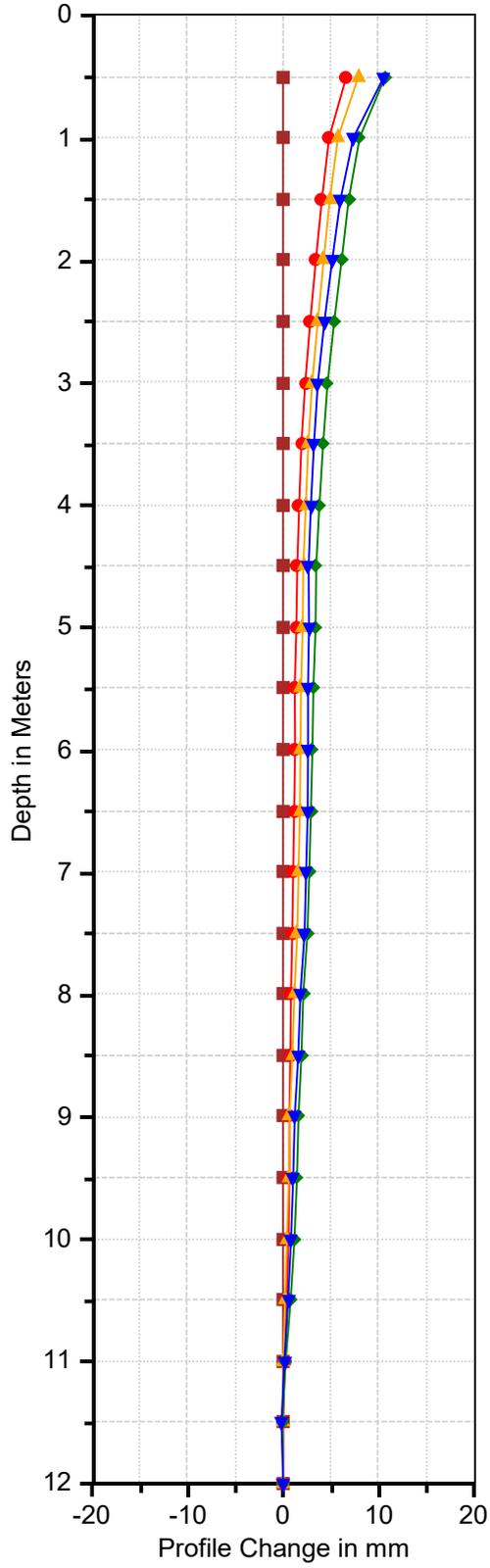
Radicelle I3 B

03/11/2020 10/06/2021 21/07/2022  
22/06/2023 29/08/2024



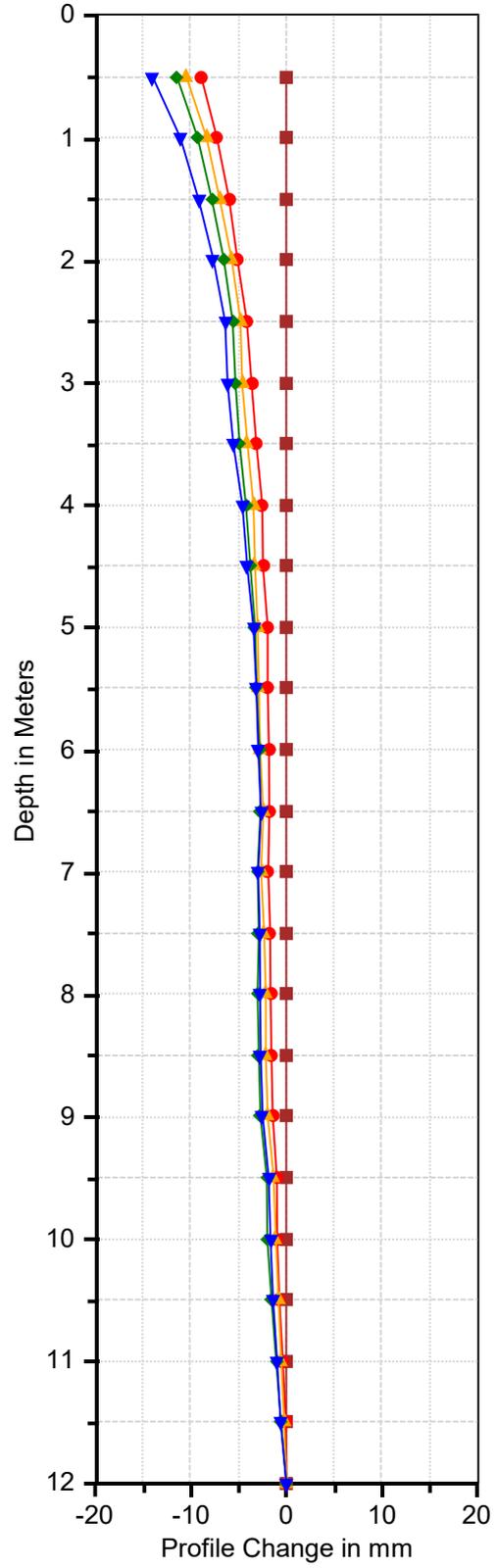
Regnault I4 A

03/11/2020 10/06/2021 21/07/2022  
22/06/2023 29/08/2024



Regnault I4 B

03/11/2020 10/06/2021 21/07/2022  
22/06/2023 29/08/2024

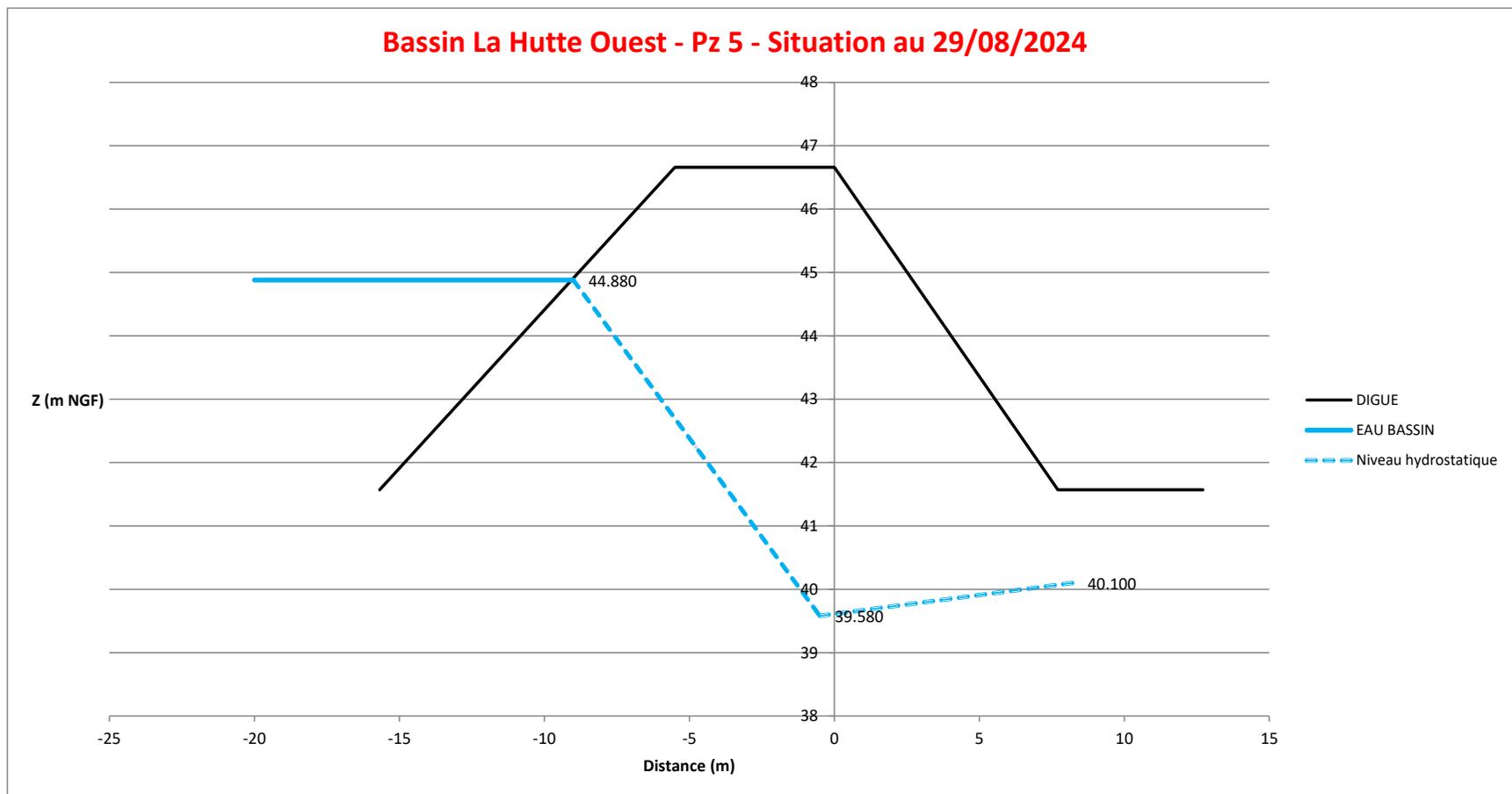


## Annexe III : **Relevés piézométriques 2024**

Désignation bassin	Profil de digue	Date du relevé piézométrique	Niveau piézométrique / crête de digue (m)	Cote de la crête de digue (m NGF)	Cote piézométrique (m NGF)	Niveau piézométrique / pied de digue (m)	Cote du pied de digue (m NGF)	Cote piézométrique (m NGF)
La Hutte		29/08/2024	7.08	46.66	39.58	1.47	41.57	40.1

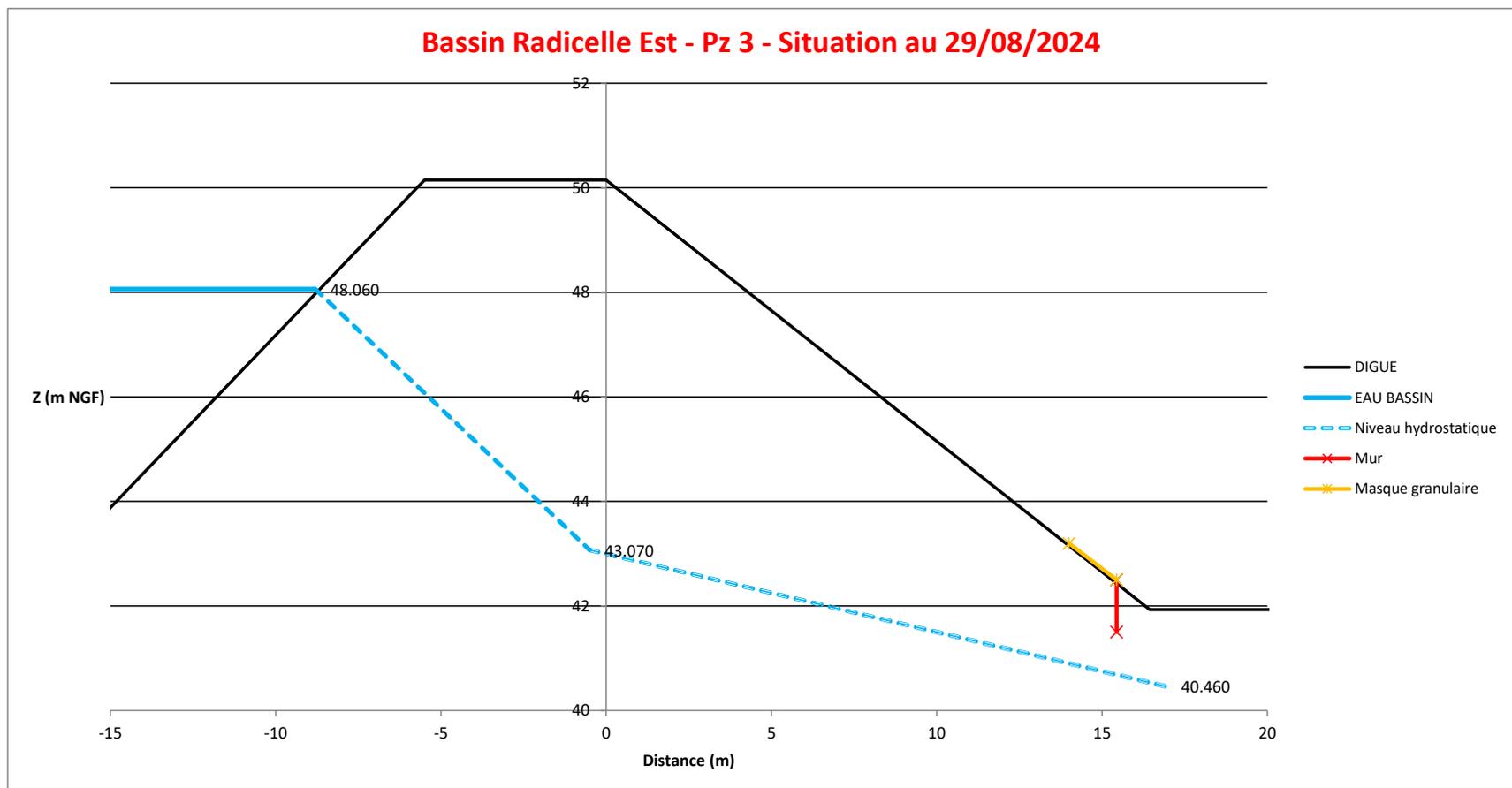
DIGUE			EAU BASSIN		Pz 5 Haut		Pz 5 Bas	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Pente intérieure								
50%	-15.68	41.57	-20	44.880	-0.5	39.580	8.212121212	40.100
Largeur de crête	-5.5	46.66	-9	44.880				
X = 0 = crête extérieure	0	46.66						
Pente extérieure	7.71212121	41.57						
66%	12.7121212	41.57						

**Bassin La Hutte Ouest - Pz 5 - Situation au 29/08/2024**



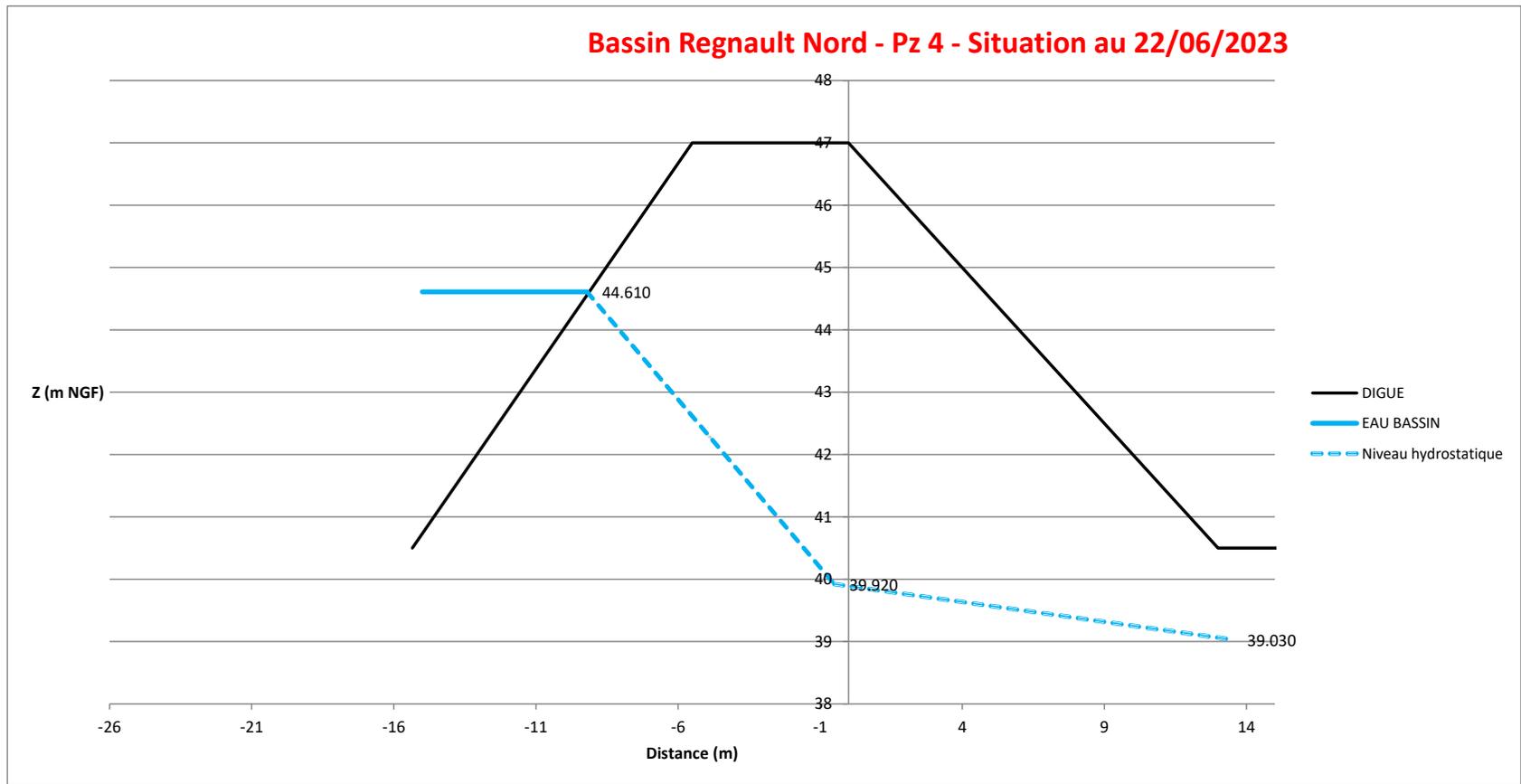
Désignation bassin	Profil de digue	Date du relevé piézométrique	Niveau piézométrique / crête de digue (m)	Cote de la crête de digue (m NGF)	Cote piézométrique (m NGF)	Niveau piézométrique / pied de digue (m)	Cote du pied de digue (m NGF)	Cote piézométrique (m NGF)
Radicelle		29/08/2024	7.08	50.15	43.07	1.47	41.93	40.46

DIGUE			EAU BASSIN		Pz 3 Haut		Pz 3 Bas		Mur
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X
Pente intérieure									
66%	-17.9545455	41.93	-15	48.060	-0.5	43.070	16.94	40.460	15.44
Largeur de crête	-5.5	50.15	-8.8	48.060					15.44
X = 0 = crête extérieure	0	50.15							
Pente extérieure	16.44	41.93							
50%	21.44	41.93							



Désignation bassin	Profil de digue	Date du relevé piézométrique	Niveau piézométrique / crête de digue (m)	Cote de la crête de digue (m NGF)	Cote piézométrique (m NGF)	Niveau piézométrique / pied de digue (m)	Cote du pied de digue (m NGF)	Cote piézométrique (m NGF)
Regnault		29/08/2024	7.08	47	39.92	1.47	40.5	39.03

DIGUE			EAU BASSIN		Pz 4 Haut		Pz 4 Bas	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Pente intérieure								
66%	-15.3484848	40.5	-15	44.610	-0.5	39.920	13.5	39.030
Largeur de crête	-5.5	47	-9.2	44.610				
X = 0 = crête extérieure	0	47						
Pente extérieure	13	40.5						
50%	18	40.5						



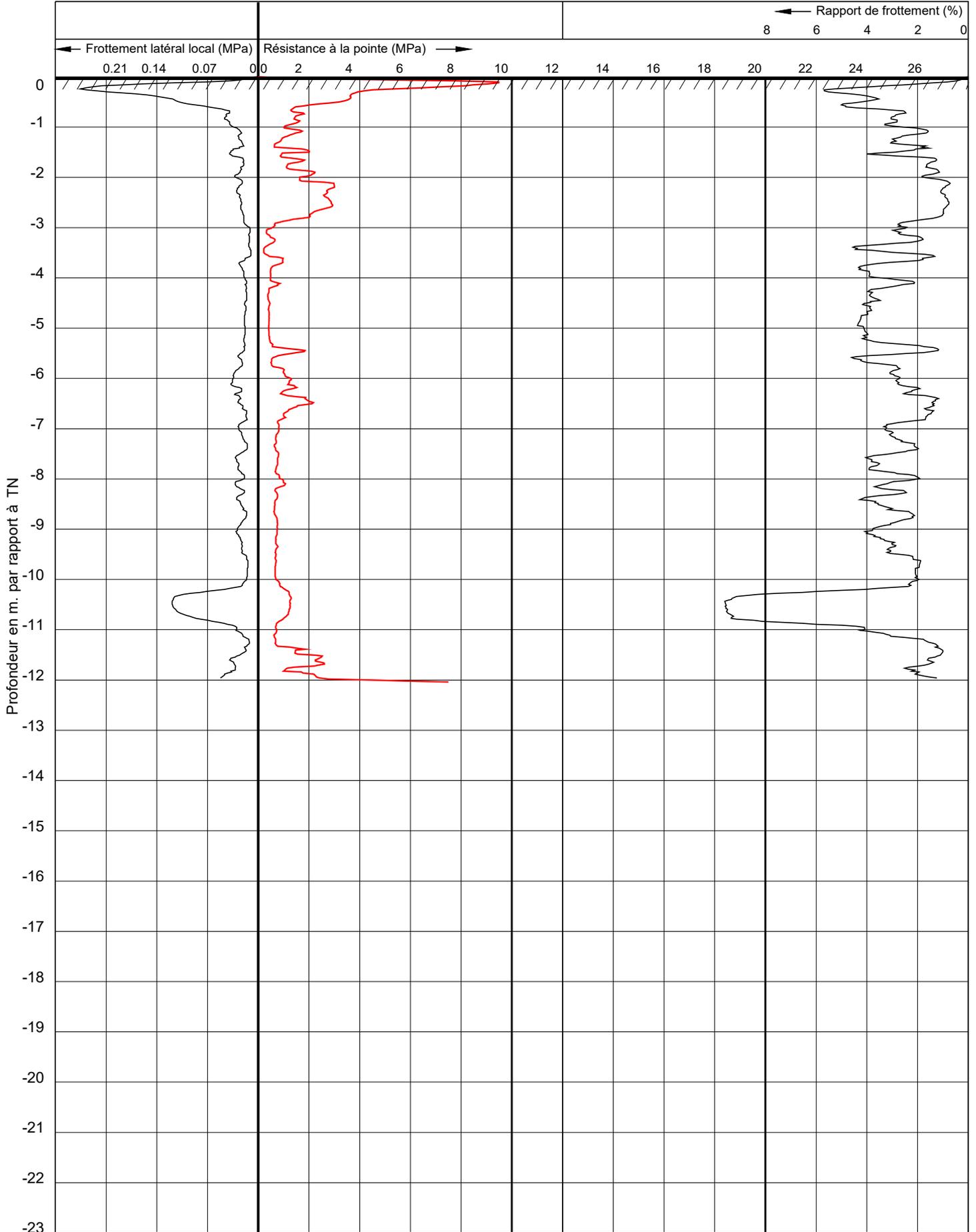
## Annexe IV : **Logs des sondages 2024**



B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas  
Tel: +31 (0)499 578 520  
www.silt.nl

Dossier no. : 2401861  
Pénétromètre : 1  
Projet : Sucrierie Tereos  
Ville : Escaudoevres

Pointe : 071218  
Surface de la pointe : 1500 mm<sup>2</sup>  
Date : 29-8-2024  
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN

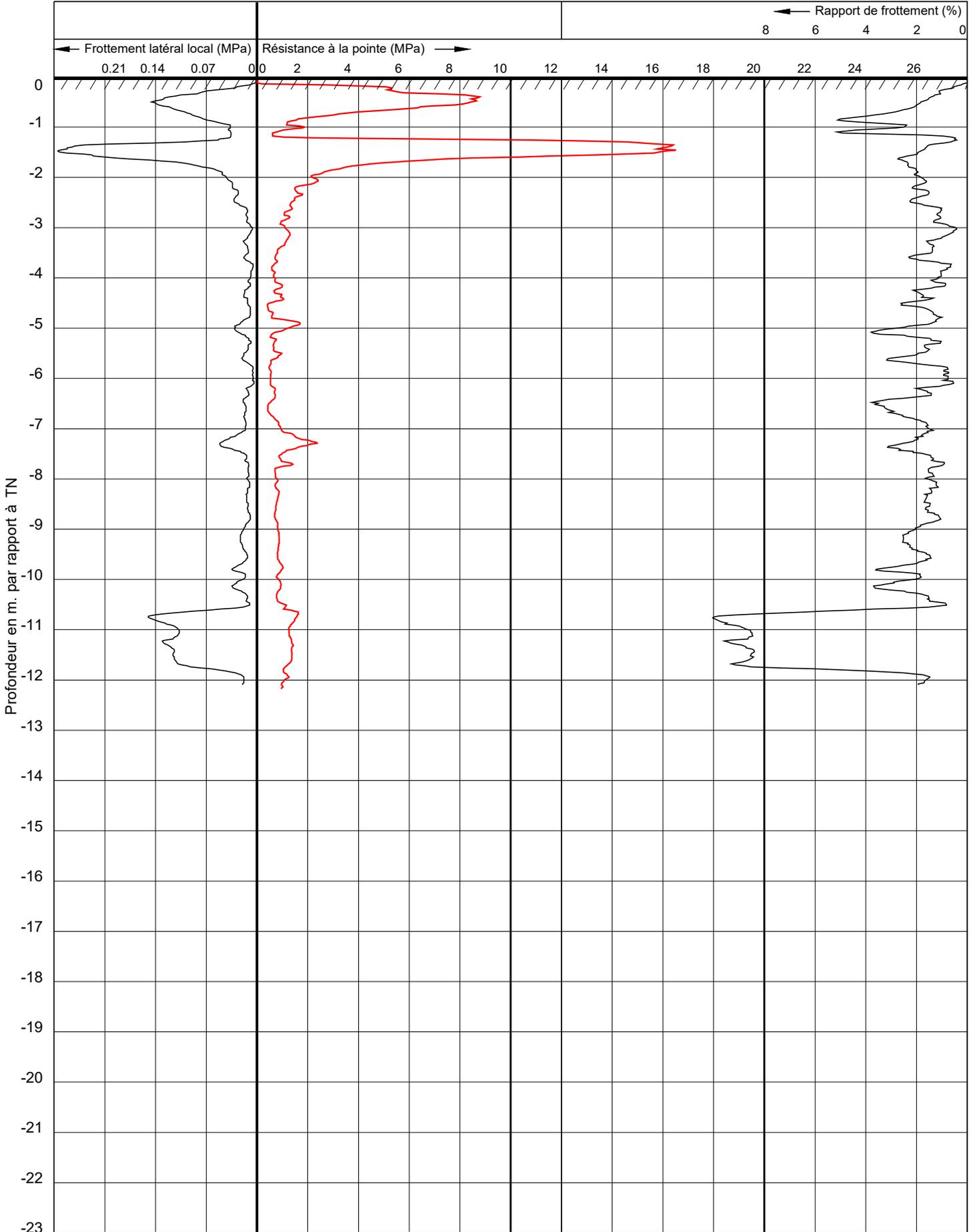




B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas  
Tel: +31 (0)499 578 520  
www.silt.nl

Dossier no. : 2401861  
Pénétromètre : 2  
Projet : Sucrierie Tereos  
Ville : Escaudoevres

Pointe : 071218  
Surface de la pointe : 1500 mm<sup>2</sup>  
Date : 29-8-2024  
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN

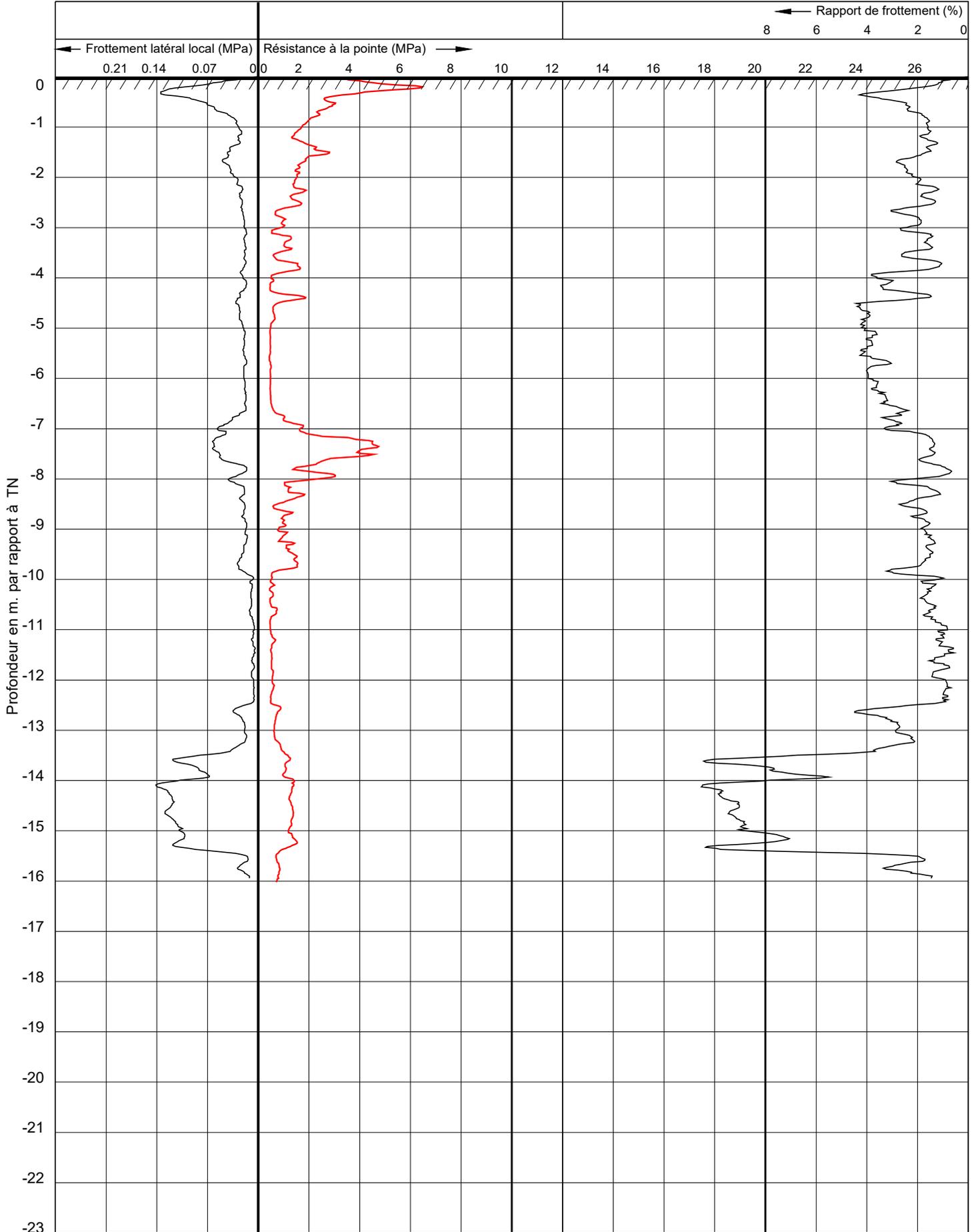




B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas  
Tel: +31 (0)499 578 520  
www.silt.nl

Dossier no. : 2401861  
Pénétromètre : 3  
Projet : Sucrierie Tereos  
Ville : Escaudoevres

Pointe : 071218  
Surface de la pointe : 1500 mm<sup>2</sup>  
Date : 29-8-2024  
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN

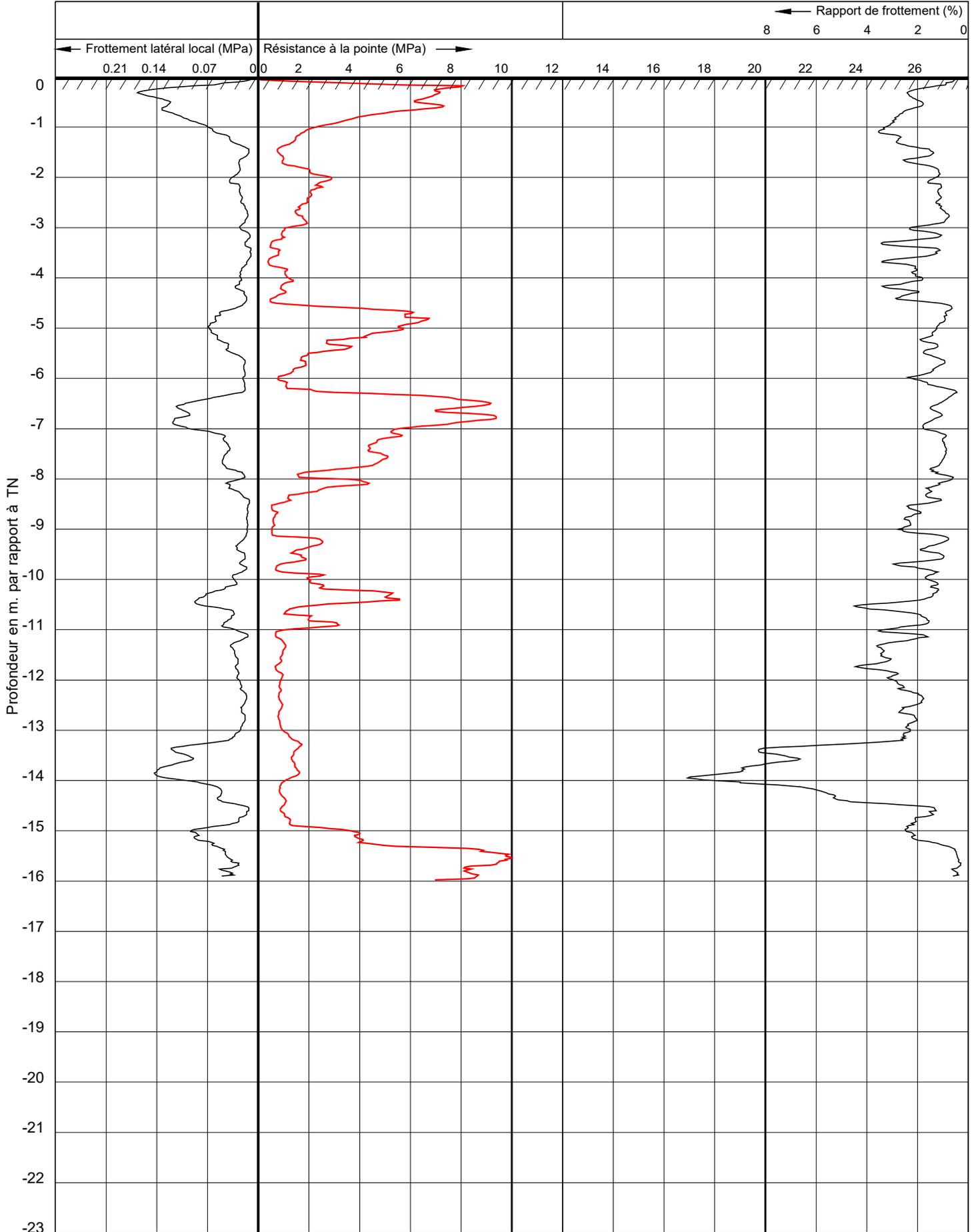




B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas  
Tel: +31 (0)499 578 520  
www.silt.nl

Dossier no. : 2401861  
Pénétromètre : 4  
Projet : Sucrierie Tereos  
Ville : Escaudoevres

Pointe : 071218  
Surface de la pointe : 1500 mm<sup>2</sup>  
Date : 29-8-2024  
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN

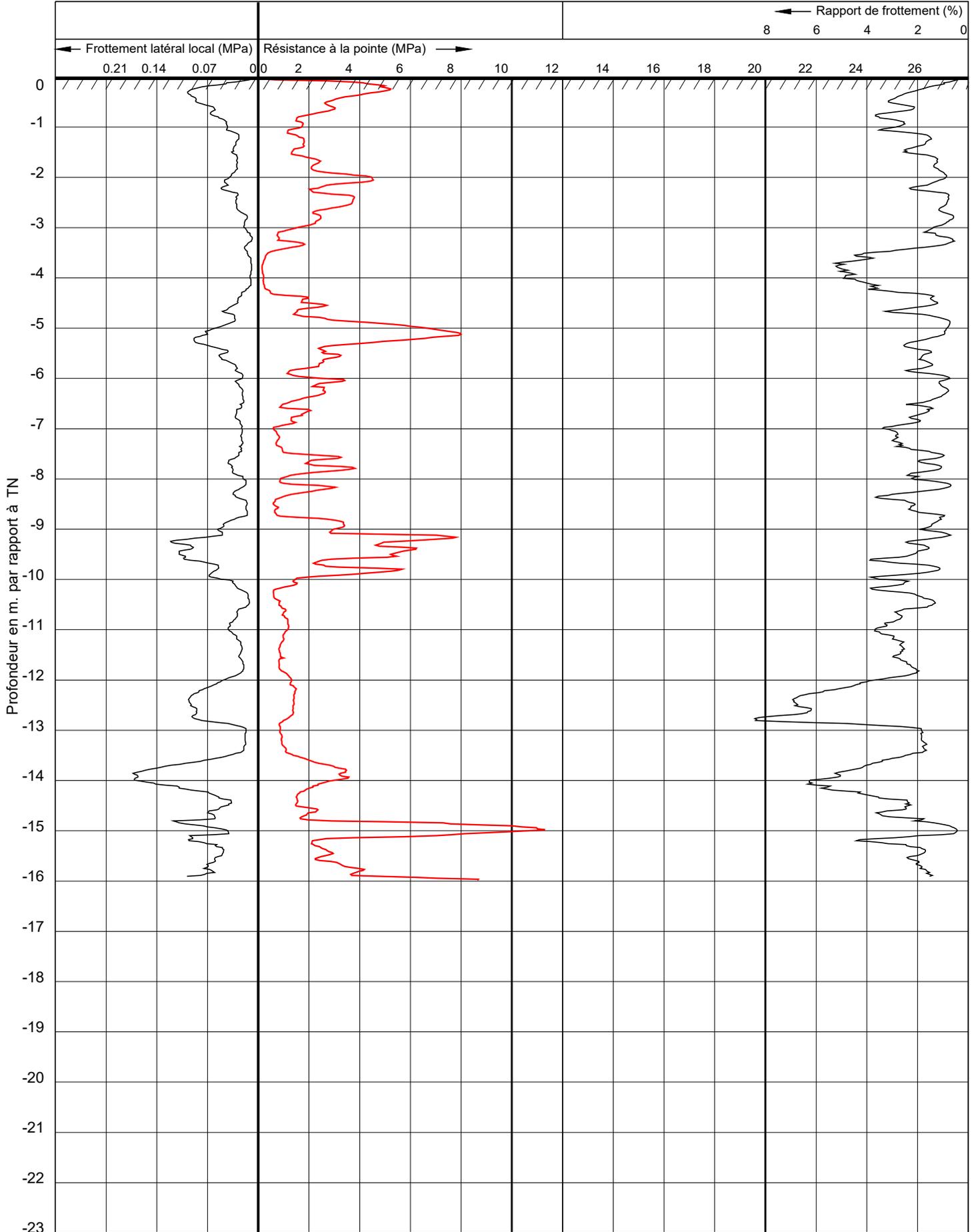




B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas  
Tel: +31 (0)499 578 520  
www.silt.nl

Dossier no. : 2401861  
Pénétromètre : 5  
Projet : Sucrierie Tereos  
Ville : Escaudoevres

Pointe : 071218  
Surface de la pointe : 1500 mm<sup>2</sup>  
Date : 29-8-2024  
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN

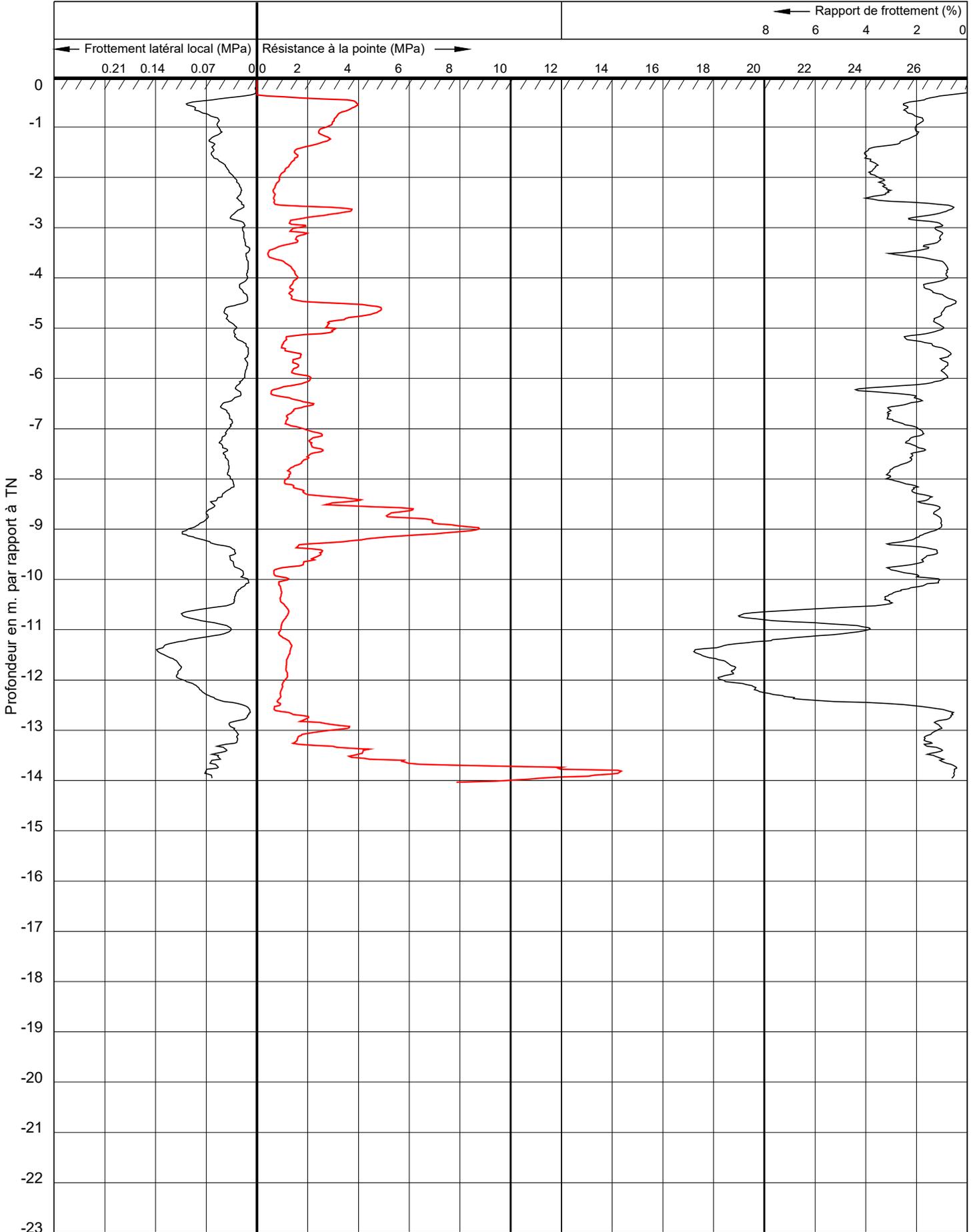




B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas  
Tel: +31 (0)499 578 520  
www.silt.nl

Dossier no. : 2401861  
Pénétromètre : 6  
Projet : Sucrierie Tereos  
Ville : Escaudoevres

Pointe : 071218  
Surface de la pointe : 1500 mm<sup>2</sup>  
Date : 29-8-2024  
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN

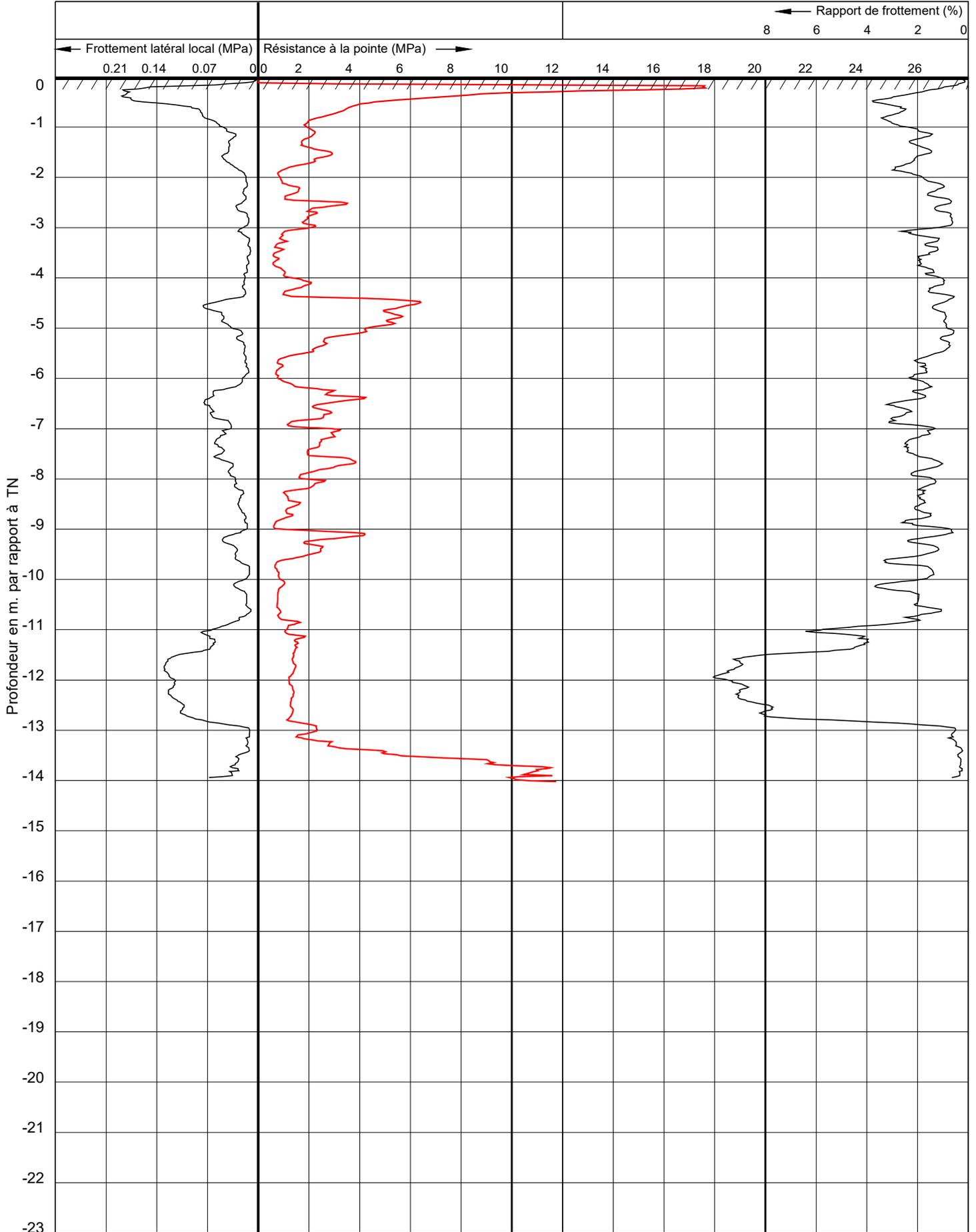




B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas  
Tel: +31 (0)499 578 520  
www.silt.nl

Dossier no. : 2401861  
Pénétromètre : 7  
Projet : Sucrierie Tereos  
Ville : Escaudoevres

Pointe : 071218  
Surface de la pointe : 1500 mm<sup>2</sup>  
Date : 29-8-2024  
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN

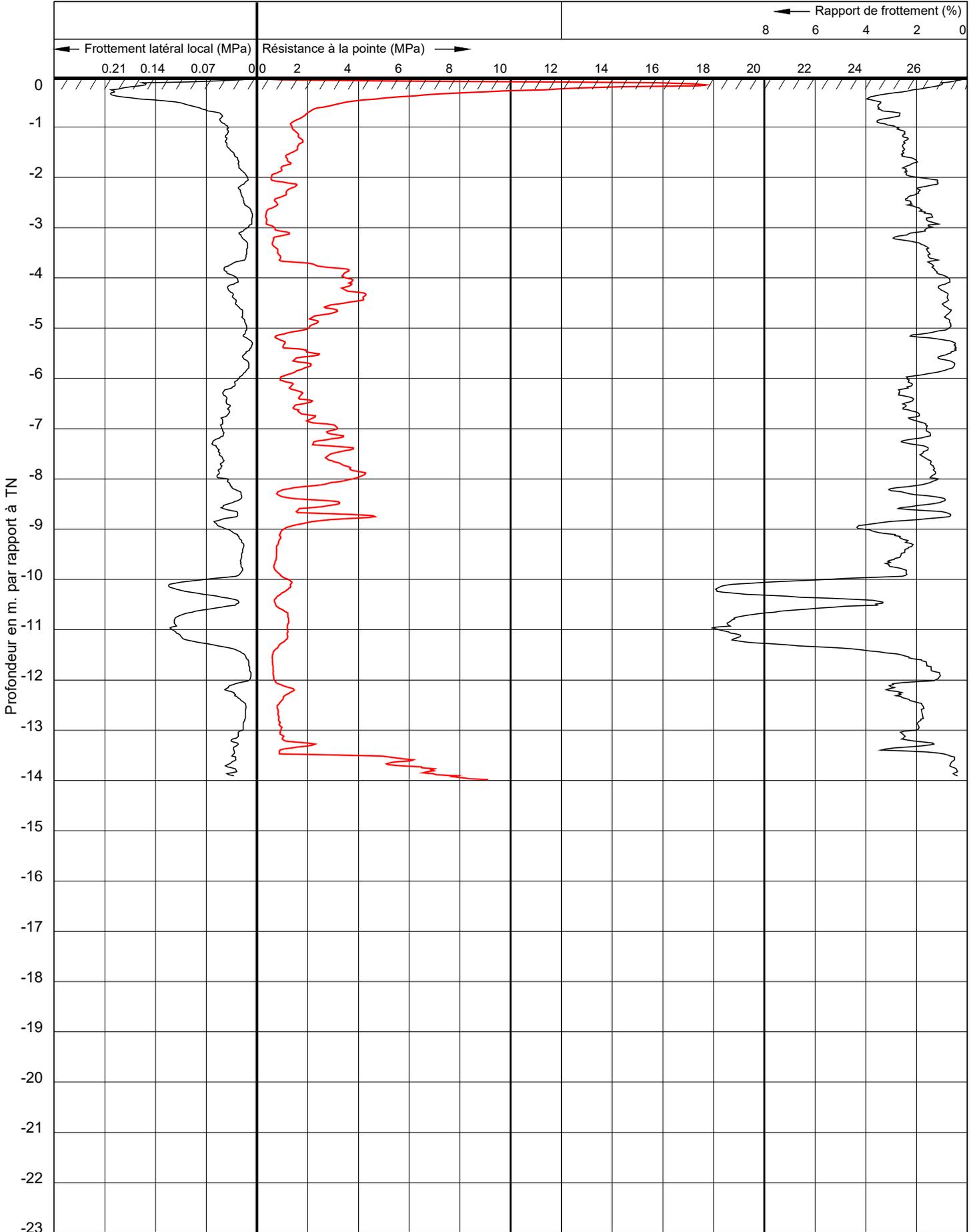




B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas  
Tel: +31 (0)499 578 520  
www.silt.nl

Dossier no. : 2401861  
Pénétromètre : 8  
Projet : Sucrierie Tereos  
Ville : Escaudoevres

Pointe : 071218  
Surface de la pointe : 1500 mm<sup>2</sup>  
Date : 29-8-2024  
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN



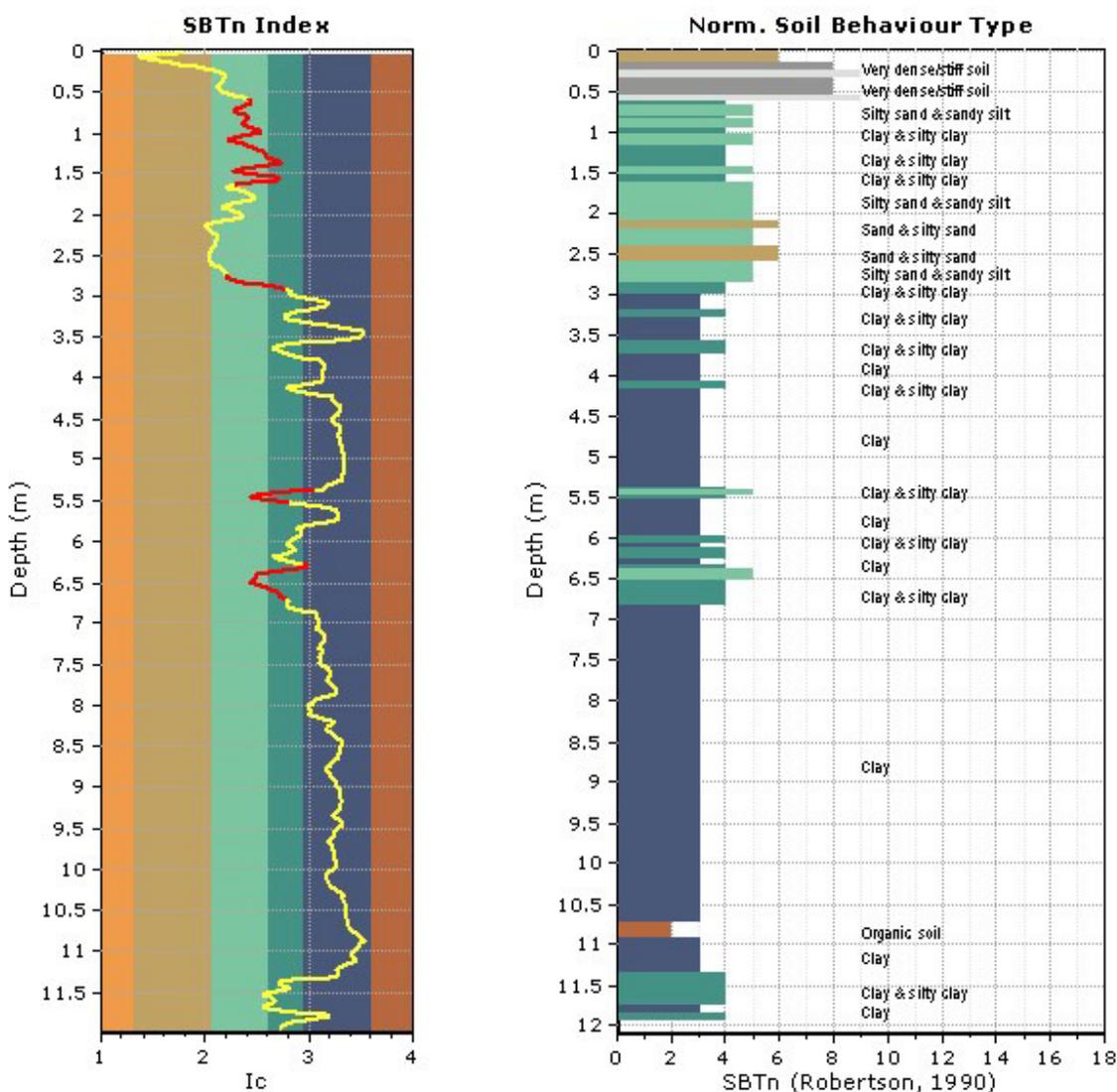
## TRANSITION LAYER DETECTION ALGORITHM REPORT

### Summary Details & Plots

#### Short description

The software will delete data when the cone is in transition from either clay to sand or vice-versa. To do this the software requires a range of  $I_c$  values over which the transition will be defined (typically somewhere between  $1.80 < I_c < 3.0$ ) and a rate of change of  $I_c$ . Transitions typically occur when the rate of change of  $I_c$  is fast (i.e.  $\Delta I_c$  is small).

The  $SBT_n$  plot below, displays in red the detected transition layers based on the parameters listed below the graphs.



#### Transition layer algorithm properties

$I_c$  minimum check value: 1.70  
 $I_c$  maximum check value: 3.00  
 $I_c$  change ratio value: 0.0010  
 Minimum number of points in layer: 4

#### General statistics

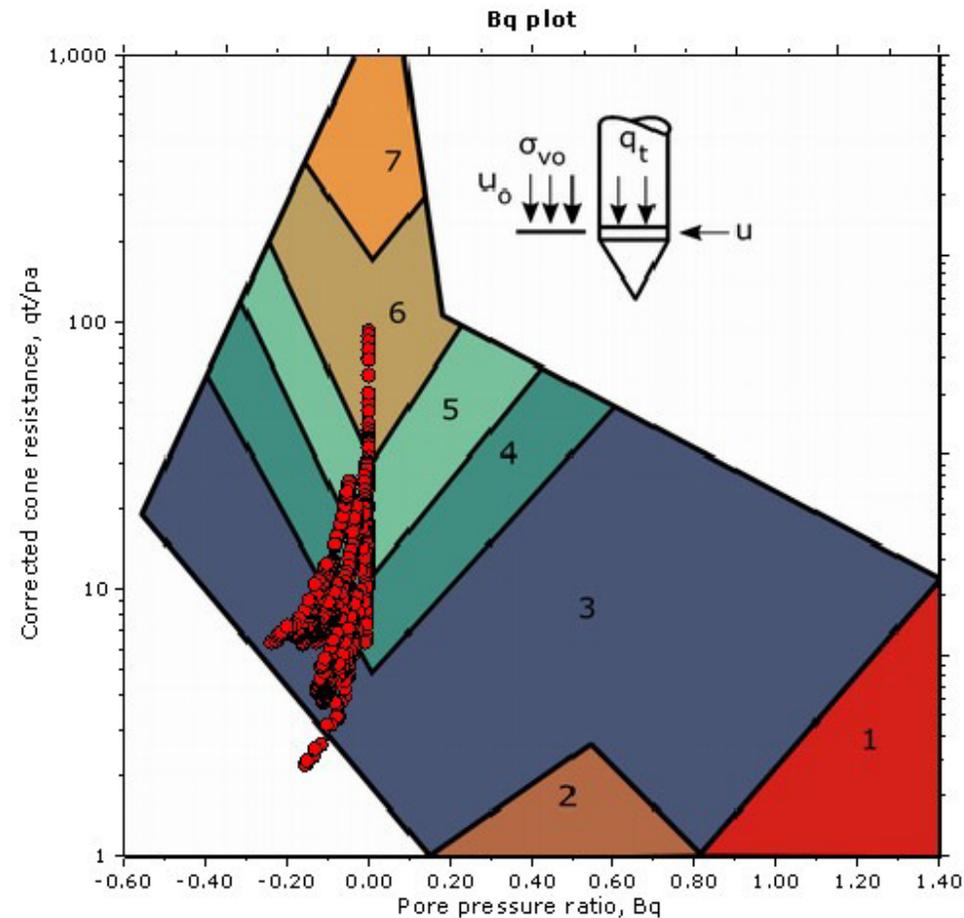
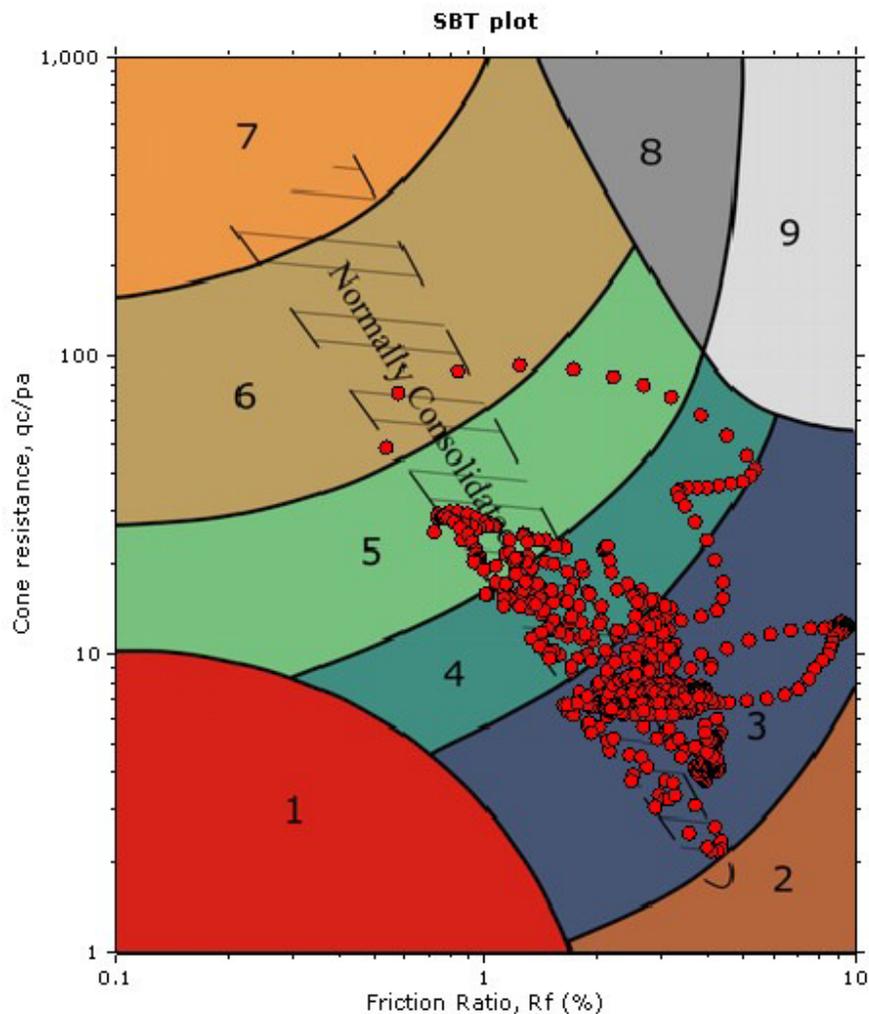
Total points in CPT file: 605  
 Total points excluded: 102  
 Exclusion percentage: 16.86%  
 Number of layers detected: 14

Transition layer No	Number of points	Depth	SBT <sub>n</sub> number	SBT <sub>n</sub> description
Transition layer 1	7	Start depth: 0.62 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 0.74 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 2	5	Start depth: 0.74 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 0.82 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 3	4	Start depth: 0.82 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 0.88 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 4	6	Start depth: 0.90 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 1.00 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 5	5	Start depth: 1.00 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 1.08 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 6	16	Start depth: 1.08 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 1.38 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 7	6	Start depth: 1.38 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 1.48 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 8	5	Start depth: 1.48 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 1.56 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 9	6	Start depth: 1.56 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 1.66 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 10	9	Start depth: 2.77 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 2.93 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 11	4	Start depth: 5.39 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 5.45 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 12	6	Start depth: 5.45 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 5.55 (m)	3	Clay
Transition layer 13	10	Start depth: 6.30 (m)	3	Clay
		End depth: 6.48 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 14	13	Start depth: 6.48 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 6.72 (m)	4	Clay & silty clay

Start depth: Depth where the transition layer begins

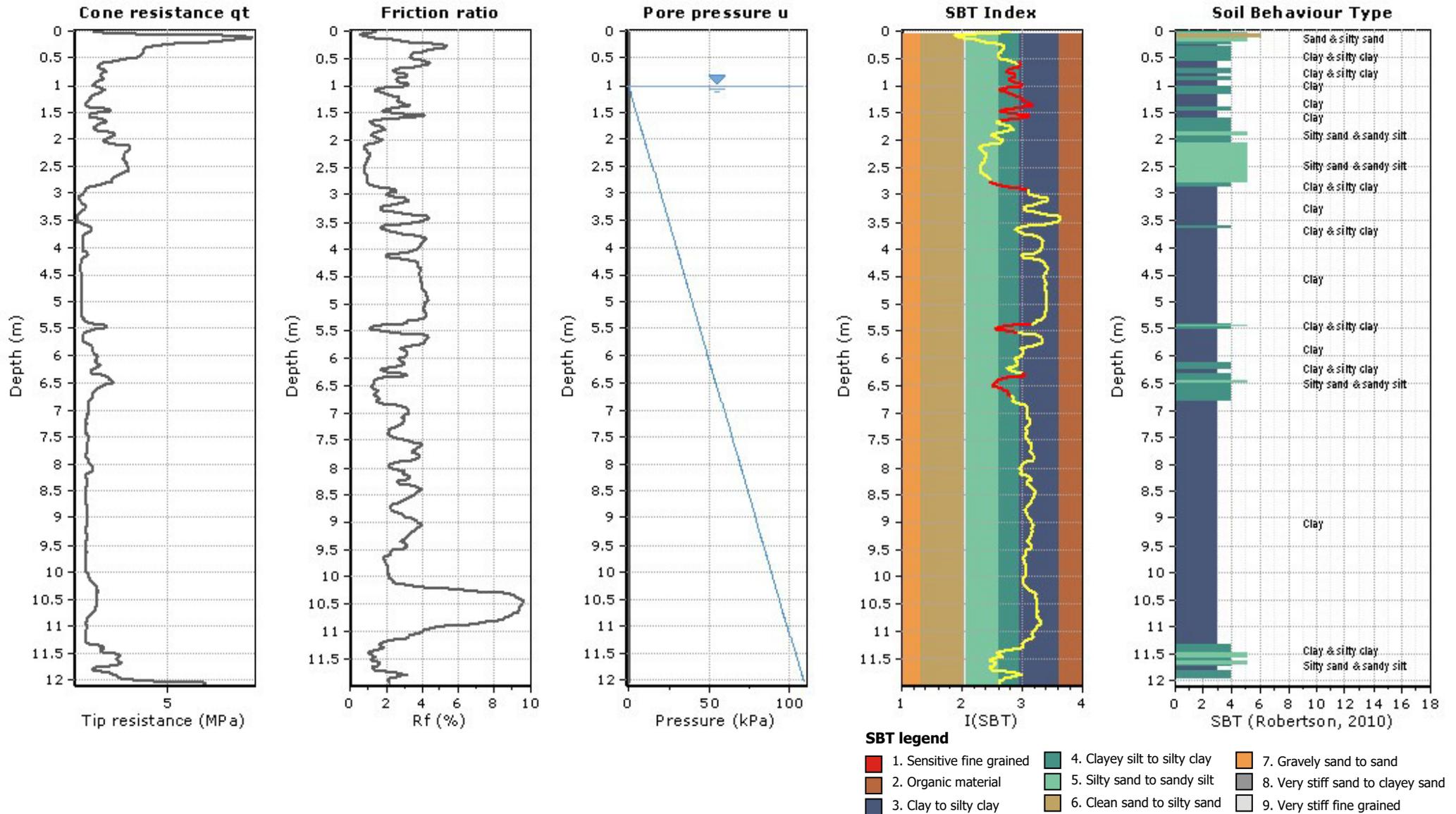
End depth: Depth where the transition layer ends

SBT - Bq plots



SBT legend

- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand          |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |



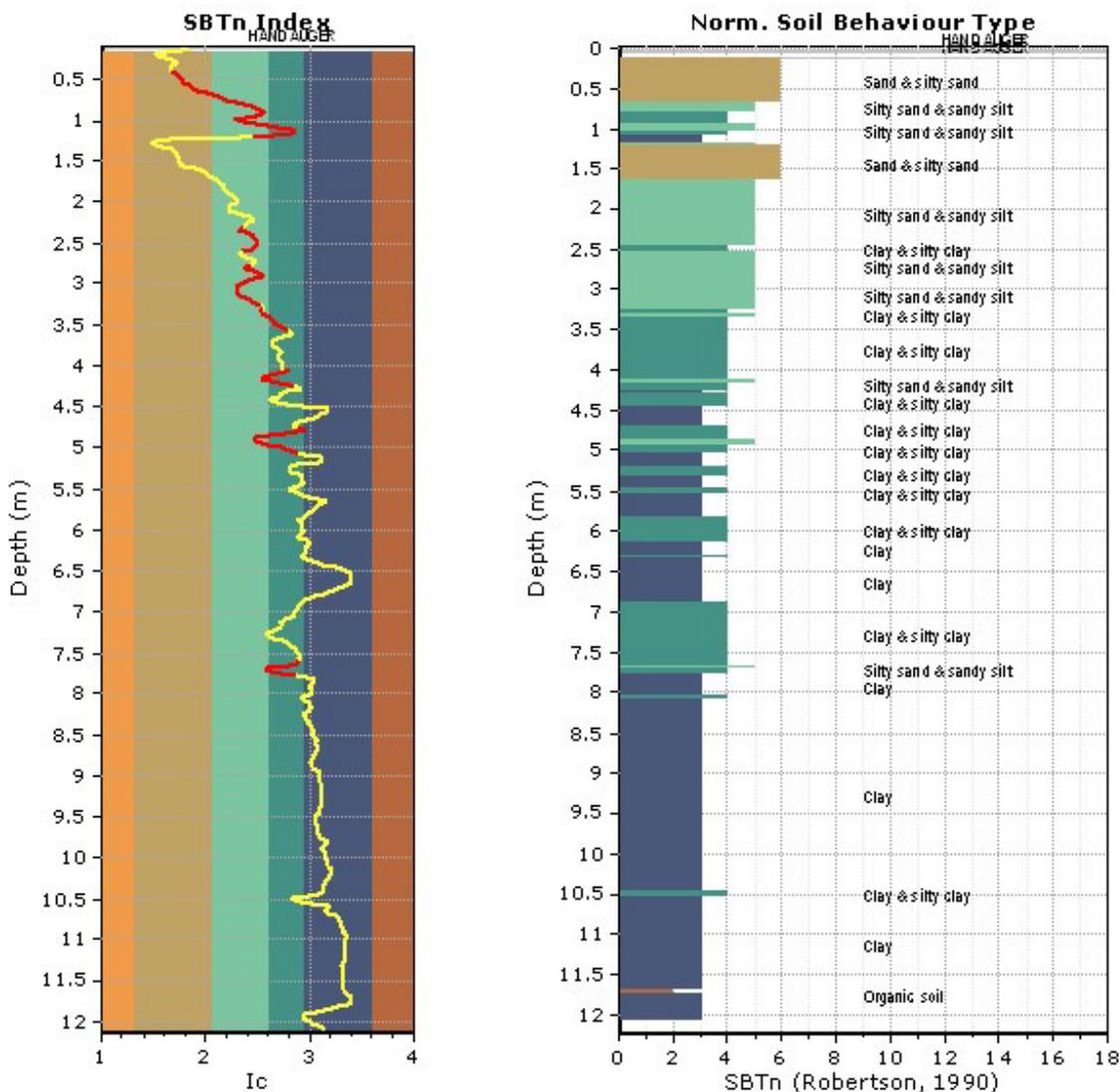
## TRANSITION LAYER DETECTION ALGORITHM REPORT

### Summary Details & Plots

#### Short description

The software will delete data when the cone is in transition from either clay to sand or vice-versa. To do this the software requires a range of  $I_c$  values over which the transition will be defined (typically somewhere between  $1.80 < I_c < 3.0$ ) and a rate of change of  $I_c$ . Transitions typically occur when the rate of change of  $I_c$  is fast (i.e.  $\Delta I_c$  is small).

The  $SBT_n$  plot below, displays in red the detected transition layers based on the parameters listed below the graphs.



#### Transition layer algorithm properties

$I_c$  minimum check value: 1.70  
 $I_c$  maximum check value: 3.00  
 $I_c$  change ratio value: 0.0010  
 Minimum number of points in layer: 4

#### General statistics

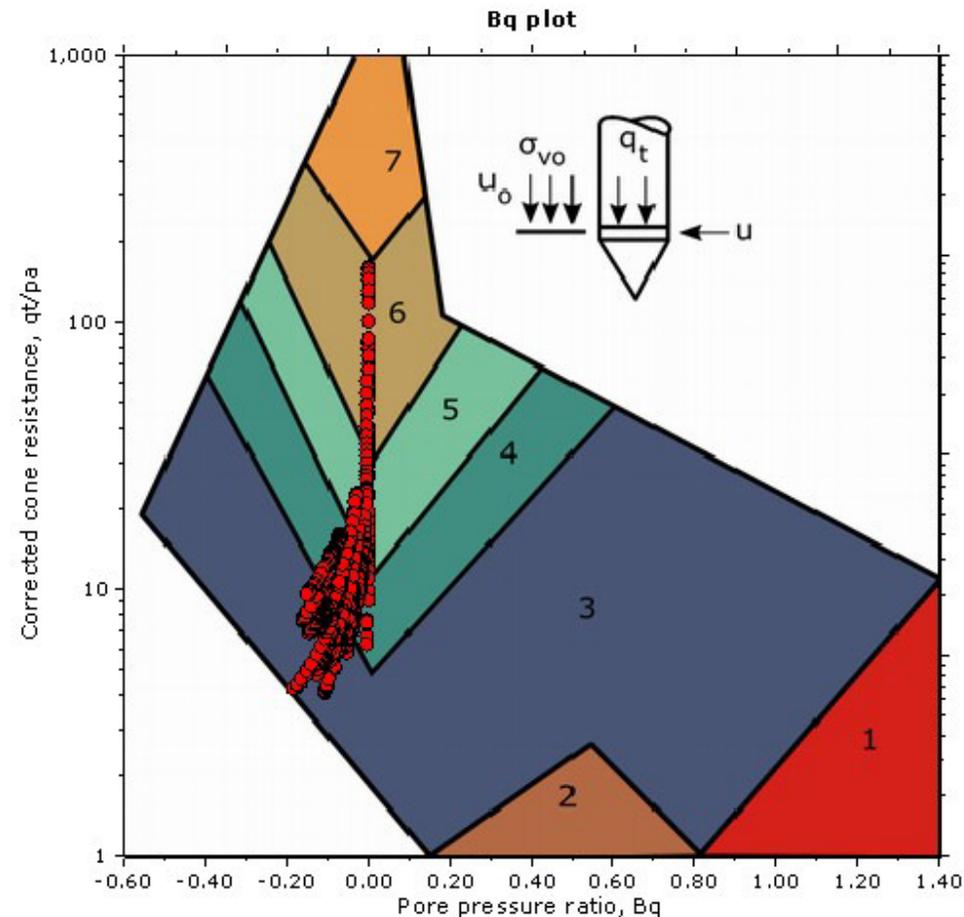
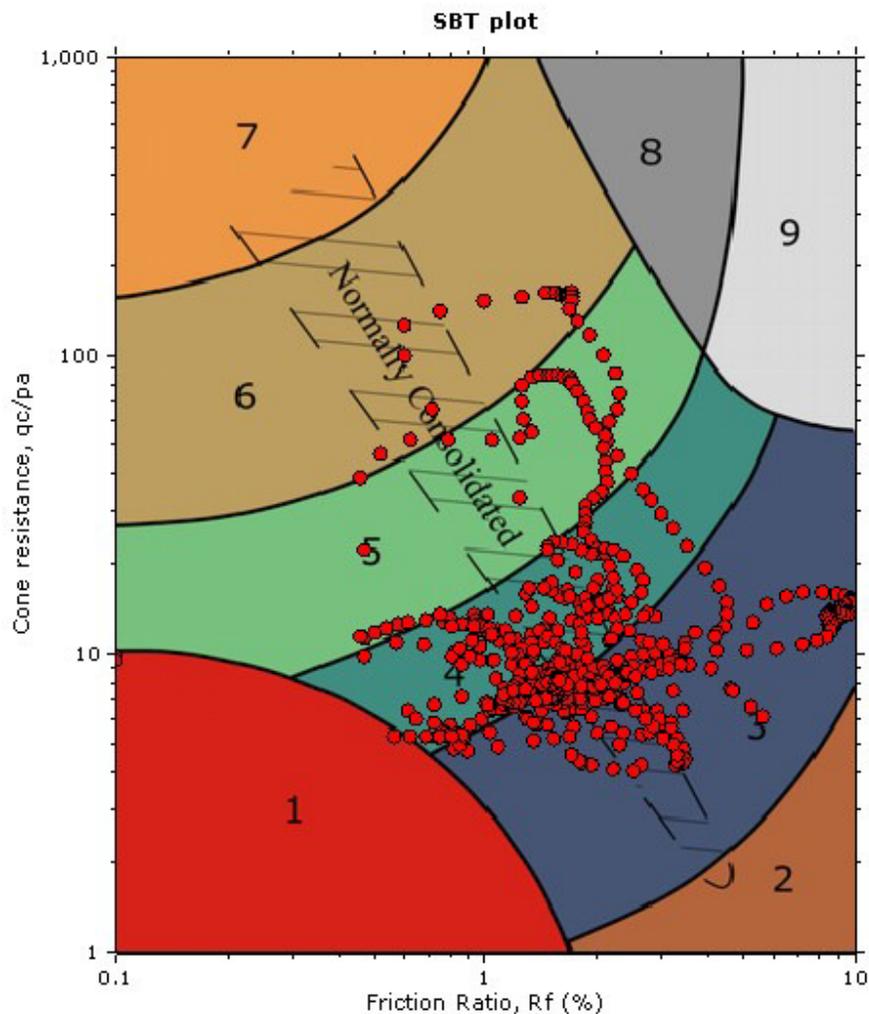
Total points in CPT file: 612  
 Total points excluded: 141  
 Exclusion percentage: 23.04%  
 Number of layers detected: 16

Transition layer No	Number of points	Depth	SBT <sub>n</sub> number	SBT <sub>n</sub> description
Transition layer 1	26	Start depth: 0.42 (m)	6	Sand & silty sand
		End depth: 0.92 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 2	5	Start depth: 0.92 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 1.00 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 3	9	Start depth: 1.00 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 1.16 (m)	3	Clay
Transition layer 4	4	Start depth: 1.16 (m)	3	Clay
		End depth: 1.22 (m)	6	Sand & silty sand
Transition layer 5	9	Start depth: 2.33 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 2.49 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 6	8	Start depth: 2.49 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 2.63 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 7	6	Start depth: 2.79 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 2.89 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 8	8	Start depth: 2.89 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 3.03 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 9	13	Start depth: 3.05 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 3.29 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 10	14	Start depth: 3.33 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 3.59 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 11	5	Start depth: 4.07 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 4.15 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 12	7	Start depth: 4.15 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 4.26 (m)	3	Clay
Transition layer 13	7	Start depth: 4.78 (m)	3	Clay
		End depth: 4.90 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 14	10	Start depth: 4.90 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 5.08 (m)	3	Clay
Transition layer 15	5	Start depth: 7.63 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 7.71 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 16	5	Start depth: 7.71 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 7.79 (m)	3	Clay

Start depth: Depth where the transition layer begins

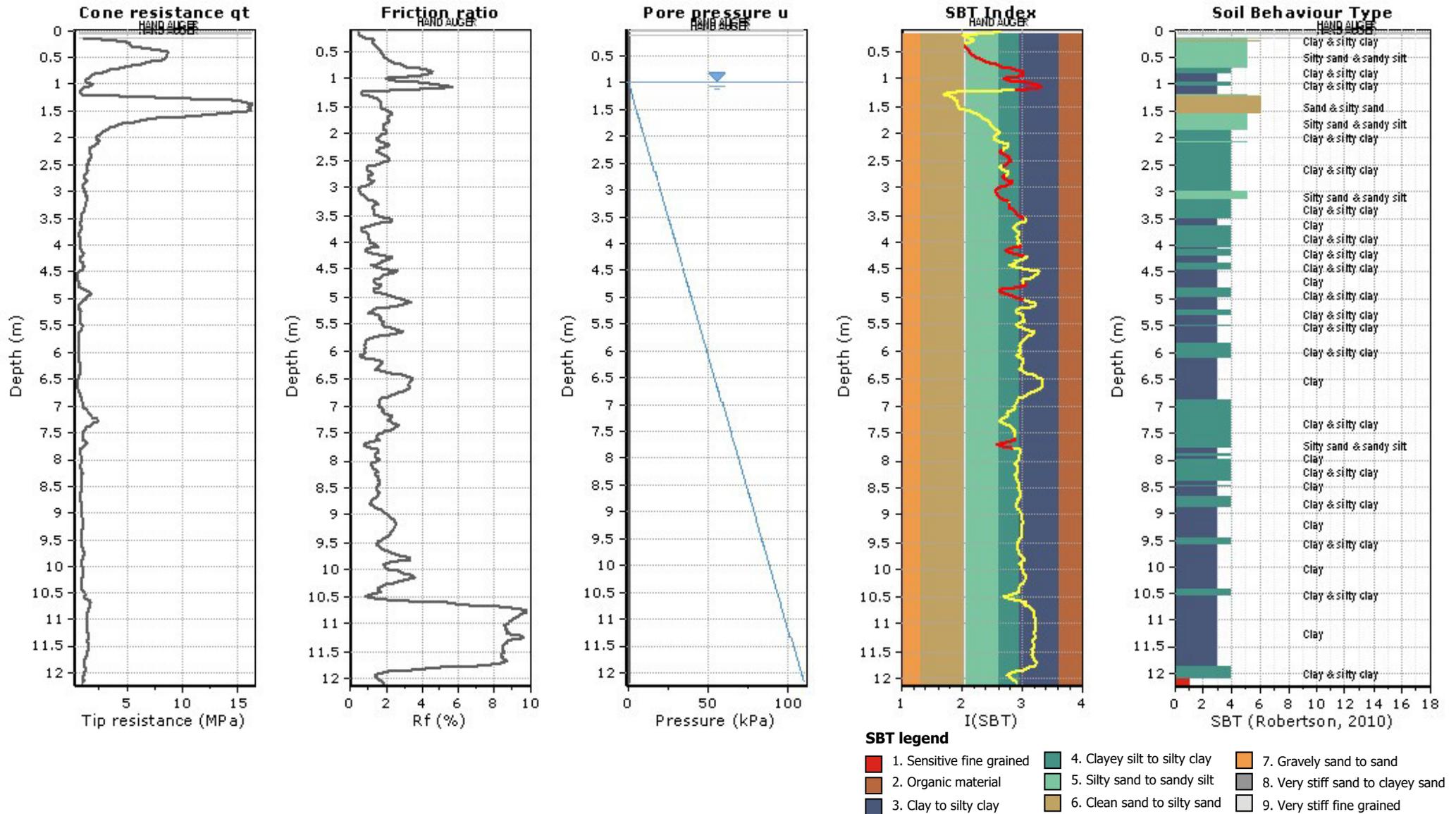
End depth: Depth where the transition layer ends

SBT - Bq plots



SBT legend

- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand          |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |



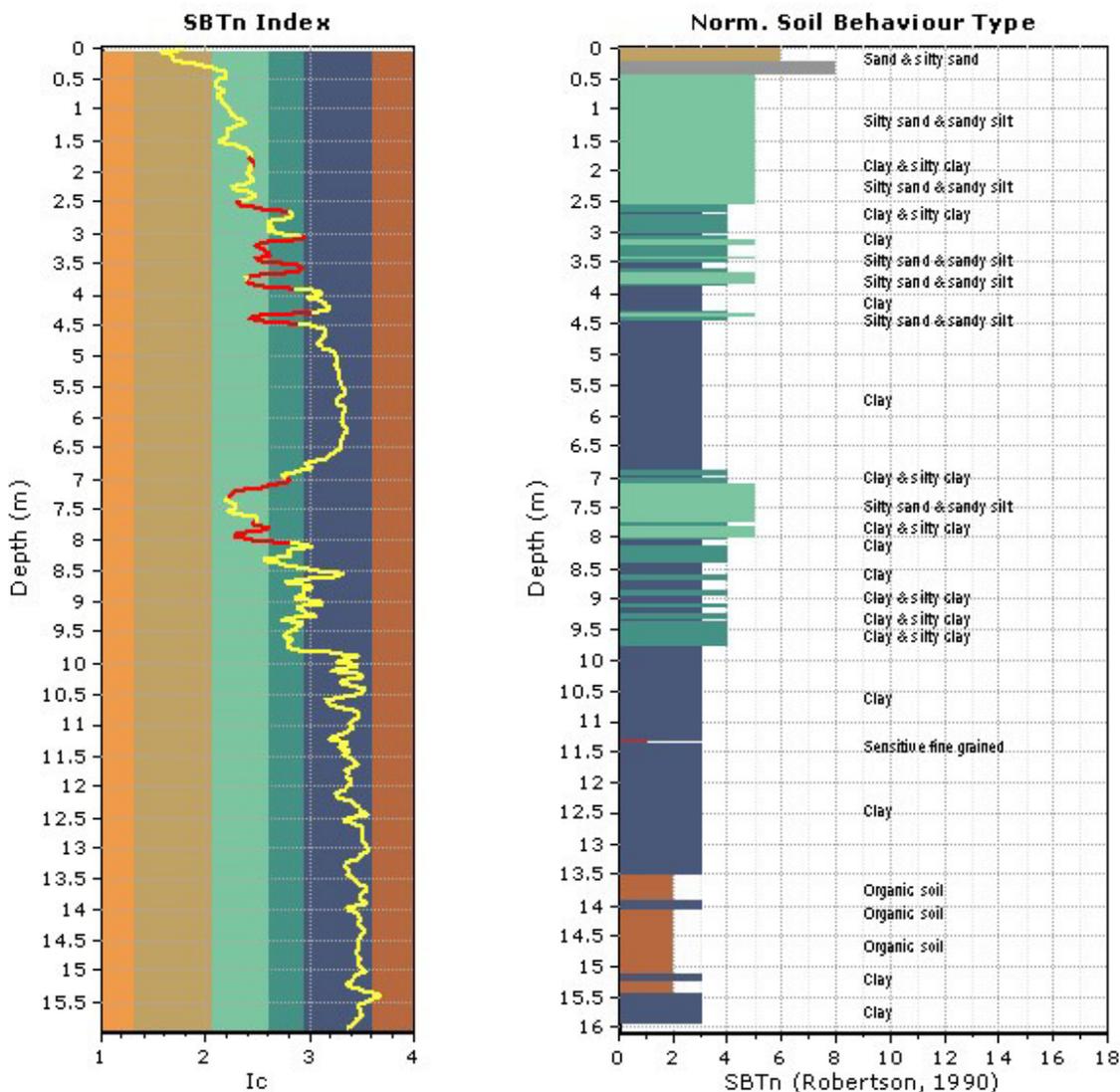
## TRANSITION LAYER DETECTION ALGORITHM REPORT

### Summary Details & Plots

#### Short description

The software will delete data when the cone is in transition from either clay to sand or vice-versa. To do this the software requires a range of  $I_c$  values over which the transition will be defined (typically somewhere between  $1.80 < I_c < 3.0$ ) and a rate of change of  $I_c$ . Transitions typically occur when the rate of change of  $I_c$  is fast (i.e.  $\Delta I_c$  is small).

The  $SBT_n$  plot below, displays in red the detected transition layers based on the parameters listed below the graphs.



#### Transition layer algorithm properties

$I_c$  minimum check value: 1.70  
 $I_c$  maximum check value: 3.00  
 $I_c$  change ratio value: 0.0010  
 Minimum number of points in layer: 4

#### General statistics

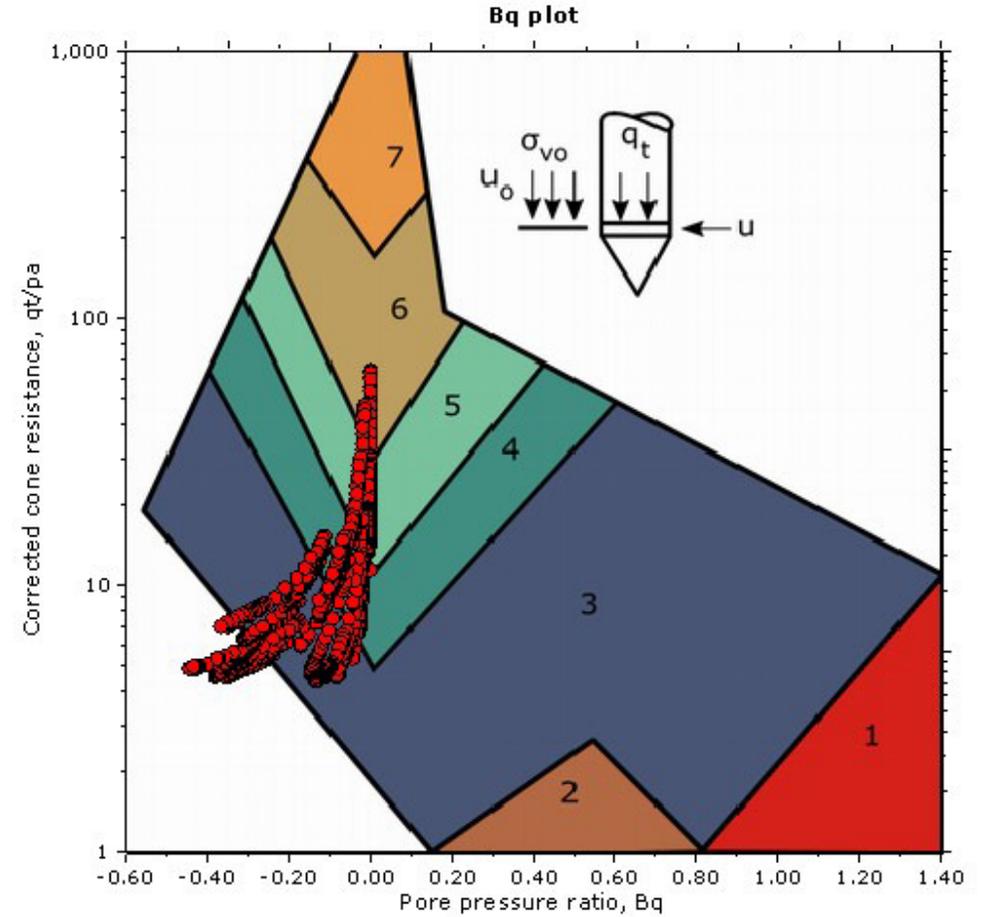
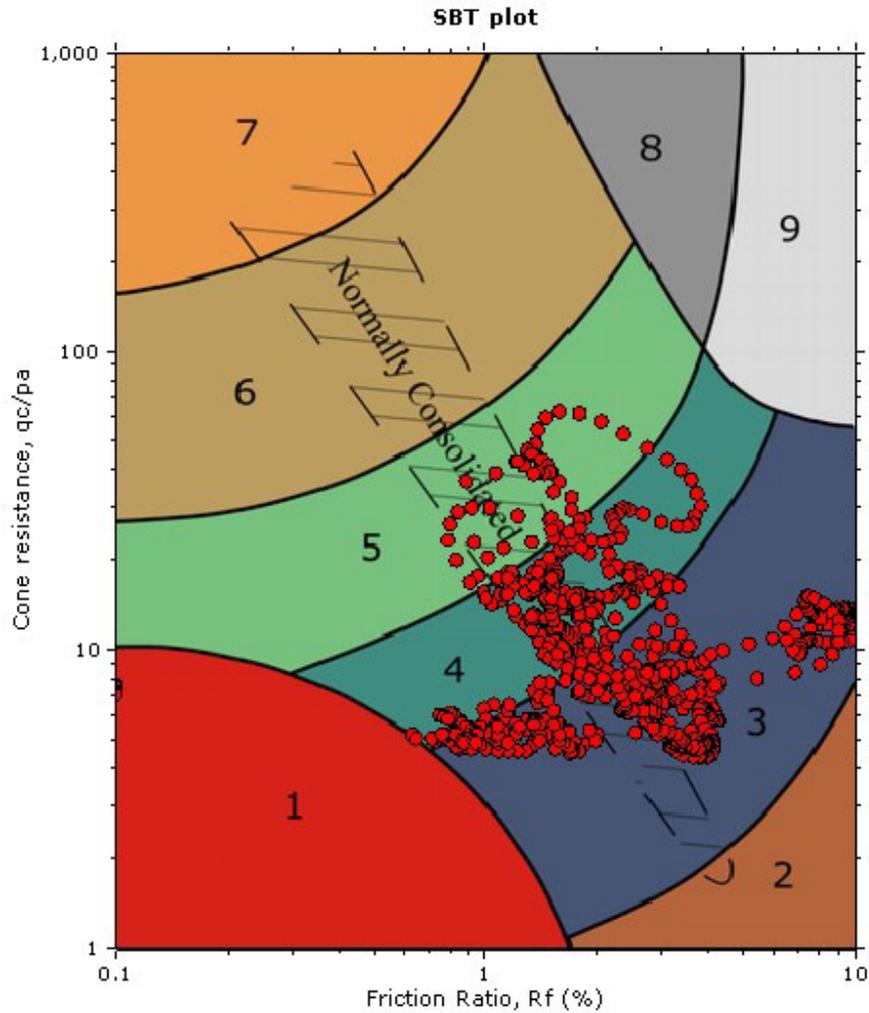
Total points in CPT file: 807  
 Total points excluded: 113  
 Exclusion percentage: 14.00%  
 Number of layers detected: 15

Transition layer No	Number of points	Depth	SBT <sub>n</sub> number	SBT <sub>n</sub> description
Transition layer 1	4	Start depth: 1.80 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 1.86 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 2	4	Start depth: 1.86 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 1.92 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 3	10	Start depth: 2.51 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 2.69 (m)	3	Clay
Transition layer 4	6	Start depth: 3.09 (m)	3	Clay
		End depth: 3.19 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 5	9	Start depth: 3.19 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 3.35 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 6	4	Start depth: 3.35 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 3.41 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 7	8	Start depth: 3.41 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 3.55 (m)	3	Clay
Transition layer 8	10	Start depth: 3.55 (m)	3	Clay
		End depth: 3.73 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 9	7	Start depth: 3.81 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 3.93 (m)	3	Clay
Transition layer 10	5	Start depth: 4.31 (m)	3	Clay
		End depth: 4.39 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 11	7	Start depth: 4.39 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 4.51 (m)	3	Clay
Transition layer 12	18	Start depth: 7.01 (m)	3	Clay
		End depth: 7.35 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 13	5	Start depth: 7.71 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 7.79 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 14	7	Start depth: 7.79 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 7.91 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 15	9	Start depth: 7.91 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 8.07 (m)	3	Clay

Start depth: Depth where the transition layer begins

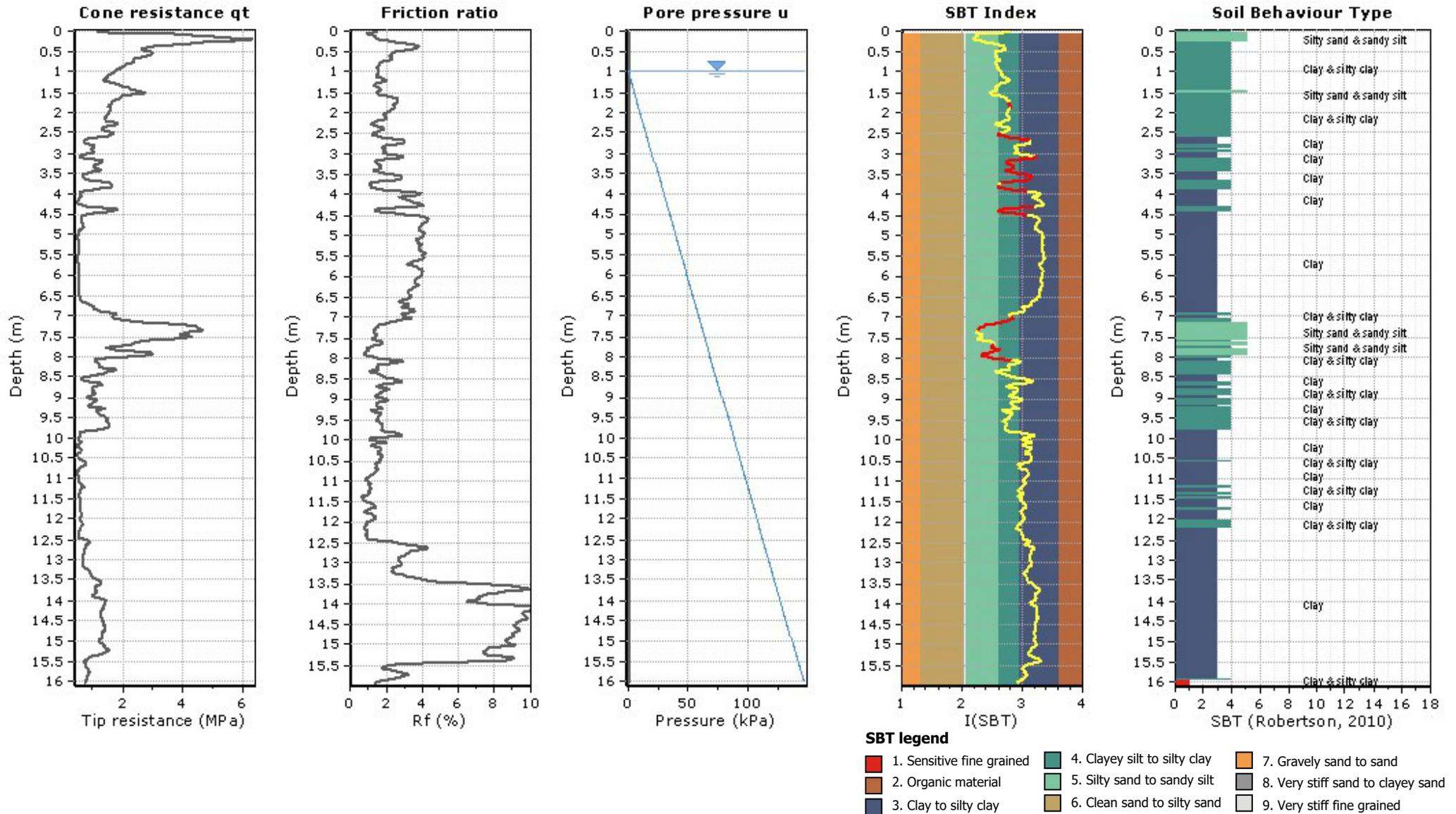
End depth: Depth where the transition layer ends

SBT - Bq plots



SBT legend

- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand          |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |



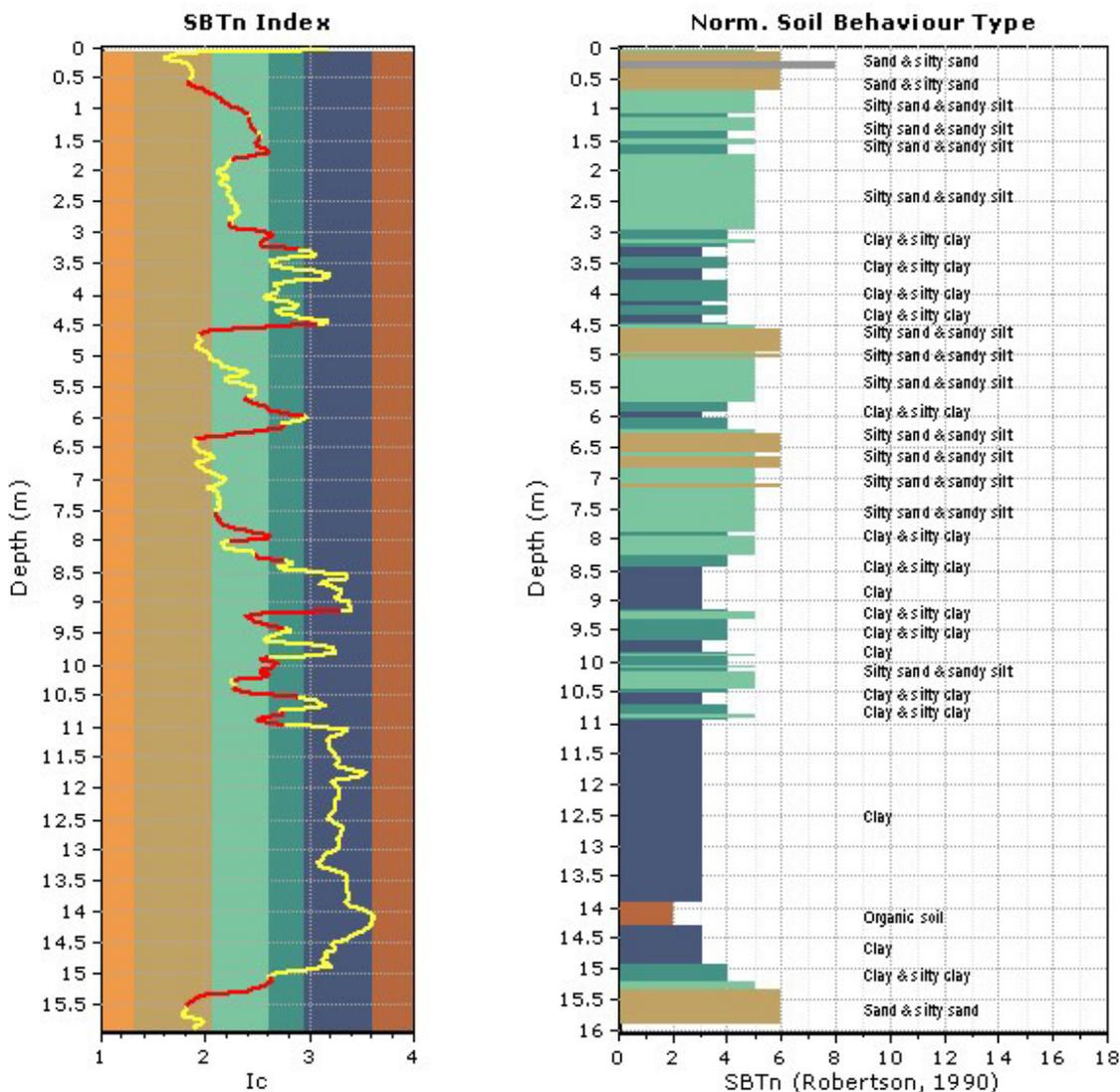
## TRANSITION LAYER DETECTION ALGORITHM REPORT

### Summary Details & Plots

#### Short description

The software will delete data when the cone is in transition from either clay to sand or vice-versa. To do this the software requires a range of  $I_c$  values over which the transition will be defined (typically somewhere between  $1.80 < I_c < 3.0$ ) and a rate of change of  $I_c$ . Transitions typically occur when the rate of change of  $I_c$  is fast (i.e.  $\Delta I_c$  is small).

The  $SBT_n$  plot below, displays in red the detected transition layers based on the parameters listed below the graphs.



#### Transition layer algorithm properties

$I_c$  minimum check value: 1.70  
 $I_c$  maximum check value: 3.00  
 $I_c$  change ratio value: 0.0010  
 Minimum number of points in layer: 4

#### General statistics

Total points in CPT file: 805  
 Total points excluded: 238  
 Exclusion percentage: 29.57%  
 Number of layers detected: 24

Transition layer No	Number of points	Depth	SBT <sub>n</sub> number	SBT <sub>n</sub> description
Transition layer 1	28	Start depth: 0.58 (m)	6	Sand & silty sand
		End depth: 1.12 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 2	12	Start depth: 1.18 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 1.40 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 3	5	Start depth: 1.48 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 1.56 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 4	7	Start depth: 1.58 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 1.70 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 5	9	Start depth: 1.70 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 1.85 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 6	8	Start depth: 2.89 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 3.03 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 7	8	Start depth: 3.03 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 3.17 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 8	7	Start depth: 3.17 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 3.29 (m)	3	Clay
Transition layer 9	10	Start depth: 4.51 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 4.68 (m)	6	Sand & silty sand
Transition layer 10	16	Start depth: 5.70 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 6.00 (m)	3	Clay
Transition layer 11	13	Start depth: 6.14 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 6.38 (m)	6	Sand & silty sand
Transition layer 12	19	Start depth: 7.57 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 7.93 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 13	6	Start depth: 7.93 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 8.03 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 14	7	Start depth: 8.22 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 8.34 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 15	5	Start depth: 9.14 (m)	3	Clay
		End depth: 9.22 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 16	12	Start depth: 9.22 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 9.44 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 17	4	Start depth: 9.91 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 9.97 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 18	8	Start depth: 9.97 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 10.11 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 19	4	Start depth: 10.11 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 10.17 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 20	6	Start depth: 10.17 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 10.27 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 21	9	Start depth: 10.39 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 10.55 (m)	3	Clay
Transition layer 22	5	Start depth: 10.80 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 10.88 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 23	6	Start depth: 10.88 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 10.98 (m)	3	Clay

---

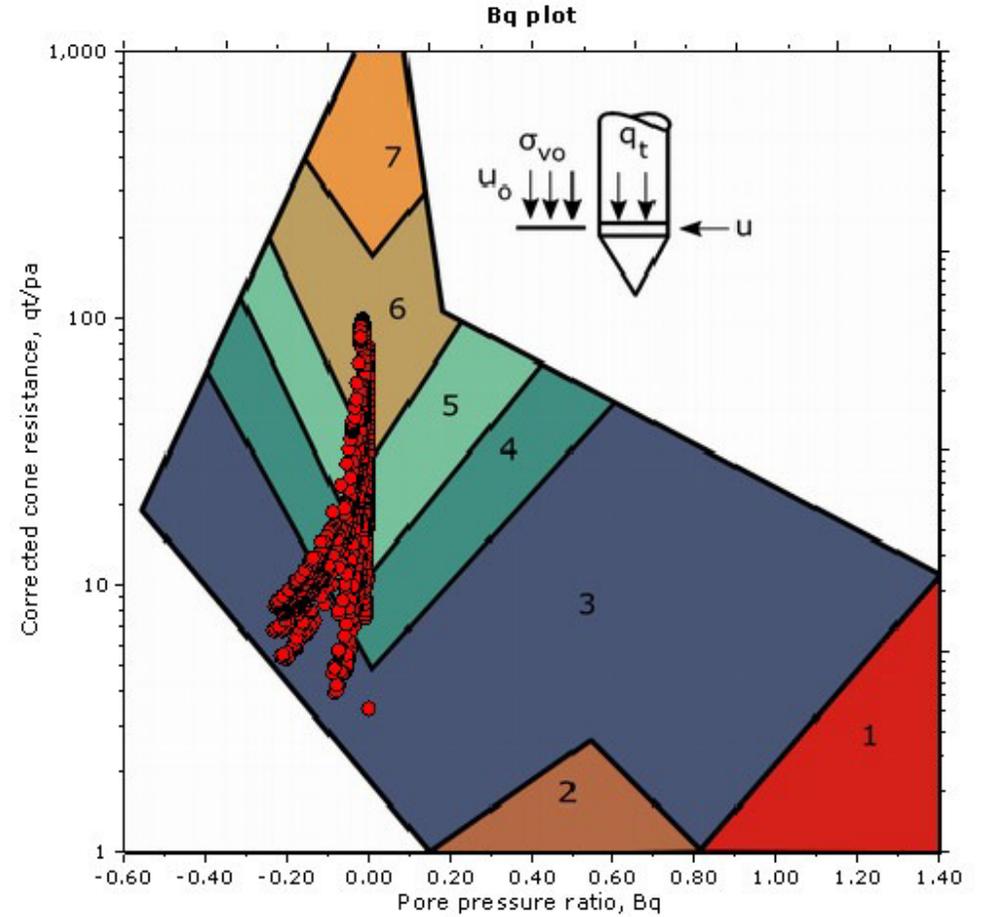
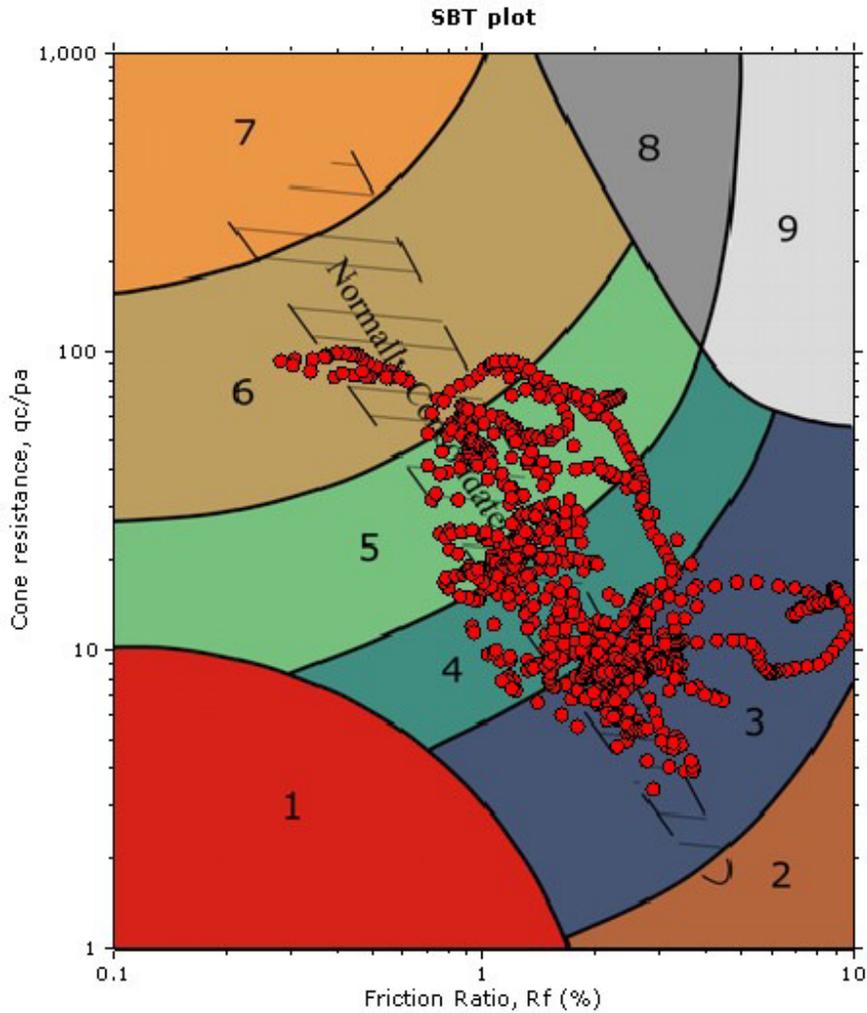
<b>Transition layer No</b>	<b>Number of points</b>	<b>Depth</b>	<b>SBT<sub>n</sub> number</b>	<b>SBT<sub>n</sub> description</b>
Transition layer 24	24	Start depth: 15.11 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 15.56 (m)	6	Sand & silty sand

---

Start depth: Depth where the transition layer begins

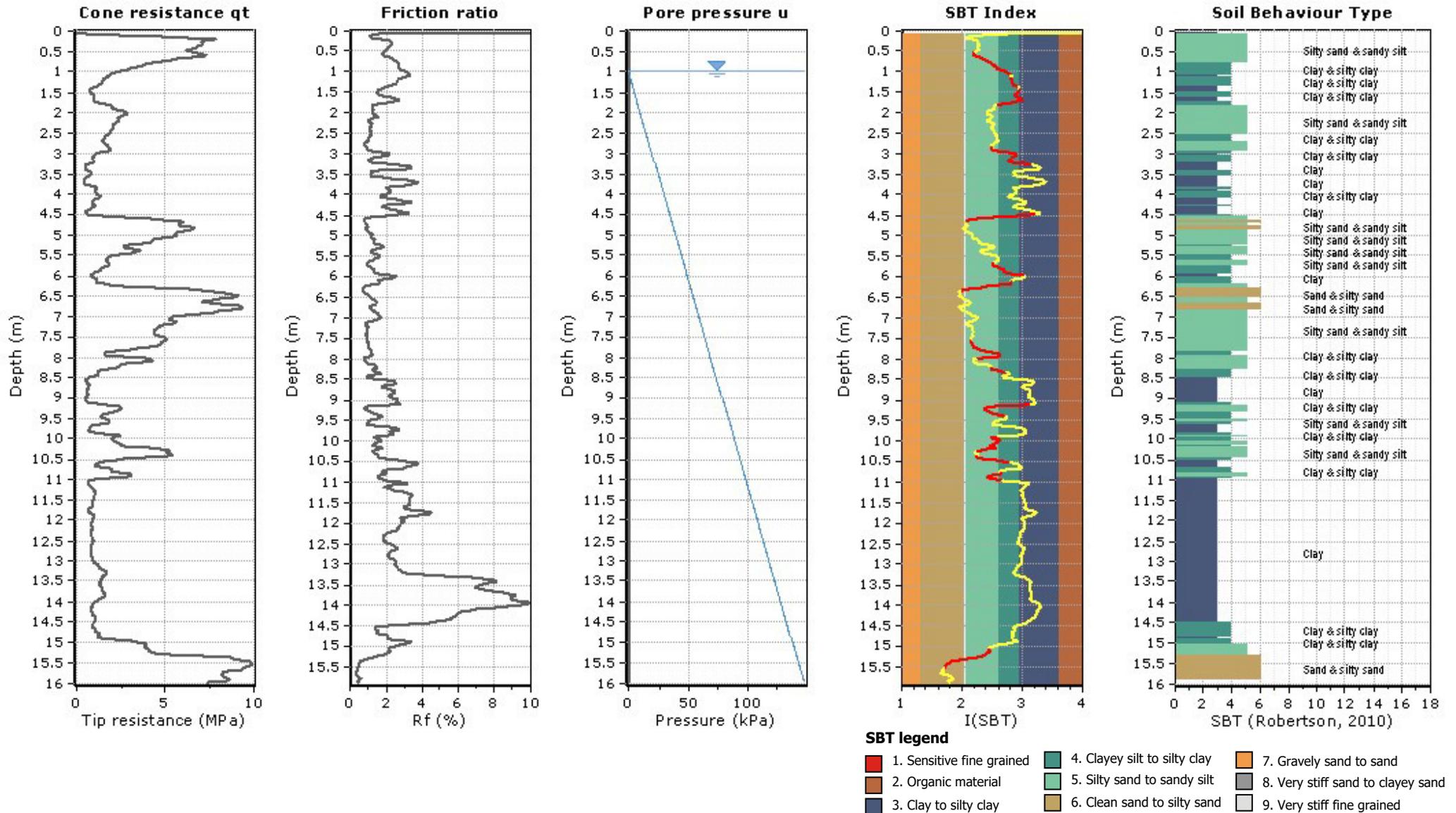
End depth: Depth where the transition layer ends

SBT - Bq plots



SBT legend

- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand          |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |



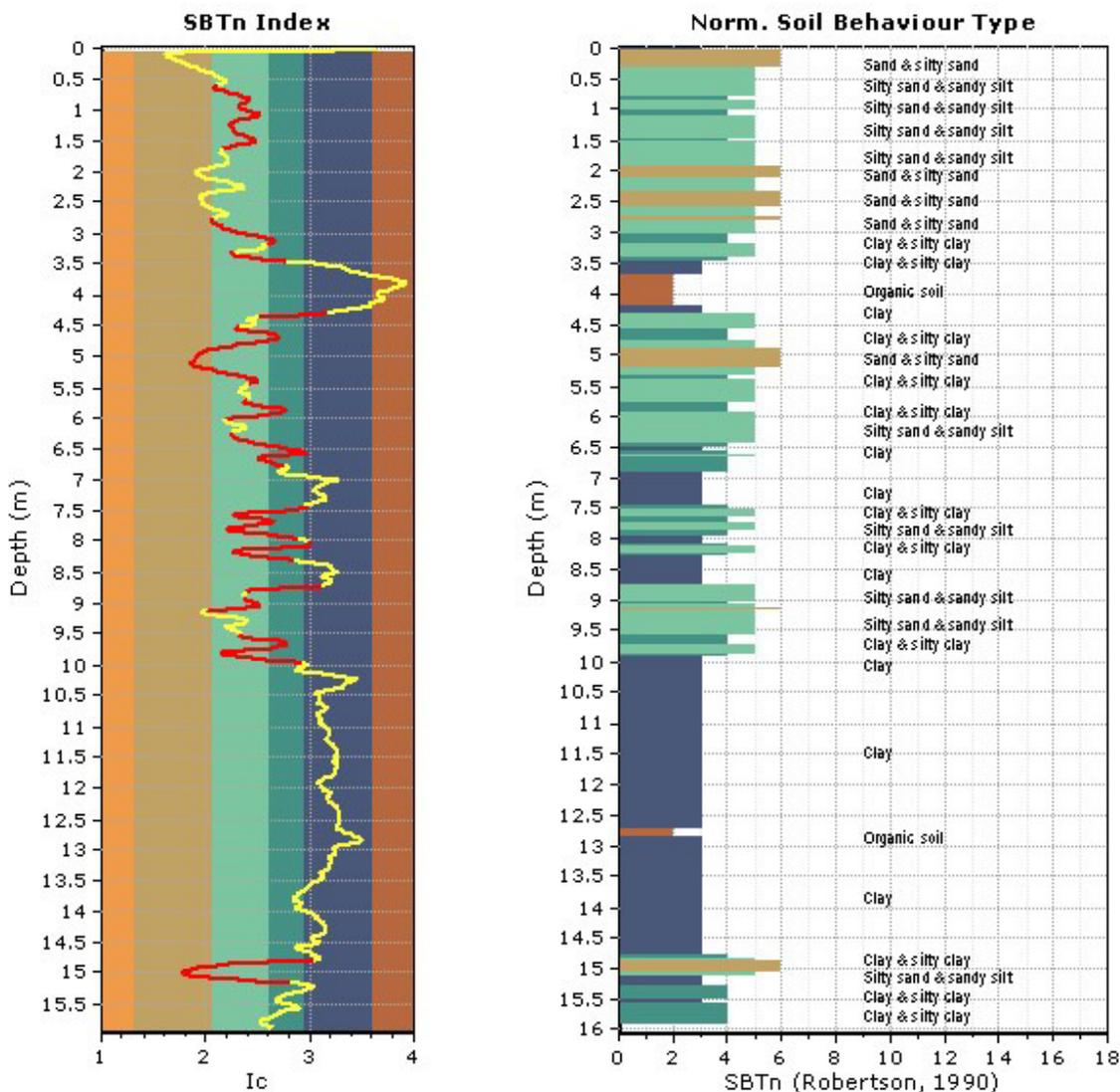
## TRANSITION LAYER DETECTION ALGORITHM REPORT

### Summary Details & Plots

#### Short description

The software will delete data when the cone is in transition from either clay to sand or vice-versa. To do this the software requires a range of  $I_c$  values over which the transition will be defined (typically somewhere between  $1.80 < I_c < 3.0$ ) and a rate of change of  $I_c$ . Transitions typically occur when the rate of change of  $I_c$  is fast (i.e.  $\Delta I_c$  is small).

The  $SBT_n$  plot below, displays in red the detected transition layers based on the parameters listed below the graphs.



#### Transition layer algorithm properties

$I_c$  minimum check value: 1.70  
 $I_c$  maximum check value: 3.00  
 $I_c$  change ratio value: 0.0010  
 Minimum number of points in layer: 4

#### General statistics

Total points in CPT file: 805  
 Total points excluded: 300  
 Exclusion percentage: 37.27%  
 Number of layers detected: 33

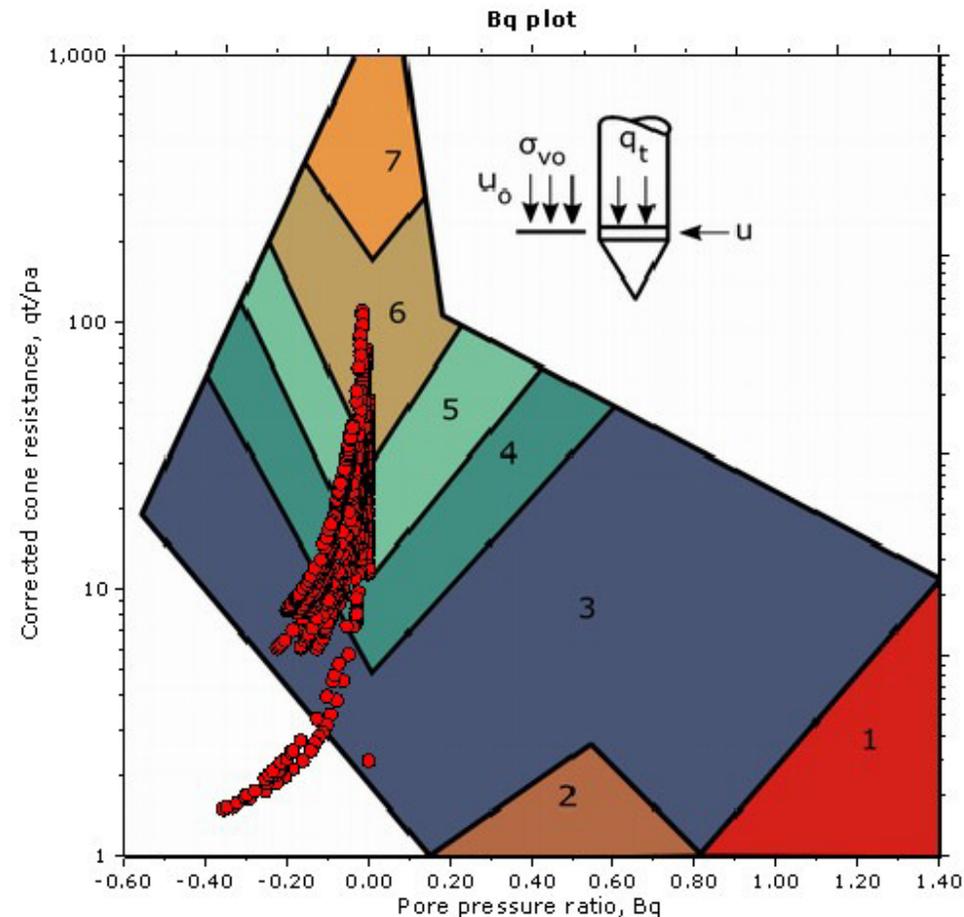
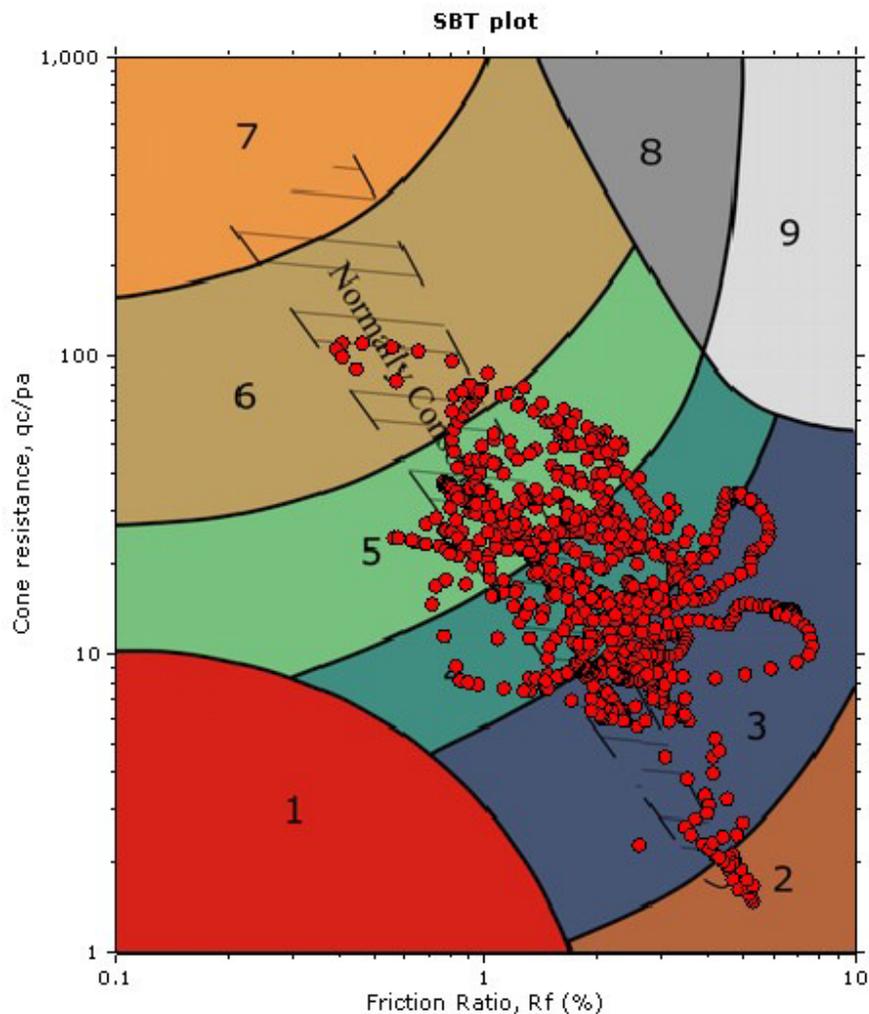
Transition layer No	Number of points	Depth	SBT <sub>n</sub> number	SBT <sub>n</sub> description
Transition layer 1	11	Start depth: 0.62 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 0.82 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 2	6	Start depth: 0.84 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 0.94 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 3	8	Start depth: 0.94 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 1.08 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 4	9	Start depth: 1.08 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 1.24 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 5	15	Start depth: 1.24 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 1.52 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 6	9	Start depth: 1.52 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 1.68 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 7	17	Start depth: 2.79 (m)	6	Sand & silty sand
		End depth: 3.11 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 8	6	Start depth: 3.11 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 3.21 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 9	8	Start depth: 3.33 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 3.47 (m)	3	Clay
Transition layer 10	4	Start depth: 4.33 (m)	3	Clay
		End depth: 4.39 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 11	8	Start depth: 4.55 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 4.68 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 12	22	Start depth: 4.68 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 5.10 (m)	6	Sand & silty sand
Transition layer 13	15	Start depth: 5.10 (m)	6	Sand & silty sand
		End depth: 5.38 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 14	5	Start depth: 5.38 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 5.46 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 15	7	Start depth: 5.74 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 5.86 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 16	10	Start depth: 5.86 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 6.04 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 17	15	Start depth: 6.28 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 6.56 (m)	3	Clay
Transition layer 18	5	Start depth: 6.56 (m)	3	Clay
		End depth: 6.64 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 19	9	Start depth: 6.64 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 6.80 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 20	7	Start depth: 7.45 (m)	3	Clay
		End depth: 7.57 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 21	6	Start depth: 7.57 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 7.67 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 22	7	Start depth: 7.67 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 7.79 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 23	11	Start depth: 7.79 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 7.99 (m)	3	Clay

Transition layer No	Number of points	Depth	SBT <sub>n</sub> number	SBT <sub>n</sub> description
Transition layer 24	7	Start depth: 8.05 (m)	3	Clay
		End depth: 8.17 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 25	9	Start depth: 8.17 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 8.33 (m)	3	Clay
Transition layer 26	6	Start depth: 8.74 (m)	3	Clay
		End depth: 8.84 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 27	6	Start depth: 8.92 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 9.02 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 28	6	Start depth: 9.04 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 9.14 (m)	6	Sand & silty sand
Transition layer 29	6	Start depth: 9.54 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 9.64 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 30	9	Start depth: 9.66 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 9.82 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 31	10	Start depth: 9.82 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 9.99 (m)	3	Clay
Transition layer 32	10	Start depth: 14.80 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 14.98 (m)	6	Sand & silty sand
Transition layer 33	11	Start depth: 14.98 (m)	6	Sand & silty sand
		End depth: 15.18 (m)	3	Clay

Start depth: Depth where the transition layer begins

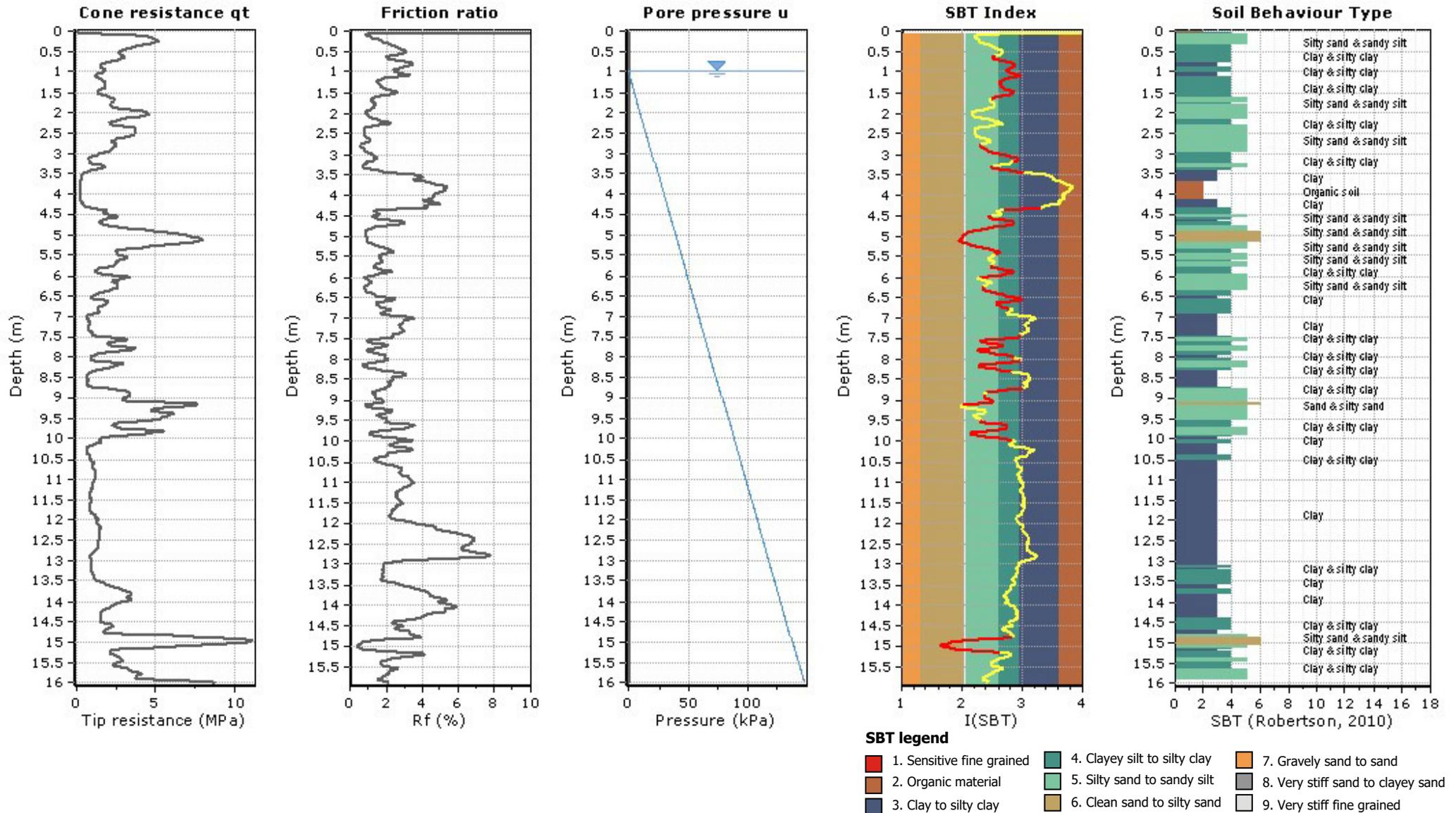
End depth: Depth where the transition layer ends

SBT - Bq plots



SBT legend

- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand          |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |



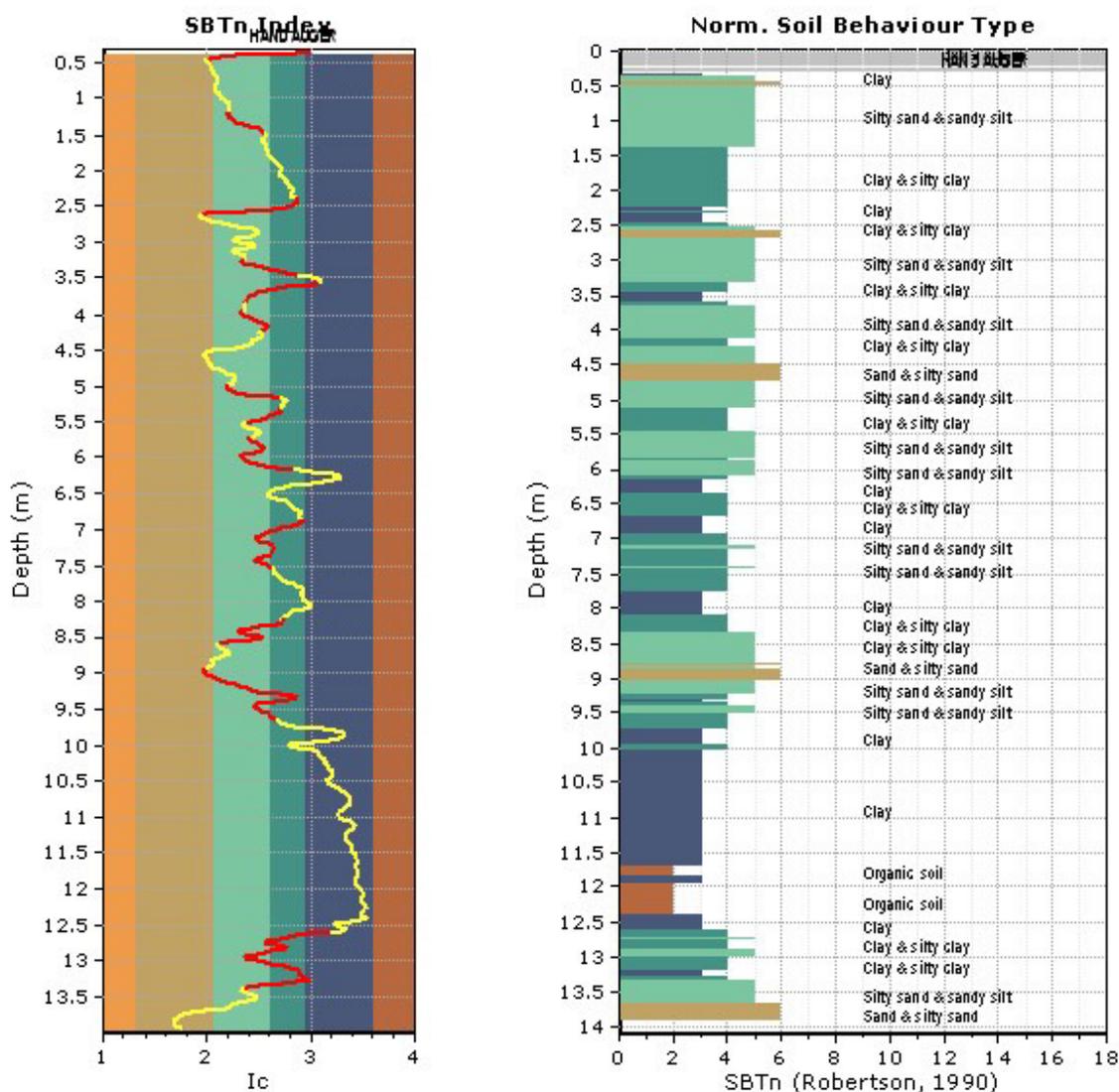
## TRANSITION LAYER DETECTION ALGORITHM REPORT

### Summary Details & Plots

#### Short description

The software will delete data when the cone is in transition from either clay to sand or vice-versa. To do this the software requires a range of  $I_c$  values over which the transition will be defined (typically somewhere between  $1.80 < I_c < 3.0$ ) and a rate of change of  $I_c$ . Transitions typically occur when the rate of change of  $I_c$  is fast (i.e.  $\Delta I_c$  is small).

The  $SBT_n$  plot below, displays in red the detected transition layers based on the parameters listed below the graphs.



#### Transition layer algorithm properties

$I_c$  minimum check value: 1.70  
 $I_c$  maximum check value: 3.00  
 $I_c$  change ratio value: 0.0010  
 Minimum number of points in layer: 4

#### General statistics

Total points in CPT file: 705  
 Total points excluded: 257  
 Exclusion percentage: 36.45%  
 Number of layers detected: 27

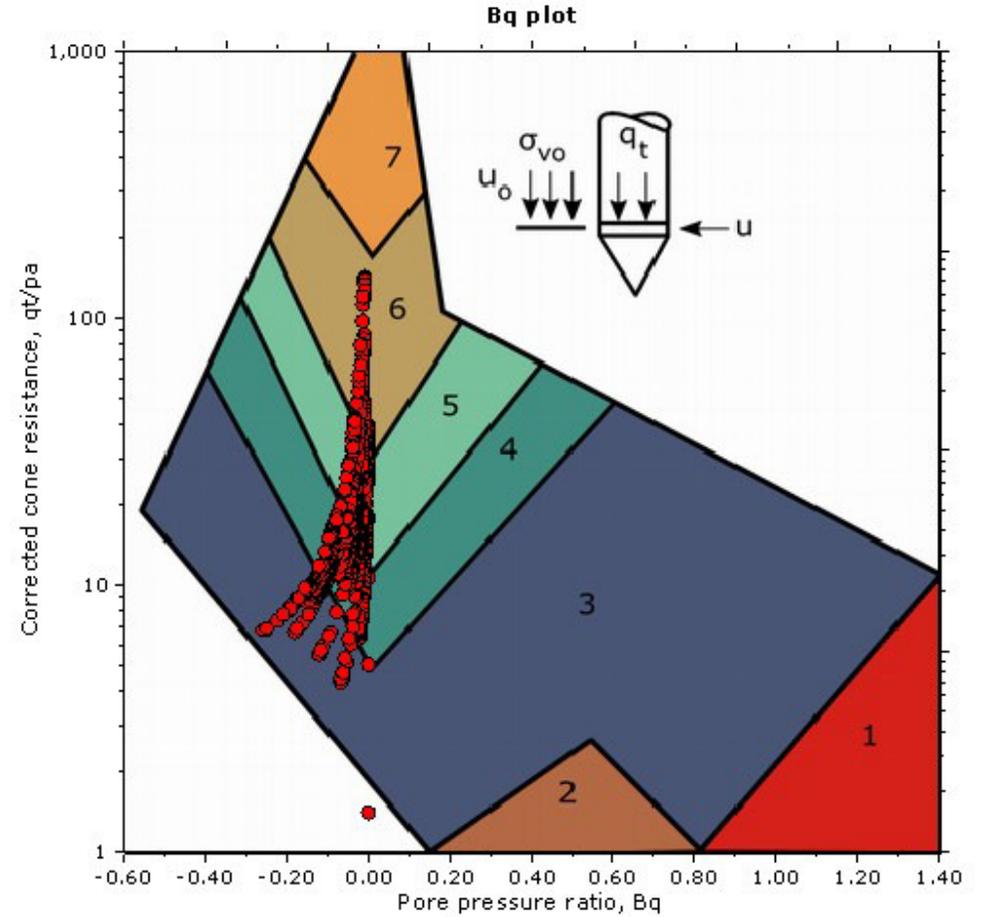
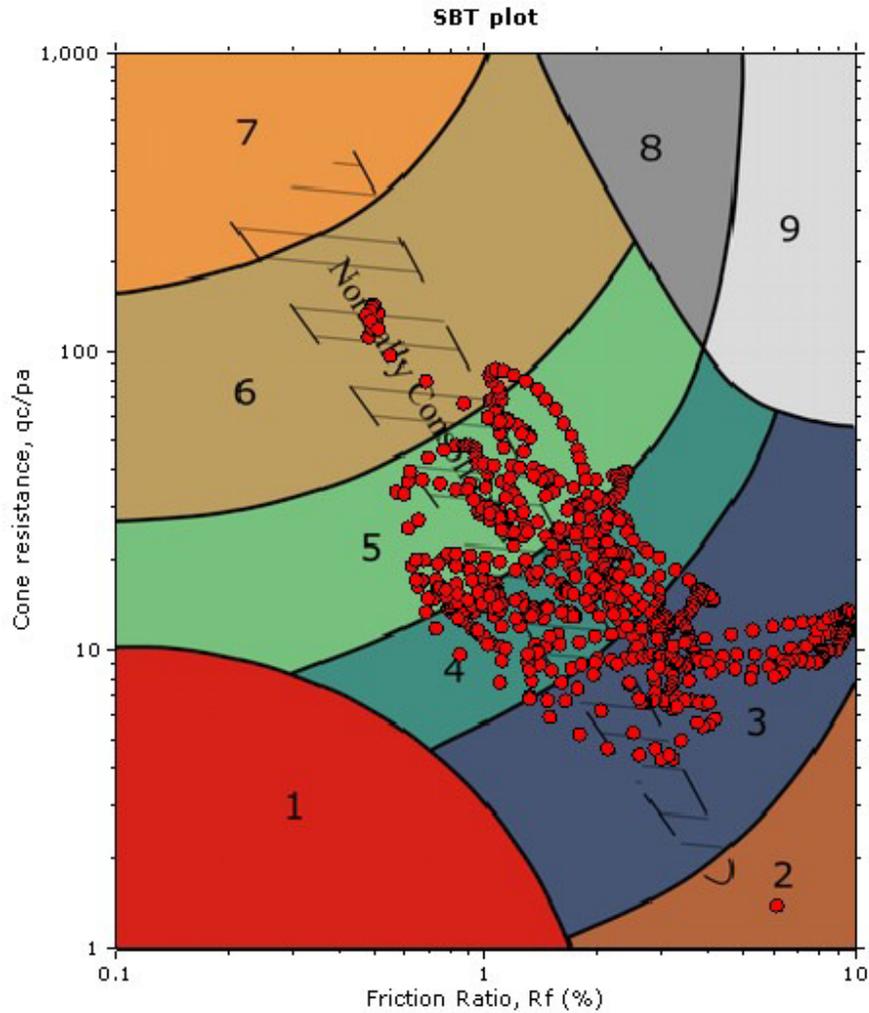
Transition layer No	Number of points	Depth	SBT <sub>n</sub> number	SBT <sub>n</sub> description
Transition layer 1	7	Start depth: 0.36 (m)	3	Clay
		End depth: 0.48 (m)	6	Sand & silty sand
Transition layer 2	15	Start depth: 1.22 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 1.50 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 3	12	Start depth: 2.41 (m)	3	Clay
		End depth: 2.63 (m)	6	Sand & silty sand
Transition layer 4	11	Start depth: 3.27 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 3.47 (m)	3	Clay
Transition layer 5	15	Start depth: 3.59 (m)	3	Clay
		End depth: 3.87 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 6	10	Start depth: 3.99 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 4.17 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 7	4	Start depth: 4.19 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 4.25 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 8	9	Start depth: 5.03 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 5.19 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 9	10	Start depth: 5.35 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 5.53 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 10	7	Start depth: 5.75 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 5.87 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 11	7	Start depth: 5.87 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 5.99 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 12	11	Start depth: 5.99 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 6.18 (m)	3	Clay
Transition layer 13	13	Start depth: 6.88 (m)	3	Clay
		End depth: 7.12 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 14	7	Start depth: 7.12 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 7.24 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 15	9	Start depth: 7.26 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 7.42 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 16	8	Start depth: 7.42 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 7.56 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 17	8	Start depth: 8.28 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 8.41 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 18	5	Start depth: 8.41 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 8.49 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 19	7	Start depth: 8.49 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 8.61 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 20	19	Start depth: 8.97 (m)	6	Sand & silty sand
		End depth: 9.33 (m)	3	Clay
Transition layer 21	6	Start depth: 9.33 (m)	3	Clay
		End depth: 9.43 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 22	13	Start depth: 9.43 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 9.67 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 23	7	Start depth: 12.63 (m)	3	Clay
		End depth: 12.74 (m)	5	Silty sand & sandy silt

<b>Transition layer No</b>	<b>Number of points</b>	<b>Depth</b>	<b>SBT<sub>n</sub> number</b>	<b>SBT<sub>n</sub> description</b>
Transition layer 24	4	Start depth: 12.74 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 12.80 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 25	8	Start depth: 12.80 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 12.94 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 26	17	Start depth: 12.94 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 13.26 (m)	3	Clay
Transition layer 27	8	Start depth: 13.26 (m)	3	Clay
		End depth: 13.40 (m)	5	Silty sand & sandy silt

Start depth: Depth where the transition layer begins

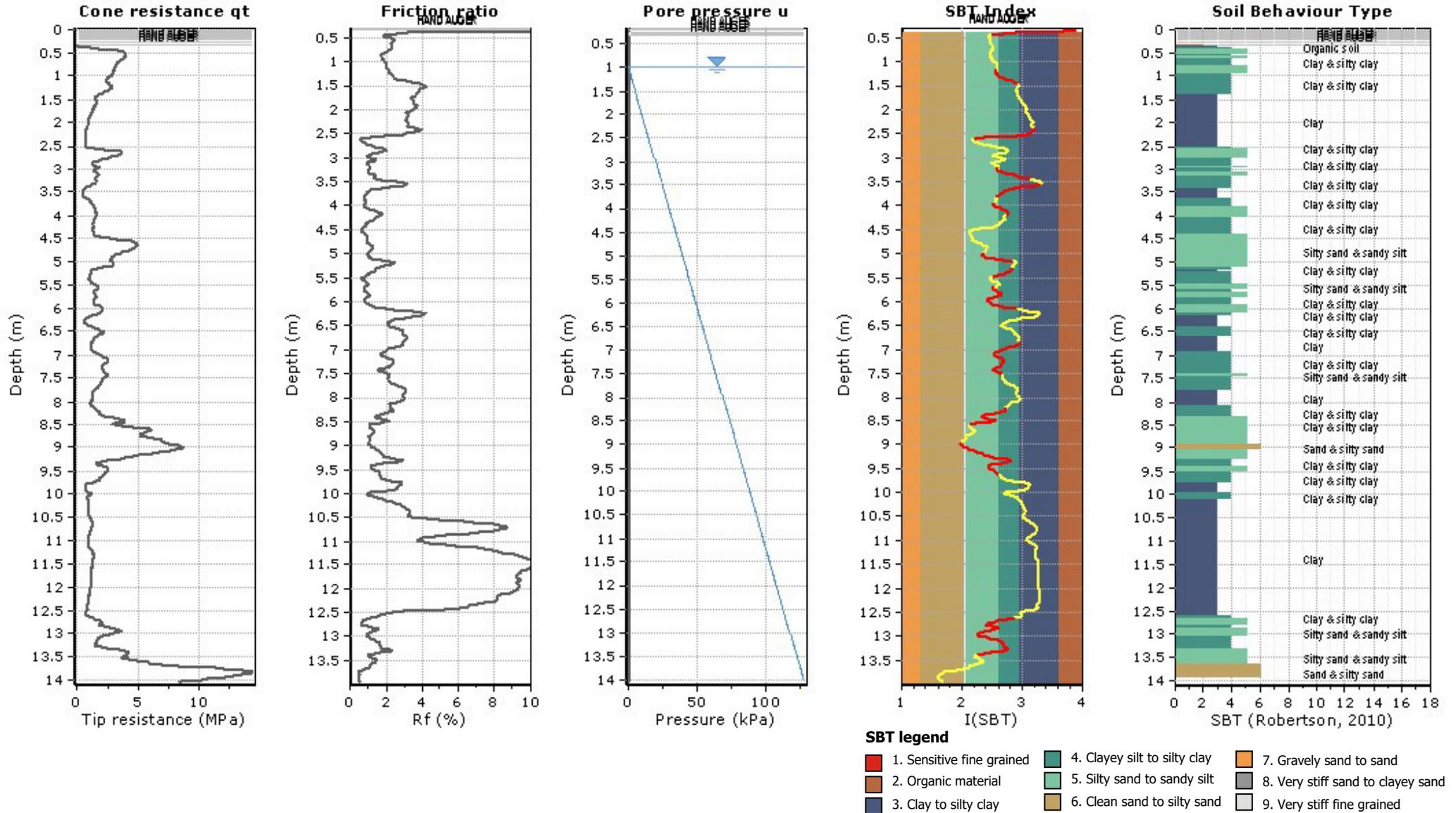
End depth: Depth where the transition layer ends

SBT - Bq plots



SBT legend

- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand          |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |



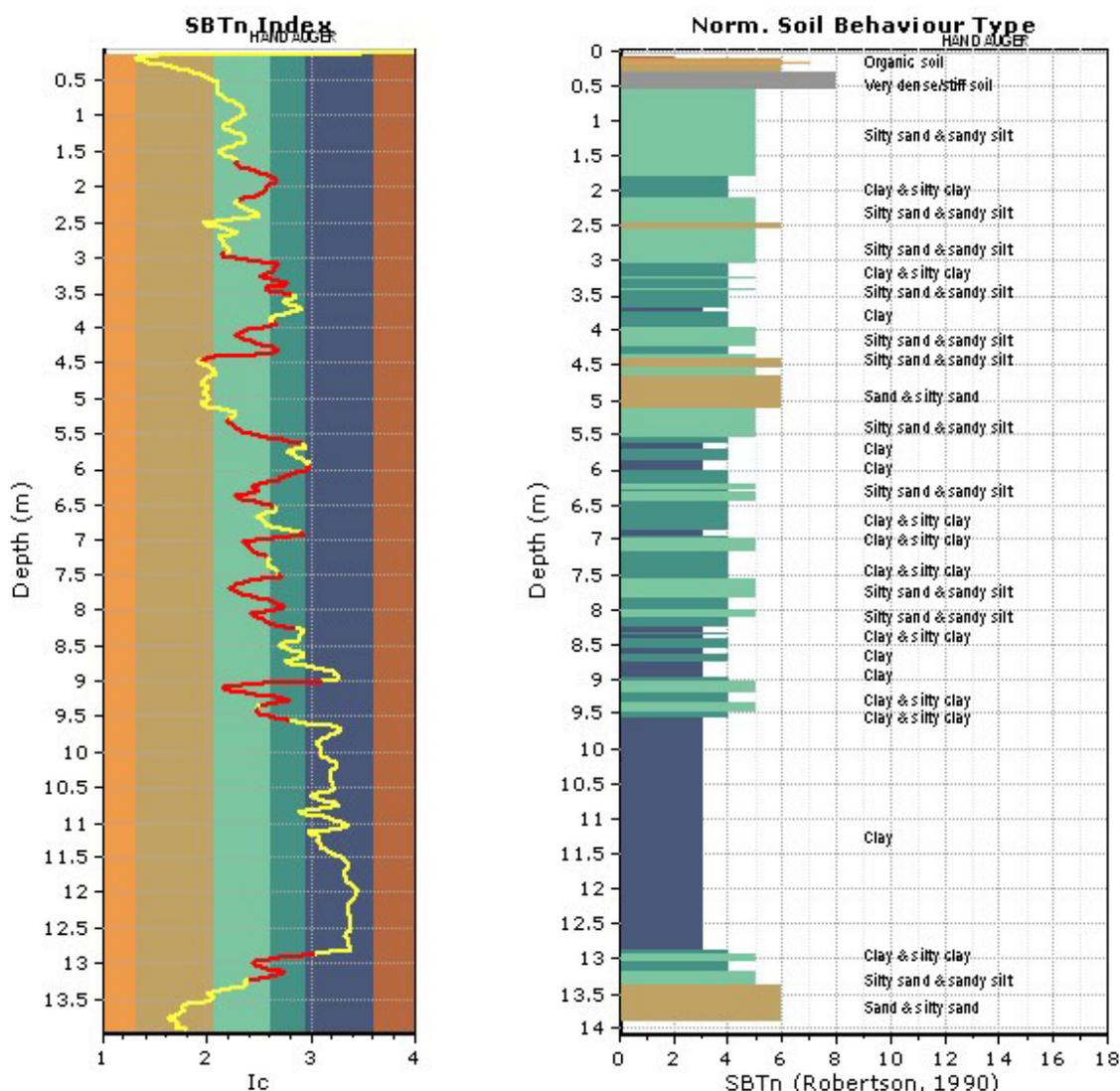
## TRANSITION LAYER DETECTION ALGORITHM REPORT

### Summary Details & Plots

#### Short description

The software will delete data when the cone is in transition from either clay to sand or vice-versa. To do this the software requires a range of  $I_c$  values over which the transition will be defined (typically somewhere between  $1.80 < I_c < 3.0$ ) and a rate of change of  $I_c$ . Transitions typically occur when the rate of change of  $I_c$  is fast (i.e.  $\Delta I_c$  is small).

The  $SBT_n$  plot below, displays in red the detected transition layers based on the parameters listed below the graphs.



#### Transition layer algorithm properties

$I_c$  minimum check value: 1.70  
 $I_c$  maximum check value: 3.00  
 $I_c$  change ratio value: 0.0010  
 Minimum number of points in layer: 4

#### General statistics

Total points in CPT file: 705  
 Total points excluded: 257  
 Exclusion percentage: 36.45%  
 Number of layers detected: 28

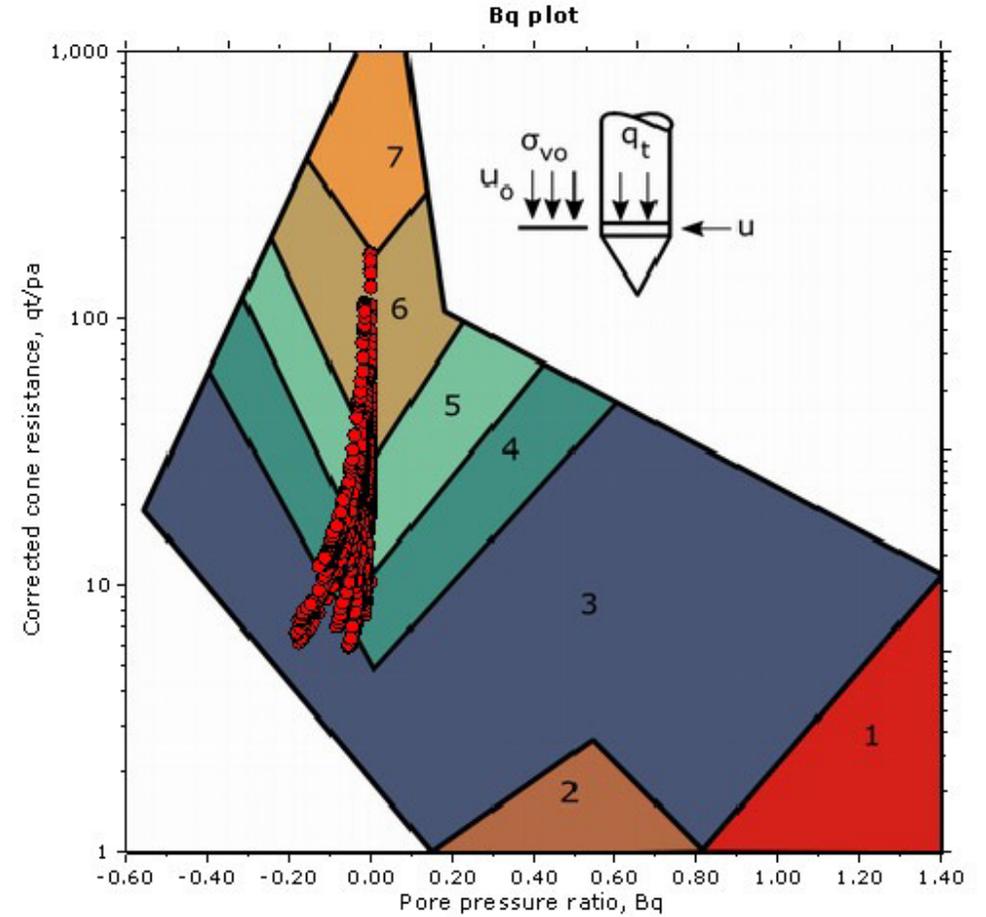
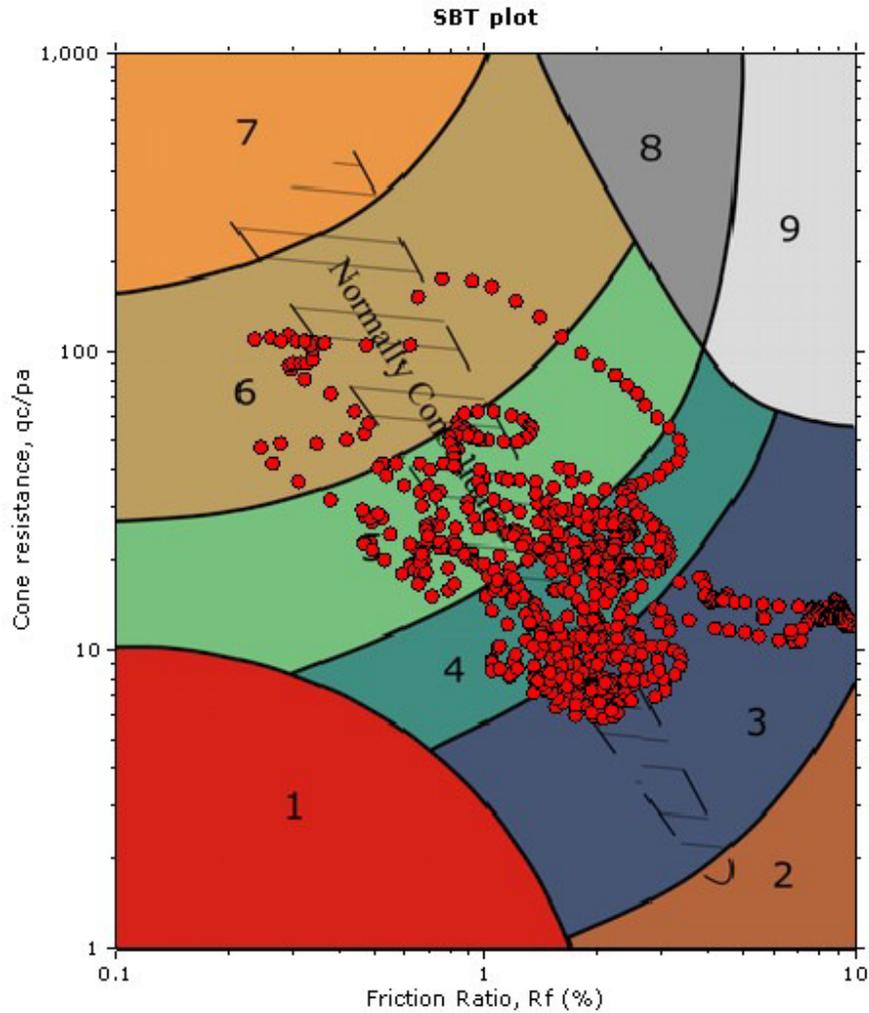
Transition layer No	Number of points	Depth	SBT <sub>n</sub> number	SBT <sub>n</sub> description
Transition layer 1	13	Start depth: 1.68 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 1.92 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 2	16	Start depth: 1.92 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 2.21 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 3	8	Start depth: 2.95 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 3.09 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 4	9	Start depth: 3.11 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 3.27 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 5	6	Start depth: 3.27 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 3.37 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 6	4	Start depth: 3.37 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 3.43 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 7	7	Start depth: 3.43 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 3.55 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 8	9	Start depth: 3.95 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 4.11 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 9	11	Start depth: 4.11 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 4.31 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 10	9	Start depth: 4.31 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 4.47 (m)	6	Sand & silty sand
Transition layer 11	18	Start depth: 5.33 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 5.66 (m)	3	Clay
Transition layer 12	14	Start depth: 5.98 (m)	3	Clay
		End depth: 6.24 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 13	4	Start depth: 6.24 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 6.30 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 14	5	Start depth: 6.30 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 6.38 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 15	10	Start depth: 6.38 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 6.56 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 16	6	Start depth: 6.92 (m)	3	Clay
		End depth: 7.02 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 17	14	Start depth: 7.02 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 7.28 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 18	9	Start depth: 7.52 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 7.67 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 19	14	Start depth: 7.67 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 7.93 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 20	7	Start depth: 7.93 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 8.05 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 21	12	Start depth: 8.05 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 8.27 (m)	3	Clay
Transition layer 22	5	Start depth: 9.01 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 9.09 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 23	10	Start depth: 9.09 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 9.26 (m)	4	Clay & silty clay

<b>Transition layer No</b>	<b>Number of points</b>	<b>Depth</b>	<b>SBT<sub>n</sub> number</b>	<b>SBT<sub>n</sub> description</b>
Transition layer 24	6	Start depth: 9.26 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 9.36 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 25	9	Start depth: 9.42 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 9.58 (m)	3	Clay
Transition layer 26	7	Start depth: 12.87 (m)	3	Clay
		End depth: 12.99 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 27	8	Start depth: 12.99 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 13.13 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 28	7	Start depth: 13.13 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 13.25 (m)	5	Silty sand & sandy silt

Start depth: Depth where the transition layer begins

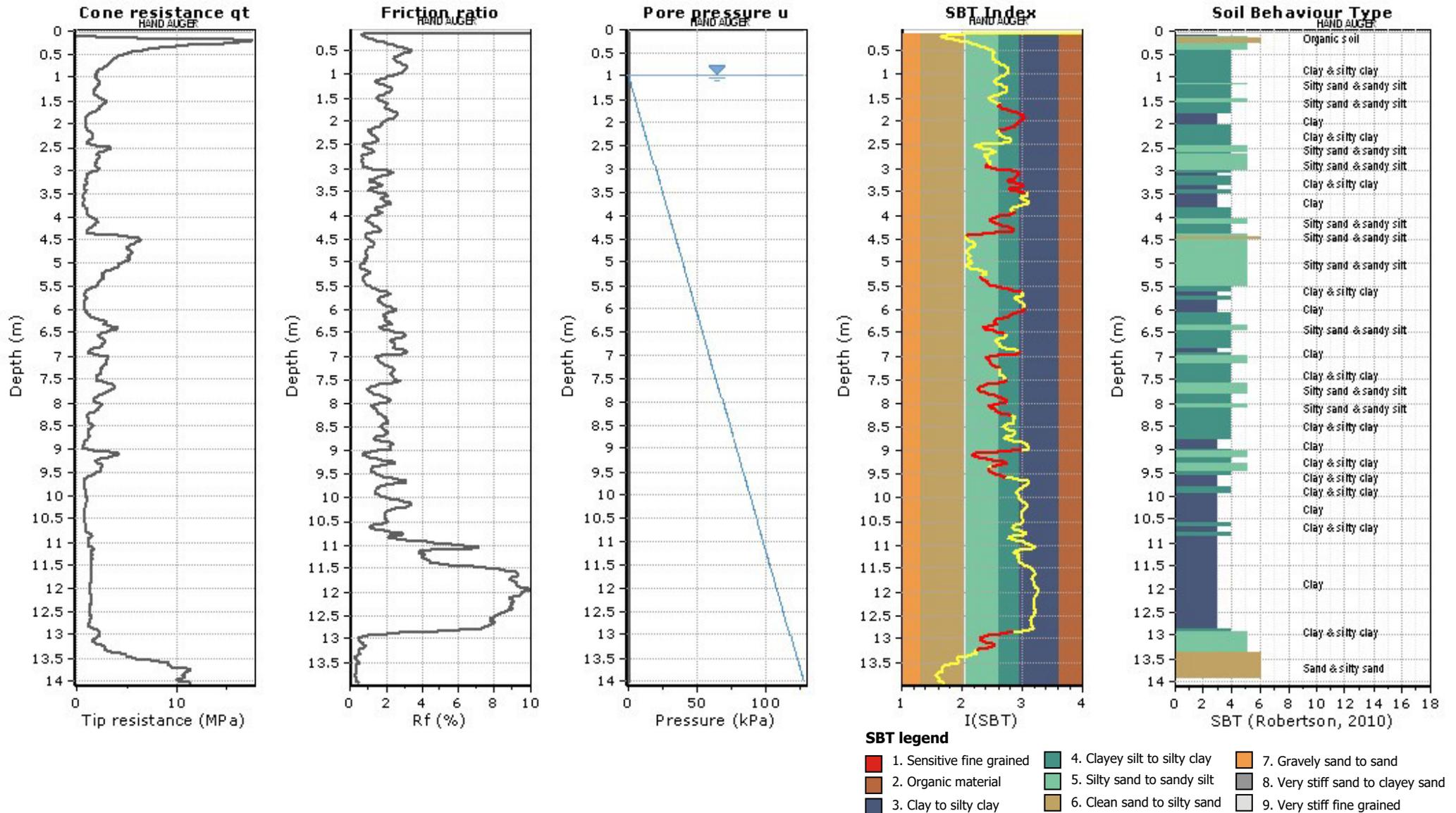
End depth: Depth where the transition layer ends

SBT - Bq plots



SBT legend

- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand          |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |



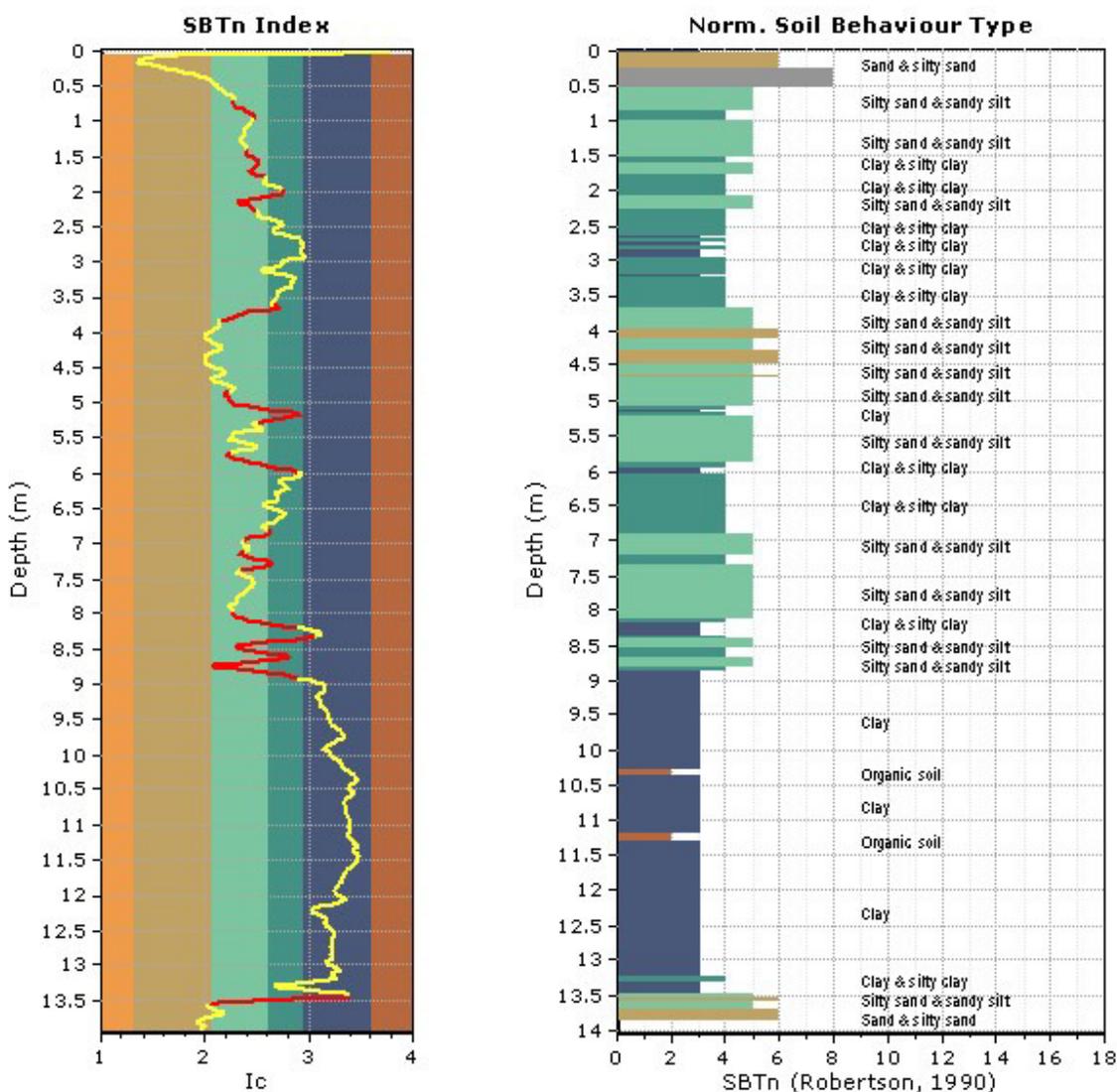
## TRANSITION LAYER DETECTION ALGORITHM REPORT

### Summary Details & Plots

#### Short description

The software will delete data when the cone is in transition from either clay to sand or vice-versa. To do this the software requires a range of  $I_c$  values over which the transition will be defined (typically somewhere between  $1.80 < I_c < 3.0$ ) and a rate of change of  $I_c$ . Transitions typically occur when the rate of change of  $I_c$  is fast (i.e.  $\Delta I_c$  is small).

The  $SBT_n$  plot below, displays in red the detected transition layers based on the parameters listed below the graphs.



#### Transition layer algorithm properties

$I_c$ minimum check value:	1.70
$I_c$ maximum check value:	3.00
$I_c$ change ratio value:	0.0010
Minimum number of points in layer:	4

#### General statistics

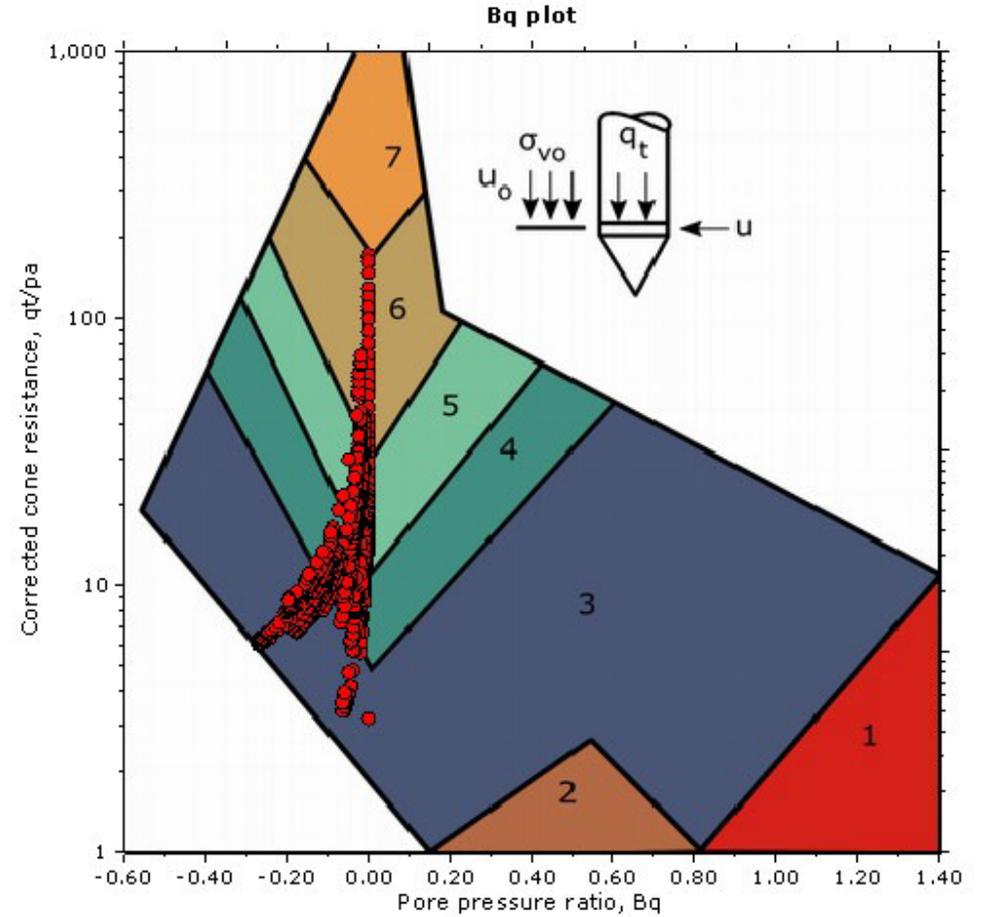
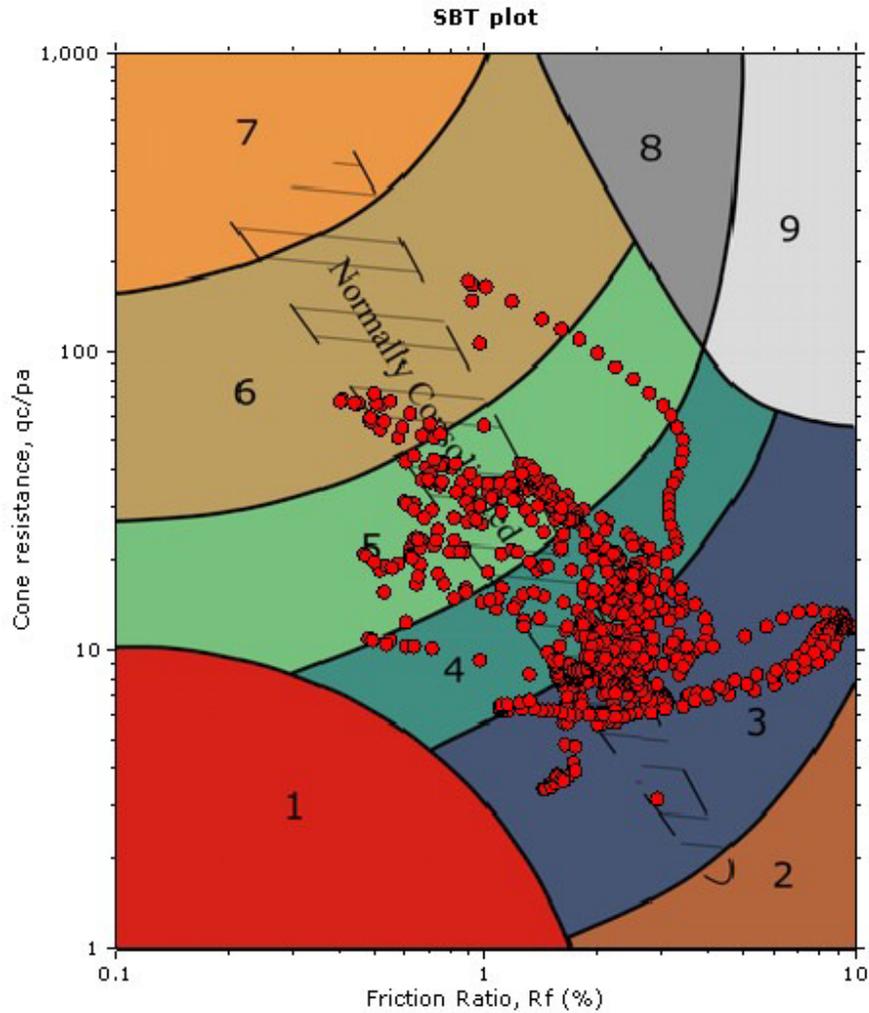
Total points in CPT file:	705
Total points excluded:	175
Exclusion percentage:	24.82%
Number of layers detected:	20

Transition layer No	Number of points	Depth	SBT <sub>n</sub> number	SBT <sub>n</sub> description
Transition layer 1	10	Start depth: 0.74 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 0.92 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 2	4	Start depth: 0.94 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 1.00 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 3	8	Start depth: 1.44 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 1.57 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 4	8	Start depth: 1.57 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 1.71 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 5	6	Start depth: 1.71 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 1.81 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 6	8	Start depth: 2.01 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 2.15 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 7	8	Start depth: 2.15 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 2.29 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 8	12	Start depth: 3.64 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 3.86 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 9	16	Start depth: 4.88 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 5.18 (m)	3	Clay
Transition layer 10	7	Start depth: 5.18 (m)	3	Clay
		End depth: 5.30 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 11	15	Start depth: 5.73 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 6.01 (m)	3	Clay
Transition layer 12	8	Start depth: 6.84 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 6.98 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 13	9	Start depth: 7.14 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 7.30 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 14	6	Start depth: 7.30 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 7.40 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 15	11	Start depth: 8.02 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 8.21 (m)	3	Clay
Transition layer 16	6	Start depth: 8.35 (m)	3	Clay
		End depth: 8.45 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 17	8	Start depth: 8.47 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 8.61 (m)	4	Clay & silty clay
Transition layer 18	8	Start depth: 8.61 (m)	4	Clay & silty clay
		End depth: 8.75 (m)	5	Silty sand & sandy silt
Transition layer 19	10	Start depth: 8.75 (m)	5	Silty sand & sandy silt
		End depth: 8.93 (m)	3	Clay
Transition layer 20	7	Start depth: 13.47 (m)	3	Clay
		End depth: 13.59 (m)	6	Sand & silty sand

Start depth: Depth where the transition layer begins

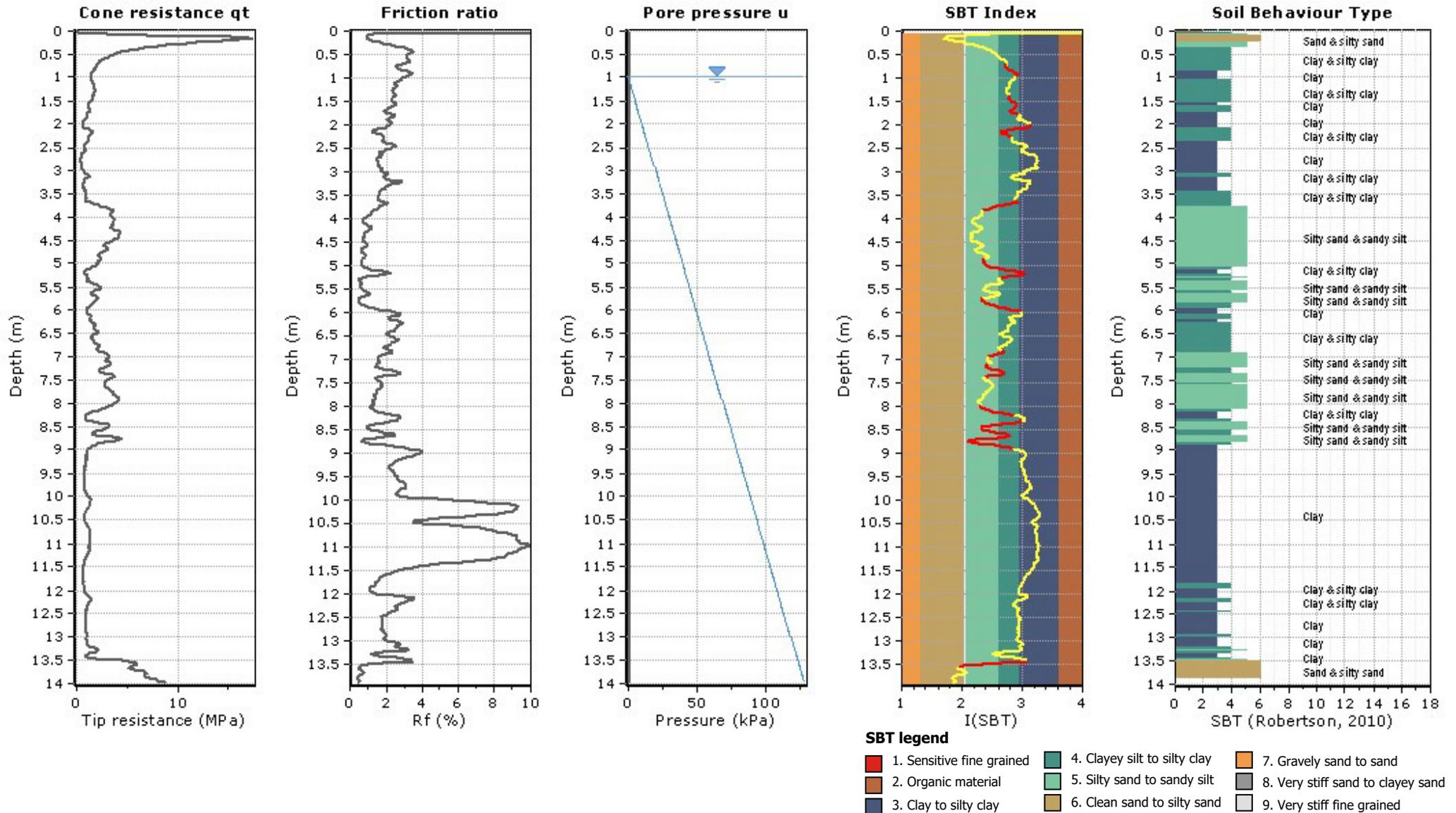
End depth: Depth where the transition layer ends

SBT - Bq plots

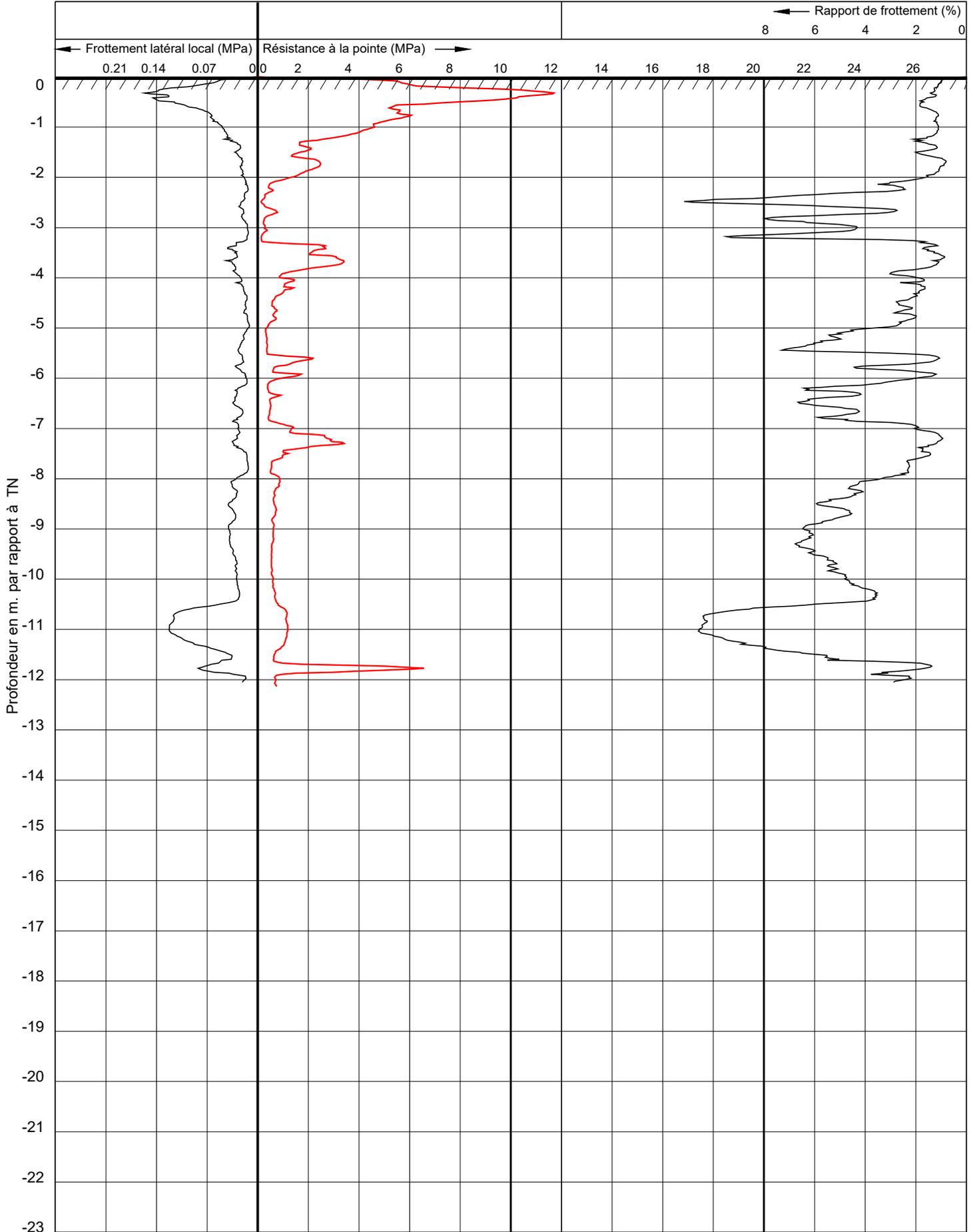


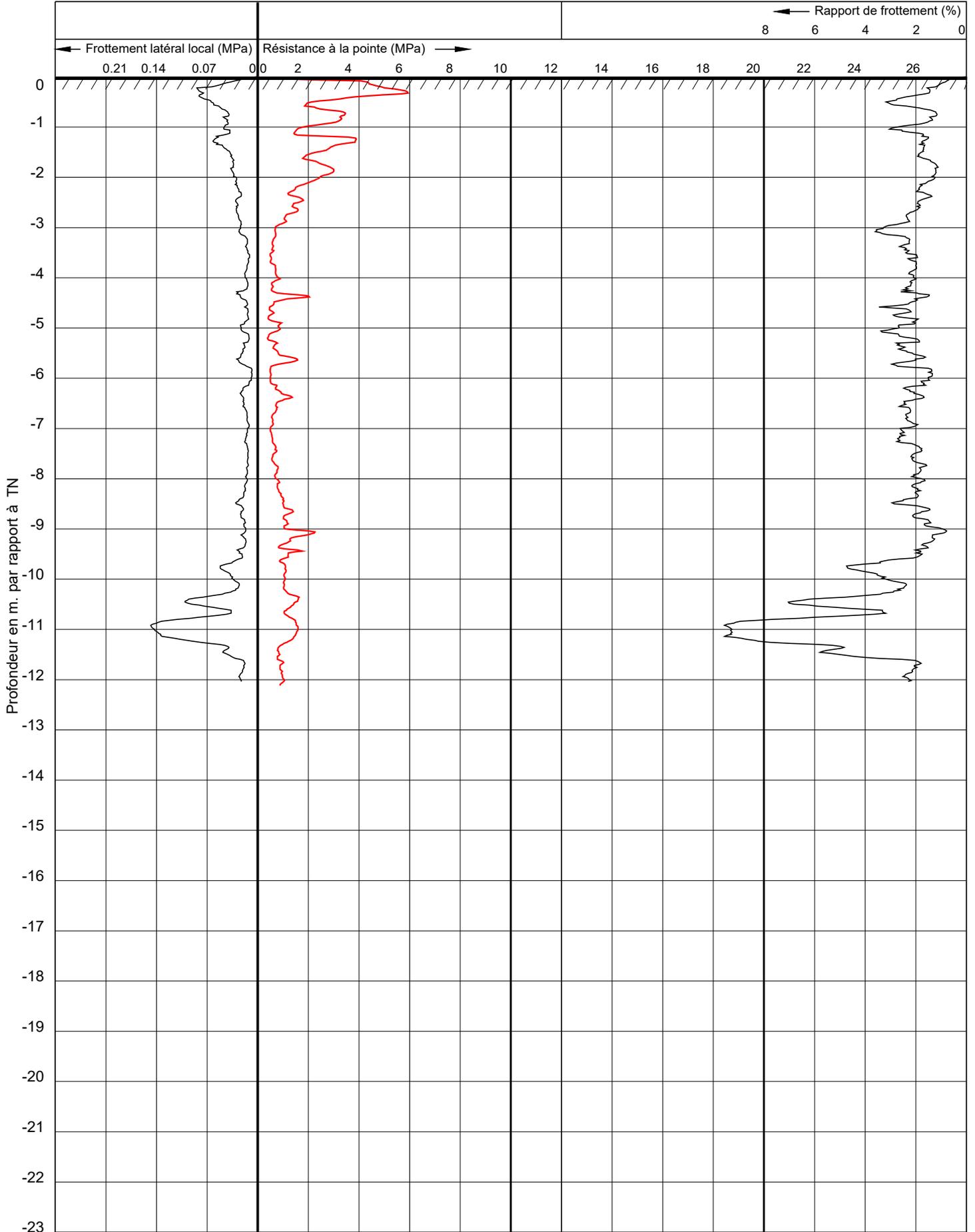
SBT legend

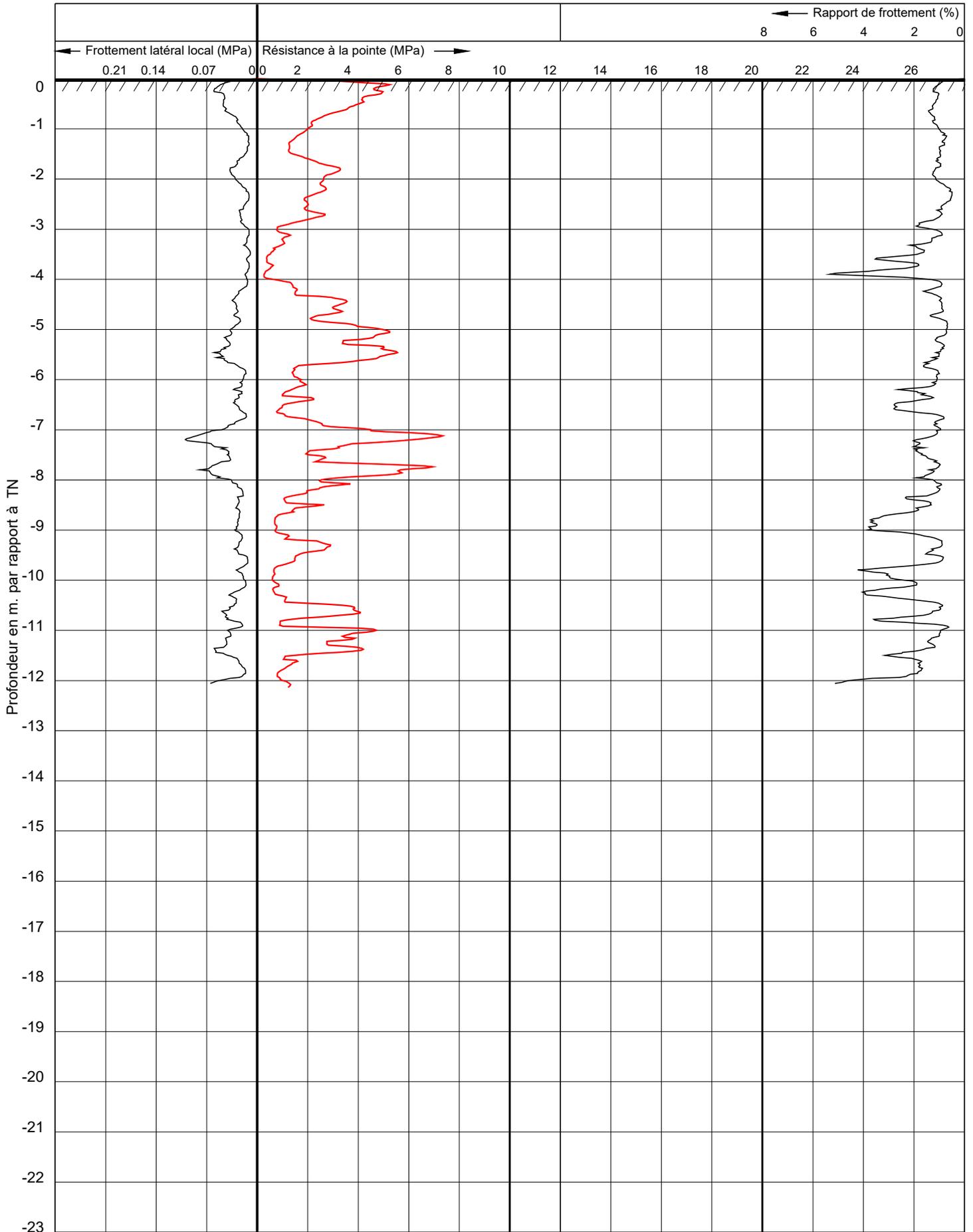
- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand          |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |

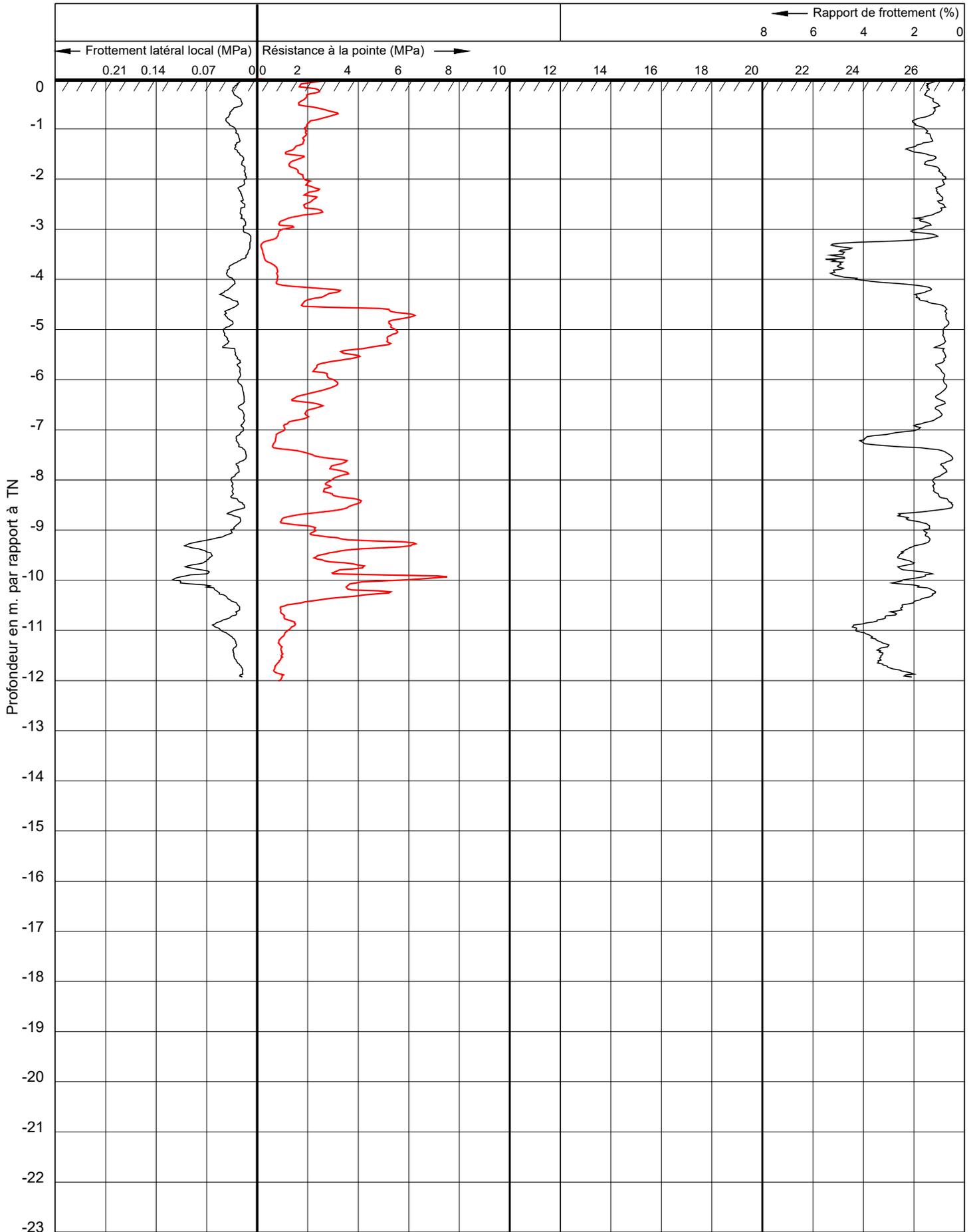


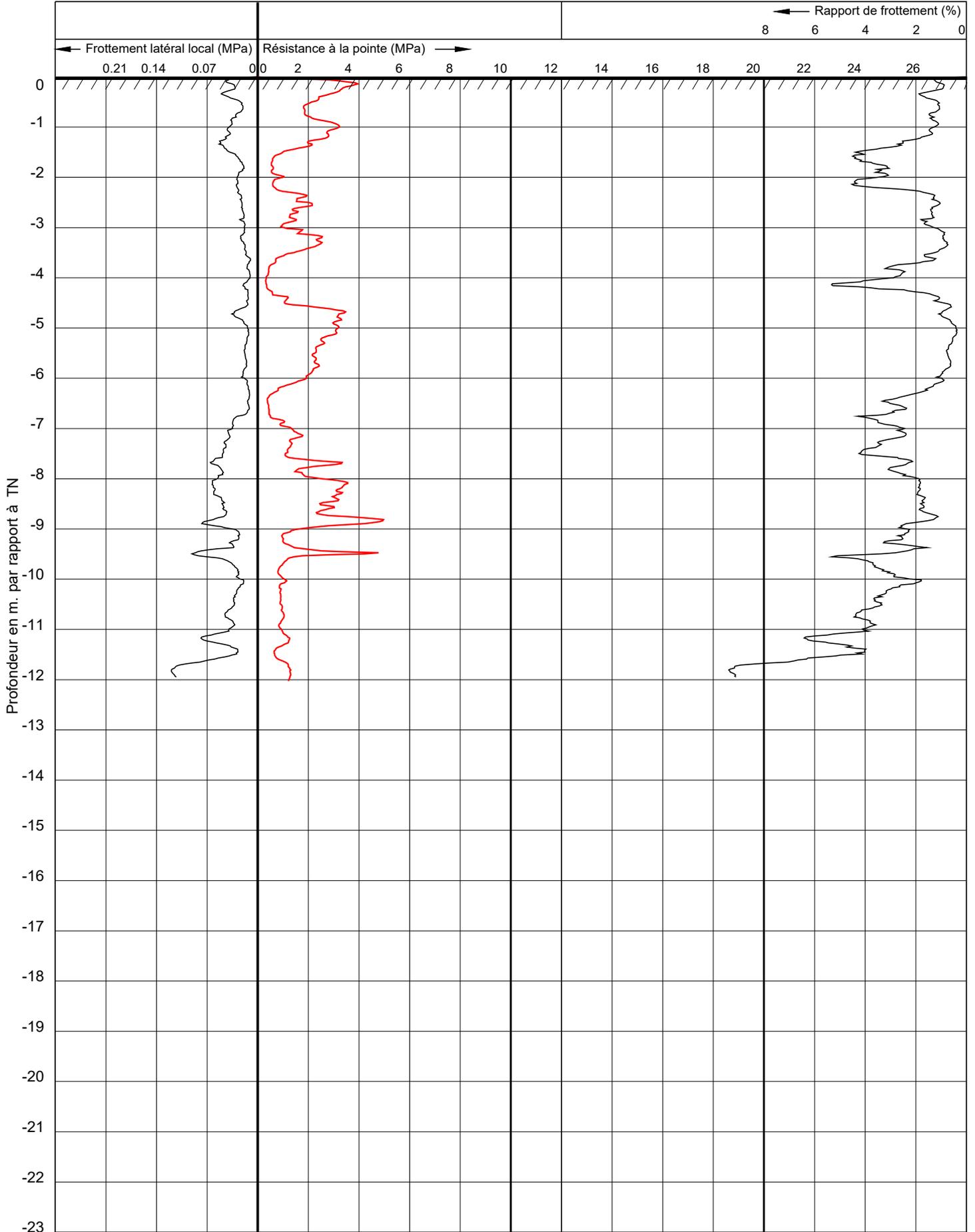
## Annexe V : **Logs des sondages (2020)**

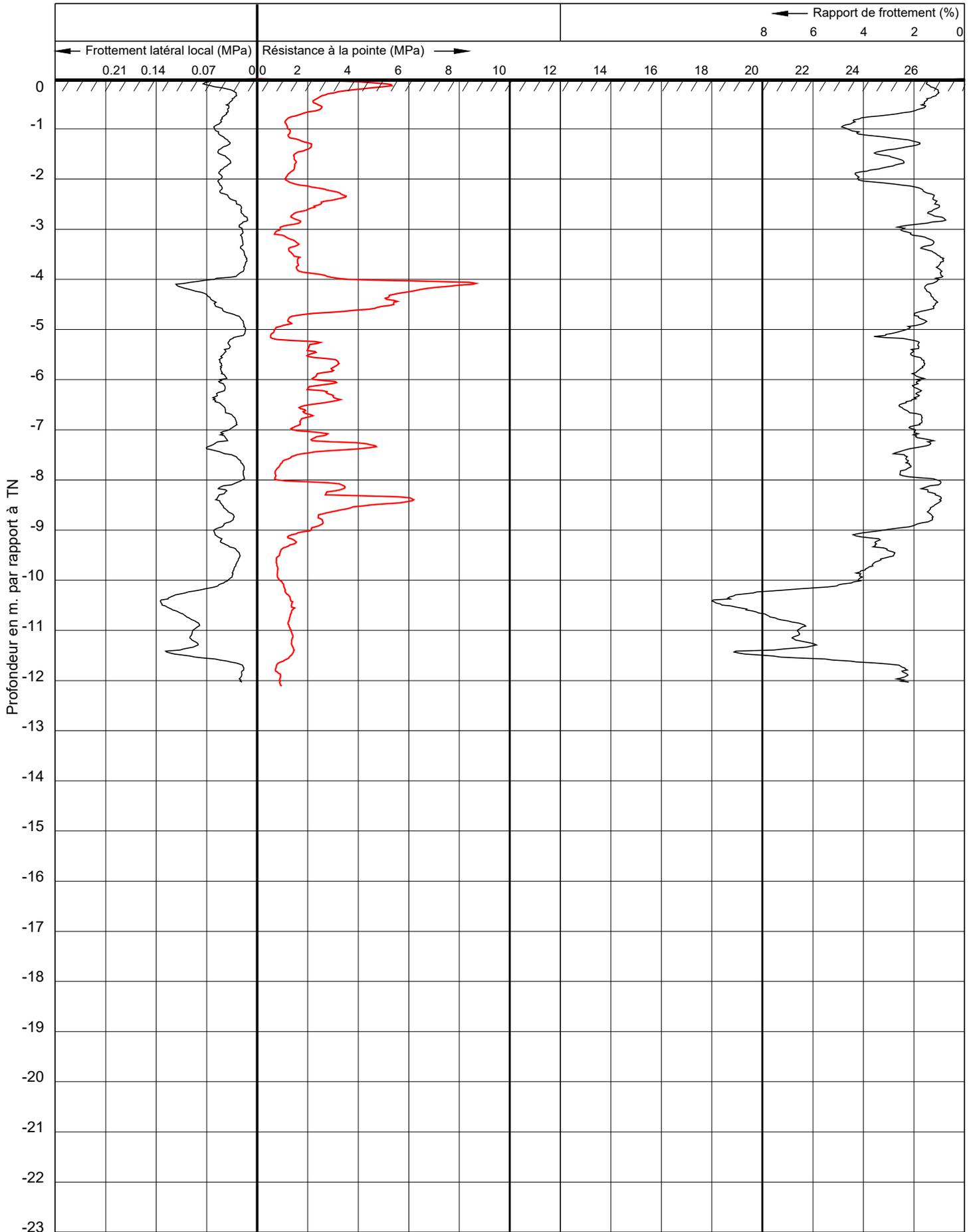


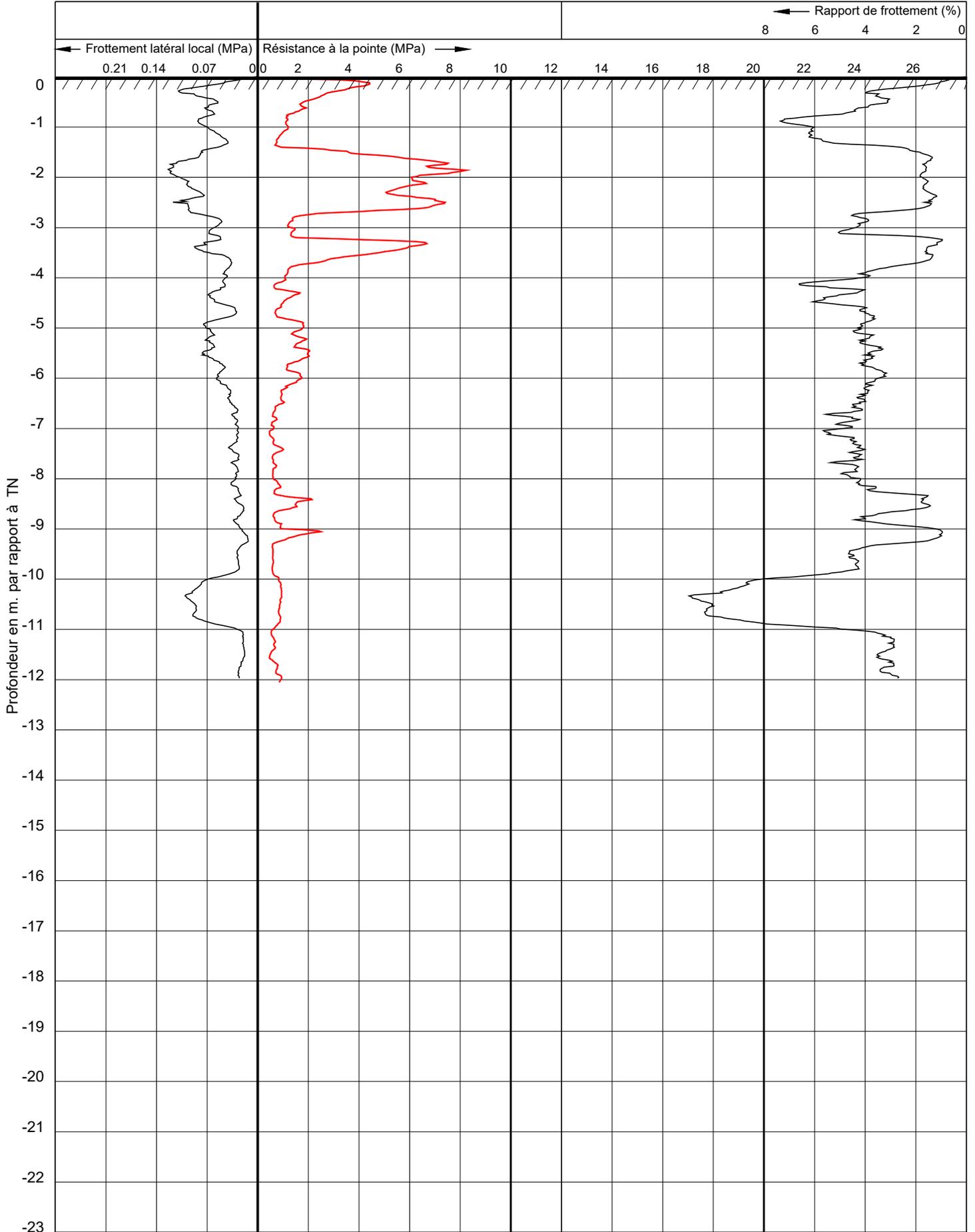




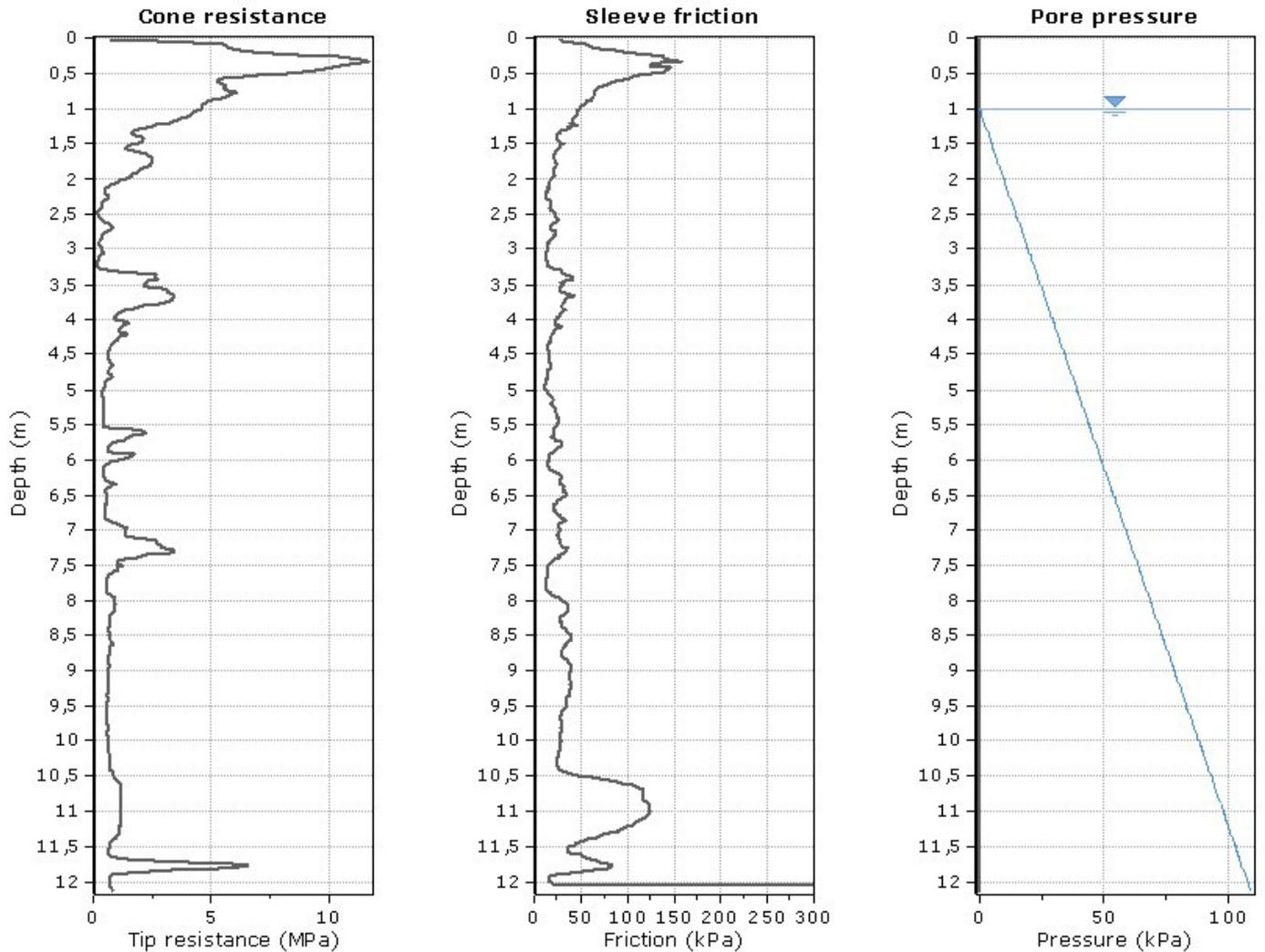




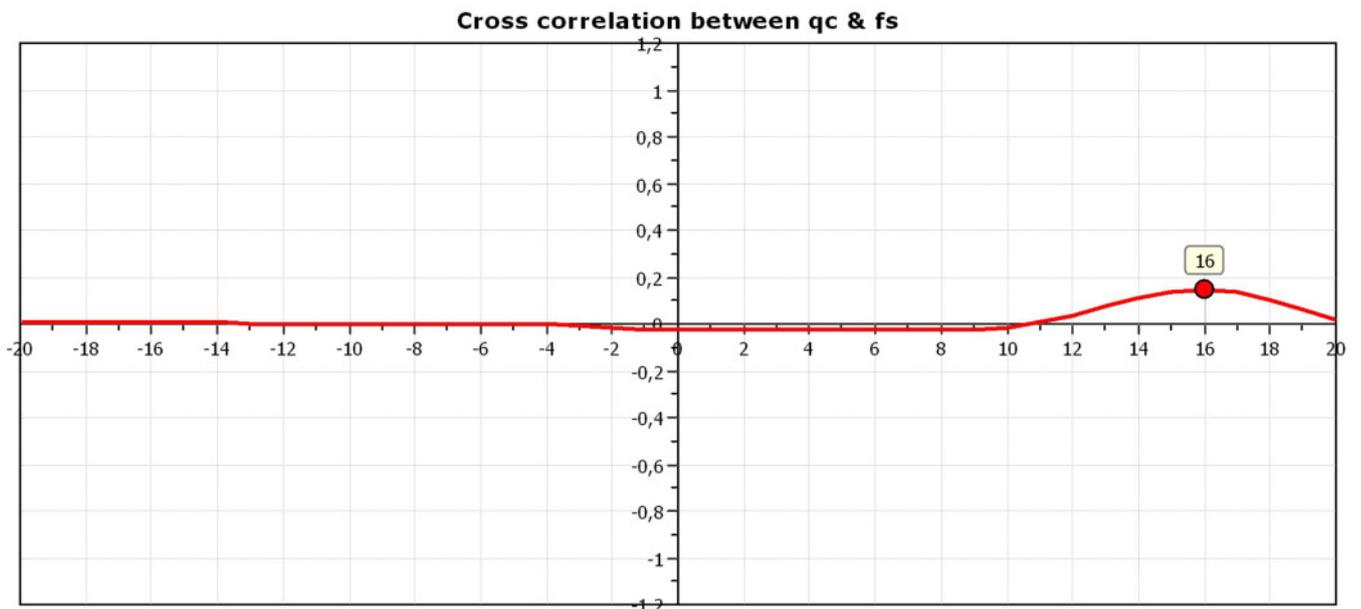




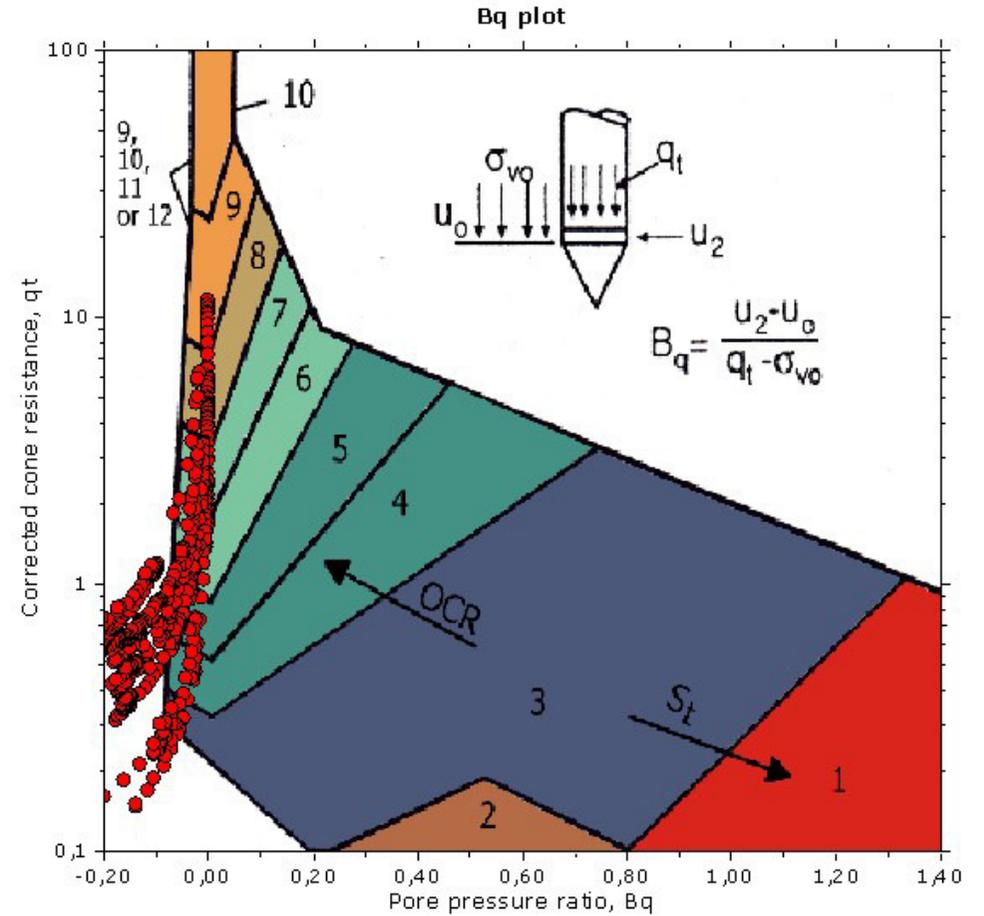
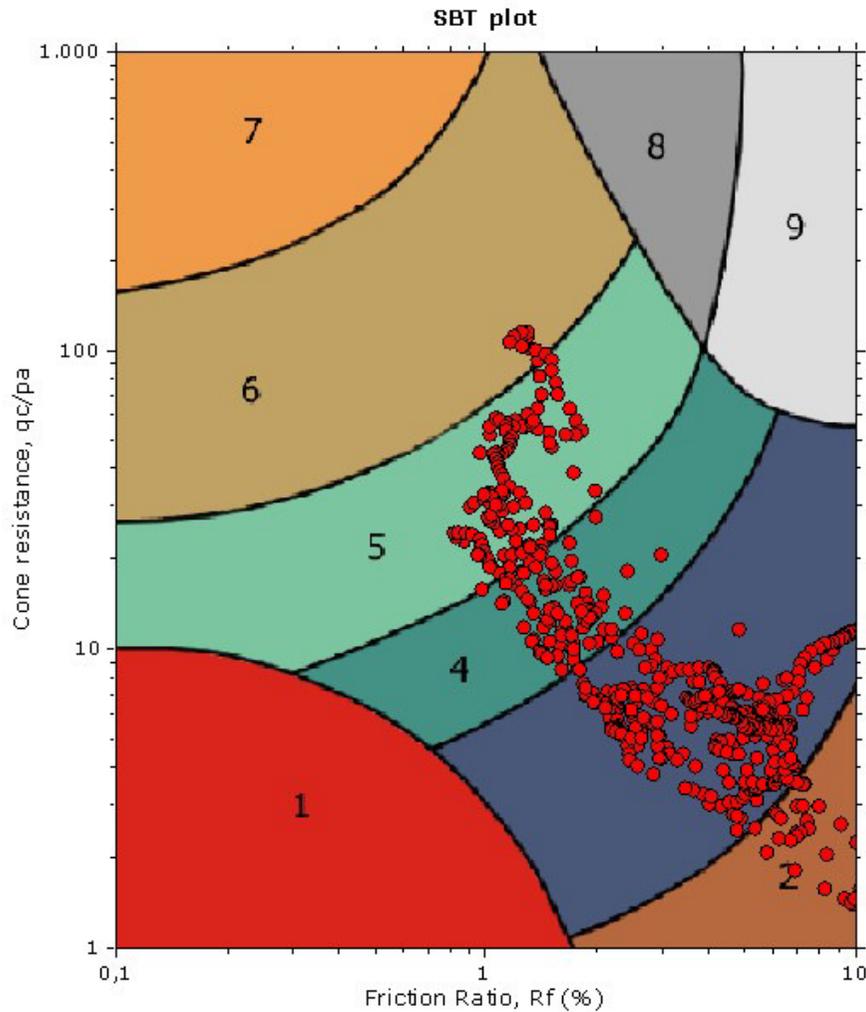
**Project:** 2001053  
**Location:** Escaudoeuvres



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw  $q_c$  and  $f_s$  values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

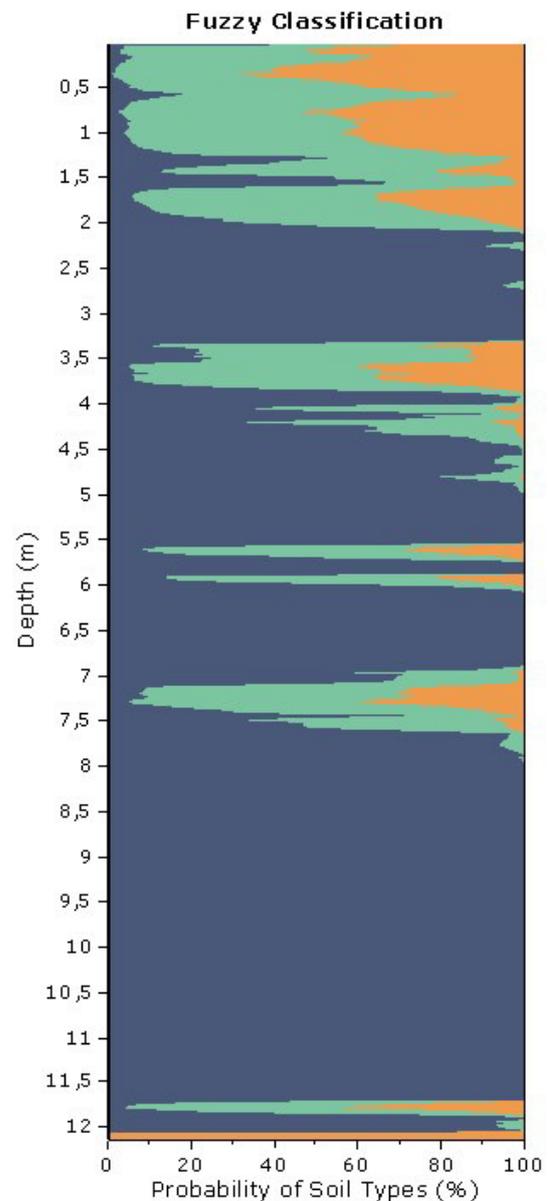
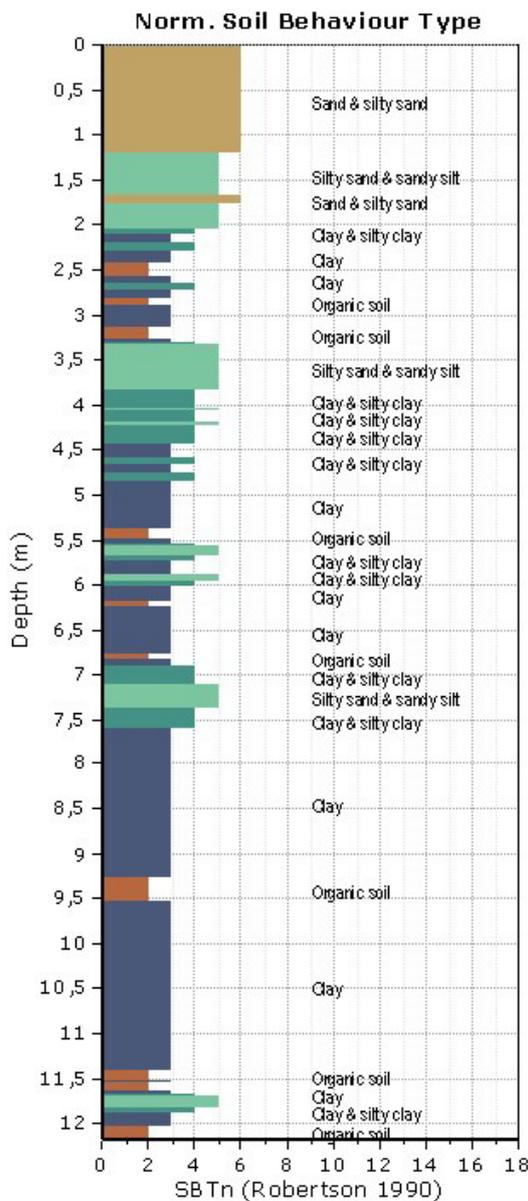


SBT - Bq plots



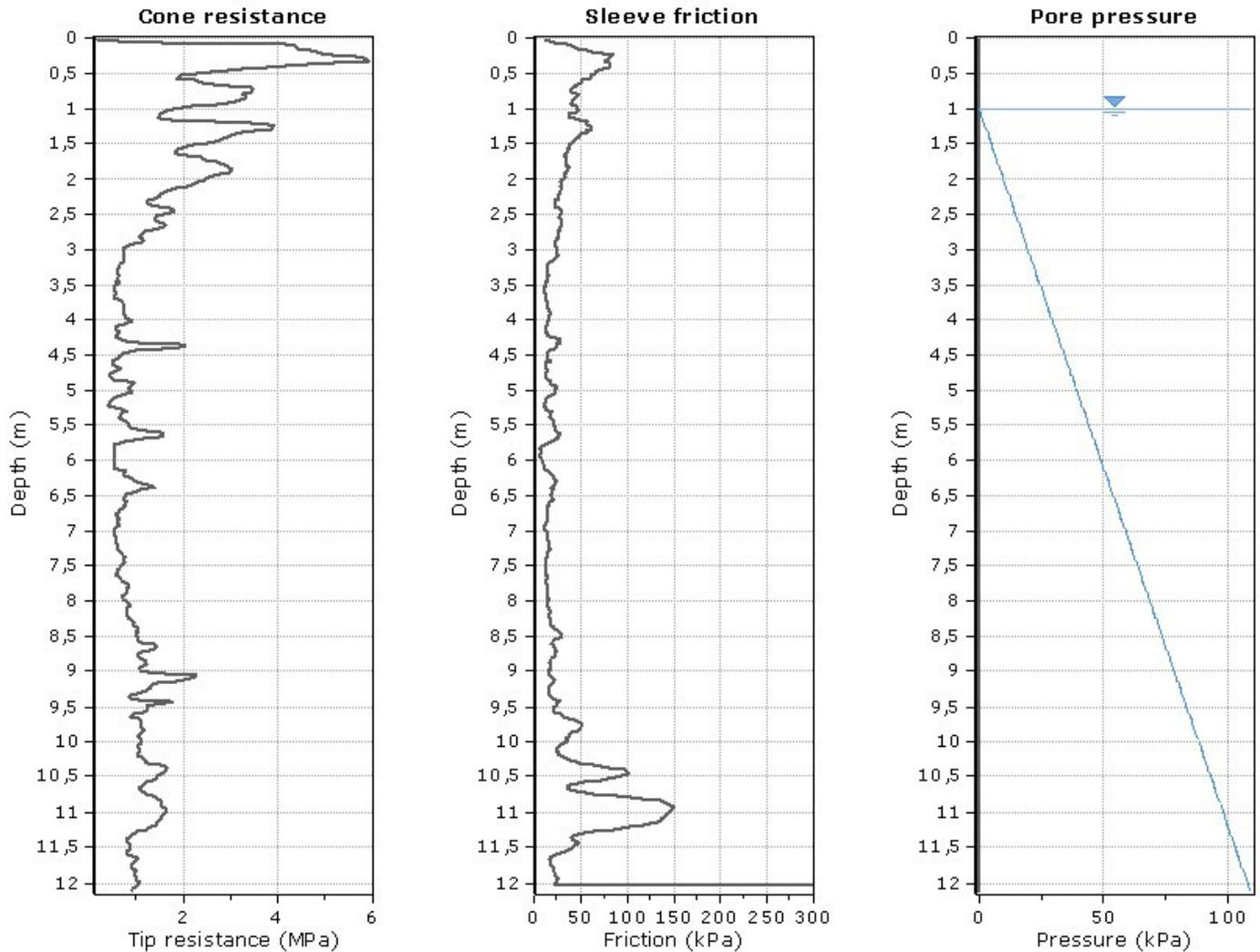
SBT legend

- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand           |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |

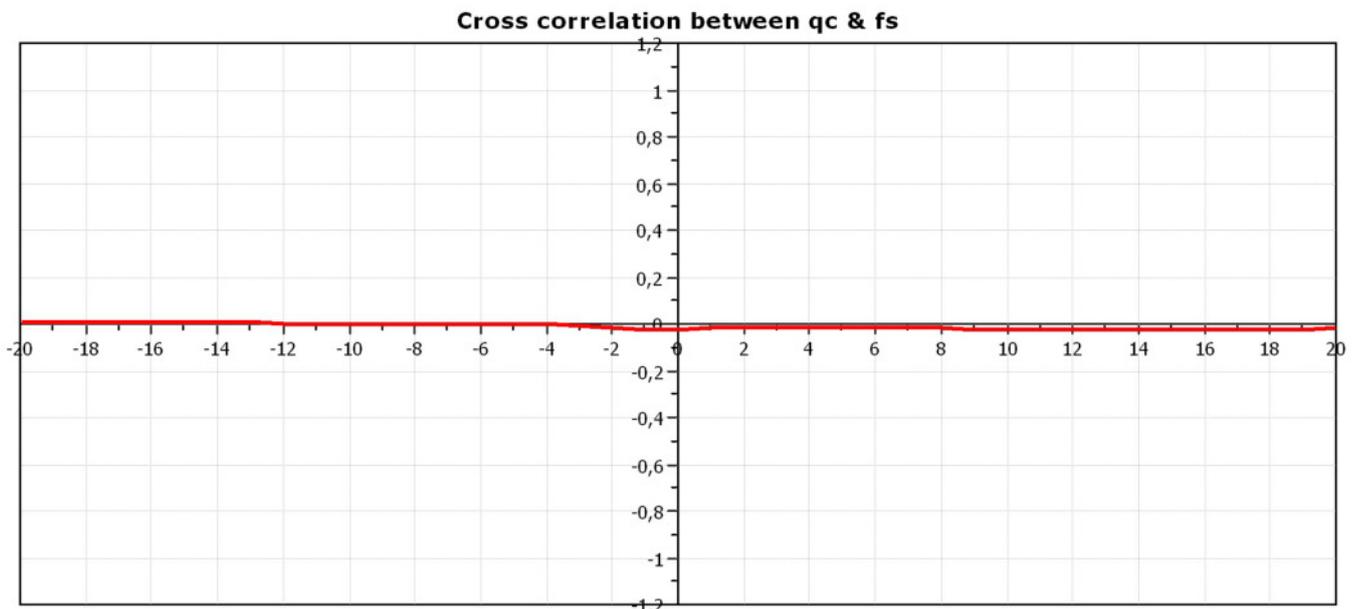


Project: 2001053

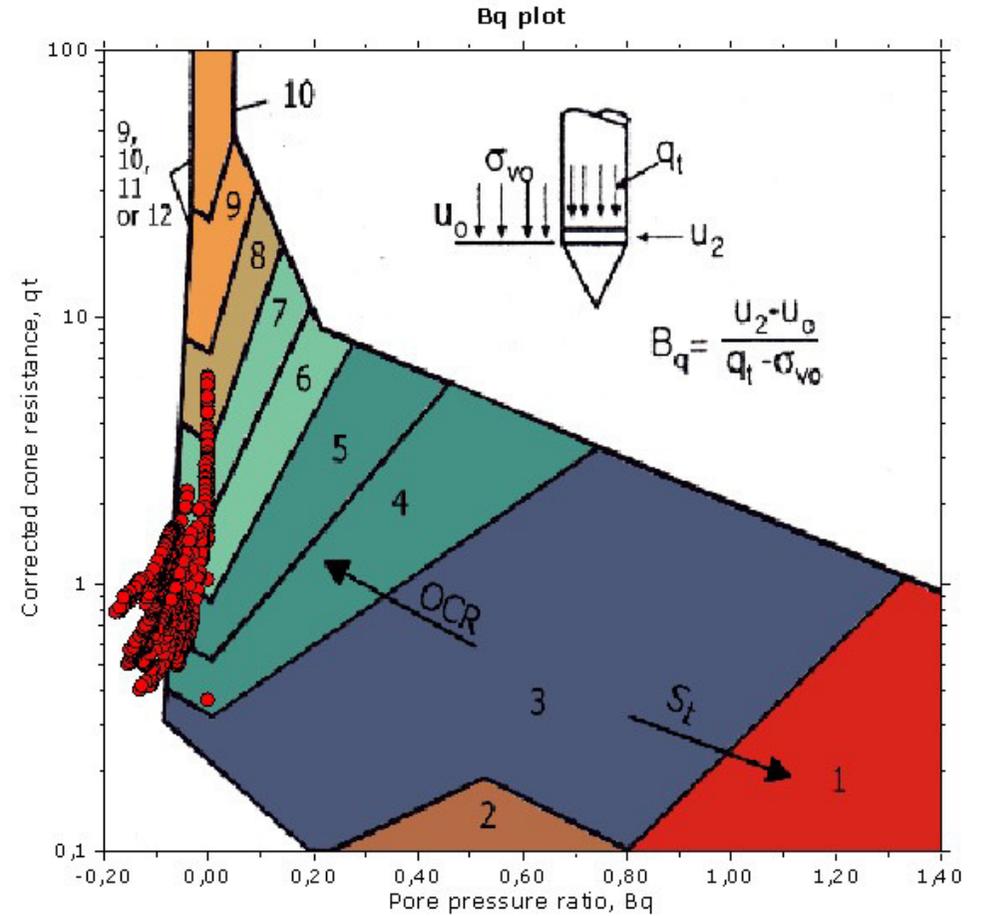
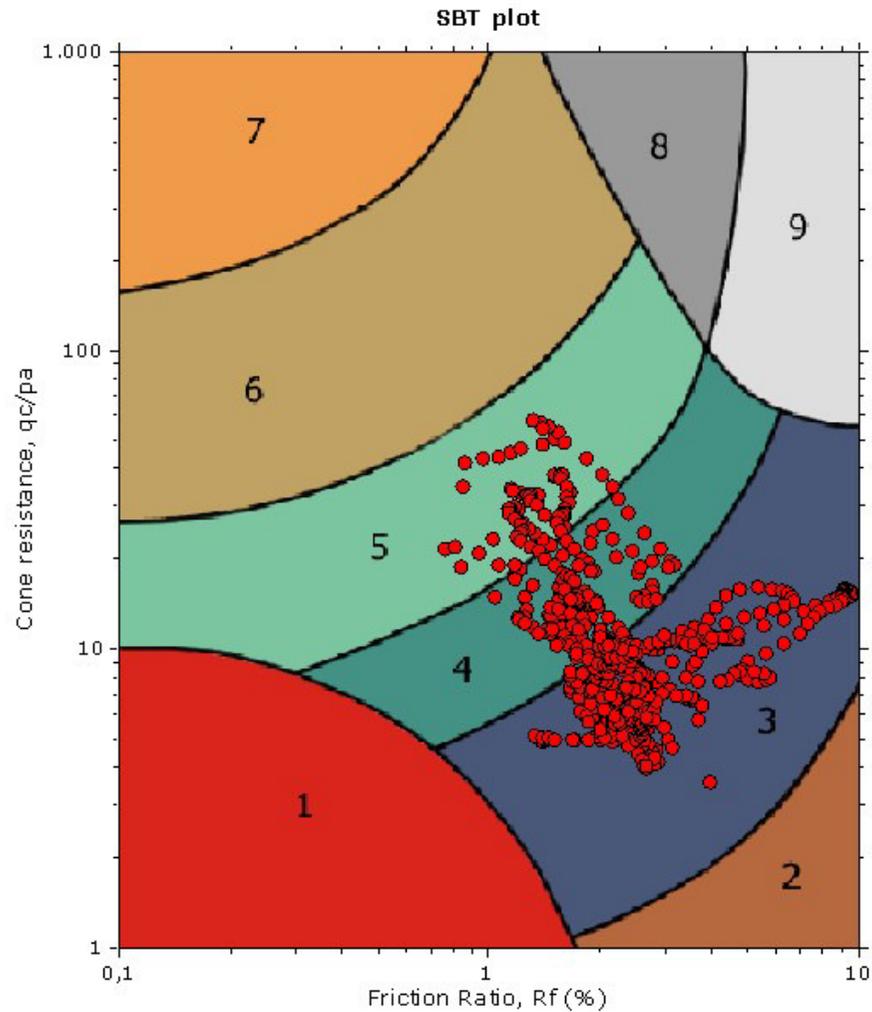
Location: Escaudoeuvres



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw  $q_c$  and  $f_s$  values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

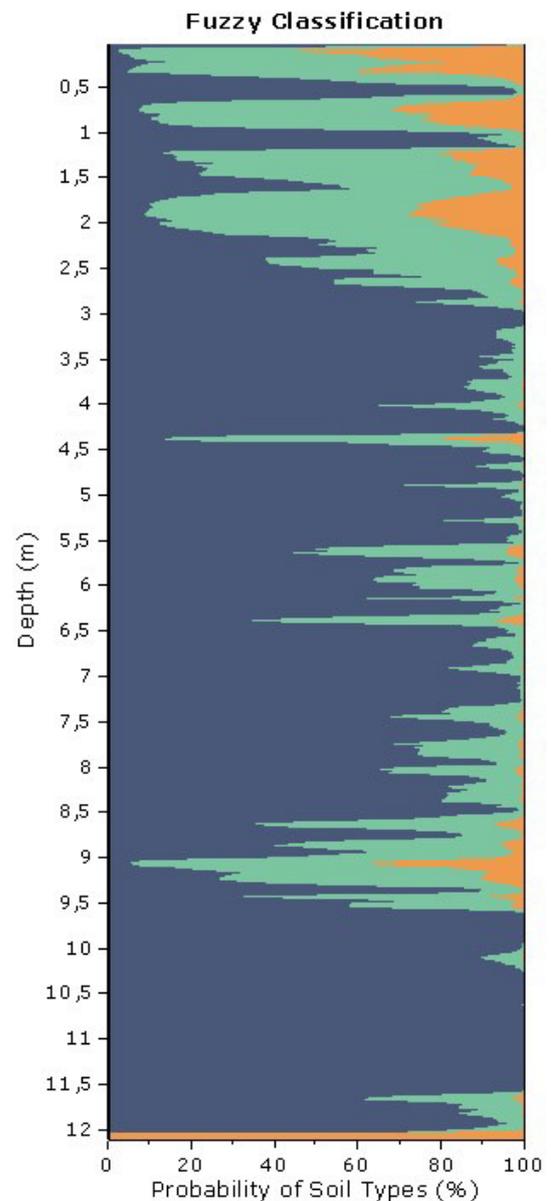
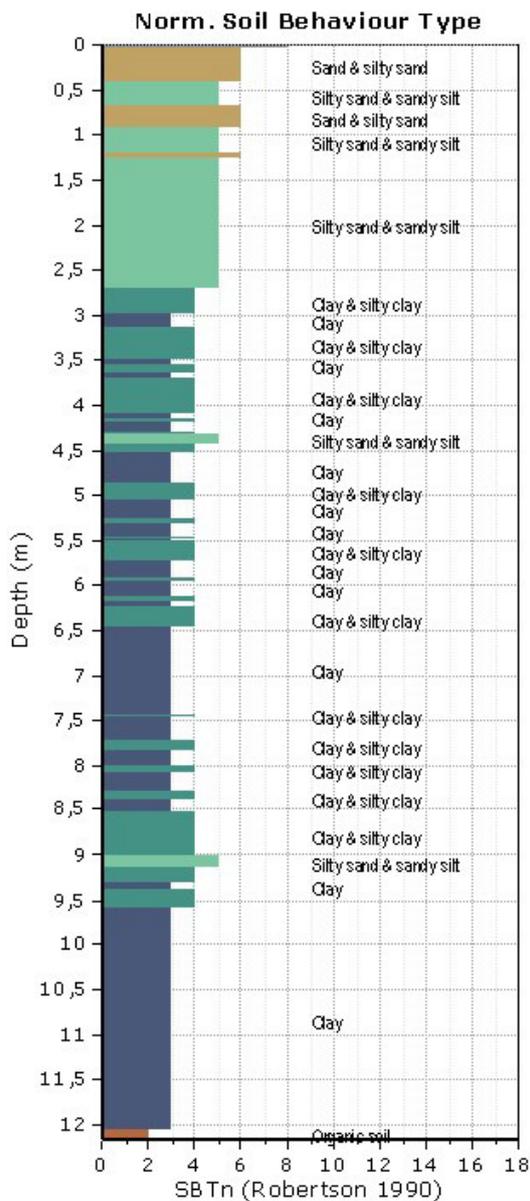


SBT - Bq plots

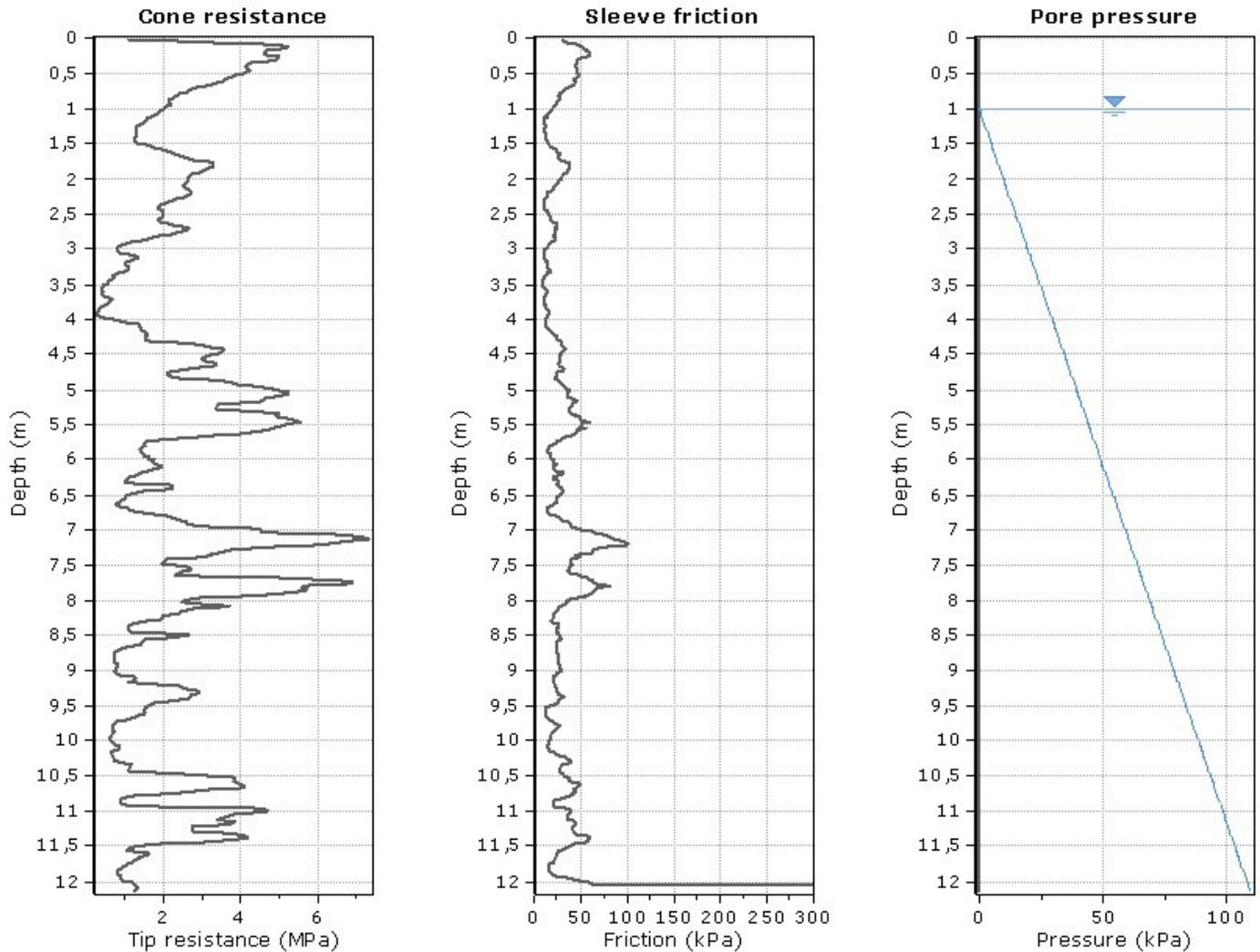


SBT legend

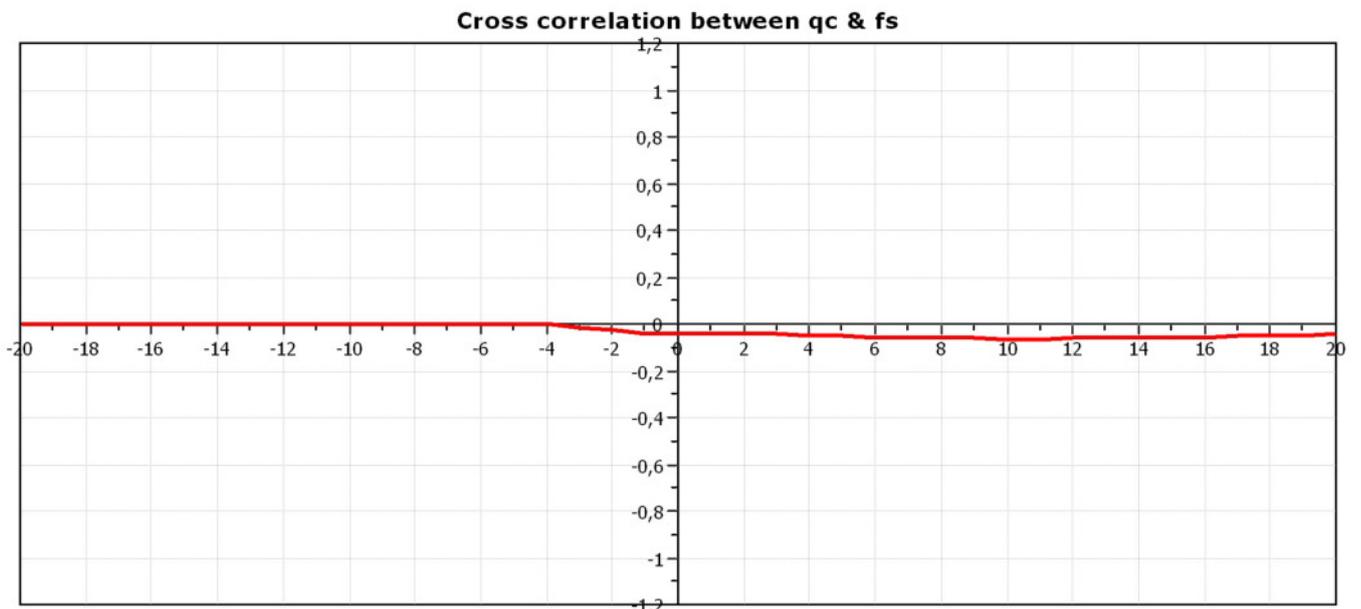
- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand           |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |



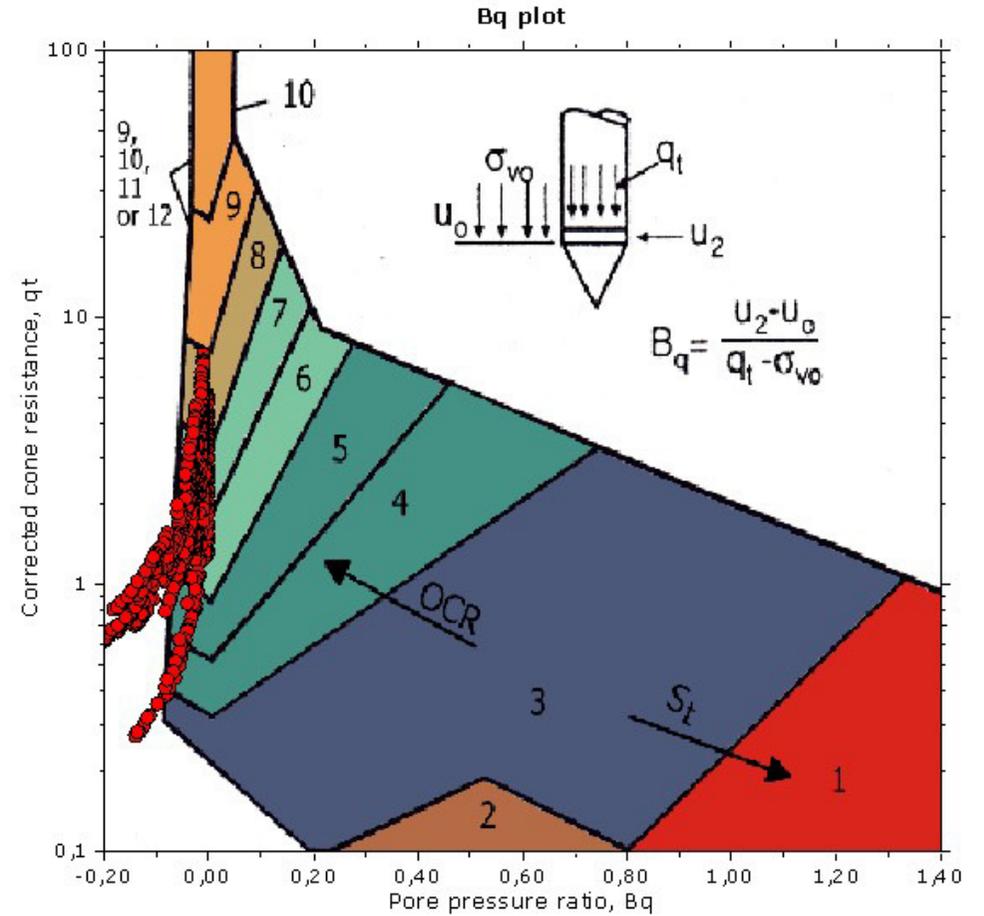
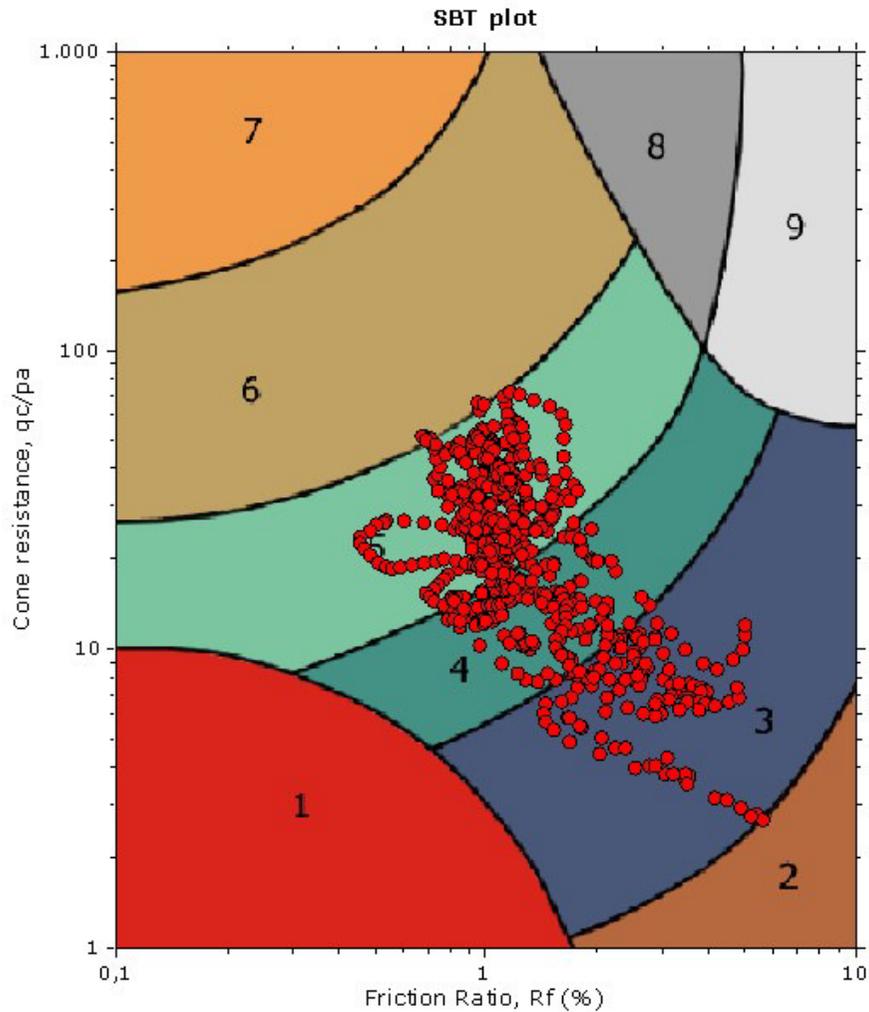
Project: 2001053  
 Location: Escaudoeuvres



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw  $q_c$  and  $f_s$  values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

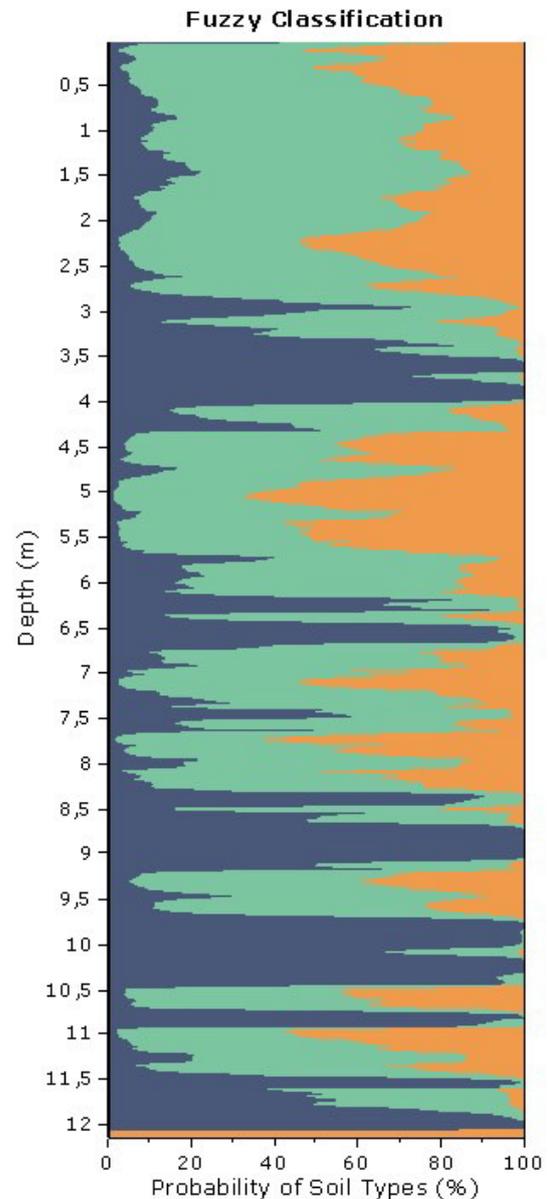
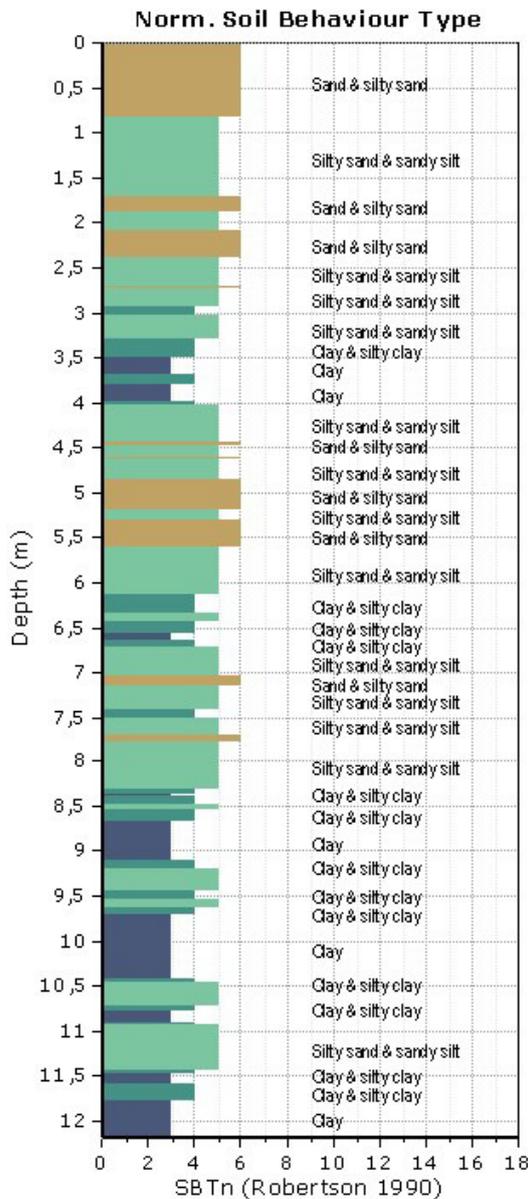


SBT - Bq plots

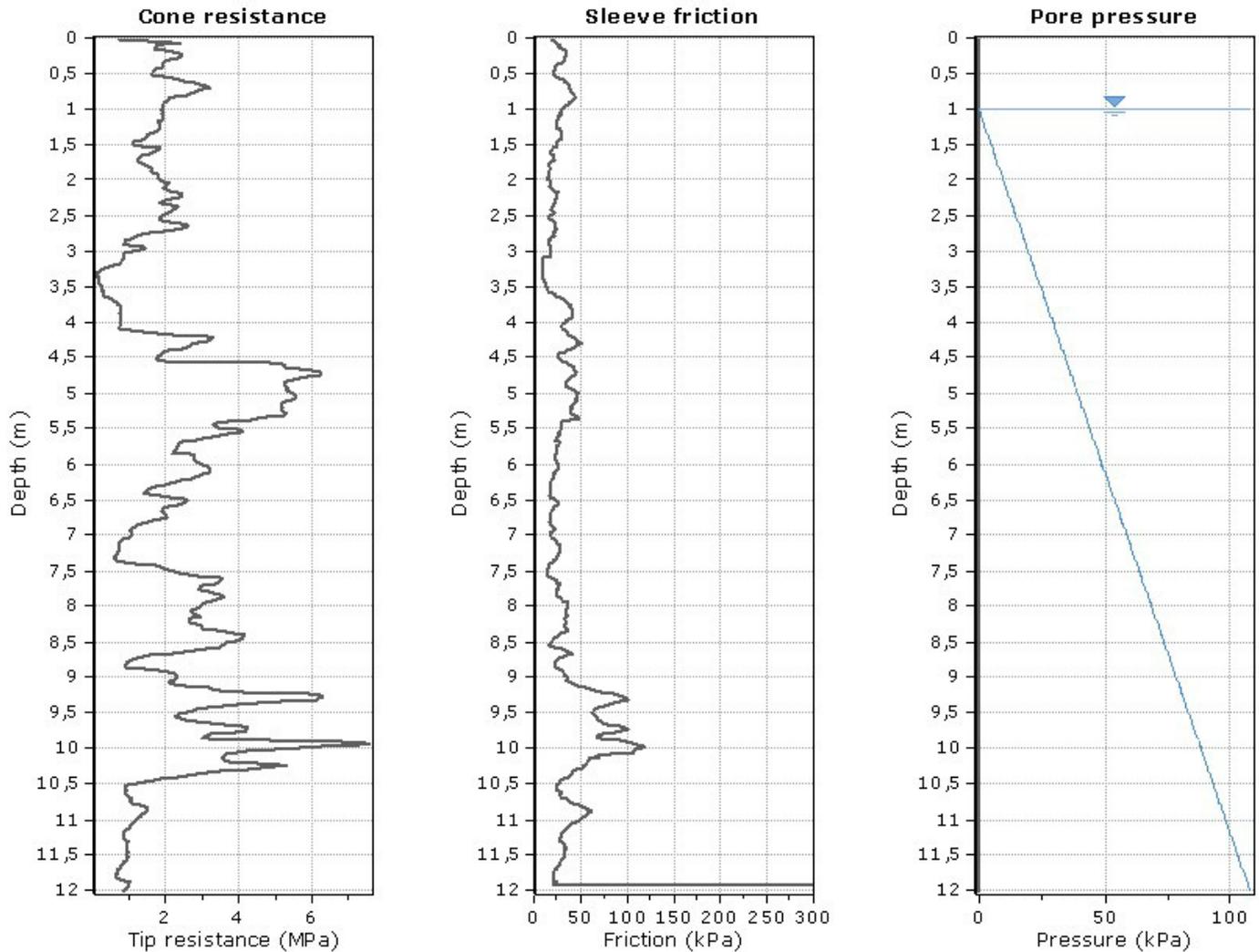


SBT legend

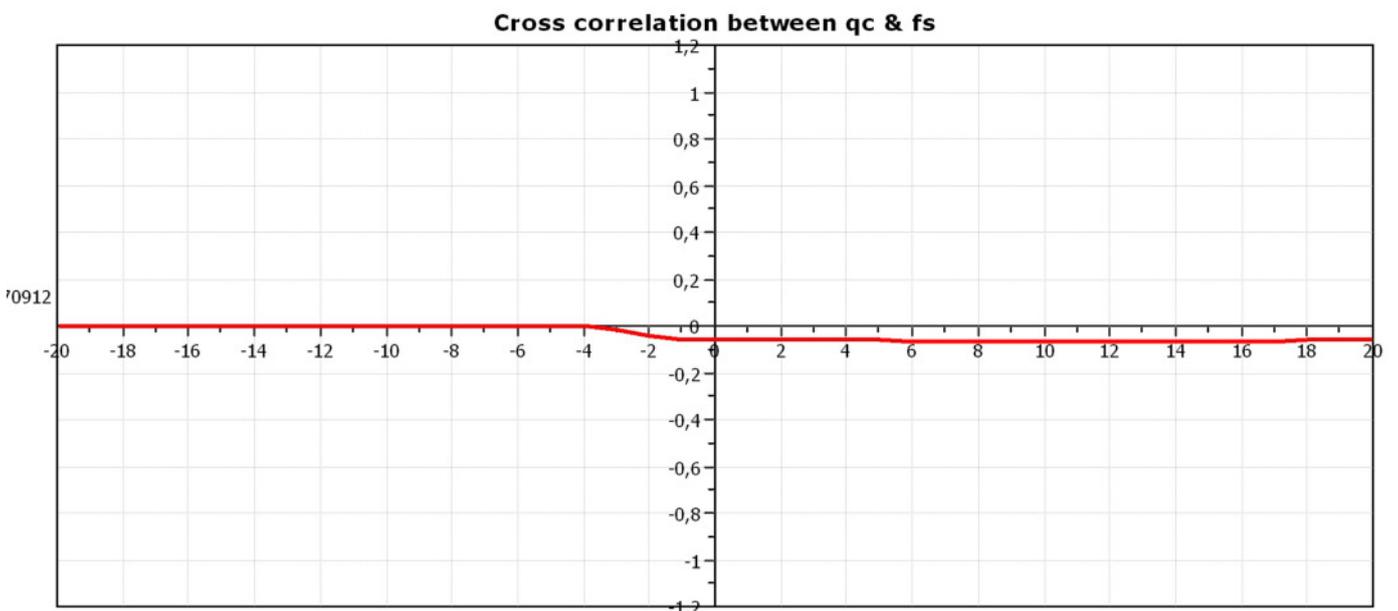
- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand           |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |



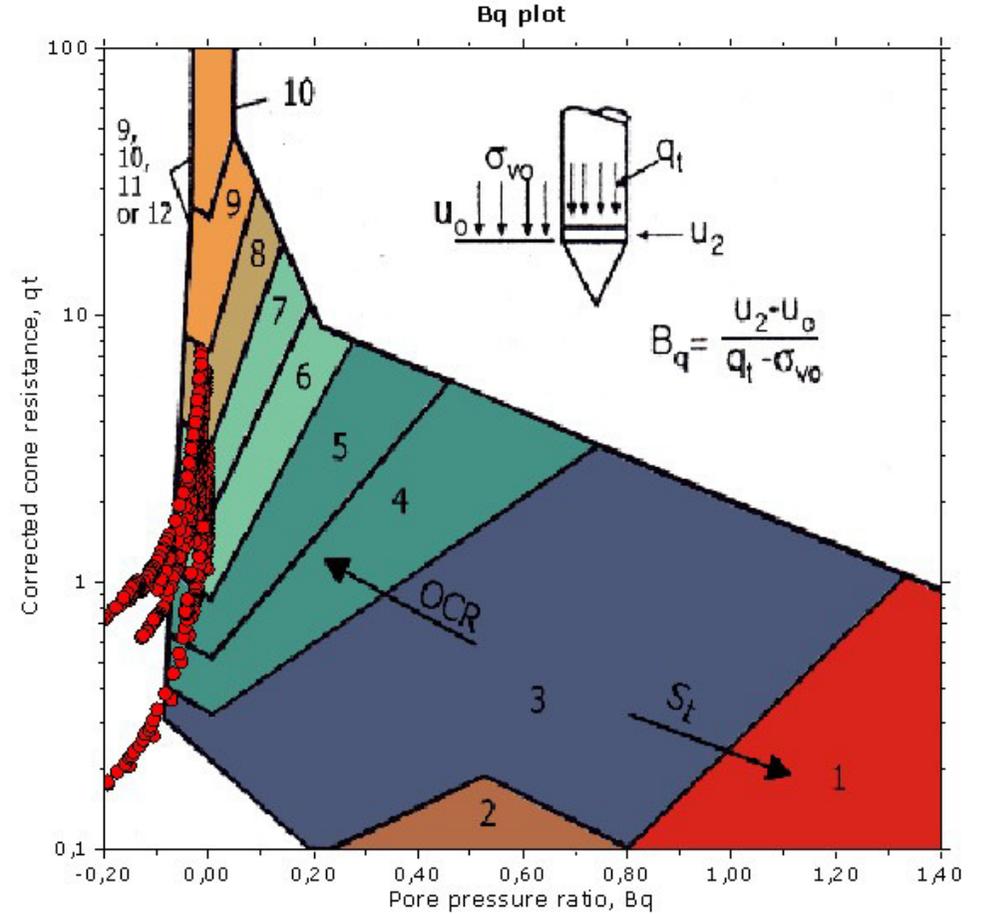
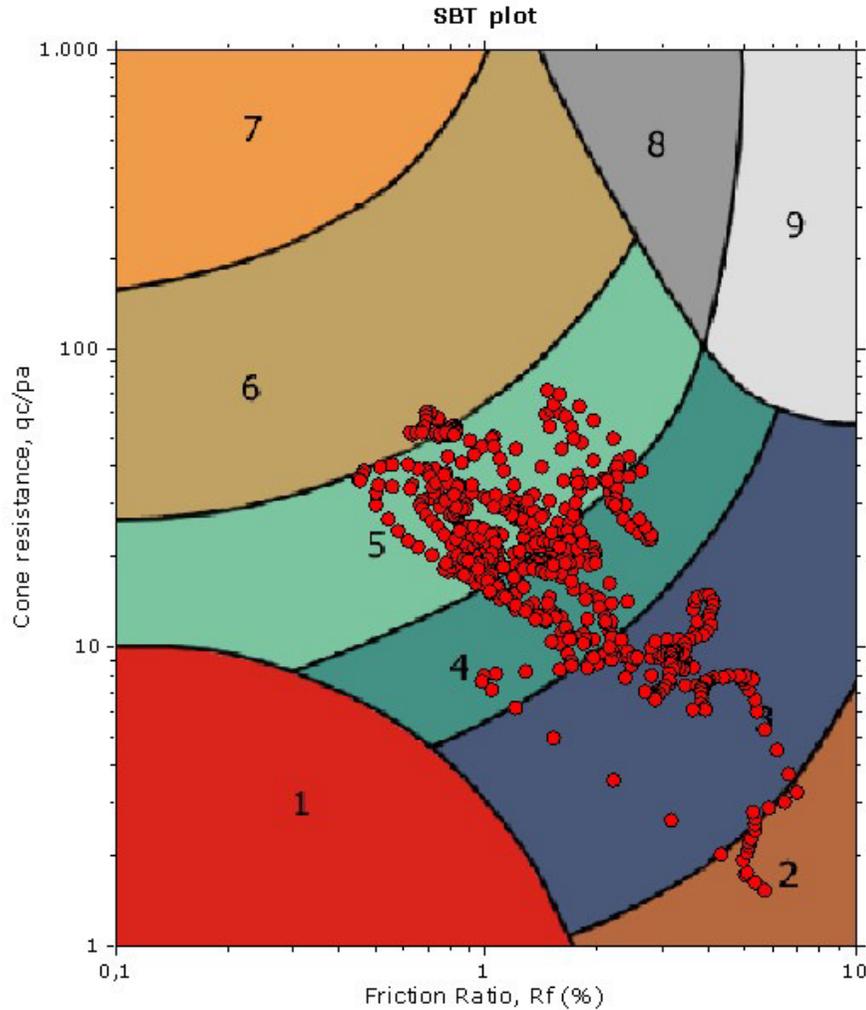
**Project:** 2001053  
**Location:** Escaudoeuvres



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw  $q_c$  and  $f_s$  values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

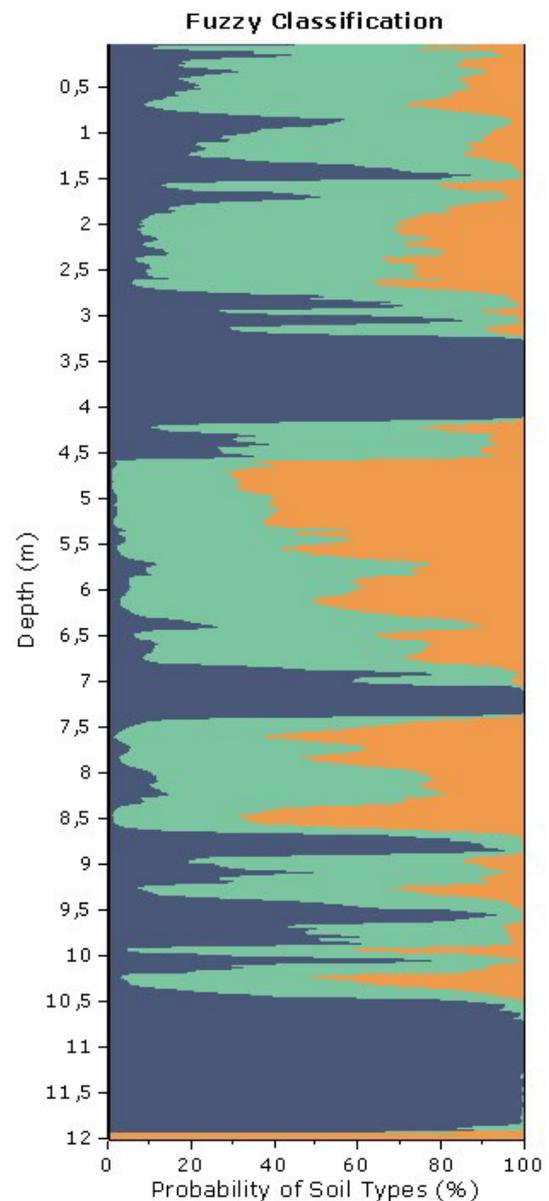
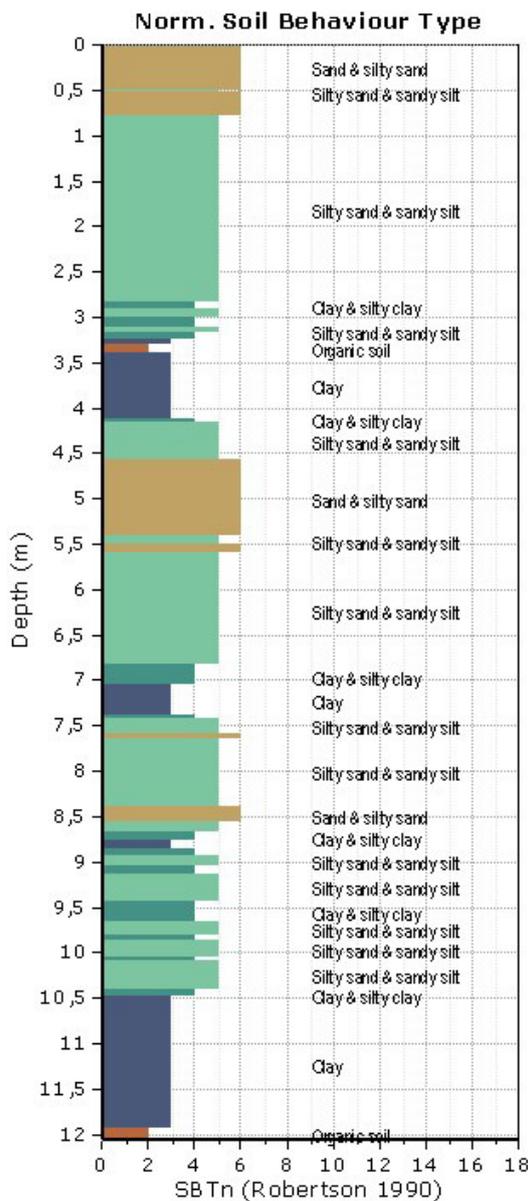


SBT - Bq plots

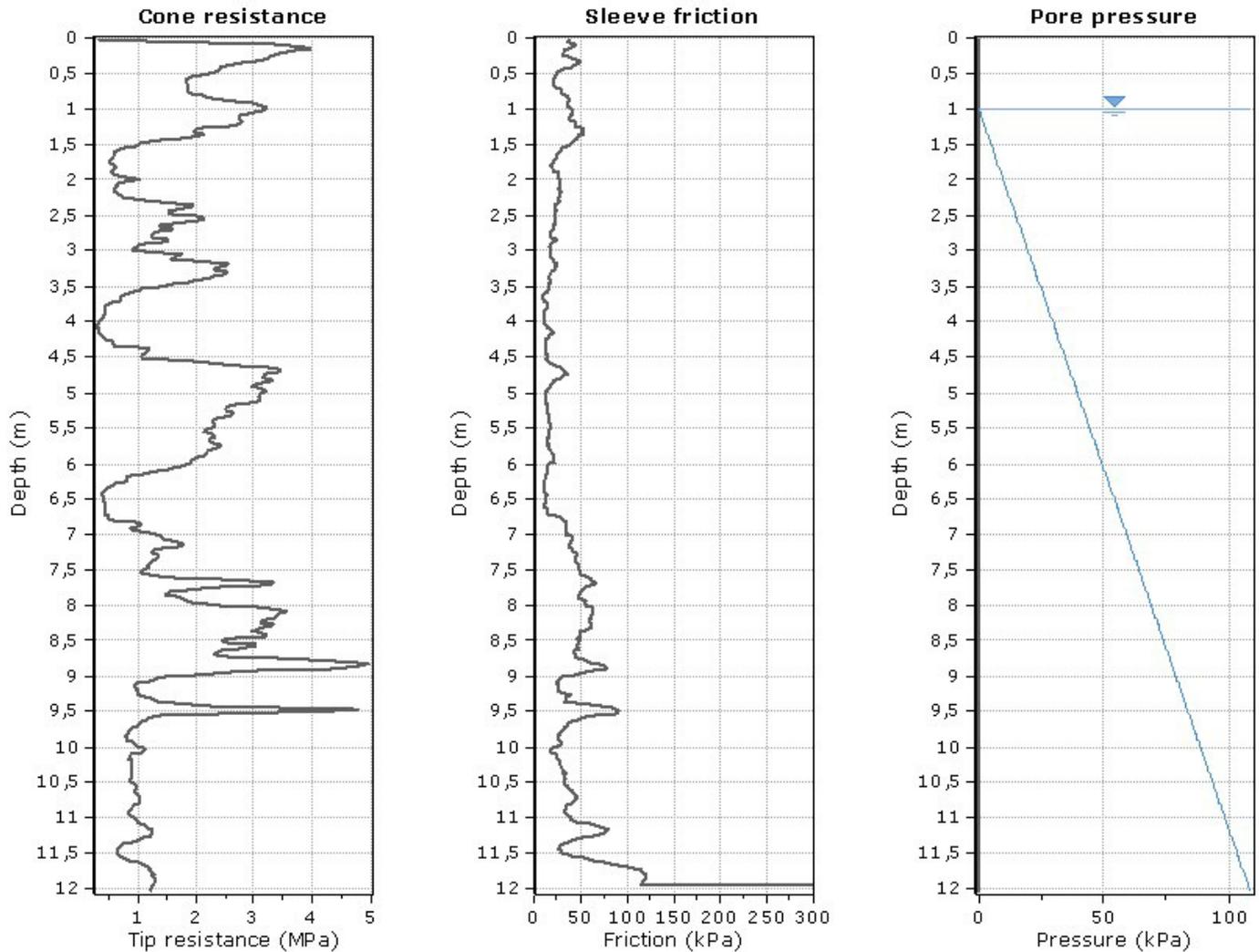


SBT legend

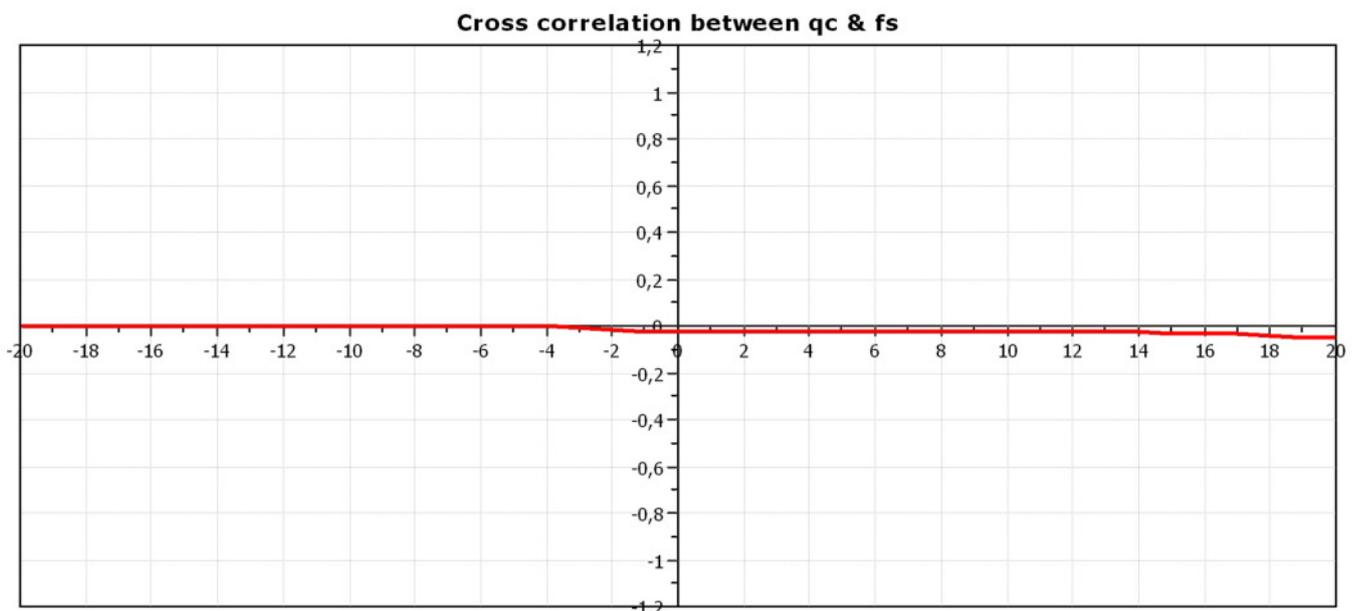
- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand           |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |



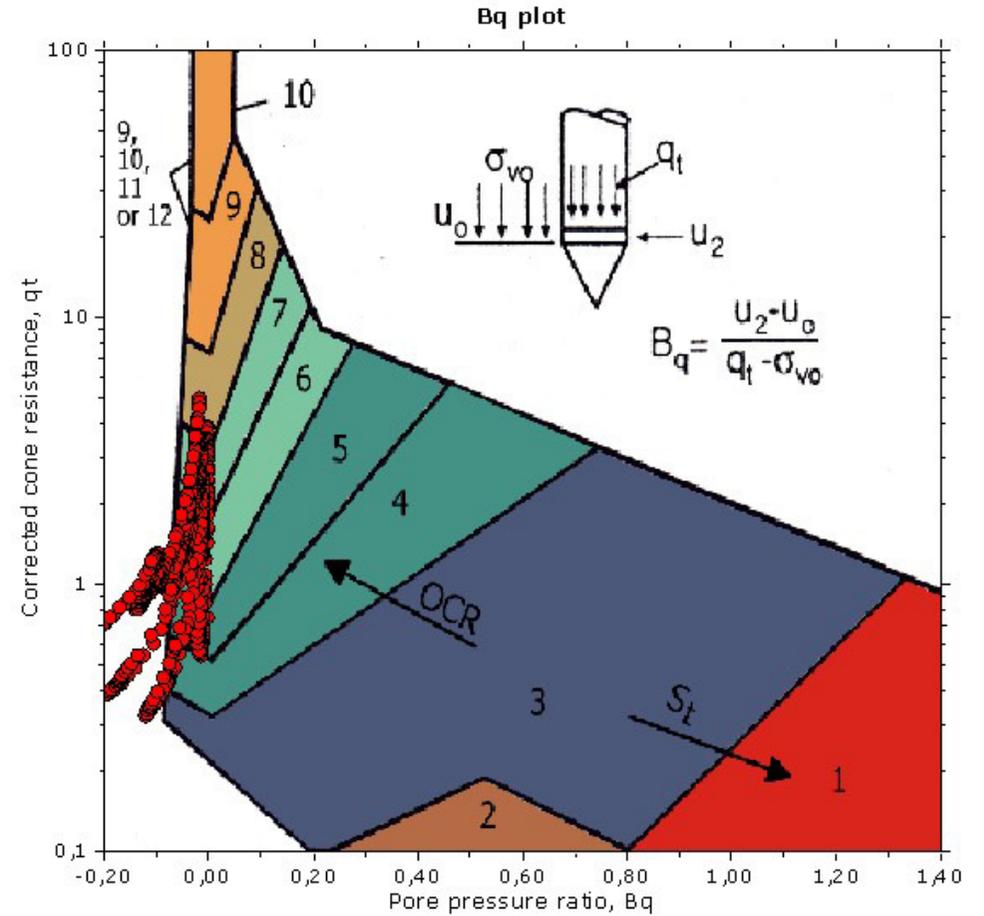
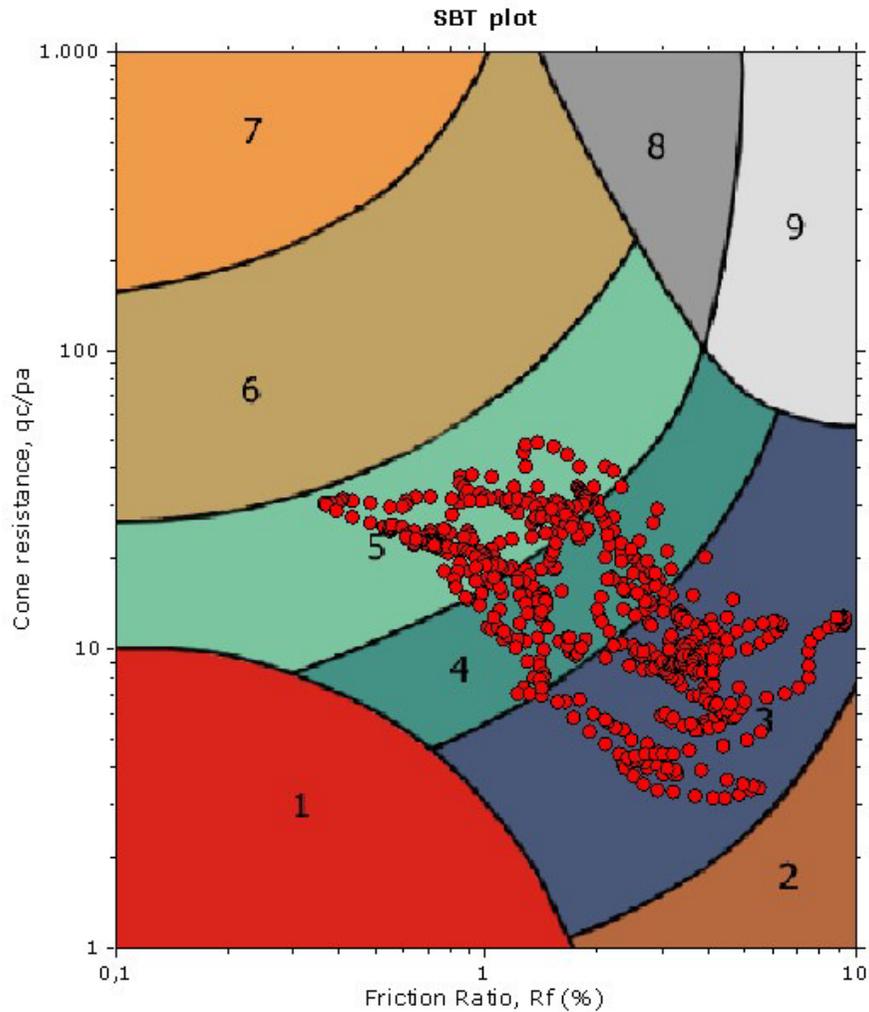
**Project:** 2001053  
**Location:** Escaudoeuvres



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw  $q_c$  and  $f_s$  values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

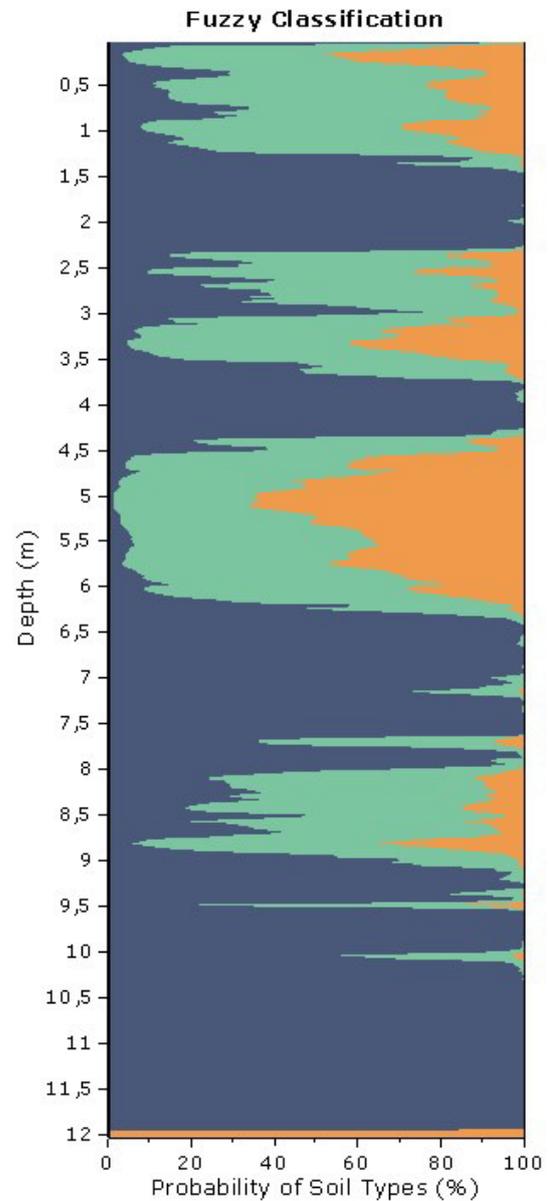
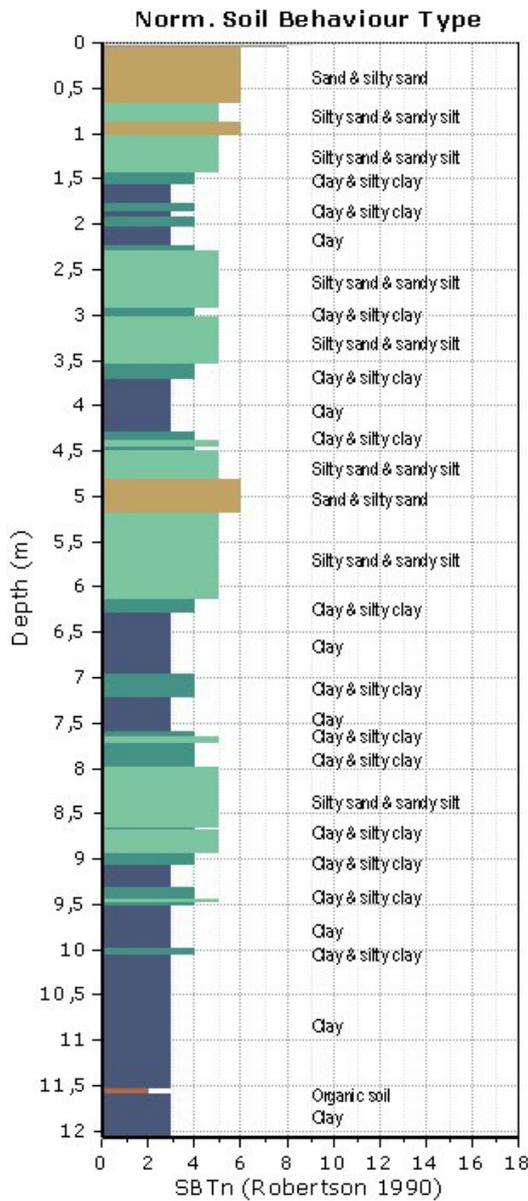


SBT - Bq plots

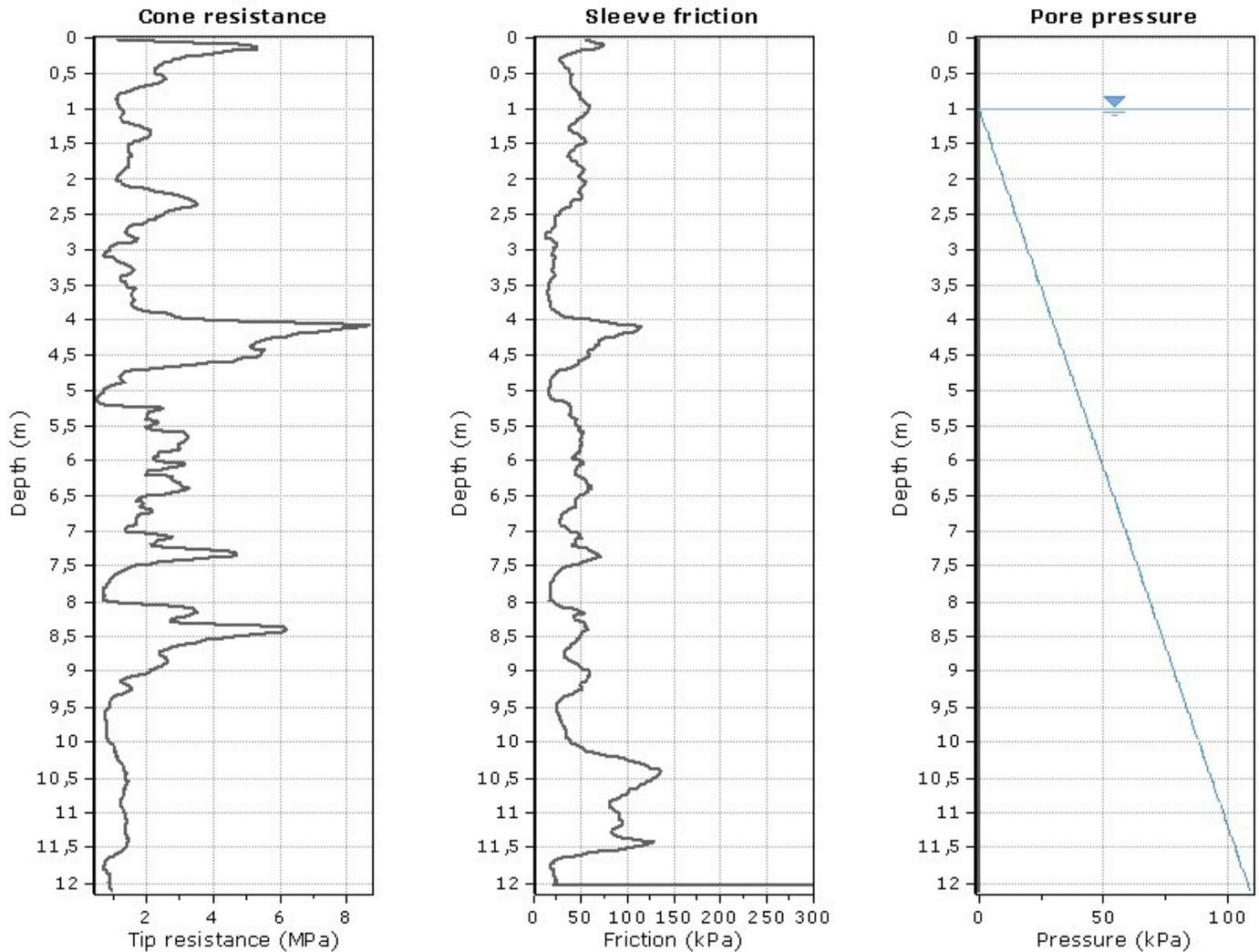


SBT legend

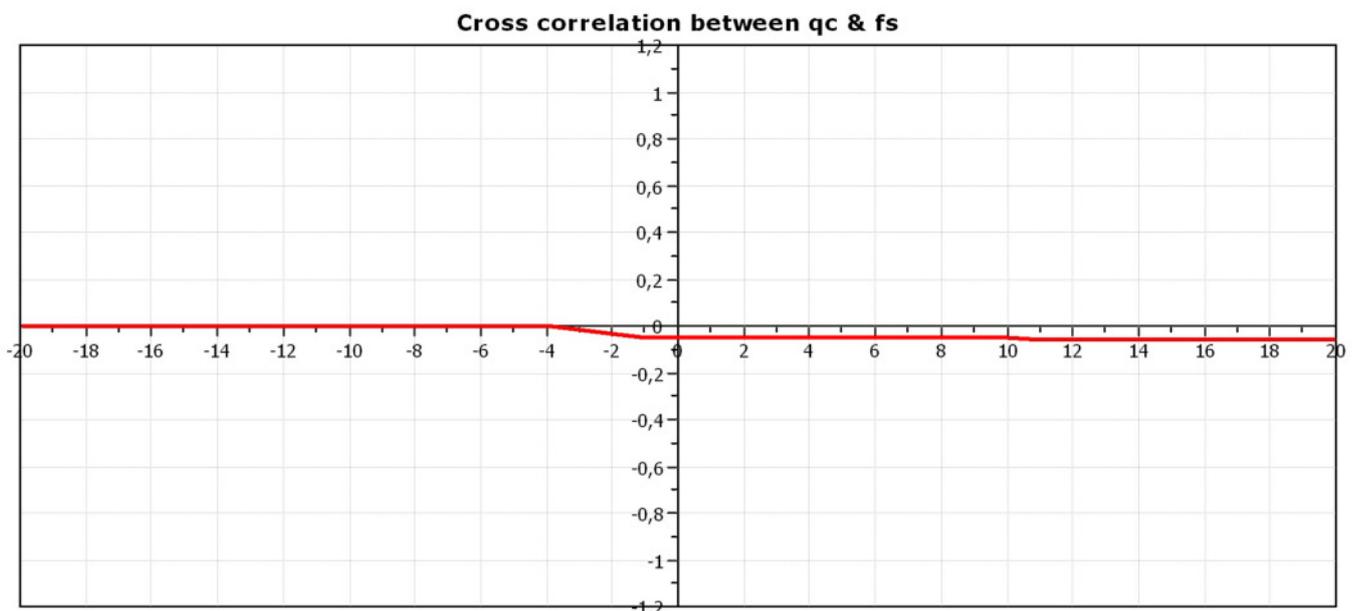
- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand           |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |



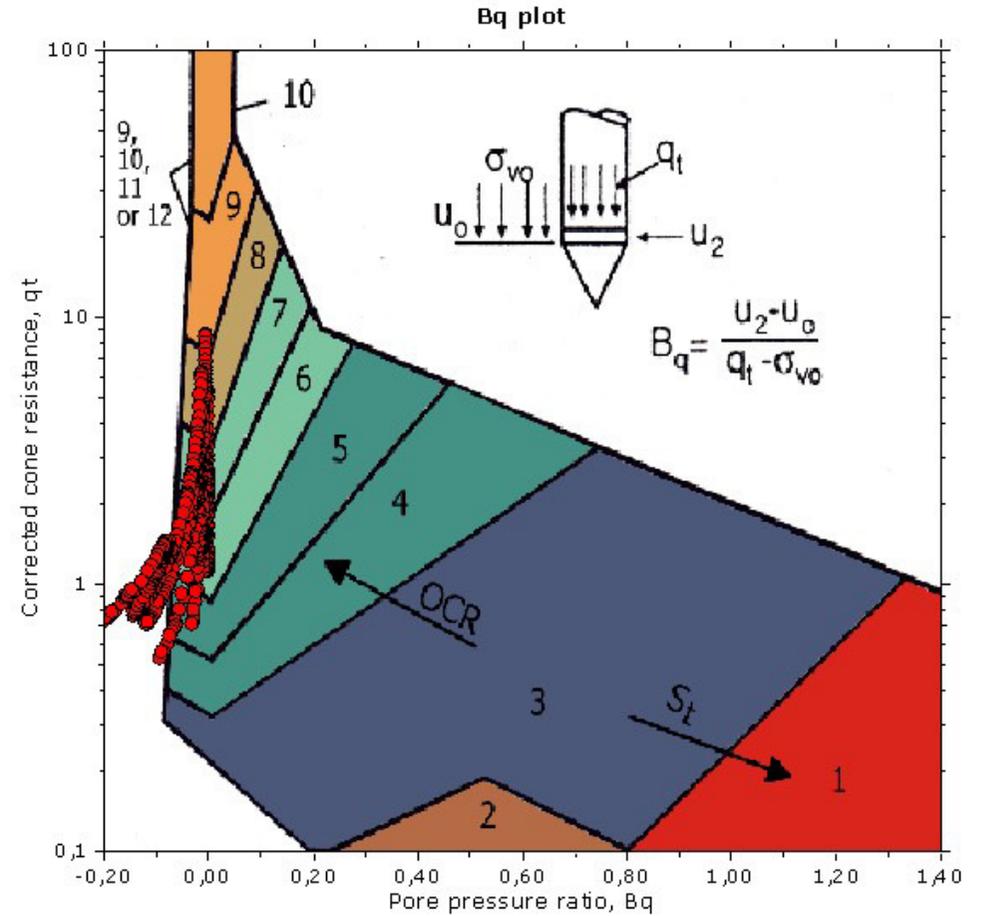
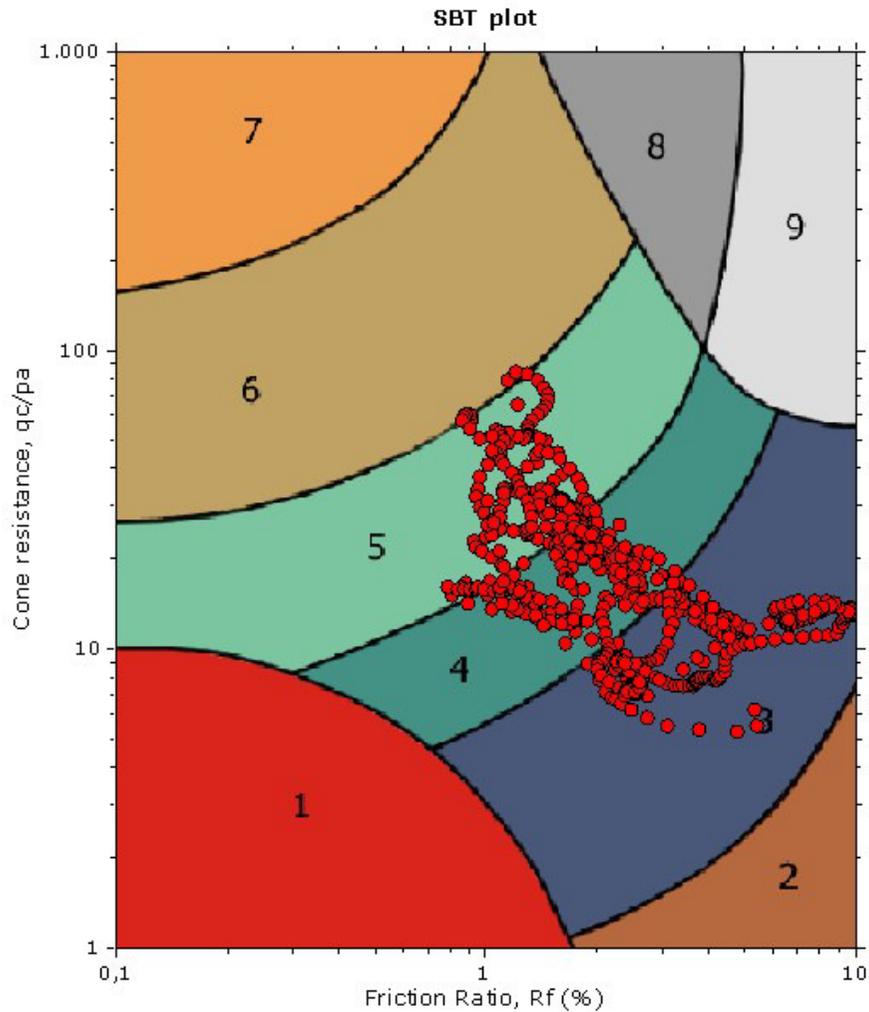
**Project:** 2001053  
**Location:** Escaudoeuvres



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw  $q_c$  and  $f_s$  values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

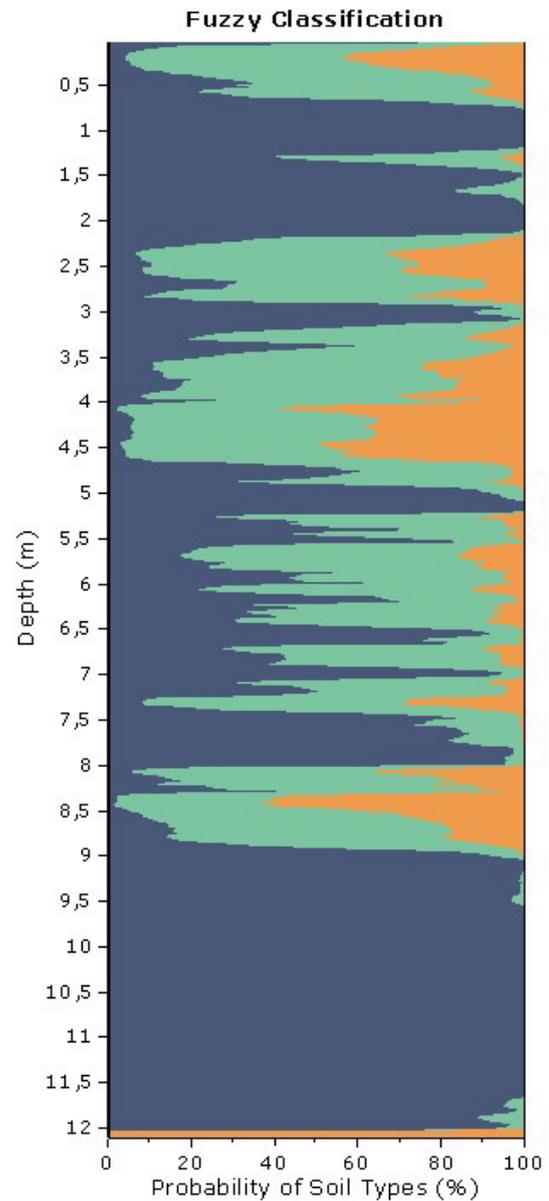
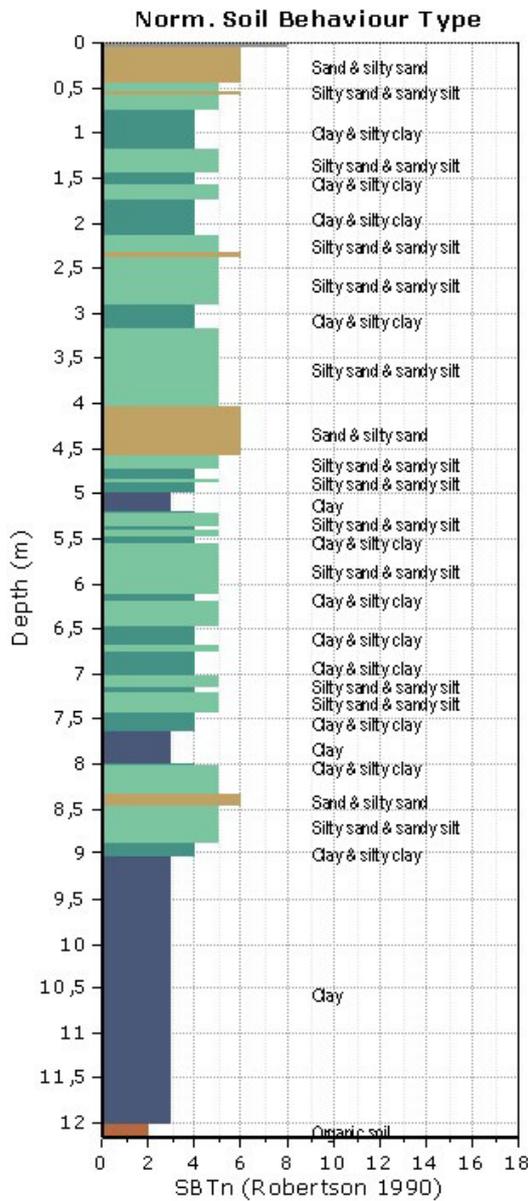


SBT - Bq plots



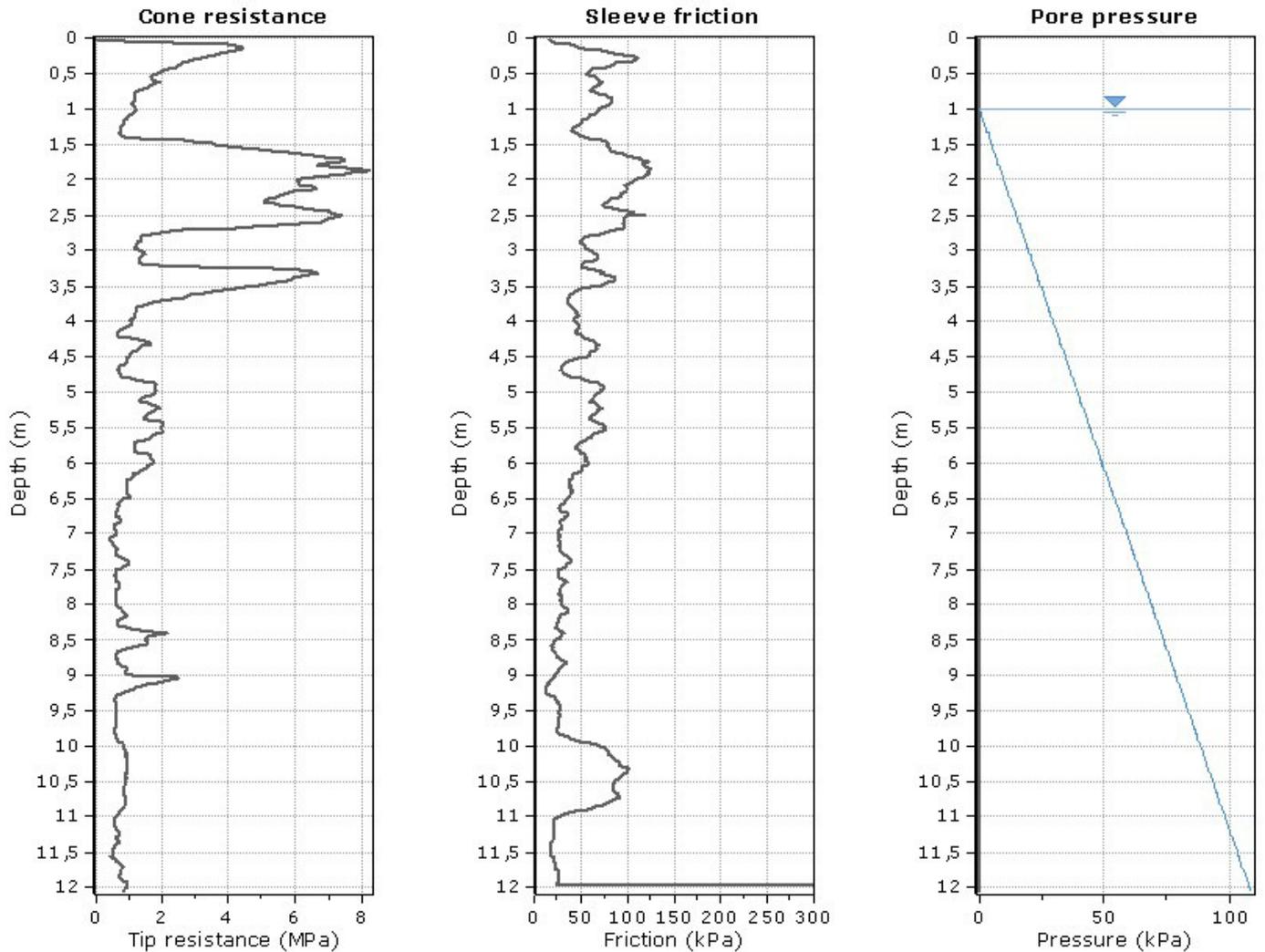
SBT legend

- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand           |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |

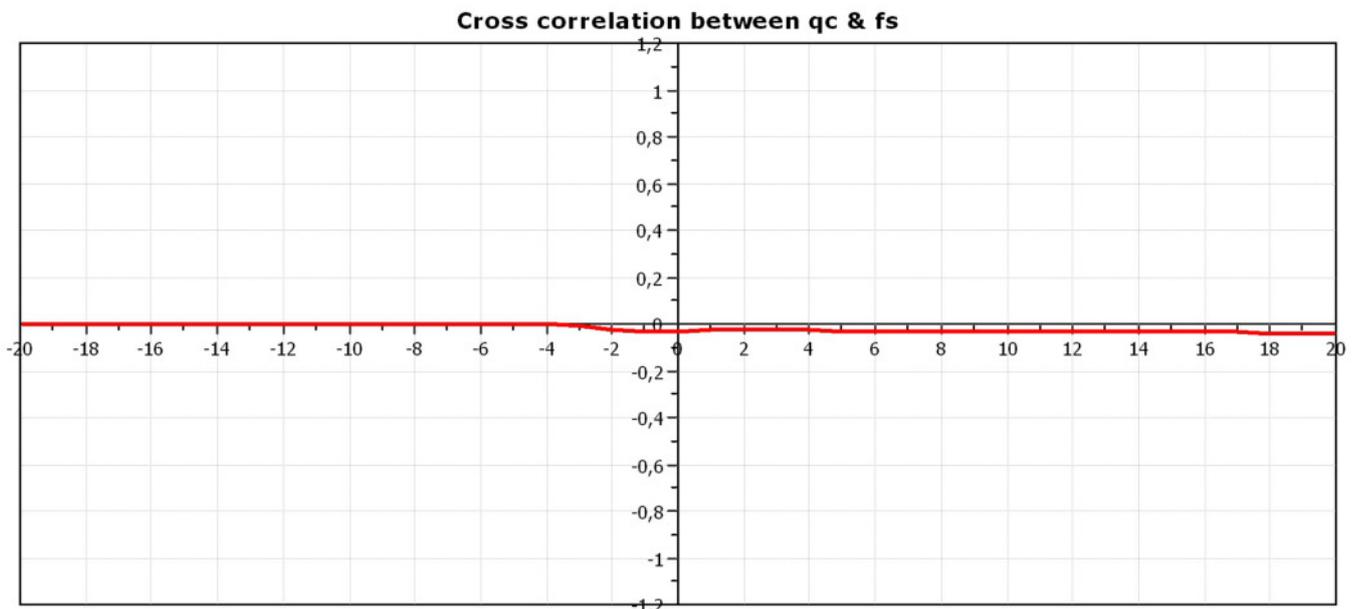


Project: 2001053

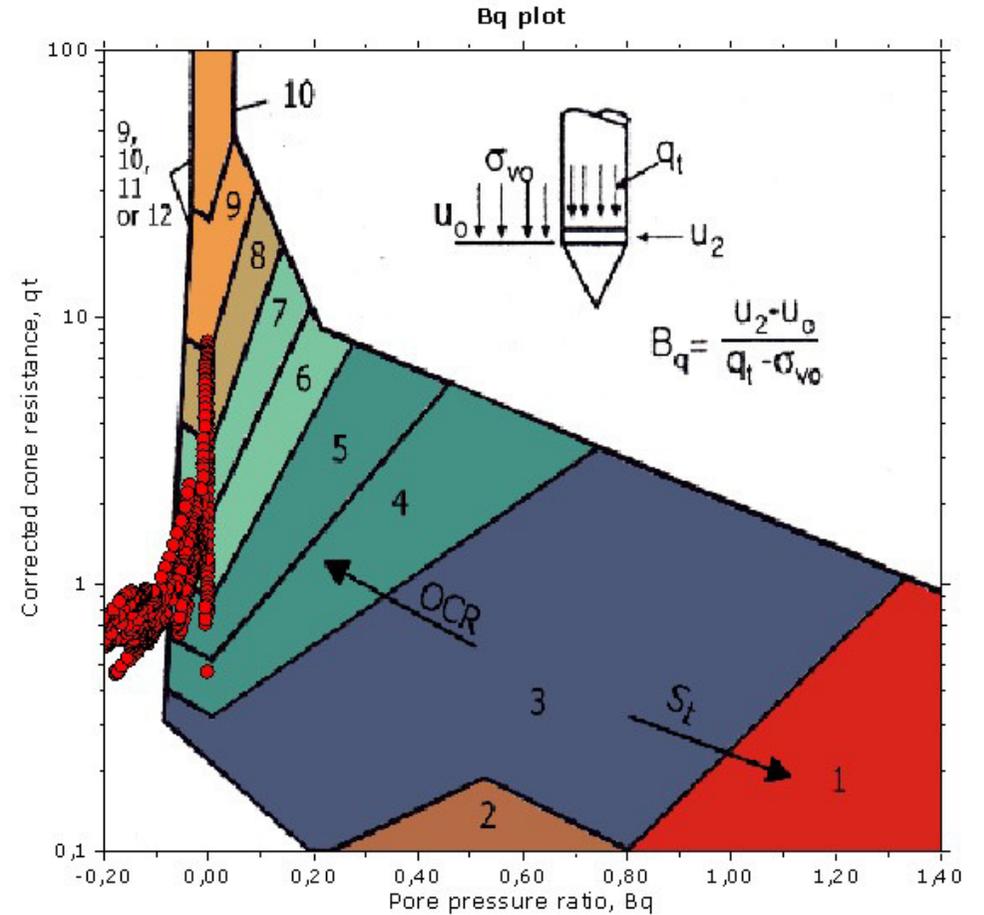
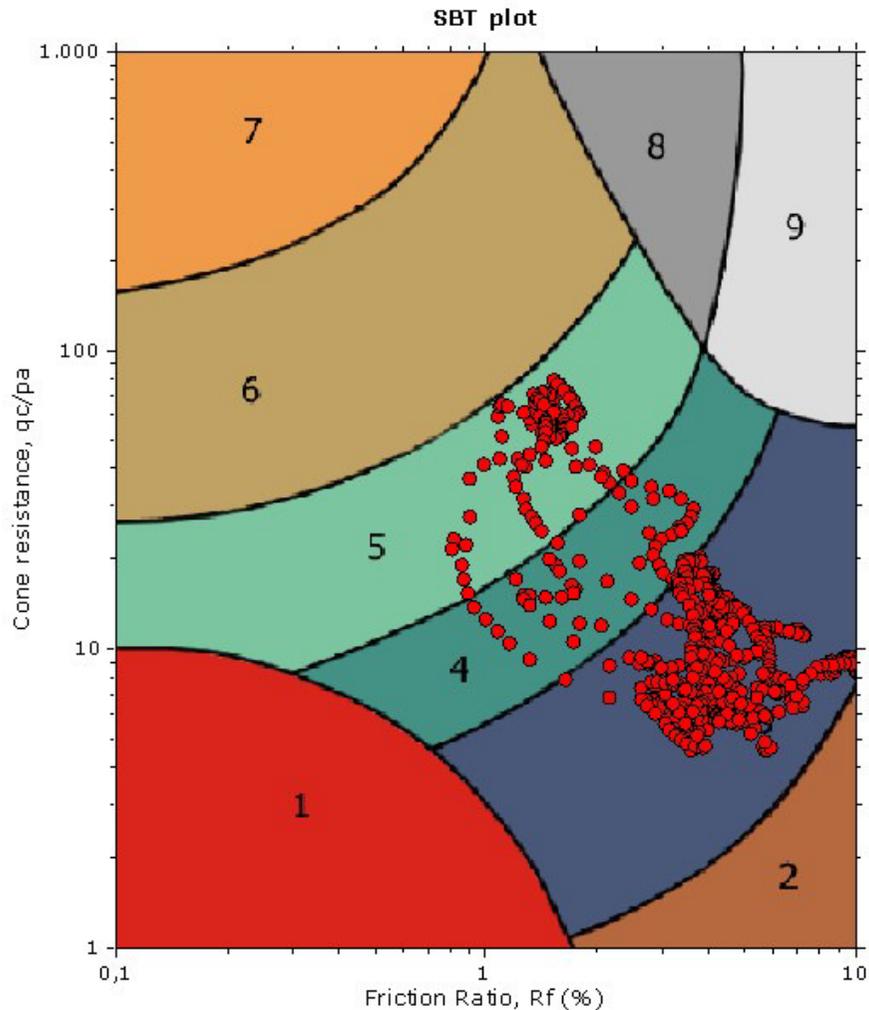
Location: Escaudoeuvres



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw  $q_c$  and  $f_s$  values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

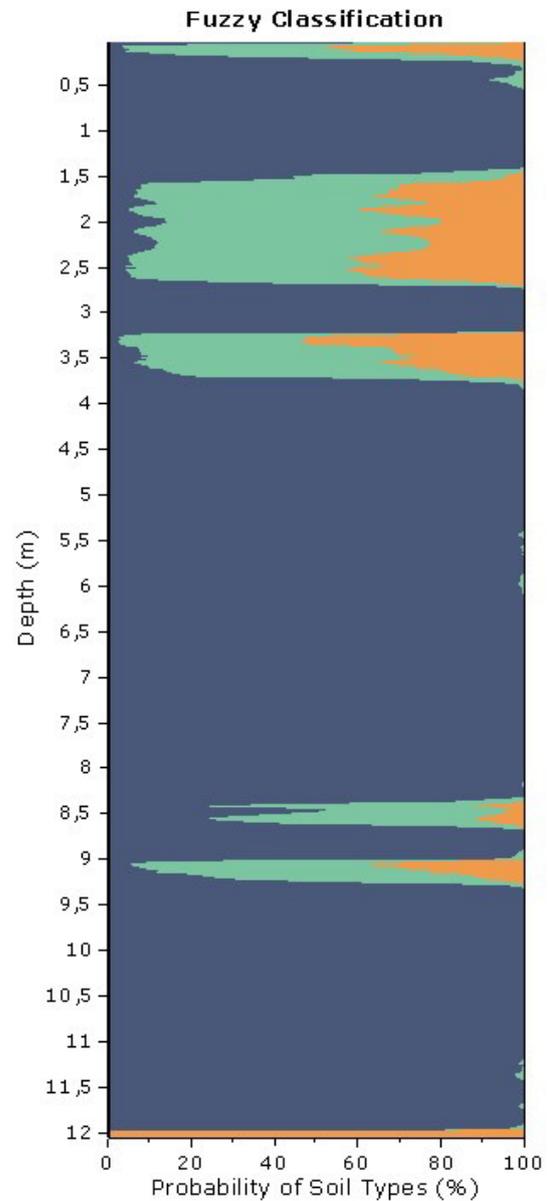
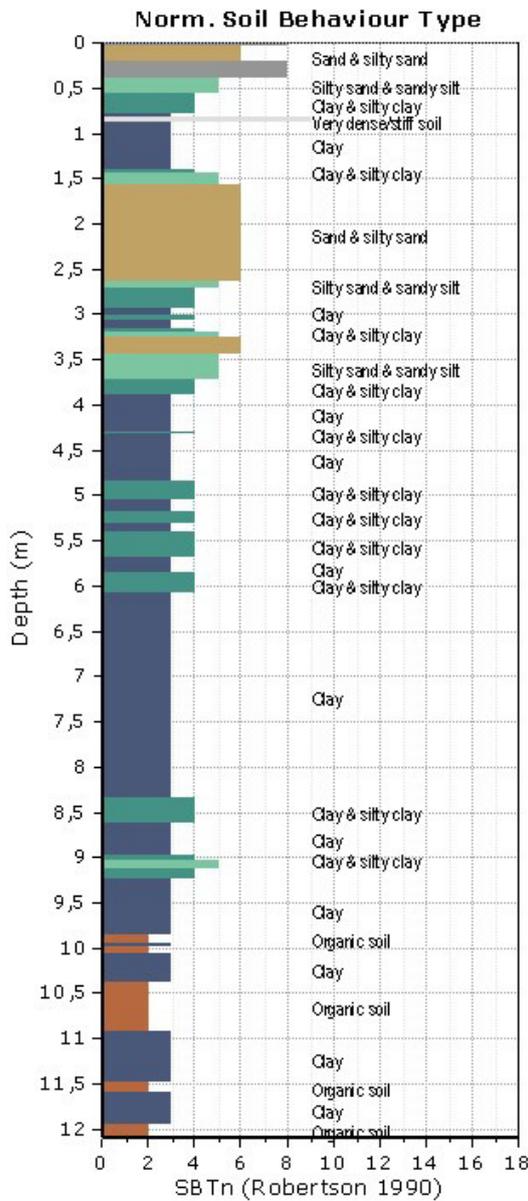


SBT - Bq plots



SBT legend

- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand           |
| 2. Organic material       | 5. Silty sand to sandy silt  | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay     | 6. Clean sand to silty sand  | 9. Very stiff fine grained        |



## Annexe VI : **Calculs SEEP/W**

## 1.1. Radicelle Est

### 1.1.1. Configurations étudiées

Pour le bassin Radicelle digue Est, les configurations étudiées sont les suivantes :

- Configuration n°1 : remplissage au niveau maximal d'exploitation 48,6 m NGF et charge hydraulique à l'aval NPHE (39,5 m NGF) ;
- Configuration n°2 : remplissage au niveau maximal d'exploitation 48,6 m NGF et charge hydraulique à l'aval 37,9 m NGF correspondant au niveau du relevé piézométrique du 16/10/2020 ;
- Configuration n°3 : remplissage à 45,5 m NGF et charge hydraulique à l'aval NPHE (39,5 m).

### 1.1.2. Configuration n°1 :

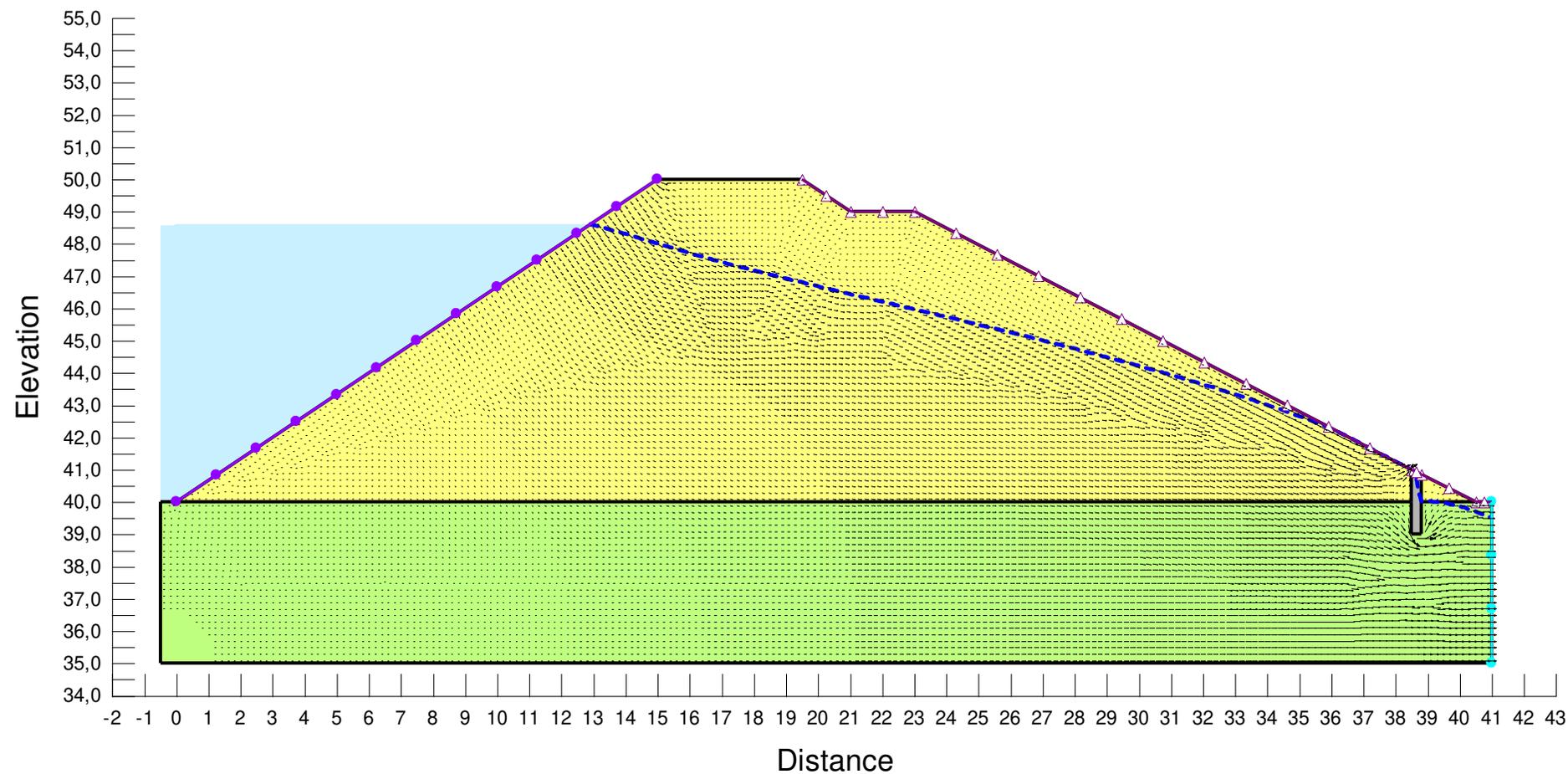


Figure 1 : Radicelle Est - Ecoulements - Charge à l'aval au niveau NPHE - Niveau maximum d'exploitation

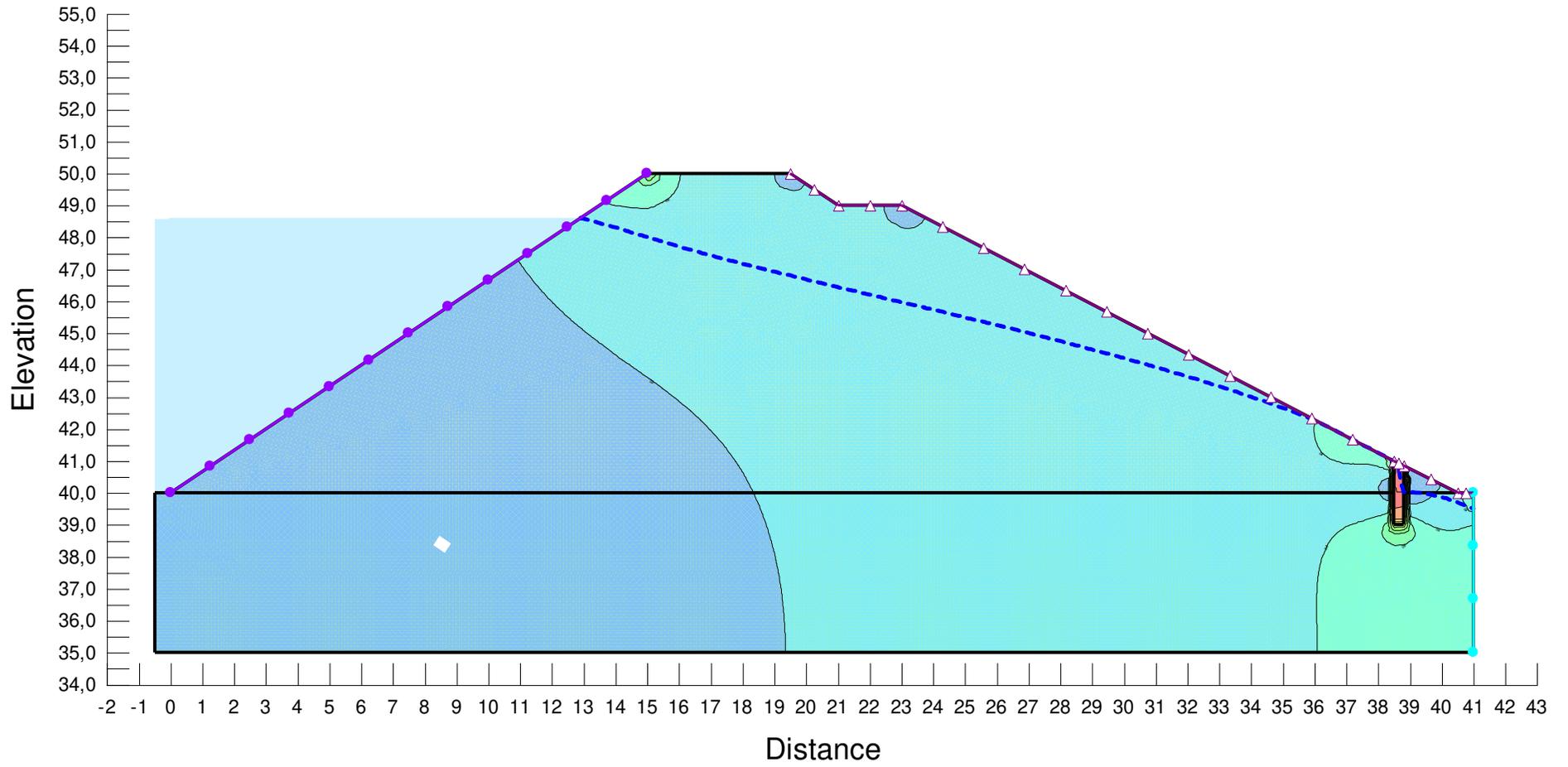


Figure 2 : Radicelle Est – Gradients hydrauliques - Charge à l'aval au niveau NPHE - Niveau maximum d'exploitation

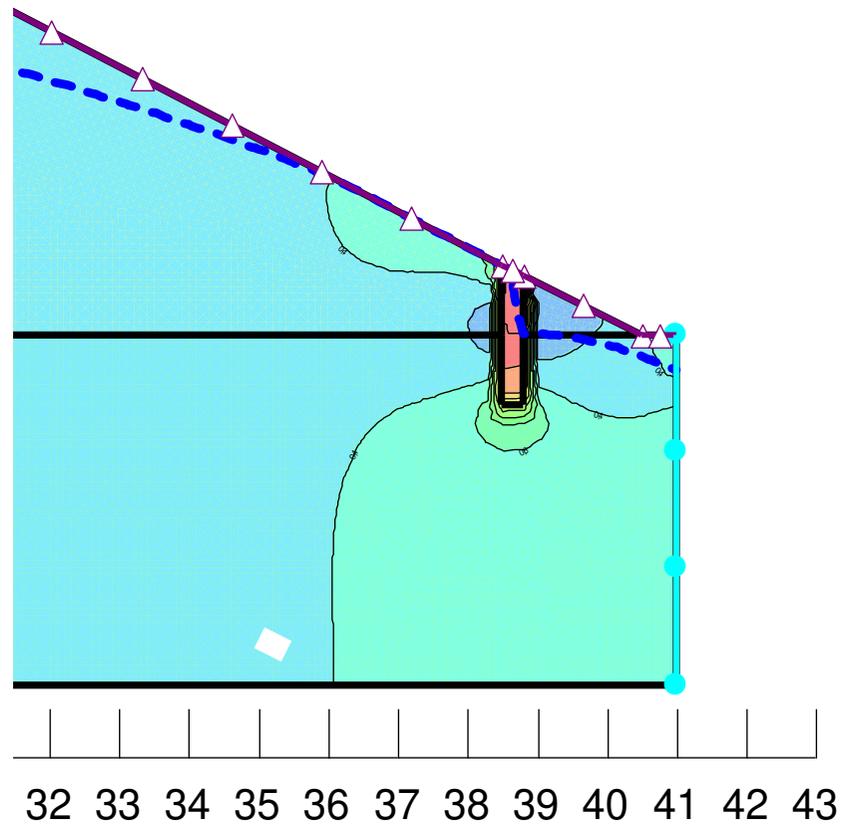


Figure 3 : Radicelle Est – Gradients hydrauliques - Charge à l'aval au niveau NPHE - Niveau maximum d'exploitation – Zoom

### 1.1.3. Configuration n°2 :

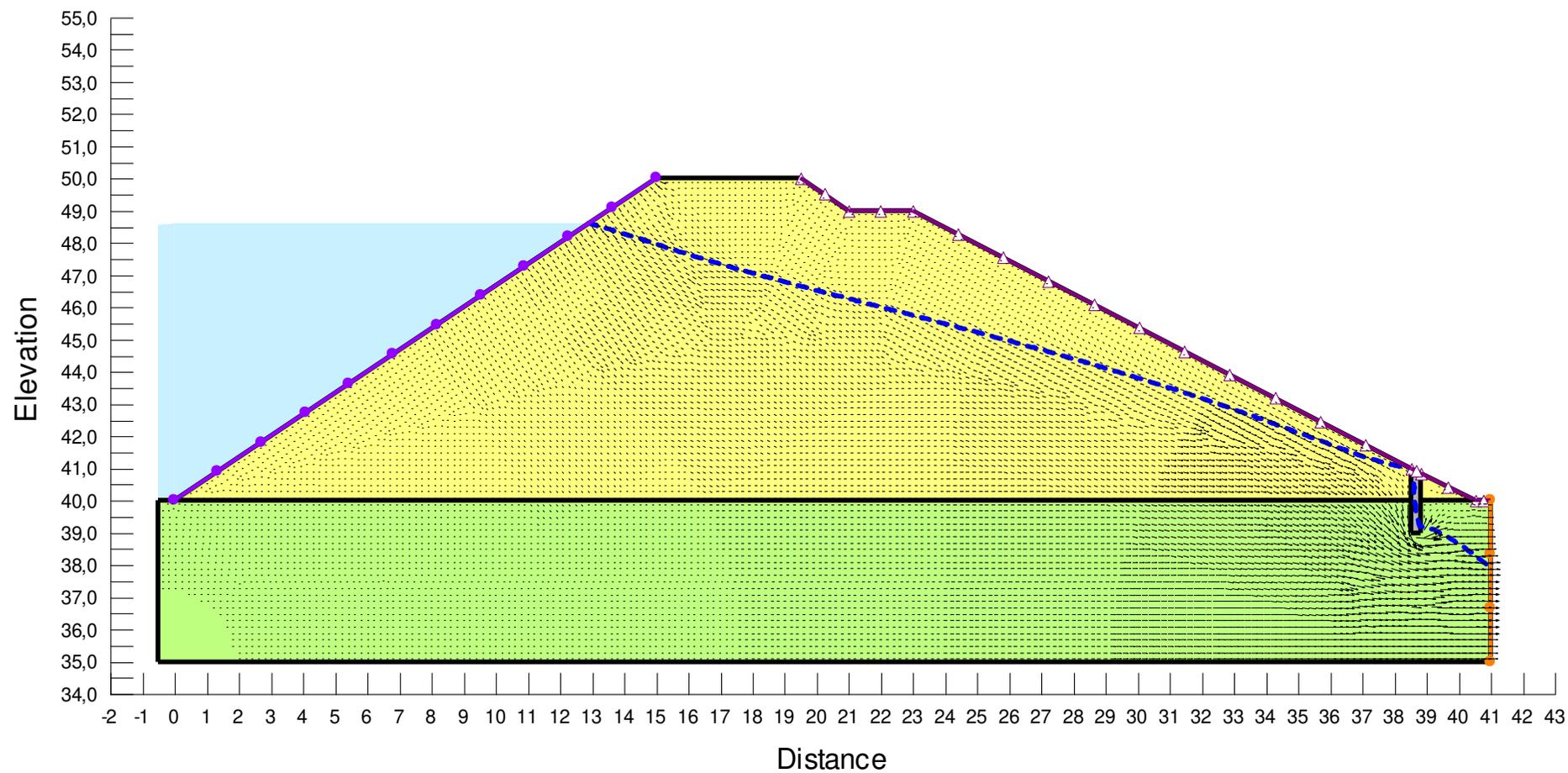


Figure 4 : Radicelle Est - Ecoulements - Charge à l'aval au niveau 37,9 m NGF - Niveau maximum d'exploitation

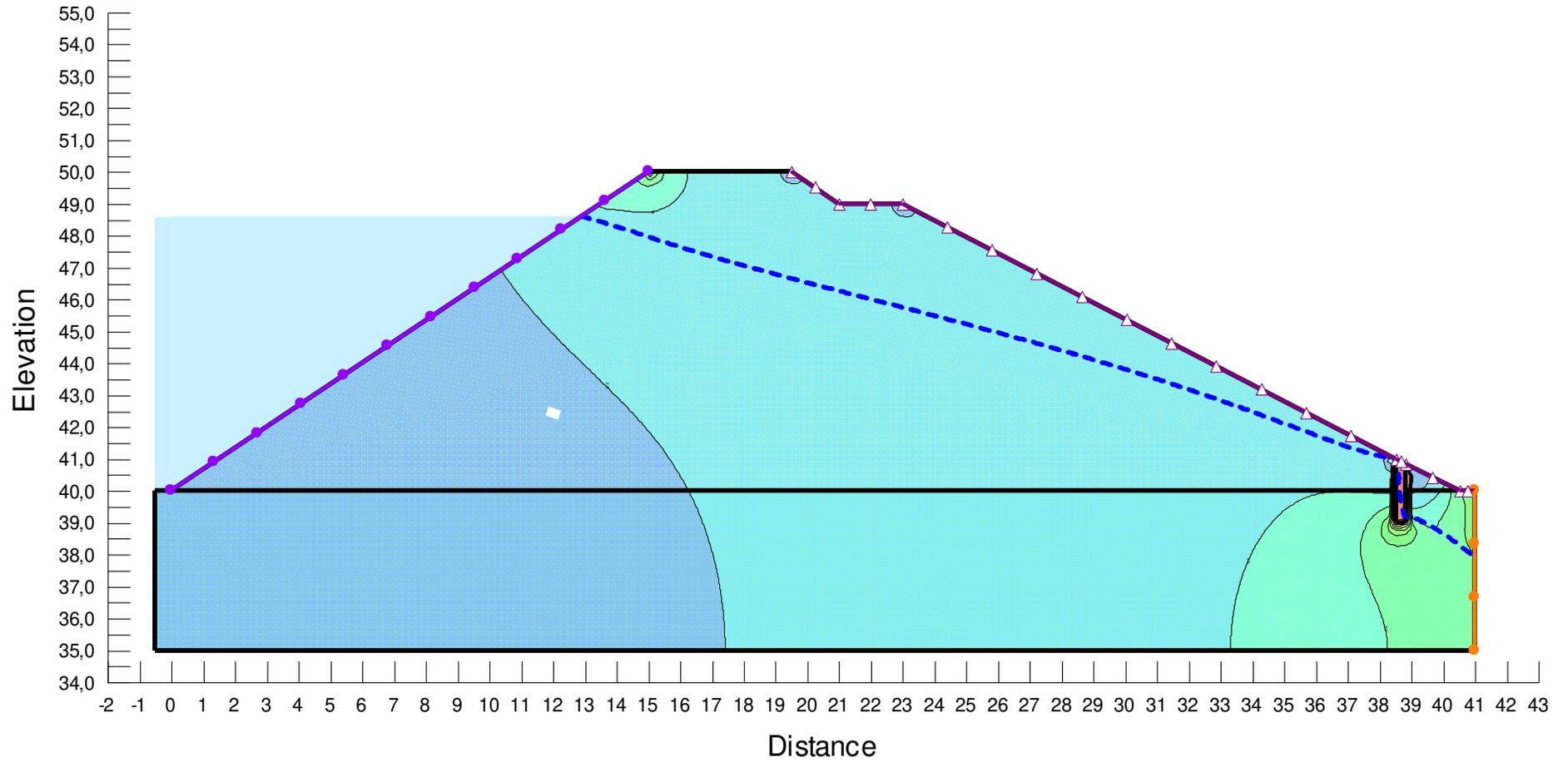


Figure 5 : Radicelle Est – Gradients hydrauliques - Charge à l'aval 37,9 m NGF - Niveau maximum d'exploitation

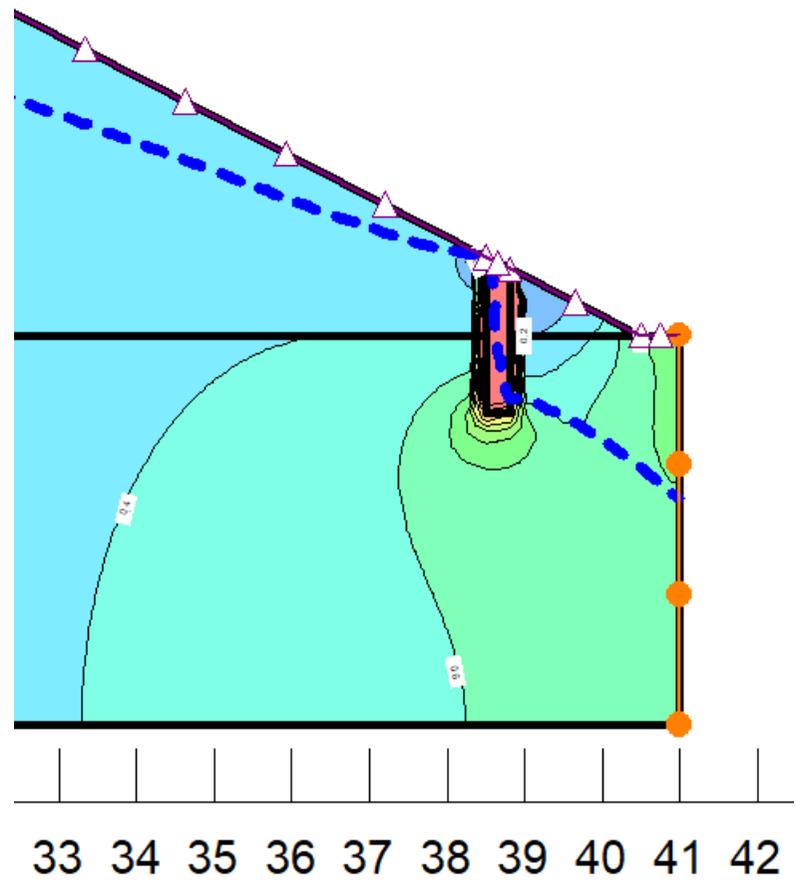


Figure 6 : Radicelle Est – Gradients hydrauliques - Charge à l'aval au niveau 37,9 m NGF - Niveau maximum d'exploitation – Zoom

### 1.1.4. Configuration n°3 :

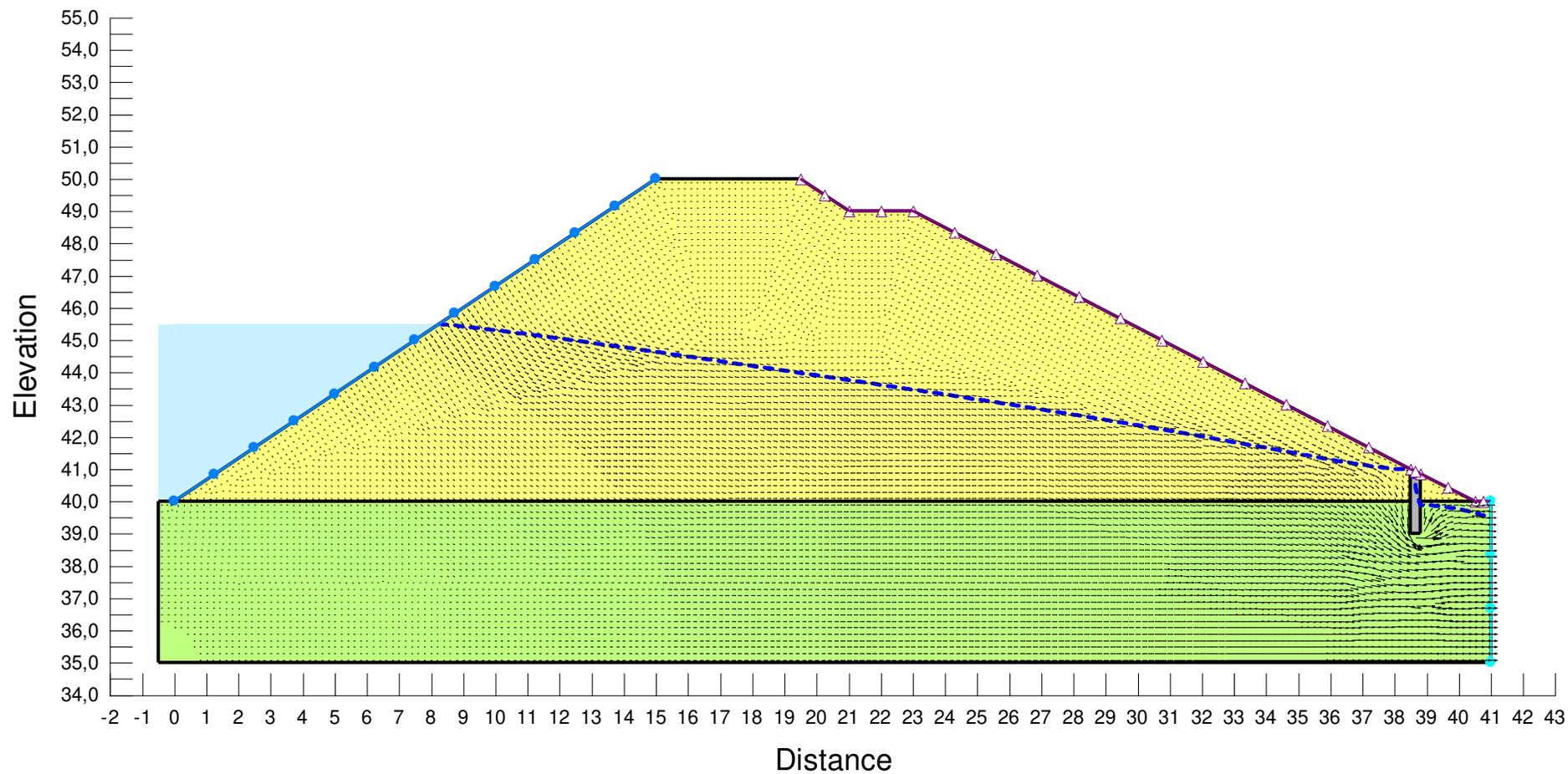


Figure 7 : Radicelle Est - Ecoulements - Charge à l'aval au niveau NPHE - Niveau de remplissage du bassin 45,5 m NGF

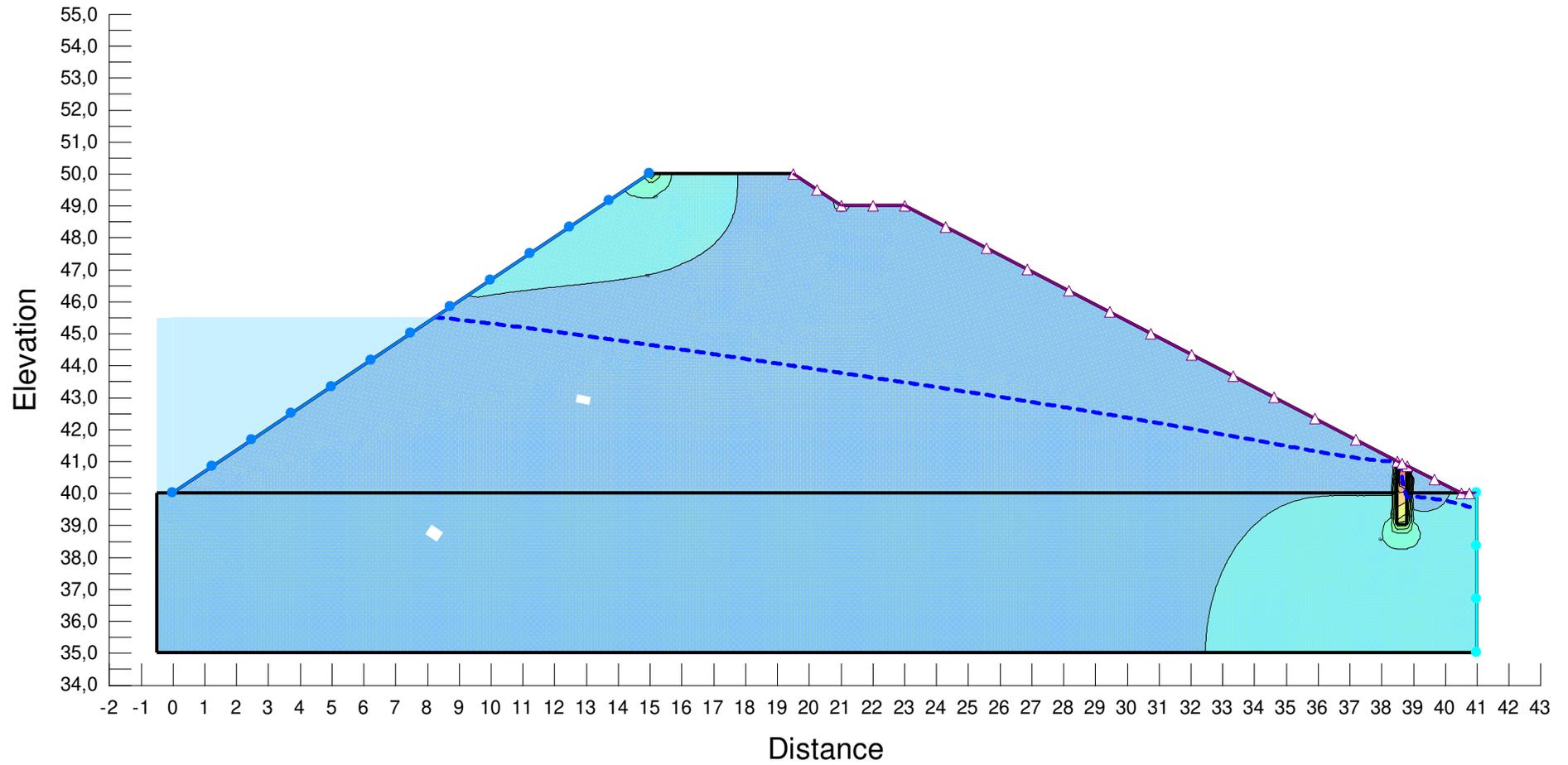


Figure 8 : Radicelle Est – Gradients hydrauliques - Charge à l'aval au niveau NPHE - Niveau de remplissage du bassin 45,5 m NGF

## La Hutte 1 (Sud)

**Pour le bassin La Hutte, la configuration étudiée est la suivante :**

- Remplissage au niveau maximal d'exploitation 45,1 m NGF et charge hydraulique à l'aval : 39,5 m NGF.

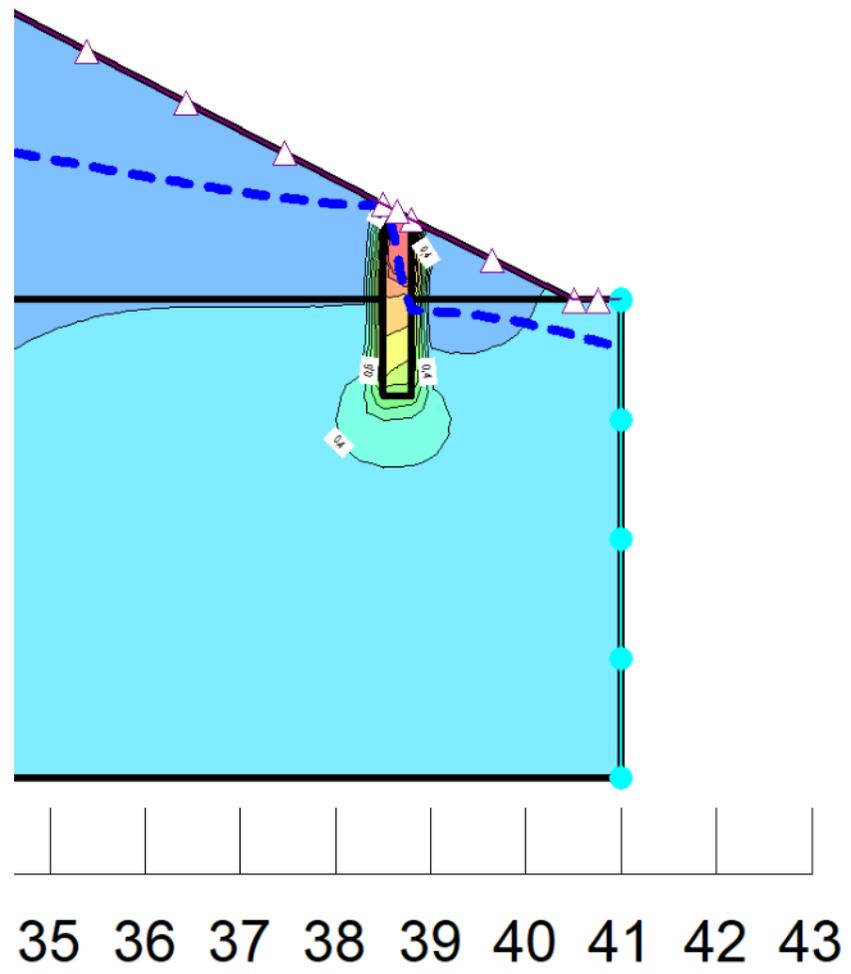
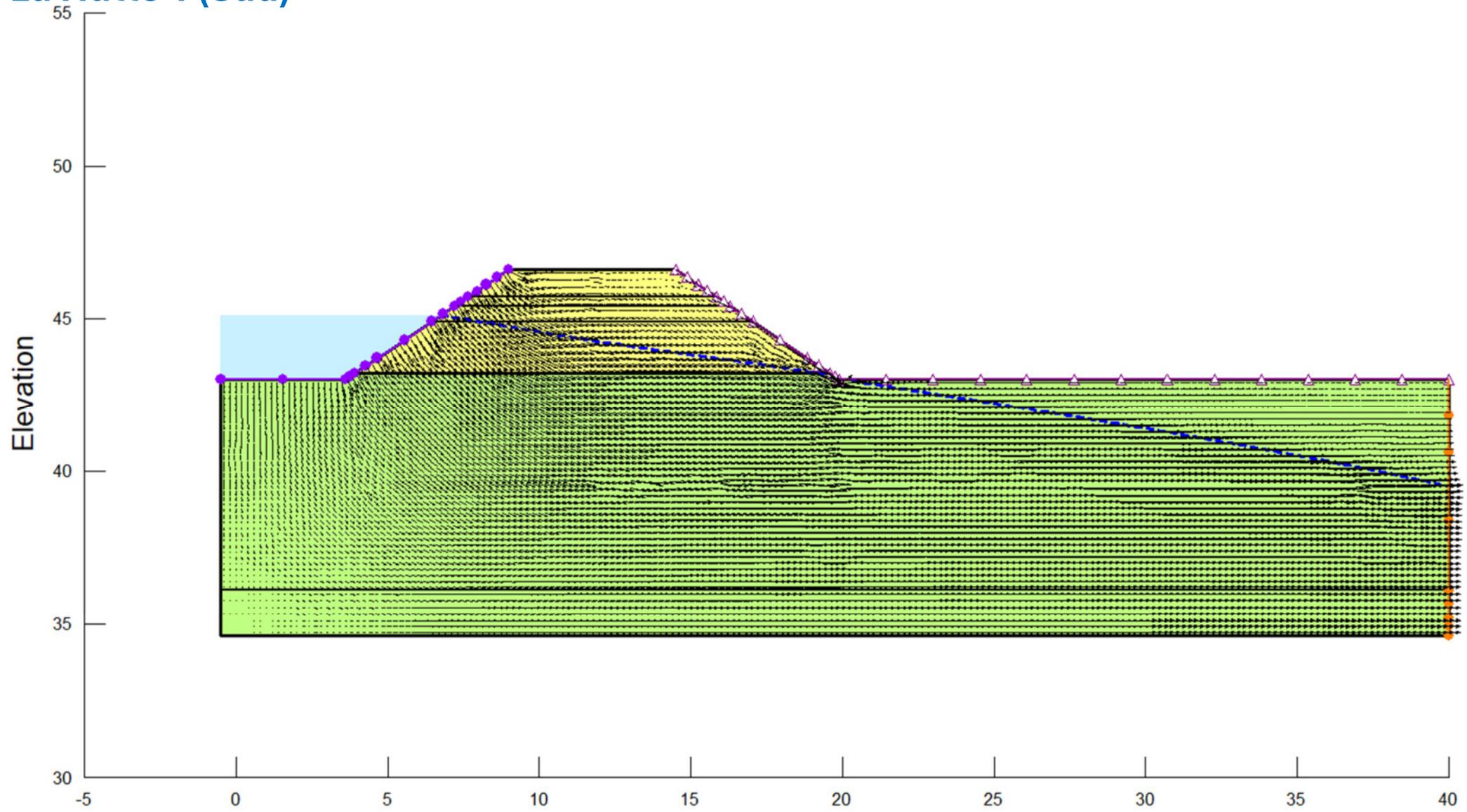
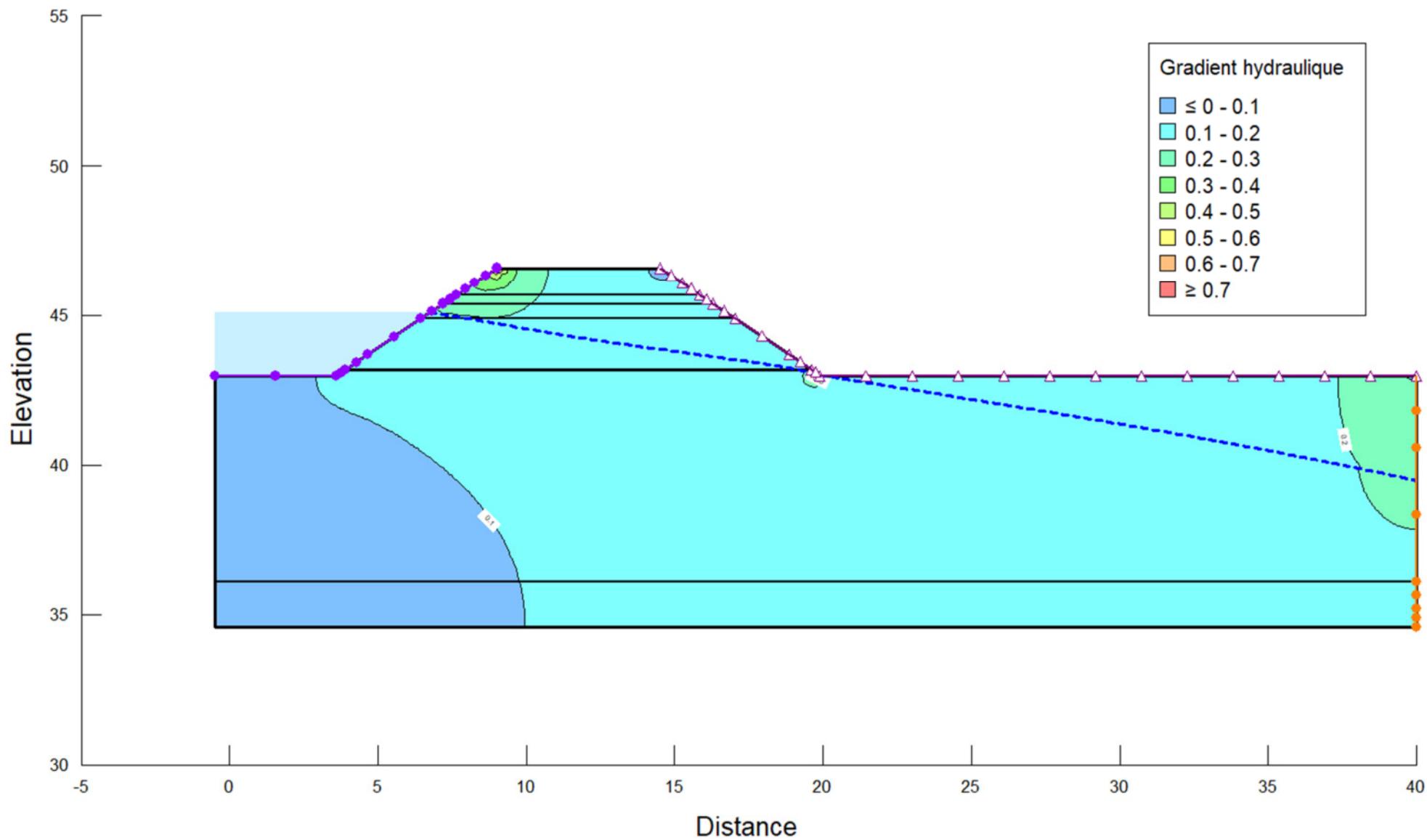


Figure 9 : Radicelle Est – Gradients hydrauliques - Charge à l'aval au niveau NPHE - Niveau de remplissage du bassin 45,5 m NGF– Zoom

# La Hutte 1 (Sud)





**La Hutte 1 – Gradients hydrauliques – Niveau maximal d’exploitation**

### 1.1.5. Synthèse des résultats de calcul

Radicelle Est						
Configuration calcul	Charge amont - Remplissage (m NGF)	Charge aval (m NGF)	Niveau piézométrique dans le corps de digue (m NGF)	Suintements	Hauteur de suintement (m)	Gradient hydraulique maximum
N°1	48.6	39.5	46.8	oui	1.6 (en amont du mur)	0.4
N°2	48.6	37.9	46.5	non	/	0.4
N°3	45.5	39.5	44	non	/	0.2

Tableau 1 : Synthèse des résultats de calcul pour le profil Radicelle Est

## 1.3. Regnault

### 1.3.1. Configuration étudiée

Pour le bassin Regnault, la configuration étudiée est la suivante :

- Remplissage au niveau maximal d'exploitation 45,8 m NGF et charge hydraulique à l'aval NPHE 39,2 m NGF ;

### 1.3.2. Résultats

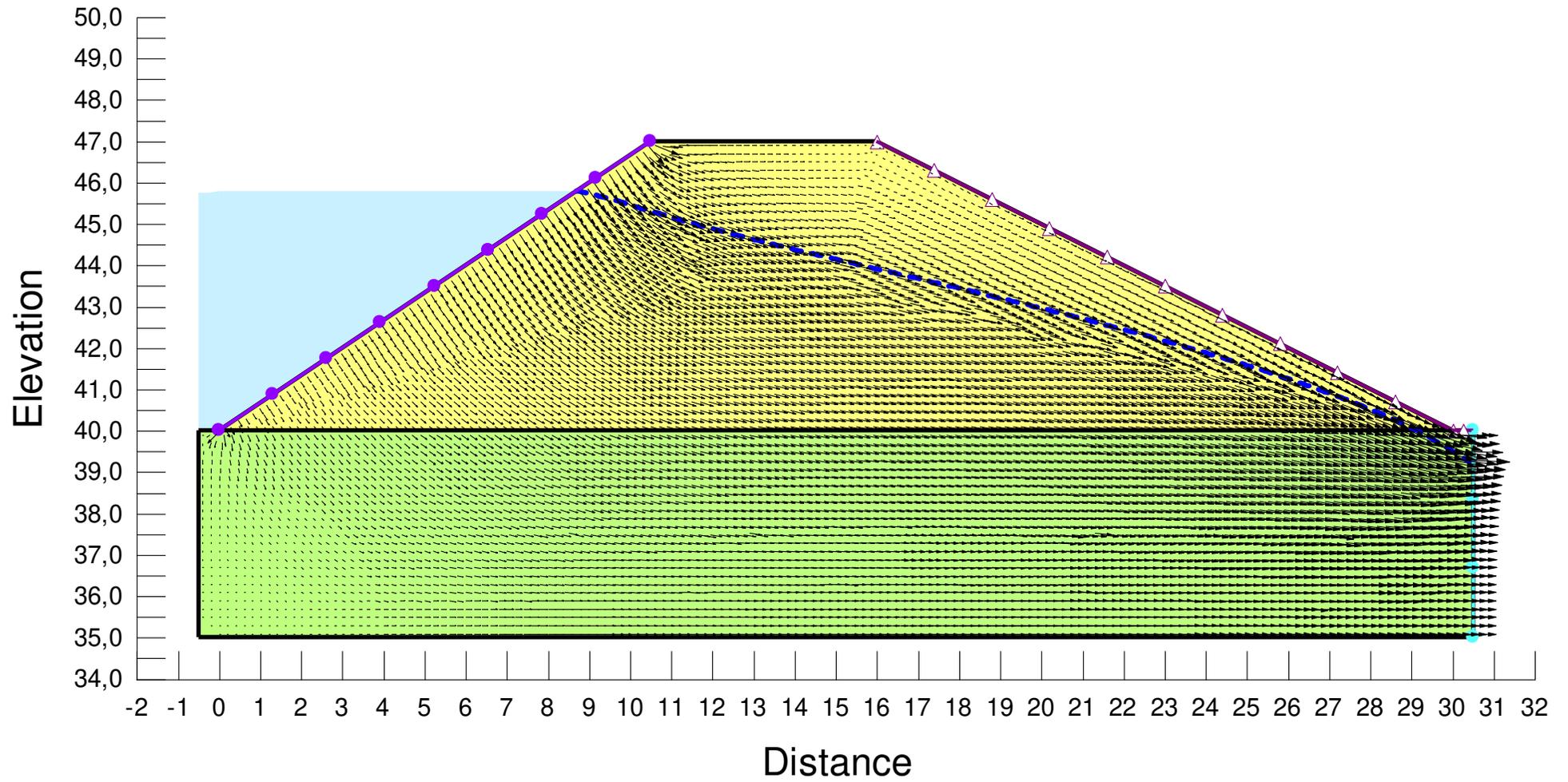


Figure 7 : Regnault - Ecoulements - Charge à l'aval au niveau NPHE - Niveau maximum d'exploitation

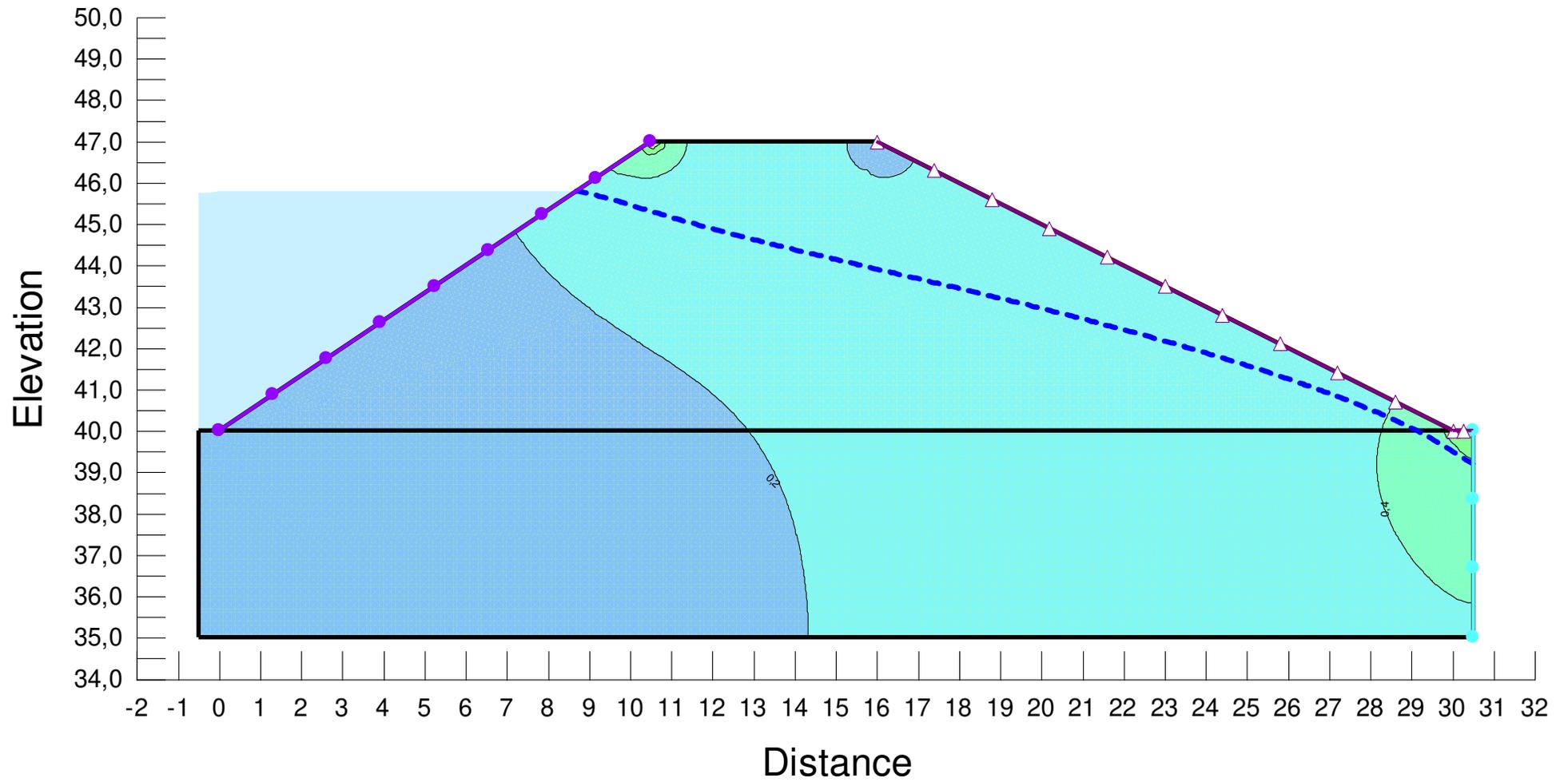


Figure 8 Regnault – Gradients hydrauliques - Charge à l'aval au niveau NPHE - Niveau maximum d'exploitation

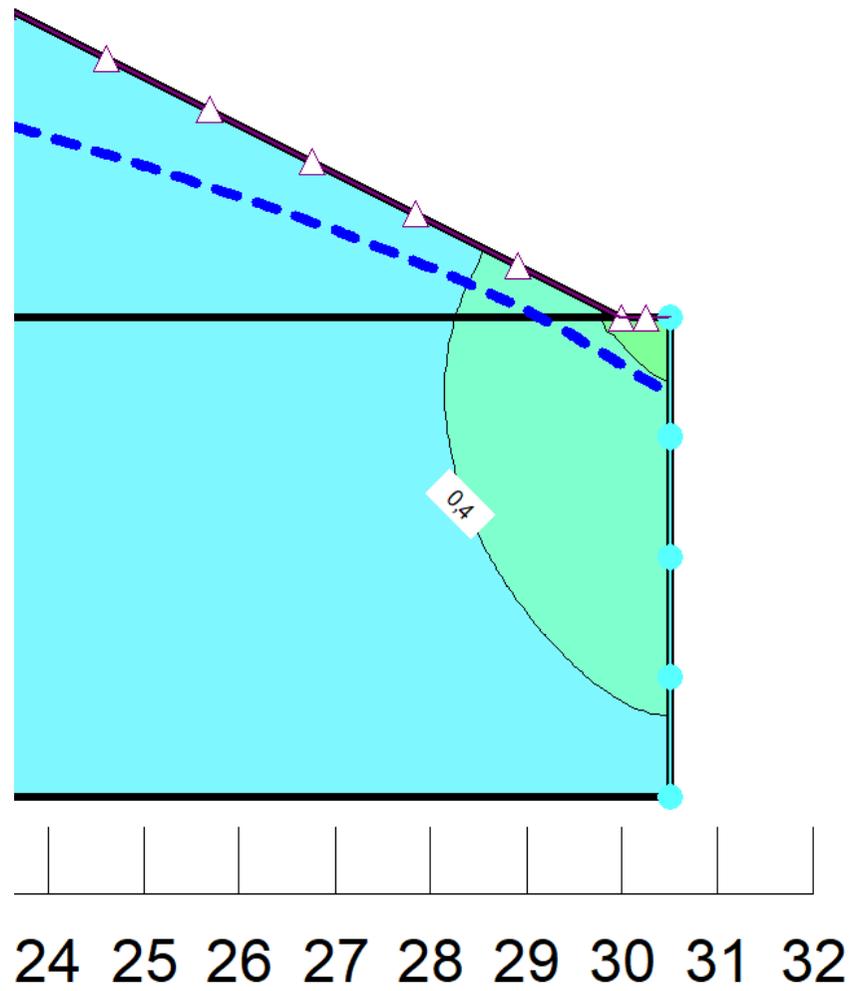


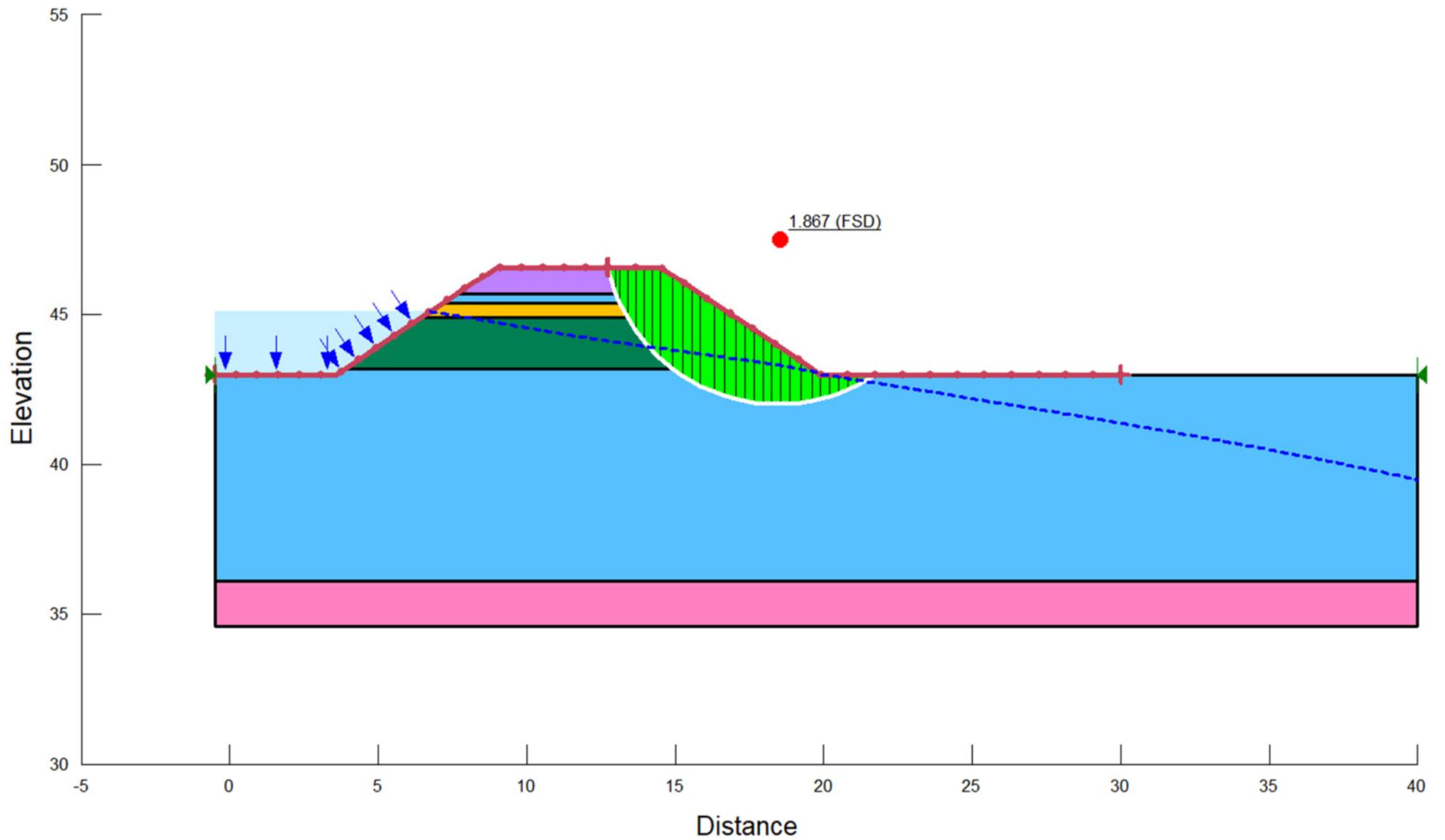
Figure 9 : Regnault – Gradients hydrauliques - Charge à l'aval au niveau NPHE - Niveau maximum d'exploitation – Zoom

### 1.3.3. Synthèse des résultats de calcul

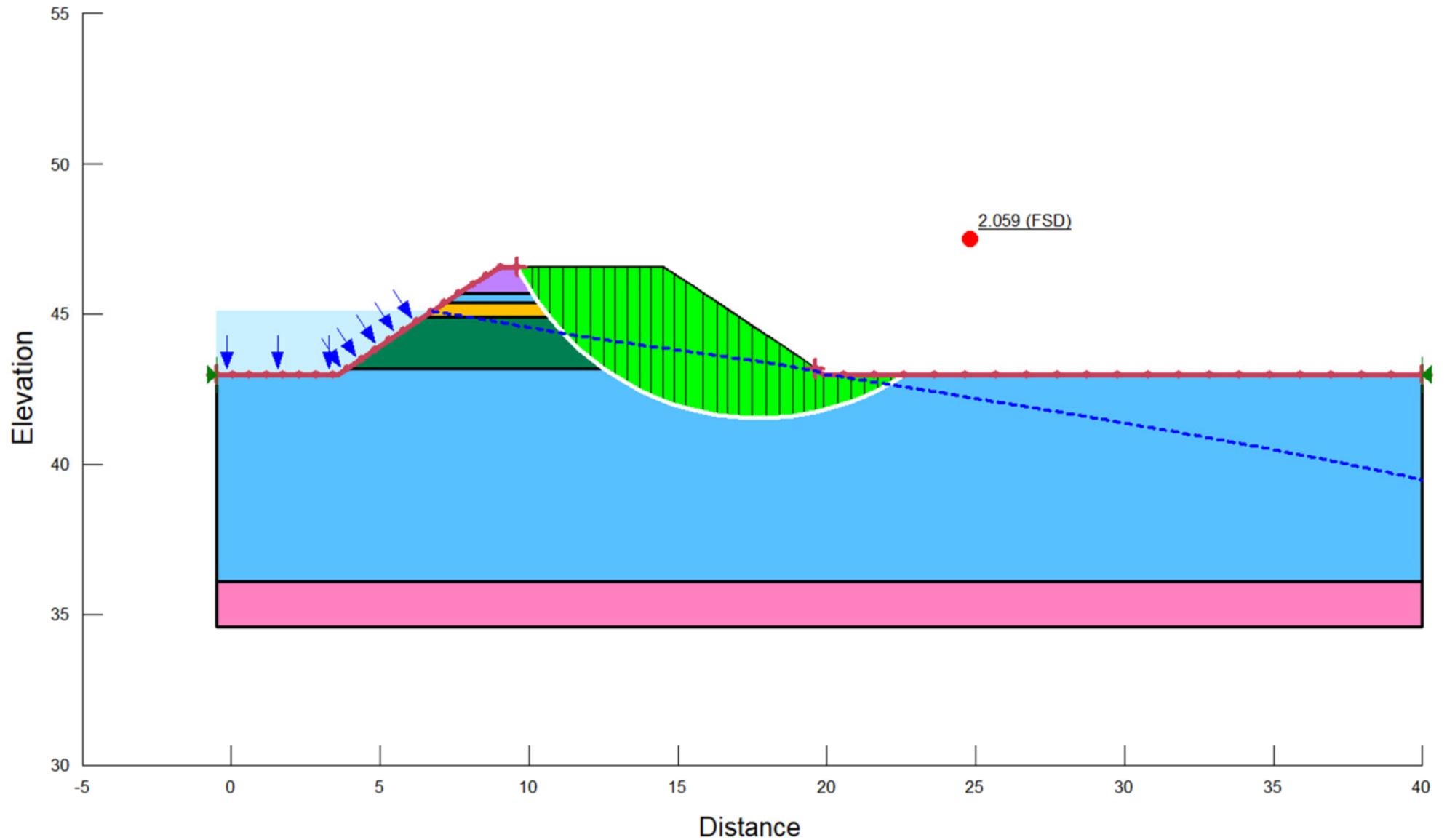
Regnault					
Configuration calcul	Charge amont - Remplissage (m NGF)	Charge aval (m NGF)	Niveau piézométrique dans le corps de digue (m NGF)	Suintements	Gradient hydraulique maximum
N°1	45.8	39,2	44	non	0.5

Tableau 3 : Synthèse des résultats de calcul pour le profil Regnault

## Annexe VII : **Calculs TALREN**



**La Hutte 1 – Stabilité locale – Niveau maximal d'exploitation**



**La Hutte 1 – Stabilité globale– Niveau maximal d’exploitation**

# Données du projet

Numéro d'affaire : NPCP200121

Titre du calcul : Radicelle Est - CPT11

Lieu : Escaudoeuvers

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m3

γw : 10.0

## Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Sable silteux moyennement ferme		19,0	32,00	2,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Argile molle		19,0	25,00	7,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Mur béton		24,0	40,00	1000,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
4	Silt sableux ferme		19,0	32,00	5,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
5	Granulats		19,0	45,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
6	Sable silteux très ferme		19,0	34,00	5,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
7	Argile silteuse molle		19,0	28,00	7,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
8	Terre décantée		18,0	28,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

## Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	Sable silteux moyennement ferme		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Argile molle		-	-	-	Effective	Linéaire
3	Mur béton		-	-	-	Effective	Linéaire
4	Silt sableux ferme		-	-	-	Effective	Linéaire
5	Granulats		-	-	-	Effective	Linéaire
6	Sable silteux très ferme		-	-	-	Effective	Linéaire
7	Argile silteuse molle		-	-	-	Effective	Linéaire
8	Terre décantée		-	-	-	Effective	Linéaire

## Points

1	15,000	0,000	2	30,000	10,000	3	37,500	9,000	4	55,075	0,000	5	0,000	0,000	6	75,000	0,000
7	25,519	7,012	8	41,500	7,000	9	24,000	6,000	10	43,500	6,000	11	17,305	1,537	13	52,422	1,525
14	0,000	-2,000	15	75,000	-2,000	16	54,259	0,500	17	36,000	9,000	18	35,113	10,000	19	51,500	2,000
21	58,500	0,000	22	53,270	1,000	23	53,000	1,000	24	53,000	-3,366	25	53,000	0,000	26	53,000	-2,000
27	53,270	-3,366	28	53,270	-2,000	29	53,270	0,000	30	55,500	-0,500	31	53,270	-0,500	33	28,500	9,000
34	47,500	4,000	35	21,000	4,000	36	49,488	3,006	37	19,500	3,000	38	0,000	7,301	39	25,942	7,294

## Segments

4	5	1	9	3	8	11	7	8	13	7	9	15	8	10	16	9	10	17	1	11
19	11	13	25	4	16	26	3	17	31	18	2	32	17	18	35	13	19	37	4	21
38	6	21	39	22	23	40	23	25	41	25	1	43	25	26	44	26	14	46	26	24
47	24	27	48	13	22	49	16	22	50	27	28	51	28	26	52	28	15	54	29	25
55	29	4	56	29	22	57	28	31	58	29	31	59	4	30	60	30	31	64	36	37
65	2	33	67	9	35	69	11	37	70	35	37	72	19	36	73	10	34	74	36	34
75	35	34	76	33	17	77	38	39	78	7	39	79	33	39						

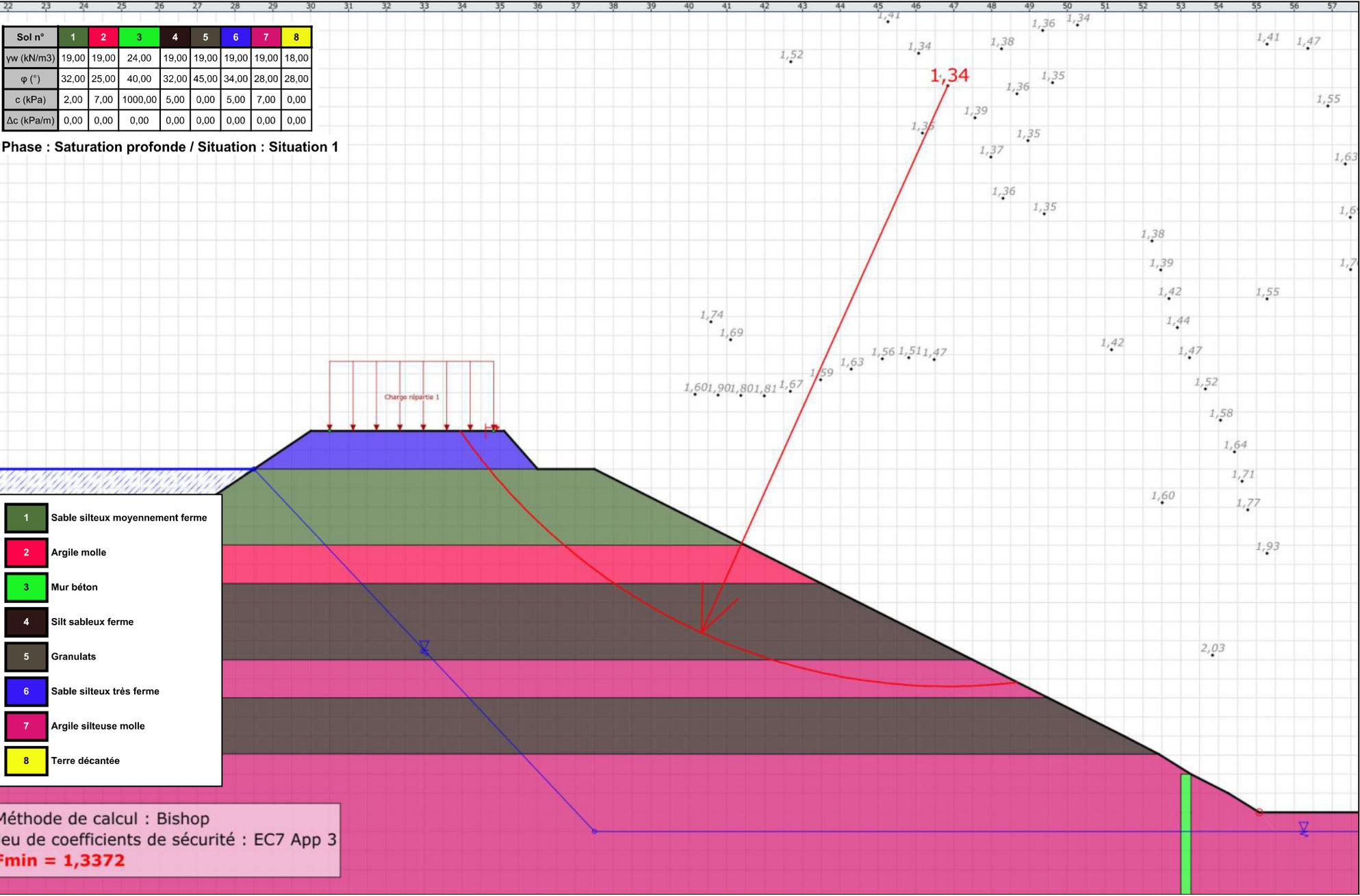
## Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	Charge répartie 1	30,500	10,000	10,0	34,836	10,000	10,0	90,00



Talren v5  
v5.2.7

Imprimé le : 28 oct. 2020 11:31:14  
Calcul réalisé par : ANTEA  
Projet : Radicelle Est - CPT11



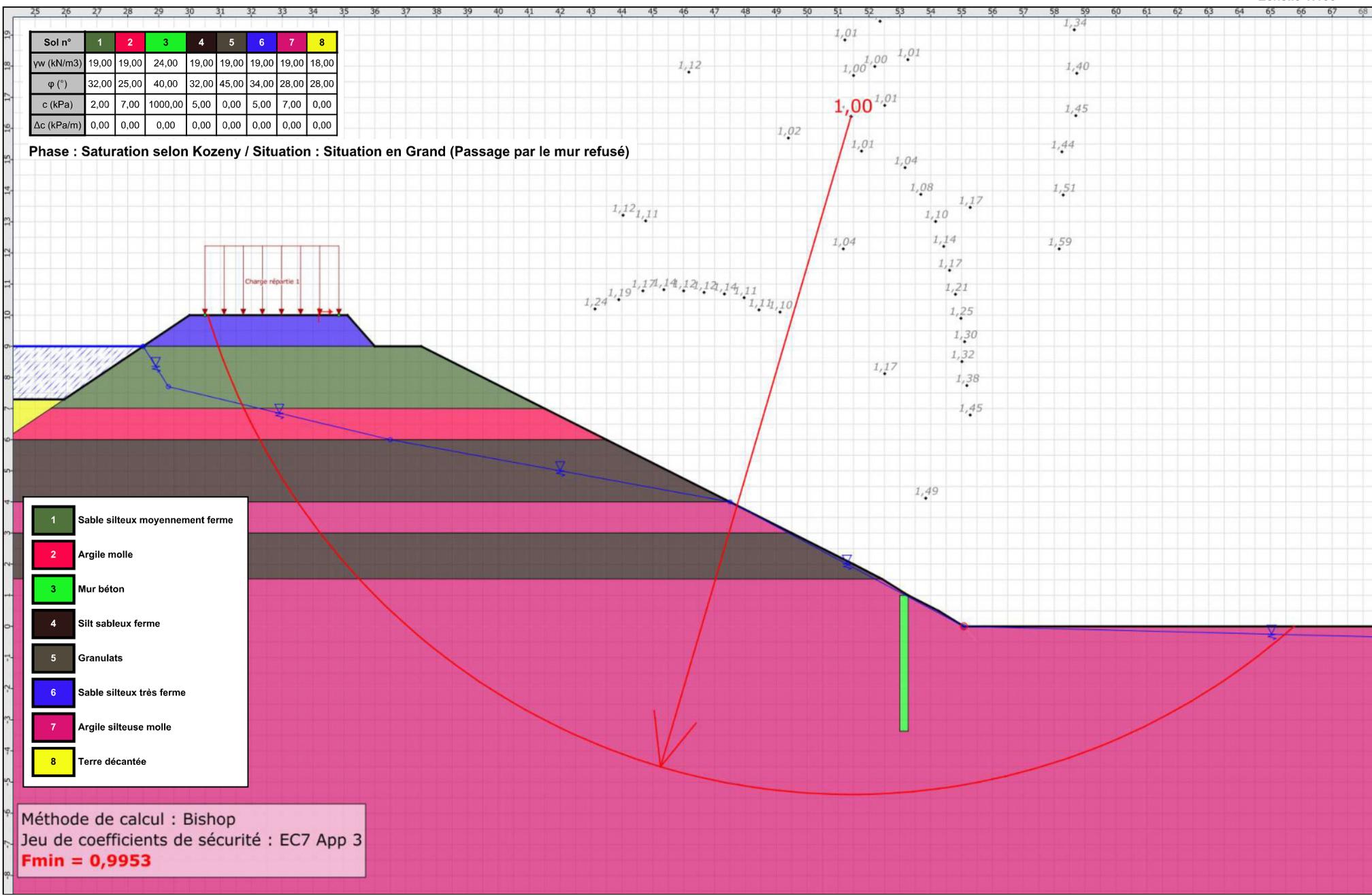
Talren v5  
v5.2.7

Imprimé le : 28 oct. 2020 11:31:17  
 Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Radicelle Est - CPT11

Sol n°	1	2	3	4	5	6	7	8
γw (kN/m3)	19,00	19,00	24,00	19,00	19,00	19,00	19,00	18,00
φ (°)	32,00	25,00	40,00	32,00	45,00	34,00	28,00	28,00
c (kPa)	2,00	7,00	1000,00	5,00	0,00	5,00	7,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Saturation selon Kozeny / Situation : Situation en Grand (Passage par le mur refusé)



Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : EC7 App 3  
**Fmin = 0,9953**



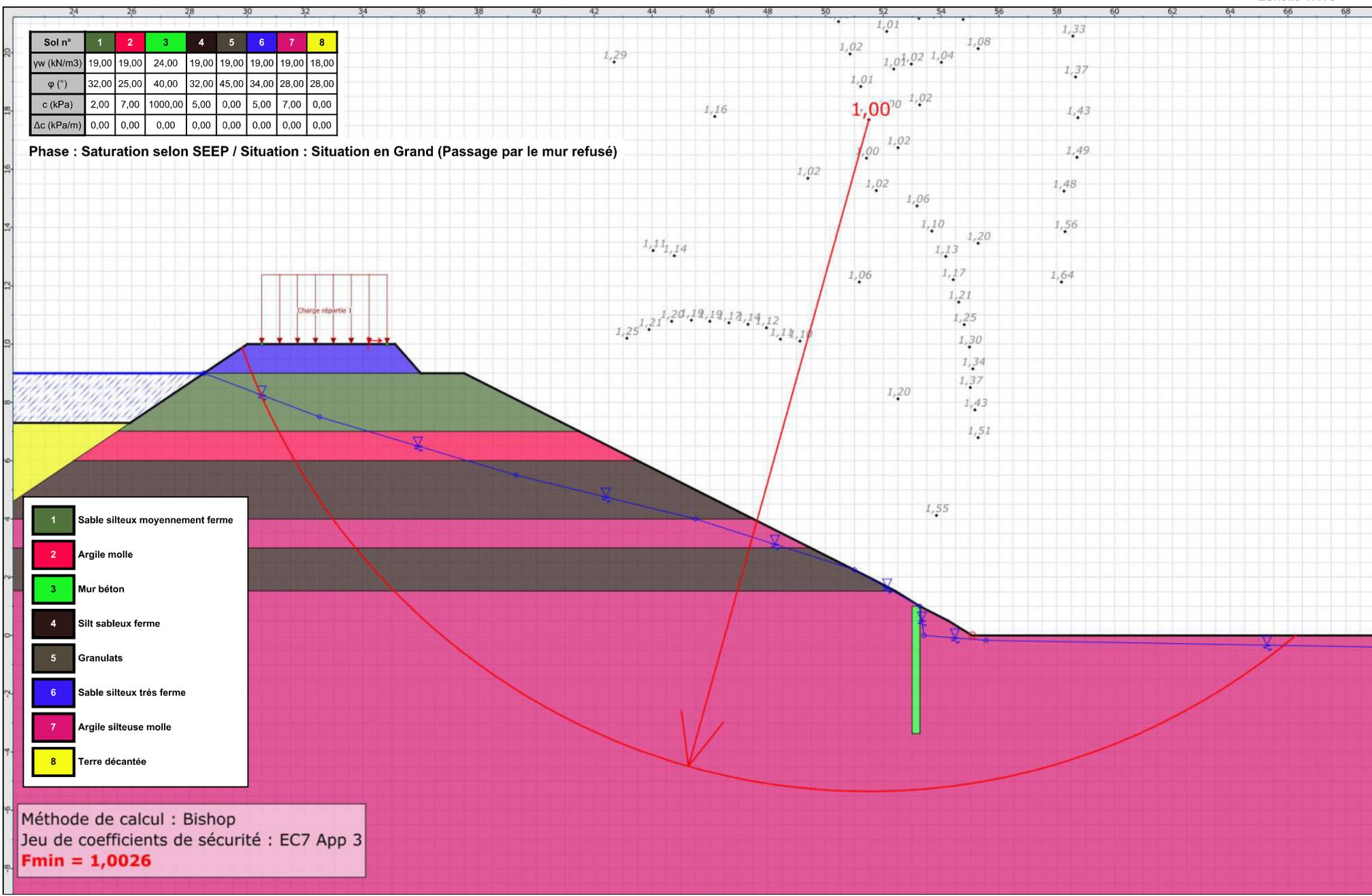
Talren v5  
v5.2.7

Imprimé le : 28 oct. 2020 11:31:17  
 Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Radicelle Est - CPT11

Sol n°	1	2	3	4	5	6	7	8
γw (kN/m3)	19,00	19,00	24,00	19,00	19,00	19,00	19,00	18,00
φ (°)	32,00	25,00	40,00	32,00	45,00	34,00	28,00	28,00
c (kPa)	2,00	7,00	1000,00	5,00	0,00	5,00	7,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Saturation selon SEEP / Situation : Situation en Grand (Passage par le mur refusé)



- 1 Sable silteux moyennement ferme
- 2 Argile molle
- 3 Mur béton
- 4 Silt sableux ferme
- 5 Granulats
- 6 Sable silteux très ferme
- 7 Argile silteuse molle
- 8 Terre décantée

Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : EC7 App 3  
**Fmin = 1,0026**



Talren v5  
v5.2.7

Imprimé le : 28 oct. 2020 11:31:18  
 Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Radicelle Est - CPT11

# Données du projet

Numéro d'affaire : NPCP200121

Titre du calcul : Radicelle Ouest - CPT11

Lieu : Escaudoeuvers

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m3

$\gamma_w$  : 10.0

## Couches de sol

	Nom	Couleur	$\gamma$	$\phi$	c	$\Delta c$	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Sable silteux moyennement ferme		19,0	32,00	2,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Argile molle		19,0	25,00	7,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Sable silteux très ferme		19,0	34,00	5,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
4	Argile silteuse molle		19,0	28,00	7,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
5	Silt sableux ferme		19,0	32,00	5,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
6	Masque Granulaire		19,0	45,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
7	Terre décantée		18,0	28,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

## Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	$\Gamma\gamma$	$\Gamma c$	$\Gamma \tan(\phi)$	Type de cohésion	Courbe
1	Sable silteux moyennement ferme		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Argile molle		-	-	-	Effective	Linéaire
3	Sable silteux très ferme		-	-	-	Effective	Linéaire
4	Argile silteuse molle		-	-	-	Effective	Linéaire
5	Silt sableux ferme		-	-	-	Effective	Linéaire
6	Masque Granulaire		-	-	-	Effective	Linéaire
7	Terre décantée		-	-	-	Effective	Linéaire

## Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
2	30,000	10,000	3	35,501	10,000	5	0,000	2,000	6	75,000	2,000	7	25,540	7,027	8	40,253	7,000
9	24,000	6,000	10	41,791	6,000	11	18,000	2,000	13	48,596	2,034	14	0,000	-2,000	15	75,000	-2,000
16	28,500	9,000	17	37,105	9,000	18	21,000	4,000	19	45,198	4,000	20	46,874	3,000	21	19,500	3,000
22	0,000	1,500	23	75,000	1,500	24	49,108	3,500	25	50,500	2,031	26	46,036	3,500	27	0,000	7,000

## Segments

	Point 1	Point 2																		
2	2	3	11	7	8	13	7	9	15	8	10	16	9	10	19	11	13	23	14	15
26	5	11	28	16	17	29	18	19	30	20	21	32	11	21	33	9	18	34	21	18
35	13	20	37	10	19	39	3	17	40	8	17	41	2	16	42	7	16	43	22	23
44	24	25	45	13	25	46	6	25	47	24	20	48	24	26	49	20	26	50	19	26
51	27	7																		

## Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	Charge répartie 1	30,500	10,000	10,0	35,101	10,000	10,0	90,00



Talren v5  
v5.2.7

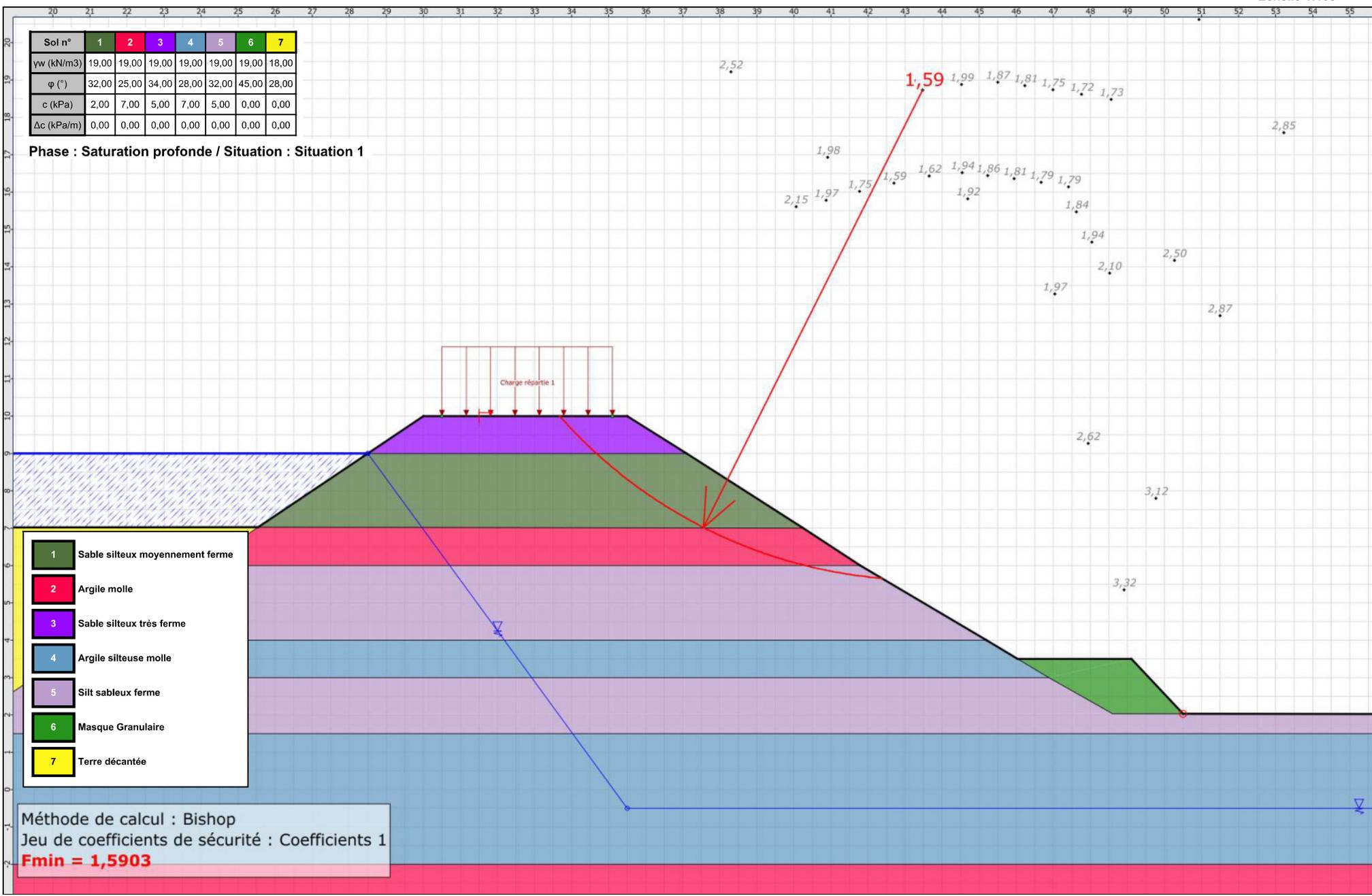
Imprimé le : 28 oct. 2020 11:26:54

Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Radicelle Ouest - CPT11

Sol n°	1	2	3	4	5	6	7
γw (kN/m3)	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	18,00
φ (°)	32,00	25,00	34,00	28,00	32,00	45,00	28,00
c (kPa)	2,00	7,00	5,00	7,00	5,00	0,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Saturation profonde / Situation : Situation 1



- 1 Sable silteux moyennement ferme
- 2 Argile molle
- 3 Sable silteux très ferme
- 4 Argile silteuse molle
- 5 Silt sableux ferme
- 6 Masque Granulaire
- 7 Terre décantée

Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : Coefficients 1  
**Fmin = 1,5903**



Talren v5  
v5.2.7

Imprimé le : 28 oct. 2020 11:26:56  
 Calcul réalisé par : ANTEA

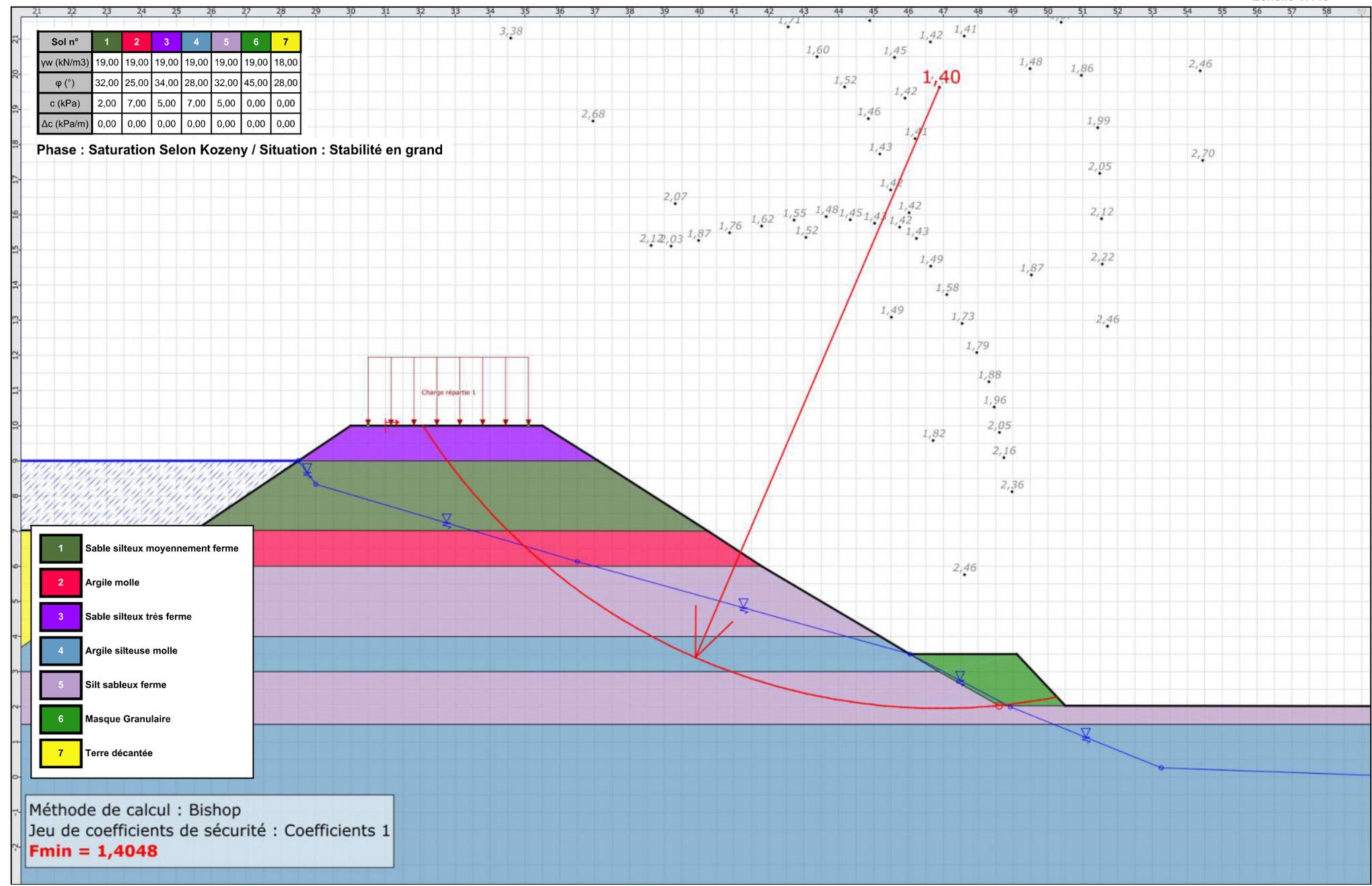
Projet : Radicelle Ouest - CPT11

Sol n°	1	2	3	4	5	6	7
γw (kN/m3)	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	18,00
φ (°)	32,00	25,00	34,00	28,00	32,00	45,00	28,00
c (kPa)	2,00	7,00	5,00	7,00	5,00	0,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Saturation Selon Kozeny / Situation : Stabilité en grand

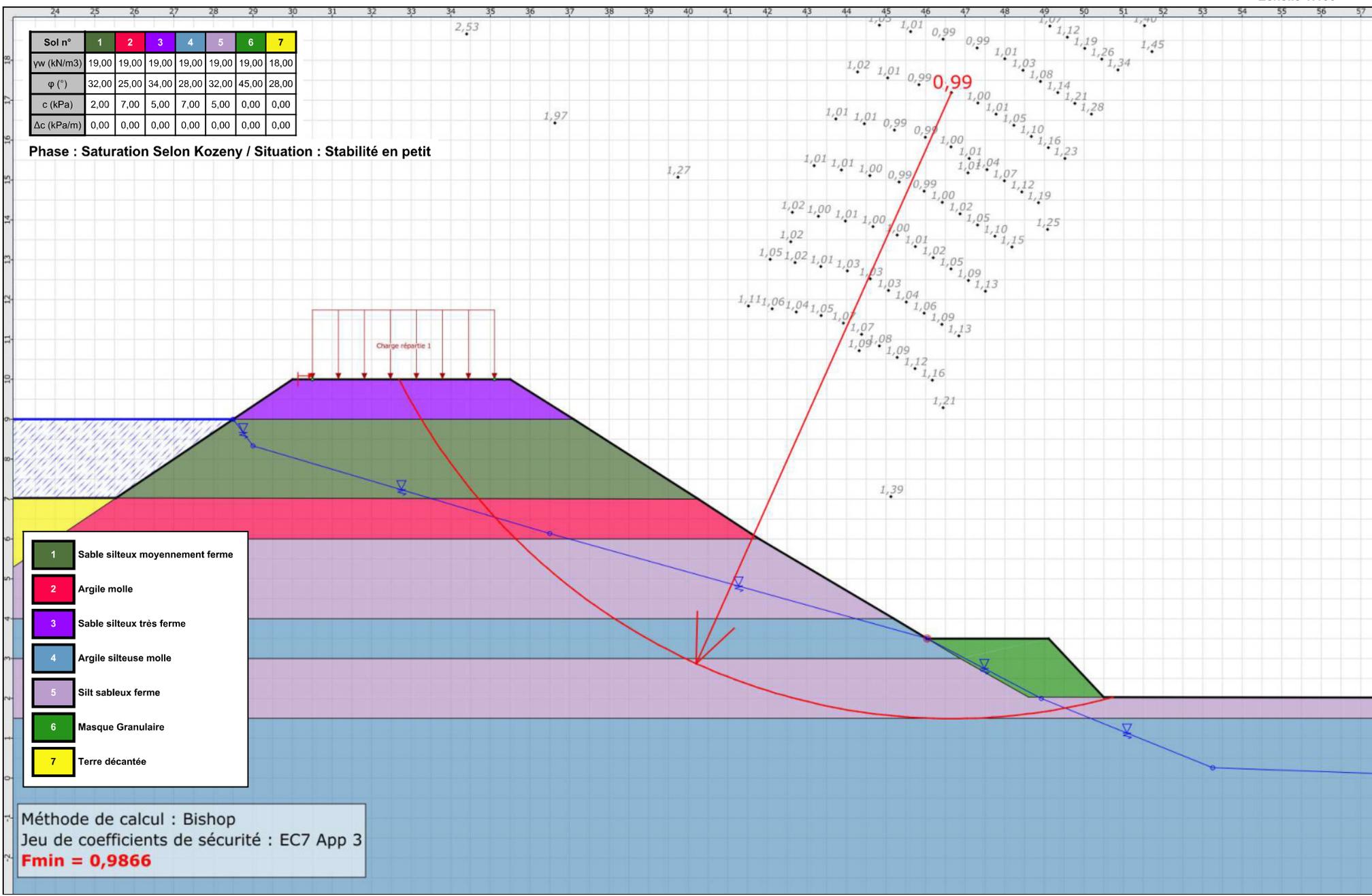
- 1 Sable silteux moyennement ferme
- 2 Argile molle
- 3 Sable silteux très ferme
- 4 Argile silteuse molle
- 5 Silt sableux ferme
- 6 Masque Granulaire
- 7 Terre décantée

Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : Coefficients 1  
**Fmin = 1,4048**



Sol n°	1	2	3	4	5	6	7
γw (kN/m <sup>3</sup> )	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	18,00
φ (°)	32,00	25,00	34,00	28,00	32,00	45,00	28,00
c (kPa)	2,00	7,00	5,00	7,00	5,00	0,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Saturation Selon Kozeny / Situation : Stabilité en petit



Talren v5  
v5.2.7

Imprimé le : 28 oct. 2020 11:26:57  
Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Radicelle Ouest - CPT11

# Données du projet

Numéro d'affaire : NPCP200121

Titre du calcul : Regnault Nord CPT13

Lieu : Escaudoeuvers

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m<sup>3</sup>

γw : 10.0

## Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Sable silteux moyennement ferme		19,0	32,00	2,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Silt argileux mou		19,0	28,00	7,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Terre décantée		18,0	28,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

## Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	Sable silteux moyennement ferme		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Silt argileux mou		-	-	-	Effective	Linéaire
3	Terre décantée		-	-	-	Effective	Linéaire

## Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	15,000	0,000	2	25,500	7,000	3	31,000	7,000	4	45,000	0,000	5	0,000	0,000	6	75,000	0,000
7	23,250	5,500	8	34,000	5,500	9	18,750	2,500	10	40,000	2,500	11	16,200	0,800	12	43,397	0,800
13	0,000	-5,000	14	75,000	-5,000	15	44,500	0,250	16	0,000	4,000	17	21,000	4,000			

## Segments

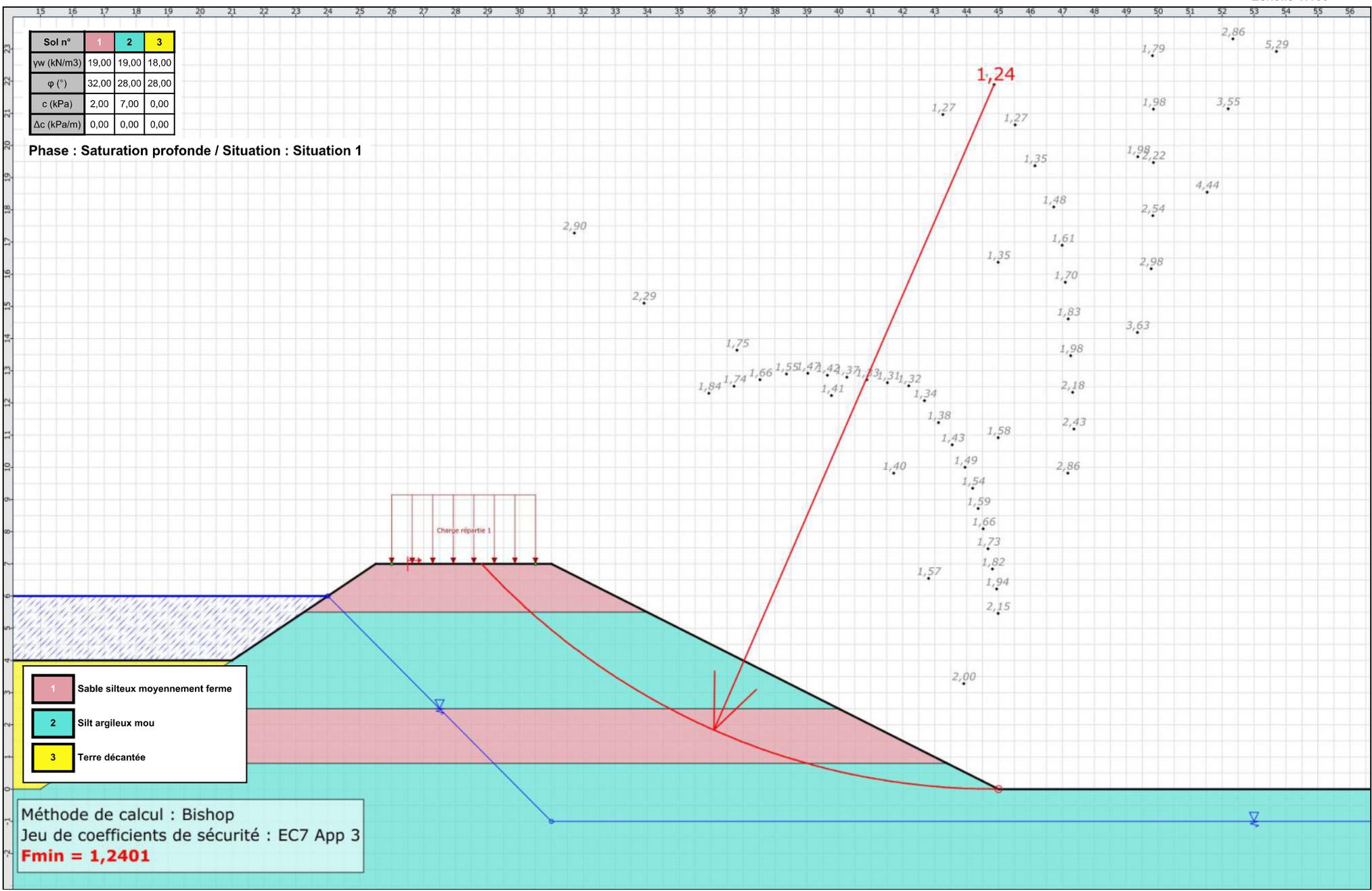
	Point 1	Point 2																		
2	2	3	4	5	1	5	1	4	6	4	6	8	2	7	9	3	8	11	7	8
15	8	10	16	9	10	17	1	11	18	9	11	20	10	12	21	11	12	22	13	14
23	4	15	24	12	15	25	16	17	26	7	17	27	9	17						

## Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	Charge répartie 1	26,000	7,000	10,0	30,500	7,000	10,0	90,00

Sol n°	1	2	3
γw (kN/m <sup>3</sup> )	19,00	19,00	18,00
φ (°)	32,00	28,00	28,00
c (kPa)	2,00	7,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00

Phase : Saturation profonde / Situation : Situation 1



- 1 Sable silteux moyennement ferme
- 2 Silt argileux mou
- 3 Terre décantée

Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : EC7 App 3  
**Fmin = 1,2401**



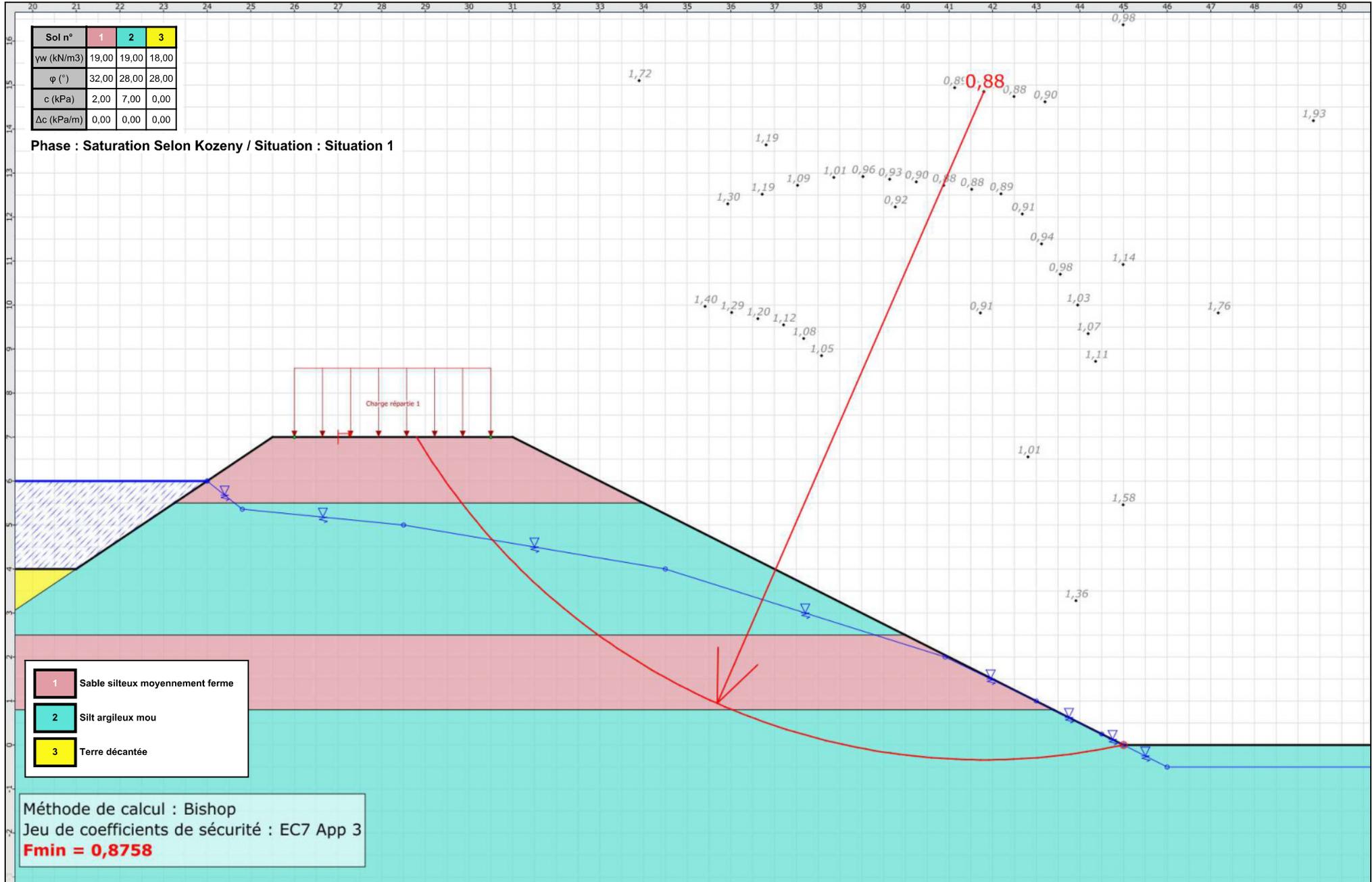
Talren v5  
v5.2.7

Imprimé le : 28 oct. 2020 11:56:27  
 Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Regnault Nord CPT13

Sol n°	1	2	3
γw (kN/m3)	19,00	19,00	18,00
φ (°)	32,00	28,00	28,00
c (kPa)	2,00	7,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00

Phase : Saturation Selon Kozeny / Situation : Situation 1



1	Sable silteux moyennement ferme
2	Silt argileux mou
3	Terre décantée

Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : EC7 App 3  
**Fmin = 0,8758**



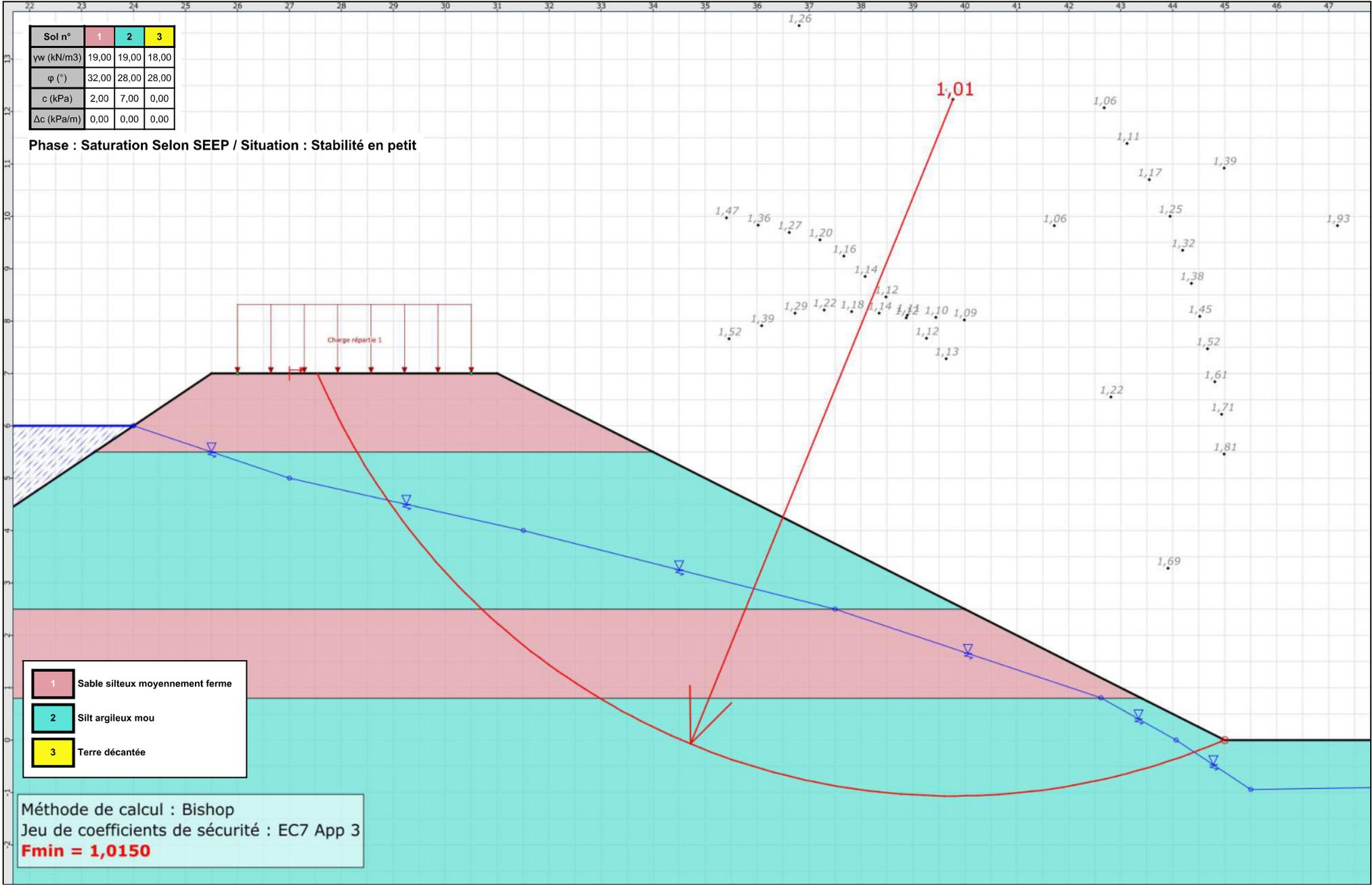
Talren v5  
v5.2.7

Imprimé le : 28 oct. 2020 11:56:28  
 Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Regnault Nord CPT13

Sol n°	1	2	3
γw (kN/m3)	19,00	19,00	18,00
φ (°)	32,00	28,00	28,00
c (kPa)	2,00	7,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00

Phase : Saturation Selon SEEP / Situation : Stabilité en petit



1	Sable silteux moyennement ferme
2	Silt argileux mou
3	Terre décaillée

Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : EC7 App 3  
**Fmin = 1,0150**



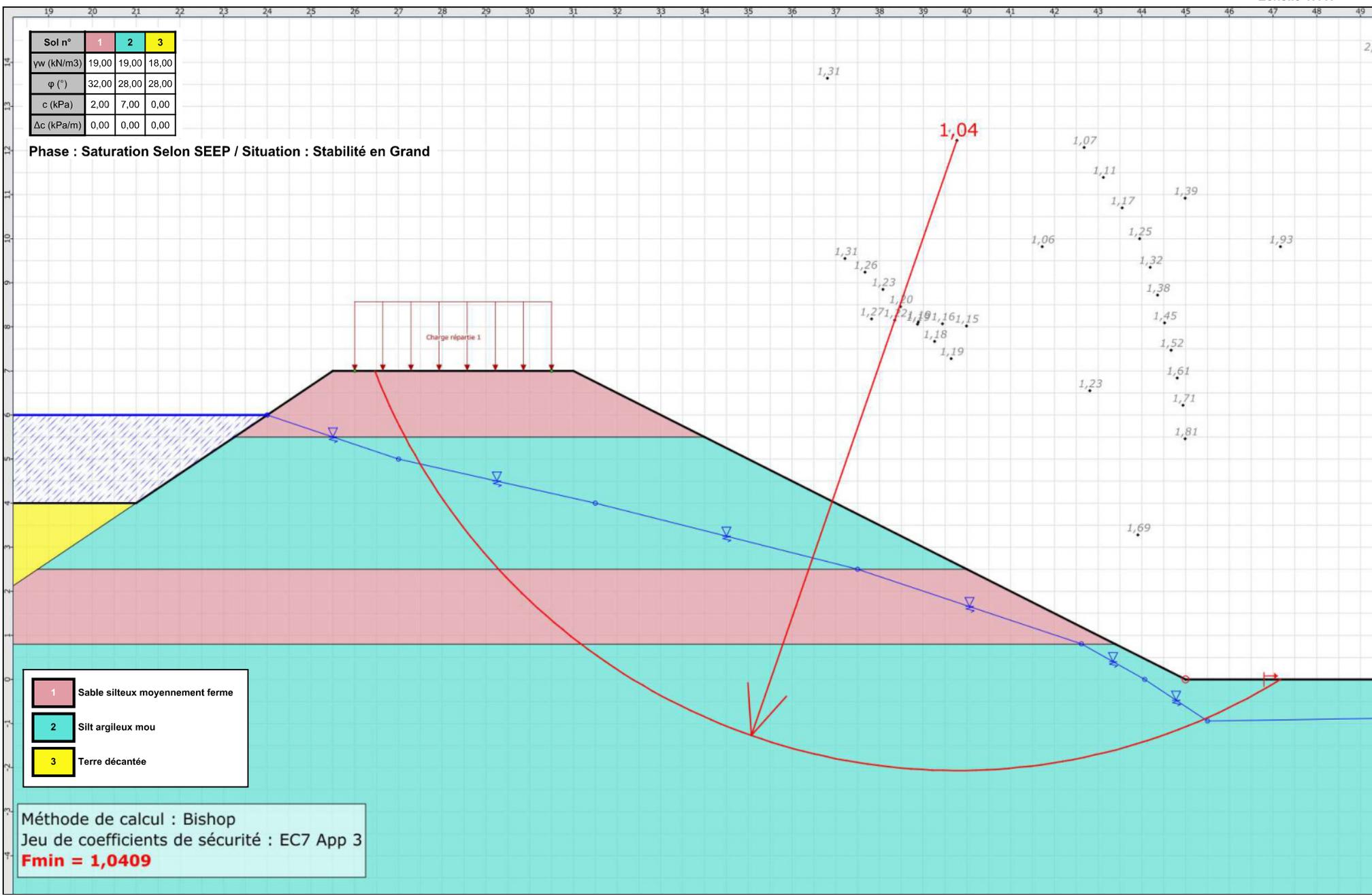
Talren v5  
v5.2.7

Imprimé le : 28 oct. 2020 11:56:28  
 Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Regnault Nord CPT13

Sol n°	1	2	3
γw (kN/m <sup>3</sup> )	19,00	19,00	18,00
φ (°)	32,00	28,00	28,00
c (kPa)	2,00	7,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00

Phase : Saturation Selon SEEP / Situation : Stabilité en Grand



- 1 Sable silteux moyennement ferme
- 2 Silt argileux mou
- 3 Terre décantée

Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : EC7 App 3  
**Fmin = 1,0409**



Talren v5  
v5.2.7

Imprimé le : 28 oct. 2020 11:56:29  
 Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Regnault Nord CPT13



Références :



Portées  
communiquées  
sur demande