

PONTOISE (95)

Centre Hospitalier RENÉ DUBOS
6, Avenue de l'Île de France



RAPPORT GÉOTECHNIQUE MISSION G2 PRO

Création d'un poste HT/BT

Affaire : 23 01 0007 B – Phase PRO				
Indice	Date	Rédacteur	Vérifié	Nombre de pages
V1	23/11/2023	T. NOVALES	N. MABOUNGOU	36p + Annexes

Société UNISOL - 41 rue Fourny - BP 104 - 78531 BUC Cedex

Tel: 01.39.56.22.86 - Fax: 01.39.56.16.23 - info@unisol.fr

SAS au capital de 140 000 €

RCS Versailles – SIRET 478 040 561 00027

APE 7112B - TVA FR72478040561



www.unisol.fr



SOMMAIRE

1	Présentation de la mission géotechnique	4
1.1	Objet de la mission géotechnique.....	4
1.2	Objectifs de la mission géotechnique	4
1.3	Documents consultés	4
1.4	Le projet	4
1.5	Le programme de reconnaissance géotechnique	5
2	Cadre général	7
2.1	Description du site.....	7
2.2	Contexte géologique prévisionnel	9
2.3	Aléas et risques naturels et anthropiques	10
2.3.1	Récapitulatif des risques recensés sur la commune	10
2.3.2	Retrait / gonflement des sols argileux.....	10
3	Résultats de la reconnaissance géotechnique	11
3.1	Le nivellement topographique	11
3.2	La géologie reconnue	11
3.3	L'hydrogéologie	12
3.4	Les caractéristiques géomécaniques.....	13
3.4.1	Essais pressiométriques.....	13
3.5	Les essais au pénétromètre dynamique	13
3.6	Les fouilles de reconnaissance des fondations existantes	15
3.7	Les essais en laboratoire	20
4	Synthèse géologique et géotechnique	21
4.1	4.1 Le modèle géologique et géotechnique.....	21
4.2	4.2 Aléas et risques.....	22
4.3	4.3 Zone d'Influence Géotechnique	22
5	Solution envisageable pour le projet et contrainte au sol	22
5.1	Contrainte sous les fondations existantes (Éboulis de pente) Erreur ! Signet non défini.	
5.2	Contrainte dans les CSO :	23
5.3	Projet de décaissement du sous-sol.....	22
6	Choix du type de soutènements	Erreur ! Signet non défini.
6.1	Type de soutènements envisageables pour la création de la cour anglaise .. Erreur ! Signet non défini.	
6.2	Protection des parties enterrées vis-à-vis des eaux	Erreur ! Signet non défini.
7	Ouvrages annexes et connexes	31
7.1	6.1 Niveaux bas	31
7.2	6.2 Drainage	31
8	Recommandations	31
9	Les aléas géotechniques (généralités)	32

Présentation des missions géotechniques types selon la norme NF P 94-500

- Annexes :**
- Plan d'implantation des investigations géotechniques
 - Sondages de reconnaissance géologique et essais pressiométriques
 - Sondages carottés
 - Essais de pénétration au pénétromètre dynamique
 - Résultats des essais en laboratoire

1 Présentation de la mission géotechnique

1.1 Objet de la mission géotechnique

À la demande et pour le compte du CHRD (Centre Hospitalier René Dubos), nous avons réalisé une étude de conception de type G2 PRO dans le cadre de la construction d'un poste HT/BT au sein d'un bâtiment de réanimation médicale, situé 6 Avenue de l'Île-de-France sur la commune de PONTOISE (95).

Dans le cadre de l'étude AVP, une reconnaissance a été réalisée sur site du 15 au 30 mars 2023 à l'aide d'une machine hydraulique de forage de type TERRAMO.

1.2 Objectifs de la mission géotechnique

- Déterminer le contexte géologique et hydrogéologique des sols,
- Déterminer les caractéristiques mécaniques et intrinsèques des sols (essais in situ et essais en laboratoire),
- Effectuer la synthèse géotechnique et géomécanique à prendre en compte en phase d'exécution,
- Définir et justifier le mode de fondation du bâti,
- Définir et justifier le mode de soutènement du bâti à mettre en place lors des terrassements,
- Définir l'ensemble des ouvrages géotechniques nécessaires à la réalisation du projet,
- Définir les préconisations sur la protection des voiles contre les remontées d'eau.

Cette mission correspond à une étude géotechnique de conception de type G2 PRO selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 (classification des missions types d'ingénierie géotechnique figurant à la fin de notre rapport).

1.3 Documents consultés

Documents transmis	Emetteur
Permis de construire	CHRD
Cahier des charges	
Descente de charge	BIM INGÉNIERIE

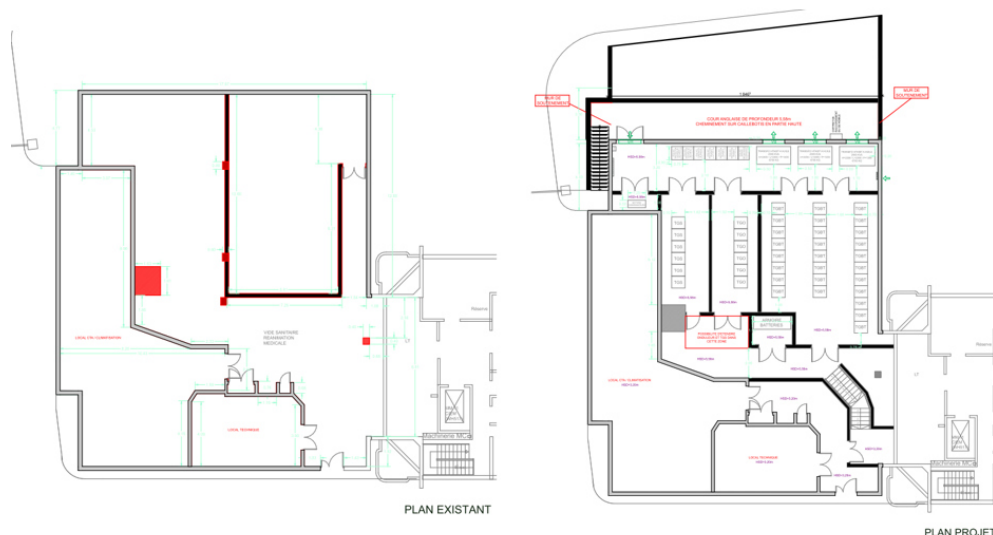
Le référentiel technique retenu dans le cadre de la présente mission est l'Eurocode 7.

1.4 Le projet

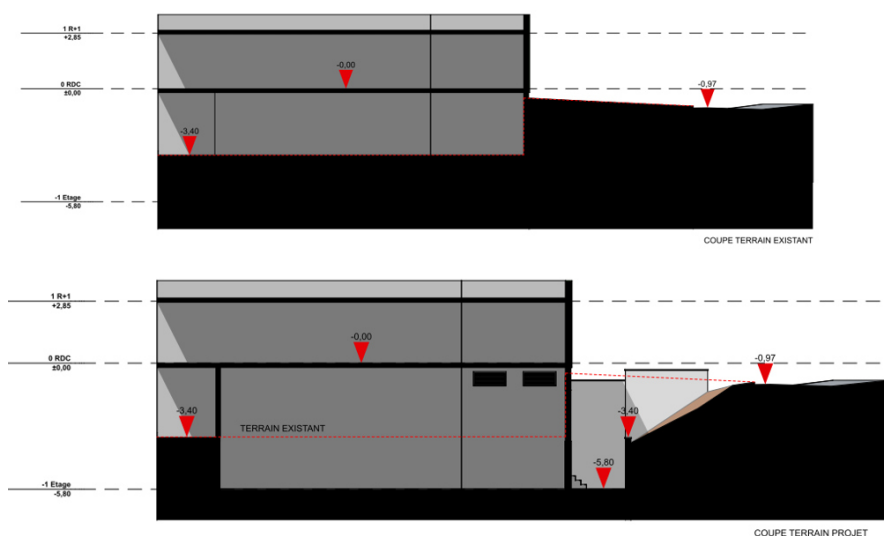
Le projet consiste en la création d'un poste HT/BT, qui contiendra les nouveaux Tableaux Généraux Basse Tension (TGBT) de l'hôpital, en sous-sol d'un bâtiment de réanimation médicale avec un accès depuis la voie logistique.

Il est prévu dans le cadre du projet un approfondissement du sous-sol actuel de 2,40 m et la création d'une cour anglaise de 5,58 m de profondeur (niveau bas du projet).

Des murs de soutènement seront créés en partie extérieure du bâtiment.



Plan de l'existant et du projet



Coupes de l'existant et du projet

1.5 Le programme de reconnaissance géotechnique

La campagne de reconnaissance géotechnique a consisté en la réalisation de :

- **3 sondages destructifs, notés SP1 à SP3 allant jusqu'à 16,0 m de profondeur :**

Les forages ont été réalisés à l'aide d'un tricône $\varnothing$ 66 mm avec injection de fluide (eau) et enregistrement à l'avancement des paramètres de forage :

VIA : Vitesse Instantanée d'Avancement,

PO : Pression sur l'Outil,

PI : Pression d'Injection du fluide,

CR : Couple de Rotation.

Ces paramètres permettent d'obtenir une bonne diagraphie des terrains rencontrés au droit des forages. Ils permettent également de repérer la présence de vides, de zones décomprimées ou autres anomalies.

- **59 essais pressiométriques positionnés dans les sondages :**

Ces essais ont été effectués à l'aide d'une sonde lanternée de 44 mm de diamètre placée dans un tube métallique fendu de diamètre 63 mm. Ils ont été répartis sur la hauteur des forages en fonction des terrains rencontrés et sont conformes à la norme (NF EN ISO 22 476 – 15).

Ces derniers permettent de déterminer les paramètres suivants :

- le module pressiométrique E_m en MPa, qui définit le comportement pseudo-élastique et l'état plastique du terrain,
- la pression de fluage nette P_f^* en MPa, qui définit la limite entre le comportement pseudo-élastique et l'état plastique du terrain,
- la pression limite nette P_l^* en MPa, qui caractérise la résistance de rupture du sol.

- **1 sondage carotté noté SC1 mené jusqu'à 3 mètres de profondeur :**

Ce sondage permet d'obtenir une coupe géologique précise des terrains rencontrés. Ces forages ont été réalisés à l'eau à l'aide de carottiers en rotation simple. Les carottes ont été mises en caisses à carottes en bois.

- **Pose de piézomètre PZ1 dans le sondage SP3 à 15 m de profondeur :**

L'équipement de ces sondages en piézomètre composés de tubes PVC de 52/60 mm de diamètre permettent de mesurer le niveau d'eau à la fin du chantier. Ils sont protégés en tête par des bouches à clés.

- **2 essais de pénétration au pénétromètre dynamique lourd notés PD1 et PD2, ces essais ont été menés jusqu'au refus :**

L'essai de pénétration dynamique consiste à enfoncer dans le sol - à une énergie de battage constante - un train de tiges métalliques muni en son extrémité d'une pointe calibrée.

L'enfoncement est effectué à l'aide d'un mouton de battage (masse du mouton 64 kg, hauteur de chute : 75 cm).

L'arrêt de l'essai est soit volontaire, soit déterminé par un nombre de coups très élevé pour un enfoncement quasi-nul, cas que l'on assimile à un refus de pénétration.

Le dépouillement passe par une phase de calculs. On détermine la résistance dynamique unitaire Q_d qui est déduite de la formule dite des Hollandais.

- **6 essais de pénétration au pénétromètre dynamique léger notés PD1 à PD6 :**

L'essai de pénétration dynamique consiste à enfoncer dans le sol - à une énergie de battage constante - un train de tiges métalliques muni en son extrémité d'une pointe calibrée.

L'enfoncement est effectué à l'aide d'un mouton de battage (masse du mouton 10 kgs, hauteur de chute : 50 cm).

L'arrêt de l'essai est soit volontaire, soit déterminé par un nombre de coups très élevé pour un enfoncement quasi-nul, cas que l'on assimile à un refus de pénétration.

Le dépouillement passe par une phase de calculs. On détermine la résistance dynamique unitaire Q_d qui est déduite de la formule dite des Hollandais.

Les résultats des essais sont représentés sur un graphique semi-logarithmique donnant la résistance dynamique Q_d (en MPa) en fonction de la profondeur. Ces essais sont conformes à la norme NF P 94-105.

- **Essais en laboratoire** permettant de déterminer les caractéristiques intrinsèques des sols et ainsi de classer les terrains rencontrés en fonction de leur nature. Il a été réalisé :

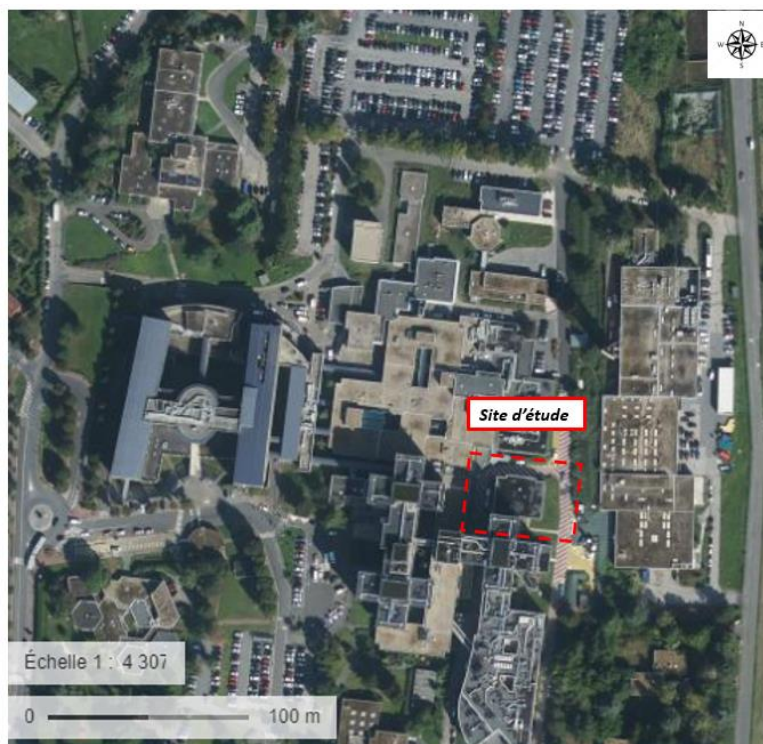
- 3 identifications de la sous-classe GTR par analyse granulométrique (norme NF P 94-056), valeur au Bleu de Méthylène et teneur en eau naturelle (NF P 94-050),
- 1 essai de cisaillement,
- 1 pack ISDI,

2 Cadre général

2.1 Description du site

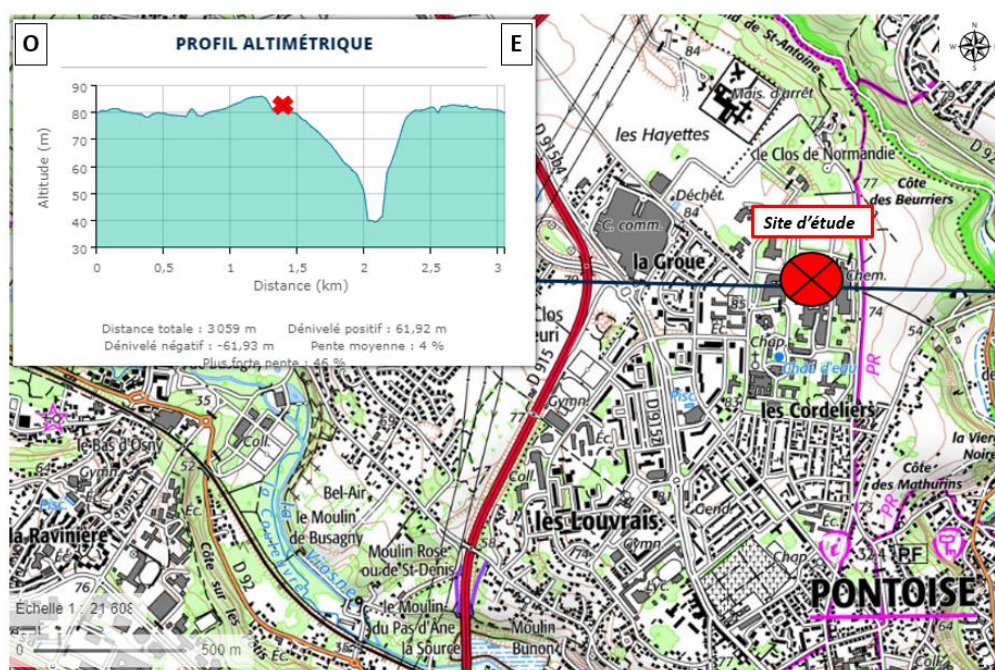
Le projet se trouve sur la commune de PONTOISE dans le département du Val-d'Oise (95).

Il se situe au sein du Centre Hospitalier René Dubos.



Vue aérienne du site d'étude

Le terrain s'inscrit dans un contexte général de légère pente de l'ordre de 4% en direction de l'Est.

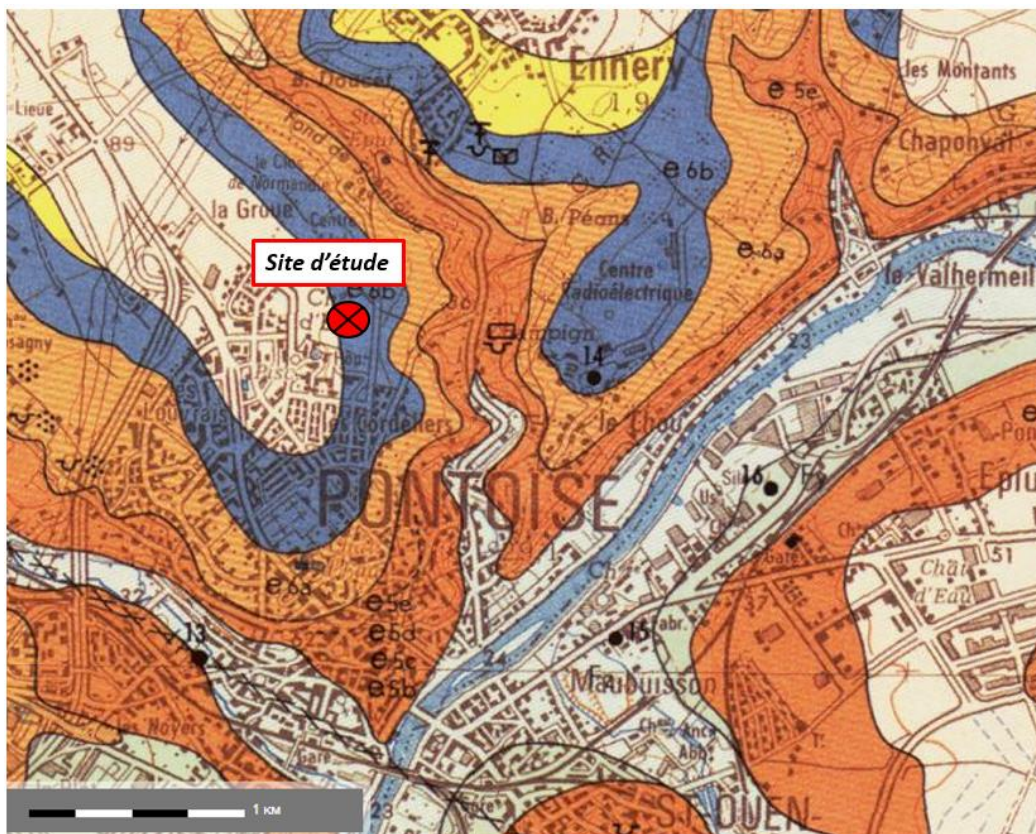


Plan de situation du site - source : Géoportail.gouv.fr

2.2 Contexte géologique prévisionnel

Selon la carte géologique locale de PONTOISE au 1/50.000^{ème} du BRGM, nous sommes susceptibles de rencontrer successivement les sols suivants :

- ❖ Des formations résiduelles superficielles (terre végétale, remblais anthropiques, colluvions de pentes, éboulis, Limons des plateaux, etc...),
- ❖ Le Calcaire de Saint-Ouen,
- ❖ Le Sable de Beauchamp,
- ❖ Les Marnes et caillasses,
- ❖ Le Calcaire grossier (substratum).



Extrait de la carte géologique – source : BRGM

2.3 Aléas et risques naturels et anthropiques

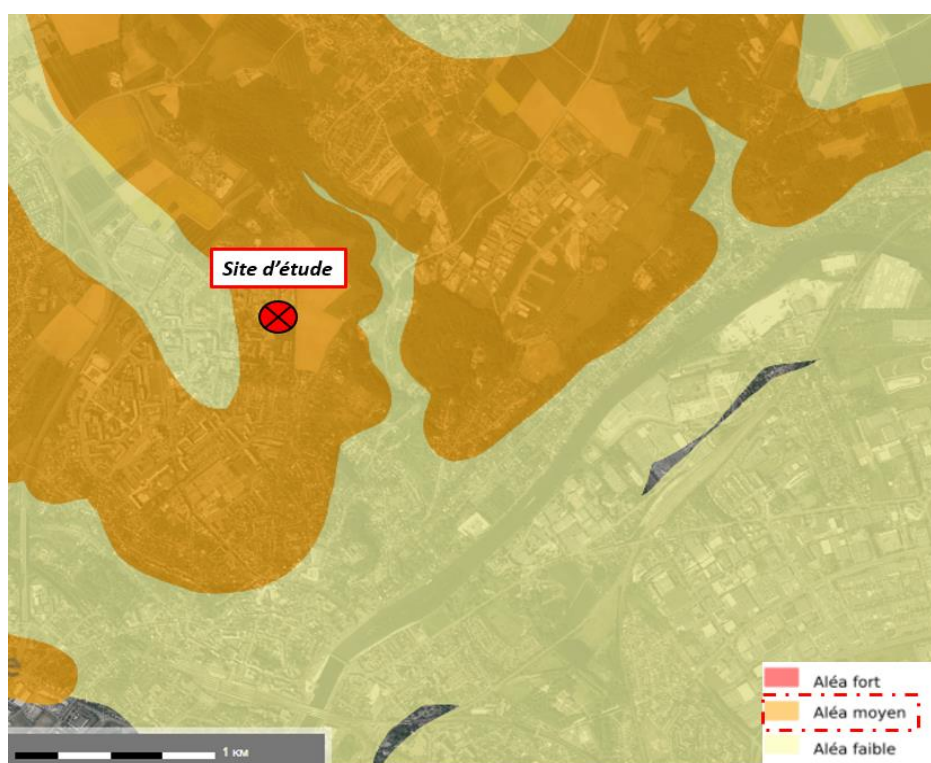
2.3.1 Récapitulatif des risques recensés sur la commune

Aléas	Risque	Sources
Inondation par les cours d'eau	Nul	Géorisques.gouv.fr
Remontée de nappe	Nul	Géorisques.gouv.fr
Cavité naturelle de type karstique ou dissolution du gypse antéLudien	Faible	IGC Versailles
Cavité anthropique	Faible	IGC Versailles
Retrait / gonflement des sols argileux	Moyen	InfoTerre (BRGM)

Il appartient aux maîtres d'ouvrages de s'assurer que le projet n'est pas concerné par les risques déjà répertoriés.

2.3.2 Retrait / gonflement des sols argileux

D'après la base de données infoTerre du BRGM, le site s'inscrit dans une zone d'aléa **moyen** concernant le retrait/gonflement des sols argileux.



Extrait du zonage retrait / gonflement (InfoTerre – BRGM)

3 Résultats de la reconnaissance géotechnique

3.1 Le nivellement topographique

Le nivellement topographique des points de sondage, réalisé par un géomètre expert, n'a pas été requis par le donneur d'ordre.

L'altitude relative des points de sondages a été interpolée à partir des plans topographiques en notre possession.

Ces données restent indicatives et sont à prendre avec toutes les précautions d'usage :

Sondages	Cote (m NGF)
SP1	80,1
SP2	78,5
SP3	80,4
SC1	80,4
PD1	80,1
PD2	80,1
PD3	80,1
PD4	80,1
PD5	80,1
PD6	80,1
F1	77,0
F2	77,0
F3	77,0
F4	77,0

3.2 La géologie reconnue

La coupe géologique a été établie à partir de l'analyse des échantillons de sols plus ou moins bien remontés à la surface ainsi que du sondage carotté.

Nous avons traversé successivement, depuis la surface, les horizons suivants :

Remarques préliminaires :

Les formations rencontrées peuvent contenir des blocs, des galets et des bancs décimétriques compacts à très raides.

Nous avons traversé successivement, depuis la surface, les horizons suivants :

➤ **Remblais anthropiques [R]**

Profondeur (m) / TN	Description lithologique
De 0,0 à 1,2/1,5	Remblais sablo-limoneux marron

➤ **Éboulis de pente [Éb]**

Profondeur (m) / TN	Description lithologique
De 1,2/1,5 à 3,6/6,2	Alternance de sable argileux beige jaune, d'argile silteuse brun marron et de limon sableux beige

➤ **Marno-Calcaire de Saint-Ouen [CSO]**

Profondeur (m) / TN	Description lithologique
De 3,6/6,2 à 9,0/10,0	Marne sableuse blanche et marne argileuse beige blanchâtre

➤ **Sables de Beauchamp [SB]**

Profondeur (m) / TN	Description lithologique
De 9,0/10,0 à 16,0 (fin des sondages)	Sable beige à beige-verdâtre

3.3 L'hydrogéologie

Il a été observé, à la remontée des outils, un niveau d'eau non stabilisé à 11,17 mètres de profondeur en SP3.

Rappelons que la technique de forage utilisée (injection de fluide de forage) ne permet pas de définir un niveau d'eau précis.

Des circulations d'eau issues d'infiltration ne manqueront pas de se former dans les formations superficielles.

Une nappe superficielle peut se former au sein des Éboulis percolant au toit d'horizons peu perméables.

Nous avons procédé à la pose d'un piézomètre dans le sondage SP3 à 15 m de profondeur. Théoriquement, compte tenu de la hauteur de terrassement, il est nécessaire de suivre le piézomètre dans le temps (mensuellement sur 6 à 9 mois).

Nous ne disposons pas de données issues de mesures stabilisées et suivies dans le temps à pas de temps mensuel et sur plusieurs saisons (piézomètre) pour nous prononcer sur la présence ou non d'une nappe au droit du projet, sur son niveau, et sa fluctuation dans le temps, notamment selon la pluviométrie saisonnière. Toutefois, compte tenu de notre connaissance du site le fond de fouille devrait se trouver hors nappe.

3.4 Les caractéristiques géomécaniques

3.4.1 Essais pressiométriques

L'ensemble des résultats pressiométriques figure au niveau des coupes géologiques en annexes.

Synthèse des essais pressiométriques :

Les résultats de l'analyse statistique sont synthétisés dans le tableau ci-dessous, où tous les résultats sont en MPa, sauf les coefficients de variation (en %).

	Nb essais	PI					Em				
		Minimum	Maximum	Moyenne (géo.)	Ecart type	Coef. de variation	Minimum	Maximum	Moyenne (harm.)	Ecart type	Coef. de variation
R	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
SC	9	0,59	1,12	0,77	0,14	19,04	6,4	17,7	9,6	3,2	33,6
CSO	8	1,18	3,08	1,98	0,62	31,52	9,6	111,2	17,5	31,4	179,0
SB	13	2,83	2,9	2,86	0,02	0,67	37,5	247,6	97,8	52,7	53,9

Remarques :

Aucun essai n'a été réalisé au sein des Remblais anthropiques.
 Les caractéristiques mécaniques au sein des Éb sont moyennes.
 Les caractéristiques mécaniques sont bonnes au sein du CSO.
 Les caractéristiques mécaniques sont homogènes et très bonnes au sein des SB.

3.5 Les essais au pénétromètre dynamique

Les caractéristiques mécaniques mesurées sont présentées dans les tableaux ci-dessous :

Essai au pénétromètre PD1

Profondeur (m)	Compacité	Résistances dynamiques de pointe Qd (MPa)
0,00 m → 1,5	Mauvaise à faible	1,8 < Qd < 3,7
1,5 m → 2,20	Faible à moyenne	4,4 < Qd < 10,0
2,20 m → 4,00	Mauvaise à faible	3,3 < Qd < 5,6
4,00 m → 6,00	Faible à moyenne	2,3 < Qd < 6,7
6,00 m → 6,60	Moyenne à élevée	9,3 < Qd < 27,1
6,60	Refus	Qd = 27,1

Essai au pénétromètre PD2

Profondeur (m)	Compacité	Résistances dynamiques de pointe Qd (MPa)
0,00 m → 1,00	Très mauvaise à mauvaise	$1,8 < Q_d < 3,7$
1,00 m → 2,00	Moyenne à élevée	$6,1 < Q_d < 14,0$
2,00 m → 3,70	Faible à moyenne	$4,2 < Q_d < 5,6$
3,70 m → 6,00	Faible	$3,1 < Q_d < 5,4$
6,00 m → 6,60	Moyenne à élevée	$22,8 < Q_d < 35,6$
6,60	Refus	$Q_d = 35,6$

Essai au pénétromètre PD1 -F1

Profondeur (m)	Compacité	Résistances dynamiques de pointe Qd (MPa)
0,00 m → 1,10	Fouille	/
1,1 m → 2,40	Faible à moyenne	$3,6 < Q_d < 5,9$
2,40 m → 2,60	Moyenne	$7,2 < Q_d < 11,1$
2,60	Refus	$Q_d = 11,1$

Essai au pénétromètre PD2 -F2

Profondeur (m)	Compacité	Résistances dynamiques de pointe Qd (MPa)
0,00 m → 1,00	Fouille	/
1,10 m → 2,30	Mauvaise à faible	$1,6 < Q_d < 3,4$
2,30	Refus	$Q_d = 13,9$

Essai au pénétromètre PD3 -F3

Profondeur (m)	Compacité	Résistances dynamiques de pointe Qd (MPa)
0,00 m → 0,70	Fouille	/
0,70 m → 1,70	Mauvaise à faible	$1,4 < Q_d < 2,8$
1,70	Refus	$Q_d = 13,9$

Essai au pénétromètre PD4 -F4

Profondeur (m)	Compacité	Résistances dynamiques de pointe Qd (MPa)
0,00 m → 1,10	Fouille	/
1,10 m → 2,10	Mauvaise à faible	$1,6 < Q_d < 2,5$
2,10 m → 2,40	Faible	$4,4 < Q_d < 4,7$
2,40 m → 2,50	Moyenne à élevée	$7,8 < Q_d < 11,9$
2,50	Refus	$Q_d = 11,9$

Essai au pénétromètre PD5

Profondeur (m)	Compacité	Résistances dynamiques de pointe Qd (MPa)
0,00 m → 0,40	Mauvaise à faible	3,4<Qd< 6,6
0,40 m → 0,70	Moyenne	8,8<Qd< 15,6
0,70 m → 2,20	Mauvaise à faible	2,5<Qd< 5,5
2,20 m → 2,50	Moyenne à élevée	7,5<Qd< 12,4
2,50	Refus	Qd = 12,4

Essai au pénétromètre PD6

Profondeur (m)	Compacité	Résistances dynamiques de pointe Qd (MPa)
0,00 m → 1,70	Très mauvaise à mauvaise	0,4<Qd< 2,5
1,70 m → 4,30	Mauvaise à faible	3,2<Qd< 6,9
4,30 m → 4,50	Moyenne	5,4<Qd< 9,9
4,50	Refus	Qd = 9,9

3.6 Les fouilles de reconnaissance des fondations existantes

La fondation est une partie de l'infrastructure du bâtiment. C'est elle qui est en contact avec le sol et transmet toutes les charges. Selon la nature de la fondation, elle présente certaines caractéristiques. Les plus classiques sont la hauteur ou profondeur d'ancrage, le débord, et la profondeur. Alors, une fondation superficielle classique présente 3 caractéristiques.

Pour observer ces caractéristiques, nous réalisons des fouilles de reconnaissances.

- Fouille F1

La fouille de reconnaissance des fondations existantes a été réalisée dans le sous-sol au droit d'un poteau.

Elle a mis en évidence une fondation en béton dont 95 cm de hauteur se trouvent hors sol. Le débord de la fondation est de 0,84 m et son assise repose à 0,85 mètre de profondeur par rapport à la dalle du sous-sol. (soit à la cote 76,1 m NGF). Les sols d'assise sont des limons sableux beige (*Éboulis de pente*).

Il semblerait qu'un décaissement du sous-sol ait déjà eu lieu.

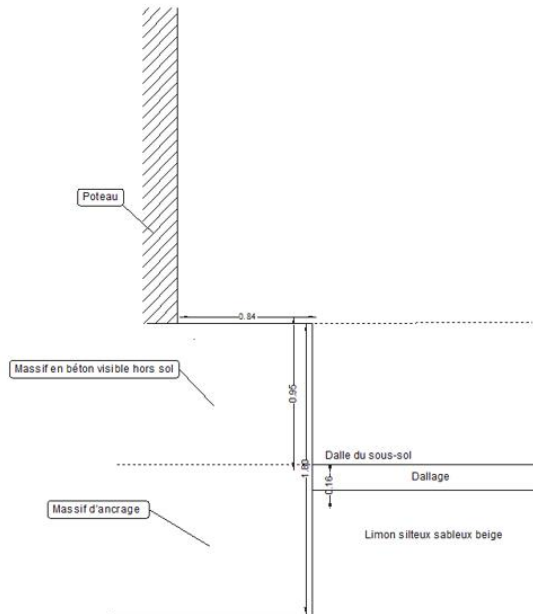


Schéma et photographies de la fouille F1

- **Fouille F2**

La fouille de reconnaissance des fondations existantes a été réalisée dans le sous-sol au droit d'un poteau.

Elle a mis en évidence une fondation en béton d'une hauteur de 0,85 m et dont le débord est de 0,20 m. L'assise de la fondation repose à 0,85 mètre de profondeur par rapport à la dalle du sous-sol. (soit à la cote 76,1 m NGF). Les sols d'assise sont des limons argileux marron (*Éboulis de pente*).

Notons la présence d'un béton sous-jacent à la dalle du sous-sol.

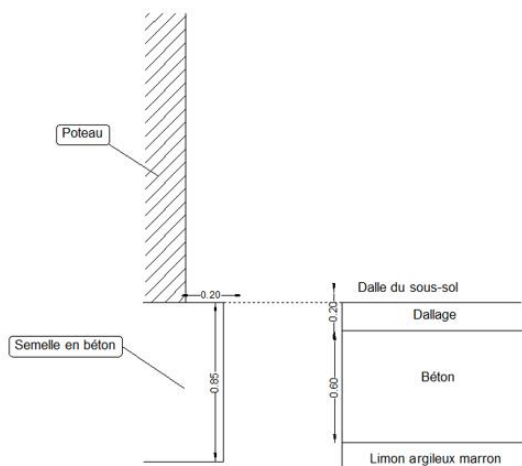


Schéma et photographies de la fouille F2

- **Fouille F3**

Elle a mis en évidence une fondation en béton d'une hauteur de 0,40 m et dont le débord est de 0,90 m. L'assise de la fondation repose à 0,40 mètre de profondeur par rapport à la dalle du sous-sol. (soit à la cote 76,6 m NGF). Les sols d'assise sont des limons argileux marron (*Éboulis de pente*).

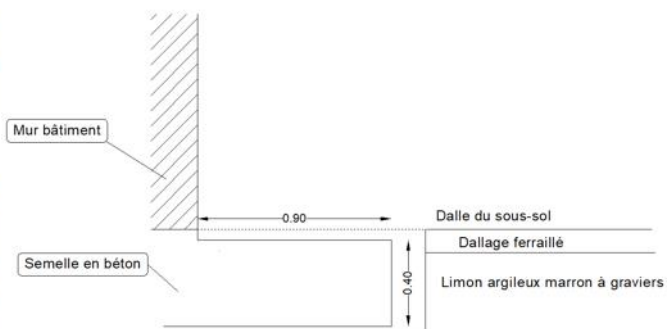


Schéma et photographies de la fouille F3

- **Fouille F4**

Elle a mis en évidence une fondation en béton d'une hauteur de 0,40 sans débord. L'assise de la fondation repose à 0,33 mètre de profondeur par rapport à la dalle du sous-sol. (soit à la cote 76,6 m NGF). Les sols d'assise sont des limons argileux marron (*Éboulis de pente*).

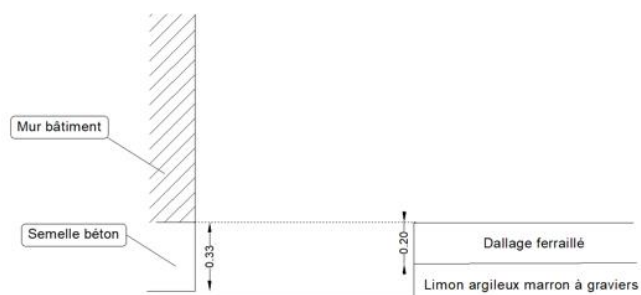


Schéma et photographies de la fouille F4

Synthèse :

SONDAGES	F1	F2	F3	F4
Débords (m)	0,84	0,20	0,90	/
Base de la fondation (m NGF)	75,1	76,1	76,6	76,6
Hauteur de la fondation (m)	1,8	0,85	0,40	0,40
Type de fondation (probable)	Massif béton	Massif béton	Massif béton	Massif béton
Niveau d'eau (m/TN)	-	-	-	-

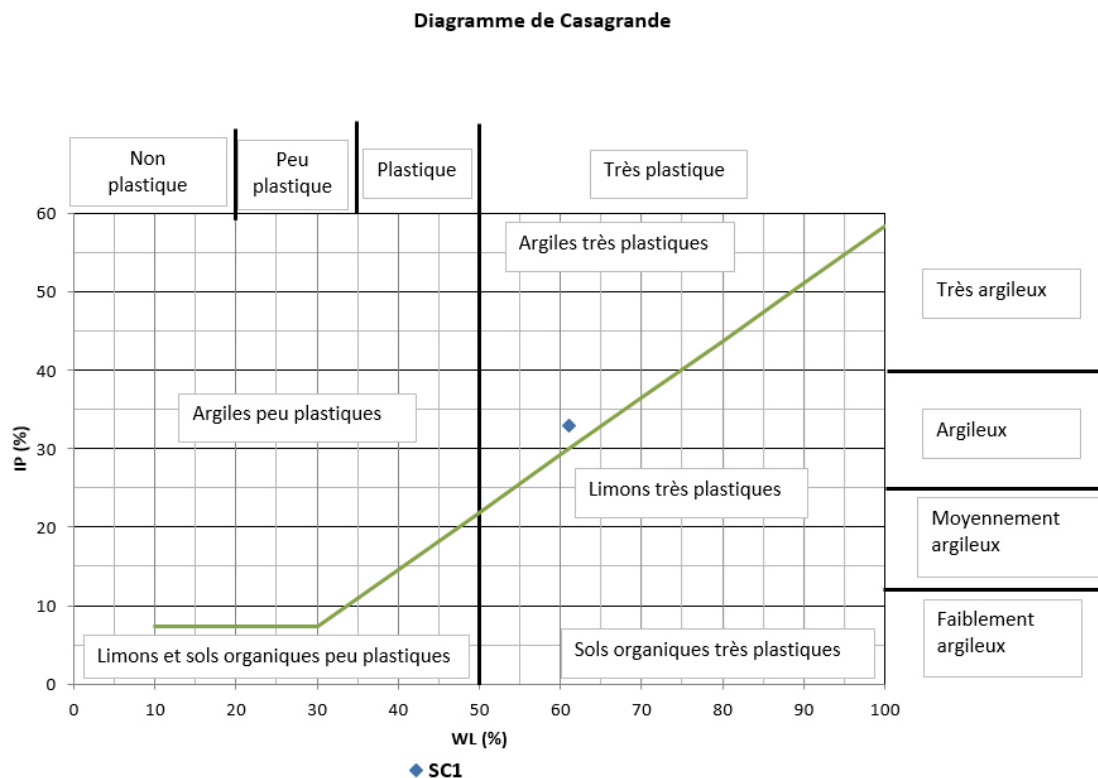
3.7 Les essais en laboratoire

Des essais en laboratoire ont été exécutés dans notre propre laboratoire sur des échantillons prélevés in situ. Ces essais sont conformes aux normes en vigueur.

Sondage :	SC1	F2
Profondeur (m) / TN	2,8/2,9	Sous la fondation
Nature	Argile brun marron	Limon sableux argileux
Wn en % (teneur en eau naturelle)	29,1	21,9
Passant à 2 mm (%)	95,7	86,9
Passant à 80 µm (%)	64,2	59,3
WL en % (limite de liquidité)	61	/
WP en % (limite de plasticité)	28	/
IP en % (indice de plasticité)	33	/
Ic (indice de consistance)	0,97	/
VBS en g de bleu par 100 g de sol (valeur au bleu de méthylène)	/	3,6
Sous-classe de sol selon le GTR et état hydrique	A₃	A₂
Angle de frottement à long terme (°)	14	/
Cohésion à long terme (MPa)	0,005	/

Suivant la classification du Guide Technique pour les Remblais et la norme NF P 11-300, les sols du site se positionnent en sous-classe :

- **A₃**, soit des sols argileux très plastiques. Ces sols sont cohérents à teneur en eau faible et moyenne, ils sont collants ou glissants à l'état humide. Ce sont donc des sols très sensibles aux variations de teneur en eau. De plus, ils sont également souvent sensibles à l'aléa retrait / gonflement.
- **A₂**, soit des sols argileux moyennement plastiques. Ce type de sols est moyennement sensible aux variations de teneur en eau et généralement peu sensible au phénomène de retrait-gonflement.



D'après le diagramme de plasticité de Casagrande, les échantillons argileux sur lesquels des limites d'Atterberg ont pu être réalisées se positionnent dans la zone des argiles gonflantes.

4 Synthèse géologique et géotechnique

4.1 4.1 Le modèle géologique et géotechnique

Le modèle géologique et les paramètres géomécaniques à retenir sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Formations	Toit (m)	Epaisseur (m)	Nature de sol	Pression limite équivalente Pl_e^* (MPa)	Module pressiométrique caractéristique E_m (MPa)	E_m/PI	Coefficient rhéologique α
R	0,0	1,5	Limon	/	/	/	/
Éb	1,5	4,7	Sable	0,77	9,6	12,40	0,5
CSO	6,2	3,8	Marne	1,98	17,5	8,84	0,5
SB	10,0	>6,0	Sable	2,86	97,8	34,17	0,66

4.2 4.2 Aléas et risques

Selon les résultats de la présente campagne géotechnique, l'adaptation du projet aux conditions de sols devra tenir compte des aléas suivants :

- Les Éboulis de pente sont de type **A₁** et **A₃**. Les sols de type **A₃** sont sensibles au retrait gonflement,
- Les Éboulis peuvent avoir un comportement hétérogène,
- La présence de bâtiments mitoyens,
- La présence de voirie à proximité du projet,

4.3 4.3 Zone d'Influence Géotechnique

La Zone d'Influence Géotechnique (ZIG) est le volume de terrain au sein duquel il y a interaction entre l'ouvrage et/ou l'aménagement du terrain (du fait de son exploitation ou de sa réalisation) et l'environnement (sol et ouvrages environnants).

Lors de notre intervention, la parcelle était occupée par des bâtiments existants au sein du centre hospitalier et une voirie.

p

Par conséquent, la ZIG à considérer pour le projet est limitée à la parcelle considérée.

5 Solution envisageable pour le projet et contrainte au sol

5.1 5.1 Projet de décaissement du sous-sol

Le projet prévoit un décaissement du sous-sol du bâtiment existant sur 2,40 m. le niveau bas du projet se situe à 5,58m/TN. Les fondations du bâtiment existant sont ancrées dans les Éboulis de pente et devront donc faire l'objet d'une reprise en sous-œuvre.

Il sera nécessaire de prévoir une reprise en sous-œuvre des fondations par l'intermédiaire de puits alternés et longrines ancrées de 50 cm dans le Calcaire de Saint-Ouen.

Concernant la création de nouveaux appuis, ces derniers seront également ancrés dans le Calcaire de Saint-Ouen.

L'interface Éboulis de pente/Calcaire de Saint-Ouen a été rencontrée à 3,60 m dans le sondage SP1, et entre 5 et 6 m dans les sondages SP2 et SP3. De ce fait des approfondissements seront à prévoir afin de garantir un ancrage dans le même sol (Calcaire de Saint-Ouen).

Les puits seront liaisonnés par des longrines en béton armé.

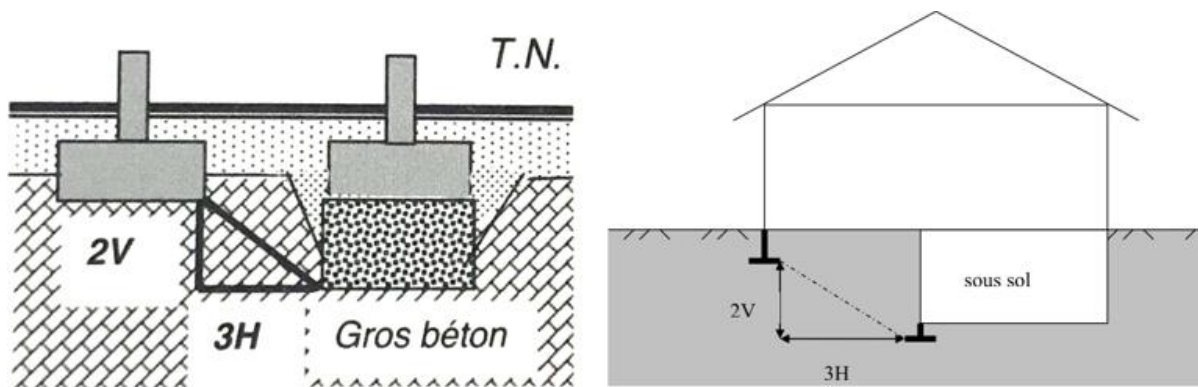
Un curage soigné du fond de fouille devra être mis en œuvre et un béton de propreté sera coulé en place sans délai après ouverture, des épaissements d'eau ponctuels pourront être nécessaires.

Les anciennes infrastructures rencontrées lors des terrassements (fondations, anciens sous-sols, etc.) devront être purgées et évacuées en décharge. En outre, des approfondissements pourront s'avérer nécessaires en cas de poches faibles ou pour respecter un ancrage minimum destiné à la mise hors gel de la base des fondations. Les poches de remblais ou de sols décomprimés seront purgées et un gros béton de substitution sera coulé pleine fouille.

En cas de doute lors de l'ouverture des fouilles, notre BET devra impérativement être consulté.

L'ensemble des racines et des souches devra être correctement purgé, et ce avec soin. Il conviendra de remblayer les zones de purge avec des matériaux d'apport granulaire soigneusement compactés.

On veillera à respecter la règle des $3B > 2V$ pour les différences de hauteur des fondations (sous-sol partiel), où B est la distance horizontale entre les fondations et V la distance verticale entre les arêtes les plus proches. Le sol d'assise devra rester homogène (ancrage dans les CSO).



5.2 Contrainte dans les CSO :

La contrainte à prendre en compte pour le Calcaire de Saint-Ouen est la suivante selon les recommandations de l'Eurocode 7 (NF P 94-261).

On retiendra $P_{le}^* = 1,98$ MPa avec un facteur de portance égal à $k_p = 0,80$ par sécurité.

La contrainte nette est évaluée à : $q_{net} = K_p \times P_{le}^* \times i_\delta \times I_\beta$

Avec $i_\delta = 1$ et $I_\beta = 0,9$ (contexte de pente)

Soit $q_{net} = 1,89 \times 0,80 \times 0,9 = 1,36$ MPa

La contrainte caractéristique verticale est égale à $q_{v,k} = q_{net}/1,2 = 1,13$ MPa.

La contrainte de calcul $q_{v;d}$ doit vérifier :

- ELU durable et transitoire : $q_{v;d} = \frac{q_{v;k}}{1,4} = \frac{1,13}{1,4} = 0,80 \text{ MPa}$
- ELS permanent et caractéristique : $q_{v;d} = \frac{q_{v;k}}{2,3} = \frac{1,13}{2,3} = 0,49 \text{ MPa}$

On retiendra une contrainte de calcul à l'ELS de 0,40 MPa dans le CSO (soit 4,0 bars/40 T/m²).

Dans le cas de reprise en sous-œuvre, les puits seront dimensionnés avec une contrainte limitée à 3,0 bars afin de minimiser les tassements vis-à-vis de l'existant.

5.3 5.3 Etude des tassements sous FOXTA

Une étude des tassements absolus a été réalisée sous FOXTA (version 4).

Pour les appuis ponctuels, nous avons considéré les 2 appuis mentionnés dans le DDC du bâtiment. Il a été considéré des semelles carrées de 1,5 m de coté.

Pour les appuis linéaires, nous avons considéré 5 appuis dont les charges sont à l'extrême afin de mieux appréhender le tassement différentiel. En l'absence des dimensions des semelles filantes, nous avons considéré une largeur de 0,50 m ou 1,0 m dans le cas où la contrainte de 3 bars était dépassé.

Les charges sont considérées verticales (sans inclinaison) et centrées sur le massif de fondations. L'ensemble des résultats est présenté dans le tableau suivant :

Type de charge	Charges (T ou T/ml)	Surface (m²)	Contrainte (bar)	Tassement (mm)
Ponctuelle	42,3	2,25	1,9	1,0
	59,7	2,25	2,7	2,4
Linéaire	13,0	0,50	2,6	1,7
	8,6	0,50	1,7	0,5
	36,5	1,00	3,7	5,1
	12,2	0,50	2,4	1,5
	4,5	0,50	0,9	0

Les résultats de calcul du logiciel FOXTA sont présentés en annexes.

Les tassements absolus sont compris entre 0 et 5,1 mm environ (tassement différentiel absolu de 5,1 mm).

Les tassements absolus sont inférieurs au centimètre et paraissent donc a priori acceptables pour la structure (à valider par le BET structure).

Notons que les tassements réels dépendent bien entendu de la qualité du fond de fouille mis en œuvre.

Concernant les voiles périphériques, la charge pourrait être excentrée par rapport à la semelle, il sera donc nécessaire de prévoir des agrandissements ou de surferrailler. Dans ce cas, les semelles seront vérifiées au renversement lors de la mission G3.

6 Choix du type de soutènements

6.1 Type de soutènements envisageable

Compte tenu de la proximité de la voirie, la solution de mur de soutènement en L n'est pas adaptée. Nous proposons un soutènement rigide de type voiles par passes sous réserve des conditions suivantes :

- La hauteur de passe ne pourra pas excéder plus de 1,50 mètre et la largeur des passes sera limitée à 2,5 mètres.
- Toute passe ouverte dans la journée devra être bétonnée sans délai,
- Pour chaque passe, une talonnette provisoire sera réalisée en pied de voile afin de mobiliser une butée. Cette talonnette sera démolie lors de la passe suivante.
- Les poussées seront reprises par des boutons d'angles ou des boutons obliques reposant sur des massifs ancrés dans les CSO et dimensionnés avec une contrainte admissible limitée à 0,1 MPa (ancrage des boutons dans les remblais à exclure).
- L'inclinaison des boutons n'excédera pas 50°. Les boutons seront installés de manière à ne pas être déplacés lors des travaux ultérieurs.
- Tous les boutons devront être régulièrement vérifiés. Ceci consiste à s'assurer que les boutons sont en charge en tentant de resserrer les coins à l'aide d'une masse.
- Les travaux de soutènement prévus interdisent toute circulation lourde en tête de la fouille, pendant la réalisation des soutènements et jusqu'au butonnage définitif.
- Si localement le terrain ne présente pas ou peu de cohésion (Remblais lâches, sol décomprimé) ou en cas de constat de circulations d'eau dans les formations superficielles, il sera nécessaire de prévoir des blindages et des étaitements afin d'assurer la sécurité des compagnons (à acheminer sur site avant ouverture). Les hors-profils seront remplis en gros béton.

- En cas de circulation d'eau dans les formations superficielles, des barbacanes seront à aménager pour éviter la stagnation et surtout la mise en charge hydraulique des eaux à l'arrière du soutènement, d'autant que le bâtiment se situe sur un coteau. Un drainage contre terre pourra être mis en place. Les eaux issues des barbacanes seront collectées par un réseau, pompées et évacuées de la fouille de pleine masse.

Nous rappelons qu'en cas de venues d'eau, la solution de voiles par passes est aléatoire, voire dangereuse. Dans ce cas des adaptations d'exécution seront à prévoir. Les solutions devront faire l'objet d'une vérification lors de mission G3 et d'une validation par le titulaire de la mission G4.

6.2 6.2 Étude du soutènement et prédimensionnement

Pour le dimensionnement des soutènements, en première approche, les caractéristiques à prendre en compte sont les suivantes :

Horizon	α	Poids volumique	Caractéristiques à long terme	
		γ (T/m ³)	C' (kPa)	ϕ' (°)
R	/	1,8	0	20
Éb	0,5	2,1	5	14
CSO	0,5	2,0	5	25

Aux poussées latérales des terres s'ajoutent :

- Circulation routière (surcharge retenue de 2T/m² soit 20 KPa).

Pour le calcul du soutènement, nous retenons une inclinaison de la poussée sur l'horizontale δ_a nulle, et une inclinaison de la butée sur l'horizontale $\delta_p = -0.67\phi$.

Les raideurs des horizons pris en compte seront estimées à l'aide de la méthode de SCHMITT, selon la formule suivante :

$$Kh = 2.1 \times \frac{\left(\frac{Em}{\alpha}\right)^{\frac{3}{4}}}{(EI)^{\frac{1}{3}}}$$

Avec :

Em : module pressiométrique
 α : coefficient rhéologique de Ménard
 EI : le produit d'inertie de l'écran

Le module de réaction du béton E retenu est de 2x10⁷ kPa à court terme et 1x10⁷ kPa à long terme.

En phase provisoire, la raideur des butons prise en compte est de 2500 T/ml. Les planchers liaisonnés au soutènement seront modélisés avec une raideur de 10 000 T/ml.

Nous avons considéré un voile béton de 25 cm d'épaisseur, soit une inertie prise en compte de :

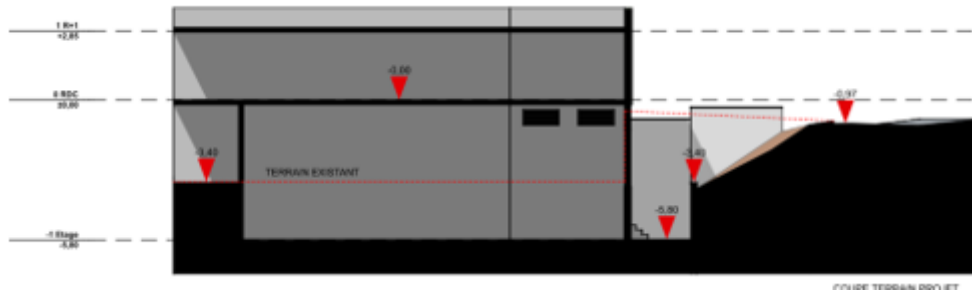
$$EI_{voile} = E_{béton} \left(\frac{ep^3}{12} \right) = 1300 \text{ T/m}^2/\text{ml} \text{ (à long terme)}$$

Avec :

ep : épaisseur du voile

6.3 6.3 Etude de la coupe A-A

Pour l'étude du soutènement, nous avons retenu la coupe suivante :



Les surcharges prises en compte dans le cadre du calcul sont les suivantes :

- Surcharge de Caquot de 2T/m² (surcharges routières),
- Surcharge compte tenu de la présence du talus

Les calculs du soutènement prennent en compte le phasage suivant :

Phase 0 :

- Initialisation des surcharges (Caquot)

Phase 1 :

- Réalisation du préterrassment jusqu'à la tête de l' écran (création de talus)

Phase 2 :

- Terrassement d'une passe de 1,30 m de profondeur
- Réalisation du voile (changement d'inertie)
- Pose d'un lit de butons provisoires à 0,2 mètre de profondeur

Phase 3 :

- Terrassement de la seconde passe jusqu'à 2,60 m de profondeur
- Réalisation du voile (changement d'inertie)
- Pose d'un deuxième lit de butons provisoires à 1,60 mètres de profondeur

Phase 3 :

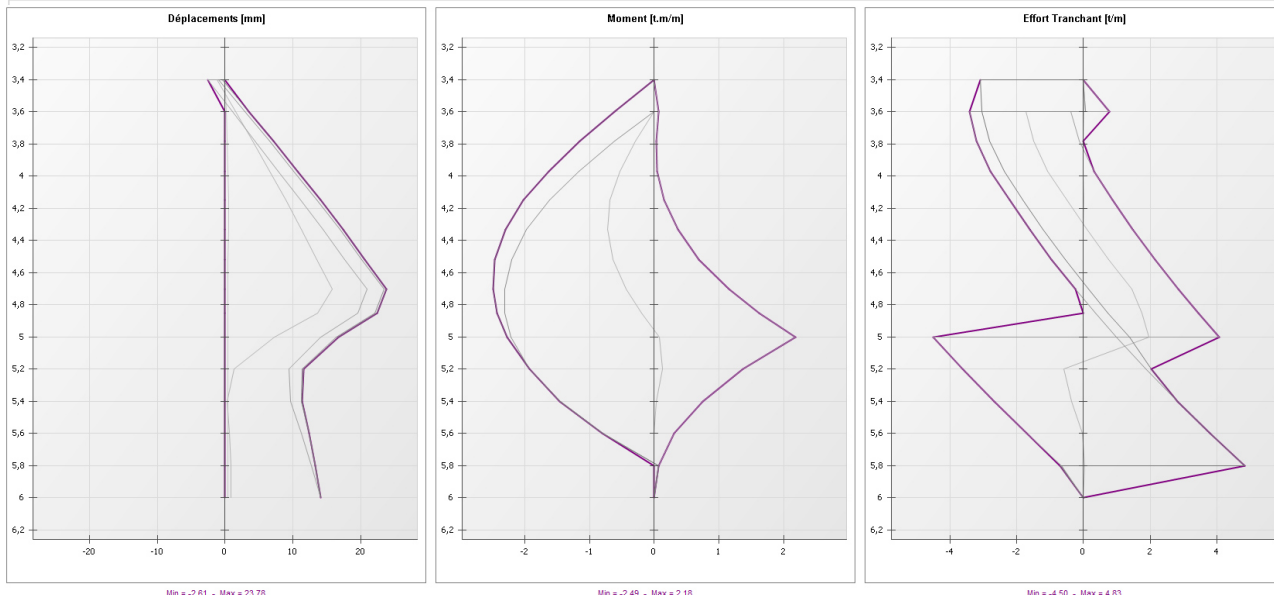
- Pose de la dalle butonnante
- Dépose du lit du 2nd lit de bouton provisoir

Phase 4 :

- Pose du lit de bouton en tête
- Dépose du 1^{er} lit de bouton provisoir

Les résultats (à l'ELS) sont synthétisés ci-dessous :

N° PHASE	Déplacement en tête [mm]	Déplacement maximal [mm]	M,k max écran [t.m/m]	N,k max écran [t/m]	V,k max écran [t/m]	Rapport butées	F,k bouton n°1 [t/m]	F,k bouton n°2 [t/m]	F,k bouton n°3 [t/m]	F,k bouton n°4 [t/m]
1	0,00	0,46	0,00	-0,97	-0,02	1,922	-	-	-	-
2	-1,15	15,72	-0,72	-3,19	1,96	0,757	2,50	-	-	-
3	-2,61	20,84	2,18	-9,91	-4,50	1,000	1,63	12,11	-	-
4	-0,98	23,38	-2,31	-3,52	4,83	1,000	4,92	-	5,48	-
5	-0,36	23,78	-2,49	-0,04	4,83	1,066	-	-	5,54	3,08
Extrema	-2,61	23,78	-2,49	-9,91	4,83	0,757	4,92	12,11	5,54	3,08



Synthèse des résultats – Logiciel KREA

Notons que pour la stabilité du voile il est nécessaire de réaliser une dalle butonnante en pieds de voile et de conserver un niveau de bouton définitif en tête qui viendra s'appuyer sur la structure en face. Des dispositions constructives et des vérifications devra être réalisées par le BE structure. Si les renforcements structurels pour reprendre les poussées du lit de boutons en tête sont trop importants, une solution alternative consisterait en la réalisation de tirants.

Le moment maximum est de 2 T.m/ml environ et le déplacement maximum calculé selon la méthodologie développée ci-dessus est de 72 mm environ. Compte tenu de la méthodologie employée, les déplacements sont donnés à titre indicatif et ne peuvent être retenus strictement.

Le calcul détaillé des soutènements est présent en annexes.

6.4 6.4 Terrassements

Les terrassements pourront être réalisés à l'aide d'engins de terrassement classiques, localement l'emploi du BRH pourrait s'avérer nécessaire.

Les anciennes infrastructures rencontrées lors des terrassements (fondations, anciens sous-sols, etc.) devront être purgées et évacuées en décharge. En outre, des épuisements d'eau ponctuels en surface pourront être nécessaires.

Les déblais issus des terrassements devront être acheminés dans des centres de stockages adéquats selon le degré de pollution. Une étude préalable de pollution pourra s'avérer nécessaire afin d'anticiper les éventuels coûts liés à la gestion des déblais.

Toutes les précautions devront être prises afin de ne pas déchausser, voire risquer de déstabiliser les fondations des bâtiments mitoyens et périphériques, lors des terrassements. Des fouilles de reconnaissance de fondations seront réalisées afin de vérifier le mode de fondation des mitoyens et de vérifier qu'aucun débord n'empiète sur la parcelle (recoupage des saillies débordantes interdites).

A minima, un relevé de géomètre du niveau bas des mitoyens devra être réalisé et recalé par rapport au niveau bas du projet, afin d'avoir une estimation précise du niveau des fondations mitoyennes au niveau des futurs soutènements.

Du fait de la présence de mitoyens, nous recommandons fortement de réaliser un référé préventif avant la réalisation des travaux.

La talus en tête du soutènement aura une pente 3/2 maximum, un polyane de protection ou une nappe ensemencement sera mis en place afin d'éviter les pertes de cohésion suite aux circulations d'eau (pluviométrie).

6.5 6.5 Suivi des travaux de soutènement

En phase travaux, il sera nécessaire de prévoir une surveillance des mitoyens et du soutènement à l'aide de cibles topographiques et/ou système d'auscultation adéquate (inclinomètre de bâtis, fissuromètre, etc.). Pour les soutènements, nous recommandons la réalisation de deux rangées de cibles, une en tête et une au centre du voile.

Ce système permettra de suivre l'avancement du chantier en fonction des phases de terrassement, et l'évolution des tassements et déformations. Les mesures seront comparées aux modèles théoriques et aux limites admissibles, ainsi les dispositions constructives pourront être adaptées au besoin en cas de dépassement trop important, et le modèle géotechnique revue.

Les mesures seront réalisées deux fois par mois et/ou au cours de chaque phase de terrassement.

En première approche, nous proposons de retenir les seuils de dépassement suivants :

Ouvrage concerné	Seuils de vigilance	Seuils d'alerte	Seuil d'arrêt
Mitoyens	10 mm	12 mm	15 mm
Soutènement	50 mm	60 mm	70 mm

Ces seuils pourront être modulés selon les études d'exécution.

À partir du seuil de vigilance, l'entreprise et ses compagnons devront prêter une attention plus particulière sur les méthodologies d'exécution des travaux (hauteur et largeur de passe, calage des boutons, etc.), en outre les mesures seront réalisées une fois par semaine.

En cas de dépassement de seuils d'alertes, des dispositions constructives particulières sont à mettre en œuvre, et ceci sans délai, nous citons notamment :

- Avertissement des différents acteurs (MOE, MOA, bureau d'étude, bureau de contrôle, etc.) par mail,
- Augmentations des fréquences d'auscultation,
- Limitations des ouvertures de passes,
- Renforcement du butonnage,
- Préparation à la mise en œuvre des mesures d'urgence.

Dans le cas où les seuils d'arrêts seraient atteints, les mesures d'urgence à mettre en place sont les suivantes :

- Arrêt immédiat des travaux,
- Mise en œuvre d'un remblai aux pieds des soutènements d'une hauteur suffisante pour reconstituer une butée,
- Mise en œuvre de boutons supplémentaires avec mise en charge à l'aide d'un vérin.

À cet effet, l'ensemble des dispositions et consignes à adopter devra être facilement disponible sur le chantier et pour tous les intervenants. Les consignes seront rappelées périodiquement.

6.6 6.6 Protection des parties enterrées vis-à-vis des eaux

Il est du ressort unique du maître d'ouvrage et de lui seul de choisir le niveau de protection des parties enterrées de ses bâtiments.

Dans le cas où le maître d'ouvrage admettrait des traces d'humidité, de salpêtre, et de légères infiltrations liées aux circulations d'eau qui se développeront à l'arrière du soutènement (l'infrastructure formant barrage), des barbacanes avec cunettes périmétriques reliées à des fosses d'épuisement munies de pompes de relevage seront à prévoir.

Un complexe de drainage à l'extrados périphérique du mur de soutènement devra être mis en place permettant l'évacuation gravitaire des eaux pluviales vers un exutoire. Une autre solution consiste à apposer contre les murs extérieurs un drain préfabriqué en béton poreux (type Siporex)

ou en fibre (type Enkadrain) équipé d'un collecteur de pied. Le recours à des drains agricole (cannelés) est interdit dans la construction de bâtiment.

Dans le cas où le sous-sol est réputé étanche, un cuvelage avec une étanchéité devra être mis en œuvre sur toute la périmétrie du soutènement, du niveau bas jusqu'au terrain naturel, en conformité avec la norme NF P 11-221. Concernant les parties habitées, un cuvelage est obligatoire.

7 Ouvrages annexes et connexes

7.1 6.1 Niveaux bas

Une solution de simple dallage sur hérisson pourra être mise en œuvre. Le dallage sera dimensionné suivant la norme NF P 11-213 en tenant compte d'un module de déformation ES de 20 MPa/m.

Une couche de forme en matériaux d'apport de 45 cm minimum (à confirmer avec les charges du dallage) sera mise en œuvre avec un compactage à 95% de l'optimum Proctor Normal, un géotextile anticontaminant de type Bidim (ou équivalent) sera positionné au niveau de l'arase.

Le critère minimum de réception pour couche de forme devra être :

- $EV2 > 50$
- $EV2 / EV1 < 2$

7.2 6.2 Drainage

Compte tenu du contexte géomorphologique du site (contexte général de pente), et des circulations d'eau pouvant percoler au sein des horizons limoneux, il sera nécessaire de réaliser un réseau de drainage (drains agricoles à bannir) afin d'éviter la stagnation des eaux sous le bâti et ses fondations.

Le réseau de drainage devra prévoir la mise en place de regards pour permettre l'entretien régulier du système et éviter les phénomènes de colmatage.

Ce réseau de drain sera de type gravitaire et sera impérativement relié à un exutoire.

8 Recommandations

Les travaux de soutènements et terrassement seront être réalisé en période favorable de façon à limiter les risques d'instabilité.

L'entreprise en charge de la réalisation des terrassements et des soutènements devront dans le cadre des études d'exécution soumettre pour avis le dimensionnement des ouvrages ainsi qu'un phasage précis des travaux envisagés avec vérification de stabilité, ainsi qu'une méthodologie de suivi des ouvrages avec définitions de seuils.

Tous les ouvrages annexes (escaliers, terrasses, etc) devront être fondés au bon sol (cote hors gel à respecter) ou accrochés aux structures futures et calculés en console (petits ouvrages).

Du fait que les travaux de reprise en sous-œuvre vont engendrer des tassements différentiels, nous conseillons de décaler dans le temps et de plusieurs mois les travaux de finition de la construction.

Des joints de rupture mécanique pourront s'avérer nécessaires afin de gérer les problèmes de mouvements différentiels.

9 Les aléas géotechniques (généralités)

- **Les calculs et conclusions indiqués auparavant ne concernent que les ouvrages décrits dans ce rapport. Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. Une mauvaise utilisation qui pourra être faite suite à une communication ou une reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de la société UNISOL.**
- Les recommandations pour les fondations résultent d'une interprétation globale des points de sondage dont le nombre est forcément limité et estimé d'un commun accord avec le donneur d'ordre.
- Les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (exemple : hétérogénéités locales) qui peuvent entraîner des adaptations tant de la conception que de l'exécution qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.
- Aussi, les divers intervenants devront être particulièrement vigilants et signaler dès sa découverte, la présence d'une anomalie (surépaisseur de remblais, réseaux, venues d'eau, hétérogénéité localisée, dissolution, cavité, etc.) afin que puissent être immédiatement prises les mesures adéquates (purge, approfondissement de la fondation, pontage....). La découverte d'une anomalie peut rendre caduques certaines des solutions de fondations et des recommandations figurant dans le rapport.
- Des modifications dans l'implantation, la conception ou l'importance des constructions ainsi que dans les hypothèses prises en compte peuvent conduire à des remises en cause des prescriptions. Une nouvelle mission devra alors être confiée à UNISOL afin de réadapter ces conclusions ou de valider par écrit le nouveau projet.
- Les informations données concernant la présence d'eau sont relevées dans les forages à l'époque de leur réalisation et ne reflètent pas forcément la présence ou non d'une nappe et son niveau maximum.

- Au moment de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des premières fouilles, il est fortement conseillé de faire procéder à une visite de chantier par un géotechnicien. Cette visite donne lieu à avis écrit portant sur la vérification de la nature des sols et le niveau d'assise des fondations superficielles ou sur la conformité de la méthode d'exécution des fondations profondes. Cette visite doit faire l'objet d'une commande préalable.
- La conduite de travaux de confortement nécessite beaucoup de soins. C'est pourquoi, il est indispensable que la direction de ces travaux soit confiée à un Maître d'Œuvre spécialisé qui défendra au mieux les intérêts techniques et financiers du Maître d'Ouvrage.

L'enchaînement des missions géotechniques suit les phases d'élaboration du projet. Les missions G1, G2, G3 et G4 doivent être réalisées successivement (schéma annexé).

Nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage pour l'aider dans la conception de son ouvrage et l'accompagner tout au long des travaux jusqu'à la réception de ceux-ci.

Nous recommandons au MOA de se faire accompagner par un Ingénieur Géotechnicien dans la conception et la définition des solutions de fondations, et ceci jusqu'en phase de réception des ouvrages de fondations et d'aménagement du site vis-à-vis des eaux (de la nappe et du ruissellement).

Rédacteur	Vérificateur
Directeur du service géotechnique	Directeur adjoint du service géotechnique
T. NOVALES 	N. MAVOUNGOU 

ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

(Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013)

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

CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

(Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013)

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'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 d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

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

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des 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.

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

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES 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 Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'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 du suivi d'exécution

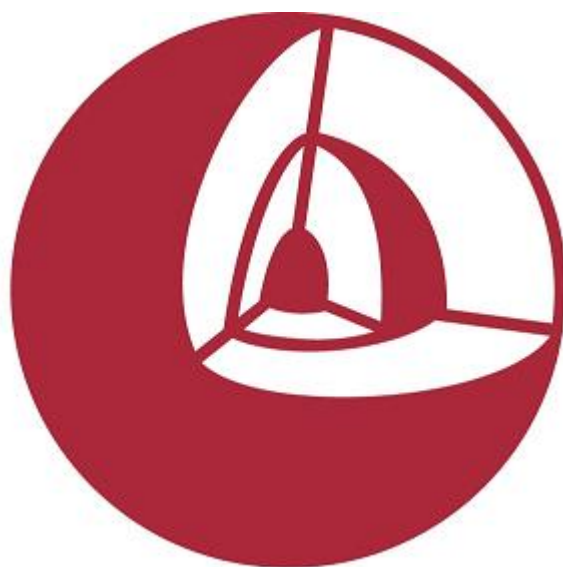
- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

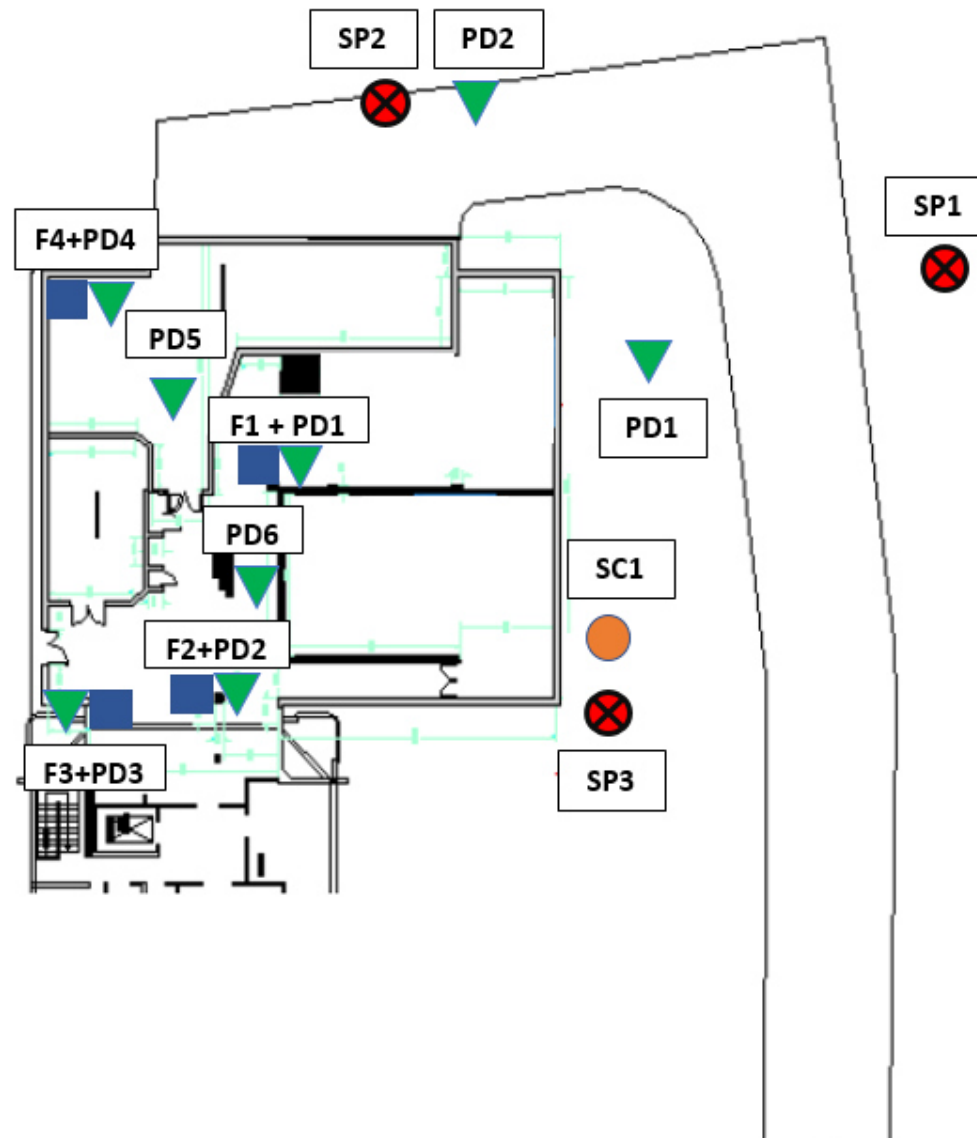
- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

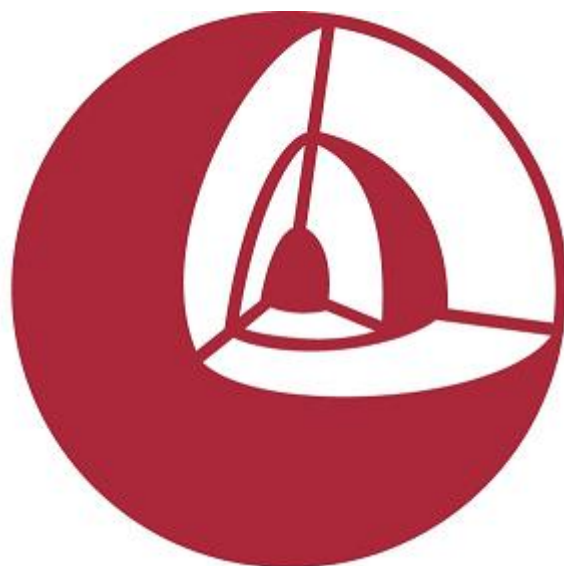


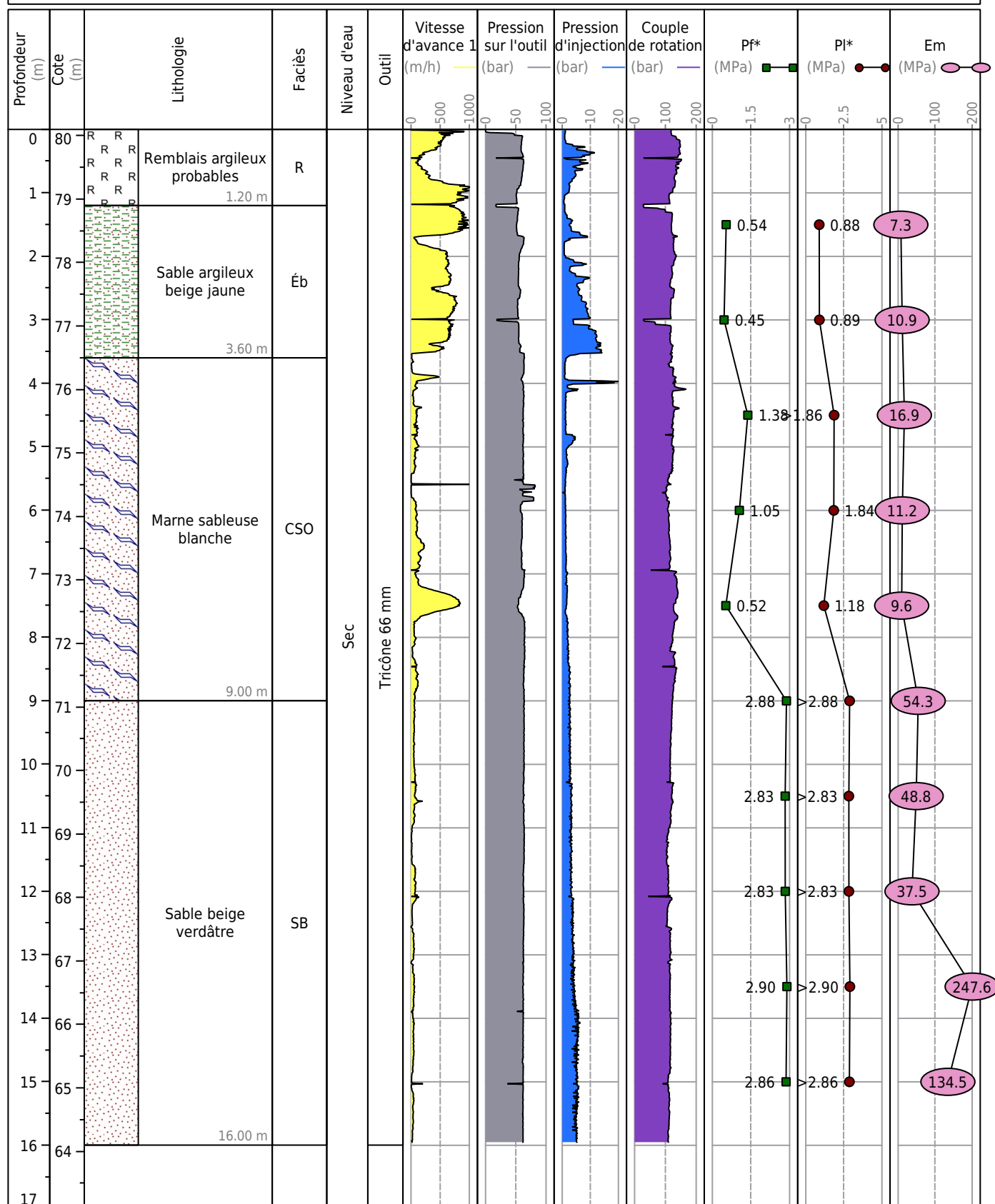
Plan d'implantation des sondages

23-01-007B
PONTOISE

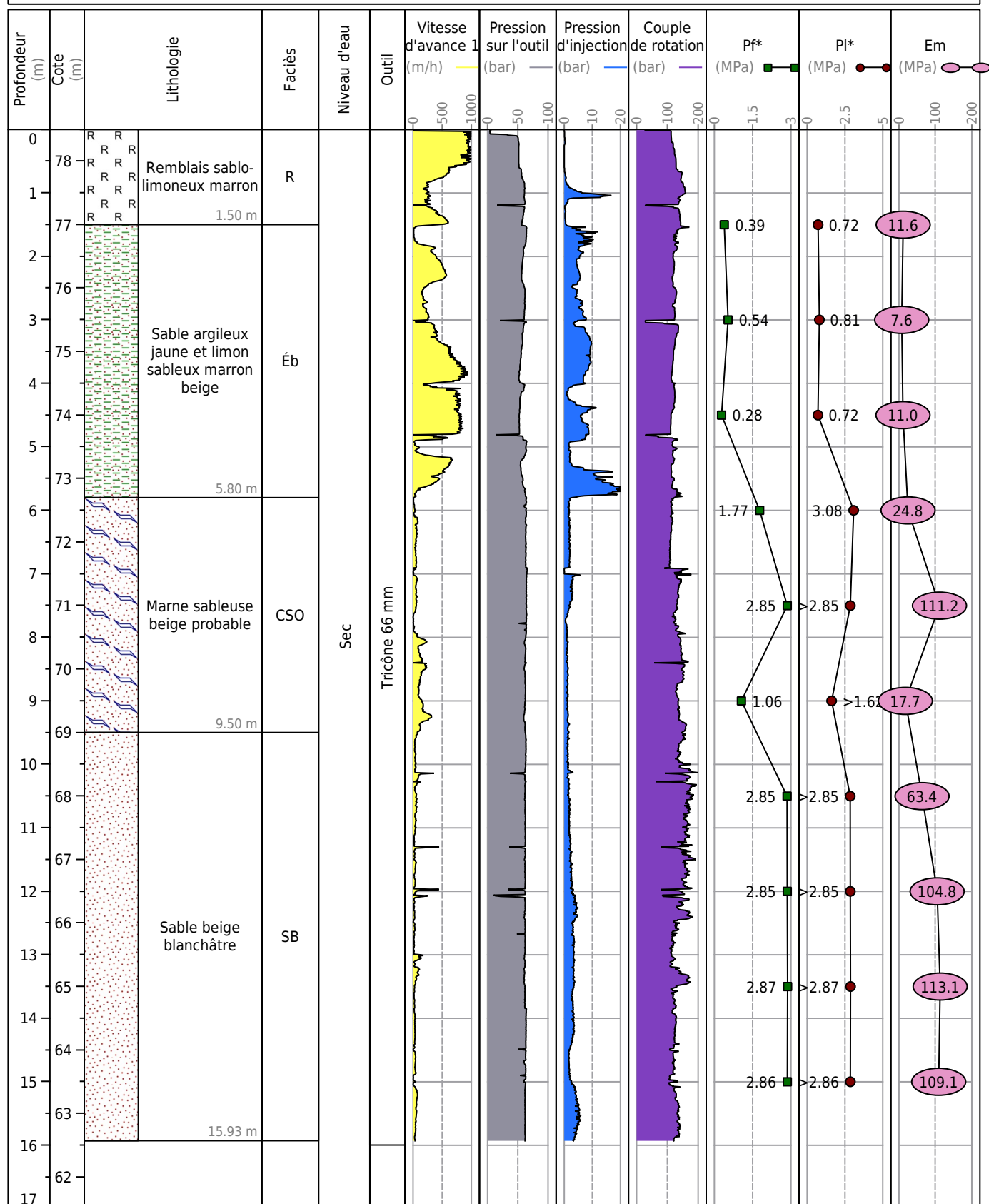


SONDAGES PRESSIOMETRIQUES

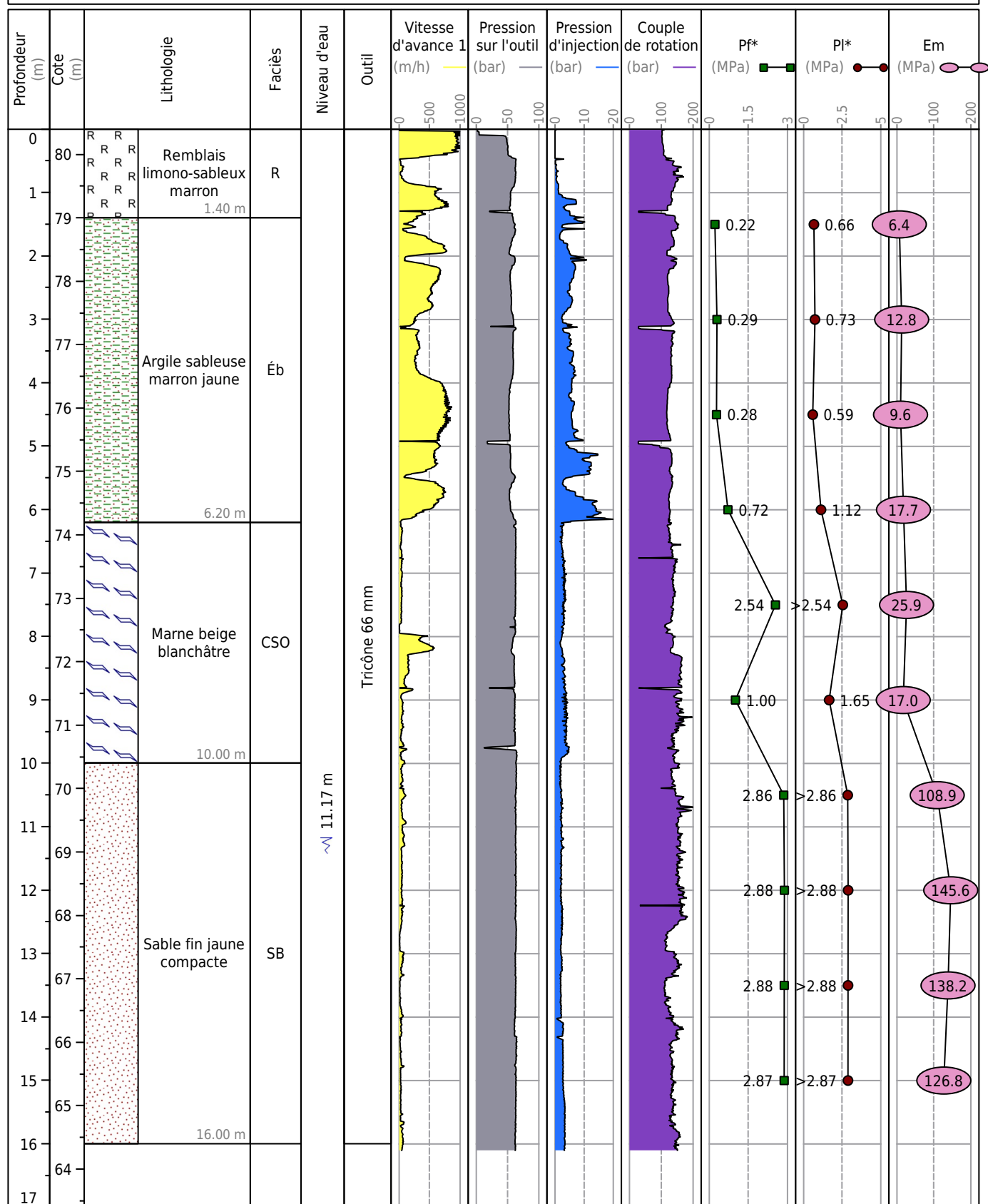




Obs. :

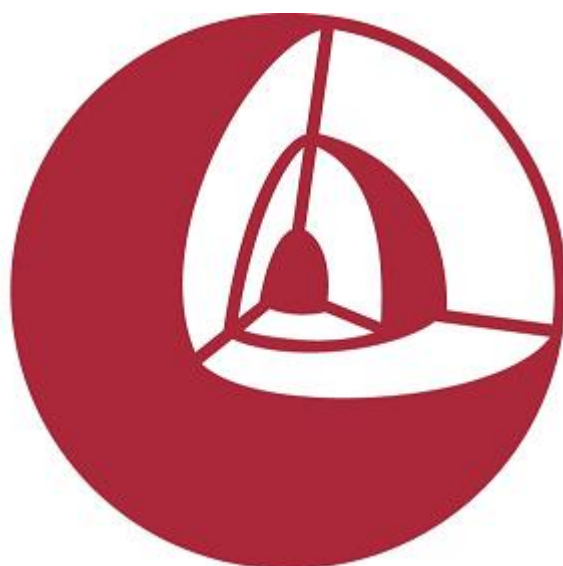


Obs. :

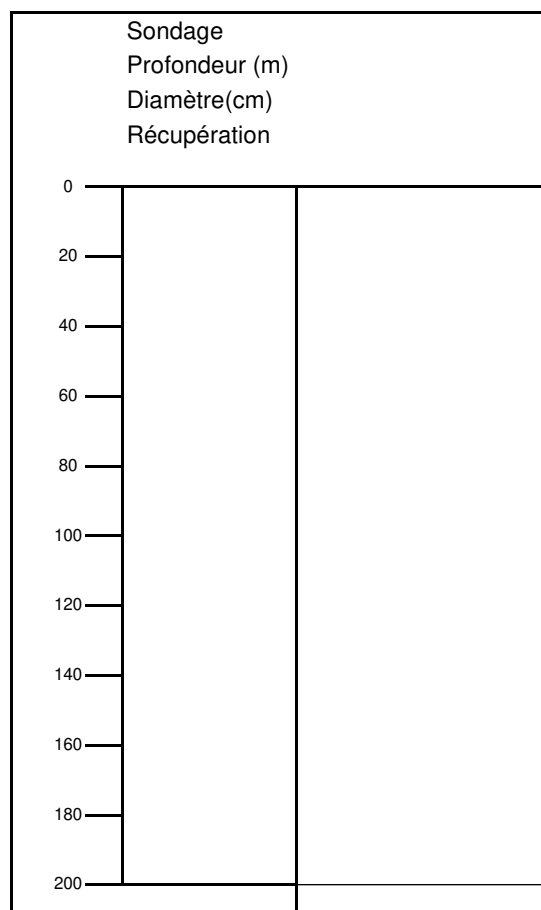
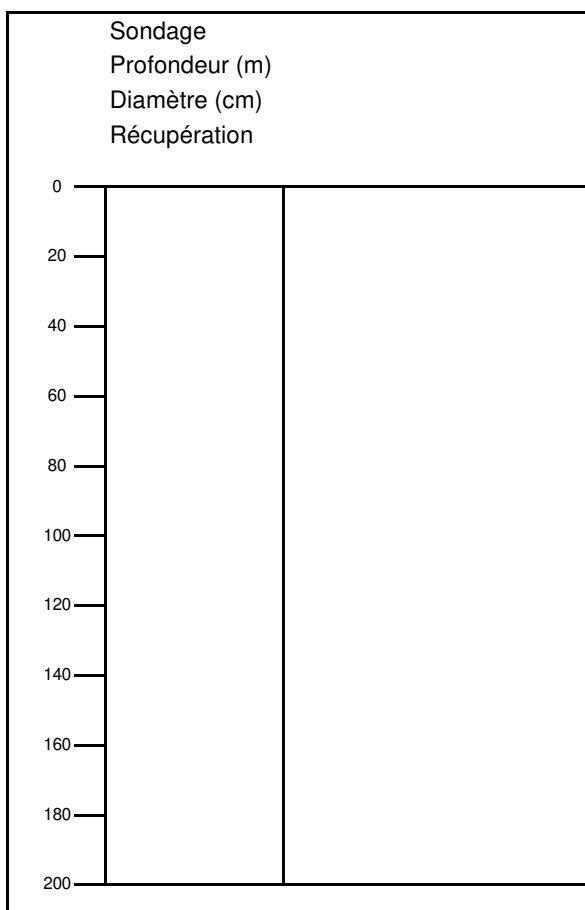
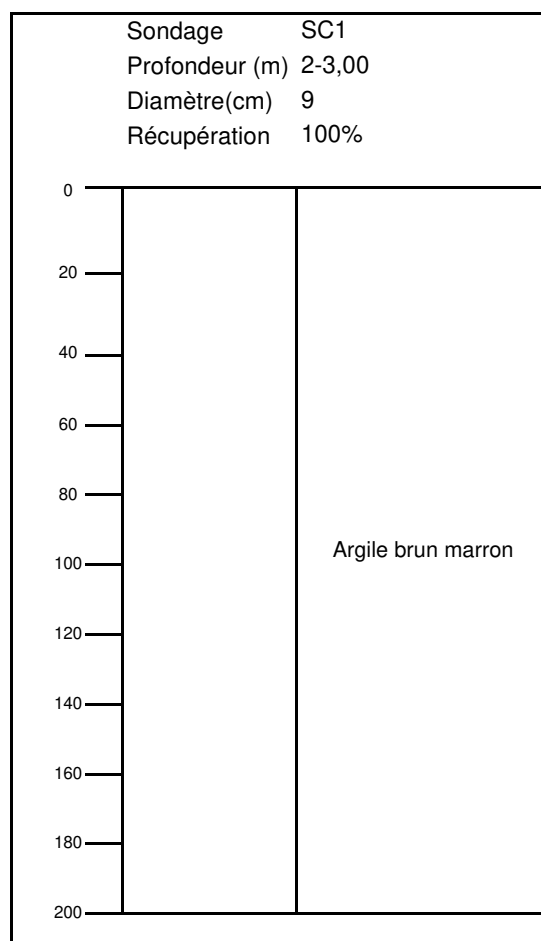
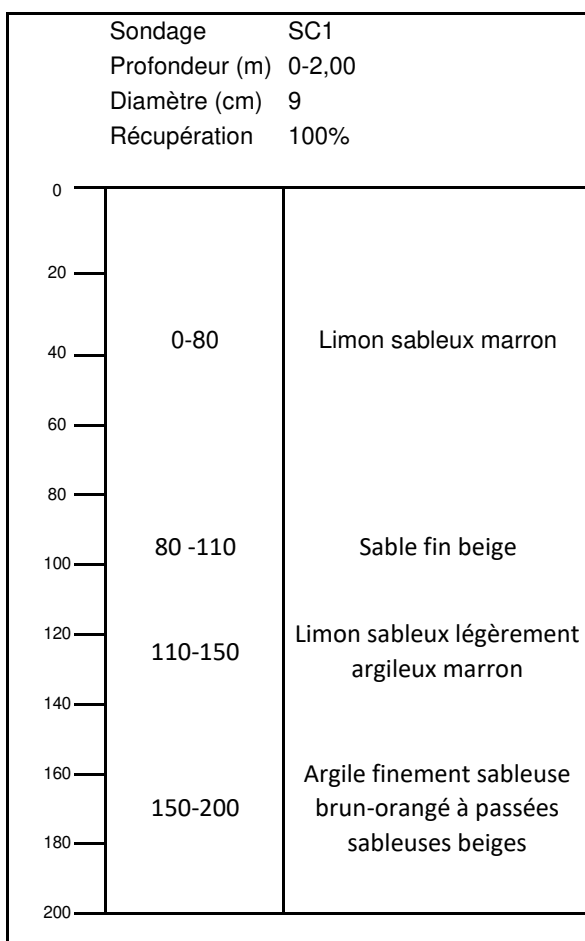


Obs. :

SONDAGES CAROTTÉS



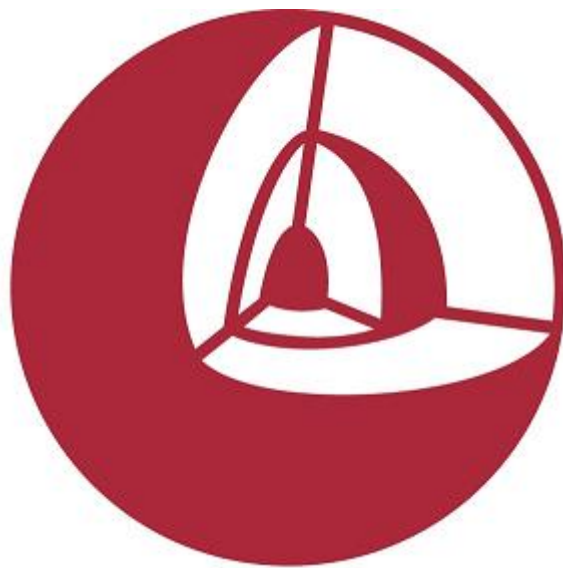
DESCRIPTION des ECHANTILLONS

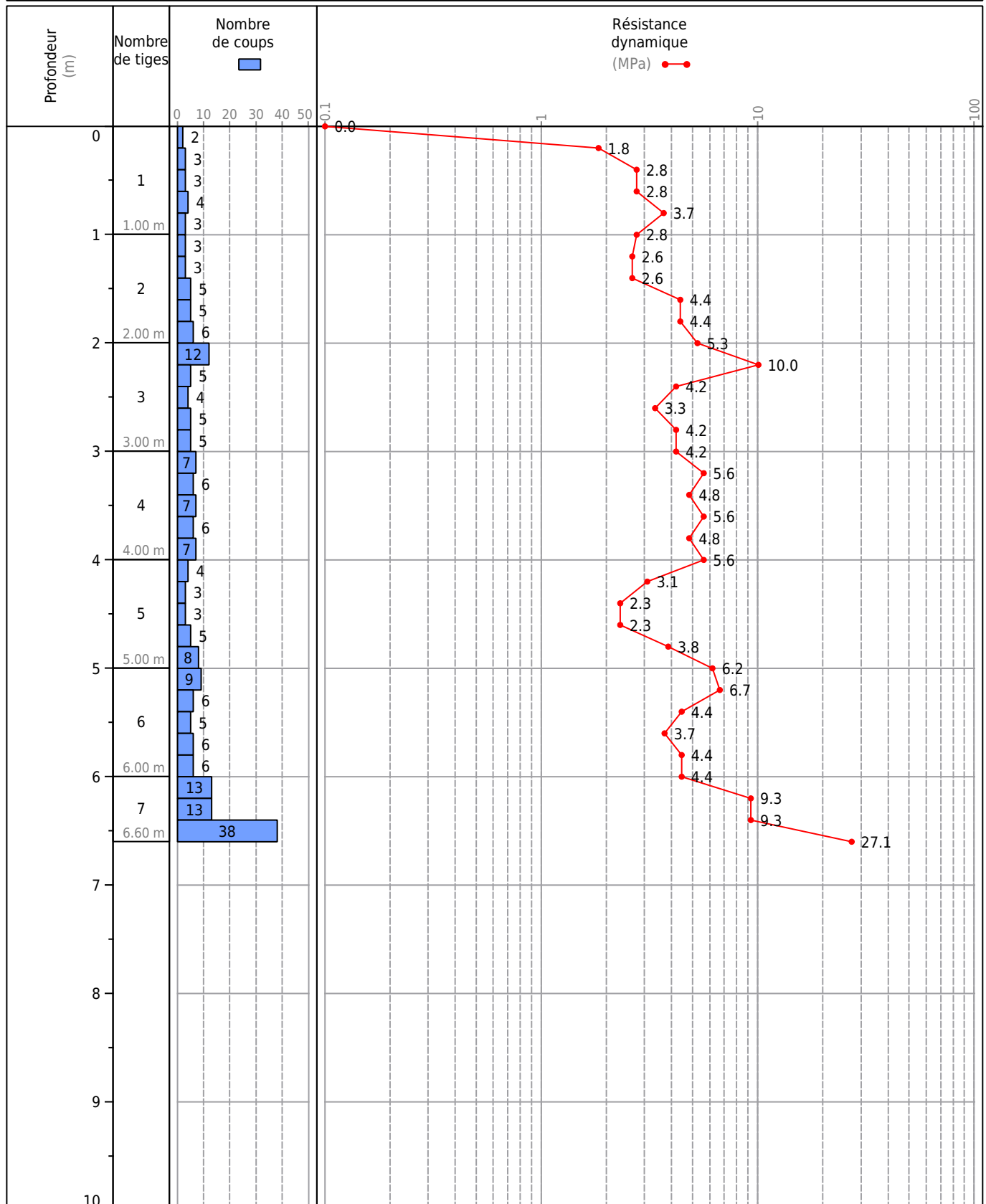


Photographies



ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

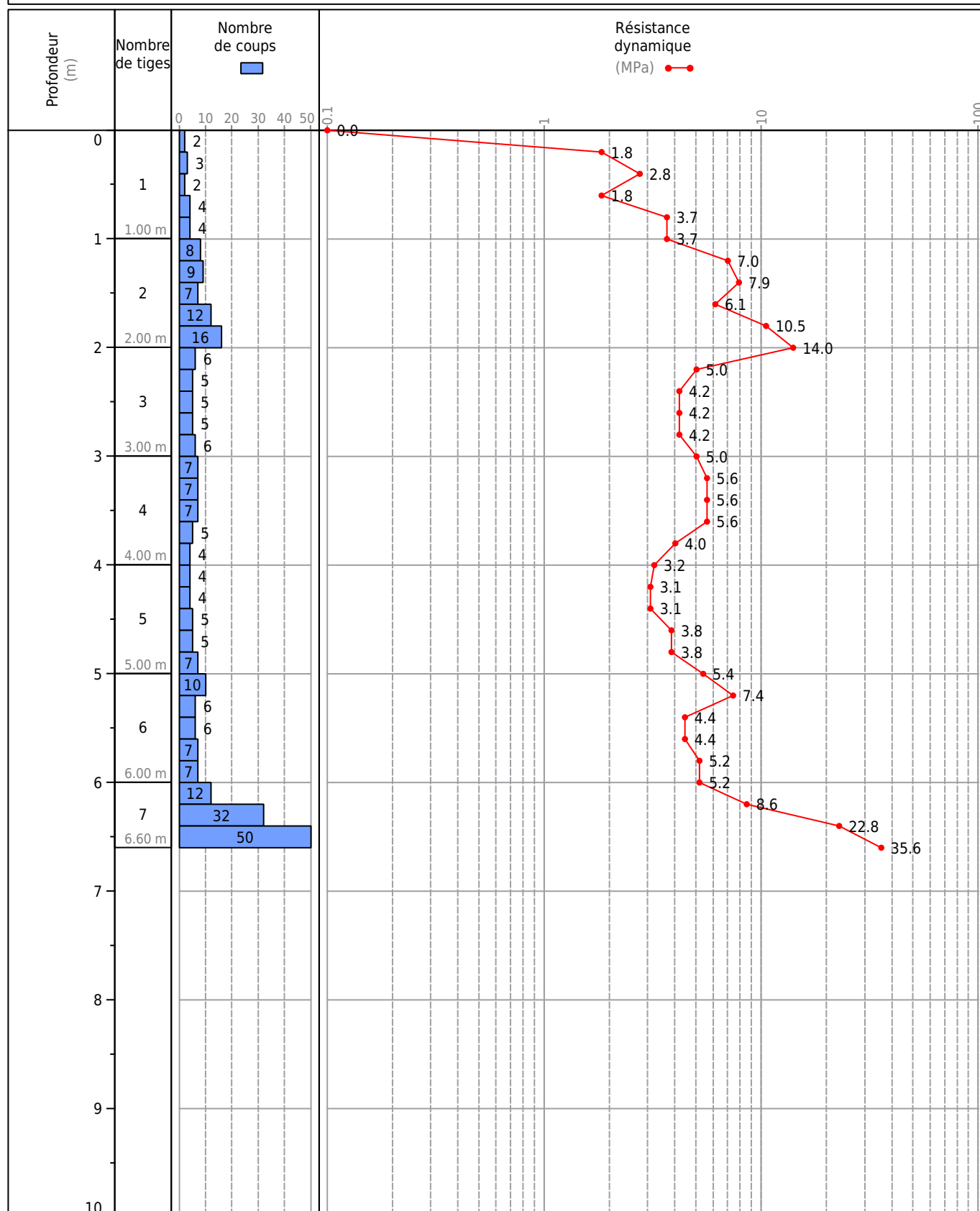




Section de la pointe (Sp) : 19.63 cm²
Masse de l'enclume (Me) : 15 kg

Hauteur de chute (H) : 75 cm
Masse de la pointe (Mp) : 0.7 kg

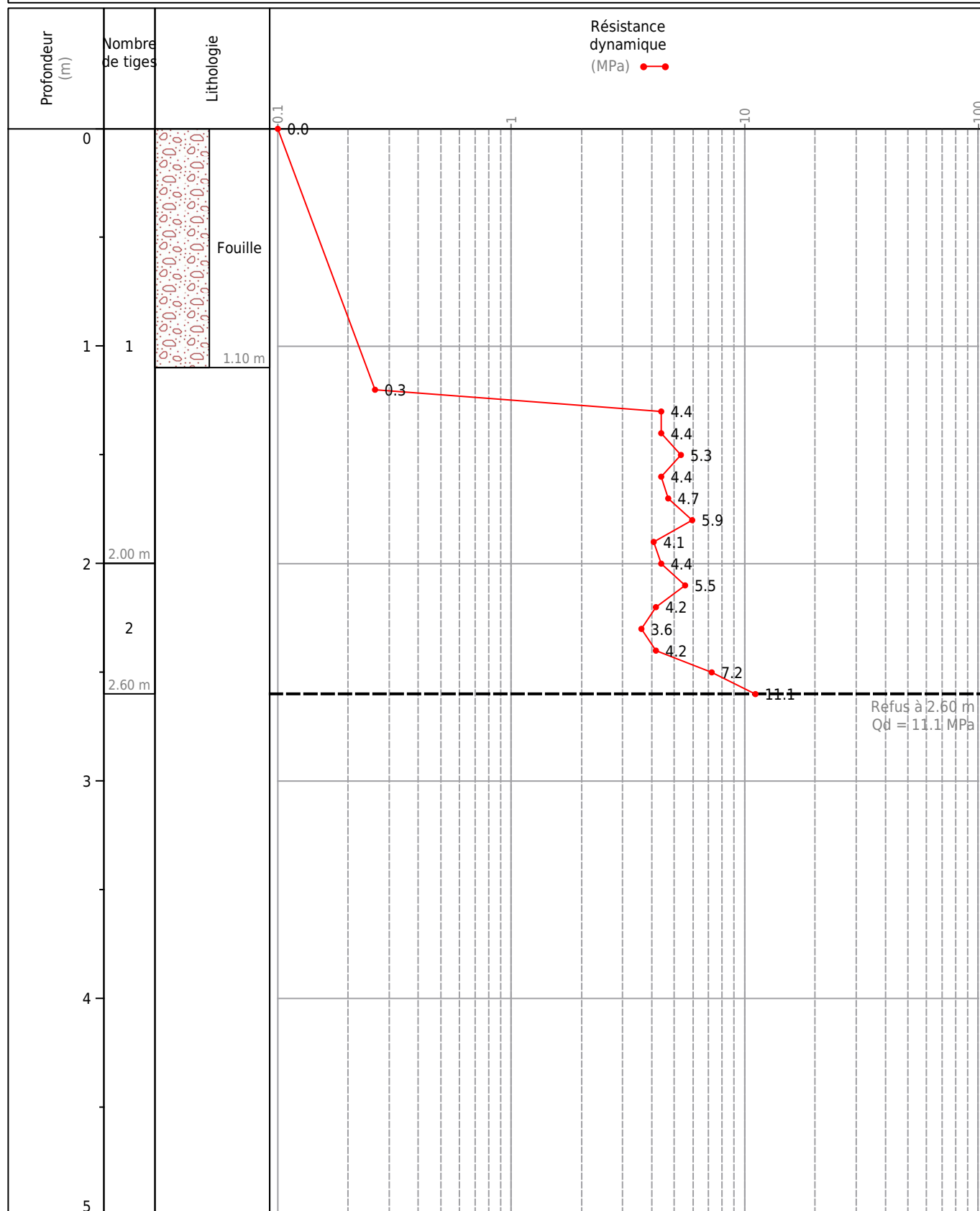
Masse du mouton (M) : 64 kg
Masse d'une tige (Mt) : 4 kg



Section de la pointe (Sp) : 19.63 cm²
Masse de l'enclume (Me) : 15 kg

Hauteur de chute (H) : 75 cm
Masse de la pointe (Mp) : 0.7 kg

Masse du mouton (M) : 64 kg
Masse d'une tige (Mt) : 4 kg



Section de la pointe (Sp) : 9.62 cm²

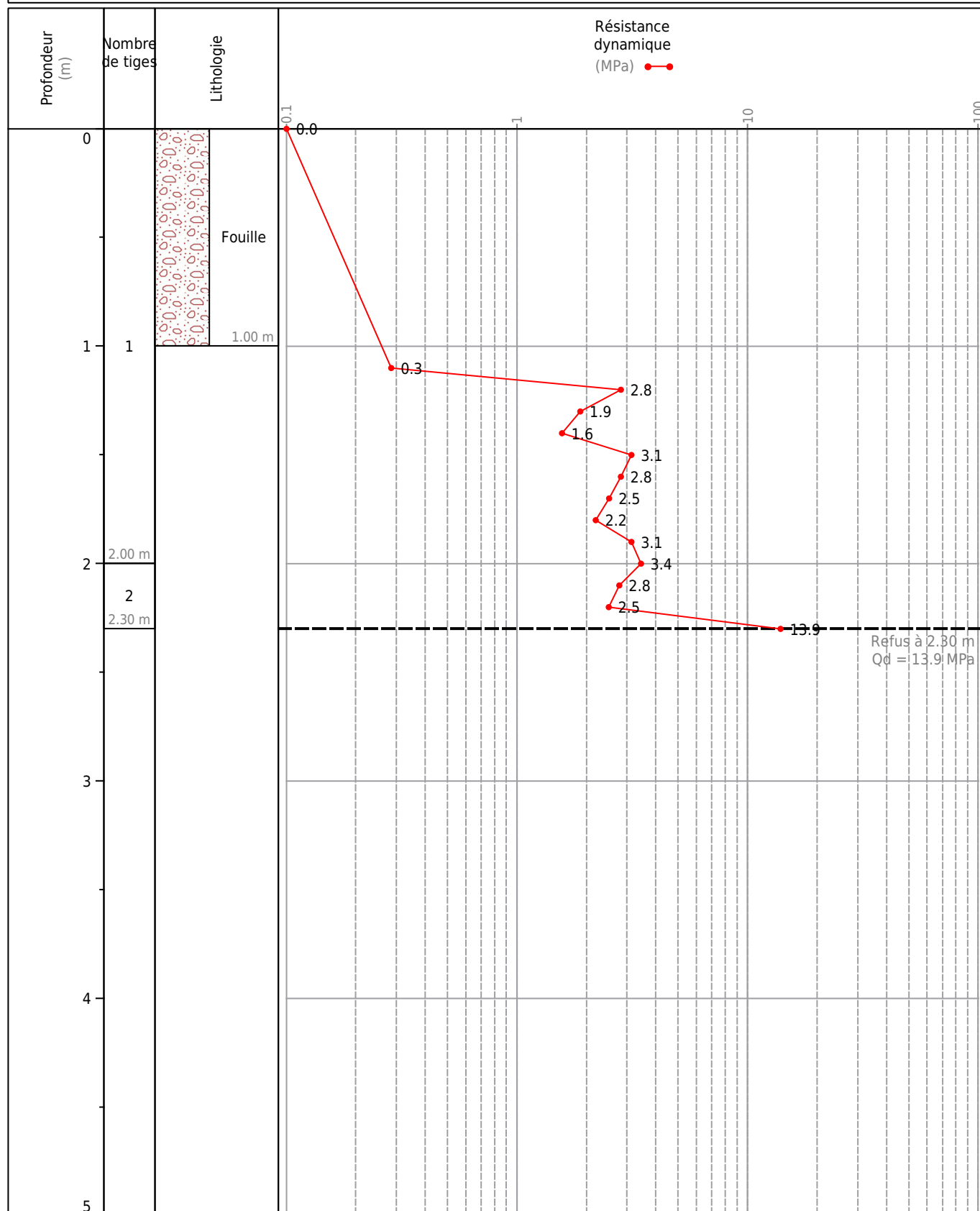
Masse de l'enclume (Me) : 4 kg

Hauteur de chute (H) : 50 cm

Masse de la pointe (Mp) : 0.2 kg

Masse du mouton (M) : 10 kg

Masse d'une tige (Mt) : 2.1 kg



Section de la pointe (Sp) : 9.62 cm²

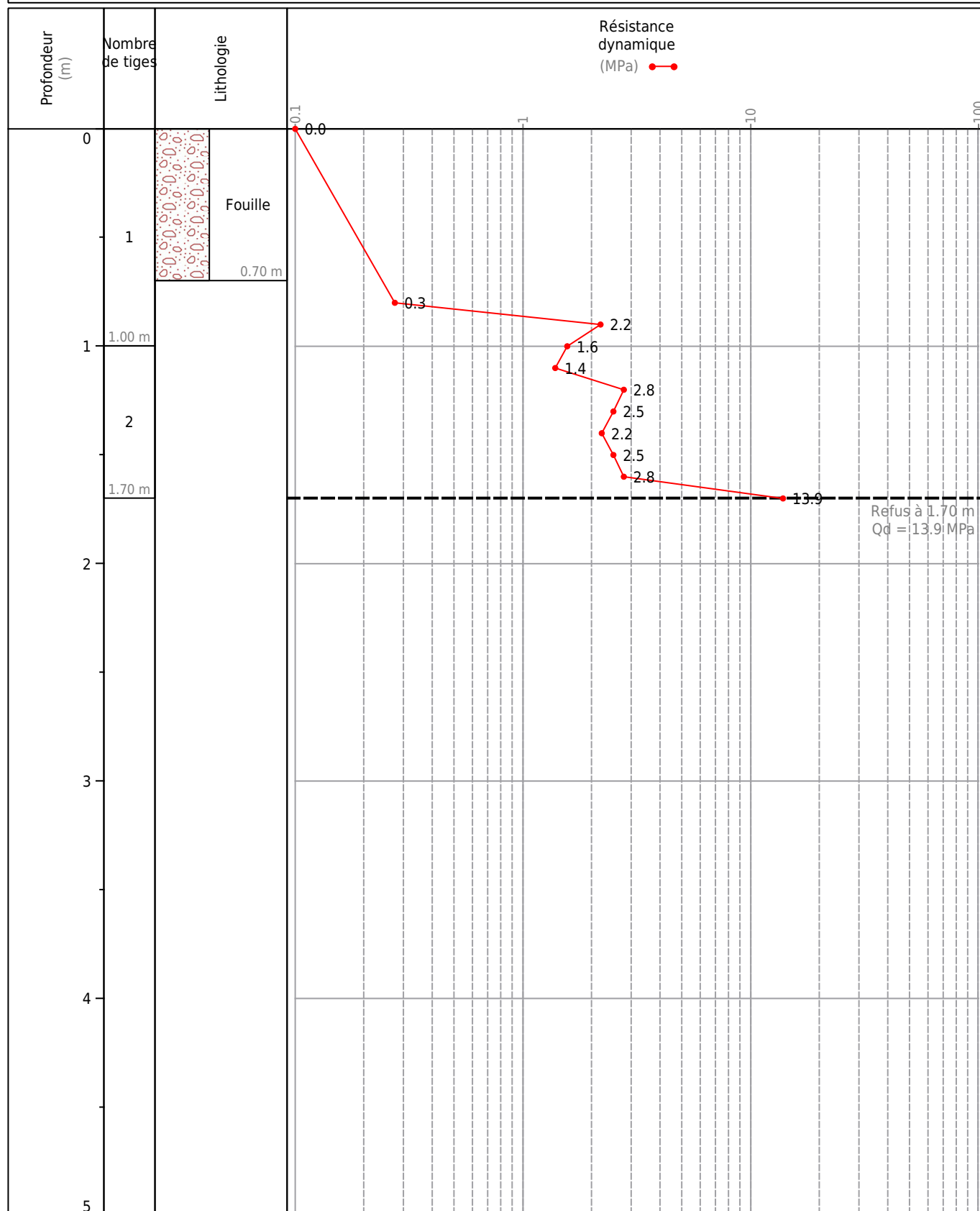
Masse de l'enclume (Me) : 4 kg

Hauteur de chute (H) : 50 cm

Masse de la pointe (Mp) : 0.2 kg

Masse du mouton (M) : 10 kg

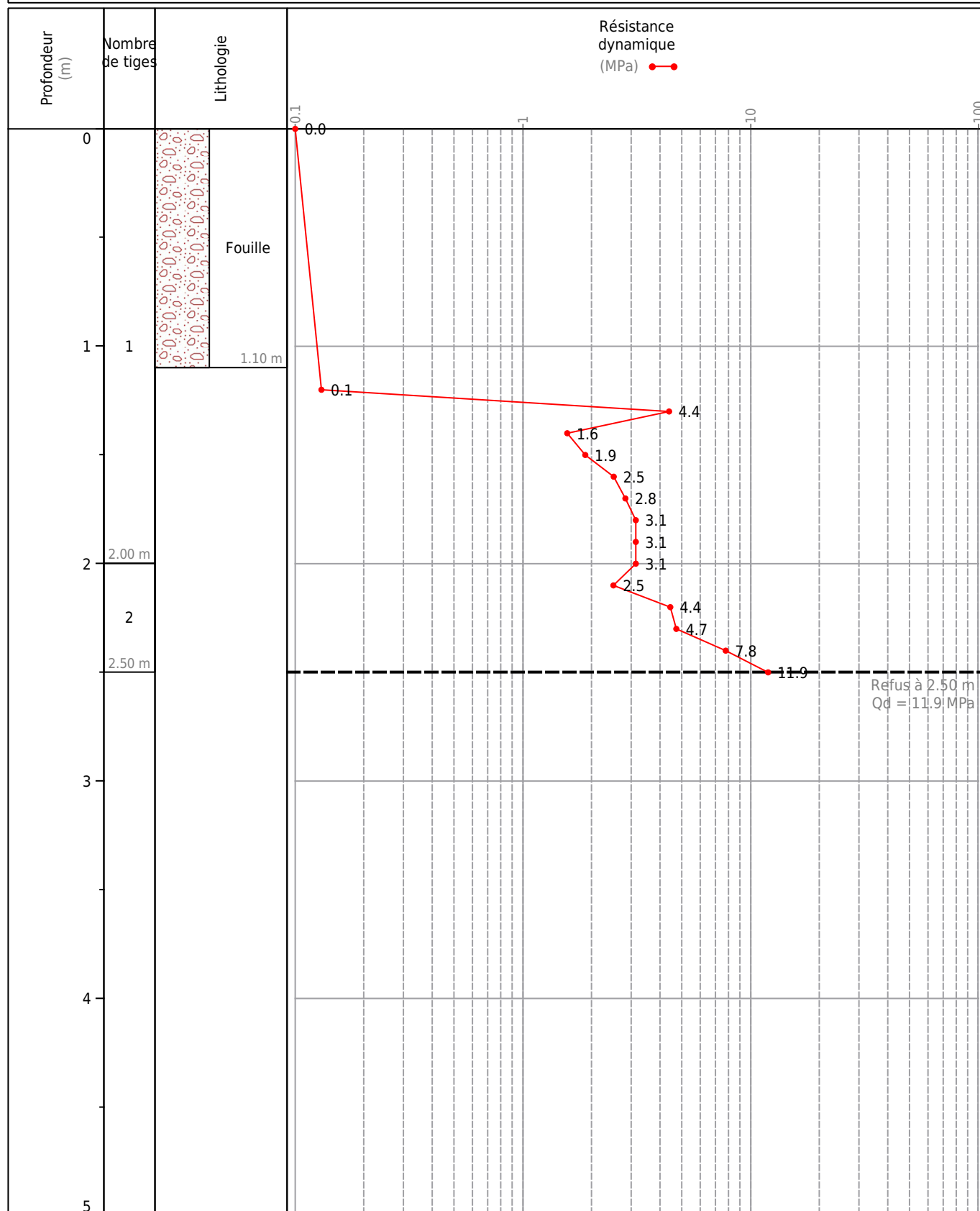
Masse d'une tige (Mt) : 2.1 kg



Section de la pointe (Sp) : 9.62 cm²
Masse de l'enclume (Me) : 4 kg

Hauteur de chute (H) : 50 cm
Masse de la pointe (Mp) : 0.2 kg

Masse du mouton (M) : 10 kg
Masse d'une tige (Mt) : 2.1 kg



Section de la pointe (Sp) : 9.62 cm²

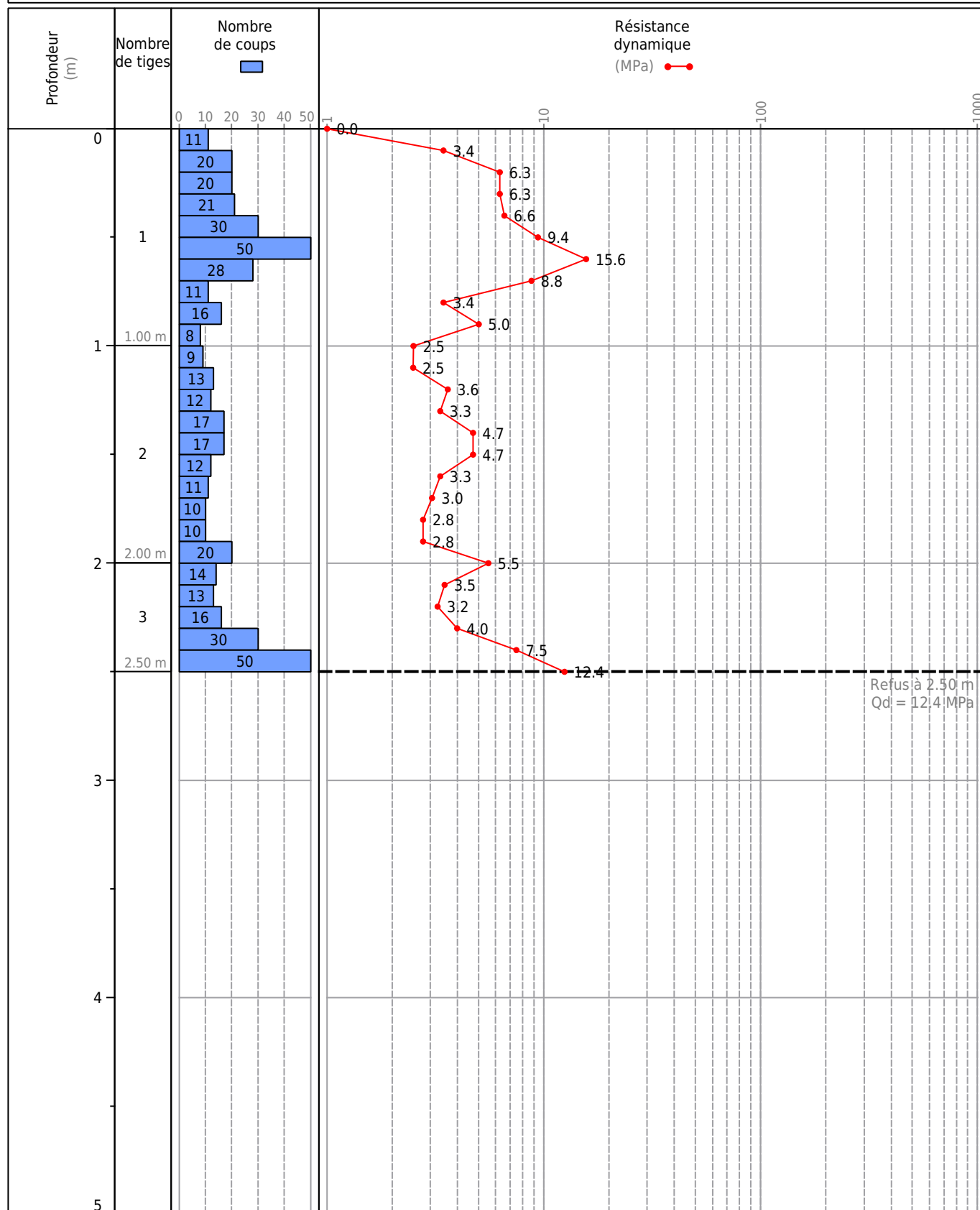
Masse de l'enclume (Me) : 4 kg

Hauteur de chute (H) : 50 cm

Masse de la pointe (Mp) : 0.2 kg

Masse du mouton (M) : 10 kg

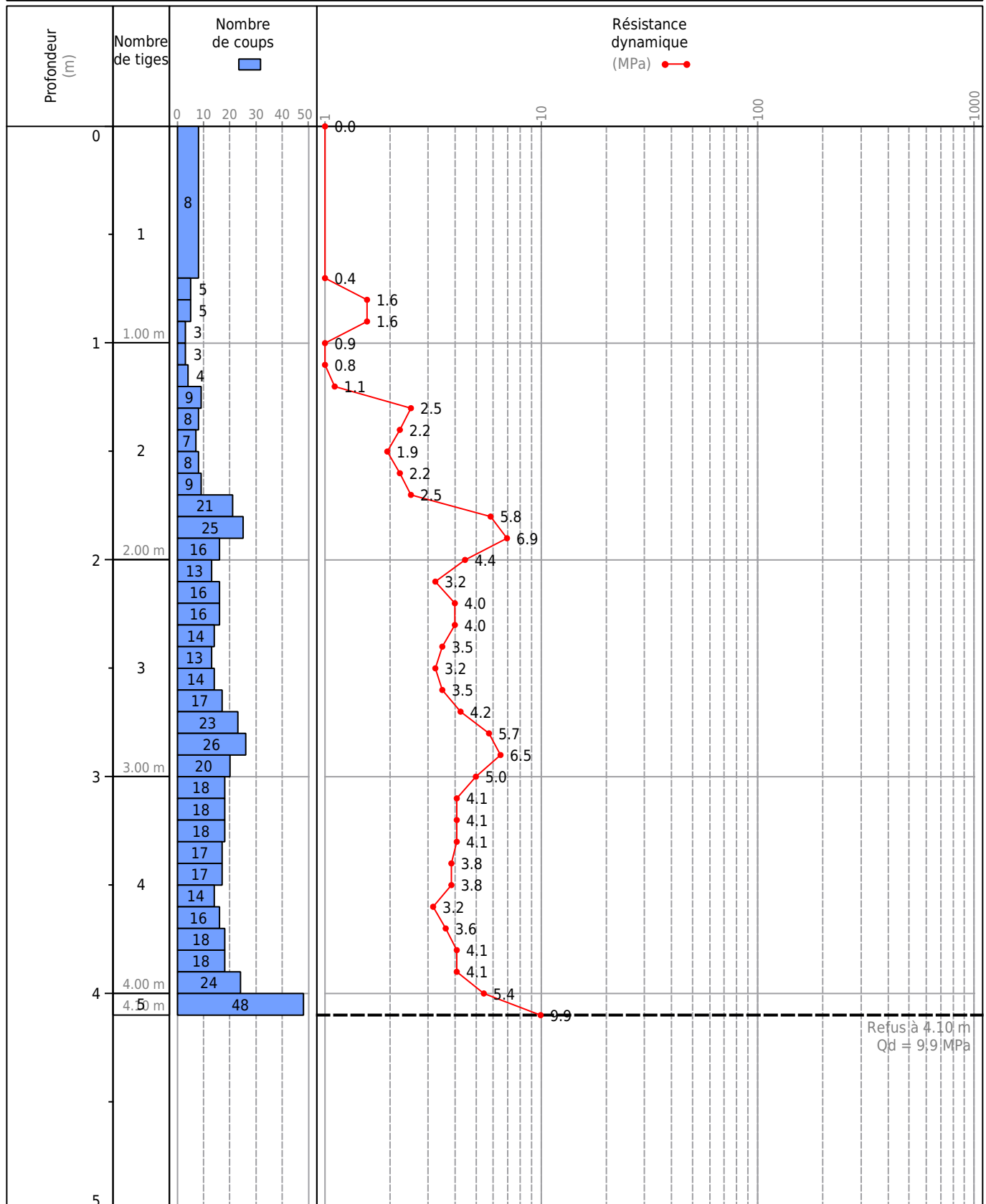
Masse d'une tige (Mt) : 2.1 kg



Section de la pointe (Sp) : 9.62 cm²
Masse de l'enclume (Me) : 4 kg

Hauteur de chute (H) : 50 cm
Masse de la pointe (Mp) : 0.2 kg

Masse du mouton (M) : 10 kg
Masse d'une tige (Mt) : 2.1 kg



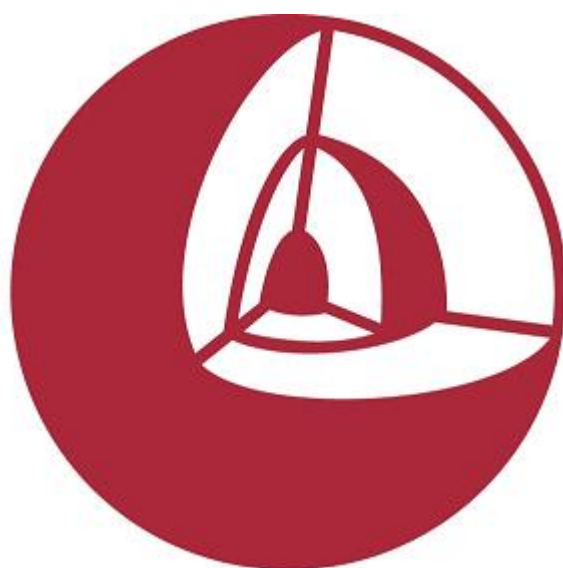
Refus à 4.10 m
Qd = 9.9 MPa

Section de la pointe (Sp) : 9.62 cm²
Masse de l'enclume (Me) : 4 kg

Hauteur de chute (H) : 50 cm
Masse de la pointe (Mp) : 0.2 kg

Masse du mouton (M) : 10 kg
Masse d'une tige (Mt) : 2.1 kg

ESSAIS EN LABORATOIRE



Signature :

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

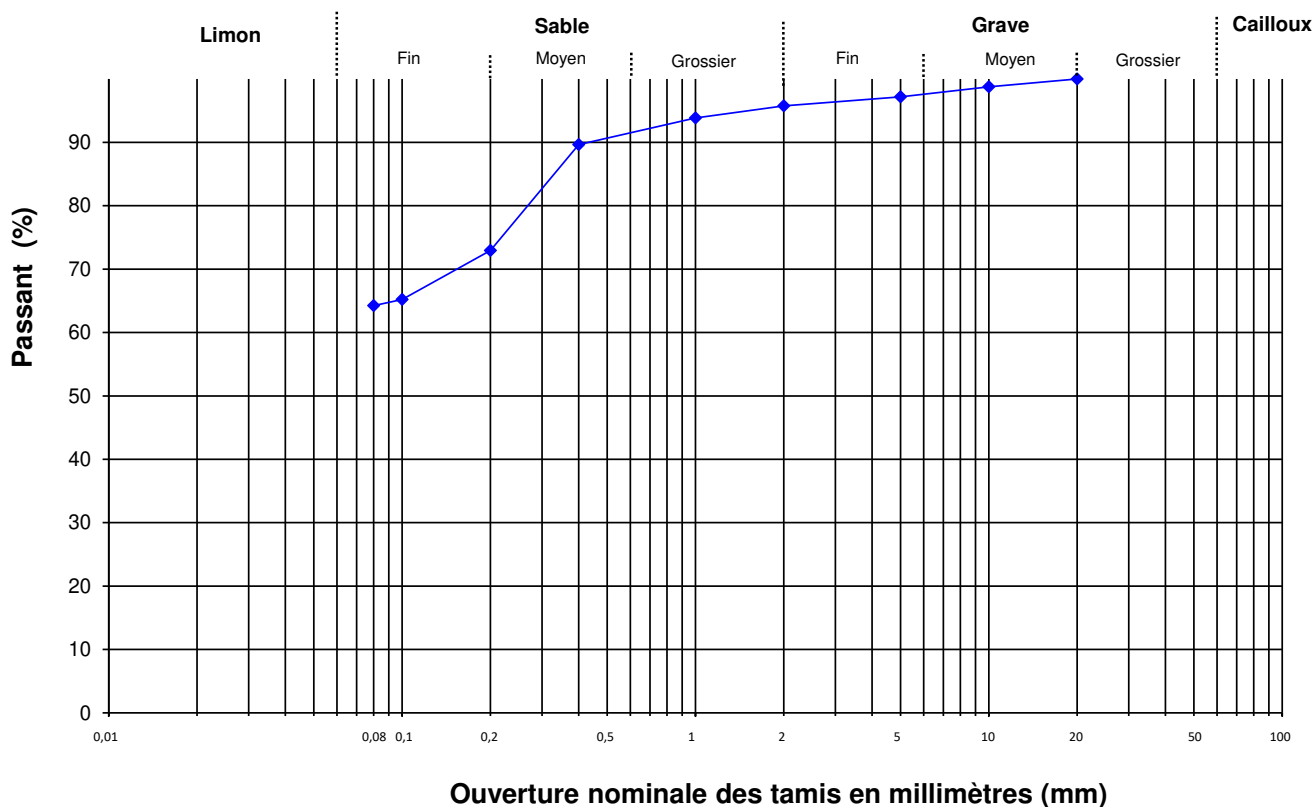
Méthode par tamisage à sec

Essai conforme aux normes NF P 94-056

Echantillon n°	1	Date de prélèvement	28 février au 3 mars 2023	Température d'étuvage	105,0 °C
Sondage n°	SC1	Mode de prélèvement	Carottier et bêche	Diamètre nominal dm	10 mm
Profondeur (m)	2/3 (2,8/2,9)	Date du début de l'essai	15 mars 2023	Masse de tamisat nécessaire	800 g
Nature du matériau	Argile brun-marron			Masse sèche utilisée	483 g
Observations	—			Diamètre maximal dmax	12 mm

Ø tamis (mm) :	100	80	63	50	40	31,5	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,1	0,08				
Passant (%) :							100,0	98,7	97,2	95,7	93,8	89,7	72,9	65,2	64,2				

COURBE GRANULOMETRIQUE



Date de vérification : 16/03/2023

Opérateur
Guy Briand
Cadre de laboratoire

Signature :

[Signature]

Vérificateur
Christophe Atencia
Responsable du laboratoire

Signature :

[Signature]

LIMITES D'ATTERBERG

Méthode au Cône

Essai conforme aux norme NF P 94-052-1 et NF P 94-051

Echantillon n°	1	Date de prélèvement	du 28 février au 3 mars 2023
Sondage n°	SC1	Mode de prélèvement	Carottier et bêche
Profondeur	2/3 (2,8/2,9)	Date d'essai	13 mars 2023
Nature du matériau	Argile brun-marron		
Observation	—		

Température d'étuvage : **105,0 °C**

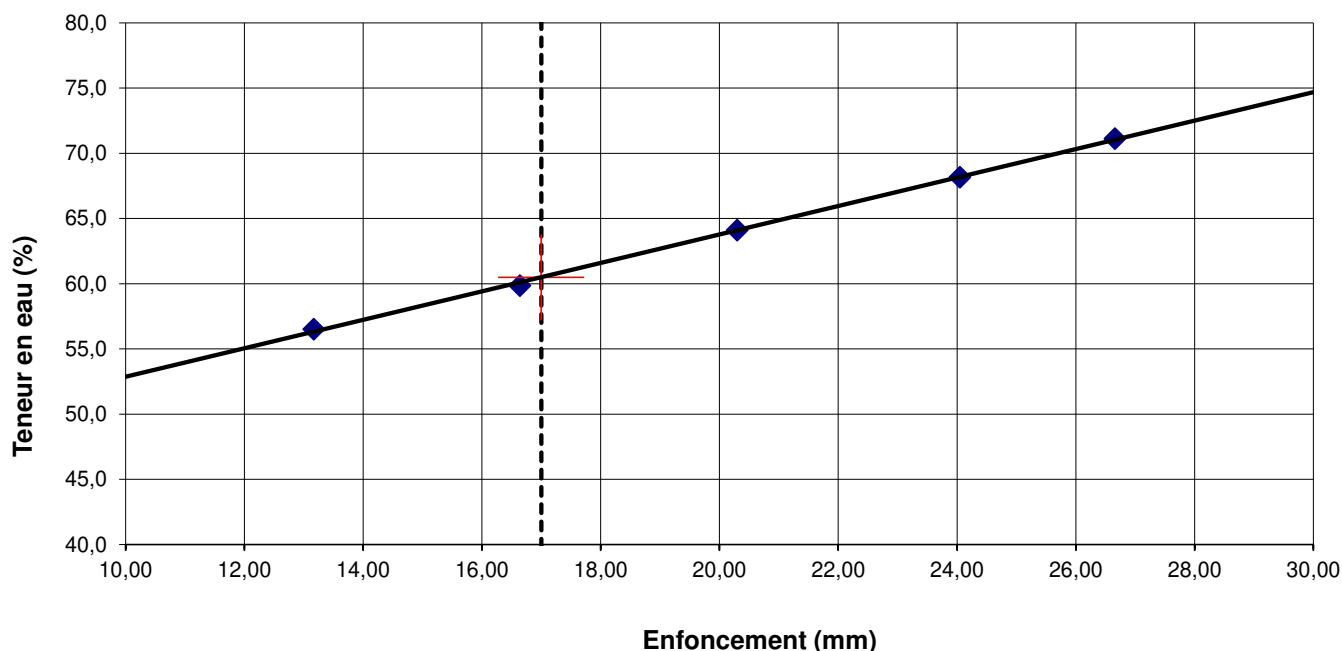
Teneur en eau Naturelle : **29,1 %**

Passant à 0,400 mm : **89,7 %**

Mesure n°	LIMITE DE LIQUIDITE					LIMITE DE PLASTICITE		
	1	2	3	4	5	1	2	
Enfoncement (mm)	26,66	24,05	20,30	16,64	13,17			
Teneur en eau (%)	71,1	68,2	64,1	59,9	56,5	27,5	28,4	

LIMITE DE LIQUIDITE	W_L	61
LIMITE DE PLASTICITE	W_p	28

INDICE DE PLASTICITE	IP	33
----------------------	----	----



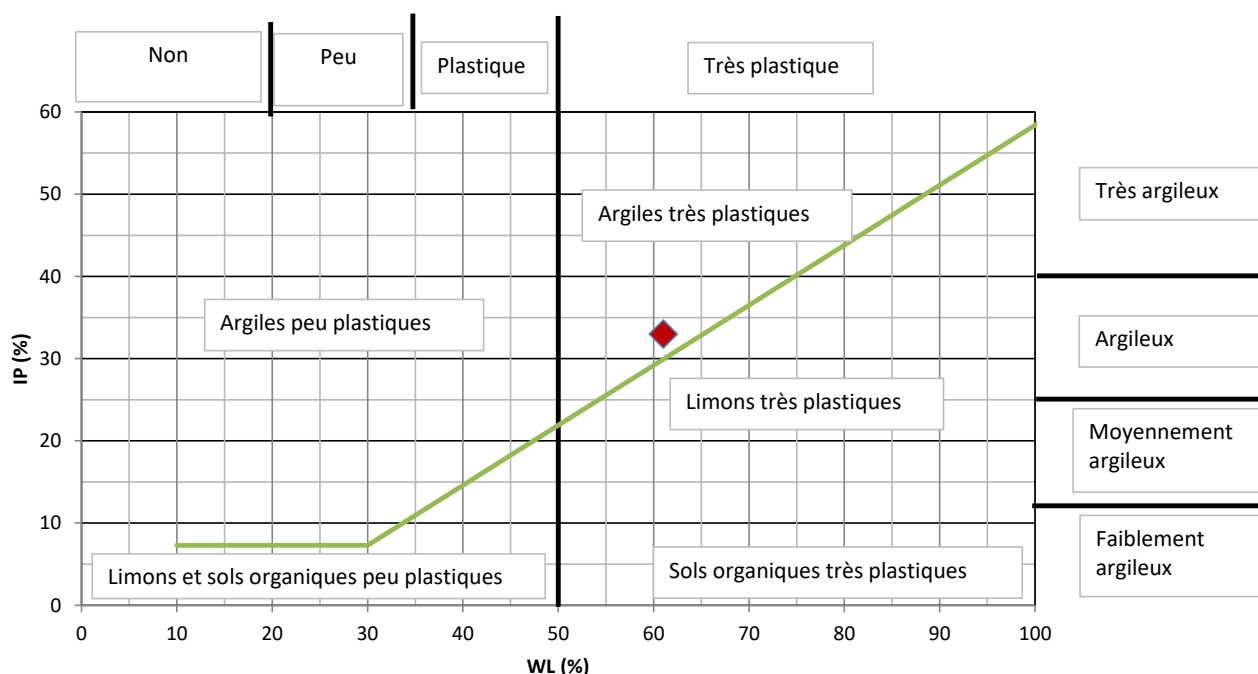
LIMITES D'ATTERBERG

Méthode au Cône

Essai conforme aux normes NF P 94-052-1 et NF P 94-051

Echantillon n°	1	Date de prélèvement	du 28 février au 3 mars 2023
Sondage n°	SC1	Mode de prélèvement	Carottier et bêche
Profondeur	2/3 (2,8/2,9)	Date d'essai	13 mars 2023
Nature du matériau	Argile brun-marron		
Observation	—		

Diagramme de Casagrande



◆ Echantillon

INDICE DE CONSISTANCE

IC

0,97

IC : 0 0.25 0.5 0.75 1 →

Consistance : Liquide Pâteuse Molle Ferme Très ferme Dure

Date de vérification : 16/03/2023

Opérateur
Guy Briand
Cadre de laboratoire

Vérificateur
Christophe Atencia
Responsable du laboratoire

Signature :

Signature :

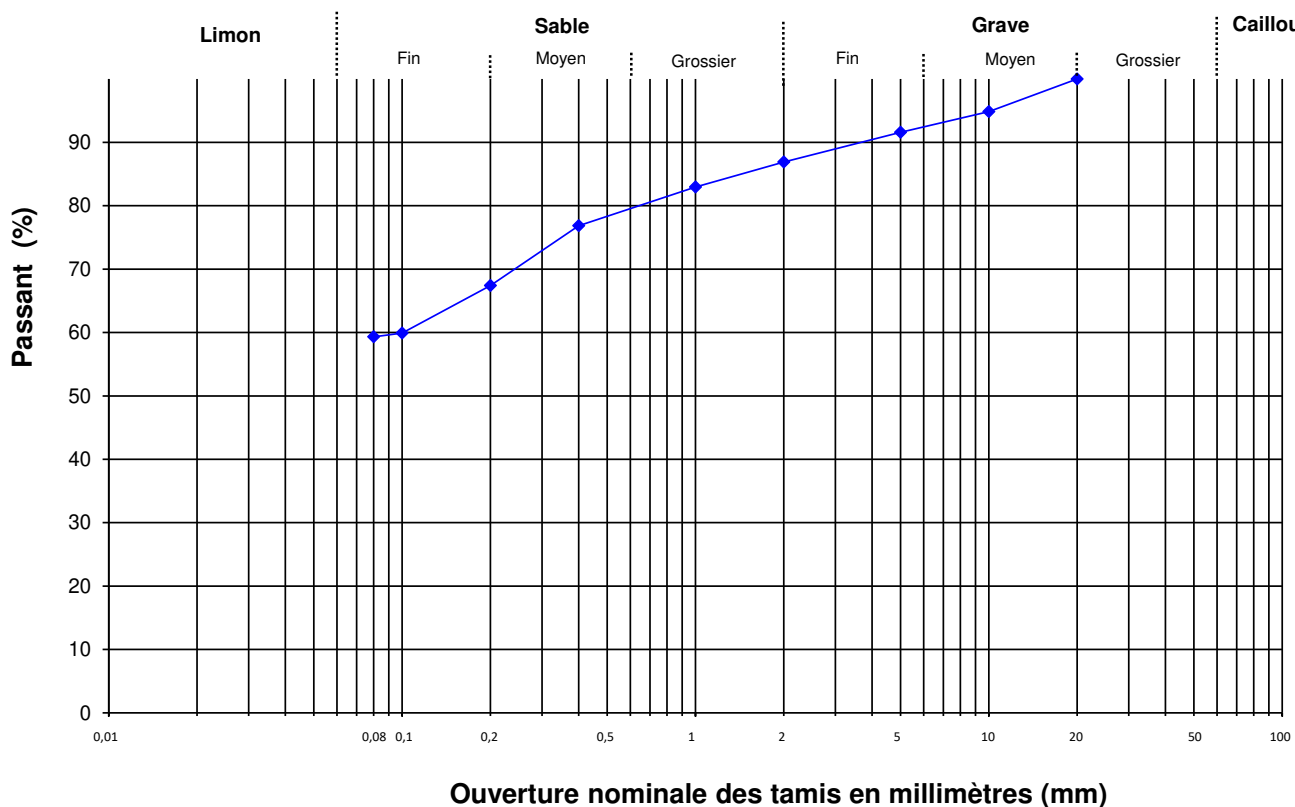
ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Méthode par tamisage à sec
Essai conforme aux normes NF P 94-056

Echantillon n°	2	Date de prélèvement	28 février au 3 mars 2023	Température d'étuvage	105,0 °C
Sondage n°	F2	Mode de prélèvement	Carottier et bêche	Diamètre nominal dm	10 mm
Profondeur (m)	Sous la fondation	Date du début de l'essai	15 mars 2023	Masse de tamisat nécessaire	800 g
Nature du matériau	Limon silteux légèrement argileux brun carbonaté avec quelques graviers			Masse sèche utilisée	541 g
Observations	—			Diamètre maximal dmax	13 mm

Ø tamis (mm) :	100	80	63	50	40	31,5	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,1	0,08				
Passant (%) :							100,0	94,9	91,6	86,9	83,0	76,8	67,4	59,9	59,3				

COURBE GRANULOMETRIQUE



Date de vérification : 16/03/2023

Opérateur
Guy Briand
Cadre de laboratoire

Signature :

[Signature of Guy Briand]

Vérificateur
Christophe Atencia
Responsable du laboratoire

Signature :

[Signature of Christophe Atencia]

Christophe Atencia
Responsable du laboratoire

ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE

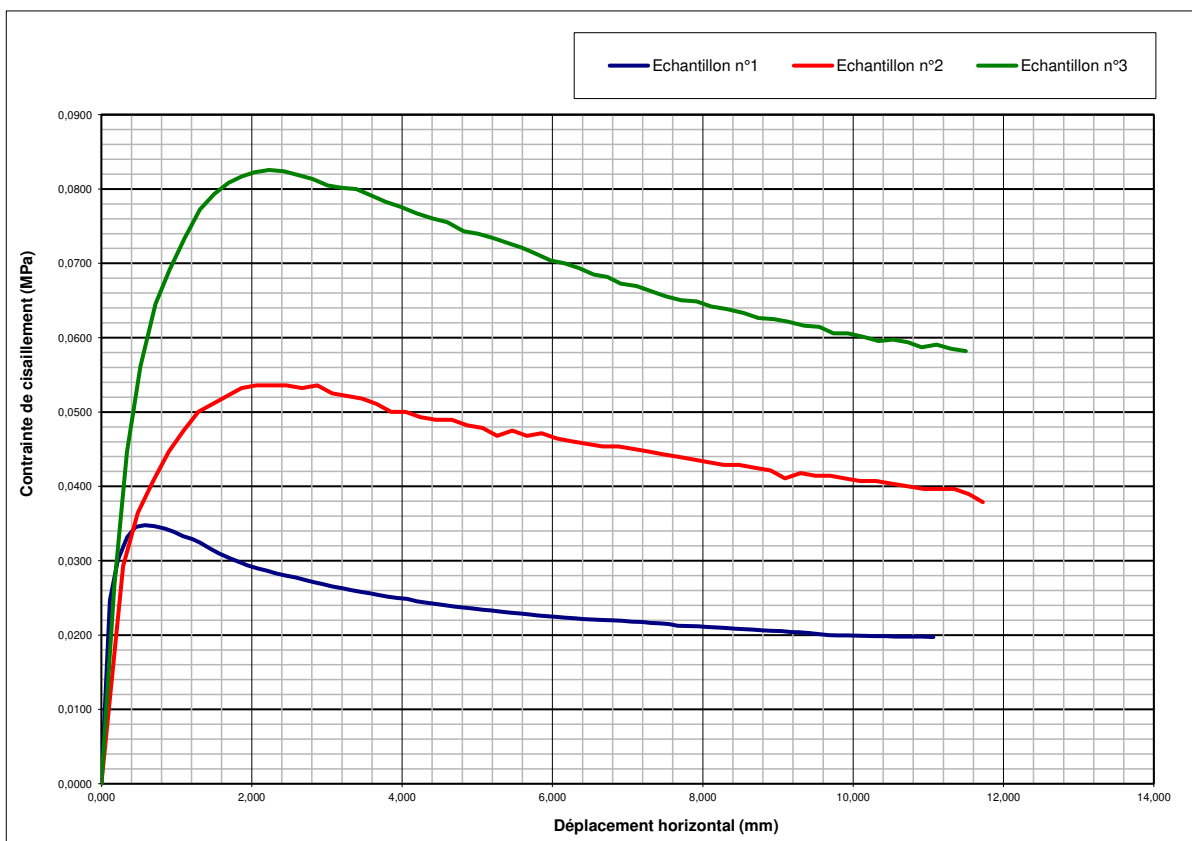
Cisaillement Direct (CD)

Essai conforme à la norme NF P 94-071-1

Echantillon n°	:	1	Date de prélèvement	:	du 28 février au 3 mars 2023
Sondage n°	:	SC1	Mode de prélèvement	:	Carottage
Profondeur (m)	:	De 2,00 m à 3,00 m	Date d'essai	:	10 mars 2023
Prélèvement (m)	:	De 2,80 m à 2,90 m	Température de la salle		
Nature du liquide d'essai	:	Eau déminéralisée	Mini 18,00 °C		Maxi 22,00 °C
Nature du matériau	:	Argile brun-marron avec quelques grains			
Observations	:	Néant			

Caractéristiques de l'éprouvette	Ø	60,00 mm	Masse volumique des particules solides estimée	2,70 gcm ⁻³
	H	25,00 mm	Vitesse de cisaillement	5 µm/min

N°	Caractéristiques des éprouvettes de sol							σ'	Paramètres de résistance cisaillement			
	ph _i	pd _i	W _i	e _i	Sr _i	pdc	Wf		$\tau_{i,p}$	δl_p	$\tau_{i,f}$	δl_f
	gcm ⁻³	gcm ⁻³	%		%	g/cm3	%		MPa	mm	MPa	mm
1	1,92	1,48	30,11	0,83	98,41	1,48	33,51	0,05	0,0348	0,58	0,0195	11,84
2	1,94	1,49	30,37	0,81	100,70	1,52	31,28	0,11	0,0536	2,06	0,0379	11,73
3	1,94	1,47	31,74	0,83	103,04	1,54	32,98	0,21	0,0826	2,23	0,0582	11,50



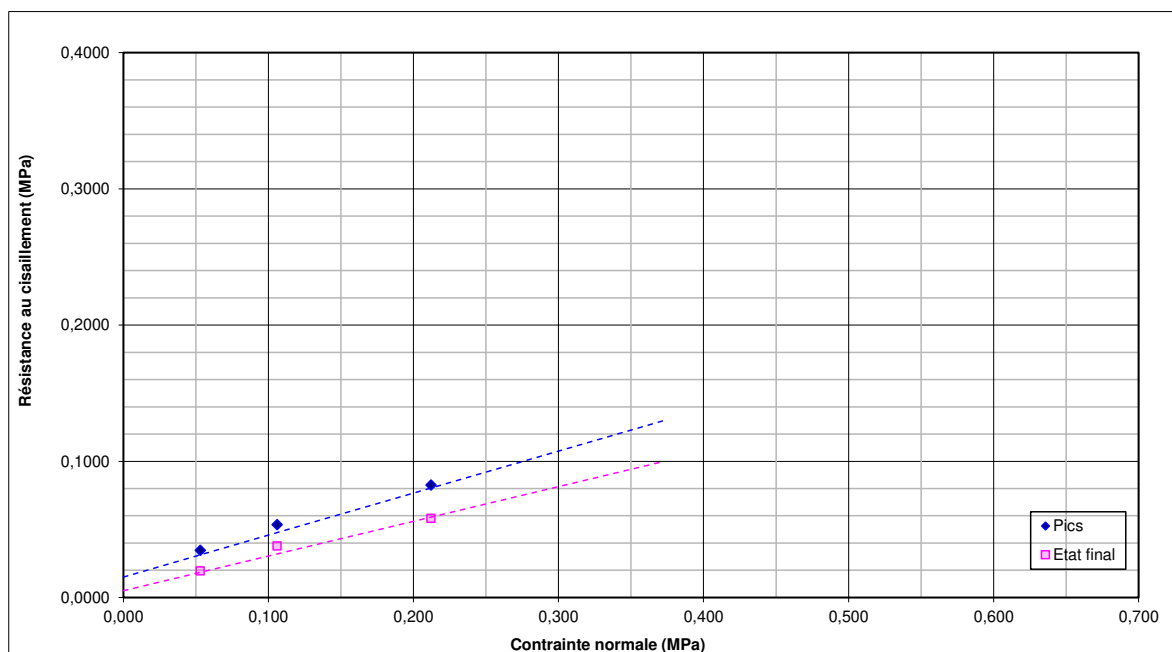
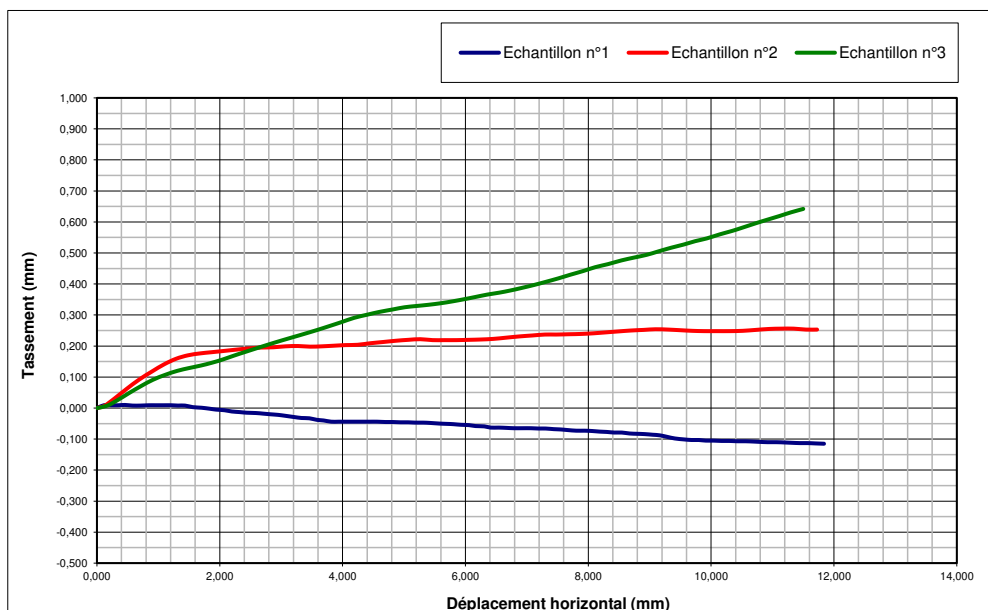
ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE

Cisaillement Direct (CD)

Essai conforme à la norme NF P 94-071-1

Echantillon n°	:	1	Date de prélèvement	:	du 28 février au 3 mars 2023
Sondage n°	:	SC1	Mode de prélèvement	:	Carottage
Profondeur (m)	:	De 2,00 m à 3,00 m	Date d'essai	:	10 mars 2023
Prélèvement (m)	:	De 2,80 m à 2,90 m	Température de la salle		
Nature du liquide d'essai	:	Eau déminéralisée	Mini 18,00 °C		Maxi 22,00 °C
Nature du matériau	:	Argile brun-marron avec quelques grains			
Observations	:	Néant			

Caractéristiques de l'éprouvette	Ø	60,00 mm	Masse volumique des particules solides estimée	2,70 gcm ⁻³
	H	25,00 mm	Vitesse de cisaillement	5 µm/min



Résultats			
C'pic	0,015 Mpa	C'final	0,005 MPa
Φ'pic	17 °	Φ'final	14 °

Rapport d'analyse

SAS UNISOL
Christophe ATENCIA
Projet pontoise
Référence du projet 23-01-0007B
Réf. du rapport 13833756 - 1

Date de commande 13-03-2023
Date de début 15-03-2023
Rapport du 22-03-2023

Code	Matrice	Réf. échantillon	
001	Sol	SC1 2/3	
Analyse	Unité	Q	001
prétraitement de l'échantillon		Q	Oui
Matière sèche	% massique	Q	79.5
COT	mg/kg MS	Q	<2000
pH (KCl)	-	Q	7.0
température pour mes. pH	°C		19.7
METALUX			
antimoine	mg/kg MS	Q	<1
arsenic	mg/kg MS	Q	14
baryum	mg/kg MS	Q	120
cadmium	mg/kg MS	Q	<0.2
chrome	mg/kg MS	Q	66
cuivre	mg/kg MS	Q	18
mercure	mg/kg MS	Q	0.10
plomb	mg/kg MS	Q	19
molybdène	mg/kg MS	Q	1.0
nickel	mg/kg MS	Q	36
sélénium	mg/kg MS	Q	0.51
zinc	mg/kg MS	Q	68
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS			
benzène	mg/kg MS	Q	<0.02
toluène	mg/kg MS	Q	<0.02
éthylbenzène	mg/kg MS	Q	<0.02
orthoxyène	mg/kg MS	Q	<0.02
para- et métaoxyène	mg/kg MS	Q	<0.02
xyènes	mg/kg MS	Q	<0.04
BTEX totaux	mg/kg MS	Q	<0.10
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES			
naphtalène	mg/kg MS	Q	<0.01
acénaphthylène	mg/kg MS	Q	<0.01
acénaphthène	mg/kg MS	Q	<0.01
fluorène	mg/kg MS	Q	<0.01
phénanthrène	mg/kg MS	Q	<0.01
anthracène	mg/kg MS	Q	<0.01
fluoranthène	mg/kg MS	Q	<0.01
pyrène	mg/kg MS	Q	<0.01
benzo(a)anthracène	mg/kg MS	Q	<0.01
chrysène	mg/kg MS	Q	<0.01
benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	Q	<0.01
benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	Q	<0.01
benzo(a)pyrène	mg/kg MS	Q	<0.01
dibenzo(ah)anthracène	mg/kg MS	Q	<0.01

Les analyses notées Q sont accréditées par le RvA.

Paraphe : 

Rapport d'analyse

SAS UNISOL
Christophe ATENCIA
Projet pontoise
Référence du projet 23-01-0007B
Réf. du rapport 13833756 - 1

Date de commande 13-03-2023
Date de début 15-03-2023
Rapport du 22-03-2023

Code	Matrice	Réf. échantillon		
001	Sol	SC1 2/3		
Analyse	Unité	Q	001	
benzo(ghi)pérylène	mg/kg MS	Q	<0.01	
indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg MS	Q	<0.01	
Somme des HAP (16) - EPA	mg/kg MS	Q	<0.16	
POLYCHLOROBIPHENYLS (PCB)				
PCB 28	µg/kg MS	Q	<1	
PCB 52	µg/kg MS	Q	<1	
PCB 101	µg/kg MS	Q	<1	
PCB 118	µg/kg MS	Q	<1	
PCB 138	µg/kg MS	Q	<1	
PCB 153	µg/kg MS	Q	<1	
PCB 180	µg/kg MS	Q	<1	
PCB totaux (7)	µg/kg MS	Q	<7	
HYDROCARBURES TOTAUX				
fraction C10-C12	mg/kg MS		<5	
fraction C12-C16	mg/kg MS		<10	
fraction C16-C21	mg/kg MS		<15	
fraction C21-C35	mg/kg MS		28	
fraction C35-C40	mg/kg MS		<15	
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	Q	35	
LIXIVIATION				
Lixiviation 24h - NF-EN-12457-2		Q	#	
date de lancement			20-03-2023	
L/S	ml/g	Q	10.00	
pH final ap. lix.	-	Q	8.2	
température pour mes. pH	°C		18.4	
conductivité (25°C) ap. lix.	µS/cm	Q	129	
ELUAT COT				
COD, COT sur éluat	mg/kg MS	Q	7.3	
ELUAT METAUX				
antimoine	mg/kg MS	Q	<0.02	
arsenic	mg/kg MS	Q	<0.01	
baryum	mg/kg MS	Q	<0.05	
cadmium	mg/kg MS	Q	<0.002	
chrome	mg/kg MS	Q	<0.01	
cuivre	mg/kg MS	Q	<0.02	
mercure	mg/kg MS	Q	<0.0005	
plomb	mg/kg MS	Q	<0.02	
molybdène	mg/kg MS	Q	<0.02	
nickel	mg/kg MS	Q	<0.03	
sélénium	mg/kg MS	Q	<0.02	
zinc	mg/kg MS	Q	<0.1	

Les analyses notées Q sont accréditées par le RvA.

Paraphe : 

Rapport d'analyse

SAS UNISOL
Christophe ATENCIA

Projet pontoise
Référence du projet 23-01-0007B
Réf. du rapport 13833756 - 1

Date de commande 13-03-2023
Date de début 15-03-2023
Rapport du 22-03-2023

Code	Matrice	Réf. échantillon		
001	Sol	SC1 2/3		
Analyse	Unité	Q	001	
ELUAT COMPOSES INORGANIQUES				
fraction soluble	mg/kg MS	Q	820	
ELUAT PHENOLS				
Indice phénol	mg/kg MS	Q	<0.1	
ELUAT DIVERSES ANALYSES CHIMIQUES				
fluorures	mg/kg MS	Q	8.2	
chlorures	mg/kg MS	Q	<10	
sulfate	mg/kg MS	Q	72	

Les analyses notées Q sont accréditées par le RvA.

Paraphe :



Rapport d'analyse

SAS UNISOL
Christophe ATENCIA
Projet pontoise
Référence du projet 23-01-0007B
Réf. du rapport 13833756 - 1

Date de commande 13-03-2023
Date de début 15-03-2023
Rapport du 22-03-2023

Analyse	Matrice	Référence normative
prétraitement de l'échantillon	Sol	Sol: NF EN 16179. Sol (AS3000): AS3000 et NEN-EN 16179
Matière sèche	Sol	Sol: NEN-EN 15934. Sol (AS3000): AS3010-2 et NEN-EN 15934
COT	Sol	NEN-EN 13137:2001 et NEN-EN 15936 (méthode B)
pH (KCl)	Sol	NEN-ISO 10390, NF ISO 10390
antimoine	Sol	NEN-EN-ISO 17294-2, NF EN 16171 (digestion NEN 6961 et NF EN 16174)
arsenic	Sol	Idem
baryum	Sol	Idem
cadmium	Sol	Idem
chrome	Sol	Idem
cuivre	Sol	Idem
mercure	Sol	Idem
plomb	Sol	Idem
molybdène	Sol	Idem
nickel	Sol	Idem
sélénium	Sol	Idem
zinc	Sol	Idem
benzène	Sol	NEN-EN-ISO 22155, NF EN ISO 22155
toluène	Sol	Idem
éthylbenzène	Sol	Idem
orthoxyène	Sol	Idem
para- et métaoxyène	Sol	Idem
xylènes	Sol	Idem
BTEX totaux	Sol	conforme à NF EN ISO 22155
naphtalène	Sol	NEN-EN 16181, NF EN 16181 et ISO 18287, NF ISO 18287 (extraction par agitation acétone/hexane, GCMS)
acénaphthylène	Sol	Idem
acénaphène	Sol	Idem
fluorène	Sol	Idem
phénanthrène	Sol	Idem
anthracène	Sol	Idem
fluoranthène	Sol	Idem
pyrène	Sol	Idem
benzo(a)anthracène	Sol	Idem
chrysène	Sol	Idem
benzo(b)fluoranthène	Sol	Idem
benzo(k)fluoranthène	Sol	Idem
benzo(a)pyrène	Sol	Idem
dibenzo(ah)anthracène	Sol	Idem
benzo(ghi)pérylène	Sol	Idem
indéno(1,2,3-cd)pyrène	Sol	Idem
Somme des HAP (16) - EPA	Sol	Idem
PCB 28	Sol	NF EN 17322 (GCMS)
PCB 52	Sol	Idem
PCB 101	Sol	Idem
PCB 118	Sol	Idem

Paraphe : 

Rapport d'analyse

SAS UNISOL
Christophe ATENCIA
Projet pontoise
Référence du projet 23-01-0007B
Réf. du rapport 13833756 - 1

Date de commande 13-03-2023
Date de début 15-03-2023
Rapport du 22-03-2023

Analyse	Matrice	Référence normative
PCB 138	Sol	Idem
PCB 153	Sol	Idem
PCB 180	Sol	Idem
PCB totaux (7)	Sol	Idem
fraction C10-C12	Sol	Conforme à NF EN ISO 16703 (Extraction par agitation acétone/hexane, purification avec Florisil)
fraction C12-C16	Sol	Idem
fraction C16-C21	Sol	Idem
fraction C21-C35	Sol	Idem
fraction C35-C40	Sol	Idem
hydrocarbures totaux C10-C40	Sol	NEN-EN-ISO 16703, NF EN ISO 16703
Lixiviation 24h - NF-EN-12457-2	Sol Eluat	Conforme à NF-EN 12457-2
pH final ap. lix.	Sol Eluat	NEN-EN-ISO 10523, NF EN ISO 10523
conductivité (25°C) ap. lix.	Sol Eluat	ISO 7888 et NF EN 27888
COD, COT sur éluat	Sol Eluat	NEN-EN 1484, NF EN 1484
antimoine	Sol Eluat	NEN-EN-ISO 17294-2, NF EN ISO 17294-2
arsenic	Sol Eluat	Idem
baryum	Sol Eluat	Idem
cadmium	Sol Eluat	Idem
chrome	Sol Eluat	Idem
cuivre	Sol Eluat	Idem
mercure	Sol Eluat	NEN-EN-ISO 17852, NF EN ISO 17852
plomb	Sol Eluat	NEN-EN-ISO 17294-2, NF EN ISO 17294-2
molybdène	Sol Eluat	Idem
nickel	Sol Eluat	Idem
sélénium	Sol Eluat	Idem
zinc	Sol Eluat	Idem
fraction soluble	Sol Eluat	NEN-EN-15216
Indice phénol	Sol Eluat	NF EN ISO 14402
fluorures	Sol Eluat	NEN-EN-ISO 10304-1, NF EN ISO 10304-1
chlorures	Sol Eluat	Idem
sulfate	Sol Eluat	Idem

Code	Code barres	Date de réception	Date prélèvement	Flaconnage
001	V2508279	15-03-2023	13-03-2023	ALC201
001	V2508264	15-03-2023	13-03-2023	ALC201
001	V2508285	15-03-2023	13-03-2023	ALC201

Paraphe : 

Rapport d'analyse

Page 7 sur 7

SAS UNISOL
Christophe ATENCIA
Projet pontoise
Référence du projet 23-01-0007B
Réf. du rapport 13833756 - 1

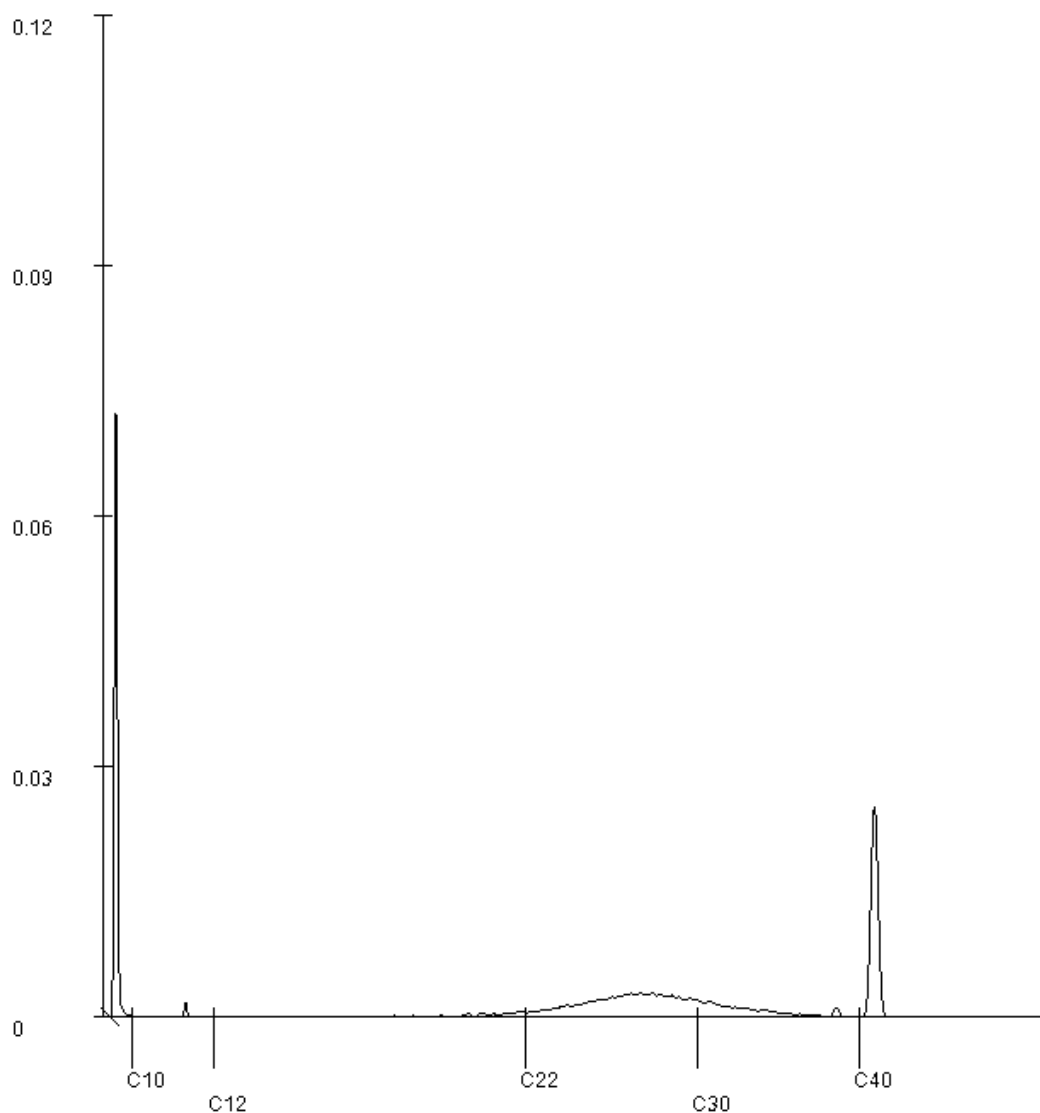
Date de commande 13-03-2023
Date de début 15-03-2023
Rapport du 22-03-2023

Référence de l'échantillon: 001
Information relative aux échantillons SC1 2/3

Détermination de la chaîne de carbone

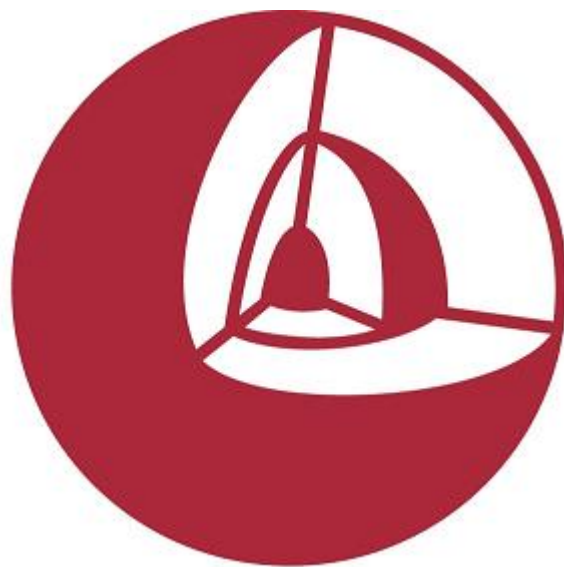
essence	C9-C14
kérosène et pétrole	C10-C16
diesel et gazole	C10-C28
huile de moteur	C20-C36
mazout	C10-C36

Les pics C10 et C40 sont introduits par le laboratoire et sont utilisés comme étalons internes.



Paraphe :

ETUDE DES FONDATIONS FOXTA



Données

Titre du projet : Etude tassement
Numéro d'affaire : 23 01 0007 B
Commentaires : Projet 2
Titre du calcul : Semelle 1.5x1.5 (Fondation n°1)
Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261
Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques
Traitement des données : Traitement par couches
Pas de calcul (m) : 0,20
Forme de la base : Fondation carrée
Côté B (m) : 1,50
Cote du TN initial Zini (m) : 0,00
Cote du TN final Zfin (m) : -5,58
Cote de base fondation Zd (m) : -6,70
Proximité d'un talus : Non
Catégorie de sol : Marnes, roches altérées
Type de comportement : Comportement cohérent
Poids volumique moyen du sol au-dessus de la base de la fondation (kN/m3) : 20,0

Terrain et profil pressiométrique

N°	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	Eb		-6,20	770,00	9600,00	0,50
2	CSO		-10,00	1980,00	17500,00	0,50
3	SB		-20,00	2860,00	97800,00	0,67

Cas de charge

N°	Vd	HB,d	HL,d	MB,d	ML,d	Pondération sur P0	Combinaison
1	423,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes
2	597,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes

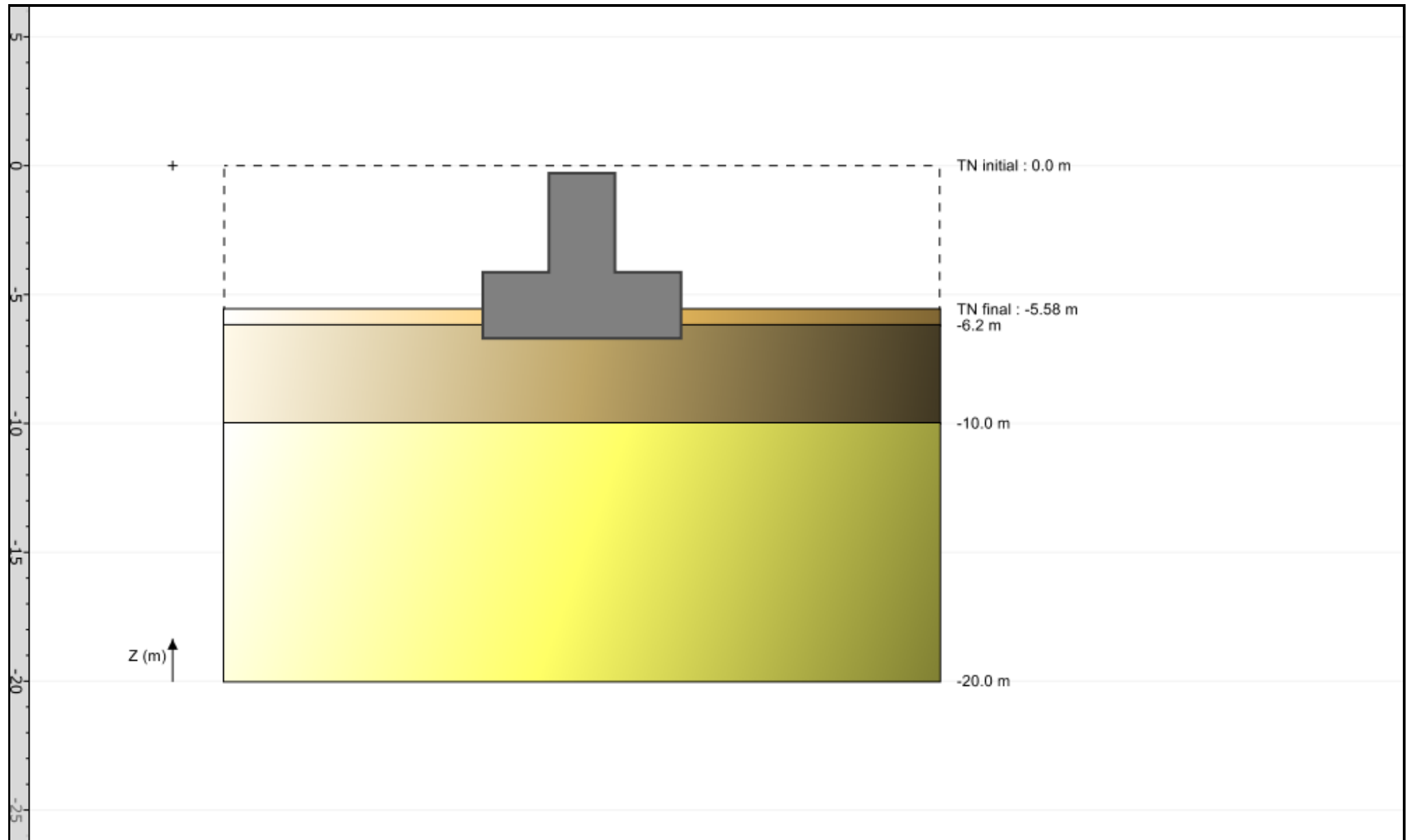


FoXta v4
v4.1.13

Imprimé le : 24/11/2023 - 16:51:14
Calcul réalisé par : UNISOL

Projet : EtudE Fondation
Module : Fondsup (Fondation 1/2)
Titre du calcul : Semelle 1.5x1.5

Onglet "Paramètres généraux"



Profil du terrain sous la fondation

Couche : Nom de la couche

Point de calcul : Point de calcul

Zpoint [m] : Cote du point de calcul

pl* [kPa] : Pression limite nette du terrain

EM [kPa] : Module pressiométrique du terrain

Profil du terrain sous la fondation (1/3)

Couche	Point de calcul	Zpoint	pl*	EM
Eb	1	-5,58	770,00	9600,00
Eb	2	-5,78	770,00	9600,00
Eb	3	-5,98	770,00	9600,00
Eb	4	-6,18	770,00	9600,00
Eb	5	-6,20	770,00	9600,00
CSO	6	-6,20	1980,00	17500,00
CSO	7	-6,40	1980,00	17500,00
CSO	8	-6,60	1980,00	17500,00
CSO	9	-6,80	1980,00	17500,00
CSO	10	-7,00	1980,00	17500,00
CSO	11	-7,20	1980,00	17500,00
CSO	12	-7,40	1980,00	17500,00
CSO	13	-7,60	1980,00	17500,00
CSO	14	-7,80	1980,00	17500,00
CSO	15	-8,00	1980,00	17500,00
CSO	16	-8,20	1980,00	17500,00
CSO	17	-8,40	1980,00	17500,00
CSO	18	-8,60	1980,00	17500,00
CSO	19	-8,80	1980,00	17500,00
CSO	20	-9,00	1980,00	17500,00
CSO	21	-9,20	1980,00	17500,00
CSO	22	-9,40	1980,00	17500,00
CSO	23	-9,60	1980,00	17500,00
CSO	24	-9,80	1980,00	17500,00
CSO	25	-10,00	1980,00	17500,00
SB	26	-10,00	2860,00	97800,00
SB	27	-10,20	2860,00	97800,00
SB	28	-10,40	2860,00	97800,00
SB	29	-10,60	2860,00	97800,00
SB	30	-10,80	2860,00	97800,00
SB	31	-11,00	2860,00	97800,00

Profil du terrain sous la fondation (2/3)

Couche	Point de calcul	Zpoint	pl*	EM
SB	32	-11,20	2860,00	97800,00
SB	33	-11,40	2860,00	97800,00
SB	34	-11,60	2860,00	97800,00
SB	35	-11,80	2860,00	97800,00
SB	36	-12,00	2860,00	97800,00
SB	37	-12,20	2860,00	97800,00
SB	38	-12,40	2860,00	97800,00
SB	39	-12,60	2860,00	97800,00
SB	40	-12,80	2860,00	97800,00
SB	41	-13,00	2860,00	97800,00
SB	42	-13,20	2860,00	97800,00
SB	43	-13,40	2860,00	97800,00
SB	44	-13,60	2860,00	97800,00
SB	45	-13,80	2860,00	97800,00
SB	46	-14,00	2860,00	97800,00
SB	47	-14,20	2860,00	97800,00
SB	48	-14,40	2860,00	97800,00
SB	49	-14,60	2860,00	97800,00
SB	50	-14,80	2860,00	97800,00
SB	51	-15,00	2860,00	97800,00
SB	52	-15,20	2860,00	97800,00
SB	53	-15,40	2860,00	97800,00
SB	54	-15,60	2860,00	97800,00
SB	55	-15,80	2860,00	97800,00
SB	56	-16,00	2860,00	97800,00
SB	57	-16,20	2860,00	97800,00
SB	58	-16,40	2860,00	97800,00
SB	59	-16,60	2860,00	97800,00
SB	60	-16,80	2860,00	97800,00
SB	61	-17,00	2860,00	97800,00
SB	62	-17,20	2860,00	97800,00
SB	63	-17,40	2860,00	97800,00
SB	64	-17,60	2860,00	97800,00
SB	65	-17,80	2860,00	97800,00
SB	66	-18,00	2860,00	97800,00
SB	67	-18,20	2860,00	97800,00
SB	68	-18,40	2860,00	97800,00
SB	69	-18,60	2860,00	97800,00



FoXta v4
v4.1.13

Imprimé le : 24/11/2023 - 16:51:15
Calcul réalisé par : UNISOL

Projet : EtudE Fondation
Module : Fondsup (Fondation 1/2)
Titre du calcul : Semelle 1.5x1.5

Profil du terrain sous la fondation (3/3)

Couche	Point de calcul	Zpoint	pl*	EM
SB	70	-18,80	2860,00	97800,00
SB	71	-19,00	2860,00	97800,00
SB	72	-19,20	2860,00	97800,00
SB	73	-19,40	2860,00	97800,00
SB	74	-19,60	2860,00	97800,00
SB	75	-19,80	2860,00	97800,00
SB	76	-20,00	2860,00	97800,00
SB	77	-20,00	2860,00	97800,00

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge : Indice du cas de charge

Combinaison : Type de combinaison

Vd [kN] : Effort vertical à la base de la fondation

Hd [kN] : Effort horizontal à la base de la fondation

R0 [kN] : Poids des terres excavées

Seff/Stot : Rapport entre l'aire effective et l'aire totale de la fondation

Rvd [kN] : Valeur de calcul de la résistance verticale nette du terrain (mécanisme de portance)

Rhd [kN] : Valeur de calcul de la résistance horizontale du terrain (mécanisme de glissement)

Portance : Vérification de la capacité portante de la fondation (ELU et ELS)

Excentrement : Vérification de l'excentricité du chargement (ELU et ELS)

Glissement : Vérification de la stabilité au glissement (ELU uniquement)

Tassement [cm] : Tassement sous la charge appliquée

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge	Combinaison	Vd	Hd	R0	Seff/Stot	Rvd	Rhd	Portance	Excentrement	Glissement	Tassement
1	ELS-Quasi-permanentes	423,00	0,00	50,40	1,00	1725,70	-	Ok	Ok	-	0,10
2	ELS-Quasi-permanentes	597,00	0,00	50,40	1,00	1725,70	-	Ok	Ok	-	0,24



FoXta v4
v4.1.13

Imprimé le : 24/11/2023 - 16:51:15
Calcul réalisé par : UNISOL

Projet : EtudE Fondation
Module : Fondsup (Fondation 1/2)
Titre du calcul : Semelle 1.5x1.5

Paramètres intermédiaires pour le calcul de portance

- N° cas de charge : Indice du cas de charge
- Combinaison : Type de combinaison
- iδβ : Coefficient réducteur lié à l'inclinaison et à la proximité d'un talus
- kp : Facteur de portance pressiomérique
- ple [kPa] : Pression limite nette équivalente
- qnet [kPa] : Contrainte de rupture du terrain de fondation (sans pondérations)
- seff [m²] : Aire d'assise effective de la fondation (tenant compte de l'excentrement du chargement)
- Fglobal : Facteur de sécurité global
- Rvd [kN] : Valeur de calcul de la résistante nette du terrain de fondation

Paramètres intermédiaires pour le calcul de portance

N° cas de charge	Combinaison	iδβ	kp	ple	qnet	seff	Fglobal	Rvd
1	ELS-Quasi-permanentes	1,00	1,07	1980,00	2116,90	2,25	2,76	1725,70
2	ELS-Quasi-permanentes	1,00	1,07	1980,00	2116,90	2,25	2,76	1725,70

Paramètres intermédiaires pour le calcul de tassement

N° cas de charge : Indice du cas de charge

λc : Coefficient de forme sphérique

λd : Coefficient de forme déviatorique

α : Coefficient rhéologique moyen

Ec [kPa] : Module pressiométrique équivalent dans la zone de déformation volumique

Ed [kPa] : Module pressiométrique équivalent dans la zone de déformation déviatorique

q0 [kPa] : Contrainte initiale avant travaux

qref [kPa] : Contrainte de référence

sc [cm] : Tassement sphérique

sd [cm] : Tassement déviatorique

stot [cm] : Tassement total

Paramètres intermédiaires pour le calcul de tassement

N° cas de charge	λc	λd	α	Ec	Ed	q0	qref	sc	sd	stot
1	1,10	1,12	0,62	17500,00	22020,00	134,00	188,00	0,04	0,06	0,10
2	1,10	1,12	0,62	17500,00	22020,00	134,00	265,33	0,09	0,15	0,24

Raideurs équivalentes de la fondation

- Type : Type de raideur
- Kv [kN/m] : Raideur verticale
- KHB [kN/m] : Raideur horizontale selon B
- KHL [kN/m] : Raideur horizontale selon L
- KMB [kNm/rad] : Raideur rotationnelle selon B
- KML [kNm/rad] : Raideur rotationnelle selon L

Raideurs équivalentes de la fondation

Type	Kv	KHB	KHL	KMB	KML
Raideurs statiques LT	1,248E05	9,924E04	9,924E04	5,565E04	5,565E04
Raideurs statiques CT	2,496E05	1,985E05	1,985E05	1,113E05	1,113E05
Raideurs sismiques Min	3,743E05	2,977E05	2,977E05	1,670E05	1,670E05
Raideurs sismiques Max	7,487E05	5,954E05	5,954E05	3,339E05	3,339E05



FoXta v4
v4.1.13

Imprimé le : 24/11/2023 - 16:51:16
Calcul réalisé par : UNISOL

Projet : EtudE Fondation
Module : Fondsup (Fondation 1/2)
Titre du calcul : Semelle 1.5x1.5

Données

Titre du projet : Etude tassement

Numéro d'affaire : 23 01 0007 B

Commentaires : Projet 2

Titre du calcul : Filante 0,5 (Fondation n°2)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation filante

Largeur B (m) : 0,50

Cote du TN initial Zini (m) : 0,00

Cote du TN final Zfin (m) : -5,58

Cote de base fondation Zd (m) : -6,70

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Marnes, roches altérées

Type de comportement : Comportement cohérent

Poids volumique moyen du sol au-dessus de la base de la fondation (kN/m3) : 20,0

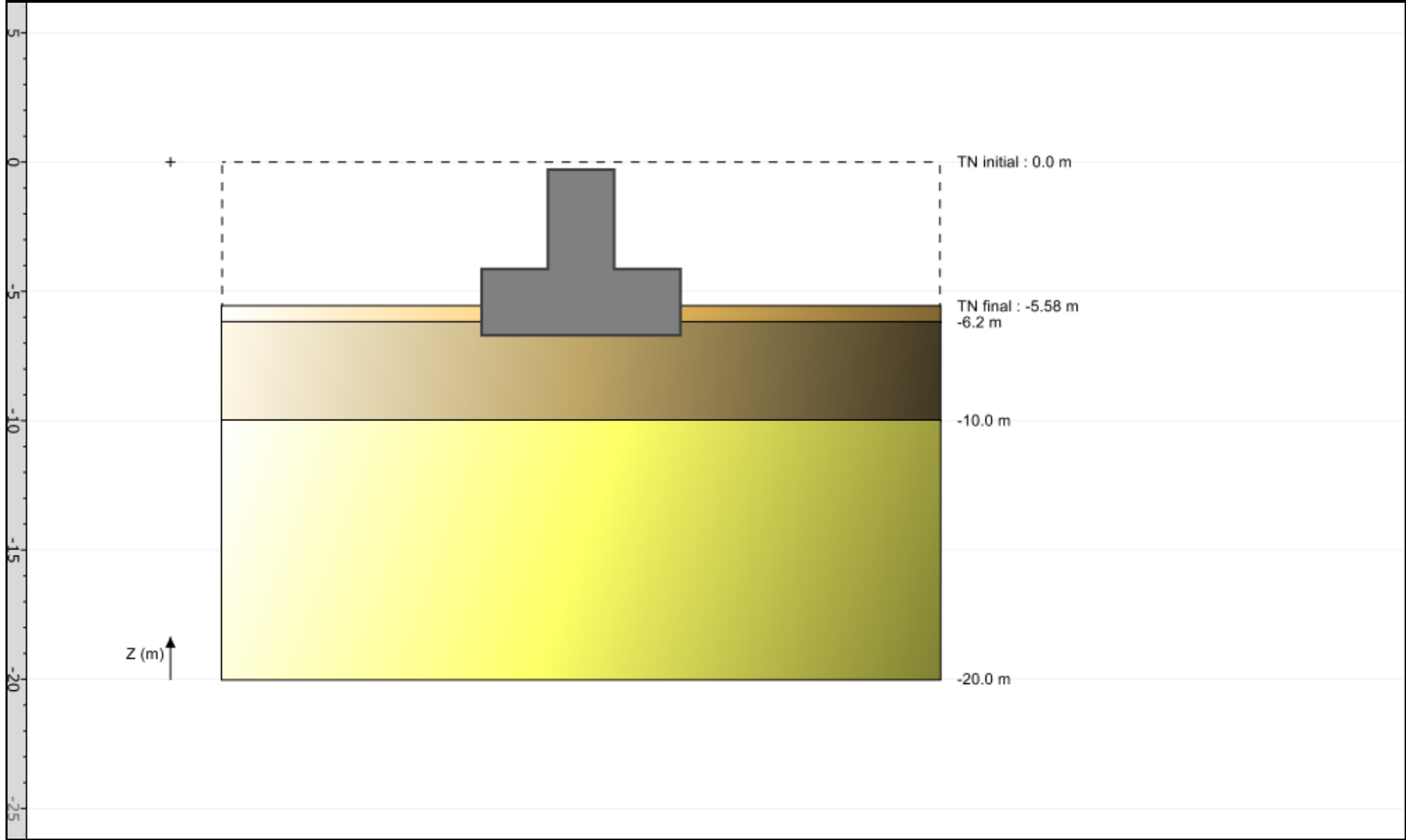
Terrain et profil pressiométrique

N°	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	Eb		-6,20	770,00	9600,00	0,50
2	CSO		-10,00	1980,00	17500,00	0,50
3	SB		-20,00	2860,00	97800,00	0,67

Cas de charge

N°	Vd	HB,d	MB,d	Pondération sur P0	Combinaison
1	130,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes
2	86,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes
3	122,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes
4	45,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes

Onglet "Chargement (valeurs de calcul)"



Profil du terrain sous la fondation

Couche : Nom de la couche
Point de calcul : Point de calcul
Zpoint [m] : Cote du point de calcul
pl* [kPa] : Pression limite nette du terrain
EM [kPa] : Module pressiométrique du terrain

Profil du terrain sous la fondation (1/3)

Couche	Point de calcul	Zpoint	pl*	EM
Eb	1	-5,58	770,00	9600,00
Eb	2	-5,78	770,00	9600,00
Eb	3	-5,98	770,00	9600,00
Eb	4	-6,18	770,00	9600,00
Eb	5	-6,20	770,00	9600,00
CSO	6	-6,20	1980,00	17500,00
CSO	7	-6,40	1980,00	17500,00
CSO	8	-6,60	1980,00	17500,00
CSO	9	-6,80	1980,00	17500,00
CSO	10	-7,00	1980,00	17500,00
CSO	11	-7,20	1980,00	17500,00
CSO	12	-7,40	1980,00	17500,00
CSO	13	-7,60	1980,00	17500,00
CSO	14	-7,80	1980,00	17500,00
CSO	15	-8,00	1980,00	17500,00
CSO	16	-8,20	1980,00	17500,00
CSO	17	-8,40	1980,00	17500,00
CSO	18	-8,60	1980,00	17500,00
CSO	19	-8,80	1980,00	17500,00
CSO	20	-9,00	1980,00	17500,00
CSO	21	-9,20	1980,00	17500,00
CSO	22	-9,40	1980,00	17500,00
CSO	23	-9,60	1980,00	17500,00
CSO	24	-9,80	1980,00	17500,00
CSO	25	-10,00	1980,00	17500,00
SB	26	-10,00	2860,00	97800,00
SB	27	-10,20	2860,00	97800,00
SB	28	-10,40	2860,00	97800,00
SB	29	-10,60	2860,00	97800,00
SB	30	-10,80	2860,00	97800,00
SB	31	-11,00	2860,00	97800,00

Profil du terrain sous la fondation (2/3)

Couche	Point de calcul	Zpoint	pl*	EM
SB	32	-11,20	2860,00	97800,00
SB	33	-11,40	2860,00	97800,00
SB	34	-11,60	2860,00	97800,00
SB	35	-11,80	2860,00	97800,00
SB	36	-12,00	2860,00	97800,00
SB	37	-12,20	2860,00	97800,00
SB	38	-12,40	2860,00	97800,00
SB	39	-12,60	2860,00	97800,00
SB	40	-12,80	2860,00	97800,00
SB	41	-13,00	2860,00	97800,00
SB	42	-13,20	2860,00	97800,00
SB	43	-13,40	2860,00	97800,00
SB	44	-13,60	2860,00	97800,00
SB	45	-13,80	2860,00	97800,00
SB	46	-14,00	2860,00	97800,00
SB	47	-14,20	2860,00	97800,00
SB	48	-14,40	2860,00	97800,00
SB	49	-14,60	2860,00	97800,00
SB	50	-14,80	2860,00	97800,00
SB	51	-15,00	2860,00	97800,00
SB	52	-15,20	2860,00	97800,00
SB	53	-15,40	2860,00	97800,00
SB	54	-15,60	2860,00	97800,00
SB	55	-15,80	2860,00	97800,00
SB	56	-16,00	2860,00	97800,00
SB	57	-16,20	2860,00	97800,00
SB	58	-16,40	2860,00	97800,00
SB	59	-16,60	2860,00	97800,00
SB	60	-16,80	2860,00	97800,00
SB	61	-17,00	2860,00	97800,00
SB	62	-17,20	2860,00	97800,00
SB	63	-17,40	2860,00	97800,00
SB	64	-17,60	2860,00	97800,00
SB	65	-17,80	2860,00	97800,00
SB	66	-18,00	2860,00	97800,00
SB	67	-18,20	2860,00	97800,00
SB	68	-18,40	2860,00	97800,00
SB	69	-18,60	2860,00	97800,00



FoXta v4
v4.1.13

Imprimé le : 24/11/2023 - 16:53:41
Calcul réalisé par : UNISOL

Projet : EtudE Fondation
Module : Fondsup (Fondation 2/2)
Titre du calcul : Filante 0,5

Profil du terrain sous la fondation (3/3)

Couche	Point de calcul	Zpoint	pl*	EM
SB	70	-18,80	2860,00	97800,00
SB	71	-19,00	2860,00	97800,00
SB	72	-19,20	2860,00	97800,00
SB	73	-19,40	2860,00	97800,00
SB	74	-19,60	2860,00	97800,00
SB	75	-19,80	2860,00	97800,00
SB	76	-20,00	2860,00	97800,00
SB	77	-20,00	2860,00	97800,00

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge : Indice du cas de charge

Combinaison : Type de combinaison

Vd [kN] : Effort vertical à la base de la fondation

Hd [kN] : Effort horizontal à la base de la fondation

R0 [kN] : Poids des terres excavées

Seff/Stot : Rapport entre l'aire effective et l'aire totale de la fondation

Rvd [kN] : Valeur de calcul de la résistance verticale nette du terrain (mécanisme de portance)

Rhd [kN] : Valeur de calcul de la résistance horizontale du terrain (mécanisme de glissement)

Portance : Vérification de la capacité portante de la fondation (ELU et ELS)

Excentrement : Vérification de l'excentricité du chargement (ELU et ELS)

Glissement : Vérification de la stabilité au glissement (ELU uniquement)

Tassement [cm] : Tassement sous la charge appliquée

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge	Combinaison	Vd	Hd	R0	Seff/Stot	Rvd	Rhd	Portance	Excentrement	Glissement	Tassement
1	ELS-Quasi-permanentes	130,00	0,00	11,20	1,00	462,94	-	Ok	Ok	-	0,17
2	ELS-Quasi-permanentes	86,00	0,00	11,20	1,00	462,94	-	Ok	Ok	-	0,05
3	ELS-Quasi-permanentes	122,00	0,00	11,20	1,00	462,94	-	Ok	Ok	-	0,15
4	ELS-Quasi-permanentes	45,00	0,00	11,20	1,00	462,94	-	Ok	Ok	-	0,00

Paramètres intermédiaires pour le calcul de portance

- N° cas de charge : Indice du cas de charge
- Combinaison : Type de combinaison
- iδβ : Coefficient réducteur lié à l'inclinaison et à la proximité d'un talus
- kp : Facteur de portance pressiomérique
- ple [kPa] : Pression limite nette équivalente
- qnet [kPa] : Contrainte de rupture du terrain de fondation (sans pondérations)
- seff [m²] : Aire d'assise effective de la fondation (tenant compte de l'excentrement du chargement)
- Fglobal : Facteur de sécurité global
- Rvd [kN] : Valeur de calcul de la résistante nette du terrain de fondation

Paramètres intermédiaires pour le calcul de portance

N° cas de charge	Combinaison	iδβ	kp	ple	qnet	seff	Fglobal	Rvd
1	ELS-Quasi-permanentes	1,00	1,29	1980,00	2555,40	0,50	2,76	462,94
2	ELS-Quasi-permanentes	1,00	1,29	1980,00	2555,40	0,50	2,76	462,94
3	ELS-Quasi-permanentes	1,00	1,29	1980,00	2555,40	0,50	2,76	462,94
4	ELS-Quasi-permanentes	1,00	1,29	1980,00	2555,40	0,50	2,76	462,94

Paramètres intermédiaires pour le calcul de tassement

- N° cas de charge : Indice du cas de charge
- λ_c : Coefficient de forme sphérique
- λ_d : Coefficient de forme déviatorique
- α : Coefficient rhéologique moyen
- E_c [kPa] : Module pressiométrique équivalent dans la zone de déformation volumique
- E_d [kPa] : Module pressiométrique équivalent dans la zone de déformation déviatorique
- q_0 [kPa] : Contrainte initiale avant travaux
- q_{ref} [kPa] : Contrainte de référence
- s_c [cm] : Tassement sphérique
- s_d [cm] : Tassement déviatorique
- s_{tot} [cm] : Tassement total

Paramètres intermédiaires pour le calcul de tassement

N° cas de charge	λ_c	λ_d	α	E_c	E_d	q_0	q_{ref}	s_c	s_d	s_{tot}
1	1,50	2,65	0,53	17500,00	18018,00	134,00	260,00	0,03	0,14	0,17
2	1,50	2,65	0,53	17500,00	18018,00	134,00	172,00	0,01	0,04	0,05
3	1,50	2,65	0,53	17500,00	18018,00	134,00	244,00	0,03	0,12	0,15
4	1,50	2,65	0,53	17500,00	18018,00	134,00	90,00	0,00	0,00	0,00



FoXta v4
v4.1.13

Imprimé le : 24/11/2023 - 16:53:42
Calcul réalisé par : UNISOL

Projet : EtudE Fondation
Module : Fondsup (Fondation 2/2)
Titre du calcul : Filante 0,5

Raideurs équivalentes de la fondation

- Type : Type de raideur
- Kv [kN/m] : Raideur verticale
- KHB [kN/m] : Raideur horizontale selon B
- KHL [kN/m] : Raideur horizontale selon L
- KMB [kNm/rad] : Raideur rotationnelle selon B
- KML [kNm/rad] : Raideur rotationnelle selon L

Raideurs équivalentes de la fondation

Type	Kv	KHB	KHL	KMB	KML
Raideurs statiques LT	3,628E04	3,580E04	0,000E00	4,089E03	0,000E00
Raideurs statiques CT	7,256E04	7,160E04	0,000E00	8,178E03	0,000E00
Raideurs sismiques Min	1,088E05	1,074E05	0,000E00	1,227E04	0,000E00
Raideurs sismiques Max	2,177E05	2,148E05	0,000E00	2,453E04	0,000E00



FoXta v4
v4.1.13

Imprimé le : 24/11/2023 - 16:53:43
Calcul réalisé par : UNISOL

Projet : EtudE Fondation
Module : Fondsup (Fondation 2/2)
Titre du calcul : Filante 0,5

Données

Titre du projet : Etude tassement

Numéro d'affaire : 23 01 0007 B

Commentaires : Projet 2

Titre du calcul : Filante 1,0 (Fondation n°3)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation filante

Largeur B (m) : 1,00

Cote du TN initial Zini (m) : 0,00

Cote du TN final Zfin (m) : -5,58

Cote de base fondation Zd (m) : -6,70

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Marnes, roches altérées

Type de comportement : Comportement cohérent

Poids volumique moyen du sol au-dessus de la base de la fondation (kN/m3) : 20,0

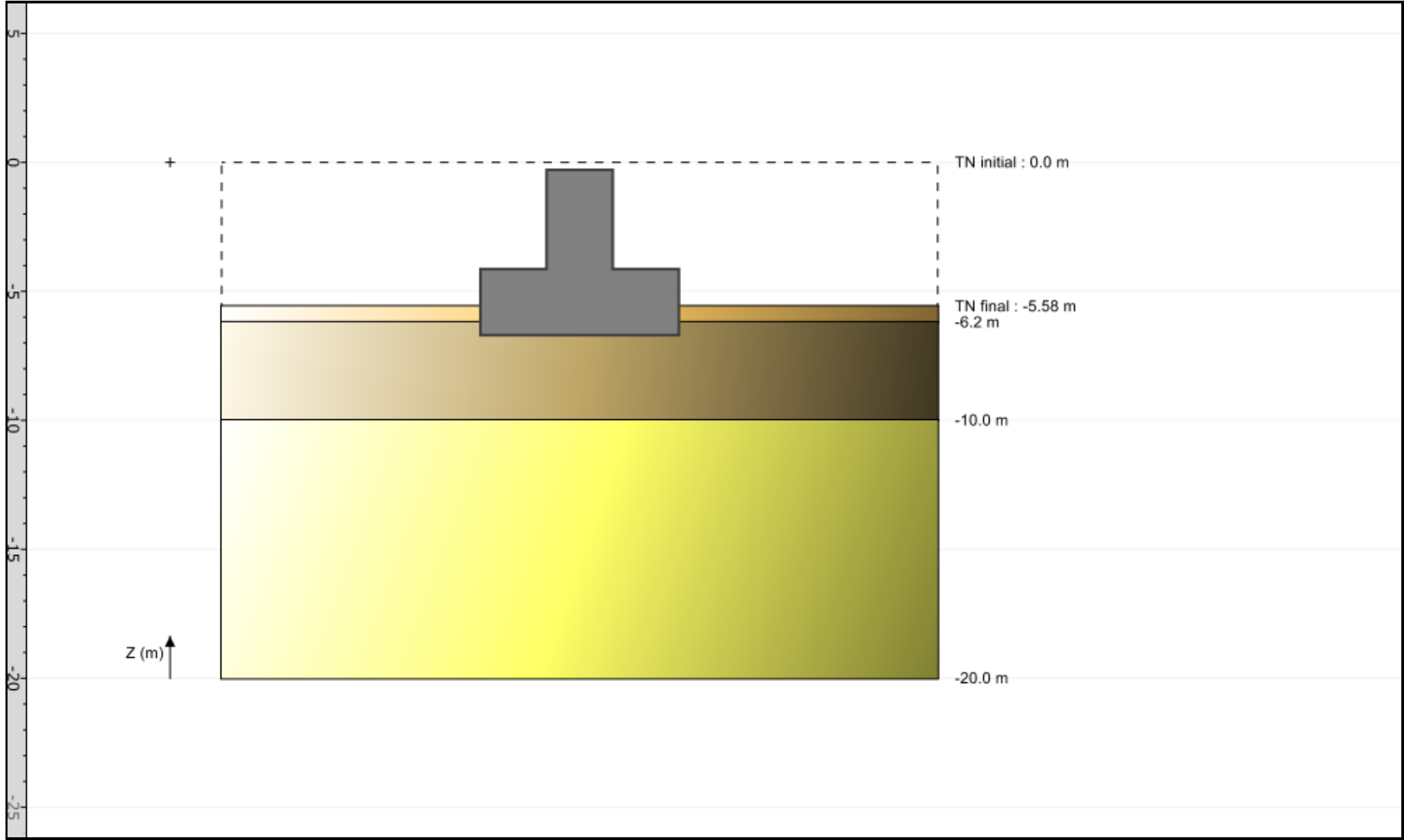
Terrain et profil pressiométrique

N°	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	Eb		-6,20	770,00	9600,00	0,50
2	CSO		-10,00	1980,00	17500,00	0,50
3	SB		-20,00	2860,00	97800,00	0,67

Cas de charge

N°	Vd	HB,d	MB,d	Pondération sur P0	Combinaison
1	365,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes

Onglet "Chargement (valeurs de calcul)"



Profil du terrain sous la fondation

Couche : Nom de la couche

Point de calcul : Point de calcul

Zpoint [m] : Cote du point de calcul

pl* [kPa] : Pression limite nette du terrain

EM [kPa] : Module pressiométrique du terrain

Profil du terrain sous la fondation (1/3)

Couche	Point de calcul	Zpoint	pl*	EM
Eb	1	-5,58	770,00	9600,00
Eb	2	-5,78	770,00	9600,00
Eb	3	-5,98	770,00	9600,00
Eb	4	-6,18	770,00	9600,00
Eb	5	-6,20	770,00	9600,00
CSO	6	-6,20	1980,00	17500,00
CSO	7	-6,40	1980,00	17500,00
CSO	8	-6,60	1980,00	17500,00
CSO	9	-6,80	1980,00	17500,00
CSO	10	-7,00	1980,00	17500,00
CSO	11	-7,20	1980,00	17500,00
CSO	12	-7,40	1980,00	17500,00
CSO	13	-7,60	1980,00	17500,00
CSO	14	-7,80	1980,00	17500,00
CSO	15	-8,00	1980,00	17500,00
CSO	16	-8,20	1980,00	17500,00
CSO	17	-8,40	1980,00	17500,00
CSO	18	-8,60	1980,00	17500,00
CSO	19	-8,80	1980,00	17500,00
CSO	20	-9,00	1980,00	17500,00
CSO	21	-9,20	1980,00	17500,00
CSO	22	-9,40	1980,00	17500,00
CSO	23	-9,60	1980,00	17500,00
CSO	24	-9,80	1980,00	17500,00
CSO	25	-10,00	1980,00	17500,00
SB	26	-10,00	2860,00	97800,00
SB	27	-10,20	2860,00	97800,00
SB	28	-10,40	2860,00	97800,00
SB	29	-10,60	2860,00	97800,00
SB	30	-10,80	2860,00	97800,00
SB	31	-11,00	2860,00	97800,00

Profil du terrain sous la fondation (2/3)

Couche	Point de calcul	Zpoint	pl*	EM
SB	32	-11,20	2860,00	97800,00
SB	33	-11,40	2860,00	97800,00
SB	34	-11,60	2860,00	97800,00
SB	35	-11,80	2860,00	97800,00
SB	36	-12,00	2860,00	97800,00
SB	37	-12,20	2860,00	97800,00
SB	38	-12,40	2860,00	97800,00
SB	39	-12,60	2860,00	97800,00
SB	40	-12,80	2860,00	97800,00
SB	41	-13,00	2860,00	97800,00
SB	42	-13,20	2860,00	97800,00
SB	43	-13,40	2860,00	97800,00
SB	44	-13,60	2860,00	97800,00
SB	45	-13,80	2860,00	97800,00
SB	46	-14,00	2860,00	97800,00
SB	47	-14,20	2860,00	97800,00
SB	48	-14,40	2860,00	97800,00
SB	49	-14,60	2860,00	97800,00
SB	50	-14,80	2860,00	97800,00
SB	51	-15,00	2860,00	97800,00
SB	52	-15,20	2860,00	97800,00
SB	53	-15,40	2860,00	97800,00
SB	54	-15,60	2860,00	97800,00
SB	55	-15,80	2860,00	97800,00
SB	56	-16,00	2860,00	97800,00
SB	57	-16,20	2860,00	97800,00
SB	58	-16,40	2860,00	97800,00
SB	59	-16,60	2860,00	97800,00
SB	60	-16,80	2860,00	97800,00
SB	61	-17,00	2860,00	97800,00
SB	62	-17,20	2860,00	97800,00
SB	63	-17,40	2860,00	97800,00
SB	64	-17,60	2860,00	97800,00
SB	65	-17,80	2860,00	97800,00
SB	66	-18,00	2860,00	97800,00
SB	67	-18,20	2860,00	97800,00
SB	68	-18,40	2860,00	97800,00
SB	69	-18,60	2860,00	97800,00



FoXta v4
v4.1.13

Imprimé le : 24/11/2023 - 16:54:50
Calcul réalisé par : UNISOL

Projet : EtudE Fondation
Module : Fondsup (Fondation 3/3)
Titre du calcul : Filante 1,0

Profil du terrain sous la fondation (3/3)

Couche	Point de calcul	Zpoint	pl*	EM
SB	70	-18,80	2860,00	97800,00
SB	71	-19,00	2860,00	97800,00
SB	72	-19,20	2860,00	97800,00
SB	73	-19,40	2860,00	97800,00
SB	74	-19,60	2860,00	97800,00
SB	75	-19,80	2860,00	97800,00
SB	76	-20,00	2860,00	97800,00
SB	77	-20,00	2860,00	97800,00

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge : Indice du cas de charge

Combinaison : Type de combinaison

Vd [kN] : Effort vertical à la base de la fondation

Hd [kN] : Effort horizontal à la base de la fondation

R0 [kN] : Poids des terres excavées

Seff/Stot : Rapport entre l'aire effective et l'aire totale de la fondation

Rvd [kN] : Valeur de calcul de la résistance verticale nette du terrain (mécanisme de portance)

Rhd [kN] : Valeur de calcul de la résistance horizontale du terrain (mécanisme de glissement)

Portance : Vérification de la capacité portante de la fondation (ELU et ELS)

Excentrement : Vérification de l'excentricité du chargement (ELU et ELS)

Glissement : Vérification de la stabilité au glissement (ELU uniquement)

Tassement [cm] : Tassement sous la charge appliquée

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge	Combinaison	Vd	Hd	R0	Seff/Stot	Rvd	Rhd	Portance	Excentrement	Glissement	Tassement
1	ELS-Quasi-permanentes	365,00	0,00	22,40	1,00	796,68	-	Ok	Ok	-	0,51

Paramètres intermédiaires pour le calcul de portance

- N° cas de charge : Indice du cas de charge
- Combinaison : Type de combinaison
- iδβ : Coefficient réducteur lié à l'inclinaison et à la proximité d'un talus
- kp : Facteur de portance pressiomérique
- ple [kPa] : Pression limite nette équivalente
- qnet [kPa] : Contrainte de rupture du terrain de fondation (sans pondérations)
- seff [m²] : Aire d'assise effective de la fondation (tenant compte de l'excentrement du chargement)
- Fglobal : Facteur de sécurité global
- Rvd [kN] : Valeur de calcul de la résistante nette du terrain de fondation

Paramètres intermédiaires pour le calcul de portance

N° cas de charge	Combinaison	iδβ	kp	ple	qnet	seff	Fglobal	Rvd
1	ELS-Quasi-permanentes	1,00	1,11	1980,00	2198,80	1,00	2,76	796,68



FoXta v4
v4.1.13

Imprimé le : 24/11/2023 - 16:54:51
Calcul réalisé par : UNISOL

Projet : EtudE Fondation
Module : Fondsup (Fondation 3/3)
Titre du calcul : Filante 1,0

Paramètres intermédiaires pour le calcul de tassement

- N° cas de charge : Indice du cas de charge
- λc : Coefficient de forme sphérique
- λd : Coefficient de forme déviatorique
- α : Coefficient rhéologique moyen
- Ec [kPa] : Module pressiométrique équivalent dans la zone de déformation volumique
- Ed [kPa] : Module pressiométrique équivalent dans la zone de déformation déviatorique
- q0 [kPa] : Contrainte initiale avant travaux
- qref [kPa] : Contrainte de référence
- sc [cm] : Tassement sphérique
- sd [cm] : Tassement déviatorique
- stot [cm] : Tassement total

Paramètres intermédiaires pour le calcul de tassement

N° cas de charge	λc	λd	α	Ec	Ed	q0	qref	sc	sd	stot
1	1,50	2,65	0,60	17500,00	19896,00	134,00	365,00	0,13	0,38	0,51

Raideurs équivalentes de la fondation

- Type : Type de raideur
- Kv [kN/m] : Raideur verticale
- KHB [kN/m] : Raideur horizontale selon B
- KHL [kN/m] : Raideur horizontale selon L
- KMB [kNm/rad] : Raideur rotationnelle selon B
- KML [kNm/rad] : Raideur rotationnelle selon L

Raideurs équivalentes de la fondation

Type	Kv	KHB	KHL	KMB	KML
Raideurs statiques LT	4,535E04	4,475E04	0,000E00	2,045E04	0,000E00
Raideurs statiques CT	9,071E04	8,950E04	0,000E00	4,089E04	0,000E00
Raideurs sismiques Min	1,361E05	1,343E05	0,000E00	6,134E04	0,000E00
Raideurs sismiques Max	2,721E05	2,685E05	0,000E00	1,227E05	0,000E00

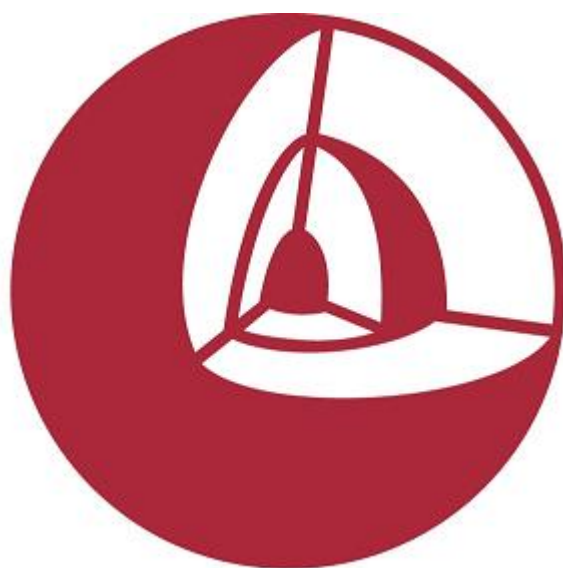


FoXta v4
v4.1.13

Imprimé le : 24/11/2023 - 16:54:51
Calcul réalisé par : UNISOL

Projet : EtudE Fondation
Module : Fondsup (Fondation 3/3)
Titre du calcul : Filante 1,0

ETUDE DES SOUTENEMENTS KREA



DONNEES

GENERALITES :

Système d'unités :	Métrique, t, t/m ²	Niveau phréatique :	10,00 m
Poids volumique de l'eau :	1,02 t/m ³	Nombre d'itérations par phase de calcul :	1000
Pas de calcul :	0,50 m	Prise en compte moments 2 ordre :	non
Définition du projet :	Profondeurs		

CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

Couche	z [m]	γ [t/m ³]	γ' [t/m ³]	φ [°]	c [t/m ²]	dc [t/m ² /m]	k0	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [t/m ² /m]	dkh [t/m ² /m/m]	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max [t/m/m]
Rb	0,97	1,80	1,40	20,00	0,00	0,000	0,658	0,490	2,678	0,658	0,658	0,000	0,000	85	0	0,000	-0,670	0,100	1019,72
Eb	1,50	2,10	1,70	14,00	0,50	0,000	0,758	0,612	1,933	0,758	0,758	1,563	3,609	4373	0	0,000	-0,670	0,100	1019,72
CSO	6,20	2,00	1,60	25,00	0,50	0,000	0,577	0,406	3,549	0,577	0,577	1,274	5,182	9738	0	0,000	-0,670	0,100	1019,72

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [t.m ² /m]
1	6,00	1

Cote de la tête de l'écran : z0 = 3,40 m

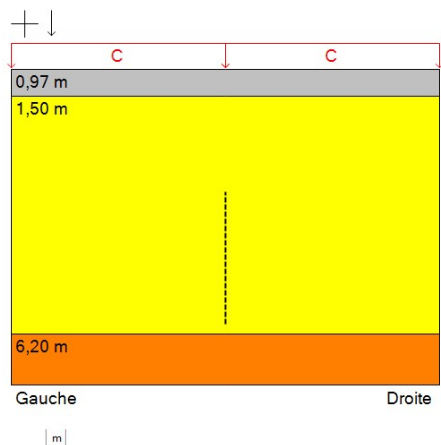
DONNEES

BUTON	Phase	za [m]	K [t/m/m]	P [t/m]	α [°]
1	2	3,60	5000	0,00	45,00
2	3	5,00	2500	0,00	45,00
3	4	5,80	10000	0,00	0,00
4	5	3,40	5000	0,00	0,00

SURCHARGE CAQUOT	Phase	Côté	z [m]	q [t/m/m]
1	0	Gauche	0,97	2,00
2	0	Droite	0,97	2,00

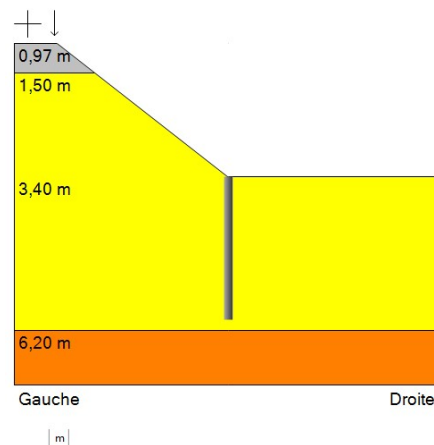
SYNTHESE PHASAGE

Phase initiale



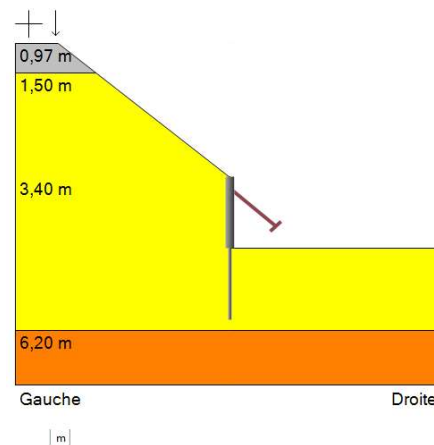
- Surcharge de Caquot : (côté gauche) :
z [m] = 0,97
q [t/m/m] = 2,00
- Surcharge de Caquot : (côté droit) :
z [m] = 0,97
q [t/m/m] = 2,00

Phase 1



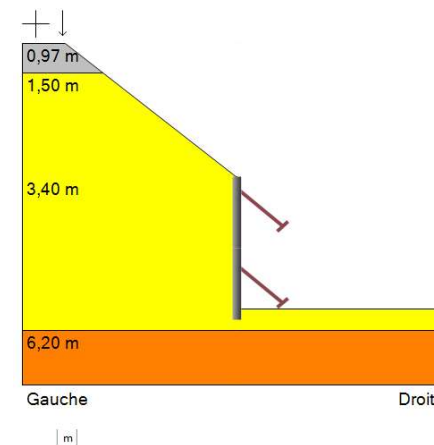
- Excavation (côté droit) :
zh [m] = 3,40
- Excavation (côté gauche) :
zh [m] = 3,40
Mise en place d'un talus :
zt [m] = 0,97 a [m] = 2,43
zh [m] = 3,40b [m] = 0,01
ae = 1,000

Phase 2



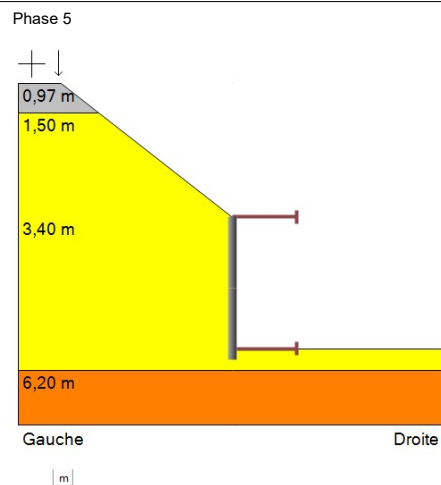
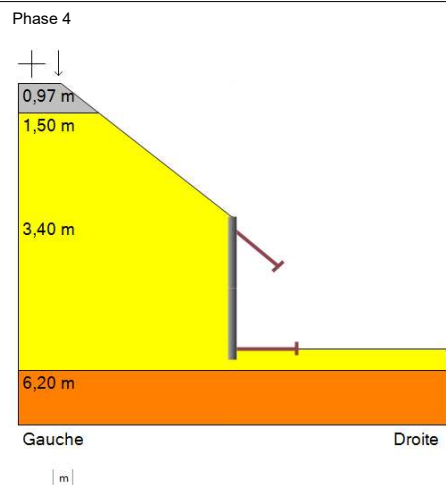
- Excavation (côté droit) :
zh [m] = 4,70
- Modification de la raideur de l'écran :
Z1 [m] = 3,40
Z2 [m] = 4,70
EI [t.m²/m] = 1300
- Mise en place du buton (côté droit) : n°1
za [m] = 3,60
K [t/m/m] = 5000
α [°] = 45,00
P [t/m] = 0,00

Phase 3



- Excavation (côté droit) :
zh [m] = 5,80
- Modification de la raideur de l'écran :
Z1 [m] = 4,70
Z2 [m] = 6,00
EI [t.m²/m] = 1300
- Mise en place du buton (côté droit) : n°2
za [m] = 5,00
K [t/m/m] = 2500
α [°] = 45,00
P [t/m] = 0,00

SYNTHESE PHASAGE



- Mise en place du buton (côté droit) : n°3
 $z_a [m] = 5,80$
 $K [t/m/m] = 10000$
 $\alpha [^\circ] = 0,00$
 $P [t/m] = 0,00$

- Enlèvement du bouton n°2

- Enlèvement du bouton n°1

- Mise en place du buton (côté droit) : n°4
 $z_a [m] = 3,40$
 $K [t/m/m] = 5000$
 $\alpha [^\circ] = 0,00$
 $P [t/m] = 0,00$

RESULTATS (Synthèse)

PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max t.m/m	Tranch. max t/m	Rapport butées	Buton 1 t/m	Buton 2 t/m	Buton 3 t/m	Buton 4 t/m
1	0,00	0,46	0,00	0,01	1,923	-	-	-	-
2	-11,27	69,51	-0,91	-2,06	0,774	4,01	-	-	-
3	-11,46	70,99	-1,03	-2,23	1,000	4,25	3,25	-	-
4	-11,29	71,50	-1,82	3,21	1,000	5,11	-	1,12	-
5	-10,75	71,87	-1,99	3,25	1,073	-	-	1,11	2,74
Extrema	-11,46	71,87	-1,99	3,25	0,774	5,11	3,25	1,12	2,74

RESULTATS (Enveloppe phases 1 à 5)

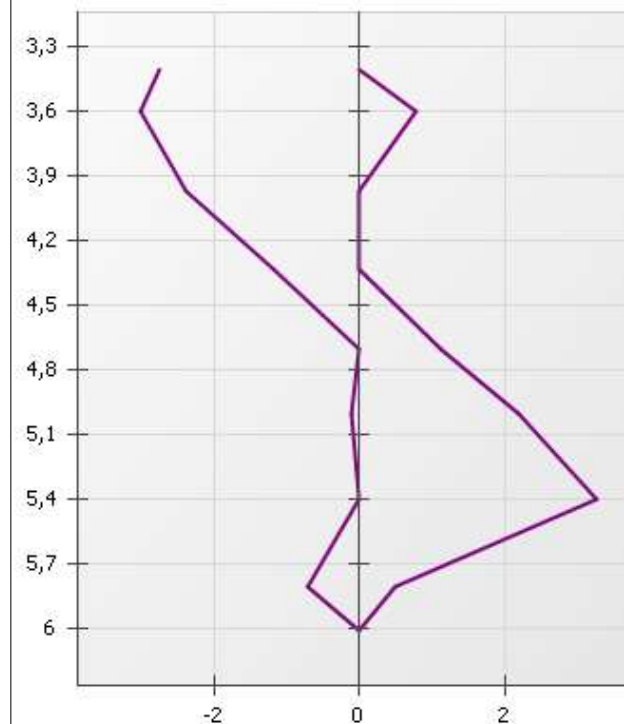
Déplacements [mm]



Moment [t.m/m]



Effort Tranchant [t/m]



Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



v.4.0.28

AFFAIRE 23 01 0007B

SOUTÈNEMENT HOPITAL DE PONTOISE

RESULTATS (Enveloppe phases 1 à 5)

Niveau m	Moment		Tranchant		Déplacement	
	min t.m/m	max t.m/m	min t/m	max t/m	min mm	max mm
3,40	0,00	0,00	-2,74	0,00	-11,46	0,00
3,60	-0,55	0,06	-3,01	0,78	0,00	2,13
3,97	-1,42	0,00	-2,37	0,00	0,00	25,72
4,33	-1,94	0,00	-1,19	0,00	0,00	48,93
4,70	-1,99	0,00	0,00	1,11	0,00	71,87
5,00	-1,65	0,00	-0,12	2,18	0,00	62,95
5,40	-0,68	0,39	0,00	3,25	0,00	14,28
5,80	0,00	0,07	-0,71	0,47	-0,28	2,53
6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,77



Calcul réalisé par : UNISOL