

# Bonneuil-sur-Marne

# Rapport de mission géotechnique G2-PRO

Mai 2020



# RN406 – Desserte du port de Bonneuil

## Mission G2-PRO

### Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	30/04/19	Première émission
2	26/05/20	Mise à jour selon nouveaux éléments DiRIF / DIOA

### Affaire suivie par

<b>Sibylle de Montigny</b> – Département Géosciences et Risques – Unité Géotechnique et Intégration des Ouvrages en Sous-Sol
Tél. : 01 48 38 81 44
Courriel : <a href="mailto:sibylle.de-montigny@cerema.fr">sibylle.de-montigny@cerema.fr</a>
<b>Site du Bourget</b> : Cerema IdF – Rue de l'Egalité Prolongée – 93350 Le Bourget

### Références

n° d'affaire : C18PR0012 - C19PR0019

maître d'ouvrage : DRIEA IF/DiRIF/SIMEER/DIOA/DP (Tristan Sauvageon)

65 Avenue Faidherbe, 93310 Le Pré-Saint-Gervais

Devis n° D18PR0012

Rapport	Nom	Date	Visa
Établi par	Sibylle de Montigny, Rémi Soave et Lionel Fix	26/05/20	
Contrôlé par	Samuel Heumez		
Validé par	Cécile Maurel		

### Conditions de diffusion :

<b>Notice</b> (jusqu'au sommaire inclus)	<input checked="" type="checkbox"/> diffusable <input type="checkbox"/> non diffusable
<b>Rapport d'étude</b>	<input checked="" type="checkbox"/> libre (document téléchargeable librement) <input type="checkbox"/> contrôlé (celui qui en veut communication doit en faire la demande et obtenir l'autorisation et les conditions d'usage auprès du commanditaire) <input type="checkbox"/> confidentiel (document non diffusable)

### Nomenclature et mots-clés

<a href="#">Nomenclature Cerema / champ d'action 3 niveaux</a> : infrastructures transport / ouvrages d'art / conception étude Mots-clés : renforcement de sol
---

### Résumé de l'étude :

Dans le cadre du projet de la réalisation d'une desserte du Port de Bonneuil-sur-Marne, la DiRIF a sollicité le Cerema/DTerIdF pour une assistance pour la phase Projet pour l'établissement d'une mission géotechnique G2.

# SOMMAIRE

<b>1 CONTEXTE DU PROJET.....</b>	<b>7</b>
1.1 Description du projet.....	7
1.2 Documents examinés.....	8
1.3 Contexte physique.....	8
1.4 Contexte géologique et géotechnique.....	8
1.4.1 Des remblais.....	8
1.4.2 Les alluvions.....	9
1.4.3 Les Marnes infragypseuses et les Sables de Monceau.....	9
1.4.4 Le Marno-calcaire de Saint-Ouen et le Calcaire de Ducy.....	10
1.4.5 Les Sables de Beauchamp.....	10
1.4.6 Les Marnes et caillasses.....	10
1.4.7 Le Calcaire Grossier.....	10
1.5 Qualité des sols superficiels.....	11
1.5.1 Méthodologie.....	11
1.5.2 Investigations de terrain.....	11
1.5.3 Résultats d'analyses.....	14
1.6 Contexte hydrogéologique.....	19
1.6.1 Les aquifères en présence.....	19
1.6.2 Les perméabilités horizontales des aquifères.....	20
1.6.3 La nappe alluviale le long du tracé de la déviation de la RN 406.....	23
La cote de la nappe.....	23
1.6.4 Qualité de la nappe des alluvions et du ru du Marais.....	26
1.6.5 Conclusions sur la qualité chimique de la nappe.....	31
<b>2 MODÈLES GÉOTECHNIQUES.....</b>	<b>31</b>
2.1 Description des secteurs géotechniques.....	31
2.2 Résultats des essais en laboratoire.....	35
2.3 Modèle géotechnique par secteur.....	37
<b>3 APPLICATION AU PROJET : OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT DU PORT.....</b>	<b>40</b>
3.1 Description de l'ouvrage.....	40
3.2 Torseurs des efforts.....	40
3.3 Impact du réseau souterrain.....	42
3.4 Étude des fondations.....	42
3.4.1 Calcul du frottement latéral.....	43
3.4.2 Calcul des charges admissibles des pieux.....	44
3.5 Estimation des tassements sur sols compressibles.....	47
3.5.1 Tassement immédiat.....	47
3.5.2 Tassements de consolidation.....	48
3.5.3 Résultats des tassements de consolidations et immédiats.....	49
3.6 Temps de consolidation.....	49

3.6.1 Cas sans drains.....	50
3.6.2 Cas avec drains.....	51
3.7 Cas particulier 1 – 2 cm de consolidation.....	52
3.8 Cas particulier 2- 1 cm de consolidation.....	53
3.9 Calculs des tassements de fluage.....	54
3.10 Comparaison des évolutions des tassements en fonction des hauteurs de remblais et du temps.....	55
3.11 Étude des inclusions rigides.....	56
3.11.1 Caractéristiques de la modélisation.....	56
3.11.2 Phasage et résultats.....	57
3.11.3 Vérification des inclusions.....	62
3.11.4 Evolution des tassements en fonction de l'éloignement du talus.....	65
3.11.5 Vérification des pieux.....	66
3.11.6 Vérification du plan d'implantation des inclusions.....	67
3.12 Stabilité des remblais.....	67
3.13 Remblai renforcé.....	67
3.13.1 Hypothèses géométriques.....	67
3.13.2 Justification de la stabilité.....	69
<b>4 APPLICATION AU PROJET : OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT DE LA RD10.</b>	<b>70</b>
4.1 Description de l'ouvrage.....	70
4.2 Torseurs des efforts.....	71
4.3 Étude des fondations.....	72
4.3.1 Calcul du frottement latéral.....	73
4.3.2 Calcul des charges admissibles des pieux.....	74
4.4 Estimation des tassements sur sols compressibles.....	76
4.4.1 Tassement immédiat.....	76
Nota : Dans notre cas, la hauteur de remblais est considérée comme compressible.....	77
4.4.2 Tassements de consolidation.....	77
4.4.3 Résultats des tassements de consolidations et immédiats.....	78
4.5 Temps de consolidation.....	78
4.5.1 Cas sans drains.....	78
4.5.2 Cas avec drains.....	79
4.6 Cas particulier 1 – 2 cm de tassement de consolidation.....	81
4.7 Cas particulier 2 – 1 cm de tassement de consolidation.....	82
4.8 Calculs des tassements de fluage.....	83
4.9 Comparaison des évolutions des tassements en fonction des zones et du temps.....	84
4.10 Étude des inclusions rigides.....	85
4.10.1 Caractéristiques de la modélisation.....	85
4.10.2 Phasage et résultats.....	86

4.10.3	Vérification des inclusions :.....	88
4.10.4	Evolution des tassements en fonction de l'éloignement du talus.....	91
4.10.5	Vérification des pieux :.....	91
4.10.6	Vérification du plan d'implantation des inclusions.....	93
4.11	Stabilité des remblais.....	93
<b>5</b>	<b>APPLICATION AU PROJET : OUVRAGES HYDRAULIQUES.....</b>	<b>94</b>
5.1	Ouvrages : OH-RDM et OH-RCA.....	94
5.2	Coupe retenue.....	94
5.3	Surcharge.....	95
5.4	Description du soutènement.....	95
	Une épaisseur sacrificielle à la corrosion de 2 mm par face a été considérée.....	96
5.5	Résultats de la modélisation.....	96
<b>6</b>	<b>APPLICATION AU PROJET : MUR DE SOUTÈNEMENT – RUE LOUIS THÉBAULT</b>	<b>97</b>
6.1	Description de l'ouvrage.....	97
6.2	Description de l'ouvrage.....	99
<b>7</b>	<b>APPLICATION AU PROJET : OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT DES VOIES</b>	<b>100</b>
<b>FERRÉES SUD.....</b>		<b>100</b>
7.1	Description de l'ouvrage.....	100
7.1.1	La solution n°1 : Tabliers définitifs mis en place par chariots automoteurs et construction en sous-œuvre à l'aide de tabliers provisoires.....	101
7.1.2	La solution n°3 : Tabliers définitifs mis sur appuis provisoires et construction en sous-œuvre.....	102
7.2	Étude hydrogéologique.....	103
7.2.1	Les perméabilités horizontales et verticales estimées dans la bibliographie.....	103
7.2.2	Calcul des perméabilités équivalentes et de la perméabilité K de l'aquifère du St-Ouen.....	104
7.2.3	Investigations géohydrauliques complémentaires en juin 2018.....	105
7.2.4	Estimation des débits d'exhaure attendus en phase travaux.....	107
<b>8</b>	<b>APPLICATION AU PROJET : TRÉMIE.....</b>	<b>113</b>
8.1	Étude hydrogéologique.....	113
8.1.1	Méthodologie de l'étude d'un éventuel effet barrage.....	113
8.1.2	Application au projet.....	115
8.1.3	La cuve et la station de relevage.....	116
8.1.4	Pré-dimensionnement du dispositif de pompage provisoire en phase travaux.....	116
8.2	Dimensionnement des parois moulées.....	117
8.2.1	Principe de calcul.....	118
8.2.2	Hypothèses géotechniques.....	119
8.2.3	Paramètres pour le pré-dimensionnement des tirants.....	119

8.2.4 Paramètres de calcul.....	120
8.2.5 Dimensionnement des parois moulées.....	122

<b>9 APPLICATION AU PROJET : OUVRAGES PROVISOIRE ZONE TRÉMIE SUD - OARS.....</b>	<b>150</b>
9.1 Description de l'ouvrage.....	150
9.2 Coupes retenues.....	150
9.3 Description du soutènement.....	152
9.4 Résultats de la modélisation.....	153
<b>10 CONCLUSIONS.....</b>	<b>158</b>

# 1 Contexte du projet

## 1.1 Description du projet

Dans le cadre du projet de la réalisation d'une desserte du Port de Bonneuil-sur-Marne, la DiRIF a sollicité le Cerema IdF pour une assistance, phase Projet.

Lors de cette phase, la Maîtrise d'ouvrage (DIRIF/SMR/DMR) a missionné le BE SEMOFI pour la réalisation de sondages géotechniques en février 2017.

La mission du Cerema IdF consistera, après analyse des données fournies du rapport d'investigations géotechniques de SEMOFI, en l'établissement d'un rapport de mission G2PRO (selon la norme NF P 94500).

Ce rapport se décompose en :

- L'établissement d'un modèle géotechnique de la zone d'étude ;
- L'étude des ouvrages prévus sur le tracé, à savoir :
  - Le franchissement de la voie ferrée du port ;
  - Le franchissement de la RD10 ;
  - Le dimensionnement de la trémie de part et d'autre de l'ouvrage Sud.

Ce rapport sert de synthèses à l'ensemble des précédentes études géotechniques réalisées.

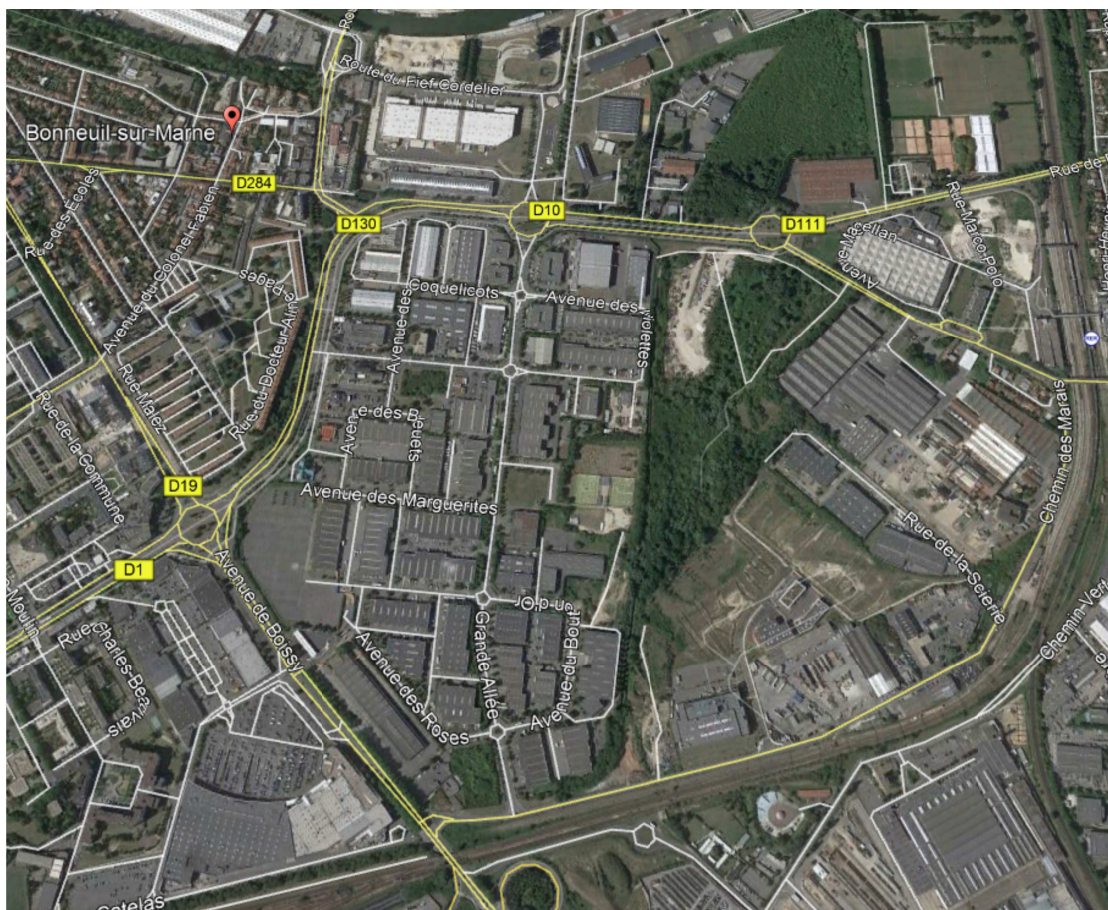


Illustration 1: Situation de la zone d'étude (source : Google)

## 1.2 Documents examinés

L'étude réalisée par le Cerema se base sur les éléments ci-dessous :

- Rapport d'investigations géotechniques de SEMOFI (du 31/03/2017), référencé :Rapport\_Semofi mars\_2017 ;
- Rapport d'investigations géotechniques de Fondasol (du 06/12/2012), référencé :IP.10.0323 - Pièce002 PRO – Ind.A ;
- Rapport d'analyse critique du rapport de mission G12 (de juin 2015) ;
- NT1bis Dimensionnement des pieux des ouvrages au niveau du port et de la RD10 (du 31/07/2015) ;
- NT2bis Dimensionnement des parois moulées de la trémie (du 31/07/2015)

## 1.3 Contexte physique

La zone du projet se trouve dans la plaine alluviale, proche de la confluence entre la Marne et la Seine. Le secteur est marqué par une topographie plane hors ouvrages anthropiques (38 mNGF au sud, 35 mNGF au nord).

Du point de vue géologique, les modifications du cours de la Marne, survenues au quaternaire, se sont traduites par une altération des formations géologiques en place et des dépôts, assez épais, d'alluvions.

Le tracé traverse une zone anciennement marécageuse (cf. la toponymie « Grand marais de Sucy en Brie », Chemin du marais, actuellement : ZI du marais) et longe sur une grande partie du tracé l'ancien ru des marais.

Le secteur concerné s'inscrit dans une zone d'anciennes exploitations de matériaux alluvionnaires sablo-graveleux sur des épaisseurs parfois importantes et souvent remblayée par des matériaux de mauvaise qualité.

## 1.4 Contexte géologique et géotechnique

Le contexte géologique a été dressé à partir de différentes sources de données :

- La banque de données du sous-sol du BRGM ;
- Les archives du Cerema (ex-LREP) dans ce secteur ;
- Le rapport IP.10,0323 – Pièce n°002 – PRO – IndA de Fondasol ;
- Le rapport d'investigations géotechniques de SEMOFI (du 31/03/2017).

Selon les données en notre possession, dans ce secteur, la succession litho-stratigraphique est caractérisée, depuis la surface jusqu'en profondeur, par :

### 1.4.1 Des remblais

Les remblais rencontrés sur le site peuvent être d'origines diverses :

- Comblements des anciennes exploitations de matériaux
- Remblais destinés à exonder les zones « marécageuses » au centre du projet
- Dépôt de matériaux issus du creusement des darses du port de Bonneuil
- Aménagements divers

La nature des matériaux de remblai décrite dans les documents analysés est par nature hétérogène :

- Matériaux de démolition ;

- Limons, sables, graviers ;
- Déchets divers ;
- Mâchefers ;
- Dépôts végétaux ;
- Traces d'hydrocarbures.

De même leurs épaisseurs sont très variables et peuvent atteindre localement 12 mètres pour les remblais de comblement.

Il faut noter qu'en dehors des zones de comblement de ballastières et d'aménagements ponctuels, les remblais de rehaussement des zones marécageuses rencontrés ont une épaisseur de 2 à 3 m.

### 1.4.2 Les alluvions

Les alluvions de la Marne sont constituées de matériaux très divers : limons sableux, sables argileux ou marneux, sables fins, moyens ou grossiers propres, disposés en lits discontinus ou en lentilles. On fait habituellement la distinction suivante : alluvions modernes limoneuses ou argilo-sableuses / alluvions anciennes sablograveleuses.

- **les alluvions modernes**, constituées de :
  - Argiles grises sableuses ;
  - Sables argileux de couleur beige ;
  - Limons bruns à fraction sableuse ;
  - Argiles à caractère tourbeux / coquillés (présence d'éléments organiques : bois flottés, déchets végétaux), ponctuellement au nord de la zone sables grisâtres carbonatés (falaize) : aspect de grains calcaires agglomérés très poreux.

Leur épaisseur est de l'ordre de 2 à 4 m mais peut être plus importante au nord de la zone d'étude. Leurs caractéristiques mécaniques peuvent être très faibles pour les niveaux organiques ou tourbeux et moyennes pour les passages limono sableux.

- **les alluvions anciennes**, constituées de sables et graviers silico-calcaires, présentant un faciès de grave sableuse et marneuse par endroits.

Les alluvions anciennes ont une épaisseur pouvant atteindre 7 à 8 mètres, quand la couche est complète (non exploitée en ballastières). Leurs caractéristiques mécaniques sont souvent très fortes, et s'améliorent généralement du haut vers le bas de la couche.

La bibliographie indique toutefois que dans cette zone, si certains sondages ont des niveaux supérieurs marneux limoneux ou argileux et les couches inférieures plus propres, dans d'autres sondages on retrouve des épisodes marno-argileux à la base de la couche, ce qui ne permettra pas toujours de distinguer les deux faciès cités. Le contact des alluvions avec le substratum marneux (Marnes infragypseuses ou Marnocalcaire de St Ouen) peut se faire par l'intermédiaire d'une zone de mélange ou remaniement de 0,50 à plus de 2 m d'épaisseur.

### 1.4.3 Les Marnes infragypseuses et les Sables de Monceau

Les Marnes infragypseuses apparaissent localement avec une épaisseur très variable, inférieure à 8 mètres. Elles présentent un faciès de marnes argileuses à sableuses, avec inclusion de rognons calcaires. À la base des Marnes infragypseuses peut se trouver l'horizon de Monceau. Ce niveau, parfois non identifié, est caractérisé par un banc de marnes vertes sableuses ou d'argiles verdâtres sableuses.

#### **1.4.4 Le Marno-calcaire de Saint-Ouen et le Calcaire de Ducy**

Le Marno-calcaire de Saint-Ouen est constitué par une alternance de marnes beiges rosées à rognons et de blocs de calcaires durs. Sa puissance totale est de l'ordre de la dizaine de mètres. À la base du Marno-calcaire de Saint-Ouen, l'horizon de Ducy est de type marno-calcaire, séparé par des feuillets d'argiles brunes à noires. Le calcaire de Ducy est susceptible de renfermer du gypse.

#### **1.4.5 Les Sables de Beauchamp**

Cette formation présente un faciès argilo-sableux compact. Des niveaux gréseux y ont été rencontrés. Cet horizon est continu, d'une épaisseur comprise entre 4 et 5 mètres.

#### **1.4.6 Les Marnes et caillasses**

Cette couche marno-calcaire présente dans ce secteur une épaisseur importante de l'ordre de 20 mètres et renferme des bancs gypseux albastroïdes dont les épaisseurs cumulées peuvent atteindre 9 mètres. Selon la bibliographie, le gypse apparaît sous différents états : « gypse albâtre massif, dur », « gypse altéré (à très altéré) avec des traces de dissolution ».

La bibliographie indique que l'on peut rencontrer sur la zone concernée par le projet des sols gypseux, en état de dissolution plus ou moins avancée, dans deux horizons :

- La base du Marno-Calcaire de Saint-Ouen (ce sont en fait les niveaux géologiques du Calcaire de Ducy et des Sables d'Ezanville) que l'on dénomme par simplification « niveau de Ducy » ;
- Les Marnes et Caillasses.

Ces niveaux gypseux sont dans un état variable selon un processus de dissolution dépendant de la répartition des zones gypseuses et des conditions hydrogéologiques (gradient d'écoulement, propriétés physicochimiques de la nappe baignant ces formations...).

Les sondages profonds réalisés dans la zone en 2017 permettent d'approfondir les connaissances sur la répartition de ces couches gypseuses et sur leur état de dissolution.

Une méthodologie des reconnaissances et études est synthétisée au travers de la thèse de Marcel Toulemon, LREP : « Les gypses Lutétiens du Bassin de Paris – Sédimentation – Karstification et conséquences géotechniques ». Ce mémoire, établi en 1986, constitue une référence pour de nombreux bureaux d'études géotechniques.

Sur la base des sondages bibliographiques, les formations géologiques semblent présenter un pendage significatif du sud vers le nord.

#### **1.4.7 Le Calcaire Grossier**

Le Calcaire Grossier supérieur est constitué par une série de bancs massifs, compacts, bien lités, séparés par de minces délits sableux ou marneux. Il renferme des miliolites et de nombreuses empreintes de fossiles. Il peut atteindre 8 mètres. Le Calcaire Grossier moyen est représenté par une série de calcaires grisâtres (lambourdes), peu fossilifères, d'environ 4 mètres d'épaisseur reposant sur les calcaires glauconieux du Lutétien inférieur. Ceux-ci sont parfois très durs, parfois tendres et sableux. Le sommet du Calcaire Grossier inférieur est occupé par les couches à *Cerithium giganteum*, pouvant atteindre 6 mètres. L'ensemble peut atteindre 12 mètres.

## 1.5 Qualité des sols superficiels

La qualité des sols superficiels vis-à-vis d'une éventuelle pollution a été appréhendée lors de la campagne de sondages en mars 2017. Des échantillons de sols ont été prélevés dans les sondages SC102, SC103 et PZ101 implantés le long du projet de desserte routière.

### 1.5.1 Méthodologie

Dans le cadre de la présente étude, le Cerema a exécuté les prestations conformément au cahier des charges et aux règles de l'art du domaine des sites et sols pollués. Aussi, les prestations réalisées par le Cerema sont conformes :

à la circulaire du 8 février 2007, établie par le Ministère en charge de l'écologie, relative aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués ;

à la norme NF X 31-620 partie 1 : Prestations de services relatives aux sites et sols pollués – Exigences générales ;

à la norme NF X 31-620 partie 2 : Prestations de services relatives aux sites et sols pollués – Exigences dans le domaine des prestations d'étude, d'assistance et de contrôle.

Les missions décrites ci-dessous (tableau 1) font référence à la codification des missions des normes NF X 31-620.

Tableau 1 : Missions réalisées dans le cadre de l'étude

Code	Prestation	Missions réalisées
A100	Visite de site	X
A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols	X

### 1.5.2 Investigations de terrain

#### 1.5.2.1 Programme d'investigations

Les prélèvements pour analyses ont concerné les sondages carottés SC102 et SC103 et le piézomètre Pz101.

#### 1.5.2.2 Localisation des sondages

La localisation des sondages est illustrée sur le plan ci-dessous :

- Sondages PZ101 et SC103 : Ces deux sondages sont réalisés sur le site de dépôt de transit de matériaux de la société ETTB, accessible par une voie privatisée au rond-point reliant la RD10 à Bonneuil-sur-Marne et la Route de Bonneuil à Sucy-en-Brie.
- Sondages SC102 : Ce sondage a été réalisé dans l'enceinte du parc, derrière le stade Paul-Meyer, ayant vocation à recevoir des constructions ou aménagements d'intérêt général liées à un usage sportif ou culturel.



### 1.5.2.3 Réalisation des investigations de sols

Les sondages SC103 et PZ101 ont été réalisés les 7 et 8 février 2017 et le sondage SC102 le 15 février 2017.

2 échantillons pour les sondages SC103 et PZ101 et 3 échantillons pour le PZ101 ont été sélectionnés selon la méthode du Worst Sampling (sélection de l'échantillon visiblement le plus pollué) pour analyses à des profondeurs distinctes afin de déterminer la qualité des sols. Tous les échantillons ont été prélevés dans les couches superficielles (jusqu'à 2,8 m pour le plus profond). Les analyses réalisées sont présentées dans le tableau 2 suivant.

Des mesures régulières (sur chaque échantillon) ont été effectuées à l'aide d'un photoioniseur (PID).

Pour chaque sondage, des prélèvements d'échantillons de sols ont été réalisés à la main gantée par un opérateur du Cerema à l'avancement du forage. Ils ont été conditionnés dans les flacons mis à disposition par le laboratoire d'analyses et aussitôt mis en glacière réfrigérée jusqu'à leur réception par le laboratoire.

**Tableau 2 : Échantillonnage réalisé lors des travaux d'investigation**

Nom	Profondeur (m)	Terrain	Composés recherchés
<b>PZ101</b>	0,30 – 0,50	Remblais : Limons légèrement sableux	Dioxine et Dibenzofuranes
	0,70 – 0,90	Remblais : Limons bruns à noirs à cailloutis	Pack ISDI + sur brut : 12 Métaux Lourds + COHV
	2,15 – 2,30	Alluvions modernes : Sables argileux limoneux avec blocs divers	
<b>SC103</b>	1,20 – 1,60	Remblais : Limons compacts avec blocs, cailloutis et silex	Pack ISDI + 1 sur brut : 2 Métaux Lourds + COHV
	2,30 – 2,80	Remblais : Argiles sableuses avec cailloutis	
<b>SC102</b>	0,00 – 0,20	Remblais : Limons sableux avec débris végétaux et petits graviers	Dioxine et Dibenzofuranes
	2,00 – 2,30	Remblais : Limon terrigène + gypse	Pack ISDI + 12 Métaux Lourds + COHV

#### **1.5.2.4 Résultats des observations de terrain**

##### **Terrains rencontrés**

D'après les sondages géologiques suivis (PZ101, SC103 et SC102), les formations suivantes sont rencontrées :

- de 0 à 2,80 m : Remblais avec alternance de couches argileuses, sableuses et des petits blocs de calcaire de teinte marron à ocre, avec des débris (briques, gypse, scories)
- de 2,90 à 5,90 m : Remblais ou Alluvions Modernes avec alternance de couches sableuses, limoneuses et argileuses de teinte beige à gris avec présence de tourbe,
- de 5,90 à 8,00 m environ : Alluvions Anciennes avec des passes sableuses argilo-marneuses avec petits blocs de silex de teinte beige.

##### **Constats organoleptiques**

Sur tous les sondages suivis, les terrains superficiels présentent des zones de couleur grise à noirâtre et, par endroits, des débris de briques, des mâchefers, des scories et des blocs de gypse ont été observés. Des odeurs d'hydrocarbures sont perçues dans le forage SC102 entre 0,3 et 0,7 m de profondeur.

De la tourbe et de la matière organique sont observées au toit des alluvions modernes.

## 1.5.3 Résultats d'analyses

### 1.5.3.1.1 Laboratoire et analyses

Les échantillons ont été analysés par le laboratoire Agrolab, à Deventer aux Pays-Bas. Ce laboratoire est accrédité par le RVA et le DAP, reconnu en France par le COFRAC depuis 1988.

Au total, 6 échantillons de sol ont été soumis à l'analyse pour le dosage des paramètres suivants.

- Dioxynes et Dibenzofuranes,
- Bilan ISDI selon l'arrêté du 12 décembre 2014 relatif à l'acceptation des terres en centre de stockage de déchets inertes :
  - Sur sols bruts :
    - Hydrocarbures C10-C40, par chromatographie en phase gazeuse (CPG) avec détection par ionisation de flamme (FID) ;
    - HAP (les 16 de la liste EPA dont le naphthalène), par chromatographie liquide à haute performance
    - Solvants aromatiques (BTEX) par chromatographie en phase gazeuse (CPG) avec détection par spectrométrie de masse ;
    - PCB par chromatographie en phase gazeuse avec détecteur de masse après purification par chromatographie liquide en ligne.
  - Sur éluat :
    - 12 métaux lourds, Fluorures, Sulfates, Chlorures, Indice Phénol, COT, Résidu à sec, calcul de la fraction lixiviable.

### 1.5.3.1.2 Valeurs de comparaison

Le Ministère en charge de l'écologie a publié en 2007 une circulaire présentant la procédure pour l'évaluation et la gestion des sites potentiellement pollués (Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués – 8 février 2007).

La méthodologie de gestion des sites et sols pollués préconise la comparaison des teneurs mesurées dans les sols avec les fonds géochimiques locaux et/ou à l'état initial lorsque ce dernier existe ou les valeurs réglementaires. Ces valeurs sont considérées comme indicatives.

### 1.5.3.1.3 Référentiel sur les sols

#### **Métaux lourds et métalloïdes sur sol brut**

En ce qui concerne les métaux lourds, les concentrations sont comparées aux valeurs couramment observées dans les sols d'Île-de-France et en particulier au 95<sup>e</sup> percentile de la distribution de concentrations mesurées (c'est-à-dire tel que 5 % des valeurs mesurées sont supérieures ou égales) selon les recommandations de la CIRE IDF (Cellule Interrégionale d'Épidémiologie de la DRASS d'Île-de-France – Note du 3 juillet 2006)

Pour l'arsenic, la valeur de comparaison est celle observée dans les sols dits « urbains » à l'échelle nationale. Ces valeurs sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 3: Référentiel des valeurs en métaux couramment observées dans les sols d'Île-de-France (en mg/kg de MS)

Arsenic	Cadmium	Chrome	Cuivre	Mercure	Nickel	Plomb	Zinc	Sélénium
60	0,57	73,3	26,7	0,30	37,2	42,1	80,3	0,31

### **HAP sur sol brut**

En l'absence de données locales, les valeurs de référence d'un bruit de fond en milieu urbain sont celles proposées par l'ATSDR (Toxicological profile for PAHs, 1995) et des fiches toxicologiques de l'INERIS, à savoir :

- 0,15 mg/kg de MS pour le naphtalène,
- 25 mg/kg de MS pour la somme des HAP.

### **Dioxines et dibenzofuranes**

Les résultats d'analyses en dioxines sont comparés aux valeurs de bruit de fond en PCDD/F dans les sols pour les zones industrielles en France en 1999 (INERIS 1999 ; AFSSE 2003) qui sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau 4: Concentrations moyennes de dioxines mesurées dans les sols en France en 1999 (INERIS 1999)**

	Concentration en ng I-TEQ OTAN/kg MS de sol	Concentration en ng I-TEQ OMS/kg MS de sol (90 percentile)
Zones rurales	0,02-1	3,2
Zones urbaines	0,2-17	20,8
Zones industrielles	20-60	-

### **Référentiel pour l'admission en ISDI**

Pour vérifier l'admission en ISDI, les résultats d'analyses sur éluats et sols bruts sont comparés aux critères d'acceptation fixés par l'Arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux déchets inertes. Ces seuils sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 5: Critères à respecter pour l'admission en terres en ISDI

Paramètre	Matrice	Seuil (mg/kg MS)
As	Eluats après lixiviation	0,5
Ba		20
Cd		0,04
Cr total		0,5
Cu		2
HG		0,01
Mo		0,5
Ni		0,4
Pb		0,5
Sb		0,06
Se		0,1
Zn		4
Chlorure		800
Fluorure		10
Sulfate		1000 (2)
Indice Phénols		1
COT (carbone organique total) (3)		500
FS (Fraction Soluble)		4000
COT (carbone organique total)	Sur sol brut	30 000 (4)
BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylène)		6
PCB (polychlorobiphényles 7 congénères)		1
Hydrocarbures (C10 à C40)		500
HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)		50

- (1) Si le déchet ne respecte par au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission s'il respecte soit les valeurs associées au chlorure et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble.
- (2) Si le déchet ne respecte pas cette valeur pour le sulfate, il peut être encore jugé conforme aux critères d'admission si la lixiviation ne dépasse pas les valeurs suivantes : 1500 mg/L à un ratio L/S = 0,1 L/kg et 6000 mg/kg de MS à un ratio L/S = 10 L/kg.
- (3) Si le déchet ne satisfait pas à la valeur limite indiquée pour le COT sur éluat à sa propre valeur de pH, il peut aussi faire l'objet d'un essai de lixiviation NF EN 12457-2 avec un pH compris entre 7,5 et 8,0. Le déchet peut être jugé conforme aux critères d'admission pour le COT sur éluat si le résultat de cette détermination ne dépasse pas 500 mg/kg de matière sèche.
- (4) Pour les sols, une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de MS soit respectée pour le carbone organique total sur éluat, soit au pH au sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.

### 1.5.3.1.4 Présentation des résultats

Les résultats d'analyses obtenus à l'issue des investigations réalisées sont repris dans le tableau ci-après.

Paramètre	Unité	07-02-17 Bonneuil PZ101 0.30-0.50 m	07-02-17 Bonneuil PZ101 0.70- 0.90 m	07-02-17 Bonneuil PZ101 2.15-2.30 m	07-02-17 Bonneuil SC103 1.20- 1.60 m	07-02-17 Bonneuil SC103 2.30- 2.80	15-02-17 Bonneuil SC102 0.0-0.2 m	15-02-17 Bonneuil SC102 2.0-2.3 m	Admission ISDI - Arrêté 12/12/14
		Rembais	Rembais	Alluvions modernes	Rembais	Rembais	Rembais	Rembais	
		07.02.2017	07.02.2017	07.02.2017	08.02.2017	08.02.2017	15.02.2017	15.02.2017	CIRE ISDF Note du 03/07/06
Paramètre	Unité								Valeurs référence (mg/kg MS)
Matière sèche	%	65.8	69.8	61.3	65.3	66.3	62.7	61.4	
<b>Paramètres divers sur sols bruts</b>									
pH-PH			8.1	7.9	8.0	7.9		7.8	
COT Carbone Organique Total	mg/kg MS		43000	2900	12000	8100		76000	30000
<b>Métaux et métalloïdes sur sol brut</b>									
Arsenic (As)	mg/kg MS		1.4	<0.5	<0.5	<0.5		0.7	
Argent (Ag)	mg/kg MS		8.6	5.9	9.5	8.4		13	80
Baryum (Ba)	mg/kg MS		62	38	50	80		75	
Cadmium (Cd)	mg/kg MS		0.5	0.6	0.3	0.3		0.2	0.57
Chrome (Cr)	mg/kg MS		38	16	18	31		15	75.3
Cuivre (Cu)	mg/kg MS		43	7.6	34	74		6.3	26.7
Mercury (Hg)	mg/kg MS		0.46	<0.05	4.61	0.25		<0.05	0.3
Molybdène (Mo)	mg/kg MS		1.6	<1.0	<1.0	1.1		1.1	
Nickel (Ni)	mg/kg MS		15	8.8	13	9.7		11	37.3
Plomb (Pb)	mg/kg MS		87	29	400	260		4.0	42.1
Sélénium (Se)	mg/kg MS		<1.0	<1.0	<1.0	<1.0		1.8	0.31
Zinc (Zn)	mg/kg MS		220	61	74	90		26	80.3
<b>HAP</b>									
Acénaphthylène	mg/kg MS		<0.050	<0.050	<0.50	<0.050		<0.050	
Acénaphthène	mg/kg MS		0.75	<0.050	3.6	0.064		<0.050	
Fluorène	mg/kg MS		<0.050	<0.050	4.2	<0.050		<0.050	
Pyridine	mg/kg MS		4.2	0.30	27	0.54		<0.050	
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS		1.3	0.25	13	0.32		<0.050	
Dibenz(a,h)anthracène	mg/kg MS		0.20	<0.050	1.6	<0.050		<0.050	
Anthracène	mg/kg MS		1.0	<0.050	6.1	0.10		<0.050	
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS		1.7	0.19	13	0.31		<0.050	
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS		1.3	0.27	15	0.47		<0.050	
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg MS		1.3	0.20	9.7	0.25		<0.050	
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS		0.33	0.13	6.9	0.19		<0.050	
Chrysène	mg/kg MS		2.4	0.20	11	0.31		<0.050	
Fluoranthène	mg/kg MS		1.4	0.44	40	0.92		<0.050	
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg MS		0.44	0.26	11	0.32		<0.050	
Naphthalène	mg/kg MS		<0.050	<0.050	3.8	<0.050		<0.050	0.15
Phénanthrène	mg/kg MS		1.0	0.19	34	0.81		<0.050	
HAP (6 Bonnet) - somme	mg/kg MS		6.1	1.6	98	2.3		n.d.	
Somme HAP (VHCMI)	mg/kg MS		11	1.9	150	3.7		n.d.	
HAP (EPA) - somme	mg/kg MS		17	2.4	200	4.6		n.d.	50
<b>BTEX</b>									
Benzène	mg/kg MS		<0.050	<0.050	<0.050	<0.050		<0.050	
Toluène	mg/kg MS		<0.050	<0.050	<0.050	<0.050		<0.050	
Ethylbenzène	mg/kg MS		<0.050	<0.050	<0.050	<0.050		<0.050	
m,p-Xylène	mg/kg MS		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10		<0.10	
o-Xylène	mg/kg MS		<0.050	<0.050	<0.050	<0.050		<0.050	
Somme Xylènes	mg/kg MS		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		n.d.	
BTX total	mg/kg MS		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		n.d.	6
<b>COV</b>									
Chlorure de Vinyle	mg/kg MS		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	
Dichlorométhane	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		<0.05	
Trichlorométhane	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		<0.05	
Tétrachlorométhane	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		<0.05	
Trichloroéthylène	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		<0.05	
Tétrachloroéthylène	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		<0.05	
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		<0.05	
1,1,2-Trichloroéthane	mg/kg MS		<0.10	<0.05	<0.05	<0.05		<0.05	
1,1-Dichloroéthane	mg/kg MS		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10		<0.10	
1,2-Dichloroéthane	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		<0.05	
cis-1,2-Dichloroéthène	mg/kg MS		<0.025	<0.025	<0.025	<0.025		<0.025	
trans-1,2-Dichloroéthylène	mg/kg MS		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10		<0.10	
Trans-1,2-Dichloroéthylène	mg/kg MS		<0.025	<0.025	<0.025	<0.025		<0.025	
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	mg/kg MS		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		n.d.	
<b>Hydrocarbures totaux C10-C40</b>									
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS		6120	<20	476	49		85	500
Fraction C10-C12	mg/kg MS		64	<4	9	<4		<4	
Fraction C13-C16	mg/kg MS		190	<4	47	<4		<4	
Fraction C17-C20	mg/kg MS		410	<2	130	7		<2	
Fraction C21-C24	mg/kg MS		730	3	120	9		44	
Fraction C25-C28	mg/kg MS		1660	5	88	11		6	
Fraction C29-C32	mg/kg MS		2220	4	49	10		24	
Fraction C33-C36	mg/kg MS		2600	3	27	7		4	
Fraction C37-C40	mg/kg MS		1250	<2	11	4		<2	
<b>PCB</b>									
PCB (28)	mg/kg MS		<0.010	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	
PCB (52)	mg/kg MS		<0.010	<0.001	<0.001	0.001		<0.001	
PCB (101)	mg/kg MS		<0.010	0.001	0.001	0.002		<0.001	
PCB (118)	mg/kg MS		<0.010	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	
PCB (138)	mg/kg MS		0.029	0.002	0.002	0.001		<0.001	
PCB (153)	mg/kg MS		0.029	0.001	0.001	0.001		<0.001	
PCB (180)	mg/kg MS		0.017	<0.001	0.001	0.001		<0.001	
Somme PCB (BT) (AEE)	mg/kg MS		0.063	0.004	0.005	0.006		n.d.	
Somme 7 PCB (Balschmitt)	mg/kg MS		0.063	0.004	0.005	0.006		n.d.	5
<b>Paramètres sur filtrats</b>									
LS cumulé	ml/g		10.0	10.0	10.0	10.0		10.0	
Conductivité électrique	µS/cm		850	190	1200	2000		410	

### 1.5.3.1.5 Interprétations des résultats d'analyses

#### **Pz101**

L'échantillon superficiel a été prélevé pour vérifier la présence de dioxines. Celles-ci sont bien détectées et les teneurs sont dans la moyenne des valeurs mesurées en zone urbaine et en dessous des valeurs moyennes en zone industrielle.

L'échantillon intermédiaire entre 0,7 et 0,9 m montre une contamination importante par les hydrocarbures lourds (fractions C20-C40 – types huile moteur) ainsi qu'en métaux lourds (Cu, Hg, Pb, Zn) et des traces de PCB. Les métaux sont très peu mobiles car on ne les retrouve pas dans les lixiviats.

Des traces de PCB, de HAP ont été détectées.

La fraction soluble majoritairement composée de sulfates est supérieure au seuil ISDI.

L'échantillon inférieur (2,15 - 2,30 m) prélevé dans les Alluvions modernes ne présente plus de traces d'hydrocarbures. Les paramètres sur lixiviats sont conformes aux seuils d'admission en ISDI.

#### **Forage SC103**

Les 2 échantillons prélevés dans les remblais présentent des teneurs en métaux lourds supérieures aux valeurs de référence, notamment en mercure, cuivre et plomb. Toutefois, ces composés dans les lixiviats sont à des concentrations conformes aux seuils d'admission en ISDI.

La teneur en hydrocarbures de l'échantillon entre 1,2 et 1,6 m est légèrement inférieure au seuil ISDI.

Les teneurs en HAP de l'échantillon entre 1,2 et 1,6 m ne sont pas conformes aux seuils ISDI. En revanche, l'échantillon inférieur ne présente que des traces de ces composés.

En revanche, les valeurs de la fraction soluble et des sulfates dans les lixiviats ne sont pas conformes aux seuils ISDI.

#### **Forage SC102**

L'échantillon superficiel (0-0,2 m) montre la présence de dioxines à des teneurs inférieures à celles de Pz101 et dans la moyenne des valeurs mesurées en zone urbaine et en dessous des valeurs moyennes en zone industrielle.

L'échantillon plus profond montre une teneur anormale en sélénium sur sol brut mais qui n'est pas retrouvée dans les lixiviats.

Des traces d'hydrocarbures sont détectées.

La teneur en sulfates est supérieure au seuil d'admission en ISDI mais comme la fraction soluble et la concentration en chlorures sont conformes, cela ne constitue pas un motif de refus.

La teneur en carbone organique sur brut est supérieure au seuil, toutefois, la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche étant respectée pour le carbone organique total sur éluat, le sol est conforme vis à vis de ce paramètre.

#### **En conclusion :**

- les sols de Pz101 entre 0 et 2,15 m, et en SC103 entre 0 et 2,80 m ne peuvent pas être considérés comme inertes : ils devront être éliminés vers des centres de déchets non dangereux non inertes ou vers un biocentre. Compte tenu des teneurs en hydrocarbures et en HAP, il est déconseillé de les réutiliser sur place ;
- les alluvions modernes peuvent être considérées comme inertes et évacuées en ISDI ou réutilisées sur le tracé ;
- les remblais de SC102 entre 2 et 2,3 m sont considérés comme inertes.

### **1.5.3.2 Conclusions sur la qualité chimique des sols**

Les résultats d'analyses montrent des remblais superficiels très hétérogènes et très souvent impactés par des contaminations de type métallique ou organique.

De plus, la teneur en sulfates de ces terrains peut entraîner un déclassement de ces sols et empêcher leur élimination en ISDI.

Les alluvions modernes semblent pouvoir être considérées comme inertes et compatibles avec une évacuation en ISDI, mais un seul échantillon dans ce terrain a été réalisé.

Les formations profondes (Alluvions anciennes et calcaire de St Ouen) ainsi que les remblais du secteur Sud n'ont pas fait l'objet de caractérisation.

Compte tenu des résultats de la caractérisation physico-chimique des sols, il est recommandé de procéder à une caractérisation systématique des zones du tracé dans lesquelles les terrains doivent être excavés et éliminés hors site.

## **1.6 Contexte hydrogéologique**

### **1.6.1 Les aquifères en présence**

Le site du projet se caractérise par la présence de trois nappes phréatiques :

- la nappe superficielle, qui circule préférentiellement dans les Alluvions anciennes dans la zone où celles-ci sont encore en place et n'ont pas été exploitées. Il s'agit notamment de l'emprise des ouvrages existants (RN19 et les voies ferrées de la grande ceinture au sud). En dehors de ces ouvrages, la nappe alluviale circule dans les remblais, moins perméables que les matériaux alluvionnaires.  
La nappe alluviale est en connexion hydraulique avec la Marne. Ses variations piézométriques sont donc directement liées aux fluctuations de la rivière et dépendent également de la pluviométrie ainsi que des circulations d'eaux superficielles dans les Remblais.  
Pour les calculs, nous retiendrons un niveau maximum de la nappe alluviale de 35 m NGF.
- la nappe semi-profonde du Marno-Calcaire de Saint-Ouen inférieur, en charge sous les Alluvions. D'après les relevés piézométriques disponibles, son niveau statique se situe vers 32 m NGF dans le secteur des voies SNCF. Le mur imperméable de cet aquifère est constitué par les Sables de Beauchamp supérieurs et médians, majoritairement argileux. D'après les données bibliographiques disponibles, il ressort que l'horizon du Saint-Ouen se compose de deux grands sous-ensembles :
  - une zone marneuse dans sa partie supérieure et médiane, de 4 à 6 m d'épaisseur en moyenne et peu perméable ;
  - une zone calcaire dans sa partie inférieure, d'environ 6 m d'épaisseur et perméable.
- La nappe profonde des Marnes et Caillasses. Cette nappe peut également circuler au sein du Calcaire Grossier. Elle peut aussi baigner la base des Sables de Beauchamp, sous leur écran médian argileux.

## 1.6.2 Les perméabilités horizontales des aquifères

Le tableau 1 recense l'ensemble des **données de perméabilités mesurées** par des essais géohydrauliques pour les différents terrains rencontrés au droit du projet. Ces données sont issues des archives du Cerema ainsi que des rapports d'études de Fondasol (2011) et Semofi (2017) fournis par la Dirif.

Les données de perméabilités mesurées par des essais géohydrauliques sont :

- mesurées à partir d'essais de perméabilité de type Lefranc (différents rapports d'études) ;
- calculées suite à la réalisation d'un essai de pompage dans le Marno-Calcaire de Saint-Ouen (dossier GEF 11043 du LREP).

Compte tenu du mode de réalisation de l'essai de pompage, ce sont les perméabilités horizontales  $k_h$  qui sont mesurées.

Le Cerema a ainsi recensé dans ses archives **63 données de perméabilités horizontales mesurées**, dont 6 résultent de l'essai de pompage dans le Saint-Ouen supérieur. La localisation des différents essais (quand elle est connue) est représentée sur le plan ci-après.

Il est important de retenir que sur l'ensemble du tracé de la déviation de la RN406 :



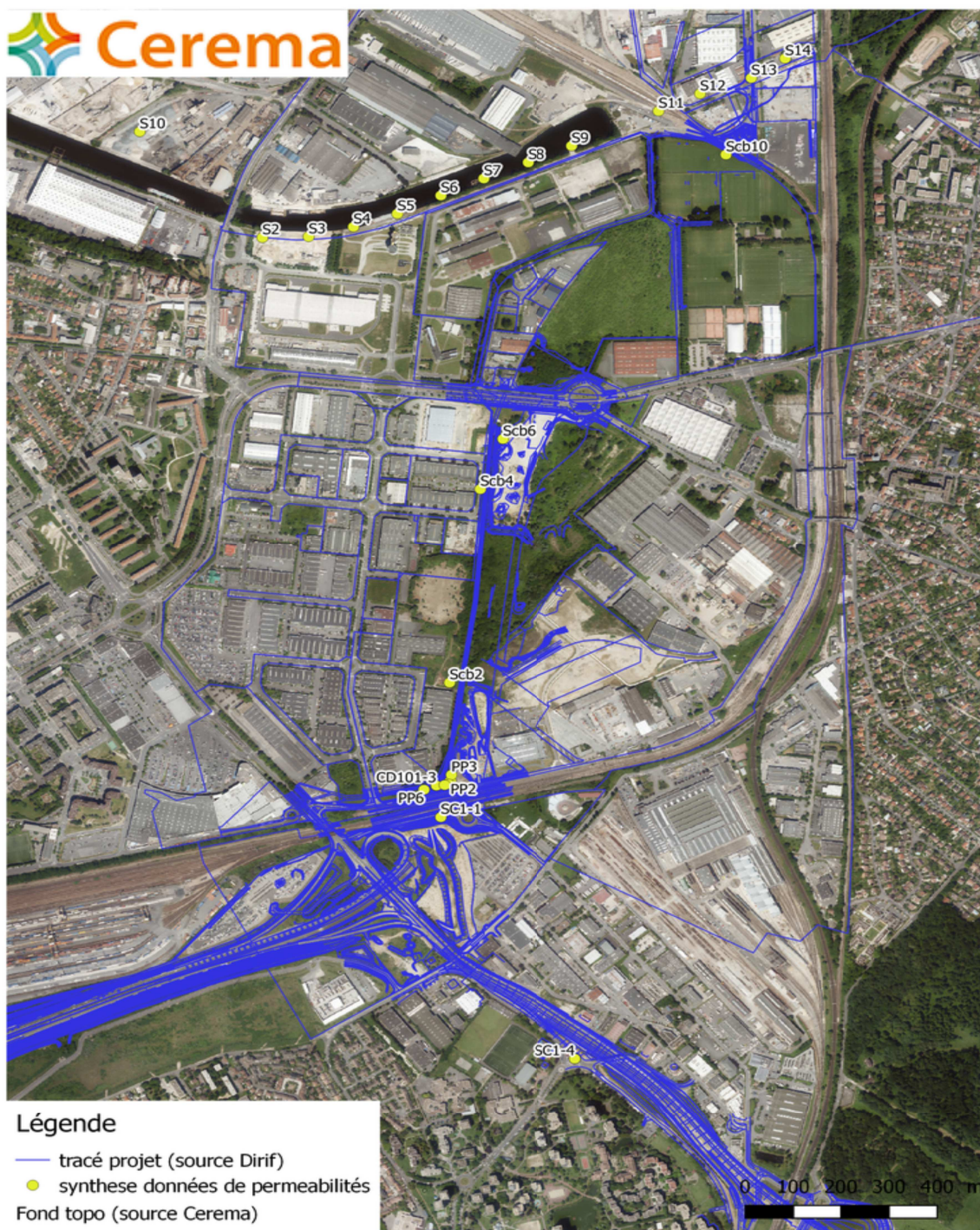


Illustration 3 : Plan de localisation des sondages et essais de perméabilités dont les coordonnées sont connues

(source : Cerema)

- les données locales indiquent bien que les remblais sont moins perméables que les alluvions modernes et anciennes ;
- les alluvions anciennes, baignées par la nappe alluviale, ont une perméabilité horizontale globale moyennée, d'environ  $2.10^{-4}$  m/s.
- d'un point de vue hydraulique, la stratification et la variabilité verticale des propriétés de l'horizon du Saint-Ouen sont confirmées (par l'essai de pompage notamment) : avec une partie supérieure marneuse et peu perméable à imperméable ; et une partie inférieure

- calcaire et perméable ;
- nous ne disposons pas de mesures suffisantes et fiables concernant la perméabilité horizontale des Sables de Beauchamp (seul un essai Lefranc a été retrouvé) ; considérés comme le mur de la nappe semi-profonde du Saint-Ouen inférieur.

### 1.6.3 La nappe alluviale le long du tracé de la déviation de la RN 406

- La cote de la nappe

En 2011, Fondasol a implanté de nouveaux piézomètres le long du tracé de la future déviation de la RN406 (voir figure ci-après). Aujourd'hui, tous ces piézomètres ont été détruits à l'exception du SC7.

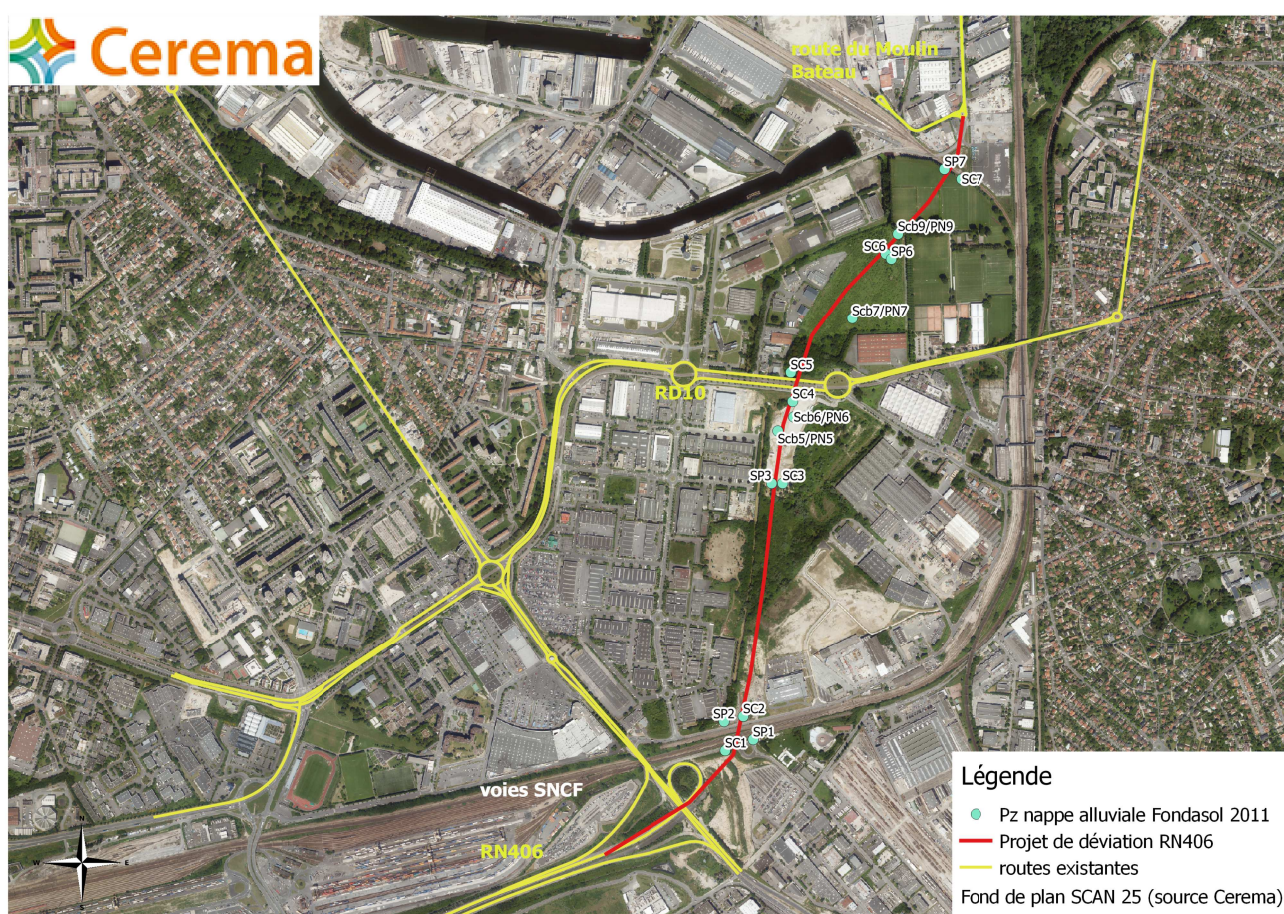


Illustration : Plan de localisation des sondages réalisés par Fondasol en 2011

Les mesures piézométriques réalisées par Fondasol le 03/02/2011 et le 07/03/2011 fournissent le niveau de la nappe alluviale qui varie entre le sud du projet (SC1) et le Nord du projet (SP7). Le graphique suivant représente les variations piézométriques le long du tracé pour ces deux mesures de 2011 en comparaison à l'altitude du TN.

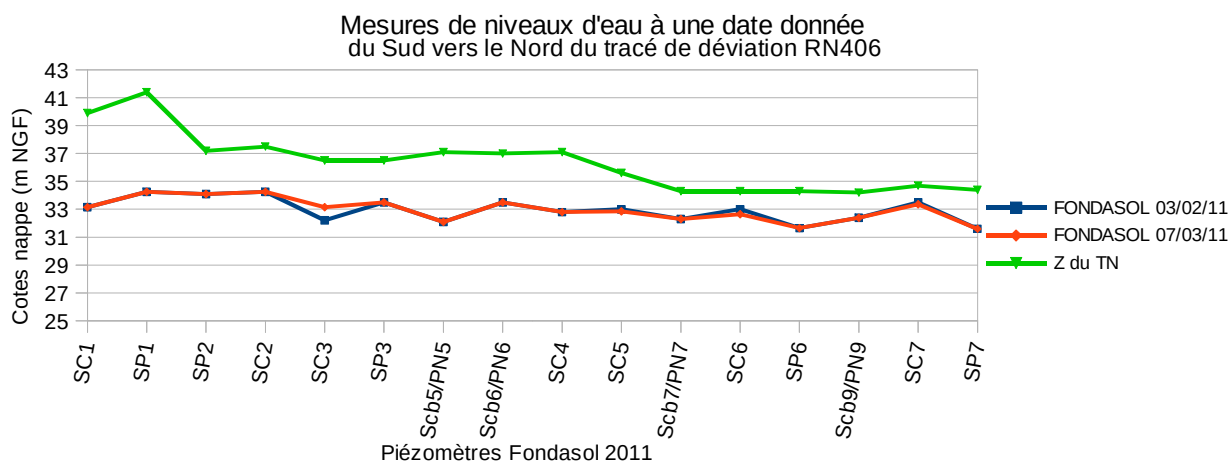


Illustration 4 : Niveaux de la nappe alluviale mesurés en 2011 (source Fondasol).

Malgré le faible nombre de mesures, ces données tendent à confirmer le caractère peu profond de la nappe alluviale le long du tracé de la future route.

- Dans la zone des voies SNCF de la grande ceinture sud :

Les sondages SC1, SP1, SC2 et SP2 ont été implantés au droit des voies SNCF (voir illustration ci-dessous). Cette zone se caractérise par un terrain naturel élevé (cotes entre 37 et 41 m NGF) et un niveau de nappe alluviale variant entre 33,15 et 34,25 m NGF pour les deux mesures de 2011. On peut considérer qu'au niveau du franchissement des voies SNCF, la nappe alluviale, en régime normal, se maintiendrait sous le niveau de 35 m NGF, sous une épaisseur d'environ 6-7 m de remblais.

Le Cerema a débuté un suivi mensuel de trois piézomètres en février 2017. En effet, à cette date, le Cerema a retrouvé le sondage SC7 (Fondasol 2011) qui est encore actif et Semofi a installé en 2017 deux nouveaux piézomètres PZ101 et PZ102 (voir figure ci-dessous).

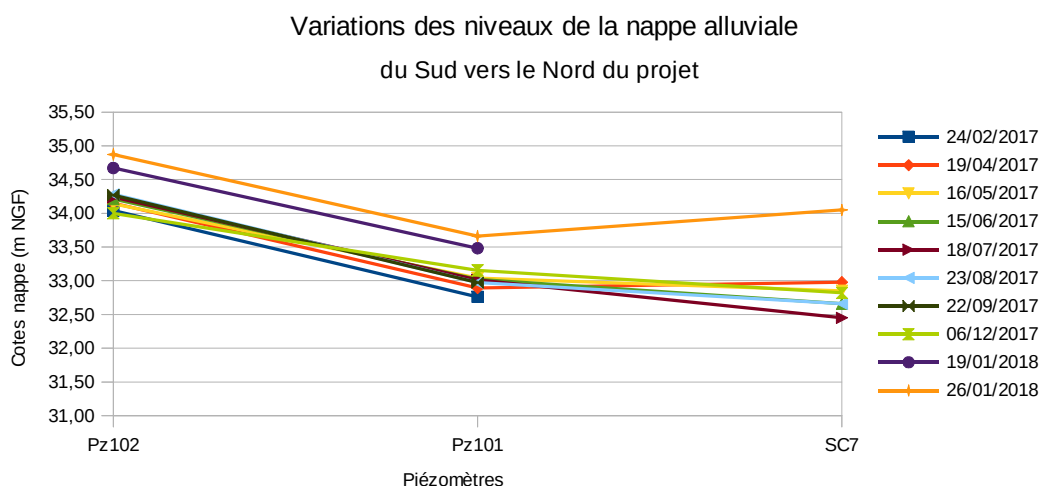


Illustration 5 : Les trois piézomètres existants en 2017 le long du tracé de déviation (sources : Fondasol, Semofi, Cerema).

En excluant les deux derniers relevés de janvier 2018, anormalement élevés en raison de la crue de la Seine et de la Marne, il ressort après une année de mesures que :

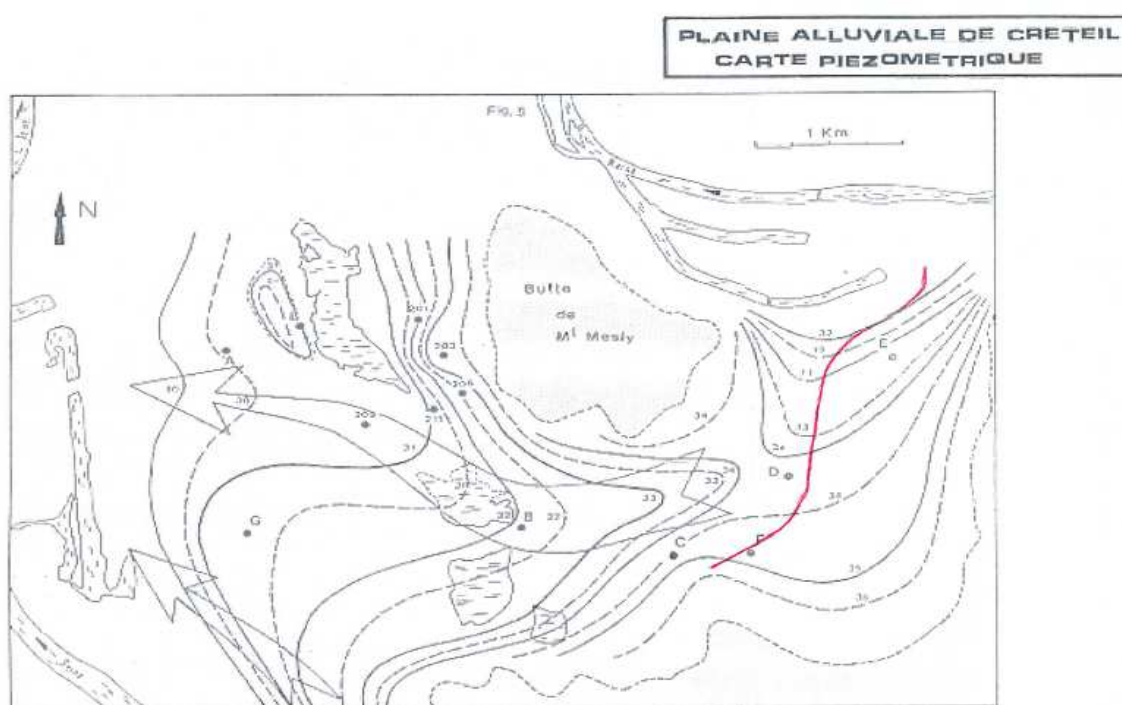
- dans la zone proche des voies SNCF, le niveau de la nappe alluviale dans PZ102 se situe vers 34 m NGF mais ne dépasse pas 35 m NGF ;
- le niveau d'eau dans le PZ101, localisé proche de la RD10, varie entre 32,7 et 33,1 m NGF ;
- les variations de la nappe alluviale dans la zone nord du projet (SC7) sont un peu plus marquées sur la période de mesures. Le niveau d'eau y varie entre 32,7 et 33,4 m NGF.

Les mesures du Cerema réalisées en 2017 sont similaires aux mesures de Fondasol effectuées en 2011. **Sur l'ensemble du linéaire du projet de déviation de la RN406, le niveau maximal de la nappe alluviale ne dépasse pas la cote 35 m NGF.** Cela confirme les données antérieures du Cerema (rapport n°10959 de 1989) qui proposaient pour le projet une hypothèse de niveau maximal de la nappe de 35 NGF.

En vue des futurs travaux qui interagiront avec cette nappe, il est important de renforcer le suivi piézométrique démarré début 2017. Le Cerema préconise en outre d'installer de nouveaux piézomètres, de part et d'autre du tracé de la future route, et en particulier dans la zone sud. Il conviendrait d'en implanter au niveau des voies SNCF et de la trémie mais également dans des secteurs plus éloignés, afin d'étudier le comportement naturel de la nappe alluviale, sans influence.

Ces nouveaux piézomètres permettront de suivre précisément la nappe alluviale avant, pendant et après les travaux. Cela permettra par exemple d'évaluer l'impact des travaux sur l'écoulement de la nappe alluviale et de mettre en évidence un éventuel effet barrage.

- **Le sens d'écoulement de la nappe alluviale**



*Illustration : La carte piézométrique de la plaine alluviale de Créteil (source Chesterikoff)*

Le tracé de la déviation de la RN406 est représenté par la ligne rouge sur la carte. **Il ressort que dans la zone sud du projet, la nappe alluviale s'écoule préférentiellement selon un axe Sud Est – Nord Ouest.** En périodes de hautes et basses eaux, ce sens d'écoulement resterait identique.

### 1.6.4 Qualité de la nappe des alluvions et du ru du Marais

Afin d'étudier les possibilités d'exutoire lors des essais de pompage pour le rabattement de la nappe, la qualité des eaux souterraines et des eaux superficielles a été examinée par prélèvements et analyses.

Le Cerema a procédé les 6 et 7 décembre 2017 aux prélèvements d'eau pour analyses physico-chimiques dans les ouvrages suivants :

- **« Anciens » piézomètres :**
  - nappe des alluvions : P2, Pz101, Pz102, SC7
- **« Nouveau » piézomètre :**
  - nappe des alluvions : Pz8
- **Ru du Marais :** 1 point en amont de la trémie et 1 point en aval de celle-ci.

La localisation des points de prélèvements est présentée ci-dessous.

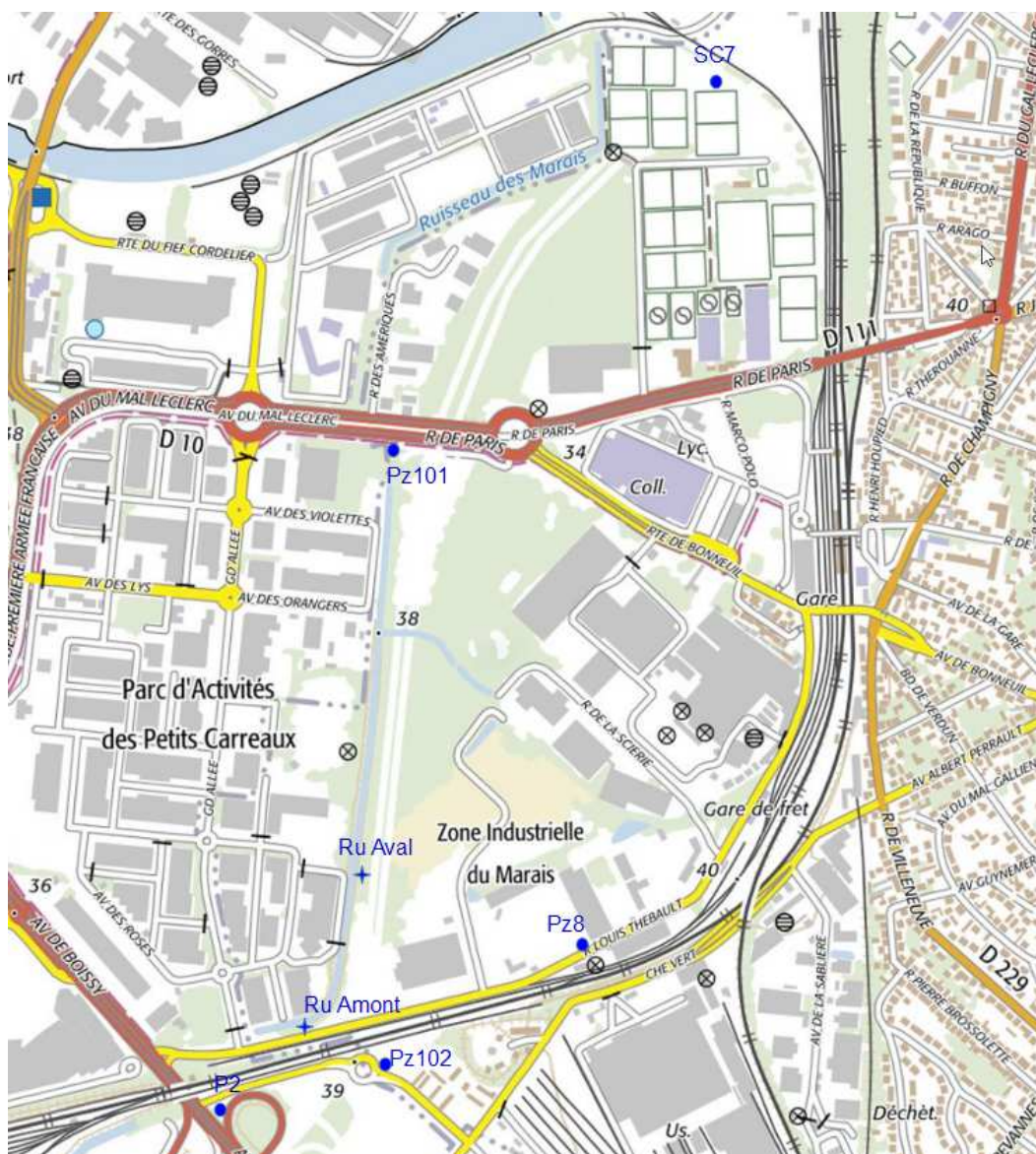


Illustration 6 : Localisation des points de prélèvements pour analyses physico-chimiques

#### 1.6.4.1 Prélèvements des eaux souterraines

Le Cerema a réalisé la campagne de prélèvements d'échantillons d'eau dans les 5 piézomètres :

- Le matériel utilisé pour la purge est une mini-pompe électrique.
- Tous les prélèvements d'eau dans la nappe pour échantillonnage et analyse ont été réalisés à l'aide d'un tube préleveur à usage unique, changé entre chaque piézomètre.

	P2	Pz102	Pz8	Pz101	SC7
Couleur	Marron à noire	incolore	Ocre clair	incolore	Marron → incolore
Odeur	Hydrocarbures	sans	sans	sans	sans
Remarque	Présence de surnageant	Renouvellement d'eau très lent dans le piézomètre	Boueuse	-	Chargé en particules fines

Tableau 6: Caractéristiques organoleptiques des eaux prélevées lors de la purge

#### 1.6.4.2 Prélèvements des eaux superficielles

Deux prélèvements ont été réalisés dans le ru des Marais en amont et aval hydraulique de l'emplacement de la trémie.

Ils ont été réalisés à l'aide d'un tube plongeur lancé depuis la berge dans le ruisseau au milieu de la tranche d'eau.

#### 1.6.4.3 Conservation et conditionnement des échantillons

Afin de réduire le plus possible les effets de la biodégradation, de la volatilisation et de la décomposition photochimique des composés présents dans les échantillons d'eau prélevée, ces échantillons ont été conditionnés en flacons de verre ou flacons de polyéthylène spécifiques selon l'analyse, et ont été conservés au frais en glacière réfrigérée avant leur dépôt au laboratoire le jour du prélèvement ou dans le délai le plus court.

Selon les recommandations du laboratoire, certains échantillons d'eaux ont fait l'objet d'un prétraitement par ajout de conservateurs, selon les paramètres, pour stabiliser les composés dissous. L'analyse des métaux lourds a été réalisée sur échantillons bruts (non filtrés) minéralisés.

#### 1.6.4.4 Résultats d'analyses

Les substances recherchées ont été choisies en fonction des composés polluants identifiés dans les sols du secteur et/ ou fréquemment recherchés dans les eaux souterraines pour la détection de pollution ou pour la caractérisation de la qualité des eaux. Les critères de rejet au réseau d'EP de la DSEA ont été communiqués après cette première campagne et toutes les substances figurant parmi ces critères n'ont pas été recherchées. Elles le seront lors de la prochaine campagne.

Les échantillons prélevés d'eau souterraine et superficielle ont été soumis à l'analyse pour le dosage des paramètres suivants

- laboratoire Cerema Trappes : TAC,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^{2-}$
- laboratoire Cerema Lille :  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,
- Laboratoire Agrolab : Hydrocarbures C5-C10, Hydrocarbures C10-C40, 16 HAP, BTEX, COHV, PCB, 8 métaux lourds (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn).

#### Valeurs de comparaison - Référentiel sur les eaux souterraines

Différentes valeurs guides sont présentées en regard des résultats des analyses sur le tracé. Elles permettent d'apporter un point de repère afin d'apprécier l'état de contamination des milieux. Ces valeurs sont fournies à titre indicatif, aucune d'entre elles ne peut être considérée, par la législation française, comme un seuil de dépollution à atteindre.

Les valeurs-guides présentées pour les eaux potables, même si elles ne s'appliquent pas directement au site en l'absence de cible sensible en aval du site, sont présentées ici à titre indicatif.

Les résultats ont également été comparés aux valeurs limites de rejet des effluents dans un réseau d'eau pluviale de la demande de rejets temporaires au réseau d'assainissement départemental communiqué par la DSEA du Val de Marne.

Les valeurs de l'Arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ne sont pas retenus, car ils s'appliquent à des quantités de polluants en fonction du débit (kg/j). Ces valeurs pourront être appliquées éventuellement lorsque le débit de rejet du rabattement sera connu.

### **Présentation des résultats**

Les résultats d'analyses obtenus à l'issue des investigations réalisées sont repris dans le tableau des pages ci-après.

### **Interprétation des résultats d'analyses**

Les résultats de la campagne du 6 décembre 2017 mettent en évidence les éléments suivants :

- Un léger impact en hydrocarbures (C10-C40) et HAP totaux au droit de P2. La présence de surnageant a été constatée avant prélèvement
- Un léger impact en hydrocarbures légers, en BTEX et solvants chlorés noté pour Pz102
- Une anomalie marquée en Nitrates en Pz8 et une teneur anormale en nitrites
- Aucune anomalie en Pz101 et SC7
- Une teneur anormale en benzène est détectée dans le ru amont mais divisée par 2 en aval.
- Du chlorure de vinyle est détecté dans le ruisseau en aval à une teneur équivalente à celle mesurée en Pz102, relativement proche du ruisseau. On ne peut pas déterminer sur la base d'une seule campagne de mesures si ces 2 concentrations ont la même origine.





### 1.6.5 Conclusions sur la qualité chimique de la nappe

Des anomalies variables sont détectées dans les différents ouvrages dans la nappe des Alluvions et dans le rû du Marais.

Le Pz102 semble impacté par une pollution aux hydrocarbures, mais cette contamination devra être confirmée lors d'une seconde campagne de mesure. Cela permettra également de confirmer si une relation peut être suspectée entre les concentrations mesurées en Pz102 et celles détectées dans le rû aval.

Ces anomalies sont relativement proches des valeurs seuils pour l'eau potable, donc relativement peu élevées. Elles sont très inférieures aux valeurs de rejets au réseau d'EP de la DSEA. Selon ces valeurs, le rejet des eaux de rabattement de la nappe dans le ruisseau sans traitement est envisageable, sous réserve que les autres critères non analysés soient également conformes.

## 2 Modèles géotechniques

### 2.1 Description des secteurs géotechniques

Suite à la campagne de reconnaissance de février 2017, le contexte géotechnique a pu être précisé. La zone d'étude peut être divisée en cinq :

- Secteur 1 : Partie Nord (avec l'ouvrage du port)
- Secteur 2 : Franchissement de la RD10 (partie Nord)
- Secteur 3 : Franchissement de la RD10 (partie culée Sud + pile)
- Secteur 4 : Zone entre RD10 et Sud
- Secteur 5 : Partie Sud (avec l'ouvrage RFF)

Le zonage figure sur l'extrait de plan ci-dessous.



Zones	Secteur 1		Secteur 2		Secteur 3	
Sondages concernés	SP6, SP7, SC7, SC6, <b>SC101</b> , <b>SD101</b> , <b>SC102</b>		SP5, SC5, <b>PZ101(*)</b>		SP4, SC4, <b>SD102</b> , <b>PZ101(*)</b>	
3,6TN (mNGF)	35,5		35,6		37,2	
	Cote base	Epaisseur	Cote base	Epaisseur	Cote base	Epaisseur
Remblais	34,2	1,3	32	3,6	32,5	4,7
Alluvions Modernes	26,7	7,5	29	3	30	2,5
Alluvions Anciennes / Sables de Lozère	21	5,7	21	8	21,5	8,5
MIG / Calcaire de Saint-Ouen	13	8	16	8	11	10,5
Calcaire de Ducy	10	3	-	-	-	-
Sables de Beauchamp	2	8	8	8	5	6
Marnes et Caillasses	-16	18	-13	21	-13	18
Calcaire Grossier	>-28	>12	>-28	>15	>-25	>12

(\*) Communs aux 2 zones

Zones	Secteur 4		Secteur 5
Sondages concernés	SP3, SC3, <b>SC103</b>		SP1, SP2, P13, <b>CD101, PZ102</b>
TN (mNGF)	37		Variable
	Cote base	Epaisseur	
Remblais	31	6	
Alluvions Anciennes	25	6	
Sables Verts	-	-	
Calcaire de Saint-Ouen	14	11	
Calcaire de Ducy	-	-	
Sables de Beauchamp	6	8	
Marnes et Caillasses	<-13	>18	
Calcaire Grossier			

Nota 1 : En orange les sondages de SEMOFI, en gris les sondages bibliographiques

Le plan d'implantation des sondages utilisés est disponible en annexe.

Les coupes proposées ci-dessous sont défavorables et sécuritaires afin de mieux considérer le caractère hétérogène des sols en place pour les phases calculatoires.  
L'entreprise devra être vigilante en phase travaux, car les toits des horizons peuvent varier par rapport aux coupes proposées.

## 2.2 Résultats des essais en laboratoire

Plusieurs essais en laboratoire ont été réalisés, lors des campagnes d'investigations géotechnique de Fondasol et du Cerema. Les résultats figurent en annexe de ce rapport.

### Essais oedométriques :

Les résultats des essais oedométriques sont présentés par zones :

- Zone 1 : Ouvrage de franchissement des voies ferrées :

Les résultats des essais oedométriques sont récapitulés ci-dessous.

Sondage	Sol	cote	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>α</sub>	e <sub>o</sub>	σ'p	C <sub>v</sub>
		<i>ngf</i>					<i>kPa</i>	
SC101	Alluvions tourbeuses	31,00	0,727	0,107	0,015	2,08	50,00	6.10 <sup>-7</sup>
SC101	Alluvions tourbeuses	30,50	0,967	0,155	0,039	2,81	50,00	4.10 <sup>-7</sup>
SC7	Argile	31,50	0,285	0,028		1,21	49,00	2.10 <sup>-7</sup>
SCb9	Argile limoneuse	32,70	0,303	0,014		1,07	150,00	1.10 <sup>-6</sup>

Concernant les paramètres C<sub>c</sub>, C<sub>s</sub>, C<sub>v</sub> et e<sub>0</sub>, issus des essais provenant du sondage SC101, des moyennes seront considérées.

- Zone 2 et 3 : Ouvrage de franchissement de la RD10 :

Les résultats des essais oedométriques sont récapitulés ci-dessous.

Son- dage	Sol	cote	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>α</sub>	e <sub>o</sub>	σ'p	C <sub>v</sub>
		<i>ngf</i>					<i>kPa</i>	
SC5	Argile limoneuse	32	0,257	0,015		0,99	17,85	5.10 <sup>-8</sup>

- Zone 4 et 5 :

Les résultats des essais oedométriques sont récapitulés ci-dessous.

Son- dage	Sol	cote	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>α</sub>	e <sub>o</sub>	σ'p	C <sub>v</sub>
		<i>ngf</i>					<i>kPa</i>	
SC1	Argile	36,5	0,077	0,008	-	0,57	53,6	2.10 <sup>-7</sup>
SC1	Argile	35,5	0,168	0,054	-	0,71	100	5.10 <sup>-7</sup>
SC2	Argile graveleuse	33,5	0,290	0,042	-	1,17	121,2	5.10 <sup>-8</sup>

#### Analyse GTR :

Les résultats des analyses GTR figurent sur le profil géologique du projet. Il est à préciser que d'autres sondages avec de nouveaux essais d'analyse GTR sont prévus. Le rapport sera mis à jour dès réception de ces éléments.

#### Essais de cisaillement :

Trois essais de cisaillement ont été réalisés sur des échantillons prélevés sur les sondages SC1 et SC2, situés au droit de la future trémie. Les résultats figurent ci-dessous.

Sondage	Sol	Horizon	cote	C' (kPa)	φ ' (°)
			<i>ngf</i>		
SC1	Argile	Alluvions Modernes	35	10	35
SC1	Argile	Alluvions Anciennes	31,5	6	37
SC2	Argile graveleuse	Remblais	35,5	7	34

## 2.3 Modèle géotechnique par secteur

Les tableaux suivants résument les différentes valeurs des paramètres pressiométriques (pression limite nette équivalente et module pressiométrique) obtenus après analyse des sondages de FONDASOL (2010), de SEMOFI (2017) et bibliographiques.

Précisons qu'aucun sondage pressiométrique n'a atteint la couche des Marnes et Caillasses.

Zone	Secteur 1 : Franchissement voie ferrée du port							
Sondages concernés	SP6, SP7, SC7, SC6, SC101, SD101, SC102							
	PI*				E <sub>M</sub>			
	Min	Max	Moy	Calc	Min	Max	Moy	Calc
Remblais	0,23	0,73	0,46	0,34	4,5	11,5	6,92	6,79
Alluvions Modernes	0,14	1,3	0,48	0,48	1,9	11,9	4,07	3,86
Alluvions Anciennes	0,41	2,41	1,75	1,43	5,4	24,7	17,03	13,86
Calcaire de Saint-Ouen	0,72	3,61	1,79	1,34	3,9	37,6	15,04	15,04
Calcaire de Ducey	0,82	4,7	2,83	1,86	9,1	68,7	33,27	33,27
Sables de Beauchamp	-	-	-	-	-	-	-	-

Zone	Secteur 2 : Franchissement RD10 Nord							
Sondages concernés	SP5, SC5, PZ101(*)							
	PI*				E <sub>M</sub>			
	Min	Max	Moy	Calc	Min	Max	Moy	Calc
Remblais	0,34	0,34	0,34	0,34	1,7	1,7	1,7	1,7
Alluvions Anciennes	2	4,77	3,36	2,79	21,5	31,2	25,3	23,16
Calcaire de Saint-Ouen	0,62	3,27	1,99	1,52	5	51,4	16,44	16,44
Calcaire de Ducey	-	-	-	-	-	-	-	-

Zone	Secteur 3 : Franchissement RD10 Sud							
Sondages concernés	SP4, SC4, SD102, PZ101(*)							
	PI*				E <sub>M</sub>			
	Min	Max	Moy	Calc	Min	Max	Moy	Calc
Remblais	1,04	2,46	1,75	1,25	22,9	27,5	25,09	24,59
Alluvions Modernes	0,5	0,58	0,55	0,53	6,2	7,3	6,58	6,56
Alluvions Anciennes	0,69	2,51	1,8	1,42	6	32	15,72	15,72
Calcaire de Saint-Ouen	0,92	3,16	2,11	1,72	6,6	26,3	15,65	12,17
Calcaire de Ducy	-	-	-	-	-	-	-	-
Sables de Beauchamp	-	-	-	-	-	-	-	-

Zone	Secteur 4 : Zone courante Sud							
Sondages concernés	SP3, SC3, SC103							
	PI*				E <sub>M</sub>			
	Min	Max	Moy	Calc	Min	Max	Moy	Calc
Remblais	0,2	1,76	0,68	0,68	1,1	20	6,78	6,41
Alluvions Modernes	1,18	2,51	1,85	1,37	6	13,4	9,7	9,23
Alluvions Anciennes	0,64	1,85	1,23	0,93	9,7	17,2	12,3	12
Calcaire de Saint-Ouen	0,74	4,7	2,07	1,41	4,8	87,9	21,34	21,34
Calcaire de Ducy	-	-	-	-	-	-	-	-
Sables de Beauchamp	2,48	2,48	2,48	2,48	13,1	13,1	13,1	13,1

Zone	Secteur 5 : Franchissement voie ferrée Sud							
Sondages concernés	SP1, SP2, P13 (sondage bibliographique), <b>CD101, PZ102</b>							
	PI*				E <sub>M</sub>			
	Min	Max	Moy	Calc	Min	Max	Moy	Calc
Remblais	0,16	2,65	1,09	0,68	0,32	29,4	10	9,58
Alluvions Modernes	0,26	5,54	1,81	<b>1,81</b>	1,5	32	12,68	11,84
Alluvions Anciennes	0,36	5,69	2,11	<b>2,11</b>	1,7	83,4	22,16	21,34
Calcaire de Saint-Ouen	0,62	5	2,45	1,82	4,1	73,9	24,05	23,43
Calcaire de Ducy	-	-	-	-	-	-	-	-
Sables de Beauchamp	2,33	5,16	3,99	3,25	29,9	87,5	57,33	42,88

Tableau récapitulatif des valeurs de calcul prises en compte par secteur :

Zones	Secteur 1		Secteur 2		Secteur 3		Secteur 4		Secteur 5	
Sondages concernés	SP6, SP7, SC7, SC6, <b>SC101, SD101, SC102</b>		SP5, SC5, <b>PZ101(*)</b>		SP4, SC4, <b>SD102, PZ101(*)</b>		SP3, SC3, <b>SC103</b>		SP1, SP2, P13, <b>CD101, PZ102</b>	
	PI*	E <sub>M</sub>	PI*	E <sub>M</sub>	PI*	E <sub>M</sub>	PI*	E <sub>M</sub>	PI*	E <sub>M</sub>
Remblais	0,34	6,79	0,34	1,7	1,25	24,59	<b>0,68</b>	6,41	0,68	9,58
Alluvions Modernes	<b>0,48</b>	3,86	0,53	37,14	0,53	6,56	1,37	9,23	<b>1,81</b>	11,84
Alluvions Anciennes	1,43	13,86	2,79	23,16	1,42	<b>15,72</b>	0,93	12	<b>2,11</b>	21,34
Calcaire de Saint-Ouen	1,34	<b>15,04</b>	1,52	<b>16,44</b>	1,72	12,17	1,41	<b>21,34</b>	1,82	23,43
Calcaire de Ducy	1,86	<b>33,27</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
Sables de Beauchamp	-	-	-	-	-	-	2,48	13,1	3,25	42,88
Marnes et Caillasses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calcaire Grossier	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(\*) Communs aux 2 zones

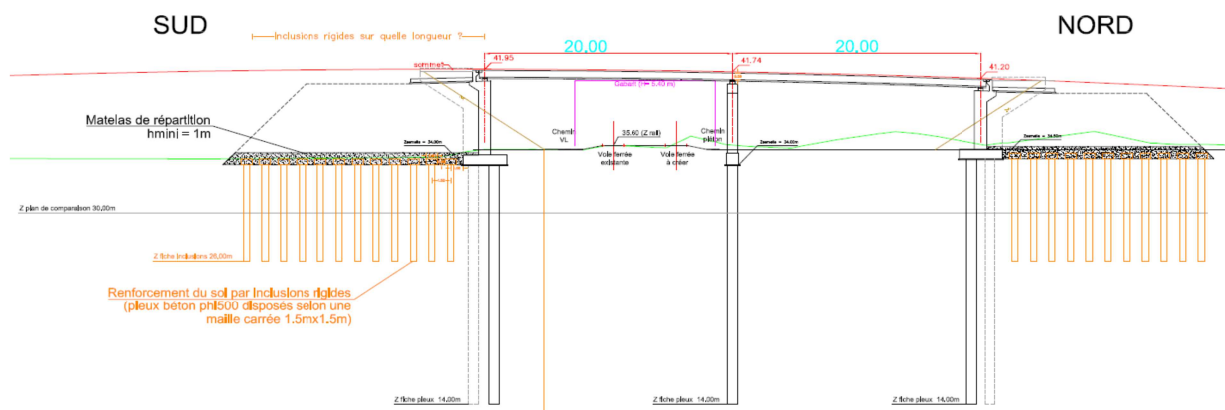
## 3 Application au projet : Ouvrage de franchissement du port

### 3.1 Description de l'ouvrage

Le franchissement de la voie ferrée du Port s'effectuera par un passage supérieur et la mise en place d'un remblai sur environ 7,5 m de hauteur côté Sud et 5 m de hauteur côté Nord. Des buttes de terres ponctuelles ont été créées côté Nord pour éviter l'utilisation non désirée de la parcelle. Ces buttes de terres ont été terrassées et ont eu un impact limité sur les tassements, qui sera négligé dans l'étude du fait de la non connaissance des géométries et emplacements exacts de ces talus. Les piles de l'ouvrage sont prévues fondées sur pieux.

À ce stade du projet, la géométrie retenue est la suivante :

- Tablier PPE (poutrelles HEB600) à 2 travées 20 m – 20 m
- Culées et piles sur fondations profondes



### 3.2 Torseurs des efforts

Le service DIOA de la DiRIF a transmis au Cerema le torseur des efforts s'appliquant au centre de gravité de la semelle, répartissant les efforts à chaque pieu. Une modélisation par le logiciel Hades a été réalisée afin d'obtenir les efforts verticaux ainsi que le moment max par pieu. Seul le cas du pieu le plus défavorable sera retenu et appliqué aux autres. Les résultats sont présentés ci-après.

**Culée Sud - C0 : (5 pieux  $\phi$ 1000) :**

Effort normal ELS qp(kN)	1560	Moment ELS qp (kN.m)	435	Tranchant ELS qp (kN.m)	329
Effort normal ELS cara-max(kN)	2740	Moment ELS cara (kN.m)	646	Tranchant ELS cara (kN.m)	571
Effort normal ELS cara-min(kN)	2490	Moment ELS min (kN.m)	638	Tranchant ELS min (kN)	571
Effort normal ELU max(kN)	3950	Moment ELU (kN.m)	1050	Tranchant ELU (kN.m)	788
Effort normal ELU (kN)	3830	Moment ELU max (kN.m)	986	Tranchant ELU (kN.m)	788
Effort normal ELUmin (kN)	2670	Moment ELU (kN.m)	656	Tranchant ELA (kN.m)	249

**Pile :(4 pieux  $\phi$  900) :**

Effort normal ELS qp(kN)	1650	Moment ELS qp (kN.m)	60	Tranchant ELS qp (kN.m)	12
Effort normal ELS cara-max(kN)	2054	Moment ELS cara (kN.m)	292	Tranchant ELS cara (kN.m)	60
Effort normal ELS cara-min(kN)	1566	Moment ELS min (kN.m)	268	Tranchant ELS min (kN)	55
Effort normal ELU max(kN)	2773	Moment ELU (kN.m)	394	Tranchant ELU (kN.m)	80
Effort normal ELU (kN)	1569	Moment ELU max (kN.m)	343	Tranchant ELU (kN.m)	70
Effort normal ELUmin (kN)	1569	Moment ELU (kN.m)	433	Tranchant ELA (kN.m)	125

**Culée Nord – C1 :(5 pieux  $\phi$  900) :**

Effort normal ELS qp(kN)	1240	Moment ELS qp (kN.m)	293	Tranchant ELS qp (kN.m)	227
Effort normal ELS cara-max(kN)	2200	Moment ELS cara (kN.m)	302	Tranchant ELS cara (kN.m)	433
Effort normal ELS cara-min(kN)	1950	Moment ELS min (kN.m)	309	Tranchant ELS min (kN)	433
Effort normal ELU max(kN)	3220	Moment ELU (kN.m)	514	Tranchant ELU (kN.m)	602
Effort normal ELU (kN)	3120	Moment ELU max (kN.m)	564	Tranchant ELU (kN.m)	602
Effort normal ELUmin (kN)	2360	Moment ELU (kN.m)	583	Tranchant ELA (kN.m)	147

### 3.3 Impact du réseau souterrain

Un réseau d'eau usée (L1) géré par le Conseil Départemental de l'Essonne traverse l'ouvrage de franchissement, comme représenté sur l'extrait de plan ci-dessous. Aucun travaux ne devra être effectué à l'intérieur de l'emprise représentée par les traits pointillés (largeur environ 7,5 m). A ce jour, une demande de travaux exceptionnelle est en cours afin de permettre l'implantation de 2 pieux de fondations à l'intérieur de la zone de sécurité.

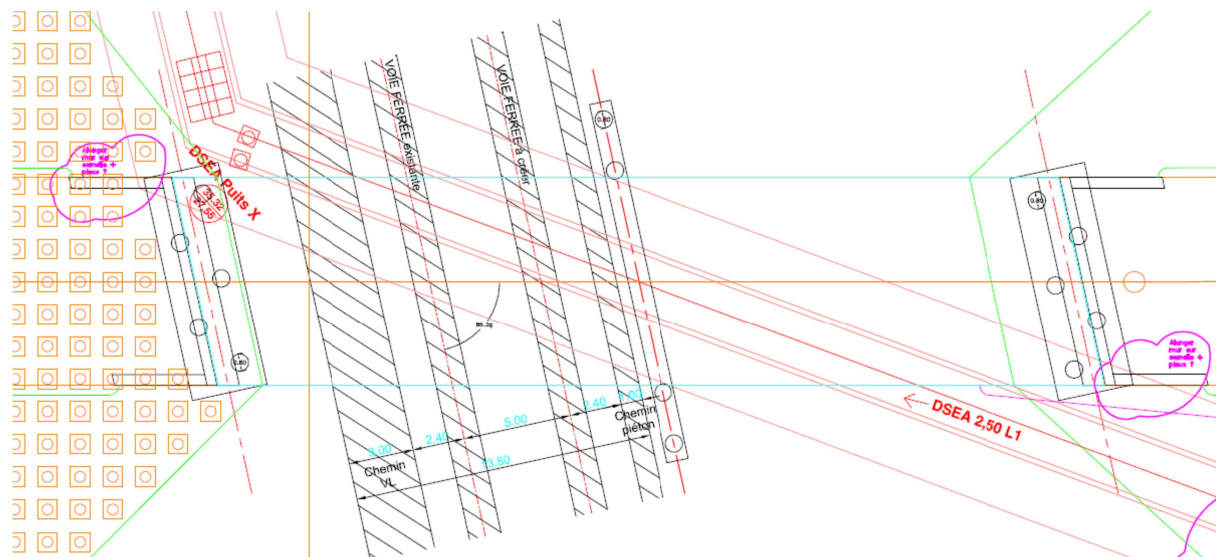
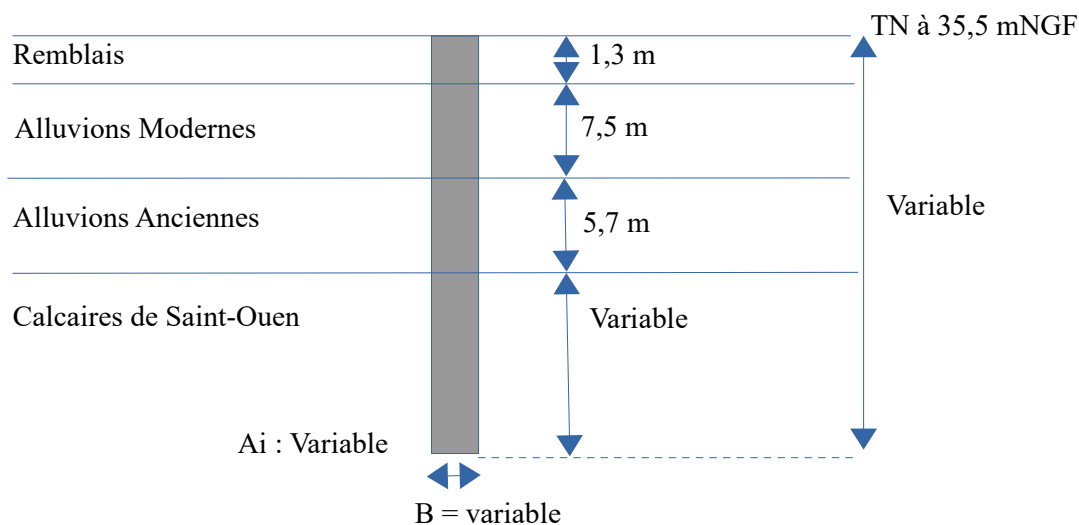


Illustration 6: extrait vu en plan de l'impact du réseau eaux usées  $\Phi 2500$  mm

### 3.4 Étude des fondations

Les calculs ont été réalisés conformément à la norme NF P94-262.

Le schéma suivant illustre les dimensions prévues pour les pieux ainsi que la coupe de sol de la zone du port.



Dessin 1: Coupe de sol des pieux étudiés

Nous nous plaçons dans l'hypothèse où les pieux sont des « forés tubés » (FT) (afin de s'affranchir des éboulements possibles dans les alluvions et remblais) dans les remblais et dans les alluvions puis forés simple dans le calcaire (FS). D'après la norme, les pieux sont donc de classe 1 et de catégorie 4 (FT) et classe 1 catégorie 1 (FS) dans le Calcaire de Saint Ouen.

*Dans le cas où l'entreprise souhaiterait varier l'exécution des pieux (tarière creuse par exemple), celle-ci devra justifier la possibilité de traverser les bancs indurés par son retour d'expérience dans des horizons similaires.*

*D'après les sondages réalisés sur site, le risque de présence de dissolution de gypse au droit des fondations profondes est négligeable. Aucun travaux d'injection n'est à prévoir.*

### 3.4.1 Calcul du frottement latéral

Les frottements latéraux dans les différentes couches sont calculés avec la formule suivante (issue de la norme NF P94-262) :

$$q_s = \alpha_{\text{pieu-sol}} f_{\text{sol}}$$

Avec  $\alpha_{\text{pieu-sol}}$  et  $f_{\text{sol}}$  déterminés à l'aide du tableau F.5.2.1 de la norme NF P94-262. Le tableau suivant donne les valeurs de frottements latéraux obtenus pour chaque couche de sol.

	Secteur 1 : Franchissement voie ferrée du port			
TN ≈35,5 mNGF	Cote base	Epaisseur	Pression limite nette $p_l^*$	Frottement latéral $q_s$
Horizon	mNGF	m	MPa	kPa
Remblais	34,2	1,3	0,34	-
Alluvions Modernes	26,7	7,5	0,48	-
Alluvions Anciennes	21	5,7	1,43	85,3 (FT)
Calcaire de Saint-Ouen	13	8	1,34	133,6 (FS)
Calcaire de Ducy	10	3	1,86	141,6 (FS)
Sables de Beauchamp	2	8	-	-

Notons que les valeurs de  $q_s$  sont bien toutes inférieures aux  $q_{smax}$  donnés dans la norme.

On prendra comme pression limite nette équivalente,  $p_{le}^* = 1,34$  MPa (pression limite mesurée dans le Calcaire de Saint-Ouen).

### 3.4.2 Calcul des charges admissibles des pieux

Le principe du calcul est de déterminer la charge pouvant être reprise par un pieu. La particularité du site étudié est la présence de sols compressibles sur des épaisseurs non négligeables. La présence d'inclusions rigides supportant le remblai rend négligeable l'impact du remblai sur les pieux. Les frottements négatifs ne sont donc pas à considérer.

#### 3.4.2.1 Calcul du coefficient de portance

La détermination du coefficient de portance  $k_p$  nécessite le calcul préalable de la hauteur d'encastrement effective  $D_{ef}$ , qui s'exprime ainsi :

$$D_{ef} = \frac{1}{p_{le}^*} \int_{D-h_D}^D p_l^*(z) dz$$

Avec  $h_D = 10$  m ;

Dans notre cas,  $D=20$  m donc  $D_{ef}$  est supérieur à 5.

On a ainsi :  $k_p = 1,45$  (valeur évaluée dans le Calcaire de Saint-Ouen).

#### 3.4.2.2 Détermination des valeurs de calcul de la portance et de la charge de fluage

La portance s'exprime ainsi :

$$R_c = R_b + R_s$$

Avec :

$$R_b = A_b k_p p_{ls}^*$$

l'effort limite mobilisable dû au terme de pointe où  $A_b$  la surface de la base du pieu ;

$$R_s = P \int_0^D q_s dz$$

l'effort limite mobilisable par frottement axial, P le périmètre de la base du pieu.

Le tableau suivant détaille les différentes formules à utiliser pour les calculs.

ELS	Valeur de calcul de la charge de fluage		ELS cara – γcr	ELS QP – γcr
	$R_{c;d} = \frac{R_{c;k}}{\gamma_t}$	$R_{c;k} = \frac{R_c}{\gamma_{rd1} \gamma_{rd2}}$	0,9	1,1
ELU	Valeur de calcul de la portance		ELU fond – γt	ELU acc – γt
	$R_{c;cr;d} = \frac{R_{c;cr;k}}{\gamma_{cr}}$	$R_{c;cr;k} = 0,5 R_{b;k} + 0,7 R_{s;k} = \frac{0,5 R_b + 0,7 R_s}{\gamma_{rd1} \gamma_{rd2}}$	1,1	1

Avec

$\gamma_t$  , le facteur partiel de résistance déterminé d'après le tableau C.2.3.1 de la norme (résistance totale et pieux forés) ;

$\gamma_{cr}$  , le facteur partiel de résistance déterminé d'après le tableau 14.2.1.1 de la norme (fût en compression) ;

$\gamma_{rd1}$  et  $\gamma_{rd2}$  , les coefficients de modèle déterminés d'après le tableau F.2.1 de la norme (procédure "modèle de terrain" et méthode pressiométrique) avec le couple ( $\gamma_{rd1}=1,15$ ;  $\gamma_{rd2}=1,1$ ) dans notre cas

### 3.4.2.3 Vérification en contrainte

Pour les vérifications en contrainte dans le béton, les contraintes moyenne et maximale admissibles sont déterminées conformément à l'article 6.4.1 de la norme NF P 94-262. Ces valeurs à l'Etat Limite de Service Caractéristique, sont limitées à :

- Contrainte moyenne :  $\sigma_c \text{ moy} \leq 0,3 k_3 f^*_{ck} = 6,6 \text{ Mpa}$  Avec  $k_3 = 1,2$  (contrôle renforcé)
- Contrainte maximale :  $\sigma_c \text{ max} \leq 0,6 k_3 f^*_{ck} = 13,2 \text{ MPa}$  Avec  $k_3 = 1,2$  (contrôle renforcé)

Avec  $f^*_{ck}=f_{ck}/(k_1*k_2)$

où

$f_{ck}=25\text{MPa}$  ;

$k_1=1,3$  ;

$k_2=1,05$ .

La contrainte moyenne de calcul est donnée par la relation :

$$\sigma_{c,\text{moy}} = V_d/A$$

La contrainte maximale de calcul est donnée par la relation :

$$\sigma_{c,max} = V_d/A + M_d B/2I$$

où :

- $V_d$  : Effort normal à l'ELS cara dans la section la plus comprimée
- $M_d$  : Moment à l'ELS cara dans la section la plus comprimée
- $A$  : Section de l'élément
- $I$  : Inertie de l'élément
- $B$  : Largeur ou Diamètre de l'élément

### 3.4.2.4 Résultats des calculs de portance

Le tableau suivant expose les charges reprises par les pieux pour les différents états limites :

Culée Sud - C0:		Charges admissibles par pieu max (kN)		Valeur calcul (kN)	
ELScara	5 pieux, $\Phi 1000$ Ai = 15 m ngf	Rc;crd =	3158	$V_{max} =$	2740
ELS-QP		Rc;crd =	2584	$V_{max} =$	1560
ELUfond		Rc;d =	4004	$V_{max} =$	3950

Pile :		Charges admissibles par pieu max (kN)		Valeur calcul (kN))	
ELScara	4 pieux, $\Phi 900$ Ai = 17,5 m ngf	Rc;crd =	2201	$V_{max} =$	2054
ELS-QP		Rc;crd =	1801	$V_{max} =$	1650
ELUfond		Rc;d =	2827	$V_{max} =$	2773
ELA		Rc;d =	3109	$V_{max} =$	1569

Culée Nord – C1 :		Charges admissibles par pieu max (kN)		Valeur calcul (kN)	
ELScara	5 pieux, $\Phi 900$ Ai = 16 m ngf	Rc;crd =	2550	$V_{max} =$	2200
ELS-QP		Rc;crd =	2086	$V_{max} =$	1240
ELUfond		Rc;d =	3234	$V_{max} =$	3220

Pour rappel, ces dimensionnements tiennent compte des hypothèses de pieux présentées au paragraphe 3.1.1. Étude des fondations des pieux des piles.

### 3.4.2.5 Résultats des calculs de vérification de sections

Le tableau ci-dessous indique les vérifications des contraintes bétons dans les pieux, en contraintes moyennes et maximales :

Zone	$\sigma_c$ , moy ELS cara		$\sigma_c$ , max ELS cara	
Culée C0	3,4	ok	10	ok
Pile	3,3	ok	7,3	ok
Culée C1	3,4	ok	7,6	ok

Les contraintes calculées correspondent à la contrainte subie par le pieu du fait du torseur et également de la présence d'un talus à proximité.

## 3.5 Estimation des tassements sur sols compressibles

Le secteur 1 du projet est sujet aux sols compressibles. Dans ce contexte, si  $H$  est la différence entre la cote du terrain naturel et celle du projet, la hauteur  $H_r$  du remblai à mettre en place sera telle que :

$$H_r = H + \Delta h$$

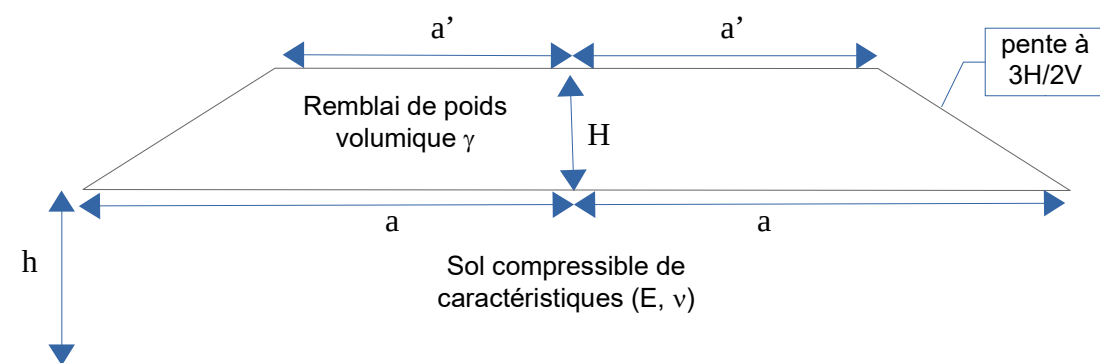
où  $\Delta h$  est le tassement provoqué par le remblai de hauteur  $H_r$ .

La hauteur de tassement,  $\Delta h$ , à considérer est la somme du tassement immédiat,  $\Delta h_i$ , et du tassement de consolidation,  $\Delta h_c$  :

$$\Delta h = \Delta h_i + \Delta h_c$$

La hauteur maximale de remblai à mettre en place,  $H$ , est de 7,5m côté Sud et 5 m côté Nord. Par sécurité, nous calculerons les tassements sur la base de la géométrie côté Sud.

### 3.5.1 Tassement immédiat



La formule permettant de calculer le tassement immédiat,  $\Delta h_i$ , est la suivante :

$$\Delta h_i = \frac{(\gamma \cdot H)}{E} \cdot \frac{\hat{a}}{(a - a')} \cdot \left[ rH - \left( \frac{a'}{a} \right)^2 \cdot r' H \right]$$

Avec

$a' = 5,5 \text{ m}$

$a = \text{variable}$

$H = \text{Variable selon les cas (hauteur maximale du remblai à mettre en place (m))}$

$h = \text{épaisseur de sol compressible (7,5m Alluvions Modernes)}$

$rH = \text{Valeur définie avec les abaques de GIROUD,}$

$r'H = \text{Valeur définie avec les abaques de GIROUD,}$

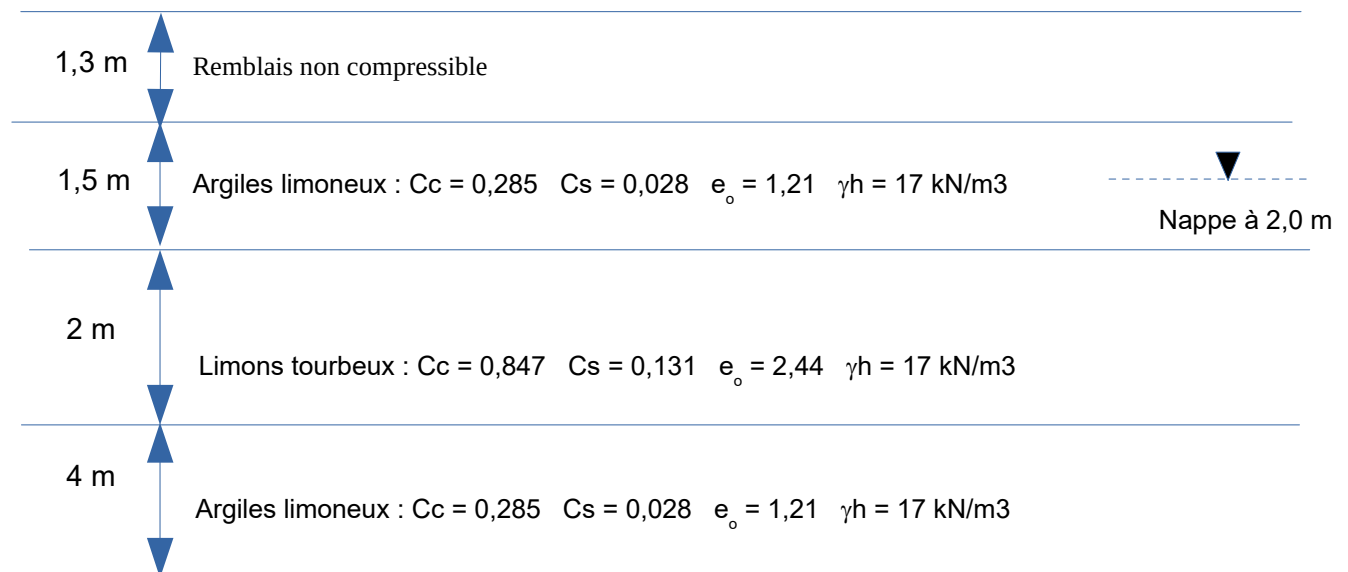
$E' = 5700 \text{ kPa (pour tassement immédiat)}$

Soit les valeurs de tassements instantanées suivantes :

Données d'entrée			$\Delta h_i$
$H = 7,5\text{m} / h = 7,5\text{m}$	$A = 16,5 \text{ m} / a' = 5,5 \text{ m}$	$RH = 0,3 / r'h = 0,77$	14 cm
$H = 5\text{m} / h = 7,5\text{m}$	$A = 13 \text{ m} / a' = 5,5 \text{ m}$	$RH = 0,27 / r'h = 0,58$	7 cm
$H = 4\text{m} / h = 7,5\text{m}$	$A = 11,5 \text{ m} / a' = 5,5 \text{ m}$	$RH = 0,26 / r'h = 0,48$	5 cm

### 3.5.2 Tassements de consolidation

La coupe de calcul type est établie à partir de l'étude des sondages SC7, SC101 et SCB9. Les hauteurs d'horizons sont très variables en fonction de la zone du projet. La coupe retenue est sécuritaire, les épaisseurs de couches sont fictives mais tiennent compte de la répartition des natures de sol.



Le tassement de consolidation,  $\Delta h_c$ , est calculé avec les relations suivantes :

$$\text{Si } \sigma'_{v0} + \Delta \sigma > \sigma'_p : \Delta h_c = h \left( C_s / (1 + e_0) \cdot \log(\sigma'_p / \sigma'_{v0}) + C_c / (1 + e_0) \cdot \log((\sigma'_{v0} + \Delta \sigma) / (\sigma'_p)) \right)$$

$$\text{Si } \sigma'_{v0} + \Delta \sigma < \sigma'_p : \Delta h_c = h \cdot C_s / (1 + e_0) \cdot \log((\sigma'_{v0} + \Delta \sigma) / \sigma'_{v0})$$

$$\text{Si } \sigma'_{v0} > \sigma'_p : \Delta h_c = h \cdot C_c / (1 + e_0) \cdot \log((\sigma'_{v0} + \Delta \sigma) / \sigma'_{v0})$$

Avec  $h$ , la hauteur de la couche compressible concernée ;  
 $C_c$ , l'indice de compression ;  
 $C_s$ , l'indice de gonflement ;  
 $e_o$ , l'indice des vides ;  
 $\Delta\sigma$ , la charge apportée par le remblai ;  
 $\sigma'_{vo}$ , la contrainte verticale effective au milieu de la couche concernée.

La charge apportée par le remblai se calcule ainsi :

$$\Delta\sigma = \gamma_h H$$

Avec un poids volumique  $\gamma_h$  de 20 kN/m<sup>3</sup>.

La nappe est prise en compte dans le calcul de la contrainte verticale effective.

Le tableau suivant récapitule les résultats obtenus :

	<b>h (m)</b>	<b>C<sub>c</sub></b>	<b>C<sub>s</sub></b>	<b>e<sub>o</sub></b>	<b>σ'p (kPa)</b>
Argiles limoneuses	1,50	0,285	0,028	1,210	49,00
Limons tourbeux	2,00	0,847	0,131	2,440	50,00
Argiles limoneuses	4,00	0,285	0,028	1,210	49,00

### 3.5.3 Résultats des tassements de consolidations et immédiats

Les hauteurs de tassements immédiats et de consolidations en fonction des différents cas sont présentés dans le tableau suivant, avec la hauteur de remblais considérée.

Hauteur remblai	$\Delta\sigma$	$\Delta h_c$	$\Delta h_i$	$\Delta h$	Hr
m	kPa	m	m	m	m
7,5	150,00	0,66	0,14	0,80	8,3
5	100,00	0,52	0,07	0,59	5,60
4	80,00	0,45	0,05	0,5	4,50

Le compactage du remblai étant considéré comme soigné, il ne devrait pas y avoir une nouvelle couche de remblai à ajouter.

## 3.6 Temps de consolidation

Le calcul du temps de consolidation nous permettra d'estimer le temps nécessaire à l'obtention d'un degré de consolidation 90 % du sol support du remblai. C'est le temps entre les deux phases de construction du remblai. Il faut attendre 90 % de la consolidation du sol de fondation sous la charge d'un remblai avant de pouvoir monter le remblai jusqu'à sa hauteur finale. Dans le but de raccourcir le temps de consolidation, un système de drains verticaux peut être envisagé. Dans cette étude, deux cas seront étudiés, le premier sans système de drainage et le second avec des drains verticaux.

### 3.6.1 Cas sans drains

Dans le cas de préchargement sans drains, la relation suivante permet d'estimer le temps nécessaire, noté  $t$ , pour obtenir ce degré de consolidation :

$$t = \frac{(T_v \cdot (\frac{h}{2})^2)}{C_v}$$

Avec

$T_v$ , le facteur temps oedométrique

$h$ , la hauteur de la couche de sol compressible

$C_v$ , le coefficient de consolidation verticale

$h/2$  correspond à la distance de drainage minimale dans la couche de sol compressible. Comme le sol compressible est au-dessus des Alluvions Anciennes (couche plutôt perméable), la distance de drainage correspond à la demi-hauteur de la couche des sols compressibles.

Lorsque le massif de sol compressible est composé de plusieurs couches, le coefficient de consolidation verticale équivalent, noté  $C_{ve}$ , est donné par la relation suivante :

$$C_{ve} = \frac{(\sum h_i)^2}{((\sum \frac{h_i}{\sqrt{C_{vi}}})^2)}$$

Avec

$h_i$ , la hauteur de la couche considérée

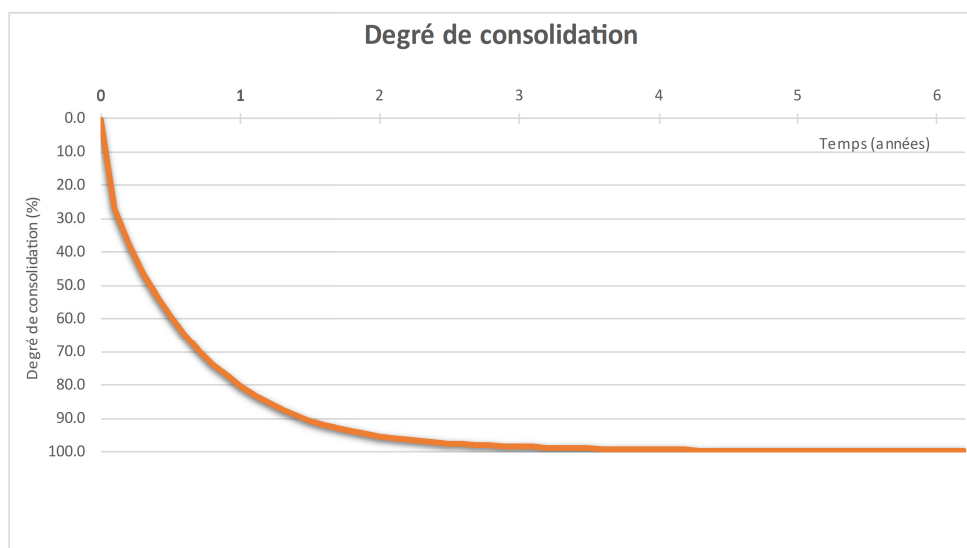
$C_{vi}$ , le coefficient de consolidation verticale de la couche considérée

La coupe de sol considérée pour calculer le temps nécessaire pour atteindre un degré de consolidation de 90% est la même que celle définie pour le calcul des tassements de consolidation.

	$h_i$	$C_{vi}$	$C_{ve}$	$T_v$	$t$
	$m$		$m^2/s$		$ans$
Argiles limo- neuses	1,5	$2 \cdot 10^{-7}$	$2,5 \cdot 10^{-7}$	0,848	1,5
Limons tourbeux	2	$5 \cdot 10^{-7}$			
Argiles limo- neuses	4	$2 \cdot 10^{-7}$			

Le temps nécessaire pour obtenir un degré de consolidation de 90% du sol support du remblai est 1,5 ans environ.

Le graphique suivant décrit l'évolution du degré de consolidation pour h=7,5m au cours du temps.



### 3.6.2 Cas avec drains

Avec la mise en place de drains verticaux, de hauteur 9m au minimum, la relation suivante permet d'estimer le temps nécessaire, noté  $t$ , pour obtenir ce degré de consolidation :

$$t = \frac{(T_v \cdot (\frac{h}{2})^2)}{C_v}$$

Avec

$T_v$ , le facteur temps oedométrique

$h$ , la distance horizontale représentant la moitié de l'influence du drain vertical, en considérant une maille carrée dans notre cas

$C_v$ , le coefficient de consolidation verticale

Nota : La relation est la même avec ou sans drains mais la distance considérée évolue.

Le dimensionnement du système de drainage a été réalisé en considérant les abaques de Barron. Pour son utilisation, il a été considéré :

$$C_r = 5 C_{ve} = 1,23 \cdot 10^{-6}$$

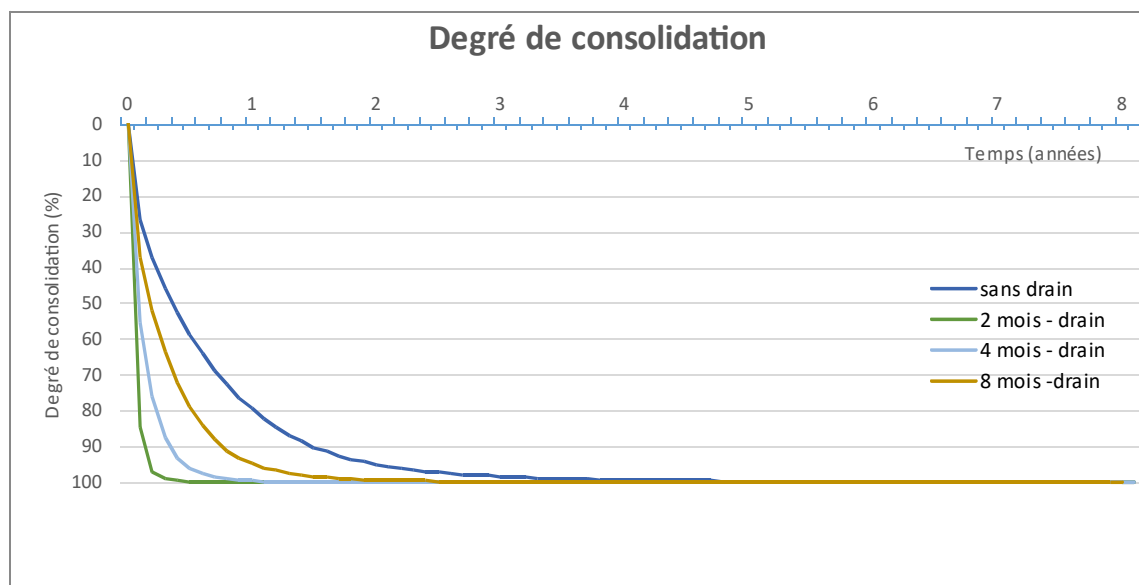
Diamètre de drains de 10 cm

Le maillage dépendra de la durée souhaitée pour obtenir les 90 % de consolidation. Trois cas seront traités, à 2, 4 et 8 mois.

Temps de consolidation	$U_r$	Diamètre d'influence (*)	Aire d'influence	Largeur équivalente (maille carrée)
mois	%	$m$	$m^2$	$m$
2	90	3	7	2,6
4	90	3,8	11,3	3,3
8	90	5,4	22,9	4,7

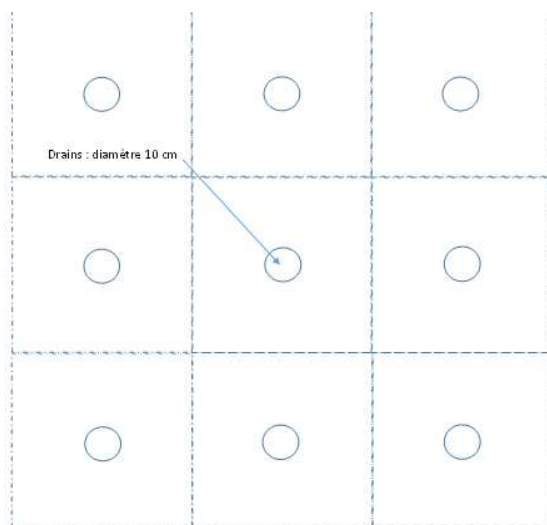
(\*) maille circulaire

Le graphique suivant décrit l'évolution du degré de consolidation au cours du temps selon la présence ou non de drains.



Le maillage des drains dépendra de l'évolution des tassements souhaitée. En effet, à titre d'exemple, pour obtenir 90 % de consolidation au bout de 8 mois (courbe orange ci-dessus), les drains de 10 cm de diamètre auront une zone d'influence de 4,7m en mailles carrées. Le schéma ci-dessous montre le calepinage à réaliser.

D : diamètre influence drain. D=3,8 m – 4 mois maillage : 3,3m\*3,3m



### 3.7 Cas particulier 1 – 2 cm de consolidation

Comme demandé par la maîtrise d'oeuvre, un cas particulier est traité dans cette partie où l'objectif est d'estimer le temps de consolidation afin qu'il ne reste que 2 cm de tassement de consolidation à réaliser.

Pour la construction du remblai de l'OAPORT, cela nécessite un degré de consolidation de l'ordre de 97 %.

Seul le cas avec drain est traité.

Avec la mise en place de drains verticaux, la relation suivante permet d'estimer le temps nécessaire, noté  $t$ , pour obtenir ce degré de consolidation :

$$t = \frac{(T_v \cdot (\frac{h}{2})^2)}{C_v}$$

Avec

$T_v$ , le facteur temps oedométrique

$h$ , la distance horizontale représentant la moitié de l'influence du drain vertical, en considérant une maille carrée dans notre cas

$C_v$ , le coefficient de consolidation verticale

Nota : La relation est la même avec ou sans drains mais la distance considérée évolue.

Le dimensionnement du système de drainage a été réalisé en considérant les abaques de Barron. Pour son utilisation, il a été considéré :

$C_r = 5 C_v = 1,23 \cdot 10^{-6}$

Diamètre de drains de 10 cm

Le maillage dépendra de la durée souhaitée pour obtenir les 97 % de consolidation. Trois cas seront traités, à 2, 4 et 8 mois.

Temps de consolidation	$U_r$	Diamètre d'influence (*)	Aire d'influence	Largeur équivalente (maille carrée)
mois	%	$m$	$m^2$	$m$
2	97	2,5	4,9	2,2
4	97	3	7,07	2,6
8	97	5	19,64	4,4

(\*) maille circulaire

### 3.8 Cas particulier 2- 1 cm de consolidation

Comme demandé par la maîtrise d'oeuvre, un second cas particulier est traité dans cette partie où l'objectif est d'estimer le temps de consolidation afin qu'il ne reste que 1 cm de tassement de consolidation à réaliser.

Pour la construction du remblai de l'OAPort, cela nécessite un degré de consolidation de l'ordre de 99%.

Seul le cas avec drain est traité.

Avec la mise en place de drains verticaux, la relation suivante permet d'estimer le temps nécessaire, noté  $t$ , pour obtenir ce degré de consolidation :

$$t = \frac{(T_v \cdot (\frac{h}{2})^2)}{C_v}$$

Avec

$T_v$ , le facteur temps oedométrique

$h$ , la distance horizontale représentant la moitié de l'influence du drain vertical, en considérant une maille carrée dans notre cas

$C_v$ , le coefficient de consolidation verticale

Nota : La relation est la même avec ou sans drains mais la distance considérée évolue.

Le dimensionnement du système de drainage a été réalisé en considérant les abaques de Barron.

Pour son utilisation, il a été considéré :

$$C_r = 5 C_{ve} = 1,23 \cdot 10^{-6}$$

Diamètre de drains de 10 cm

Le maillage dépendra de la durée souhaitée pour obtenir les 99% de consolidation. Trois cas seront traités, à 2, 4 et 8 mois.

Temps de consolidation	$U_r$	Diamètre d'influence (*)	Aire d'influence	Largeur équivalente (maille carrée)
mois	%	$m$	$m^2$	$m$
2	99	2,1	3,4	1,8
4	99	2,6	5,3	2,3
8	99	4	12,5	3,5

(\*) maille circulaire

### 3.9 Calculs des tassements de fluage

Pour les deux cas, afin de prendre en compte l'effet de fluage dû aux sols tourbeux, il est possible de calculer le tassement annuel de cette couche de sols grâce au coefficient de consolidation secondaire.

Ce coefficient est déterminé au moyen de la partie linéaire de la courbe de consolidation secondaire en fonction du temps :

$$C_{\alpha} = \frac{\delta H}{H_i} \times \frac{1}{\delta \log t}$$

Avec

$\delta H$ , la variation de hauteur de l'éprouvette prise sur la partie linéaire de la courbe de consolidation en fonction du temps ;

$\delta \log t$ , la variation du logarithme décimal du temps prise sur la partie linéaire de la courbe de consolidation en fonction du temps.

Les essais oedométriques effectués dans le sondage SC101 ont permis d'évaluer le coefficient de fluage à 0,0391. Nous obtenons le tassement de fluage suivant pour la couche de tourbes (hauteur tourbe de 2 m pour la partie Nord et 1,5m pour la partie Sud) :

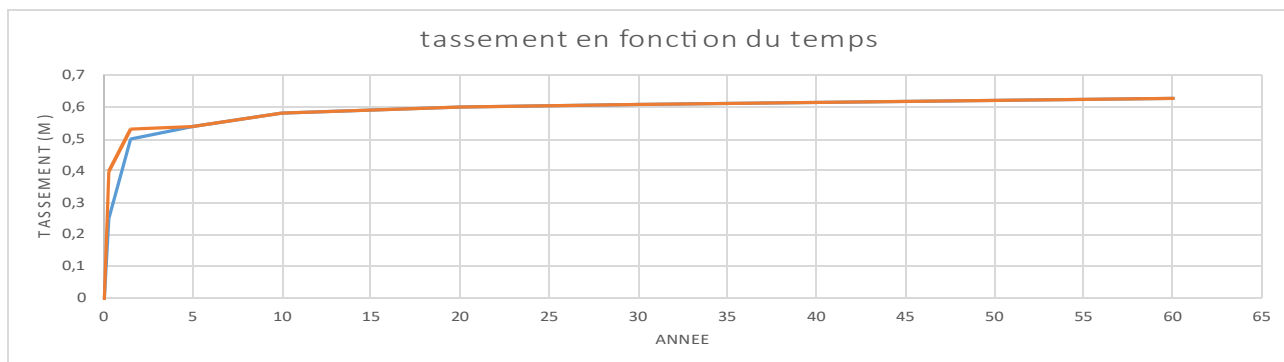
Tassement de fluage en cm	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	60 ans
Zone OA Nord (2m)	5,0	8,0	10,0	11,0	13,0
Zone OA Sud (1,5m)	4,0	6,0	7,0	8,0	10,0

### 3.10 Comparaison des évolutions des tassements en fonction des hauteurs de remblais et du temps

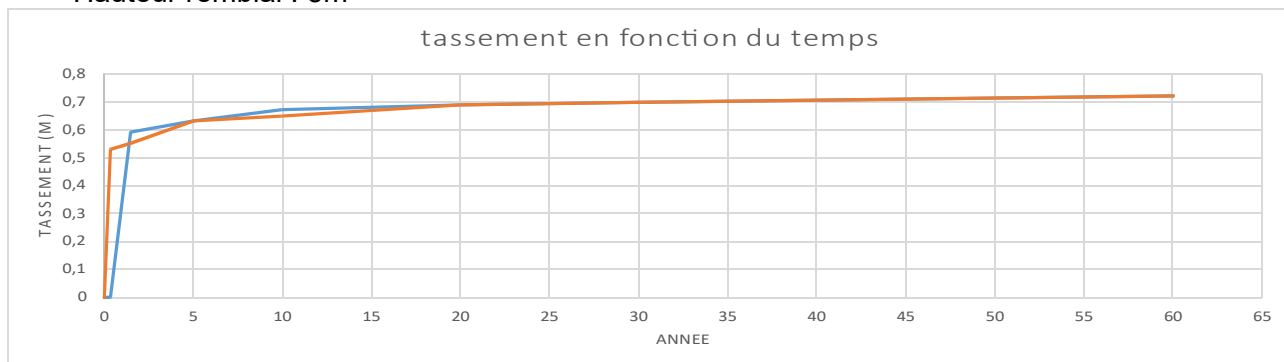
Les différents graphiques ci-après confirment l'impact de mise en place d'un réseau de drains verticaux pour l'accélération du tassement. Les tassements instantanés ne sont pas pris en considération, car ces derniers auront lieu pendant la construction du remblai.

Plusieurs cas sont traités en fonction de la hauteur de remblais.

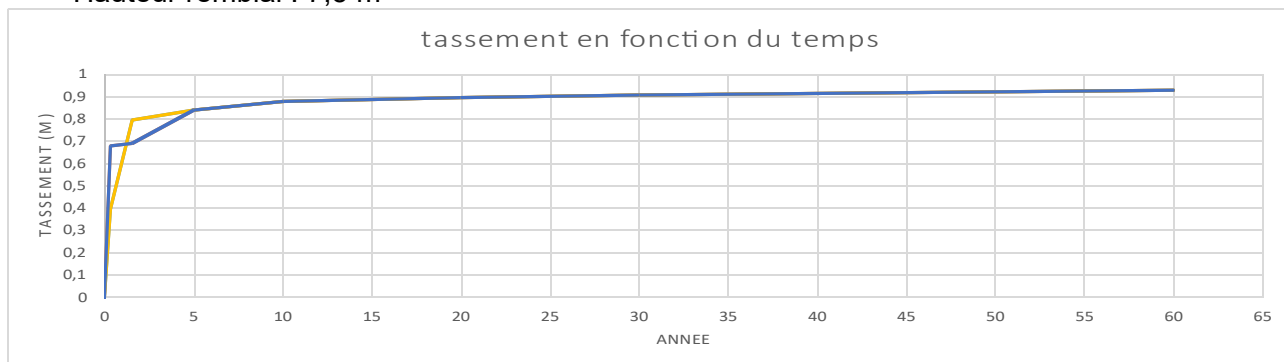
Hauteur remblai : 4 m



Hauteur remblai : 5m



Hauteur remblai : 7,5 m



## 3.11 Étude des inclusions rigides

### 3.11.1 Caractéristiques de la modélisation

Afin de limiter les tassements différentiels sur remblai entre les zones culée et remblai d'accès, des inclusions rigides sont à prévoir sur une certaine distance. La modélisation a été réalisée selon un modèle plan sous Plaxis. Pour se rapprocher des valeurs obtenues précédemment, une modélisation avec seulement le sol et sans inclusion a été réalisée dans le but d'estimer certains paramètres. Le tableau ci-dessous récapitule les données d'entrée considérées.

Une couche fictive de sol compressible a été considérée. Les paramètres de celle-ci ont été estimés afin de retrouver les valeurs de tassements calculées analytiquement.

	Modélisation	$\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	E' (kPa)	c'(kPa)	$\Phi'$ (°)	$\psi'$ (°)
Remblais d'apport	Mohr Coulomb	20	50 000	0	35	5
Remblais en place	Mohr Coulomb	17	9 000	2	25	0
Sol compressible / Alluvions modernes	Mohr Coulomb	17	800	3	25	0
Alluvions Anciennes	Mohr Coulomb	18	40 000	0	35	5
Calcaire Saint Ouen	Mohr Coulomb	19	50 000	15	30	0
Matelas de répartition	Linéaire	20	50 000	-	-	-
Inclusion	Linéaire	25	5 000 000	-	-	-
Pieu	Linéaire	25	2 000 000	-	-	-
Culée	Linéaire	25	11 000 000	-	-	-

En considérant :

- Inclusions :
  - Maillage :2m\*2m ;
  - Diamètre :30 cm ;
  - Longueur:10,6 ;
  - Nombre inclusions : 10 lignes \* 17 rangées (transversales)

Nota : Pour la modélisation, une inertie beaucoup plus faible a été considérée ( $EI/10^9$ ), pour négliger la double considération de l'inclusion. Le moment réel sera à multiplier par  $10^9$  puis par l'espacement.

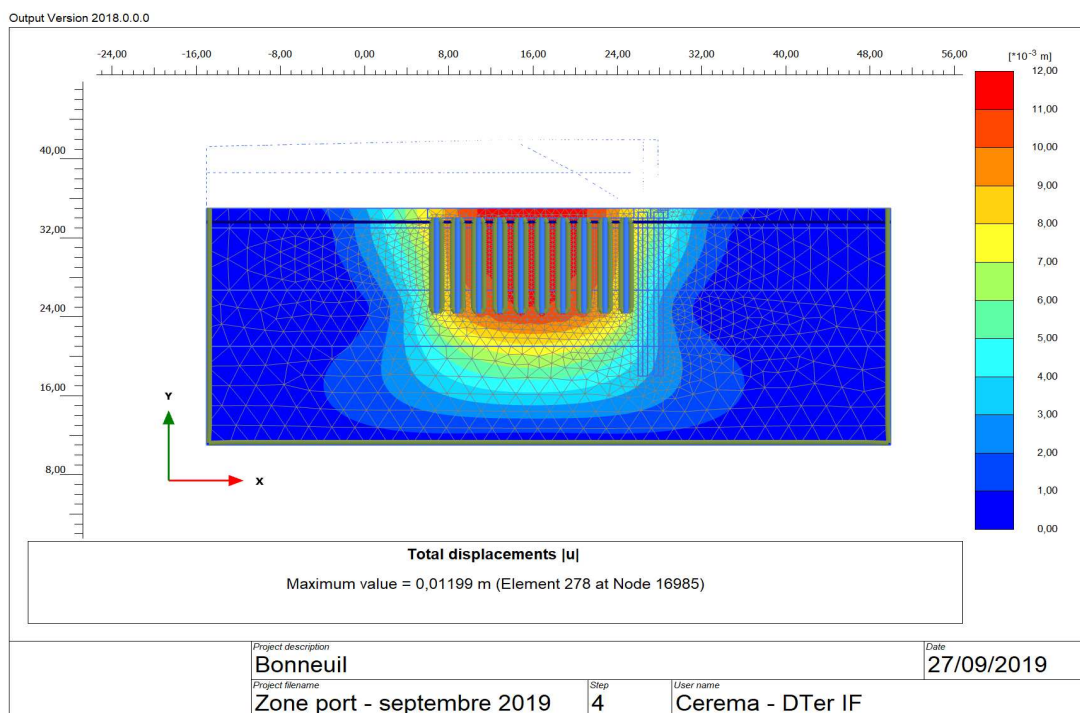
- Pieux :
  - Diamètre:1m ;
  - Espacement transversal : 4,5m ;
  - Espacement longitudinal : 1,5m ;

Dans cette modélisation, il a été considéré un matelas de répartition d'un mètre d'épaisseur servant à répartir les efforts à travers les inclusions. Cette épaisseur pourra être optimisée par l'amélioration des caractéristiques du matériau employé ou par l'emploi d'une géogrid. Une épaisseur minimale de 50 cm est nécessaire pour la répartition des efforts.

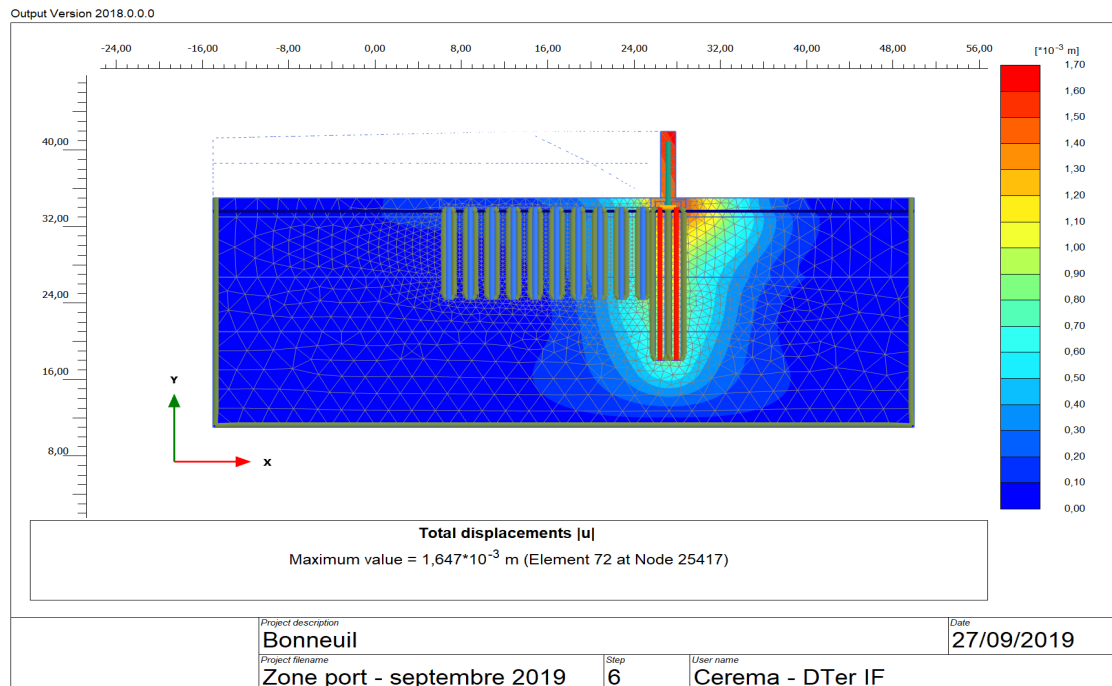
Le matelas de répartition pourra être réalisé en bicouche, avec par exemple une épaisseur de 0,2 m de graves 0/31,5 à la base puis 0,8 m de matériaux 0/60.

### 3.11.2 Phasage et résultats

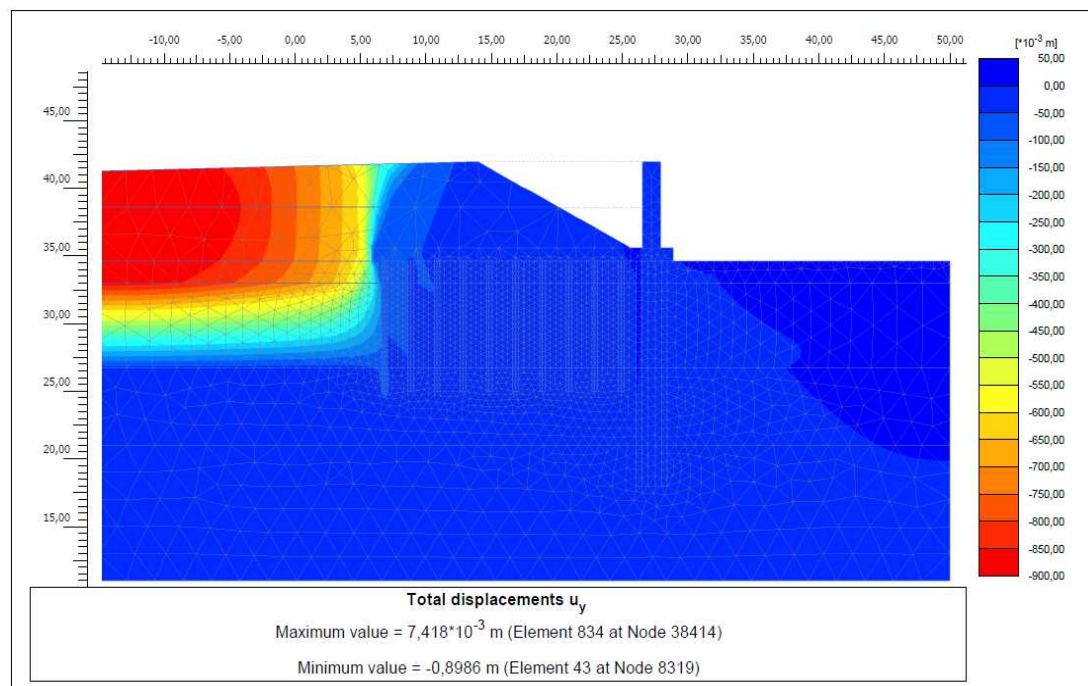
Phase 1 : Réalisation des inclusions rigides. Les inclusions ne seront réalisées qu'au droit de l'emprise du remblai.

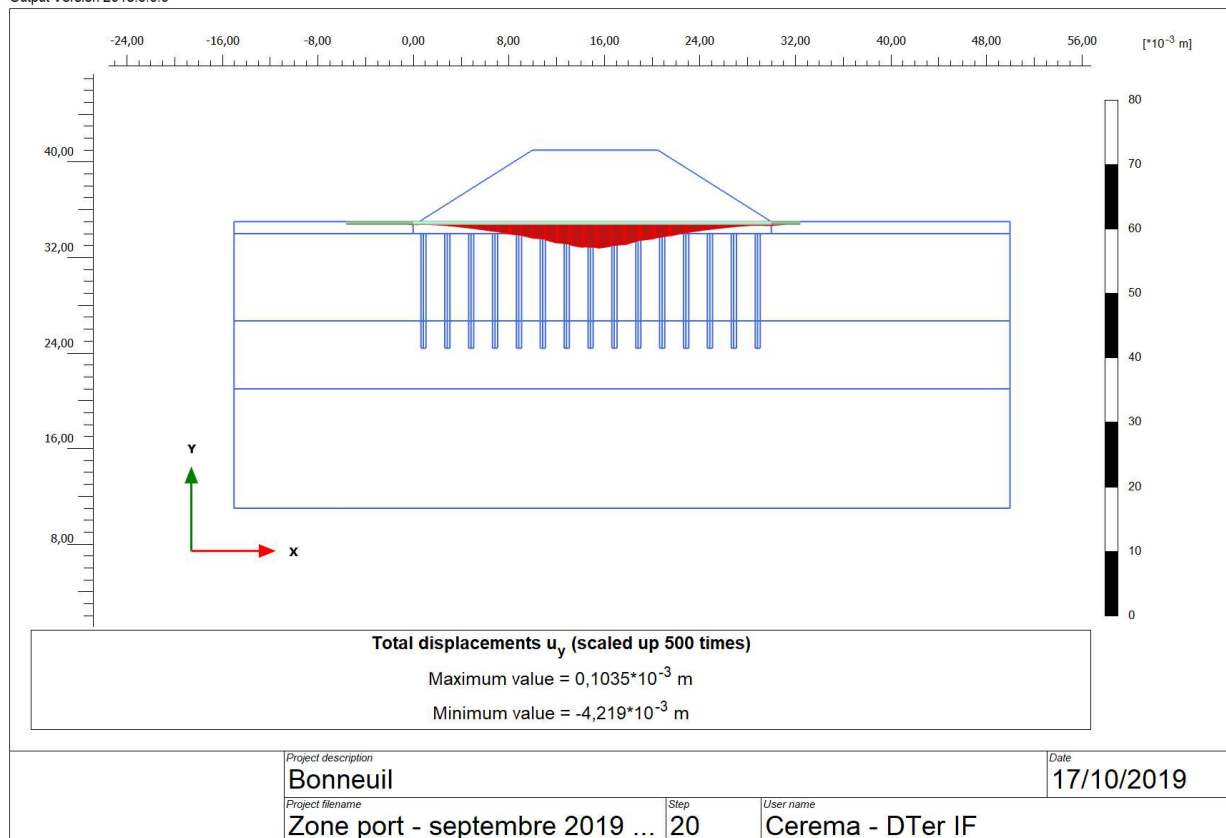


## Phase 2 : Réalisation des pieux et de la culée



## Phase 3 : Réalisation du remblai par couches compactées à l'avancement

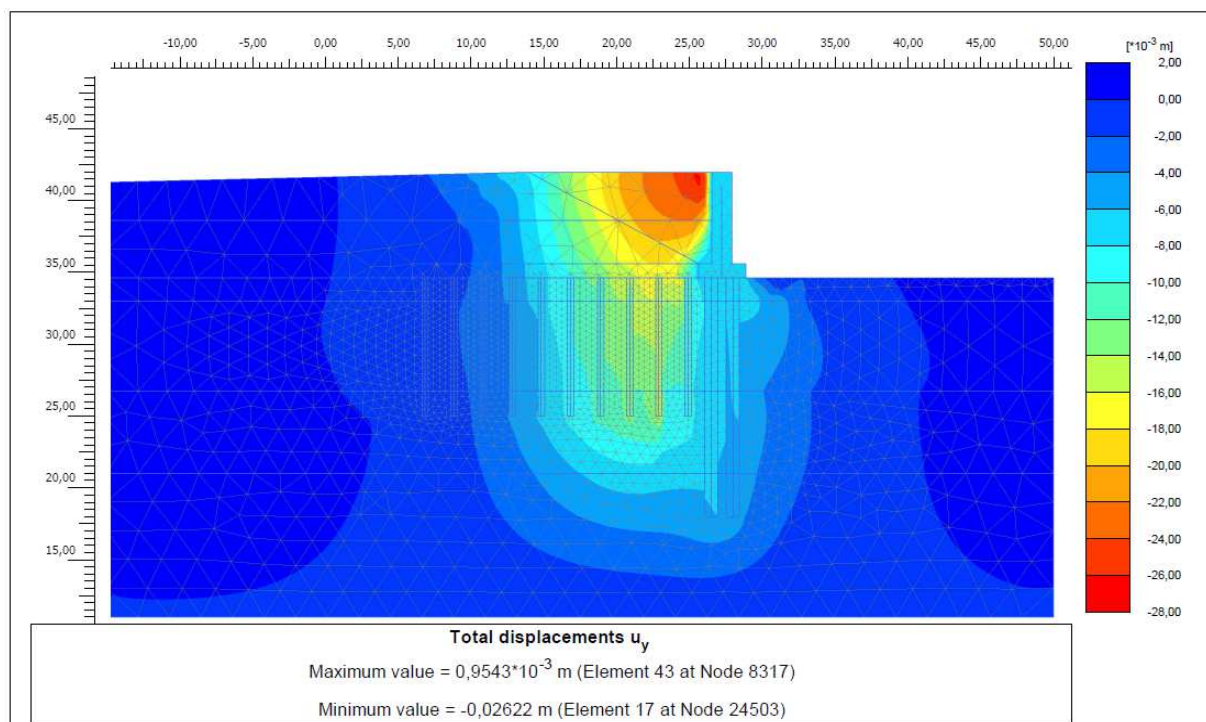




La mise en place du remblai engendre un tassement de l'ordre de 90 cm au niveau du TN. La différence de résultats entre le calcul aux éléments finis et la méthode analytique est considérée comme acceptable. Les valeurs de tassements par méthode analytique seront considérées comme plus réaliste. Il est attendu des tassements de l'ordre du demi-centimètre devant le remblai, du fait de la présence des inclusions rigides.

#### Phase 4 : Réalisation du remblaiement jusqu'à la culée

Les tassements les plus importants se situent au niveau de la zone en remblai.

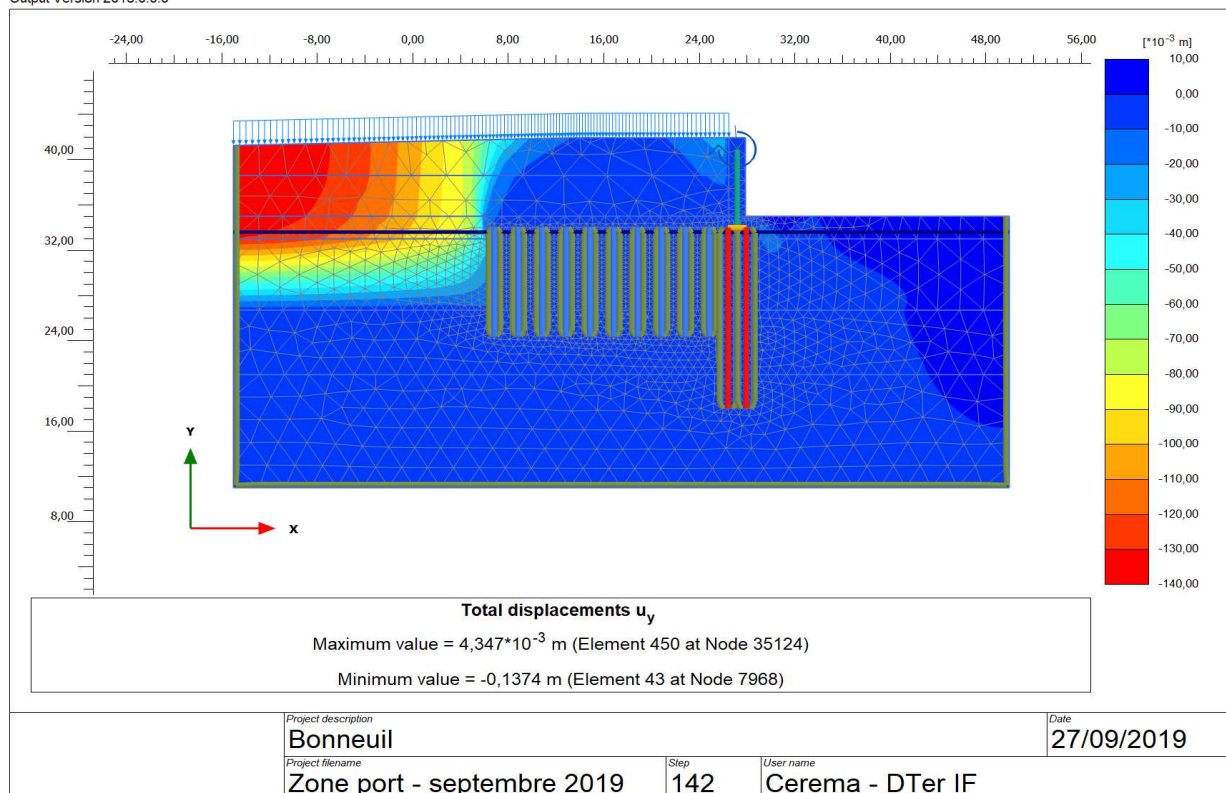


Ces tassements pourront être limités lors de l'exécution de ces derniers, avec un compactage soigné. Au niveau du terrain naturel, les tassements sont négligeables lors de cette phase. Les tassements seront donc négligeables.

Le coefficient de stabilité générale obtenu par la méthode (c,f) réduction est de 2,6 (supérieur à 1,5). La stabilité générale est donc vérifiée.

**Phase 5** : Phase service – Phase 4 + trafic  $q=20$  kPa

Cette phase sert notamment à extraire les résultats des moments et efforts axiaux à considérer pour la vérification des inclusions.

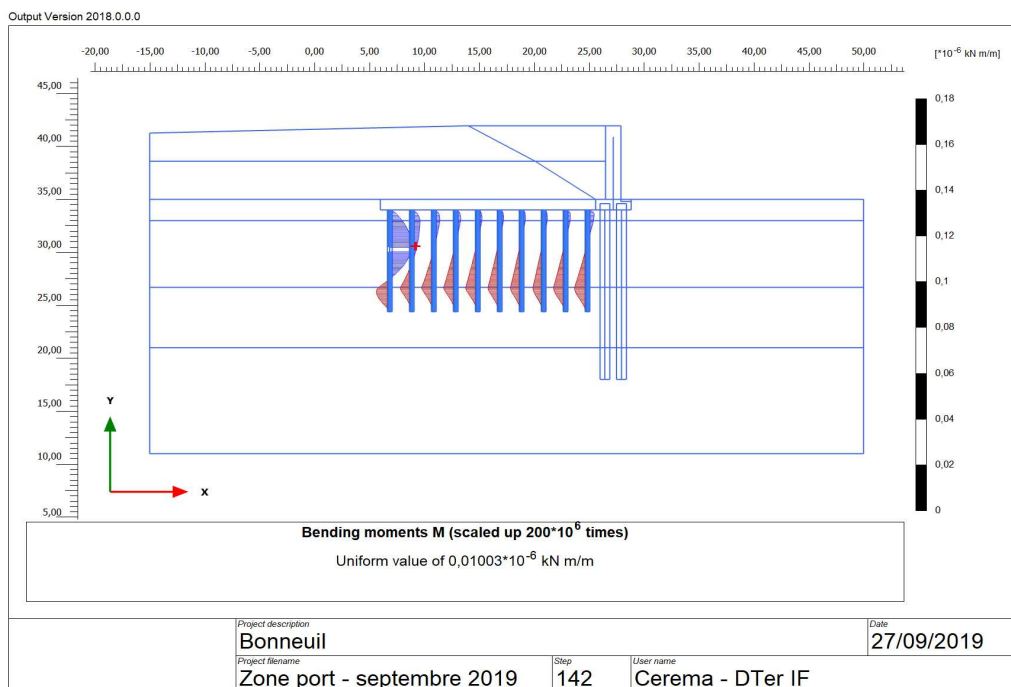


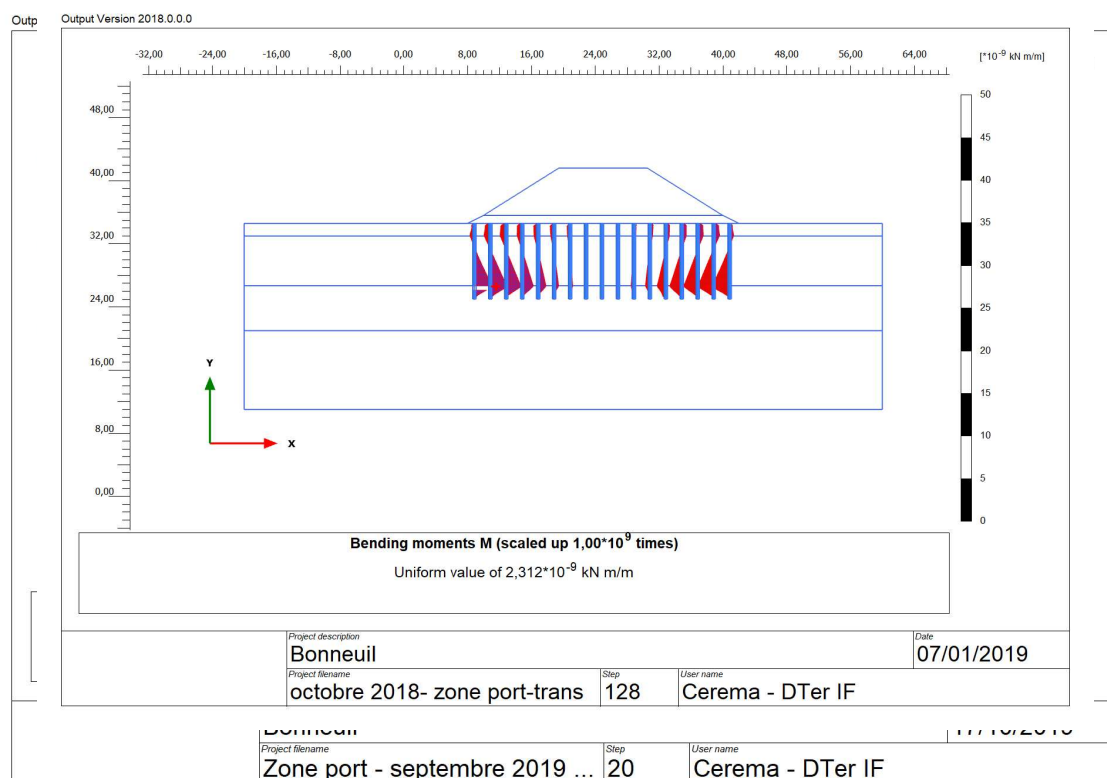
### 3.11.3 Vérification des inclusions

Les efforts et moments à considérer sont ceux issus d'une modélisation avec charge trafic de 20 kPa et le torseur en tête de culée transmis par le DIOA (diminué des efforts de sol ainsi que du poids de la culée) :

$$(V ; H ; M) = (-252 \text{ kN} ; -20 \text{ kN} ; 0)$$

#### Moment à travers l'inclusion :





Au plus défavorable, le moment de flexion dans l'inclusion vaut  $10 \cdot 10^{-9}$  kN.m/ml soit 20 kN.m.

### **Effort normal à travers l'inclusion :**

Au plus défavorable, l'effort normal dans l'inclusion vaut 125 kN/ml soit 250 kN.

Les inclusions sont vérifiées à l'ELS et à l'ELU, en portance et structurellement, de la même manière que les pieux. Les inclusions sont considérées forcées à la tarière creuse avec refoulement (Classe 3 catégorie 7 - VM).

### **Vérification de la portance :**

La portance est vérifiée selon le cas le plus défavorable, à savoir au droit de la zone Sud.

Les valeurs calculées pour les frottements latéraux dans les différentes couches sont exposées dans le tableau suivant :

Secteur 1 : Franchissement voie ferrée du port				
TN 35,5 mNGF	Cote base	Epaisseur	Pression limite nette PI*	Frottement latéral q <sub>s</sub>
Horizon	mNGF	m	MPa	kPa
Remblais	34,2	1,3	0,34	-
Alluvions Modernes	26,7	7,5	0,48	-
Alluvions Anciennes	21	5,7	1,43	128

Notons que les valeurs de q<sub>s</sub> sont bien toutes inférieures ou égales aux q<sub>smax</sub> disponibles dans la norme.

On prendra comme pression limite nette équivalente, **p<sub>ie</sub>\* = 1,43 MPa** (pression limite mesurée dans les Alluvions Anciennes).

En considérant une base des inclusions à 25 m ngf, et du frottement seulement dans les Alluvions Anciennes, celles-ci peuvent reprendre 268 kN -ELS Cara- et 380 kN -ELU fond-. Les inclusions sont donc vérifiées en portance.

#### Vérification de la résistance structurelle :

Le calcul de f<sub>ck</sub>\* est donné par la relation suivante :

$$f_{ck}^* = \inf(f_{ck}(t); C_{max}; f_{ck}) \cdot \frac{1}{k_1 k_2}$$

Avec les paramètres issus des recommandations ASIRI :

$$\begin{aligned} k_1 &= 1,3 \\ k_2 &= 1,15 \\ k_3 &= 1,7 \\ f_{ck} &= 25 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Le taux de travail des inclusions est limité à :

$$\sigma_{c,adm,moy} = 0,3 k_3 f_{ck}^* = 8,5 \text{ MPa} \quad \sigma_{c,adm,max} = 0,6 k_3 f_{ck}^* = 17,1 \text{ MPa}$$

Pour une inclusion de 30 cm de diamètre, les contraintes subies valent :

$$\sigma_{moy} = \frac{V_{max}}{A} \quad \sigma_{max} = \max \left[ \frac{V_{max}}{A} + \frac{BM}{2I}, \frac{V}{A} + \frac{BM_{max}}{2I} \right]$$

Le tableau ci-dessous indique les vérifications des contraintes bétons dans les pieux, en contraintes moyennes et maximales :

Zone	σ <sub>c,moy</sub> ELS cara		σ <sub>c,max</sub> ELS cara	
Inclusions Zones nord et sud	3,5	ok	12	ok

### Vérification au cisaillement :

Les inclusions pourront ne pas être armées dans le cas où  $\tau_{cp} < f_{cvd}$

$$\text{Où } \tau_{cp} = 1,5 \frac{V_{ed}}{A_c}$$

$$\text{et } f_{cvd} = (f_{ctd}^2 + \sigma_{cp} \cdot F_{ctd})^{0,5} \text{ si } \sigma_{cp} < \sigma_{clim} \quad f_{cvd} = (f_{ctd}^2 + \sigma_{cp} \cdot F_{ctd} - [\frac{\sigma_{cp} - \sigma_{clim}}{2}]^2)^{0,5} \text{ si } \sigma_{cp} \geq \sigma_{clim}$$

$f_{cvd} = 467 \text{ kPa}$  dans notre cas.

Selon le cas le plus défavorable, en considérant la surcharge routière, l'effort de cisaillement maximal est  $V_{ed} = 23,9 \text{ kN/ml}$  soit  $47,8 \text{ kN}$  par inclusion. Cette valeur a été obtenue ponctuellement en tête d'inclusion. Sous les 50 premiers centimètres,  $V_{ed}$  ne dépasse pas  $6,5 \text{ kN/ml}$  soit  $13 \text{ kN}$ .

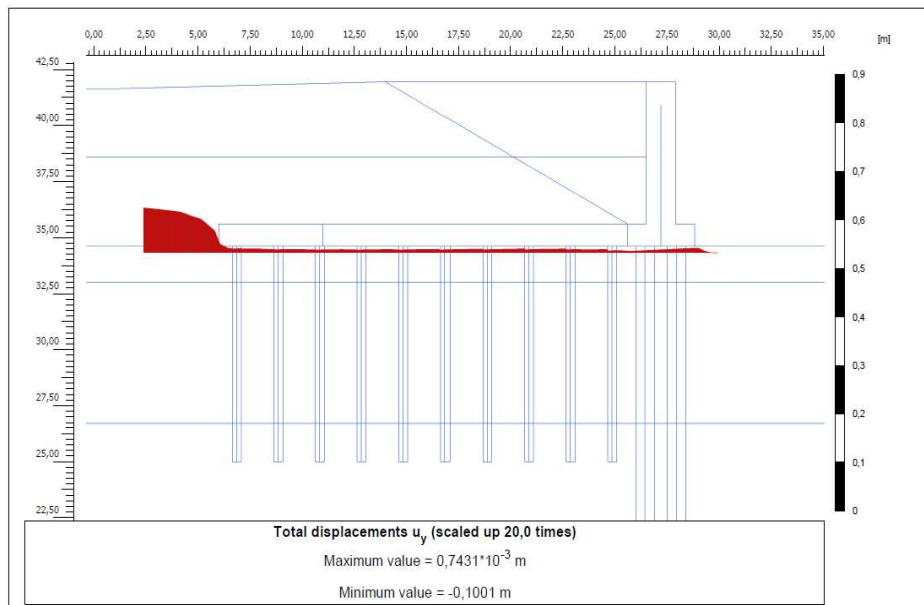
On a donc en tête d'inclusion :  $\tau_{cp} = 1014 \text{ kPa}$

et au  $\tau_{cp} = 276 \text{ kPa}$  maximum sous les 50 premiers centimètres.

Les inclusions devront être armées par sécurité. La vérification devra être menée lors des études d'exécution.

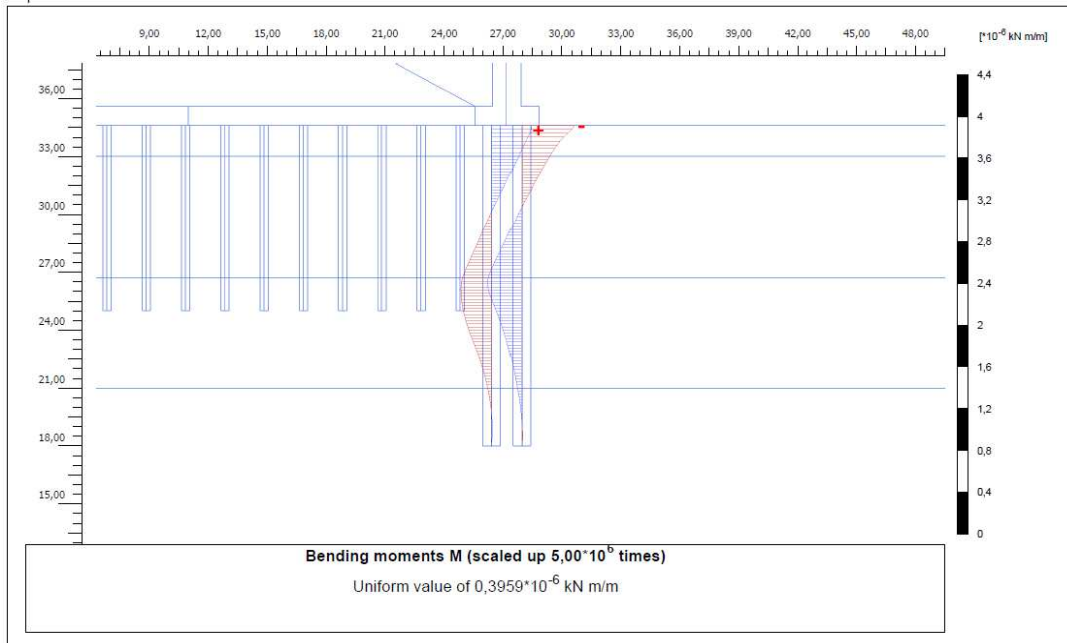
### **3.11.4 Evolution des tassements en fonction de l'éloignement du talus**

Les tassements prévisibles sont négligeables après le remblai.



### 3.11.5 Vérification des pieux

Les pieux ont déjà été vérifiés en portance précédemment. L'impact du remblai entraîne un moment supplémentaire à reprendre par les pieux.



#### Moment à travers les pieux:

Au plus défavorable, le moment de flexion dans les pieux vaut 533 kN.m/ml soit 2399 kN.m. Avec Plaxis on obtient les couples suivants :

$$(V_{\max} ; M) = (4208 \text{ kN} ; 1359 \text{ kN.m}) \quad \text{et} \quad (V ; M_{\max}) = (2399 \text{ kN} ; 2151 \text{ kN.m})$$

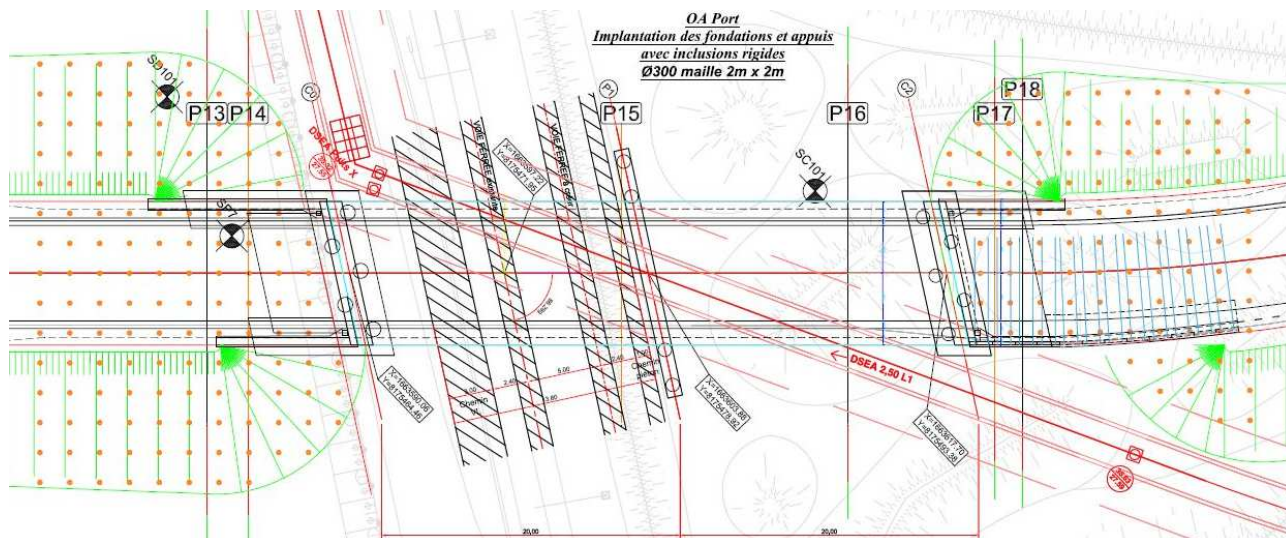
Pour un pieu de diamètre 90 cm (cas défavorable), la contrainte équivalente subie par le pieu vaut :

$$\sigma_{\text{moy}} = \frac{V_{\max}}{A} = 5,4 < 6,6 \text{ MPa} \quad \sigma_{\max} = \max \left[ \frac{V_{\max}}{A} + \frac{BM}{2I} ; \frac{V}{A} + \frac{BM_{\max}}{2I} \right] = 10 < 13,2 \text{ MPa}$$

Ces moments sont donc acceptables.

### 3.11.6 Vérification du plan d'implantation des inclusions

Le DIOA a implanté les inclusions rigides selon les prescriptions définies précédemment tout en s'adaptant à la géométrie ainsi qu'à la topographie du site. Celles-ci sont situées sous l'emprise du remblai.



## 3.12 Stabilité des remblais

D'un point de vue caractéristiques pour le dimensionnement, les valeurs suivantes ont été considérées :

	$\gamma_{\text{sat}}(\text{kN/m}^3)$	$E'(\text{kPa})$	$c'(\text{kPa})$	$\Phi'(^{\circ})$
Remblais d'apport	20	50 000	0	35

Une pente de 3H/2V pourra être considérée sur l'ensemble du tracé, qui est acceptable vis-à-vis des matériaux à mettre en place et notamment d'après les essais en laboratoire réalisés à ce jour.

L'approche de la hauteur maximale de remblai H à mettre en place est donnée par la relation suivante :

$$H = (\pi+2) \cdot C_u / \gamma F$$

Où

F : Facteur de sécurité = 1,3 (provisoire)

$C_u$  : Cohésion à court terme estimée grâce aux formules de Cassan ( $p_l/5,5=340 \text{ kPa}/5,5 = 61 \text{ kPa}$ )

$\gamma$  : Poids volumique du remblaiement ( $20 \text{ kN/m}^3$ )

Dans notre cas, la hauteur maximale de remblai vaut  $H=12 \text{ m}$

Le remblai peut être monté en une phase, en respectant un compactage par couche successive de 50 cm.

### 3.13 Remblai renforcé

Le mur en retour de la culée Nord de la Zone Port est prévu en remblai renforcé. Cet ouvrage reposera sur les inclusions rigides dans le but de limiter les tassements et sera raccordé à l'ouvrage en béton de la culée.

Sa justification est menée conformément à la norme NF P 94 270.

#### 3.13.1 Hypothèses géométriques

Le tableau ci-dessous récapitule les dimensions de l'ouvrage.

Caractéristique des bandes	
Nombre de lit	7
Longueur	Lits supérieurs (6 lits) : 7m / Lit inférieur : 6m
Largeur	5 cm
Espacement	0,5 m
Inclinaison	2°
$\mu_0/\mu_1$	1/0,56 (Annexe G.2.1 de la norme NF P 94 270, Type de remblais 2)
TR	40 kN (type Ecostrap type 40)

### 3.13.2 Justification de la stabilité

La justification de la stabilité générale et mixte est réalisé par le logiciel Talren V5 selon l'approche 3, avec les coefficients suivants :

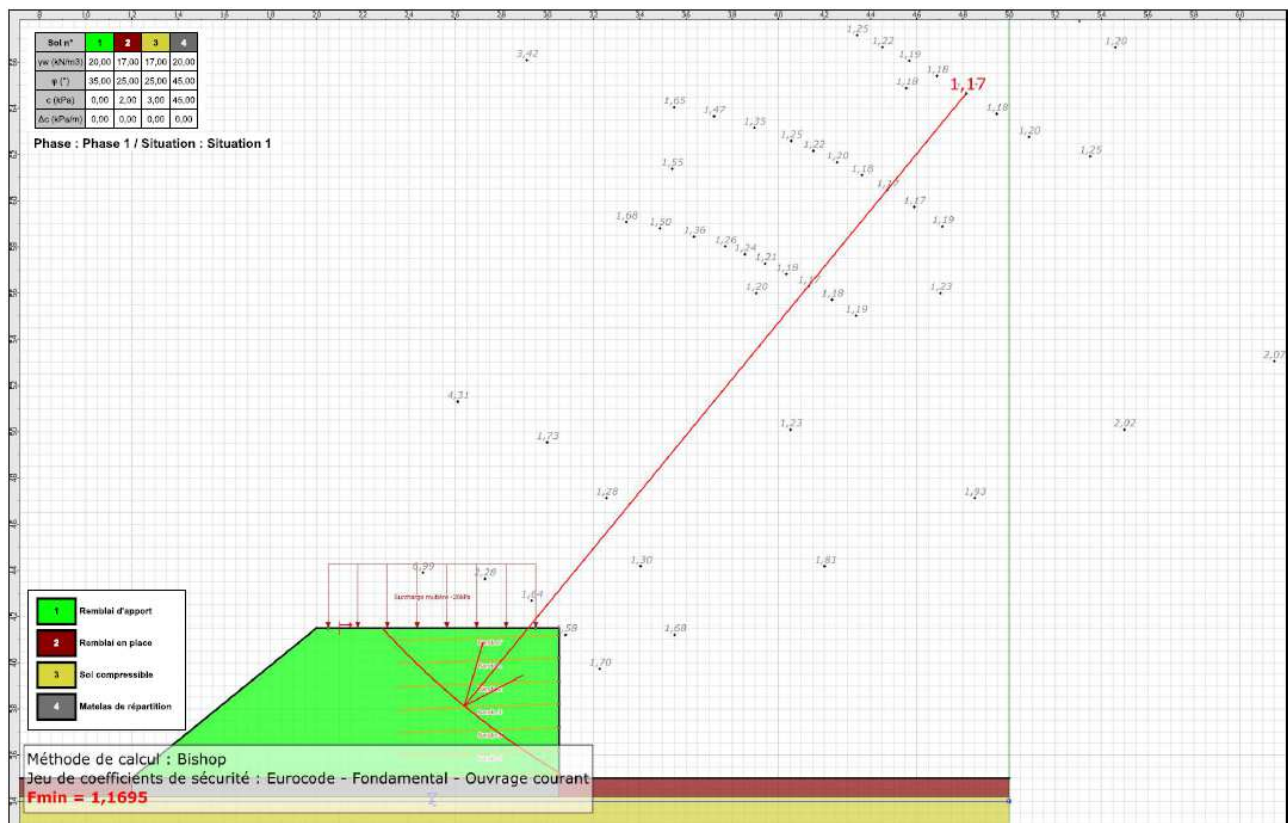
Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Eurocode - Fondamental - Ouvrage courant

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
$\Gamma_{min}$	1,000	$\Gamma_{s1}$	1,000	$\Gamma_{s1}$	1,000	$\Gamma_{\phi}$	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	$\Gamma_{cu}$	1,400
$\Gamma_Q$	1,300	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,100	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
$\Gamma_{pl}$	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	$\Gamma_{buton}$	1,000	$\Gamma_{s3}$	1,100

Un coefficient de sécurité de 1 est recherché.

Le résultat Talren 5 figure ci-après.





## 4.2 Torseurs des efforts

Le service DIOA de la DiRIF a transmis au Cerema le torseur des efforts s'appliquant au centre de gravité de la longrine, répartissant les efforts à chaque pieu. Une modélisation par le logiciel Hades a été réalisée afin d'obtenir les efforts verticaux ainsi que le moment max par pieu. Seul le cas du pieu le plus défavorable sera retenu et appliqué aux autres.

### **Culée Sud - C0 (5 pieux $\phi 800$ ) :**

Effort normal ELS qp(kN)	1320	Moment ELS qp (kN.m)	234	Tranchant ELS qp (kN)	167
Effort normal ELS cara-max(kN)	1710	Moment ELS cara (kN.m)	179	Tranchant ELS cara (kN.m)	354
Effort normal ELS cara-min(kN)	1440	Moment ELS cara (kN.m)	169	Tranchant ELS cara (kN.m)	354
Effort normal ELU max(kN)	2410	Moment ELU (kN.m)	216	Tranchant ELU (kN.m)	501
Effort normal ELU (kN)	2310	Moment ELU max (kN.m)	231	Tranchant ELU (kN.m)	501
Effort normal ELUmin (kN)	2690	Moment ELU (kN.m)	490	Tranchant ELU (kN.m)	164

### **Pile (4 pieux $\phi 800$ ) :**

Effort normal ELS qp(kN)	2080	Moment ELS qp (kN.m)	106	Tranchant ELS qp (kN)	351
Effort normal ELS cara-max(kN)	2543	Moment ELS cara (kN.m)	323	Tranchant ELS cara (kN.m)	107
Effort normal ELS cara-min(kN)	1979	Moment ELS cara (kN.m)	295	Tranchant ELS cara (kN.m)	98
Effort normal ELU max(kN)	3430	Moment ELU (kN.m)	439	Tranchant ELU (kN.m)	146
Effort normal ELU (kN)	1980	Moment ELU max (kN.m)	371	Tranchant ELU (kN.m)	112
Effort normal ELUmin (kN)	1980	Moment ELU (kN.m)	450	Tranchant ELA (kN.m)	149

### **Culée Nord – C1 (5 pieux $\phi 900$ ):**

Effort normal ELS qp(kN)	1400	Moment ELS qp (kN.m)	444	Tranchant ELS qp (kN)	201
Effort normal ELS cara-max(kN)	2530	Moment ELS cara (kN.m)	632	Tranchant ELS cara (kN.m)	404
Effort normal ELS cara-min(kN)	2260	Moment ELS cara (kN.m)	624	Tranchant ELS cara (kN.m)	404
Effort normal ELU max(kN)	3570	Moment ELU (kN.m)	860	Tranchant ELU (kN.m)	571
Effort normal ELU (kN)	3520	Moment ELU max (kN.m)	788	Tranchant ELU (kN.m)	571
Effort normal ELUmin (kN)	3210	Moment ELU (kN.m)	534	Tranchant ELU (kN.m)	111

## **4.3 Étude des fondations**

Les calculs ont été réalisés conformément à la norme NF P94-262. Nous procédons de la même façon que pour l'ouvrage du port.

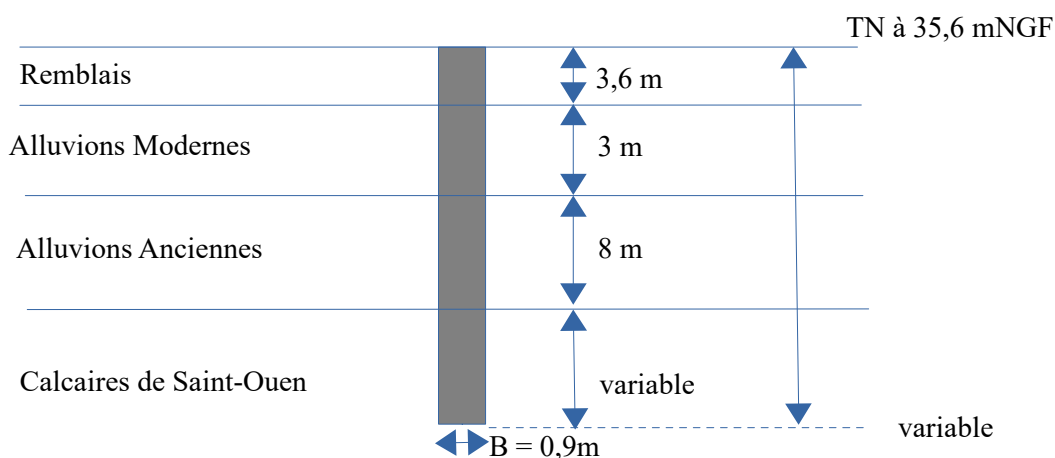
Au niveau de la RD10, le sol est plus hétérogène. Il est possible de distinguer deux zones au nord et au sud de la route départementale :

- Coupe Secteur 2 : Culée Nord
- Coupe Secteur 3 : Pile et Culée Sud

Le schéma suivant illustre les dimensions prévues pour les pieux ainsi que la coupe de sol au niveau de la RD10 à franchir.

### **Secteur 2 :**

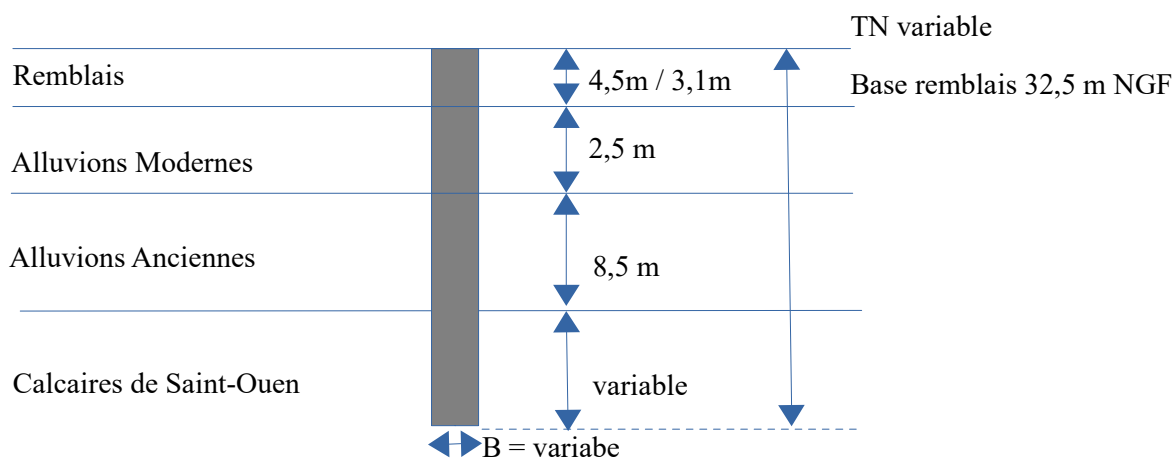
Les pieux seront forés depuis une plateforme de travail (PFT) correspondant au niveau du terrain naturel, soit à 35,6 m ngf. L'arase est prévue à la cote 36,1 m ngf. Ces altimétries seront à affiner en phase exécution.



*Dessin 2: Coupe de sol des pieux de la pile côté Nord de la RD10 (secteur 2)*

### Secteur 3 :

Les pieux seront forés depuis une plateforme de travail (PFT) supposée à 37 m ngf pour les pieux de la culée Sud et depuis une plateforme de travail supposée à 35,6m NGF pour les pieux de la pile. Ces altimétries seront à affiner en phase exécution.



Dessin 3: Coupe de sol des pieux de la pile et de la culée côté Sud de la RD10  
(secteur 3)

Nous nous plaçons dans l'hypothèse où les pieux sont des « forés tubés » dans les alluvions (FT) (afin de s'affranchir des éboulements possibles dans les alluvions et remblais) et forés simple dans le calcaire (FS). D'après la norme, les pieux sont donc de classe 1 et de catégorie 4 (FT) et classe 1 catégorie 1 (FS) dans le Calcaire de Saint Ouen.

Dans le cas où l'entreprise souhaiterait varier l'exécution des pieux (tarière creuse par exemple), celle-ci devra justifier la possibilité de traverser les bancs indurés par son retour d'expérience dans des horizons similaires.

D'après les sondages réalisés sur site, le risque de présence de dissolution de gypse au droit des fondations profondes est négligeable. Aucun travaux d'injection n'est à prévoir.

#### 4.3.1 Calcul du frottement latéral

Les valeurs calculées pour les frottements latéraux dans les différentes couches sont exposées dans le tableau suivant :

Secteur 2 : Franchissement RD10 Nord				
TN 35,6 mNGF	Cote base	Epaisseur	Pression limite nette PI*	Frottement latéral q <sub>s</sub>
Horizon	mNGF	m	MPa	kPa
Remblais	32	3,6	0,34	-
Alluvions Modernes	29	3	0,53	-
Alluvions Anciennes	21	8	2,79	90(FT)
Calcaire de Saint-Ouen	16	5	1,52	136,8 (FS)

Notons que les valeurs de  $q_s$  sont bien toutes inférieures ou égales aux  $q_{smax}$  disponibles dans la norme.

On prendra comme pression limite nette équivalente,  $p_{le}^* = 1,52 \text{ MPa}$  (pression limite mesurée dans le Calcaire de Saint-Ouen).

Secteur 3 : Franchissement RD10 Sud				
TN variable	Cote base	Epaisseur	Pression limite nette $PI^*$	Frottement latéral $q_s$
Horizon	$mNGF$	$m$	$MPa$	$kPa$
Remblais	32,5	variable	1,25	-
Alluvions Modernes	30	2,5	0,53	-
Alluvions Anciennes	21,5	8,5	1,42	85 (FT)
Calcaire de Saint-Ouen	11	10,5	1,72	139,8 (FS)

Notons que les valeurs de  $q_s$  sont bien toutes inférieures ou égales aux  $q_{smax}$  disponibles dans la norme.

On prendra comme pression limite nette équivalente,  $p_{le}^* = 1,72 \text{ MPa}$  (pression limite mesurée dans le Calcaire de Saint-Ouen).

## 4.3.2 Calcul des charges admissibles des pieux

### 4.3.2.1 Calcul du coefficient de portance

Comme pour l'ouvrage du port,  $D_{eff}/B$  est supérieur à 5.

On a ainsi :  $k_p = k_{pmax} = 1,45$  (valeur évaluée dans le Calcaire de Saint-Ouen)

### 4.3.2.2 Résultats des calculs

Le tableau suivant expose les charges reprises par les pieux pour les différents états limites. La présence d'inclusions rigides supportant le remblai rend négligeable l'impact du remblai sur les pieux. Les frottements négatifs ne sont donc pas à considérer.

Culée Sud — C0 :		Charges admissibles par pieu max (kN)		Valeur calcul (kN)	
ELScara	5 pieux, $\Phi 800$ $A_i = 19,5 \text{ m ngf}$	Rc;crd =	2099	$V_{max} =$	1710
ELS-QP		Rc;crd =	1717	$V_{max} =$	1320
ELUfond		Rc;d =	2711	$V_{max} =$	2690

Pile :		Charges admissibles par pieu max (kN)		Valeur calcul (kN)	
ELScara	4 pieux, $\Phi 800$ Ai = 16,5 m ngf	Rc;crd =	2747	V <sub>max</sub> =	2543
ELS-QP		Rc;crd =	2247	V <sub>max</sub> =	2080
ELUfond		Rc;d =	3468	V <sub>max</sub> =	3430
ELA		Rc;d =	3814	V <sub>max</sub> =	1980

Culée Nord — C1 :		Charges admissibles par pieu max (kN)		Valeur calcul (kN)	
ELScara	5 pieux, $\Phi 900$ Ai = 17 m ngf	Rc;crd =	2819	V <sub>max</sub> =	2530
ELS-QP		Rc;crd =	2306	V <sub>max</sub> =	1400
ELUfond		Rc;d =	3582	V <sub>max</sub> =	3570

#### 4.3.2.3 Résultats des calculs de vérification de sections

Le tableau ci-dessous indique les vérifications des contraintes bétons dans les pieux, en contraintes moyennes et maximales :

Zone	$\sigma_{c,moy}$ ELS cara		$\sigma_{c,max}$ ELS cara	
Culée C0	3,4	ok	6,9	ok
Pile	5,1	ok	11,5	ok
Culée C1	3,9	ok	12,8	ok

Les contraintes calculées correspondent à la contrainte subie par le pieu du fait du torseur.

## 4.4 Estimation des tassements sur sols compressibles

Les secteurs 2 et 3 du projet sont sujets aux sols compressibles. Dans ce contexte, si  $H$  est la différence entre la cote du terrain naturel et celle du projet, la hauteur  $H_r$  du remblai à mettre en place sera telle que :

$$H_r = H + \Delta h$$

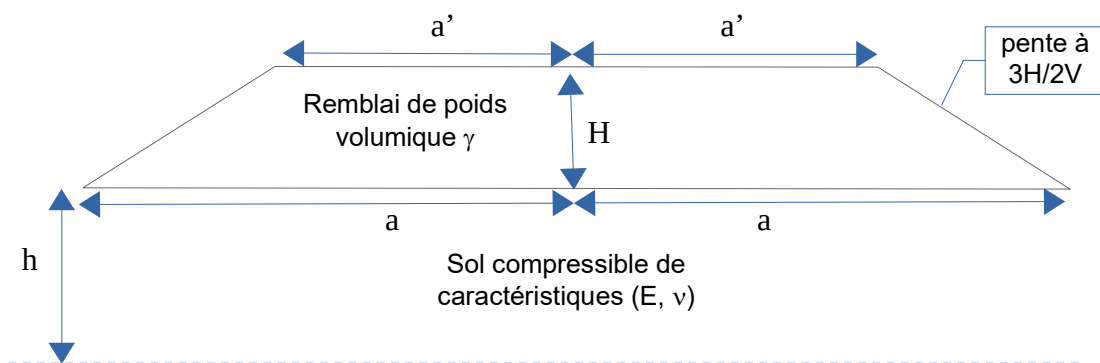
où  $\Delta h$  est le tassement provoqué par le remblai de hauteur  $H_r$ .

La hauteur de tassement,  $\Delta h$ , à considérer est la somme du tassement immédiat,  $\Delta h_i$ , et du tassement de consolidation,  $\Delta h_c$  :

$$\Delta h = \Delta h_i + \Delta h_c$$

La hauteur maximale de remblai théorique à mettre en place,  $H$ , est de 6 m côté Nord et 4,7 m côté Sud. Une coupe pour les 2 zones sera considérée.

### 4.4.1 Tassement immédiat



La formule permettant de calculer le tassement immédiat,  $\Delta h_i$ , est la suivante :

$$\Delta h_i = \frac{(\gamma \cdot H)}{E} \cdot \frac{\hat{a}}{(a - a')} \cdot [rH - \left(\frac{a'}{a}\right)^2 \cdot r' H]$$

Avec

$a' = 5,5$  m

$a$  = Variable selon les cas

$H$  = Variable selon les cas (hauteur maximale du remblai à mettre en place (m))

$h$  = Variable selon les cas

$rH$  = Valeur définie avec les abaques de GIROUD

$r'H$  = Valeur définie avec les abaques de GIROUD

$E = E_m / \alpha = 2570$  kPa (module de Young du sol)

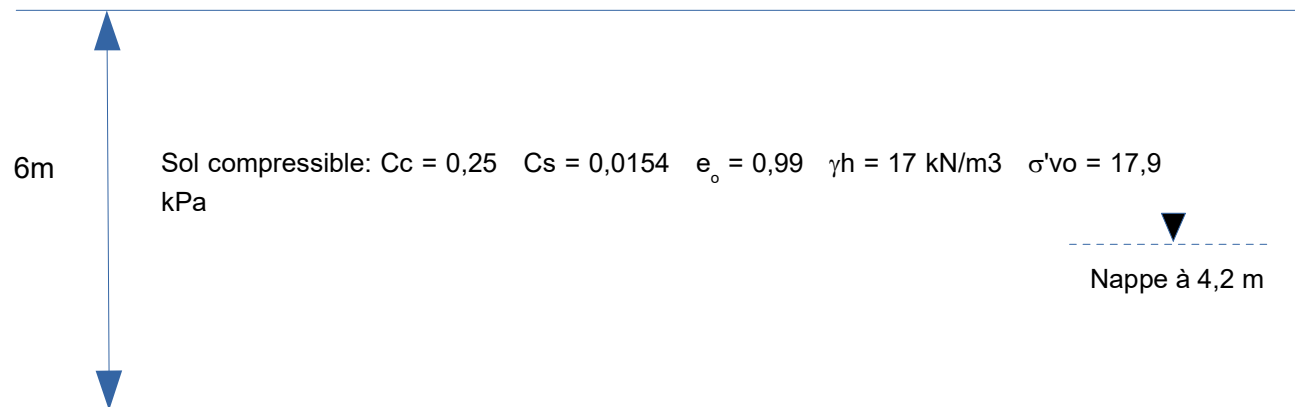
Soit les valeurs de tassements instantanées suivantes :

Données d'entrée			$\Delta h_i$
H = 6 m / h=6m	A= 14,5 / a'=5,5	RH = 0,29 / r'h =0,67	20cm
H = 4 m / h=6 m	A= 11,5 / a'= 5,5	RH = 0,27 / r'h = 0,48	11cm
H = 3 m / h=6 m	a= 10 / a'= 5,5	RH = 0,22 / r'h = 0,37	5cm

Nota : Dans notre cas, la hauteur de remblais est considérée comme compressible.

#### 4.4.2 Tassements de consolidation

Les hauteurs d'horizons sont très variables en fonction de la zone du projet. Par conséquent, par simplification, une coupe de sol type de calculs a été considérée pour l'estimation des tassements de part et d'autre de la RD10. La coupe retenue est sécuritaire, les épaisseurs de couches sont fictives mais tiennent compte de la répartition des natures de sol.



Le tassement de consolidation,  $\Delta h_c$ , est calculé avec les relations suivantes :

$$\text{Si } \sigma'_{v0} + \Delta \sigma > \sigma'_p : \Delta h_c = h \left( C_s / (1 + e_0) \cdot \log(\sigma'_p / \sigma'_{v0}) + C_c / (1 + e_0) \cdot \log((\sigma'_{v0} + \Delta \sigma) / (\sigma'_p)) \right)$$

$$\text{Si } \sigma'_{v0} + \Delta \sigma < \sigma'_p : \Delta h_c = h \cdot C_s / (1 + e_0) \cdot \log((\sigma'_{v0} + \Delta \sigma) / \sigma'_{v0})$$

$$\text{Si } \sigma'_{v0} > \sigma'_p : \Delta h_c = h \cdot C_c / (1 + e_0) \cdot \log((\sigma'_{v0} + \Delta \sigma) / \sigma'_{v0})$$

Avec

- h, la hauteur de la couche compressible concernée ;
- $C_c$ , l'indice de compression ;
- $C_s$ , l'indice de gonflement ;
- $e_0$ , l'indice des vides ;
- $\Delta \sigma$ , la charge apportée par le remblai ;
- $\sigma'_{v0}$ , la contrainte verticale effective au milieu de la couche concernée.

La charge apportée par le remblai se calcule ainsi :

$$\Delta\sigma = \gamma_h H$$

Avec un poids volumique  $\gamma_h$  de 20 kN/m<sup>3</sup>.

La nappe est prise en compte dans le calcul de la contrainte verticale effective.

Le tableau suivant récapitule les paramètres considérés pour l'estimation des tassements:

	<b>h</b>	<b>C<sub>c</sub></b>	<b>C<sub>s</sub></b>	<b>e<sub>o</sub></b>	<b>σ'p</b>
	<i>m</i>				<i>kPa</i>
Sol compressible	6,00	0,250	0,015	0,99	18,00

#### 4.4.3 Résultats des tassements de consolidations et immédiats

Les hauteurs de tassements immédiats et de consolidations en fonction des différents cas sont présentés dans le tableau suivant, avec la hauteur de remblais considérée.

Hauteur remblai	$\Delta\sigma$	$\Delta h_c$	$\Delta h_i$	$\Delta h$	Hr
<i>m</i>	<i>kPa</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>
3	60,00	0,25	0,05	0,30	3,3
4	80,00	0,31	0,11	0,42	4,4
6	120,00	0,4	0,2	0,6	6,6

### 4.5 Temps de consolidation

Le calcul du temps de consolidation nous permettra d'estimer le temps nécessaire à l'obtention d'un degré de consolidation 90 % du sol support du remblai. C'est le temps entre les deux phases de construction du remblai. Il faut attendre 90 % de la consolidation du sol de fondation sous la charge d'un remblai avant de pouvoir monter le remblai jusqu'à sa hauteur finale. Dans le but de raccourcir le temps de consolidation, un système de drains verticaux peut être envisagé. Dans cette étude, deux cas seront étudiés, le premier sans système de drainage et le second avec des drains verticaux.

#### 4.5.1 Cas sans drains

Dans le cas de préchargement sans drains, la relation suivante permet d'estimer le temps nécessaire, noté  $t$ , pour obtenir ce degré de consolidation :

$$t = \frac{(T_v \cdot (\frac{h}{2})^2)}{C_v}$$

Avec

$T_v$ , le facteur temps oedométrique  
 $h$ , la hauteur de la couche de sol compressible  
 $C_v$ , le coefficient de consolidation verticale

$h/2$  correspond à la distance de drainage minimale dans la couche de sol compressible. Comme le sol compressible est au-dessus des Alluvions Anciennes (couche plutôt perméable), la distance de drainage correspond à la demi-hauteur de la couche des sols compressibles.

Lorsque le massif de sol compressible est composé de plusieurs couches, le coefficient de consolidation verticale équivalent, noté  $C_{ve}$ , est donné par la relation suivante :

$$C_{ve} = \frac{(\sum h_i)^2}{\left(\sum \frac{h_i}{\sqrt{C_{vi}}}\right)^2}$$

Avec

$h_i$ , la hauteur de la couche considérée  
 $C_{vi}$ , le coefficient de consolidation verticale de la couche considérée

La coupe de sol considérée pour calculer le temps nécessaire pour atteindre un degré de consolidation de 90% est la même que celle définie pour le calcul des tassements de consolidation.

	$h_i$	$C_{vi}$	$T_v$	$t$
	$m$	$m^2/s$		$ans$
Sol compressible	6	$5.10^{-8}$	0,848	4,8

Le temps nécessaire pour obtenir un degré de consolidation de 90% du sol support du remblai est 4,8 ans environ. Cette durée est très pessimiste puisqu'elle considère un sol compressible d'environ 6 m alors que la puissance compressible varie selon les endroits. De plus, seul un essai oedométrique a été réalisé au droit de cette zone. Un temps moindre est attendu.

Le graphique suivant décrit l'évolution du degré de consolidation au cours du temps.

#### 4.5.2 Cas avec drains

Avec la mise en place de drains verticaux, de 6m de hauteur minimum, la relation suivante permet d'estimer le temps nécessaire, noté  $t$ , pour obtenir ce degré de consolidation :

$$t = \frac{(T_v \cdot (\frac{h}{2})^2)}{C_v}$$

Avec

$T_v$ , le facteur temps oedométrique (0,848 dans notre cas)  
 $h$ , la distance horizontale représentant la moitié de l'influence du drain vertical, en considérant une maille carrée dans notre cas  
 $C_v$ , le coefficient de consolidation verticale

Nota : La relation est la même avec ou sans drains mais la distance considérée évolue.  
 Le dimensionnement du système de drainage a été réalisé en considérant les abaques de Barron.  
 Pour son utilisation, il a été considéré :

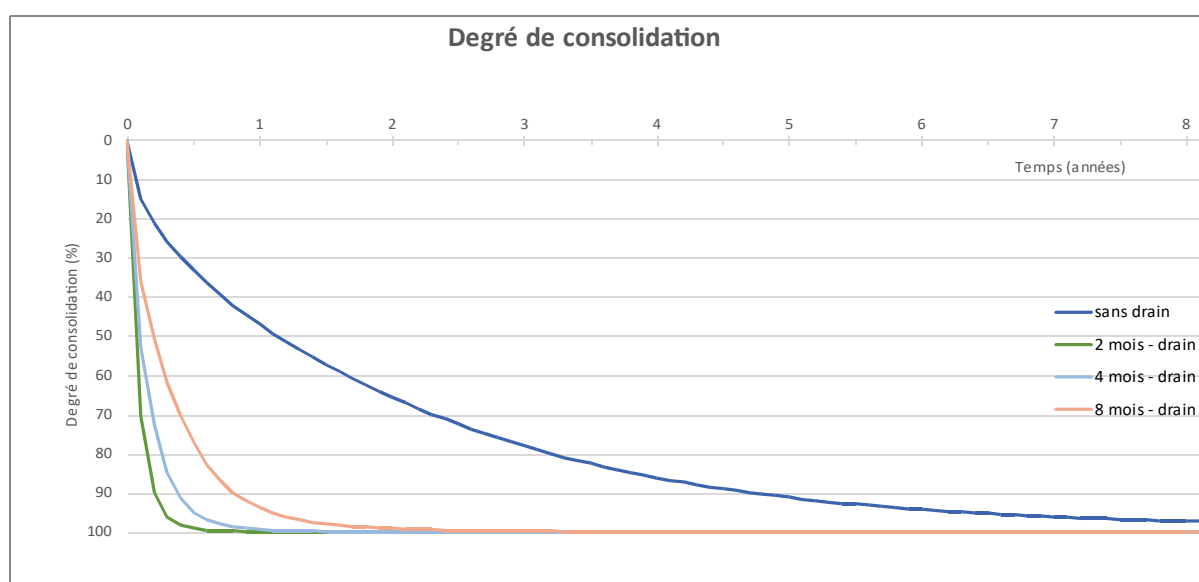
$C_r = 5 C_{ve} = 2,5 \cdot 10^{-7}$   
Diamètre de drains de 10 cm

Le maillage dépendra de la durée souhaitée pour obtenir les 90 % de consolidation. Trois cas seront traités, à 2, 4 et 8 mois.

Temps de consolidation	$U_r$	Diamètre d'influence (*)	Aire d'influence	Largeur équivalente (maille carrée)
mois	%	$m$	$m^2$	$m$
2	90	1,4	1,5	1,2
4	90	1,9	2,8	1,7
8	90	2,8	6,1	2,4

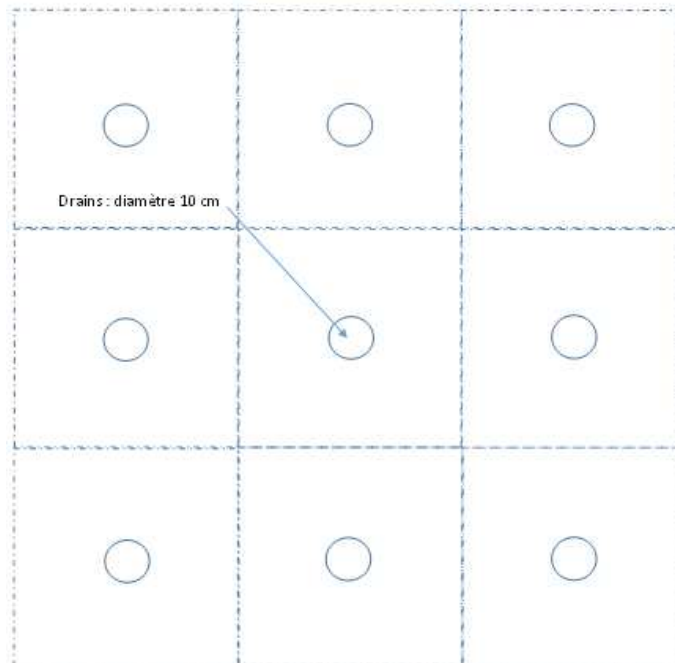
(\*) maille circulaire

Le graphique suivant décrit l'évolution du degré de consolidation au cours du temps selon la présence ou non de drains.



Le maillage des drains dépendra de l'évolution des tassements souhaitée. En effet, à titre d'exemple, pour obtenir 90 % de consolidation bout de 8 mois (courbes orange ci-dessus), les drains de 10 cm de diamètre auront une zone d'influence de 2,8 m en mailles carrées. Le schéma ci-dessous montre le calepinage à réaliser.

D : influence du drain:1,2 m (2mois) / 1,7m (4mois) / 2,4m(8mois)



#### 4.6 Cas particulier 1 – 2 cm de tassement de consolidation

Comme demandé par la maîtrise d'oeuvre, un cas particulier est traité dans cette partie où l'objectif est d'estimer le temps de consolidation afin qu'il ne reste que 2 cm de tassement de consolidation à réaliser.

Pour la construction du remblai de l'OARD10, cela nécessite un degré de consolidation de l'ordre de 95 %.

Seul le cas avec drain est traité.

Avec la mise en place de drains verticaux, la relation suivante permet d'estimer le temps nécessaire, noté  $t$ , pour obtenir ce degré de consolidation :

$$t = \frac{(T_v \cdot (\frac{h}{2})^2)}{C_v}$$

Avec

$T_v$ , le facteur temps oedométrique

$h$ , la distance horizontale représentant la moitié de l'influence du drain vertical, en considérant une maille carrée dans notre cas

$C_v$ , le coefficient de consolidation verticale

Nota : La relation est la même avec ou sans drains mais la distance considérée évolue.

Le dimensionnement du système de drainage a été réalisé en considérant les abaques de Barron. Pour son utilisation, il a été considéré :

$$C_r = 5 C_{ve} = 2,5 \cdot 10^{-7}$$

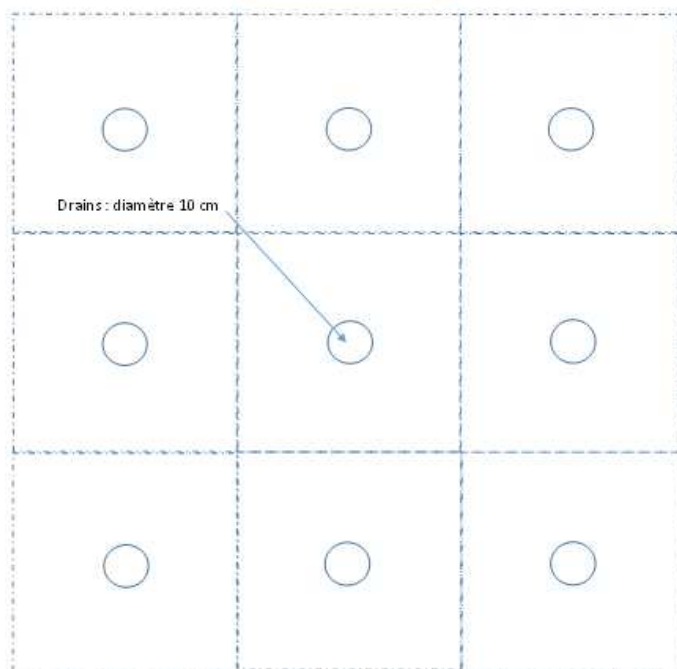
Diamètre de drains de 10 cm

Le maillage dépendra de la durée souhaitée pour obtenir les 95 % de consolidation. Trois cas seront traités, à 2, 4 et 8 mois.

Temps de consolidation	$U_r$	Diamètre d'influence (*)	Aire d'influence	Largeur équivalente (maille carrée)
mois	%	$m$	$m^2$	$m$
2	95	1,3	1,3	1,1
4	95	1,7	2,27	1,5
8	95	2,5	4,91	2,2

(\*) maille circulaire

D : influence du drain: 1,2 m (2mois) / 1,7m (4mois) / 2,4m(8mois)



## 4.7 Cas particulier 2 – 1 cm de tassement de consolidation

Comme demandé par la maîtrise d'oeuvre, un second cas particulier est traité dans cette partie où l'objectif est d'estimer le temps de consolidation afin qu'il ne reste que 1 cm de tassement de consolidation à réaliser.

Pour la construction du remblai de l'OARD10, cela nécessite un degré de consolidation de l'ordre de 98 %.

Seul le cas avec drain est traité.

Avec la mise en place de drains verticaux, la relation suivante permet d'estimer le temps nécessaire, noté  $t$ , pour obtenir ce degré de consolidation :

$$t = \frac{(T_v \cdot (\frac{h}{2})^2)}{C_v}$$

Avec

$T_v$ , le facteur temps oedométrique

$h$ , la distance horizontale représentant la moitié de l'influence du drain vertical, en considérant une maille carrée dans notre cas

$C_v$ , le coefficient de consolidation verticale

Nota : La relation est la même avec ou sans drains mais la distance considérée évolue.

Le dimensionnement du système de drainage a été réalisé en considérant les abaques de Barron.

Pour son utilisation, il a été considéré :

$$C_r = 5 C_{ve} = 2,5 \cdot 10^{-7}$$

Diamètre de drains de 10 cm

Le maillage dépendra de la durée souhaitée pour obtenir les 98 % de consolidation. Trois cas seront traités, à 2, 4 et 8 mois.

Temps de consolidation	$U_r$	Diamètre d'influence (*)	Aire d'influence	Largeur équivalente (maille carrée)
mois	%	$m$	$m^2$	$m$
2	98	1,2	1,1	1
4	98	1,5	1,8	1,3
8	98	2,1	3,5	1,8

(\*) maille circulaire

## 4.8 Calculs des tassements de fluage

Pour les deux cas, avec ou sans drains, afin de prendre en compte l'effet de fluage dû aux sols compressibles, il est possible de calculer le tassement annuel de cette couche de sols grâce au coefficient de consolidation secondaire.

Ce coefficient est déterminé au moyen de la partie linéaire de la courbe de consolidation secondaire en fonction du temps :

$$C_{\alpha} = \frac{\delta H}{H_i} \times \frac{1}{\delta \log t}$$

Avec

$\delta H$ , la variation de hauteur de l'éprouvette prise sur la partie linéaire de la courbe de consolidation en fonction du temps ;

$\delta \log t$ , la variation du logarithme décimal du temps prise sur la partie linéaire de la courbe de consolidation en fonction du temps.

Les essais oedométriques effectués dans le sondage SC101 ont permis d'évaluer le coefficient de fluage à 0,0391. Nous obtenons le tassement de fluage suivant pour la couche de tourbes (hauteur tourbe de 1 m pour la zone au Nord de l'OA, de 0,5m entre le début du remblai et la hauteur de remblai et 2,5m et 2 m de hauteur de tourbe entre la hauteur de 2,5m de remblai et l'OA) :

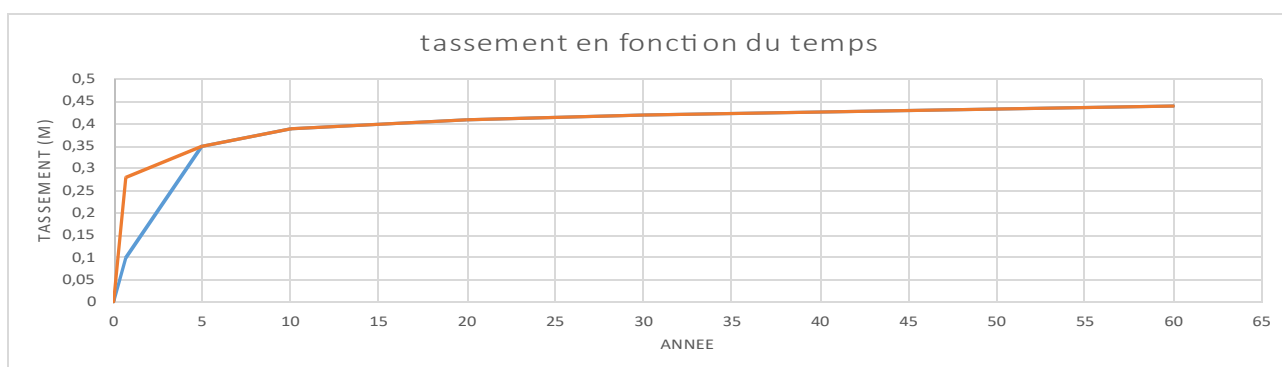
Tassement de fluage en cm	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	60 ans
Zone OA Nord (1m)	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Zone OA Sud - Jusqu'à hremblais=2,5m (0,5m)	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0
Zone OA Sud – Entre hremblais =2,5m et OA (2m)	5,0	8,0	10,0	11,0	13,0

## 4.9 Comparaison des évolutions des tassements en fonction des zones et du temps

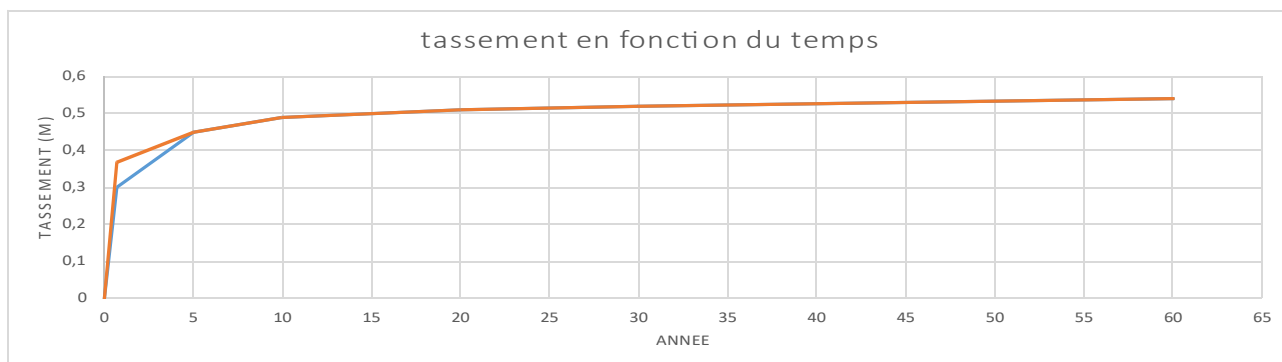
Les différents graphiques ci-après confirment l'impact de mise en place d'un réseau de drains verticaux pour l'accélération du tassement. Les tassements instantanés ne sont pas pris en considération car ils auront lieu lors de la mise en place du remblai.

Plusieurs cas sont traités en fonction de la hauteur de remblais. Les courbes oranges illustrent les différentes évolutions des tassements en fonctions des drains (U(90%) à 8 mois) et les courbes bleues illustrent les évolutions des tassements sans drains.

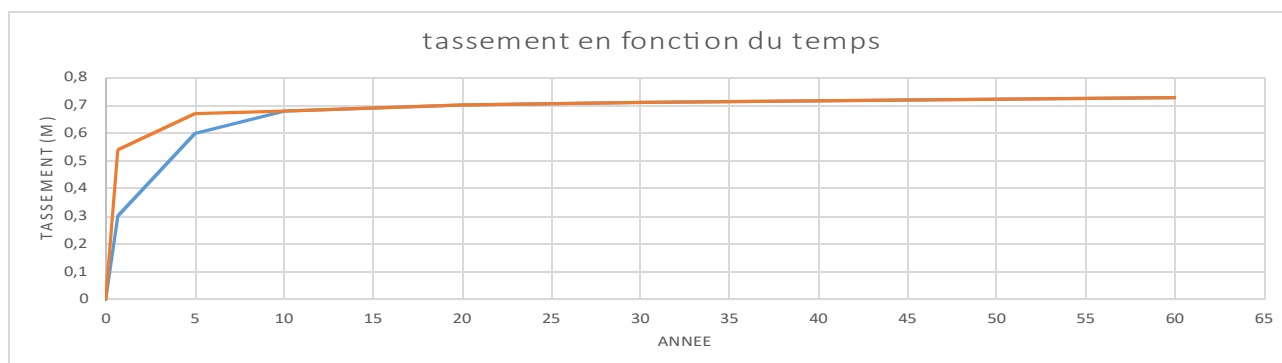
Hauteur 3 m :



Hauteur 4 m :



Hauteur 6 m :



## 4.10 Étude des inclusions rigides

### 4.10.1 Caractéristiques de la modélisation

Afin de limiter les tassements différentiels sur remblai entre les zones culée et remblai d'accès, des inclusions rigides sont à prévoir sur une certaine distance. La modélisation a été réalisée selon un modèle plan sous Plaxis. Pour se rapprocher des valeurs obtenues précédemment, une modélisation avec seulement le sol et sans inclusion a été réalisée dans le but d'estimer certains paramètres. Le tableau ci-dessous récapitule les données d'entrée considérées.

Une couche fictive de sol compressible a été considérée. Les paramètres de celle-ci ont été estimés afin de retrouver les valeurs de tassements calculées analytiquement.

	Modélisation	$\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	E' (kPa)	c'(kPa)	$\Phi'$ (°)	$\psi'$ (°)
Remblais d'apport	Mohr Coulomb	20	50 000	0	35	5
Sol compressible / Alluvions modernes	Mohr Coulomb	17	700	3	25	0
Alluvions Anciennes	Mohr Coulomb	18	40 000	0	35	5
Calcaire Saint Ouen	Mohr Coulomb	19	50 000	15	30	0
Matelas de répartition	Linéaire	20	50 000	-	-	-
Inclusion	Linéaire	25	5 000 000	-	-	-
Pieu	Linéaire	25	2 000 000	-	-	-

En considérant :

- Inclusions :
  - Maillage :2m\*2m ;
  - Diamètre :30 cm ;
  - Longueur:9,2 ;
  - Nombre inclusions:5 lignes \* 15 rangées ;

Nota : Pour la modélisation, une inertie beaucoup plus faible a été considérée ( $EI/10^9$ ), pour négliger le double considération de l'inclusion. Le moment réel sera à multiplier par  $10^9$  puis par l'espacement.

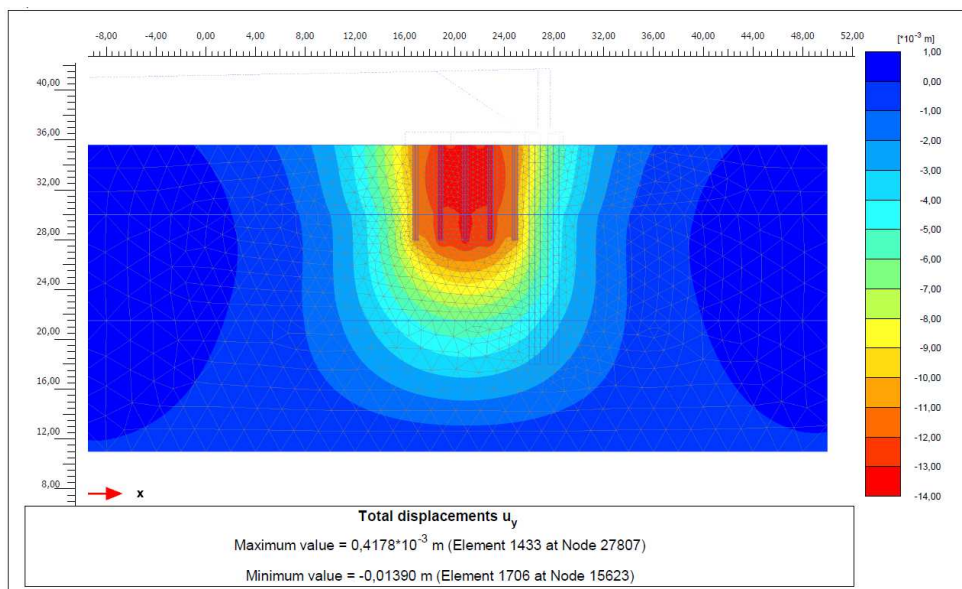
- Pieux :
  - Diamètre:90 cm ;
  - Espacement transversal : 4,5m ;
  - Espacement longitudinal : 1,5m ;

Dans cette modélisation, il a été considéré un matelas de répartition d'un mètre d'épaisseur servant à répartir les efforts à travers les inclusions. Cette épaisseur pourra être optimisée par l'amélioration des caractéristiques du matériau employé ou par l'emploi d'une géogrid. Une épaisseur minimale de 50 cm est nécessaire pour la répartition des efforts.

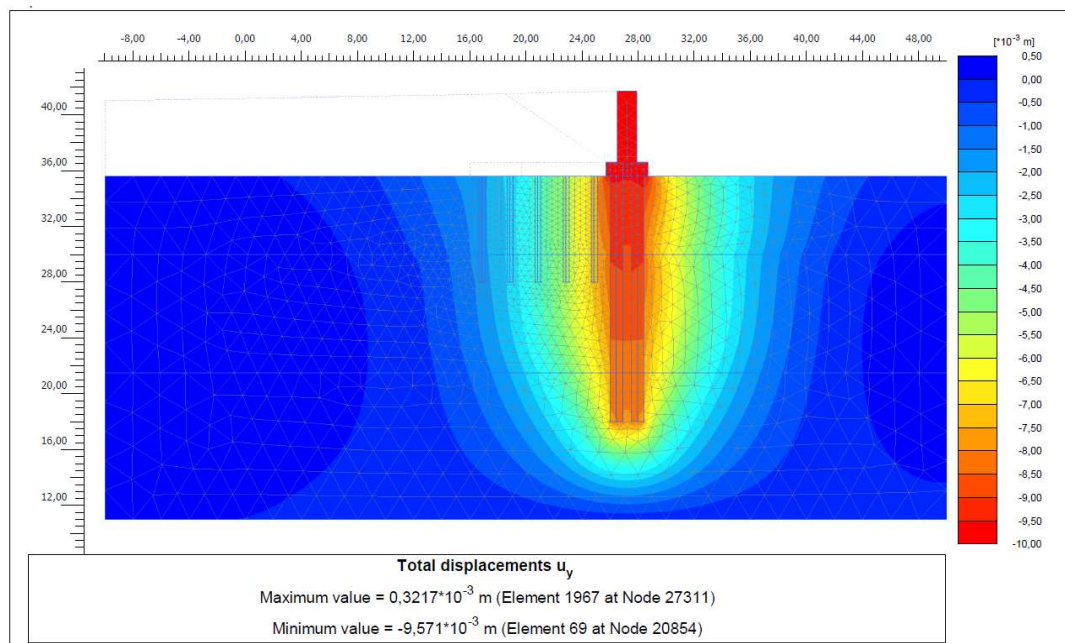
Le matelas de répartition pourra être réalisé en bicouche, avec par exemple une épaisseur de 0,2 m de graves 0/31,5 à la base puis 0,8 m de matériaux 0/60.

## 4.10.2 Phasage et résultats

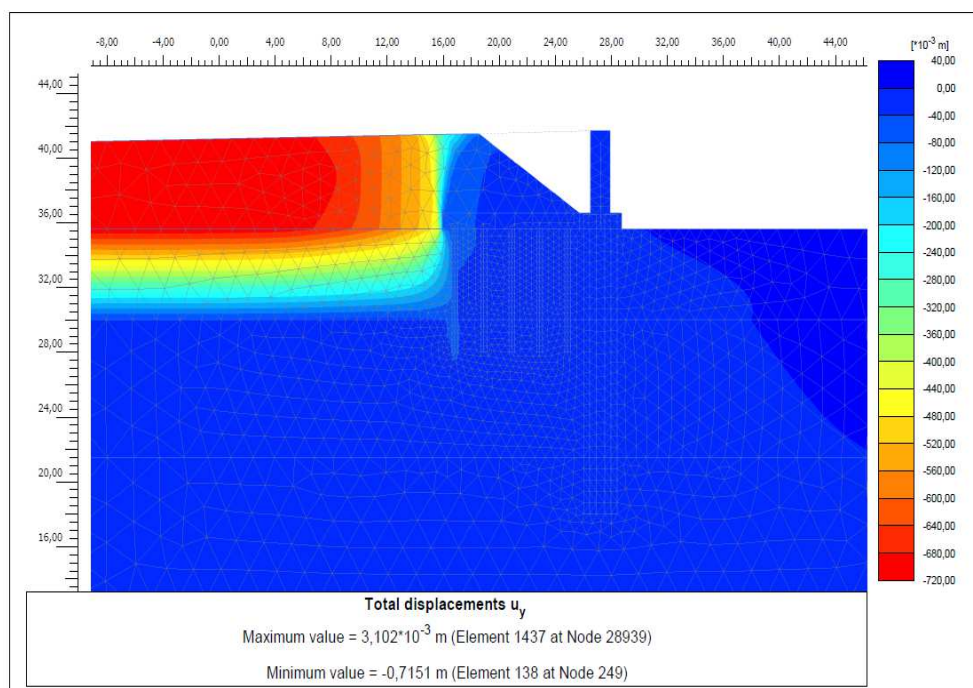
Phase 1 : Réalisation des inclusions rigides. Les inclusions ne seront réalisées qu'au droit de l'emprise du remblai.



Phase 2 : Réalisation des pieux et de la culée

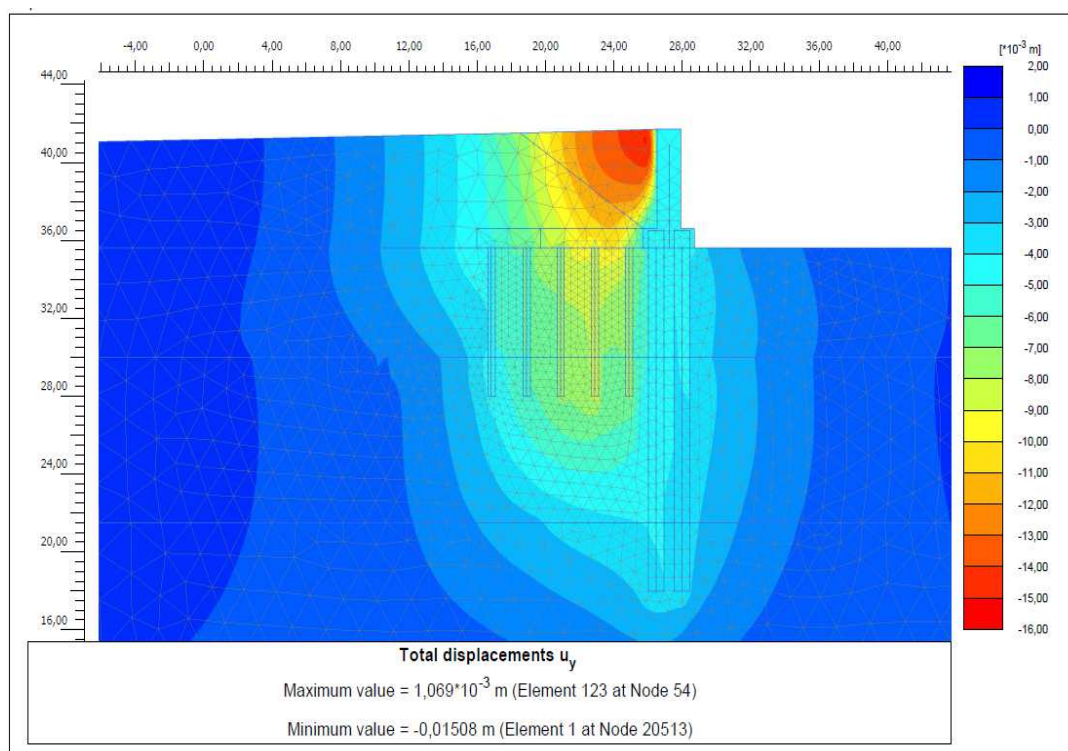


Phase 3 : Réalisation du remblai par couches compactées à l'avancement



La mise en place du remblai engendre un tassement de l'ordre de 72 cm au niveau du TN.

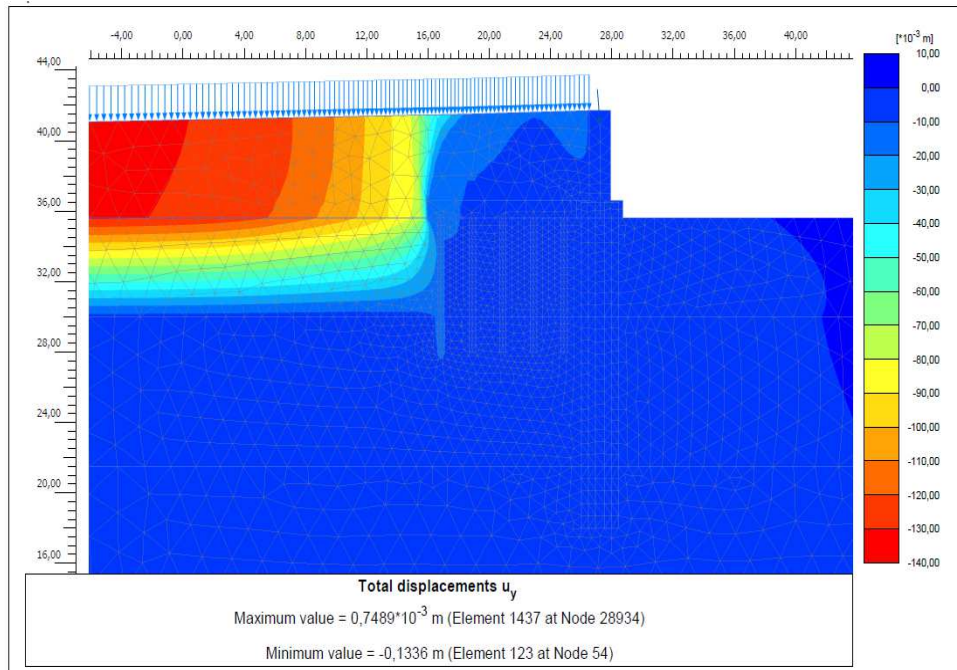
#### Phase 4 : Réalisation du remblaiement jusqu'à la culée



Les tassements les plus importants se situent au niveau de la zone en remblai. Ces tassements pourront être limités lors de l'exécution de ces derniers, avec un compactage soigné. Les tassements seront donc négligeables.

#### Phase 5 : Phase service – Phase 4 + trafic $q=20$ kPa

Cette phase sert notamment à extraire les résultats des moments et efforts axiaux à considérer pour la vérification des inclusions. Concernant les pieux, la surcharge a déjà été considérée dans la modélisation.



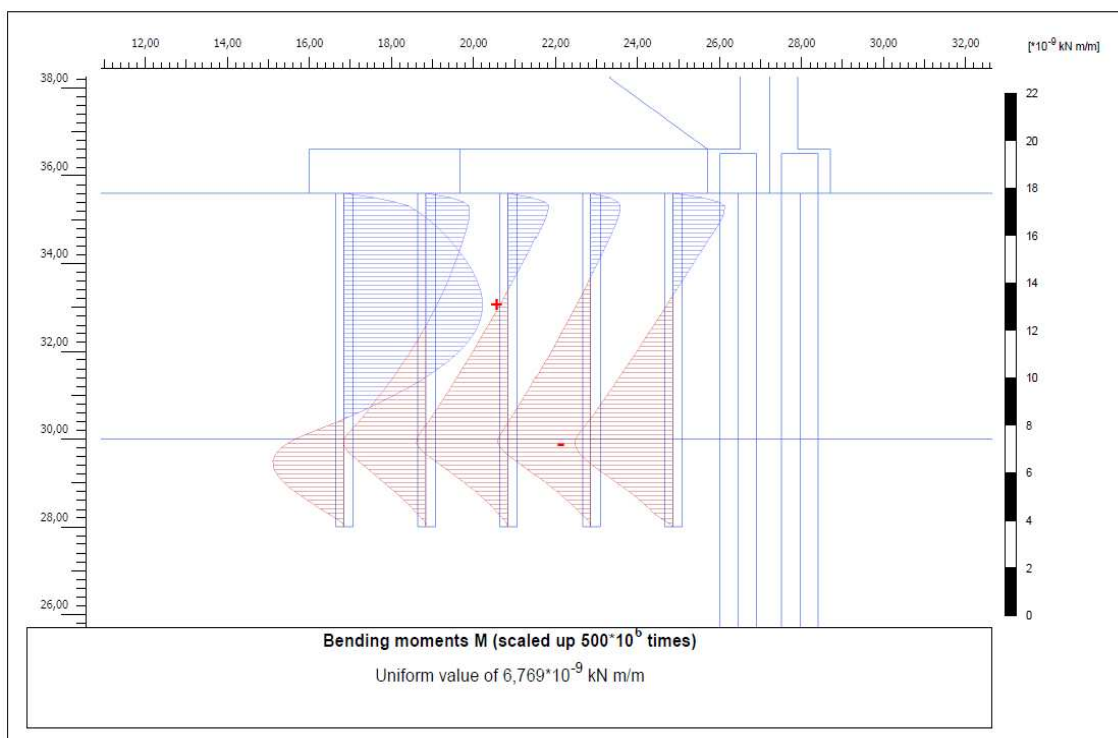
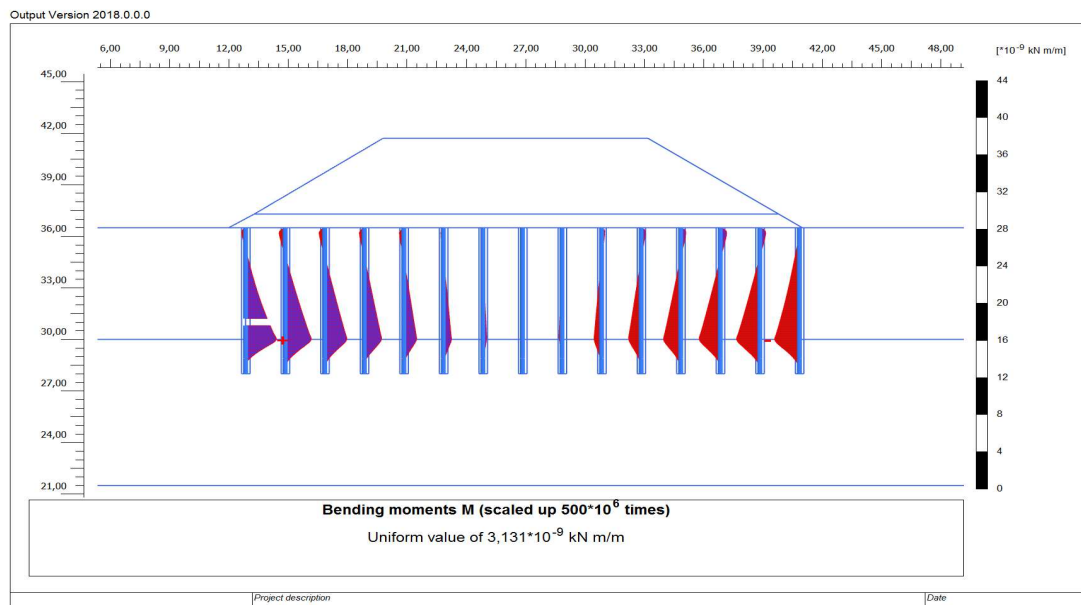
#### 4.10.3 Vérification des inclusions :

Les efforts et moments à considérer sont ceux issus d'une modélisation avec charge trafic de 20 kPa et le torseur en tête de culée transmis par le DIOA (diminué des efforts de sol) :

$$(H ; V ; M) = (23 \text{ kN} ; -269 \text{ kN} ; 0)$$

##### Moment à travers l'inclusion :

Les inclusions sont vérifiées avec les résultats extraits de la phase en considérant les efforts. Au plus défavorable, le moment de flexion dans l'inclusion vaut  $6,8 \cdot 10^{-9}$  kN.m/ml soit 13,6 kN.m.



### **Effort normal à travers l'inclusion :**

Au plus défavorable, l'effort normal au droit de l'inclusion  $98 \cdot 10^{-9}$  kN/ml soit 196 kN.

Les inclusions sont vérifiées à l'ELS et à l'ELU, en portance et structuellement, de la même manière que les pieux. Les inclusions sont considérées forées à la tarière creuse avec refoulement (Classe 3 catégorie 7 - VM).

### **Vérification de la portance :**

La portance est vérifiée selon le cas le plus défavorable, à savoir au droit de la zone Sud.

Les valeurs calculées pour les frottements latéraux dans les différentes couches sont exposées dans le tableau suivant :

Secteur 3 : Franchissement RD10 Sud					
TN variable	Cote base	Epaisseur	Pression limite nette $P_{le}^*$	kp	Frottement latéral $q_s$
Horizon	$mNGF$	$m$	$MPa$		$kPa$
Remblais	32,5	variable	1,25	-	-
Alluvions Modernes	30	2,5	0,53	-	-
Alluvions Anciennes	21,5	8,5	1,42	3,2	127,5

Notons que les valeurs de  $q_s$  sont bien toutes inférieures ou égales aux  $q_{smax}$  disponibles dans la norme.

On prendra comme pression limite nette équivalente,  $p_{le}^* = 1,42 \text{ MPa}$  (pression limite mesurée dans les Alluvions Anciennes).

En considérant une base des inclusions à 28 m ngf, et du frottement seulement dans les Alluvions Anciennes, celles-ci peuvent reprendre 289 kN -ELS Cara- et 403 kN -ELU fond-. Les inclusions sont donc vérifiées en portance.

#### Vérification de la résistance structurelle :

Le calcul de  $f_{ck}^*$  est donné par la relation suivante :

$$f_{ck}^* = \inf(f_{ck}(t); C_{max}; f_{ck}) \cdot \frac{1}{k_1 k_2}$$

Avec les paramètres issus des recommandations ASIRI :

$$k_1 = 1,3$$

$$k_2 = 1,15$$

$$k_3 = 1,7$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

Le taux de travail des inclusions est limité à :

$$\sigma_{c,adm,moy} = 0,3 k_3 f_{ck}^* = 8,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,adm,max} = 0,6 k_3 f_{ck}^* = 17,1 \text{ MPa}$$

Pour une inclusion de 30 cm de diamètre, les contraintes subies valent :

$$\sigma_{moy} = \frac{V_{max}}{A}$$

$$\sigma_{max} = \max\left[\frac{V_{max}}{A} + \frac{BM}{2I}; \frac{V}{A} + \frac{BM_{max}}{2I}\right]$$

Le tableau ci-dessous indique les vérifications des contraintes bétons dans les pieux, en contraintes moyennes et maximales :

Zone	$\sigma_{c,moy}$ ELS cara		$\sigma_{c,max}$ ELS cara	
Inclusions Zones nord et sud	2,8	ok	7,8	ok

### Vérification au cisaillement:

Les inclusions pourront ne pas être armées dans le cas où  $\tau_{cp} < f_{cvd}$

$$\text{Où } \tau_{cp} = 1,5 \frac{V_{ed}}{A_c}$$
$$\text{et } f_{cvd} = (f_{ctd}^2 + \sigma_{cp} \cdot F_{ctd})^{0,5} \text{ si } \sigma_{cp} \leq \sigma_{clim} \quad f_{cvd} = (f_{ctd}^2 + \sigma_{cp} \cdot F_{ctd} - [\frac{\sigma_{cp} - \sigma_{clim}}{2}]^2)^{0,5} \text{ si } \sigma_{cp} > \sigma_{clim}$$

$f_{cvd} = 467 \text{ kPa}$  dans notre cas.

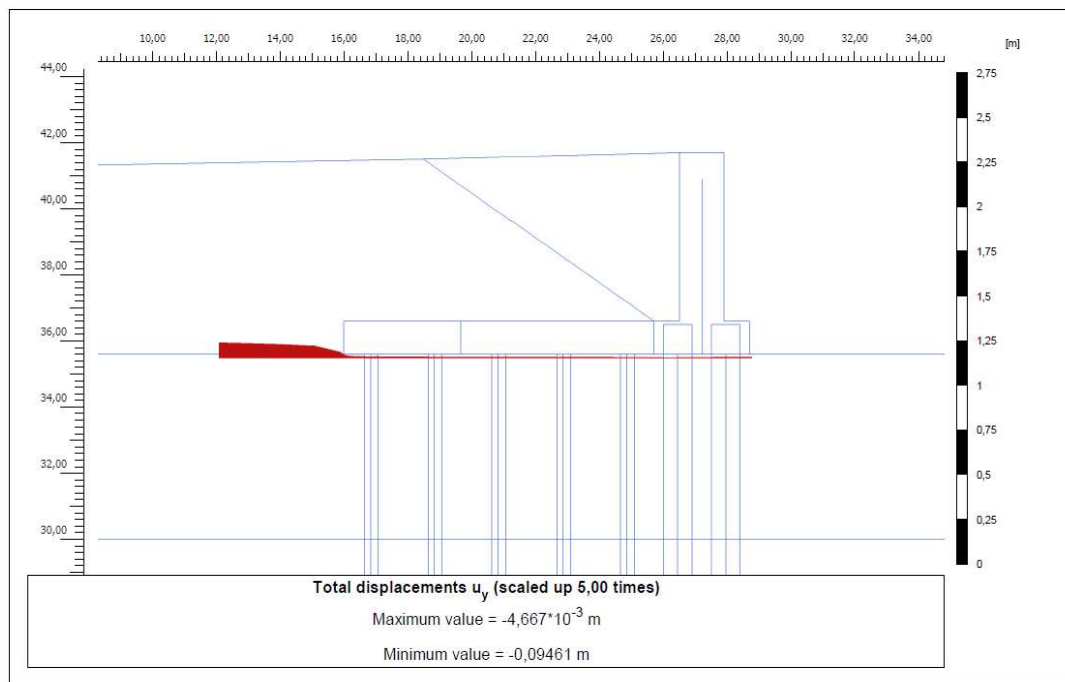
Selon le cas le plus défavorable, en considérant la surcharge routière, l'effort de cisaillement maximal est  $V_{ed} = 5,4 \text{ kN/ml}$  soit  $10,8 \text{ kN}$  par inclusion.

On a donc :  $\tau_{cp} = 229 \text{ kPa}$

Les inclusions devront être armées par sécurité. La vérification devra être menée lors des études d'exécution.

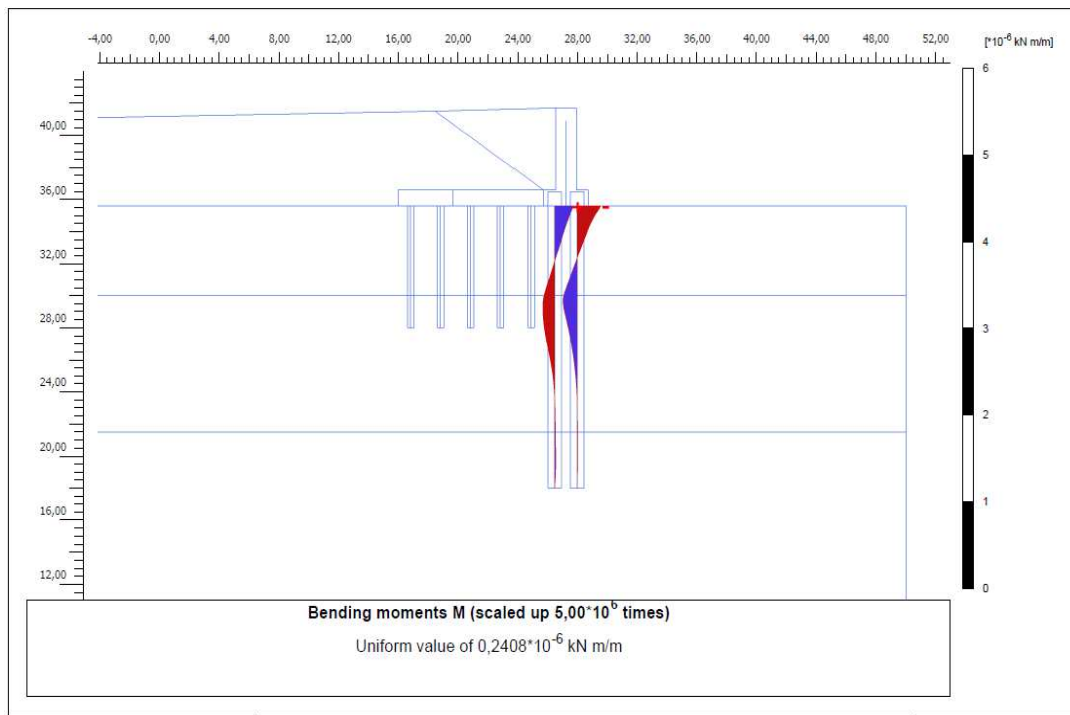
#### 4.10.4 Evolution des tassements en fonction de l'éloignement du talus

Les tassements prévisibles seront de l'ordre de 8mm à 2 m de l'ouvrage.



#### 4.10.5 Vérification des pieux :

La même méthode qu'au chapitre 3 – Zone Port a été considérée. La surcharge a été considérée lors de la modélisation de l'ouvrage.



Au plus défavorable, le moment de flexion dans les pieux vaut  $312 \cdot 10^{-9} \text{ kN.m/ml}$  soit  $1404 \text{ kN.m}$ . Avec Plaxis on obtient les couples suivants :

$$(V_{\max} ; M) = (3528 \text{ kN} ; 711 \text{ kN.m}) \quad \text{et} \quad (V ; M_{\max}) = (1701 \text{ kN} ; 1404 \text{ kN.m})$$

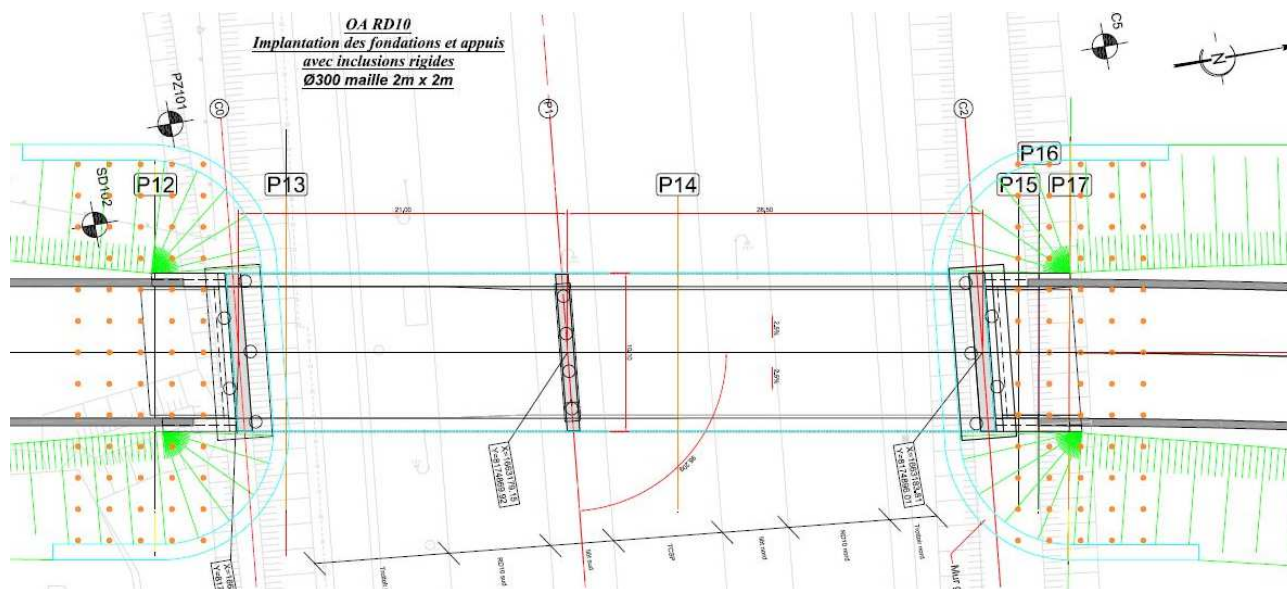
Pour un pieu de diamètre 90 cm, la contrainte équivalente subie par le pieu vaut :

$$\sigma_{\text{moy}} = \frac{V_{\max}}{A} = 5,5 < 6,6 \text{ MPa} \quad \sigma_{\max} = \max \left[ \frac{V_{\max}}{A} + \frac{BM}{2I} ; \frac{V}{A} + \frac{BM_{\max}}{2I} \right] = 9,2 < 13,2 \text{ MPa}$$

Ces moments sont donc acceptables.

#### 4.10.6 Vérification du plan d'implantation des inclusions

Le DIOA a implanté les inclusions rigides selon les prescriptions définies précédemment tout en s'adaptant à la géométrie ainsi qu'à la topographie du site. Celles-ci sont situées sous l'emprise du remblai.



#### 4.11 Stabilité des remblais

D'un point de vue caractéristiques pour le dimensionnement, les valeurs suivantes ont été considérées :

	$\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$E'$ (kPa)	$c'$ (kPa)	$\Phi'$ (°)
Remblais d'apport	20	50 000	0	35

Une pente de 3H/2V pourra être considérée sur l'ensemble du tracé, qui est acceptable vis-à-vis des matériaux à mettre en place et notamment par rapport aux essais en laboratoire réalisés.

L'approche de la hauteur maximale de remblai H à mettre en place est donné par la relation suivante :

$$H = (\pi+2) \cdot C_u / \gamma F$$

Où

F : Facteur de sécurité = 1,3 (provisoire)

$C_u$  : Cohésion à court terme estimée grâce aux formules de Cassan ( $p_l/5,5=340 \text{ kPa}/5,5 = 61 \text{ kPa}$ ) – La pression limite mesurée dans les remblais de la zone du port a été considérée par sécurité

$\gamma$  : Poids volumique du remblaiement (20 kN/m<sup>3</sup>)

Dans notre cas, la hauteur maximale de remblai vaut H=12 m

Le remblai peut être monté en une phase, en respectant un compactage par couche successive de 50 cm.

## 5 Application au projet : Ouvrages hydrauliques

### 5.1 Ouvrages : OH-RDM et OH-RCA

Ces ouvrages ont pour but de créer une continuité hydraulique au droit du giratoire intermédiaire du projet (PK 975).

Deux passages sous la chaussée projet sont prévus à cet effet.

Une solution de soutènement type palplanches est prévue en phase PRO.

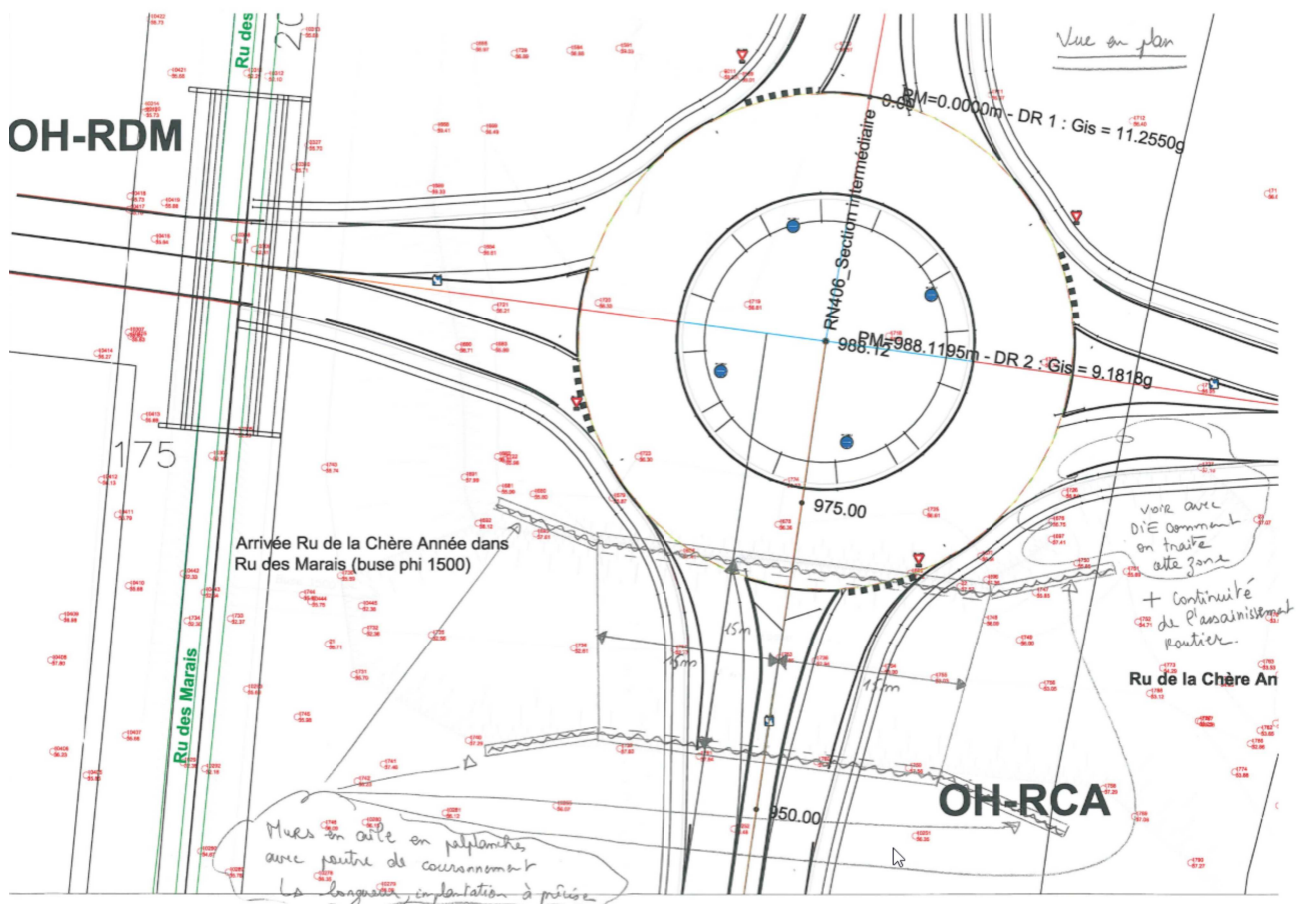


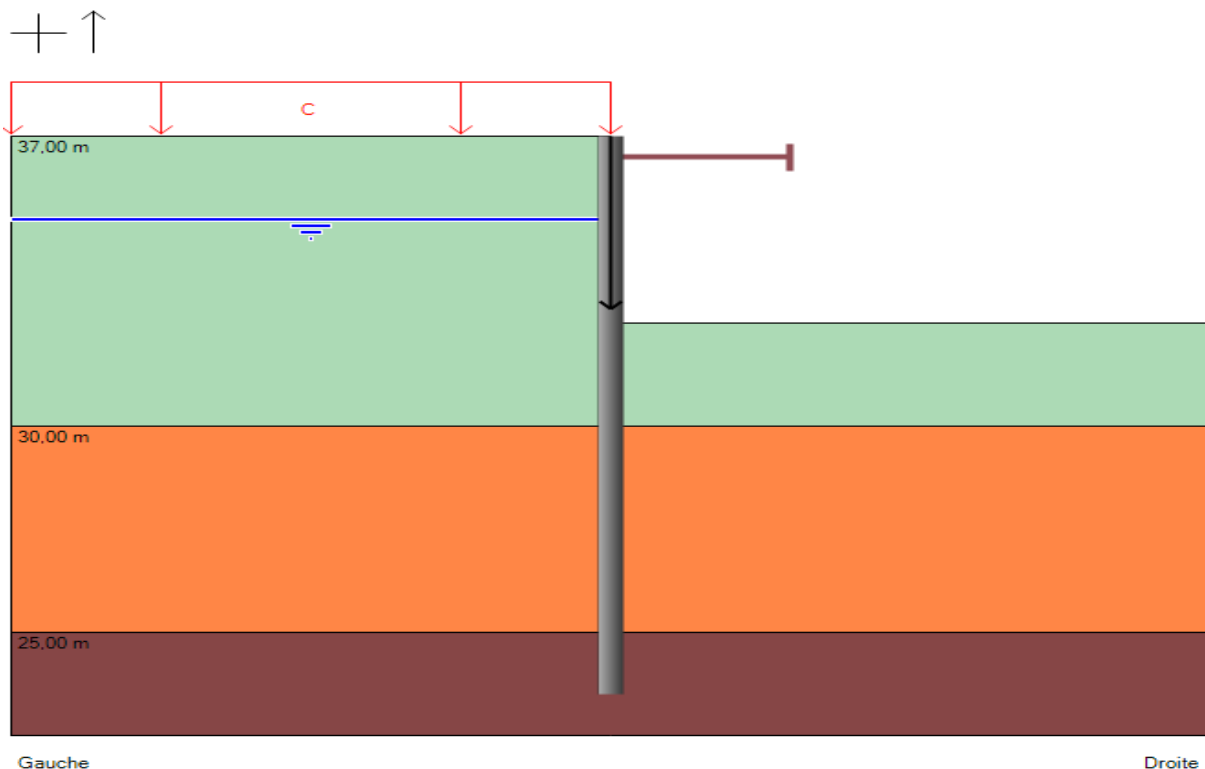
Illustration 3: extrait schéma d'implantation des OH - réunion DIOA décembre 2018

### 5.2 Coupe retenue

Afin de prendre en considération l'hétérogénéité du sol au droit de cette zone, il a été retenu une coupe défavorable pour les 2 ouvrages, basée sur le profil géologique ainsi que les sondages SP3 et SC3.

Un niveau de nappe à 35 m ngf a été considéré dans la modélisation.

La coupe suivante a été modélisée, en considérant un fond de fouille à 32,5 m ngf et un niveau de tête de rideau à 37 m ngf.



Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques du sol:

	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$E_m$ (MPa)	$c'$ (kPa)	$\Phi'(^{\circ})$	$\delta a/\varphi$	$\delta p/\varphi$
Remblais	20	6	0	25	0	-1/3
Alluvions	17	12	3	25	0	-1/3
Marnes infragypseuse / Calcaire de Saint Ouen	19	21	15	30	0	-1/3

### 5.3 Surcharge

Deux types de surcharges ont été considérées :

- Surcharge trafic type Caquot : 20 kPa, à l'arrière du soutènement ;
- Poids propre de la mi-travée, estimée à 6600 kN, appliquée en tête de rideau, verticale descendante ;

Ces efforts sont à confirmer par la Maîtrise d'Oeuvre.

### 5.4 Description du soutènement

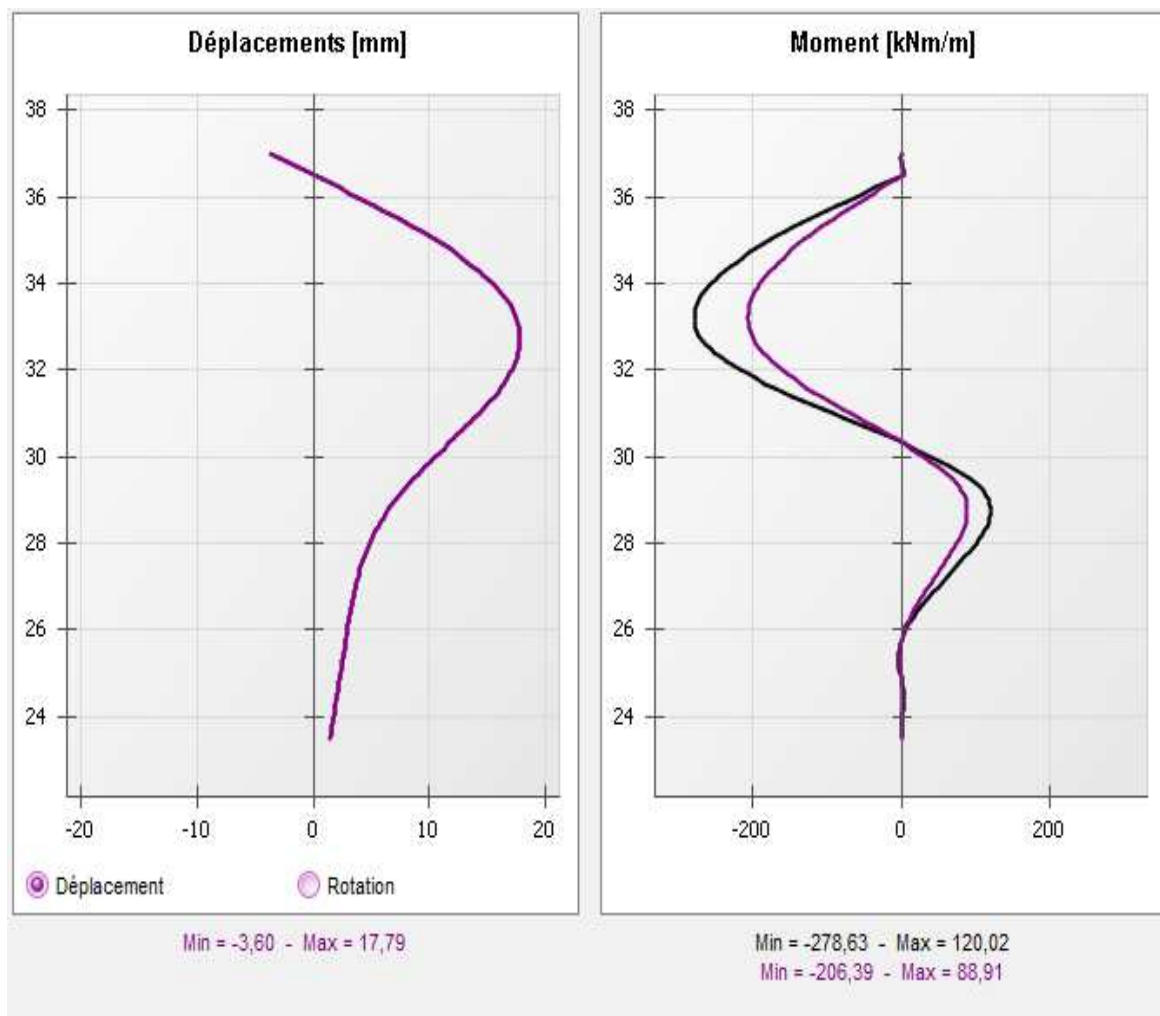
Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques du soutènement :

Type palplanche	AZ 18-800
Base rideau	23,5 m ngf
Tête rideau	37 m ngf
Cote buton phase service (dalle)	36,5 m ngf

Une épaisseur sacrificielle à la corrosion de 2 mm par face a été considérée.

## 5.5 Résultats de la modélisation

Une modélisation avec le logiciel Krea V4 a été menée. Les résultats sont présentés ci-dessous :



Nota : En noir, les résultats ELU et en violet les résultats ELS.

### Vérification structurelle des palplanches :

Les éléments sont vérifiés selon la norme EN 1993-5, où :

$$M_{c,rd} = \beta_b * W_{pl} * f_y / \gamma_{mo} > M_{krea}$$

#### AZ 13-770

Wel	cm <sup>3</sup> /ml	1495
ym0		1
Bb		0,6
fy	MPa	355
Mc,Rd	kN.m/ml	318,44
Mkrea ELU	kN.m/ml	280
Mc,Rd>Med		ok

#### Vérification en portance :

La justification est menée en considérant des pieux de catégorie 16 selon la norme NF P 94 262. Le frottement est pris en compte à partir de 29 m ngf, soit lorsque l'effort tranchant est nul.

Secteur 4 : Zone entre RD10 et Sud					
TN variable	Cote base	Epaisseur	Pression limite nette PI*	kp	Frottement latéral q <sub>s</sub>
Horizon	mNGF	m	MPa		kPa
Remblais	30	7	0,68	-	-
Alluvions	25	5	0,93	1	37,2
Marnes	23,5	1	1,4	1	107,8

La charge à reprendre est de 315 kN/ml ELS et 315\*1,35=426 kN/ml ELU, soit 315\*1,6=504kN ELS et 426 \*1,6 = 681 kN ELU / élément constitué de deux palplanches.

Dans notre cas, en considérant du frottement entre 29 m ngf et 23,5 m ngf, deux éléments de palplanches reprennent 1615 kN à l'ELU et 1382 kN à l'ELS. Les palplanches sont donc vérifiées en portance.

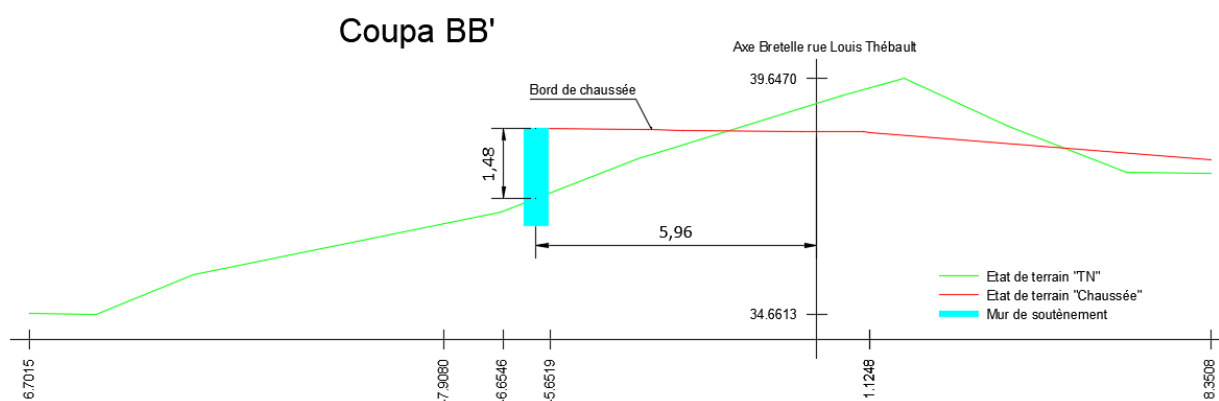
Nota : Concernant OH-RDM, en cas de choix de mode constructif différent du soutènement type palplanche, mur cantilever par exemple, un sondage pressiométrique ainsi qu'un sondage carotté devront être réalisés pour définir les paramètres de sol à considérer pour le dimensionnement des fondations.

## 6 Application au projet : Mur de soutènement – Rue Louis Thébault

### 6.1 Description de l'ouvrage

Deux coupes distinctes nous ont été transmises par le Département d'Ingénierie Est de la DiRIF.

Seule la coupe défavorable sera traitée. Celles-ci est présentée ci-dessous.



Du fait de la faible hauteur de terrain à reprendre et de l'emprise disponible, le Cerema propose une solution de mur poids en gabion. Une modélisation par le logiciel Mur a été réalisée pour sa justification, selon la norme NF P 94 281.

Les paramètres d'entrées sont présentés ci-dessous :

Matériaux		
Gabion		
Poids volumique	kN/m3	17
Dimensions		
Semelle	m	1,4
Largeur tête mur	m	1
Fruit	°	30
Hauteur mur	m	2
Hauteur fiche	m	0,5

Un talus d'angle  $\beta=12^\circ$  à 0,5m de la base de la semelle a été considéré de manière à diminuer la capacité portante du sol, conformément à la norme NF P 94 261.

Paramètres géotechniques		
kp		1
Ple*	MPa	0,68
i $\beta$		0,96
Qu	MPa	0,6

Nota : une valeur arrondie plus faible de la contrainte de rupture du sol a été considérée afin d'approcher le caractère hétérogène du remblai.

Une surcharge de 20 kPa a été modélisée à partir de 2m du mur de soutènement.

## 6.2 Description de l'ouvrage

Les résultats issus de la modélisation Mur figurent ci-dessous.

### 1.1. Critères de stabilité à l'État Limite de Service (ELS)

#### 1.1.1. Vérification au poinçonnement :

Poinçonnement à l'ELS				
N°	Combinaison	Charge vert. calc (kN)	Portance sol (kN)	État
11010	EC : ELS G	29.99	197.42	Stable
11020	EC : ELS Cara Q 1 Rmb_Amont	29.99	197.42	Stable
11030	EC : ELS Freq Q 1 Rmb_Amont	29.99	197.42	Stable
11040	EC : ELS Q aval	29.99	197.42	Stable

#### 1.1.2. Vérification au soulèvement :

Soulèvement à l'ELS				
N°	Combinaison	Excentrement effectif (m)	Excentrement admissible (m)	État
11010	EC : ELS G	0.047793	0.350000	Stable
11020	EC : ELS Cara Q 1 Rmb_Amont	0.047793	0.350000	Stable
11030	EC : ELS Freq Q 1 Rmb_Amont	0.047793	0.350000	Stable
11040	EC : ELS Q aval	0.047793	0.350000	Stable

### 1.2. Critères de stabilité à l'État Limite Ultime (ELU)

#### 1.2.1. Vérification au poinçonnement :

Poinçonnement à l'ELU				
N°	Combinaison	Charge vert. calc (kN)	Portance sol (kN)	État
12010	EC : ELU Gmin (Wmin)	30.62	281.97	Stable
12020	EC : ELU Gmin (Wmax)	30.62	281.97	Stable
12030	EC : ELU Gmax (Wmin)	45.15	324.33	Stable
12040	EC : ELU Gmax (Wmax)	45.15	324.33	Stable
12050	EC : ELU Q 1 Rmb_Amont min (Wmin)	30.62	281.97	Stable
12060	EC : ELU Q 1 Rmb_Amont min (Wmax)	30.62	281.97	Stable
12070	EC : ELU Q 1 Rmb_Amont max (Wmin)	45.15	324.33	Stable
12080	EC : ELU Q 1 Rmb_Amont max (Wmax)	45.15	324.33	Stable
12090	EC : ELU Q aval min (Wmin)	30.62	281.97	Stable
12100	EC : ELU Q aval min (Wmax)	30.62	281.97	Stable
12110	EC : ELU Q aval max (Wmin)	45.15	324.33	Stable
12120	EC : ELU Q aval max (Wmax)	45.15	324.33	Stable

Illustration 5: Extrait résultats Mur 1/2

### 1.2.2. Vérification au renversement :

Renversement à l'ELU				
N°	Combinaison	Excentrement effectif (m)	Excentrement admissible (m)	État
12010	EC : ELU Gmin (Wmin)	0.005876	0.653333	Stable
12020	EC : ELU Gmin (Wmax)	0.005876	0.653333	Stable
12030	EC : ELU Gmax (Wmin)	0.047793	0.653333	Stable
12040	EC : ELU Gmax (Wmax)	0.047793	0.653333	Stable
12050	EC : ELU Q 1 Rmb_Amont min (Wmin)	0.005876	0.653333	Stable
12060	EC : ELU Q 1 Rmb_Amont min (Wmax)	0.005876	0.653333	Stable
12070	EC : ELU Q 1 Rmb_Amont max (Wmin)	0.047793	0.653333	Stable
12080	EC : ELU Q 1 Rmb_Amont max (Wmax)	0.047793	0.653333	Stable
12090	EC : ELU Q aval min (Wmin)	0.005876	0.653333	Stable
12100	EC : ELU Q aval min (Wmax)	0.005876	0.653333	Stable
12110	EC : ELU Q aval max (Wmin)	0.047793	0.653333	Stable
12120	EC : ELU Q aval max (Wmax)	0.047793	0.653333	Stable

### 1.2.3. Vérification au glissement :

Glissement à l'ELU				
N°	Combinaison	Force horizontale calc (kN)	Force horizontale adm (kN)	État
12010	EC : ELU Gmin (Wmin)	13.24	13.28	Stable
12020	EC : ELU Gmin (Wmax)	13.24	13.28	Stable
12030	EC : ELU Gmax (Wmin)	13.24	17.67	Stable
12040	EC : ELU Gmax (Wmax)	13.24	17.67	Stable
12050	EC : ELU Q 1 Rmb_Amont min (Wmin)	13.24	13.28	Stable
12060	EC : ELU Q 1 Rmb_Amont min (Wmax)	13.24	13.28	Stable
12070	EC : ELU Q 1 Rmb_Amont max (Wmin)	13.24	17.67	Stable
12080	EC : ELU Q 1 Rmb_Amont max (Wmax)	13.24	17.67	Stable
12090	EC : ELU Q aval min (Wmin)	13.24	13.28	Stable
12100	EC : ELU Q aval min (Wmax)	13.24	13.28	Stable
12110	EC : ELU Q aval max (Wmin)	13.24	17.67	Stable
12120	EC : ELU Q aval max (Wmax)	13.24	17.67	Stable

Illustration 6: Extrait résultat Mur 2/2

L'ouvrage est vérifié selon la norme NF P 94 281.

## 7 Application au projet : Ouvrage de franchissement des voies ferrées sud

### 7.1 Description de l'ouvrage

Plusieurs solutions géotechniques de faisabilité ont été proposées par la SNCF. La DIRIF a demandé au Cerema d'étudier la compatibilité des solutions n°1 et 3 vis-à-vis des contraintes hydrogéologiques du site d'étude. Après la description succincte des différentes phases de travaux de chacune des deux solutions, le Cerema présente les calculs des volumes des sols situés sous la nappe ainsi que les débits d'exhaure attendus.

### 7.1.1 La solution n°1 : Tabliers définitifs mis en place par chariots automoteurs et construction en sous-œuvre à l'aide de tabliers provisoires

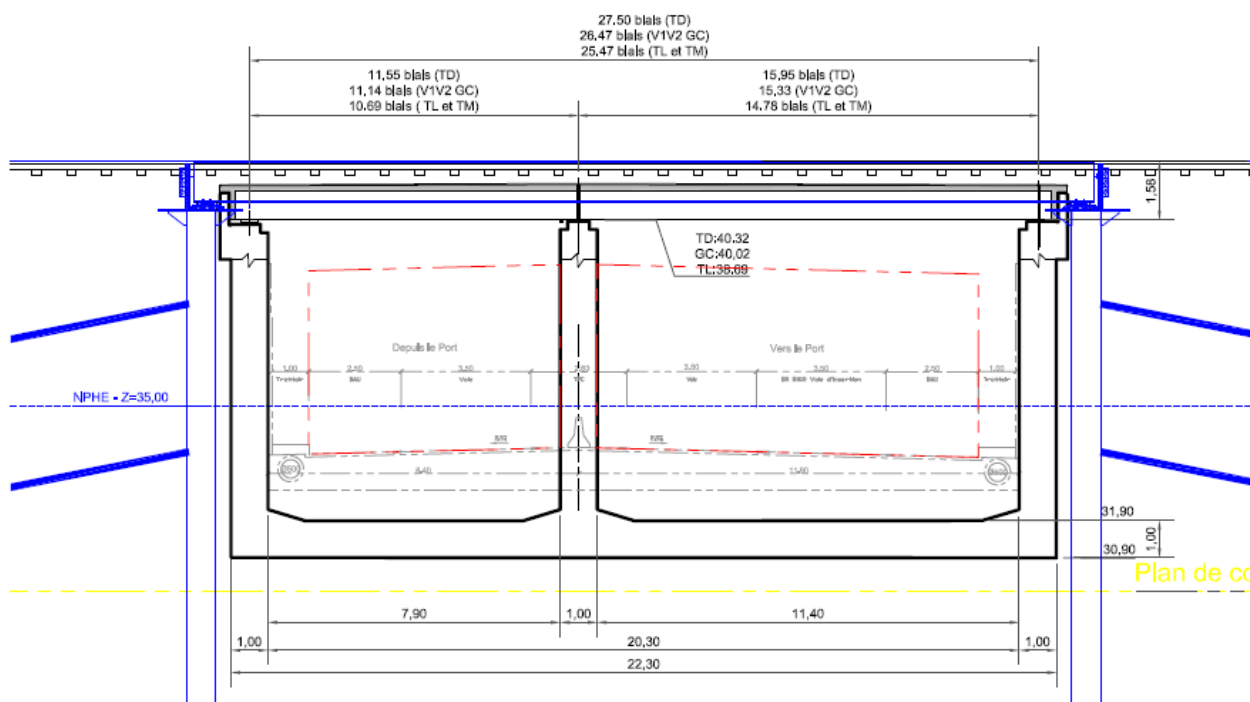


Illustration 5: Coupe transversale à la route de l'ouvrage en double U enterré (source SNCF).

La solution définitive consiste en un ouvrage à deux travées séparées par un appui central implanté sur le terre-plein central, et avec 3 tabliers à poutrelles enrobées (TPE). L'ouvrage d'art complet a une géométrie rectangulaire, dimensions 48,9 \* 22,3 m<sup>2</sup>;

Les principales phases de mise en œuvre de cette solution sont les suivantes :

- La mise en place d'un batardeau en rideaux de palplanches dans les voies ferrées ;
- La pose de Tabliers Auxiliaires (TA) sur camarteaux liaisonnés aux palplanches ;
- Les travaux de terrassement et construction des appuis se feront à l'abri du batardeau. Une fois le batardeau mis à sec par pompage, les appuis en double U sont coulés sur place, en sous-œuvre sous les TA. Le radier étanche doit servir de cuvelage vis-à-vis de la nappe alluviale (voir figure ci-dessus) ;
- Les tabliers à poutrelles enrobées (TPE) sont préfabriqués à proximité de la zone de travaux, à une distance > 200 m d'après le plan fourni et au-dessus de la cote supérieure de la nappe (35 m NGF) ;
- Une rampe d'accès au fond de fouille est nécessaire coté Nord pour permettre aux chariots automoteurs de transporter les ouvrages créés dans la zone de préfabrication. Cette rampe doit être implantée à une cote inférieure à 35 m NGF sur un linéaire de plus de 200 m. Cette rampe sera soutenue par des parois moulées (PM). Il est indiqué que « *La longueur importante de cette rampe nécessite un cuvelage en amont du passage inférieur afin d'éviter de pomper au droit des ouvrages définitifs* » ;
- Il est prévu un phasage des travaux dont la durée est estimée à 21 mois, d'octobre 2019 à juin 2021.

### 7.1.2 La solution n°3 : Tabliers définitifs mis sur appuis provisoires et construction en sous-œuvre

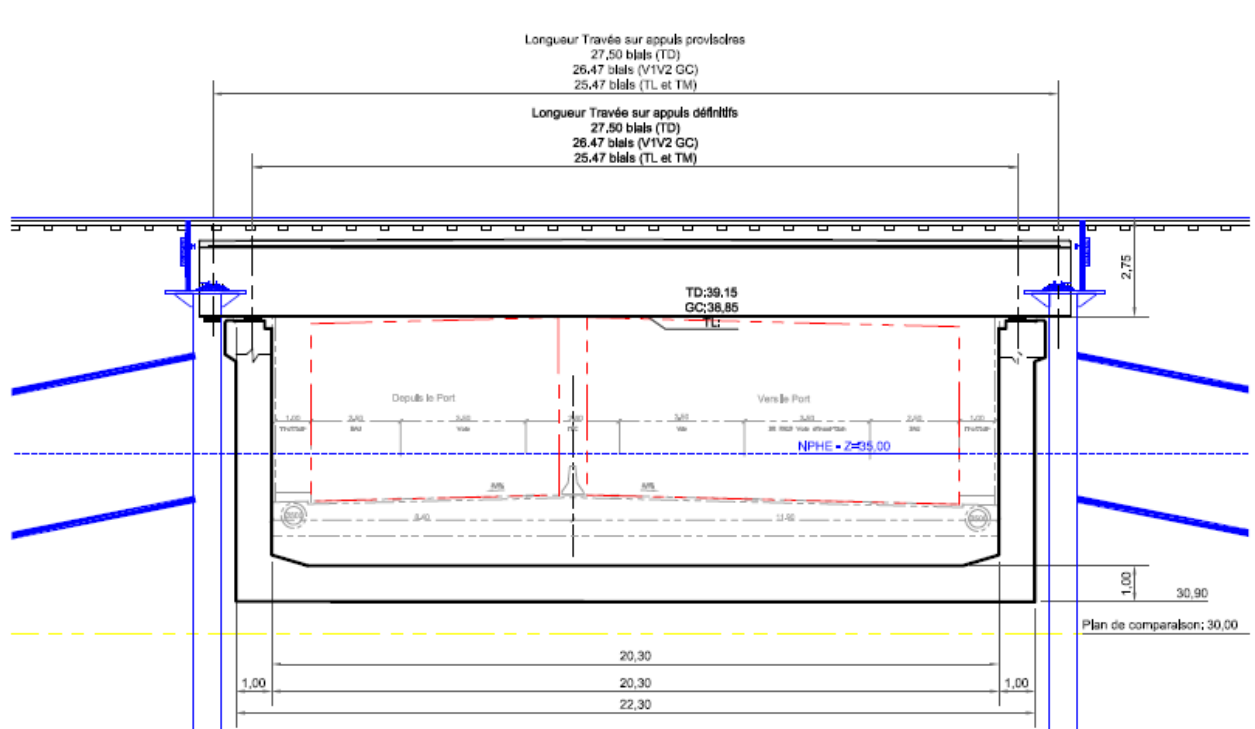


Illustration 9: Coupe transversale à la route de l'ouvrage en simple U enterré (source SNCF).

Le principe de cette solution est une variante de la solution n°1 permettant de travailler en sous-œuvre mais basée sur la pose dès le départ de tabliers isostatiques définitifs au lieu des TA provisoires de la solution n°1.

La solution n°3 consiste en un ouvrage à une seule travée, et avec 3 tabliers : un tablier à poutrelles enrobées (TPE) pour TL et TM, deux tabliers mixtes multi poutres pour TD, V1 V2. L'ouvrage d'art complet a une géométrie rectangulaire, dimensions 56 \* 22,3 m².

Les principales phases de mise en œuvre de cette solution sont les suivantes :

- La mise en place d'un batardeau en rideaux de palplanches dans les voies ferrées ;
- Préfabrication des tabliers définitifs à proximité immédiate des voies, coté sud. La cote de la zone de préfabrication est de 36,6 m NGF, soit hors d'eau (pour le Tiroir D, les Voies V1 et V2) ;
  - Déblaiement de la plateforme ferroviaire et mise en place des tabliers définitifs sur les batardeaux provisoires à l'aide de chariots automoteurs (pour le Tiroir D, les Voies V1 et V2) ;
  - Relevage des voies tiroirs, construction de parois moulées et construction en place du tablier définitif sur les parois moulées (pour les Tiroir L et M) ;
- Terrassement en sous-œuvre, assèchement de l'enceinte étanche et mise en place de l'ouvrage en simple U réalisé partiellement sur place ;
- Transfert des tabliers de ses appuis provisoires vers ses appuis définitifs constitués de chevêtres préfabriqués glissés sur les piédroits.

Cette solution nécessite la réalisation de deux rampes d'accès :

- Création d'une rampe d'accès et une fosse de préfabrication coté sud (vers la RN19), sur une longueur de 130 ml environ à une cote > 36,6 m NGF ;
- la création d'une rampe provisoire d'environ 90 ml à 10 % est prévue côté tiroir M (coté port de Bonneuil). Elle sera soutenue par des parois moulées définitives qui seront réutilisées dans le cadre du projet routier.

Il est prévu un phasage des travaux dont la durée est estimée à 18 mois, d'août 2020 à janvier 2022.

## 7.2 Étude hydrogéologique

Le projet SNCF prévoit le franchissement souterrain des voies ferrées par le biais d'un ouvrage enterré dans les Alluvions, baignés par la nappe alluviale, et ancré en profondeur.

La géométrie envisagée pour l'ouvrage inférieur aux voies SNCF est un appui en U étanche et fermé, de 7 à 10 m de hauteur. D'après les plans fournis par la DIRIF, cet ouvrage ainsi que les linéaires de trémies étanches envisagés se positionneraient perpendiculairement au sens d'écoulement de la nappe alluviale. L'apparition d'un effet barrage est possible et sera spécifiquement étudié par le Cerema à partir de 2018.

### 7.2.1 Les perméabilités horizontales et verticales estimées dans la bibliographie

Le tableau ci-après compare les données de perméabilités horizontales issues de la bibliographie (ces valeurs sont estimées à partir de formules ou issues de retours d'expériences) avec les perméabilités mesurées par des essais géohydrauliques de type Lefranc.

Comparaison des valeurs de perméabilités horizontales kh					
formations géologiques		kh Aa	kh SO >	kh SO <	kh SB >
valeur moyenne d'après données mesurées		2,23E-04	4,88E-06	1,24E-04	1,20E-05
valeurs estimées, issues de la bibliographie	GEF 1.2.1043	1,00E-03	1,00E-05	6,00E-04	
	GEF 11043	4,00E-03	3,00E-05	2,00E-04	1,00E-06
	GEF 10959				4,70E-06

La perméabilité horizontale mesurée des alluvions anciennes est plus faible que les valeurs bibliographiques estimées. La perméabilité horizontale mesurée des Sables de Beauchamp supérieurs est plus forte que les valeurs bibliographiques estimées.

**Il est prévu, dans la suite des études, de réaliser des essais géohydrauliques (essai de perméabilité de type Lefranc dans les Sables de Beauchamp et un essai de pompage dans les Alluvions anciennes) pour conforter les valeurs de perméabilités.**

Les perméabilités horizontales mesurées et estimées pour le Saint-Ouen supérieur et inférieur sont proches. **Les futurs essais de perméabilité de type Lefranc permettront aussi de confirmer ou non ces valeurs.**

**Les essais de perméabilité et de pompage permettent de mesurer les perméabilités horizontales des horizons géologiques. Or, les formules empiriques de calcul de débits d'exhaures utilisent les perméabilités verticales des couches géologiques.** Il faut donc

calculer les perméabilités verticales des couches géologiques.

Les perméabilités verticales sont estimées à partir des valeurs de perméabilités horizontales, en considérant le caractère plus ou moins anisotrope de chaque formation géologique.

Ainsi : pour le Saint-Ouen supérieur marneux :  $k_v = k_h/10$   
pour le Saint-Ouen inférieur calcaire :  $k_h = k_v$

Le tableau ci-après compare les valeurs de perméabilités verticales déduites de données mesurées ou estimées dans la bibliographie.

Comparaison des valeurs de perméabilités verticales $k_v$				
formations géologiques		$k_v$ Aa	$k_v$ SO >	$k_v$ SO <
valeur moyenne d'après données mesurées (tableau 2)			<b>4,88E-07</b>	<b>1,24E-04</b>
valeurs estimées, issues de la bibliographies	GEF 1.2.1043	1,00E-03	1,00E-06	6,00E-04
	GEF 11043		3,00E-06	2,00E-04

## 7.2.2 Calcul des perméabilités équivalentes et de la perméabilité K de l'aquifère du St-Ouen

Pour pouvoir appliquer la théorie de Darcy, nous considérons un écoulement isotrope dans le substratum.

Pour un écoulement parallèle aux strates, nous calculons la perméabilité horizontale équivalente :

$$K_h = \frac{\sum_i k_{h_i} \cdot h_i}{\sum_i h_i}$$

Pour un écoulement perpendiculaire aux strates, nous calculons la perméabilité verticale équivalente :

$$\frac{1}{K_v} = \frac{\sum_i h_i / k_{h_i}}{\sum_i h_i}$$

$$K_v = \frac{\sum_i h_i}{\sum_i h_i / k_{h_i}}$$

Pour un écoulement dans les deux directions, nous calculons la perméabilité équivalente de l'aquifère :

$$K = \sqrt{K_v \cdot K_h}$$

Pour les calculs de perméabilité équivalentes, le Cerema a considéré des épaisseurs moyennes des strates du Marno-Calcaire de Saint-Ouen, en se basant sur les données des sondages bibliographiques. La majorité des coupes de sondages utilisées ne différencient pas les sous-couches à l'intérieur des horizons géologiques et indiquent les épaisseurs globales des Alluvions, du Marno-Calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp.

Ainsi, il est retenu une épaisseur de 5 m pour le Saint-Ouen supérieur marneux et 6 m pour le Saint-Ouen inférieur calcaire.

Le tableau ci-après indique les résultats des calculs des perméabilités équivalentes pour trois hypothèses de valeurs de perméabilités horizontales et verticales.

Calcul des perméabilités équivalentes et de celle de l'aquifère							
strate géologique	commentaires	formule de calcul	kv	kh	Kh	Kv	K
St Ouen supérieur marneux	valeur moyenne issue des données mesurées par essais géohydrauliques	$kv = kh / 10$	4,88E-07	4,88E-06			
	valeur moyenne issue des données bibliographiques		2,00E-06	2,00E-05			
	hypothèse de calcul – essai de pompage (dossier GEF 11043)		1,00E-06	1,00E-05			
St Ouen inférieur calcaire	valeur moyenne issue des données mesurées par essais géohydrauliques	$kv = kh$	1,24E-04	1,24E-04			
	valeur moyenne issue des données bibliographiques		4,00E-04	4,00E-04			
	hypothèse de calcul – essai de pompage (dossier GEF 11043)		6,30E-04	6,30E-04			
St- Ouen complet	perméabilités horizontales équivalentes	$Kh = \sum k_{h_i} h_i / (\sum h_i)$			7,00E-05		
					2,27E-04		
					3,50E-04		
	perméabilités verticales équivalentes	$Kv = (\sum h_i) / (\sum h_i / kv_i)$				1,07E-06	
						4,40E-06	
						2,35E-06	
	perméabilités de l'aquifère	$K = \sqrt{(Kv * Kh)}$					8,65E-06
							3,16E-05
							2,87E-05

Les trois perméabilités K de l'aquifère sont proches de la perméabilité moyenne du Marno-Calcaire de Saint-Ouen usuellement retenue, à savoir entre  $1.10^{-5}$  et  $3.10^{-5}$  m/s.

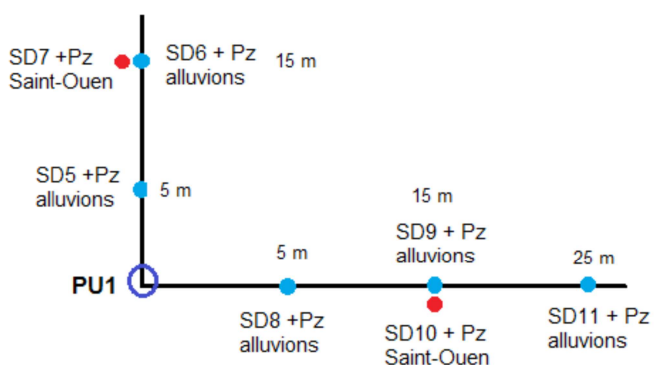
## 7.2.3 Investigations géohydrauliques complémentaires en juin 2018

L'entreprise Althéa ingénierie a été missionnée par la DIRIF pour réaliser un essai de puits de pompage dans la nappe alluviale et des essais de perméabilités dans le Marno-Calcaire de Saint-Ouen et les Sables de Beauchamp.

### 7.2.3.1 Mise en œuvre et principe de l'essai de puits de pompage

L'objectif de l'essai de puits de pompage est d'évaluer la capacité de production du puits, l'influence des futurs pompages en phase travaux, les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe alluviale et le lien entre les deux nappes en présence. Pour cela, un essai de puits de pompage « à angle droit » de 48 h doit être réalisé. Le rayon d'action d'un tel essai est suffisamment important pour le projet. Il sera significatif des propriétés hydrodynamiques des terrains devant accueillir les futurs ouvrages d'art.

Les caractéristiques hydrauliques de la couche aquifère de la nappe alluviale (perméabilité, transmissivité et coefficient d'emménagement) seront ainsi déterminées dans deux directions orthogonales ; parallèlement et perpendiculairement au sens d'écoulement de la nappe alluviale. La figure ci-après représente le dispositif envisagé pour l'implantation du puits de pompage et des piézomètres de suivis associés.



L'essai de puits de pompage devra permettre d'étudier les interactions entre la nappe alluviale et la nappe du Marno-Calcaire de Saint-Ouen.  
Il devra être conforme à la norme en vigueur NF EN ISO 22282-4 de janvier 2014.



Illustration 10. : Plan d'implantations prévisionnelles du puits de pompage et des piézomètres de suivis (source : Cerema)

L'essai de pompage se déroule en deux phases successives :

- phase 1 : l'exécution d'un essai de pompage à débit constant d'une durée de 48 h, dont le débit aura été déterminé lors de la phase de pompage préliminaire par l'essai de puits. Le puits de pompage devra être ancré à la base des Alluvions. Le Cerema a recommandé de réaliser un essai de puits par paliers de débit non-enchaînés afin de déterminer le débit de pompage optimal pour l'essai de pompage de la nappe ;
- phase 2 : la surveillance pendant et après pompage. Pour cela, 7 piézomètres de suivis seront installés : 5 piézomètres doivent capter la nappe alluviale (SD5, SD6, SD8, SD9 et SD11) et 2 doivent capter la nappe du Marno-Calcaire de Saint-Ouen (SD7 et SD10). Ces deux piézomètres, crépinés dans le Saint-Ouen inférieur doivent permettre d'étudier le comportement de la nappe du Marno-Calcaire de Saint-Ouen inférieur lorsque la nappe alluviale est pompée d'au moins 5 m dans le puits.  
Tous ces piézomètres devront être équipés de sondes automatiques qui mesurent en continu le niveau d'eau, la température et la conductivité des nappes.

### 7.2.3.2 *Réalisation d'essais de perméabilité de type Lefranc*

L'entreprise réalisera 4 essais de perméabilité de type Lefranc :

- dans le sondage SD4 : 2 essais dans les Sables de Beauchamp ;
- dans le sondage SD7+ Pz : 2 essais dans le Marno-Calcaire de Saint-Ouen inférieur.

L'ensemble des préconisations géotechniques recommandées par le Cerema pour la réalisation de l'essai de puits de pompage et des essais de perméabilités, sont indiquées dans la note technique NT1 « éléments de cahier des charges géotechnique des sondages, piézomètres et essais à réaliser », datée du 13/09/2017.

## 7.2.4 Estimation des débits d'exhaure attendus en phase travaux

Le projet de franchissement souterrain des voies SNCF de la grande ceinture s'étend sur un linéaire d'environ 350 m (90 ml de rampe d'accès sud, 50 ml pour le passage souterrain et 200 ml de rampe d'accès nord).

La DIRIF avait effectué un premier compartimentage de la zone du projet en créant 8 coupes de trémies.

- trémie sud (coupes 1A, 1B, 1C et 1D),
- OA RLT (coupe 2), OA SNCF (coupe 3), OA RS (coupe 4) ;
- trémie nord (coupe 1E).

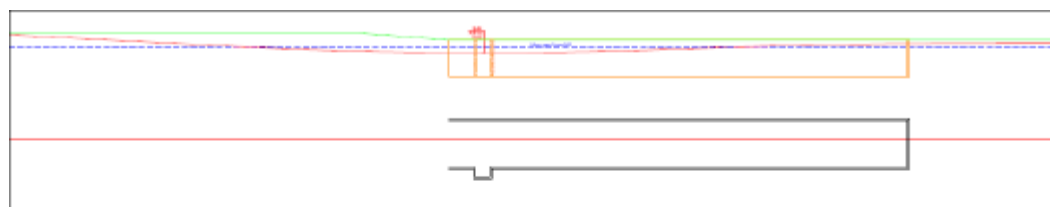
Suite aux recommandations du Cerema, la DiRIF a modifié le phasage des opérations de pompage pour tenir compte d'un avancement plus linéaire des ateliers de pompage.

Le projet a été découpé en 12 opérations de pompage distinctes, à savoir :

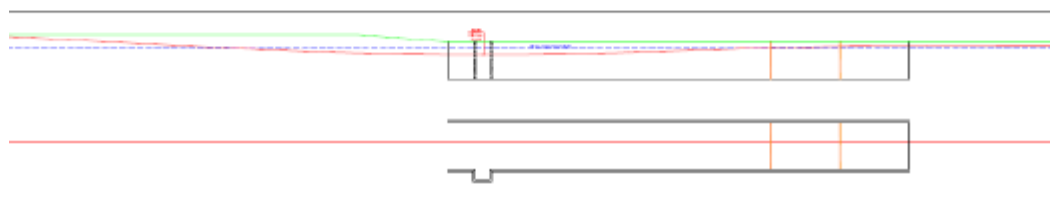
1. la trémie Nord comprend les opérations de pompage n° 1 à 8 ;
2. le passage sous les voies SNCF comprend les opérations de pompage n°9 (OA RLT), 10 (OA SNCF) et 11 (OA RS) ;
3. la trémie Sud comprend l'opération de pompage n°12.

Les tableaux suivants relatifs aux calculs des débits d'exhaures font le lien entre les deux zonages.

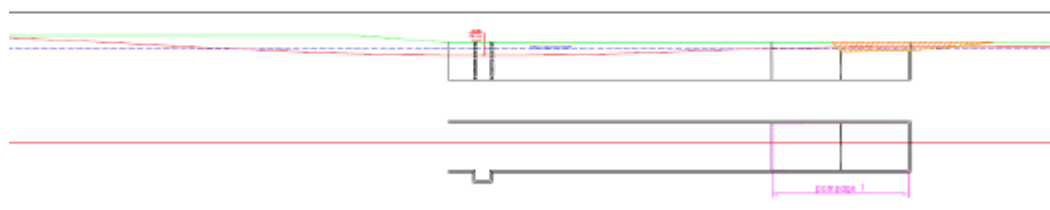
Les figures ci-après représentent le dimensionnement de chaque opération de pompage (source : DIRIF).



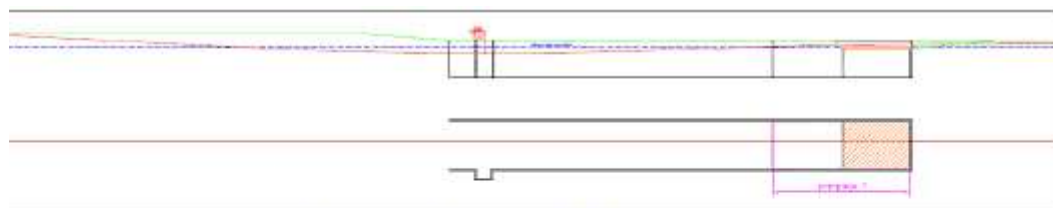
*Phase 0 : Réalisation des parois moulées (pas de pompage)*



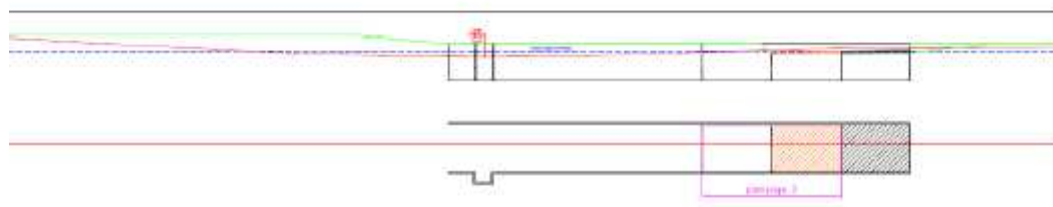
*Phase 1a : Réalisation écrans transversaux (pas de pompage)*



*Phase 1b : Réalisation déblais et recépage écran transversal de droite (pompage)*



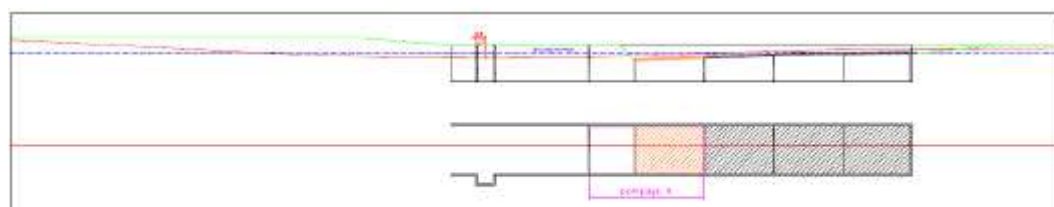
*Phase 1c : Réalisation radier (pompage)*



*Phase 2 : Réalisation écran + déblais + radier (pompage)*



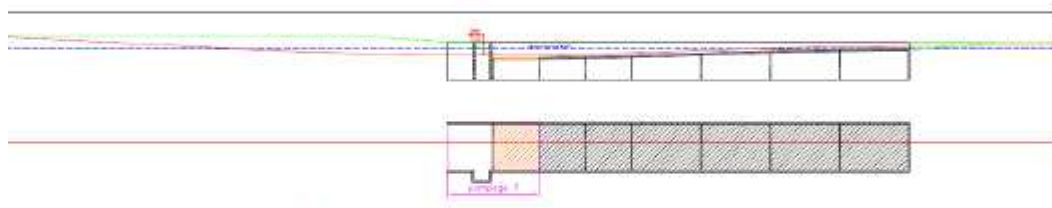
*Phase 3 : Réalisation écran + déblais + radier (pompage)*



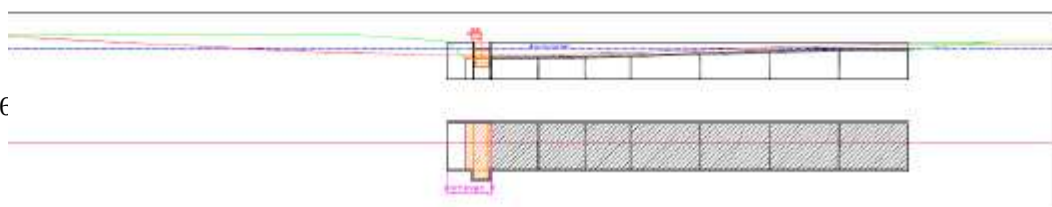
*Phase 4 : Réalisation écran + déblais + radier (pompage)*



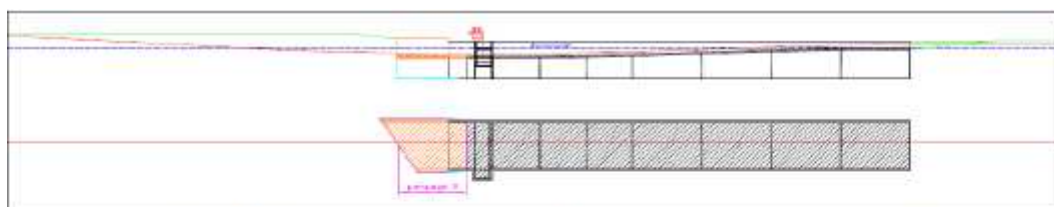
*Phase 6 : Réalisation écran + déblais + radier (pompage)*



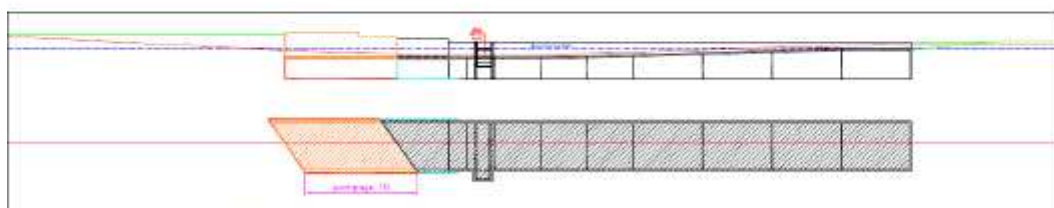
*Phase 7 : Réalisation écran + déblais + radier (pompage)*



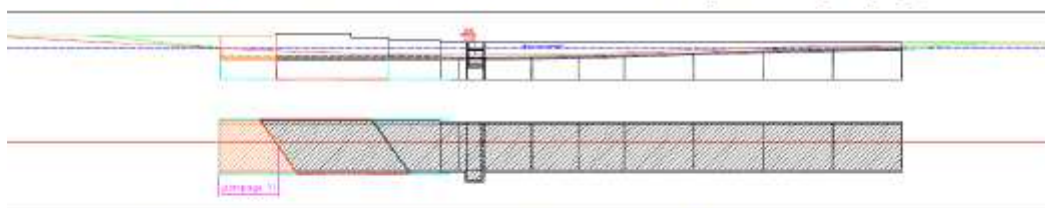
*Phase 8 : Réalisation écran + déblais + cuve + station + radier (pompage)*



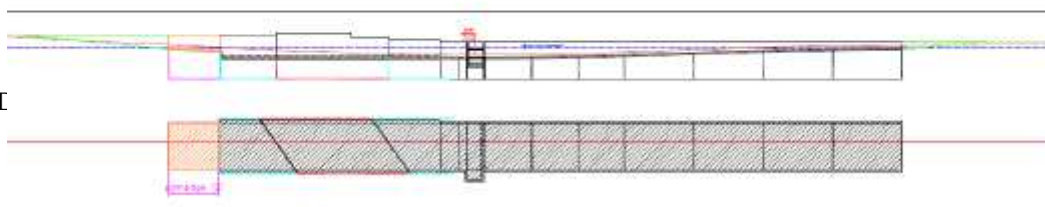
*Phase 9 : Réalisation écran + déblais + radier + piédroits (pompage)*



*Phase 10 : Réalisation écran + déblais + radier + piédroits (pompage)*



*Phase 11 : Réalisation écran + déblais + radier + piédroits (pompage)*



*Phase 12 : Réalisation écran + déblais + radier (pompage)*

La seconde estimation des débits d'exhaure attendus a été réalisée en appliquant la méthode de Davidenkoff au premier zonage réalisé, c'est-à-dire pour les 8 premières coupes de trémies.

- L'annexe E de la norme en vigueur NF P 94-282, sur la prise en compte des effets de l'eau, indique que lorsqu'on est dans des conditions géotechniques de type « présence d'une couche très perméable (C1) au-dessus d'une couche perméable (C2) recoupée en fond de fouille » et « en présence d'un écoulement de contournement de l'écran, il est admis d'estimer les débits en fond d'excavation à partir des abaques de Davidenkoff ». Dans notre projet, C1 est assimilable à la couche alluvionnaire et C2 à la couche du Saint-Ouen.

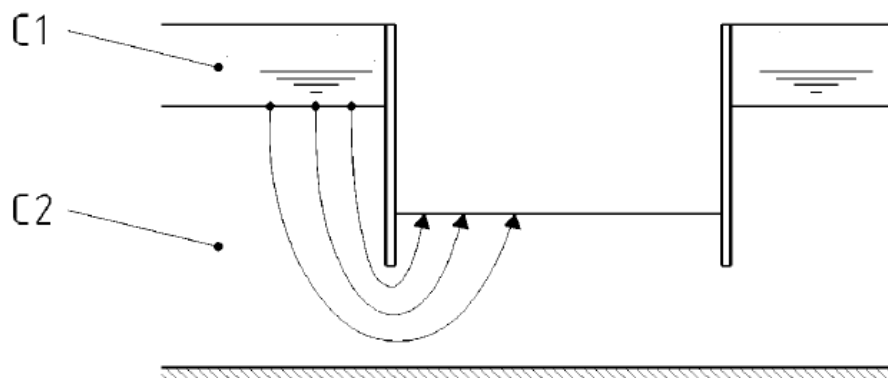


Illustration 11 : Situation de projet de type « réservoir » (source : norme NF P 94-282)

- Dans le cas d'une enceinte étanche rectangulaire de côtés L et B = 2b (le cas de l'enceinte étanche projetée sous les voies SNCF), le débit Q se détermine selon la formule suivante :  

$$Q = (2 \cdot L (1 + B/L) \cdot (1 - 0,3 \cdot B/L) \cdot k \cdot h \cdot 3600) / \varphi_1 + \varphi_2$$
- D'après les données de perméabilités disponibles, les terrains alluvionnaires baignant la nappe alluviale sont suffisamment perméables dans la zone du projet pour permettre d'appliquer la formule de Davidenkoff,
- La formule de Davidenkoff tient compte de la présence d'un obstacle à l'écoulement (palplanches, parois moulées) alors que Darcy correspond à la formule générale de l'écoulement souterrain et ne tient pas compte de la présence d'un obstacle à l'écoulement de la nappe.
- **Les calculs de débit d'exhaure par coupe de trémie**

Application au projet de la formule de Davidenkoff  $Q = (2 \cdot L (1 + B/L) \cdot (1 - 0,3 \cdot B/L) \cdot k \cdot h \cdot 3600) / \varphi_1 + \varphi_2$

avec : L : longueur de la coupe de trémie

B : le petit-coté de la coupe de trémie  
k : la perméabilité retenue pour le Marno-Calcaire de Saint-Ouen  
h : hauteur de rabattement de la nappe alluviale au droit de la trémie  
 $\phi_1$  et  $\phi_2$  : des paramètres à déterminer grâce aux abaques de Davidenkoff.

Ces paramètres dépendent de la géométrie de la coupe de trémie.

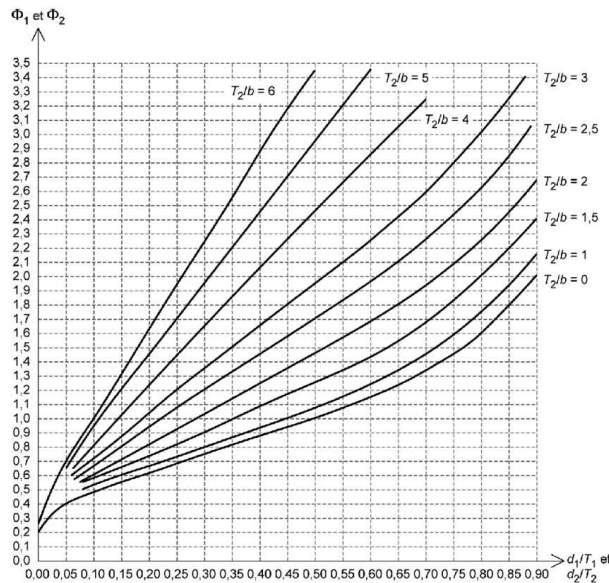


Illustration 12 : Les abaques de Davidenkoff (source : annexe E de la norme NF P 94 - 282)  
En calculant  $d_1/T_1$ ,  $d_2/T_2$  et  $T_2/B$ , on peut déterminer  $\phi_1$  et  $\phi_2$  en utilisant les abaques de Davidenkoff.

La formule de Davidenkoff s'applique théoriquement pour calculer le débit d'exhaure engendré par la présence d'un batardeau en rivière. Pour le projet, il est possible d'utiliser cette formule à condition

- d'assimiler la couche alluvionnaire à « une rivière » ;
- d'assimiler l'ouvrage enterré sous les voies SNCF à un batardeau ;
- de considérer que les perméabilités des terrains situés sous « le batardeau » sont isotropes.

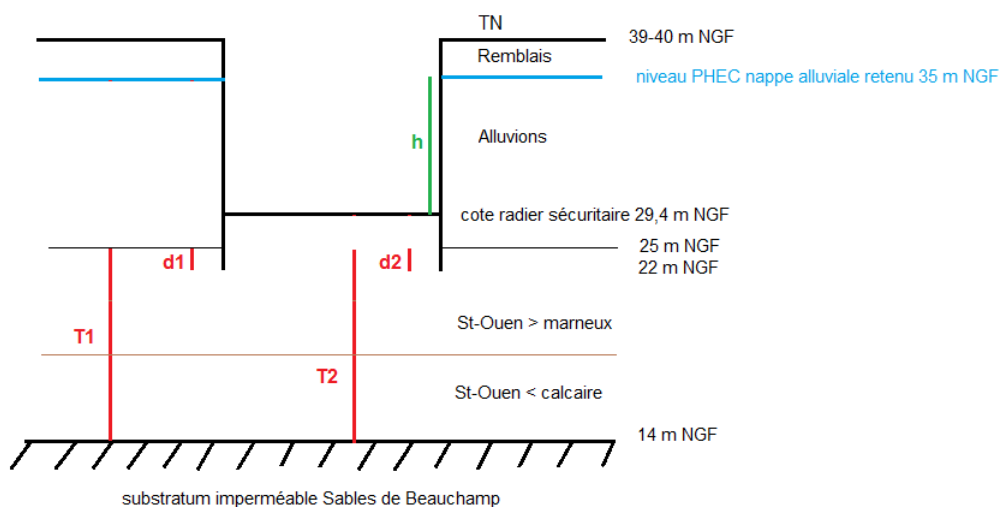


Illustration 13 : Schéma hydraulique de l'OA SNCF : on ne considère que l'aquifère du Saint-Ouen sous le radier (source : Cerema). Pour le projet, il est considéré dans la formule de Davidenkoff que  $T_1 = T_2$  et  $d_1 = d_2$ .

Comme l'indiquent les données et mesures des perméabilités, le Marno-Calcaire de Saint-Ouen situé sous le radier est hétérogène et stratifié. Pour le calcul de débit d'exhaure, le Cerema retient un modèle supposant une couche isotrope avec une perméabilité équivalente K.

Le tableau suivant représente les résultats des calculs de débits, pour des valeurs différentes de perméabilité équivalente K de l'aquifère du Saint-Ouen. Plusieurs options sont retenues :

- Q1 : K est déduite des mesures moyennes de kh et kv, issues d'essais de perméabilité ;
- Q2 : K est déduite des estimations de kh et kv issues de la bibliographie ;
- Q3 : K est déduite de l'essai de pompage réalisé dans le Saint-Ouen (dossier GEF 11043).

Calculs des débits d'exhaures avec une épaisseur moyenne du St-Ouen de 11 m identique sur tout le linéaire du projet												
sondages utilisés pour caractériser la géologie				SC101 SD101 SP7 Fondasol SC6 SP6 SC102		SC5 SP5 SD102 PZ101	SC4 SP4 SD102 PZ101	SC3 SP3 SC103	CD101 SC2 SP2	hypothèses	SC1 SP1 Fondasol	S10 G644-2
lien avec les zones du projet (source IDIRF)				trémie nord					OA RLT	OA SNCF	OA RS	trémie sud
lien avec les opérations de pompage envisagées (source DIRIF)				N° 1 à 8					N°9	N°10	N°11	N°12
ensemble du projet												
Débit	unité	description du calcul de la perméabilité k	K aquifère	1A	1B	1C	1D	2	3	4	1E	L = 350 m environ
Q1	m³/h	K aquifère avec données mesurées par essais	8,65E-06	6,54	11,94	12,00	13,07	8,12	16,96	9,84	2,97	81,45
Q2		K aquifère avec données bibliographiques	3,16E-05	20,68	37,73	37,91	41,31	25,66	53,60	31,09	9,40	257,39
Q3		K aquifère issue de l'essai de pompage (GEF 11043)	2,87E-05	18,78	34,27	34,43	37,52	23,31	48,68	28,24	8,54	233,77

Calculs des débits d'exhaures avec une épaisseur moyenne du St-Ouen variable selon les secteurs du projet													
sondages utilisés pour caractériser la géologie				SC101 SD101 SP7 Fondasol SC6 SP6 SC102		SC5 SP5 SD102 PZ101	SC4 SP4 SD102 PZ101	SC3 SP3 SC103	CD101 SC2 SP2	hypothèses	SC1 SP1 Fondasol	S10 G644-2	
lien avec les zones du projet (source IDIRF)				trémie nord					OA RLT	OA SNCF	OA RS	trémie sud	
lien avec les opérations de pompage envisagées (source DIRIF)				N° 1 à 8					N°9	N°10	N°11	N°12	ensemble du projet
Débit	unité	description du calcul de la perméabilité k		K aquifère	1A	1B	1C	1D	2	3	4	1E	L = 350 m environ
Q1	m³/h	K aquifère avec données mesurées par essais		8,65E-06	5,93	10,82	11,55	12,58	7,06	16,96	10,12	2,97	77,99
Q2		K aquifère avec données bibliographiques		3,16E-05	18,73	34,18	36,49	39,76	22,30	53,60	31,97	9,40	246,43
Q3		K aquifère issue de l'essai de pompage (GEF 11043)		2,87E-05	17,01	31,05	33,14	36,11	20,26	48,68	29,03	8,54	223,82

Tous les calculs sont réalisés en considérant un ancrage des palplanches et des parois moulées de 3 m dans le Marno-Calcaire de Saint-Ouen. Si l'on augmente la profondeur d'ancrage, les débits seront plus faibles.

Les débits Q1 sont plus faibles que les débits Q2 et Q3. Ces deux derniers sont semblables.

L'essai de pompage a été réalisé dans le Marno-Calcaire de Saint-Ouen et au droit des voies SNCF. Les débits calculés à partir des données mesurées par cet essai sont donc les plus fiables pour le projet.

Les débits Q1 calculés à partir de valeurs moyennes ne sont pas suffisamment sécuritaires.

**Le Cerema recommande donc de considérer les débits Q2 et Q3 comme étant les débits les plus réalistes attendus.**

## 8 Application au projet : Trémie

### 8.1 Étude hydrogéologique

Les estimations des débits d'exhaure attendus en phase chantier pendant la réalisation des trémies nord et sud ont été traitées dans le paragraphe 5.2.4.

#### 8.1.1 Méthodologie de l'étude d'un éventuel effet barrage

Le Cerema présente ci-dessous les principales étapes de l'étude d'un éventuel effet barrage causé par le projet. Les propositions listées ne sont pas exhaustives. Elles sont communiquées à titre d'exemple.

##### 8.1.1.1 *Évaluation d'un effet barrage*

Compte tenu de l'installation du passage inférieur aux voies ferrées, perpendiculairement au sens d'écoulement de la nappe alluviale, un effet barrage est possible. Afin de le confirmer et de l'évaluer, la DIRIF a confié au Cerema la réalisation d'une **modélisation hydrogéologique en vue de préciser l'impact des ouvrages d'art prévus sur l'écoulement de la nappe alluviale**.

Une telle étude nécessite en premier lieu de modéliser la situation initiale de la nappe, cette modélisation nécessitant un calage avec les données mesurées du niveau de la nappe, puis dans un deuxième temps le modèle prend en compte la présence de l'ouvrage pour évaluer son incidence sur la nappe. Le modèle créé permet de tester différentes variantes d'ouvrage ou des dispositions spécifiques vis-à-vis de la nappe.

Le modèle numérique est précédé d'un modèle conceptuel (basé sur des données géologiques, hydrogéologiques, de perméabilité) qui doit être créé sur une zone débordant largement de l'ouvrage pour minimiser l'influence des conditions aux limites du modèle. Le calage des niveaux calculés sur les niveaux d'eau mesurés doit intéresser des points répartis sur l'ensemble de la zone.

Si un effet barrage est effectivement mis en évidence, le suivi d'un réseau de piézomètres significatif et sur le long terme permettra d'étudier les variations de la nappe alluviale et pourra confirmer le résultat de la simulation. Il est important de commencer le suivi piézométrique suffisamment tôt avant le démarrage des travaux pour disposer de données suffisantes sur l'état initial de la nappe. Le suivi doit au moins durer une année hydrologique ;

Une fois l'effet « barrage » de l'ouvrage sur la nappe évalué en termes de hauteur du niveau de la nappe et d'étendue de la zone impactée, il sera nécessaire d'estimer l'acceptabilité de l'impact de ces variations en référence aux enjeux de la zone. Cet impact pourrait être étudié de manière dissociée de la modélisation hydrogéologique.

##### 8.1.1.2 *Prise en compte d'un effet barrage*

Si un effet barrage est avéré avec l'ouvrage en phase exploitation et son impact jugé inacceptable, il peut être mis en œuvre un dispositif de transparence hydraulique sur l'ouvrage.

Il peut s'agir par exemple de la réalisation de tranchées drainantes amont et aval, longeant les parois moulées. Des puits ou regards de visite sont installés pour mesurer le niveau d'eau dans les tranchées drainantes. Des passages de nappe de type siphons peuvent être installés sous le

niveau de la future route et relier un puit amont à un puit aval pour rétablir l'écoulement de la nappe.

**Les travaux de la déviation de la RN19 à Boissy St Léger (94) illustrent des dispositions possibles pour réaliser une transparence hydraulique sur une infrastructure routière enterrée.**

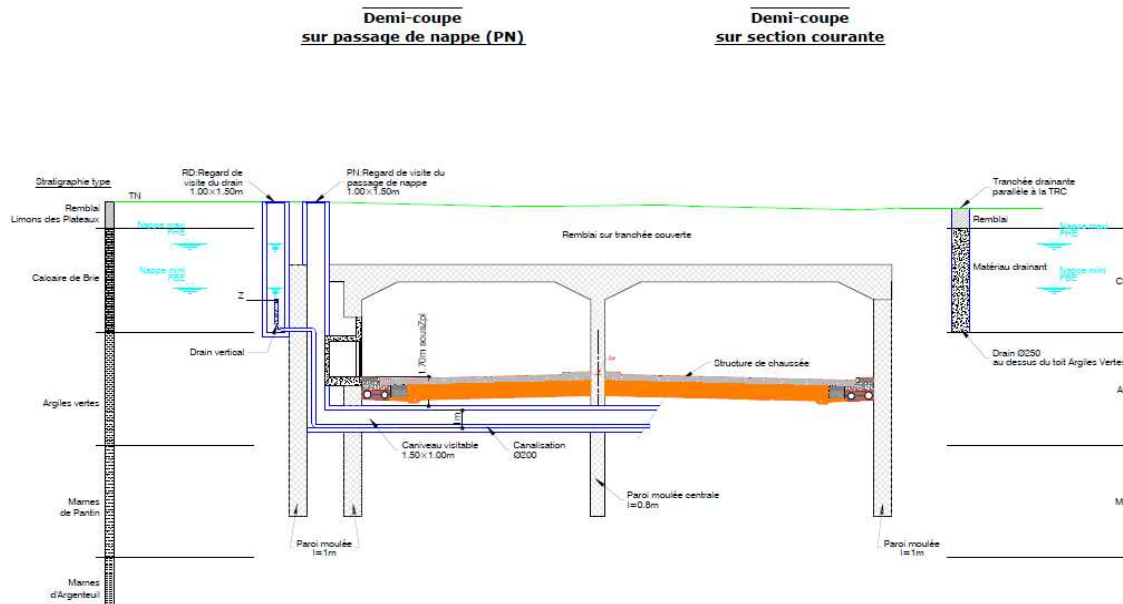


Illustration 14 : Exemple de dispositif de transparence hydraulique mis en place sur la RN19.

Une autre disposition peut consister en l'installation d'un système de drainage : Des drains sub-horizontaux sont mis en place derrière les parois moulées de l'enceinte étanche. Des descentes d'eau reliées à ces drains sont implantées sur les piédroits, à l'intérieur de l'enceinte étanche. L'eau de la nappe ainsi drainée est ensuite évacuée vers un réseau ou des bassins.

Toutes ces solutions, ou d'autres, devront être examinées une fois l'estimation de l'effet barrage effectuée. La solution pourra être définie et dimensionnée en réalisant des simulations de différentes variantes avec le modèle hydrogéologique.

En phase travaux, selon le phasage de travaux, un effet barrage peut également apparaître en amont de l'ouvrage avant que le dispositif de transparence hydraulique soit mis en place : si cet effet barrage temporaire est jugé inacceptable, un dispositif temporaire de pompage de la nappe pourra être nécessaire à l'extérieur des batardeaux.

Il pourrait s'agir :

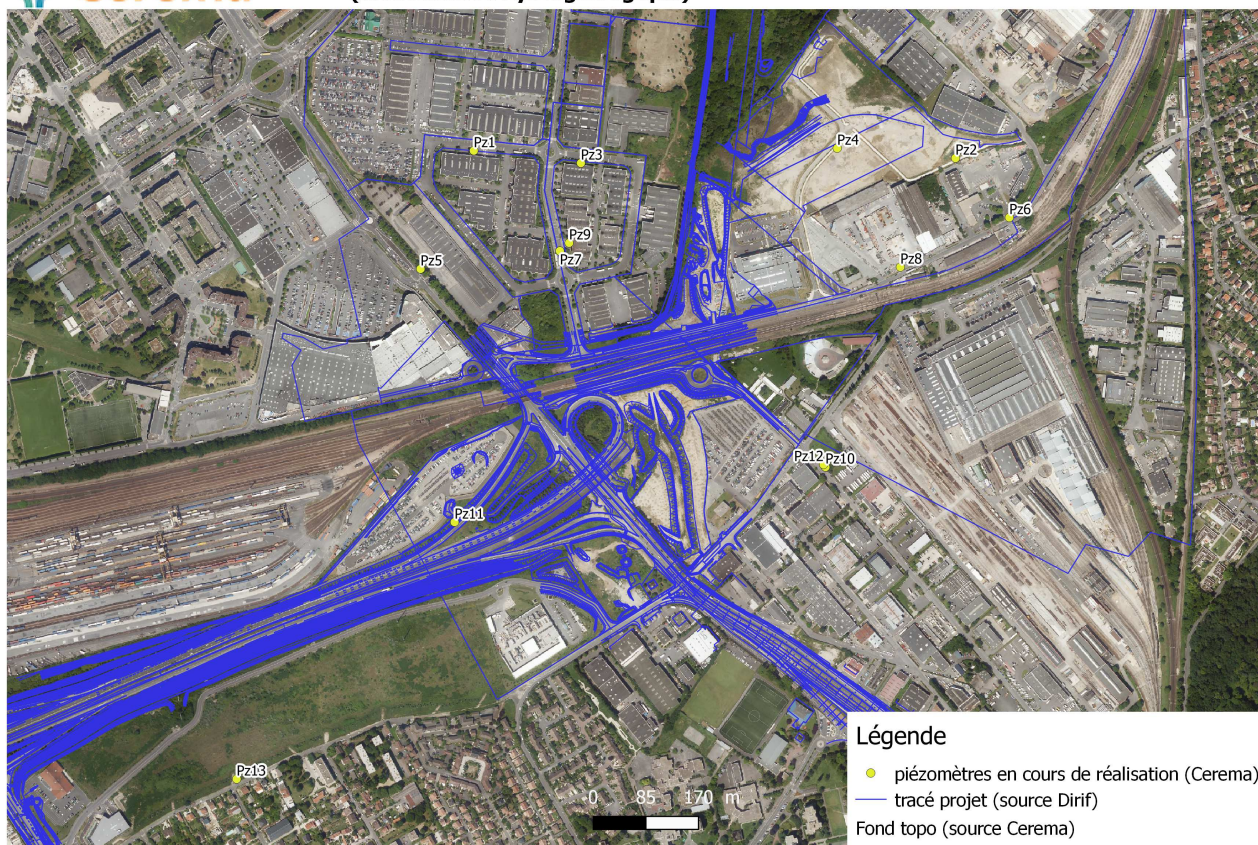
- d'installer des puits de pompage amont et d'évacuer les eaux dans le réseau d'assainissement existant, sous réserve d'obtenir les autorisations nécessaires ;
- ou d'installer des puits de pompage amont connectés à des puits de réinjection aval dans la nappe. Cette option est très dépendante des débits de pompage.

## 8.1.2 Application au projet

### 8.1.2.1 L'état initial des nappes : installation de 13 nouveaux piézomètres



Implantations prévisionnelles des piézomètres réalisés par le Cerema  
(modélisation hydrogéologique)



Le Cerema a été missionné par la DIRIF pour installer 13 nouveaux piézomètres dans une zone étendue autour des voies SNCF. Les données de niveaux d'eau mesurés dans ces piézomètres seront utilisées pour la modélisation des écoulements et évaluer la possibilité ou non d'apparition d'un effet barrage causés par les travaux.

Ces piézomètres sont en cours d'installation. Le suivi des piézomètres déjà installés a démarré. 13 sondes autonomes qui mesurent en continu le niveau d'eau et la température des nappes doivent être installées dans ces piézomètres. Elles permettront de recueillir suffisamment de données sur l'état initial des nappes, avant travaux.

### 8.1.2.2 La modélisation des écoulements

La modélisation d'un éventuel effet barrage est en cours de réalisation par le Cerema. Les résultats de cette modélisation sont présentés dans le rapport Cerema C19PR0020 d'août 2019.



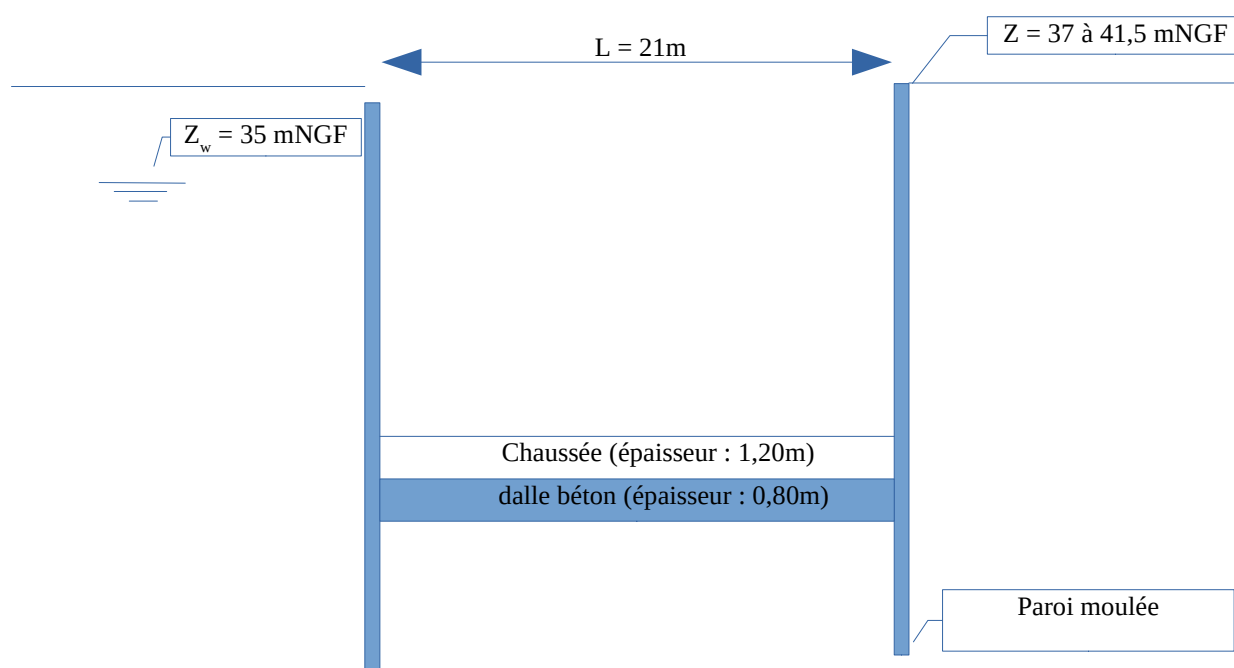
rabattement sécuritaire de 2,55 m (cf rapport d'étape Cerema C16PR0085, daté du 27/06/2017).

## 8.2 Dimensionnement des parois moulées

Les calculs ont été réalisés conformément à la norme NF P94-282. **L'ancrage des parois se fera dans le Calcaire de Saint-Ouen.**

La trémie prévue au sud du projet s'étend sur 400m environ. Il est envisagé de réaliser des parois moulées qui serviront de soutènement. Deux coupes ont été étudiées.

- Coupe 1 : située vers le profil P21 ;
- Coupe 2 : située entre les profils P21-OLT ;
- Coupe 3 : située au profil P21-bis, P21-ter, au droit de l'approfondissement du PK 375 ;
- Coupe 4 : située vers le profil P25



*Illustration 7: Schéma de principe de la coupe de la trémie*

Pour des raisons hydrogéologiques, les parois moulées doivent avoir au moins 3 m d'ancrage dans le Calcaire de Saint-Ouen.

## 8.2.1 Principe de calcul

La modélisation est effectuée à l'aide du logiciel K-Rea v4.

Le calcul est mené en considérant les actions des surcharges de chantier/service et de poussée, ainsi que les résistances de butée et de contre-butée du sol. Les facteurs partiels utilisés sont les suivants :

- Facteurs partiels sur les actions des surcharges  $\gamma_{q,1}$  (NF 94-282, tableau A.2.1, jeu A1) :
  - Charges permanentes : 1,00
  - Charges variables : 1,10
- Facteurs partiels pour le calcul de la butée mobilisable  $\gamma_b$  (NF 94-282, Article 9.2.1) :
  - Phase provisoire : 1,10
  - Phase définitive : 1,40
- Facteur partiel pour le calcul de la butée mobilisée  $\gamma_a$  (NF 94-282, Article 9.2.2) : 1,35

La justification consiste à vérifier l'inégalité suivante :

$$B_{t,d} / B_{m,d} \leq 1$$

Avec  $B_{t,d}$  la valeur de calcul de la résultante de la butée mobilisée et  $B_{m,d}$  celle de la butée limite (ou mobilisable).  $B_{t,d}$  et  $B_{m,d}$  sont définies de la manière suivante :

$$B_{t,d} = \gamma_a \cdot B_{t,k} \quad \text{et} \quad B_{m,d} = B_{m,k} / \gamma_b$$

Les valeurs caractéristiques des butées mobilisée et limite sont obtenues à l'aide d'un calcul MISS (Méthode d'Interaction Sol-Structure).

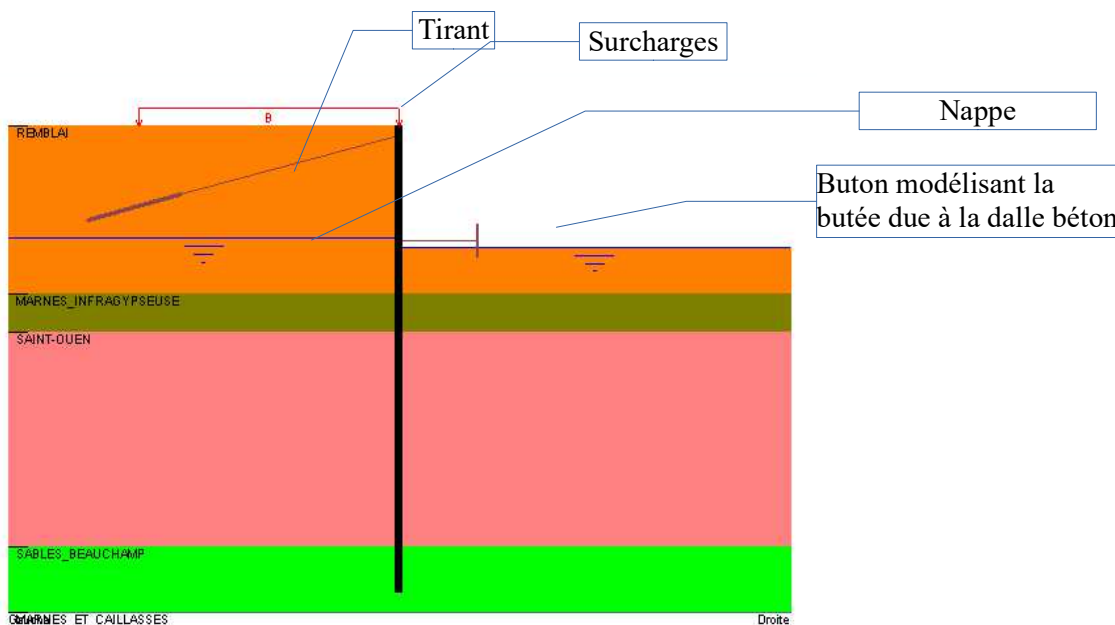


Illustration 16: Exemple d'un modèle K-Rea (trémie avec paroi moulée tirantée)

La figure suivante illustre le principe de calcul choisi pour le dimensionnement des parois moulées.

## 8.2.2 Hypothèses géotechniques

Les caractéristiques géotechniques considérées dans les calculs sont celles du secteur 5 décrit en première partie de ce rapport :

Zone	Secteur 5 : Franchissement voie ferrée Sud						
	$E_M$	$\gamma$	$\varphi'$	$c'$	$\alpha$	$k_a$	$k_p$
	MPa	KN/m <sup>3</sup>	°	kPa			
<b>Remblais</b>	9,58	20	25	0	0,50	0,406	3,55
<b>Alluvions Modernes</b>	11,84	17	25	3	0,66	0,333	4,99
<b>Alluvions Anciennes</b>	21,34	18	35	0	0,33	0,271	7,36
<b>Calcaire de Saint-Ouen</b>	23,43	20	30	15	0,50	0,333	4,99
<b>Calcaire de Ducy</b>	-	20					
<b>Sables de Beauchamp</b>	42,88	20	35	5	0,33	0,271	7,36

Avec

- $c'$  la cohésion effective (kPa) ;
- $\varphi'$  l'angle de frottement effectif (degré) ;
- $\gamma$  le poids volumique (kN/m<sup>3</sup>) ;
- $k_a$  la coefficient de poussée avec  $\delta = 0,66 \varphi$  ;
- $k_p$  la coefficient de butée avec  $\delta = -0,66 \varphi$  ;
- $\alpha$  le coefficient rhéologique (structure du sol) ;
- $E$  le module pressiométrique (MPa).

## 8.2.3 Paramètres pour le pré-dimensionnement des tirants

Le pré-dimensionnement est mené selon les recommandations du TA95. Une injection IGU sera considérée ainsi que les valeurs de  $q_s$  mentionnées ci-après :

	$\alpha$	$q_s$ (kPa)
<b>Remblais</b>	1	60
<b>Alluvions Modernes</b>	1,2	140
<b>Alluvions Anciennes</b>	1,2	200
<b>Calcaire de Saint-Ouen</b>	1,1	200

Des essais seront à réaliser pour confirmer ces valeurs, à raison d'au moins 3 par horizon.

## 8.2.4 Paramètres de calcul

- Produit d'inertie de la paroi

Le produit d'inertie d'une paroi de béton armé se calcule ainsi :

$$EI = E \frac{l \times e^3}{12}$$

Avec  $E$ , le module du béton (20GPa en phase travaux et 10GPa en phase définitive) ;  
 $l$ , la longueur de la paroi (calcul au mètre linéaire donc  $l = 1\text{m}$ ) ;  
 $e$ , l'épaisseur de la paroi.

- Coefficient de réaction  $k_h$

Le coefficient de réaction est calculé par K-Réa d'après la « Méthode empirique d'évaluation du coefficient de réaction du sol vis-à-vis des ouvrages de soutènement souples » (modèle de Schmitt) avec la formule suivante :

$$k_h = \frac{2,1 \cdot \left( \frac{E_m}{\alpha} \right)^{\frac{4}{3}}}{(EI)^{\frac{1}{3}}}$$

Avec  $k_h$ , le coefficient de réaction horizontal des terrains ;  
 $E_m$ , le module pressiométrique ;  
 $\alpha$ , le coefficient rhéologique du sol.

- Coefficients de poussée et de butée

On considère que la poussée et la butée sont respectivement inclinées par rapport à la paroi à  $0\varphi$  et  $-0,66\varphi$ . Les  $K_a$  et  $K_p$ , coefficients de poussée et de butée horizontales sont donnés par les tables de Caquot-Kérisel avec  $\beta = 0$ ,  $\lambda = 0$  et  $\delta = \frac{2}{3}\varphi$  et sont multipliés par  $\cos \delta$ .

$K_o = 1 - \sin \varphi$  pour les sols normalement consolidés.

- Raideur des tirants

Les caractéristiques choisies pour les tirants sont les suivantes :

- Type de tirant : Dywidag 7T15 ;
- Section :  $S = 1050 \text{ mm}^2$  ;
- Inclinaison :  $\alpha = 15^\circ$  ;

La raideur introduite dans le modèle pour un niveau de tirants (par mètre linéaire de paroi) s'exprime ainsi :

$$K_{tir} = \frac{E_{acier} \times S}{L_u \times e}$$

Pour des raisons de bonne conception, la tête d'ancrage des tirants doit se situer hors d'eau. Sachant que la nappe est prise à 35 mNGF, il ne sera pas possible de faire plus d'un niveau de tirants pour tous les profils.

**Le dimensionnement des tirants devra être affiné par la suite à l'aide notamment d'essais de tractions.**

- Rigidité des boutons

Les boutons modélisés dans K-Réa permettent de simuler l'effet du radier en fond de fouille. La raideur  $K_{but}$  est liée aux dimensions du bouton. À ce stade du prédimensionnement, on considère un bouton en béton de 0,8m<sup>2</sup> de section.

La raideur introduite dans les calculs est  $K_{but}$  avec :

$$K_{but} = \frac{E_{béton} \times S}{L_t / 2}$$

Avec  $E_{béton}$ , le module du béton à long terme (10 GPa) ;  
 $L_t$ , longueur de la travée (21 m, d'après plans fournis par la DIRIF).

- Surcharges

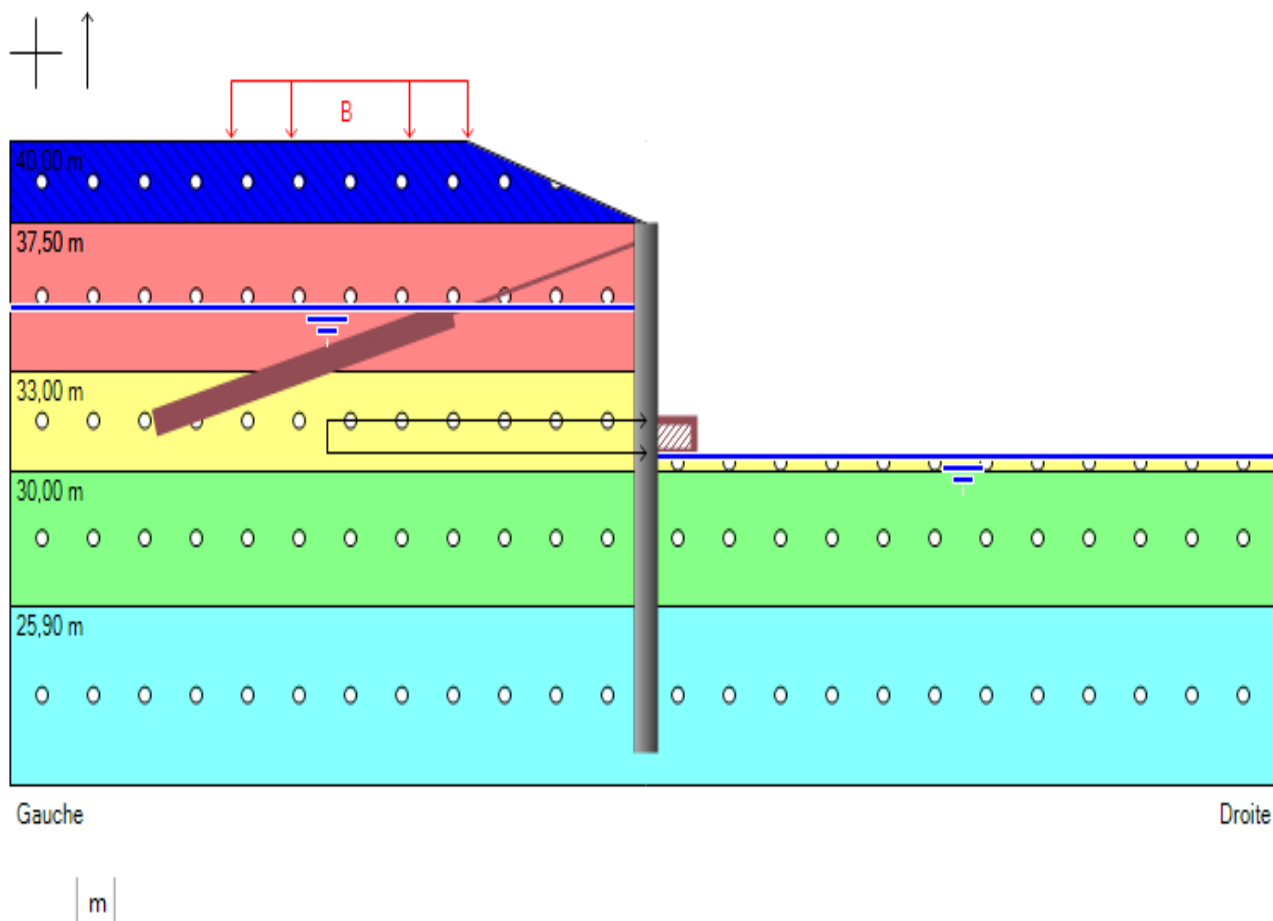
Pour tous les profils, on prévoit une surcharge côté terre de 10 kPa. **On suppose qu'il ne sera pas mis en œuvre des remblais à l'arrière de la paroi moulée. La cote du terrain considérée dans les calculs à l'arrière de la paroi moulée est celle du terrain naturel actuel.**

- Retrait du béton

Un effort surfacique est prévu pour modéliser le phénomène de retrait du béton. Cet effort sera de l'ordre de 3000 kN/m/ml.

## 8.2.5 Dimensionnement des parois moulées

### 8.2.5.1 Dimensionnement des parois moulées au niveau du profil 21



La tête de la paroi est prise à 37,5 m NGF, le niveau du fond de fouille à 30,5 m MGF et le niveau de la chaussée à 32,5 m NGF.

La fiche se situe à la cote 21,5 m NGF, s'ancrant alors de 4,40 m dans le Calcaire de Saint-Ouen. L'épaisseur est de 0,8 m.

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques des tirants :

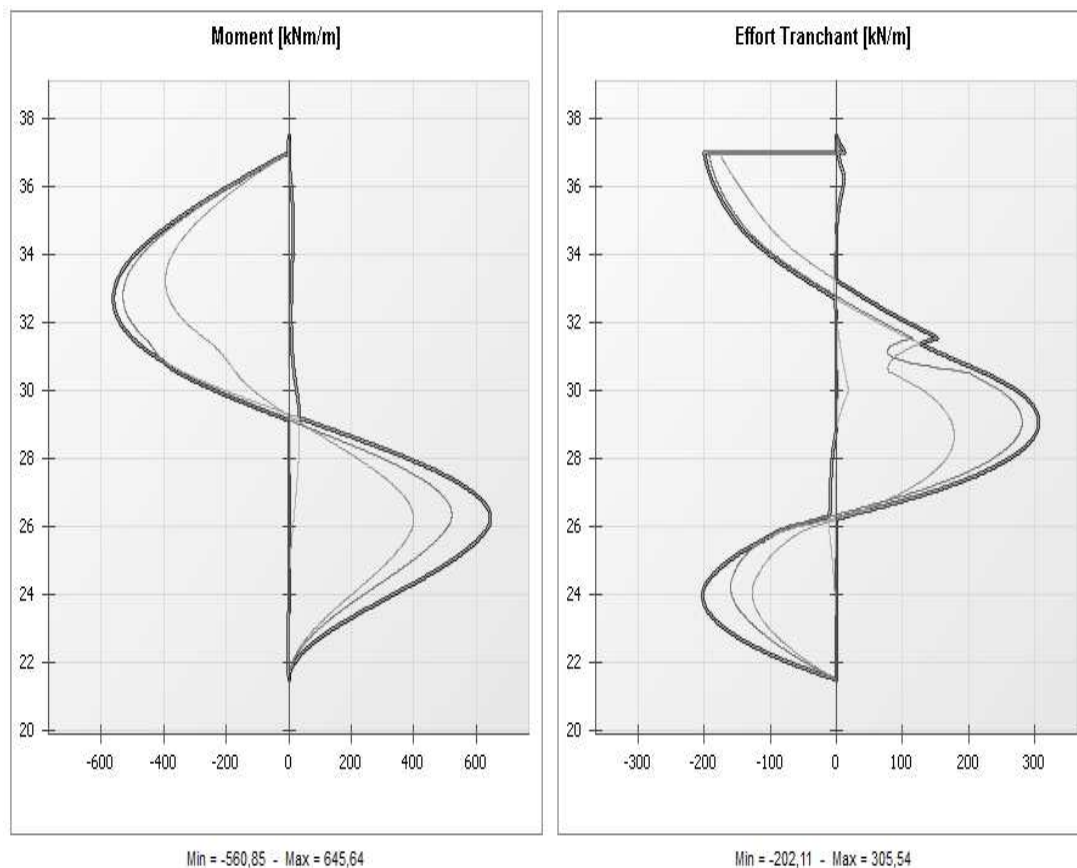
	<b>Lit supérieur</b>
Cote (m ngf)	36,5
Injection	IGU
Diamètre forage (m)	0,13
Inclinaison / hz (°)	15
Espacement (m)	2
Nature	7 T15
Longueur libre (m)	10
Longueur scellée (m)	13
Précharge (kN)	0

### Résultats des calculs K-réa :

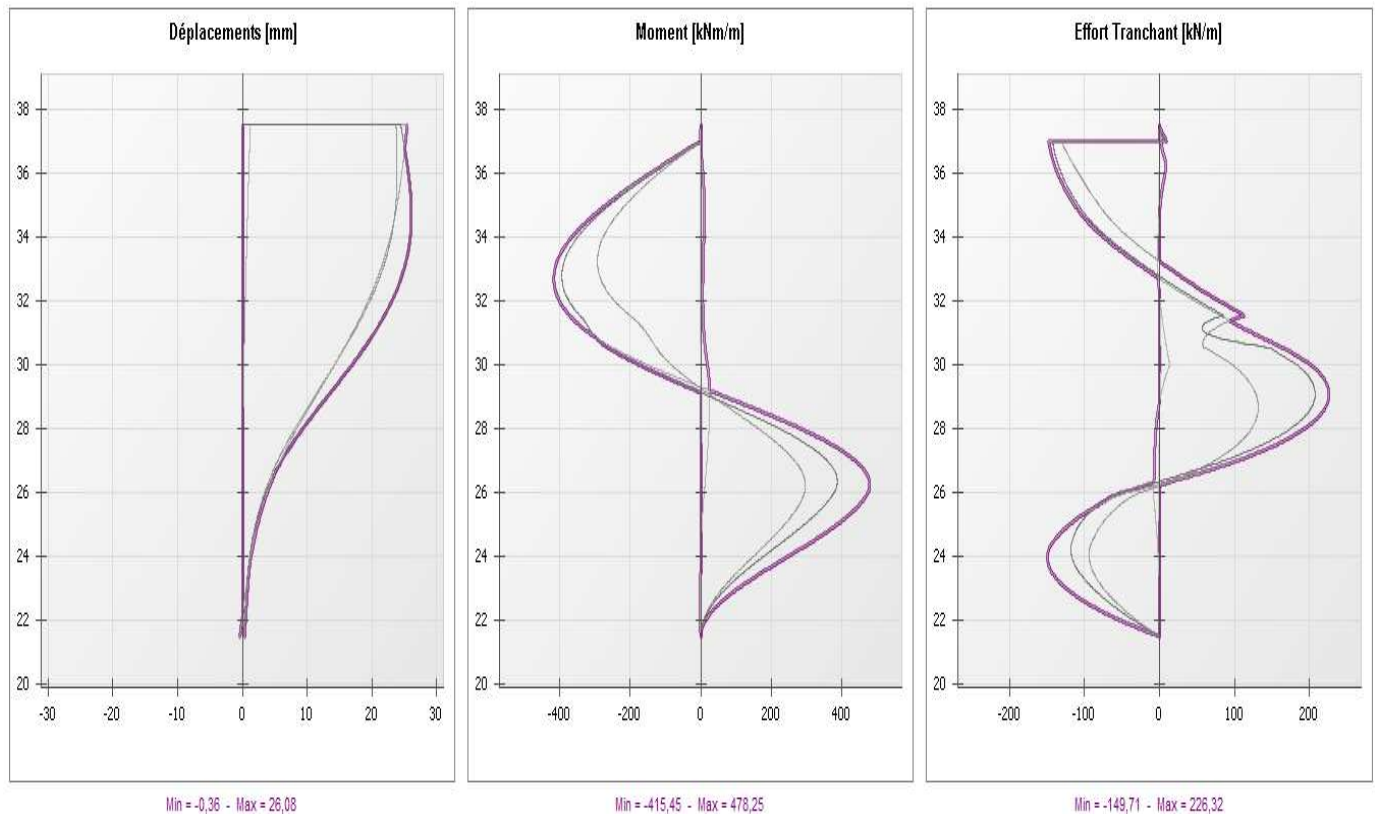
Le tableau suivant résume les principales conclusions :

	Calculé	Admissible
Déplacement maximal de la paroi	27	30 mm
Déplacement en tête	27	30 mm
Défaut de butée ( $B_{t,d} / B_{m,d}$ )	0,8	1,00

### Résultats ELU :



### Résultats ELS :



### Pré-dimensionnement des tirants :

Un pré-dimensionnement des tirants a été mené selon les recommandations du TA95.

Les tirants sont vérifiés :

- structurellement :
  - $T_s < 0,6 T_p$  pour les tirants passifs définitifs

Où

$T_s$  : Valeur de traction issue de Krea

$T_p$  : Limite élastique des torons (7T15S) :  $T_p = 7 \cdot 246 = 1722 \text{ kN}$

- à l'arrachement :  $T_s < T_u / 2$

Où

$T_u$  : Valeur de traction limite ultime =  $\pi \cdot \alpha \cdot D \cdot L_s \cdot q_s$

$D$  : Diamètre de forage

$L_s$  : Longueur de scellement

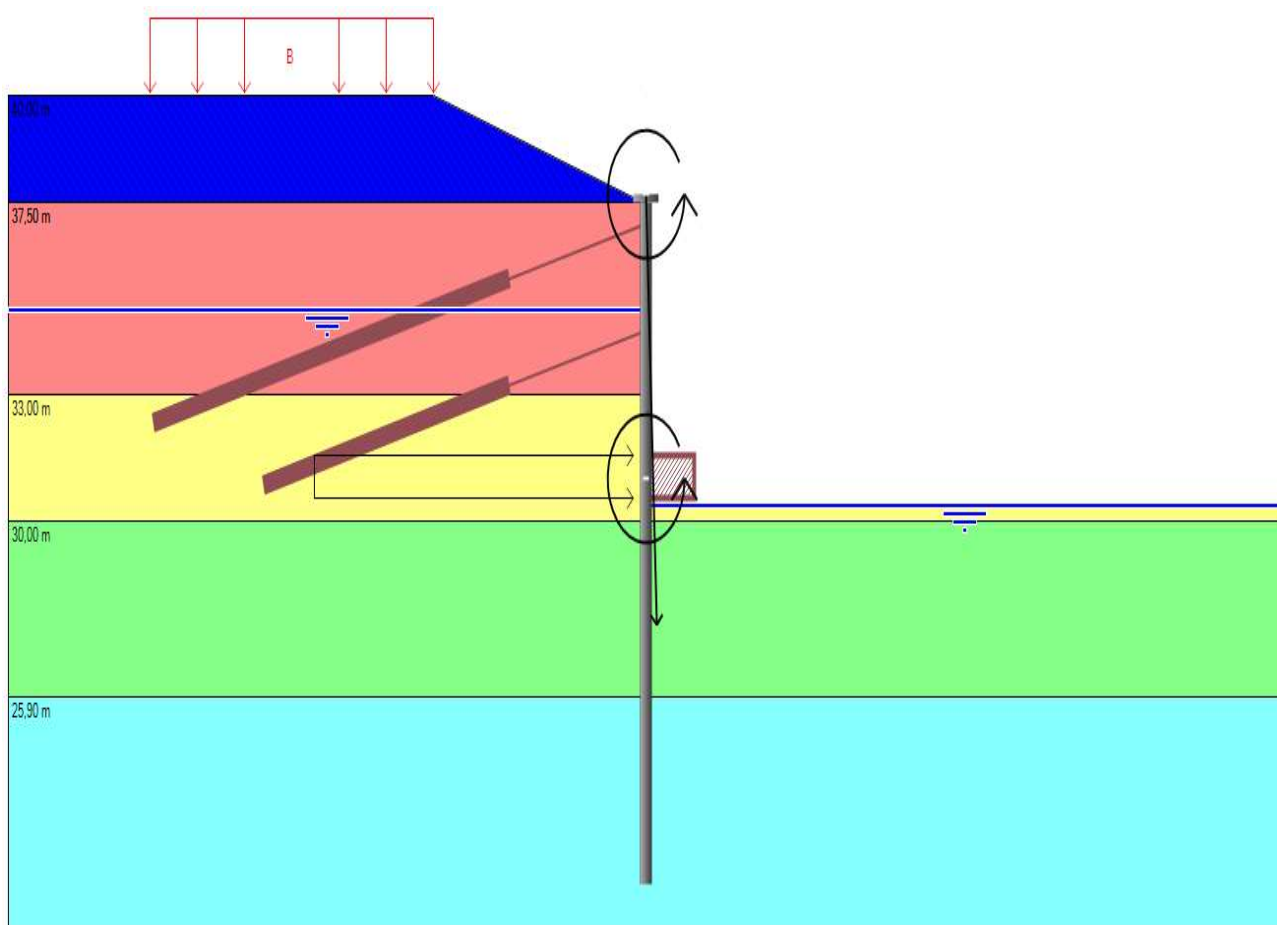
$q_s$  : valeur de frottement unitaire

$\alpha$  : coefficient de bulbe

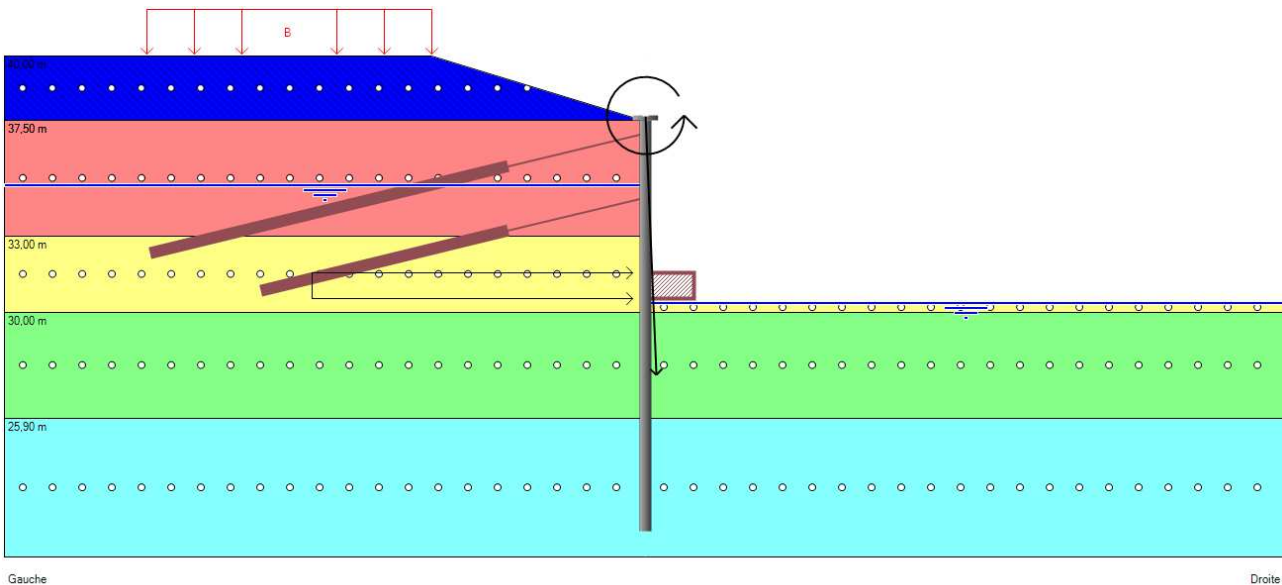
	<b>Lit supérieur</b>
Vérification structurelle :	
Ts ELS Krea (kN)	312
Tp (kN)	1722
Vérification :	$0,6 T_p = 1033 \text{ kN} > 312 \text{ kN}$ ok
Vérification à l'arrachement :	
Sol 1	Remblais
Ls (m)	5
$\alpha$	1
qs (kPa)	60
Sol 1	Alluvions Modernes
Ls (m)	8
$\alpha$	1,2
qs (kPa)	140
Tu (kN)	671
Vérification :	$T_u/2 = 335 > T_s$ OK

### 8.2.5.2 Dimensionnement des parois moulées au niveau du profil 21-OLT

Phase travaux :



Phase service :



Gauche

Droite

La tête de la paroi est prise à 37,5 m NGF, le niveau du fond de fouille à 30,4 m MGF et le niveau de la chaussée à 32,5 m NGF.

La fiche se situe à la cote 21,5 m NGF, s'ancrant alors de 4,40 m dans le Calcaire de Saint-Ouen. L'épaisseur est de 0,8 m.

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques des tirants :

	<b>Lit supérieur</b>	<b>Lit inférieur</b>
Cote (m ngf)	37	34,5
Injection	IGU	IGU
Diamètre forage (m)	0,13	0,13
Inclinaison / hz (°)	15	15
Espacement (m)	1	2
Nature	7 T15	7 T15
Longueur libre (m)	5	5
Longueur scellée (m)	13	9
Précharge (kN)	0	0

## Résultats des calculs K-réa :

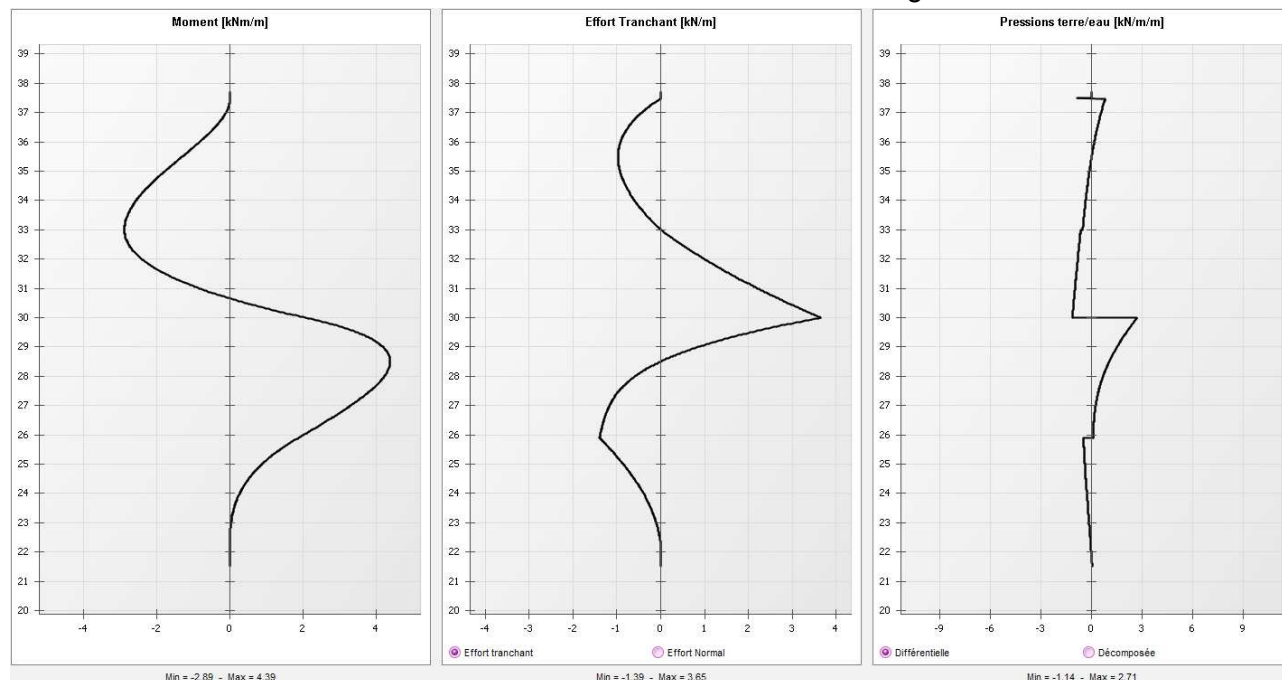
Le tableau suivant résume les principales conclusions :

	Calculé	Admissible
Déplacement maximal de la paroi		30 mm
-phase travaux	15	
-phase service	16	
Déplacement en tête		10 mm
-phase travaux	9	
-phase service	2	
Défaut de butée ( $B_{t,d} / B_{m,d}$ )	0,44	1,00

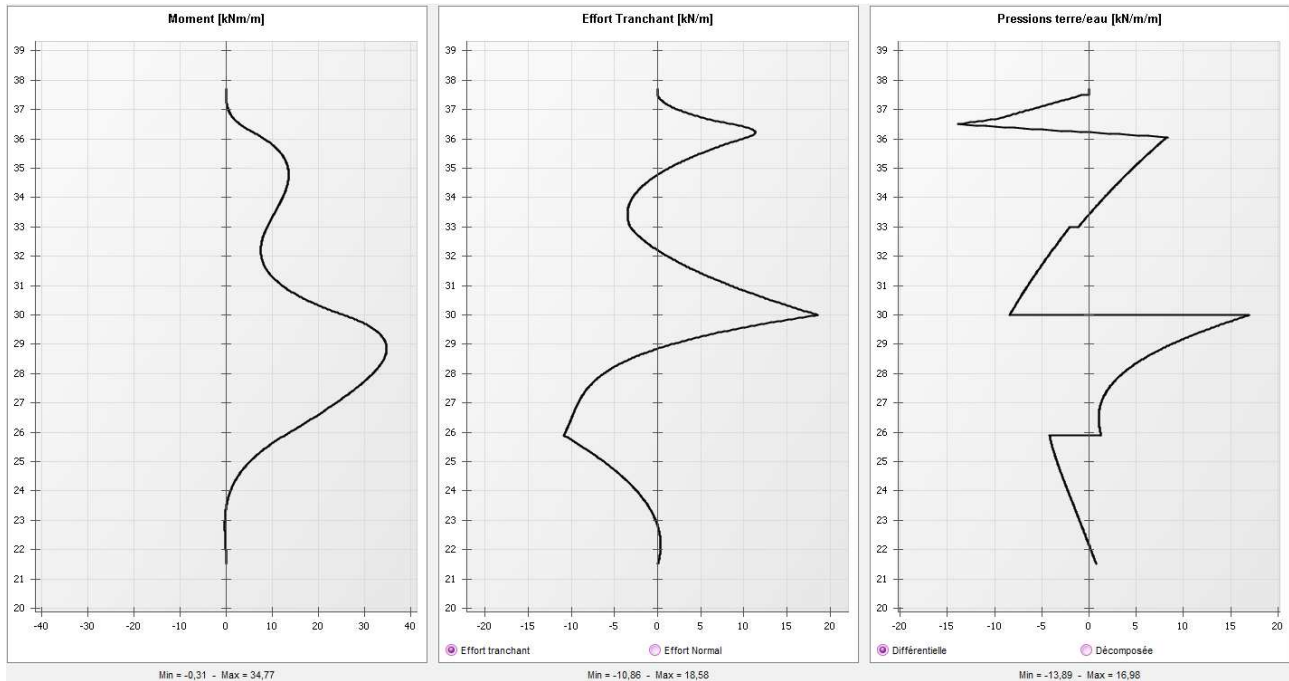
## Résultats ELU :

### Phase travaux :

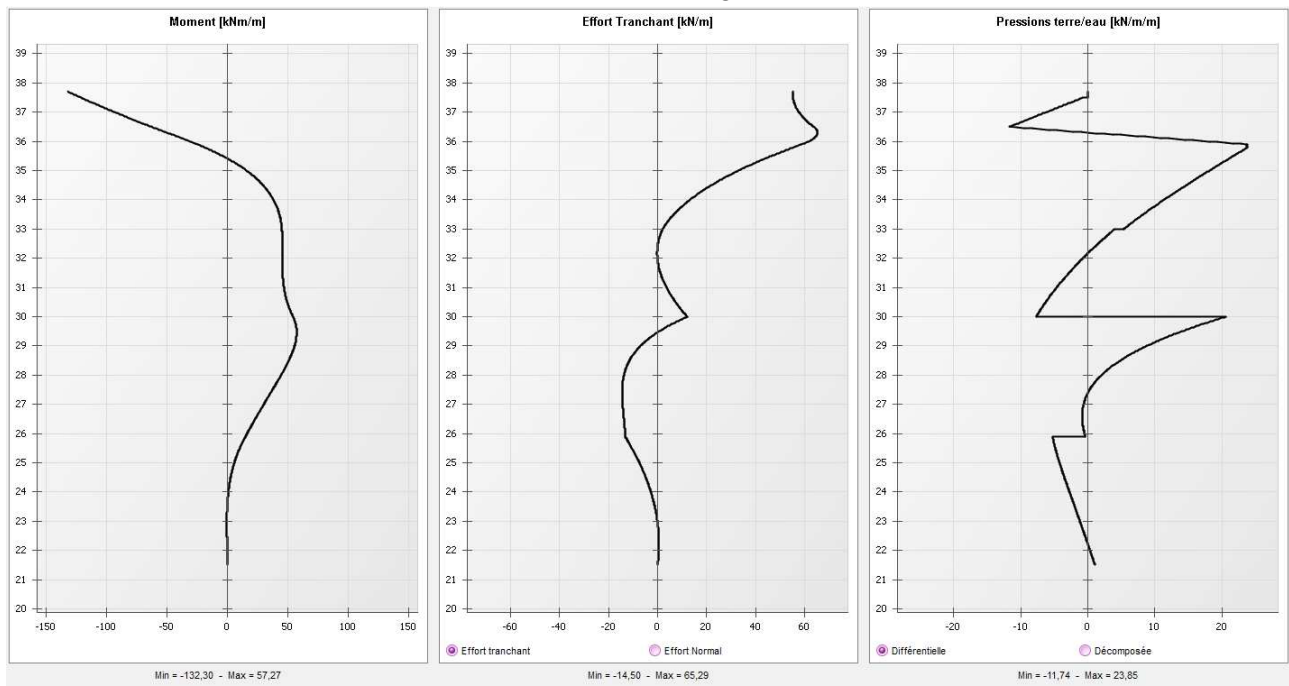
**Phase 1 :** Phase initiale – Plateforme de travail à la cote de 37,5 m ngf



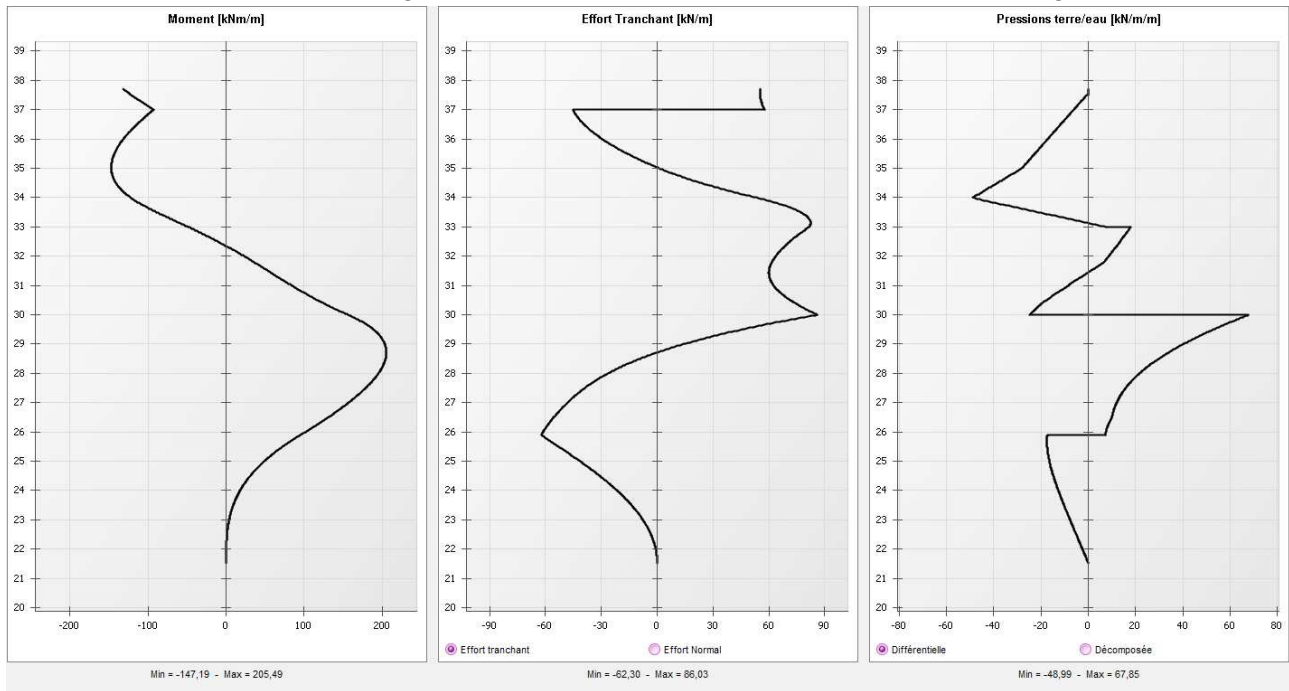
## Phase 2 : Terrassement à la cote de 36,5 m ngf



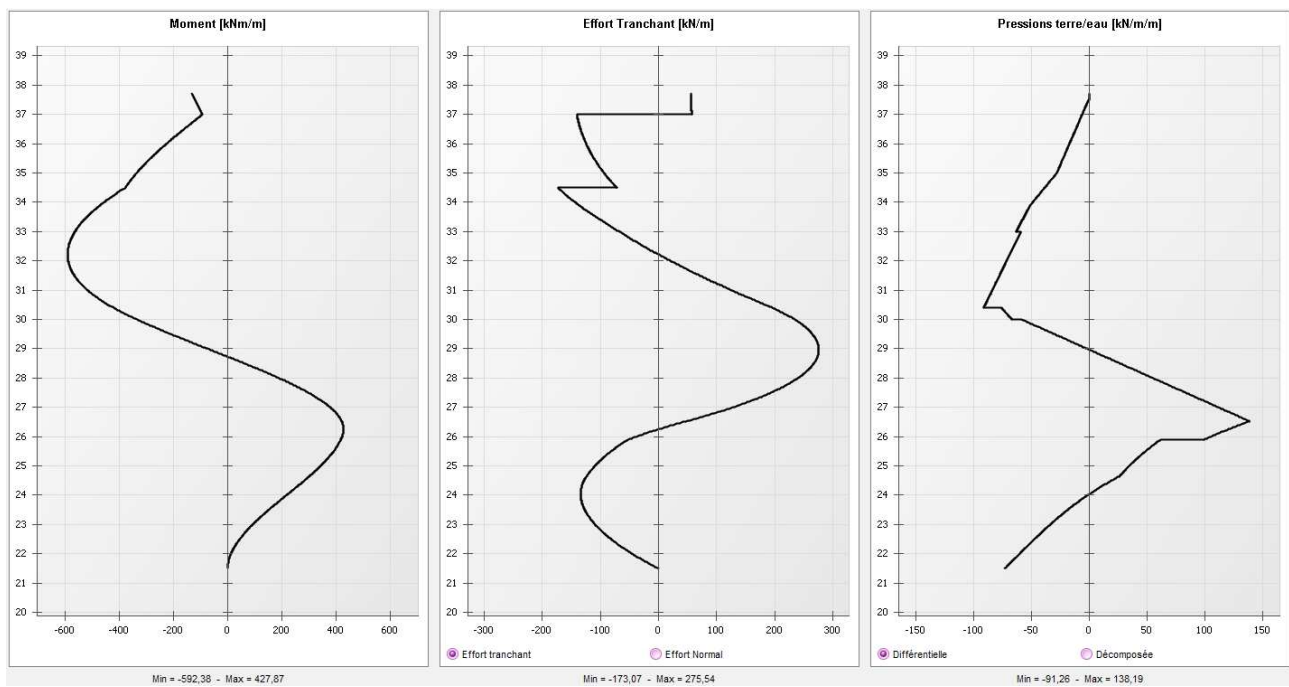
## Phase 3 : Réalisation du premier lit de tirants à 37 m ngf et mise en place du tablier



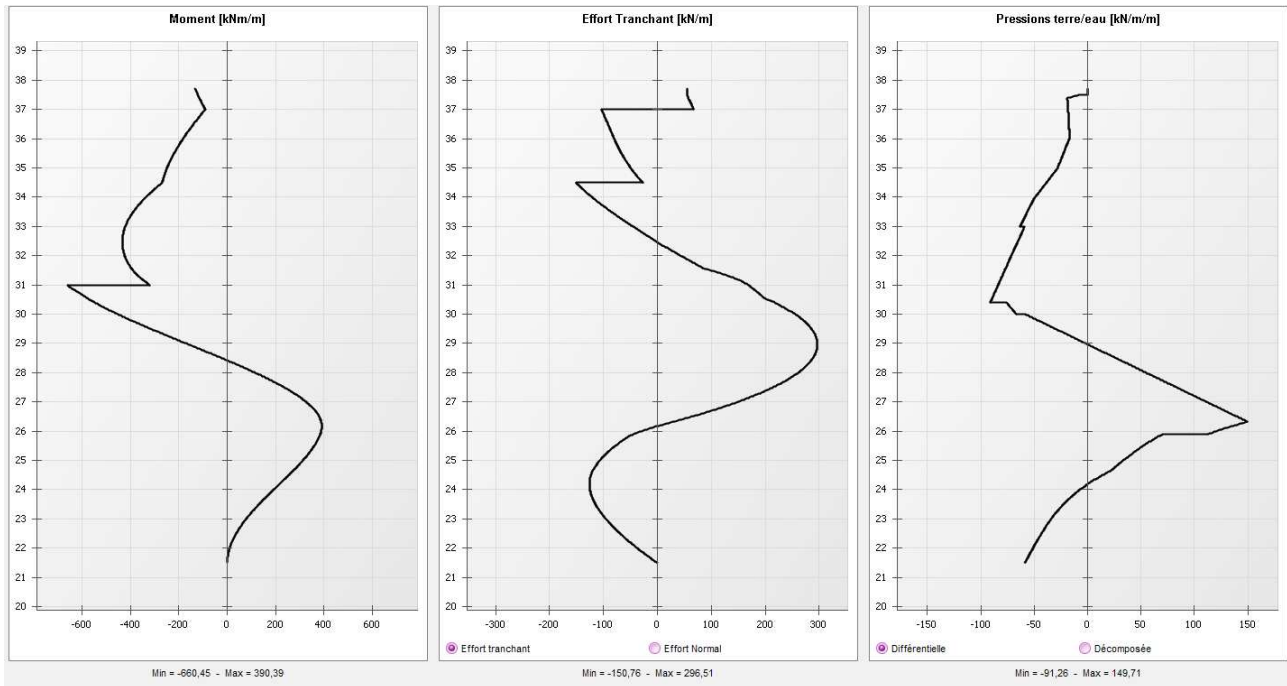
#### Phase 4 :Excavation à 34 m ngf et réalisation du second lit de tirants à 34,5 m ngf



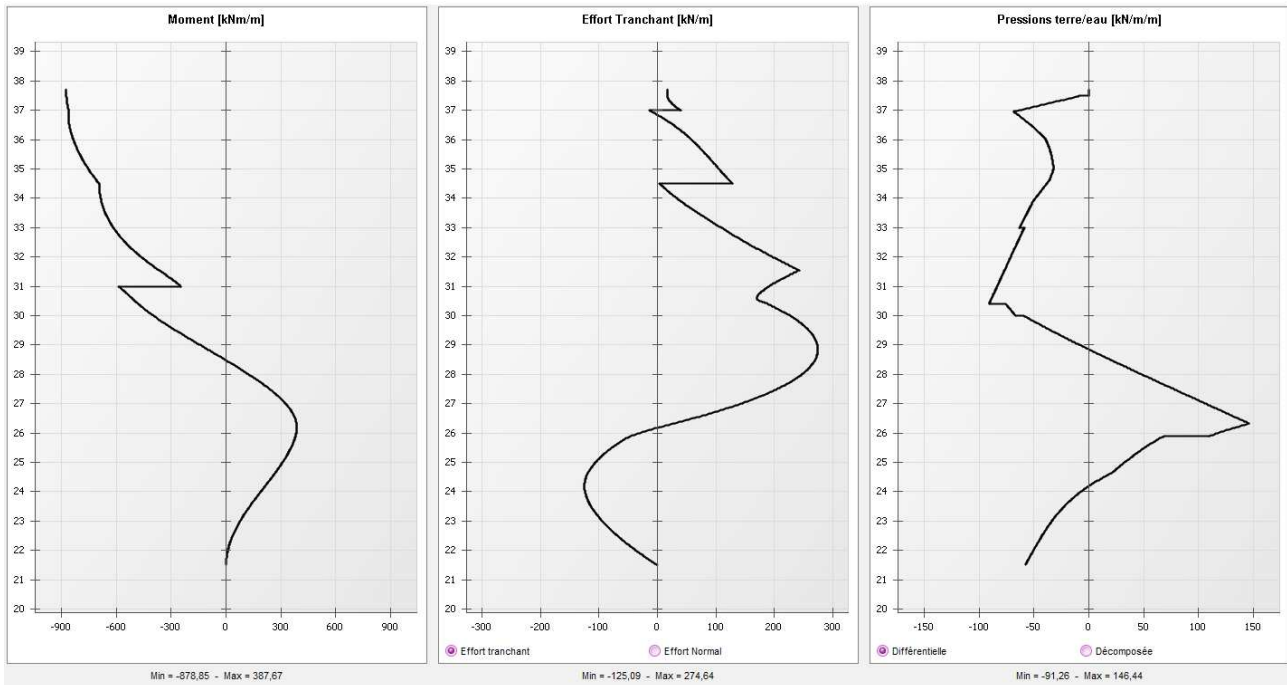
#### Phase 5 :Excavation à 30,4 m ngf



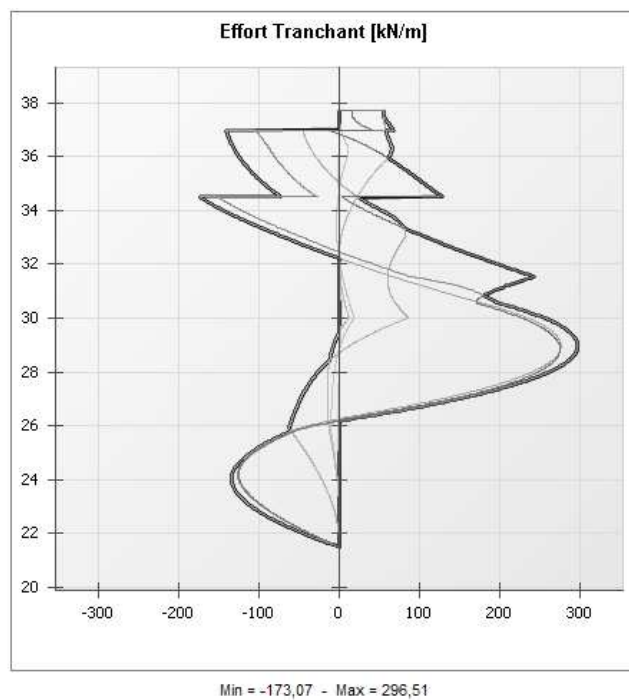
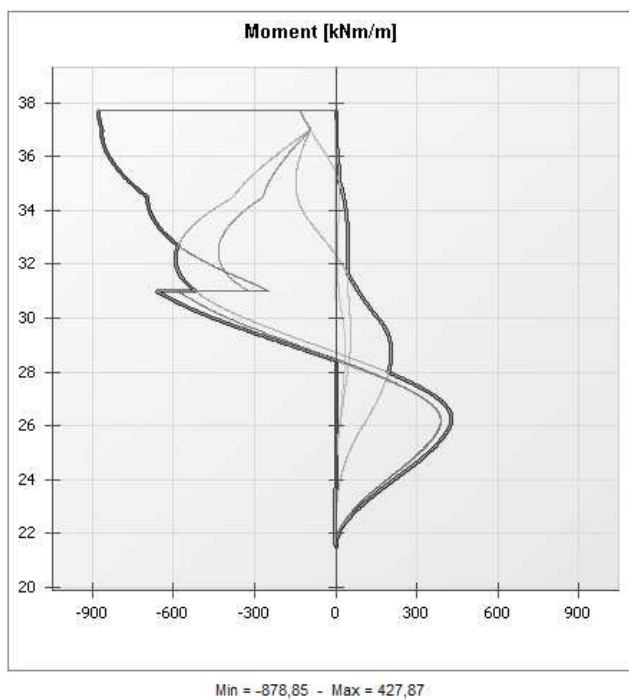
## Phase 6 : Réalisation du radier



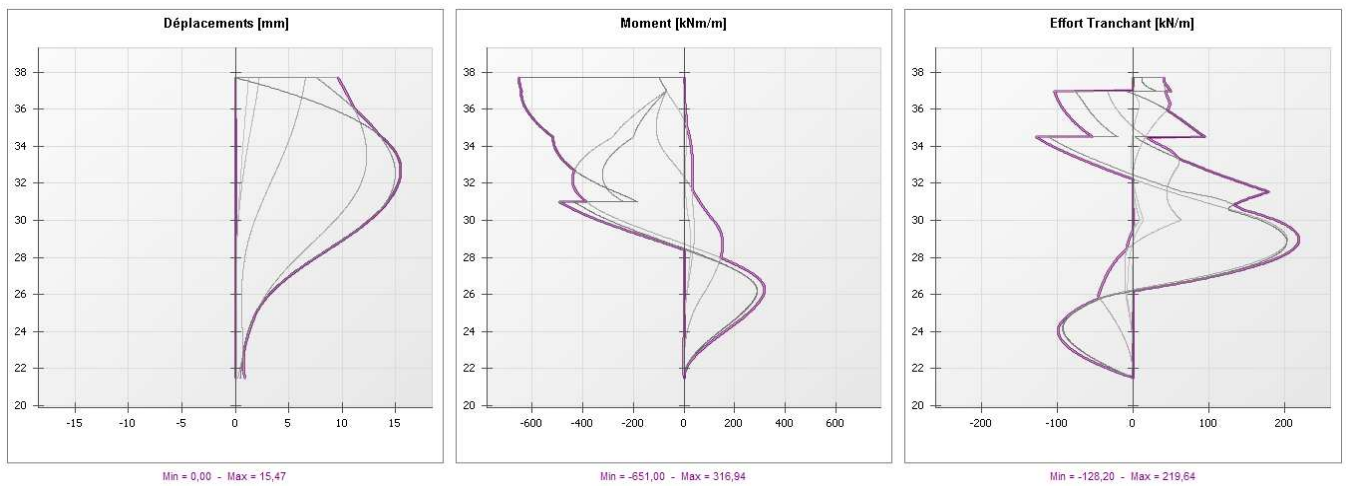
## Phase 7 : Changement cas de charge



## Phase service : Suppression du moment du radier, fluage du sol

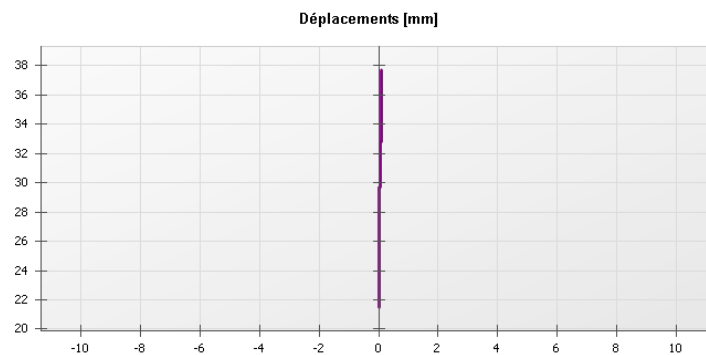


### Résultats ELS :

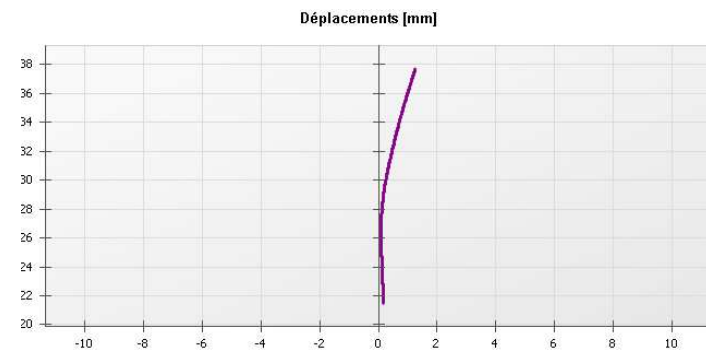


Déplacement :

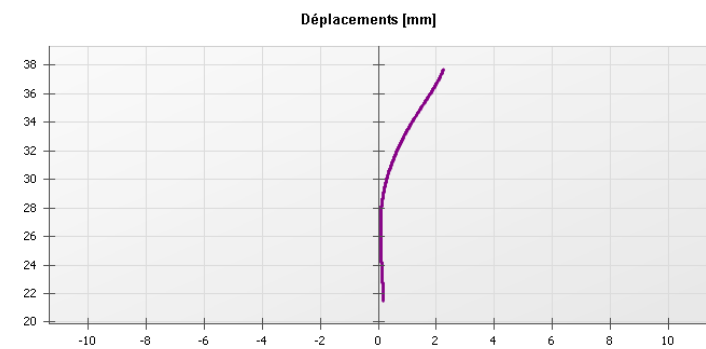
### Phase 1 :



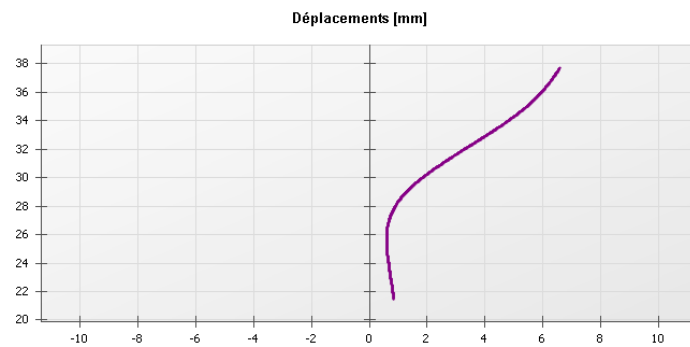
### Phase 2 :



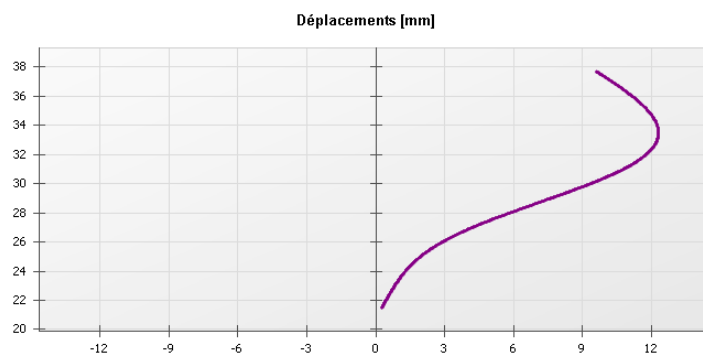
### Phase 3 :



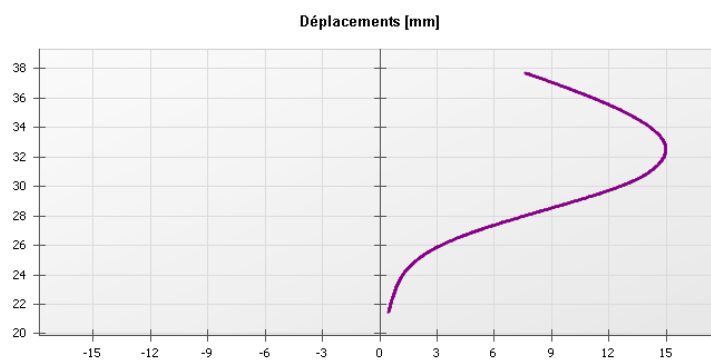
Phase 4 :



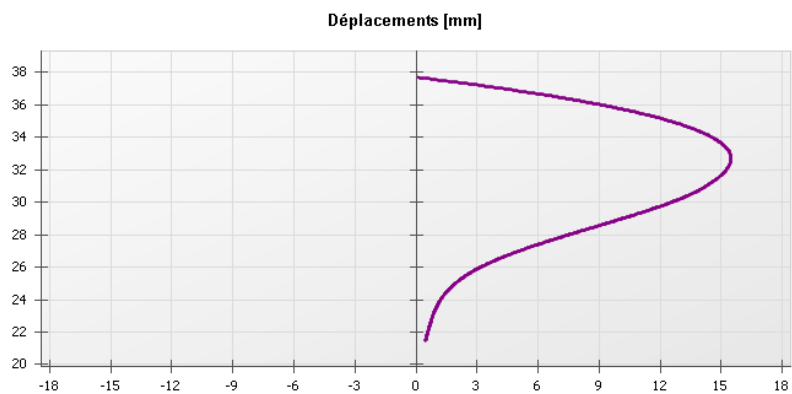
Phase 5 :



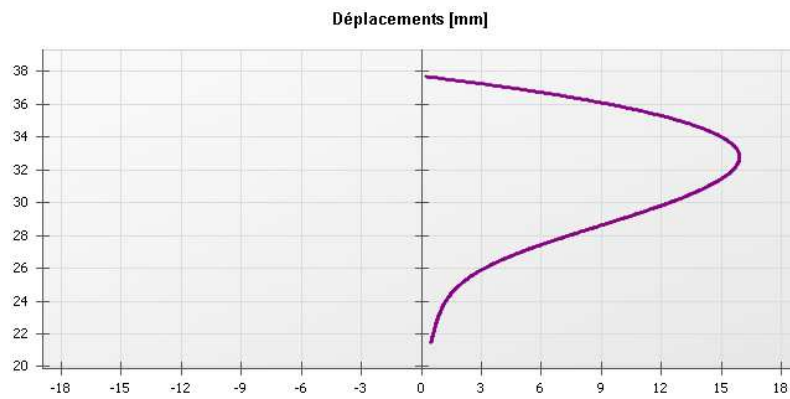
Phase 6 :



Phase 7 :



### Phase 8 :



### **Pré-dimensionnement des tirants :**

Un pré-dimensionnement des tirants a été mené selon les recommandations du TA95.

Les tirants sont vérifiés :

- structurellement :
  - $T_s < 0,6 T_p$  pour les tirants passifs définitifs

Où

$T_s$  : Valeur de traction issue de Krea

$T_p$  : Limite élastique des torons (7T15S) :  $T_p = 7 \times 246 = 1722$  kN

- à l'arrachement :  $T_s < T_u / 2$

Où

$T_u$  : Valeur de traction limite ultime =  $\pi \cdot \alpha \cdot D \cdot L_s \cdot q_s$

$D$  : Diamètre de forage

$L_s$  : Longueur de scellement

$q_s$  : valeur de frottement unitaire

$\alpha$  : coefficient de bulbe

	Lit supérieur	Lit inférieur
Vérification structurelle :		
Ts ELS Krea (kN)	155	210
Tp (kN)	1722	1722
Vérification :	0,6 Tp = 1033 kN > 155 kN ok	0,6 Tp = 1033 kN > 210 kN ok
Vérification à l'arrachement :		
Sol 1	Remblai	Alluvions Modernes
Ls (m)	10,4	0,5
$\alpha$	1	1,2
qs (kPa)	60	140
Sol 2	Alluvions Modernes	Alluvions Anciennes
Ls (m)	2,5	8
$\alpha$	1,2	1,2
qs (kPa)	140	200
Tu (kN)	426	851
Vérification :	Tu/2 = 213 > Ts OK	Tu/2 = 425 > Ts OK

### Portance de la paroi moulée :

D'après les sorties du logiciel Krea, une portance de 530 kN/ml à l'ELU durable est à reprendre par le sol.

La vérification est menée selon la norme NF P 94-262, en considérant la technologie « foré boue ».

Zone	Secteur 5 : Franchissement voie ferrée Sud		
	$E_M$	$p_l^*$	$q_s$
	MPa	MPa	kPa
Remblais	9,58	0,68	47
Alluvions Modernes	11,84	1,81	56
Alluvions Anciennes	21,34	2,11	104
Calcaire de Saint-Ouen	23,43	1,82	141

Notons que les valeurs de  $q_s$  sont bien toutes inférieures ou égales aux  $q_{smax}$  disponibles dans la norme.

On prendra comme pression limite nette équivalente,  $p_{le}^* = 1,82$  MPa (pression limite mesurée dans le Calcaire de Saint Ouen).

En considérant un ancrage à la côte de 21,5 m NGF dans le Calcaire de Saint Ouen, la paroi reprend en pointe 1510 kN à l'ELU fondamental.

La paroi moulée est donc vérifiée en portance.

### Portance de la paroi moulée – cas du soulèvement hydraulique :

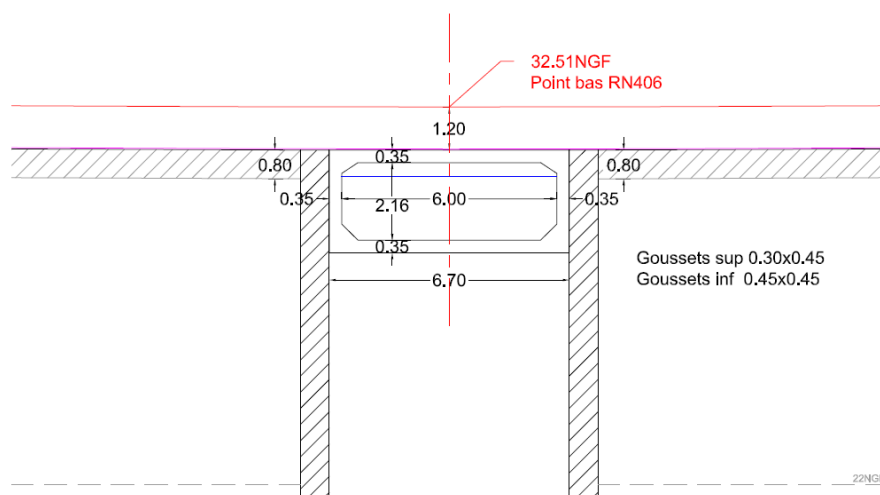
D'après les éléments transmis par le DIOA, lorsque le niveau d'eau atteint 35 m ngf, la paroi doit reprendre en frottement 230 kN, à l'ELU accidentel.

En considérant du frottement à partir du point d'effort tranchant nul, jusqu'à la base de la paroi moulée, le frottement mobilisable à l'ELU acc sont de l'ordre de 1400 kN/ml. Les efforts de soulèvement hydraulique sont donc repris.

### 8.2.5.3 Dimensionnement des parois moulées au niveau de la cuve de rétention (profil 21 bis et 21 ter)

Deux dimensionnements sont réalisés au niveau de la cuve :

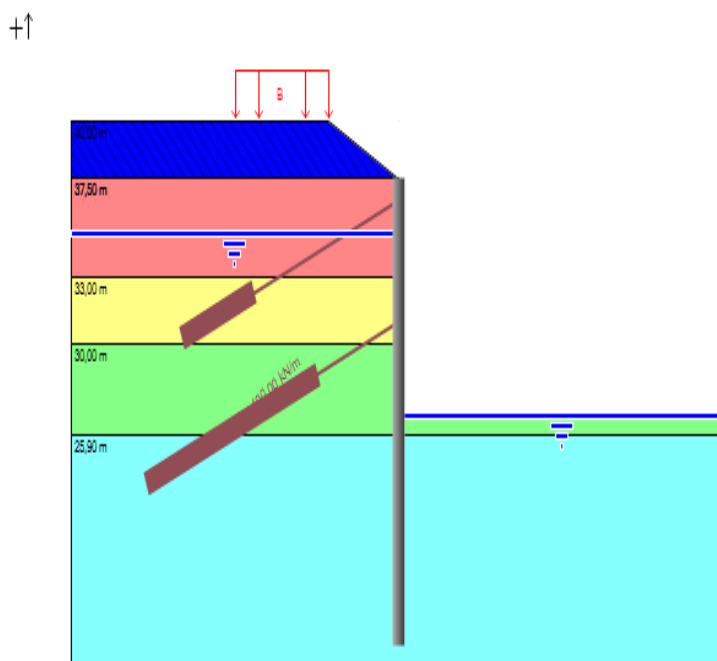
- Profile 21bis : sens longitudinal – sens trémie
- Profile 21ter : sens transversal – sens perpendiculaire à la trémie



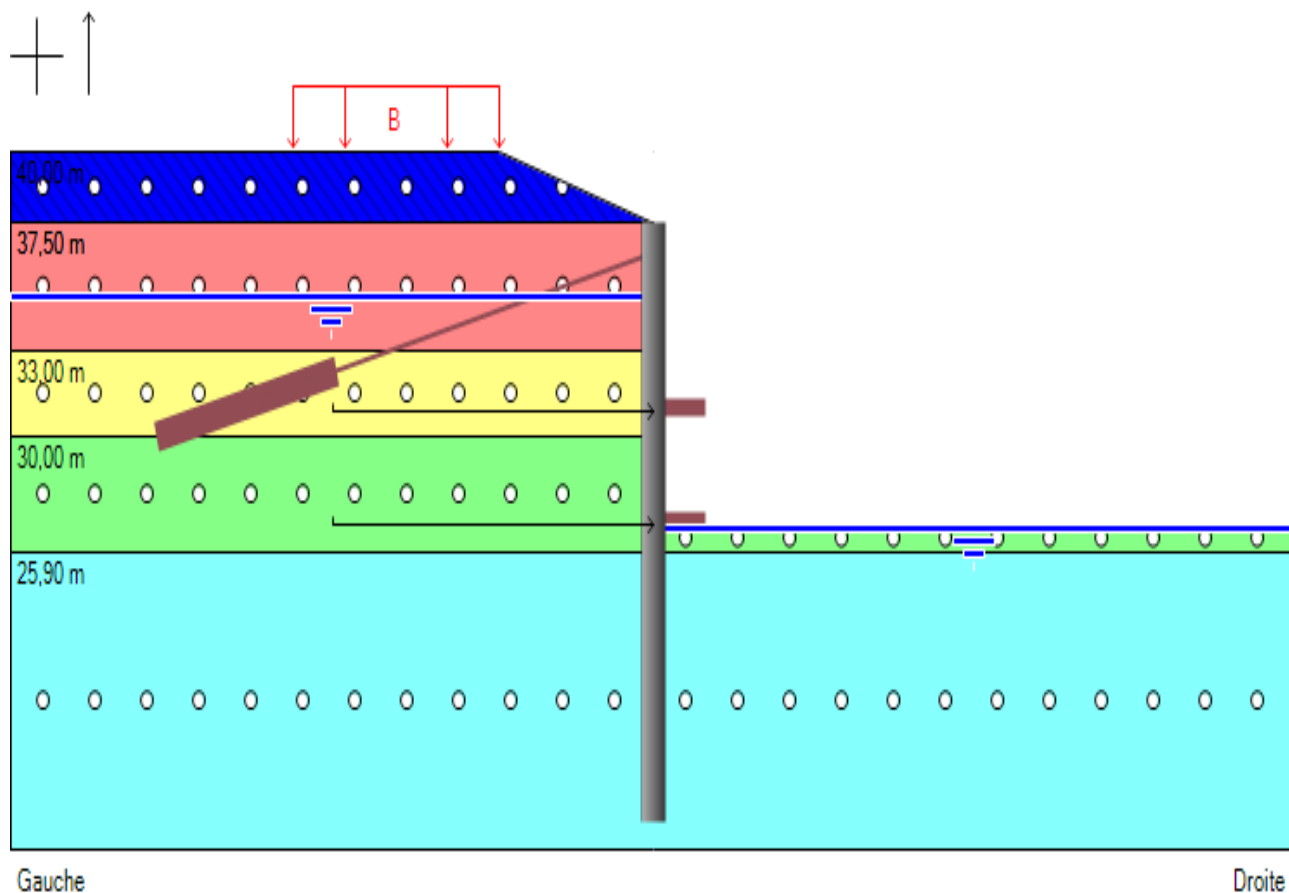
#### 8.2.5.3.1 Dimensionnement profil 21bis

Un lit de tirant provisoire est nécessaire à la stabilité de l'ouvrage avant réalisation de la cuve.

Phase provisoire :



Phase service :



La tête de la paroi est prise à 37,5 m NGF, et le niveau du fond de fouille à 26,9 m NGF.  
 La fiche se situe à la cote 16,5 m NGF, s'ancrant alors dans le Calcaire de Saint-Ouen.  
 L'épaisseur de la paroi est de 0,8 m.  
 Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques des tirants :

	Lit supérieur	Lit inférieur
Cote (m ngf)	36,5	31
Injection	IGU	IGU
Diamètre forage (m)	0,13	0,13
Inclinaison / hz (°)	15	15
Espacement (m)	2	1,5
Nature	7 T15	7 T15
Longueur libre (m)	16	9
Longueur scellée (m)	8	19
Précharge (kN)	0	600

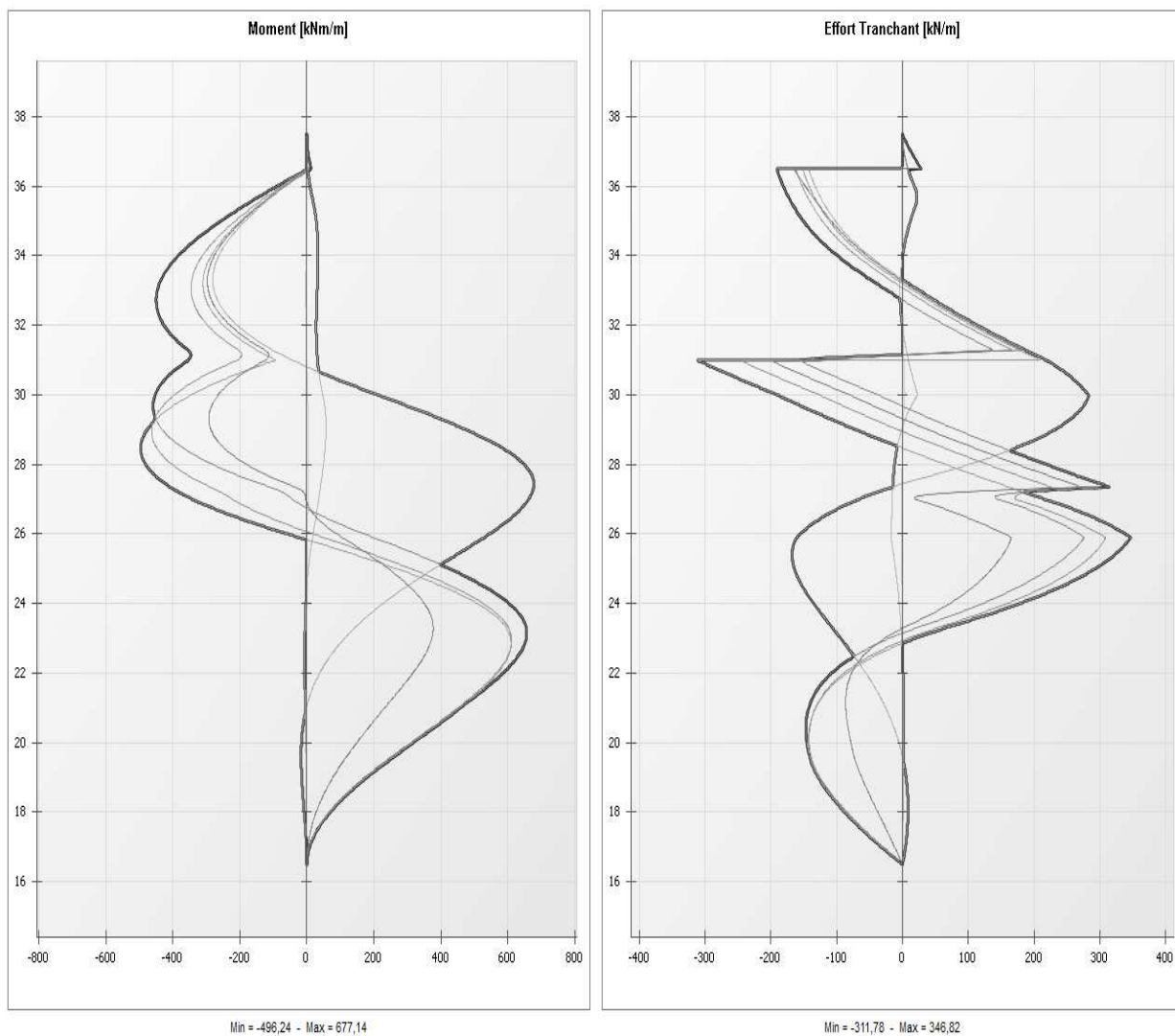
## Résultats des calculs K-réa :

Le tableau suivant résume les principales conclusions :

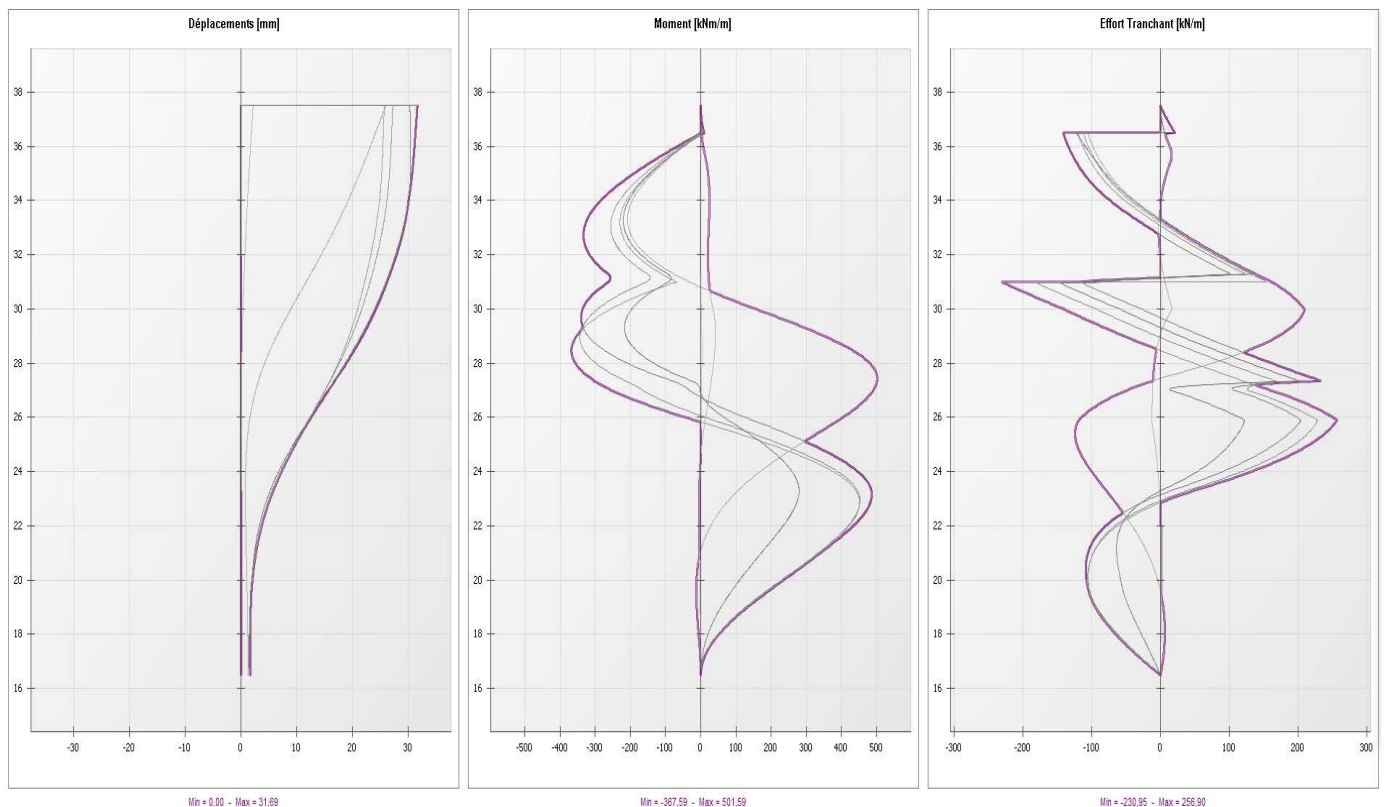
	Calculé	Admissible
Déplacement maximal de la paroi	31 (acceptable)	30 mm
Déplacement en tête	31 (acceptable)	30 mm
Défaut de butée ( $B_{t,d} / B_{m,d}$ )	0,96	1,00

Les moments et efforts tranchants en fonction de la profondeur sont présentés ci-après, à l'ELU ainsi qu'à l'ELS :

### Résultats ELU :



## Résultats ELS :



## Pré-dimensionnement des tirants :

Un pré-dimensionnement des tirants a été mené selon les recommandations du TA95.

Les tirants sont vérifiés :

- structurellement :
  - $T_s < 0,75 T_p$  pour les tirants actifs provisoires – lit inférieur-
  - $T_s < 0,6 T_p$  pour les tirants passifs définitifs – lit supérieur-

Où

$T_s$  : Valeur de traction issue de Krea

$T_p$  : Limite élastique des torons (7T15S) :  $T_p = 7 \times 246 = 1722$  kN

- à l'arrachement :  $T_s < T_u / 2$

Où

$T_u$  : Valeur de traction limite ultime =  $\pi \cdot \alpha \cdot D \cdot L_s \cdot q_s$

$D$  : Diamètre de forage

$L_s$  : Longueur de scellement

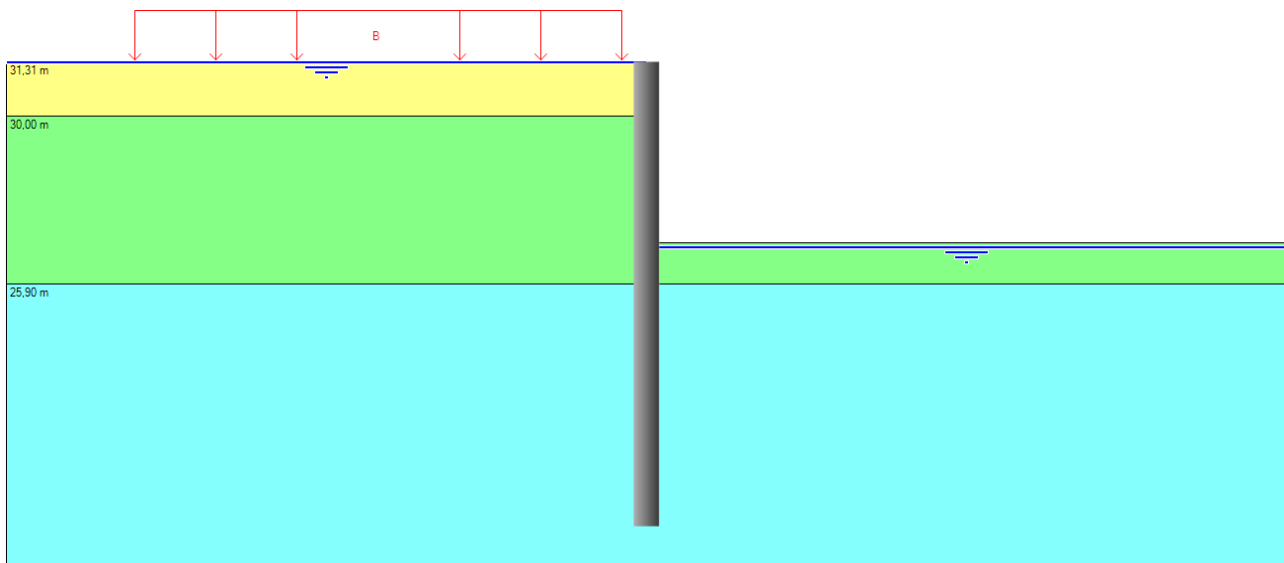
$q_s$  : valeur de frottement unitaire

$\alpha$  : coefficient de bulbe

	Lit supérieur	Lit inférieur
Vérification structurelle :		
Ts ELS Krea (kN)	260	600
Tp (kN)	1722	1722
Vérification :	0,6 Tp = 1033 kN > 260 kN ok	0,75 Tp = 1291 kN > 600 kN ok
Vérification à l'arrachement :		
Sol 1	Alluvions Modernes	Alluvions Anciennes
Ls (m)	9	11,5
$\alpha$	1,2	1,2
qs (kPa)	140	200
Sol 2		Calcaire de Saint Ouen
Ls (m)		5,5
$\alpha$		1,1
qs (kPa)		200
Tu (kN)	617	1621
Vérification :	Tu/2 = 308,5 > Ts OK	Tu/2 = 810,5 > Ts OK

#### 8.2.5.3.2 Dimensionnement Profil 21ter

Phase travaux :



The diagram illustrates a cross-section of a dam structure. The structure is composed of several layers, each with a specific height and material representation:

- Top Layer (Blue):** A thin layer at the top, 32.51 m high, containing a row of small white circles.
- Second Layer (Yellow):** A layer below the blue one, 31.31 m high, also containing a row of small white circles. A blue symbol is visible on the left side of this layer.
- Third Layer (Green):** A large middle layer, 30.00 m high, containing a row of small white circles. A green rectangle is shown on the left side of this layer.
- Bottom Layer (Cyan):** The base layer, 25.90 m high, containing a row of small white circles.

A vertical grey line represents the dam's core or a boundary. To the right of this line, there are two red hatched rectangular blocks. The top block is positioned between the yellow and green layers, and the bottom block is positioned between the green and cyan layers. A blue line runs horizontally across the top of the green layer, and another blue line runs horizontally across the top of the cyan layer. A small blue symbol is visible on the right side of the cyan layer.

## Résultats des calculs K-réa :

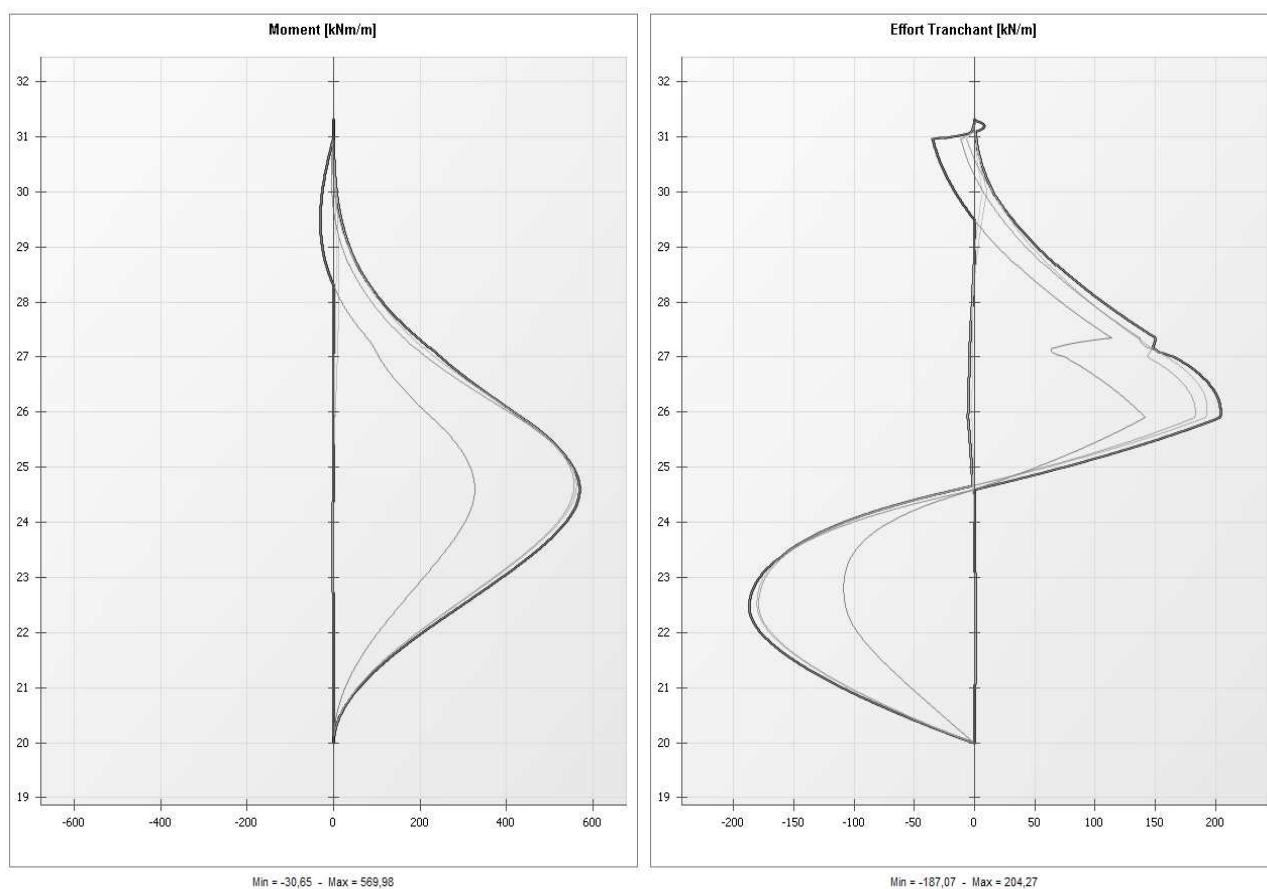
Le tableau suivant résume les principales conclusions :

	Calculé	Admissible
Déplacement maximal de la paroi	36	30 mm
Déplacement en tête	36	30 mm
Défaut de butée ( $B_{t,d} / B_{m,d}$ )	0,27	1,00

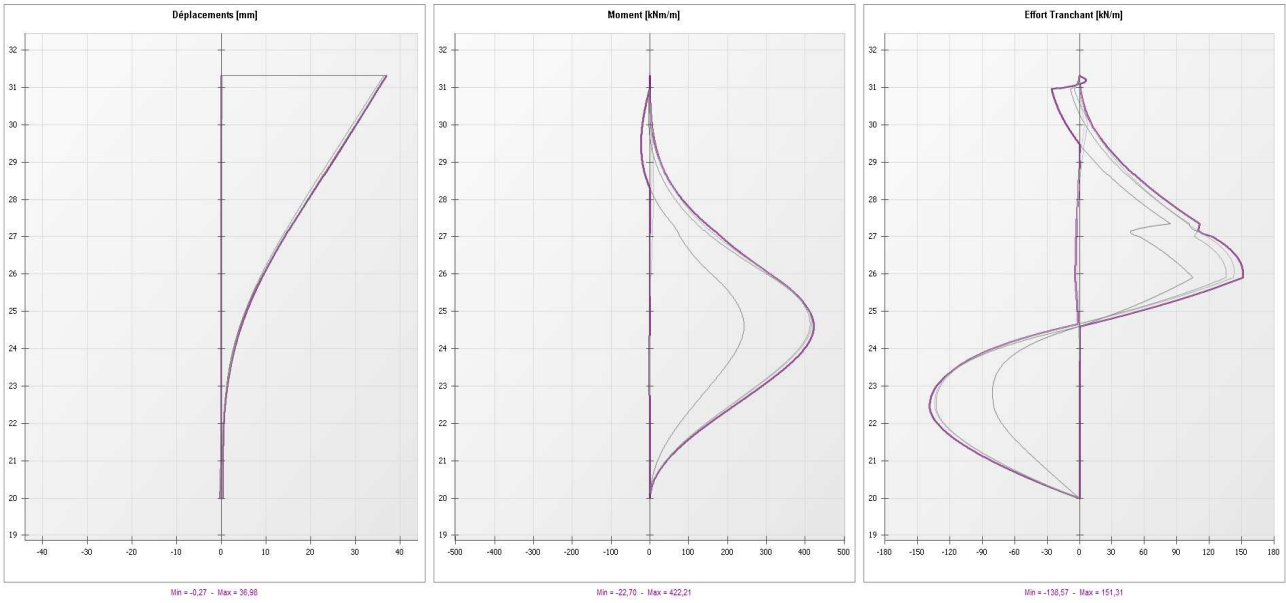
Les déplacements sont supérieurs à 30 mm mais vu le faible linéaire de cette coupe, et la non considération de l'effet 3D du projet, nous pouvons considérer cette déformée comme acceptable.

Les moments et efforts tranchants en fonction de la profondeur sont présentés ci-après, à l'ELU ainsi qu'à l'ELS :

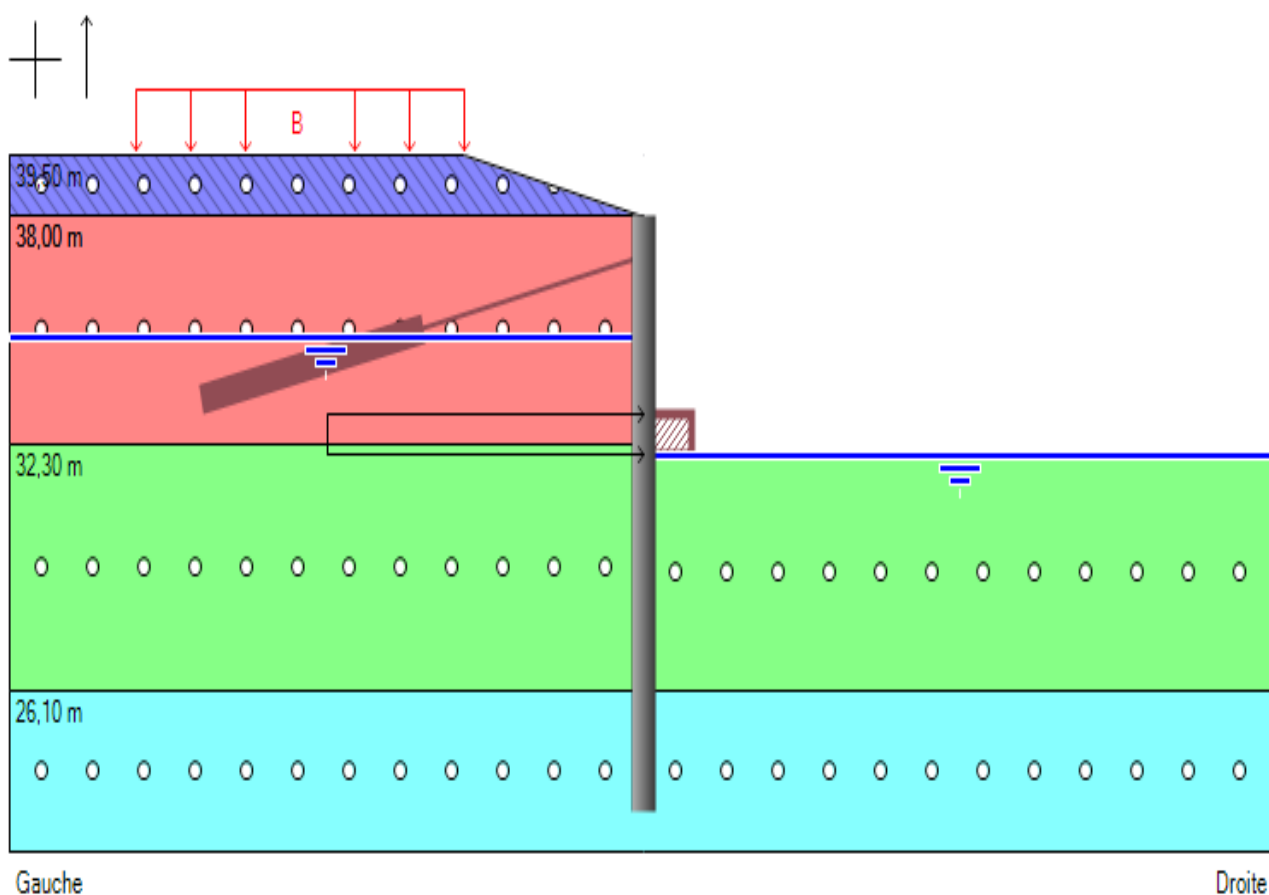
### Résultats ELU :



**Résultats ELS :**



#### 8.2.5.4 Dimensionnement des parois moulées au niveau du profil 25



La tête de la paroi est prise à 38 m NGF, et le niveau de la chaussée à 34 m NGF (fond de fouille à 32 m ngf).

La fiche se situe à la cote 23,10 m NGF, s'ancrant alors de 3 m dans le Calcaire de Saint-Ouen.

L'épaisseur de la paroi est de 0,6 m.

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques des tirants :

	<b>Lit supérieur</b>
Cote (m ngf)	37
Injection	IGU
Diamètre forage (m)	0,13
Inclinaison / hz (°)	15
Espacement (m)	2
Nature	7 T15
Longueur libre (m)	7
Longueur scellée (m)	13
Précharge (kN)	0

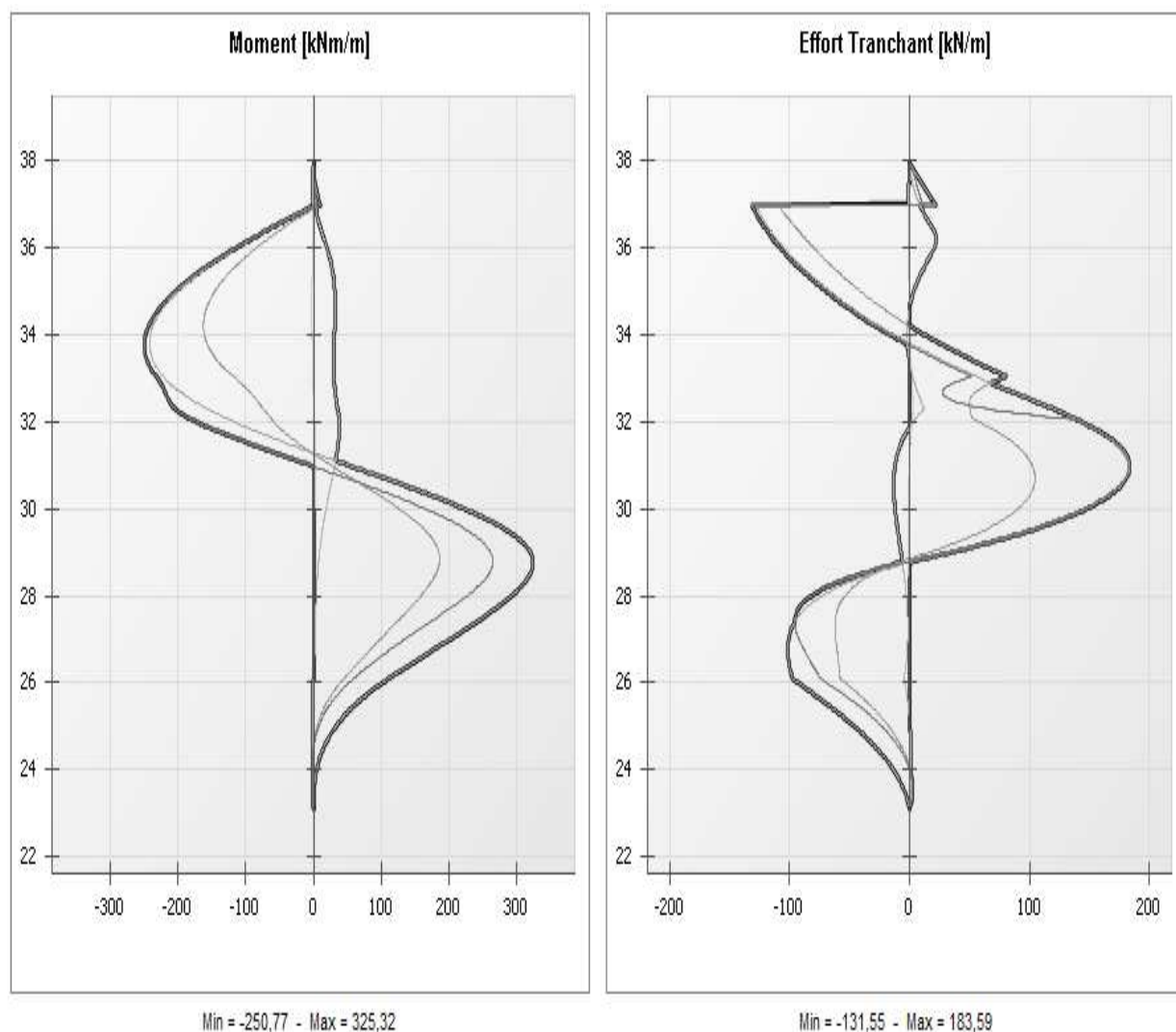
## Résultats des calculs K-réa :

Le tableau suivant résume les principales conclusions :

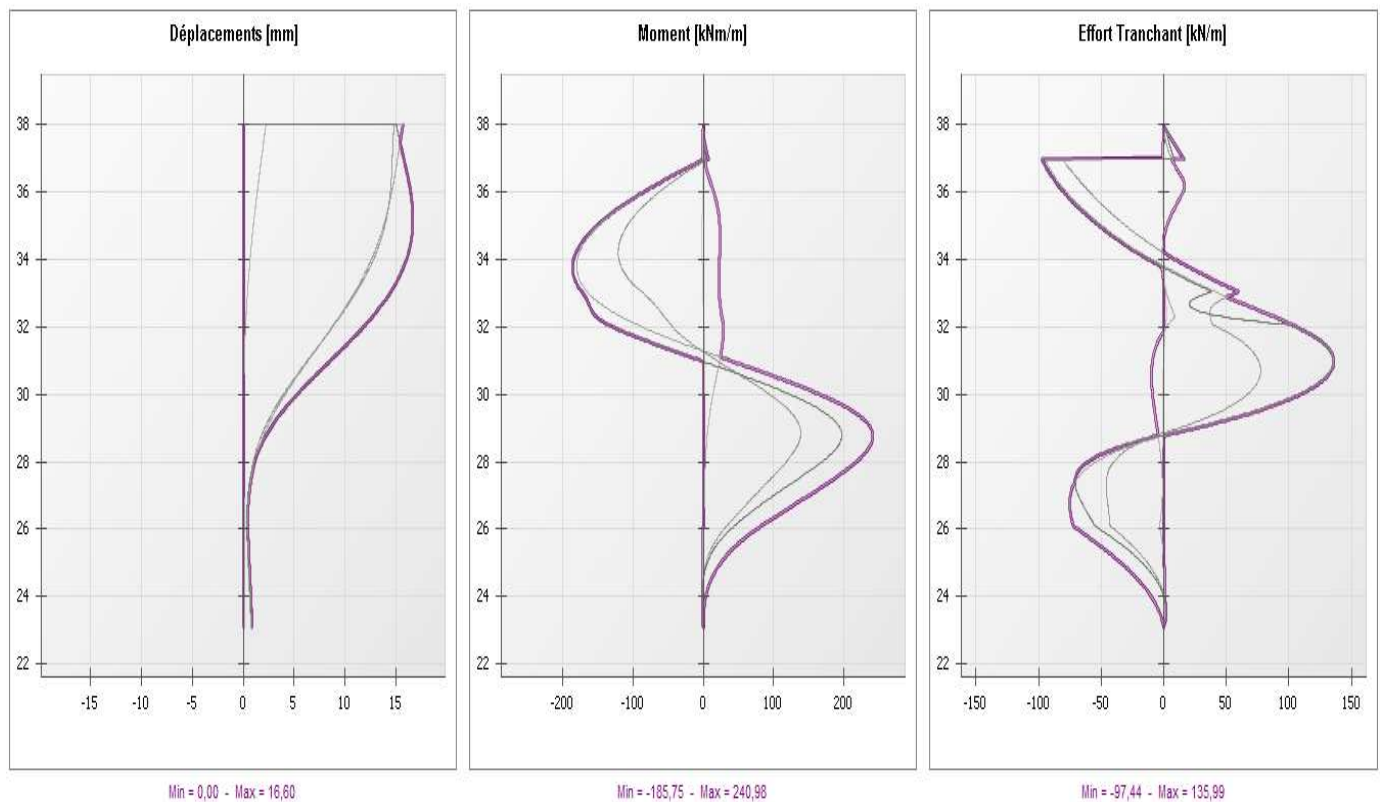
	Calculé	Admissible
Déplacement maximal de la paroi	17	30 mm
Déplacement en tête	15	30 mm
Défaut de butée ( $B_{t,d} / B_{m,d}$ )	0,58	1,00

Les moments et efforts tranchants en fonction de la profondeur sont présentés ci-après, à l'ELU ainsi qu'à l'ELS :

### Résultats ELU :



### Résultats ELS :



### Pré-dimensionnement des tirants :

Un pré-dimensionnement des tirants a été mené selon les recommandations du TA95.

Les tirants sont vérifiés :

- structurellement :
  - $T_s < 0,6 T_p$  pour les tirants passifs définitifs

Où

$T_s$  : Valeur de traction issue de Krea

$T_p$  : Limite élastique des torons (7T15S) :  $T_p = 7 \cdot 246 = 1722$  kN

- à l'arrachement :  $T_s < T_u / 2$

Où

$T_u$  : Valeur de traction limite ultime =  $\pi \cdot \alpha \cdot D \cdot L_s \cdot q_s$

$D$  : Diamètre de forage

$L_s$  : Longueur de scellement

$q_s$  : valeur de frottement unitaire

$\alpha$  : coefficient de bulbe

	<b>Lit supérieur</b>
Vérification structurale :	
Ts ELS Krea (kN)	220
Tp (kN)	1722
Vérification :	$0,6 T_p = 1033 \text{ kN} > 220 \text{ kN}$ ok
Vérification à l'arrachement :	
Sol 1	Remblais
Ls (m)	11
$\alpha$	1
qs (kPa)	60
Sol 1	Alluvions Anciennes
Ls (m)	2
$\alpha$	1,2
qs (kPa)	200
Tu (kN)	486
Vérification :	$T_u/2 = 243 > T_s$ OK

#### 8.2.5.5 Conclusions

Le tableau suivant récapitule les résultats obtenus pour les profils étudiés :

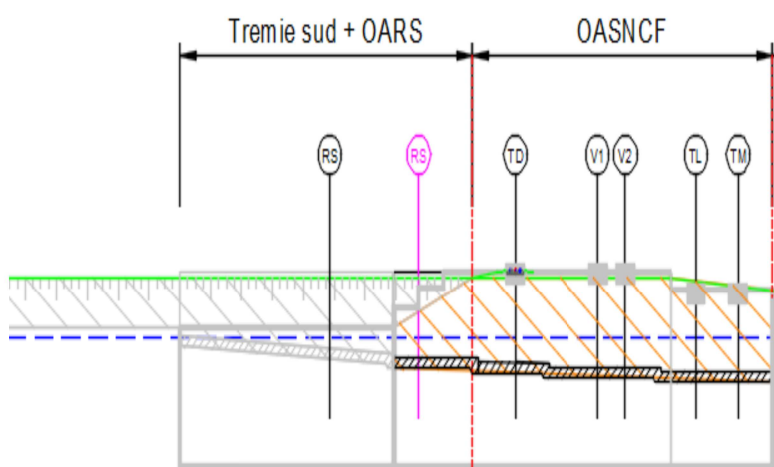
Coupe	Épaisseur de la paroi	Ancrage dans le Saint-Ouen	Espacement des tirants sup/inf
1 (profil 21)	0,8 m	4,4 m	2 m
2 (profil 21 OLT)	0,8m	4,4 m	1m / 2m
3 (profil 21bis)	0,8 m	9,4 m	2m/1,5m
4 (profil 21ter)	0,6 m	5,9 m	Dalle butonnante
5 (profil 25)	0,6 m	3 m	2 m

## 9 Application au projet : Ouvrages provisoire zone trémie sud - OARS

### 9.1 Description de l'ouvrage

Afin de pouvoir réaliser l'ouvrage sous les voies SNCF, un batardeau fait en palplanches est prévu.

Ces terrassements en partie sud des voies SNCF permettront de foncer l'ouvrage cadre sous les voies.



*Illustration 8: extrait schéma d'implantation des OH - réunion DIOA décembre 2018*

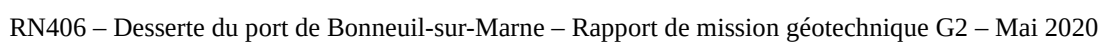
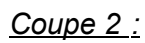
### 9.2 Coupes retenues

Deux coupes seront modélisées :

- Coupe OARS-1 : coupe défavorable au droit du talus SNCF ;
- Coupe OARS-2 : coupe longitudinal.

Les deux coupes considèrent un fond de fouille à 31,9 m ngf et un niveau de tête de rideau à 36 m ngf.

Une surcharge de 150 kPa appliqué sur 3m à partir de 4 m de la tête de talus a été considérée, correspondant à la surcharge ferroviaire.



Les caractéristiques géotechniques considérés dans les calculs sont celles du secteur 5 décrit en première partie de ce rapport :

Zone	Secteur 5 : Franchissement voie ferrée Sud				
	$E_M$	$\gamma$	$\varphi'$	$c'$	$\alpha$
	MPa	KN/m <sup>3</sup>	°	kPa	
Remblais	9,58	20	25	0	0,50
Alluvions Modernes	11,84	17	25	3	0,66
Alluvions Anciennes	21,34	18	35	0	0,33
Calcaire de Saint-Ouen	23,43	20	30	15	0,50
Calcaire de Ducy	-	20			
Sables de Beauchamp	42,88	20	35	5	0,33

Avec  $c'$  la cohésion effective (kPa) ;  
 $\varphi'$  l'angle de frottement effectif (degré) ;  
 $\gamma$  le poids volumique (kN/m<sup>3</sup>) ;  
 $k_a$  la coefficient de poussée avec  $\delta = 0,66 \varphi$  ;  
 $k_p$  la coefficient de butée avec  $\delta = -0,66 \varphi$  ;  
 $\alpha$  le coefficient rhéologique (structure du sol) ;  
 $E$  le module pressiométrique (MPa).

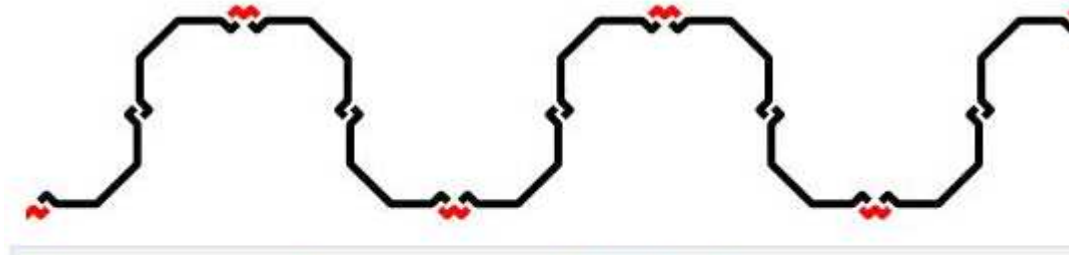
### 9.3 Description du soutènement

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques des soutènements :

Coupe 1	Rideau à redans
Type palplanche	PU 32 JW -
EI	908 040 kN.m <sup>2</sup> /ml
Wel	8560 cm <sup>3</sup> /ml
Coupe 2	Rideau palplanche clouté
Type palplanche	PU 32 -
EI	121 498 kN.m <sup>2</sup> /ml
Wel	3200 cm <sup>3</sup> /ml
Clous – coupe 2	Provisoires -IGU
Type	Autoforés - R38-500
Section	740 mm <sup>2</sup>
fyk	400 kN

Longueur libre	3 m
Longueur scellée	9 m
Précharge	0
Inclinaison	30°
Espacement	2 m

Schématisation de la vue en plan du rideau – coupe 1- :

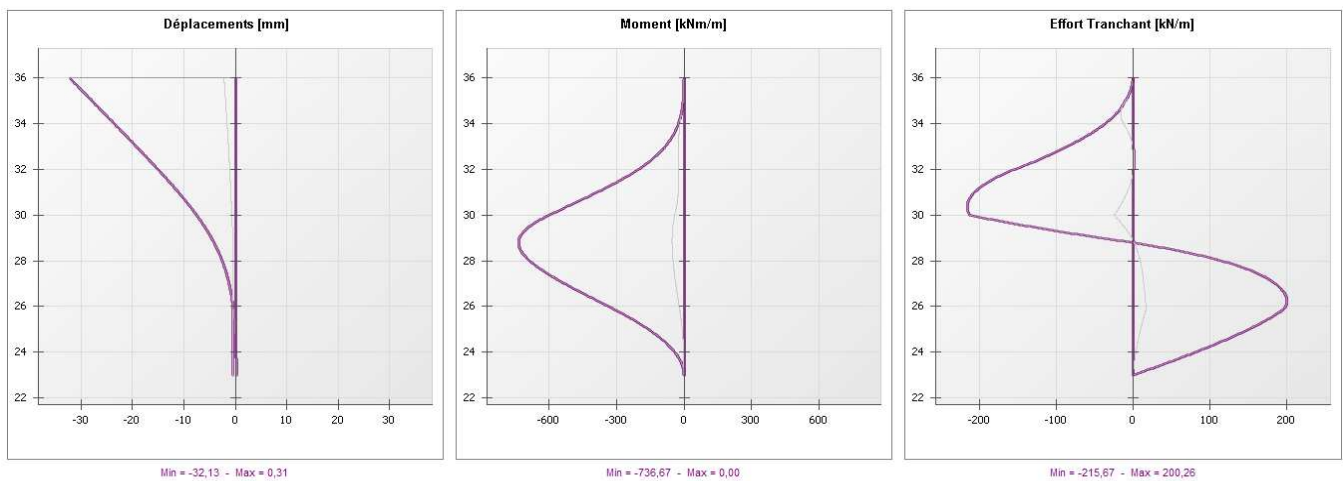


## 9.4 Résultats de la modélisation

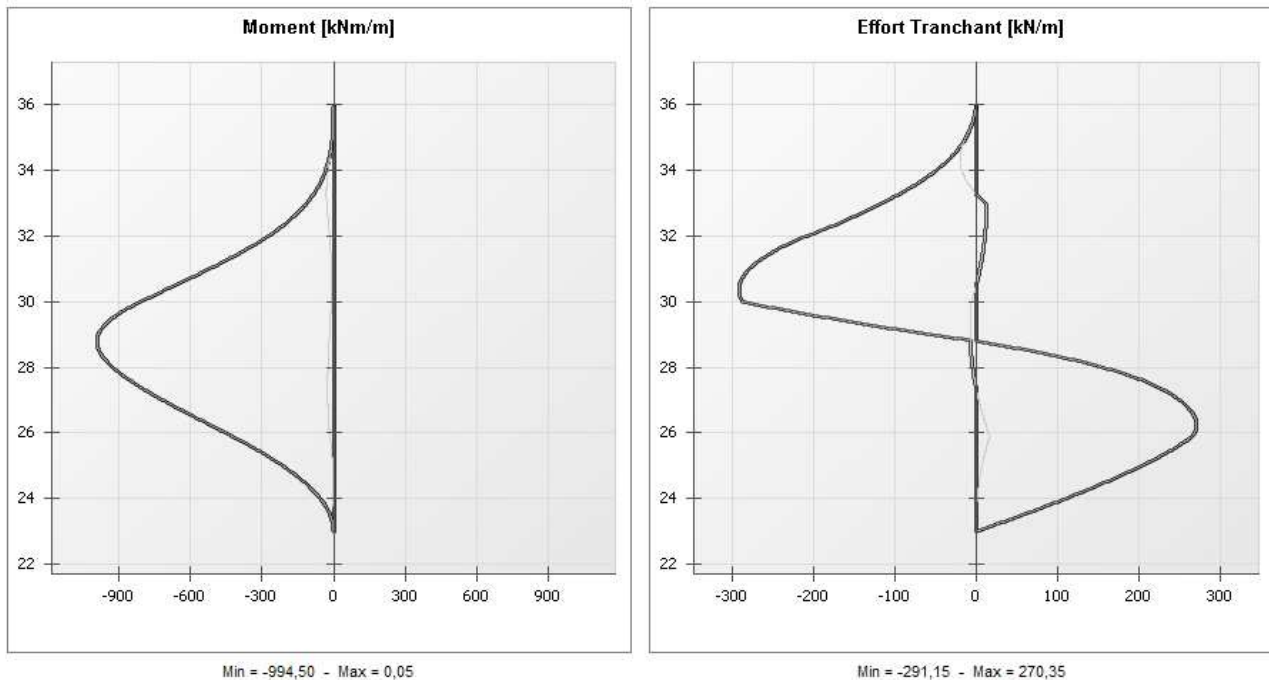
Une modélisation avec le logiciel Krea V4 a été menée. Les résultats sont présentés ci-dessous :

### Coupe 1 :

#### Résultats à l'ELS :



### Résultats à l'ELU :



### Vérification de la butée :

La butée est vérifiée directement par le logiciel Krea, selon la norme NF P 94 282. Le résultat est présenté ci-dessous.

La butée pour cette phase est considérée à gauche.

#### Vérification du défaut de butée

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique :  $B_{t,k} = 1227,90 \text{ kN/m}$

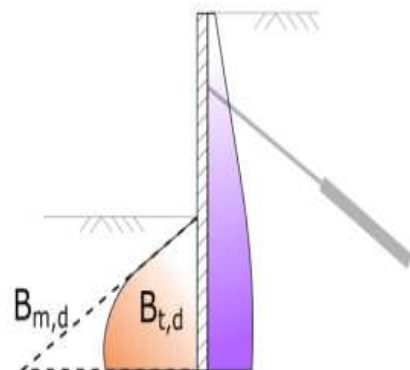
Valeur de calcul :  $B_{t,d} = 1657,66 \text{ kN/m}$

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique :  $B_{m,k} = 2992,38 \text{ kN/m}$

Valeur de calcul :  $B_{m,d} = 2720,34 \text{ kN/m}$

$B_{t,d} < B_{m,d}$  ✓



Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification structurelle des palplanches :

Les éléments sont vérifiés selon la norme EN 1993-5, où :

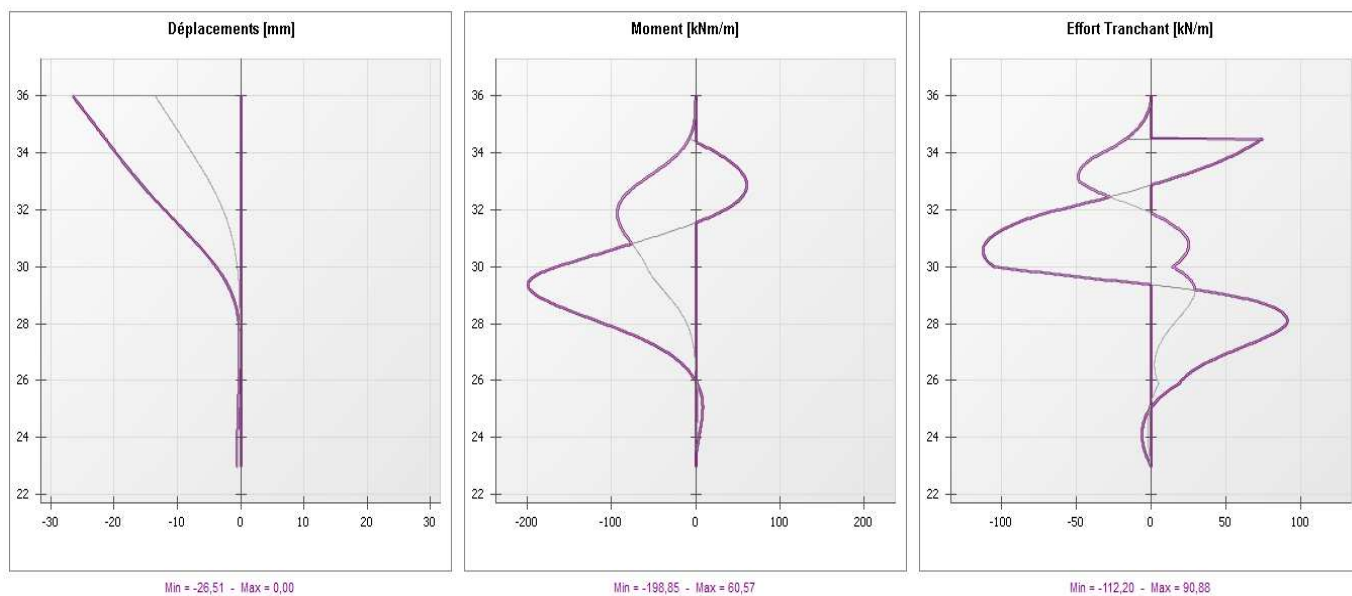
$$M_{c,rd} = \beta_b * W_{pl} * f_y / \gamma_{mo} > M_{krea}$$

PU32 JW

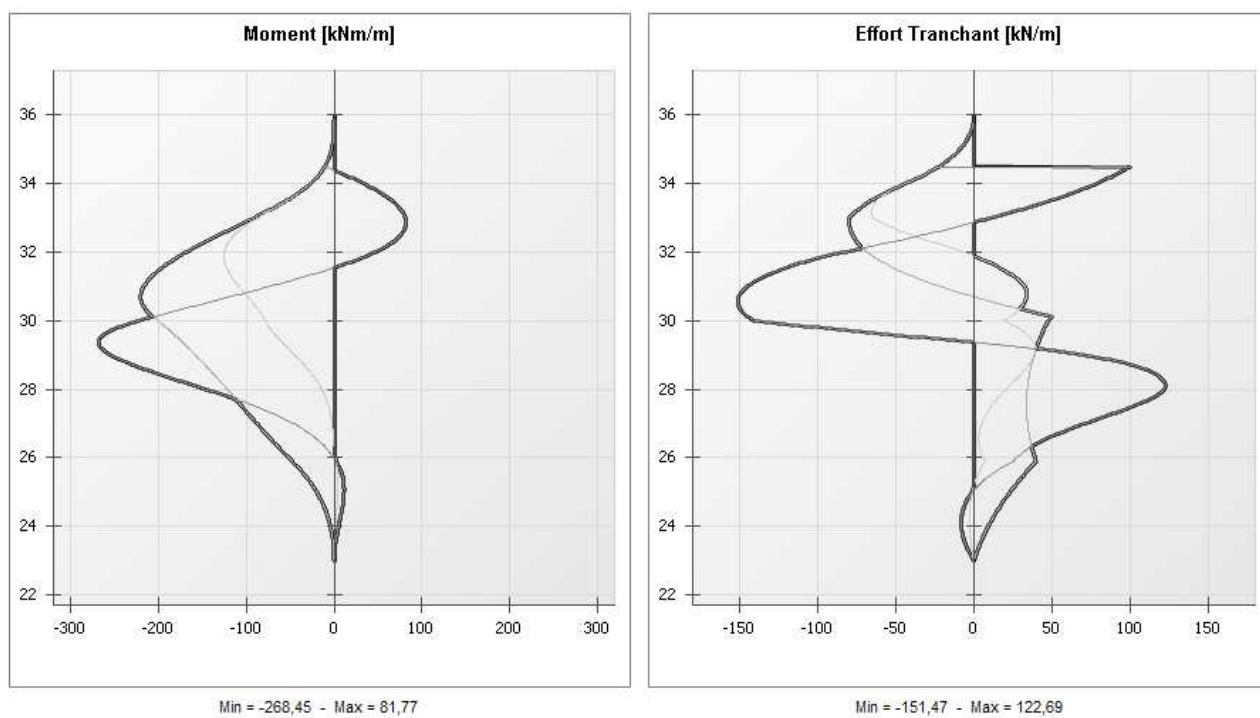
Wel	cm³/ml	8560
ym0		1
Bb		0,6
fy	MPa	275
Mc,Rd	kN.m/ml	1412,4
Mkrea ELU	kN.m/ml	995
Mc,Rd>Med		ok

## **Coupe 2 :**

### **Résultats à l'ELS :**



### **Résultats à l'ELU :**



### Vérification de la butée :

La butée est vérifiée directement par le logiciel Krea, selon la norme NF P 94 282. Le résultat est présenté ci-dessous.

La butée pour cette phase est considérée à gauche.

#### Vérification du défaut de butée

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique :  $B_{t,k} = 1018,41 \text{ kN/m}$

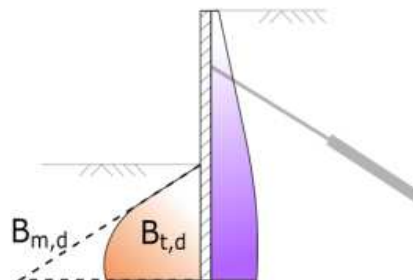
Valeur de calcul :  $B_{t,d} = 1374,86 \text{ kN/m}$

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique :  $B_{m,k} = 2992,38 \text{ kN/m}$

Valeur de calcul :  $B_{m,d} = 2720,34 \text{ kN/m}$

$B_{t,d} < B_{m,d}$  ✓

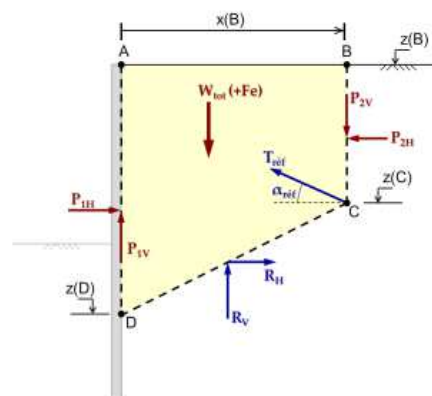


Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

### Vérification de la stabilité du massif d'ancrage par la méthode de Kranz:

La vérification de la stabilité du massif est réalisée directement par le logiciel Krea, selon la norme NF P 94 282. Les résultats sont présentés ci-après :

Situation	Nb de tirants	Nb Blocs	z(D) [m]	x(B) [m]	z(B) [m]	z(C) [m]	Aref [°]	Wtot [kN/m]	P1H [kN/m]	P1V [kN/m]	P2H [kN/m]	P2V [kN/m]	RH [kN/m]	RV [kN/m]	T dsb,k [kN/m]
1	1	3	25,06	6,50	41,00	30,75	30,00	795,01	484,38	114,16	238,15	0,00	-40,05	561,82	238,07



Situation	T dsb,k [kN/m]	T ref,k [kN/m]	T dsb,d [kN/m]	T ref, d [kN/m]	Résultat
1	238,07	104,90	216,42	141,62	✓

Le massif étudié est celui situé à droite de l'écran

✓ La stabilité du massif d'ancrage est justifiée pour cette phase.

### Vérification structurelle des palplanches :

Les éléments sont vérifiés selon la norme EN 1993-5, où :

$$M_{c,rd} = \beta_b * W_{pl} * f_y / \gamma_{mo} > M_{krea}$$

PU32

Wel	cm³/ml	3200
ym0		1
Bb		0,6
fy	MPa	275
Mc,Rd	kN.m/ml	528
Mkrea ELU	kN.m/ml	270
Mc,Rd>Med		ok

### Pré-dimensionnement des tirants :

Un pré-dimensionnement des tirants a été mené selon les recommandations du TA95.

Les tirants sont vérifiés :

- structurellement :
  - $T_s < 0,75 T_p$  pour les tirants passifs provisoires

Où

$T_s$  : Valeur de traction issue de Krea

$T_p$  : Limite élastique de la barre :  $T_p = 400$  kN

- à l'arrachement :  $T_s < T_u/2$

Où

$T_u$  : Valeur de traction limite ultime =  $\pi \cdot \alpha \cdot D \cdot L_s \cdot q_s$

$D$  : Diamètre de forage

$L_s$  : Longueur de scellement

$q_s$  : valeur de frottement unitaire

$\alpha$  : coefficient de bulbe

Vérification structurelle :	
Ts ELS Krea (kN)	210
Tp (kN)	400
Vérification :	$0,75 T_p = 300 \text{ kN} > 210 \text{ kN}$ ok
Vérification à l'arrachement :	
Sol 1	Alluvions Modernes
Ls (m)	4,8
$\alpha$	1,2
qs (kPa)	140
Sol 1	Alluvions Anciennes
Ls (m)	3,2
$\alpha$	1,2
qs (kPa)	200
Tu (kN)	624
Vérification :	$T_u/2 = 312 > T_s$ OK

## 10 Conclusions

Dans le cadre du projet de la réalisation d'une desserte du Port de Bonneuil-sur-Marne, la DiRIF a sollicité le Cerema IdF pour une assistance, phase Projet.

Ce rapport comporte :

- L'établissement d'un modèle géotechnique de la zone d'étude ;
- L'étude des ouvrages prévus sur le tracé, à savoir :
  - Le franchissement de la voie ferrée du port ;
  - Le franchissement de la RD10 ;
  - Le dimensionnement de la trémie de part et d'autre de l'ouvrage Sud.

# Annexes



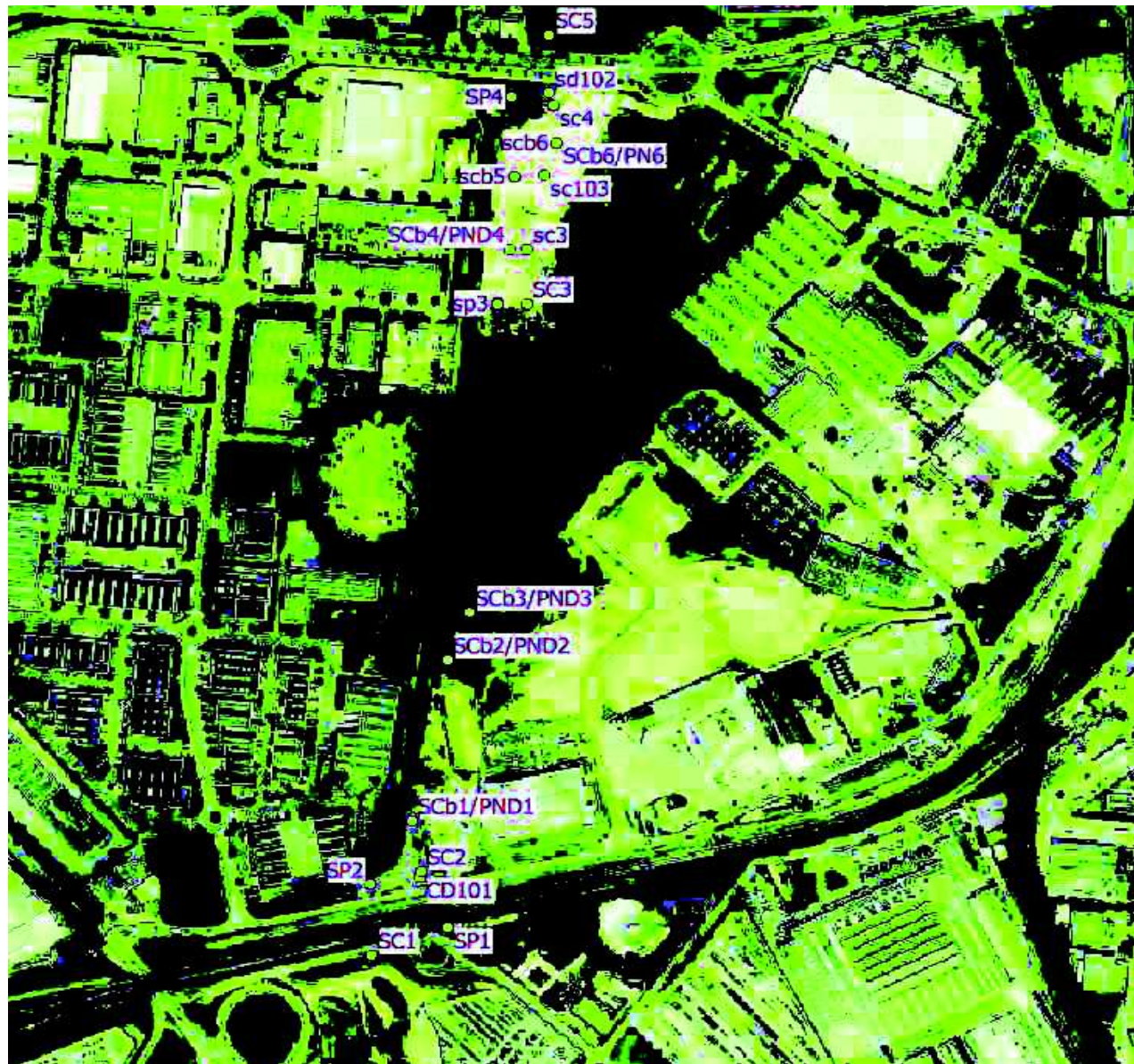
## Annexes:

Annexe 1	Plan d'implantation des sondages
Annexe 2	Profil géologique
Annexe 3	Sondages in-situ
Annexe 4	Essais en laboratoire
Annexe 5	Calculs Krea

Annexe 1 : Plan d'implantation des sondages

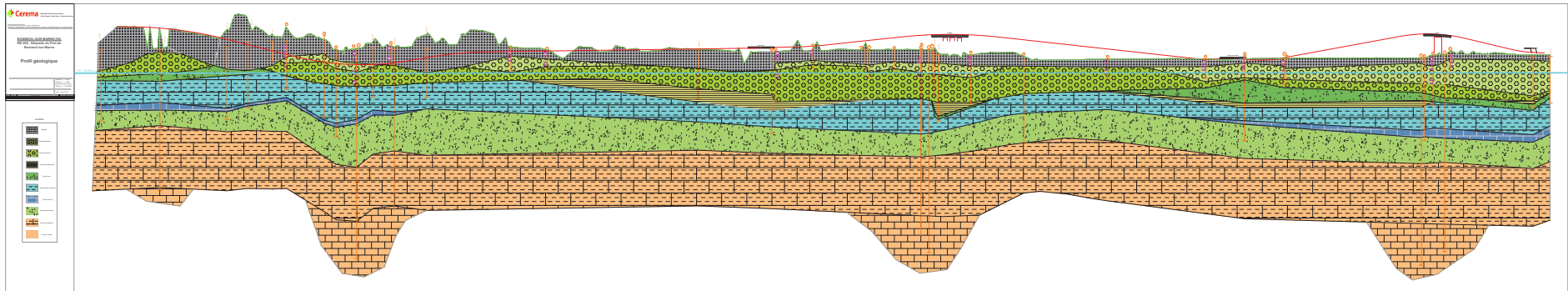


Partie Nord



Partie Sud

Annexe 2 : Profil géologique



Annexe 3 : Sondages in-situ



**DRIEA  
RN406  
BONNEUIL-SUR-MARNE**

Contrat C16-9482

Date début : 16/02/2017

Cote NGF : 34,32

Profondeur : 0,00 - 63,10 m

Machine : BE 20-50

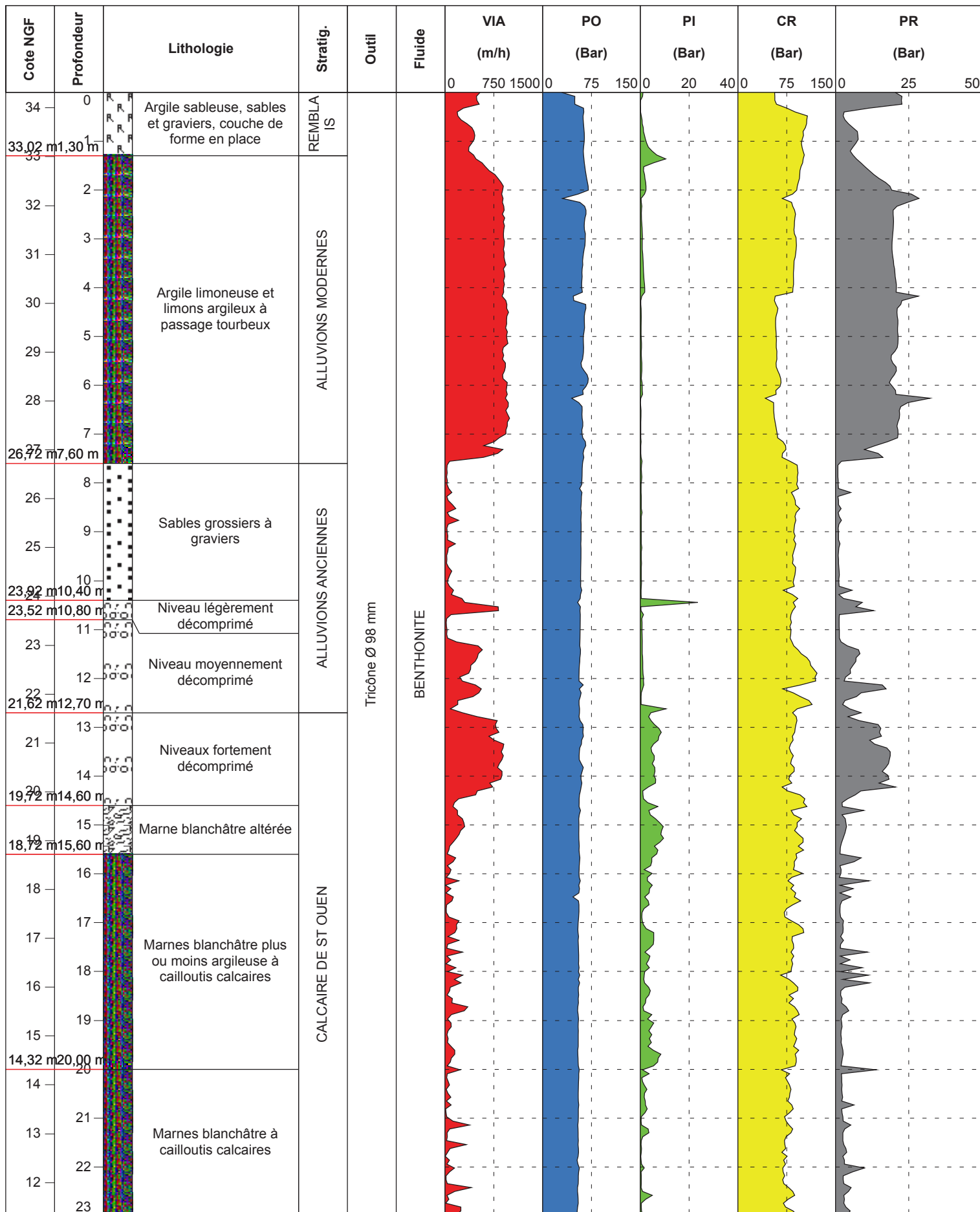
X : 612332,24

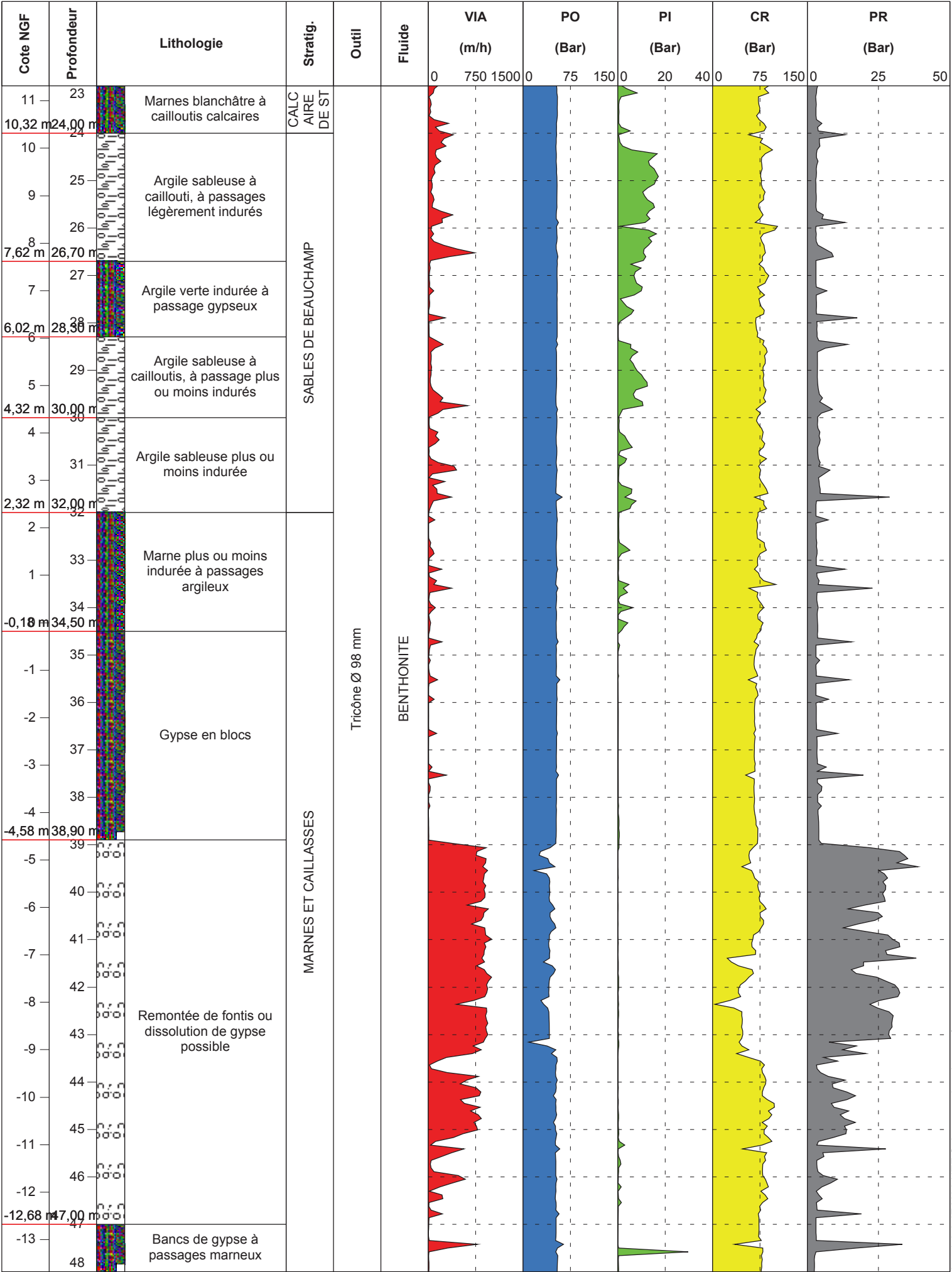
Y : 119764,21

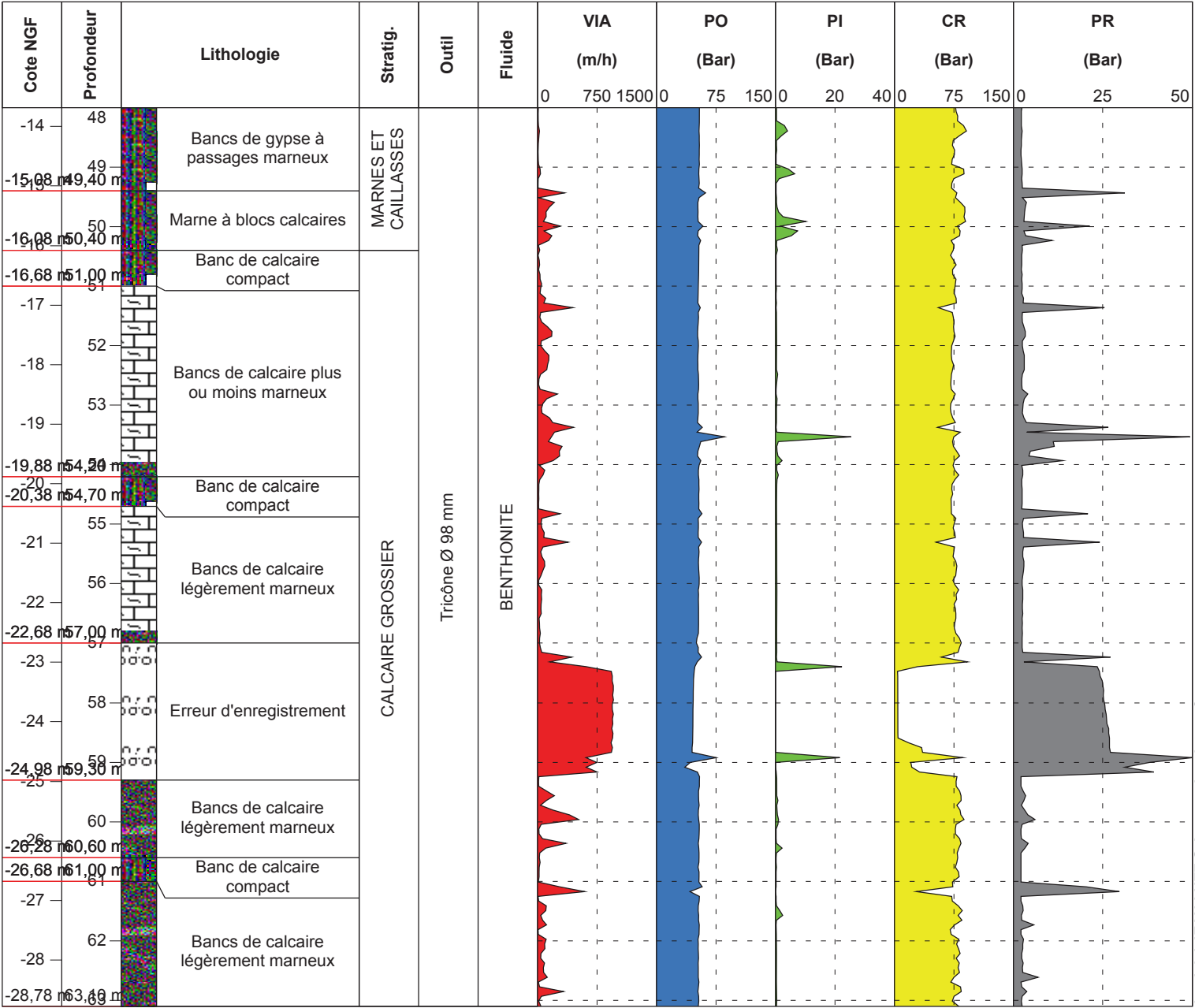
1/100

**Forage : SD101**

EXGTE 3.18/GTE









DRIEA  
RN406  
BONNEUIL-SUR-MARNE

Contrat C16-9482

Date début : 07/02/2017

Cote NGF : 37,20

Profondeur : 0,00 - 62,20 m

Machine : BE 20-50

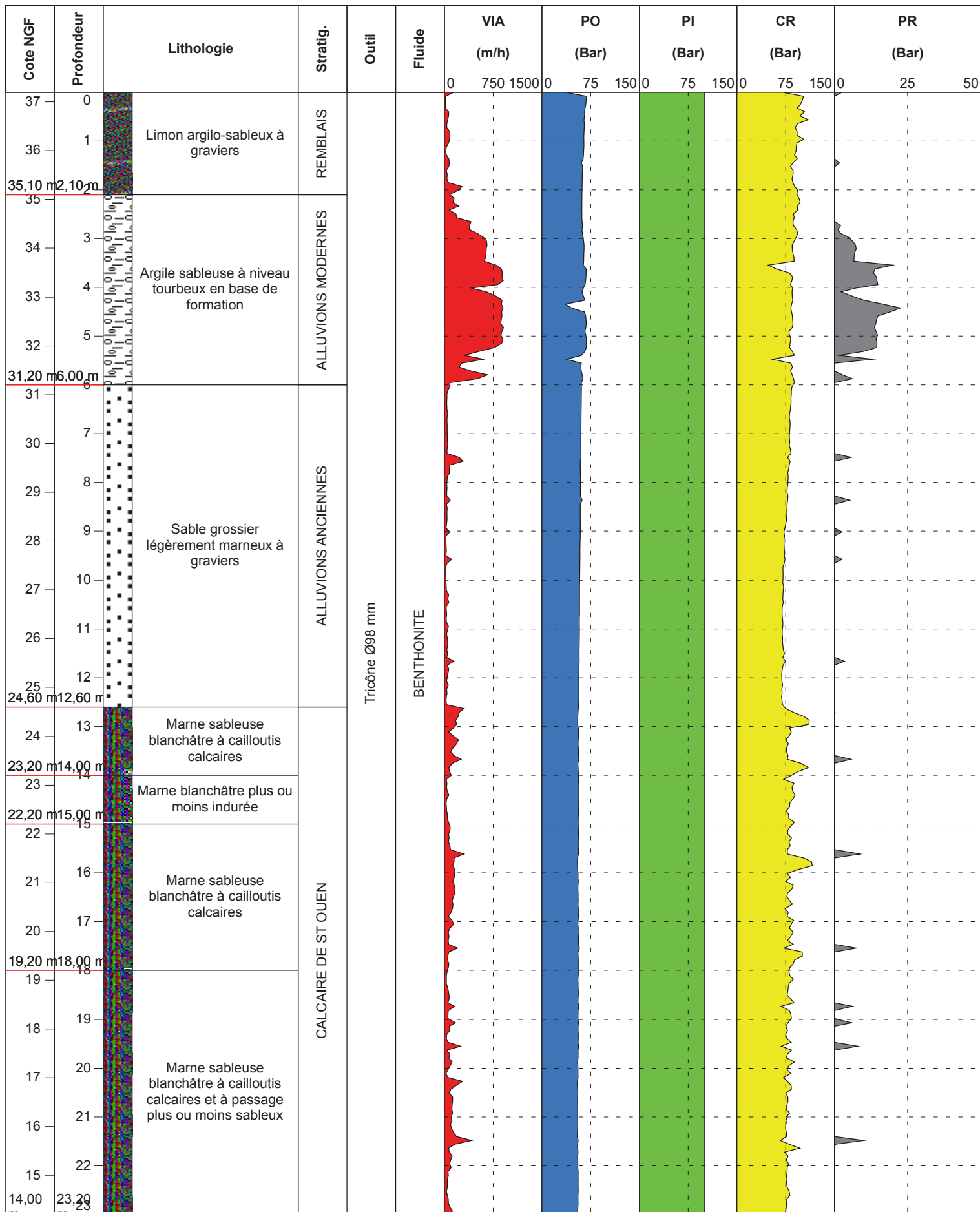
X : 611930,44

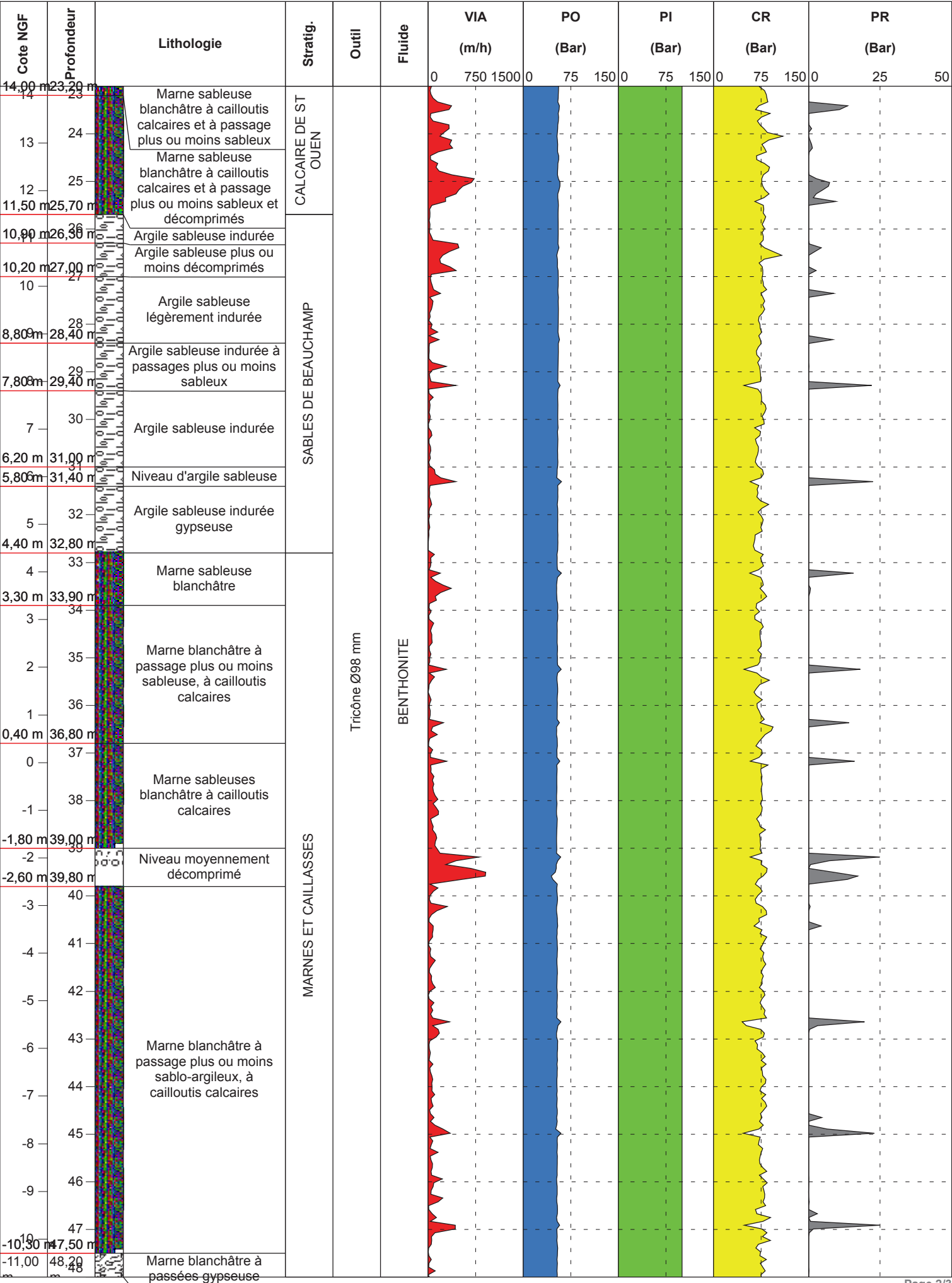
Y : 119138,52

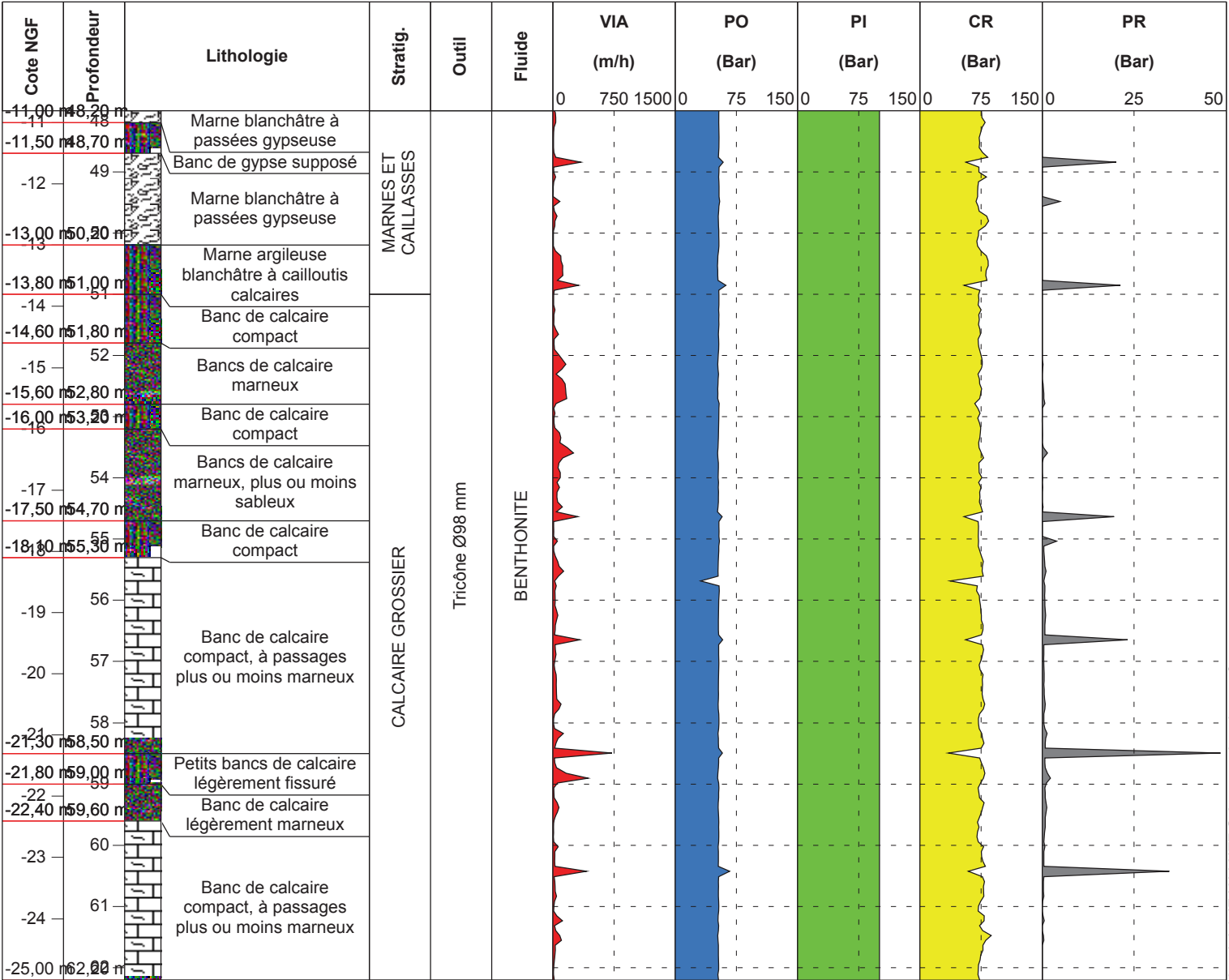
1/100

Forage : SD102

EXGTE 3.18/GTE







## ANNEXE 5

### SONDAGES CAROTTÉS DE L'ETUDE

- 1 - PHOTOGRAPHIES DES CAROTTES - SC101
- 2 - PHOTOGRAPHIES DES CAROTTES – SC102
- 3 - PHOTOGRAPHIES DES CAROTTES – SC103
  - 4 - SONDAGE CAROTTÉS SC101
  - 5 - SONDAGE CAROTTÉS SC102
  - 6 - SONDAGE CAROTTÉS SC103



## Photographies des sondages carottés

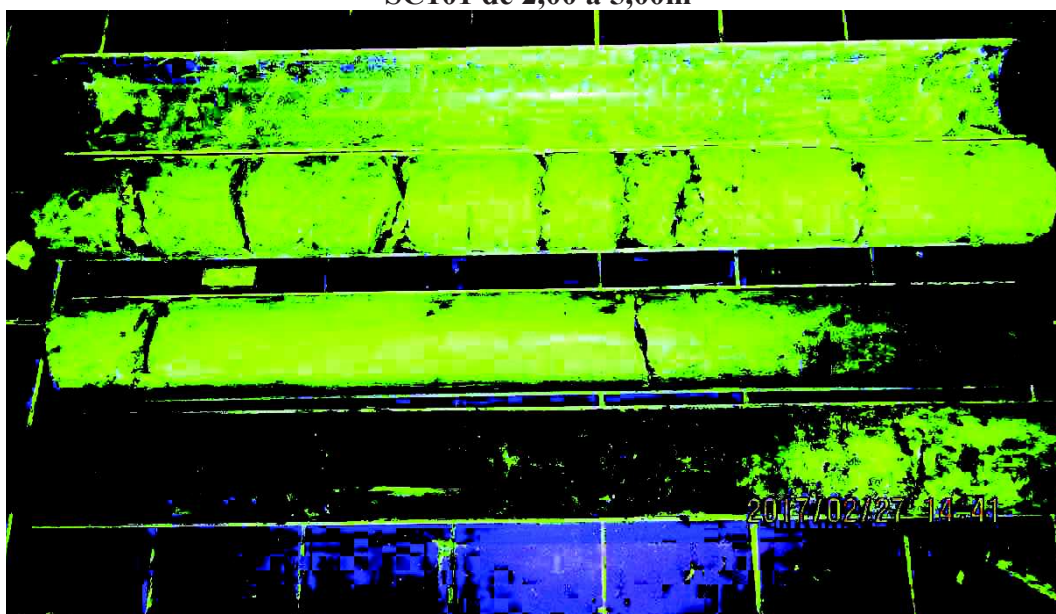
Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : SC101

SC101 de 0,00 à 2,00 m et de 5,00 à 6,00 m



SC101 de 2,00 à 5,00m



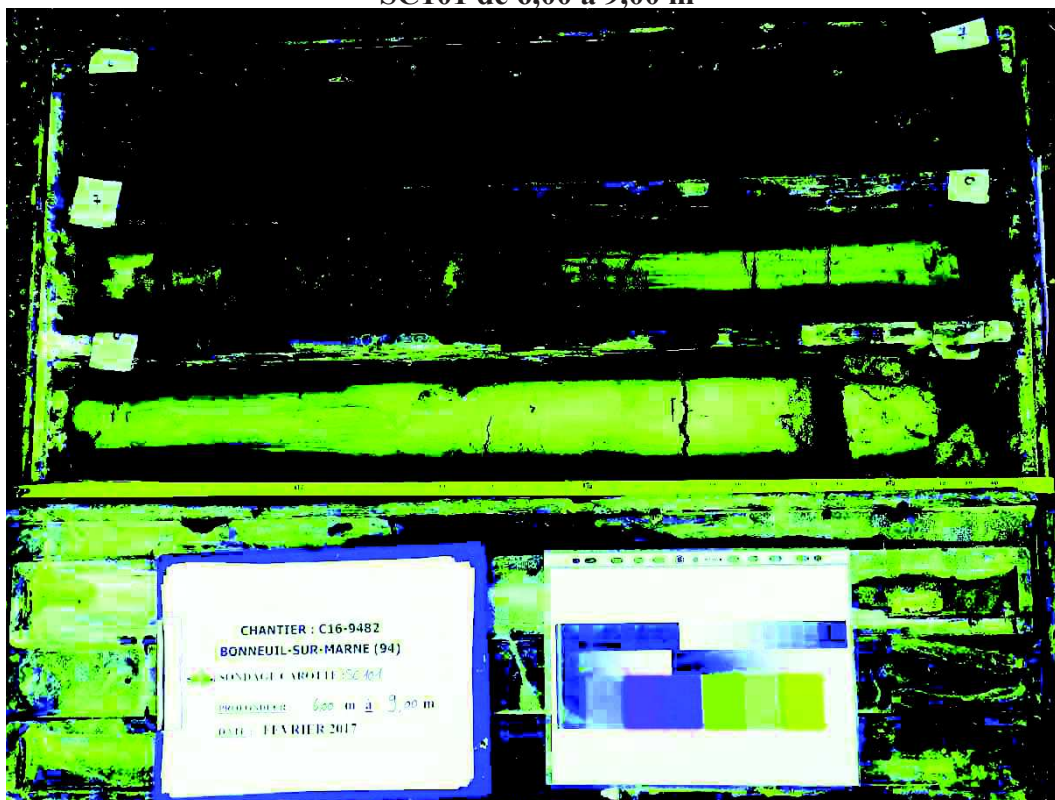


## Photographies des sondages carottés

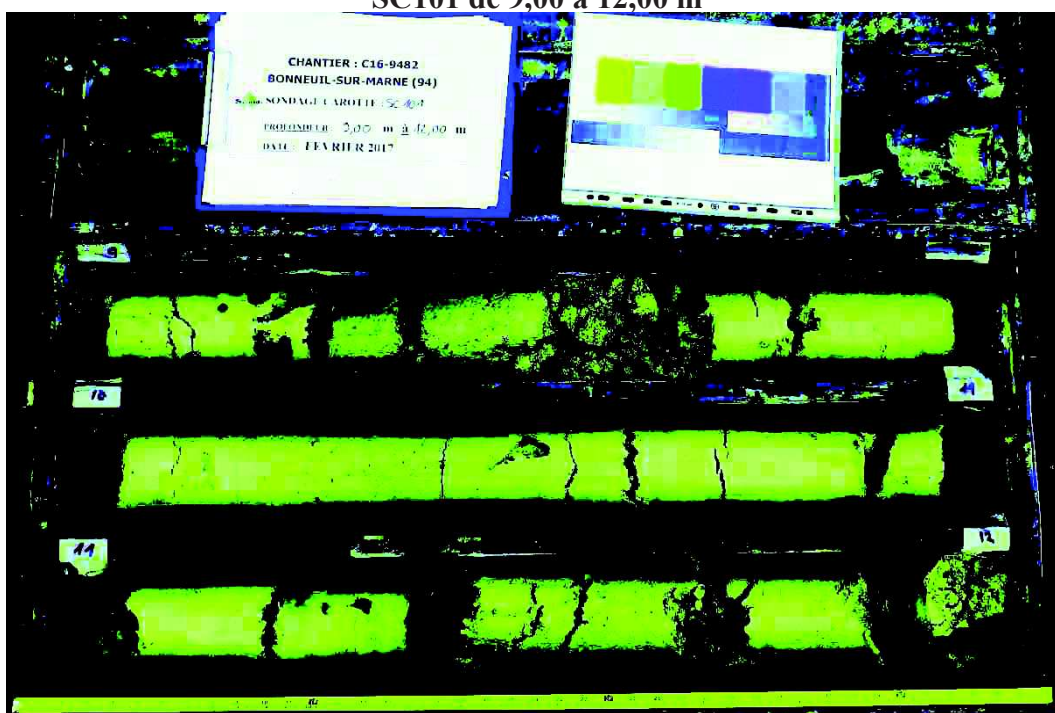
Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : SC101

SC101 de 6,00 à 9,00 m



SC101 de 9,00 à 12,00 m



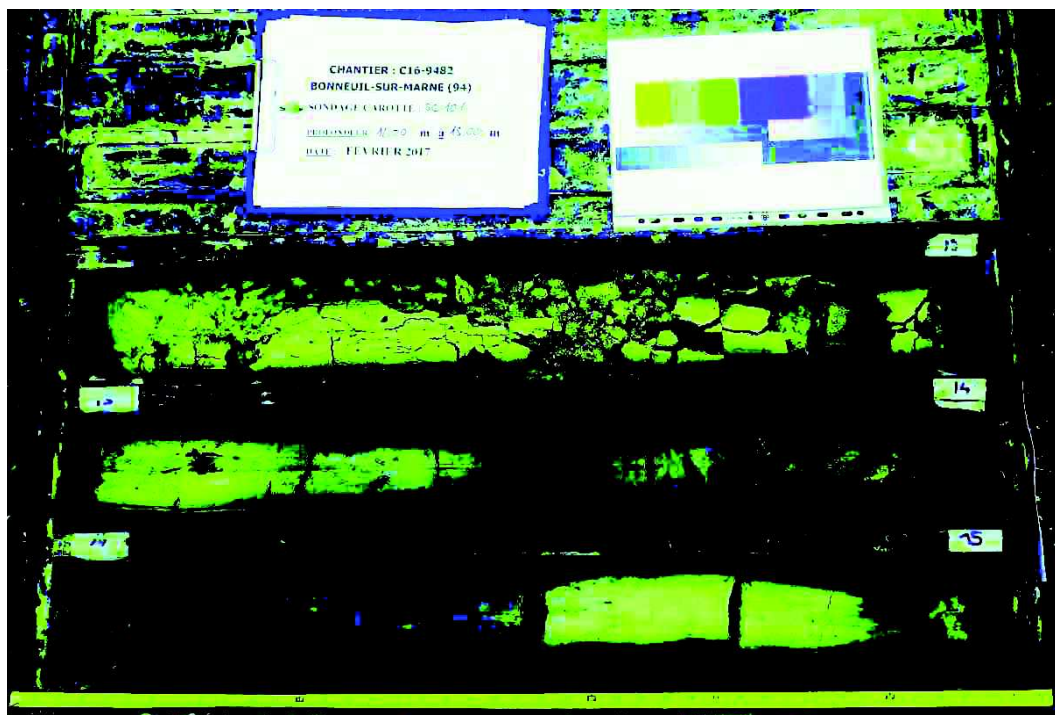
SC101 de 12,00 à 15,00 m



## Photographies des sondages carottés

Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : SC101



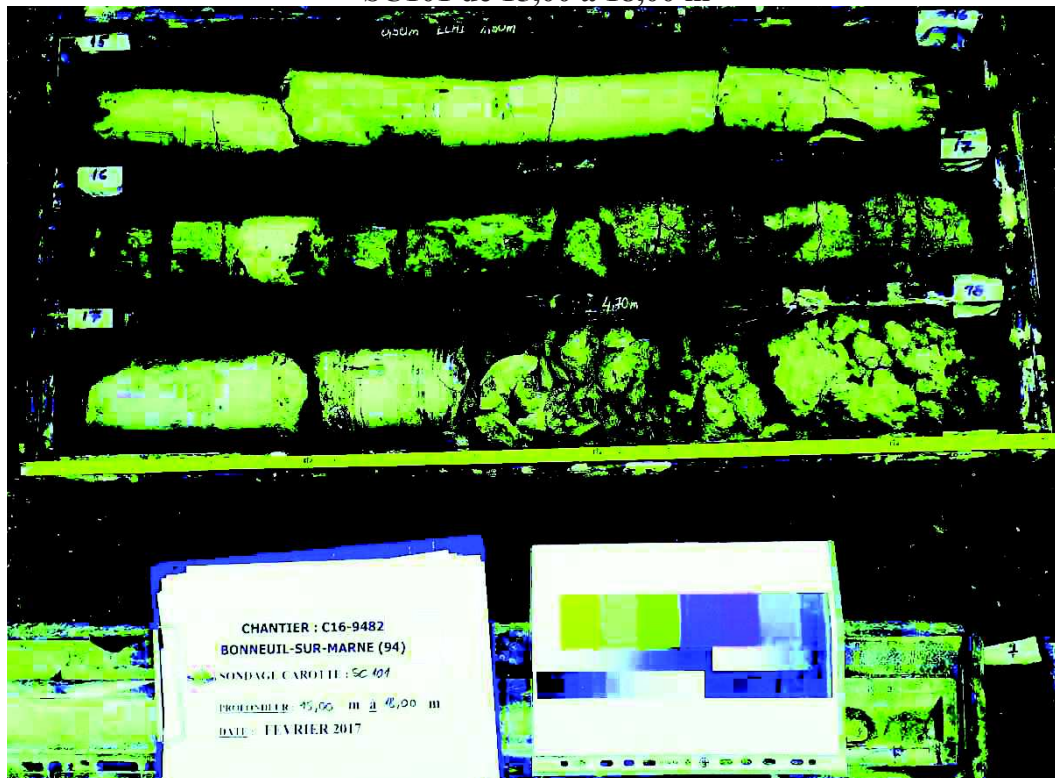


## Photographies des sondages carottés

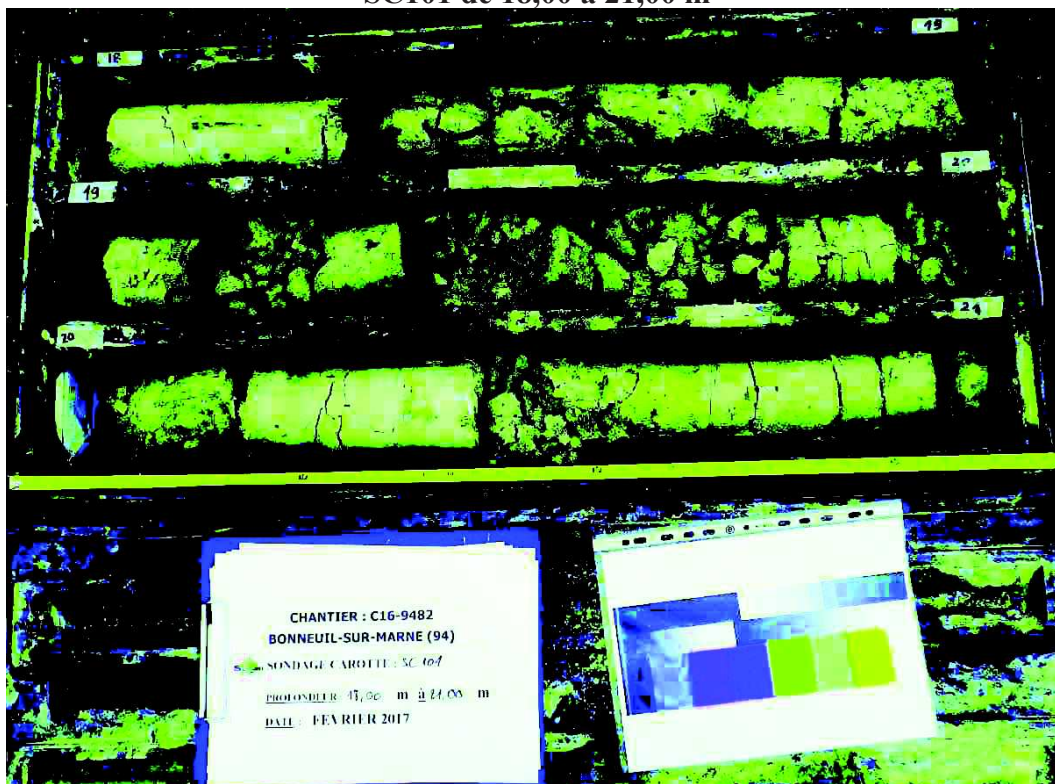
Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : SC101

SC101 de 15,00 à 18,00 m



SC101 de 18,00 à 21,00 m



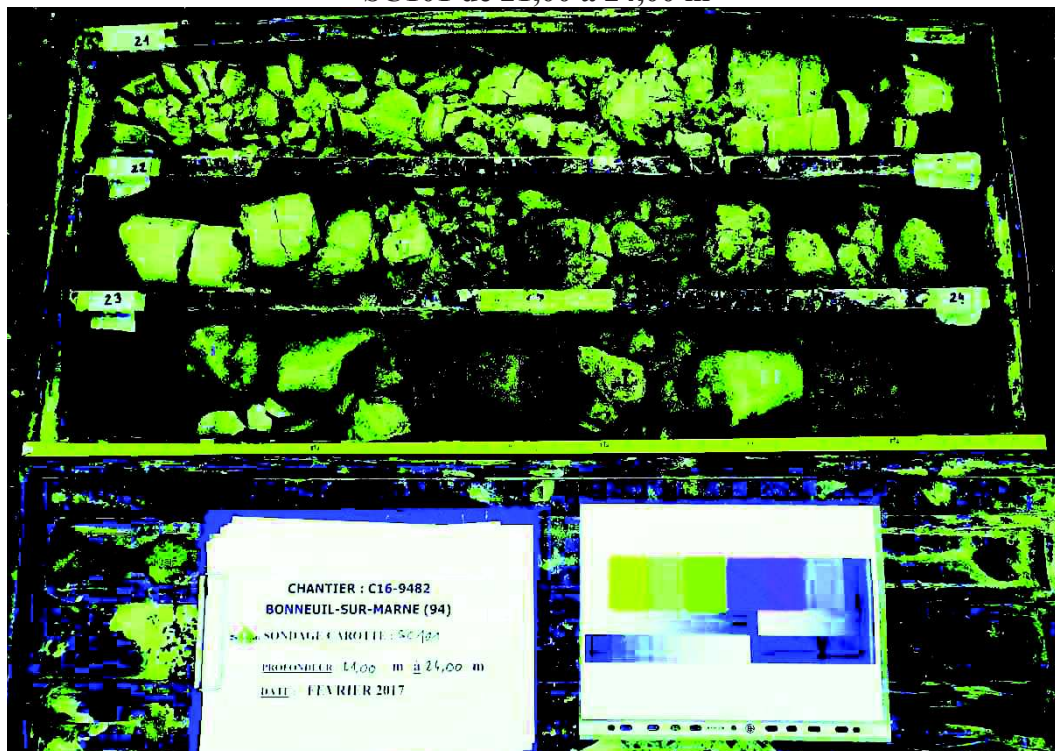


## Photographies des sondages carottés

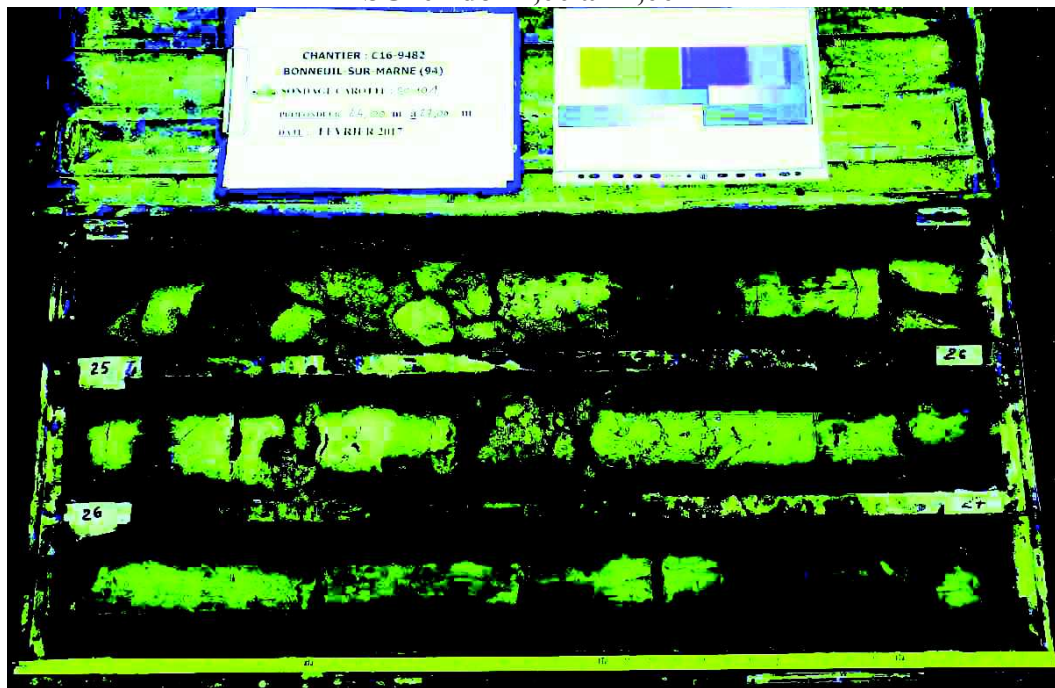
Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : SC101

SC101 de 21,00 à 24,00 m



SC101 de 24,00 à 27,00 m





## Photographies des sondages carottés

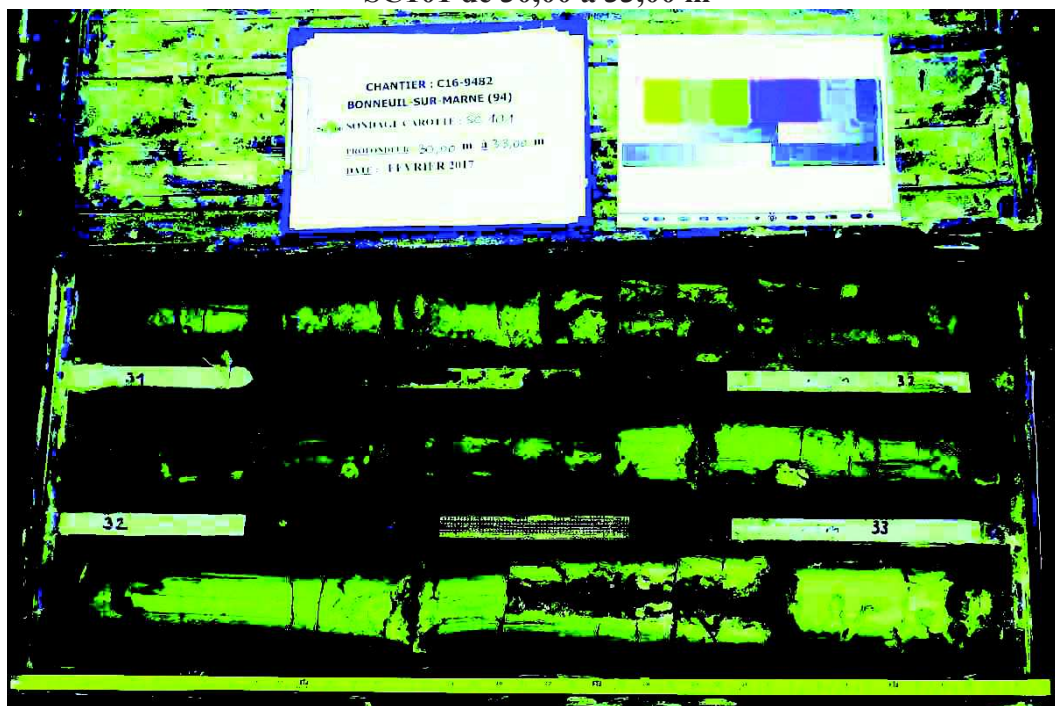
Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : SC101

SC101 de 27,00 à 30,00 m



SC101 de 30,00 à 33,00 m



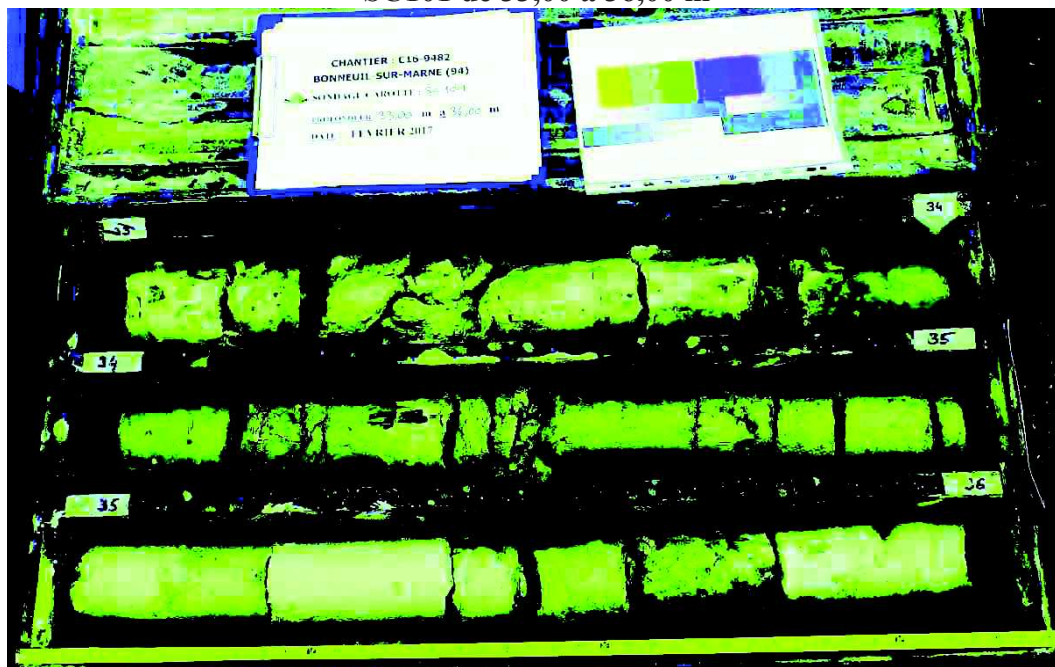


## Photographies des sondages carottés

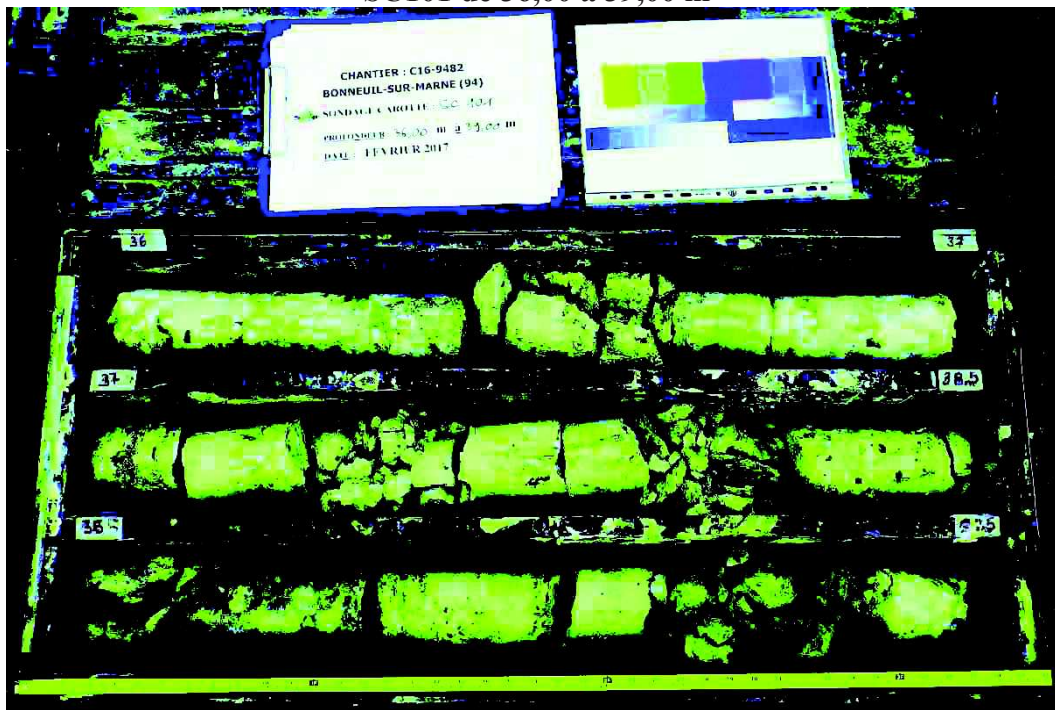
Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : SC101

SC101 de 33,00 à 36,00 m



SC101 de 36,00 à 39,00 m



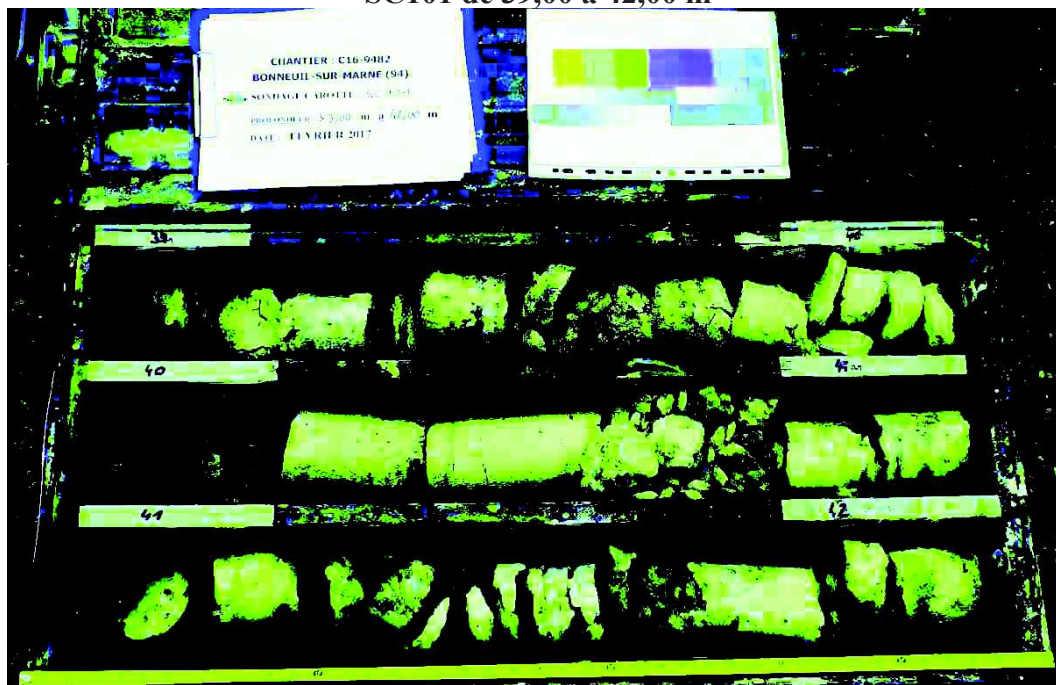


## Photographies des sondages carottés

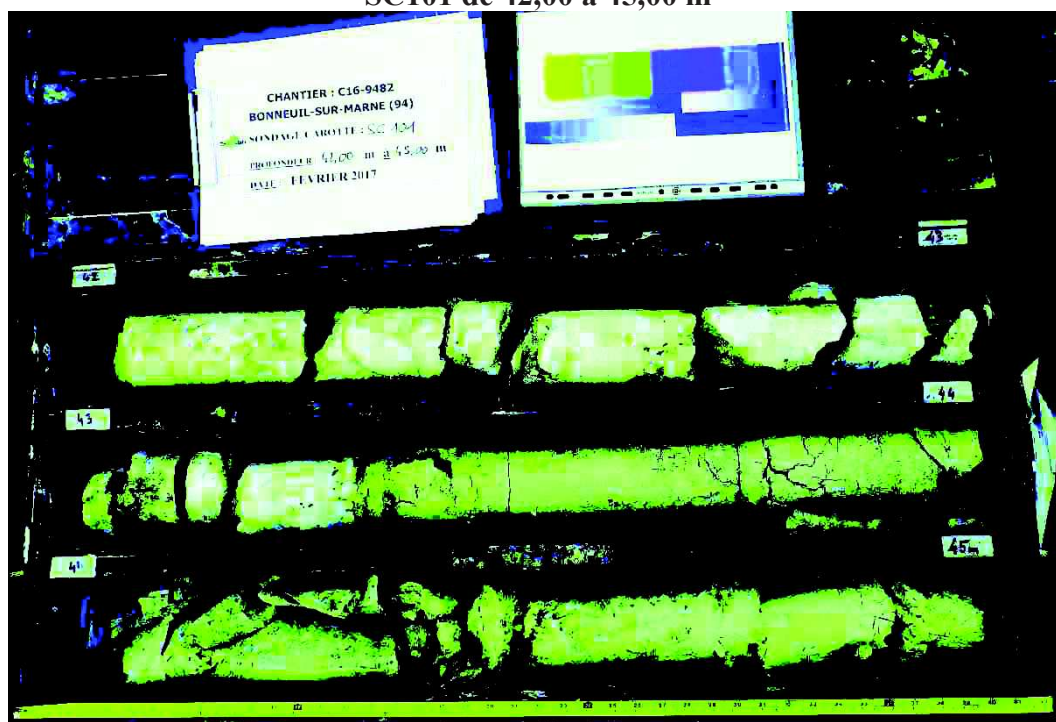
Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : SC101

SC101 de 39,00 à 42,00 m



SC101 de 42,00 à 45,00 m



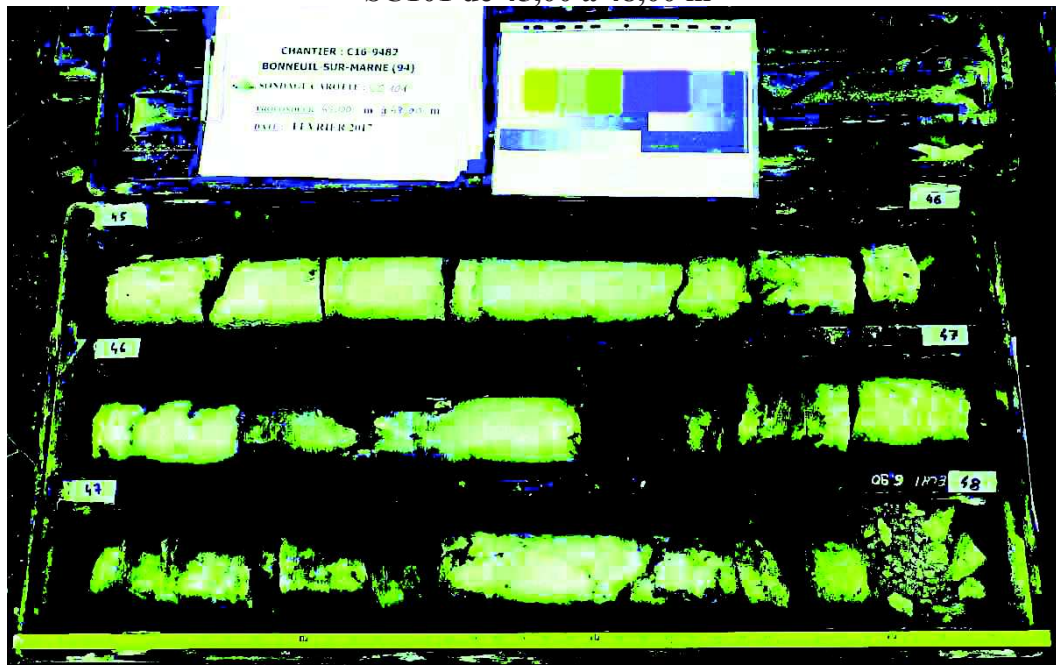


## Photographies des sondages carottés

Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : SC101

SC101 de 45,00 à 48,00 m



SC101 de 48,00 à 51,00 m



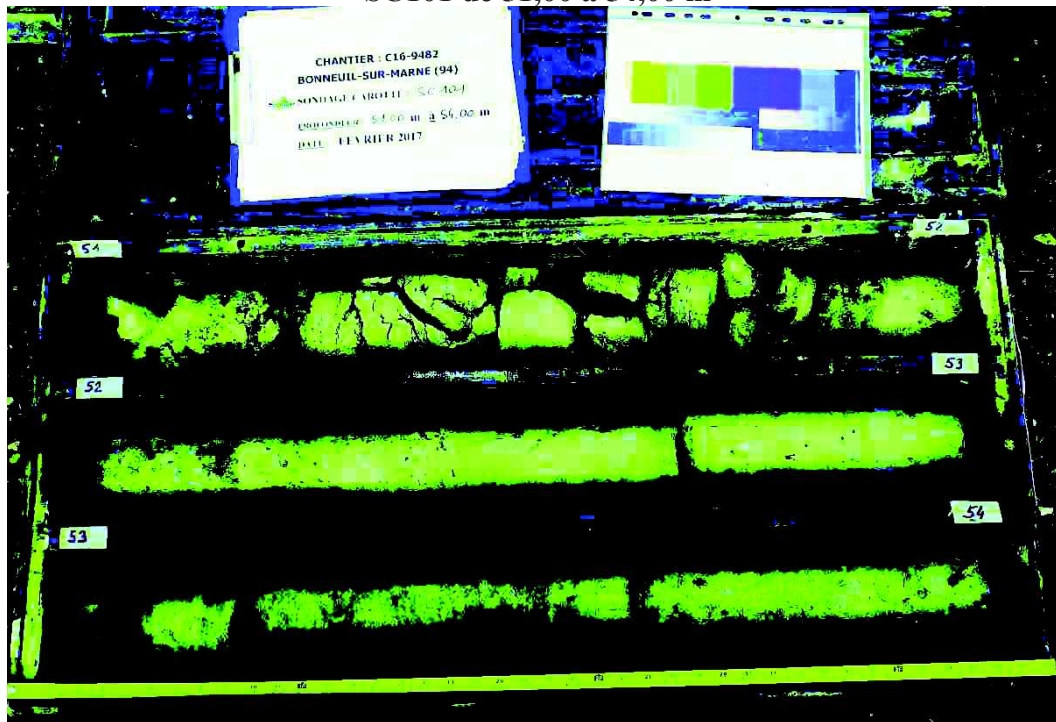


## Photographies des sondages carottés

Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : SC101

SC101 de 51,00 à 54,00 m



SC101 de 54,00 à 57,00 m



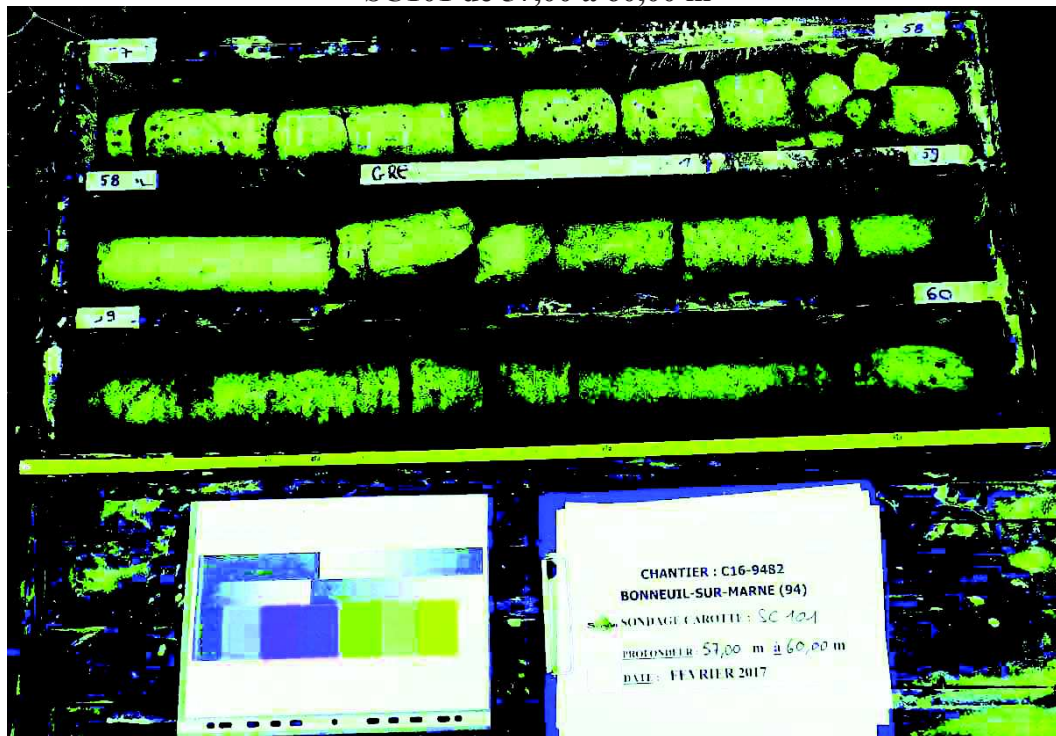


## Photographies des sondages carottés

Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : SC101

SC101 de 57,00 à 60,00 m





**Photographies des sondages carottés**

**Client : DRIEA**  
**Chantier : RN 406**  
**Bonneuil-sur-Marne (94)**

**Dossier n° : C16-9482**  
**Date : Février 2017**  
**Carotté n ° : SC101**

**SC101 de 39,00 à 42,00 m**

**SC101 de 42,00 à 45,00 m**



## Photographies des sondages carottés

Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : SC102

SC102 de 0,00 à 3,00 m



SC102 de 3,00 à 4,10 m

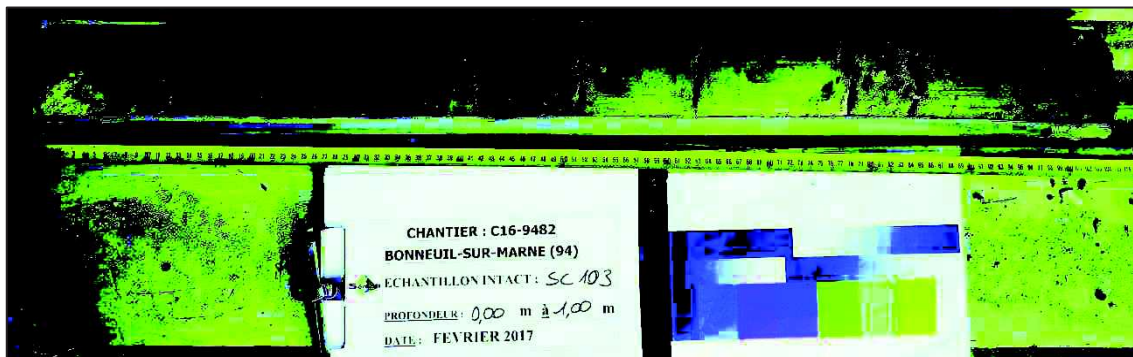




## ***Photographies des sondages carottés***

**Client : DRIEA**  
**Chantier : RN 406**  
**Bonneuil-sur-Marne (94)**

**Dossier n° : C16-9482**  
**Date : Février 2017**  
**Carotté n° : SC103**



**SC103 E.I. de 0,00 à 1,00 m**



**SC103 E.I. de 1,00 à 2,00 m**



**SC103 E.I. de 2,00 à 3,00 m**



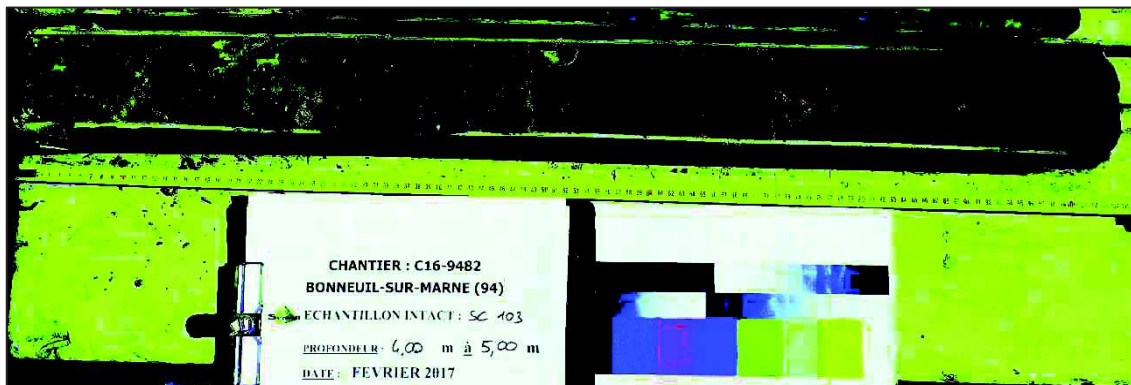
**SC103 E.I. de 3,00 à 4,00 m**



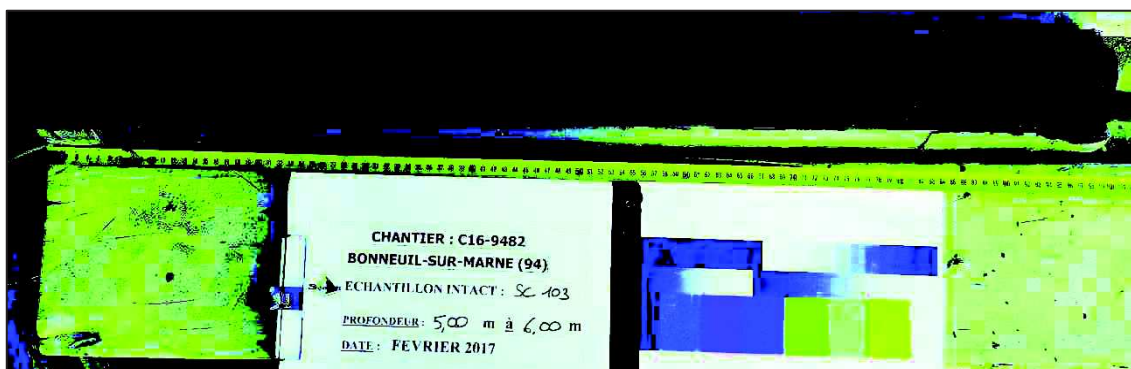
## Photographies des sondages carottés

Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

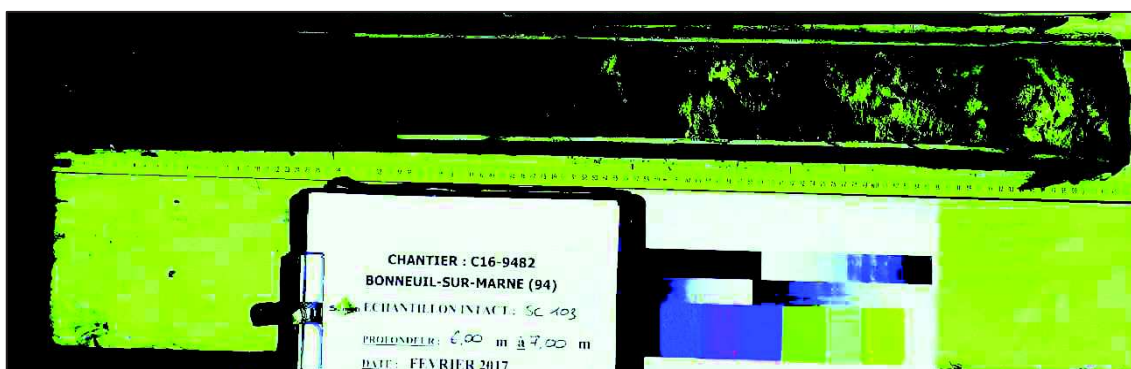
Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : SC103



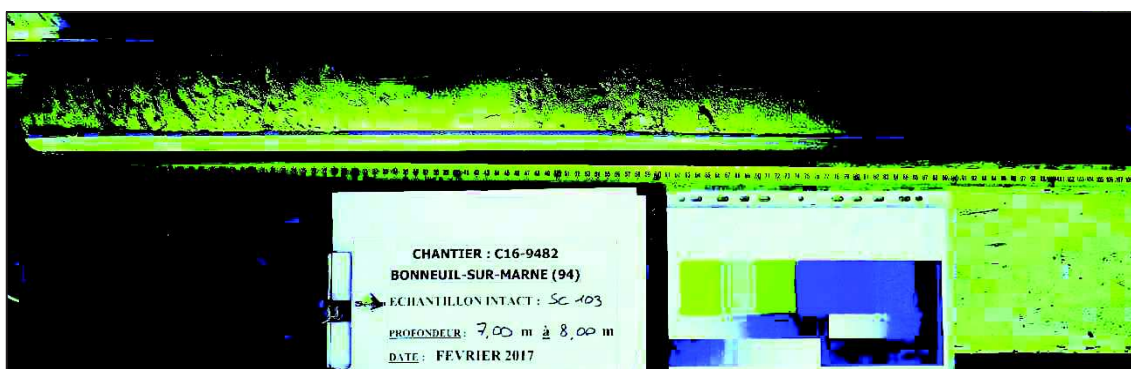
SC103 E.I. de 4,00 à 5,00 m



SC103 E.I. de 5,00 à 6,00 m



SC103 E.I. de 6,00 à 7,00 m



SC103 E.I. de 7,00 à 8,00 m



**DRIEA  
RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)**

Contrat C16-9482

Date début : 16/02/2017

Cote NGF : 35,51

Profondeur : 0,00 - 60,00 m

Machine : BE 20-50

X : 612366,154

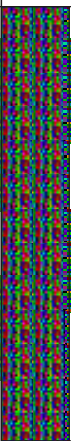
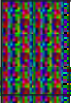
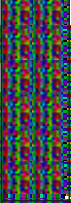


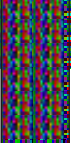
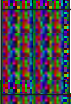
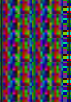
Y : 119781,167

1/40

**Forage : SC101**

EXGTE 3.18/GTE

NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Essais oedo	Outil de forage	Tx Récup. (%)
	0	Sable légèrement argileux brun/gris, cailloutis et graviers divers, débris de briques et racines	REMBLAIS	2,00 m		TRICONE Ø89mm	100
34,91 m	0,60 m						1,00 m
34,36 m	1	Argile grisâtre très légèrement sableuse à cailloutis et graviers divers, débris de briques et verre					100
33,91 m	1,15 m	Argile marno-sableuse beige avec cailloutis et graviers divers, débris briques, passage plus sableux de 1,50 à 1,55 m					2,00 m
33,51 m	1,60 m	Argile très légèrement sableuse grise et traces d'oxydations	ALLUVIONS MODERNES	E.I.	Oedo 1 Oedo 2		100
33	2,00 m	Limon argileux marron clair homogène avec quelques cailloux siliceux de petite taille (Description CEREMA)					3,00 m
32,51 m	3	Argile limoneuse marron, beige, homogène (Description CEREMA)					100
31,81 m	3,70 m	Tourbe marron foncée (Description CEREMA)					4,00 m
31,51 m	4	Tourbe marron noirâtre homogène (Description CEREMA)					100
30,79 m	4,72 m	Passage coquiller effervescent (Description CEREMA)					5,00 m
30,51 m	4,77 m	Alluvions argileuses (Description CEREMA)					100
30,16 m	5,00 m	Argile brune foncée avec traces de matières organiques					6,00 m
29,66 m	5,35 m	Argile brune foncée avec débris coquillés d'escargots (+++) et racines					100
29,51 m	5,85 m	Bois rougeâtre avec patine argileuse					7,00 m
28,71 m	6,00 m	Limon brun légèrement argileux avec passages de débris coquillés et matière organique, traces de racines et de bois					100
28,06 m	6,80 m	Débris fossiles (coquilles) dans une matrice argileuse grisâtre					7,45 m
27,86 m	7,45 m	Passage tourbeux avec patine grise					7,65 m
27,11 m	8	Argile grise à gris clair	ALLUVIONS ANCIENNES				8,00 m
26,51 m	8,40 m	Sables grossiers à graviers et cailloutis, quelques blocs dans matrice marneuse grise					95
	9	Sables grossiers, graviers et cailloutis, quelques blocs dans matrice marneuse grise					100
	9,20 m						

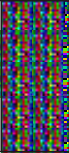
NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Essais oedo	Outil de forage	Tx Récup. (%)			
26		 Sables grossiers, graviers et cailloutis, quelques blocs dans matrice marneuse grise	ALLUVIONS ANCIENNES			TRI-CONE Ø89mm	100			
10	10,00 m						100			
25	11						11,00 m	100		
24,01 m	11,50 m						100			
24	 Sables grossiers, graviers siliceux et calcaire, cailloutis dans matrice légèrement marneuse						12,00 m	100		
23,51 m							12	12,00 m	90	
23	 Sables et graviers légèrement marneux						13	13,10 m	13,00 m	100
22,41 m							 Interface alluvions/ sables fins à moyens, légèrement marneux avec quelques graviers	13,30 m	100	
22,21 m								 Sable très fin gris légèrement argileux (HCl -)		13,60 m
21,91 m	14						 Marne sableuse grise/verte et fins passages blanchâtres		14,00 m	100
21,81 m	14,55 m	90								
20,96 m	15	15,00 m	100							
20,51 m	15,00 m	15,00 m	100							
20	 Marnes blanchâtres à vertes	CALCAIRE DE ST OUEN	16,00 m	16,00 m	100					
19,51 m			16,30 m	17,00 m	100					
19,21 m			16,60 m	18,00 m	100					
18,91 m			16,85 m	19,00 m	100					
18,66 m	17	 Marnes brunes à rougeâtres (HCl +) quelques graviers siliceux	17,00 m	17,00 m	100					
18	18,00 m		18,00 m	100						
17,51 m	18		19,00 m	100						
17	19,20 m		19,00 m	100						

NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Essais oedo	Outil de forage	Tx Récup. (%)			
16		Marnes blanchâtres à beige foncé avec cailloutis et graviers calcaires, quelques blocs calcaires	CALCAIRE DE ST OUEN			TRICONE Ø89mm	100			
20							20,00 m			
14,96 m							20,55 m	100		
14,51 m	21						21,00 m	21,00 m		
14							Marnes calcaires blanchâtres avec graviers calcaires	21,65 m	90	
13,86 m		22,00 m								
22		Argile en feuillets grise dans une patine marneuse	CALCAIRE DE DUCY				23,00 m	90		
13,01 m		22,50 m								
13		Calcaire sub-lithographique beige à gris clair							23,20 m	23,00 m
12,31 m	23									
12,01 m		Argile en feuillets brune foncée							23,50 m	85
12		Sable marneux avec cailloutis et graviers calcaires et blocs calcaires	CALCAIRE DE DUCY				24,00 m	24,00 m		
24									24,50 m	90
11,01 m									25,10 m	25,00 m
11		Calcaire marneux beige Fin passage argileux brun en feuillets (de 24,50 m à 24,65 m)	CALCAIRE DE DUCY				25,35 m	25,00 m		
10,41 m	25	25,10 m								
10,16 m		Passage marneux blanchâtre	SABLES DE BEAUCHAMP				27,00 m	95		
10		Argile verte/bleue plastique							26,00 m	
26										
9										100
8,51 m	27									27,00 m
8		Argile verte à grise plastique à passages indurés Passage de débris gypseux de 27 m à 27,15 m	SABLES DE BEAUCHAMP				28,00 m	100		
28									28,00 m	
7									100	
29									29,00 m	
		29,20 m							100	

NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Essais oedo	Outil de forage	Tx Récup. (%)
5,96 m		Argile verte à grise plastique à passages indurés Passage de débris gypseux de 27 m à 27,15 m	SABLES DE BEAUCHAMP			TRICONE Ø89mm	100
	30	Argile indurée beige/grisâtre					30,00 m
5,11 m							100
5	31	Argile grise + ou - indurée avec quelques passages sableux					31,00 m
4	32						100
3,11 m			MARNES & CAILLASSES				32,00 m
3		Argile grise avec passages blanchâtres marneux					100
2,81 m							33,00 m
2,51 m	33	Marnes blanchâtres légèrement gypseux					95
2		Marnes blanchâtres à beiges avec cailloutis et graviers calcaires					34,00 m
1,71 m							95
1,36 m	34	Marne argileuse beige à grisâtre					35,00 m
1,26 m		Argile tourbeuse à patine grise					100
1,01 m		Marnes calcaires blanchâtres					36,00 m
0,71 m		Argile sableuse grise à beige avec quelques cailloutis calcaires et siliceux et gypse					95
0,51 m	35	Argile indurée grise avec fin passage gypseux					37,00 m
0,11 m		Calcaire marneux blanchâtre					85
0		Marne argileuse grisâtre					38,00 m
-0,19 m							90
-0,89 m	36	Gypse en bloc					39,00 m
-1,09 m		Passage marneux beige légèrement sableux avec cailloutis calcaires					80
-1,49 m	37	Gypse en bloc					
-2							
-3	38	Marnes blanchâtres/beigeâtres + ou - indurées à interlits gypseux (de 38,00 m à 38,30 m et de 38,90 m à 39,00 m gros blocs)					
-3,49 m	39	Gypse en blocs avec quelques interlits marneux blanchâtres/beigeâtres					

NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Essais oedo	Outil de forage	Tx Récup. (%)
-4		Gypse en blocs avec quelques interlits marneux blanchâtres/beigeâtres	MARNES & CAILLASSES			TRICONE Ø89mm	80
-4,49 m	40	40,00 m					40,00 m
-5,00 m		Marnes blanchâtres/beigeâtres avec débris gypseux					75
	41	40,60 m					41,00 m
-6		Gypse en blocs avec débris gypseux					75
-6,49 m	42	42,00 m					42,00 m
-7		Gypse en blocs					100
	43	43,30 m					43,00 m
-7,79 m							100
-8	44	Marnes beigeâtres + ou - indurées avec flammèches bleues					44,00 m
-9							95
-9,49 m	45	45,00 m					45,00 m
-9,89 m		Marnes beigeâtres + ou - indurées avec fin passage gypseux					95
-10	46	45,40 m					46,00 m
-11		Gypse en blocs					100
	47						47,00 m
-12							90
-12,24 m		47,75 m					
-12,49 m	48	48,00 m Marnes gypseuses beige silicifiées avec débris marneux					48,00 m
-12,69 m		Gypse en bloc					
		48,20 m					
-13		Marnes + ou - consolidées blanchâtres à grisâtres avec cailloutis et graviers calcaires					95
-	49						49,00 m
13,79		49,20 m					85

NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Essais oedo	Outil de forage	Tx Récup. (%)			
-13,79 m		Marnes + ou - consolidées blanchâtres à grisâtres avec cailloutis et graviers calcaires	MARNES & CAILLASSES			TRICONE Ø89mm	85			
-14		49,30 m					50,00 m			
	50	Gypse en blocs + ou - impurs, traces d'infiltrations argileuses								
-14,99 m		50,50 m	CALCAIRE GROSSIER				85			
-15		Calcaire sub-lithographique à patine marneuse (marno-sableux de 50,90 m à 51,00 m)					51,00 m			
-15,49 m	51	51,00 m								
-16		Marnes beigeâtres avec de fins passages argileux bruns					95			
-16,34 m		51,85 m					52,00 m			
	52									
-17							100			
	53						53,00 m			
-18							100			
	54						54,00 m			
-19		Calcaire bioclastique beigeâtre à Cerithes et autres fossiles (Passage marneux beige à fossiles de 54,00 m à 54,30 m)					100			
	55						55,00 m			
-20							90			
	56						56,00 m			
-21							90			
-21,49 m	57	57,00 m					57,00 m			
-22							100			
	58	Calcaire bioclastique beigeâtre à patine légèrement marneuse (traces de Cerithes)					58,00 m			
-23							100			
	59						59,00 m			
		59,20 m					100			

NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Essais oedo	Outil de forage	Tx Récup. (%)
-24 -24,49 m 60		Calcaire bioclastique beigeâtre à patine légèrement marneuse (traces de Cerithes) 60,00 m	CALCAIRE GROSSIER			TRICONE Ø89mm NGF : -24,49 m 60	100



**DRIEA  
RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)**

Contrat C16-9482

Date début : 01/02/2017

Cote NGF : 34.321

Profondeur : 0,00 - 8,00 m

Machine : BE 20-50

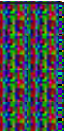
X : 612204,651

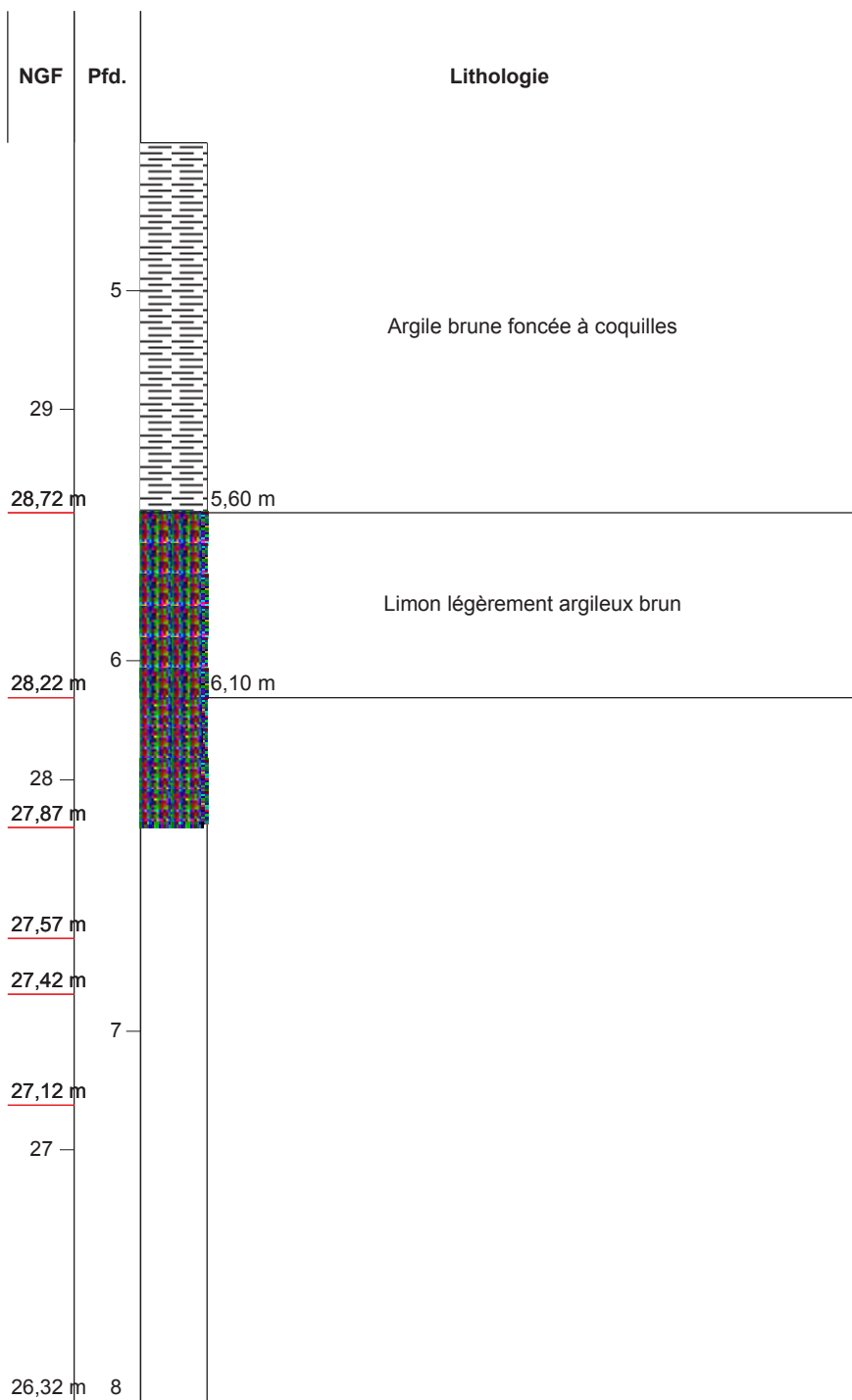
Y : 119595,284

1/20

**Forage : SC102**

EXGTE 3.18/GTE

NGF	Pfd.		Lithologie	Stratig.	Echantillon	Outil de forage	Tx Récup. (%)	R.Q.D. (%)
	0		Sable grossier graveleux brun/gris à cailloutis, graviers et blocs divers, débris de béton	REMBLAIS		CAROTTIER Ø 114 mm	100	
33,97 m		0,35 m	Argile légèrement sableuse brune/noir à cailloutis et graviers divers, odeur d'hydrocarbures, lignites et béton					
33,63 m		0,69 m						
1			Marnes argileuses légèrement sableuses beigeâtres/brunes claires à cailloutis et graviers siliceux et calcaires					
33,92 m		1,40 m						
32,82 m		1,50 m	Sable fin verdâtre				100	
32,57 m		1,75 m	Argile grisâtre/brunâtre à cailloutis siliceux et calcaires, traces de racines, et béton					
2			Argile brune/verte à cailloutis siliceux et calcaires et gypse saccharoïde				2,00 m	
32,07 m		2,25 m		ALLUVIONS MODERNES			100	
32			Argile brune/grise à tâches jaunes et à cailloutis et graviers					
31,32 m		3,00 m					3,00 m	
31			Argile brune/grise à passages gris foncés/bleutés à cailloutis et graviers siliceux et calcaires, grès, odeur de matière organique					
30,77 m		3,55 m					100	
30,67 m		3,65 m	Bloc de grès					
30,52 m		3,80 m	Argile tourbeuse brune foncée à matière organique et odeur de matière organique					
4			Argile brune foncée/grise à racines et odeur de matière organique				4,00 m	
30,22 m		4,10 m						
30			Argile brune foncée à coquilles				100	
		4,60 m						





**DRIEA  
RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)**

Contrat C16-9482

Date début : 01/02/2017

Cote NGF : 36,70

Profondeur : 0,00 - 8,00 m

Machine : BE 20-50



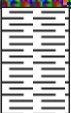









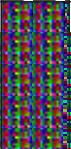


X : 611926,28

Y : 119046,09

1/35

**Forage : SC103**

EXGTE 3.18/GTE

NGF	Pfd.	Lithologie		Stratig.	Echantillon	Outil de forage	Tx Récup. (%)	R.Q.D. (%)
36,60 m	0		Béton cimenté gris clair à cailloutis et graviers siliceux	REMBLAIS	E.I.	Carottier Ø 114 mm	100	
36,20 m	0,10 m		Argile très légèrement sableuse brune à passages noirs à cailloutis et graviers divers, débris de briques et de béton					
36	0,50 m		Argile brune claire et marnes beigeâtres/jaunâtres à cailloutis et graviers divers, débris de briques et quelques débris gypseux					
35,40 m	1	1,30 m						
35,15 m	1,55 m		Argile sableuse brunâtre à très nombreux débris de briques					
34,95 m	1,75 m		Blocs de calcaires siliceux blanchâtres					
34,70 m	2	2,00 m	Argile brune claire et marnes beigeâtres/jaunâtres à cailloutis et graviers divers, débris de briques					
34,65 m	2,05 m		Sable grossier beige					
34,20 m	2,50 m		Argile brune claire et marnes beigeâtres/jaunâtres à cailloutis et graviers divers, débris de briques					
34	3	3,25 m	Argile brune/grise et marnes beigeâtres/jaunâtres à cailloutis et graviers divers, débris de briques et quelques uns de gypse et scories industrielles					
33,45 m	3,35 m		Marnes beigeâtres					
33,05 m	3,65 m		Argile brune/grise et marnes beigeâtres/jaunâtres à cailloutis et graviers divers, débris de briques et quelques uns de gypse et scories industrielles					
32,70 m	4	4,00 m	Argile brunâtre à fins passages noirs, à cailloutis et graviers siliceux et calcaires, et débris de briques					
32,40 m	4,30 m		Argile brunâtre/grisâtre à passages marneux blanchâtres à débris de béton et matière organique					
32,30 m	4,40 m		Tourbe noirâtre à racines					
32,20 m	4,50 m		Argile tourbeuse noirâtre à brune foncée à très fin passage sableux					
31,70 m	5	5,00 m	Argile tourbeuse grisâtre/brunâtre à cailloutis siliceux et racines					
30,95 m	5,75 m		Tourne brune foncée/noirâtre à matière organique					
30,45 m	6	6,25 m	Tourbe brune foncée à matière organique					
30,20 m	6,50 m		Argile légèrement sableuse grisâtre					
30,10 m	6,60 m		Sable argileux gris clair					
30	7	7,25 m	Sable fin/moyen beigeâtre/gris clair					
29,45 m	7,25 m							
29	8	8,00 m	Argile +/- sableuse jaunâtre à cailloutis et graviers siliceux et passage sableux de 7,52 à 7,60 m de profondeur					
28,70 m	8,00 m							

## ANNEXE 6

### SONDAGE CD101 ET ESSAIS D'EAU DE TYPE LEFRANC DE L'ETUDE

- 1 - PHOTOGRAPHIES DES CAROTTES – CD101
- 2 - PARTIE SONDAGE CAROTTÉS SC101 (0-25m)
- 3 - PARTIE SONDAGE DESTRUCTIF SC101 (25-62,59)
  - 4 - ESSAI D'EAU LEFRANC EL1
  - 5 - ESSAI D'EAU LEFRANC EL2
  - 6 - ESSAI D'EAU LEFRANC EL3
  - 7 - ESSAI D'EAU LEFRANC EL4
  - 8 - ESSAI D'EAU LEFRANC EL5

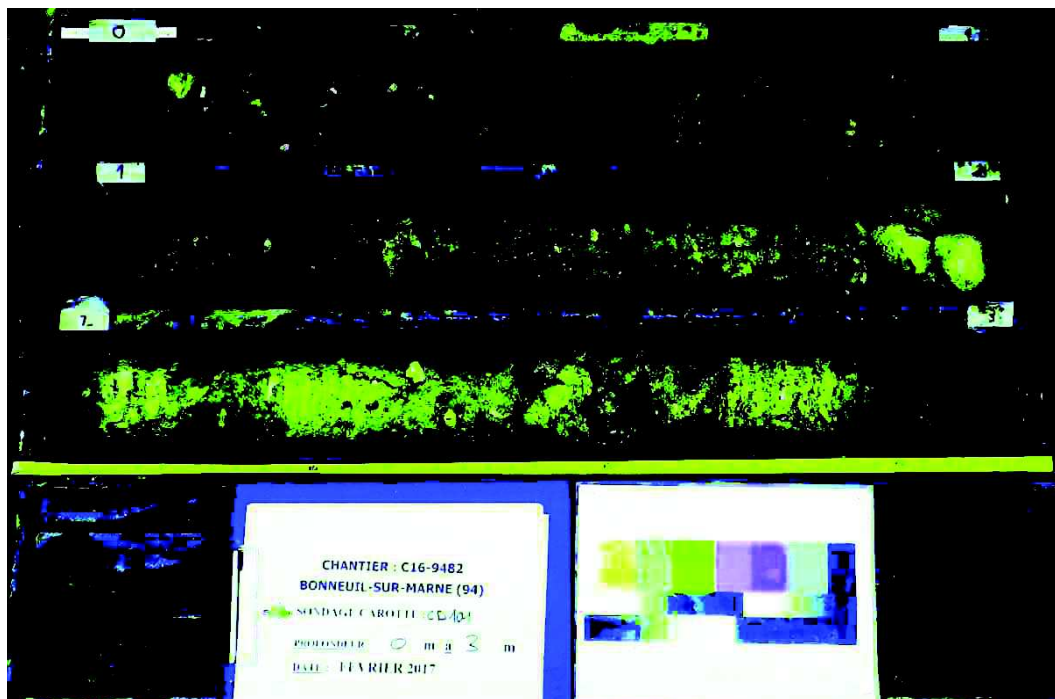


## Photographies des sondages carottés

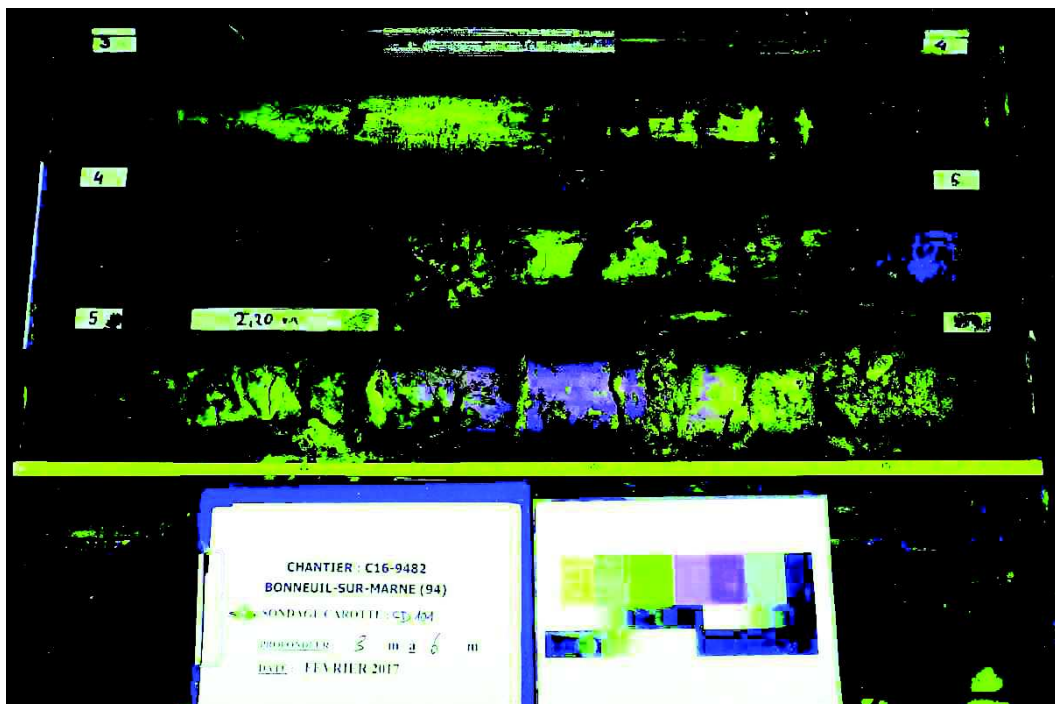
Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : CD101

CD101 de 0,00 à 3,00 m



CD101 de 3,00 à 6,00 m



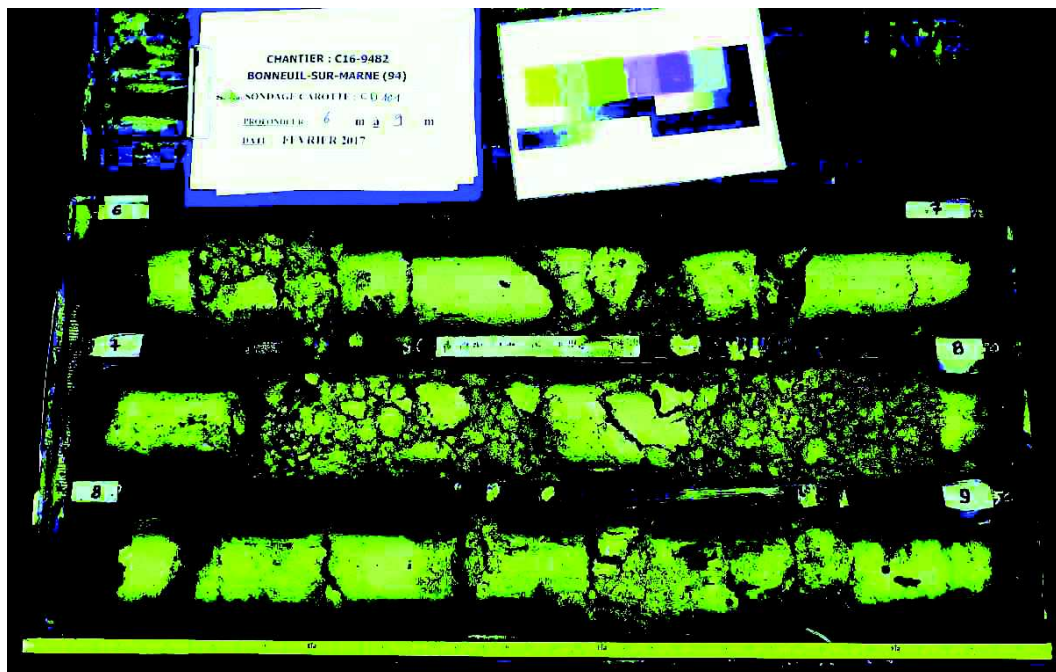


## Photographies des sondages carottés

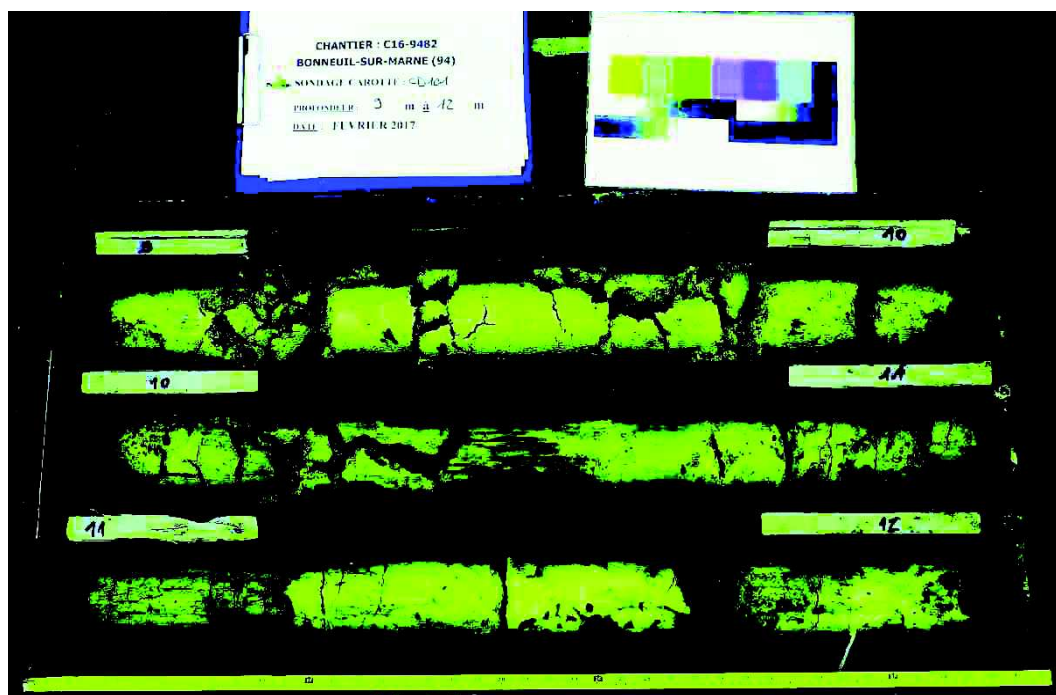
Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : CD101

CD101 de 6,00 à 9,00 m



CD101 de 9,00 à 12,00 m



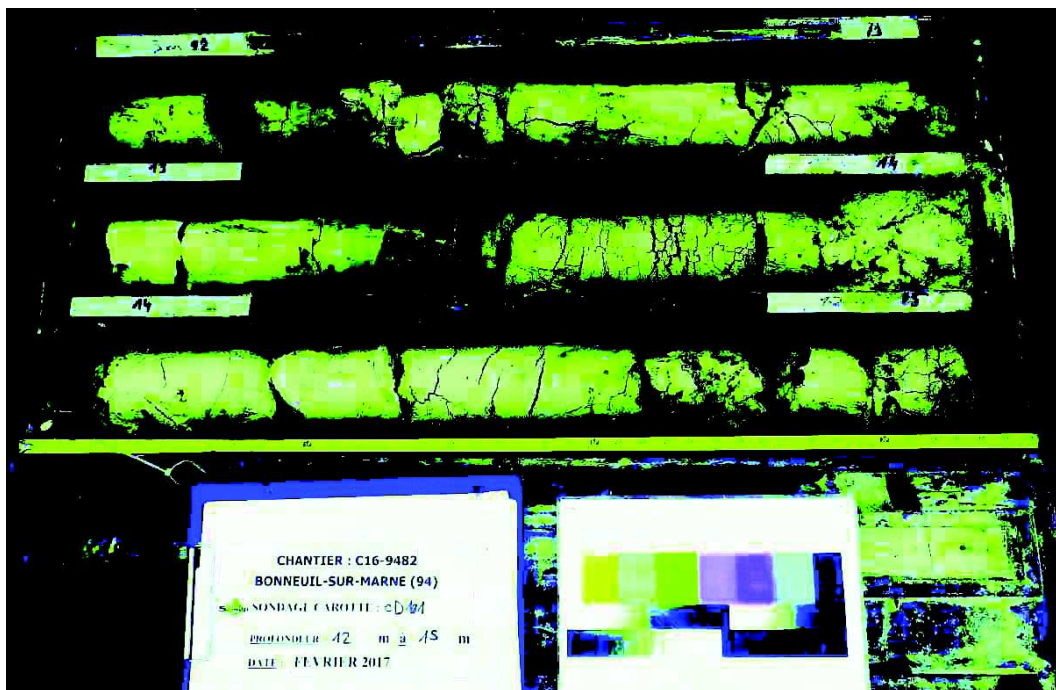


## Photographies des sondages carottés

Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : CD101

CD101 de 12,00 à 15,00 m



CD101 de 15,00 à 18,00 m



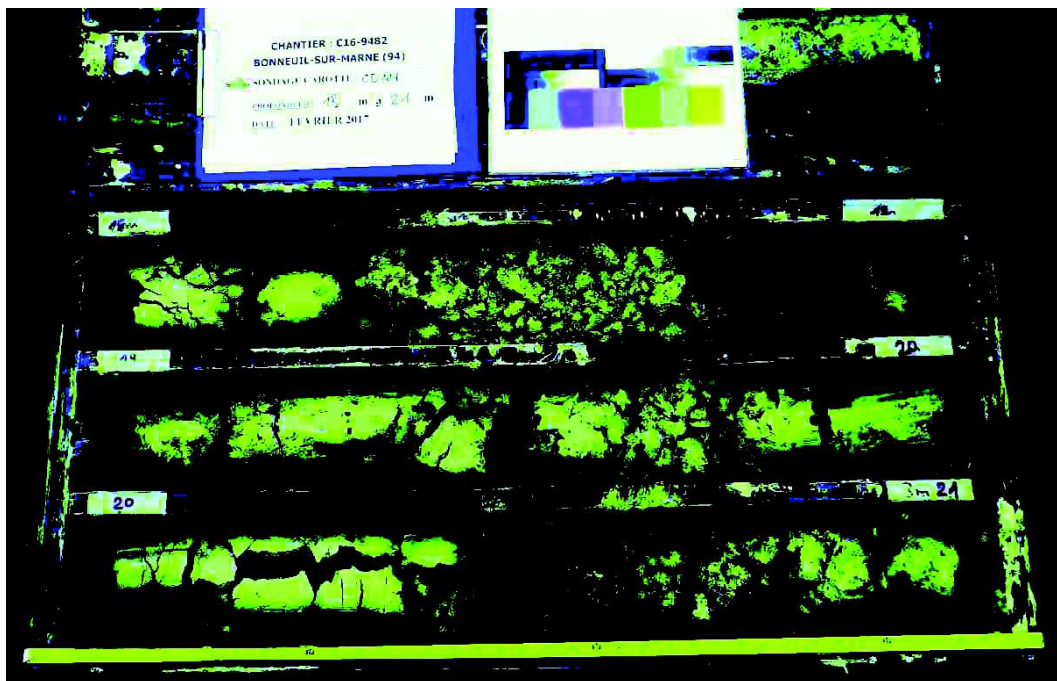


## Photographies des sondages carottés

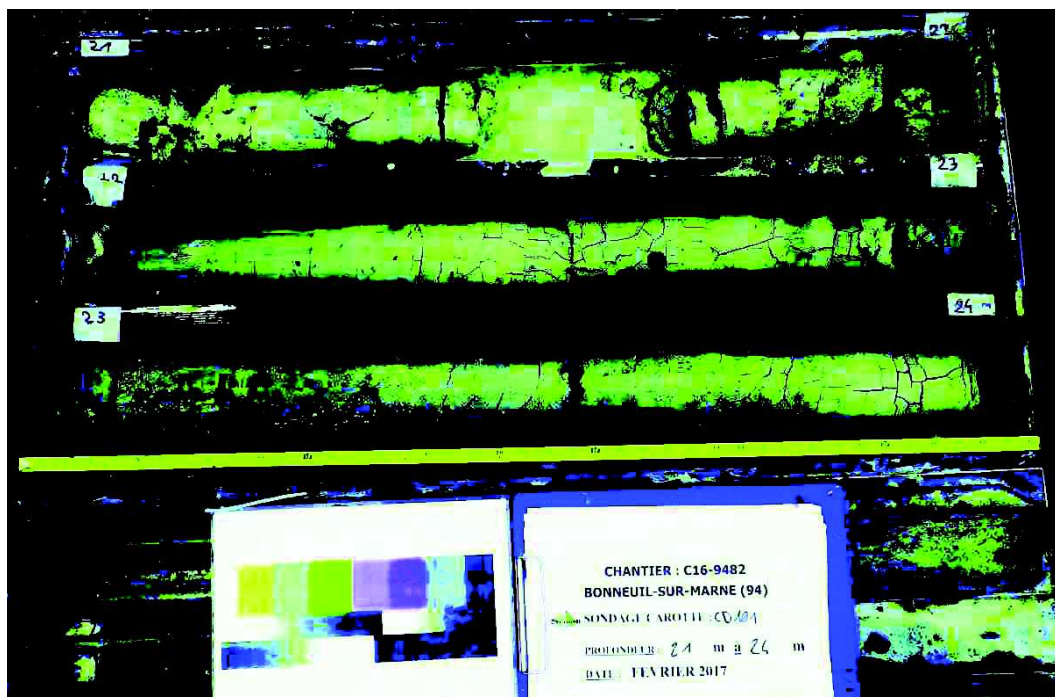
Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : CD101

CD101 de 18,00 à 21,00 m



CD101 de 21,00 à 24,00 m



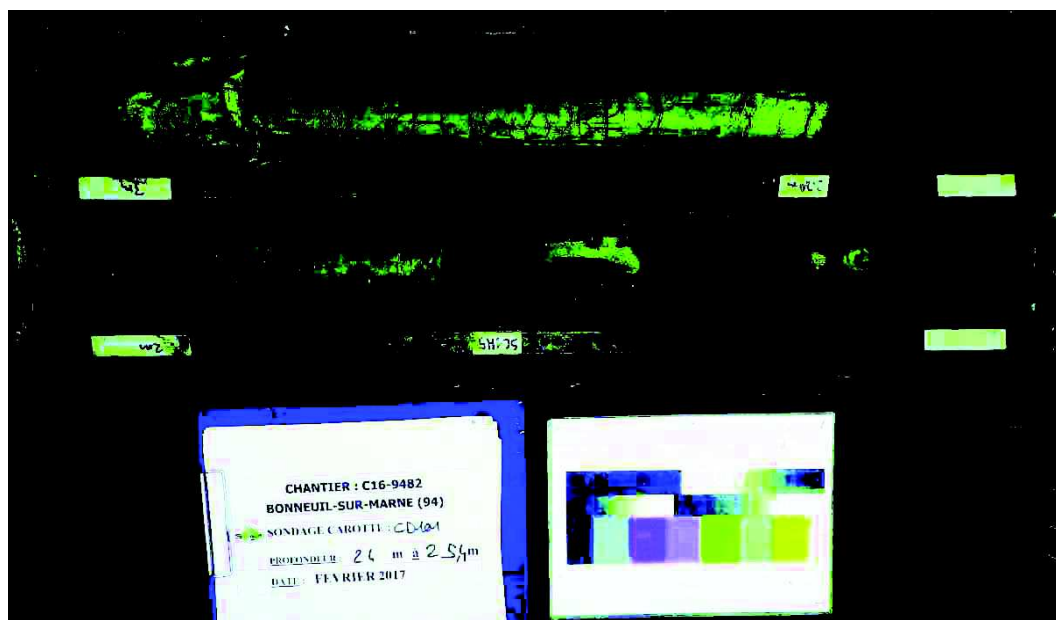


## Photographies des sondages carottés

Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : CD101

CD101 de 24,00 à 25,40 m





**DRIEA  
RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)**

Contrat C16-9482

Date début : 15/02/2017

Cote NGF : 35,51

Profondeur : 0,00 - 25,30 m

Machine : BE 20-50


















X : 611807,365

Y : 118268,495

1/40

**Forage : CD101**

EXGTE 3.18/GTE

NGF	Pfd.		Lithologie	Stratig.	Essais d'eau Lefranc	Outil de forage	Tx Récup. (%)	
	0		Sable grossier noir à cailloutis et graviers divers, débris de briques et verre	REMBLAIS		Carottier double Ø 114 mm	100	
35,06 m	0,45 m		Sable grossier brun limoneux à cailloutis et graviers divers, quelques blocs de grès					
34,66 m	0,85 m		Sable légèrement limoneux ocre à cailloutis et graviers siliceux et débris de briques					
34,36 m	1,15 m		Argile grise à gris foncé à cailloutis et graviers siliceux et calcaires, quelques blocs calcaires, débris de briques					
33,66 m	1,85 m		Blocs calcaires bioclastiques beige clair					
33,41 m	2,10 m		Argile légèrement sableuse beigeâtre à cailloutis et graviers divers avec des passages d'argiles verdâtres et grisâtres					
32,06 m	3,45 m		Argile légèrement sableuse grisâtre à verdâtre à cailloutis et graviers siliceux, racines et débris de briques					
31,71 m	3,80 m		Argile légèrement sableuse beigeâtre à noirâtre à cailloutis et graviers divers, quelques blocs siliceux (passage plus sombre de 4,25 à 4,35 m)					
31,16 m	4,35 m		Argile verte très plastique, quelques débris gypseux, quelques cailloutis et graviers divers, débris de briques (bloc bétonné gris foncé à cailloutis et graviers divers de 4,85 à 5,10 m)					
30,26 m	5,25 m		Sable fin noirâtre				ALLUVIONS INDIFFÉRENCIÉES	
30,16 m	5,35 m		Sable grossier beige clair à cailloutis et graviers siliceux	100				
29,51 m	6,00 m		Sable grossier beige clair à cailloutis et graviers siliceux, quelques débris de briques	100				
29				100				
28				100				
27				100				
27				100				
27				100				

NGF	Pfd.		Lithologie	Stratig.	Essais d'eau Lefranc	Outil de forage	Tx Récup. (%)				
26			Sable grossier beige clair à cailloutis et graviers siliceux, quelques débris de briques	ALLUVIONS INDIFFÉRENCIÉES			100				
10											
25,16 m			10,35 m	CALCAIRE DE ST OUEN			ESSAI LEFRANC 1	Carottier double Ø 114 mm	100		
25			Marnes beigeâtres à blanchâtres avec quelques blocs calcaires, passages + ou - indurés (passage marno-sableux fin de 11,85 à 12,20 m)							100	
11											
24											
12			12,20 m					100			
23,31 m			12,20 m					ESSAI LEFRANC 1	100		
23			Marnes argileuses beigeâtres avec quelques cailloutis divers et passage sombre grisâtre de 12,40 à 12,45 m			100					
22,61 m			12,90 m								
22,51 m			13,00 m								
22,21 m			13,30 m			ESSAI LEFRANC 2	95				
22			Argile légèrement marneuse grisâtre								
21,71 m			13,80 m								
21,51 m			14,00 m								
14			Marnes argileuses à cailloutis calcaires				100				
20,91 m			14,60 m								
20,51 m			15,00 m								
20,31 m			15,20 m								
20			Marnes beigeâtres légèrement argileuse à cailloutis et quelques graviers calcaires			ESSAI LEFRANC 3	90				
19,76 m			15,75 m								
19,41 m			16,10 m								
19			Marnes blanchâtres à beigeâtres avec quelques cailloutis et graviers calcaires, quelques blocs, passages + ou - argileux								
17			17,75 m			85					
17,76 m			17,75 m								
17,31 m			18,20 m								
17			18,70 m								
16,81 m			18,90 m			95					
16,61 m			18,90 m								
16			Marnes sableuses beigeâtres à cailloutis et graviers calcaires, quelques blocs calcaires, passages + ou - argileux								
16,11			19,20 m								

Page 2/2

NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Essais d'eau Lefranc	Outil de forage	Tx Récup. (%)		
16,11 m		Marnes sableuses beigeâtres à cailloutis et graviers calcaires, quelques blocs calcaires, passages + ou - argileux	CALCAIRE DE ST OUEN		Carottier double Ø 114 mm	95		
16		19,40 m						
15,71 m		Marnes très sableuses beigeâtres à cailloutis et graviers calcaires, quelques blocs calcaires				90		
15,46 m	20	19,80 m						
15,36 m		Argile légèrement marneuse beigeâtre à verdâtre à cailloutis et graviers calcaires						
		20,05 m						
15,06 m		Argile brune en feuillets				95		
15		20,15 m						
14,76 m		Argile blanchâtre à beigeâtre à cailloutis et graviers calcaires, quelques blocs						
		20,45 m						
		Argile brune en feuillets avec cailloutis et graviers calcaires, fins passages d'argile beigeâtre	95					
	21	20,75 m						
14,36 m		Argile légèrement marneuse et sableuse beigeâtre à grisâtre aec quelques cailloutis et graviers calcaires	SABLES DE BEAUCHAMP	ESSAI LEFRANC 4		95		
14,31 m		21,15 m						
14,11 m		Sable fin noir						
14		21,20 m						
		Argile sableuse beigeâtre/grisâtre à passages de sables fins noirs						
		21,40 m						
13,61 m		Marnes sableuses beigeâtres à grisâtres à cailloutis et graviers calcaires, passages + ou - sableux beige				100		
13,46 m	22	21,90 m						
		Argile marneuse sableuse grisâtre avec quelques cailloutis et graviers calcaires (passage argileux blanchâtre de 22,00 à 22,05 m)						
		22,05 m						
13						100		
	23	Argile verte à bleu très plastique, passages + ou - indurés et + ou - sableux (débris gypseuxde 23,40 à 23,50 m)						
12						100		
						80		
11,51 m	24	24,00 m						
		Argile verte à bleu très plastique à passages de débris gypseux, passages + ou - indurés (passage légèrement marneux de 25,15 à 25,25 m)				100		
	25							
10,21 m		25,30 m				ESSAI LEFRANC 5		100



**DRIEA  
RN406  
BONNEUIL-SUR-MARNE**

Contrat C16-9482

Date début : 14/02/2017

Cote NGF : 37.51

Profondeur : 0,00 - 62,59 m

Machine : BE 20-50

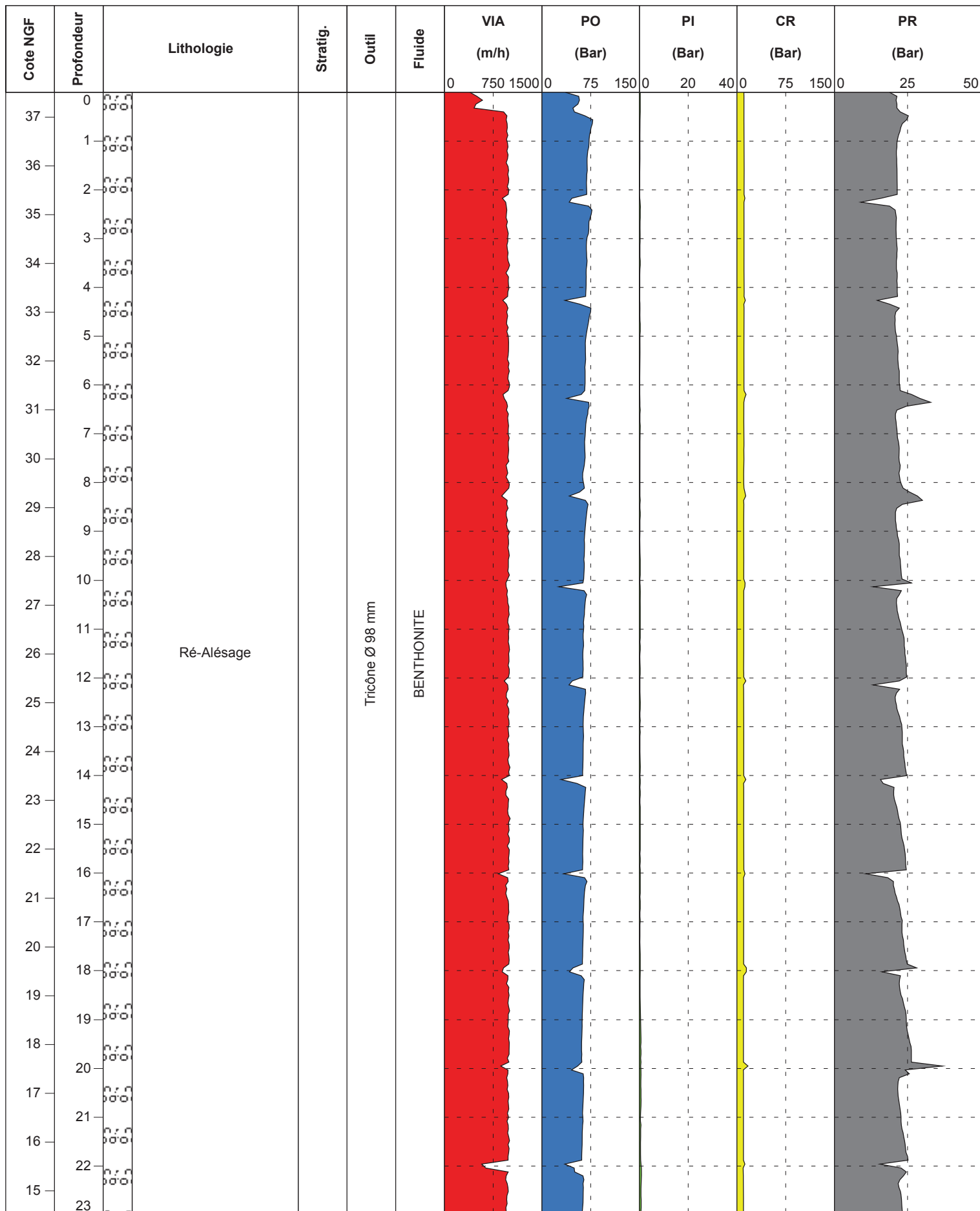
X : 611807,37

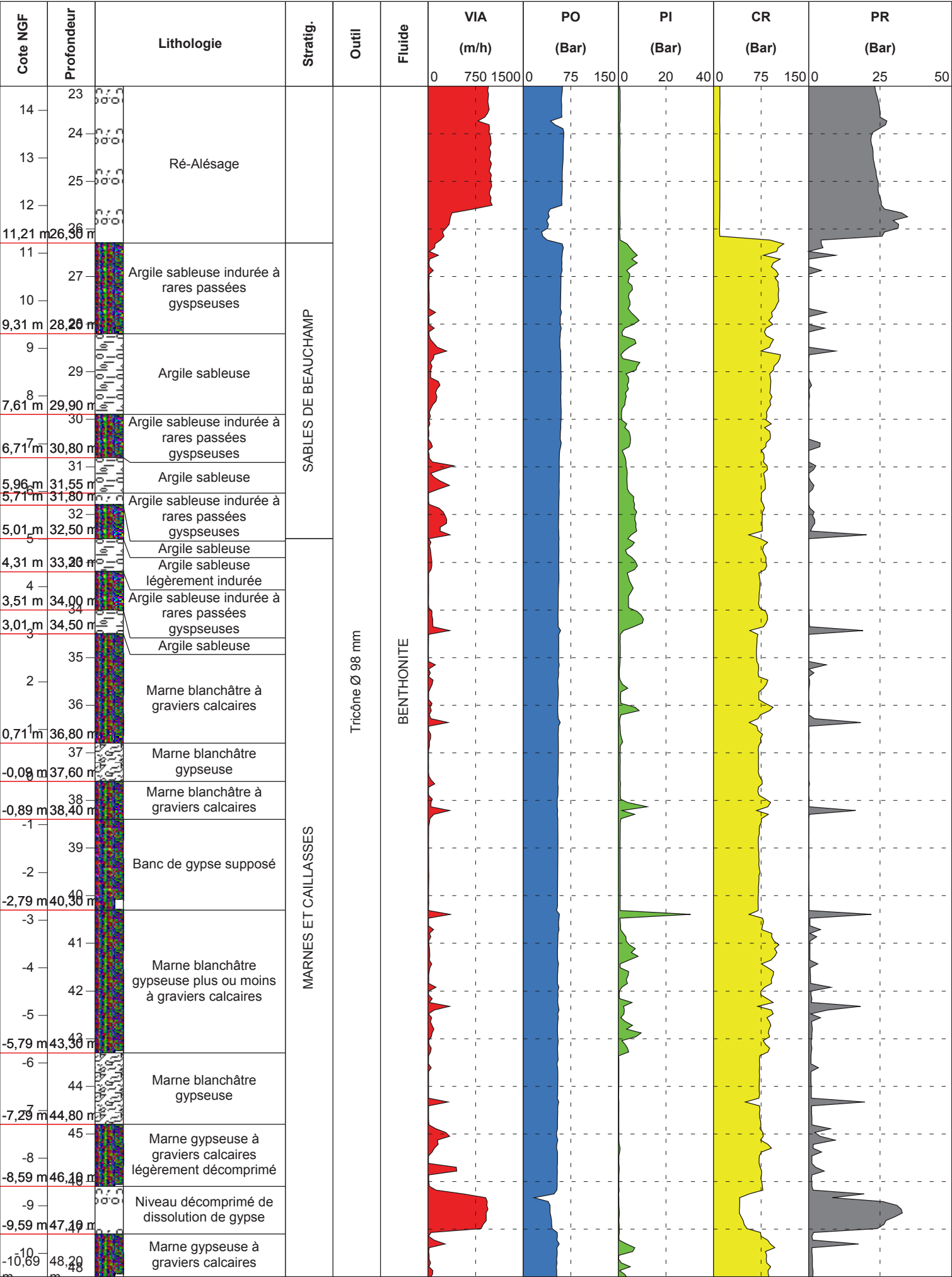
Y : 118268,50

1/100

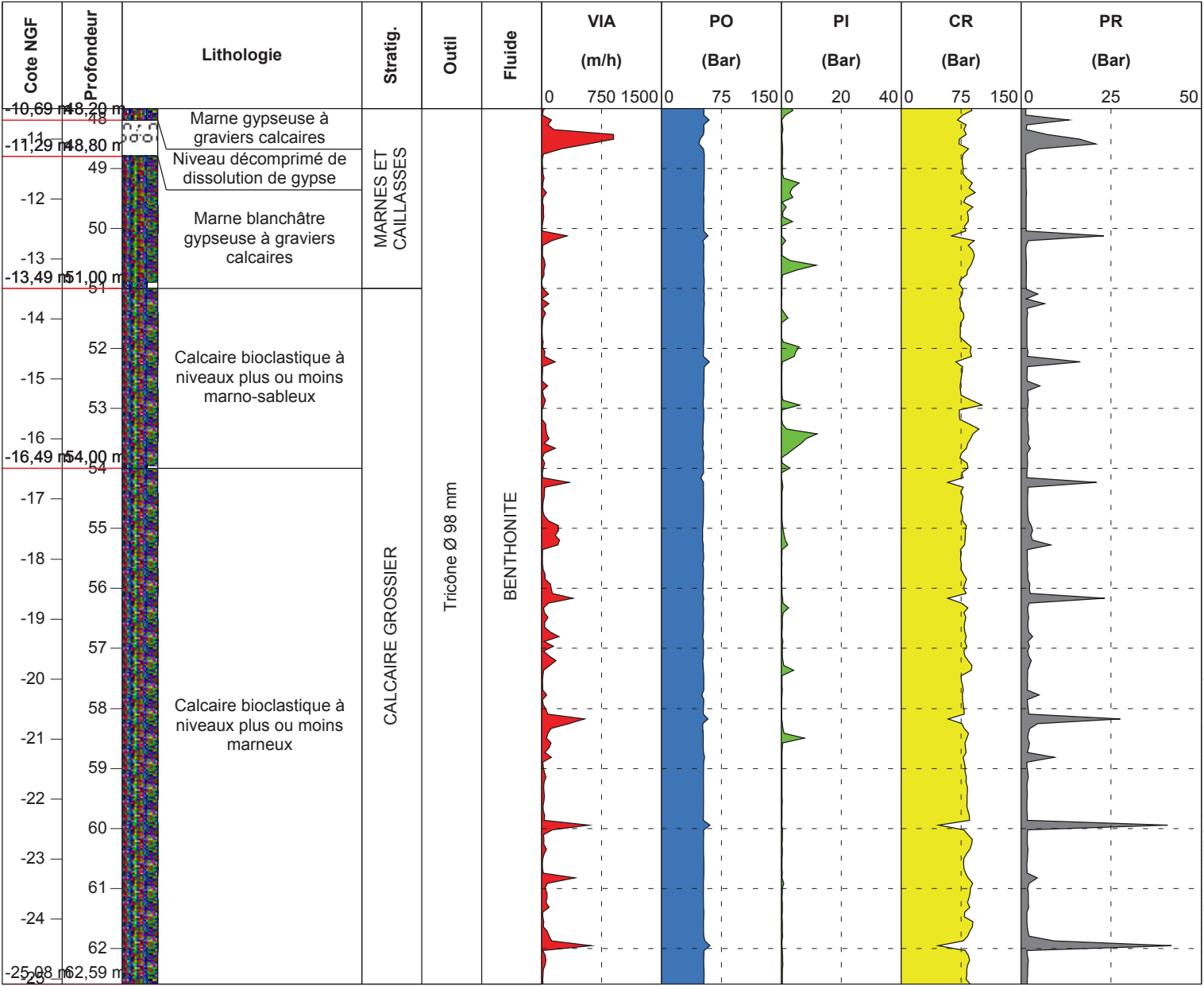
**Forage : CD101**

EXGTE 3.18/GTE





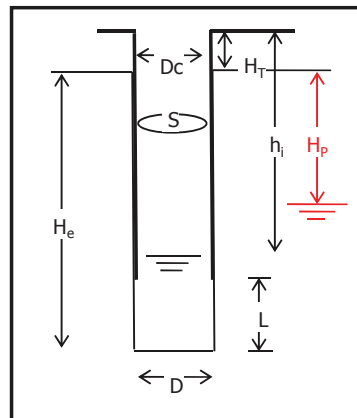
CD101





$$k \text{ (m/s)} = 7.2\text{E-}06$$


$$k \text{ (m/s)} = 1.1\text{E-}05$$

[illegible]

$$k \text{ (m/s)} = 1.2\text{E-05}$$



Valeur douteuse, venues d'eau  
parasites possibles

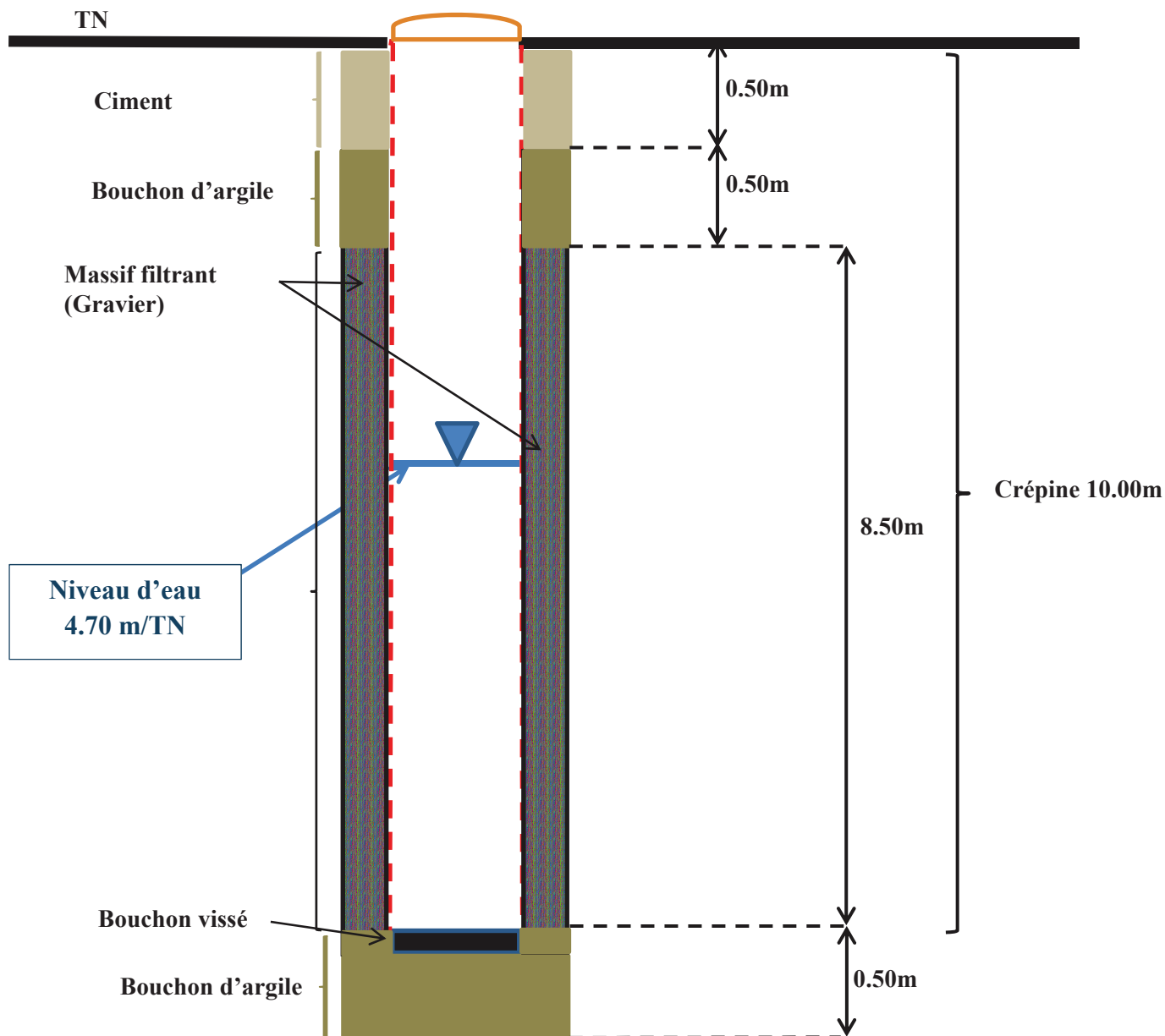
## ANNEXE 7

### SONDAGES DESTRUCTIFS ÉQUIPÉ D'UN PIEZOMÈTRE DE L'ETUDE

- 1 - FICHE DE POSE DU PIEZOMÈTRE PZ101
- 2 - SONDAGE DESTRUCTIF PZ101
- 3 - FICHE DE POSE DU PIEZOMÈTRE PZ102

# Coupe technique du piézomètre PZ101

Desserte du Port de Bonneuil sur Marne





## Photographies des sondages carottés

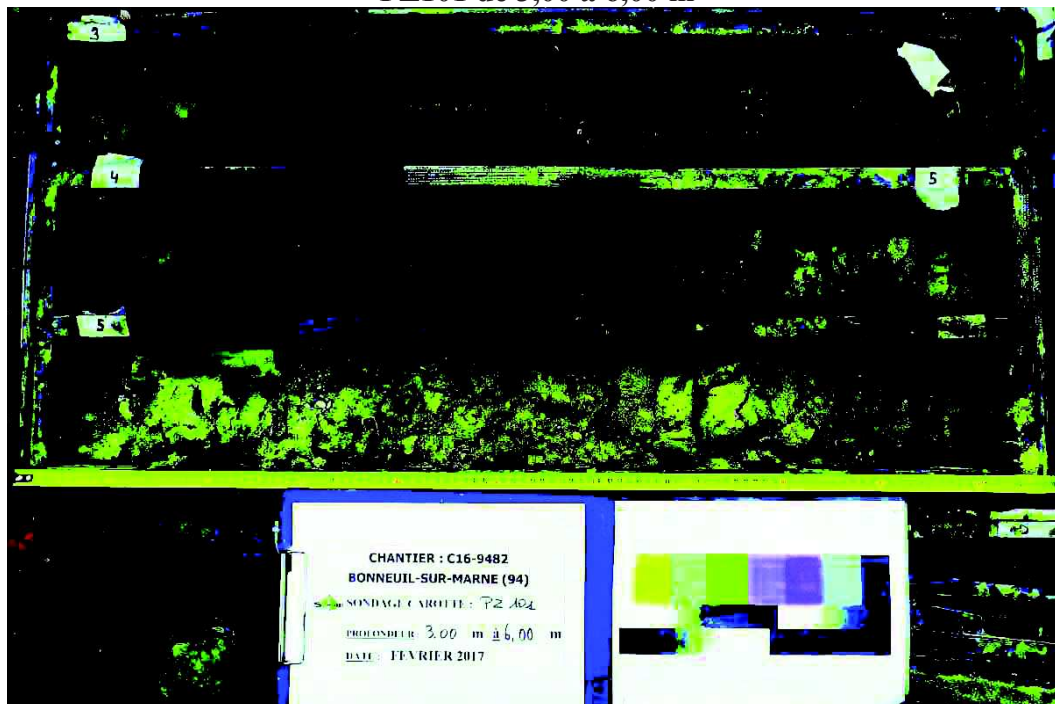
Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : PZ101

PZ101 de 0,00 à 3,00 m



PZ101 de 3,00 à 6,00 m



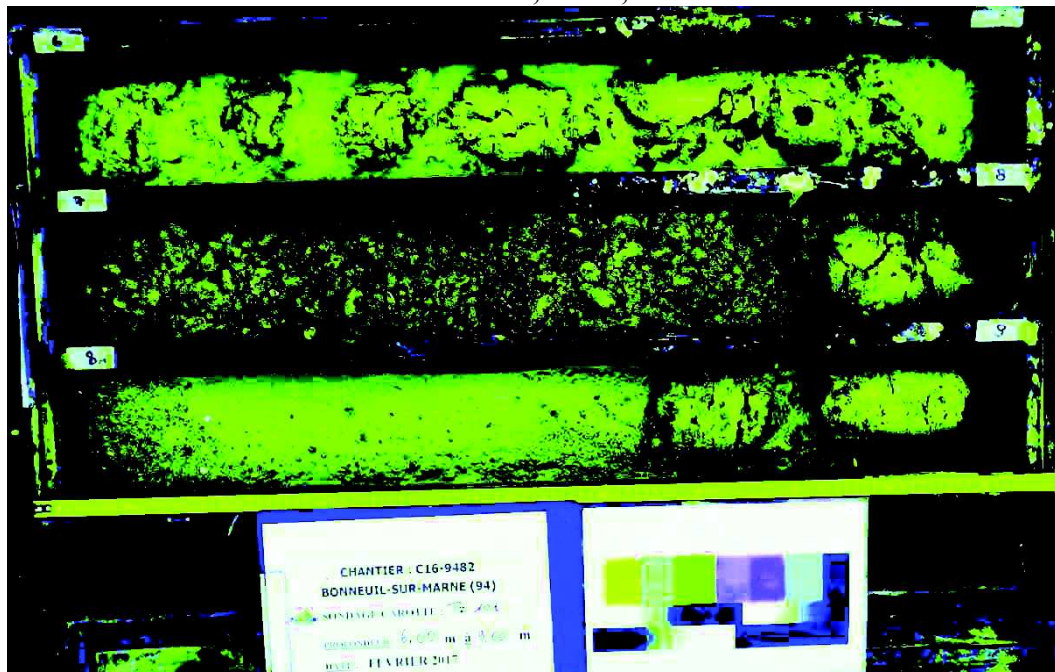


## Photographies des sondages carottés

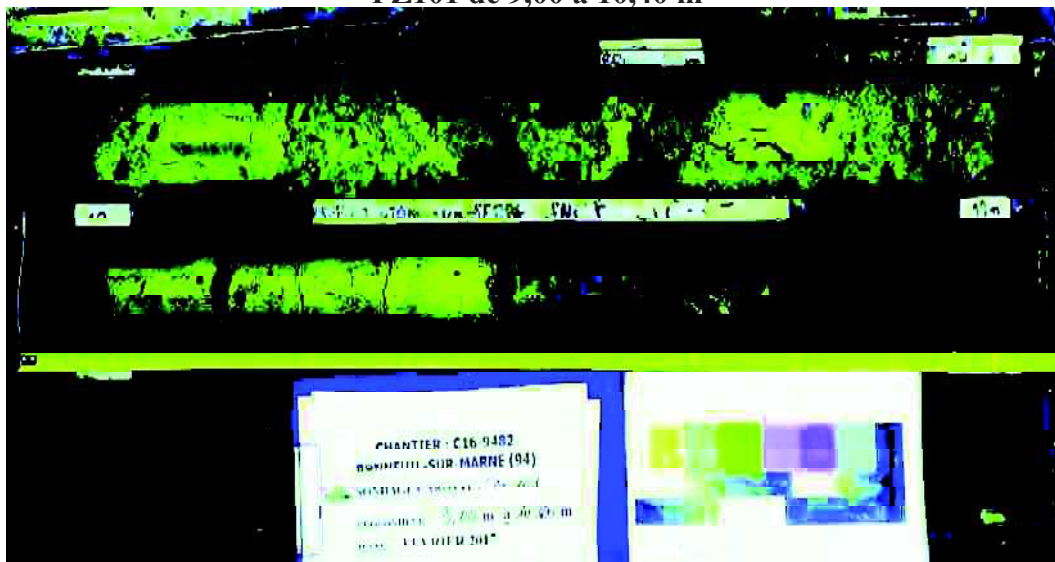
Client : DRIEA  
Chantier : RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)

Dossier n° : C16-9482  
Date : Février 2017  
Carotté n° : PZ101

PZ101 de 6,00 à 9,00 m



PZ101 de 9,00 à 10,40 m





**DRIEA  
RN 406  
Bonneuil-sur-Marne (94)**

Contrat C16-9482

Date début : 16/02/2017

Cote NGF : 37,242

Profondeur : 0,00 - 10,40 m

Machine : BE 20-50

X : 611924,907

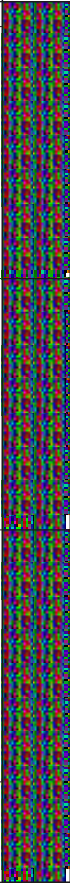
Y : 119144,351

1/30

**Forage : PZ101**

EXGTE 3.18/GTE

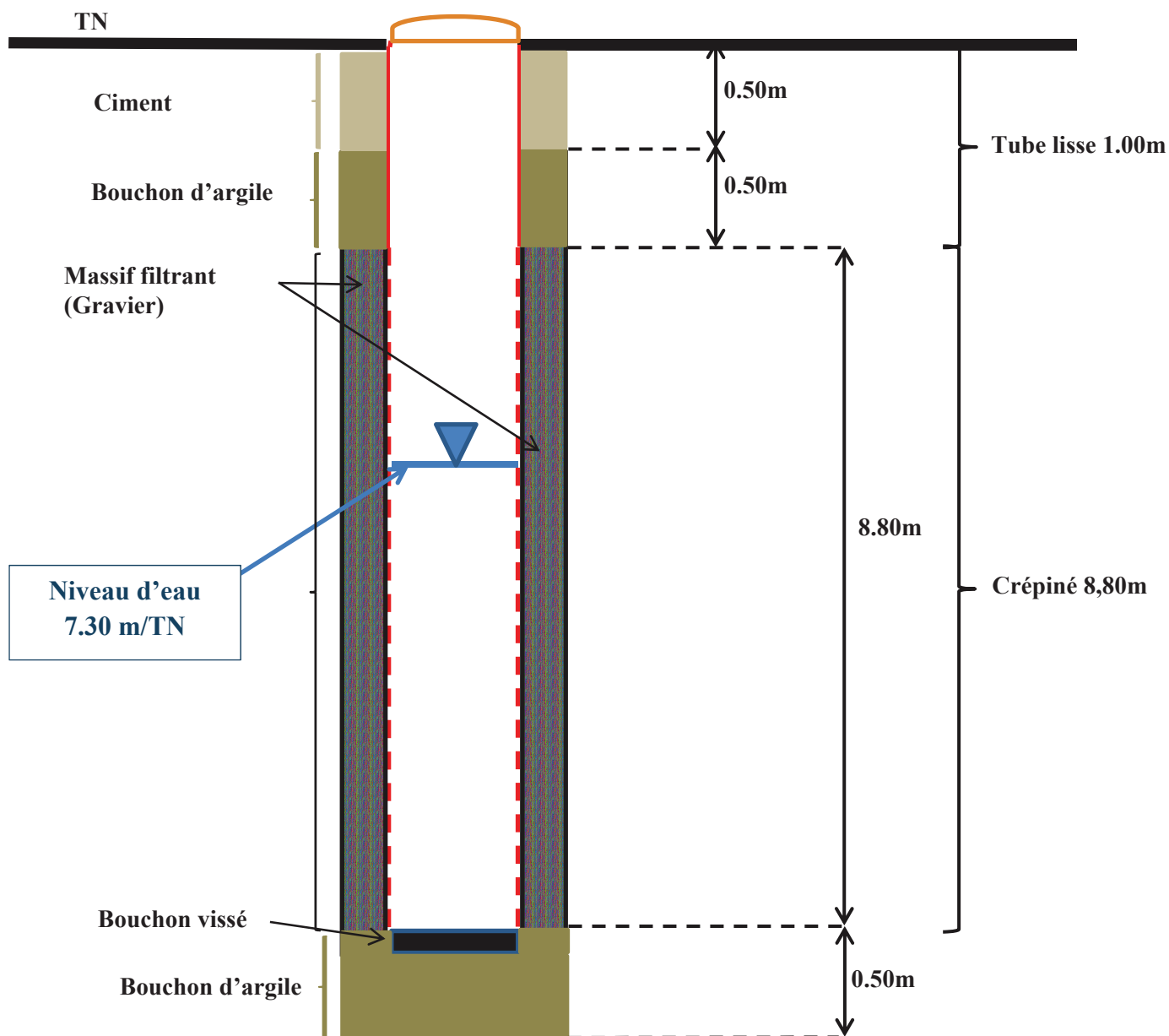
NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Niveau d'eau	Outil de forage	Tx Récup. (%)
37,14 m	0	Terre végétale avec racines	REMBLAIS	<div>4,7 m</div> <div>NGF : 32,5 m</div>	Carottier double Ø 114 mm	95
37	0,10 m	Limon brun avec sable grossier, graviers siliceux et calcaires et quelques blocs				
36,74 m	0,50 m	Limon brun à noir sableux avec odeur d'hydrocarbure, quelques blocs divers et débris de briques rouges				
36,04 m	1,20 m	Limono-argileux brun à beigeâtre, sableux avec graviers siliceux et calcaires et débris de briques				
35,24 m	2,00 m	Limono-argileux grisâtre avec cailloutis à graviers calcaires et siliceux				
35,09 m	2,15 m	2,15 m	ALLUVIONS MODERNES			90
35	2,40 m	Sable grossier légèrement marneux beige à jaune avec graviers siliceux et calcaires				
34,84 m	2,40 m	Débirs de calcaire silicifié brun clair				
34,74 m	2,50 m	Sable grossier légèrement marneux beige à jaune avec graviers siliceux et calcaires				
34,39 m	2,85 m	Argile verte sableuse dans patine limoneuse brune avec graviers siliceux				
34,24 m	3,00 m	Argile grise-verte avec une patine limoneuse brune et passages noirs, graviers siliceux et calcaires, avec quelques blocs calcaires et odeur d'hydrocarbure				
33,99 m	3,25 m	Argile grise-verte avec une patine limoneuse brune, graviers siliceux et calcaires, avec quelques blocs calcaires				
33,24 m	4,00 m	Argile grise sableuse avec galet de calcaire				
33,09 m	4,15 m	Sable vert légèrement argileux				
32,99 m	4,25 m	Tourbe argileuse brune foncée				
32,64 m	4,60 m	Argile grise sableuse				
32,44 m	4,80 m	Sable grossier beige				
32,24 m	5,00 m	Marnes sableuses blanchâtres		ALLUVIONS ANCIENNES	85	
31,94 m	5,30 m	Sable grossier légèrement marneux jaune avec graviers siliceux				
31,24 m	6,00 m	Sable grossier légèrement marneux jaune avec graviers siliceux et calcaires				
31	6,90 m					95

NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Niveau d'eau	Outil de forage	Tx Récup. (%)
	7		ALLUVIONS ANCIENNES		Carottier double Ø 114 mm	7,00 m95
30						95
29,24 m	8	Sable grossier légèrement marneux jaune avec graviers siliceux et calcaires 8,00 m				8,00 m
29		Sable grossier très légèrement marneux jaune avec graviers siliceux et calcaires				95
28,24 m	9	9,00 m				9,00 m
28		Sable grossier légèrement marneux jaune à ocre avec graviers siliceux et calcaires	10,40 m			95
27	10					10,00 m
26,84 m		10,40 m				100 10,40 m

# Coupe technique du piézomètre PZ102

Desserte du Port de Bonneuil sur Marne

Diamètre de l'outil : 75mm



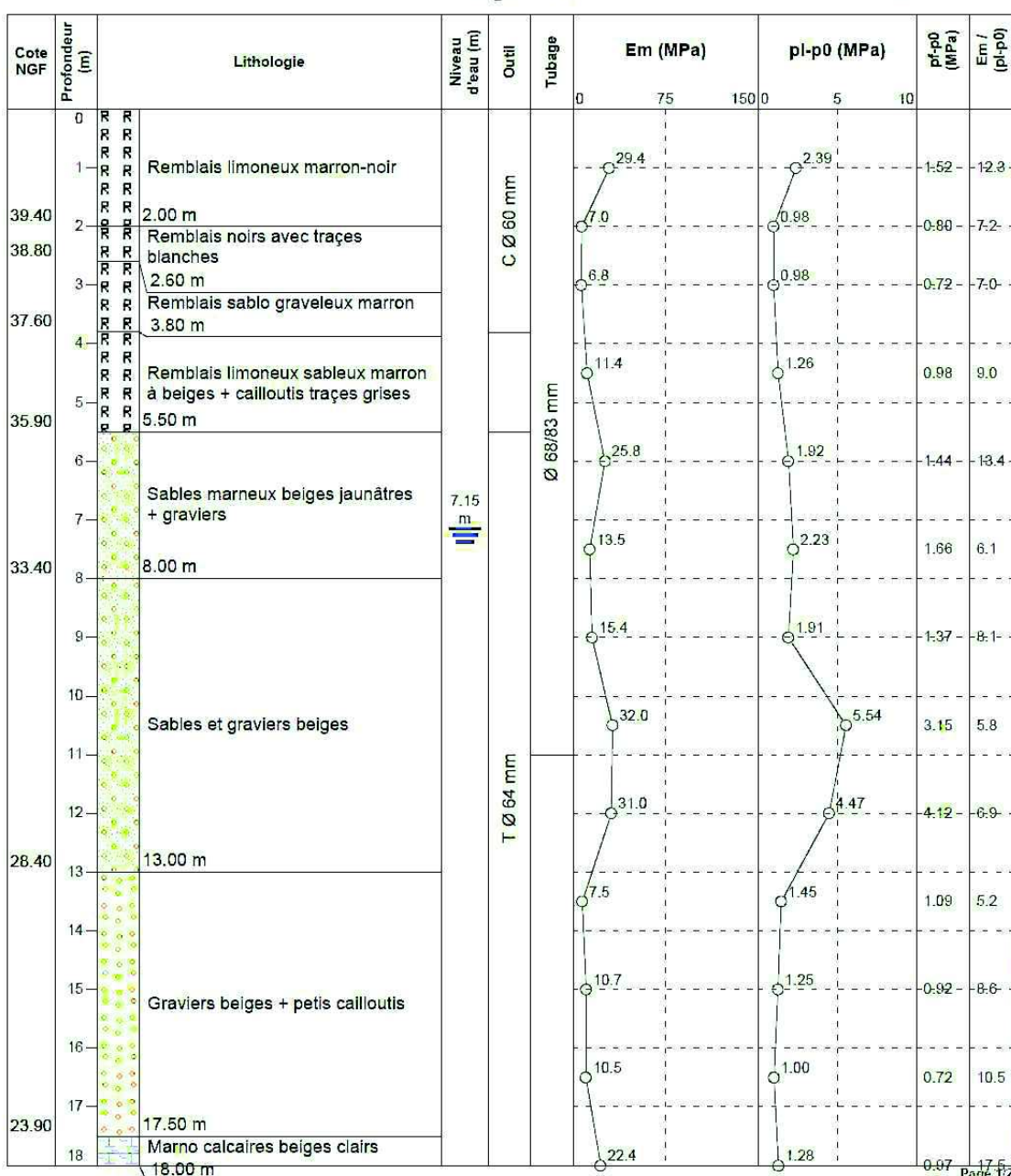
## Coupes géotechniques

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>			Affaire IP.10.0323
	Date : 14/01/2011	Cote NGF : 41.40	Profondeur : 0.00 - 25.00 m	

1/90

Forage : SP1

EXGTE 2.30/GTE



1/90

SP1

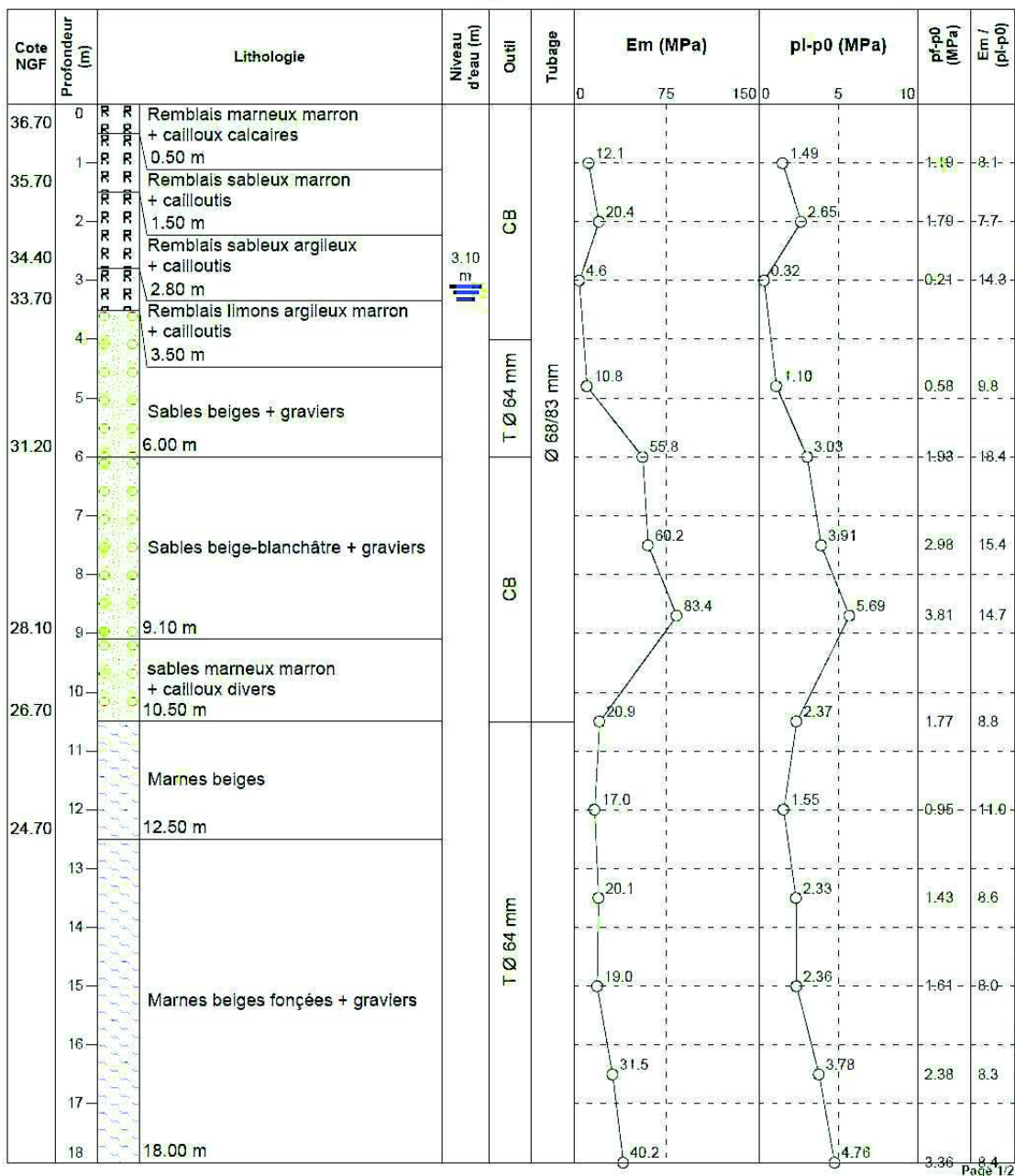
Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage	Em (MPa)	pl-p0 (MPa)	pf-p0 (MPa)	Em / (pl-p0)		
23.90	18	Marno calcaires beiges clairs			T Ø 64 mm	22.4	1.28	0.97	17.5		
	19					34.1	2.66	1.57	12.8		
	20					67.3	4.04	1.82	16.7		
	21					31.3	2.62	1.85	12.0		
18.90	22	22.50 m				21.1	2.10	1.51	10.1		
	23	Marno calcaires beiges									
	24										
	25					25.00 m					
16.40	26										
	27										
	28										
	29										
	30										
	31										
	32										
	33										
	34										
	35										
	36										
	37										

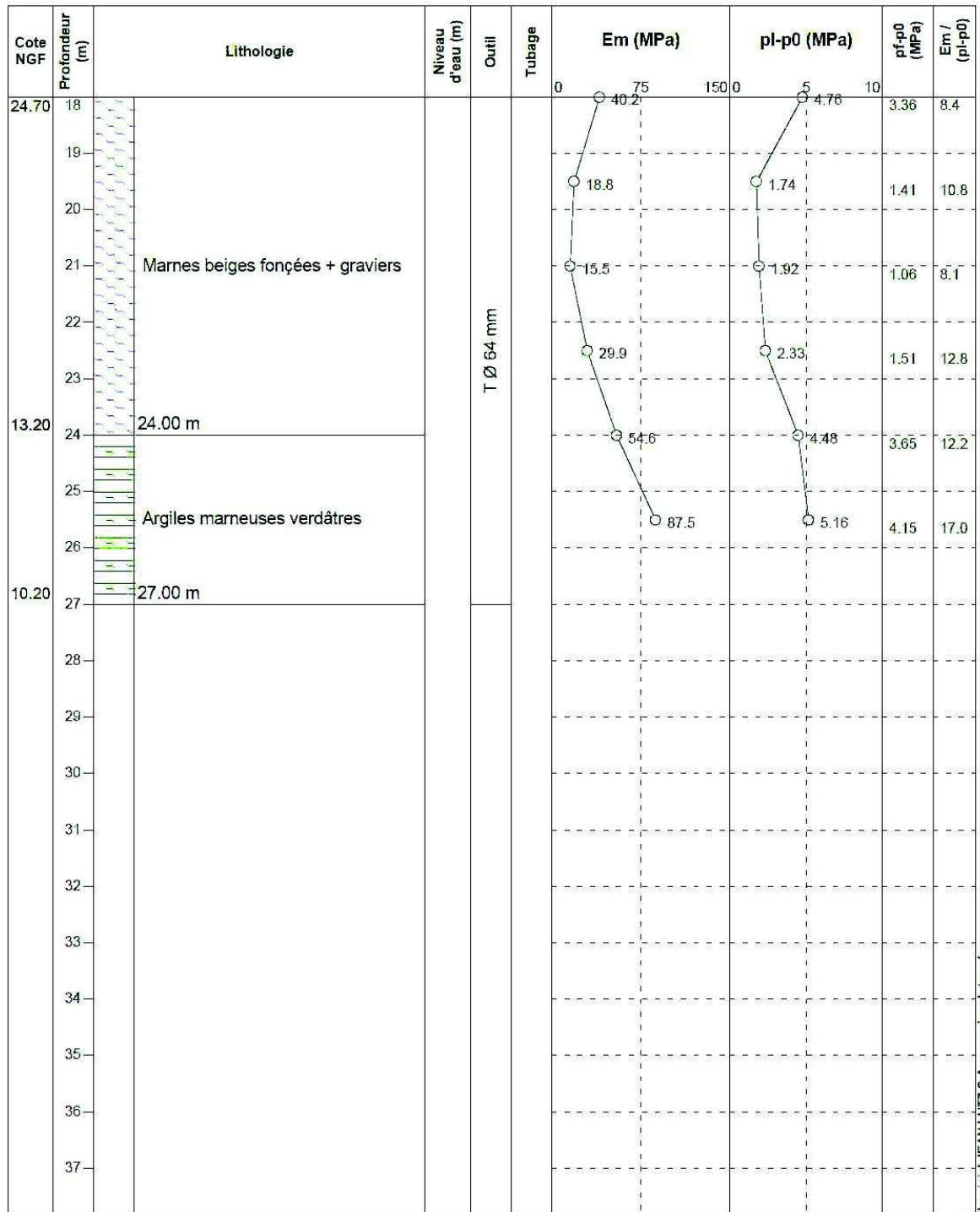
Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanelutzsa.fr

Page 2/2

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>			Affaire IP.10.0323
	Date : 12/01/2011	Cote NGF : 37.20	Profondeur : 0.00 - 27.00 m	

1/90 Forage : SP2 EXGTE 2.30/GTE





	Affaire IP.10.0323		
	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>		
	Date : 19/01/2011	Cote NGF : 36.50	Profondeur : 0.00 - 25.00 m

1/90

Forage : SP3

EXISTE 2.30/1.30

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage	Em (MPa)			pl-p0 (MPa)		pf-p0 (MPa)	Em / (pl-p0)
						0	75	150	0	5	10	
	0											
	1					2.3			0.40		0.39	5.9
	2	Remblais - sables limoneux marron + blocs				20.0			1.76		1.32	14.4
	3		3.00 m			3.7			0.36		0.28	10.2
	4	4.50 m				1.1			0.20		0.12	5.7
32.00	5	Remblais - sables limoneux marron + glaise				6.0			1.18		0.79	5.1
31.40	6	5.10 m				13.4			2.51		2.21	5.3
	7	Remblais - sables mameux beiges				9.7			0.64		0.43	15.1
28.50	8	8.00 m				17.2			1.21		0.66	14.2
	9	Remblais - sables moyens marron-gris				10.0			1.85		1.38	5.4
26.70	10	9.80 m				5.4			1.05		0.84	5.1
	11	Sables + graviers				7.3			1.30		0.86	5.6
23.50	12	13.00 m				4.8			0.74		0.35	6.5
	13					18.2			2.52		2.06	7.2
	14											
	15											
	16	Sables mameux fins gris-verdâtre										
	17											
18.50	18	18.00 m										

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

Page 1/2

1/90

SP3

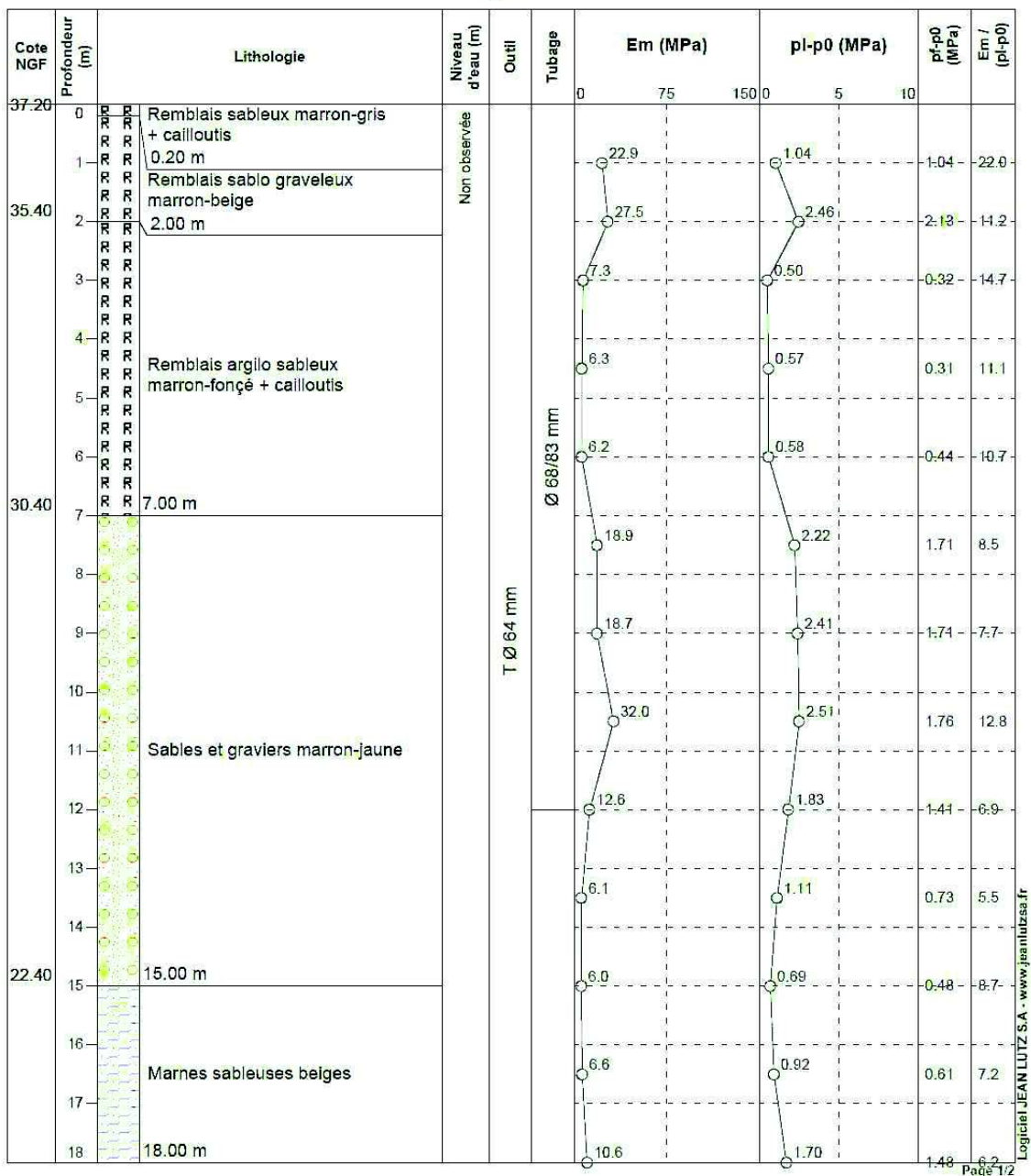
Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage	Em (MPa)	pl-p0 (MPa)	pt-p0 (MPa)	Em / (pl-p0)
18.50	18	Marnes sableuses blanchâtres		T		0	0	2.05	7.2
	19					18.2	2.52		
	20					11.2	2.04	1.28	5.5
	21					14.6	2.15	1.41	6.8
	22								
13.50	23	23.00 m				87.9	> 4.70	> 4.70	> 18.7
	24	Sables fins verdâtres				13.1	2.48	1.66	5.3
11.50	25	25.00 m							
	26								
	27								
	28								
	29								
	30								
	31								
	32								
	33								
	34								
	35								
	36								
	37								

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

Page 2/2

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>			Affaire IP.10.0323
	Date : 30/12/2010	Cote NGF : 37.40	Profondeur : 0.00 - 25.00 m	

1/90 **Forage : SP4** **EXGTE 2.30/GTE**




1/90

SP4

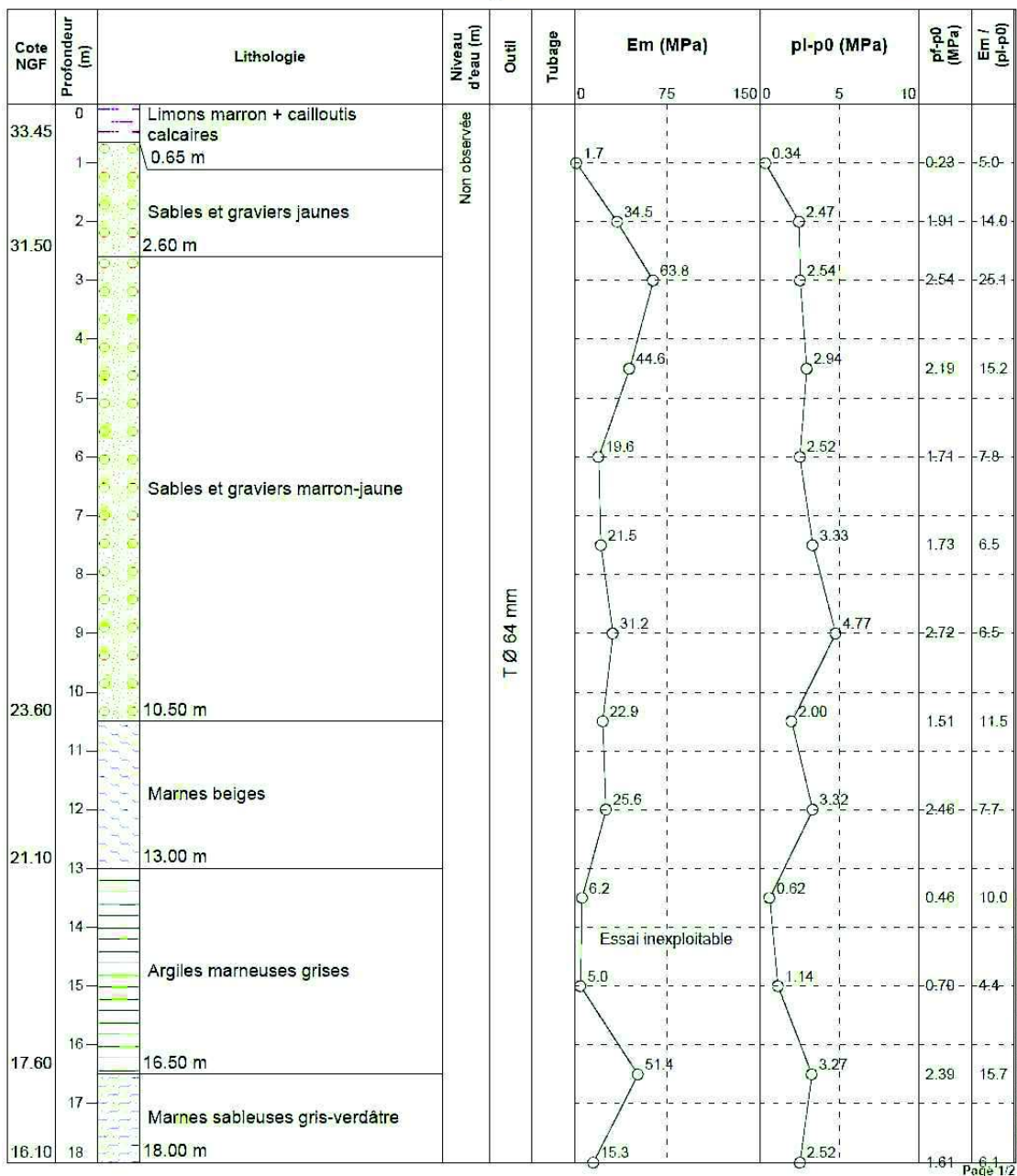
Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage	Em (MPa)		pl-p0 (MPa)		pf-p0 (MPa)	Em / (pl-p0)	
22.40	18	Marnes sableuses beiges		T Ø 64 mm		0	0	1.70	5	10	1.48	6.2
	19					10.6	1.70					
17.40	20	20.00 m				18.2	2.38	1.52	7.6			
	21	Marnes sableuses beige-verdâtre				13.4	1.85	1.37	7.2			
	22											
	23					18.8	2.67	2.10	7.0			
	24					26.3	3.16	2.12	8.3			
12.40	25	25.00 m										
	26											
	27											
	28											
	29											
	30											
	31											
	32											
	33											
	34											
	35											
	36											
	37											

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

Page 2/2

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>			Affaire IP.10.0323
	Date : 07/01/2011	Cote NGF : 34.10	Profondeur : 0.00 - 25.50 m	

1/90 Forage : SP5 EXGTE 2.30/GTE




1/90

SP5

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage	Em (MPa)	pl-p0 (MPa)	pf-p0 (MPa)	Em / (pl-p0)
16.10	18	Marnes sableuses beige-gris				15.3	2.55	1.45	6.0
	19								
	20					15.1	2.17	1.51	7.0
	21					16.0	2.69	2.07	5.9
11.60	22	22.50 m							
	23	Marnes sableuses beiges				6.9	1.07	1.07	6.4
	24								
	25					15.6	2.45	1.99	6.4
8.60	26	25.50 m							
	27								
	28								
	29								
	30								
	31								
	32								
	33								
	34								
	35								
	36								
	37								

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

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>			Affaire IP.10.0323
	Date : 07/12/2010	Cote NGF : 34.30	Profondeur : 0.00 - 25.00 m	

1/90

Forage : SP6

EXGTE 2.20/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage	Em (MPa)	pl-p0 (MPa)	pf-p0 (MPa)	Em / (pl-p0)
34.99	0	Remblais limoneux bruns + cailloux 0.30 m	2.65 m	CP Ø 60 mm	Ø 68/83 mm	0	0	0	
33.30	1	Remblais sablo limoneux bruns clairs + passage jaunâtre 1.00 m				6.4	0.43	0.37	14.9
32.10	2	Marnes calcaires légèrement sableuses blanc-jaunâtre foncé 2.20 m				3.7	0.32	0.26	11.4
	3					4.8	0.31	0.25	15.5
	4	Marnes calcaires blanc-jaunâtre plus clair				11.9	1.30	0.98	9.2
28.70	5	5.60 m				22.1	1.79	1.19	12.4
	6					19.1	2.04	1.39	9.4
	7					12.6	1.31	0.97	9.6
24.50	8	Marnes sableuses beige-brunâtre				13.2	2.10	1.11	6.3
	9					21.8	2.07	1.38	10.5
	10	9.80 m				11.4	1.49	1.27	7.7
	11	Marnes sableuses beige-brunâtre				10.8	1.70	1.07	6.4
22.30	12	12.00 m				15.3	2.68	2.00	5.7
	13					9.9	1.26	0.88	
	14	Argiles marneuses grises							
18.10	15	16.20 m							
	16								
	17	Argiles marneuses grise-blanchâtre							
	18	18.00 m							

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

1/90

SP6

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage	Em (MPa)	pl-p0 (MPa)	pf-p0 (MPa)	Em / (pl-p0)
18.10	18	Argiles marneuses grise-blanchâtre				9.9	1.26	0.88	7.9
14.30	19					17.3	2.14	1.70	8.1
	20	20.00 m							
	21	Argiles grise-verdâtre		TR Ø 64 mm		35.7	3.61	2.54	9.9
	22					68.7	> 4.70	4.79	> 14.6
	23								
	24					29.9	4.24	2.71	7.0
9.30	25	25.00 m							
	26								
	27								
	28								
	29								
	30								
	31								
	32								
	33								
	34								
	35								
	36								
	37								

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

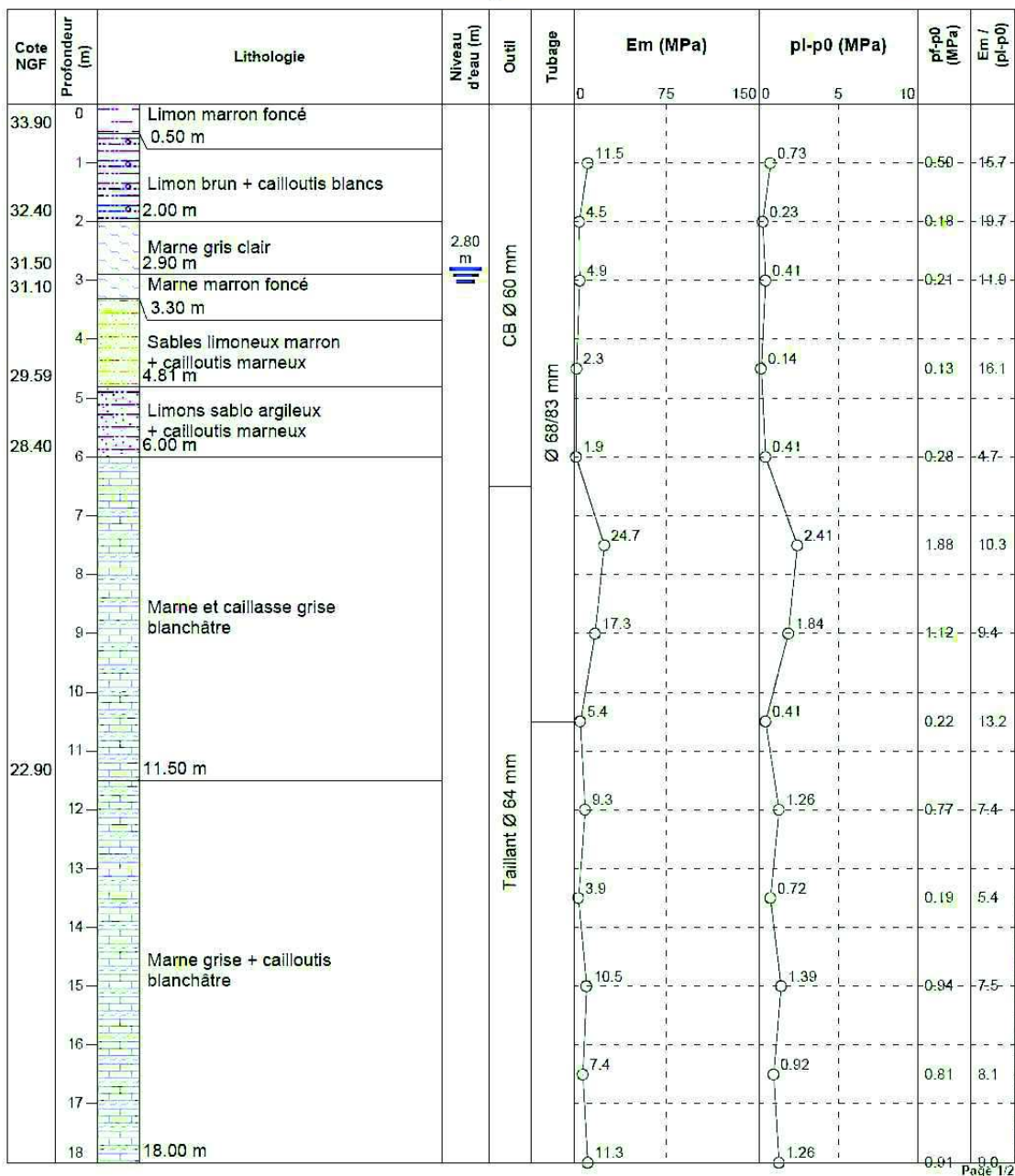
Page 2/2

	Affaire IP.10.0323		
	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>		
	Date : 17/12/2010	Cote NGF : 34.40	Profondeur : 0.00 - 25.00 m

1/90

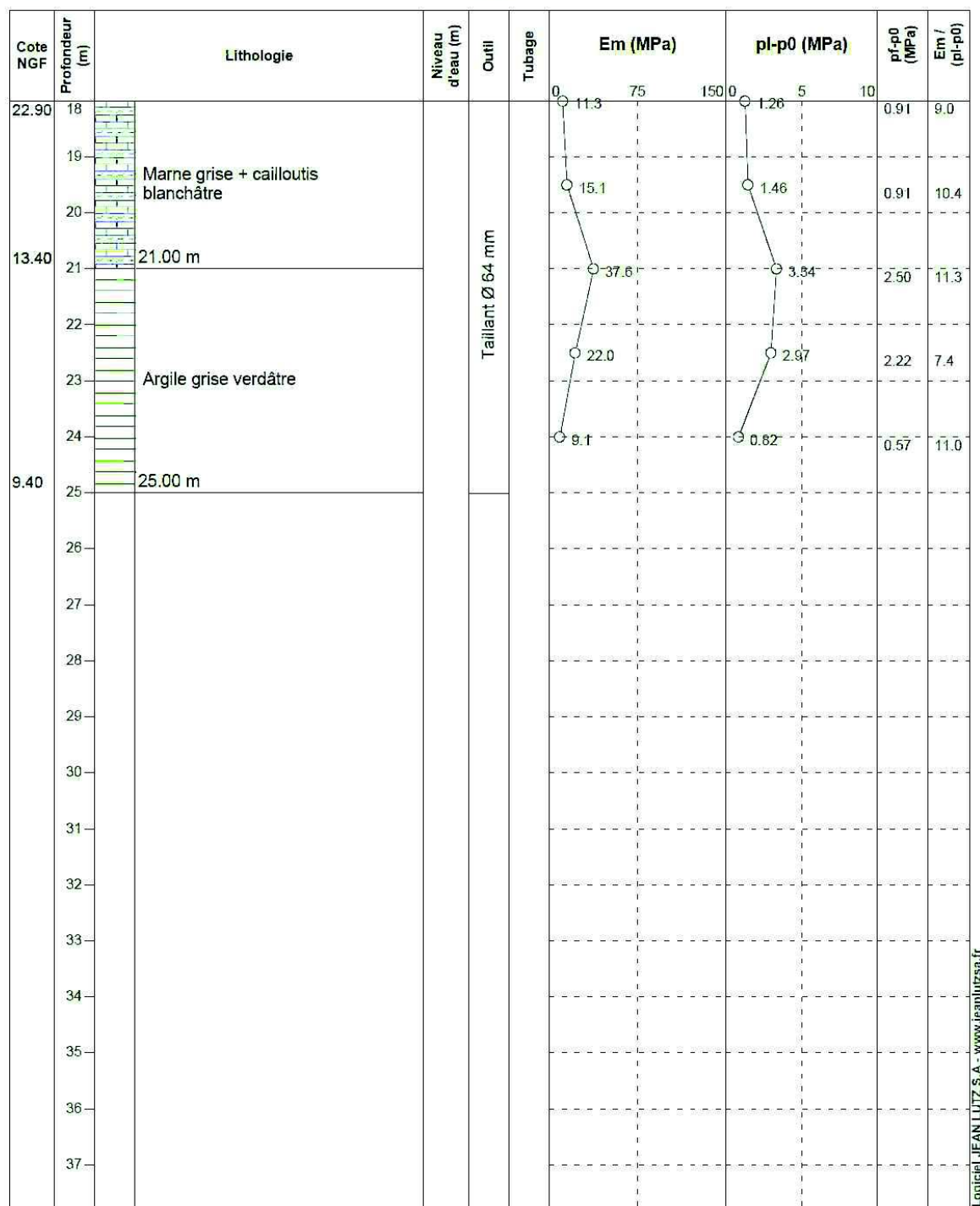
Forage : SP7


EXGTE 2.30/GTE



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

Page 1/2




	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>			n° affaire IP.10.0323
	Date : 02/02/2011	Cote NGF : 39.90	Profondeur : 0.00 - 15.00 m	

1/90

**Sondage : SC1****EXGTE 2.20/GTE**

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
39.90 m	0	Terre végétale limoneuse brun foncé + quelques graviers 0.20 m			
38.40 m	1	Remblais sablo limono graveleux bruns foncés à très foncés graviers fins à grossiers (dont débris de terre cuite) 1.50 m			
37.90 m	2	Remblais sablo limoneux graveleux, forte odeur d'hydrocarbure - graves fines à grossières (dont débris de terre cuite, faïence) 2.00 m			
36.40 m	3	Limons argileux bruns foncés - passage +/- graveleux entre h + 92 - 100 (quelques passées carbonatées) 2.50 m			
35.65 m	4	Limons argileux légèrement graveleux bruns très foncés / brun-beige foncé / gris clairs - graves fines à grossières - Passages très argileux entre h + 49 - 63 cm			
35.05 m	5	Passages sableux (sables fins) entre h + 63 - 91 cm 3.50 m			
33.90 m	6	Limons sableux (sables fins à grossiers) légèrement graveleux bruns très foncés à noirâtres : gris foncés / blanchâtres - légères odeurs d'hydrocarbures - graves fines à grossières 4.25 m			
32.40 m	7	Sables fins +/- limoneux noirâtres (h + 00 - 11 cm) / gris +/- très foncés (h + 11 - 56 cm) légères odeurs d'hydrocarbures - quelques graves fines à moyennes - débris de caoutchouc 4.85 m			
31.90 m	8	Tourbes limono graveleux noirâtres 5.00 m			
29.90 m	9	Tourbe brune 5.10 m			
29.70 m	10	Mélasses limoneuses sableuses gris-noir 6.00 m			
28.90 m	11	Remblais argilo sableux verts à bruns traces noires - nombreux cailloux de silex 6.80 m			
27.90 m	12	Sables mameux beiges 7.00 m			
	13	Sables fins à très fins légèrement limoneux beiges 7.50 m			
	14	Sables fins à moyens beiges 8.00 m			
	15	Sables et graviers beiges - cailloux rognons de silex 10.00 m			
24.90 m	16	Sables mameux beige-ocre cailloux de silex 10.10 m			
	17	Marnes tendres beige-jaunâtre 10.20 m			
	18	Sables et petits graviers beiges traces vasardes grises 11.00 m			
		Mélange marneux sableux beiges à ocre-rouille - traces brunes cailloux de silex 11.30 m			
		Marnes beiges / beige-rosacé - caillasses grésifiées calcaires 12.00 m			
		Marno calcaires beiges à beige-rosacé 15.00 m			

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

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>			n° affaire IP.10.0323
	Date : 26/01/2011	Cote NGF : 37.50	Profondeur : 0.00 - 15.00 m	


1/90

Sondage : SC2

EXGTE 2.20/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie		Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
37.50 m	0	R	Remblais sablo limoneux +/- graveleux noirâtres / gris très fonçés / bruns très fonçés / beige-grisâtre - Graves fines à grossières	Non observée		
36.50 m		R	1.00 m			
36.10 m	1	R	Sables fins limoneux			
35.40 m			1.40 m			
35.00 m	2		Limons sableux (sables fins à très fins) légèrement graveleux gris / beiges fonçés à passées orangées	CBRP		PW Ø 125/140
			2.10 m			
34.00 m	3		Limons sableux (sables fins) brun-beige fonçés / grisâtres			
			2.50 m			
	4		Limons silto argileux légèrement sableux gris fonçés / gris bleutés - passages graveleux entre h : 72 - 85 cm + quelques graves - Graves fines à moyennes + débris de terre cuites			
32.50 m			3.50 m			
	5		Sables fins +/- limoneux gris-beige (h + 0 - 30 cm) gris fonçés à très fonçés (h + 30 - 113 cm) graves fines à grossières			
			5.00 m			
30.50 m	6		Sables argileux gris-beige à beiges à passées marron et graviers cailloux - cailloutis			
			7.00 m			
29.50 m	7		Sables grossiers à fins légèrement graveleux beiges			
			8.00 m			
	8		Sables et graviers argileux beiges à gris-beige à passées beige-jaunâtre cailloutis - cailloux de silex			
27.80 m			9.90 m			
	9		Argiles sableuses verdâtres - cailloux de silex + traces noires			
			10.00 m			
26.50 m	10		Graves sablo argileuses beiges clairs / écrus			
			11.00 m			
25.50 m	11		Marnes beiges à à beige-rosacé			
			12.00 m			
24.80 m	12		Mamo calcaires beige-blanchâtre			
			12.90 m			
	13		Marnes beiges à brunes à filaments sableux gris-noir			
			13.00 m			
	14		Mamo calcaires beiges à beige-rosacé - rares traces brunes			
22.50 m			15.00 m			
	15					
	16					
	17					
	18					

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

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE</b> <b>(94)</b>			n° affaire IP.10.0323
	Date : 19/01/2011	Cote NGF : 36.50	Profondeur : 0.00 - 15.00 m	


1/90

Sondage : SC3

EXGTE 2.20/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
36.50 m	0	Remblais argilo sableux mameux marron-beige à jaunâtres - Traces d'enrobés cendres noires	3.50 m	CBP	PW Ø 125/140
35.95 m		0.55 m			
35.50 m	1	Remblais argilo graveleux bruns à noirâtres - traces d'enrobés - cailloux de béton			
34.80 m		1.00 m			
34.20 m	2	Remblais argilo sableux bruns + débris plastiques			
		1.70 m			
		Remblais limoneux silteux bruns fonçés			
33.20 m	3	2.30 m			
32.95 m		Remblais argilo sableux à sableux mameux bruns à beige-crème + graviers noirs			
		3.30 m			
32.15 m	4	Remblais argilo sableux verdâtres			
31.65 m		3.55 m			
31.00 m	5	Tourbes brunes à noires + petits graviers			
		4.35 m			
	6	Passées molles : sables mameux + cailloux grésifiés			
		4.85 m			
29.50 m		Blocs grès marron-beige			
29.20 m	7	5.00 m			
		Marnes collantes gris-verdâtre et sables mameux gris-beige + traces brunes tourbeuses			
28.50 m	8	5.50 m			
28.10 m		Sables et graviers beiges à jaunâtres + quelques cailloux de silex			
27.50 m	9	7.00 m			
27.10 m		Sables mameux gris-vert			
		7.30 m			
26.50 m	10	Marnes sableuses gris-vert à ocre-orangé - petits graviers calcaires beiges			
		8.00 m			
25.50 m		Sables et graviers jaunes			
	11	8.40 m			
		Sables argileux beige-verdâtre			
		9.00 m			
	12	Argiles sableuses ocre-jaune + petites graviers			
		9.40 m			
23.50 m	13	Argiles +/- sableuses ocre-jaune à ocre-orangé + traces vertes			
23.00 m		10.00 m			
22.80 m		Sables et graviers beiges petits galets et cailloutis			
	14	11.00 m			
		Sables jaunes et petits graviers			
21.80 m	15	13.00 m			
		Sables mameux jaune-beige			
		13.50 m			
	16	Bancs de graviers propres			
		13.70 m			
		Sables et graviers beige-crème petits galets + silex			
	17	14.90 m			
		Argiles ocre-jaune à verdâtres + silex			
	18	15.00 m			

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


	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE</b> <b>(94)</b>			n° affaire IP.10.0323
	Date : 13/01/2011	Cote NGF : 37.1	Profondeur : 0.00 - 15.00 m	

1/90

**Sondage : SC4****EXGTE 2.20/GTE**

Cote NGF	Profondeur (m)		Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
37.10 m	0	R R	Remblais mâchefers - enrobés noirs	3.00 m	CB Ø 114 mm	
36.30 m		R R	0.80 m			
36.10 m	1	R R	Terre végétale tourbeuse			
		R R	1.00 m			
	2	R R	Remblais graveleux sableux gris-vert - cailloux de bétons - mâchefers			
34.50 m		R R	2.60 m			
34.00 m	3	R R	Remblais sableux graveleux noirs - fortes odeurs hydrocarbures - débris bois			
33.60 m		R R	3.10 m			
33.10 m	4	R R	Remblais limoneux tourbeux noirs - odeurs hydrocarbures + bois			
		R R	3.50 m			
		R R	Remblais argilo tourbeux brun-vert			
		R R	4.00 m			
31.60 m	5	R R	Remblais très mous : mélasses argilo sableuses noires polluées + cailloux bétons			
		R R	5.50 m			
30.90 m	6	R R	Remblais vasards mous collants argilo limoneux gris-noirâtre - traces noires odeur hydrocarbure			
30.40 m		R R	6.20 m			
30.10 m	7	R R	Limons sableux gris			
		R R	6.70 m			
29.10 m	8	R R	Sables limoneux gris + graviers cailloux			
		R R	7.00 m			
		R R	Sables marneux gris-jaune à gris-beige petits galets plats			
28.10 m		R R	8.00 m			
27.70 m	9	R R	Sables et graviers beiges + petits cailloutis			
27.40 m		R R	9.00 m			
26.70 m	10	R R	Sables marneux beiges à grisâtres			
		R R	9.40 m			
26.10 m	11	R R	Sables et graviers beiges + cailloutis cailloux			
		R R	9.90 m			
25.50 m	12	R R	Sables marneux beiges			
		R R	10.00 m			
	13	R R	Silex - gros silex enrobés dans un liant sableux jaune			
		R R	10.40 m			
	14	R R	Sables marneux jaunes + petits silex			
		R R	11.00 m			
23.10 m	15	R R	Sables et graviers beige-ocre + cailloux cailloutis			
		R R	11.60 m			
22.10 m	16	R R	Sables et graviers marneux beige-jaune niveau marnes beiges entre 12.10 m et 12.30 m			
		R R	12.30 m			
	17	R R	Mélanges mous sableux beiges à marron + cailloux de silex			
		R R	14.00 m			
	18	R R	15.00 m			

















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

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>			n° affaire IP.10.0323
	Date : 09/01/2011	Cote NGF : 35.6	Profondeur : 0.00 - 15.00 m	

1/90

Sondage : SC5

EXGTE 2.20/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)		Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
35.60 m	0		Remblais argilo graveleux à graveleux sableux beige-jaune à gris-vert - traces noires - bétons	Non observée	T6	
34.50 m	1		Remblais argilo sableux à argilo graveleux vert-jaune à bruns - cailloux - cailloutis briques rouges			
33.10 m	2		Remblais argilo sableux bruns foncés à gris - traces tourbeuses brunes			
32.10 m	3		Sables marneux beiges à beige-jaune			
30.60 m	4		Sables marneux beiges à beige-jaune			
29.60 m	5		Limons sableux gris + quelques cailloutis		CB Ø 114 mm	
28.80 m	6		Limons sableux à sables limoneux gris à ocre-jaune + cailloutis et petits galets			
28.60 m	7		Sables marneux beige-crème + graviers			
28.00 m	8		Sables grossiers marneux beiges		T6	
27.60 m	9		Sables et graviers marneux beige-blanchâtre		CB Ø 114 mm	
26.60 m	10		Sables marneux gris-beige à beiges + graviers + cailloutis			
25.60 m	11		Conglomérats beige-jaune à jaunâtres + graviers et cailloux cimentés dans un liant marneux beiges à jaunes			
24.60 m	12		Sables marneux beiges à beige-crème + graviers + cailloutis		T6	
22.00 m	13		Sables grossiers + graviers + petits galets dans un liant marneux jaunes		CB Ø 114 mm	
20.60 m	14		Sables et graviers marneux gris-beige à jaunes + quelques gros silex			
20.60 m	15		Marno calcaires beige-blanchâtre à jaunâtres			
	16					
	17					
	18					

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


	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE</b> <b>(94)</b>			n° affaire IP.10.0323
	Date : 20/12/2010	Cote NGF : 34.30	Profondeur : 0.00 - 15.00 m	

1/90

**Sondage : SC6****EXGTE 2.20/GTE**

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
34.30 m	0	Limons argileux brun-vert à vasards gris-vert	Non observée	T6 Ø 116 mm	
33.60 m		0.70 m			
	1	Limons sableux coquilliers beiges à jaunâtres			
32.80 m		1.50 m			
	2	Sables beiges à beige-ocre propres + quelques cailloutis			
32.05 m		2.25 m			
	3				
	4	Sables propres marneux beiges à ocres à ocre-orangé			
29.80 m		4.50 m			
	5				
	6	Sables argileux ocre-jaune à jaunes + quelques cailloux et galets			
28.30 m		6.00 m			
27.80 m		6.50 m			
27.30 m	7	Graviers - cailloutis - galets - liants sableux ocre-jaune			
26.85 m		7.00 m			
	8	Marnes beiges à jaunâtres et passées brunes argileuses			
26.30 m		7.10 m			
25.90 m		Cailloux de silex enrobés dans un liant marneux sableux mous beige-blanchâtre			
25.70 m		7.45 m			
25.30 m	9	Marnes molles beige-crème			
		8.00 m			
24.30 m	10	Marnes +/- sableuses jaunes à gris-ocre et brunes + poches noires vasardes + quelques silex			
		8.40 m			
	11	Marnes jaunâtres à gris-vert bariolées tendres			
		8.60 m			
	12	Marnes tendres beige-crème à rosacées			
		9.00 m			
	13	Marnes tendres gris-beige à gris-vert			
21.30 m		9.00 m			
20.80 m		Marnes tendres beiges rosacées + traces grises			
20.65 m		10.00 m			
	14	Marnes sableuses grises - rares passées - argiles feuilletées verts fonçés			
		13.00 m			
	15	Marno calcaires gris / gris-beige			
19.30 m		13.50 m			
	16	Passées de marnes ocre-jaune			
		13.65 m			
	17	Marno calcaires gris à gris-beige - rares passées - argiles feuilletées verts fonçés			
		15.00 m			
	18				

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

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>			n° affaire IP.10.0323
	Date : 23/12/2010	Cote NGF : 34.70	Profondeur : 0.00 - 15.00 m	

1/90

Sondage : SC7

EXGTE 2.20/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
34.60 m	0	Terre végétale brune herbe	Non observée	T6 Ø 116 mm	
34.40 m		0.10 m			
33.90 m	1	Remblais - argiles brunes + traces noires			
33.70 m		0.30 m			
33.50 m		Remblais - limons argileux marron - cailloutis noirs			
32.70 m	2	0.80 m			
		Terre végétale brune herbe			
		1.00 m			
31.20 m	3	Argiles brunes			
		1.20 m			
	4	Limons argileux beiges			
		2.00 m			
29.70 m	5	Limons beiges à gris-beige collants			
		3.50 m			
29.10 m		Limons argileux collants à mous bruns à gris - gris-vert vasards			
	6	5.00 m			
		Limons argileux gris-vert à gris + traces blanches			
		5.60 m			
27.70 m	7	Sables fins limoneux gris-vert + quelques caillasses silicifiées			
		7.00 m			
26.70 m	8	Marno calcaires beiges - cailloux - caillasses - blocs calcaires durs dans un liant mameux jaunâtres			
		8.00 m			
	9	Marnes sableuses beige-jaune			
25.90 m		9.70 m			
24.70 m	10	Marnes beiges jaunes à noirâtres			
		9.80 m			
23.70 m		Marno calcaires blancs			
	11	10.00 m			
23.00 m		Marno calcaires beige-rosacé et marnes sableuses grises à gris-bleu - traces argiles brunes			
	12	11.00 m			
22.20 m		Marno calcaires beige-blanchâtre avec de rares poches d'argiles vertes			
21.80 m		11.70 m			
	13	Argiles marron-chocolat légèrement feuilletées			
20.80 m		12.50 m			
	14	Marno calcaires beige-blanchâtre			
		12.90 m			
19.70 m	15	Argiles marron-chocolat à brunes feuilletées			
		13.90 m			
		Marno calcaires beiges rosacés à blanchâtres + traces vertes et argiles brunes			
	16	15.00 m			
	17				
	18				

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

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>			n° affaire IP.10.0323
	Date : 20/12/2010	Cote NGF : 38.50	Profondeur : 0.00 - 6.00 m	


1/90

Sondage : SCb1

EXGTE 2.20/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
38.25 m	0	Remblais argileux bruns + copeaux de bois			
38.00 m		0.15 m			
	1	Remblais cendres noires mâchefers			
37.00 m		0.50 m			
	2	Remblais argilo sableux à limoneux sableux bruns à beiges / beige-jaune + remblais de démolition de briques rouges			
36.10 m		1.50 m			
	3	Remblais limoneux sableux bruns à noirâtres à gris-vert - Débris de briques rouges béton - cendres noires			
35.00 m		2.40 m			
	4	Remblais marneux sableux beiges à brun-noirâtre - traces de briques rouges cendres noires - cailloux caillasses calcaires			
34.00 m		3.50 m			
33.50 m	5	Alternance de sables et graviers liant marneux gris vasards à jaunes verdâtres et de sables marneux vert-jaune + cailloutis. Passée argilo sableuses gris-noir vasards			
32.50 m	6	4.50 m			
		Limons sableux beiges			
	7	5.00 m			
		Sables et graviers ocre à beiges + cailloutis de silex			
	8	6.00 m			
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				

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

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE</b> <b>(94)</b>			n° affaire IP.10.0323
	Date : 26/01/2011	Cote NGF : 37.15	Profondeur : 0.00 - 6.30 m	


1/90

Sondage : SCb2

EXGTE 2.20/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
37.05 m	0	Sables bruns - enrobés			
37.15 m		0.10 m			
36.95 m	1	Remblais sables beiges marneux + cailloutis cailloux			
		0.50 m			
35.65 m		Sables jaunes calcaires + cailloutis			
35.45 m		0.60 m			
35.15 m	2	Remblais sableux brun-noir			
34.65 m		1.50 m			
	3	Remblais sables argileux marron-brun			
33.65 m		1.70 m			
	4	Remblais cendres noires mâchefers cailloux de silex			
		2.00 m			
32.45 m		Remblais limons sableux bruns - traces grises sableuses - cailloux de silex			
31.85 m	5	2.50 m			
		Remblais sables argileux verts à noirs pollués + cailloux - caillasses			
30.85 m	6	3.50 m			
		Sables et graviers beiges cailloutis cailloux de silex			
		4.70 m			
	7	Argiles sableuses à sables argileux gris-vert à ocres - ocre-jaune à orangé quelques silex			
		5.30 m			
	8	Sables fins marneux marron ocres à beiges			
		6.30 m			
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				

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

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE</b> <b>(94)</b>		n° affaire IP.10.0323
	Date : 19/01/2011	Cote NGF : 36.80	Profondeur : 0.00 - 6.00 m


1/90

Sondage : SCb3

EXGTE 2.20/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
36.80 m	0	Remblais graveleux sableux - béton - cailloux			
36.30 m		0.50 m			
36.05 m	1	Remblais argilo sableux graveleux bruns			
		0.75 m			
35.30 m	2	Sables et graviers jaunes			
		1.50 m			
34.15 m		Remblais sableux marron + cailloux caillasses			
34.00 m		2.65 m			
33.70 m	3	Remblais limoneux noirâtres			
33.30 m		2.80 m			
	4	Limons marron			
32.30 m		3.10 m			
31.90 m		Limons sableux beiges			
	5	3.50 m			
		Argiles sableuses brun-vert à beige-jaune			
30.80 m		4.50 m			
	6	Limons sableux marron-beige traces ocre-orangé sableuses			
		4.90 m			
	7	Sables et graviers beige-ocre - quelques cailloux de silex			
		6.00 m			
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				

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

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>		n° affaire IP.10.0323
	Date : 19/01/2011	Cote NGF : 37.30	Profondeur : 0.00 - 6.00 m


1/90

Sondage : SCb4

EXGTE 2.20/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
37.20 m	0	Remblais - terre végétale brune			
36.80 m		0.10 m			
	1	Remblais sablo graveleux verts			
35.80 m		0.40 m			
	2	Remblais limoneux bruns			
34.80 m		0.50 m			
		Remblais argilo limoneux sableux bruns à beige-jaune			
33.80 m		1.50 m			
33.30 m	3	Remblais argilo limoneux sableux graveleux bruns à verts + démolition de briques rouges			
32.80 m		2.50 m			
32.60 m	4	Remblais argilo sableux bruns + briques rouges - traces blanches			
		3.50 m			
	5	Sables limoneux collants marron			
		4.00 m			
31.30 m	6	Argiles brunes tourbeuses + tourbes noires			
		4.50 m			
		Sables limoneux gris			
	7	4.70 m			
		Sables jaunes propres avec passées de sables et graviers beiges			
		6.00 m			
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				

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

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE</b> <b>(94)</b>			n° affaire IP.10.0323
	Date : 13/01/2011	Cote NGF : 37.10	Profondeur : 0.00 - 6.00 m	

1/90

Sondage : SCb5

EXGTE 2.20/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
37.10 m	0	Remblais argilo graveleux	5.00 m	CB Ø 114 mm	
36.60 m		0.50 m			
	1	Remblais sableux limoneux marron - graviers - cailloutis meulières			
35.60 m		1.50 m			
	2	Remblais argilo sableux noirâtres à bruns traces d'enrobés noirs + quelques cailloux			
34.75 m		2.35 m			
34.10 m	3	Remblais sableux beiges cailloux - caillasses			
33.90 m		3.00 m			
33.60 m		Remblais argilo graveleux bruns à beiges + caillasses			
	4	3.20 m			
32.60 m		Remblais sablo graveleux bruns à beiges	5.00 m		
32.20 m		3.50 m			
31.90 m	5	Remblais argilo sableux brun-noir à beiges - cailloux - traces tubes ferrailles			
		4.50 m			
31.10 m	6	Mélange limoneux tourbeux vasards mous collants bruns à noirs			
		4.90 m			
		Limons sableux gris			
	7	5.20 m			
		Sables beige-jaune à beiges			
		6.00 m			
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				

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

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE</b> <b>(94)</b>			n° affaire IP.10.0323
	Date : 20/01/2011	Cote NGF : 37.00	Profondeur : 0.00 - 6.00 m	


1/90

Sondage : SCb6

EXGTE 2.20/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)		Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
37.00 m	0	R R R	Remblais marno calcaires beiges	3.50 m	CB	PW Ø 125-140
36.50 m		R R R	0.50 m			
	1		E.I			
35.50 m			1.50 m			
	2	R R R	Remblais argilo mmeux graveleux bruns à beiges à poches noirâtres - débris de briques rouges			
34.50 m		R R R	2.50 m			
	3		E.I			
33.50 m			3.50 m			
32.90 m			Argiles plastiques grisâtres à noirâtres à brunes			
32.70 m	4		4.10 m			
			Tourbes noires			
32.00 m			4.30 m			
31.70 m	5		Argiles plastiques brunâtres à grisâtres et poches de tourbes noires			
31.30 m			5.00 m			
31.00 m	6		Sables marneux gris propres			
			5.30 m			
			Sables marneux jaunâtres			
	7		5.70 m			
			Sables jaunes avec petits cailloutis de silex			
	8		6.00 m			
	9					
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					

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

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>			n° affaire IP.10.0323
	Date : 20/12/2010	Cote NGF : 34.30	Profondeur : 0.00 - 6.00 m	


1/90

Sondage : SCb7

EXGTE 2.20/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
34.30 m	0	Terre végétale brune	2.00 m	CB Ø 114 mm	
33.80 m		0.40 m			
	1	Limons marron			
32.80 m		0.50 m			
	2	Limons argileux marron à limons beiges			
31.80 m		1.50 m			
	3	Remblais limoneux sableux beiges à gris-beige à jaunâtres - traces brunes végétales + cailloux de silex et meulières			
30.80 m		2.50 m			
	4	Sables et graviers jaunes + petits cailloutis - galets			
29.80 m		3.50 m			
	5	Sables grossiers propres beige-miel - petits graviers			
		4.50 m			
28.30 m	6	Sables et graviers jaunes + petits cailloutis			
		6.00 m			
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				

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

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>			n° affaire IP.10.0323
	Date : 05/01/2011	Cote NGF : 34.30	Profondeur : 0.00 - 6.00 m	


1/90

Sondage : SCb8

EXGTE 2.20/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
34.30 m	0	Terre végétale brune - limons marron	Non observée	CB Ø 114 mm	
33.80 m		0.50 m			
33.00 m	1	Limons argileux gris-beige			
32.80 m		1.30 m			
	2	Limons marneux beige-blanchâtre			
31.80 m		1.50 m			
31.50 m		Remblais, argiles plastiques à collantes gris à gris-beige			
	3	2.40 m			
30.80 m		Sables argileux jaunes + quelques cailloux			
		2.50 m			
30.30 m	4	Limons sableux beiges			
29.90 m		2.80 m			
29.30 m	5	Passées molles : sables et graviers limoneux beige-jaune			
		3.50 m			
		Sables argileux ocre-jaune + quelques cailloux			
28.30 m	6	4.00 m			
		Limons sableux jaunâtres			
		4.40 m			
	7	Limons sableux à sables limoneux gris-jaunâtre à gris			
		5.00 m			
	8	Sables limoneux gris à jaunâtres + cailloux caillasses			
		6.00 m			
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				

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

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>			n° affaire IP.10.0323
	Date : 04/01/2011	Cote NGF : 34.20	Profondeur : 0.00 - 6.00 m	


1/90

Sondage : SCb9

EXGTE 2.20/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
34.95 m	0	Terre végétale brune	1.80 m	CB Ø 114 mm	
33.70 m	0.25 m				
	1	Limons argileux marron			
32.70 m	0.50 m				
	2	Limons très silteux beiges clairs + tâches noirâtres (? en décomposition)			
	1.50 m				
31.20 m	3	Limons sableux à sables limoneux gris - gris-beige à ocre-jaune - ocre-rouille			
	3.00 m				
30.20 m	4	Sables marneux beige-ocre à gris-beige et sables et graviers marneux beiges			
	4.00 m				
29.50 m	4.70 m	Sables propres marron foncé			
28.90 m	5	Marnes tendres jaunes et poches argiles brunes avec cailloutis meulières			
28.40 m	5.30 m				
28.20 m	6	Sables propres ocre-roux			
	5.80 m				
	7	Marnes sableuses beiges et sables ocre-roux			
	6.00 m				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				

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

	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>			n° affaire IP.10.0323
	Date : 20/01/2011	Cote NGF : 35.70	Profondeur : 0.00 - 6.00 m	


1/90

**Sondage : SCb10**

**EXGTE 2.20/GTE**

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage
35.60 m	0	Terre végétale - silt bruns			
35.70 m		0.10 m			
35.20 m	1	Remblais limoneux sableux bruns + petits cailloutis			
		0.50 m			
34.20 m		Remblais argilo sableux brun-noir à bruns + remblais de démolitions de briques rouges et tuiles et cendres noires mâchefers			
	2	1.50 m			
33.20 m		Limons argileux marron-beige			
	3	2.50 m			
32.20 m		Limons propres gris-beige			
	4	3.50 m			
31.20 m		Limons collants gris-beige + débris coquilliers			
		4.50 m			
30.80 m	5	Limons tourbeux bruns			
		4.90 m			
29.70 m	6	Limons argileux plastiques collants gris-clair			
		6.00 m			
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				

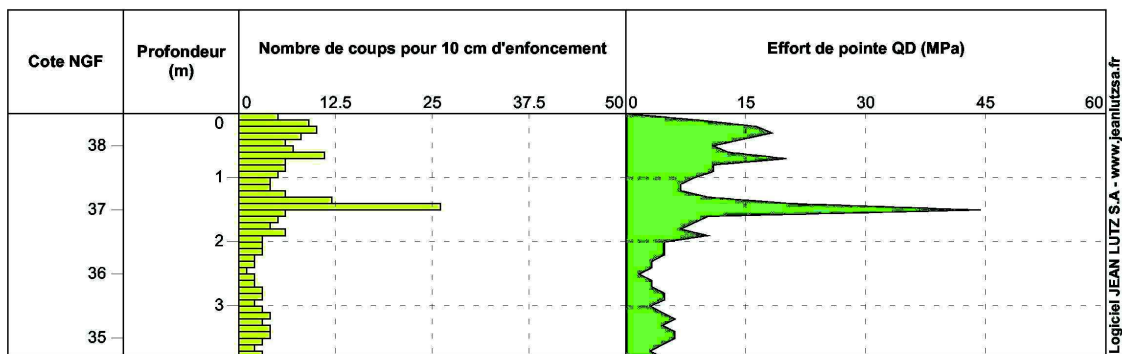
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr


	(Contrat IP.10.0323)		
	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>		
	Date : 02/02/2011	Cote NGF : 38.50	Profondeur : 0.00 - 3.80 m
		Machine :	
		Angle :	

1/90

Forage : PN1

EXGTE 2.20/GTE

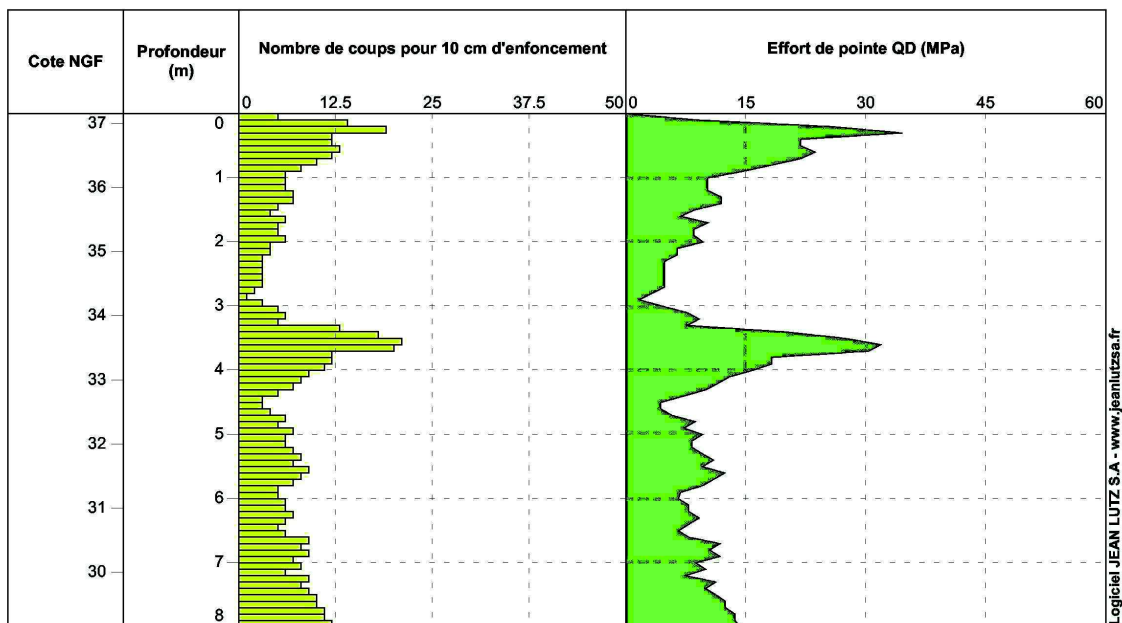



	(Contrat IP.10.0323)		
	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>		
	Date : 02/02/2011	Cote NGF : 37.15	Profondeur : 0.00 - 8.00 m
	Machine :		
	Angle :		

1/90

Forage : PN2

EXGTE 2.20/GTE

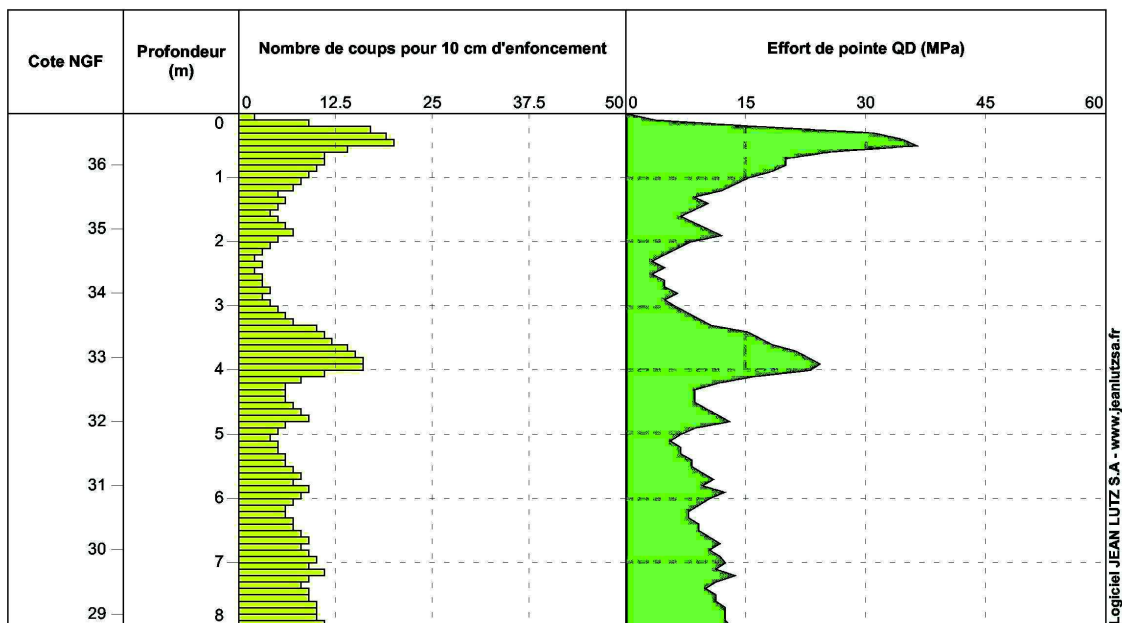



	(Contrat IP.10.0323)		
	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>		
	Date : 02/02/2011	Cote NGF : 36.80	Profondeur : 0.00 - 8.00 m
		Machine :	
		Angle :	

1/90

Forage : PN3

EXGTE 2.20/GTE

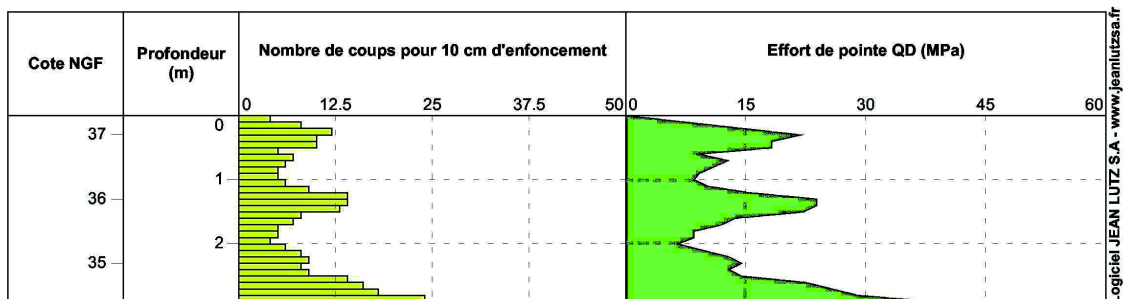



	(Contrat IP.10.0323) <b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE</b> <b>(94)</b>		
	Date : 02/02/2011	Cote NGF : 37.30	Profondeur : 0.00 - 3.00 m
		Machine :	
		Angle :	

1/90

Forage : PN4

EXGTE 2.20/GTE

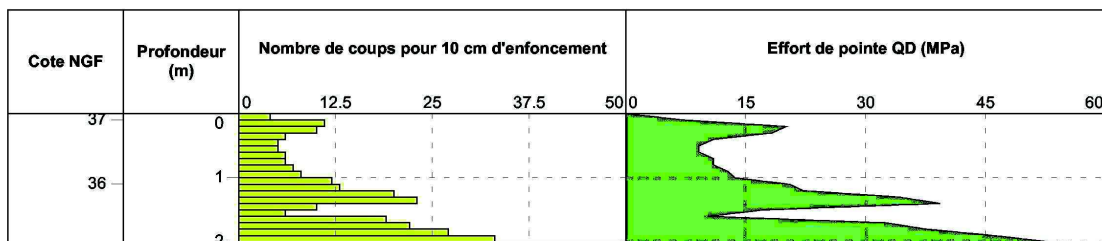



	(Contrat IP.10.0323) <b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE</b> <b>(94)</b>		
	Date : 02/02/2011	Cote NGF : 37.10	Profondeur : 0.00 - 2.10 m
		Machine :	
		Angle :	

1/90

Forage : PN5

EXGTE 2.20/GTE

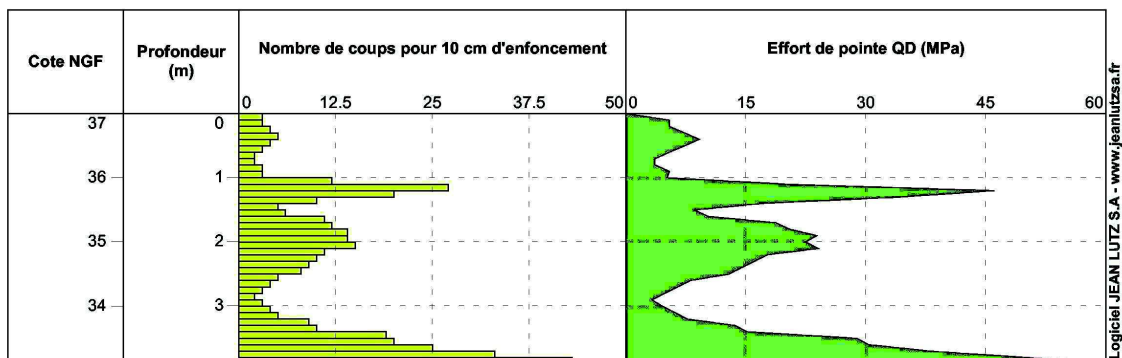



	(Contrat IP.10.0323) <b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE</b> <b>(94)</b>		
	Date : 02/02/2011	Cote NGF : 37.00	Profondeur : 0.00 - 3.90 m
		Machine :	
		Angle :	

1/90

Forage : PN6

EXGTE 2.20/GTE

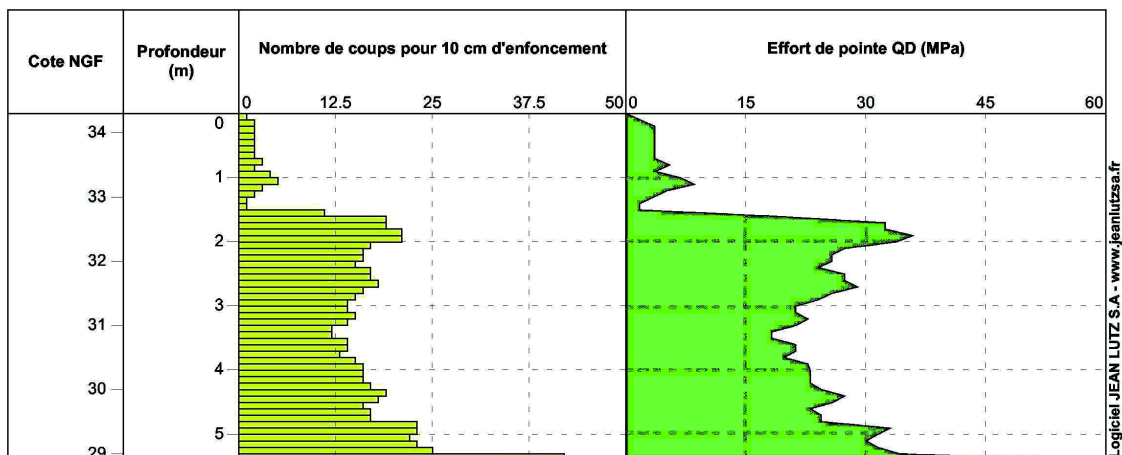



	(Contrat IP.10.0323)		
	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>		
	Date : 02/02/2011	Cote NGF : 34.30	Profondeur : 0.00 - 5.40 m
		Machine :	
		Angle :	

1/90

Forage : PN7

EXGTE 2.20/GTE

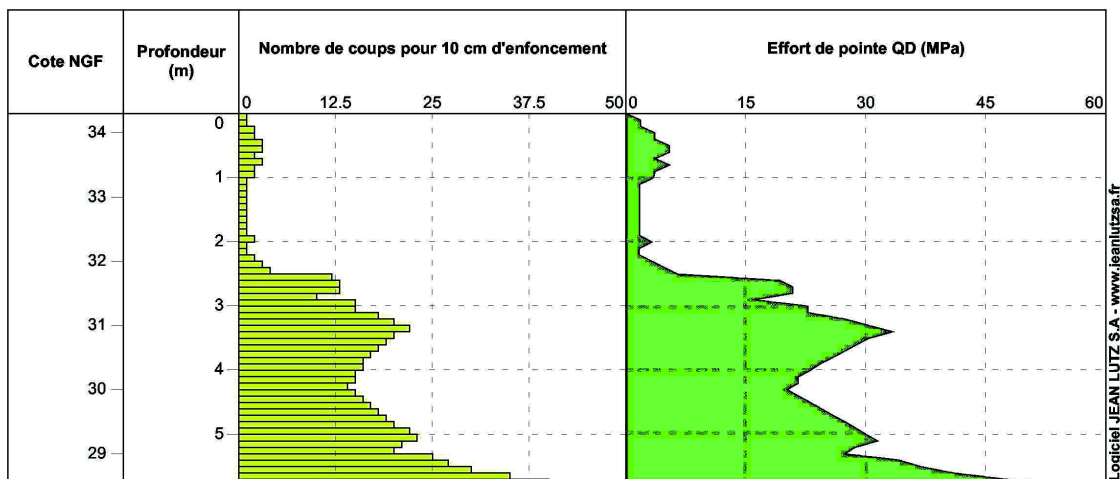



	(Contrat IP.10.0323)		
	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>		
	Date : 02/02/2011	Cote NGF : 34.30	Profondeur : 0.00 - 5.80 m
		Machine :	
		Angle :	

1/90

Forage : PN8

EXGTE 2.20/GTE

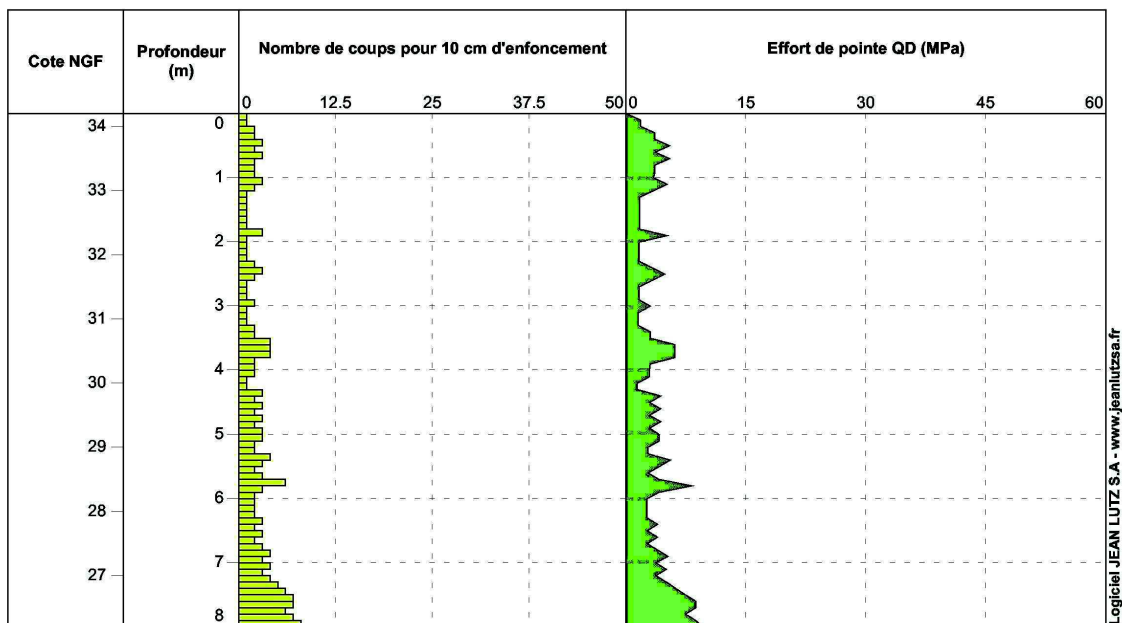



	(Contrat IP.10.0323)		
	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>		
	Date : 02/02/2011	Cote NGF : 34.20	Profondeur : 0.00 - 8.00 m
		Machine :	
		Angle :	

1/90

Forage : PN9

EXGTE 2.20/GTE

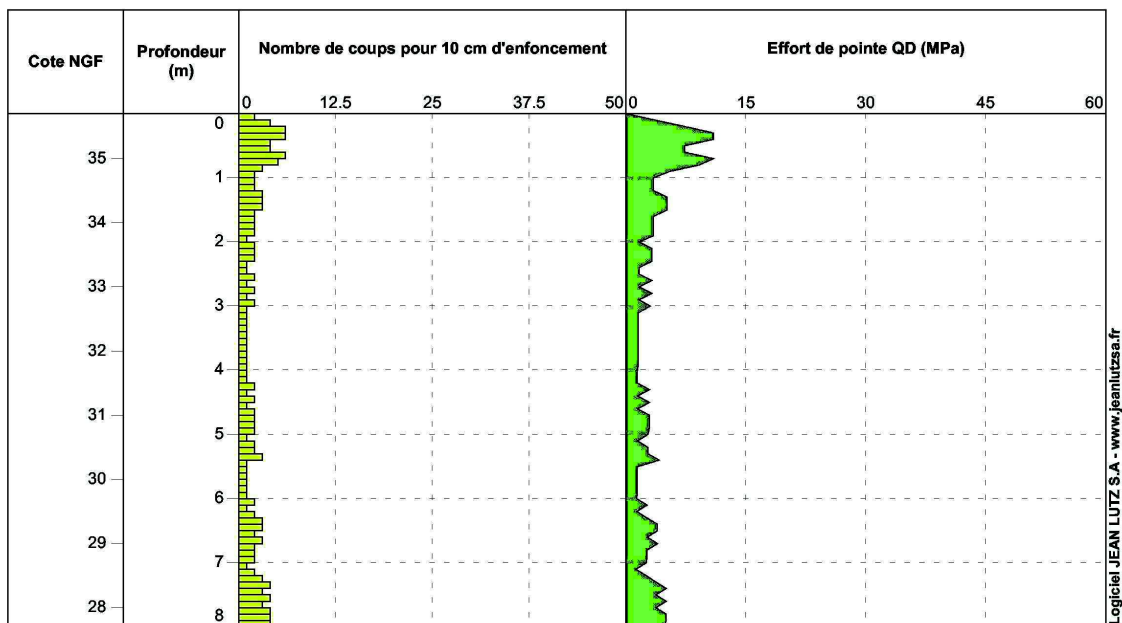


	(Contrat IP.10.0323)		
	<b>Prolongement de la RN406 - SUCY EN BRIE (94)</b>		
	Date : 02/02/2011	Cote NGF : 35.70	Profondeur : 0.00 - 8.00 m
		Machine :	
		Angle :	

1/90

Forage : PN10

EXGTE 2.20/GTE



## COMPTE RENDU DE POSE D'UN PIEZOMETRE

Chantier : SUCY EN BRIE

Référence : IP.10.0323

Date : 01/02/2011

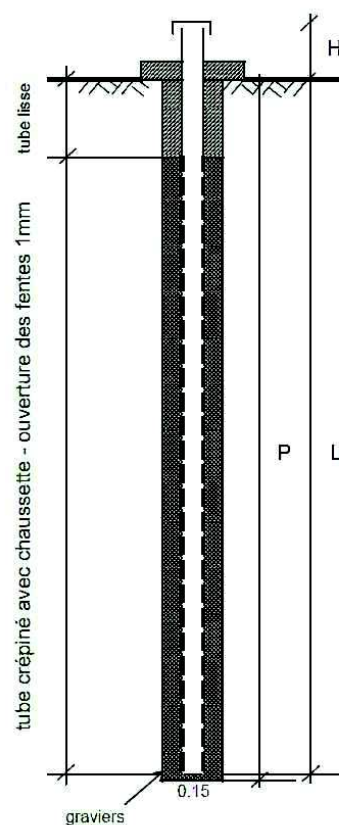
FORAGE : SC1

Profondeur du forage : 15 m  
 Diamètre du forage : ? mm  
 Longueur du piézomètre : 15 m  
 Diamètre du piézomètre : 52/60 mm

Hauteur hors sol : 0 m  
 Crépiné de 0 à 3 m

Bouchon de ciment de 0 à 0.20 m  
 Bouchon d'argile de 0.20 à 11 m  
 Graviillon de 1 à 15 m  
 Chaussette de m

Rencontre de l'eau en cours de forage à :  
 Rencontre de l'eau avant équipement à :  
 Rencontre de l'eau après équipement à :



SCHEMA DE PRINCIPE

## COMPTE RENDU DE POSE D'UN PIEZOMETRE

Chantier : SUCY EN BRIE

Référence : IP.10.0323

Date : 28/01/2011

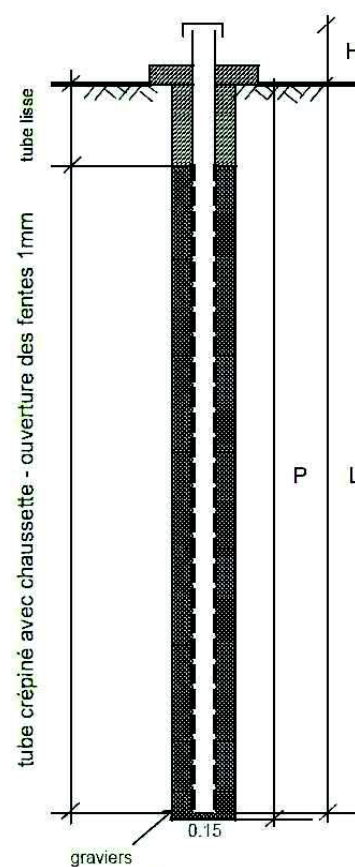
FORAGE : SC2

Profondeur du forage : 15 m  
Diamètre du forage : ? mm  
Longueur du piézomètre : 15 m  
Diamètre du piézomètre : 52 mm

Hauteur hors sol : 0.4 m  
Crépiné de 3 à 15 m

Bouchon de ciment de 0 à 0.15 m  
Bouchon d'argile de 0.15 à 1 m  
Gravillon de 1 à 15 m  
Chaussette de m

Rencontre de l'eau en cours de forage à : 4 m  
Rencontre de l'eau avant équipement à :  
Rencontre de l'eau après équipement à :



SCHEMA DE PRINCIPE

## COMPTE RENDU DE POSE D'UN PIEZOMETRE

Chantier : SUCY EN BRIE

Référence : IP.10.0323

Date : 14/01/2011

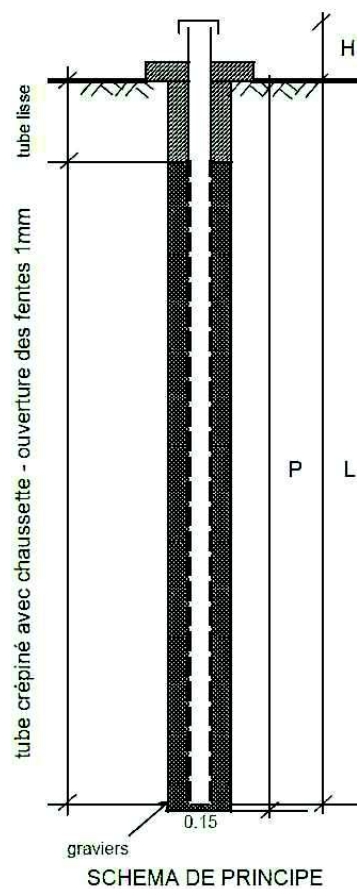
FORAGE : SC4

Profondeur du forage : 15 m  
 Diamètre du forage : ? mm  
 Longueur du piézomètre : 15 m  
 Diamètre du piézomètre : 52/60 mm

Hauteur hors sol : 0.6 m  
 Crépiné de 0 à 15 m

Bouchon de ciment de 0 à 10 m  
 Bouchon d'argile de 10 à ? m  
 Gravillon de 10 à 15 m  
 Chaussette de m

Rencontre de l'eau en cours de forage à :  
 Rencontre de l'eau avant équipement à :  
 Rencontre de l'eau après équipement à :



## COMPTE RENDU DE POSE D'UN PIEZOMETRE

Chantier : SUCY EN BRIE

Référence : IP.10.0323

Date : 12/01/2011

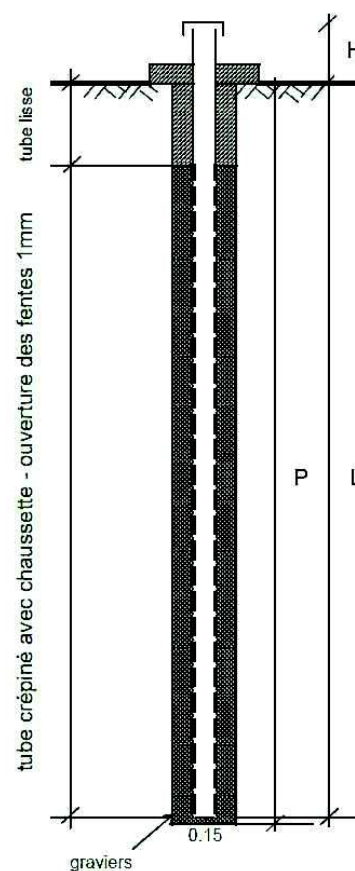
FORAGE : SC5

Profondeur du forage : ? m  
 Diamètre du forage : ? mm  
 Longueur du piézomètre : 15 m  
 Diamètre du piézomètre : 52/60 mm

Hauteur hors sol : 0 m  
 Crépiné de 3 à 15 m

Bouchon de ciment de 0 à 0.10 m  
 Bouchon d'argile de 0.1 à 1 m  
 Graviillon de 1 à 15 m  
 Chaussette de m

Rencontre de l'eau en cours de forage à :  
 Rencontre de l'eau avant équipement à :  
 Rencontre de l'eau après équipement à :



SCHEMA DE PRINCIPE

## COMPTE RENDU DE POSE D'UN PIEZOMETRE

Chantier : SUCY EN BRIE

Référence : IP.10.0323

Date :

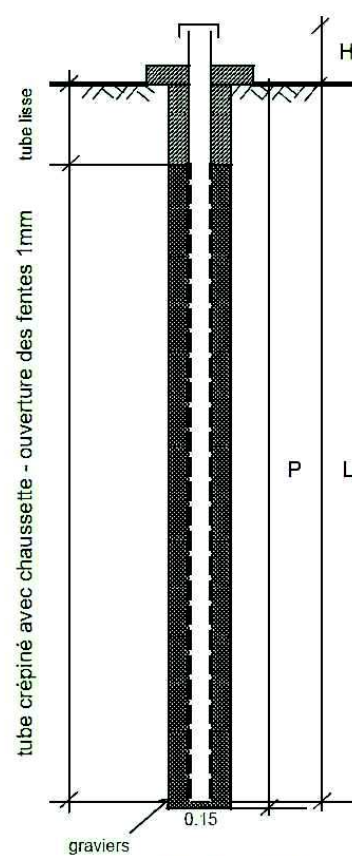
FORAGE : SC6

Profondeur du forage : 16 m  
 Diamètre du forage : ? mm  
 Longueur du piézomètre : 16 m  
 Diamètre du piézomètre : 52/60 mm

Hauteur hors sol : 0.6 m  
 Crépiné de 4 à 16 m

Bouchon de ciment de 0 à 0.20 m  
 Bouchon d'argile de 0.20 à 0.40 m  
 Graviillon de 4 à 16 m  
 Chaussette de m

Rencontre de l'eau en cours de forage à : 1.80 m  
 Rencontre de l'eau avant équipement à :  
 Rencontre de l'eau après équipement à : 1.00 m



SCHEMA DE PRINCIPE

## COMPTE RENDU DE POSE D'UN PIEZOMETRE

Chantier : SUCY EN BRIE

Référence : IP.10.0323

Date :

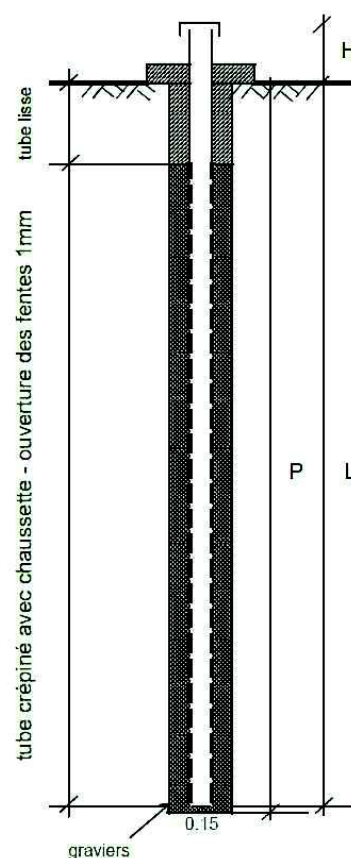
FORAGE : SC7

Profondeur du forage : 15 m  
 Diamètre du forage : ? mm  
 Longueur du piézomètre : 15 m  
 Diamètre du piézomètre : 52/60 mm

Hauteur hors sol : 0.6 m  
 Crépiné de 4 à 15 m

Bouchon de ciment de 0 à 0.20 m  
 Bouchon d'argile de 0.20 à 0.80 m  
 Gravillon de 0.80 à 15 m  
 Chaussette de m

Rencontre de l'eau en cours de forage à : 1.80 m  
 Rencontre de l'eau avant équipement à :  
 Rencontre de l'eau après équipement à : 0.90 m



SCHEMA DE PRINCIPE

## COMPTE RENDU DE POSE D'UN PIEZOMETRE

Chantier : SUCY EN BRIE (94)

Référence : IP.10.0323

Date : 19/01/2011

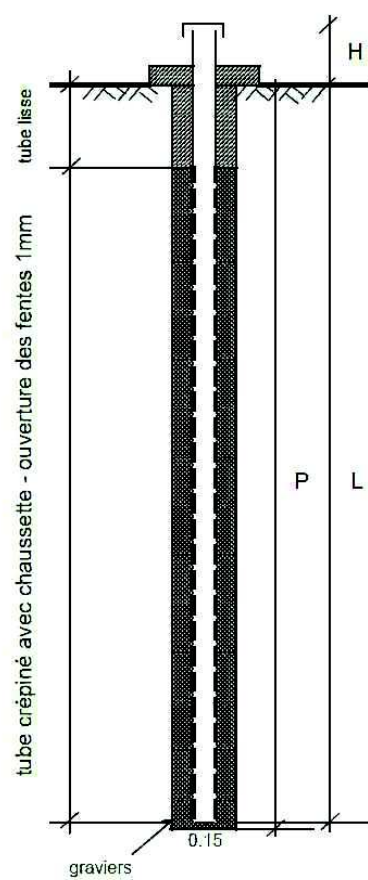
FORAGE : SC3-P23

Profondeur du forage : 15 m  
 Diamètre du forage : ? mm  
 Longueur du piézomètre : 15.5 m  
 Diamètre du piézomètre : 52 mm

Hauteur hors sol : 0.5 m  
 Crépiné de 8 à 15 m

Bouchon de ciment de 0 à 0.1 m  
 Bouchon d'argile de 0.10 à 1 m  
 Gravillon de 1 à 1.80 m  
 Chaussette de 3 à 15 m

Rencontre de l'eau en cours de forage à :  
 Rencontre de l'eau avant équipement à :  
 Rencontre de l'eau après équipement à : 3.40 m



SCHEMA DE PRINCIPE

## Annexe 4 : Essais en laboratoire



## Essais en laboratoire



Management QSHE


FTQ.243



RECAPITULATIF D'ESSAIS DE LABORATOIRE																		Echantillons intacts				
Nom de l'affaire : BONNEUIL SUCLY EN BRIE			Affaire N°: IP.100323 <small>Indice mineur:</small>		Ingénieur d'études , visa: LUCILE DUMORA					RESPONSABLE DU LABORATOIRE S.SEGURA										Page 1		
Forage	Profondeur	Nature	cote essais  Haut + m	Wn %	$\rho$ T/m³	WL %	Ip %	WRr %	VBs	Date 17-mars-11										Oedomètre cv ou cr		K
										Nom S.SEGURA												
										passant à		CIS CD		Triaxial CU+u		Triaxial CD		Triaxial UU		94-090-1		
										80 µm	2 µm	Ø'	C'	Ø'	C'	Ø'	C'	Ø <sub>uu</sub>	C <sub>uu</sub>			
Remarques : *Wn = teneur en eau sur 0/20 (NFP 11-300)    *Ic ne peut être calculé uniquement si le matériau < 400 µm (NFP 94-051)										94-056		94-057		94-071-1		94-074		94-074		94-074		
Nombre d'essais				13	2	11	2				13	3	3						6	6		
SC1	1.50-2.15	argile	0.56-0.90	20.8		40	21			70.6									0.0767	0.008		
	2.15-3.50	argile	0.44-0.60	22.5		52	27			81.9									0.168	0.0536		
	3.50-4.25	limon argilo graveleux	0.00-0.24	18.5		40	20			22.7												
	4.25-5.00	sable peu limoneux	0.20-0.42	12.8	2.23				1.01	26.8		35	10									
SC2	7.00-8.00	sable fin limoneux	0.10-0.30	13.3		20	3			40.6		37	6									
	1.00-2.10	argile graveleuse	0.30-0.80	21.9	1.94	43	20			30.3		34	7									
	2.10-3.50	argile graveleuse	0.58-0.83 0.87-0.90	28.5		59	34			49.7								0.29	0.0413			
	7.00-8.00	sable graveleux	0.00-0.53	12.6				0.11	6.5													
SC3	10.00-11.00	argile graveleuse	0.20-0.62	51.9		158	75			10.0												
	1.70-2.30	limon silteux	0.00-0.62	14.8		33	14			40.3												
SC5	2.50-3.50	argile limoneuse	0.34-0.60	24.0		30	10			61.4								0.2517	0.0154			
SC7	2.00-3.50	argile	0.39-0.51	43.6		56	24			91.0								0.2852	0.0283			
SCb9	0.50-1.50	argile silteuse	0.40-0.58	31.3		58	25			91.9								0.3031	0.0137			
N.B. : ☆ quantité de matériau NON NORMALISEE      ★ Cet essai ne représente que l'échantillon																						




Management QSHE

FTQ.244

RECAPITULATIF D'ESSAIS DE LABORATOIRE																	Echantillons remaniés							
Nom de l'affaire : <b>SUCLY EN BRIE</b>					Affaire N°: <b>IP.100323</b>			Ingénieur d'études , visa : <b>L.DUMORA</b>				RESPONSABLE DU LABORATOIRE					Page							
					Indice minéro:							Date <b>15-mars-11</b>		Nom <b>S.BEYELER</b>		Visa 		1						
FORAGE	PROFONDEUR m	NATURE	Wn %	WL %	Ip %	Wr %	$\rho$ Mg / m³	$\rho_s$ T / m³	VBs	% passant à 50 mm ø / D	% passant à 2 mm ø / D	% passant à 80 µm ø / D	% passant à 2 mm ø / 50	% passant à 80 µm ø / 50	% passant à 2 µm ø / D	sans correction		I.P.I. à Wnat	matériaux organiques	GTR				
																Wopn %	Ødopn Mg / m³							
Normes AFNOR			94-050		94-051		94-053		94-054		94-068		94-056		94-057		94-093		94-078		94-047			
Remarques : *Wn = teneur en eau sur 0/20 (NFP 11-300) *Ic ne peut être calculé uniquement si le matériau < 400 µm (NFP 94-051)																								
essais			29		19		19						10		29		29		29		29			
SCB1	0.50-1.50 0.00-0.47	remblais argilo sableux	9.5						0.67	97.7	59.0	16.1	60.4	16.5									C1B5	
SCB1	3.50-4.50 0.00-0.66	alternance de sables et graviers	12.8	23	8					96.9	47.4	15.9	48.9	16.4									C1B5	
SCB2	0.50-1.50 0.14-0.60	remblais sableux brun noir	11.3						1.66	100.0	84.5	28.3	84.5	28.3									B6	
SCB2	2.50-3.50 0.00-0.46	limon sableux	16.0	26	12					100.0	84.6	30.3	84.6	30.3									B5	
SCB3	0.50-1.50 0.00-0.50	remblais sableux graveleux	11.7	23	6					100.0	63.5	21.3	63.5	21.3									B5	
SCB3	3.50-4.50 0.55-0.65	argile sableuse	22.3	28	11					100.0	98.8	57.1	98.8	57.1									A1	
SCB4	0.50-1.50 0.44-0.96	remblais argilo limoneux sableux	11.2						1.23	95.2	60.4	19.4	63.4	20.4									C1B5	
SCB4	2.50-3.50 0.35-0.54	remblais argilo sableux brun	36.0	46	11					100.0	97.0	66.1	97.0	66.1									A1	
N.B. :                   ★ quantité de matériau NON NORMALISEE																	★ Cet essai ne représente que l'échantillon							

RECAPITULATIF D'ESSAIS DE LABORATOIRE																	Echantillons remaniés			
Nom de l' affaire :  SUCLY EN BRIE					Affaire N°: IP.100323 <small>Indice mémo:</small>		Ingénieur d'études, visa :  L.DUMORA					RESPONSABLE DU LABORATOIRE					Page 			
												Date 15-mars-11		Nom S.BEYELER	Visa 					
FORAGE	PROFONDEUR m	NATURE	Wn	WL	(indice) Ip	Wr %	ρ Mg / m³	ρ <sub>s</sub> T / m³	VBs	% passant à 50 mm ø / D	% passant à 2 mm ø / D	% passant à 80 µm ø / D	% passant à 2 mm ø / 50	% passant à 80 µm ø / 50	% passant à 2 µm ø / D	sans correction		I.P.I.	matière organique	GTR
			%	%	%											%	Mg / m³	à Wnat	%	
			Normes AFNOR			94-050	94-051		94-053	94-054	94-068	94-056					94-057	94-093		
Remarques : *Wn = teneur en eau sur 0/20 (NFP 11-300) * Ic ne peut être calculé uniquement si le matériau < 400 µm (NFP 94-051)																				
essais																				
SCB5	0.50-1.50 0.31-0.58	remblais sableux limoneux	10.2						0.72	100.0	68.9	22.1	68.9	22.1						B5
SCB5	3.50-4.50 0.00-0.48	remblais argilo sableux	23.5	31	10					100.0	76.9	45.3	76.9	45.3						A1
SCB6	0.00-1.00 0.30-0.93	remblais argilo marneux calcaire	20.5	37	15					95.0	59.7	32.6	62.8	34.3						C1B6
SCB7	0.50-1.50 0.06-0.19	limon argileux	23.4	51	28					100.0	99.6	73.8	99.6	73.8						A3
SCB7	3.50-4.50 0.15-0.70	sableux grossiers	10.7						0.18	100.0	67.3	9.6	67.3	9.6						B3
SCB8	0.50-1.50 0.00-0.11	limon argileux gris-brun	34.1	52	20					100.0	99.6	88.4	99.6	88.4						A2
SCB8	2.50-3.50 0.00-0.70	limon sableux graveleux	17.5						1.92	97.7	78.6	30.5	80.5	31.2						C1B6
SCB9	3.50-4.50 0.00-0.56	sable graveleux	12.5						0.41	100.0	56.1	24.7	56.1	24.7						B5
N.B. : ★ quantité de matériau NON NORMALISEE ★ Cet essai ne représente que l'échantillon																				

RECAPITULATIF D'ESSAIS DE LABORATOIRE																	Echantillons remaniés					
Nom de l' affaire :  SUCLY EN BRIE					Affaire N°: IP.100323 <small>Indice interne:</small>			Ingénieur d'études, visa :  L.DUMORA					RESPONSABLE DU LABORATOIRE						Page			
													Date 15-mars-11		Nom S.BEYELER		Visa 					
FORAGE	PROFONDEUR m	NATURE	Wn %	WL %	(indice) Ip %	Wr %	ρ Mg / m³	ρs T / m³	VBs	% passant à 50 mm ø / D	% passant à 2 mm ø / D	% passant à 80 µm ø / D	% passant à 2 mm ø / 50	% passant à 80 µm ø / 50	% passant à 2 µm ø / D	sans correction		Wopn %	ρdopn Mg / m³	I.P.I. à Wnat	matière organique %	GTR
Normes AFNOR			94-050	94-051			94-053	94-054	94-068	94-056					94-057	94-093		94-078	94-047			
Remarques : *Wn = teneur en eau sur 0/20 (NFP 11-300) * Ic ne peut être calculé uniquement si le matériau < 400 µm (NFP 94-051)																						
essais			29	19	19				10	29	29	29	29									
SCB10	0.50-1.50 0.00-0.32	remblais argileux sableux	20.5	35	16					100.0	65.4	27.4	65.4	27.4								B6
SCB10	2.50-3.50 0.46-0.55	limon collants gris beige	42.7	65	31					100.0	99.8	93.7	99.8	93.7								A3
SC3	0.00-1.00 0.05-0.24	remblais argilo sableux	12.3	23	7					100.0	81.8	42.9	81.8	42.9								A1
SC3	7.00-8.00 0.00-0.17	limon silteux	20.0	27	8					100.0	99.5	85.4	99.5	85.4								A1
SC4	2.50-4.00	sable grossiers légèrement limoneux	15.8						0.55	100.0	59.8	14.9	59.8	14.9								B5
SC4	7.00-8.00 0.00-0.55	sable limoneux gris + graviers cailloutis	14.3						0.90	100.0	97.1	28.5	97.1	28.5								B5
SC5	0.70-1.10	remblais argilo graveleux vert jaune	21.5	35	13					68.4	40.1	19.0	58.6	27.8								C2B6
SC5	1.10-2.50 0.21-0.42	remblais argilo sableux	26.4	70	35					100.0	97.5	73.9	97.5	73.9								A3
N.B. : ★ quantité de matériau NON NORMALISEE ★ Cet essai ne représente que l'échantillon																						

RECAPITULATIF D'ESSAIS DE LABORATOIRE																		4	4	
Echantillons remaniés																				
Nom de l'affaire : SUCLY EN BRIE						Affaire N° : IP.100323		Ingénieur d'études, visa : L.DUMORA						RESPONSABLE DU LABORATOIRE				Page		
						Indice mémo								Date	Nom	Visa				
														15-mars-11	S.BEYELER					
FORAGE	PROFONDEUR m	NATURE	Wn %	WL %	Ip %	Wr %	$\rho$ Mg / m³	$\rho_s$ T / m³	VBS	% passant à 50 mm ø / D	% passant à 2 mm ø / D	% passant à 80 µm ø / D	% passant à 2 mm ø / 50	% passant à 80 µm ø / 50	% passant à 2 µm ø / D	sans correction Wopn %	ρdopn Mg / m³	I.P.I. à Wnat	module élastique %	GTR
Normes AFNOR			94-050	94-051			94-053	94-054	94-058	94-056					94-057	94-093		94-078	94-047	
Remarques : *Wn = teneur en eau sur 0/20 (NFP 11-300) * Ic ne peut être calculé uniquement si le matériau < 400 µm (NFP 94-051)																				
essais			29	19	19				10	29	29	29	29							
SC6	0.00-1.50 0.46-0.61	limon sableux coquilliers beiges à jaunâtre	23.5	39	18					100.0	97.9	62.3	97.9	62.3						A2
SC6	1.50-2.25 0.04-0.62	sable limoneux	16.8	22	6					100.0	89.7	42.6	89.7	42.6						A1
SC6	3.00-4.50 0.50-0.66	sable	17.7						1.03	100.0	99.3	36.1	99.3	36.1						A1
SC7	0.00-1.00 0.36-0.50	remblais limon argileux marron	27.6	44	16					100.0	99.6	88.2	99.6	88.2						A2
SC7	7.00-8.00 0.00-0.55	marno calcaires beige cailloux	20.1	39	15					55.0	18.5	9.1	33.6	16.5						C2B6
N.B. :		★ quantité de matériau NON NORMALISEE										★ Cet essai ne représente que l'échantillon								



Direction  
territoriale  
Ile-de-France

# ESSAI OEDOMETRE

effectué conformément à la norme NF P 94- 090-1

Dossier n° :

Site : BONNEUIL SUR MARNE

Sondage n° : SC 101

Profondeur : 4,51 m

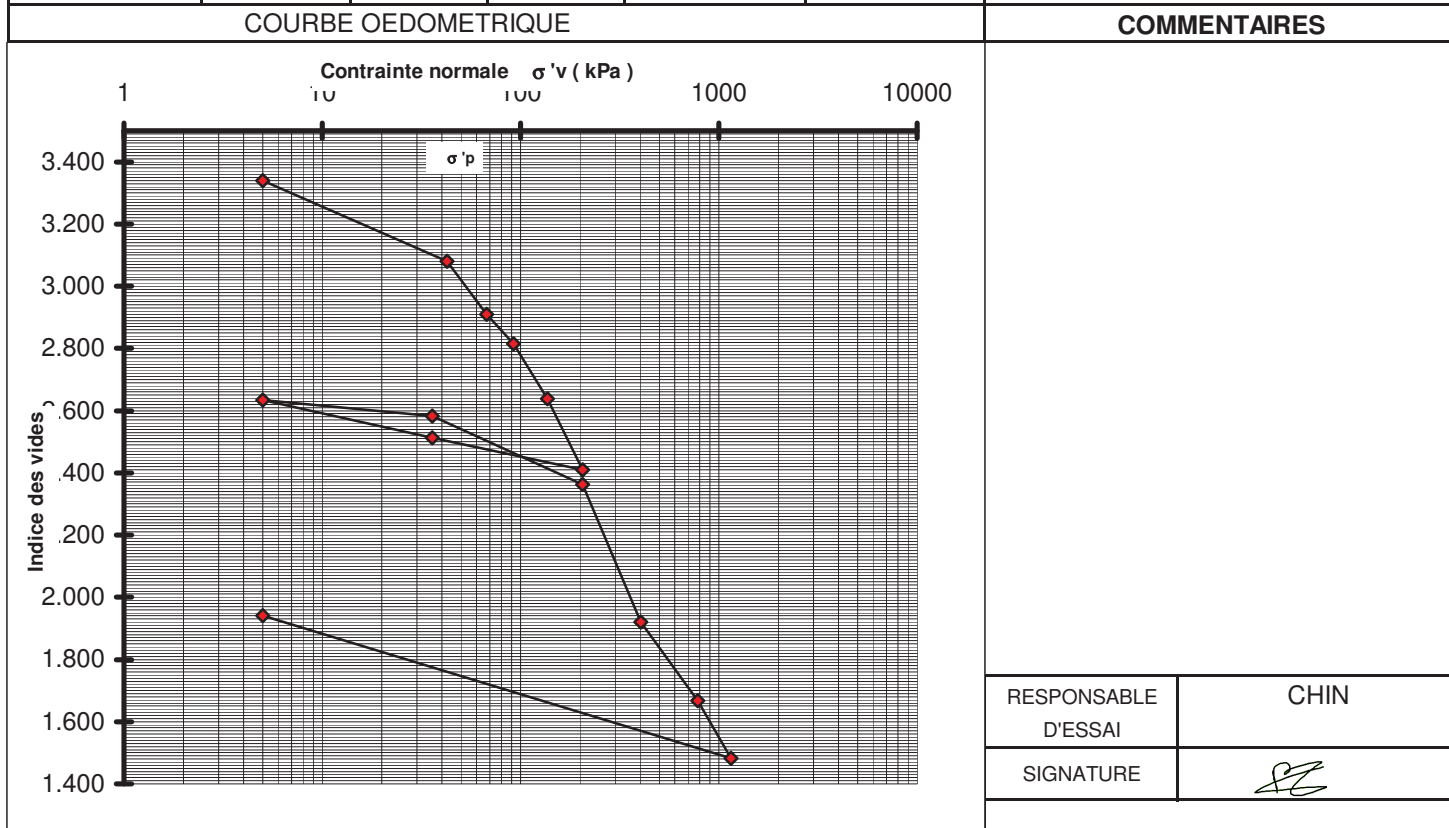
Nature : ALLUVIONS TOURBEUSES

Date : 02/10/2017

Section : UGIOSS

CARACTERISTIQUES DE L'EPROUVETTE		AVANT ESSAI	APRES ESSAI	OBSERVATIONS
Diamètre	en mm	70.000	70.000	
Hauteur	en mm	24.000	16.258	
Masse volumique humide	en kN/m3	12.10	14.10	
Masse volumique sèche	en kN/m3	4.90	7.30	
Masse volumique des grains	en kN/m3	21.33		
Teneur en eau	en %	144.00	92.60	
Degré de saturation	en %			
Hauteur des pleins	en mm	5.53		

DEROULEMENT DE L'ESSAI						RESULTATS	
Date-Heure	N° PALIER	$\sigma_v$ kPa	$\Delta \sigma_v / \sigma_v$	$\Delta H$ en mm	e	Coef, de consolidation (racine de temps)	
14/03/2017	1	5		0.009	3.339	$\sigma_v$ en kPa	Cv en m2/s
10 h 45	2	42.5		1.445	3.080		
	3	67.5		2.385	2.910		
	4	92		2.907	2.815		
	5	137		3.883	2.639		
	6	205		5.153	2.409		
	7	36		4.578	2.513		
	8	5		3.903	2.635		
	9	36		4.197	2.582	Caractéristiques de compressibilité	
	10	205		5.411	2.362		
	11	405		7.852	1.921	e i	3.339
	12	780		9.248	1.668	e o	2.815
	13	1155		10.281	1.481	$\sigma'_{vo}$	90 kPa
Fin	14	5		7.742	1.941	$\sigma'_p$	50 kPa
09/05/2017						C c	0.967
						C s	0.155





Direction  
territoriale  
Ile-de-France

## ESSAI OEDOMETRE

effectué conformément à la norme NF P 94- 090-1

Dossier n° :

Site : BONNEUIL SUR MARNE

Sondage n° : SC 101

Profondeur : 4,05 m

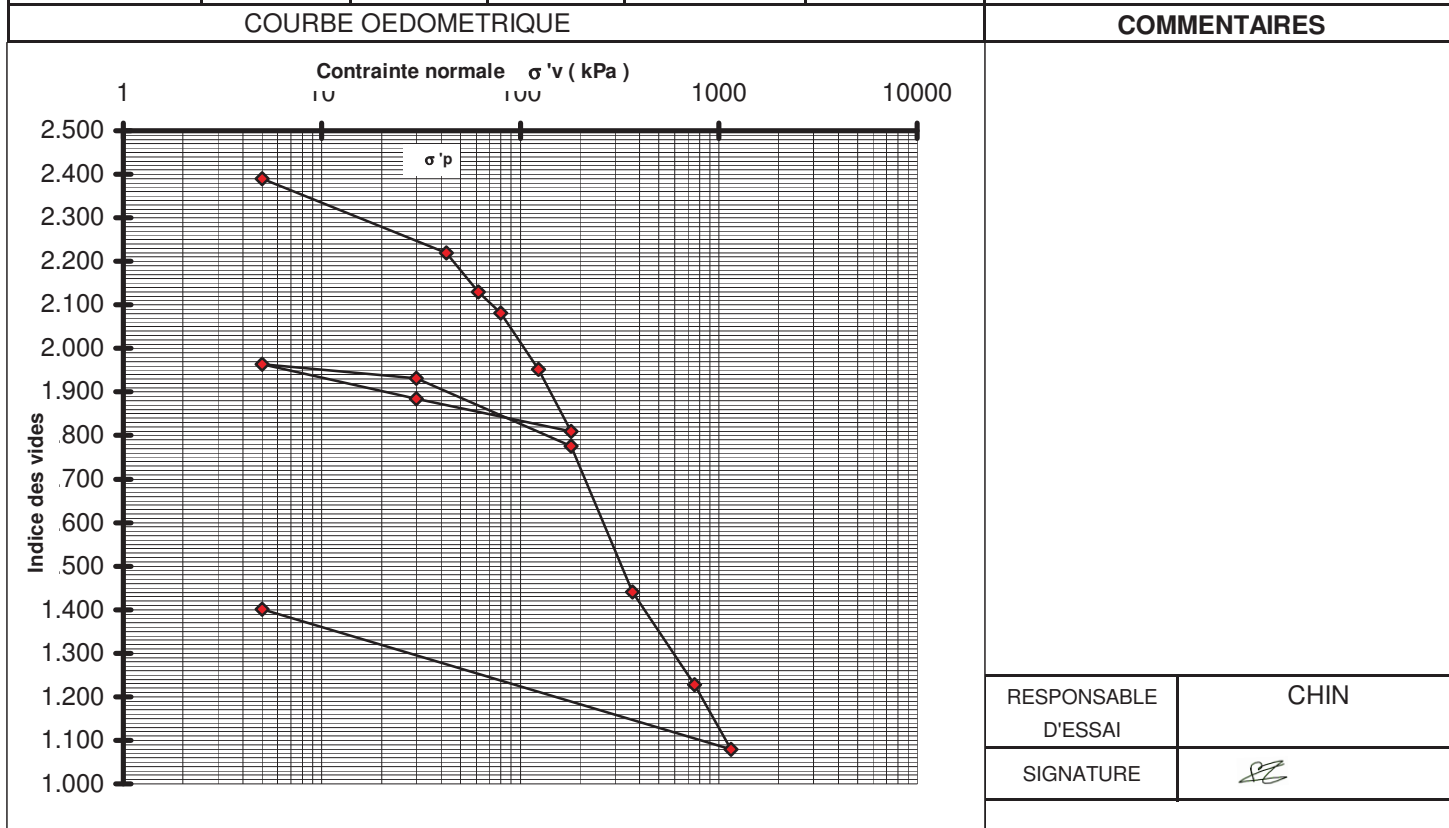
Nature : ALLUVIONS TOURBEUSES

Date : 23/08/2017

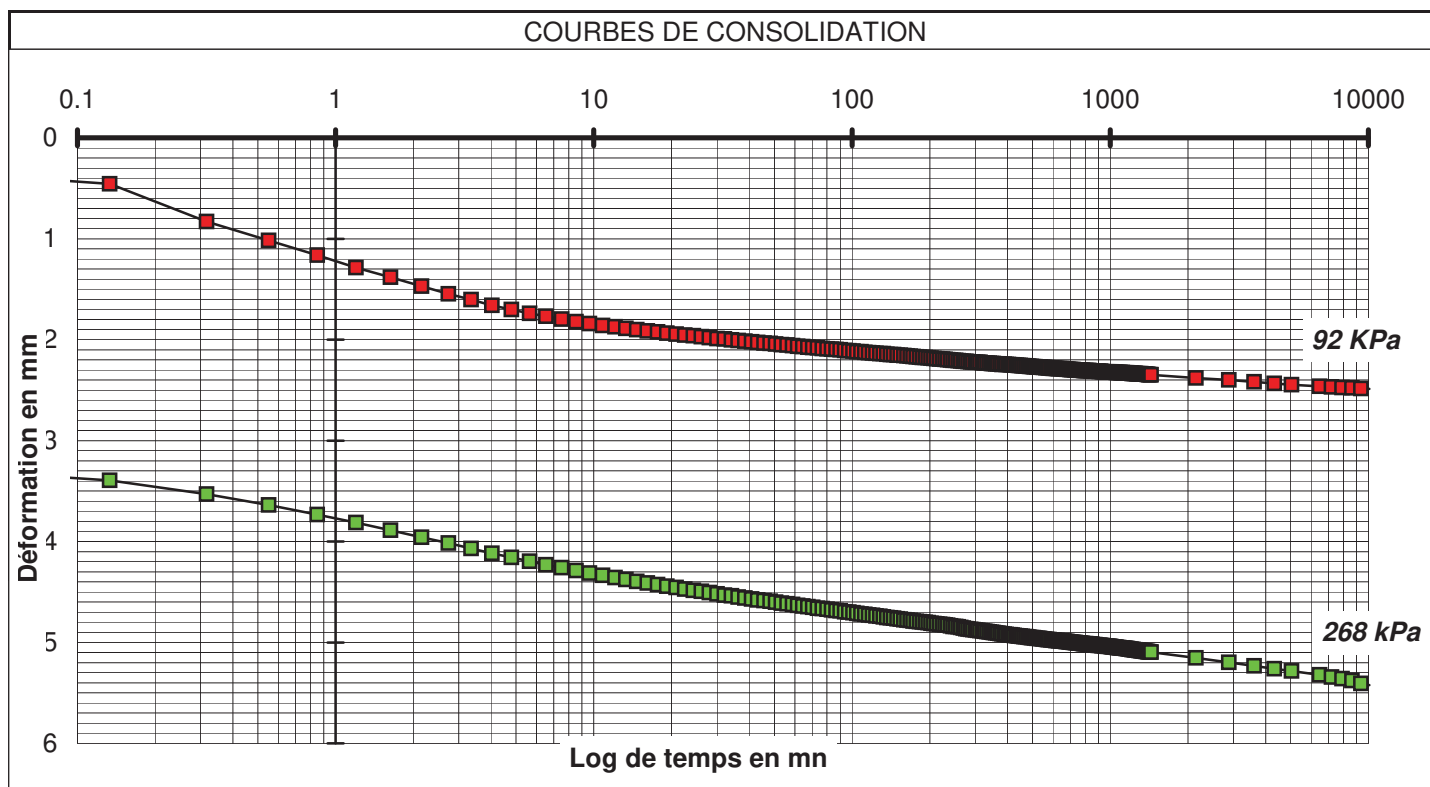
Section : UGIOSS


CARACTERISTIQUES DE L'EPROUVETTE		AVANT ESSAI	APRES ESSAI	OBSERVATIONS
Diamètre	en mm	70.000	70.000	
Hauteur	en mm	24.000	16.992	
Masse volumique humide	en kN/m3	13.40	15.60	
Masse volumique sèche	en kN/m3	6.40	9.10	
Masse volumique des grains	en kN/m3	21.33		
Teneur en eau	en %	109.60	72.10	
Degré de saturation	en %			
Hauteur des pleins	en mm	7.07		

DEROULEMENT DE L'ESSAI						RESULTATS	
Date-Heure	N° PALIER	$\sigma_v$ kPa	$\Delta \sigma_v / \sigma_v$	$\Delta H$ en mm	e	Coef, de consolidation (racine de temps)	
14/03/2017	1	5		0.013	2.391	$\sigma_v$ en kPa	Cv en m2/s
10 h 45	2	42.5		1.228	2.219		
	3	61.5		1.862	2.129		
	4	80		2.202	2.081		
	5	124		3.118	1.952		
	6	180		4.122	1.810		
	7	30		3.596	1.884		
	8	5		3.033	1.964		
	9	30		3.258	1.932	Caractéristiques de compressibilité	
	10	180		4.358	1.776		
	11	368		6.731	1.441	e i	2.391
	12	755		8.236	1.228	e o	2.081
	13	1155		9.285	1.080	$\sigma'_{vo}$	82 kPa
Fin	14	5		7.008	1.402	$\sigma'_{p'}$	50 kPa
09/05/2017						C c	0.727
						C s	0.107

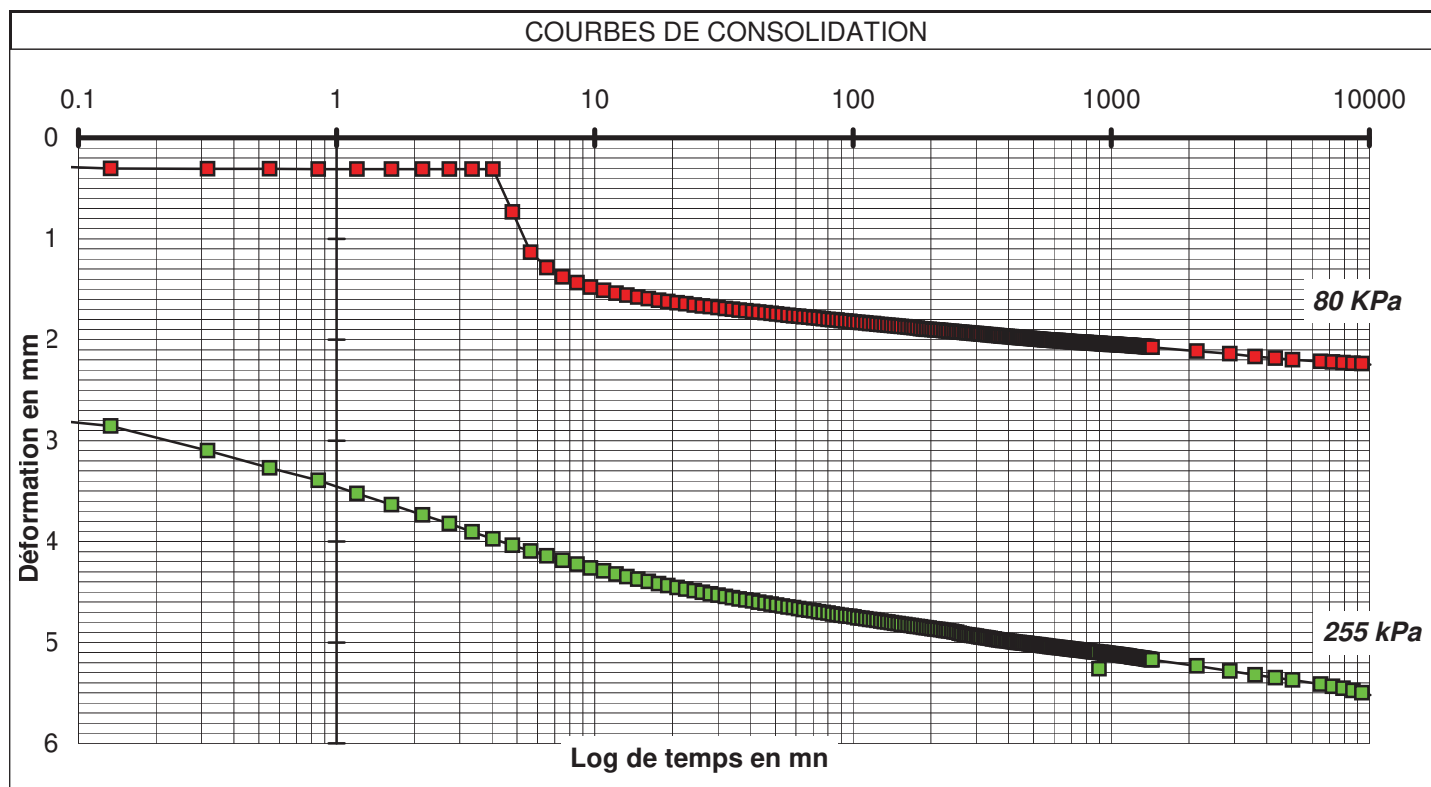



CARACTERISTIQUES DE L'EPROUVETTE		AVANT ESSAI	APRES ESSAI	OBSERVATIONS
Diamètre	en mm	70.00	70.00	
Hauteur initiale	en mm	24.00	18.36	
Masse volumique humide	en kN/m3	13.2	15.0	
Masse volumique sèche	en kN/m3	6.1	8.0	
Teneur en eau	en %	115.9	87.3	



RESULTAT				
PALIER 1 <b>92 kPa</b>	t 1 (mn) =	270	h1(1/100mm)=	221.4
	t 2 (mn) =	10080	h2(1/100mm)=	248.9
PALIER 2 <b>268 kPa</b>	t 1 (mn) =	270	h1(1/100mm)=	485.9
	t 2 (mn) =	10080	h2(1/100mm)=	542.3
PALIER 3	t 1 (mn) =		h1(1/100mm)=	
	t 2 (mn) =		h2(1/100mm)=	
<b>C = 0.0111</b>			<b>C e = 0.0391</b>	
RESPONSABLE D'ESSAI	Chin	SIGNATURE		PREX-GTN-02-Ess-Doc.09

CARACTERISTIQUES DE L'EPROUVETTE		AVANT ESSAI	APRES ESSAI	OBSERVATIONS
Diamètre	en mm	70.00	70.00	
Hauteur initiale	en mm	24.00	18.17	
Masse volumique humide	en kN/m <sup>3</sup>	13.3	14.9	
Masse volumique sèche	en kN/m <sup>3</sup>	6.1	8.0	
Teneur en eau	en %	118.6	86.3	



RESULTAT					
PALIER 1 <b>80 kPa</b>	t 1 (mn) =	270	h1(1/100mm)=	193.1	<b>C</b> = 0.003
	t 2 (mn) =	10080	h2(1/100mm)=	205.2	<b>C<sub>e</sub></b> = 0.012
PALIER 2 <b>255 kPa</b>	t 1 (mn) =	270	h1(1/100mm)=	492.1	<b>C</b> = 0.005
	t 2 (mn) =	10080	h2(1/100mm)=	512.5	<b>C<sub>e</sub></b> = 0.019
PALIER 3	t 1 (mn) =		h1(1/100mm)=		<b>C</b> =
	t 2 (mn) =		h2(1/100mm)=		<b>C<sub>e</sub></b> =
<b>C</b> = 0.0043			<b>C<sub>e</sub></b> = 0.0155		
RESPONSABLE D'ESSAI	Chin	SIGNATURE		PREX-GTN-02-Ess-Doc.09	


Annexe 5 : Calculs Krea



<div><div></div><div>K-Réa v4</div><div>v.4.0.11</div></div>		<div>AFFAIRE C18PR0012</div> <div>1-P21-08</div>	
<div>SYNTHESE PHASAGE</div>			
<div><div>Phase initiale</div><div><div><div><div><div></div><div></div></div><div>40,00 m</div><div>37,50 m</div><div>33,00 m</div><div>30,00 m</div><div>25,90 m</div></div><div><div></div><div></div></div><div>Gauche</div><div>Droite</div></div><div><div>  m  </div></div></div></div>	<div><div>Phase 1 : Phase transitoire</div><div><div><div><div><div></div><div></div></div><div>40,00 m</div><div>37,50 m</div><div>33,00 m</div><div>30,00 m</div><div>25,90 m</div></div><div><div></div><div></div></div><div>Gauche</div><div>Droite</div></div><div><div>  m  </div></div></div></div>	<div><div>Phase 2 : Phase transitoire</div><div><div><div><div><div></div><div></div></div><div>40,00 m</div><div>37,50 m</div><div>33,00 m</div><div>30,00 m</div><div>25,90 m</div></div><div><div></div><div></div></div><div>Gauche</div><div>Droite</div></div><div><div>  m  </div></div></div></div>	<div><div>Phase 3 : Phase transitoire</div><div><div><div><div><div></div><div></div></div><div>40,00 m</div><div>37,50 m</div><div>33,00 m</div><div>30,00 m</div><div>25,90 m</div></div><div><div></div><div></div></div><div>Gauche</div><div>Droite</div></div><div><div>  m  </div></div></div></div>
<div><div>- Remblai (gauche) REMBLAI</div><div><div>zt [m] = 40,00</div><div>c [kN/m²] = 0,00</div><div><math>\gamma</math> [kN/m³] = 10,00</div><div>kay = 0,406</div><div>kpy = 3,548</div><div>ki = 0,727</div><div>kr = 0,727</div><div>dkh [kN/m²/m/m] = 0</div><div>ka,min = 0,100</div><div>zt [m] = 40,00</div><div>oe = 1,000</div></div><div><div><math>\phi</math> [°] = 25,00</div><div><math>\delta c</math> [kN/m²/m] = 0,000</div><div><math>\gamma</math> [kN/m³] = 20,00</div><div>kac = 1,270</div><div>kpc = 5,160</div><div>kd = 0,727</div><div>kh [kN/m²/m] = 10841</div><div>pmax [kN/m³] = 10000,00</div><div>Mise en place d'un talus :</div><div>a [m] = 7,50</div><div>zh [m] = 37,50</div><div>b [m] = 0,10</div></div></div>	<div><div>- Options ELU (MISS):</div><div><div>Surexcavation :</div><div><div><math>\Delta a_{gauche}</math> [m] = 0,00</div><div><math>\Delta a_{droite}</math> [m] = 0,00</div></div><div>position zD du point d'effort tranchant nul : automatique</div></div><div><div>- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°1</div><div><div>z [m] = 40,00</div><div>x [m] = 7,50</div><div>oe = 1,143</div><div>L [m] = 10,00</div><div>q [kN/m/m] = 10,00</div></div></div></div>	<div><div>- Options ELU (MISS):</div><div><div>Surexcavation :</div><div><div><math>\Delta a_{gauche}</math> [m] = 0,00</div><div><math>\Delta a_{droite}</math> [m] = 0,00</div></div><div>position zD du point d'effort tranchant nul : automatique</div></div><div><div>- Excavation (côté droit) :</div><div><div>zh [m] = 36,50</div></div></div></div>	<div><div>- Options ELU (MISS):</div><div><div>Surexcavation :</div><div><div><math>\Delta a_{gauche}</math> [m] = 0,00</div><div><math>\Delta a_{droite}</math> [m] = 0,00</div></div><div>position zD du point d'effort tranchant nul : automatique</div></div><div><div>- Mise en place du tirant (côté gauche) : n°1</div><div><div>za [m] = 37,00</div><div>K [kN/m/m] = 6682</div><div>P [kN/m] = 0,00</div><div><math>\alpha</math> [°] = 15,00</div></div></div></div>
<div><div><div></div><div>terrasol</div></div><div>setec</div></div>		<div>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</div>	
<div>Fichier de sauvegarde : C:\Users\lironel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil\211-P21 K4P</div> <div>imprimé le 26/05/2020 15:28 calculé le 09/12/2019 à 16:28</div> <div>calculé le 09/12/2019 16:28</div> <div>Page : 2</div>			

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil2111-P21.K4P    imprimé le 26/05/2020 15:29 calculé le 09/12/2019 à 16:28    calculé le 09/12/2019 16:28

Page : 3

<div> K-Réa v4</div> <div>v.4.0.11</div>		<div>AFFAIRE C18PR0012</div> <div>1-P21-08</div>	
<div>SYNTHESE PHASAGE</div>			
<div>Phase 4 : Phase transitoire</div> <div><div><div><div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div></div></div></div>			

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil2111-P21.K4P    imprimé le 26/05/2020 15:29 calculé le 09/12/2019 à 16:28    calculé le 09/12/2019 16:28

Page : 4



### GENERALITES :

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	Niveau phréatique :	35,00 m
Poids volumique de l'eau :	10,00 kN/m³	Nombre d'itérations par phase de calcul :	100
Pas de calcul :	0,02 m	Prise en compte moments 2 ordre :	non
Définition du projet :	Cotes		

### CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

Couche	z	y	y'	φ	c	dc	k0	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh	dkh	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max
	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]	[°]	[kN/m²]	[kN/m²/m]								[kN/m²/m]	[kN/m²/m/m]				[kN/m/m]
REMBLAI	37,50	20,00	10,00	25,00	0,00	0,000	0,577	0,349	3,536	0,577	0,577	0,000	0,000	10841	0	0,660	-0,660	0,100	10000,000
ALLUVIONS MODERNES	33,00	17,00	7,00	25,00	3,00	0,000	0,577	0,349	3,536	0,577	0,577	1,387	5,160	10081	0	0,660	-0,660	0,100	10000,000
ALLUVIONS ANCIENNES	30,00	18,00	8,00	35,00	0,00	0,000	0,426	0,227	7,301	0,426	0,426	0,000	0,000	53571	0	0,660	-0,660	0,100	10000,000
SAINT-OUEN	25,90	19,00	9,00	30,00	15,00	0,000	0,500	0,283	4,959	0,500	0,500	1,237	6,271	34754	0	0,660	-0,660	0,100	10000,000

### CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [ m ]	EI [ kNm <sup>2</sup> /m ]	W [ kN/m/m ]
1	21.50	853333	0.00

Cote de la tête de l'écran : $z_0 =$	37,50 m
--------------------------------------	---------



Calcul réalisé par : Geosciences Risques

TIRANT	Phase	za [ m ]	K [ kN/m/m ]	P [ kN/m ]	$\alpha$ [ ° ]	Lu [ m ]	Ls [ m ]
1	3	37.00	6682	0.00	15.00	16.50	13.00


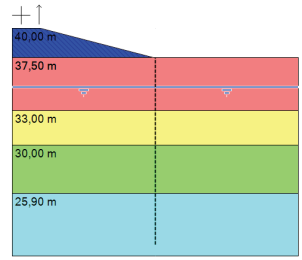
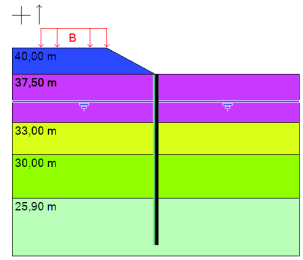

SURCHARGE BOUSSINESQ	Phase	z [ m ]	x [ m ]	L [ m ]	q [ kN/m/m ]
1	1	40.00	7.50	10.00	10.00

CHARGES TRAPEZOIDALES	Phase	zt [ m ]	zb [ m ]	qht [ kN/m/m ]	qhb [ kN/m/m ]	$\alpha$ [ ° ]
1	6	31.55	30.55	3000.00	3000.00	0.00

APPUI SURFACIQUE	Phase	z,inf [ m ]	z,sup [ m ]	Rs [ kN/m² ]	ps [ kN/m/m ]
1	5	30,55	31,55	900000	0


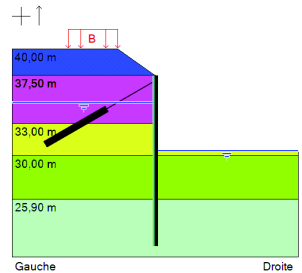
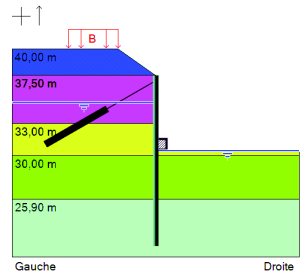



**Calcul réalisé par : Geosciences Risques**

 v.4.0.11	<b>AFFAIRE C18PR0012</b> <b>1-P21-08</b>
<b>SYNTHESE PHASAGE</b>	
<p>Phase initiale</p>  <p>Gauche Droite</p> <p>  m  </p>	<p>Phase 1 : Phase transitoire</p>  <p>Gauche Droite</p> <p>  m  </p>
<p>- Remblai (gauche) REMBLAI</p> <p>z1 [m] = 40,00    <math>\phi</math> [°] = 25,00  c [kN/m²] = 0,00    <math>\delta c</math> [kN/m²/m] = 0,000  <math>\gamma</math> [kN/m³] = 10,00    <math>\gamma</math> [kN/m³] = 20,00  kay = 0,406    kac = 1,270  kpy = 3,548    kpc = 5,160  ki = 0,727    kd = 0,727  kr = 0,727    kh [kN/m²/m] = 10841  dkh [kN/m²/m/m] = 0    pmax [kN/m/m] = 10000,00  ka,min = 0,100    Mise en place d'un talus :  zt [m] = 40,00    a [m] = 7,50    zh [m] = 37,50    b [m] = 0,10  oe = 1,000</p>	<p>- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°1</p> <p>z [m] = 40,00  x [m] = 7,50  oe = 1,143  L [m] = 10,00  q [kN/m/m] = 10,00</p>
	<p>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</p>




Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil2111-P21.K4P imprimé le 26/05/2020 15:30 calculé le 09/12/2019 à 16:28 calculé le 09/12/2019 16:28

Page : 3

 v.4.0.11	<b>AFFAIRE C18PR0012</b> <b>1-P21-08</b>
<b>SYNTHESE PHASAGE</b>	
<p>Phase 4 : Phase transitoire</p>  <p>Gauche Droite</p> <p>  m  </p>	<p>Phase 5 : Phase durable</p>  <p>Gauche Droite</p> <p>  m  </p>
<p>- Excavation (côté droit) : zh [m] = 30,50</p> <p>- Action hydraulique : (droite) zw [m] = 30,50</p>	<p>- Modification de la raideur de l'écran :  Z1 [m] = 37,50  Z2 [m] = 21,50  E1 [kNm²/m] = 426667  PP [kN/m/m] = 0,00</p> <p>- Mise en place de la liaison surfacique : (droite) n°1  z.sup [m] = 31,55  z.inf [m] = 30,55  Ks [kN/m²] = 900000  <math>\alpha</math> =  P.min [kN/m/m] = -1E+010  P.max [kN/m/m] = 1E+010</p>
	<p>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</p>

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil2111-P21.K4P imprimé le 26/05/2020 15:30 calculé le 09/12/2019 à 16:28 calculé le 09/12/2019 16:28

Page : 4

		<b>AFFAIRE C18PR0012</b>	
v.4.0.11		<b>1-P21-08</b>	
<b>SYNTHESE PHASAGE</b>			
<p> <math>k_d = 0,577</math>  <math>k_{ac} = 1,387</math>  <math>p_{max} [kN/m/m] = 10000,00</math>  <math>d_{kh} [kN/m^2/m/m] = 0</math> </p> <p> - Redéfinition de la couche : ALLUVIONS_ANCIENNES  sur côté gauche et droit </p> <p> <math>\varphi [^\circ] = 35,00</math>  <math>\delta a/\varphi = 0,660</math>  <math>k_0 = 0,426</math>  <math>k_{a,min} = 0,100</math>  <math>k_d = 0,426</math>  <math>k_{ac} = 0,000</math>  <math>p_{max} [kN/m/m] = 10000,00</math>  <math>d_{kh} [kN/m^2/m/m] = 0</math> </p>		<p> <math>k_{py} = 3,536</math>  <math>k_r = 0,577</math>  <math>k_{pc} = 5,160</math>  <math>k_h [kN/m^2/m] = 12735</math> </p> <p> <math>c [kN/m^2] = 0,00</math>  <math>\delta p/\varphi = -0,660</math>  <math>k_{ay} = 0,227</math>  <math>k_{py} = 7,301</math>  <math>k_r = 0,426</math>  <math>k_{pc} = 0,000</math>  <math>k_h [kN/m^2/m] = 67672</math> </p> <p> - Redéfinition de la couche : SAINT-OUEN  sur côté gauche et droit </p> <p> <math>\varphi [^\circ] = 30,00</math>  <math>\delta a/\varphi = 0,660</math>  <math>k_0 = 0,500</math>  <math>k_{a,min} = 0,100</math>  <math>k_d = 0,500</math>  <math>k_{ac} = 1,237</math>  <math>p_{max} [kN/m/m] = 10000,00</math>  <math>d_{kh} [kN/m^2/m/m] = 0</math> </p>	
 		<b>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</b>	

K-Réa v4

v.4.0.11

AFFAIRE C18PR0012

1-P21-08

RESULTATS (Synthèse)


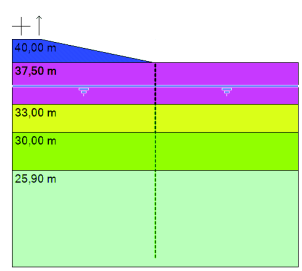
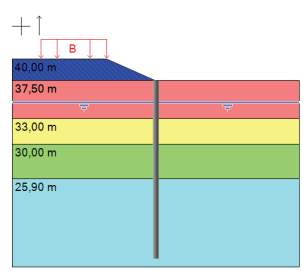

PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max kNm/m	Tranch. max kN/m	Rapport butées	Tirant 1 kN/m	Appui S. 1 kN/m
1	0,10	0,10	3,25	2,70	7,497	-	-
2	1,22	1,22	25,76	13,77	6,657	-	-
3	1,22	1,22	25,76	13,77	6,657	0,00	-
4	25,44	25,44	478,25	226,32	2,182	155,05	-
5	23,71	23,86	296,70	131,87	2,299	146,07	137,92
6	24,45	26,08	-392,52	207,84	2,202	153,03	3023,69
7	24,45	26,08	-392,52	207,84	2,202	153,03	3023,69
Extrema	25,44	26,08	478,25	226,32	2,182	155,05	3023,69

terrasol

setec


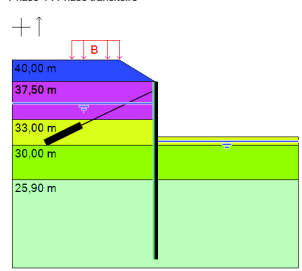
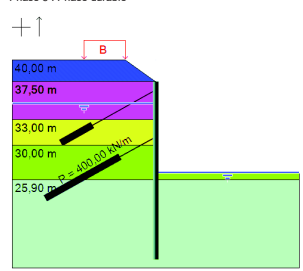

Calcul réalisé par : Geosciences Risques



 v.4.0.11	<b>AFFAIRE C18PR0012</b> <b>1-P21-08</b>
<b>SYNTHESE PHASAGE</b>	
<p>Phase initiale</p>  <p>Gauche Droite</p> <p>  m  </p>	<p>Phase 1 : Phase transitoire</p>  <p>Gauche Droite</p> <p>  m  </p>
<p>- Remblai (gauche) REMBLAI</p> <p>zt [m] = 40,00      <math>\phi</math> [°] = 25,00  c [kN/m²] = 0,00      <math>\delta c</math> [kN/m²/m] = 0,000  <math>\gamma</math> [kN/m³] = 10,00      <math>\gamma</math> [kN/m³] = 20,00  kay = 0,406      kac = 1,270  kpy = 3,548      kpc = 5,160  ki = 0,727      kd = 0,727  kr = 0,727      kh [kN/m²/m] = 10841  dkh [kN/m²/m/m] = 0      pmax [kN/m/m] = 10000,00  ka,min = 0,100      Mise en place d'un talus :  zt [m] = 40,00      a [m] = 7,50zh [m] = 37,50      b [m] = 0,10  oe = 1,000</p>	<p>- Options ELU (MISS):</p> <p>Surexcavation :  <math>\Delta a</math>,gauche [m] = 0,00 <math>\Delta a</math>,droite [m] = 0,00  position zD du point d'effort tranchant nul : automatique</p> <p>- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°1</p> <p>z [m] = 40,00  x [m] = 7,50  oe = 1,143  L [m] = 10,00  q [kN/m/m] = 10,00</p>
 setec	<p>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</p>




Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil 21bis- bassin long\1-P21-bis.K4PImprimé le 26/05/2020 15:44 calculé le 07/01/2019 à 10:28 calculé le 07/01/2019 10:28




Page : 3

 v.4.0.11	<b>AFFAIRE C18PR0012</b> <b>1-P21-08</b>
<b>SYNTHESE PHASAGE</b>	
<p>Phase 4 : Phase transitoire</p>  <p>Gauche Droite</p> <p>  m  </p>	<p>Phase 5 : Phase durable</p>  <p>Gauche Droite</p> <p>  m  </p>
<p>- Options ELU (MISS):</p> <p>Surexcavation :  <math>\Delta a</math>,gauche [m] = 0,00 <math>\Delta a</math>,droite [m] = 0,00  position zD du point d'effort tranchant nul : automatique</p> <p>- Excavation (côté droit) :  zh [m] = 31,00</p> <p>- Action hydraulique : (droite)  zw [m] = 30,50</p>	<p>- Options ELU (MISS):</p> <p>Surexcavation :  <math>\Delta a</math>,gauche [m] = 0,00 <math>\Delta a</math>,droite [m] = 0,00  position zD du point d'effort tranchant nul : automatique</p> <p>- Mise en place du tirant (côté gauche) : n°2</p> <p>za [m] = 31,00  K [kN/m/m] = 7946  P [kN/m] = 400,00  <math>\alpha</math> [°] = 15,00</p> <p>- Excavation (côté droit) :  zh [m] = 26,90</p> <p>- Action hydraulique : (droite)  zw [m] = 26,80</p>
 setec	<p>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</p>

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil 21bis- bassin long\1-P21-bis.K4PImprimé le 26/05/2020 15:44 calculé le 07/01/2019 à 10:28 calculé le 07/01/2019 10:28


Page : 4

 <div> <div>v.4.0.11</div> <div> <div>AFFAIRE C18PR0012</div> <div>1-P21-08</div> </div> </div>		SYNTHESE PHASAGE	
- Redéfinition de la couche : ALLUVIONS_MODERNES sur côté gauche $\varphi [^\circ] = 25,00$ $\delta a/\varphi = 0,660$ $k_0 = 0,577$ $k_{a,min} = 0,100$ $k_d = 0,577$ $k_{ac} = 1,387$ $p_{max} [kN/m/m] = 10000,00$ $dkh [kN/m^2/m/m] = 0$ - Redéfinition de la couche : ALLUVIONS_ANCIENNES sur côté gauche et droit $\varphi [^\circ] = 35,00$ $\delta a/\varphi = 0,667$ $k_0 = 0,426$ $k_{a,min} = 0,100$ $k_d = 0,426$ $k_{ac} = 0,000$ $p_{max} [kN/m/m] = 10000,00$ $dkh [kN/m^2/m/m] = 0$ - Redéfinition de la couche : SAINT-OUEN sur côté gauche et droit $\varphi [^\circ] = 30,00$ $\delta a/\varphi = 0,666$ $k_0 = 0,500$		$c [kN/m^2] = 3,00$ $\delta p/\varphi = -0,660$ $k_{ay} = 0,349$ $k_{py} = 3,536$ $kr = 0,577$ $k_{pc} = 5,160$ $kh [kN/m^2/m] = 11290$ $c [kN/m^2] = 0,00$ $\delta p/\varphi = -0,666$ $k_{ay} = 0,227$ $k_{py} = 7,339$ $kr = 0,426$ $k_{pc} = 0,000$ $kh [kN/m^2/m] = 59996$ $c [kN/m^2] = 15,00$ $\delta p/\varphi = -0,660$ $k_{ay} = 0,282$	
 		Calcul réalisé par : Geosciences Risques	

 <div> <div>v.4.0.11</div> <div> <div>AFFAIRE C18PR0012</div> <div>1-P21-08</div> </div> </div>		RESULTATS (Synthèse)										
PHASE	Type Vérif.	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Buton 1 kN/m	Buton 2 kN/m	Tirant 1 kN/m	Tirant 2 kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
1	MISS	0,10	0,10	4,40	3,65	-	-	-	-	OK	-0,89	OK
2	MISS	2,18	2,18	56,89	23,04	-	-	-	-	OK	-9,72	OK
3	MISS	2,18	2,18	56,89	23,04	-	-	0,00	-	OK	-9,72	OK
4	MISS	25,57	25,57	669,04	282,43	-	-	157,29	-	OK	-240,42	OK
5	MISS	25,21	25,21	603,89	346,41	-	-	166,85	540,00	OK	-62,33	OK
6	MISS	25,49	25,49	604,36	339,64	510,26	16,62	168,84	-	OK	-200,39	OK
7	MISS	24,99	25,10	472,61	-297,84	518,08	97,58	166,58	-	OK	-195,26	OK
Extrema	-	25,57	25,57	669,04	346,41	518,08	97,58	168,84	540,00	-	-	-
 		Calcul réalisé par : Geosciences Risques										







v.4.0.11

AFFAIRE C18PR0012


1-P21-08

DONNEES

TIRANT	Phase	za [ m ]	K [ kN/m/m ]	P [ kN/m ]	α [ ° ]	Lu [ m ]	Ls [ m ]
1	3	36,50	5513	0,00	15,00	20,00	8,00
2	5	31,00	7946	400,00	15,00	18,50	19,00

BUTON	Phase	za [ m ]	K [ kN/m/m ]	P [ kN/m ]	α [ ° ]
1	6	31,00	2089552	0,00	0,00
2	6	27,00	2089552	0,00	0,00

SURCHARGE BOUSSINESQ	Phase	z [ m ]	x [ m ]	L [ m ]	q [ kN/m/m ]
1	1	40,00	7,50	10,00	10,00


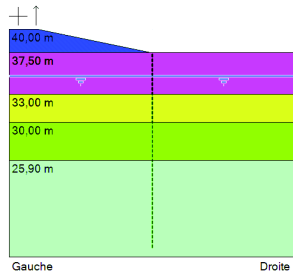
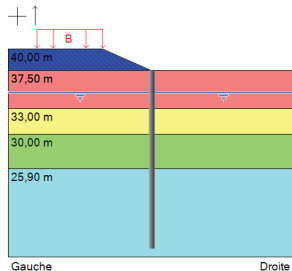
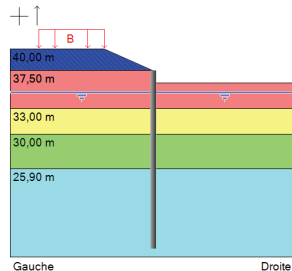
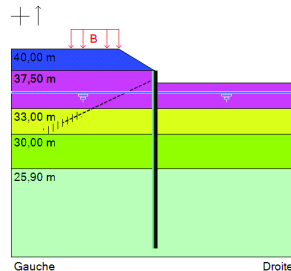



setec

Calcul réalisé par : Geosciences Risques

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil 21bis- bassin long\1-P21-bis.K4Pimprimé le 26/05/2020 15:44 calculé le 07/01/2019 à 10:28 calculé le 07/01/2019 10:28

Page : 2

<div> K-Réa v4 v.4.0.11</div>		AFFAIRE C18PR0012					
		1-P21-08					
SYNTHESE PHASAGE							
<div>Phase initiale</div> <div></div> <div>Gauche Droite</div>		<div>Phase 1 : Phase transitoire</div> <div></div> <div>Gauche Droite</div>		<div>Phase 2 : Phase transitoire</div> <div></div> <div>Gauche Droite</div>		<div>Phase 3 : Phase transitoire</div> <div></div> <div>Gauche Droite</div>	
<div>- Remblai (gauche) REMBLAI</div> <div><div>z [m] = 40,00 c [kN/m²] = 0,00 γ [kN/m³] = 10,00 kay = 0,406 kpy = 3,548 ki = 0,727 kr = 0,727 dkh [kN/m²/m/m] = 0 ka,min = 0,100 zt [m] = 40,00 oe = 1,000</div><div>φ [°] = 25,00 dc [kN/m²/m] = 0,000 γ [kN/m³] = 20,00 kac = 1,270 kpc = 5,160 kd = 0,727 kh [kN/m²/m] = 10841 pnax [kN/m/m] = 10000,00 Mise en place d'un talus : a [m] = 7,50zh [m] = 37,50 b [m] = 0,10</div></div>		<div>- Options ELU (MISS):</div> <div>Surexcavation : Δa gauche [m] = 0,00 Δa droite [m] = 0,00 position zD du point d'effort tranchant null : automatique</div> <div>- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°1</div> <div>z [m] = 40,00 x [m] = 7,50 oe = 1,143 L [m] = 10,00 q [kN/m/m] = 10,00</div>		<div>- Options ELU (MISS):</div> <div>Surexcavation : Δa gauche [m] = 0,00 Δa droite [m] = 0,00 position zD du point d'effort tranchant null : automatique</div> <div>- Excavation (côté droit) :</div> <div>zh [m] = 36,00</div>		<div>- Options ELU (MISS):</div> <div>Surexcavation : Δa gauche [m] = 0,00 Δa droite [m] = 0,00 position zD du point d'effort tranchant null : automatique</div> <div>- Mise en place du tirant (côté gauche) : n°1</div> <div>za [m] = 36,50 K [kN/m/m] = 5513 P [kN/m] = 0,00 α [°] = 15,00</div>	
<div> terrasol setec</div>		Calcul réalisé par : Geosciences Risques					

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil 21bis- bassin long\1-P21-bis.K4Pimprimé le 26/05/2020 15:44 calculé le 07/01/2019 à 10:28 calculé le 07/01/2019 10:28

Page : 3



K-Réa v4

v.4.0.11

AFFAIRE C18PR0012

1-P21-08

RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Type Vérif.	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Buton 1 kN/m	Buton 2 kN/m	Tirant 1 kN/m	Tirant 2 kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
1	MISS	0,10	0,10	4,40	3,65	-	-	-	-	OK	-0,89	OK
2	MISS	2,18	2,18	56,89	23,04	-	-	-	-	OK	-9,72	OK
3	MISS	2,18	2,18	56,89	23,04	-	-	0,00	-	OK	-9,72	OK
4	MISS	25,57	25,57	669,04	282,43	-	-	157,29	-	OK	-240,42	OK
5	MISS	25,21	25,21	603,89	346,41	-	-	166,85	540,00	OK	-62,33	OK
6	MISS	25,49	25,49	604,36	339,64	510,26	16,62	168,84	-	OK	-200,39	OK
7	MISS	24,99	25,10	472,61	-297,84	518,08	97,58	166,58	-	OK	-195,26	OK
Extrema	-	25,57	25,57	669,04	346,41	518,08	97,58	168,84	540,00	-	-	-



terrasol

setec

Calcul réalisé par : Geosciences Risques




Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil 21bis- bassin long\1-P21-bis.K4P\imprimé le 26/05/2020 15:44 calculé le 07/01/2019 à 10:28 calculé le 07/01/2019 10:28

Page : 6

<div><div></div><div><div>AFFAIRE C18PR0012</div><div>1-P21-08</div></div></div>																																			
Vérifications																																			
COEFFICIENTS PARTIELS																																			
Actions			Actions																																
<table><tr><td>Sol - Eau - Ecran</td><td>MISS</td><td>MEL</td></tr><tr><td>poussée limite du sol (Ypa)</td><td>1,00</td><td>1,35</td></tr><tr><td>pression d'eau (Ypw)</td><td>1,00</td><td>1,35</td></tr><tr><td>poids propre de l'écran (YW)</td><td>1,00</td><td>1,35</td></tr></table>			Sol - Eau - Ecran	MISS	MEL	poussée limite du sol (Ypa)	1,00	1,35	pression d'eau (Ypw)	1,00	1,35	poids propre de l'écran (YW)	1,00	1,35	<table><tr><td>Surcharges appliquée sur le sol et l'écran</td><td>MISS</td><td>MEL</td></tr><tr><td>sol - permanente (YG)</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr><tr><td>sol - variable (YQ)</td><td>1,11</td><td>1,11</td></tr><tr><td>écran - permanente favorable (YG,inf)</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr><tr><td>écran - permanente défavorable (YG.sup)</td><td>1,00</td><td>1,35</td></tr><tr><td>écran - variable défavorable (YQ.sup)</td><td>1,11</td><td>1,50</td></tr></table>			Surcharges appliquée sur le sol et l'écran	MISS	MEL	sol - permanente (YG)	1,00	1,00	sol - variable (YQ)	1,11	1,11	écran - permanente favorable (YG,inf)	1,00	1,00	écran - permanente défavorable (YG.sup)	1,00	1,35	écran - variable défavorable (YQ.sup)	1,11	1,50
Sol - Eau - Ecran	MISS	MEL																																	
poussée limite du sol (Ypa)	1,00	1,35																																	
pression d'eau (Ypw)	1,00	1,35																																	
poids propre de l'écran (YW)	1,00	1,35																																	
Surcharges appliquée sur le sol et l'écran	MISS	MEL																																	
sol - permanente (YG)	1,00	1,00																																	
sol - variable (YQ)	1,11	1,11																																	
écran - permanente favorable (YG,inf)	1,00	1,00																																	
écran - permanente défavorable (YG.sup)	1,00	1,35																																	
écran - variable défavorable (YQ.sup)	1,11	1,50																																	
			Paramètre de résistance																																
			<table><tr><td>Paramètres du sol</td><td>MISS</td><td>MEL</td></tr><tr><td>cohésion (Yc')</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr><tr><td>angle de frottement (Yq')</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr></table>			Paramètres du sol	MISS	MEL	cohésion (Yc')	1,00	1,00	angle de frottement (Yq')	1,00	1,00																					
Paramètres du sol	MISS	MEL																																	
cohésion (Yc')	1,00	1,00																																	
angle de frottement (Yq')	1,00	1,00																																	
			<table><tr><td></td><td>MISS</td><td>MEL</td></tr><tr><td>Butée limite - phase durable (Ypb.D)</td><td>1,40</td><td>1,40</td></tr><tr><td>Butée limite - phase transitoire (Ypb.T)</td><td>1,10</td><td>1,10</td></tr><tr><td>Résistance des appuis (Yanc)</td><td>1,00</td><td>-</td></tr><tr><td>Effort déstabilisant (Ykrz)</td><td>1,10</td><td>-</td></tr></table>				MISS	MEL	Butée limite - phase durable (Ypb.D)	1,40	1,40	Butée limite - phase transitoire (Ypb.T)	1,10	1,10	Résistance des appuis (Yanc)	1,00	-	Effort déstabilisant (Ykrz)	1,10	-															
	MISS	MEL																																	
Butée limite - phase durable (Ypb.D)	1,40	1,40																																	
Butée limite - phase transitoire (Ypb.T)	1,10	1,10																																	
Résistance des appuis (Yanc)	1,00	-																																	
Effort déstabilisant (Ykrz)	1,10	-																																	
Efforts, sollicitations et butée mobilisée : YE = 1,35																																			
Méthode de référence pour le recalcul de ka/kp : Kérisel																																			
RESULTATS DES VERIFICATIONS																																			
<div><div><div><div>PHASE 1 - Transitoire</div><div>La butée pour cette phase est considérée à droite.</div><div>Vérification du défaut de butée :</div><div>Butée mobilisée :</div><div><div>Valeur caractéristique : Bt,k = 1698,65 kN/m</div><div>Valeur de calcul : Bt,d = 2293,18 kN/m</div></div><div>Butée mobilisable :</div><div><div>Valeur caractéristique : Bm,k = 13404,26 kN/m</div><div>Valeur de calcul : Bm,d = 12185,69 kN/m</div></div><div>Bt,d &lt; Bm,d</div><div>Le défaut de butée est justifié pour cette phase.</div><div>Vérification de l'équilibre vertical :</div><div>Poids propre P de la palplanche :</div><div>Pd = 0,00 kN/m</div><div>Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :</div><div>Pv,d = -0,89 kN/m</div><div>Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :</div><div>Tv,d = 0,00 kN/m</div><div>Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" appliquées sur la hauteur de l'écran :</div><div>Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.</div><div>Résultante ELU des efforts verticaux :</div><div>Rv,d = -0,89 kN/m</div><div>Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 0,89 kN/m vers le haut.</div></div><div><div><div>PHASE 2 - Transitoire</div><div>La butée pour cette phase est considérée à droite.</div><div>Vérification du défaut de butée :</div></div></div></div><div><div><div>Butée mobilisée :</div><div><div>Valeur caractéristique : Bt,k = 1523,41 kN/m</div><div>Valeur de calcul : Bt,d = 2056,60 kN/m</div></div></div><div><div>Butée mobilisée :</div><div><div>Valeur caractéristique : Bm,k = 10387,08 kN/m</div><div>Valeur de calcul : Bm,d = 9442,80 kN/m</div></div></div><div>Bt,d &lt; Bm,d</div><div>Le défaut de butée est justifié pour cette phase.</div><div>Vérification de l'équilibre vertical :</div><div>Poids propre P de la palplanche :</div><div>Pd = 0,00 kN/m</div><div>Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :</div><div>Pv,d = -9,72 kN/m</div><div>Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :</div><div>Tv,d = 0,00 kN/m</div><div>Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" appliquées sur la hauteur de l'écran :</div><div>Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.</div><div>Résultante ELU des efforts verticaux :</div><div>Rv,d = -9,72 kN/m</div><div>Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 9,72 kN/m vers le haut.</div></div></div> <div><div><div>PHASE 3 - Transitoire</div><div>La butée pour cette phase est considérée à droite.</div><div>Vérification du défaut de butée :</div></div></div> <div><div><div><div></div><div>setec</div></div></div><div>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</div><div>Pane - 7</div></div> <div><div>Fichier de sauvegarde : C:\Users\lonet.f\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil 21bis- bassin lonet\1-P21-bis.K4Pimprimé le 26/05/2020 15:44 calculé le 07/01/2019 à 10:28 calculé le 07/01/2019 10:28</div></div>																																			




Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil 21bis- bassin long\1-P21-bis.K4P\imprimé le 26/05/2020 15:44 calculé le 07/01/2019 à 10:28 calculé le 07/01/2019 10:28

Page : 7

 v.4.0.11	<b>AFFAIRE C18PR0012</b> <b>1-P21-08</b>
<b>Vérifications</b>	
 	<div>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</div>

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lione1\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil 21bis- bassin long\1-P21-bis.K4PImprimé le 26/05/2020 15:44 calculé le 07/01/2019 à 10:28 calculé le 07/01/2019 10:28


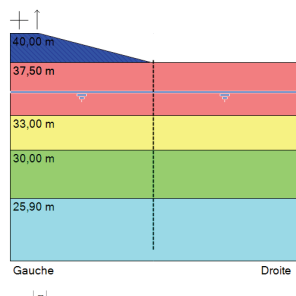
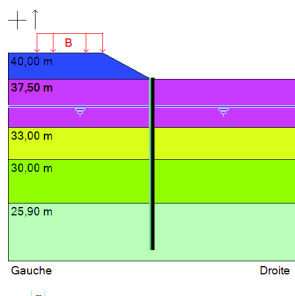
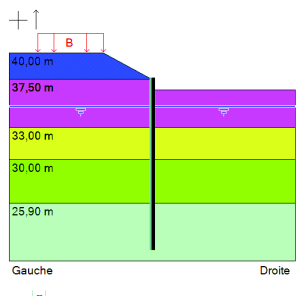
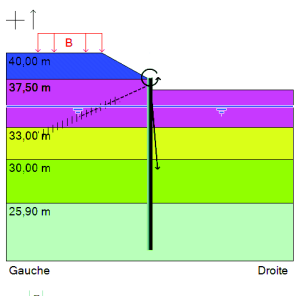

Page : 8

 v.4.0.11	<b>AFFAIRE C18PR0012</b> <b>1-P21-08</b>
<b>Vérifications</b>	
 	<div>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</div>

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lione1\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil 21bis- bassin long\1-P21-bis.K4PImprimé le 26/05/2020 15:44 calculé le 07/01/2019 à 10:28 calculé le 07/01/2019 10:28


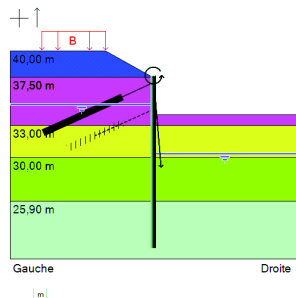
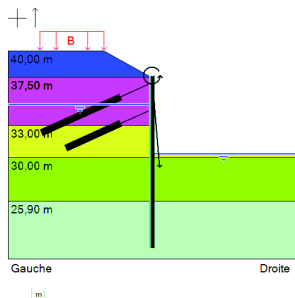
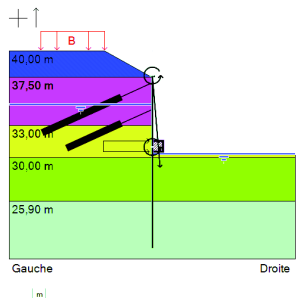
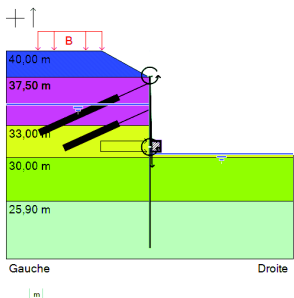

Page : 9



<div> K-Réa v4</div> <div>v.4.0.11</div>		<div>AFFAIRE C18PR0012</div> <div>1-P21-08</div>					
<div>SYNTHESE PHASAGE</div>							
<div>Phase initiale</div> <div></div> <div>Gauche</div> <div>Droite</div>	<div>Phase 1 : Phase transitoire</div> <div></div> <div>Gauche</div> <div>Droite</div>	<div>Phase 2 : Phase transitoire</div> <div></div> <div>Gauche</div> <div>Droite</div>	<div>Phase 3 : Phase transitoire</div> <div></div> <div>Gauche</div> <div>Droite</div>				
<div>- Remblai (gauche) REMBLAI</div> <div><div><div><math>z_t [m] = 40,00</math></div><div><math>c [kN/m^2] = 0,00</math></div><div><math>\gamma [kN/m^3] = 10,00</math></div><div><math>k_{ay} = 0,406</math></div><div><math>k_{py} = 3,548</math></div><div><math>k_i = 0,727</math></div><div><math>k_r = 0,727</math></div><div><math>dkh [kN/m^2/m/m] = 0</math></div><div><math>k_{a,min} = 0,100</math></div><div><math>z_t [m] = 40,00</math></div><div><math>oe = 1,000</math></div></div><div><div><math>\phi [^\circ] = 25,00</math></div><div><math>dc [kN/m^2/m] = 0,000</math></div><div><math>\gamma [kN/m^3] = 20,00</math></div><div><math>k_{ac} = 1,270</math></div><div><math>k_{pc} = 5,160</math></div><div><math>k_d = 0,727</math></div><div><math>kh [kN/m^2/m] = 10841</math></div><div><math>p_{max} [kN/m/m] = 10000,00</math></div><div>Mise en place d'un talus :</div><div><math>a [m] = 7,50</math></div><div><math>zh [m] = 37,50</math></div><div><math>b [m] = 0,10</math></div></div></div>		<div>- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°1</div> <div><div><div><math>z [m] = 40,00</math></div><div><math>x [m] = 7,50</math></div><div><math>oe = 1,143</math></div><div><math>L [m] = 10,00</math></div><div><math>q [kN/m/m] = 10,00</math></div></div></div>		<div>- Excavation (côté droit) :</div> <div><div><math>zh [m] = 36,50</math></div></div>		<div>- Mise en place du tirant (côté gauche) : n°1</div> <div><div><div><math>z_a [m] = 37,00</math></div><div><math>K [kN/m/m] = 19174</math></div><div><math>P [kN/m] = 0,00</math></div><div><math>\alpha [^\circ] = 15,00</math></div></div></div> <div>- Application de la force linéique n°1</div> <div><div><div><math>z [m] = 37,70</math></div><div><math>F [kN/m] = 392,00</math></div><div><math>\alpha [^\circ] = 84,00</math></div></div></div> <div>- Application du moment linéique : n°1</div> <div><div><div><math>z [m] = 37,70</math></div><div><math>M [kN/m/m] = 98,00</math></div></div></div>	
<div> terrasol</div> <div>setec</div>		<div>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</div>					

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil21 - RLT1-1-P21.K4P Imprimé le 26/05/2020 15:50 calculé le 26/05/2020 à 11:59 calculé le 26/05/2020 11:59

Page : 3

 K-Réa v4 v.4.0.11	AFFAIRE C18PR0012 1-P21-08		
SYNTHESE PHASAGE			
<p>Phase 4 : Phase transitoire</p> 	<p>Phase 5 : Phase transitoire</p> 	<p>Phase 6 : Phase durable</p> 	<p>Phase 7 : Phase transitoire</p> 
<p>- Excavation (côté droit) : zh [m] = 34,00</p> <p>- Action hydraulique : (droite) zw [m] = 30,40</p> <p>- Mise en place du tirant (côté gauche) : n°2 za [m] = 34,50 K [kN/m/m] = 11605 P [kN/m] = 0,00 α [°] = 15,00</p>	<p>- Excavation (côté droit) : zh [m] = 30,40</p>	<p>- Modification de la raideur de l'écran : Z1 [m] = 37,50 Z2 [m] = 21,50 EI [kNm²/m] = 426667 PP [kN/m/m] = 0,00</p> <p>- Mise en place de la liaison surfacique : (droite) n°1 z.sup [m] = 31,55 z.inf [m] = 30,55 Ks [kN/m²] = 900000 α = P.min [kN/m/m] = -1E+010 P.max [kN/m/m] = 1E+010</p> <p>- Charge trapézoïdale 1 zt [m] = 31,55 zb [m] = 30,55 α [°] = 0,00 qht [kN/m/m] = 3000,00 qhb [kN/m/m] = 3000,00</p> <p>- Application du moment linéique : n°2 z [m] = 31,00 M [kNm/m] = 252,00</p>	<p>- Modification du moment linéique : n°1 M [kNm/m] = 651,00</p> <p>- Enlèvement de la force linéique n°1</p> <p>- Application de la force linéique n°2 F [kN/m] = 353,00 α [°] = 88,00</p>
 setec	Calcul réalisé par : Geosciences Risques		

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil21 - RLT1-1-P21.K4P Imprimé le 26/05/2020 15:50 calculé le 26/05/2020 à 11:59 calculé le 26/05/2020 11:59

Page : 4

<div><div><div></div></div><div>K-Réa v4</div><div>v.4.0.11</div></div>		<div>AFFAIRE C18PR0012</div> <div>1-P21-08</div>	
<div>SYNTHESE PHASAGE</div>			
<div><div>Phase 8 : Phase transitoire</div><div><div><div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div></div></div></div>			

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lione\fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil21 - RL.T1-P21.K4P imprimé le 26/05/2020 15:50 calculé le 26/05/2020 à 11:59 calculé le 26/05/2020 11:59

Page : 5

K-Réa v4

v.4.0.11

AFFAIRE C18PR0012

1-P21-08

RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max kNm/m	Tranch. max kN/m	Rapport butées	Tirant 1 kN/m	Tirant 2 kN/m	Appui S. 1 kN/m
1	0,10	0,10	3,25	2,70	7,497	-	-	-
2	1,26	1,26	25,76	13,77	6,657	-	-	-
3	2,24	2,24	-98,00	48,37	6,534	0,00	-	-
4	6,57	6,57	152,21	63,72	5,041	78,98	0,00	-
5	9,60	12,29	-438,80	204,11	2,247	151,92	77,94	-
6	7,63	14,96	-489,23	219,64	2,214	131,23	94,88	3000,99
7	0,10	15,47	-651,00	203,44	2,238	41,90	95,95	3136,61
8	0,22	15,88	-651,00	172,57	2,316	45,58	100,68	3187,45
Extrema	9,60	15,88	-651,00	219,64	2,214	151,92	100,68	3187,45

terrasol

setec

Calcul réalisé par : Geosciences Risques


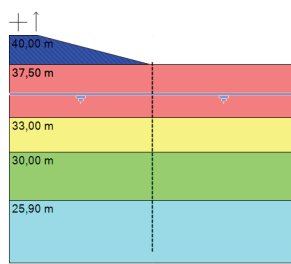
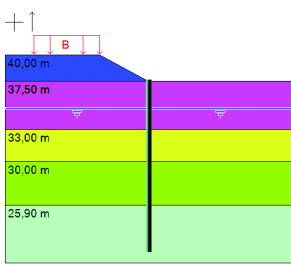
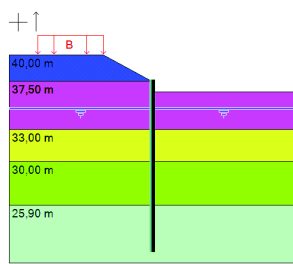
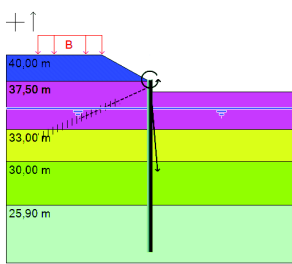

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil21 - RLT\1-P21.K4P    imprimé le 26/05/2020 15:50 calculé le 26/05/2020 à 11:59    calculé le 26/05/2020 11:59

Page : 6

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lione\fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil21 - RL.T1-P21.K4P imprimé le 26/05/2020 15:50 calculé le 26/05/2020 à 11:59 calculé le 26/05/2020 11:59


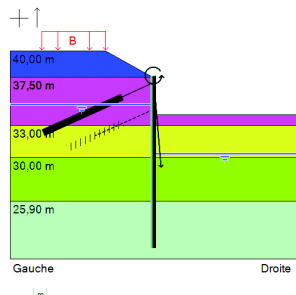
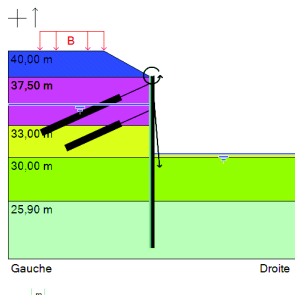
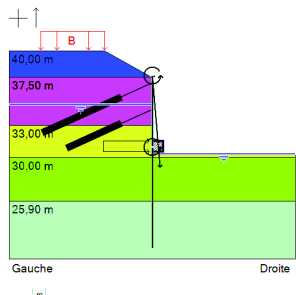

Page : 6



<div> K-Réa v4</div> <div>v.4.0.11</div>		<div>AFFAIRE C18PR0012</div> <div>1-P21-08</div>	
<div>SYNTHESE PHASAGE</div>			
<div>Phase initiale</div> <div></div> <div>Gauche Droite</div> <div>  m  </div>	<div>Phase 1 : Phase transitoire</div> <div></div> <div>Gauche Droite</div> <div>  m  </div>	<div>Phase 2 : Phase transitoire</div> <div></div> <div>Gauche Droite</div> <div>  m  </div>	<div>Phase 3 : Phase transitoire</div> <div></div> <div>Gauche Droite</div> <div>  m  </div>
<div>- Remblai (gauche) REMBLAI</div> <div>zt [m] = 40,00    <math>\phi</math> [°] = 25,00 c [kN/m²] = 0,00    <math>\phi_c</math> [kN/m²/m] = 0,000 <math>\gamma</math> [kN/m³] = 10,00    <math>\gamma</math> [kN/m³] = 20,00 kay = 0,406    kac = 1,270 kpy = 3,548    kpc = 5,160 ki = 0,727    kd = 0,727 kr = 0,727    kh [kN/m²/m] = 10841 dkh [kN/m²/m/m] = 0    pmax [kN/m/m] = 10000,00 ka,min = 0,100    Mise en place d'un talus : zt [m] = 40,00    a [m] = 7,50zh [m] = 37,50    b [m] = 0,10 oe = 1,000</div>	<div>- Options ELU (MISS):</div> <div>Surexcavation : <math>\Delta a_{gauche}</math> [m] = 0,00    <math>\Delta a_{droite}</math> [m] = 0,00 position zD du point d'effort tranchant nul : automatique</div> <div>- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°1</div> <div>z [m] = 40,00 x [m] = 7,50 oe = 1,143 L [m] = 10,00 q [kN/m/m] = 10,00</div>	<div>- Options ELU (MISS):</div> <div>Surexcavation : <math>\Delta a_{gauche}</math> [m] = 0,00    <math>\Delta a_{droite}</math> [m] = 0,00 position zD du point d'effort tranchant nul : automatique</div> <div>- Excavation (côté droit) : zh [m] = 36,50</div>	<div>- Options ELU (MISS):</div> <div>Surexcavation : <math>\Delta a_{gauche}</math> [m] = 0,00    <math>\Delta a_{droite}</math> [m] = 0,00 position zD du point d'effort tranchant nul : automatique</div> <div>- Mise en place du tirant (côté gauche) : n°1</div> <div>za [m] = 37,00 K [kN/m/m] = 19174 P [kN/m] = 0,00 <math>\alpha</math> [°] = 15,00</div> <div>- Application de la force linéique n°1</div> <div>z [m] = 37,70 F [kN/m] = 392,00 <math>\alpha</math> [°] = 84,00</div> <div>- Application du moment linéique : n°1</div> <div>z [m] = 37,70 M [kNm/m] = 98,00</div>
<div> terrasol</div> <div>setec</div>	<div>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</div>		
<div>Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil21 - RLT\1-P21.K4P</div> <div>imprimé le 26/05/2020 15:51 calculé le 26/05/2020 à 11:59</div> <div>calculé le 26/05/2020 11:59</div> <div>Page : 3</div>			

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil21 - RL\T1-P21.K4P    imprimé le 26/05/2020 15:51    calculé le 26/05/2020 à 11:59    calculé le 26/05/2020 11:59

Page : 3

 <div>K-Réa v4</div> <div>v.4.0.11</div>	<div>AFFAIRE C18PR0012</div> <div>1-P21-08</div>		
<div>SYNTHESE PHASAGE</div>			
<div>Phase 4 : Phase transitoire</div> <div></div> <div>Gauche Droite</div> <div>  m  </div>	<div>Phase 5 : Phase transitoire</div> <div></div> <div>Gauche Droite</div> <div>  m  </div>	<div>Phase 6 : Phase durable</div> <div></div> <div>Gauche Droite</div> <div>  m  </div>	
<div><div>- Options ELU (MISS):</div><div>Surexcavation : <math>\Delta a_{gauche}</math> [m] = 0,00    <math>\Delta a_{droite}</math> [m] = 0,00 position zD du point d'effort tranchant nul : automatique</div><div>- Excavation (côté droit) : zh [m] = 34,00</div><div>- Action hydraulique : (droite) zw [m] = 30,40</div><div>- Mise en place du tirant (côté gauche) : n°2 za [m] = 34,50 K [kN/m/m] = 11605 P [kN/m] = 0,00 <math>\alpha</math> [°] = 15,00</div></div>	<div><div>- Options ELU (MISS):</div><div>Surexcavation : <math>\Delta a_{gauche}</math> [m] = 0,00    <math>\Delta a_{droite}</math> [m] = 0,00 position zD du point d'effort tranchant nul : automatique</div><div>- Excavation (côté droit) : zh [m] = 30,40</div></div>	<div><div>- Options ELU (MISS):</div><div>Surexcavation : <math>\Delta a_{gauche}</math> [m] = 0,00    <math>\Delta a_{droite}</math> [m] = 0,00 position zD du point d'effort tranchant nul : automatique</div><div>- Modification de la raideur de l'écran : Z1 [m] = 37,50 Z2 [m] = 21,50 EI [kNm²/m] = 426667 PP [kN/m/m] = 0,00</div><div>- Mise en place de la liaison surfacique : (droite) n°1 z.sup [m] = 31,55 z.inf [m] = 30,55 Ks [kN/m²] = 900000 <math>\alpha</math> - P.min [kN/m/m] = -1E+010 P.max [kN/m/m] = 1E+010</div><div>- Charge trapézoïdale 1 zt [m] = 31,55 zb [m] = 30,55 <math>\alpha</math> [°] = 0,00 qht [kN/m/m] = 3000,00 qhb [kN/m/m] = 3000,00</div></div>	<div><div>- Application du moment linéique : n°2</div><div>z [m] = 31,00 M [kNm/m] = 252,00</div></div>
<div><div>terrasol</div><div>setec</div></div>	<div>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</div>		
<div>Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil21 - RLT1-P21.K4P    imprimé le 26/05/2020 15:51    calculé le 26/05/2020 à 11:59    calculé le 26/05/2020 11:59</div>			
<div>Page : 4</div>			

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil21 - RL\T1-P21.K4P    imprimé le 26/05/2020 15:51    calculé le 26/05/2020 à 11:59    calculé le 26/05/2020 11:59

Page : 4

<div><div><div></div><div>K-Réa v4</div><div>v.4.0.11</div></div></div>		<div>AFFAIRE C18PR0012</div> <div>1-P21-08</div>	
<div>SYNTHESE PHASAGE</div>			
<div>Phase 7 : Phase transitoire</div> <div><div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div></div>			

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lione\fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil21 - RL\T1-P21-K4P imprimé le 26/05/2020 15:51 calculé le 26/05/2020 à 11:59 calculé le 26/05/2020 11:59

Page : 5

K-Réa v4

v.4.0.11

AFFAIRE C18PR0012

1-P21-08

RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Type Vérif.	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Tirant 1 kN/m	Tirant 2 kN/m	Appui S. 1 kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
1	MISS	0,10	0,10	4,39	3,65	-	-	-	OK	-0,58	OK
2	MISS	1,26	1,26	34,77	18,58	-	-	-	OK	-3,63	OK
3	MISS	2,24	2,24	-132,30	65,29	0,00	-	-	OK	522,39	OK
4	MISS	6,57	6,57	205,49	86,03	106,63	0,00	-	OK	496,42	OK
5	MISS	9,60	12,29	-592,38	275,54	205,09	105,22	-	OK	412,70	Non OK
6	MISS	7,63	14,96	-660,45	296,51	177,16	128,09	4051,34	OK	397,40	Non OK
7	MISS	0,10	15,47	-878,85	274,64	56,57	129,53	4234,43	OK	290,77	OK
8	MISS	0,22	15,88	-878,85	232,97	61,53	135,92	4303,05	OK	302,54	OK
Extrema	-	9,60	15,88	-878,85	296,51	205,09	135,92	4303,05	-	-	-

terrasol



setec

Calcul réalisé par : Geosciences Risques

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lione\fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil21 - RL\T1-P21-K4P imprimé le 26/05/2020 15:51 calculé le 26/05/2020 à 11:59 calculé le 26/05/2020 11:59



Page : 6



<div><div>K-Réa v4</div><div>v.4.0.11</div></div>		<div>AFFAIRE C18PR0012</div>	
		<div>1-P21-08</div>	
<div>Vérifications</div>			
<div><div>PHASE 6 - Durable</div><div>L'écran est considéré ancré.</div><div>La butée pour cette phase est considérée à droite.</div><div>Vérification du défaut de butée :</div><div>Butée mobilisée :<div><div>Valeur caractéristique : Bt,k = 996,29 kN/m</div><div>Valeur de calcul : Bt,d = 1344,99 kN/m</div></div><div>Butée mobilisable :<div><div>Valeur caractéristique : Bm,k = 2205,60 kN/m</div><div>Valeur de calcul : Bm,d = 1575,43 kN/m</div></div></div><div>Bt,d &lt; Bm,d</div><div>Le défaut de butée est justifié pour cette phase.</div><div>Vérification de l'équilibre vertical :</div><div>Poids propre P de la palplanche :<div>Pd = 0,00 kN/m</div></div><div>Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :<div>Pv,d = -207,90 kN/m</div></div><div>Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :<div>Tv,d = 79,00 kN/m</div></div><div>Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" appliquées sur la hauteur de l'écran :<div>Fv,d = 526,30 kN/m</div><div>Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.</div></div><div>Résultante ELU des efforts verticaux :<div>Rv,d = 397,40 kN/m</div></div><div>Charge verticale ELU de 397,40 kN/m à transmettre en pied de l'écran.</div><div>Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.</div><div>Vérification du massif d'ancrage :</div><div>Liste des situations étudiées :<div><div>Situation n° 1 : Nb de tirants : 2; Tref,d = 286,58 kN/m; Tdsb,d = 159,49 kN/m</div><div>Situation n° 2 : Nb de tirants : 2; Tref,d = 250,74 kN/m; Tdsb,d = 176,47 kN/m</div></div><div>KO</div><div>KO</div></div><div>La stabilité du massif d'ancrage n'est pas justifiée pour cette phase.</div></div></div>		<div><div>Bt,d &lt; Bm,d</div><div>Le défaut de butée est justifié pour cette phase.</div><div>Vérification de l'équilibre vertical :</div><div>Poids propre P de la palplanche :<div>Pd = 0,00 kN/m</div></div><div>Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :<div>Pv,d = -233,65 kN/m</div></div><div>Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :<div>Tv,d = 48,16 kN/m</div></div><div>Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" appliquées sur la hauteur de l'écran :<div>Fv,d = 476,26 kN/m</div><div>Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.</div></div><div>Résultante ELU des efforts verticaux :<div>Rv,d = 290,77 kN/m</div></div><div>Charge verticale ELU de 290,77 kN/m à transmettre en pied de l'écran.</div><div>Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.</div><div>Vérification du massif d'ancrage :</div><div>Liste des situations étudiées :<div><div>Situation n° 1 : Nb de tirants : 2; Tref,d = 167,15 kN/m; Tdsb,d = 226,68 kN/m</div><div>Situation n° 2 : Nb de tirants : 2; Tref,d = 168,69 kN/m; Tdsb,d = 243,97 kN/m</div></div><div>OK</div><div>OK</div></div><div>La stabilité du massif d'ancrages est justifiée pour cette phase.</div></div>	
<div><div>PHASE 7 - Transitoire</div><div>L'écran est considéré ancré.</div><div>La butée pour cette phase est considérée à droite.</div><div>Vérification du défaut de butée :</div><div>Butée mobilisée :<div><div>Valeur caractéristique : Bt,k = 985,73 kN/m</div><div>Valeur de calcul : Bt,d = 1330,74 kN/m</div></div><div>Butée mobilisable :<div><div>Valeur caractéristique : Bm,k = 2205,60 kN/m</div><div>Valeur de calcul : Bm,d = 2005,09 kN/m</div></div></div></div></div>			
<div><div>terrasol</div><div>setec</div></div>		<div>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</div>	

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lione1.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil21 - RL\T1-1-P21.K4P    imprimé le 26/05/2020 15:51    calculé le 26/05/2020 à 11:59    calculé le 26/05/2020 11:59

Page : 9

 K-Réa v4 v.4.0.11	AFFAIRE C18PR0012	
	1-P21-08	
Vérifications		
<div>Résultante ELU des efforts verticaux : Rv,d = 302,54 kN/m Charge verticale ELU de 302,54 kN/m à transmettre en pied de l'écran. Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie. Vérification du massif d'ancrage : Liste des situations étudiées : Situation n° 1 : Nb de tirants : 2; Tref,d = 177,66 kN/m; Tdsb,d = 252,42 kN/m OK Situation n° 2 : Nb de tirants : 2; Tref,d = 178,52 kN/m; Tdsb,d = 269,96 kN/m OK La stabilité du massif d'ancrages est justifiée pour cette phase.</div>		
 terrasol setec	Calcul réalisé par : Geosciences Risques	

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lione1.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil21 - RL\T1-1-P21.K4P    imprimé le 26/05/2020 15:51    calculé le 26/05/2020 à 11:59    calculé le 26/05/2020 11:59

Page : 10

### GENERALITES :

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m²	Niveau phréatique :	35,00 m
Poids volumique de l'eau :	10,00 kN/m³	Nombre d'itérations par phase de calcul :	100
Pas de calcul :	0,02 m	Prise en compte moments 2 ordre :	non
Définition du projet :	Cotes		

### CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

Couche	z [ m ]	γ [ kN/m³ ]	γ' [ kN/m³ ]	φ [ ° ]	c [ kN/m² ]	dc [ kN/m²/m ]	k0	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [ kN/m³/m ]	dkh [ kN/m³/m/m ]	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max [ kN/m ]
REMBLAI	38,00	20,00	10,00	25,00	0,00	0,000	0,577	0,349	3,536	0,577	0,577	0,000	0,000	14454	0	0,660	-0,660	0,100	10000,00
ALLUVIONS ANCIENNES	32,30	18,00	8,00	35,00	0,00	0,000	0,426	0,227	7,301	0,426	0,426	0,000	0,000	71428	0	0,660	-0,660	0,100	10000,00
SAINT-OUEN	26,10	18,00	9,00	30,00	15,00	0,000	0,500	0,283	4,959	0,500	0,500	1,237	6,271	46338	0	0,660	-0,660	0,100	10000,00

### CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [ m ]	EI [ kNm <sup>2</sup> /m ]	W [ kN/m/m ]
1	23.10	360000	0.00

Cote de la tête de l'écran : $z_0 =$	38.00 m
--------------------------------------	---------



TIRANT	Phase	za [ m ]	K [ kN/m/m ]	P [ kN/m ]	$\alpha$ [ ° ]	Lu [ m ]	Ls [ m ]
1	3	37.00	8167	0.00	15.00	13.50	13.00

SURCHARGE BOUSSINESQ	Phase	z [ m ]	x [ m ]	L [ m ]	q [ kN/m/m ]
1	1	39.50	5.50	10.00	10.00

CHARGES TRAPEZOIDALES	Phase	zt [ m ]	zb [ m ]	qht [ kN/m/m ]	qhb [ kN/m/m ]	$\alpha$ [ ° ]
1	6	33.05	32.05	3000.00	3000.00	0.00

APPUI SURFACIQUE	Phase	z,inf [ m ]	z,sup [ m ]	Rs [ kN/m² ]	ps [ kN/m/m ]
1	5	32.05	33.05	900000	0





kd = 0,500	kpy = 4,959
kac = 1,237	kr = 0,500
pmax [kN/m/m] = 10000,00	kpc = 6,271
dkh [kN/m <sup>2</sup> /m/m] = 0	kh [kN/m <sup>2</sup> /m] = 58383
- Redéfinition de la couche : ALLUVIONS_ANCIENNES	
sur couche gauche et droite	
φ [°] = 35,00	c [kN/m <sup>2</sup> ] = 0,00
δa/φ = 0,660	δp/φ = -0,660
k <sub>0</sub> = 0,426	kav = 0,227
k <sub>a,min</sub> = 0,100	kpy = 7,301
kd = 0,426	kr = 0,426
kac = 0,000	kpc = 0,000
pmax [kN/m/m] = 10000,00	kh [kN/m <sup>2</sup> /m] = 89994
pmax [kN/m <sup>2</sup> /m] = 0	




Calcul réalisé par : Geosciences Risques

## RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max kNm/m	Tranch. max kN/m	Rapport butées	Tirant 1 kN/m	Appui S. 1 kN/m
1	0,08	0,08	1,96	2,42	9,627	-	-
2	2,22	2,22	28,35	16,39	8,087	-	-
3	2,22	2,22	28,35	16,39	8,087	0,00	-
4	15,63	15,63	240,98	135,99	2,877	104,96	-
5	14,75	14,75	138,78	-81,26	3,002	100,95	82,35
6	14,98	16,60	197,06	135,12	2,867	109,81	2998,45
7	14,98	16,60	197,06	135,12	2,867	109,81	2998,45
Extrema	15,63	16,60	240,98	135,99	2,867	109,81	2998,45



Calcul réalisé par : Geosciences Risques



v.4.0.11

AFFAIRE C18PR0012

2-P25-060

DONNEES

GENERALITES :

Système d'unités :

Métrique, kN, kN/m²

Niveau phréatique :

35,00 m

Poids volumique de l'eau :

10,00 kN/m³

Nombre d'itérations par phase de calcul :

100

Pas de calcul :

0,02 m

Prise en compte moments 2 ordre :

non

Définition du projet :

Cotes

CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :


Couche	z	γ	γ'	φ	c	dc	k0	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh	dkh	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max
[ m ]	[ kN/m³ ]	[ kN/m² ]	[ ° ]	[ kN/m² ]	[ kN/m² ]	[ kN/m²/m ]								[ kN/m²/m ]	[ kN/m²/m/m ]				[ kN/m/m ]
REMBLAI	38,00	20,00	10,00	25,00	0,00	0,000	0,577	0,349	3,536	0,577	0,577	0,000	0,000	14454	0	0,660	-0,660	0,100	10000,00
ALLUVIONS ANCIENNES	32,30	18,00	8,00	35,00	0,00	0,000	0,426	0,227	7,301	0,426	0,426	0,000	0,000	71428	0	0,660	-0,660	0,100	10000,00
SAINT-QUEN	26,10	19,00	9,00	30,00	15,00	0,000	0,500	0,283	4,959	0,500	0,500	1,237	6,271	46338	0	0,660	-0,660	0,100	10000,00

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base	EI	W
[ m ]	[ kNm²/m ]	[ kNm/m ]	[ kNm/m ]
1	23,10	360000	0,00

Cote de la tête de l'écran : z0 =

38,00 m




Calcul réalisé par : Geosciences Risques

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil25\2-P25- zone courante.K4P

imprimé le 26/05/2020 15:57 calculé le 11/12/2019 à 17:38

calculé le 11/12/2019 17:38

Page : 1



v.4.0.11

AFFAIRE C18PR0012

2-P25-060


DONNEES

TIRANT	Phase	za	K	P	α	Lu	Ls
[ m ]		[ m ]	[ kN/m/m ]	[ kN/m ]	[ ° ]	[ m ]	[ m ]
1	3	37,00	8167	0,00	15,00	13,50	13,00

SURCHARGE BOUSSINESQ	Phase	z	x	L	q
[ m ]		[ m ]	[ m ]	[ m ]	[ kN/m/m ]
1	1	39,50	5,50	10,00	10,00

CHARGES TRAPEZOIDALES	Phase	zt	zb	qht	qhb	α
[ m ]		[ m ]	[ m ]	[ kN/m/m ]	[ kN/m/m ]	[ ° ]
1	6	33,05	32,05	3000,00	3000,00	0,00

APPUI SURFACIQUE	Phase	z,inf	z,sup	Rs	ps
[ m ]		[ m ]	[ m ]	[ kN/m² ]	[ kN/m/m ]
1	5	32,05	33,05	900000	0




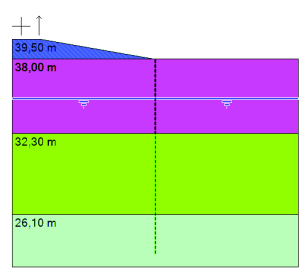
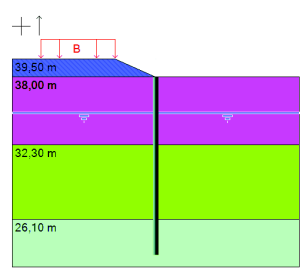

Calcul réalisé par : Geosciences Risques

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lionel.fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil25\2-P25- zone courante.K4P

imprimé le 26/05/2020 15:57 calculé le 11/12/2019 à 17:38

calculé le 11/12/2019 17:38

Page : 2


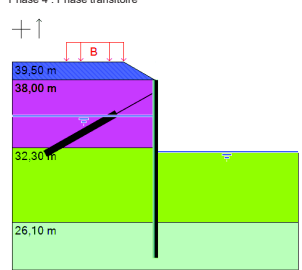
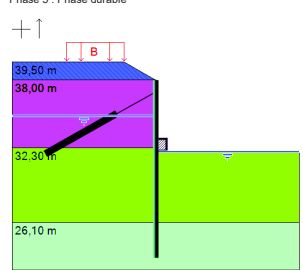

 v.4.0.11	<b>AFFAIRE C18PR0012</b> <b>2-P25-060</b>
<b>SYNTHESE PHASAGE</b>	
<p>Phase initiale</p>  <p>Gauche Droite</p> <p>  m  </p>	<p>Phase 1 : Phase transitoire</p>  <p>Gauche Droite</p> <p>  m  </p>
<p>- Remblai (gauche) REMBLAI</p> <p>zt [m] = 39.50      <math>\phi</math> [°] = 25.00  c [kN/m²] = 0.00      <math>\delta c</math> [kN/m²/m] = 0.000  <math>\gamma</math> [kN/m³] = 10.00      <math>\gamma</math> [kN/m³] = 20.00  kay = 0.406      kac = 1.270  kpy = 3.548      kpc = 5.160  ki = 0.727      kd = 0.727  kr = 0.727      kh [kN/m²/m] = 10841  dkh [kN/m²/m/m] = 0      pmax [kN/m/m] = 10000.00  ka,min = 0.100      Mise en place d'un talus :  zt [m] = 39.50      a [m] = 5.50      zh [m] = 38.00      b [m] = 0.10  oe = 1.000</p>	<p>- Options ELU (MISS):</p> <p>Surexcavation :  <math>\Delta a_{gauche}</math> [m] = 0.00      <math>\Delta a_{droite}</math> [m] = 0.00  position zD du point d'effort tranchant nul : automatique</p> <p>- Surcharge de Boussinesq (côté gauche) : n°1</p> <p>z [m] = 39.50  x [m] = 5.50  oe = 1.143  L [m] = 10.00  q [kN/m/m] = 10.00</p>
 setec	<p>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</p>

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lione\fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil25\2-P25- zone courante.K4P

imprimé le 26/05/2020 15:57 calculé le 11/12/2019 à 17:38

calculé le 11/12/2019 17:38

Page : 3

 v.4.0.11	<b>AFFAIRE C18PR0012</b> <b>2-P25-060</b>
<b>SYNTHESE PHASAGE</b>	
<p>Phase 4 : Phase transitoire</p>  <p>Gauche Droite</p> <p>  m  </p>	<p>Phase 5 : Phase durable</p>  <p>Gauche Droite</p> <p>  m  </p>
<p>- Options ELU (MISS):</p> <p>Surexcavation :  <math>\Delta a_{gauche}</math> [m] = 0.00      <math>\Delta a_{droite}</math> [m] = 0.00  position zD du point d'effort tranchant nul : automatique</p> <p>- Excavation (côté droit) :  zh [m] = 32.00</p> <p>- Action hydraulique : (droite)  zw [m] = 32.00</p>	<p>- Options ELU (MISS):</p> <p>Surexcavation :  <math>\Delta a_{gauche}</math> [m] = 0.00      <math>\Delta a_{droite}</math> [m] = 0.00  position zD du point d'effort tranchant nul : automatique</p> <p>- Modification de la raideur de l'écran :  Z1 [m] = 38.00  Z2 [m] = 23.10  EI [kNm²/m] = 180000  PP [kN/m/m] = 0.00</p> <p>- Mise en place de la liaison surfacique : (droite) n°1</p> <p>z.sup [m] = 33.05  z.inf [m] = 32.05  Ks [kN/m²] = 900000  <math>\alpha</math> =  P.min [kN/m/m] = -1E+010  P.max [kN/m/m] = 1E+010</p>
 setec	<p>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</p>

Fichier de sauvegarde : C:\Users\lione\fix\Desktop\travail en cours\calculs KREA\profil25\2-P25- zone courante.K4P



imprimé le 26/05/2020 15:57 calculé le 11/12/2019 à 17:38

calculé le 11/12/2019 17:38

Page : 4





<div> K-Réa v4</div> <div>v.4.0.11</div>		<div>AFFAIRE C18PR0012</div> <div>2-P25-060</div>	
<div>Vérifications</div>			
<div>L'écran est considéré ancré.</div> <div>La butée pour cette phase est considérée à droite.</div> <div>Vérification du défaut de butée :</div> <div><div>Butée mobilisée :</div><div><div>Valeur caractéristique : <math>Bt,k = 767,98 \text{ kN/m}</math></div><div>Valeur de calcul : <math>Bt,d = 1036,78 \text{ kN/m}</math></div></div><div>Butée mobilisable :</div><div><div>Valeur caractéristique : <math>Bm,k = 2201,82 \text{ kN/m}</math></div><div>Valeur de calcul : <math>Bm,d = 2001,65 \text{ kN/m}</math></div></div></div> <div><math>Bt,d &lt; Bm,d</math></div> <div>Le défaut de butée est justifié pour cette phase.</div> <div>Vérification de l'équilibre vertical :</div> <div><div>Poids propre P de la palplanche :</div><div><math>Pd = 0,00 \text{ kN/m}</math></div><div>Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :</div><div><math>Pv,d = -135,78 \text{ kN/m}</math></div><div>Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :</div><div><math>Tv,d = 38,37 \text{ kN/m}</math></div><div>Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" appliquées sur la hauteur de l'écran :</div><div><math>Fv,d = 0,00 \text{ kN/m}</math></div><div><math>Yq</math> = valeur dépendant de la nature de chaque action.</div><div>Résultante ELU des efforts verticaux :</div><div><math>Rv,d = -97,41 \text{ kN/m}</math></div></div> <div>Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 97,41 kN/m vers le haut.</div> <div>Vérification du massif d'ancrage :</div> <div><div>Liste des situations étudiées :</div><div>Situation n° 1 : Nb de tirants : 1; Tref,d = 148,24 kN/m; Tdsb,d = 340,79 kN/m</div><div>OK</div></div> <div>La stabilité du massif d'ancrages est justifiée pour cette phase.</div>		<div>Poids propre P de la palplanche :</div> <div><math>Pd = 0,00 \text{ kN/m}</math></div> <div>Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :</div> <div><math>Pv,d = -135,78 \text{ kN/m}</math></div> <div>Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :</div> <div><math>Tv,d = 38,37 \text{ kN/m}</math></div> <div>Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" appliquées sur la hauteur de l'écran :</div> <div><math>Fv,d = 0,00 \text{ kN/m}</math></div> <div><math>Yq</math> = valeur dépendant de la nature de chaque action.</div> <div>Résultante ELU des efforts verticaux :</div> <div><math>Rv,d = -97,41 \text{ kN/m}</math></div> <div>Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 97,41 kN/m vers le haut.</div> <div>Vérification du massif d'ancrage :</div> <div><div>Liste des situations étudiées :</div><div>Situation n° 1 : Nb de tirants : 1; Tref,d = 148,24 kN/m; Tdsb,d = 340,79 kN/m</div><div>OK</div></div> <div>La stabilité du massif d'ancrages est justifiée pour cette phase.</div>	
<div><div> terrasol</div><div>setec</div></div>		<div>Calcul réalisé par : Geosciences Risques</div>	