



AGENCE NORD | Parc d'activité de la Broye - 59710 Ennevelin

☎ 03 20 16 88 98

☎ 03 20 16 88 99

✉ contact-nord@geomeca.fr

www.geomeca.fr



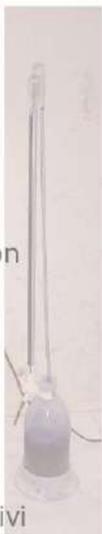
contrôle



diagnostic

analyses

supervision



suiwi

GROUPE DESLOG

COMMUNE DE CALAIS (62)

Zac de la Turquerie
Rue du Beau Marais

Projet de construction d'un entrepôt

Etude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-Projet (AVP)

Référence	Date	Version	Total p.
23-164	14/04/2023	1	98

Suivi des modifications

Version	Rédacteur	Relecteur	Date	Chapitres modifiés	Commentaires
1	M. GIBON	M. SOUQUIERE	14/04/2023	-	-

- SOMMAIRE -

1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE NOTRE MISSION	4
1.1 Description de la mission selon la norme NF P 94-500.....	4
1.2 Objet du marché.....	4
2. CONTEXTE DE L'ÉTUDE	5
2.1 Données générales	5
2.2 Contexte géologique.....	6
2.3 Contexte hydrogéologique	7
2.4 Description du site.....	7
2.5 Données du projet	10
3. INVESTIGATIONS GÉOTECHNIQUES.....	12
3.1 Programme de reconnaissance et essais in-situ.....	12
3.1 Cotes de référence.....	12
3.2 Analyses au laboratoire.....	14
4. ANALYSE DES RISQUES NATURELS DU SITE	15
4.1 Inondation	15
4.2 Sismicité.....	15
4.3 Retrait-gonflement des argiles.....	16
5. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS GÉOTECHNIQUES	17
5.1 Lithologie rencontrée	17
5.2 Hydrologie-Hydrogéologie	20
5.3 Résultats des analyses au laboratoire.....	22
5.3.1 Teneur en eau naturelle.....	22
5.3.2 Classification GTR.....	23
5.3.3 Agressivité des sols vis-à-vis du béton	23
5.3.4 Teneur en matière organique	24
5.4 Résultats des essais in-situ	25
5.4.1 Essais pressiométriques	25
5.4.1.1 Examen des pressiogrammes	25
5.4.1.2 Interprétation des pressiogrammes	26
5.4.2 Essai de pénétration statique (CPT)	26
5.4.2.1 Examen des essais	26
5.4.2.2 Commentaire des essais.....	27
5.4.3 Analyse des essais de perméabilité.....	27
6. ETUDE DES PARAMETRES SISMIQUES	28
6.1 Classe de sol selon l'Eurocode 8 (NF EN 1998-5).....	28
6.2 Données sismiques	28
6.3 Analyse du potentiel de liquéfaction des sols selon l'Eurocode 8 (NF EN 1998-5).....	28
7. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DE FONDATION	29
8. VOIRIES.....	35

8.1	Terrassement.....	35
8.2	Généralités sur la structure d'une voirie	35
8.3	Plateforme supérieure de terrassement (PST) – Arase (AR).....	36
8.4	Couche de forme.....	38
8.5	Réutilisation des matériaux en couche de forme	40
8.6	Objectifs de portance de la couche de forme	40
8.7	Structure de voirie	41
8.8	Remarques particulières.....	41
9.	RECOMMANDATIONS	42
10.	ANNEXES.....	44
10.1	Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en 2013 Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique	44
10.2	Plan d'implantation des sondages	48
10.3	Coupes lithologiques et essais pressiométriques	49
10.4	Essais de perméabilité.....	79
10.5	Essais de pénétration statique	84

1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE NOTRE MISSION

1.1 Description de la mission selon la norme NF P 94-500

Selon la norme NF P 94-500 définissant les missions d'ingénierie géotechnique et leur enchaînement, il nous a été confiée une mission d'étude géotechnique de conception, phase Avant-projet (G2 AVP).

Cette étude a pour but de :

- Déterminer la géologie générale, la nature des terrains en place et leurs caractéristiques géomécaniques ;
- Fournir et commenter les résultats des essais in-situ et en laboratoire ;
- Déterminer les spécificités géotechniques du site ;
- Déterminer les types de fondations à mettre en œuvre et leurs niveaux d'assises ;
- Déterminer les contraintes du sol (ELS, ELU) ;
- Estimer les tassements (fondations superficielles) ;
- Proposer des exemples de structure de voiries ;
- Donner des dispositions constructives générales.

1.2 Objet du marché

Le projet prévoit la construction d'un entrepôt au niveau d'une partie des parcelles cadastrales n° 0156 et 0045, situées ZAC de la Turquerie, rue du Beau Marais sur la commune de CALAIS, dans le département du Pas-de-Calais (62).



Extrait de la vue aérienne (Source : <https://www.geoportail.gouv.fr/>)



Extrait de la vue aérienne avec travaux prévisionnels de voirie (source : Consultation Etudes des sols)

2. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

2.1 Données générales

Pour cette étude, le document suivant nous a été fourni par la maîtrise d'ouvrage :

- Consultation Etudes de sols établie par DEMBO ING en date du 17 novembre 2021.

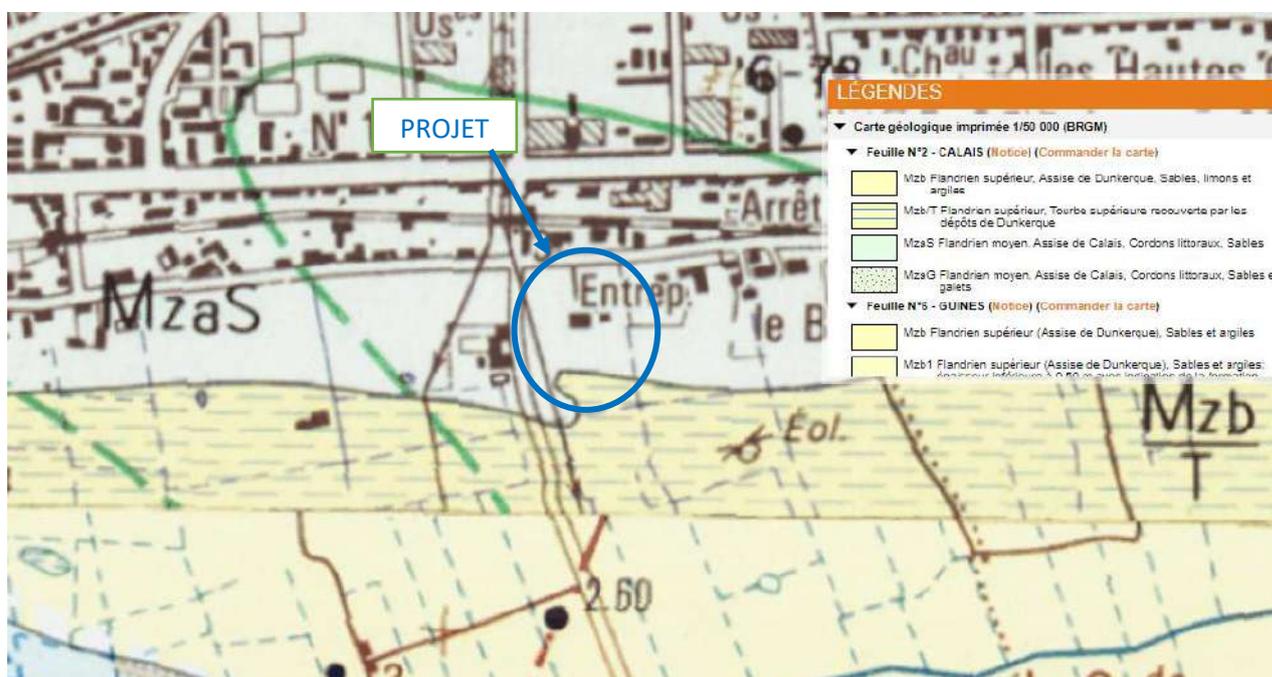
Les intervenants sont :

Maîtrise d'ouvrage Client	GRUPE DESLOG Route de Coudekerque 59 229 TETEGHEM
Maîtrise d'œuvre	 SAS DEMBO-ING 396 Quai de la Loire 62 100 CALAIS
Bureau d'études géotechniques	 GEOMECA P.A. de la Broye 59 710 ENNEVELIN

2.2 Contexte géologique

D'après la carte géologique de CALAIS éditée par le BRGM, la succession géologique attendue au droit du site est la suivante :

- **Tourbe supérieure (Mzb/T)**. La tourbe supérieure (dite de surface) est l'unité supérieure d'un complexe constitué par plusieurs couches de tourbe séparées par des niveaux limono-argileux ;
- **Assise de Calais (MzaS)**. Masse des sables et galets des Pierrette et de sables gris bleu (sables pissards) ;
- **Argile des Flandres de l'Yprésien (e3)**. Argile plastique, parfois sableuse et glauconieuse, de teinte gris verdâtre à gris bleuté.



Extrait de la carte géologique (Source : <https://infoterre.brgm.fr>)

2.3 Contexte hydrogéologique

L'hydrogéologie est un paramètre important dans le cadre de notre étude. La présence d'une nappe peu profonde au droit du projet peut avoir une influence importante sur le dimensionnement des fondations ainsi que sur la gestion des travaux.

D'après la notice de la carte géologique et notre connaissance des sols dans ce secteur, la nappe des sables est très proche du terrain naturel, voire sub-affleurante.

A noter la présence, au droit du site, de fossés remplis d'eau.

2.4 Description du site

Au jour de notre intervention (du 02/03/2023 au 12/04/2023), le site d'étude est actuellement un ancien terrain agricole, libre de toute construction, situé à l'angle de la rue du beau Marais et rue de Judée.



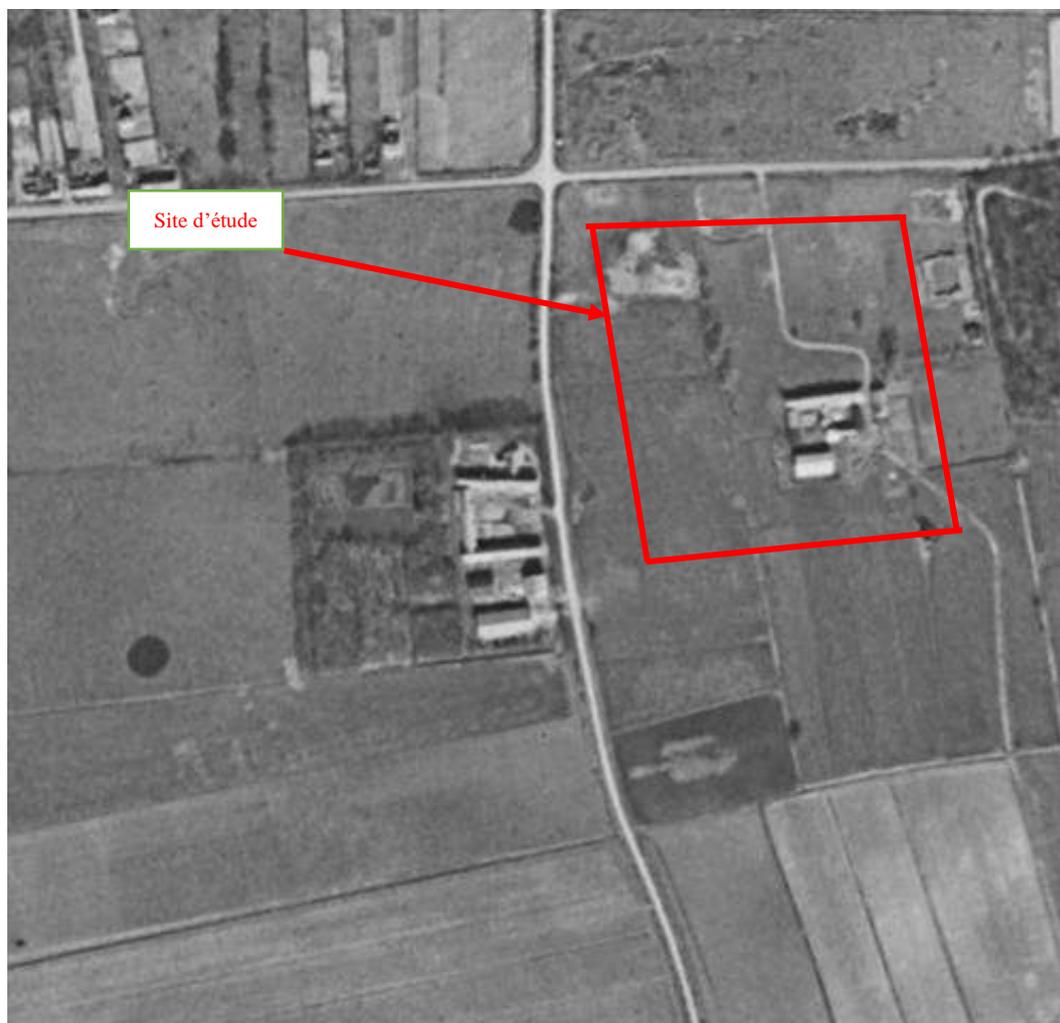
Vue aérienne sur fond cadastral (avec schématisation de l'emprise du projet)

Le site semble relativement plat. Son altitude varie d'environ 2.0 m à 3.5 m NGF au droit du site d'après la carte IGN. Aucun incident topographique majeur n'était visible lors de notre intervention. Toutefois les légères dépressions correspondaient à des zones marécageuses et des fossés de drainage.



Photographie aérienne du site et profil altimétrique (Source : <https://www.geoportail.gouv.fr>)

Notons également qu'aucune information ne nous a été transmise sur l'historique du site. Dans les années 1950, des terrains agricoles et une ferme étaient présentes sur le site.



Photographie aérienne ancienne (source : <https://www.geoportail.gouv.fr>)

2.5 Données du projet

Le projet prévoit la construction d'un entrepôt d'environ 11 000 m², et d'une hauteur d'environ 12 m.

Cet entrepôt sera associé à des quais de desserte.

Son ossature sera, a priori, constituée par des portiques en charpente béton.

La sollicitation d'exploitation sur les dallages est fixée, au stade « Avant-Projet », à 5 t/m², avec racks (6 tonnes par pieds de racks).

Il est également envisagé des zones de stockage extérieur en béton (surcharge de stockage de 5 t/m², avec passage de chargeuses).

Des voiries lourdes et légères ainsi que des parkings (VL et PL) seront aménagés.

La figure suivante (présentée en annexe p. 48) constitue le plan de masse fourni par la maîtrise d'ouvrage.



Extrait du plan de masse

Aucun des ouvrages projetés ne sera construit en mitoyenneté directe d'un bâtiment existant.

Nous n'avons pas d'informations concernant la cote du niveau bas du RdC du projet.

Au stade « Avant-Projet » de l'étude, les descentes de charges de la structure ne nous ont pas été communiquées, cette étude conservera un caractère général.

Elle devra être affinée dans le cadre d'une mission G2 phase PRO.

3. INVESTIGATIONS GÉOTECHNIQUES

3.1 Programme de reconnaissance et essais in-situ

Les travaux sur le terrain ont consisté en la réalisation de :

- 10 fouilles de reconnaissance géologiques à la pelle mécanique (**F1 à F10**) descendues à 2,5 m/TN ;
- 2 piézomètres de 5 m/TN, avec suivi mensuel sur 1 an (**PZ1 et PZ2**) ;
- 5 sondages pressiométriques (**PR2 à PR6**) descendus à 16,0 m/TN avec prélèvements d'échantillons remaniés et essais pressiométriques tous les mètres jusque 3,0 m puis tous les 1,5 m jusqu'à la base des sondages, soit un total de 55 essais ;
- 5 essais de perméabilité de type « à la fosse » (**EP1 à EP5**), descendus entre 0,5 m et 1,0 m ;
- 15 sondages au pénétromètre statique (**PS1 à PS15**), descendus entre 2,75 m et 6,38 m (niveaux de refus) ;
- 15 sondages géologiques (**S1 à S15**), en étalonnage des sondages au pénétromètre statique, descendus entre 2 m et 3 m de profondeur/TN avec prélèvements d'échantillons remaniés.

Ces investigations sont reportées sur le plan d'implantation présenté en annexe (p. 48).

Un relevé du niveau d'eau a également été réalisé dans l'ensemble des sondages.

Nota : Compte tenu de la très mauvaise traficabilité du site (terrain localement gorgée d'eau, nappe affleurante), le sondage pressiométrique PR1, initialement prévu dans notre proposition financière, a été remplacé par le sondage géologique et le sondage pénétrométrique S14-PS14.

Par ailleurs, un sondage géologique et un sondage pénétrométrique supplémentaires (désignés S15-P15) ont également été réalisés au droit du site d'étude.

3.1 Cotes de référence

Les sondages ont été réalisés depuis le niveau du terrain naturel au moment de nos investigations, les profondeurs sont données par rapport à ce référentiel (en m/TN).

Les têtes de sondages ont été nivelées avec un système GPS portatif « LEYCA C815 ».

Les altimétries, appartenant au référentiel IGN69 NGF, sont reportées dans le tableau suivant :

Sondage	Type	Altitude (m NGF)
PR2	Sondage géologique pressiométrique	3.2
PR3		2.8
PR4		3.0
PR5		3.4
PR6		2.7
F1		Fouille de reconnaissance géologique
F2	3.0	
F3	3.6	
F4	3.6	
F5	3.7	
F6	2.0	
F7	2.0	
F8	2.4	
F9	2.0	
F10	2.3	
S1-PS1	Essai au pénétromètre statique associé à un sondage géologique d'étalonnage	2.5
S2-PS2		2.5
S3-PS3		2.9
S4-PS4		1.6
S5-PS5		1.9
S6-PS6		2.4
S7-PS7		2.5
S8-PS8		2.9
S9-PS9		3.0
S10-PS10		3.4
S11-PS11		3.5
S12-PS12		2.8
S13-PS13		2.4
S14-PS14		2.2
S15-PS15		2.2
PZ1	Piézomètre	2.3
PZ2		3.4
EP1	Essai de perméabilité type « à la fosse »	3.1
EP2		3.4
EP3		2.3
EP4		2.1
EP5		2.1

3.2 Analyses au laboratoire

Les prélèvements d'échantillons remaniés ont fait l'objet d'identification en laboratoire, à savoir :

- 33 mesures de la teneur en eau naturelle ;
- 4 GTR ;
- 8 mesures de la teneur en matière organique ;
- 3 déterminations de la classe d'agressivité des sols vis-à-vis des bétons.

4. ANALYSE DES RISQUES NATURELS DU SITE

Nous présentons ici une synthèse des risques naturels recensés au droit de la parcelle par le BRGM (Sources : infoterre.brgm.fr et www.georisques.gouv.fr).

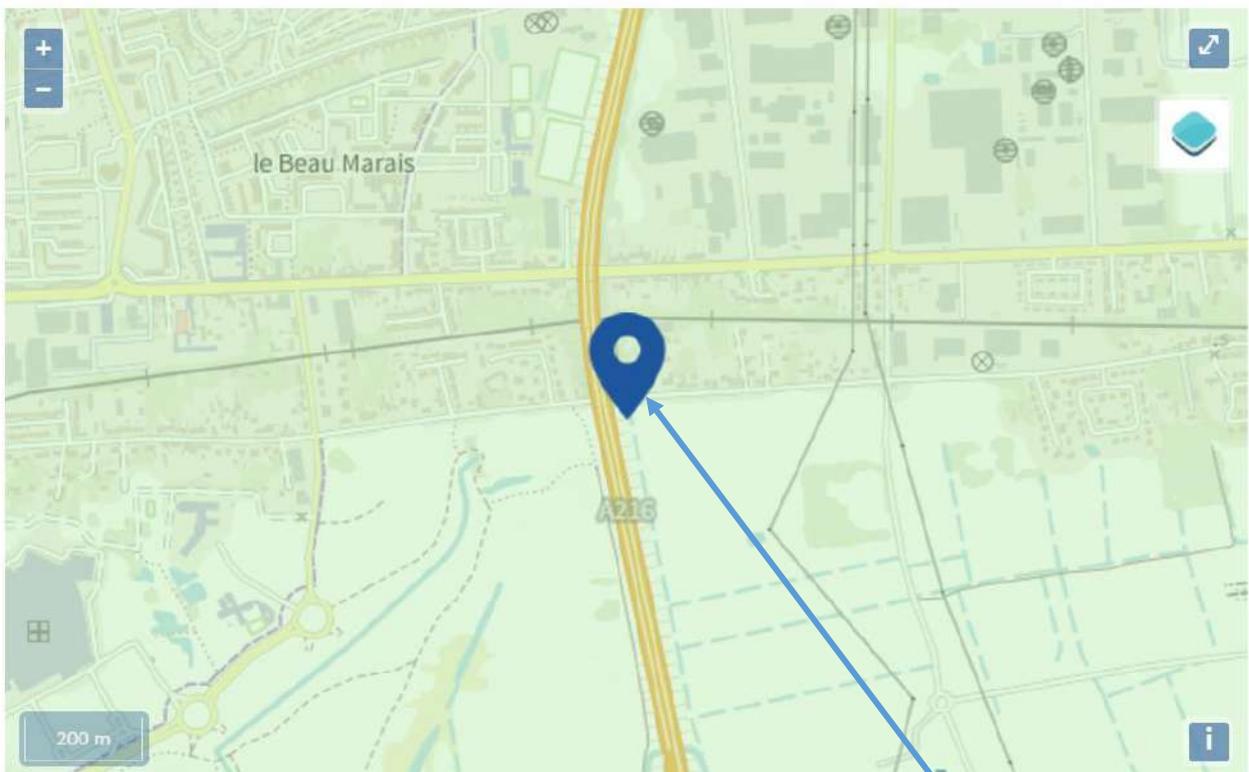
4.1 Inondation

La commune est située dans un Territoire exposé à un Risque important d'Inondation et/ou de coulée de boue et est soumis à un programme d'actions de prévention des inondations (PAPI).

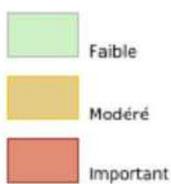
Il conviendra aux maîtrises d'ouvrage et d'œuvre de s'en informer en mairie ou en préfecture.

4.2 Sismicité

La commune de CALAIS est située dans une zone sismique de type 2 : « aléa faible ».



Légende :

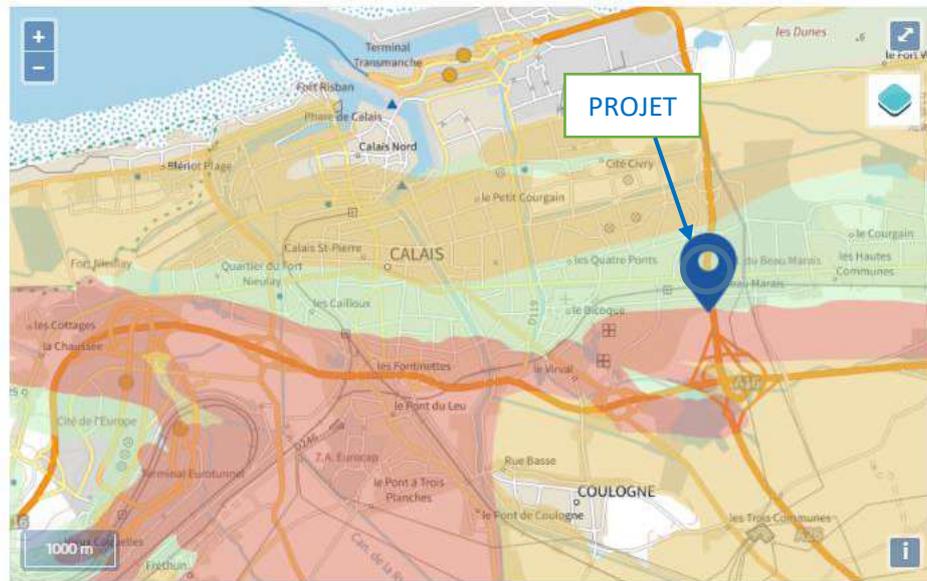


Projet

Extrait de la carte des zones sismiques (Source : <https://infoterre.brgm.fr>)

4.3 Retrait-gonflement des argiles

D'après la cartographie « aléa retrait gonflement des argiles », le secteur d'étude est situé dans une zone d'exposition faible, en limite d'une zone d'exposition forte au Sud du site d'étude.



Extrait de la carte d'aléa retrait-gonflement des argiles (Source : <https://infoterre.brgm.fr>)

5. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS GÉOTECHNIQUES

5.1 Lithologie rencontrée

Les investigations géotechniques ont permis de reconnaître les formations suivantes :

Remblais

Une couche de terre végétale recouvre des dépôts sableux de teinte foncée, associés localement à des racines, des granules à morceaux de briques et à des graviers et cailloux divers.

Les épaisseurs des remblais reconnues au droit des sondages sont reportées dans les tableaux suivants :

Bâtiment :

Sondage	PR2	S1-PS1	PR6	S13-PS13	S11-PS11	PR5
Profondeur de la base (m/TN)	0,6	0,8	0,5	0,8	0,4	0,7
Cote de base (m NGF)	2,6	1,7	2,2	1,6	3,1	2,7

Sondage	S10-PS10	F7	F8	S2-PS2	S12-PS12	PR4	S8-PS8
Profondeur de la base (m/TN)	0,35	0,4	0,4	0,6	0,5	0,2	0,5
Cote de base (m NGF)	3,05	1,6	2,0	1,9	2,3	2,8	2,4

Sondage	S9-PS9	S15-PS15	F6	PR3	S3-PS3	S5-PS5	S7-PS7
Profondeur de la base (m/TN)	0,35	0,4	0,4	0,2	0,1	0,1	0,35
Cote de base (m NGF)	2,65	1,8	1,6	2,6	2,8	1,8	2,15

Quais de déchargement :

Sondage	F2	F3
Profondeur de la base (m/TN)	0,4	0,4
Cote de base (m NGF)	2,6	3,2

Stockage extérieur en béton :

Sondage	S4-P4	S14-P14	S6-PS6
Profondeur de la base (m/TN)	0,1	0,1	0,1
Cote de base (m NGF)	1,5	2,1	2,3

Parking PL, voiries, Bassin Ep et espaces verts :

Sondage	EP1	F5	F4	EP2	EP3	F10
Profondeur de la base (m/TN)	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,7
Cote de base (m NGF)	2,8	3,3	3,2	3,1	2,0	1,6

Sondage	EP4	F9	EP5	F1
Profondeur de la base (m/TN)	0,7	0,4	0,2	0,3
Cote de base (m NGF)	1,4	1,6	1,9	3,4

Remarque :

- Les résultats donnés par les sondages sont ponctuels et ce type de dépôts est susceptible de présenter des variations latérales et verticales, tant du point de vue de la nature que de l'épaisseur ;
- On notera que la technique de sondage utilisée à la tarière hélicoïdale continue (sans tubage des horizons supérieurs) peut engendrer une légère imprécision sur l'interprétation des profondeurs des horizons traversés ;
- On peut rappeler la présence locale de dépôts de remblais hétérogènes au droit du site d'étude.

Complexe sablo-tourbeux

Sous les remblais de surface, une formation constituée par des sables de teinte foncée, associés à des passages tourbeux, a été identifiée au droit du site.

On notera également la présence locale de tourbe franche.

La base de cette formation sablo-tourbeuses est précisée dans les tableaux suivants :

Sondage	PR2	S1-PS1	PR6	S13-PS13	S11-PS11	PR5
Profondeur de la base (m/TN)	3,5	>3,0	4,1	>3,0	>3,0	3,8
Cote de base (m NGF)	-0,3	*	-1,4	*	*	-0,4

Sondage	S10-PS10	F7	F8	S2-PS2	S12-PS12	PR4	S8-PS8
Profondeur de la base (m/TN)	2,25	>2,5	>2,5	>2,0	1,5	3,7	>2,0
Cote de base (m NGF)	1,15	*	*	*	1,3	-0,7	*

Sondage	S9-PS9	S15-PS15	F6	PR3	S3-PS3	S5-PS5	S7-PS7
Profondeur de la base (m/TN)	1,8	>2,0	>2,5	3,5	>2,0	>2,0	1,8
Cote de base (m NGF)	1,2	*	*	-0,7	*	*	0,7

Quais de déchargement :

Sondage	F2	F3
Profondeur de la base (m/TN)	>2,5	>2,5
Cote de base (m NGF)	*	*

Stockage extérieur en béton :

Sondage	S4-P4	S14-P14	S6-PS6
Profondeur de la base (m/TN)	>2,0	>2,0	>2,0
Cote de base (m NGF)	*	*	*

Parking PL, voiries, Bassin Ep et espaces verts :

Sondage	EP1	F5	F4	EP2	EP3	F10
Profondeur de la base (m/TN)	>0,5	>2,5	>2,5	>1,0	>1,0	>2,5
Cote de base (m NGF)	*	*	*	*	*	*

Sondage	EP4	F9	EP5	F1
Profondeur de la base (m/TN)	>1,0	>2,5	>0,7	>2,5
Cote de base (m NGF)	*	*	*	*

(*) bases des sondages

Sable gris

En profondeur, une formation essentiellement sableuse de teinte grise a été identifiée jusqu'à la base des sondages pressiométriques (d'une profondeur de 16,0 m, soit une cote basse à -13,3 m NGF).

5.2 Hydrologie-Hydrogéologie

Les niveaux d'eau relevés lors de nos sondages sont présentés au sein du tableau suivant :

Sondage	Niveau d'eau		Date de mesure	Type de niveau d'eau	Niveau stabilisé OUI/NON
	(m/TN)	(m NGF)			
PR2	1,0	2,2	10/03/2023	Fin de sondage	NON
PR3	1,0	1,8	02/03/2023	Fin de sondage	NON
PR4	1,1	1,9	07/03/2023	Fin de sondage	NON
PR5	1,2	2,2	06/03/2023	Fin de sondage	NON
PR6	1,0	1,7	08/03/2023	Fin de sondage	NON
S1-PS1	1,0	1,5	23/02/2023	Fin de sondage	NON
S2-PS2	0,3	2,2	23/03/2023	Fin de sondage	NON
S3-PS3	0,2	2,6	22/03/2023	Fin de sondage	NON
S4-PS4	0,2	1,4	22/03/2023	Fin de sondage	NON
S5-PS5	0,8	1,1	22/03/2023	Fin de sondage	NON
S6-PS6	0,8	1,6	23/03/2023	Fin de sondage	NON
S7-PS7	0,5	2,0	23/03/2023	Fin de sondage	NON
S8-PS8	0,8	2,1	23/03/2023	Fin de sondage	NON
S9-PS9	0,6	2,4	23/03/2023	Fin de sondage	NON
S10-PS10	0,8	2,6	23/03/2023	Fin de sondage	NON
S11-PS11	0,6	2,9	23/03/2023	Fin de sondage	NON
S12-PS12	0,5	2,3	23/03/2023	Fin de sondage	NON
S13-PS13	0,7	1,7	22/03/2023	Fin de sondage	NON
S14-PS14	0,8	1,4	23/03/2023	Fin de sondage	NON
S15-PS15	0,3	1,9	22/03/2023	Fin de sondage	NON
F1	1,2	2,5	06/03/2023	Fin de sondage	NON
F2	1,2	1,8	06/03/2023	Fin de sondage	NON
F3	1,2	2,3	06/03/2023	Fin de sondage	NON
F4	1,1	2,4	06/03/2023	Fin de sondage	NON
F5	1,2	2,5	06/03/2023	Fin de sondage	NON
F6	1,2	0,8	06/03/2023	Fin de sondage	NON
F7	1,2	0,8	06/03/2023	Fin de sondage	NON
F8	1,2	1,2	06/03/2023	Fin de sondage	NON
F9	1,1	0,9	06/03/2023	Fin de sondage	NON
F10	1,1	1,2	06/03/2023	Fin de sondage	NON
PZ1	0,5	1,8	12/04/2023	Fin de sondage	OUI
PZ2	1,2	2,2	12/04/2023	Fin de sondage	OUI

Notre intervention étant ponctuelle, elle ne permet pas de fournir des informations hydrogéologiques suffisantes pour apprécier la variation des nappes et des circulations d'eau.

Il est à noter que les conditions météorologiques peuvent influencer fortement les niveaux d'eau.

Par ailleurs, la nature des horizons rencontrés en tête de forage peut être à l'origine d'une accumulation d'eau en périodes pluvieuses.

Un suivi piézométrique mensuel sur 12 mois est en cours de réalisation au droit des piézomètres PZ1 et PZ2 installés sur le site.

La poursuite du suivi permettra d'estimer les fluctuations saisonnières.

Au terme de ce suivi piézométrique sur une année, un compte rendu factuel sera établi par nos soins.

A noter que la caractérisation des niveaux d'eau de référence au sens de l'Eurocode 7 est du ressort d'un bureau d'études spécialisé en hydrogéologie.

On peut également rappeler que l'étude hydrogéologique pour la détermination des niveaux caractéristiques de la nappe, chiffrée en option dans notre proposition financière, n'a pas été retenu par la maîtrise d'ouvrage.

5.3 Résultats des analyses au laboratoire

5.3.1 Teneur en eau naturelle

Les résultats des teneurs en eau naturelle mesurées sont reportés dans le tableau ci-dessous.

Sondage	Profondeur (m/TN)	Lithologie	Teneur en eau
S1-PS1	0,8/1,2	Sable, veines organiques	20,9%
S1-PS1	1,2/2,3	Tourbe sableuse	83,0%
S1-PS1	2,3/3,0	Sable, passées tourbeuses	23,6%
S2-PS2	0,6/1,2	Tourbe sableuse	105,6%
S2-PS2	1,2/2,0	Sable, veines tourbeuses	25,4%
S3-PS3	0,1/1,1	Tourbe sableuse	132,8%
S3-PS3	1,1/2,0	Sable, veines tourbeuses	23,4%
S4-PS4	0,1/1,2	Tourbe sableuse	126,3%
S4-PS4	1,2/2,0	Sable, veines tourbeuses	34,3%
S5-PS5	0,8/1,3	Tourbe sableuse	70,9%
S5-PS5	1,3/2,0	Sable, veines tourbeuses	23,7%
S6-PS6	0,7/1,0	Tourbe sableuse	48,4%
S6-PS6	1,0/2,0	Sable, veines tourbeuses	28,3%
S7-PS7	0,35/1,0	Tourbe sableuse	31,7%
S7-PS7	1,0/1,8	Sable, veines tourbeuses	24,5%
S8-PS8	0,5/0,8	Sable, veines tourbeuses	19,8%
S8-PS8	0,8/1,0	Sable tourbeux	22,4%
S9-PS9	0,35/1,0	Sable tourbeux	35,3%
S9-PS9	1,0/1,8	Sable tourbeux	26,7%
S10-PS10	2,25/3,0	Sable	20,9%
S11-PS11	0,4/1,0	Sable tourbeux	83,0%
S11-PS11	1,5/3,0	Sable, veines tourbeuses	23,6%
S12-PS12	1,0/1,5	Sable tourbeux	105,6%
S13-PS13	0,8/1,5	Sable tourbeux	25,4%
S13-PS13	1,5/2,1	Tourbe sableuse	132,8%
S13-PS13	2,1/3,0	Sable, veines tourbeuses	23,4%
S14-PS14	0,1/1,0	Tourbe sableuse	126,3%
PR2	0,6/1,5	Sable, veines organiques	34,3%
PR2	1,5/2,4	Tourbe	70,9%
PR2	3,5/16,0	Sable	23,7%
PR4	0,2/1,2	Sable tourbeux	48,4%
PR5	0,7/2,2	Tourbe	68,3%
PR6	1,3/2,6	Tourbe sableuse	31,7%

Des teneurs en eaux élevées peuvent indiquer une proportion importante en matériaux fins argileux ou en matière organique dans un échantillon.

Les fortes teneurs en eau mesurées jusqu'à une profondeur de 3-3,5 m confirment la présence de matière organique.

5.3.2 Classification GTR

Les résultats de ces analyses sont reportés dans le tableau ci-dessous.

Sondage	Profondeur de prélèvement (m/TN)	Lithologie	IDENTIFICATION GTR						VBS	GTR
			Granulométrie							
			Tamisât à 50 mm (%)	Tamisât à 20 mm (%)	Tamisât à 5 mm (%)	Tamisât à 2 mm (%)	Tamisât à 0,08 mm (%)			
S14-PS14	1,0 à 2,0	Sable, veines tourbeuses	100	100	100	100	14,1	0,6	B5	
PR3	0,9 à 3,5	Sable, passées organiques	100	100	100	100	17,0	0,4	B5	
PR5	2,2 à 3,8	Sable	100	100	100	100	21,1	0,5	B5	
PR6	0,5 à 1,3	Sable	100	100	100	100	3,7	0,2	B1	

Les sables testés s'apparentent à la classe GTR B1 à B5.

D'après le Fascicule II du Guide technique de réalisation des remblais et des couches de formes, les caractéristiques des sols analysés sont les suivantes :

Sous classe B₁ : Sables silteux...

« Matériaux sableux généralement insensibles à l'eau. Mais, dans certains cas (extraction dans la nappe...), cette sensibilité devra être confirmée (étude complémentaire, planche d'essais...) ».

Sous classe B₅ : Sables et graves très silteux...

« La proportion de fines et la faible plasticité de ces dernières rapprochent beaucoup le comportement de ces sols de celui des sols A1 ».

5.3.3 Agressivité des sols vis-à-vis du béton

Cet essai permet de préciser la classe d'agressivité d'un sol vis-à-vis du béton.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Sondage	Profondeur de prélèvement (m/TN)	Lithologie	Agressivité des sols/béton		Classe d'agressivité selon FDP18-011	Classe de résistance minimale
			Degré d'acidité (ml/kg)	Teneur en sulfates (mg/kg)		
S1	0,8 à 1,2	Sable, veines organiques	26	1880	<XA1	<C30/37
S3	0,3 à 1,1	Tourbe sableuse	340	2730	XA1	C30/37
S9	1,0 à 1,8	Sable tourbeux	17	1870	<XA1	<C30/37

Rappel du tableau de référence :

Sol	XA1	XA2	XA3
Sulfates – SO ₄ ²⁻ (mg/kg)	2 000 – 3 000	3 000 – 12 000	12 000 – 24 000
Acidité (ml/kg)	> 200 Baumann Gully	N'est pas rencontré dans la pratique	

Référence agressivité sur échantillon de sol

Les valeurs mesurées au droit des échantillons de sols prélevés caractérisent une classe d'exposition :

- en-deçà des limites inférieures de la classe XA1 pour les échantillons de sols en S1 et S9 ;
- XA1 (pour la teneur en sulfates) sur le prélèvement de sols en S3.

Conformément à la norme NF EN 206-1, pour une classe d'agressivité chimique XA1, la classe de résistance minimale à atteindre par les bétons en contact avec le sol sera au minimum C30/37.

5.3.4 Teneur en matière organique

Cet essai réalisé par perte au feu permet de quantifier la proportion en matière organique dans un échantillon.

Les résultats sont reportés dans le tableau ci-dessous.

Sondage	Profondeur (m/TN)	Lithologie	Teneur en MO (%)
S2	0,6 à 1,2	Tourbe sableuse	16,4
S4	0,5 à 1,2	Tourbe sableuse	16,0
S6	0,7 à 1,0	Tourbe sableuse	5,6
S7	1,0 à 1,8	Sables à veines tourbeuses	0,8
S8	1,0 à 2,0	Sable tourbeux	0,6
S10	0,8 à 2,25	Sable tourbeux	1,0
S12	0,5 à 1,5	Sable tourbeux	3,9
S13	1,5 à 2,1	Tourbe sableuse	5,4

Selon le GTR, les matériaux analysés peuvent se classer de la manière suivante :

Valeur seuil	Classe
< 3,0 %	Matériaux très faiblement ou non organique
3,0 à 10,0 %	Matériaux organiques : terres végétales, vases...
> 10 %	Matériaux fortement organiques : humus forestier, tourbe...

Au regard du résultat de ces analyses, les sols superficiels rencontrés au droit du site sont globalement vasards (S6, S12 et S13) à tourbeuses (S2 et S4) et donc probablement évolutifs.

En S7, S8 et S10, les sols testés sont faiblement organiques.

5.4 Résultats des essais in-situ

5.4.1 Essais pressiométriques

5.4.1.1 Examen des pressiogrammes

Chaque essai pressiométrique détermine trois caractéristiques mécaniques essentielles du sol :

- **La pression limite nette (PI^* en MPa)** qui correspond à l'état limite de rupture et qui permet le calcul de la capacité portante ;
- **La pression de fluage nette (Pf^* en MPa)** qui correspond à la limite entre le comportement pseudo-élastique et l'état plastique ;
- **Le module pressiométrique (Em en MPa)** qui caractérise le comportement contraintes déformations dans la phase pseudo-élastique de l'essai et permet ainsi l'estimation des tassements.

On trouvera les pressiogrammes en annexe (p.49) avec, en regard des valeurs de PI^* , Pf^* et Em , les coupes lithologiques correspondantes.

Le rapport Em/PI est également fourni sur les coupes. Ce dernier permet notamment de déterminer le coefficient α appelé *coefficient rhéologique* ou *coefficient de structure* du sol.

5.4.1.2 Interprétation des pressiogrammes

Globalement, les essais pressiométriques réalisés dans les sondages pressiométriques montrent les éléments suivants :

Remblais

Aucun essai pressiométrique n'a été réalisé dans cette formation superficielle.

Ces formations sont par nature remaniées, généralement non consolidée, potentiellement hétérogène et évolutive dans le temps.

Complexe sablo-tourbeux

15 essais pressiométriques

$$1,6 < E_m < 3,8 \text{ MPa}$$

$$0,2 < P_l^* < 0,51 \text{ MPa}$$

Cette formation présente des caractéristiques géomécaniques représentatives de sables plus ou organiques de compacité très mous à mous.

Sable

D'après les essais pressiométriques réalisés, cette formation sableuse apparaît globalement dense à très dense.

40 essais pressiométriques

$$8,1 < E_m < 36,0 \text{ MPa}$$

$$0,74 < P_l^* < 4,33 \text{ MPa}$$

5.4.2 Essai de pénétration statique (CPT)

5.4.2.1 Examen des essais

L'objectif de cet essai est d'enfoncer dans le sol, à vitesse constante et à l'aide d'un vérin hydraulique, une pointe terminée par un cône.

Le pénétromètre employé ici est du type statique type PAGANI TG 63-150.

Les pénétrogrammes joints en annexe montrent en ordonnée la profondeur et en abscisse les données suivantes :

- **qc** : la résistance à la pénétration du cône, appelée plus couramment « la résistance de pointe », exprimée en MPa ;
- **fs** : le frottement latéral unitaire sur le manchon, exprimé en MPa ;
- **Rf = fs / qc** : le rapport de frottement, exprimée en %.

5.4.2.2 *Commentaire des essais*

Complexe sablo-tourbeux

D'après les essais de pénétration statique, ce complexe sablo-tourbeux apparaît très lâche avec un q_c mesuré entre 0,1 et 2,8 MPa, avec des pics erratiques à 4/4,5 MPa.

Sable gris

Leur compacité s'avère globalement dense à très dense et globalement croissante avec la profondeur ($6 < q_c < \text{plus de } 20 \text{ MPa}$).

A noter, localement, des chutes des résistances à la pénétration en pointe ($2,0 < q_c < 4,0 \text{ MPa}$) dans des horizons probablement plus riches en particules limoneuses et/ou argileuses.

5.4.3 *Analyse des essais de perméabilité*

Principe des essais

Les essais de perméabilité ont consisté en la réalisation de 5 essais de perméabilité (**EP1 à EP5**), de type « à la fosse ».

L'essai de type « à la fosse » est un essai d'absorption d'eau à charge variable qui consiste à remplir d'eau une fouille de grande emprise, préalablement réalisée, et à mesurer en fonction du temps, l'abaissement du niveau d'eau après saturation préalable.

Résultats des essais

Les résultats des essais de perméabilité sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Essai	Profondeur (m/TN)	Nature du sol	Perméabilité K (m/s)
EP1	0,42 à 0,50*	Sables + tourbe	2,52E-05
EP2	0,77 à 1,00*	Sables	1,23E-04
EP3	0,70 à 1,00**	Sables, veines tourbeuses	<1,0E-07***
EP4	0,80 à 1,00	Sables	1,50E-06
EP5	0,35 à 0,70	Sables + tourbe	3,60E-06

(*) absorption totale du niveau d'eau

(**) pas d'abaissement du niveau d'eau

(***) ordre de grandeur correspondant à la limite de la méthode d'essai

Commentaires

On peut ainsi noter une forte disparité de perméabilité au droit des essais d'infiltration « à la fosse » réalisés, avec de valeurs comprises entre 1,23E04 m/s et moins de 1,0E-07 m/s (valeur limite de la méthode d'essai).

En ce qui concerne la gestion des eaux pluviales, il faut bien prendre en compte l'hétérogénéité des perméabilités des sols superficiels ainsi que la présence d'une nappe qui se situe à faible profondeur (mise en place de tertres filtrants par exemple).

6. ETUDE DES PARAMETRES SISMIQUES

6.1 Classe de sol selon l'Eurocode 8 (NF EN 1998-5)

La géologie du secteur d'étude étant composée de dépôts de sol comprenant une majorité de sols sableux denses, on pourra retenir en première approche une classe de sol de type D.

6.2 Données sismiques

La commune de CALAIS est située en **zone sismique de type 2** : aléa faible, ce qui correspond à une accélération de $a_{gr} = 0,7 \text{ m/s}^2$.

D'après les éléments transmis par la maîtrise d'ouvrage et l'article 2.I de l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique, le bâtiment projeté se classe en **catégorie d'importance II** et donc un coefficient d'importance $\gamma_I = 1$.

Considérant une classe de sol de type D et une zone sismique de type 2, le paramètre de sol à appliquer est **S = 1,6**.

En fonction de la catégorie retenue pour le projet, l'accélération maximale pour le site est donc :

$$a_{max} = a_{gr} \times \gamma_I \times S = 1,12 \text{ m/s}^2$$

6.3 Analyse du potentiel de liquéfaction des sols selon l'Eurocode 8 (NF EN 1998-5)

Le phénomène de liquéfaction d'un sol se produit au cours d'un séisme lorsque la pression interstitielle de l'eau augmente dans un matériau saturé sans cohésion (sable lâche ou argile molle), jusqu'à faire chuter de manière drastique la capacité du sol à résister au cisaillement. Il en résulte une diminution de la portance.

On peut toutefois rappeler qu'en zone sismique 2, l'étude du caractère potentiellement liquéfiable des sols n'est pas requise.

7. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DE FONDATION

Deux sujétions importantes sont posées par le contexte géotechnique et hydrogéologique de ce site :

- la nappe se situe à faible profondeur et il faut craindre un niveau de crue pouvant être très proche du terrain naturel, voire sub-affleurant ;
- les sols superficiels, présents jusqu'à plus de 4,0 m de profondeur localement, sont médiocres (caractère organique plus ou moins diffus, portance faible et forte compressibilité probable).

Dans ce contexte, il faut, bien évidemment, exclure toute orientation de fondation de type superficiel direct mais également sur reconstitutions de sol.

Il nous paraît ainsi judicieux d'envisager la réalisation d'un renforcement des sols supports (préférentiellement par inclusions rigides compte tenu du caractère organique des sols superficiels) associées à des fondations de type superficiel par semelles filantes ou isolées en béton armé.

Nota : Un mode de fondations profondes par pieux peut toujours être envisagé, mais un complément d'investigations sera indispensable pour optimiser le prédimensionnement étant donné que la reconnaissance doit atteindre, réglementairement, 5 m sous la base des pieux.

Ces fondations ont été calculées conformément à la norme NF P94-261, norme d'application nationale de l'Eurocode 7 relative aux fondations superficielles.

7.1 Fondations superficielles par semelles filantes / isolées sur renforcement de sol préalable

7.1.1 Principe

Cette technique consiste à introduire dans le terrain, et ce sans vibration, (au moyen d'un outil à refoulement creux), un matériau (mortier, coulis, ...) sous forme de colonnes continues formant un réseau vertical d'éléments de rigidité suffisante afin de mobiliser un frottement latéral et un effort en pointe. Il s'agit ainsi de renforcer le sol en créant un massif composite dans lequel les charges apportées sont distribuées entre le sol lui-même et les inclusions.

Ce concept de fondation nécessite la présence d'un matelas de répartition entre les inclusions et l'ouvrage qu'elles supportent dans le cas d'efforts horizontaux.

Le matériau est injecté lors de la remontée de l'outil de forage, ce qui permet un maintien du sol. Cette technique permet ainsi de « soulager » le terrain compressible à l'aide d'éléments « semi-rigides » et de transférer la charge en profondeur.

Les inclusions devront être réparties de manière homogène et en nombre suffisant afin de traiter les problèmes des couches compressibles. Leur maillage, leur nombre, leur profondeur et leur diamètre devront répondre aux objectifs de portance et de tassement :

- **Maillage** : l'entraxe minimal entre deux inclusions doit être au moins égale à 3 fois le diamètre de l'inclusion pour une méthode sans refoulement de sol et égale à 4 fois le diamètre pour une méthode avec refoulement de sol ;
- **Nombre** : il est déterminé selon la charge à reprendre. Dans le cas d'un renforcement de sol sous semelle, il est déterminé en fonction de la surface de la semelle (cas d'une semelle sur une seule inclusion : la surface de la semelle sera au maximum de 20 fois la section de l'inclusion) ;
- **Profondeur** : les inclusions doivent être ancrées d'au moins 0,5 m dans les sables relativement compacts, soit jusqu'à 5,00 m de profondeur/TN environ d'après les investigations réalisées ;
- **Diamètre** : généralement compris entre 200 et 400 mm ;
- **Matelas de répartition** : son épaisseur minimale sera de 30 cm sous semelle. Cette épaisseur doit être augmentée si elle ne permet pas d'atteindre les critères de compacité recherchés en fond de couche.

Il est à noter que les inclusions ne reprennent pas les efforts horizontaux, les moments ni les efforts de soulèvements.

Pendant et après la phase travaux de renforcement de sol, il faudra prendre toutes les précautions nécessaires (particulièrement au niveau de la circulation des engins) afin d'éviter le cisaillement des inclusions ou le décompactage de la couche de forme.

L'entreprise assurera un auto-contrôle au moyen des paramètres de forage et de bétonnage, ainsi que des mesures de la résistance à la compression par prise d'échantillon.

En fin d'exécution, un essai de chargement sur inclusion rigides devra être réalisé avant toute exécution des fondations.

7.1.2 Modèle géotechnique

Le tableau ci-dessous présente le modèle géotechnique à prendre en compte dans le cadre du renforcement de sol.

Lithologie	Profondeur de la base (m/TN)	Em (MPa)	PI* (MPa)	α
Remblais et limons organiques mous	4,50	2,0	0,25	1
Sables	> 16,00	12,0	1,30	0,33

Il est à noter qu'il s'agit d'un modèle établi selon les résultats des investigations géotechniques réalisées qui sont ponctuelles. Des variations de la profondeur ou des caractéristiques mécaniques sont ainsi possibles.

7.1.3 Matelas de répartition

Le matelas de répartition servira à la fois de plateforme de travail pour la machine d'inclusion et de couche de répartition des efforts verticaux entre les fondations et les inclusions.

Le matelas de répartition sera placé au droit des fondations, entre les inclusions et les semelles et devra avoir une épaisseur minimale de 30 cm (et 40 cm entre les inclusions et le dallage).

Ces épaisseurs sont minimales et pourront être plus importantes si les critères de réception décrits ci-après ne sont pas atteints.

Celui-ci sera constitué d'un matériau correctement compacté par couches minces. Le matériau utilisé sera de type granulaire (grave calcaire par exemple), insensible à l'eau et au gel et aura une granulométrie étalée de type 0/80 ou 20/80 mm par exemple, contenant très peu de fines ($80 \mu\text{m} < 1 \%$). Celui-ci aura un Los Angeles (LA) et un Micro-DEval (MDE) < 45 . Il sera classé D31 selon le GTR 2000.

Son épaisseur sera définie afin d'obtenir un module de Westergaard d'au moins 50 MPa/m. L'objectif de portance final sera une PF2, avec un module EV2 ≥ 50 MPa et un rapport de compactage EV2/EV1 ≤ 2 .

Pour la réalisation du matelas de répartition, on prévoira la réalisation des éléments suivants :

- Purge de la terre végétale et des éventuels matériaux impropres à la construction ;
- Procéder à une vérification visuelle de la plateforme de terrassement afin de déceler tout point dur ou toute zone molle éventuelle ;
- Mise en place d'un géotextile non tissé en fond de fouille afin d'éviter la contamination du remblai d'apport par le sol sous-jacent ;
- Mise en œuvre du matelas de répartition compacté suivant les règles de l'art avec contrôle de portance et de compactage par des essais à la plaque.

Nous attirons l'attention sur la difficulté de compacter un matériau sur ce type de sol en périodes pluvieuses (phénomène de matelassage). Dans ces conditions en périodes de forte pluie, il y aura lieu de mettre en œuvre des tranchées drainantes afin de collecter ces eaux superficielles.

De plus les hauteurs d'eau observées devront être prises en compte pour la réalisation de la plateforme afin d'éviter notamment le phénomène de matelassage. Un traitement de l'arase, un rabattement de la nappe ou un cloutage par matériau d'apport granulaire insensible à l'eau pourra s'avérer nécessaire.

Le matelas ne devra en aucun cas être souillé par les travaux. Dans le cas contraire, on procèdera à sa purge et son remplacement total ou partiel avant la mise en place des fondations et du dallage.

7.1.4 Prédimensionnement de semelles filantes / isolées

Nous avons calculé par la méthode pressiométrique la capacité portante et les tassements absolus sous des semelles filantes / isolées reposant, par l'intermédiaire d'un matelas de répartition compacté suivant les règles de l'art.

Les semelles reposeront sur un sol renforcé par inclusion rigide avec pour objectif une contrainte q'_{ELS} de 200 kPa (soit une pression limite effective (ple*) théorique de l'ordre de 0,69 MPa et un K_p de 0,8).

Dans le cas présent, nous supposons une charge verticale centrée.

Les tableaux suivants présentent quelques exemples de dimensionnement de fondations superficielles par semelles filantes et isolées sur **sol renforcé**.

Semelles filantes après renforcement					
Largeur de la semelle (m)	Profondeur minimale d'encastrement (m/TN)	q' (kPa)		Résistance nette du terrain sous la fondation (T/ml*)	Tassements approximatifs à l'E.L.S. (cm)
		ELU	ELS		
0,60	0,80	328	200	12,0	< 2
0,80				16,0	< 2
1,00				20,0	< 2

* ml : mètre linéaire

Semelles isolées après renforcement					
Dimension de la semelle (m X m)	Profondeur minimale d'encastrement (m/TN)	q' (kPa)		Résistance nette du terrain sous la fondation (T)	Tassements approximatifs à l'E.L.S. (cm)
		ELU	ELS		
1,00 X 1,00	0,80	328	200	20,0	< 2
1,50 X 1,50				45,0	< 2

7.1.5 Remarques vis-à-vis des fondations superficielles sur sol renforcé

Il conviendra de prendre en compte la nécessité d'assurer le maintien des parois des fouilles par des dispositifs de blindage ainsi que de pouvoir disposer de moyens de pompage adaptés afin de pouvoir travailler à sec.

On veillera à rattraper les éventuels différents niveaux de fondation au gros béton en respectant des redans selon une pente n'excédant pas une pente de 3 de base pour 1 de haut.

La base des fondations reposera systématiquement sur un fond de fouille homogène.

La classe d'agressivité des bétons constitutifs des fondations et des inclusions rigides devra être résistante aux environnements agressifs XA1.

Il est à noter que les profondeurs d'encastrement des fondations sont indiquées par rapport au niveau du terrain naturel lors de la réalisation des investigations.

Nous n'avons pas considéré, à ce stade du projet, d'apport de remblais au droit de la future construction.

Pour tout arbre dessouché au droit du projet, il faudra remblayer avec un matériau sain, inerte et insensible à l'eau et compacter selon les règles de l'art. Les futures fondations seront ancrées de 30 cm dans le sol en place par rapport au niveau bas de l'ancien enracinement et de manière à respecter les profondeurs minimales préconisées dans la partie spécifique aux fondations.

Dans le cas de fondations situées à des profondeurs différentes, les niveaux de fondations successives devront être tels qu'une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur relie les arrêtes des semelles les plus proches (appuis isolés) et 3 de base pour 1 de hauteur (pour les appuis filants).

Il est recommandé de réaliser les terrassements en période favorable, hors intempéries.

La présence d'un géotechnicien en phase travaux afin de contrôler les fonds de fouille est recommandée, dans le cadre d'une mission G4 selon la norme NF P-94-500.

7.1.6 Remarque importante pour l'exécution des inclusions

Du fait de la présence de remblais grossiers et de possibles vestiges enterrés subsistants (ancien site construit), des refus prématurés ou des difficultés de foration pourront être rencontrées lors de l'exécution des inclusions si aucune purge n'est réalisée préalablement.

L'entreprise de terrassement devra donc prévoir la purge de ces passées indurées et de ces possibles vestiges enterrés en s'équipant d'outils et d'engins adaptés.

De mauvaises purges nécessiteront la réalisation d'avant-trous préalables à l'exécution des inclusions, ce qui pourraient entraîner de forts ralentissements du chantier.

7.2 Dalle basse

Compte tenu de la présence de remblais susceptibles d'être ponctuellement plus épais qu'au droit de nos sondages et de la présence de sols superficiels organiques compressibles, la réalisation d'un dallage sur terre-plein est à proscrire.

Le niveau bas du projet sera constitué d'un dallage associé à un maillage d'inclusions rigides et à une forme de répartition épaisse.

Pour le prédimensionnement des inclusions rigides et l'épaisseur de la forme sous dallage, on se reportera au chapitre précédent.

A noter qu'il serait judicieux de réaliser la forme en deux phases, par exemple :

- Une première couche en matériaux type grave tout-venant (tout-venant de calcaire, sable propre bien gradué ou matériaux similaires de qualité au moins équivalente), compactés mécaniquement par couches, ce qui constituera une plate-forme de travail ;
- Une couche de finition, après reprofilage et recompactage à l'achèvement des inclusions, par une grave traitée afin d'assurer une rigidité suffisante pour permettre une bonne transmission des charges d'exploitation.

Il faut rappeler que les sols qui constitueront les fonds de formes seront des matériaux fins, très sensibles à l'action de l'eau et dont la traficabilité sera très mauvaise.

Dans tous les cas il faudra éviter de les exposer aux intempéries et il sera nécessaire de proscrire le trafic d'engins lourds sur les fonds de formes bruts.

A noter que la réalisation d'un plancher porté par les fondations par l'intermédiaire d'un réseau de longrines est également une orientation adaptée.

Il nous paraît indispensable, en raison des risques de remontée de nappe, de rehausser sensiblement les niveaux finis de l'entrepôt.

8. VOIRIES

8.1 Terrassement

D'après les investigations géotechniques, la plateforme supérieure de terrassement (PST) sera constituée de sables limoneux et tourbeux ; sols fins dits « sensibles à l'eau ». Leur consistance et leur comportement changent notablement avec la teneur en eau et donc avec les conditions météorologiques. Pour ces raisons, on évitera tout travaux ou terrassement par temps de pluie, après de fortes intempéries ou après une période de dégel.

Les zones molles, points durs et autres anomalies (vestiges enterrés, souches d'arbres...) devront être substitués dans leur intégralité par un matériau sain, inerte, insensible à l'eau, de granulométrie étalée qui sera compacté dans les règles de l'art. Le compactage fera l'objet d'un contrôle par essai in-situ.

L'entreprise devra s'équiper d'engins et d'outils adaptés à la rencontre de remblais indurés et de vestiges de constructions enterrés (fondations, caves, etc.).

Pour la phase travaux, l'entreprise devra éventuellement prévoir un assainissement provisoire visant à limiter les effets des intempéries (pentes, fossés, etc.). La réalisation des terrassements est recommandée en période favorable. Toute circulation d'engin sur l'arase des terrassements est à proscrire afin d'éviter son matelassage et orniérage.

D'une manière générale, l'ensemble des terrassements devra être réalisé conformément au Guide Technique pour la réalisation des Remblais et des couches de formes (GTR).

8.2 Généralités sur la structure d'une voirie

D'après le GTR 2000, la structure type d'une voirie est la suivante :

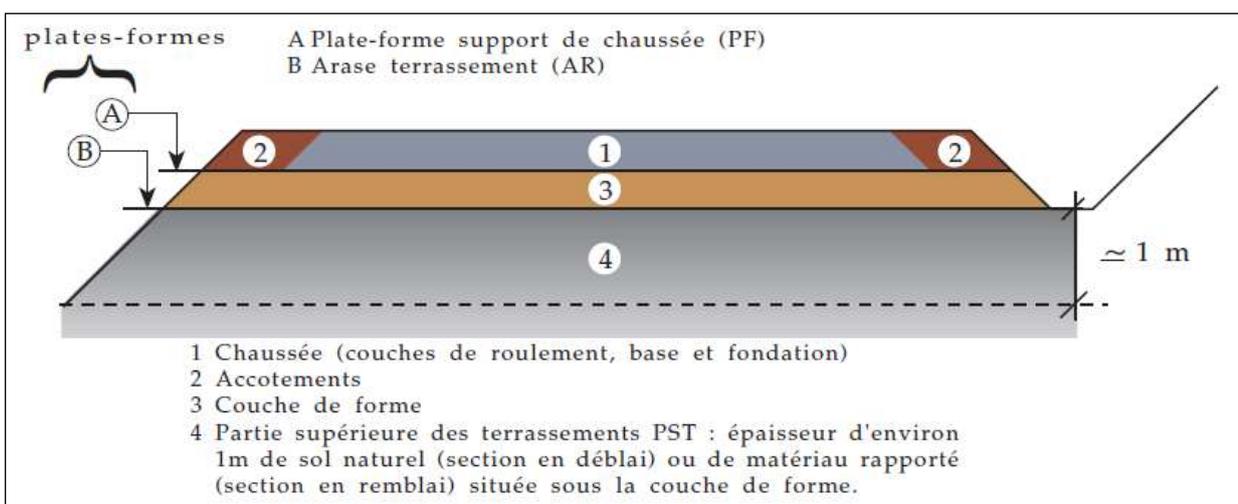


Schéma de structure de voirie (source : GTR 2000)

8.3 Plateforme supérieure de terrassement (PST) – Arase (AR)

On désigne par Partie Supérieure des Terrassements (PST), la zone supérieure (environ un mètre d'épaisseur) des terrains en place présents en fond de fouille (cas des profils en déblai) ou des matériaux rapportés (cas des profils en remblai). La surface de la PST est l'Arase de terrassement (AR).

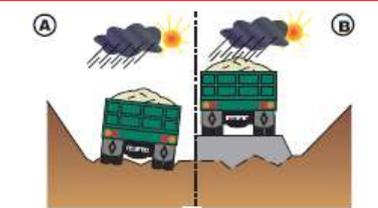
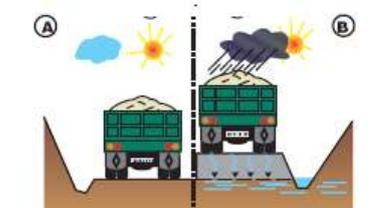
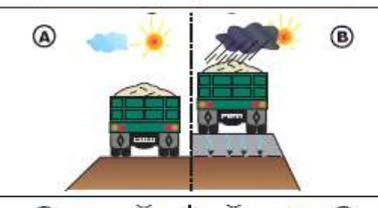
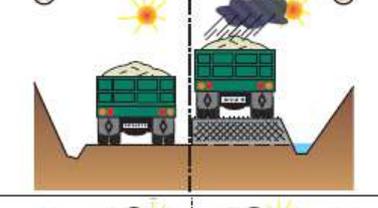
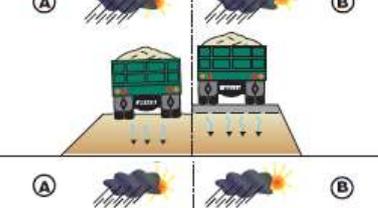
En considérant les valeurs des essais pressiométriques sur le premier mètre de sol et après décapage de la terre végétale et des remblais, on peut estimer la portance brute de l'arase des terrassements inférieure à 20 MPa (exprimée en module sous chargement statique à la plaque EV2 suivant le procédé LCPC).

D'après ces estimations et en suivant le tableau issu du GTR 2000 ci-dessous, la Partie Supérieure de Terrassement (PST) et l'Arase (AR) se classaient de la manière suivante au jour de notre intervention :

Module de calcul (MPa)	20	50	120	200
Classe de l'arase terrassement	AR1	AR2	AR3	AR4

Tableau des modules de calcul descriptifs du sol support (source : GTR 2000)

Date de notre intervention	03/2023
Module EV2 estimé	< 20 MPa
Classe de PST et AR	PST0-AR0

Cas de P.S.T	Schéma	Description	Classe de l'arase	Commentaires
P.S.T. n°0		Soils A, B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , C ₁ se trouvant dans un état hydrique (th). Contexte Zones tourbeuses, marécageuses ou inondables. PST dont la portancerisque d'être quasi nulle au moment de la réalisation de la chaussée ou au cours de la vie de l'ouvrage.	AR0	La solution de franchissement de ces zones doit être recherchée par une opération de terrassement (purgé, substitution) et/ou de drainage (fossés profonds, rabattement de la nappe...) de manière à pouvoir reclasser le nouveau support obtenu au moins en classe AR1.
P.S.T. n°1		Soils Matériaux des classes A, B ₂ , B ₄ , B ₅ , B ₆ , C ₁ , R ₁₂ , R ₁₃ , R ₃₄ et certains matériaux C ₂ , R ₂₅ et R ₂₆ dans un état hydrique (h). Contexte. PST en matériaux sensibles de mauvaise portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) et sans possibilité d'amélioration à long terme (B).	AR1	Dans ce cas de PST, il convient : - soit de procéder à une amélioration du matériau jusqu'à 0,5 m d'épaisseur par un traitement principalement à la chaux vive et selon une technique remblai. On est ramené au cas de PST 2, 3 ou 4 selon le contexte - soit d'exécuter une couche de forme en matériau granulaire insensible à l'eau de forte épaisseur (en admettant une légère réduction si l'on intercale un géotextile anticontractant à l'interface PST - couche de forme).
P.S.T. n°2		Soils Matériaux des classes A, B ₂ , B ₄ , B ₅ , B ₆ , C ₁ , R ₁₂ , R ₁₃ , R ₃₄ et certains matériaux C ₂ , R ₂₅ et R ₂₆ dans un état hydrique (m). Contexte PST en matériaux sensibles à l'eau de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A). Cette portance peut cependant chuter à long terme sous l'action des infiltrations des eaux pluviales et d'une remontée de la nappe (B).	AR1	Bien que les exigences requises à court terme pour la plate-forme support puissent être éventuellement obtenues au niveau de l'arase, il est cependant quasiment toujours nécessaire de prévoir la réalisation d'une couche de forme. Si l'on peut réaliser un rabattement de la nappe à une profondeur suffisante, on est ramené au cas de PST 3.
P.S.T. n°3		Soils Mêmes matériaux que dans le cas de PST 2. Contexte PST en matériaux sensibles à l'eau, de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) mais pouvant chuter à long terme sous l'action de l'infiltration des eaux pluviales (B).	AR1 AR2	En l'absence de mesures de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase, même situation que celle décrite dans le cas PST 2 Classement en AR2 si des dispositions constructives de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase permettent d'évacuer les eaux et d'éviter leur infiltration dans la PST.
P.S.T. n°4		Soils Mêmes matériaux qu'en PST 1 sous réserve que la granularité permette leur traitement. Contexte PST en matériaux sensibles à l'eau (en remblai ou rapportés en fond de déblai hors nappe) améliorés à la chaux ou aux liants hydrauliques selon une technique "remblai" et sur une épaisseur de 0,30 à 0,50 m. L'action du traitement est cependant durable.	AR2	La portance de l'arase peut être localement élevée mais la dispersion n'autorise pas un classement supérieur. La décision de réalisation d'une couche de forme sur cette PST dépend du projet et des valeurs de portance de l'arase mesurées à court terme (après prise du liant).
P.S.T. n°5		Soils B ₁ et D ₁ et certains matériaux rocheux de la classe R ₂₅ . Contexte PST en matériaux sableux fins insensibles à l'eau, hors nappe, posant des problèmes de traficabilité.	AR2 AR3	La portance de l'arase de cette PST dépend beaucoup de la nature des matériaux. Classement en AR3 si le module EV2 de l'arase est supérieur à 120 MPa. Les valeurs de portance à long terme peuvent être assimilées aux valeurs mesurées à court terme. La nécessité d'une couche de forme sur cette PST ne s'impose que pour satisfaire les exigences de traficabilité.
P.S.T. n°6		Soils Matériaux des classes D ₂ , R ₁₁ , R ₂₁ , R ₂₂ , R ₃₂ , R ₃₃ , R ₄₁ , R ₄₂ , R ₅₂ ainsi que certains matériaux C ₂ , R ₂₃ , R ₄₃ et R ₅₃ . Contexte PST en matériaux graveleux ou rocheux insensibles à l'eau mais posant des problèmes de réglage et/ou de traficabilité.	AR3 AR4	Classement en AR3 si EV2 ≥ 120 MPa et en AR4 si EV2 ≥ 200 MPa. Les valeurs de portance à long terme peuvent être assimilées aux valeurs mesurées à court terme. La nécessité d'une couche de forme ne s'impose que pour les exigences à court terme (nivellement et traficabilité) et peut donc se réduire à une couche de fin réglage.

(A) Comportement de la PST à la mise en œuvre de la couche de forme

(B) Situation pendant la "phase de construction" de la chaussée.

Différents cas possibles de PST et AR (source : GTR 2000)

Notons que la classe PST et AR peut varier dans le temps en fonction des conditions météorologiques et devra impérativement être réévaluée au démarrage des travaux de terrassement par l'entreprise de gros œuvre et/ou de VRD.

Compte tenu de ces estimations, il conviendra donc de **reclasser au minimum la PST et l'arase en PST1 - AR1** avec pour objectif une portance minimale de 20 MPa pour l'ensemble des ouvrages.

Afin de reclasser la PST0-AR0 en PST1-AR1, différentes méthodes existent (notons que plusieurs méthodes peuvent être combinées afin d'aboutir à l'objectif fixé) :

- Purge des matériaux et substitution par un matériau insensible à l'eau (cloutage du fond de fouille) ;
- Drainage des eaux par rabattement de nappe, pompage superficiel, création de fossés drainants, etc. ;
- Assèchement du fond de fouille par aération (méthode cependant moins efficace dans les régions tempérées) ;
- Compactage modéré du fond de fouille (dans les sols non saturés en eau et hors zone de nappe affleurante) ;
- Traitement du fond de fouille à la chaux (sous réserve des résultats d'une étude spécifique qui montrerait la faisabilité d'une telle méthode).

Cette liste n'est cependant pas exhaustive et d'autres méthodes pourront être proposées par l'entreprise de VRD ou de terrassement et devra être validée avant démarrage des travaux lors d'une Supervision Géotechnique d'Exécution (mission G4) suivant la norme NF P 94-500 de novembre 2013.

Dans tous les cas, l'entreprise devra tenir compte des recommandations du GTR 2000.

8.4 Couche de forme

La couche de forme sera constituée par un matériau granulaire sain, inerte, insensible à l'eau et au gel, de type D₃₁ et compactée par couches minces dans les règles de l'art et suivant les dispositions du GTR 2000.

On trouvera dans le tableau ci-après, le détail des caractéristiques d'un matériau de type D31 selon le GTR 2000 :

Classement selon nature					Classement selon le comportement		
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous-classe fonction de la nature	Caractères principaux	Valeurs seuils retenues		Sous-classe
VBS ≤ 0,1 et Tamisat à 80 µm ≤ 12%	D Sols insensibles à l'eau	D _{max} ≤ 50 mm et tamisat à 2 mm > 70%	D ₁	Ces sols sont sans cohésion et perméables. Leur granulométrie, souvent mal graduée et de petit calibre, les rend très érodables et d'une "traficabilité" difficile.	Leur emploi en couche de forme sans traitement aux LH nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (Los Angeles, LA, et/ou micro D'oval en présence d'eau, MDE) ou traçabilité des sables (FS).	FS ≤ 60	D ₁₁
			D ₂	Ces sols sont sans cohésion et perméables. Après compactage ils sont d'autant moins érodables et d'autant plus aptes à supporter le trafic qu'ils sont bien gradués.		FS > 60	D ₁₂
		D _{max} ≤ 50 mm et tamisat à 2 mm ≤ 70%	D ₃	Matériaux sans cohésion et perméables, inadaptés au malaxage en vue d'un traitement répondant à une qualité "couche de forme". En partie supérieure des terrassements ils peuvent poser des problèmes de réglage, de traçabilité et d'exécution de tranchées diverses.		LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	D ₂₁
			D ₄	Graves alluvionnaires propres, sables...		LA > 45 ou MDE > 45	D ₂₂
		D _{max} > 50 mm	D ₅	Graves alluvionnaires propres...		LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	D ₃₁
			D ₆	Graves alluvionnaires propres...		LA > 45 ou MDE > 45	D ₃₂

Extrait du tableau des conditions d'utilisation des matériaux en couche de forme (source : GTR 2000)

On prévoira la mise en place d'un **géotextile non tissé** remontant sur les parois du sol encaissant entre l'arase et la couche de forme afin d'éviter la contamination du remblai d'apport le sol sous-jacent.

L'épaisseur préconisée pour la couche de forme est fixée de sorte qu'elle :

- satisfasse aux divers critères de résistance permettant une mise en œuvre correcte des couches de chaussée ;
- assure la pérennité d'une valeur minimale de portance à long terme de la plateforme.

Cette épaisseur préconisée dépend :

- du cas de PST et de la portance à long terme au niveau de l'arase des terrassements ;
- des caractéristiques du matériau constituant la couche de forme.

A titre d'exemple et d'après le GTR 2000, le tableau ci-dessous indique les **épaisseurs de couche de forme minimales recommandées** pour obtenir une plateforme de type PF2 à partir d'une AR1.

Classe de sol de la couche de forme	Épaisseur préconisée de la couche de forme pour obtenir PF2	
	PST1 - AR1	PST2 - AR1
Grave non traitée de type D ₃₁	75 cm (60 cm si intercalation d'un géotextile)	50 cm (40 cm si intercalation d'un géotextile)

Classe de sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme e (en m.) et classe PF de la plate-forme support de chaussée				
						PST n° 1	PST n° 2	PST n° 3		PST n° 4
						AR 1	AR 1	AR 1	AR 2	AR 2
D ₃₁	Les sols de cette classe peuvent être utilisés en couche de forme : - soit dans leur état naturel après avoir éliminé ou fragmenté les gros éléments empêchant un réglage correct de la plate-forme - soit traités avec un liant hydraulique. Le traitement n'est cependant possible que dans la mesure où un malaxage intime du sol avec le liant peut être réalisé avec des malaxeurs à outils animés (pulvimixers...) ou en centrale.	++ OU +	pluie même forte	G : Elimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct de la plate-forme	3 0 0 0	e = 0,75 ou (2)	e = 0,5 ou (2)	e = 0,4 ou (2)	e = 0,3 ou (2)	(3)
		= OU -	pas de pluie	Solution 1 : G : Elimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct de la plate-forme Solution 2 : G : Elimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du sol avec le liant W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique du mélange sol + liant T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	3 0 0 0	e = 0,6 PF2	e = 0,4 PF2	e = 0,3 PF2	e = 0,2 PF2	
D ₃₂	Par rapport aux sols de la classe D ₃₁ précédente les sols de la D ₃₂ sont constitués de granulats plus friables pouvant conduire sous l'action du trafic à la formation d'éléments fins sensibles à l'eau. Pour les utiliser en couche de forme il est donc nécessaire de les traiter avec un liant hydraulique. Le traitement n'est cependant possible que dans la mesure où un malaxage intime du sol avec le liant peut être réalisé avec des malaxeurs à outils animés (pulvimixers...) ou en centrale.	+	pluie faible	Situation météorologique ne permettant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant	NON	(1)				
		= OU -	pas de pluie	G : Elimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du sol avec le liant W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique du mélange sol + liant T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	2 1 1 1		PF2	PF2	PF3	PF3

(1) Sur cette PST, la mise en oeuvre d'un matériau traité répondant à une qualité "couche de forme" n'est pas réalisable. Procéder d'abord à un traitement selon une technique "remblai" et se reporter alors au cas de PST n°4 si l'effet du traitement est durable et aux cas PST n°2 ou 3 s'il ne l'est pas.

(2) Si intercalation d'un géotextile à l'interface PST-couche de forme.

(3) Dans le cas de la PST n°4, une couche de forme conduisant à une PF2 peut se limiter à une couche de protection superficielle de quelques centimètres d'épaisseur de ce matériau. Celle-ci peut même être inutile si l'on a prévu la possibilité d'éliminer par rabotage les 5 à 10 cm supérieurs de la PST. Elle peut également être remplacée par un enduit de cure gravillonné ou éventuellement clouté, appliqué directement sur l'arasement.

Extrait du tableau des conditions d'utilisation des matériaux en couche de forme (source : GTR 2000)

Notons que ces épaisseurs ne sont données qu'à titre indicatif, mais restent recommandées pour atteindre les objectifs de portance fixés.

L'entreprise qui réalisera la couche de forme pourra donc proposer des épaisseurs de couche de forme différentes à **condition de fournir une méthodologie spécifique qui garantira les objectifs de portance demandés, et ce, sur toute la durée de vie de l'ouvrage.** Cette variante devra faire l'objet d'une validation par un géotechnicien en phase G4 et une planche d'essais pourra également être demandée afin de valider définitivement cette optimisation.

8.5 Réutilisation des matériaux en couche de forme

Compte tenu de la présence de **matière organique et de tourbes au sein des sables limoneux superficiels identifiés jusque vers 4,5 m/TN**, ces matériaux ne pourront pas être réutilisés.

8.6 Objectifs de portance de la couche de forme

Les objectifs de portance de la couche de forme minimaux à atteindre, selon le GTR 2000 sont :

- EV2 > 50 MPa ;
- EV2/EV1 < 2.

Des essais de contrôle à la plaque selon la procédure du LCPC devront être réalisés en quantité suffisante pour réceptionner la couche de forme dans sa totalité.

8.7 *Structure de voirie*

La structure de chaussée sera adaptée à la circulation prévisible sur la voirie via une étude spécifique par un bureau d'études VRD.

8.8 *Remarques particulières*

Etant donné la présence d'horizons organiques à faible profondeur, il conviendra de privilégier des structures souples et il ne faut pas exclure l'apparition de désordres en surface tels que des gonflements de la chaussée, voire des fissures qui pourront ainsi imposer des entretiens réguliers et être intégrés au plan de gestion.

Le cas échéant, on peut toujours envisager un renforcement des sols par maillage d'inclusions sous les voiries (et réseaux).

Il faut rappeler que les tranchées des réseaux divers seront confrontées à une tenue médiocre des terres et à des venues d'eau (nécessité de prévoir des blindages et un rabattement de nappe).

Il conviendra de prendre les mesures adaptées contre les remontées d'humidité.

Il faudra prévoir des joints souples pour les canalisations (à la jonction avec la construction).

9. RECOMMANDATIONS

Le suivi piézométrique mensuel sur 12 mois, en cours de réalisation par nos soins au droit des deux piézomètres installés (**PZ1 et PZ2**), permettra de suivre les fluctuations saisonnières de la nappe.

Quoi qu'il en soit, compte tenu de la faible profondeur de la nappe (et de sa remontée probable en périodes de crues), nous conseillons de réaliser une plate-forme générale rehaussée d'au moins 1 m/1,2 m par rapport au terrain actuel, notamment pour la conception des quais de desserte.

Bien évidemment, l'incidence de ces remblais de rehaussement devra être étudiée dans le cadre d'une G2 PRO (incidence en termes de tassement des sols sous fondations et sous dallages et dans le dimensionnement du renforcement de sol par inclusions rigides).

En l'absence de remblais de rehaussement, les voiries de desserte des quais seront en déblais et les fonds de formes seront établis sous la nappe.

Dans ce cas, il faudra prévoir :

- La pose de drains à une cote inférieure de 50 cm environ à celle du corps de chaussée (drains à relier à un exutoire fiable, si besoin associé à un poste de relevage) ;
- Une forme en grave calibrée (type 5/40) posée sur un anticontaminant géotextile et dont l'épaisseur devra être de 40 cm au minimum.

Le rapport ci-présent conclut la mission géotechnique de conception phase avant-projet (G2 AVP) qui nous a été confiée. Il constitue un ensemble indissociable avec ses annexes. Une mauvaise utilisation qui pourrait être faite à la suite d'une communication ou d'une reproduction partielle ne saurait engager GEOMECA.

Toute modification du projet (caractéristiques, implantation...) ou du site (terrassement...) nécessitera une mise à jour de l'étude, éventuellement accompagnée d'investigations complémentaires.

Il est important de préciser que les investigations réalisées sur le site pour cette étude ont un caractère ponctuel. Les recommandations exposées dans ce rapport devront être mises en œuvre en tenant compte des conditions réelles du terrain mis à jour au cours des travaux. Par ailleurs, la découverte de toute anomalie (massifs de fondation, caves, galeries, fosses, etc.) devra nous être signalée afin d'affiner nos conclusions.

Selon l'enchaînement des missions au sens de la norme NF P 94-500, une étude géotechnique de conception phase projet (G2 PRO) doit être envisagée, notamment afin de dimensionner les fondations du projet.

De même, les études géotechniques d'exécutions (mission G3) et de supervision géotechnique (mission G4) devront être envisagées.

Le présent rapport ne peut servir au lancement d'une consultation ou d'un appel d'offres pour la construction d'un ouvrage géotechnique.

10. ANNEXES

10.1 Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en 2013 Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet.

Le modèle géologique et le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels liés aux aléas géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet : en effet les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment).

L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions types d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1, 2 et 3. Les éléments de chaque mission sont spécifiés dans les chapitres 7 à 9. Les exigences qui y sont présentées sont à respecter pour chacune des missions, en plus des exigences générales décrites au chapitre 5 de la présente norme. L'objectif de chaque mission, ainsi que ses limites, sont rappelés en tête de chaque chapitre. Les éléments de la prestation d'investigations géotechniques sont spécifiés au chapitre 6.

Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PREALABLES (G1)

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

Phase Etude de Site (ES)

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

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées :

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés.

Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

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

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

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le dossier de consultation des entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des contrats de travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques :

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

Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

ÉTAPE 3 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Elle comprend deux phases interactives.

Phase Etude

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôle à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).

— Elaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

— Suivre en continu les auscultations de l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Etude.

— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).

— Etablir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents géotechniques nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision de suivi d'exécution

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

— Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

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

— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

— Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechnique seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

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

10.2 Plan d'implantation des sondages



Site : CALAIS
Rue du Beau Marais

Affaire : Construction d'un entrepôt

IMPLANTATION DES RECONNAISSANCES



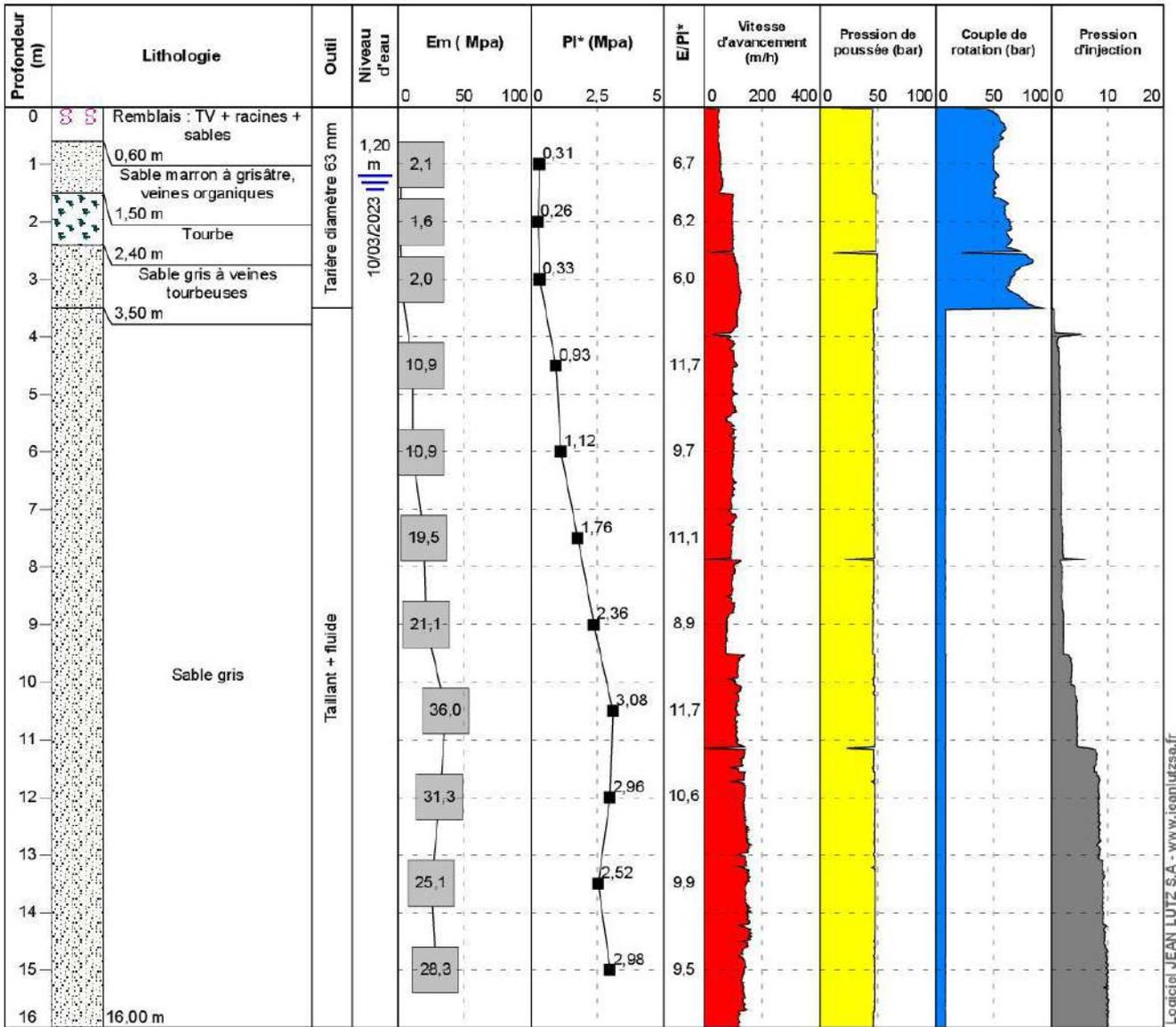
10.3 Coupes lithologiques et essais pressiométriques

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt		Contrat 23-164
	Date : 10/03/2023	Machine :	Profondeur : 0,00 - 16,00 m

1/100

Sondage : PR2

EXGTE 3.23/LB2EPF579FR



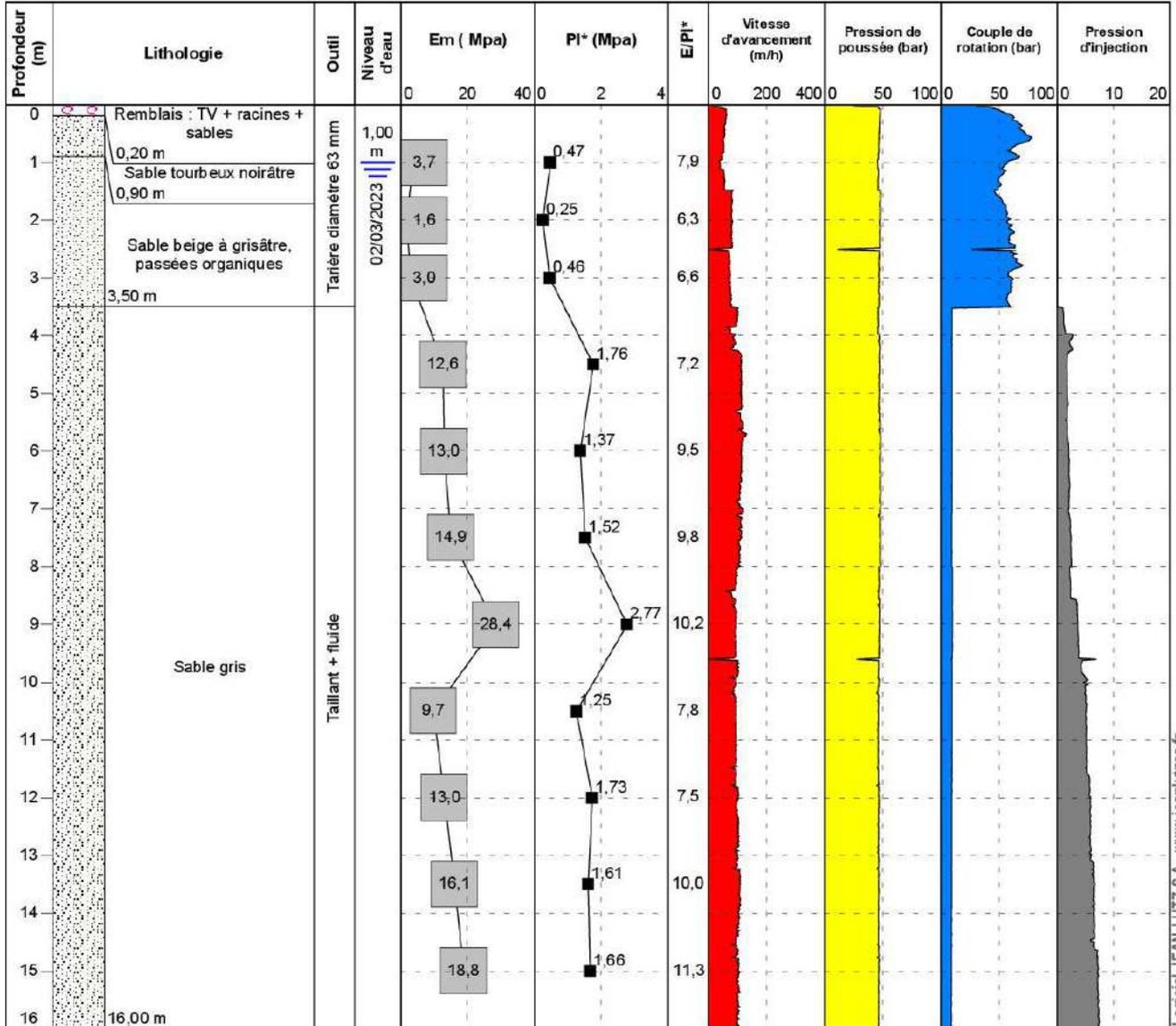
Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr

	CALAIS		Contrat 23-164
	Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt		
Date : 02/03/2023	Machine :	Profondeur : 0,00 - 16,00 m	

1/100

Sondage : PR3

EXGTE 3.23/LB2EPF579FR



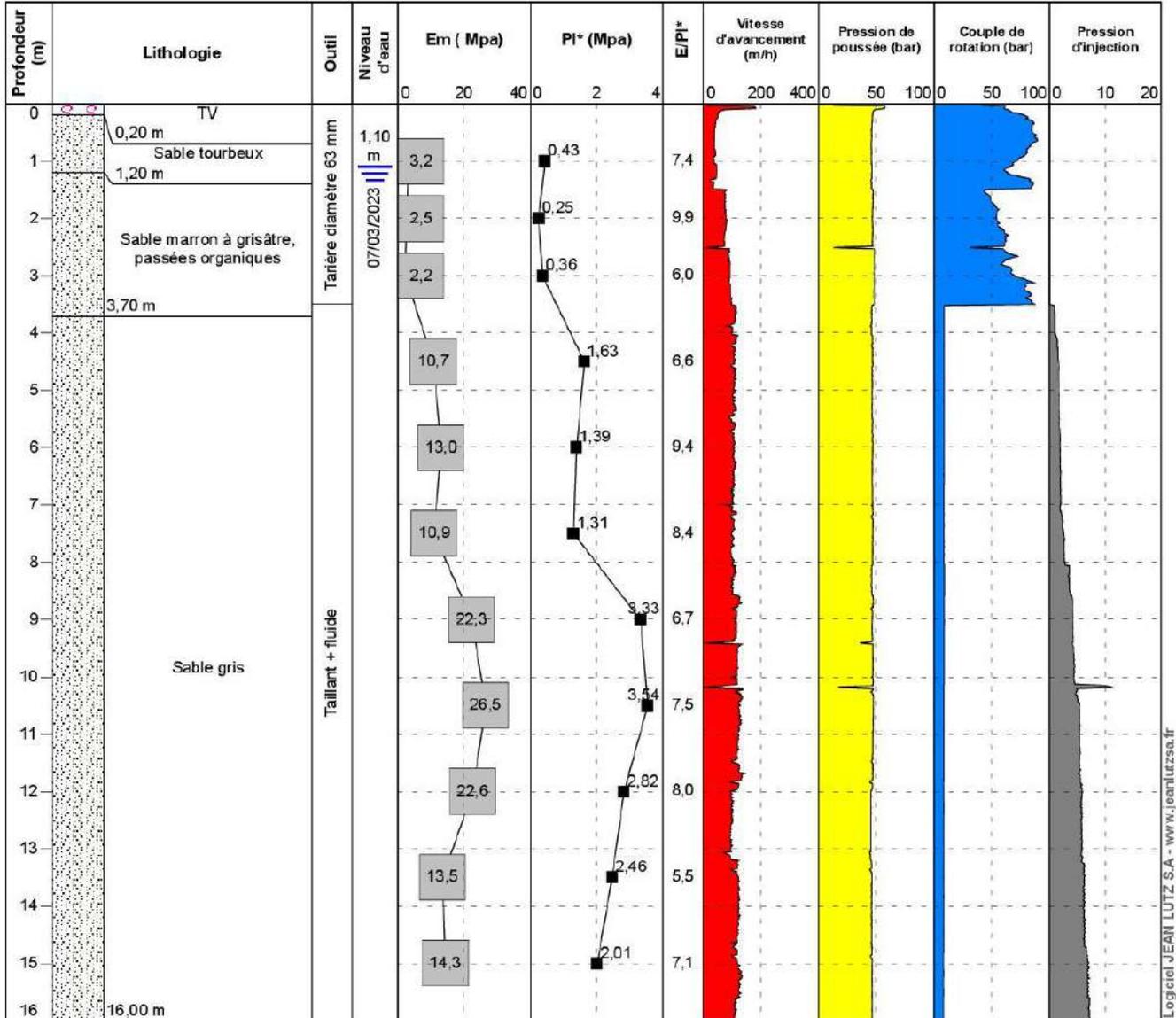
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

	CALAIS		Contrat 23-164
	Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt		
Date : 07/03/2023	Machine :	Profondeur : 0,00 - 16,00 m	

1/100

Sondage : PR4

EXGTE 3.23/LB2EPF579FR



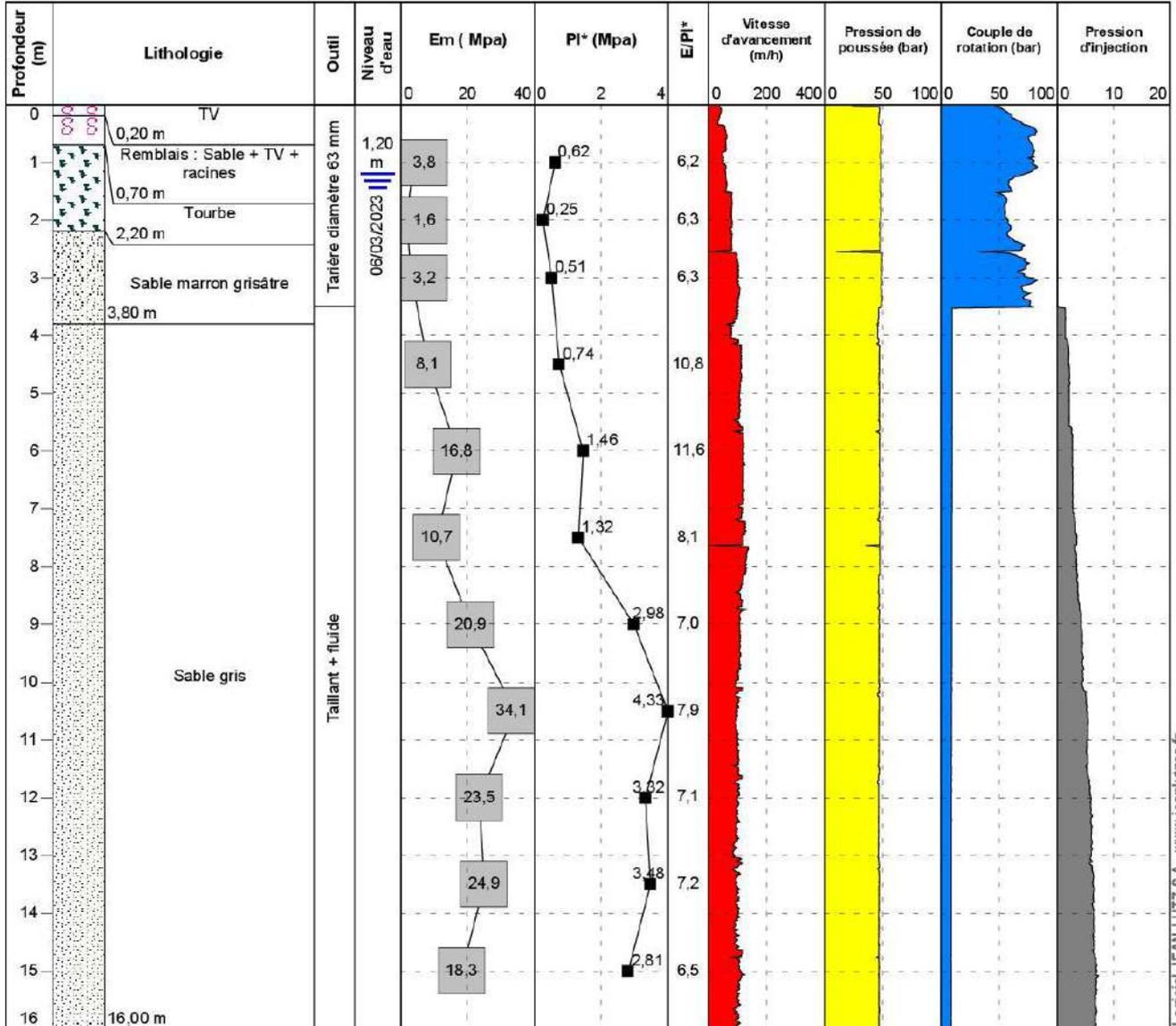
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

	CALAIS		Contrat 23-164
	Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt		
Date : 06/03/2023	Machine :	Profondeur : 0,00 - 16,00 m	

1/100

Sondage : PR5

EXGTE 3.23/LB2EPF579FR



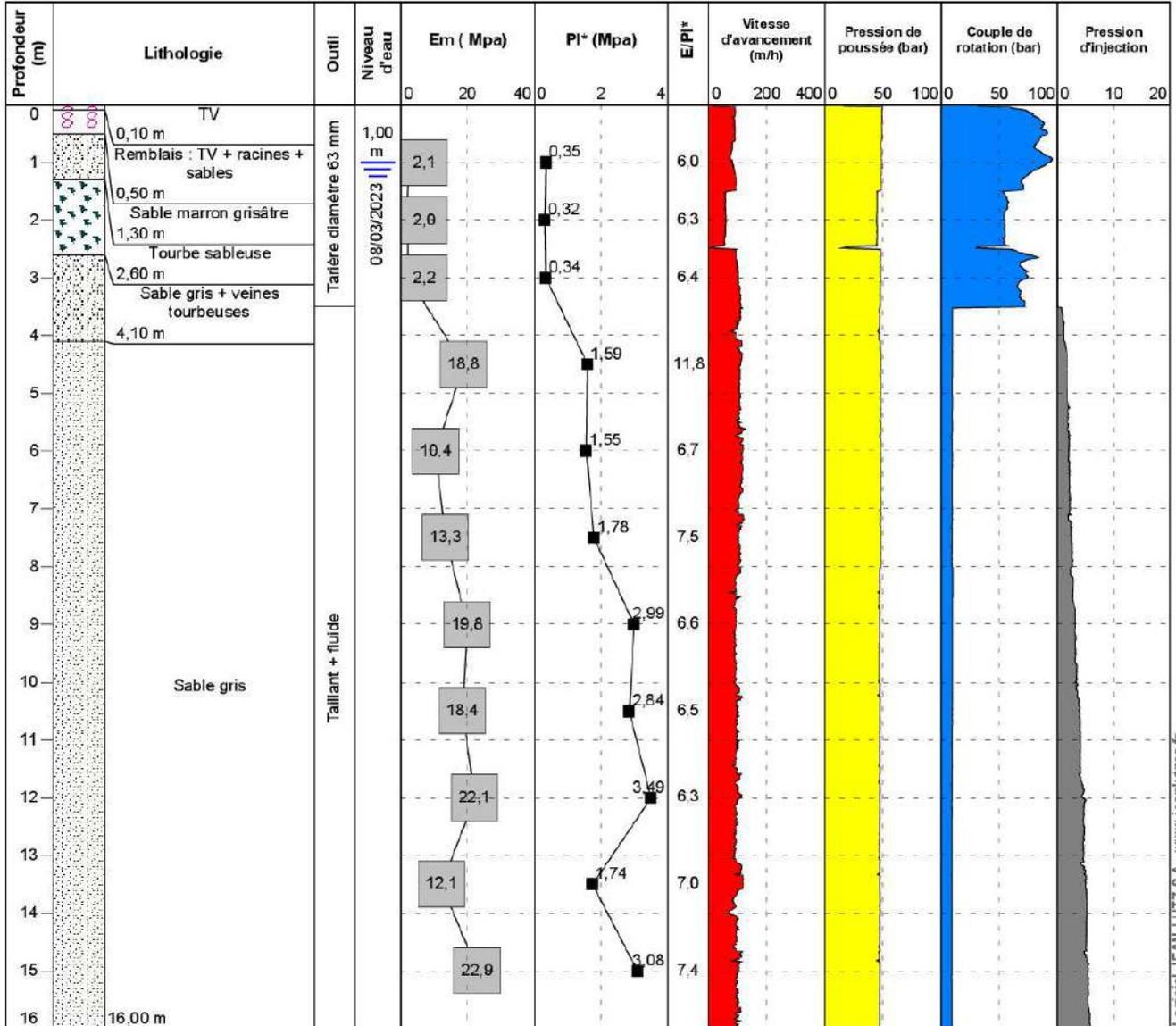
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

	CALAIS		Contrat 23-164
	Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt		
Date : 08/03/2023	Machine :	Profondeur : 0,00 - 16,00 m	

1/100

Sondage : PR6

EXGTE 3.23/LB2EPF579FR



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

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 23/02/2023	Machine :

1/30

Forage : S1-PS1

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables	1,00 m 23/02/2023 	Tarière continue Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr
0,40 m	Remblais : Sable noir organique, cailloux divers		
0,80 m	Sable grisâtre, veines organiques		
1-1,20 m	Tourbe sableuse		
2-2,30 m	Sable gris, passées tourbeuses		
3-3,00 m			

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt		Contrat 23-164
	Date : 23/03/2023	Machine :	Profondeur : 0,00 - 2,00 m

1/30

Forage : S2-PS2

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables		
0,40 m		0,30 m	
0,60 m	Remblais : Sable marron + tourbe + cailloux divers	23/03/2023	
1	Tourbe sableuse		Tarière continue
1,20 m			
2	Sable gris à veines tourbeuses		
2,00 m			

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

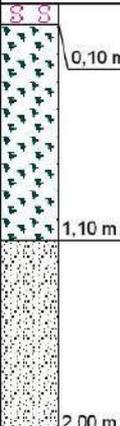
	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 22/03/2023	Machine :

1/30

Forage : S3-PS3

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + tourbe	0,20 m	Tarière continue
1	Tourbe sableuse + racines	22/03/2023	
2	Sable gris à veines tourbeuses		



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

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 22/03/2023	Machine :

1/30

Forage : S4-PS4

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + tourbe	0,20 m	Tarière continue Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr
1	Tourbe sableuse + racines	22/03/2023	
2	Sable gris à veines tourbeuses		

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 22/03/2023 Machine : Profondeur : 0,00 - 2,00 m	

1/30

Forage : S5-PS5

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + tourbe		
1	Tourbe sableuse + racines	0,80 m	Tarière continue
2	Sable gris à veines tourbeuses		



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

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 23/03/2023	Machine :

1/30

Forage : S6-PS6

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + tourbe		
1	Tourbe sableuse + racines	0,80 m	Tarière continue
2	Sable gris à veines tourbeuses	23/03/2023	

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

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 23/03/2023	Machine :

1/30

Forage : S7-PS7

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + tourbe		
0,35	Tourbe sableuse + racines	0,50 m	
1	Sable marron foncé à veines tourbeuses	23/03/2023	Tarière continue
1,80	Sable gris		
3			

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

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 23/03/2023	Machine :

1/30

Forage : S8-PS8

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines		
0,10 m	Remblais : Sable + TV + racines + tourbe		
0,50 m	Sable marron à veines tourbeuses		
0,80 m	Sable tourbeux noirâtre	0,80 m	Tarière continue
1		23/03/2023	
2			

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

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 23/03/2023	Machine :

1/30

Forage : S9-PS9

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables		
0,35	Sable tourbeux noirâtre	0,60 m	
1	Sable tourbeux grisâtre à noirâtre	23/03/2023	Tarière continue
1,80	Sable gris		
3			

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

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt		Contrat 23-164
	Date : 23/03/2023	Machine :	Profondeur : 0,00 - 3,00 m

1/30

Forage : S10-PS10

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables		
0,35	Sable tourbeux noirâtre		
0,80	Sable tourbeux grisâtre à noirâtre	0,80 m	Tarière continue
2,25	Sable gris		
3,00			

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

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 23/03/2023	Machine :

1/30

Forage : S11-PS11

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables		
0,40	Sable tourbeux noirâtre	0,60 m	
1	Sable marron à grisâtre, veines tourbeuses	23/03/2023	Tarière continue
3			

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

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 23/03/2023	Machine :

1/30

Forage : S12-PS12

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	 Remblais : TV + racines + sables 0,50 m	0,50 m	Tarière continue Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr
1	 Sable tourbeux grisâtre à noirâtre 1,50 m	23/03/2023 	
2	 Sable gris 3,00 m		
3			

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt		Contrat 23-164
	Date : 22/03/2023	Machine :	Profondeur : 0,00 - 3,00 m

1/30

Forage : S13-PS13

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables	0,70 m  22/03/2023	Tarière continue <small>Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr</small>
0,35 m	Remblais : Sable + TV + racines		
0,80 m	Sable tourbeux marron foncé		
1-1,50 m	Tourbe sableuse noirâtre		
2-2,10 m	Sable gris à veines tourbeuses		
3-3,00 m			

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 23/03/2023	Machine :

1/30

Forage : S14-PS14

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables		
1	Tourbe sableuse	0,80 m	Tarière continue
2	Sable gris à veines tourbeuses	23/03/2023	

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

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 22/03/2023 Machine : Profondeur : 0,00 - 2,00 m	

1/30

Forage : S15-PS15

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables		
0,40 m	Tourbe sableuse noirâtre	0,30 m	Tarière continue
1	Sable gris à veines tourbeuses	22/03/2023	
2			

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

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt		Contrat 23-164
	Date : 06/03/2023	Machine :	Profondeur : 0,00 - 2,50 m

1/30

Forage : F1

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables		
0,30 m			
1	Sable beige		
1,00 m			
2	Sable marron foncé à veines organiques		
2,50 m			
		1,20 m 06/03/2023	Tarière continue Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 06/03/2023	Machine :

1/30

Forage : F2

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables		
	0,40 m		
	Sable beige		
	0,60 m		
1		1,20 m	Tarière continue
	Sable marron foncé à veines organiques	06/03/2023	Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr
2			
	2,50 m		

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 06/03/2023	Machine :

1/30

Forage : F3

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables		
0,40 m	Sable beige		
0,80 m	Sable marron foncé à veines organiques	1,25 m	Tarière continue
2,50 m		06/03/2023	Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

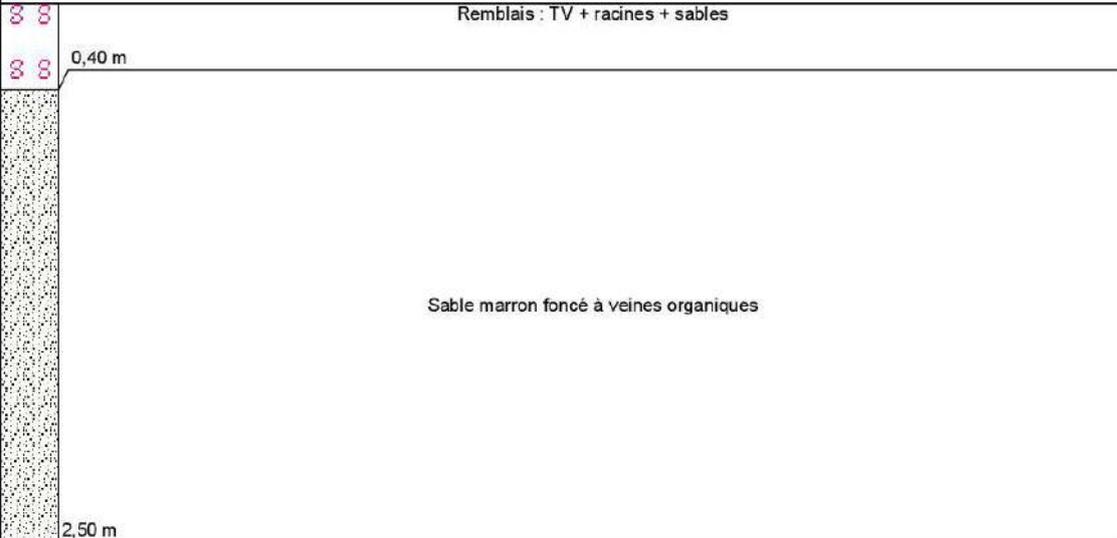
	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 06/03/2023 Machine : Profondeur : 0,00 - 2,50 m	

1/30

Forage : F4

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables		
1	Sable marron foncé à veines organiques	1,18 m	Tarière continue
2		06/03/2023	



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

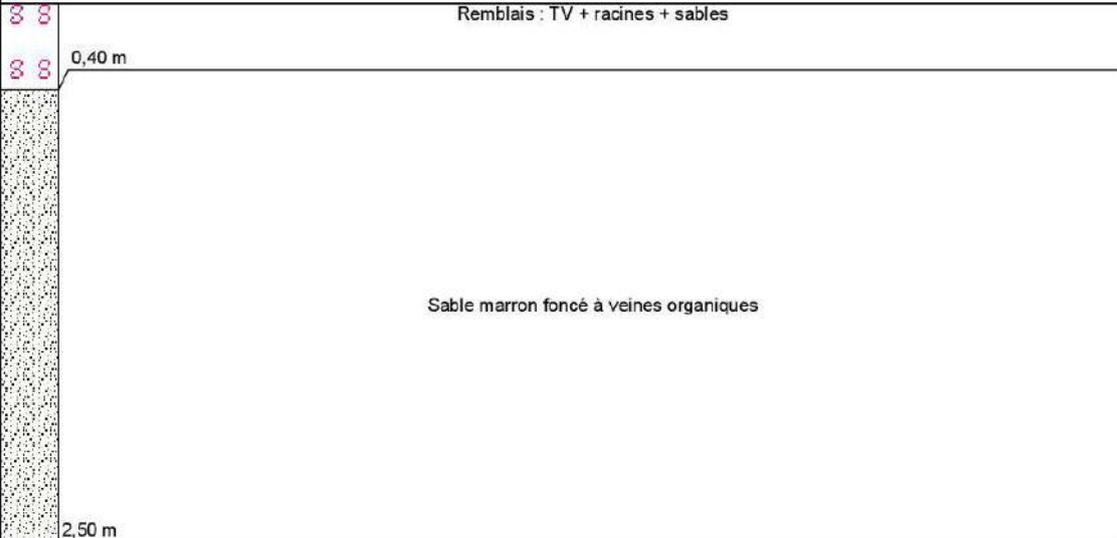
	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 06/03/2023 Machine : Profondeur : 0,00 - 2,50 m	

1/30

Forage : F5

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables		
1	Sable marron foncé à veines organiques	1,20 m	Tarière continue
2		06/03/2023	



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

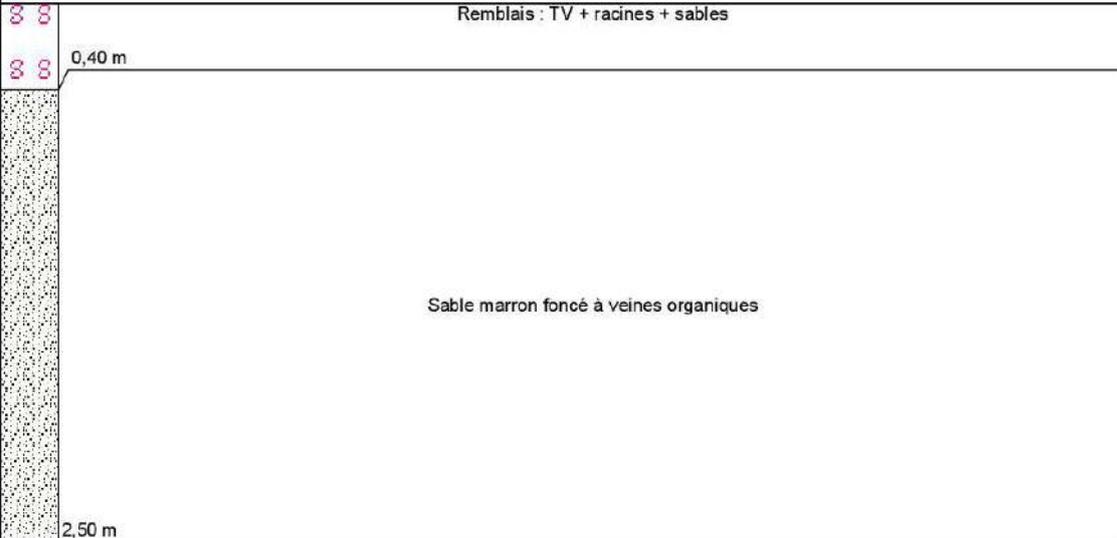
	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt		Contrat 23-164
	Date : 06/03/2023	Machine :	Profondeur : 0,00 - 2,50 m

1/30

Forage : F6

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables		
1	Sable marron foncé à veines organiques	1,24 m	Tarière continue
2		06/03/2023	Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt		Contrat 23-164
	Date : 06/03/2023	Machine :	Profondeur : 0,00 - 2,50 m

1/30

Forage : F7

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables		
0,40 m	Tourbe sableuse		
0,80 m	Sable marron à beige + veines organiques éparées	1,20 m	Tarière continue
1		06/03/2023	
2			
2,50 m			

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

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 06/03/2023	Machine :

1/30

Forage : F8

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables		
0,40			
1	Sable tourbeux noirâtre		
1,30			
2	Sable marron à beige		
2,50			
		Niveau d'eau : 1,20 m 06/03/2023	Tarière continue Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt	Contrat 23-164
	Date : 06/03/2023	Machine :

1/30

Forage : F9

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	Remblais : TV + racines + sables		
0,40 m	Sable tourbeux noirâtre		
0,80 m	Sable marron à beige, veines tourbeuses éparses	1,10 m	Tarière continue
2,50 m		06/03/2023	Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt		Contrat 23-164
	Date : 06/03/2023	Machine :	Profondeur : 0,00 - 2,50 m

1/30

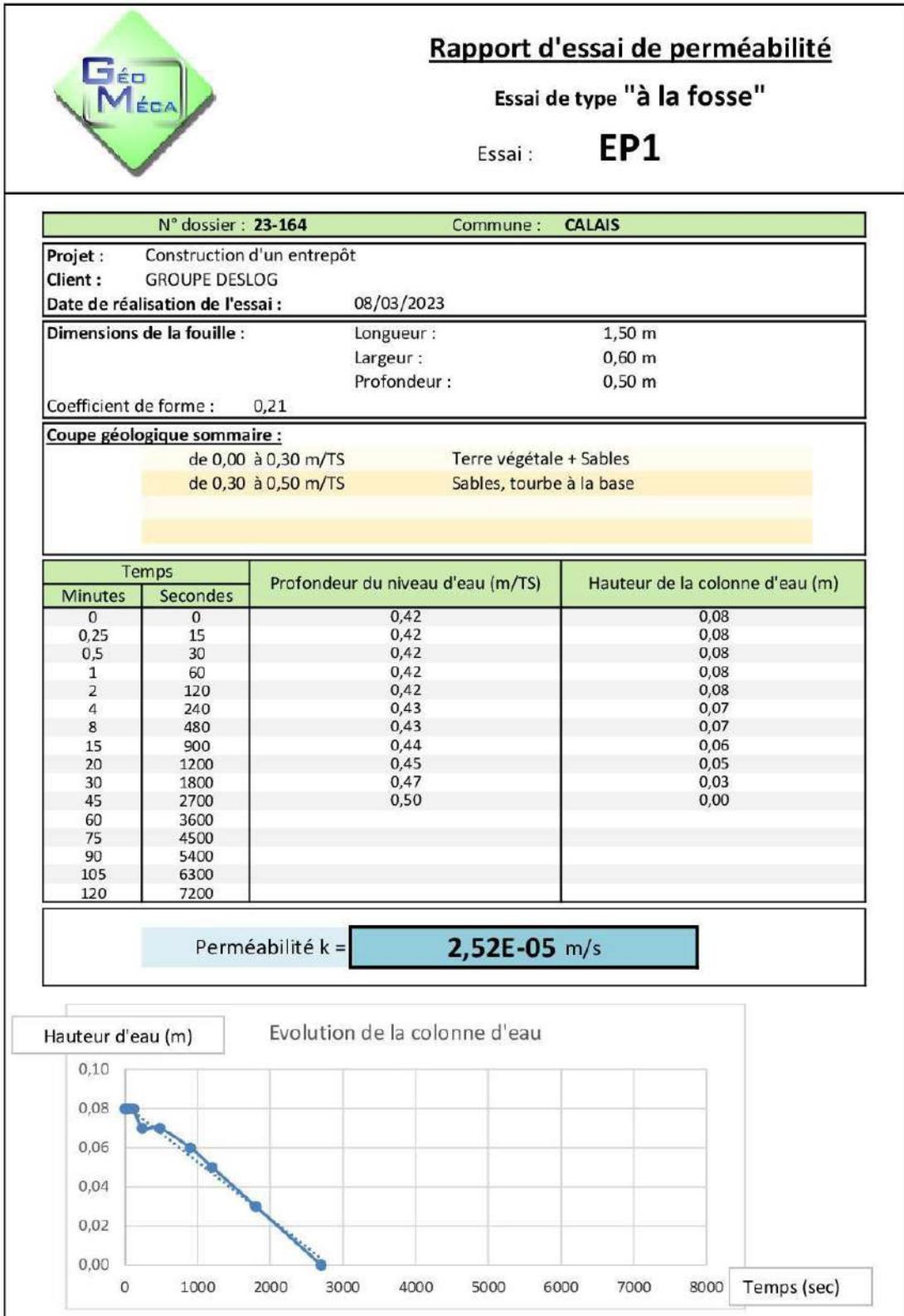
Forage : F10

EXGTE 3.23/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
0	 Remblais : TV + racines + sables		
1	 Sable marron à beige, veines tourbeuses éparses	1,10 m 06/03/2023	Tarière continue
2			

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

10.4 Essais de perméabilité





Rapport d'essai de perméabilité

Essai de type "à la fosse"

Essai : **EP2**

N° dossier : **23-164**

Commune : **CALAIS**

Projet : Construction d'un entrepôt

Client : GROUPE DESLOG

Date de réalisation de l'essai : 08/03/2023

Dimensions de la fouille :
Longueur : 1,20 m
Largeur : 0,50 m
Profondeur : 1,00 m

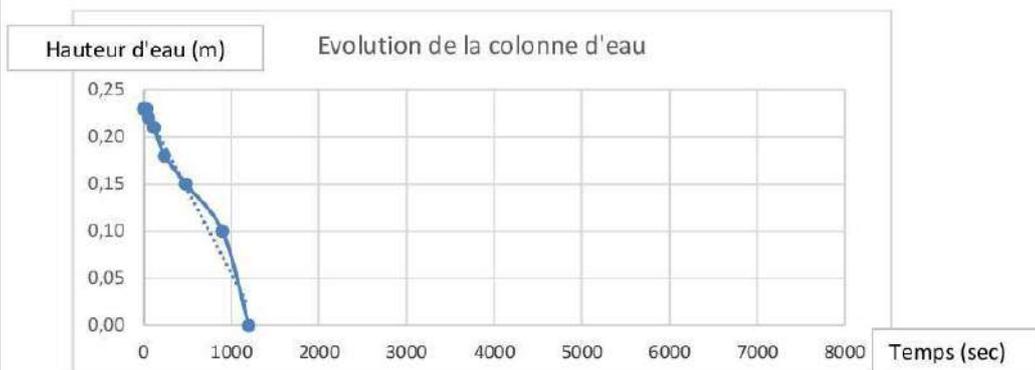
Coefficient de forme : 0,18

Coupe géologique sommaire :

de 0,00 à 0,30 m/TS Terre végétale + sables
de 0,30 à 1,00 m/TS Sables

Temps		Profondeur du niveau d'eau (m/TS)	Hauteur de la colonne d'eau (m)
Minutes	Secondes		
0	0	0,77	0,23
0,25	15	0,77	0,23
0,5	30	0,77	0,23
1	60	0,78	0,22
2	120	0,79	0,21
4	240	0,82	0,18
8	480	0,85	0,15
15	900	0,90	0,10
20	1200	1,00	0,00
30	1800		
45	2700		
60	3600		
75	4500		
90	5400		
105	6300		
120	7200		

Perméabilité k = **1,23E-04 m/s**





Rapport d'essai de perméabilité

Essai de type "à la fosse"

Essai : **EP3**

N° dossier : **23-164**

Commune : **CALAIS**

Projet : Construction d'un entrepôt

Client : GROUPE DESLOG

Date de réalisation de l'essai : 12/04/2023

Dimensions de la fouille :

Longueur :	1,40 m
Largeur :	0,80 m
Profondeur :	1,00 m

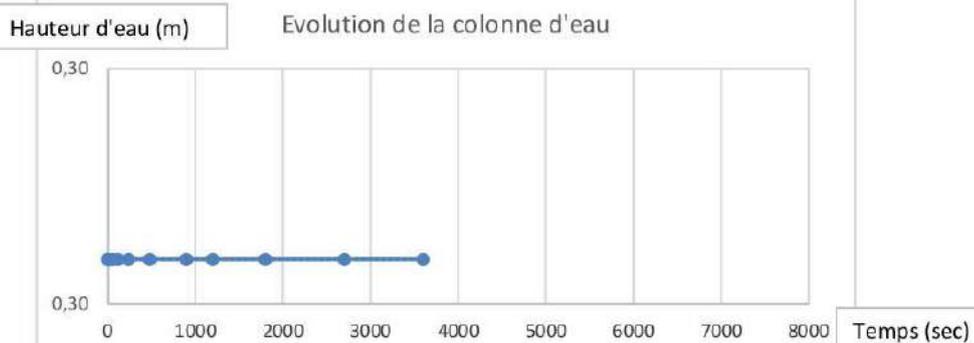
Coefficient de forme : 0,25

Coupe géologique sommaire :

de 0,00 à 0,30 m/TS	Terre végétale + sables
de 0,30 à 1,00 m/TS	Sables avec veines tourbeuses

Temps		Profondeur du niveau d'eau (m/TS)	Hauteur de la colonne d'eau (m)
Minutes	Secondes		
0	0	0,70	0,30
0,25	15	0,70	0,30
0,5	30	0,70	0,30
1	60	0,70	0,30
2	120	0,70	0,30
4	240	0,70	0,30
8	480	0,70	0,30
15	900	0,70	0,30
20	1200	0,70	0,30
30	1800	0,70	0,30
45	2700	0,70	0,30
60	3600	0,70	0,30
75	4500		
90	5400		
105	6300		
120	7200		

Perméabilité k = **Pas d'abaissement du niveau d'eau**





Rapport d'essai de perméabilité

Essai de type "à la fosse"

Essai : **EP4**

N° dossier : 23-164

Commune : CALAIS

Projet : Construction d'un entrepôt

Client : GROUPE DESLOG

Date de réalisation de l'essai : 12/04/2023

Dimensions de la fouille : Longueur : 1,30 m
Largeur : 0,70 m
Profondeur : 1,00 m

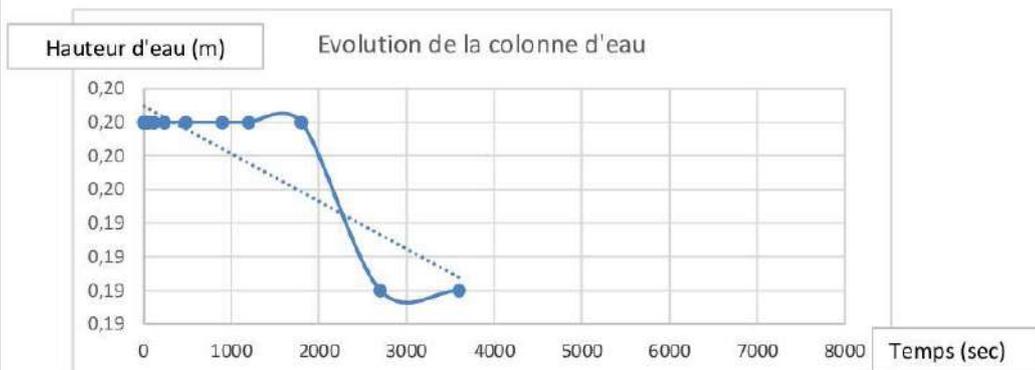
Coefficient de forme : 0,23

Coupe géologique sommaire :

de 0,00 à 0,70 m/TS Terre végétale + tourbe
de 0,70 à 1,00 m/TS Sables

Temps		Profondeur du niveau d'eau (m/TS)	Hauteur de la colonne d'eau (m)
Minutes	Secondes		
0	0	0,80	0,20
0,25	15	0,80	0,20
0,5	30	0,80	0,20
1	60	0,80	0,20
2	120	0,80	0,20
4	240	0,80	0,20
8	480	0,80	0,20
15	900	0,80	0,20
20	1200	0,80	0,20
30	1800	0,80	0,20
45	2700	0,81	0,19
60	3600	0,81	0,19
75	4500		
90	5400		
105	6300		
120	7200		

Perméabilité k = **1,50E-06 m/s**





Rapport d'essai de perméabilité

Essai de type "à la fosse"

Essai : **EP5**

N° dossier : **23-164**

Commune : **CALAIS**

Projet : Construction d'un entrepôt

Client : GROUPE DESLOG

Date de réalisation de l'essai : 12/04/2023

Dimensions de la fouille : Longueur : 1,40 m
Largeur : 0,80 m
Profondeur : 0,70 m

Coefficient de forme : 0,25

Coupe géologique sommaire :

de 0,00 à 0,20 m/TS Terre végétale

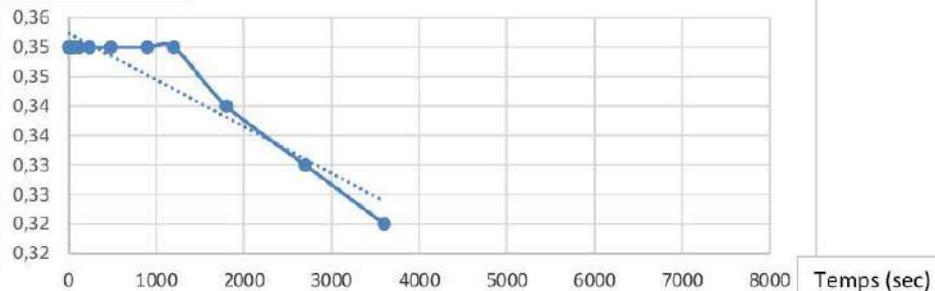
de 0,20 à 0,70 m/TS Sables + tourbe

Temps		Profondeur du niveau d'eau (m/TS)	Hauteur de la colonne d'eau (m)
Minutes	Secondes		
0	0	0,35	0,35
0,25	15	0,35	0,35
0,5	30	0,35	0,35
1	60	0,35	0,35
2	120	0,35	0,35
4	240	0,35	0,35
8	480	0,35	0,35
15	900	0,35	0,35
20	1200	0,35	0,35
30	1800	0,36	0,34
45	2700	0,37	0,33
60	3600	0,38	0,32
75	4500		
90	5400		
105	6300		
120	7200		

Perméabilité k = **3,60E-06 m/s**

Hauteur d'eau (m)

Evolution de la colonne d'eau



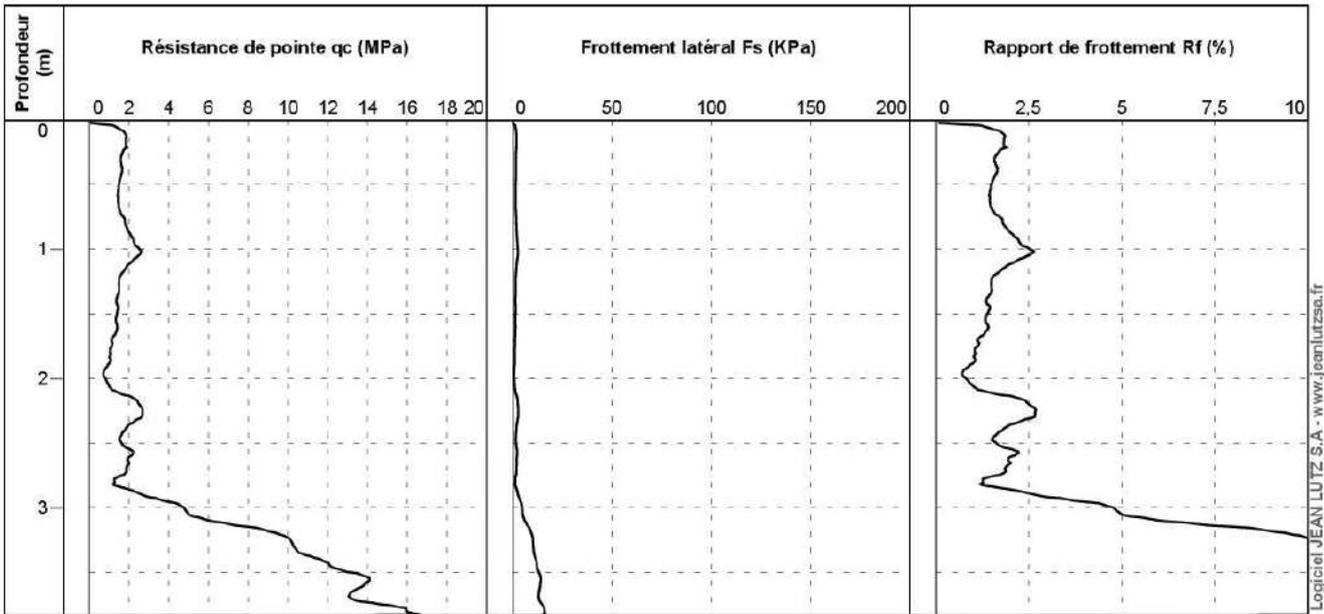
10.5 Essais de pénétration statique

	CALAIS Rue du Beau Marais Construction d'un entrepôt		Contrat 23-164
	Date : 22/03/2023	Machine : PAGANI 150 kN	Profondeur : 0,00 - 3,82 m

1/50

Forage : PS1

EXGTE 3.23/LB2EPF579FR



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



CALAIS
Rue du Beau Marais
Construction d'un entrepôt

Contrat 23-164

Date : 22/03/2023

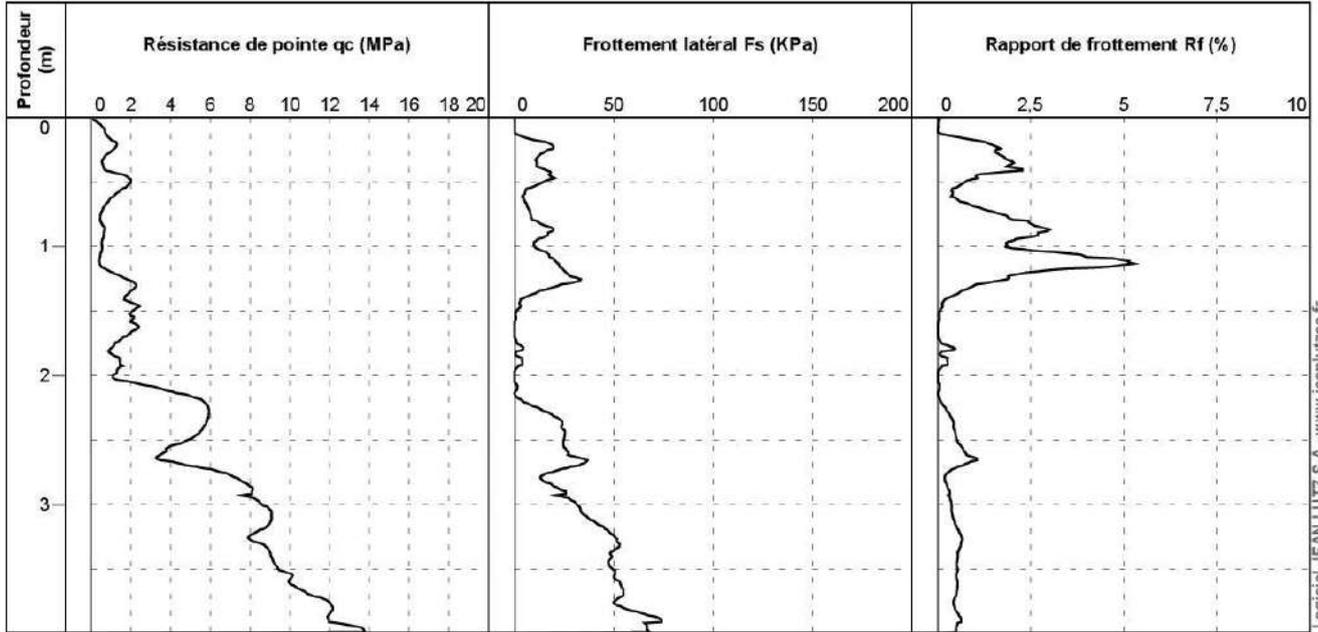
Machine : PAGANI 150 kN

Profondeur : 0,00 - 3,98 m

1/50

Forage : PS2

EXGTE 3.23/LB2EPF579FR



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



CALAIS
Rue du Beau Marais
Construction d'un entrepôt

Contrat 23-164

Date : 22/03/2023

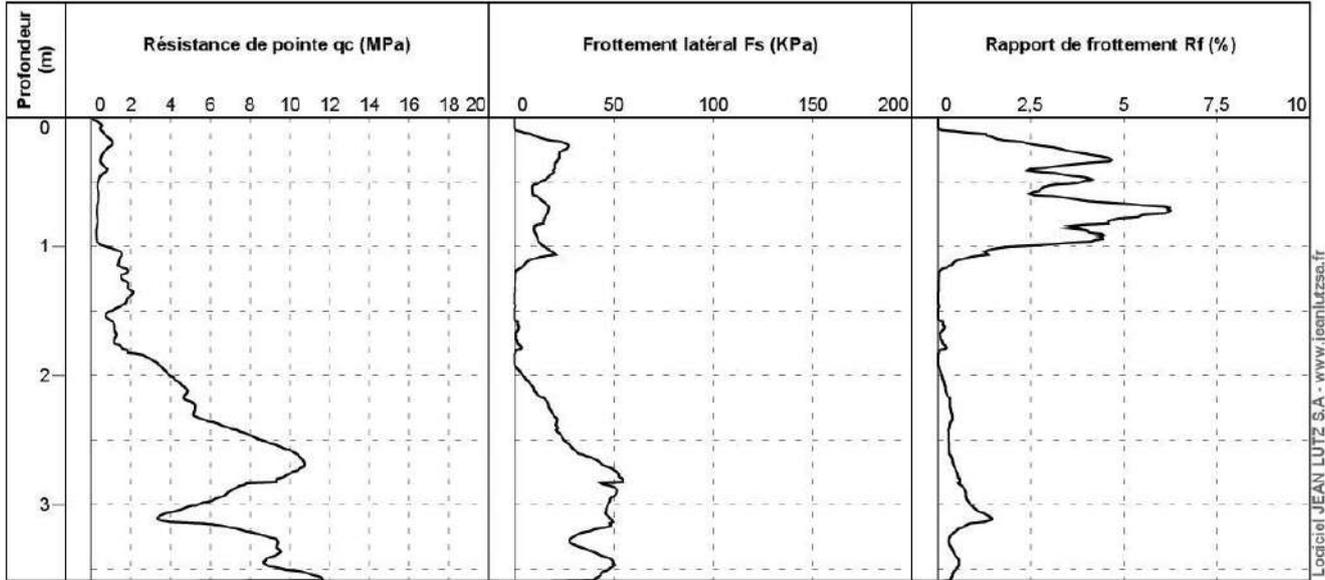
Machine : PAGANI 150 kN

Profondeur : 0,00 - 3,58 m

1/50

Forage : PS3

EXGTE 3.23/LB2EPF579FR



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



CALAIS
Rue du Beau Marais
Construction d'un entrepôt

Contrat 23-164

Date : 22/03/2023

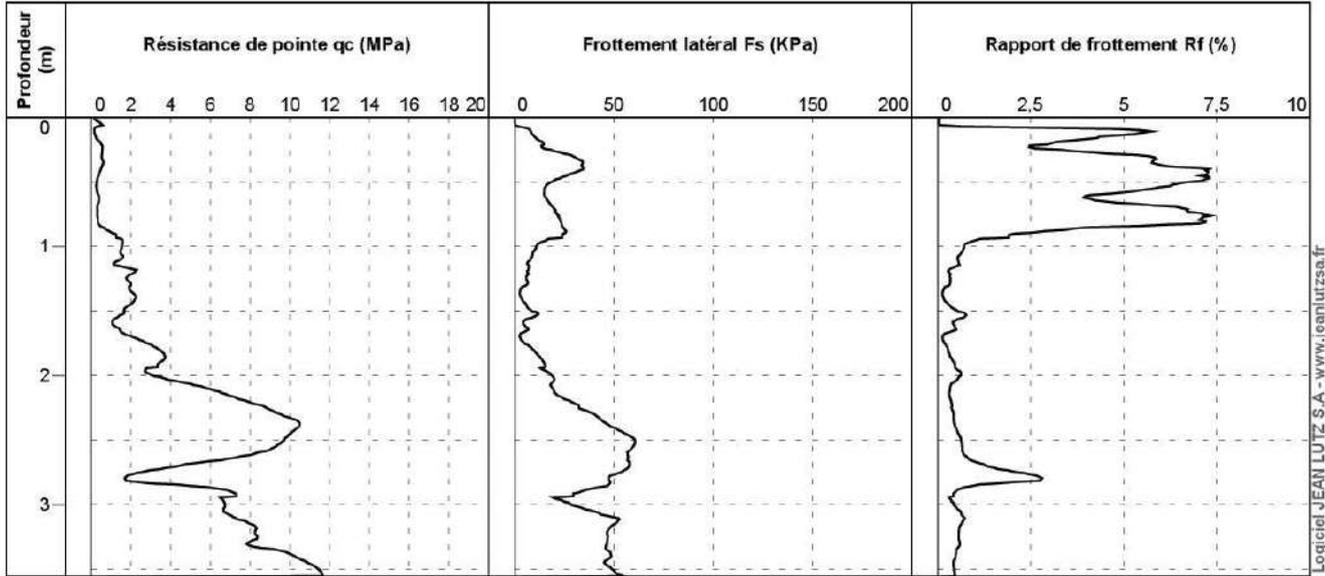
Machine : PAGANI 150 kN

Profondeur : 0,00 - 3,55 m

1/50

Forage : PS4

EXGTE 3.23/LB2EPF579FR



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



CALAIS
Rue du Beau Marais
Construction d'un entrepôt

Contrat 23-164

Date : 22/03/2023

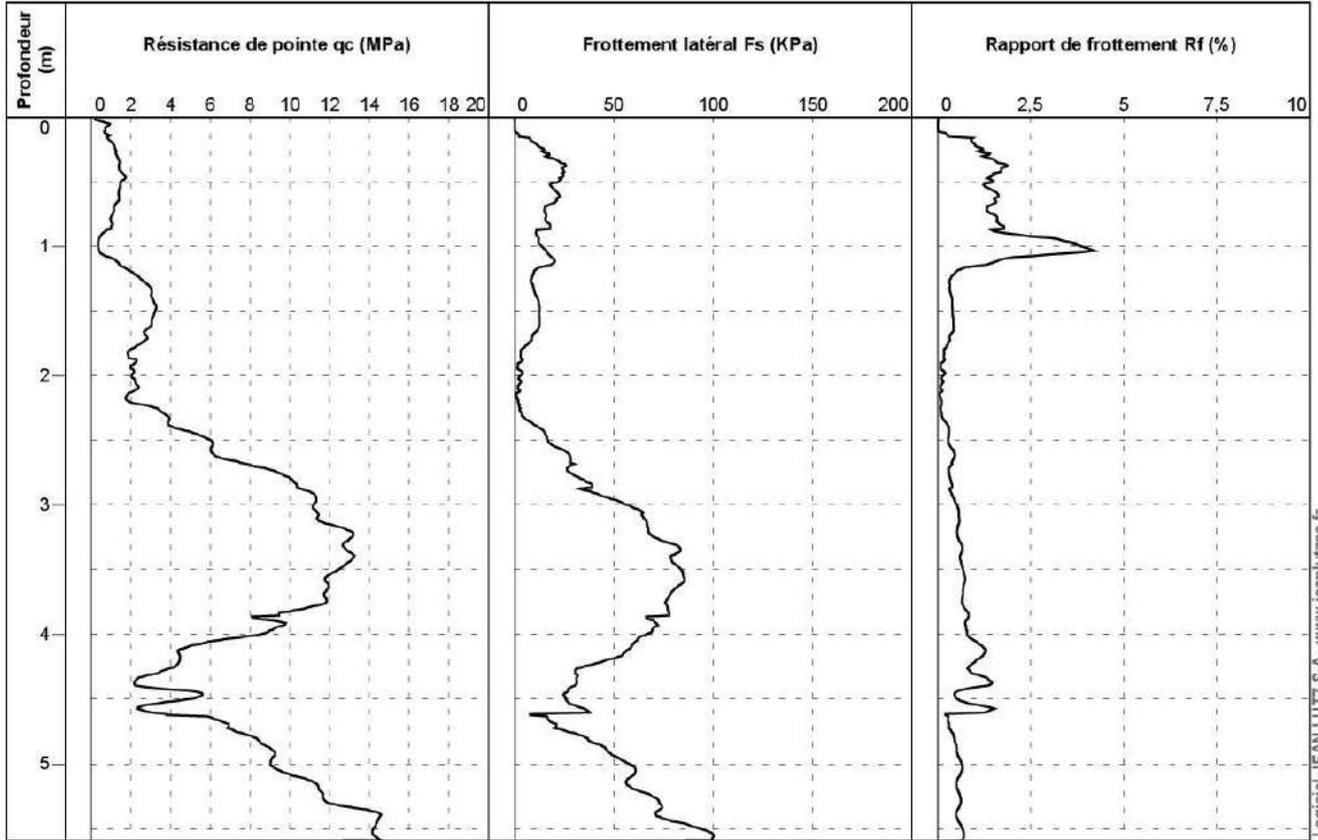
Machine : PAGANI 150 kN

Profondeur : 0,00 - 5,59 m

1/50

Forage : PS5

EXGTE 3.23/LB2EPF579FR





CALAIS
Rue du Beau Marais
Construction d'un entrepôt

Contrat 23-164

Date : 23/03/2023

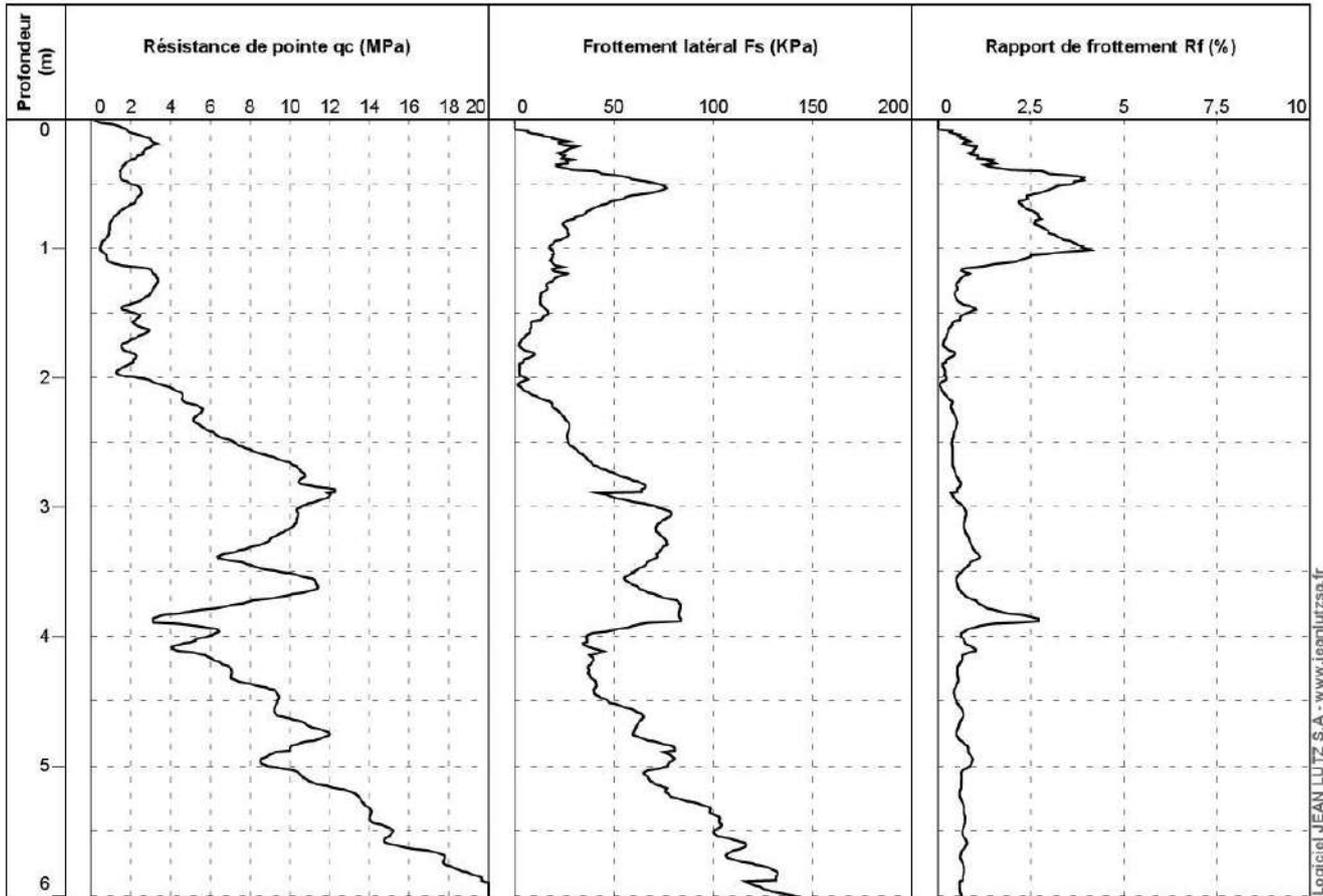
Machine : PAGANI 150 kN

Profondeur : 0,00 - 6,03 m

1/50

Forage : PS6

EXGTE 3.23/LB2EPF579FR





CALAIS
Rue du Beau Marais
Construction d'un entrepôt

Contrat 23-164

Date : 23/03/2023

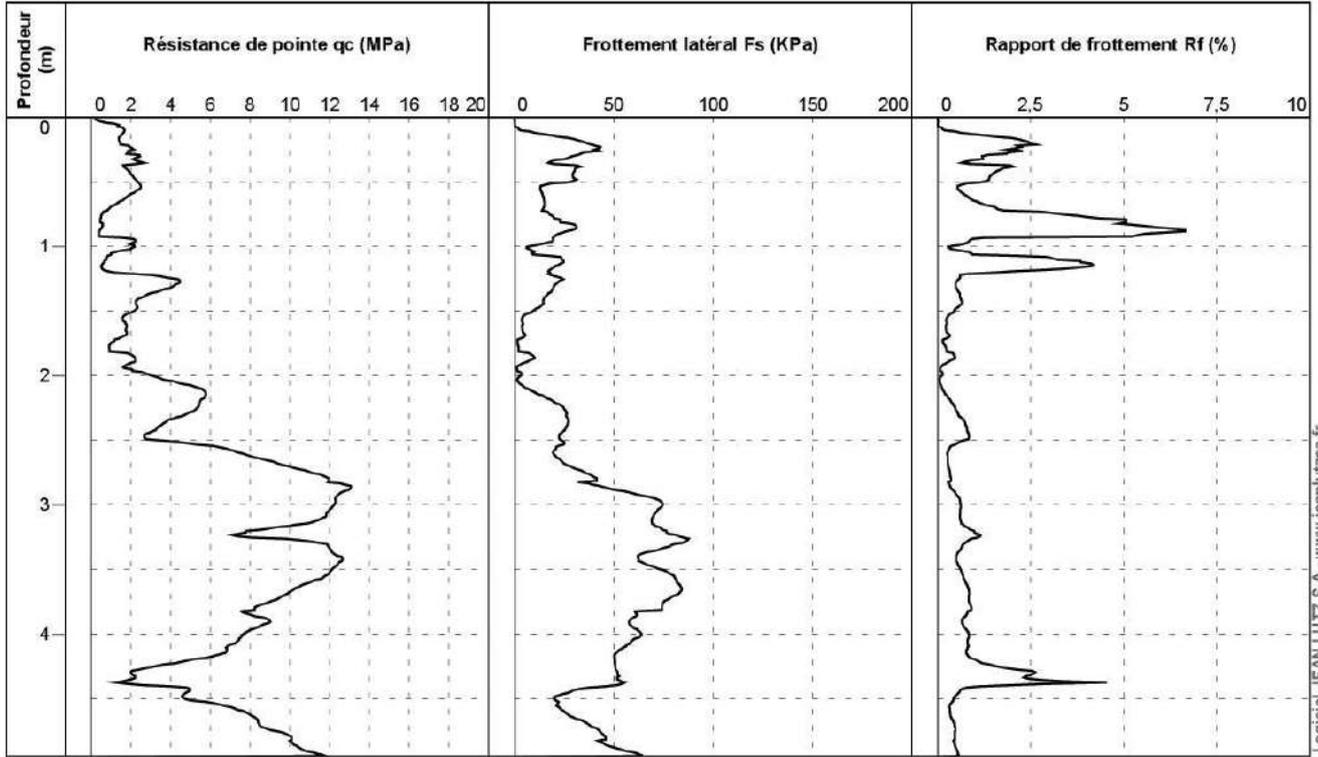
Machine : PAGANI 150 kN

Profondeur : 0,00 - 4,94 m

1/50

Forage : PS7

EXGTE 3.23/GTE



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



CALAIS
Rue du Beau Marais
Construction d'un entrepôt

Contrat 23-164

Date : 23/03/2023

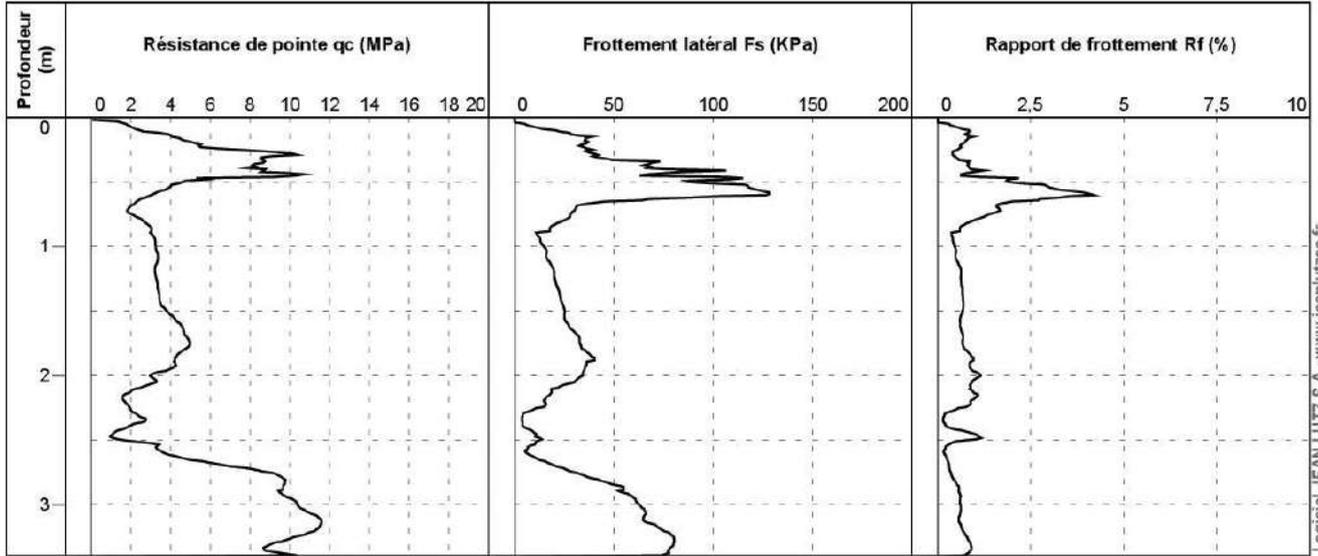
Machine : PAGANI 150 kN

Profondeur : 0,00 - 3,39 m

1/50

Forage : PS8

EXGTE 3.23/GTE





CALAIS
Rue du Beau Marais
Construction d'un entrepôt

Contrat 23-164

Date : 23/03/2023

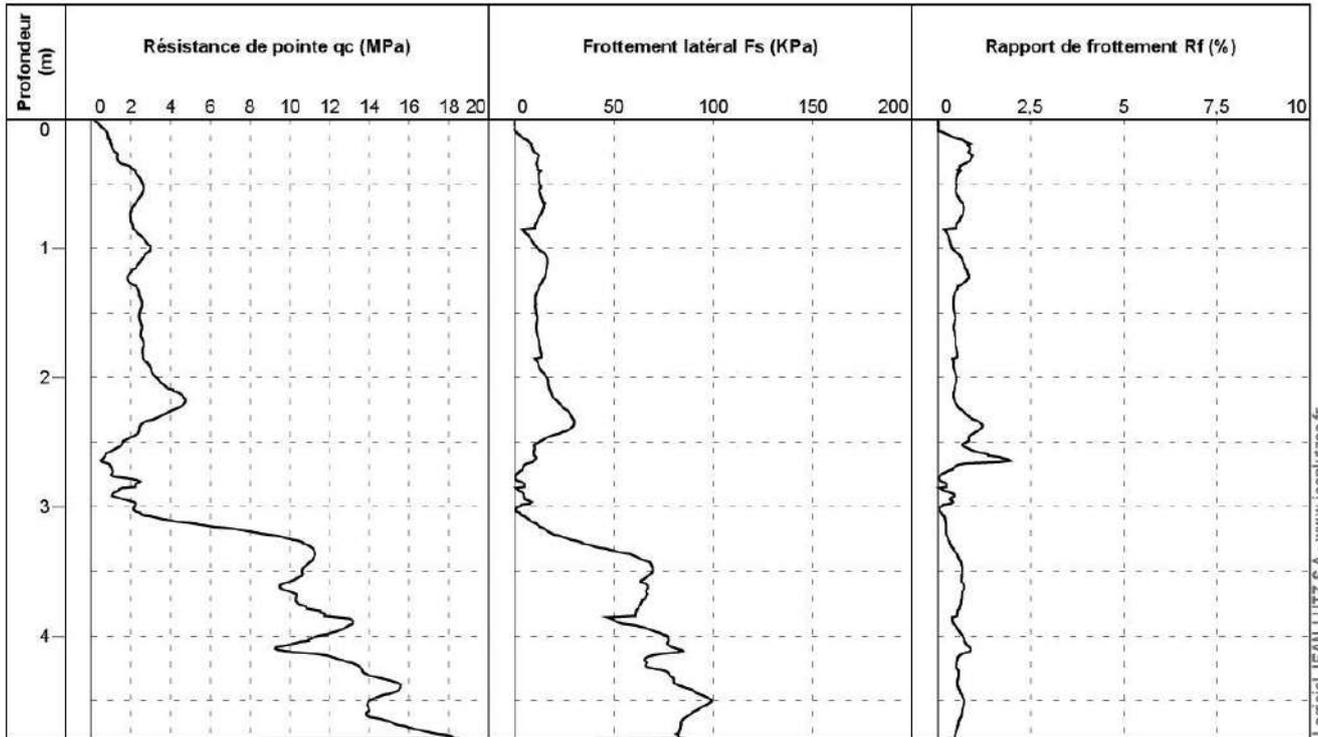
Machine : PAGANI 150 kN

Profondeur : 0,00 - 4,79 m

1/50

Forage : PS9

EXGTE 3.23/GTE





CALAIS
Rue du Beau Marais
Construction d'un entrepôt

Contrat 23-164

Date : 23/03/2023

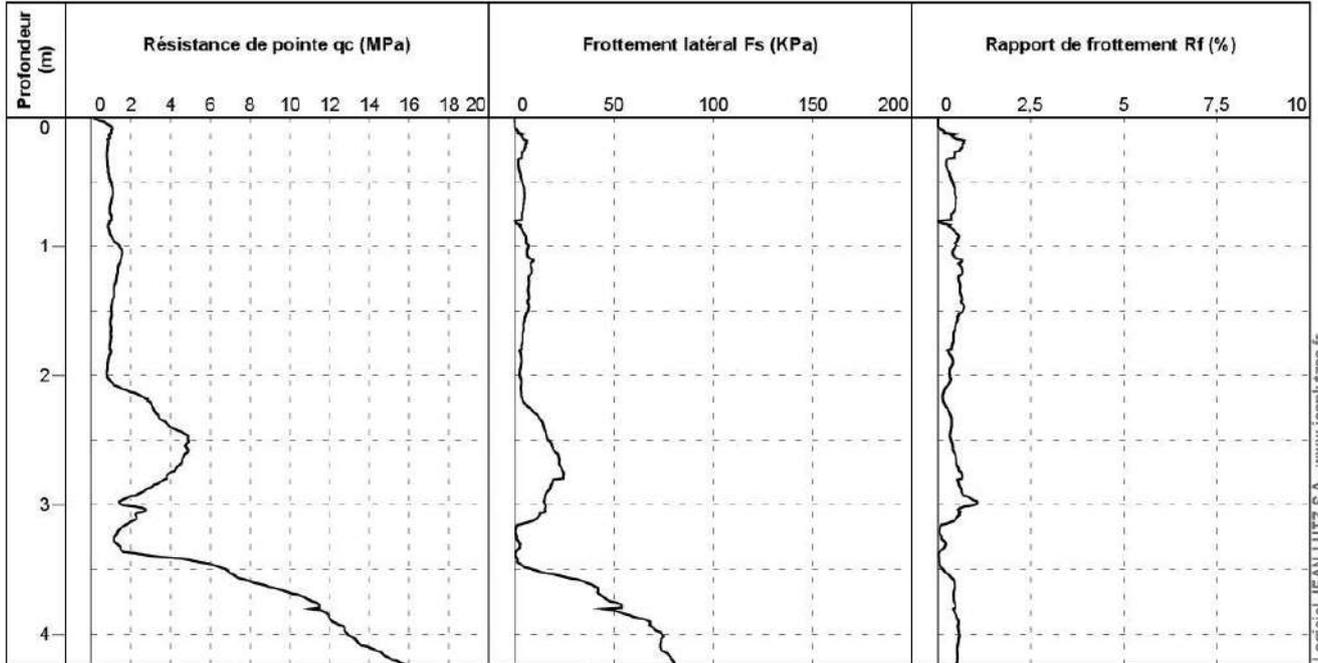
Machine : PAGANI 150 kN

Profondeur : 0,00 - 4,23 m

1/50

Forage : PS10

EXGTE 3.23/GTE





CALAIS
Rue du Beau Marais
Construction d'un entrepôt

Contrat 23-164

Date : 22/03/2023

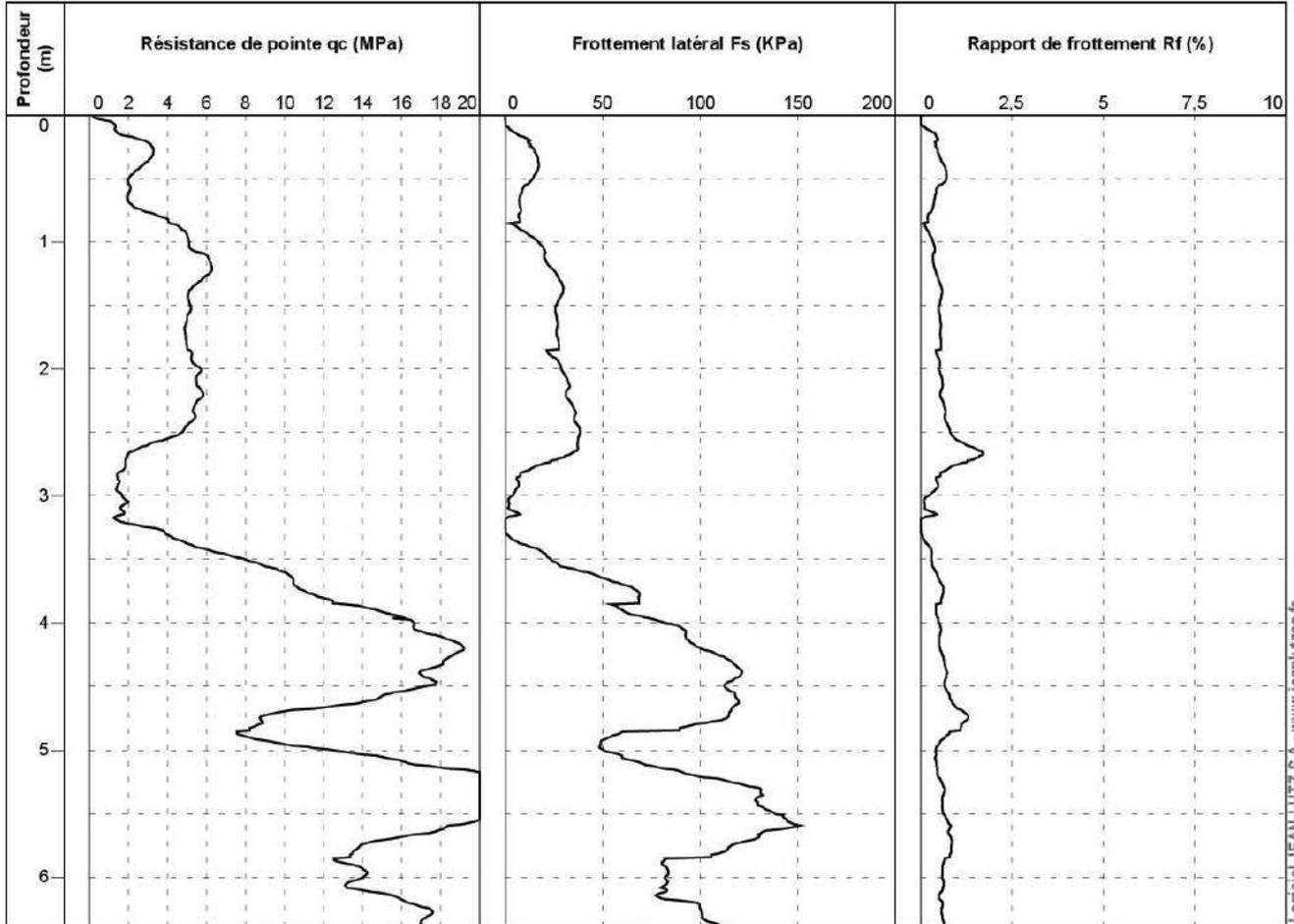
Machine : PAGANI 150 kN

Profondeur : 0,00 - 6,38 m

1/50

Forage : PS11

EXGTE 3.23/GTE





CALAIS
Rue du Beau Marais
Construction d'un entrepôt

Contrat 23-164

Date : 23/03/2023

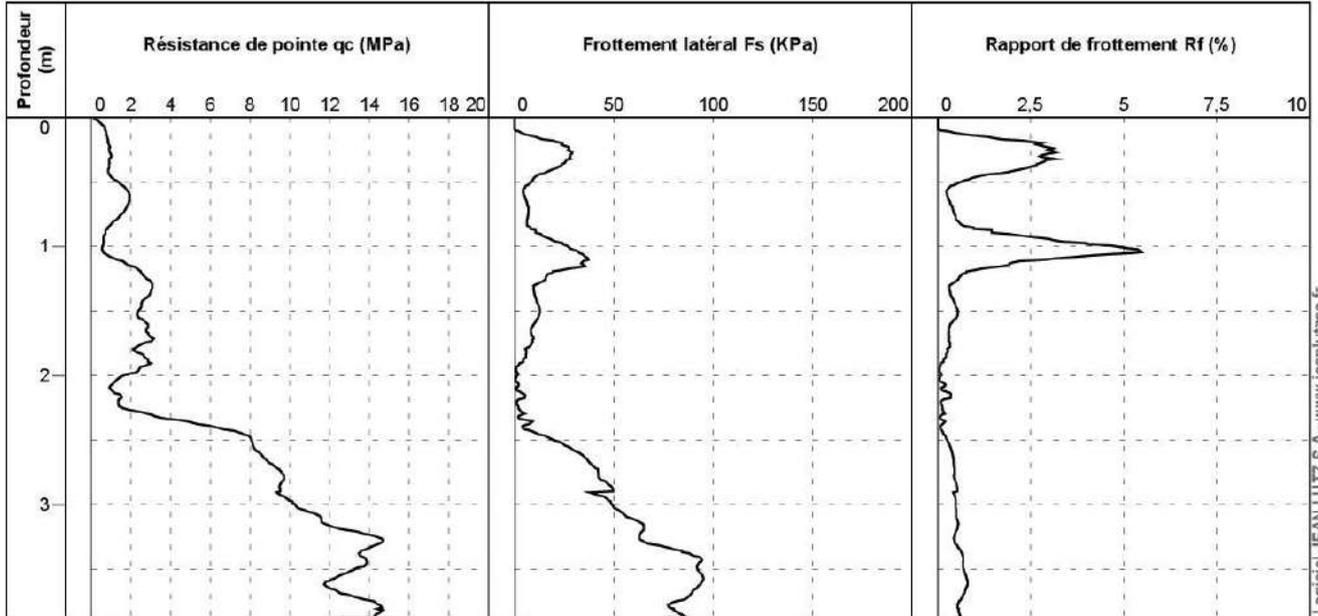
Machine : PAGANI 150 kN

Profondeur : 0,00 - 3,87 m

1/50

Forage : PS12

EXGTE 3.23/GTE



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



CALAIS
Rue du Beau Marais
Construction d'un entrepôt

Contrat 23-164

Date : 23/03/2023

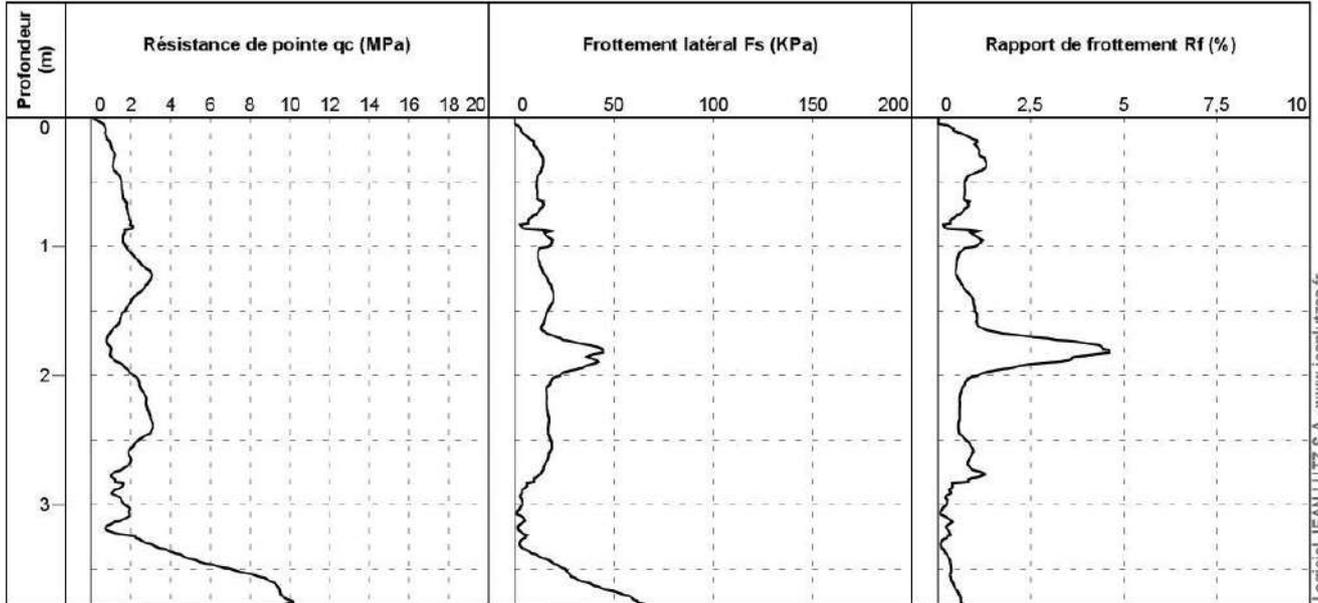
Machine : PAGANI 150 kN

Profondeur : 0,00 - 3,77 m

1/50

Forage : PS13

EXGTE 3.23/GTE





CALAIS
Rue du Beau Marais
Construction d'un entrepôt

Contrat 23-164

Date : 23/03/2023

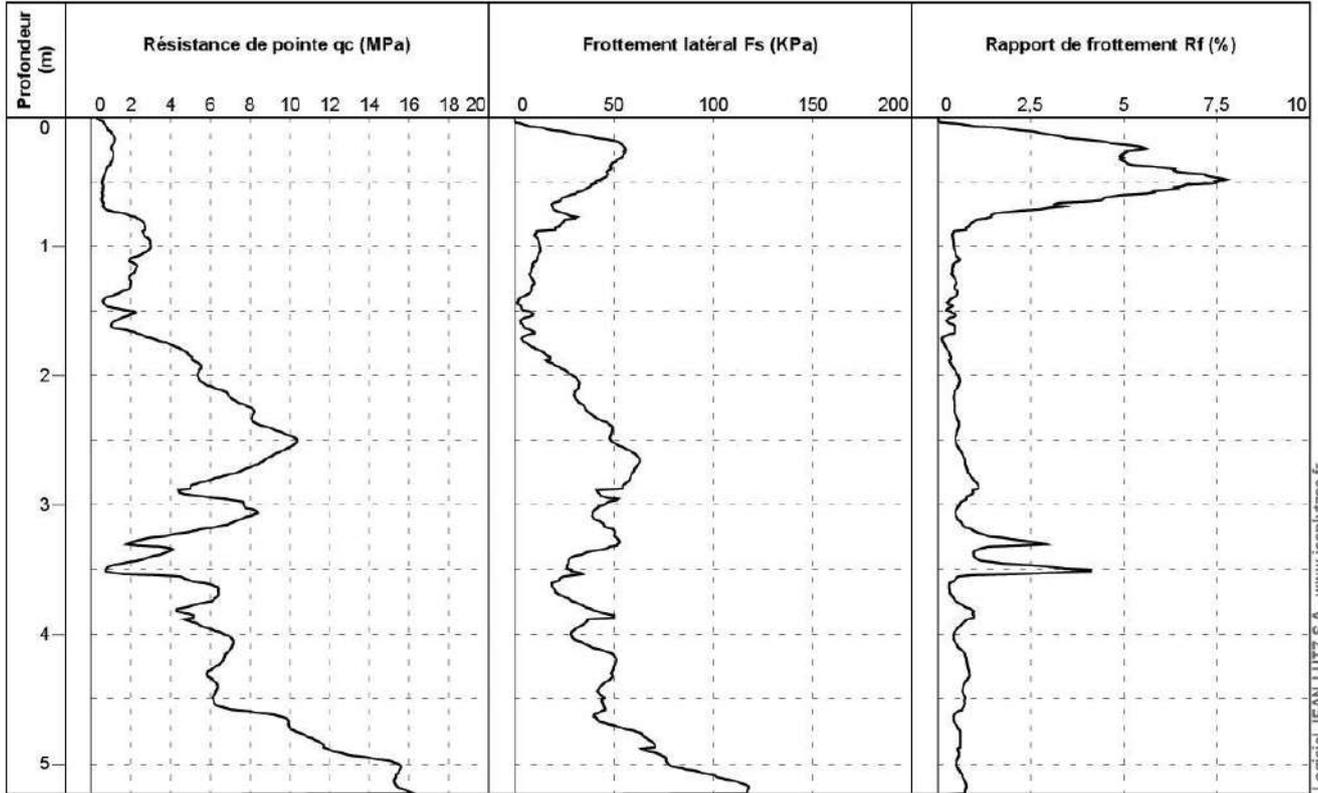
Machine : PAGANI 150 kN

Profondeur : 0,00 - 5,23 m

1/50

Forage : PS14

EXGTE 3.23/GTE





CALAIS
Rue du Beau Marais
Construction d'un entrepôt

Contrat 23-164

Date : 23/03/2023

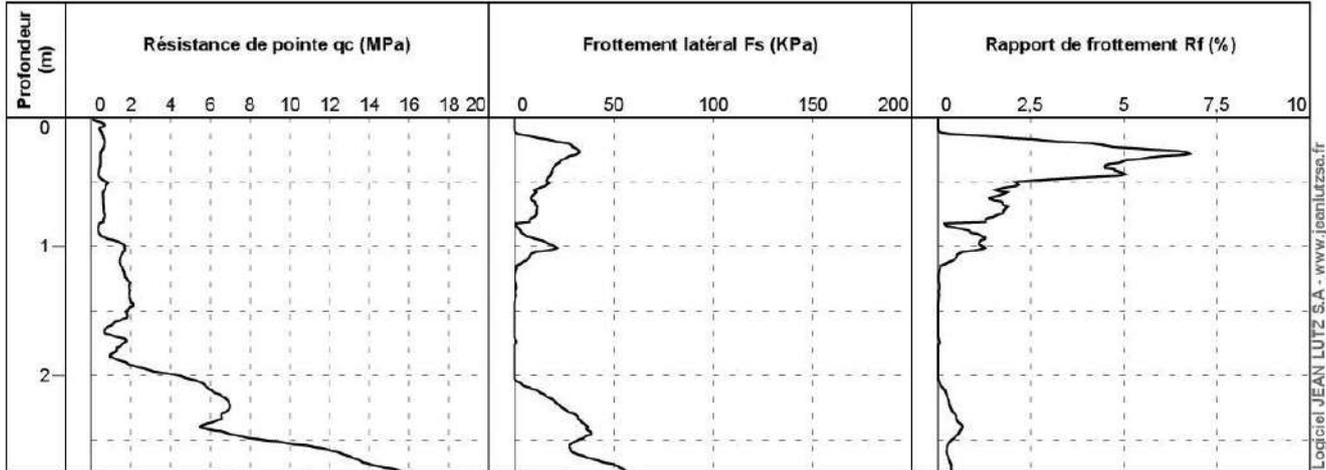
Machine : PAGANI 150 kN

Profondeur : 0,00 - 2,75 m

1/50

Forage : PS15

EXGTE 3.23/GTE



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