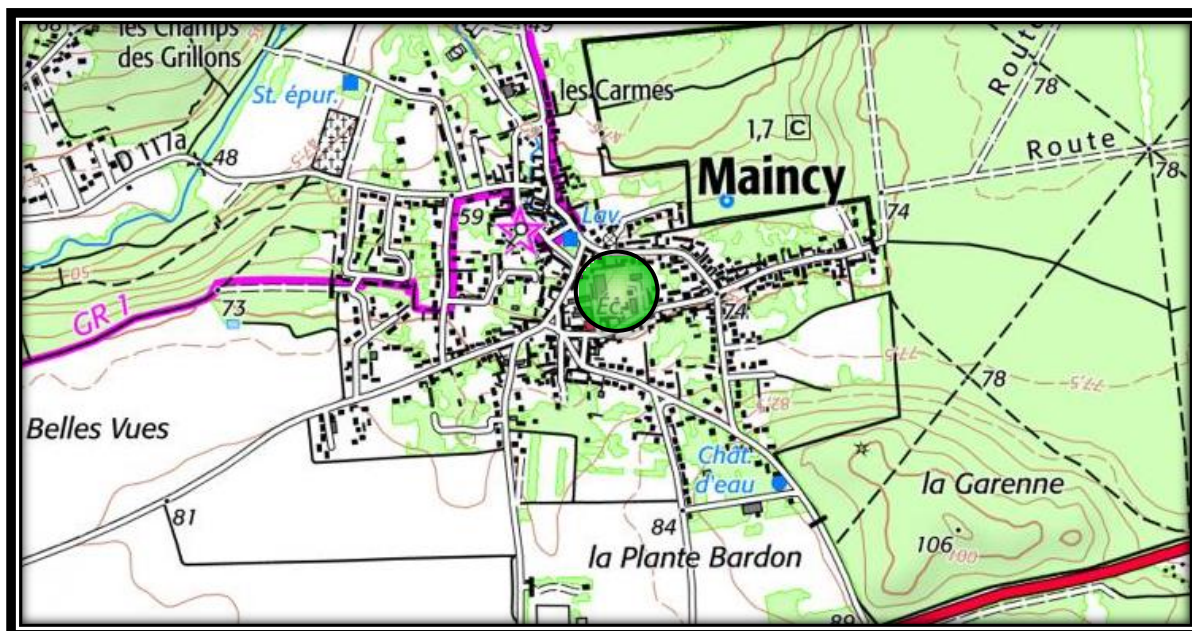


ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE



Création d'un city stade
 3-5 rue Alfred et Edmé Sommier
 77950 MAINCY

MAIRIE DE MAINCY
 3-5 rue Alfred et Edmé Sommier
 77950 MAINCY

Missions géotechniques selon NF P 94-500 (novembre 2013)

I.G.	Investigations géotechniques	<input checked="" type="checkbox"/>
G1-ES	Etude géotechnique préalable Phase 1 Etude de site	<input checked="" type="checkbox"/>
G1-PGC	Etude géotechnique préalable Phase 2 Principes Généraux de Construction	<input checked="" type="checkbox"/>
G2-AVP	Etude géotechnique de conception Phase 1 Avant-Projet	<input checked="" type="checkbox"/>
G2-PRO	Etude géotechnique de conception Phase 2 Projet	<input type="checkbox"/>
G2-DCE	Etude géotechnique de conception Phase 3 DCE/ACT	<input type="checkbox"/>
G3	Etude et suivi géotechnique d'exécution	<input type="checkbox"/>
G4	Supervision géotechnique d'exécution	<input type="checkbox"/>
G5	Diagnostic géotechnique	<input type="checkbox"/>

INDICE	DATE	OBJET	AUTEUR	VERIFICATEUR(S)
0	27/05/2021	ELABORATION DU RAPPORT – G1+G2AVP	V-C. HOANG	V-C. LE
A				

SOMMAIRE

CHAPITRE I - GENERALITES.....	4
I.1. DEFINITION DE LA MISSION.....	4
I.1.1. Le projet.....	4
I.1.2. Les objectifs.....	6
I.2. METHODE DE TRAVAIL.....	7
I.2.1. Campagne de reconnaissance	7
I.2.2. Documents de travail	9
I.3. PRESENTATION DES RESULTATS.....	9
CHAPITRE II - SYNTHESES GEOLOGIQUES ET GEOTECHNIQUES.....	11
II.1. CADRE GENERAL	11
II.2. RESULTATS DES SONDAGES (SP1, SD1, ST1, ST2 ET SC1).....	13
II.3. RESULTATS DES ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE	16
II.4. RESULTATS DES ESSAIS DE PERMEABILITE	17
II.4.1. Eau dans le sol.....	17
II.4.2. Résultats des essais de perméabilité.....	17
II.5. RESULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE.....	19
II.6. EAU.....	24
CHAPITRE III - PRECONISATIONS GEOTECHNIQUES.....	25
III.1. ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE – MODELE GEOTECHNIQUE PREALABLE	25
III.1.1. Zone d'influence géotechnique	25
III.1.2. Modèle géotechnique	25
III.2. REALISATION DE LA PLATEFORME DU CITY STADE	26
III.2.1. Condition de réutilisation en Fond de forme et Classe de Plateforme actuelle.....	27
III.2.2. Couche de fondation	28
III.2.3. Tassement du terrain de sport.....	29
CHAPITRE IV - RECOMMANDATIONS GENERALES ET ALEAS.....	33
IV.1. RECOMMANDATIONS GENERALES.....	33
IV.2. POURSUITE DU PROJET	34
IV.3. ALEAS GEOTECHNIQUES	34

Annexes

Annexe 1 : Extrait de la norme NF P 94-500 sur la classification des missions géotechniques

Annexe 2 : Conditions d'utilisation de nos rapports

Annexe 3 : Plan d'implantation des sondages

Annexe 4 : Fiches des sondages

Annexe 5 : Procès-verbal des résultats du laboratoire

Annexe 6 : Feuilles de calcul des tassements sous le logiciel PLAXIS 2D

CHAPITRE I - GENERALITES

I.1. DEFINITION DE LA MISSION

A la demande et pour le compte de la MAIRIE DE MAINCY, 3-5 rue Alfred et Edmé Sommier, 77950 MAINCY, nous avons été missionnés pour réaliser une étude géotechnique de conception – phases d'avant-projet associée à une étude géotechnique préalable (missions de type G2AVP et G1ES/PGC, conformément à la norme NF P 94-500 – édition novembre 2013 – sur la classification des missions géotechniques), sur la parcelle située à la même adresse.

I.1.1. Le projet

Le projet prévoit la création d'un city stade de dimensions : 12,0 x 22,0 m.

Le site objet de l'étude est situé au droit des parcelles cadastrales n°1025, 1028, 0837, 0839 et 0840, section AC.

Le projet sera libre de toute mitoyenneté avec des ouvrages existants.



Figure 1 – Vue graphique du projet

Figure 2 – Plan des ouvrages projetés



Figure 3 – Vue générale du terrain existant

I.1.2. Les objectifs

Cette mission d'étude géotechnique de conception en phase avant-projet et d'étude géotechnique préalable (missions de type G1+G2AVP) a été réalisée conformément à la norme NF P 94-500 sur la classification des missions géotechniques (novembre 2013). Celle-ci avait pour objectifs :

- de définir le modèle géologique et le contexte géotechnique ;
- d'identifier les risques géotechniques et de réduire les conséquences des risques géotechniques importants en cas de survenance ;
- de définir les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet (caractéristiques mécaniques, niveau de nappe) ;
- de définir les principes de construction envisageables pour les ouvrages géotechniques (fondations, risque de déformation, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants, etc.) ;

- de fournir une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique (avec exemple de pré-dimensionnement) ;
- de préciser les investigations complémentaires éventuellement nécessaires.

La présente mission a donc fait l'objet d'investigations géologiques et géotechniques permettant de répondre aux objectifs fixés et contribuant à la mise au point de l'Avant-projet de l'ouvrage pour la part des ouvrages géotechniques.

La présente étude entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de conception et préalable de **type G1+G2AVP**. Cette mission ne comprend pas les phases 2 et 3 de l'étude de conception (missions G2-PRO et G2-DCE/ACT), ni l'étude et le suivi géotechniques d'exécution (mission G3), ni la supervision géotechnique d'exécution (mission G4) dont les réalisations successives sont recommandées par la norme NF P 94-500.

Enfin, l'exploitation et l'utilisation des informations contenues dans le présent rapport doivent respecter les « Conditions Générales d'utilisation de nos rapports » jointes en annexe 2.

I.2. METHODE DE TRAVAIL

I.2.1. Campagne de reconnaissance

Compte tenu du projet, des conditions d'accès et du contexte géologique prévisionnel, notre campagne de reconnaissance a été menée à l'aide de :

- **1 SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP1**, descendu vers -15,0 m de profondeur/TA. Le sondage a été réalisé au rotary tricône Ø66 mm avec injection de fluide de forage (eau + boue chimique biodégradable) et enregistrement des paramètres de forage (vitesse d'avancement VIA, poussée sur l'outil PO, pression d'injection PI, et couple de rotation CR). Une série d'essais pressiométriques a été positionnée dans ce sondage afin de déterminer les caractéristiques mécaniques des formations rencontrées.
- **1 SONDAGE DESTRUCTIF SD1**, descendu à -8,0 m de profondeur/TA.
- **1 SONDAGE CAROTTE SC1**, réalisé à l'aide d'un carottier rotatif Ø116 mm, descendu au refus vers -4,0 m/TA.

- **2 SONDAGES DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE ST1 et ST2**, descendus aux refus vers -1,0 m/TA.

Les sondages ont pu être mis en œuvre grâce à deux machines de forage autotractées de type SOCO 50 de chez SOCOMAFOR et SILEA 45 de chez EMCI équipées des enregistreurs de paramètres de chez Jean-Lutz. Les essais pressiométriques ont été menés à l'aide d'un C.P.V. de type APAGEO-MENARD, relié à une sonde pressiométrique Ø 44 mm équipée en tube lanterné.

- **2 ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE PD1 et PD2**, descendus au refus vers -0,9 m/TA afin de vérifier la compacité des terrains superficiels.
- **2 ESSAIS DE PERMEABILITE de types Porchet Ei1 et Ei2**, exécutés dans deux sondages géologiques descendus vers -1,5 m/TA. Ces sondages sont réalisés à la tarière hélicoïdale Ø100 mm.
- **1 ECHANTILLON DE SOL INTACT EI1**, prélevé à la profondeur de 2 à 3 m, dans le sondage carotté SC1, puis envoyé au laboratoire pour analyses (masse volumique des sols, essai triaxial Cu+U).
- **2 ECHANTILLONS DE SOL REMANIES E1 et E2**, prélevés à la profondeur de 0,5 à 1,0 m, dans les sondages ST1 et ST2, puis envoyés au laboratoire pour analyses (classification GTR, essai Proctor normal avec IPI complet, essai d'aptitude au traitement avec essai Proctor en fin d'essai).

L'ensemble des sondages a été implanté conformément au plan de position joint en annexe 3.

Ces opérations, qui se sont déroulées du 5 au 7 mai 2021, ont été confiées à deux équipes de sondeurs placées sous le contrôle d'un ingénieur géotechnicien responsable du chantier, permettant ainsi une meilleure interprétation des résultats.

I.2.2. Documents de travail

Préalablement à la réalisation de notre mission, les documents suivants nous ont été fournis par le donneur d'ordre :

- Cahier de charges techniques particulières (réf. CCTP 2019 CS Maincy V1.0),
- Plan de masse du projet (échelle 1/200^{ème}, daté du 8/03/2021),
- Vue graphique du projet (sans échelle, ni date).

I.3. PRESENTATION DES RESULTATS

En plus du présent texte, notre rapport comporte un certain nombre de documents graphiques indissociables qui sont :

- **Le plan d'implantation des sondages – sans échelle,**
- **Les fiches des sondages SP1, SD1 et ST1 sur lesquelles apparaissent :**
 - Une coupe lithologique interprétative ;
 - La description de la nature des terrains traversés avec un rattachement à la stratigraphie locale ;
 - L'outil de forage utilisé ;
 - Le niveau de l'eau au moment de notre intervention.

En plus, pour les sondages SP1 et SD1 :

- Les enregistrements de paramètres de forage (VIA, PO, PI et CR) ;
- Les courbes visualisées en rouge correspondant aux enregistrements réalisés lors des essais de chute libre.

En plus, pour le sondage SP1 :

- La position et les résultats des essais pressiométriques avec Em, Pf* et PI* respectivement module pressiométrique, pression de fluage nette et pression limite nette exprimés en MPa, ainsi que le ratio Em/PI*.
- **La fiche du sondage carotté SC1 et la planche photographique des carottes,**

- **Les fiches des essais au pénétromètre dynamique PD1 et PD2 sur lesquelles apparaissent :**
 - Le nombre de coups pour un enfoncement de 10 cm de la pointe ;
 - La résistance de pointe q_d correspondante, calculée selon la formule des Hollandais.

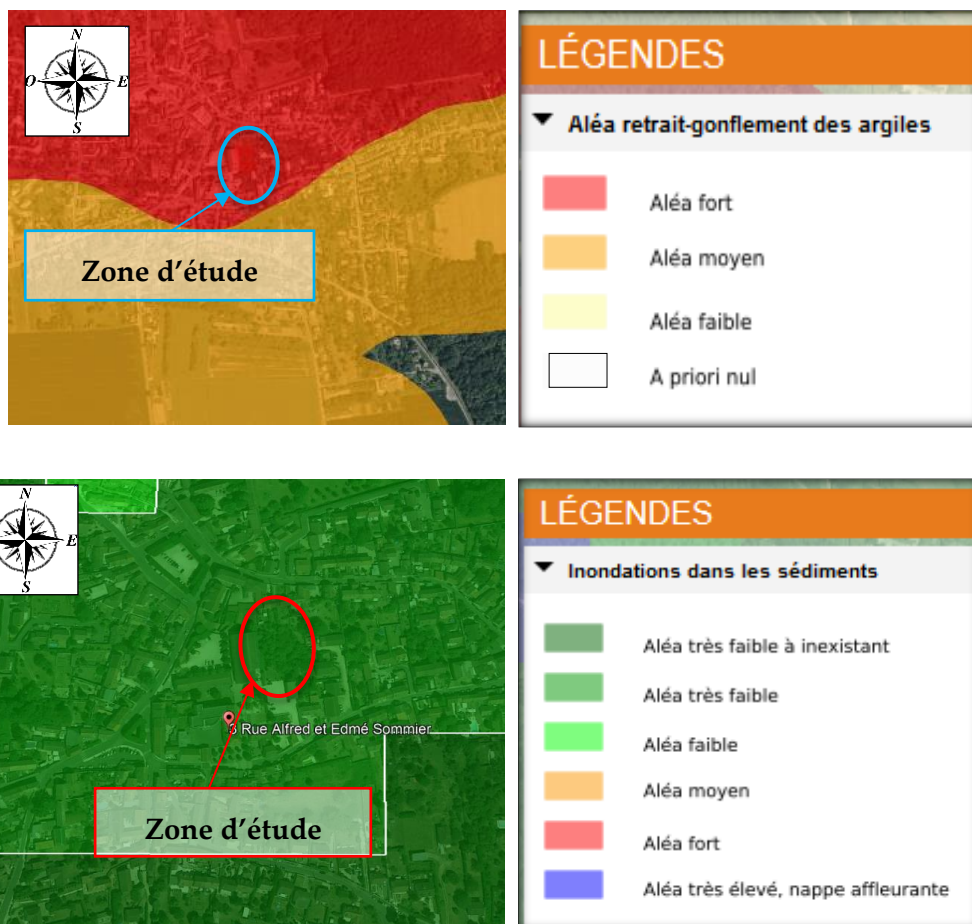
- **Les fiches des essais d'infiltration Ei1 et Ei2 sur lesquelles apparaissent :**
 - Une coupe lithologique interprétative ;
 - La description de la nature des terrains traversés avec un rattachement à la stratigraphie locale ;
 - L'outil de forage utilisé ;
 - Le niveau de l'eau (si observé) ;
 - La valeur de la perméabilité du sol k (m/s).

- **Le procès-verbal des résultats du laboratoire.**

Sans plan de géomètre précis, les sondages n'ont pas été rattachés au NGF. Néanmoins, ils ont fait l'objet d'un nivellement indépendant rattaché au niveau repère coté +100 m pris au niveau de la plaque métallique attenant à la parcelle (cf. plan d'implantation joint en annexe 3).

Les cotes et distances sont données à titre indicatif et sont à prendre avec toutes les réserves de précision qui s'imposent.

La zone à étudier se situe dans un secteur à **aléa fort** vis-à-vis du phénomène de retrait et gonflement des argiles ; et en zone **d'aléa très faible** vis-à-vis du risque de remontées de nappe (cartes d'aléas du BRGM).



Source : www.infoterre.brgm.fr

La commune de Maincy se trouve en zone de sismicité 1 (sismicité très faible) d'après le site georisques.fr.

II.2. RESULTATS DES SONDAGES (SP1, SD1, ST1, ST2 ET SC1)

Les résultats des sondages sont synthétisés dans les fiches jointes en annexe.

Les caractéristiques mécaniques des terrains rencontrés sont déterminées à partir des essais pressiométriques. Ces essais réalisés conformément à la norme NF P 94-110, sont également reportés dans la fiche de sondage jointe au présent rapport. Pour chacun de ces essais, nous indiquons le module pressiométrique (E_m), la pression de fluage nette (P_f^*), la pression limite nette (P_l^*) exprimés en MPa et le rapport E_m/P_l^* .

Le tableau ci-dessous résume les sondages, où pour chaque formation nous indiquons la profondeur et la cote relative approximative du toit, ainsi que l'épaisseur de la couche considérée, soit :

P = Profondeur du toit (m),
 C \approx Cote relative approximative du toit (m),
 E = Epaisseur (m).

Tableau 1 – Résultats des sondages

Sondages		Terre végétale/ Remblais	Formation de Brie	Argiles Vertes	Ludien
SP1	P	0,0	-0,5	-6,2	-10,3
	Z	$\approx +99,6$	$\approx +99,1$	$\approx +93,4$	$\approx +89,3$
	E	0,5	5,7	4,1	$\geq 4,7$
SD1	P	0,0	-0,7	-6,4	Non atteint
	Z	$\approx +100,2$	$\approx +99,5$	$\approx +93,8$	
	E	0,7	5,7	$\geq 1,6$	
ST1	P	0,0	-0,3	Non atteint	Non atteint
	Z	$\approx +99,4$	$\approx +99,1$		
	E	0,3	$\geq 0,7$		
ST2	P	0,0	-0,3	Non atteint	Non atteint
	Z	$\approx +99,8$	$\approx +99,5$		
	E	0,3	$\geq 0,7$		
SC1	P	0,0	-0,4	Non atteint	Non atteint
	Z	$\approx +100,2$	$\approx +99,8$		
	E	0,4	$\geq 3,6$		

* **Commentaires** : Nous présenterons ici une synthèse de l'ensemble des caractéristiques de chaque formation rencontrée.

(1) Terre Végétale/ Remblais

Sous la couverture de terre végétale de 20 à 30 cm d'épaisseur, les sondages ont mis au jour des remblais limono-argileux brun noirâtre. Cette formation, épaisse de 0,3 à 0,7 m environ, est apparue de faible compacité au forage.

Des hétérogénéités et des surépaisseurs importantes de terre végétale et de remblais ne peuvent pas être écartées en dehors des points de sondage, notamment à proximité des anciennes structures enterrées ou des arbres.

Compte tenu de la faible épaisseur de cette couche, aucun essai pressiométrique n'a été réalisé dans cette couche.

(2) Formation de Brie

Sous les TV/TR, les sondages ont mis au jour des marnes calcaires brun blanchâtre à beige blanchâtre. Nous notons la présence des blocs calcaires entre -0,5 et -2,0 m/TA et la présence d'une perte d'injection dans le sondage SP1. Ces terrains sont attribués à la **Formation de Brie**. Cette formation est épaisse d'environ 5,7 m en SP1 et SD1, de plus de 0,7 en ST1, ST2 et SC1.

Les essais pressiométriques réalisés dans cette formation montrent des caractéristiques mécaniques **moyennes à bonnes** avec :

$$0,61 \text{ MPa} \leq \text{Pl}^* \leq 2,26 \text{ MPa} \text{ (moyenne harmonique } \text{Pl}^* \approx 0,93 \text{ MPa)}$$

$$5,6 \text{ MPa} \leq \text{Em} \leq 29,1 \text{ MPa} \text{ (moyenne harmonique } \text{Em} \approx 9,0 \text{ MPa)}$$

$$9 \leq \text{Em}/\text{Pl}^* \leq 13$$

(3) Argiles Vertes

A partir de -6,2 à -6,4 m/TA, les sondages SP1 et SD1 ont rencontré des argiles marneuses gris verdâtre. Ces terrains sont attribués aux **Argiles Vertes**. Cette formation est épaisse de 4,1 m en SP1 et de plus de 1,6 m en SD1.

Nous notons la présence d'une perte d'injection dans le sondage SP1, qui nous empêche de visualiser la nature des terrains. Compte tenu des enregistrements des paramètres des sondages et la nature des terrains remontés en SD1, nous supposons qu'ils s'agissent d'argiles vertes jusqu'à -10,3 m/TA en SP1.

Les essais pressiométriques réalisés dans cette formation montrent des caractéristiques mécaniques **moyennes** avec :

$$0,81 \text{ MPa} \leq \text{Pl}^* \leq 1,16 \text{ MPa} \text{ (moyenne harmonique } \text{Pl}^* \approx 0,95 \text{ MPa)}$$

$$7,5 \text{ MPa} \leq \text{Em} \leq 10,5 \text{ MPa} \text{ (moyenne harmonique } \text{Em} \approx 8,7 \text{ MPa)}$$

$$\text{Em}/\text{Pl}^* = 9$$

(4) Ludien

A partir d'environ -10,3 m de profondeur/TA, le sondage SP1 atteint le **Ludien**. Nous notons la présence d'une perte d'injection dans le sondage SP1, qui nous empêche de visualiser la nature des terrains. Compte tenu des enregistrements des paramètres du sondage, nous supposons qu'ils s'agissent de marnes argilo-calcaires jusqu'à la base du sondage SP1 arrêté vers -15,0 m/TA.

Les essais pressiométriques réalisés dans cette formation montrent des caractéristiques mécaniques **moyennes** comme suit :

$$0,71 \text{ MPa} \leq \text{Pl}^* \leq 1,26 \text{ MPa} \text{ (moyenne harmonique } \text{Pl}^* \approx 0,95 \text{ MPa)},$$

$$6,8 \text{ MPa} \leq \text{Em} \leq 12,1 \text{ MPa} \text{ (moyenne harmonique } \text{Em} \approx 9,1 \text{ MPa)}$$

$$\text{Em}/\text{Pl}^* = 10$$

Nota : Nous rappelons qu'il est possible de rencontrer des horizons de marno-calcaires et de meulière au sein de la Formation de Brie et du Ludien pouvant être très résistants voire indurés.

II.3. RESULTATS DES ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Afin de vérifier la compacité des terrains superficiels, deux essais au pénétromètre dynamique PD1 et PD2 ont été réalisés, conformément à la norme NF P 94-115 « Sondage au pénétromètre dynamique type B ».

Les résultats sont reportés dans les fiches d'essai jointes au présent rapport. Les diagrammes représentent la résistance dynamique (qd) en fonction de la profondeur (m). Ces résistances sont calculées à l'aide de la formule des Hollandais. Les fiches reprennent le nombre de coups donnés pour un enfoncement de 10 cm ainsi que la résistance dynamique qd (MPa) en fonction de la profondeur.

D'une manière générale, l'estimation de la qualité mécanique des terrains testés se fait comme suit :

Lorsque $qd < 2,5 \text{ MPa}$, les terrains sont de faible portance, peu ou pas compactés, non consolidés et risquant de tasser sous leur propre poids.

Si $2,5 \text{ MPa} < qd < 5 \text{ MPa}$, les terrains testés sont faiblement à moyennement résistants et peuvent tasser sous l'effet d'une charge même faible.

Enfin, lorsque $qd > 5 \text{ MPa}$, les terrains apparaissent peu compressibles et normalement consolidés.

Résultats et commentaires :

Au droit de l'essai PD1, nous notons :

- de 0,0 à -0,6 m/TA : les terrains apparaissent de **faible compacité** avec des résistances dynamiques (qd) comprises entre 0,7 et 1,7 MPa (moyenne $\approx 1,2 \text{ MPa}$).
- de -0,6 à -0,9 m/TA : les terrains apparaissent de **moyenne à bonne compacité** avec des résistances dynamiques (qd) comprises entre 3,8 et 20,9 MPa (moyenne $\approx 12,9 \text{ MPa}$) avant de rencontrer le refus vers -0,9 m/TA.

Au droit de l'essai PD2, nous notons :

- de 0,0 à -0,3 m/TA : les terrains apparaissent de **faible compacité** avec des résistances dynamiques (qd) comprises entre 0,7 et 2,4 MPa (moyenne $\approx 1,6 \text{ MPa}$).
- de -0,3 à -0,9 m/TA : les terrains apparaissent de **moyenne à bonne compacité** avec des résistances dynamiques (qd) comprises entre 5,2 et 29,7 MPa (moyenne $\approx 15,7 \text{ MPa}$) avant de rencontrer le refus vers -0,9 m/TA.

II.4. RESULTATS DES ESSAIS DE PERMEABILITE

II.4.1. Eau dans le sol

Avant les essais d'eau, nous n'avons pas observé l'eau au droit des sondages géologiques à la tarière.

Précisons par ailleurs que la Formation de Brie peut être le siège d'une nappe ainsi que le siège de circulations d'eau aléatoires et/ou occasionnelles, à la suite d'épisodes pluvieux plus ou moins intenses, à la faveur des horizons les plus perméables.

Les fluctuations de ces niveaux d'eau sont susceptibles de varier en fonction des crues et des décrues, de la pluviométrie et des saisons, sans qu'il soit possible d'estimer l'ampleur de ces fluctuations sans un suivi à très long terme.

II.4.2. Résultats des essais de perméabilité

Afin d'estimer la perméabilité des terrains, il a été réalisé, sur le site, **2 essais d'infiltration d'eau de type Porchet (Ei1 et Ei2) entre -1,0 à -1,5 m/TA**.

Les coupes et les résultats de la perméabilité du terrain sont joints en annexes à la fin du rapport.

II.4.2.1. Ordre de grandeurs

Les ordres de grandeur du coefficient de perméabilité des sols (k) selon l'ouvrage « Fondations et ouvrages en terre » de Gérard PHILLIPONNAT et Bertrand HUBERT, sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 2 - Ordre de grandeurs du coefficient de perméabilité des sols (k)

PERMEABILITE					
. en mm/h	3,6.10 ⁵	3,6.10 ³	36	3,6.10 ⁻¹	3,6.10 ⁻³ 3,6.10 ⁻⁶
. en m/s	10 ⁻¹	10 ⁻³	10 ⁻⁵	10 ⁻⁷	10 ⁻⁹ 10 ⁻¹²
TERRAINS	Graviers moyens à gros	Petits graviers, sable	Sable très fin, sable limoneux, loess	Silt compact, argile silteuse	Argile franche
PERMEABILITE	Très élevée	Assez élevée	Faible	Très faible	Pratiquement imperméable

II.4.2.2. Essais Porchet (Ei1 et Ei2)

➤ Description de l'essai :

L'estimation de la valeur du coefficient de perméabilité (noté k en m/s) des sols en place se fait par réalisation d'un essai ponctuel. Ce dernier appelé "essai de type Porchet" est réalisé dans le sondage de reconnaissance de surface.

Il consiste à créer une variation de charge dans une cavité de dimension connue, préalablement réalisée dans le terrain, puis à mesurer cette variation de charge et le débit correspondant.

L'essai réalisé est de type "essai à niveau variable" : on injecte un volume d'eau donné dans la cavité ; on suit, en fonction du temps, les variations du niveau dans le forage. Sur le plan pratique, on exécute un sondage à la tarière de Ø100 mm jusqu'à la cote choisie pour l'essai, puis on remplit le forage. On mesure la charge h_0 à l'instant t_0 , puis h_1 à l'instant t_1 etc. On suppose qu'à chaque instant le régime hydraulique est permanent.

La perméabilité k est donnée par la formule :

$$k = \frac{D}{2(t_2 - t_1)} \times \ln\left(\frac{h_1 + \frac{D}{2}}{h_2 + \frac{D}{2}}\right)$$

Avec :

- D = diamètre du forage (m)
- t_1 = temps de début d'essai (secondes)
- t_2 = temps de fin d'essai (secondes)
- h_1 = hauteur d'eau du début de l'essai (m)
- h_2 = hauteur d'eau à la fin de l'essai (m)

soit k = perméabilité (m/s)

➤ **Résultat des essais :**

Le tableau ci-après présente les valeurs de perméabilité obtenues :

Tableau 3 – Résultats des essais Porchet Ei1 et Ei2

Essais	Profondeur	Terrain testé	Coefficient de perméabilité (m/s)	Coefficient de perméabilité (mm/h)
Ei1	-1,0 à -1,5 m	Marnes calcaires brun blanchâtre (Formation de Brie)	$1,12 \cdot 10^{-5}$	40
Ei2	-1,0 à -1,5 m	Marnes calcaires brun blanchâtre (Formation de Brie)	$2,15 \cdot 10^{-5}$	77

Au droit de l'essai Ei1, la valeur de la perméabilité des sols en place est de $1,12 \cdot 10^{-5}$ m/s dans la Formation de Brie. Cet essai montre la valeur **de perméabilité assez élevée** selon la classification de PHILIPONNAT.

Au droit de l'essai Ei2, la valeur de la perméabilité des sols en place est de $2,15 \cdot 10^{-5}$ m/s dans la Formation de Brie. Cet essai montre la valeur **de perméabilité assez élevée** selon la classification de PHILIPONNAT.

Les perméabilités peuvent varier d'un point à l'autre du site, en fonction de la dominante sableuse.

II.5. RESULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE

Deux échantillons de sol remanié (E1, E2) et un échantillon de sol intact (EI1) ont été prélevés au droit des sondages ST1, ST2 et SC1. Placés dans des sacs étanches et un tube PVC, ces échantillons ont été confiés au laboratoire où il a fait l'objet des essais suivants :

- Teneur en eau pondérale des matériaux (norme NF P 94-050) (E1, E2, EI1),
- Limites d'Atterberg (norme NF P 94-051) (E1, E2),
- Analyse granulométrie (NP P94-057) (E1, E2),
- Essai Proctor normal avec IPI complet (norme NF P94-078) (E1),
- Essai d'aptitude au traitement avec essai Proctor en fin d'essai (norme NF P94-100) (E1+E2),
- Essai triaxial à condition consolidée - non drainée avec mesure de la pression interstitielle $Cu+U$ (norme NF P 94-074) (EI1).

Nous avons regroupé les résultats dans les tableaux synoptiques ci-après.

➤ **Classification GTR (E1, E2) :**

Echantillons	E1 (ST1)	E2 (ST2)
Profondeur de l'échantillon	-0,5 à -1,0 m/TA	-0,5 à -1,0 m/TA
Nature	Marnes calcaires gris blanchâtre (Formation de Brie)	Marnes calcaires gris blanchâtre avec des remblais argileux noirâtre (Formation de Brie et Remblais)
Teneur en eau W_{nat} (%)	17,5%	19,6%
Limites d'Atterberg		
W_l	40%	47%
W_p	21%	25%
I_p	19	22
I_c	1,18	1,25
Analyse granulométrie		
% passant (80,0 μ)	63,9	60,1
% passant (2 mm)	85,4	80,7
% passant (5 mm)	91,9	86,0
% passant (10 mm)	97,1	92,6
Classification GTR	A2 m	A2 s

***Commentaires :**

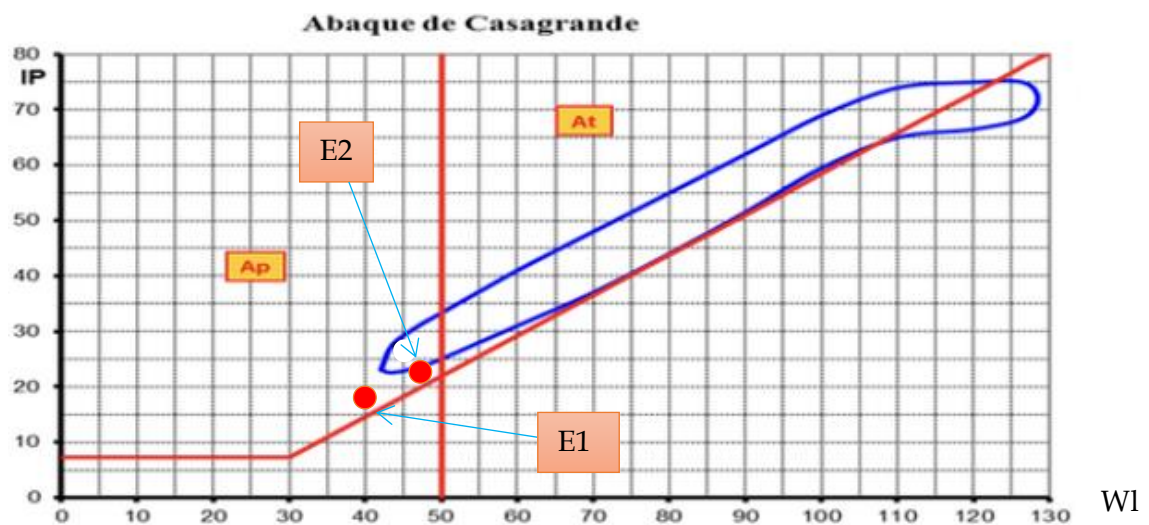
Ces résultats permettent de classer les matériaux du site à partir de la « Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructure routières – GTR » (NF P 11-300).

Les échantillons E1 et E2 sont classés en A2 (A2 m; A2 s), «Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques arènes ...».

Les teneurs en eau mesurées apparaissent moyennes compte tenu de la nature du terrain.

Les teneurs en eau naturelles du sol (W_{nat}) sont inférieures aux limites de plasticité (W_p), ce qui se traduit par un $I_c > 1$, ce qui signifie que les sols sont à l'état solide.

La classification des sols selon le diagramme de Casagrande est représentée ci-dessous :



Les limites de liquidité mesurées (WL) sont environ 2,3 fois supérieures aux teneurs en eau (W_{nat}), traduisant ainsi la capacité des sols à absorber de l'eau, et donc à détériorer leurs capacités portantes.

Dans l'ensemble, les essais de laboratoire réalisés sur les échantillons E1 et E2 prélevés immédiatement au droit des sondages ST1 et ST2 caractérisent des sols moyennement **argileux peu plastiques et potentiellement sensibles aux variations hydriques**.

➤ *Essai triaxial à condition consolidée - non drainée (EI1) :*

Sondage/Échantillon	SC1/EI1
Profondeur de l'essai	-2,0 à -3,0 m/TA
Nature	Marnes calcaires brun blanchâtre (Formation de Brie)
Teneur en eau W_{nat}	10,3%
Masse volumique humide (kN/m³)	21,2
Masse volumique sèche (kN/m³)	19,3
Essai triaxial Cu+U (long terme) C' (kPa) ϕ' (°)	35,0 39,3
Essai triaxial Cu+U (comportement à court terme estimé) C_{cu} (kPa) ϕ_{cu} (°)	110,8 23,8
Degré de saturation de l'essai (%)	100 %

➤ *Essai Proctor normal avec IPI complet (E1) :*

Échantillon	E1
Sondage	ST1
Profondeur de l'échantillon	-0,5 à -1,0 m/TA
Nature	Marnes calcaires gris blanchâtre (Formation de Brie)
Masse volumique sèche compactée (t/m³) O.P.N.	1,71
Teneur en eau O.P.N. (%)	17,5%
IPI O.P.N	24

➤ **Essai d'aptitude au traitement avec essai Proctor en fin d'essai (E2) :**

Échantillons	E1 + E2
Sondages	ST1 et ST2
Profondeur de l'échantillon	-0,5 à -1,0 m/TA
Nature	Marnes calcaires gris blanchâtre (Formation de Brie)
Dosage	1% CaO et 6% CEMII 32,5
Gonflement volumique à 7 jours (%)	1,4% en moyenne
Résistance à la compression diamétrale R_{tb} à 7 jours (MPa)	0,205 en moyenne
Aptitude au traitement*	APTE
Teneur en eau O.P.N. (%)	19,5%
Masse volumique sèche O.P.N. (t/m ³)	1,62

*Critères à respecter : $R_{tb} \geq 0,2 \text{ MPa}$ et Gonflement < 5%.

Le résultat de l'essai d'aptitude au traitement proposé est **adapté pour les échantillons de sols remaniés E1 et E2.**

La résistance à la traction indirecte R_{tb} (7 jours) est suffisante ($R_{tb} > 0,20 \text{ MPa}$).

Au vu de ces résultats, selon le critère de résistance des matériaux, les sols situés sous les terrains existants (Terre végétale/Terre remaniée) **peuvent être traités à la chaux et aux liants hydrauliques.**

II.6. EAU

A la fin du chantier, le 7 mai 2021, aucun niveau d'eau stabilisé n'a été observé au droit des sondages.

La Formation de Brie peut être le siège d'une nappe. En général, les circulations d'eau au sein des de la Formation de Brie (non reconnue lors de notre intervention) sont rencontrés de manière aléatoire et plus ou moins pérenne, dans les horizons les plus perméables (niveaux sableux ou à blocs fracturés).

Des circulations d'eau occasionnelles et aléatoires peuvent survenir dans les couches superficielles, à la faveur des horizons les plus perméables et suite à des épisodes pluvieux plus ou moins importants ; notamment dans un tel contexte de pente.

Dans tous les cas, les niveaux d'eau sont susceptibles de varier en fonction des saisons et de la pluviométrie, avec des fluctuations dont l'ampleur ne peut être estimée sans un suivi à long terme.

CHAPITRE III – PRECONISATIONS GEOTECHNIQUES

III.1. ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE – MODELE GEOTECHNIQUE PREALABLE

III.1.1. Zone d'influence géotechnique

La zone d'influence géotechnique (ZIG) du projet est définie comme la zone dans laquelle il y a des interactions entre le projet, le terrain et l'environnement. Le site et la ZIG sont spécifiques au moment de notre intervention.

En première approche, la ZIG est limitée à la zone projetée représentée sur le plan d'implantation joint.

III.1.2. Modèle géotechnique

D'un point de vue géologique, les sondages, ont d'abord mis en évidence, sous un horizon de terre végétale, des **Remblais** de type limons argileux brun noirâtre d'une épaisseur maximum de 70 cm.

Sous ces terres remaniées, les sondages ont mis en évidence la **Formation de Brie**. Elle présente globalement des compacités moyennes à bonnes.

Sous la Formation de Brie, les sondages ont mis en évidence les **Argiles Vertes** avec des caractéristiques mécaniques moyennes.

Enfin, les sondages ont mis en évidence la formation du **Ludien** aillant des caractéristiques mécaniques moyennes.

Le tableau ci-après présente une synthèse du modèle géotechnique préliminaire :

Couches géologiques	Caractéristiques mécaniques (MPa)	Niveau d'eau	Risques et aléas
TV/ TR (épaisseur $\approx 0,3$ à $0,7$ m)	-	Circulations possibles	Surépaisseur, Compacité hétérogène
Formation de Brie (épaisseur $\approx 5,7$ m)	$Pl^*_{moy} \approx 0,93$ MPa $Em_{moy} \approx 9,0$ MPa	Circulations possibles	Compacité de moyenne à bonne Présence des blocs calcaires et de meulière
Argiles Vertes (épaisseur $\approx 4,1$ m)	$Pl^*_{moy} \approx 0,95$ MPa $Em_{moy} \approx 8,7$ MPa	-	Moyenne compacité
Ludien (épaisseur $\geq 4,7$ m)	$Pl^*_{moy} \approx 0,95$ MPa $Em_{moy} \approx 9,1$ MPa	-	Moyenne compacité

III.2. REALISATION DE LA PLATEFORME DU CITY STADE

Rappelons que le projet prévoit la création d'un terrain de sport (city stade) en gazon synthétique.

Selon la Norme AFNOR NF P 90-112 - « Terrains de grands jeux en gazon synthétique - Conditions de réalisation », le complexe de fondation constitutif d'un terrain de sport en gazon synthétique se compose généralement d'éléments suivants :

- Couche de fondation, dont l'arase inférieure est appelée le « fond de forme ».
- Couche d'aveuglement,
- Couche de revêtement (couche d'amortissement, le gazon synthétique, matériaux de remplissage en sable et/ou en élastomère),
- Système de drainage.

Dans le cadre d'un projet de transformation d'un terrain en gazon naturel en gazon synthétique, les travaux suivants sont généralement nécessaires :

- Décapage de la terre végétale, de la terre remaniée, d'éventuels remblais non-réutilisables (mâchefers, plâtres...si observés lors des travaux) et/ou du substrat de culture du gazon avec son évacuation jusqu'à 0,8 m de profondeur/TA ;
- Mise en place de bordures ou de carreaux délimitant la surface du gazon synthétique, conformément aux règles des fédérations sportives concernées.

Lors de notre intervention, la parcelle concernée par l'étude est par un terrain en gazon naturel.

III.2.1. Condition de réutilisation en Fond de forme et Classe de Plateforme actuelle

Les échantillons prélevés sous le gazon naturel et les terres remaniées mettent en évidence des sols classés dans la catégorie A2 (A2 m, A2 s).

Classiquement, le sol de type A2 s en place est répertorié pour une classe de plateforme de terrassement et d'arase du type PST2 – AR1. Toutefois, Cette portance peut cependant chuter à long terme sous l'action des infiltrations des eaux pluviales.

Il s'agit de sols qui restent sensibles aux conditions météorologiques et qui peuvent changer de consistance pour de faibles variations de teneur en eau. Par conséquent, **ces sols ne pourront pas être réutilisés en état pour la réalisation du fond de forme du futur terrain de sport.**

Compte tenu du contexte géologique du site, le fonctionnement d'un fond de forme d'un terrain en gazon synthétique, il convient de procéder à un traitement aux liant hydraulique (voir dosage dans PV du labo) sur au moins 0,35 m d'épaisseur, afin d'obtenir un fond de forme de classe supérieure et pouvoir mettre en place une couche de fondation avec des caractéristiques satisfaisantes.

Il est important que le fond de forme soit insensible à l'eau afin d'éviter toute infiltration d'eau en profondeur.

Après traitement du fond forme aux liants hydrauliques et à la chaux, une campagne d'essais de portance du fond de forme devra être réalisée. La portance est appréciée soit par le module pseudo-dynamique (Dynaplaque) soit par le module statique (plaque). **Ces modules doivent être supérieurs ou égaux à 30 MPa mesurés en tous points de préférence à la dynaplaque.** La densité des essais préconisée est une mesure par 500 m² (cf. à la Norme AFNOR NF P 90 -112).

Dans ce contexte, pour la réalisation du fond de forme des terrains sportifs, il convient de procéder à une purge et une substitution selon une technique de remblai afin d'obtenir un fond de forme de classe supérieure et pouvoir mettre en place la couche de fondation avec des caractéristiques satisfaisantes. **Les terrains superficiels existants seront purgés**

jusqu'à -80 cm/terrain fini. Le fond de forme sera réalisé par la mise en place des matériaux de remblais d'apport adéquats, insensible à l'eau (sables graveleux cimentés, GNT par exemple...).

Après les travaux de substitution du fond de forme, une campagne d'essais de portance du fond de forme devra être réalisée. La portance est appréciée soit par le module pseudo-dynamique (Dynaplaque) soit par le module statique (plaque). **Ces modules doivent être supérieurs ou égaux à 30 MPa mesurés en tous points de préférence à la dynaplaque.** La densité des essais préconisée est une mesure par 500 m² (cf. à la Norme AFNOR NF P 90 - 112).

Le fond de forme devra être correctement nivelé et compacté afin de détecter tous points durs ou zones molles qui seront à purger.

III.2.2. Couche de fondation

D'après les recommandations de la Norme NF P 90-112, les terrains en gazon synthétique sont perméables et nécessitent d'être appliquées sur une infrastructure perméable et drainante.

Le complexe de fondation d'un terrain sportif en gazon synthétique comprend une couche de fondation drainante et filtrante (gravillons, GNT...), ainsi qu'un réseau de drains et un géotextile si nécessaire.

Le système de drainage au sein de la fondation du terrain devra être assuré par la mise en place des drains à cunette avec la pente conformes aux recommandations de la Norme NF P 94-112. L'utilisation des drains agricoles jaunes sera à proscrire.

La couche de fondation doit assurer les fonctions suivantes :

- Permettre la circulation des engins de chantier sans déformation significative du sol,
- Permettre de respecter les exigences de reprofilage et de nivellement.

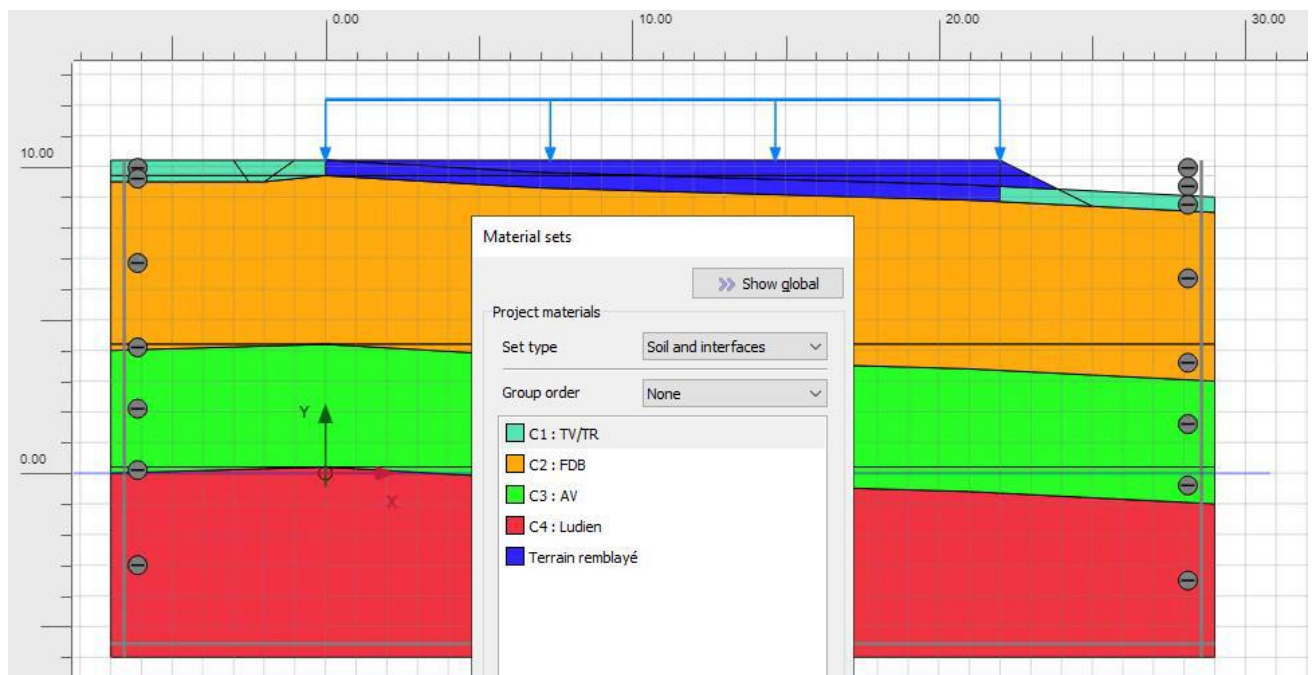
La portance de la couche de fondation doit être supérieure à 30 MPa (Essai Dynaplaque). Le critère de la perméabilité de cette couche est à 36 cm/h.

Le dimensionnement définitif de l'infrastructure du terrain de football en gazon synthétique entrera dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet de type G2-PRO, en respectant les recommandations de la Norme AFNOR NF P 90-112 de décembre 2016.

III.2.3. Tassement du terrain de sport

Il est prévu l'aplanissement du terrain actuel avec la mise en place des remblais.

Nous proposons une modélisation des terrains remblayés à l'aide du logiciel PLAXIS© 2D afin de déterminer les tassements de remblaiement pendant quatre phases : **phase de terrassement, phase de remblaiement, phase de fin de construction.**



Modélisation des terrains remblayés dans PLAXIS© 2D

III.2.3.1. Données de calcul

➤ Coupe géotechnique :

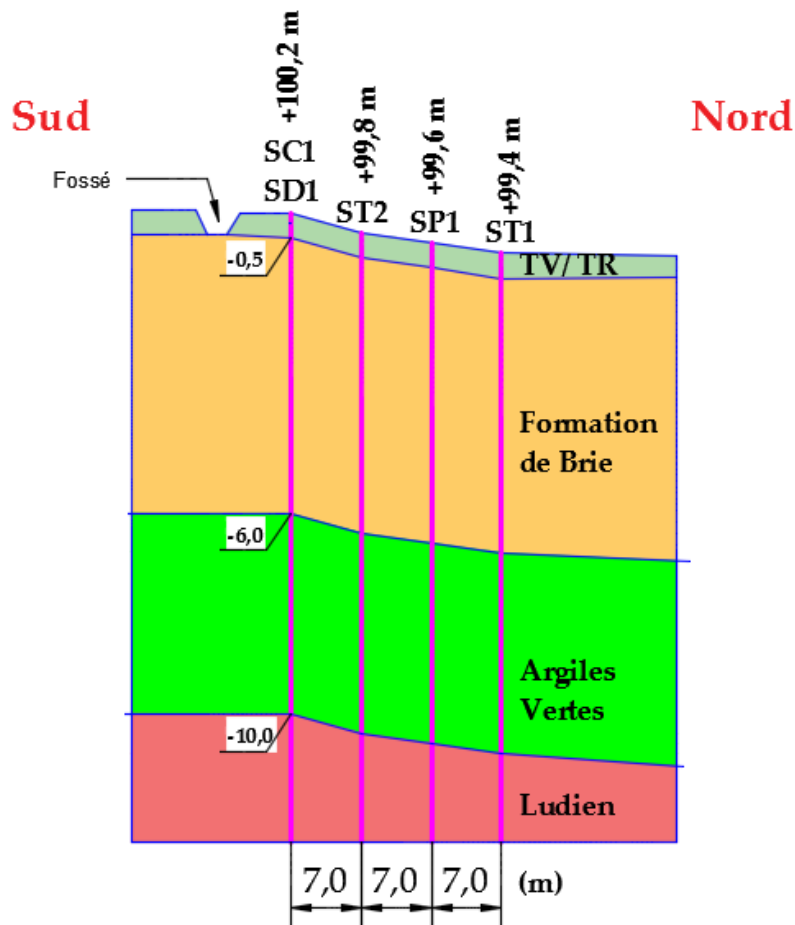
Pour le calcul de tassement des terrains remblayés, on considèrera la coupe type de terrain comme l'indique le tableau suivant. En se basant sur des valeurs issues de la bibliographie, les caractéristiques intrinsèques des terrains concernés sont présentées dans le tableau ci-après.

Paramètres intrinsèques des sols

FORMATION	Epaisseur moyenne (m)	Masse volumique humide γ_h (t/m ³)	E_m (MPa)	α	Caractéristiques à court terme	Caractéristiques à long terme
<u>Terrains remblayés</u>	-	2,0	50	0,5	$\phi_{uu} = 25^\circ (*)$ $C_{uu} = 10$ kPa	$\phi' = 20^\circ (*)$ $C' = 10$ kPa
<u>Couche 1 : TV/ TR</u>	0,5	2,0	-	0,5	$\phi_{uu} = 10^\circ (*)$ $C_{uu} = 2$ kPa	$\phi' = 15^\circ (*)$ $C' = 2$ kPa
<u>Couche 2 : Formation de Brie</u>	5,5	2,0	9,0	0,5	$\phi_{uu} = 25^\circ (*)$ $C_{uu} = 5$ kPa	$\phi' = 25^\circ$ $C' = 0$ kPa
<u>Couche 3 : Argiles Vertes</u>	4,0	2,0	8,7	0,5	–	$\phi' = 20^\circ (*)$ $C' = 10$ kPa
<u>Couche 4 : Ludien</u>	> 4,7	2,0	9,1	0,5	–	$\phi' = 30^\circ (*)$ $C' = 10$ kPa

(*) Il s'agit des valeurs bibliographiques

Sans plan de géomètre précis, le profil n'a pas été rattaché au NGF, nous proposons, à titre indicatif, le profil géotechnique comme indiqué dans la figure ci-après.



➤ **Descente de charges sur les remblais techniques :**

Les surcharges en surface du terrain sont prises à 5 kPa pour les surcharges piétonnes.

➤ **Phasage de calcul :**

Nous développons ci-après les phasages de la modélisation des terrains remblayés à l'aide du logiciel PLAXIS© 2D Version 2020 (logiciel de calcul géotechnique aux Eléments Finis).

Les étapes de calcul du profil :

- Phase initiale : construction du modèle du terrain naturel,
- Phase 1 (terrassement) : Terrassement des terres remaniées,
- Phase 2 (remblaiement) : Mise en place des remblais techniques,
- Phase 3 (fin de construction) : Application des DDC au niveau des terrains remblayés, caractéristiques mécaniques des sols à long terme ;
- Phase 4 : Analyse de la sécurité de l'ensemble du modèle.

III.2.3.2. Résultats

Les résultats des tassements des terrains remblayés dans les phases de remblaiement et de fin de construction ont été présentés dans le tableau ci-après.

	Tassements des terrains remblayés (cm)
Phase de remblaiement	0,4
Phase de fin de construction	0,5

Les valeurs de déplacements verticaux (déplacement Y) des terrains remblayés nous paraissent acceptables.

➤ **Stabilité générale :**

La phase de calcul finale consiste à analyser la sécurité de l'ensemble de l'ouvrage pendant le terrassement et pendant la phase de mise en service. Cette phase est caractérisée par le coefficient de sécurité, noté Fs. L'évolution des coefficients de sécurité dans les deux cas est représentée dans l'annexe n°6.

Le résultat montre que pendant les phases de terrassement et à la fin de construction, les ouvrages sont stables. **Le coefficient Fs de 1,9 à la fin des analyses implique que l'ouvrage est stable.**

CHAPITRE IV - RECOMMANDATIONS GENERALES ET ALEAS

IV.1. RECOMMANDATIONS GENERALES

- ♦ Il conviendra de prévoir toutes les dispositions nécessaires afin de pallier les risques de venue d'eau en phase travaux.
- ♦ Il faudra veiller à l'absence d'anciennes structures enterrées et/ou infrastructures avant la réalisation des fondations du projet.
- ♦ Afin de minimiser les aléas liés à l'eau (venues d'eau éventuelles), il est souhaitable de réaliser les travaux de terrassement et d'infrastructure en période favorable (période sèche).
- ♦ Si des arrivées d'eau sont observées lors de l'ouverture de la fouille, il sera indispensable de prendre toutes les dispositions nécessaires afin **d'assainir et curer aussitôt les fonds de fouilles et les rigoles de fondations.**
- ♦ L'entreprise en charge de la réalisation des travaux devra, après avoir pris connaissance de l'intégralité du rapport (contexte géotechnique et hydrogéologique du site), statuer sur les techniques de réalisation les plus adaptées et garantissant la parfaite exécution des ouvrages.
- ♦ Les entreprises chargées de la réalisation des travaux devront tenir compte des différentes contraintes liées au site.
- ♦ Si des surépaisseurs de remblais sont observées, elles devront purgées et substituées par un béton maigre.
- ♦ Tout changement d'implantation ou d'importance des constructions par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport d'étude doit nous être communiqué (y compris évaluation des descentes de charges), ces changements pouvant modifier les conclusions de notre étude.

IV.2. POURSUITE DU PROJET

La présente étude entre dans le cadre d'une mission géotechnique G1+G2AVP (Norme NF P 94-500). Nous insistons sur le fait que cette mission correspond à une étude géotechnique préalable et une étude géotechnique de conception phase d'avant-projet G1+G2AVP et non à une étude de projet (mission G2-PRO) ni à une étude de mission G2-DCE/ACT.

La mission G2-PRO sera établie à la réception du plan de descentes de charges.

Dans le cadre de la mission G2-PRO, et concernant les fondations, les dimensionnements et le choix définitif du mode de fondations seront justifiés avec les descentes de charges réelles (G+Q) amenées par le projet.

La mission G4 permettra de superviser la parfaite exécution des fondations, des terrassements ainsi que la gestion des aléas résiduels.

Nous sommes à la disposition du Maître d'ouvrage pour lui adresser une proposition financière pour la mission G4.

IV.3. ALEAS GEOTECHNIQUES

Les reconnaissances géotechniques sont réalisées de manière ponctuelle et l'extrapolation des résultats qui en découle reste sujette à l'aléa. Ceci peut entraîner des modifications lors de la conception ou de la réalisation du projet.

Enfin, les conclusions fournies dans ce rapport se basent sur des hypothèses qui sont susceptibles d'évoluer lors de l'avancement du projet. Ainsi, pour chaque phase, il sera nécessaire de vérifier toutes les hypothèses et autres résultats en découlant. Ceci est susceptible de nécessiter une réadaptation des préconisations géotechniques émises lors des différentes études géotechniques.

La présente mission se termine avec ce rapport. Toutes nouvelles études, préconisations, recommandations ou réunions entreront dans le cadre d'une nouvelle mission restant à définir.

Nous restons à la disposition du Maître d'ouvrage et de son représentant pour toute mission complémentaire qu'ils souhaiteraient nous confier.

Van Cuong HOANG

Ingénieur chargé de l'étude

Van Cuong LE

Responsable du Pôle d'Ingénierie



**ANNEXE 1 : EXTRAIT DE LA NORME NFP94-500 SUR
LA CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES**

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

<p>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.</p>
<p>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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).
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

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).

ANNEXE 2 : CONDITIONS D'UTILISATION DE NOS RAPPORTS

CONDITIONS GÉNÉRALES D'UTILISATION DE NOS RAPPORTS

1°/ UNITÉ DU RAPPORT

Notre rapport est constitué d'un ensemble de chapitres rédactionnels et de documents graphiques, cela forme un tout indissociable. L'utilisation d'une partie ou la communication d'un rapport incomplet ne saurait engager notre responsabilité.

2°/ MODIFICATIONS ÉVENTUELLES DU SITE OU DU PROJET

Les modifications du site telles que terrassements non prévus et non indiqués à GÉOEXPERTS ou l'apport de remblais par exemple susceptibles d'amener des changements dans le type, la profondeur ou la charge des fondations devront nous être communiqués. De même, le déplacement du projet, la modification du nombre de sous-sols, le changement dans les cotes N.G.F. peuvent conduire à modifier les conclusions de notre rapport et nous ne saurions en être tenus pour responsables.

3°/ INFORMATIONS COMMUNIQUÉES À GÉOEXPERTS

GÉOEXPERTS ne saurait être engagé par les erreurs portées sur les documents de travail qui lui sont confiés, plan de situation, plan de masse, plan topographique, etc... . De même, en cours de travaux, la découverte d'éléments nouveaux ayant pu échapper à un nombre limité de sondages, tels que zone de dissolution, karst, zone hétérogène limitée, venue d'eau suivant des cheminements préférentiels devront être portés à la connaissance de GÉOEXPERTS.

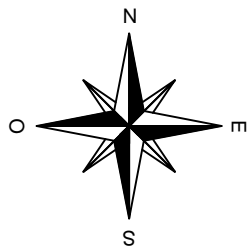
Une différence éventuelle entre nos conclusions et la nature des sols lors de l'ouverture des fouilles devra nous être immédiatement communiquée afin que nous puissions constater le fait, et éventuellement modifier ou confirmer nos conclusions.







4°/ RÉSERVE DE PROPRIÉTÉ

Le transfert de propriété du rapport ne sera effectif qu'à son parfait paiement, loi du 25 janvier 1985.

Art. 121 – Alinéa 2. En cas de non-paiement, le contrat de vente sera résiliable de facto, la Société GÉOEXPERTS sas demeurera propriétaire du rapport.

ANNEXE 3 : PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



-  Sondage pressiométrique
-  Sondage à la tarière
-  Essai au pénétromètre dynamique
-  Essai d'infiltration
-  Sondage carotté
-  Sondage destructif

CLIENT

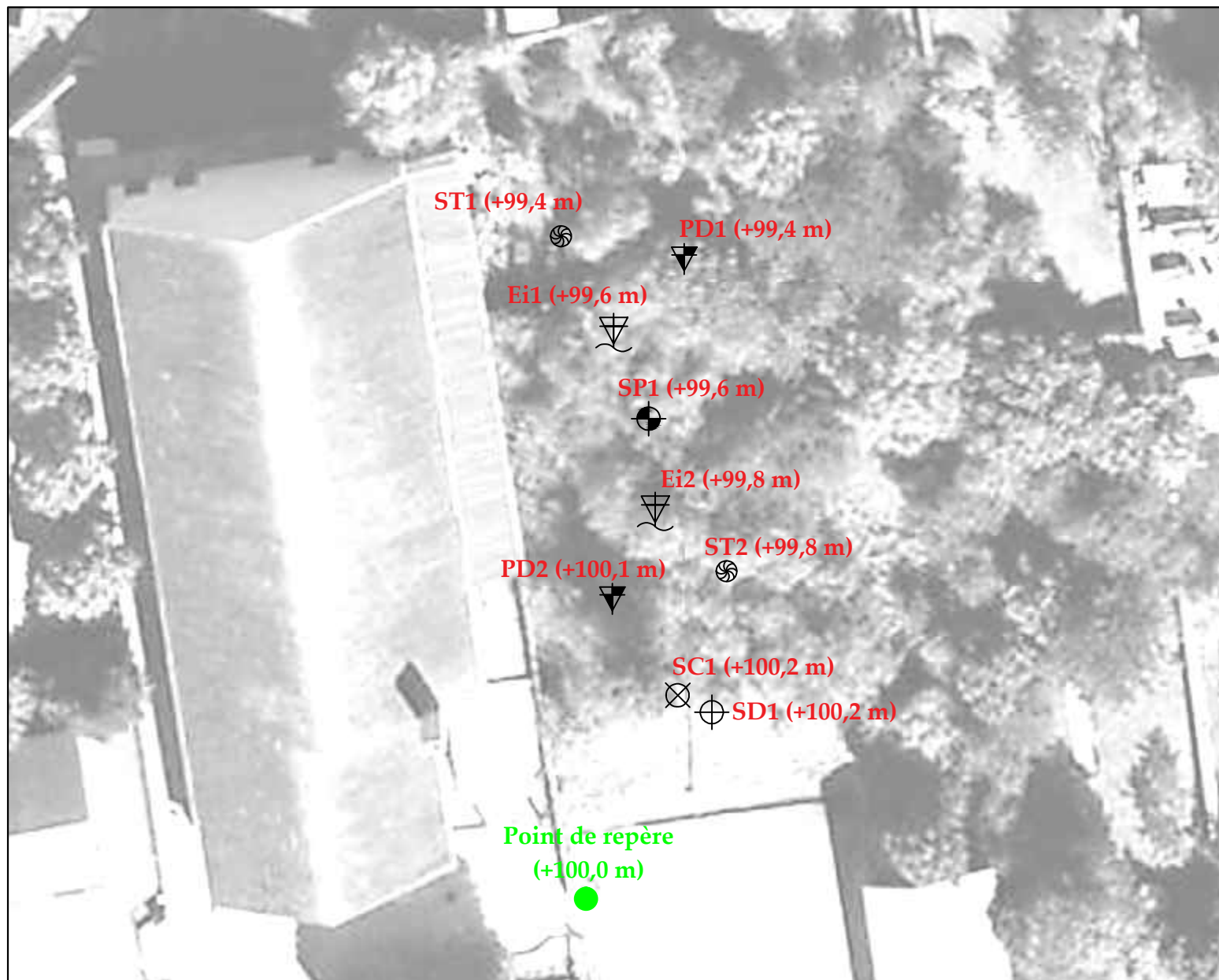
MAIRIE DE MAINCY
3-5 rue Alfred et Edmé Sommier
77950 MAINCY



Cité Descartes - 11 rue Albert Einstein
77420 CHAMPS-SUR-MARNE
Tel. 01 64 61 87 87 - Fax. 01 64 61 17 39

ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE
ET DE CONCEPTION G1+G2AVP
Création d'un city stade
3-5 rue Alfred et Edmé Sommier
77950 MAINCY

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



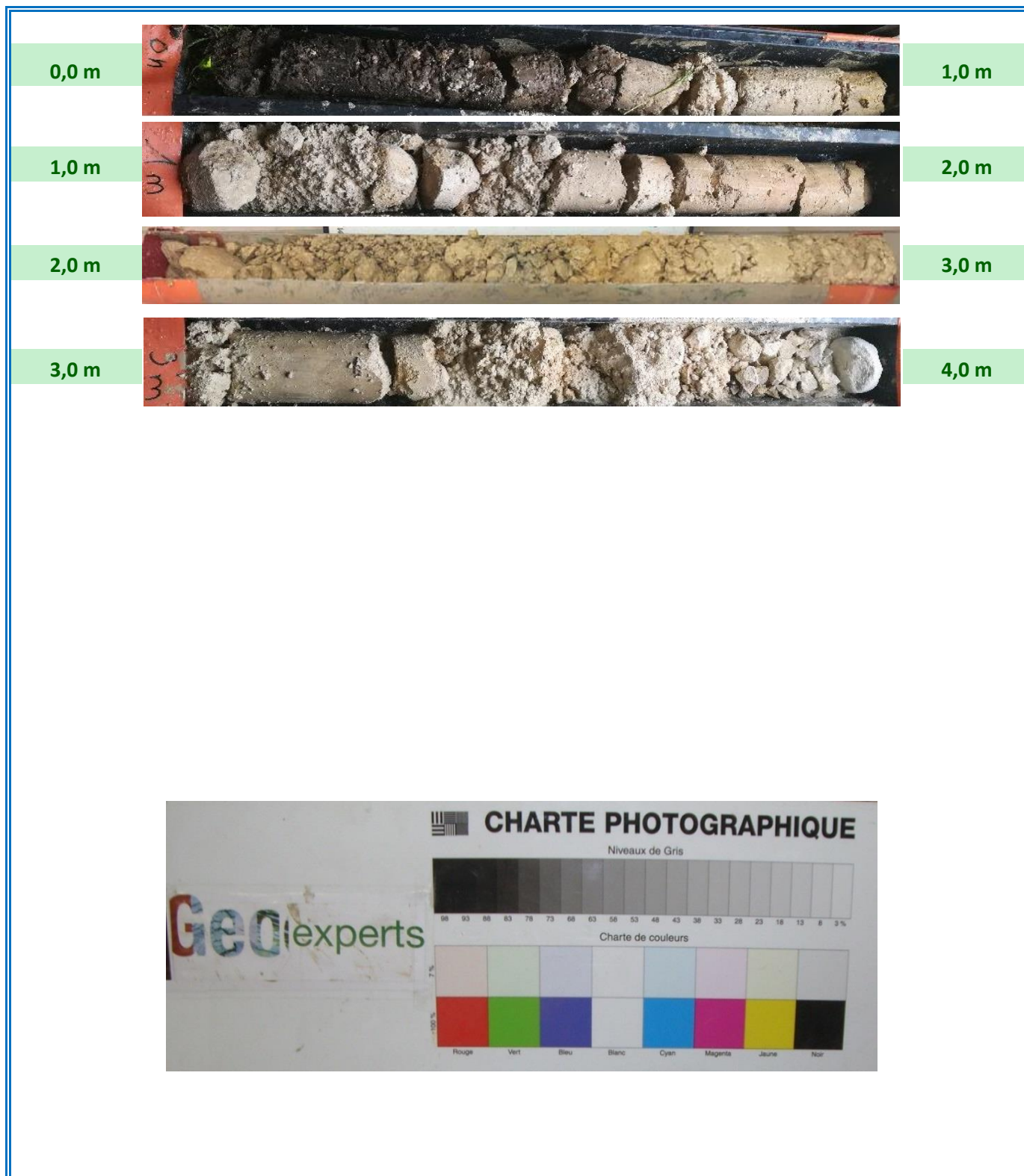
Nota : - La cote relative du point de repère +100,0 m a été prise au niveau du parking attenant à la parcelle du projet.
- Tous les sondages ont été réalisés depuis le terrain actuel.

Etude N°	Mission	Date	Ing.	Echelle
21.12477/ES/GIF	G1+G2AVP	05/2021	V.-C. H	

ANNEXE 4 : FICHES DES SONDAGES

Sondage carotté SC1

Cote relative : +100,2 m



Profondeur (m)	Cote relative (m)	Strati-graphie	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Recupération (%)					Echantillon	Teneur en eau (%)	Masse vol. sèche (kN/m3)	Masse vol. humide (kN/m3)	Cu (kPa)	fi-u (°)	C' (kPa)	fi' (°)
0,2	0	T V	Terre végétale	Carotier Ø 116 mm	07/05/2021 Pas d'eau Fin du chantier	0	25	50	75	100								
0,7	99,5	RBL	Remblais limoneux brun noirâtre															
1	99	FORMATION DE BRIE	Marnes calcaires brun blanchâtre plus ou moins sableuses								EI1	10,3	19,3	21,2	110,8	23,8	110,8	23,8
2	98		Marnes calcaires brun blanchâtre plus ou moins sableuses															
3	97		Blocs calcaires gris blanchâtre															
3,5	96,7																	
4,0	96,2		REFUS vers -4,0 m/TA															
4	96																	
5	95																	
6	94																	
7	93																	
8																		

Profondeur (m)	Cote relative (m)	Strati-graphie	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Equipement	Valeur du coefficient de perméabilité k (E -5 m / s)		
0,0 m	99,6 m	TV	Terre végétale	Tarière hélicoïdale Ø 100 mm	07/05/2021 Pas d'eau Fin du chantier		0	1,5	3
0,2 m	99,4 m						RBL	Remblais limoneux noirâtre	
0,4 m	99,2 m	FORMATION DE BRIE	Marnes calcaires brun blanchâtre Blocs calcaires						
1,5 m	98,1 m								

Profondeur (m)	Cote relative (m)	Strati-graphie	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Equipement	Valeur du coefficient de perméabilité k (E -5 m / s)		
0,0 m	99,8 m						0	1,5	3
0,2 m	99,6 m	TV	Terre végétale	Tarière hélicoïdale Ø 100 mm	07/05/2021 Pas d'eau Fin du chantier				
0,4 m	99,4 m	RBL	Limons sableux brun noirâtre						
1,5 m	98,3 m	FORMATION DE BRIE	Marnes calcaires brun blanchâtre Blocs calcaires			Essai Porchet	1	k = 2,15.E -05 m/s	



ETUDE N° 21.12477/ES/GIF

Profondeur : 0,00 - 5,00 m

Mission : G1+G2AVP

SONDAGE : PD1

EXGTE 3.20/GTE



Date : 06/05/2021

Cote relative : +100,2 m

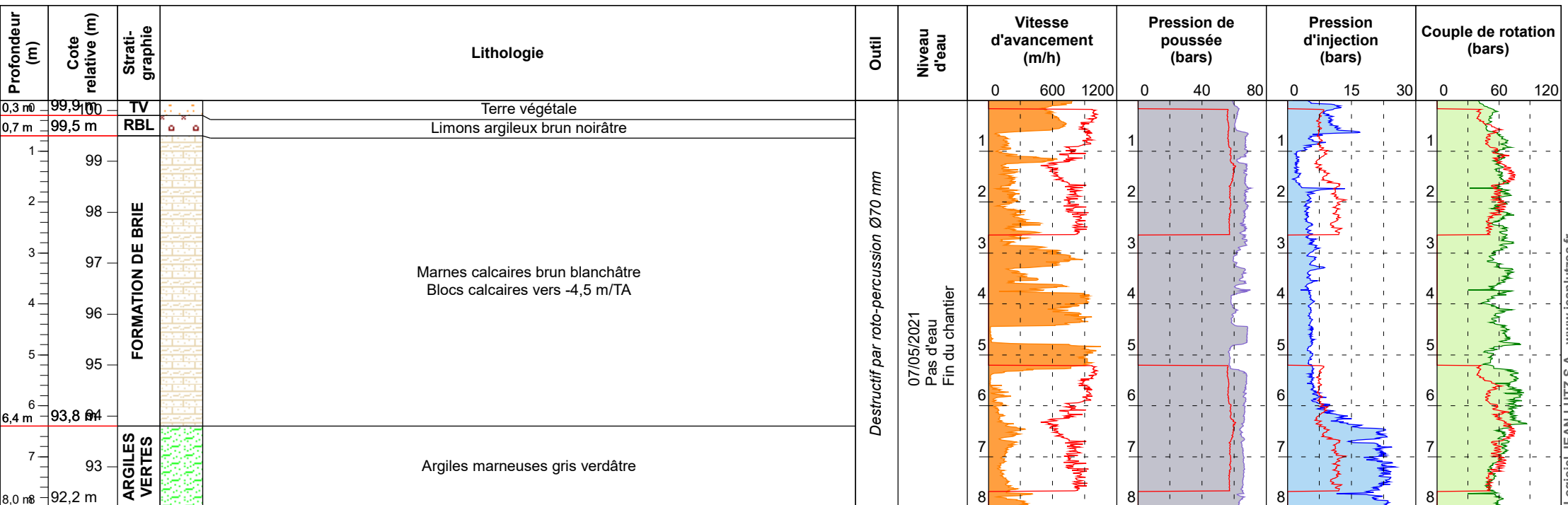
Machine : SOCOMAFOR 50

Client : MAIRIE DE MAINCY

1/105

SONDAGE : SD1

EXGTE 3.20/BP5EPF357FR



Date : 05/05/2021

Cote relative : +99,6 m

Profondeur : 0,00 - 15,00 m

Machine : SILEA 45

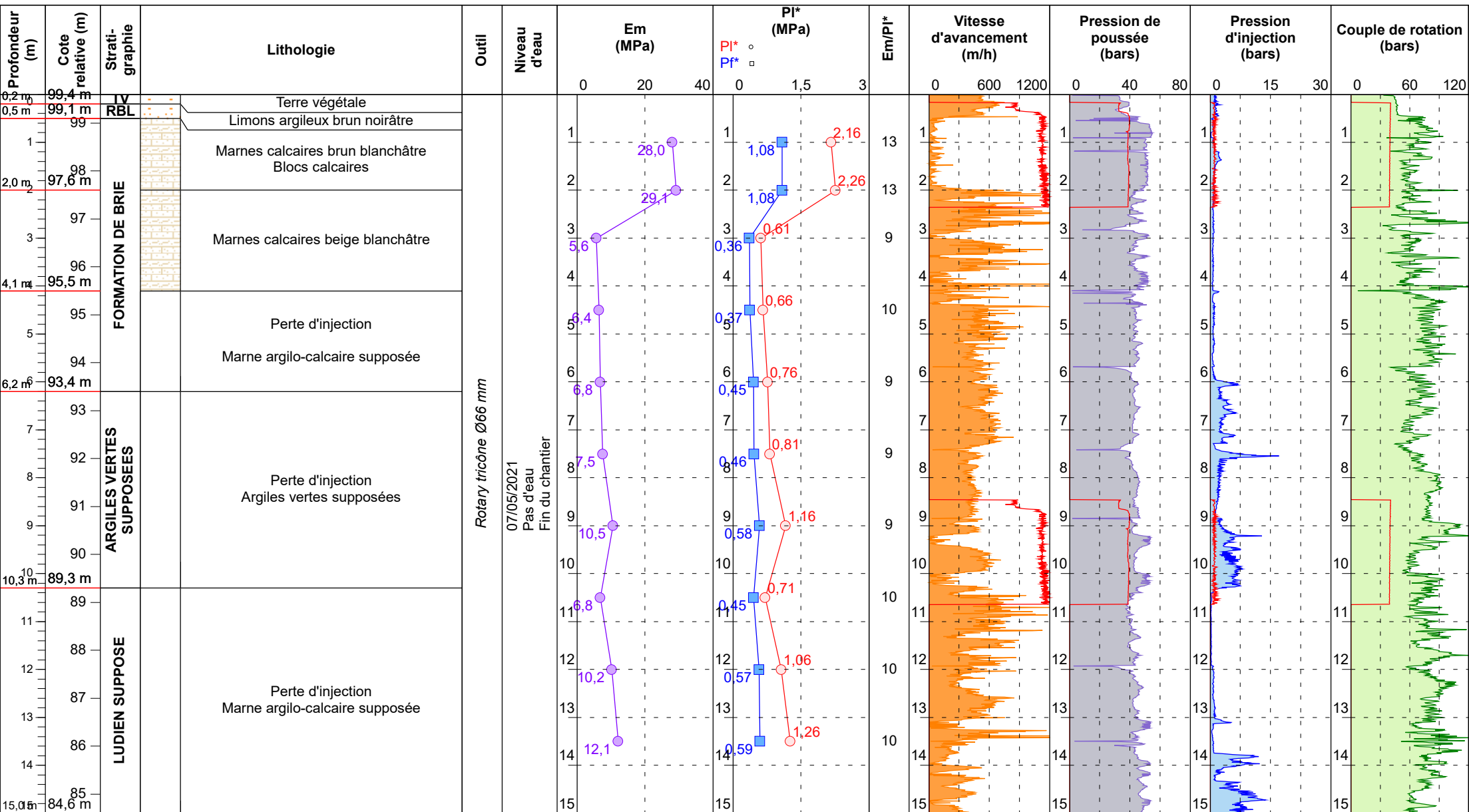
Mission : G1+G2AVP

Client : MAIRIE DE MAINCY

1/105

SONDAGE : SP1

EXGTE 3.20/BP5EPF357FR



Profondeur (m)	Cote relative (m)	Stratigraphie	Lithologie	Outil	Niveau d'eau
0					
0,3 m	99,1 m	TV	Terre végétale	Tarière hélicoïdale Ø63 mm	07/05/2021 Pas d'eau Fin du chantier
	99	FORMATION DE BRIE	Marnes calcaires gris blanchâtre		
1,0 m	98,4 m		REFUS vers -1,0 m/TA		
	98				
2					

Profondeur (m)	Cote relative (m)	Stratigraphie	Lithologie	Outil	Niveau d'eau
0					
0,3 m	99,5 m	TV	Terre végétale	Tarière hélicoïdale Ø63 mm	07/05/2021 Pas d'eau Fin du chantier
1,0 m	98,8 m	FORMATION DE BRIE	Marnes calcaires gris blanchâtre Blocs calcaires vers -1,0 m/TA		
			REFUS vers -1,0 m/TA		
2					

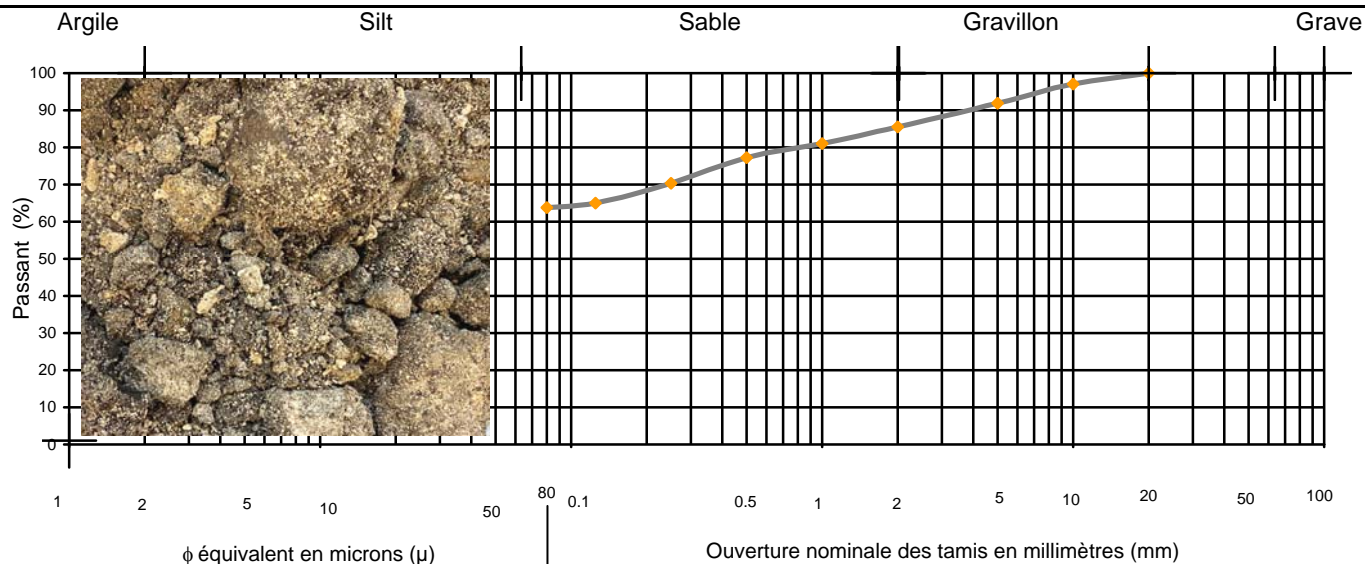
ANNEXE 5 : PROCES-VERBAL DES RESULTATS
DU LABORATOIRE

PROCES VERBAL D'ESSAI

N° du dossier : 21.1894
 Client : GEOEXPERTS
 Nom du chantier : MAINCY
 Nature : Marne calcaire argileuse beige brune grisâtre

N° Sondage : **E1 ST1**
 Profondeur (m) :
 Prélevé (m) :
 Réception : 17/05/2021

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE ET PAR SEDIMENTOMETRIE NFP 94-056 et NFP 94-057

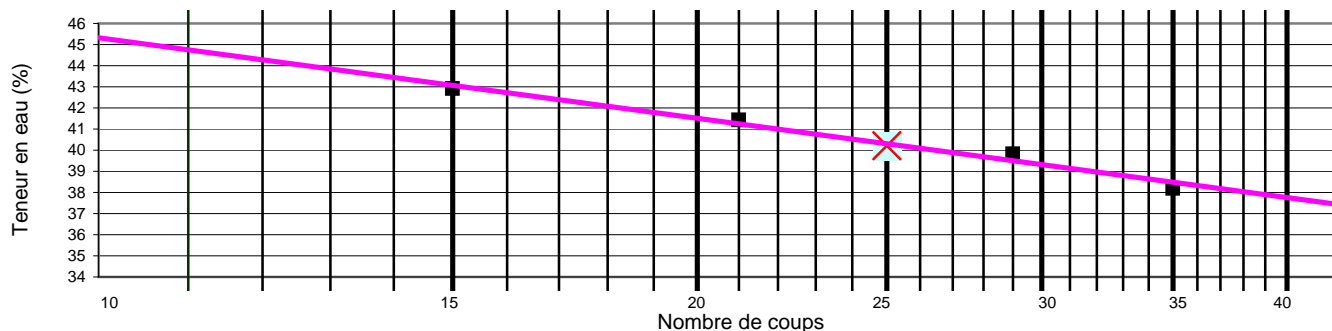


φ des tamis (mm)	100	80	63	50	40	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.125
Passant (%)							100.0	97.1	91.9	85.4	81.0	77.2	70.4	65.0

φ équivalent (μ)	80.0													
Passant (%)	63.9													

LIMITES D'ATTERBERG NFP 94-051

	LIQUIDITE				PLASTICITE		W naturelle = 17.5 %	
Nombre de coups	15	21	29	35				
N° de la tare	A	B	C	D	1	2	Limite liquidité WL = 40 %	
Poids total humide	51.17	49.82	51.77	50.26	46.84	46.95	Limite plasticité Wp = 21 %	
Poids total sec	36.02	35.44	37.23	36.57	41.05	41.35	Indice plasticité Ip = 19	
Poids de la tare	0.72	0.72	0.72	0.72	13.24	14.69	Indice consistance Ic = 1.18	
Poids net de l'eau	15.15	14.38	14.54	13.69	5.79	5.60		
Poids net matériau sec	35.30	34.72	36.51	35.85	27.81	26.66		
Teneur en eau (%)	42.9	41.4	39.8	38.2	20.8	21.0		



Classification GTR NFP 11.300

A2 m

PROCES VERBAL D'ESSAI

N° du dossier : 21.1894

N° Sondage : **E2 ST2**

Client : GEOEXPERTS

Profondeur (m) :

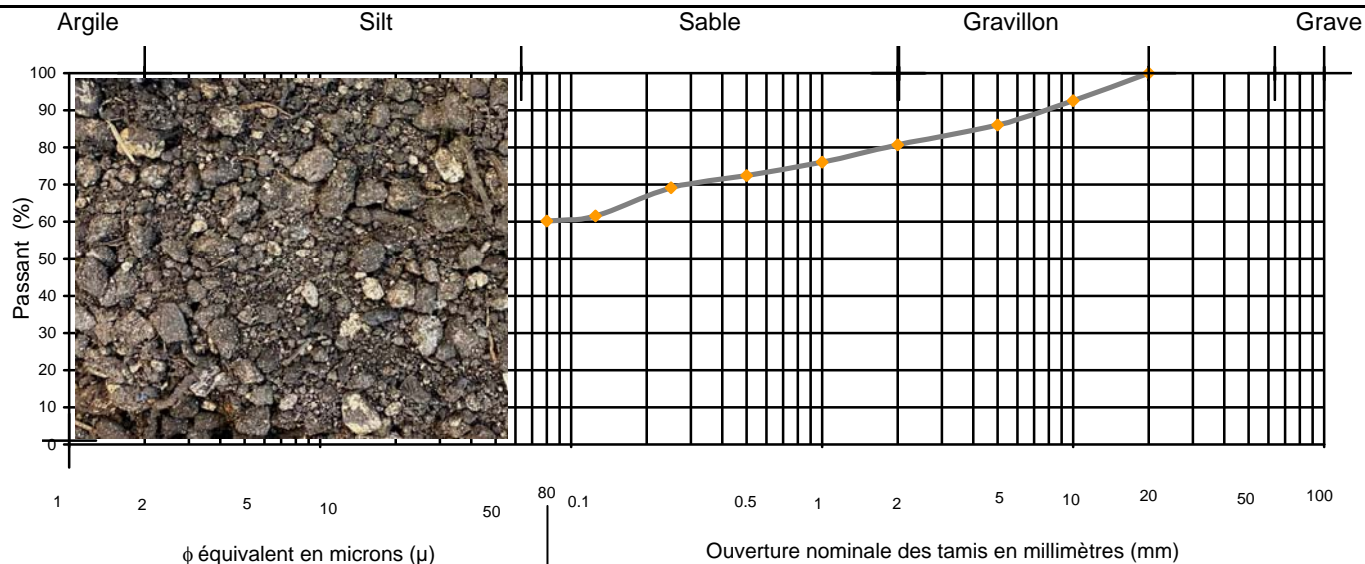
Nom du chantier : MAINCY

Prélevé (m) :

Nature : Remblai argilo à calcaire, brique, verre racine gris noir

Réception : 17/05/2021

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE ET PAR SEDIMENTOMETRIE NFP 94-056 et NFP 94-057

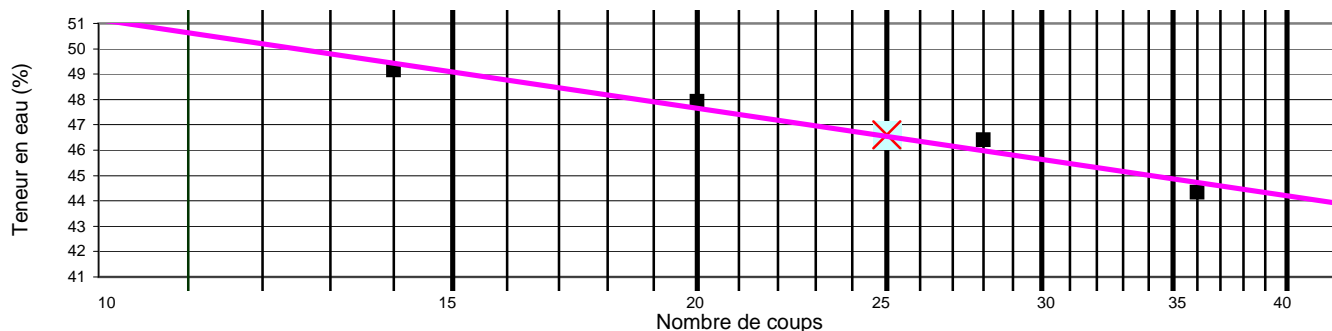


φ des tamis (mm)	100	80	63	50	40	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.125
Passant (%)							100.0	92.6	86.0	80.7	76.0	72.4	69.1	61.5

φ équivalent (μ)	80.0													
Passant (%)	60.1													

LIMITES D'ATTERBERG NFP 94-051

	LIQUIDITE					PLASTICITE		W naturelle = 19.6 %	
Nombre de coups	14	20	28	36					
N° de la tare	A	B	C	D		1	2	Limite liquidité WI = 47 %	
Poids total humide	40.41	41.35	35.62	40.31		37.81	38.95	Limite plasticité Wp = 25 %	
Poids total sec	27.33	28.19	24.56	28.15		32.62	33.62	Indice plasticité Ip = 22	
Poids de la tare	0.72	0.72	0.72	0.72		11.71	12.36	Indice consistance Ic = 1.25	
Poids net de l'eau	13.08	13.16	11.06	12.16		5.19	5.33		
Poids net matériau sec	26.61	27.47	23.84	27.43		20.91	21.26		
Teneur en eau (%)	49.2	47.9	46.4	44.3		24.8	25.1		



Classification GTR NFP 11.300

A2 s

ESSAI PROCTOR NORMAL et INDICE PORTANT IMMEDIAT

NF P 94.078

N° du dossier : 21.1894

N° Sondage : **E1 ST1**

Client : GEOEXPERTS

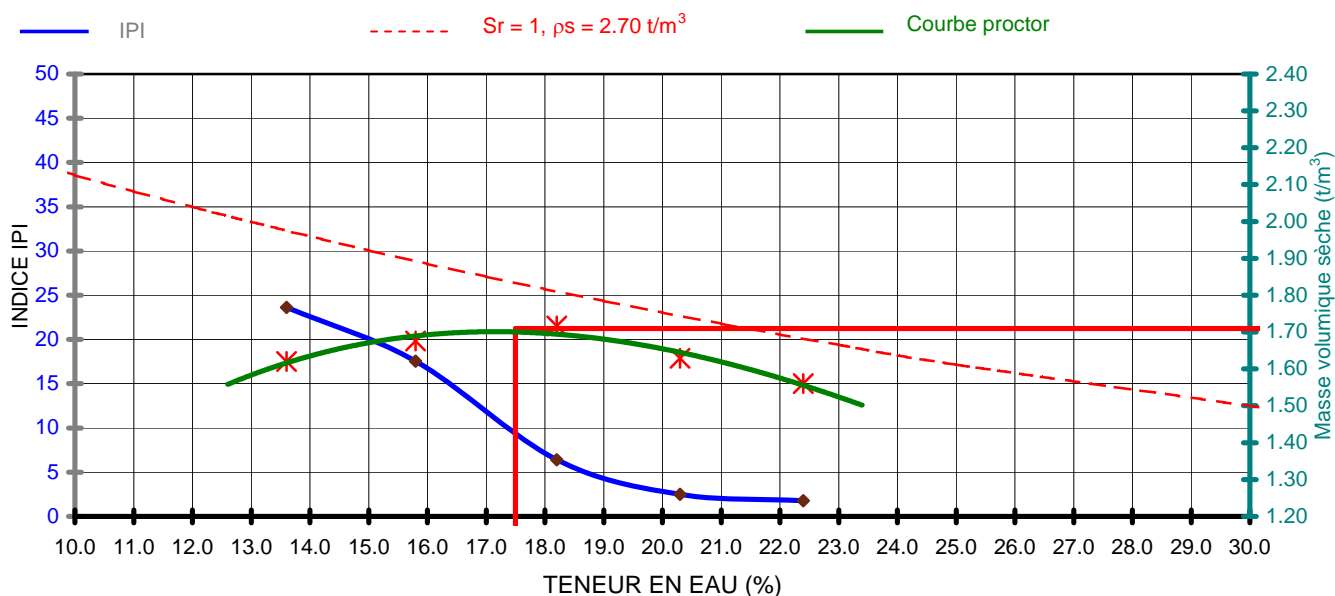
Profondeur (m) :

Nom du chantier : MAINCY

Prélevé(m) :

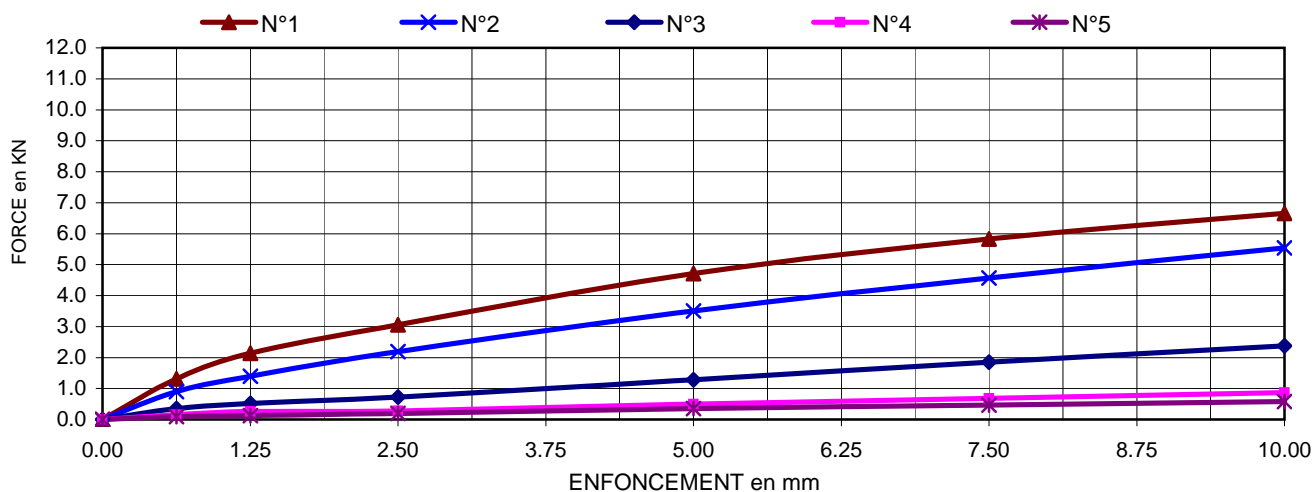
Nature : Marne calcaire argileuse beige brune grisâtre

Prog d'essai : 17/05/2021



Références à l'optimum Proctor

Fraction 0/20	ρ_d OPN =	1.71	t/m³	% > 20mm	Fraction 0/D	ρ_d OPN =	1.71	t/m³	IPI OPN
	W OPN =	17.5	%	0.0		W OPN =	17.5	%	9
Sondage et Profondeur - Repère N°		N°1	N°2	N°3	N°4	N°5			
Moule CBR - Nombre de coups/ couches		56c/3c	56c/3c	56c/3c	56c/3c	56c/3c			
W f après compactage (%)		13.6	15.8	18.2	20.3	22.4			
MASSE VOLUMIQUE SECHE ρ_d (t/m³)		1.62	1.68	1.72	1.63	1.56			
INDICE PORTANT IMMEDIAT	à 2.5 mm = $\frac{F \text{ en KN} \times 100}{13.35}$	23	16	5	2	1			
	à 5 mm = $\frac{F \text{ en KN} \times 100}{19.93}$	24	18	6	2	2			
IPI		24	18	6	2	2			



ESSAI PROCTOR NORMAL

NF P 94.093

N° du dossier : 21.1894

Client : GEOEXPERTS

Nom du chantier : MAINCY

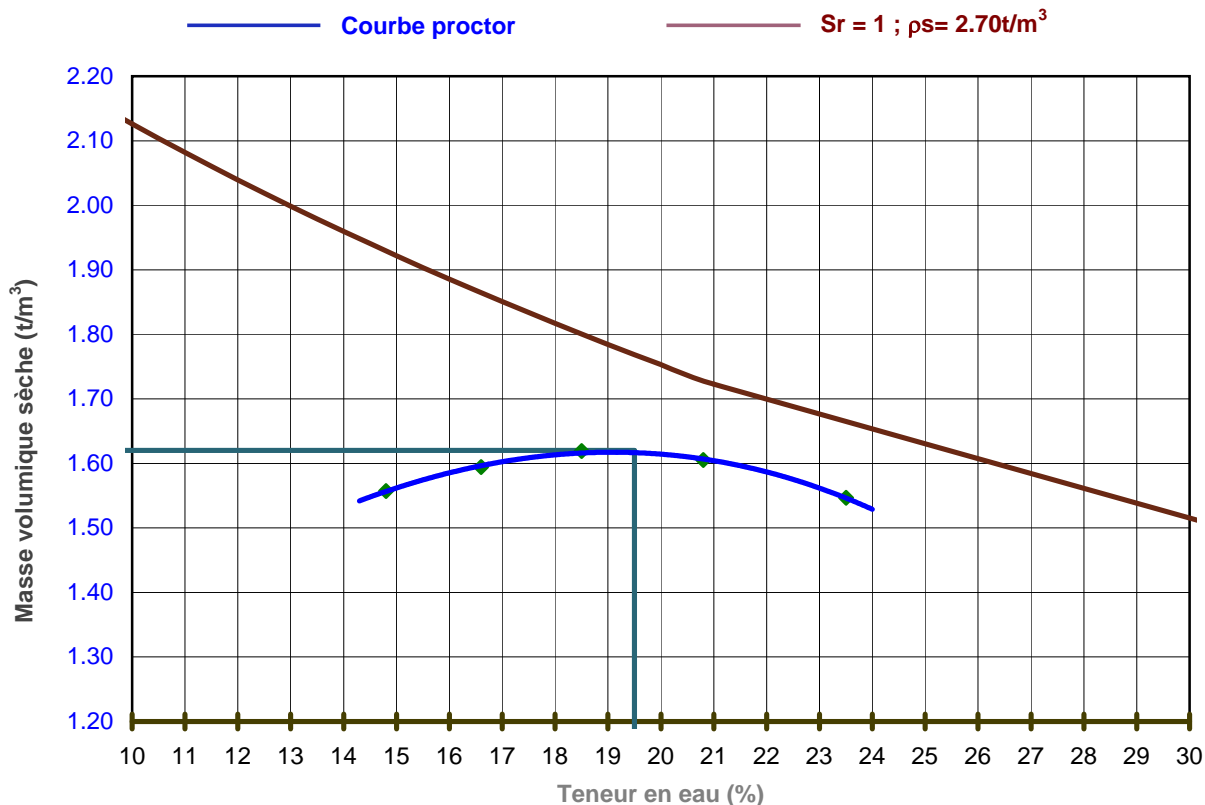
Nature : Remblai argilo marno brun noirâtre

N° Sondage : **E2 + E3**

Profondeur (m) :

Programme d'essai :

Dosage : **1% CaO CL90 + 6% CEMII 32.5 B/L**



Fraction 0/20

Masse volumique sèche OPN = 1.62 t/m³

Teneur en eau OPN = 19.5 %


Fraction 0/D

Masse volumique sèche OPN = 1.62 t/m³

% Refus à 20 mm = 0.0

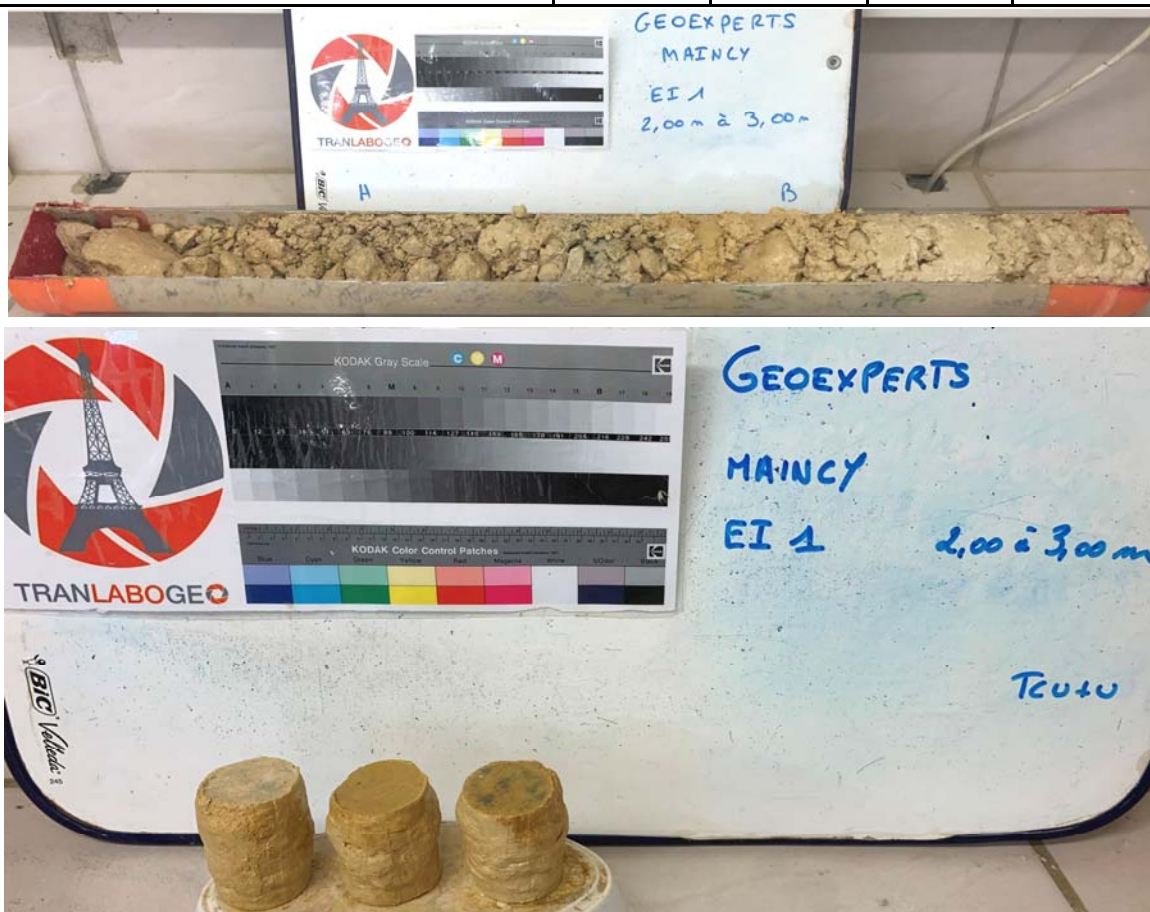
Teneur en eau OPN = 19.5 %

Sondage et Profondeur - Repère N°	N°1	N°2 Wnat	N°3	N°4	N°5
Moule CBR - Nombre de coups/ couches	56c/3c	56c/3c	56c/3c	56c/3c	56c/3c
W i avant traitement (%)	17.1	19.4	21.8	23.9	26.1
W f après compactage (%)	14.8	16.6	18.5	20.8	23.5
MASSE VOLUMIQUE SECHE ρ_d (t/m³)	1.56	1.59	1.62	1.61	1.55

TEST D'APTITUDE D'UN SOL AU TRAITEMENT NF P 94-100					
N° du dossier : 21.1894		Prélèvement : E2 + E3			
Client : GEOEXPERTS		Profondeur (m) :			
Nom du chantier : MAINCY		Programme d'essai : 17/05/2021			
Nature : Remblai argilo marno brun noirâtre		Dosage : 1% CaO CL90 + 6% CEMII 32.5 B/L			
Référence proctor normal : Wopn = 19.5 %			ρ_d opn = 1.62 t/m ³		
Confection statique à w opn et 96% de ρ_d opn					
W contrôle fin moulage =	19.7	%	Dimension de l'éprouvette		Φ (cm)
ρ_d contrôle (t/m ³) =	1.56	t/m ³			H (cm)
Mode de cure : immersion 7 jours dans l'eau à 40°C					
N° éprouvette	1	2	3	Moyenne	Aptitude au traitement
Volume initial avant immersion V_i (cm ³)	100.5	100.4	99.8		
Volume final après 7j immergé V_{7j} (cm ³)	101.9	101.6	101.4		
Gonflement volumique Gv (%)	1.4	1.2	1.6	1.4	Apte
Résistance à la traction indirecte Rtb (MPa)	0.206	0.202	0.207	0.205	Apte
Critère normatif	Gonflement volumique Gv (%)		Résistance à la traction indirecte Rtb (MPa)		
Traitement adapté	≤ 5		≥ 0.20 MPa		
Traitement douteux	$5 \leq Gv \leq 10$		≥ 0.10 MPa		
Traitement inadapté	> 10		< 0.10 MPa		
					
Conclusions :					
Gonflement volumique		<input checked="" type="checkbox"/> Apte	<input type="checkbox"/> Douteuse	<input type="checkbox"/> Inapte	
Résistance mécanique - Rtb		<input checked="" type="checkbox"/> Apte	<input type="checkbox"/> Douteuse	<input type="checkbox"/> Inapte	

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAI TRIAXIAL CONSOLIDE NON DRAINE CU + u				NFP 94-074
N° du dossier : 21.1894		N° Sondage : EI 1		
Client : GEOEXPERTS		Profondeur (m) : 2.00/3.00		
Chantier : MAINCY		Prélevé (m) : 2.80/2.90		
Nature du matériau : Grave calcaire marneuse beige jaunâtre				
Valeurs à l'état initial	1	2	3	Nappe (m) =
Hauteur (mm)	70.0	70.0	70.0	
Diamètre (mm)	35.0	35.0	35.0	
Teneur en eau (%)	9.8	10.5	10.6	
Masse volumique sèche (g/cm³)	1.96	1.97	1.97	
Masse volumique des particules solides estimée (g/cm³)	2.70	2.70	2.70	
Degré de saturation (%)	70.5	77.0	77.1	
Contre pression (MPa)	0.400	0.400	0.400	
Facteur de Skempton : B			0.94	
Contrainte effective de consolidation (MPa)	0.100	0.200	0.300	
Durée de consolidation : t100 (min)			1.5	
Valeurs à l'état consolidé				
Masse volumique sèche (g/cm³)	2.00	2.03	2.03	
Hauteur (mm)	68.8	68.2	67.8	
Volume (cm³)	66.2	65.6	65.2	
Teneur en eau (%)	13.0	12.3	12.1	
Degré de saturation (%)	100.0	100.0	100.0	



ESSAI TRIAXIAL CONSOLIDE NON DRAINE CU + u NFP 94-074

N° du dossier : 21.1894

N° Sondage : **EI 1**

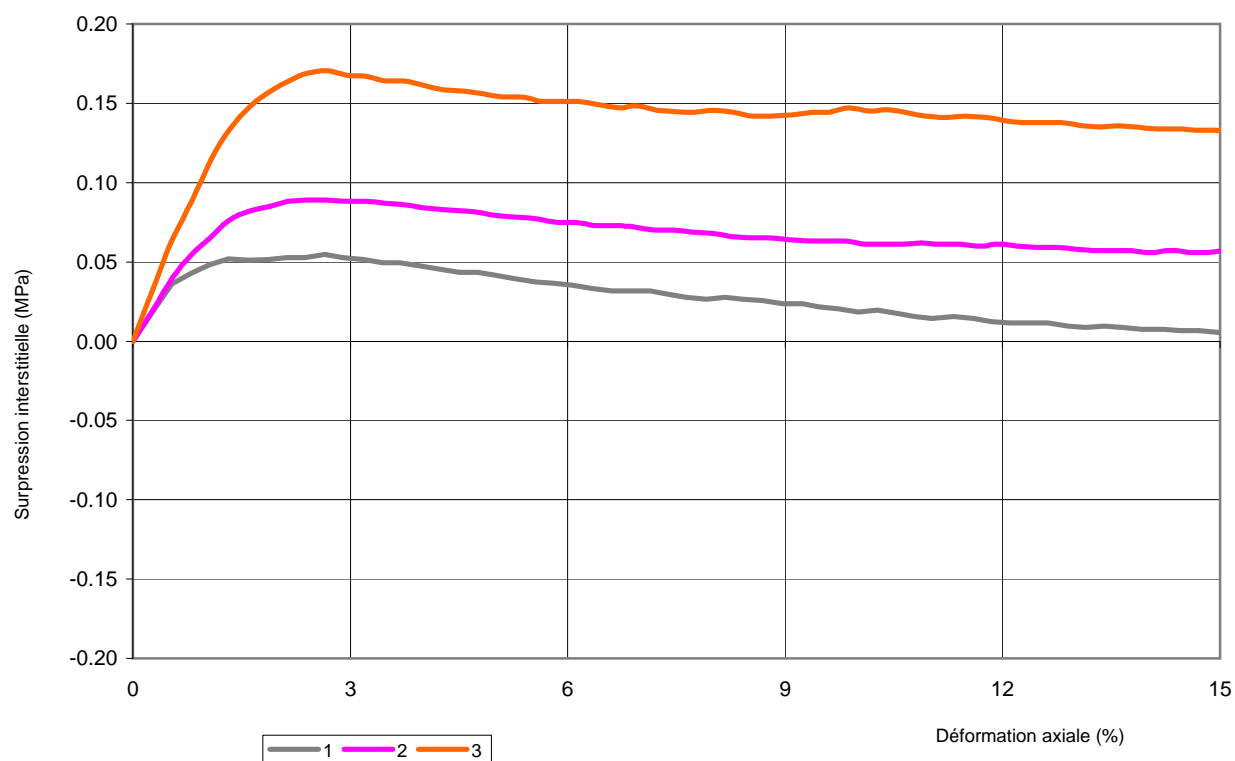
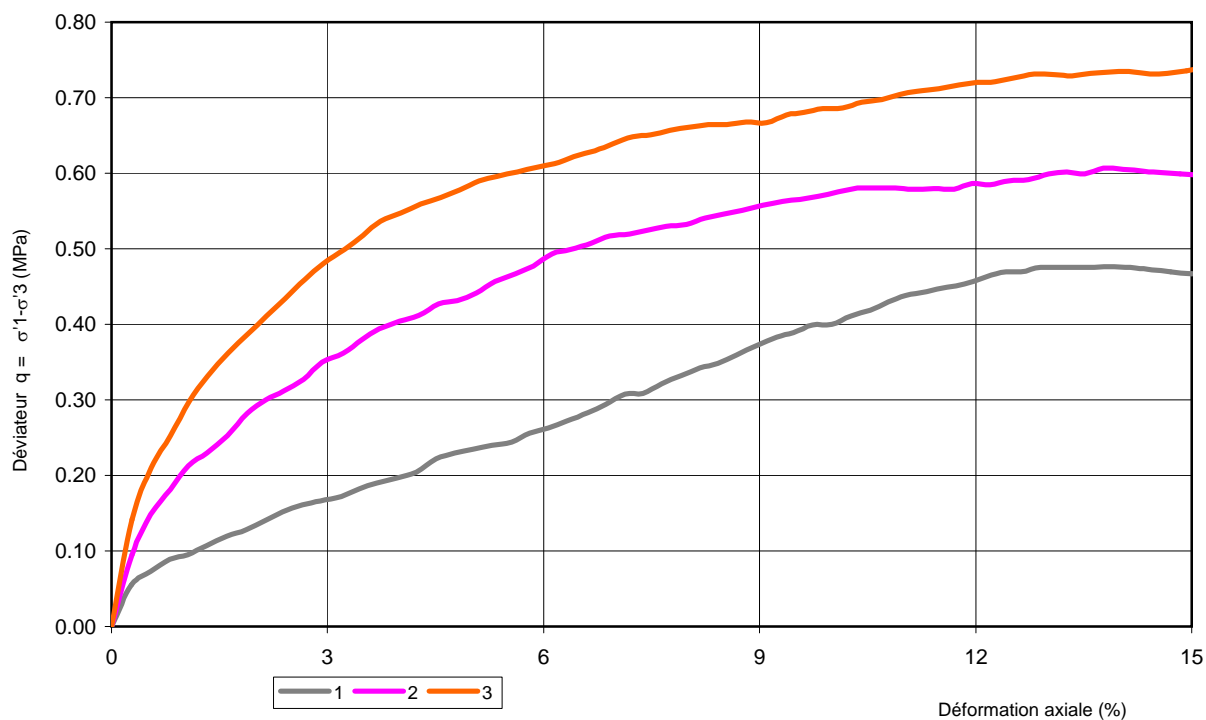
Client : GEOEXPERTS

Profondeur (m) : **2.00/3.00**

Chantier : MAINCY

Prélevé (m) : 2.80/2.90

Nature du matériau : Grave calcaire marneuse beige jaunâtre



PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAI TRIAXIAL CONSOLIDE NON DRAINE CU + u NFP 94-074

N° du dossier : 21.1894

N° Sondage : **EI 1**

Client : GEOEXPERTS

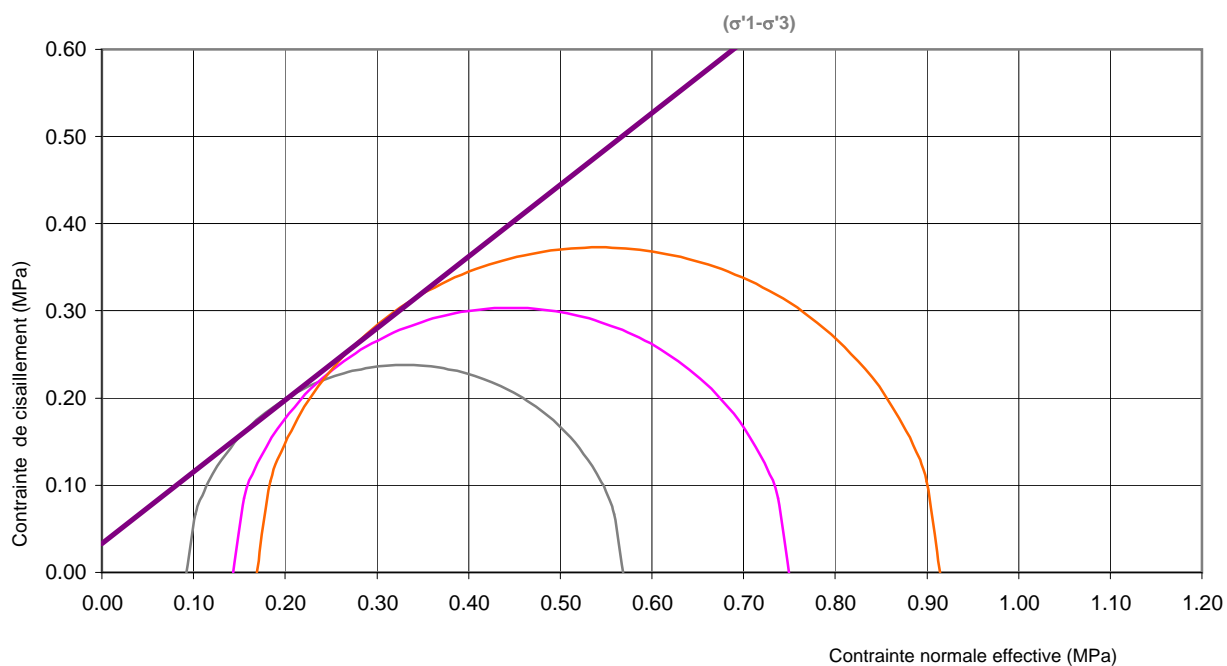
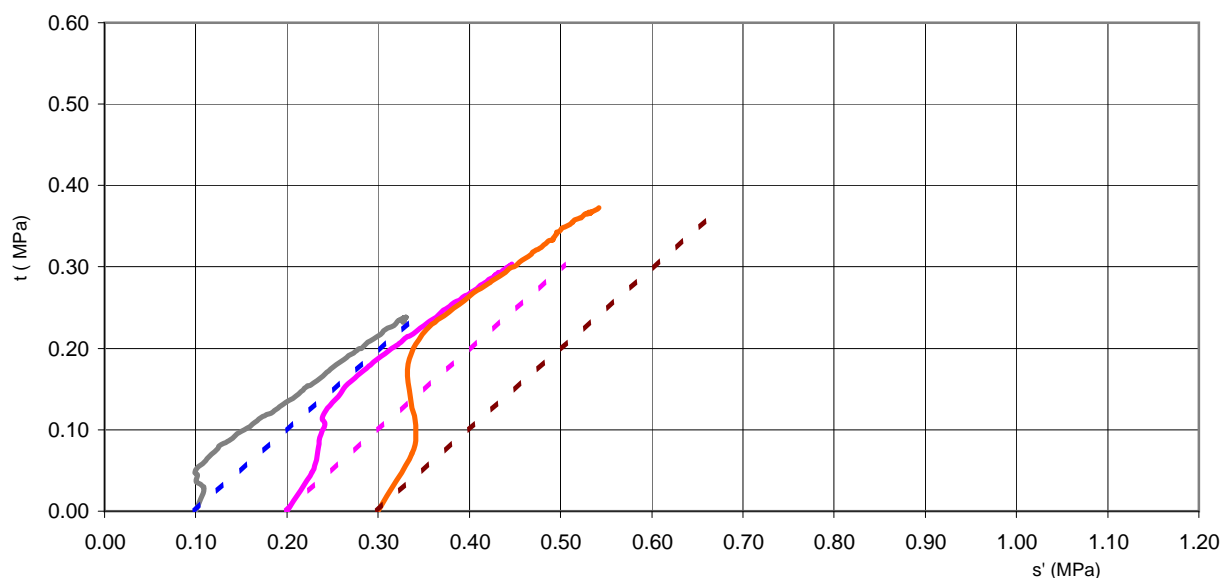
Profondeur (m) : **2.00/3.00**

Chantier : MAINCY

Prélevé (m) : 2.80/2.90

Nature du matériau : Grave calcaire marneuse beige jaunâtre

Critère de rupture LAMBE					
q=	($\sigma'_1 - \sigma'_3$) max	$s' = (\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$	0.330	0.446	0.542
	MPa	$t = (\sigma'_1 - \sigma'_3)/2$	0.238	0.303	0.373
Déformation axiale à la rupture (%)			13.93	13.77	15.75
Surpression interstitielle à la rupture (MPa)			0.007	0.057	0.131
Cohésion (KPa)			32.9		
Angle de frottement (°)			39.5		



ESSAI TRIAXIAL CONSOLIDE NON DRAINE CU + u NFP 94-074

N° du dossier : 21.1894

N° Sondage : **EI 1**

Client : GEOEXPERTS

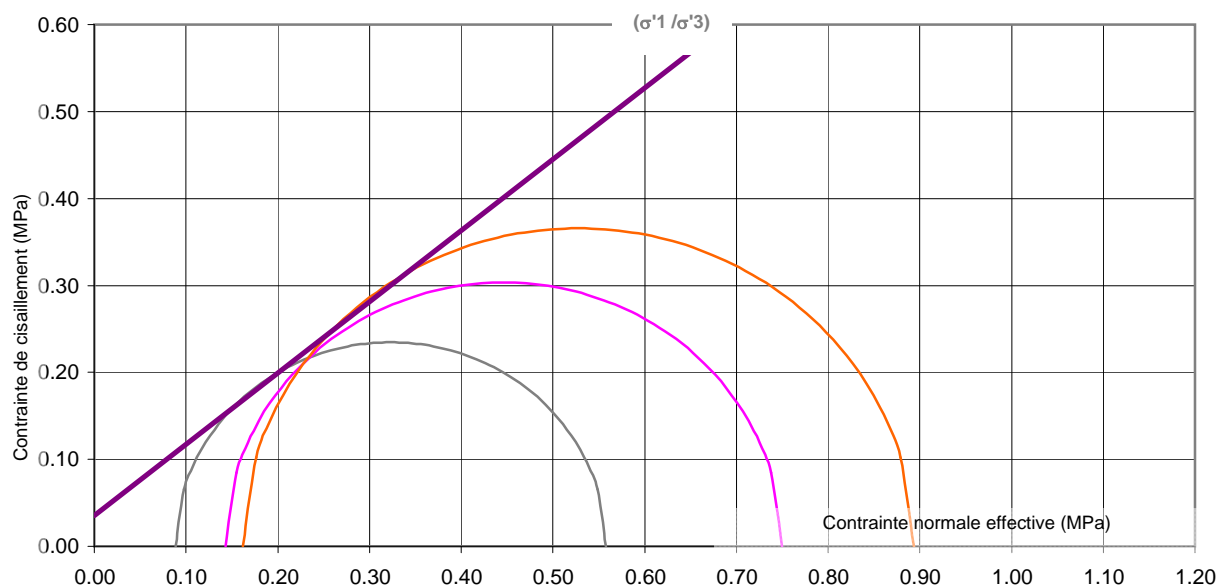
Profondeur (m) : **2.00/3.00**

Chantier : MAINCY

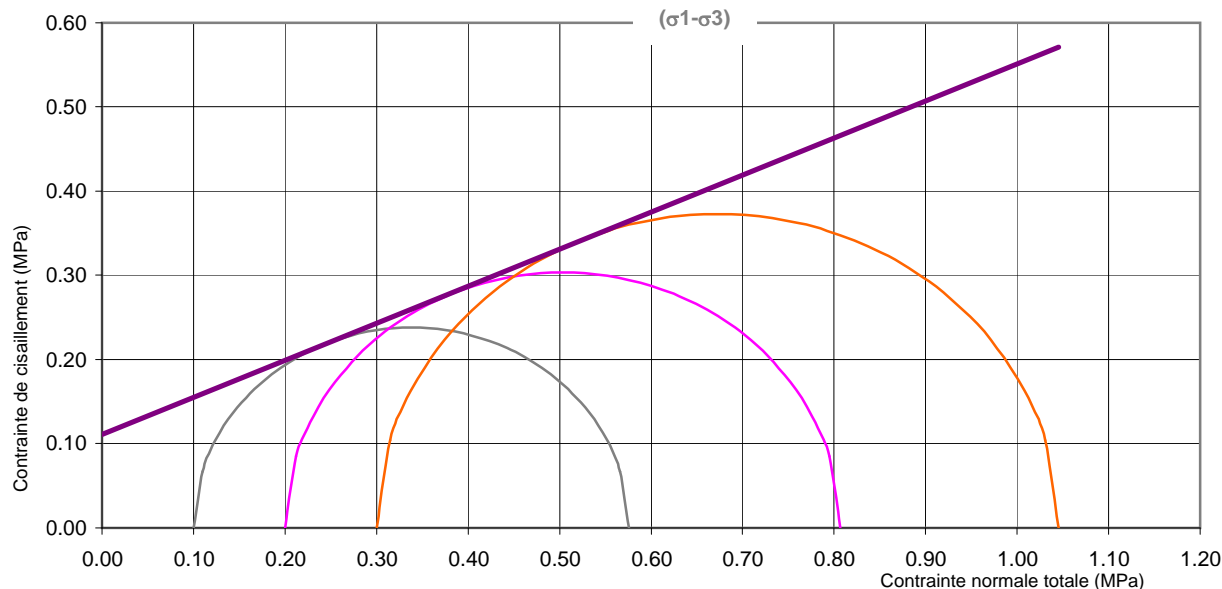
Prélevé (m) : 2.80/2.90

Nature du matériau : Grave calcaire marneuse beige jaunâtre

Critère de rupture CAMBRIDGE					
à	(σ'_1 / σ'_3) max	$s'=(\sigma'_1+\sigma'_3)/2$	0.323	0.446	0.528
	MPa	$t=(\sigma'_1-\sigma'_3)/2$	0.235	0.303	0.366
Déformation axiale à la rupture (%)			12.62	13.77	12.81
Surpression interstitielle à la rupture (MPa)			0.012	0.057	0.138
Cohésion (KPa)			35.0		
Angle de frottement (°)			39.3		



q=	($\sigma_1 - \sigma_3$) max	$s'=(\sigma_1+\sigma_3)/2$	0.338	0.503	0.673
	MPa	$t=(\sigma_1-\sigma_3)/2$	0.238	0.303	0.373
Déformation axiale à la rupture (%)			13.93	13.77	15.75
Cohésion Ccu (KPa)			110.8		
Angle de frottement Φ_{cu} (°)			23.8		



PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAI TRIAXIAL CONSOLIDE NON DRAINE CU + u NFP 94-074

N° du dossier : 21.1894

N° Sondage : **EI 1**

Client : GEOEXPERTS

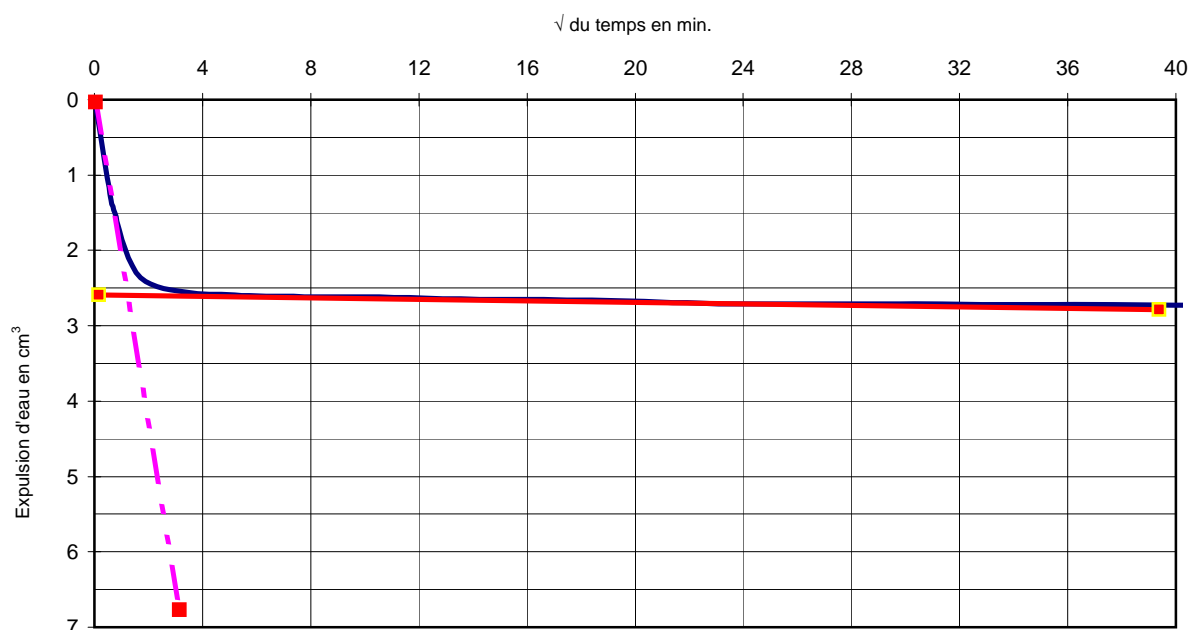
Profondeur (m) : **2.00/3.00**

Chantier : MAINCY

Prélevé (m) : 2.80/2.90

Nature du matériau : Grave calcaire marneuse beige jaunâtre

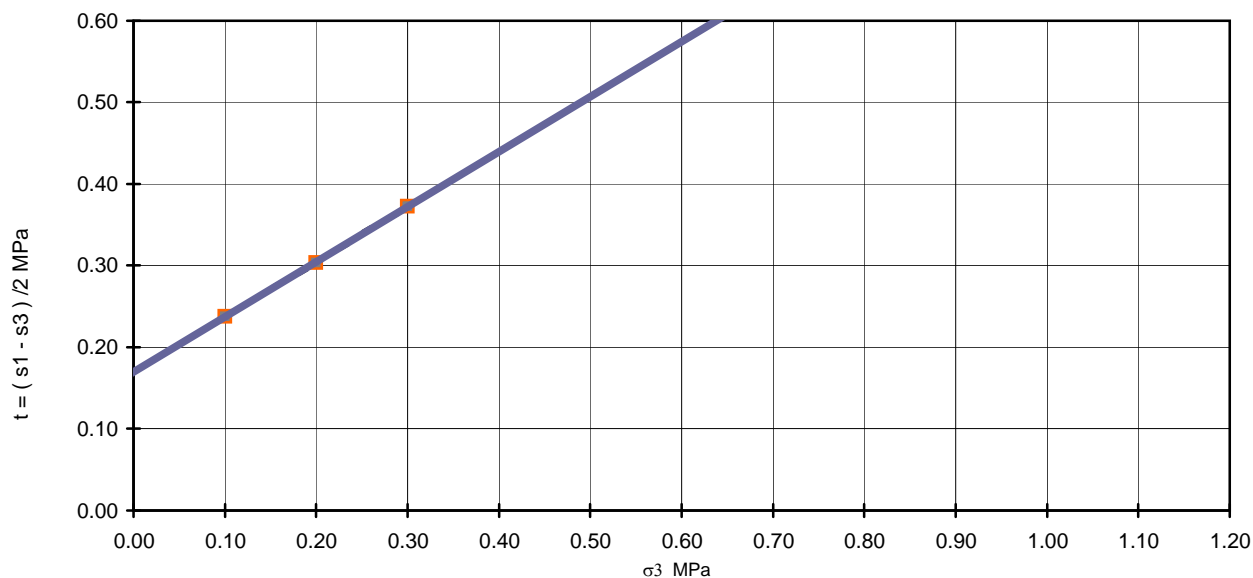
ΔH à la rupture présumé (%)	5	Mode de rupture		
T ₁₀₀ (min.) de la plus forte contrainte	1.5	Cisaillement	Cisaillement	Cisaillement
Vitesse maximale calculée (μ/min)	152.2	Vitesse d'écrasement (μ/min)		45



λ_{cu} : Augmentation de cohésion non drainé en fonction de contraintes consolidation

0.67

$$y = 0.6743x + 0.1699$$



ANNEXE 6 : FEUILLES DE CALCUL DES TASSEMENTS
SOUS LE LOGICIEL PLAXIS 2D

PROFIL DE CALCUL

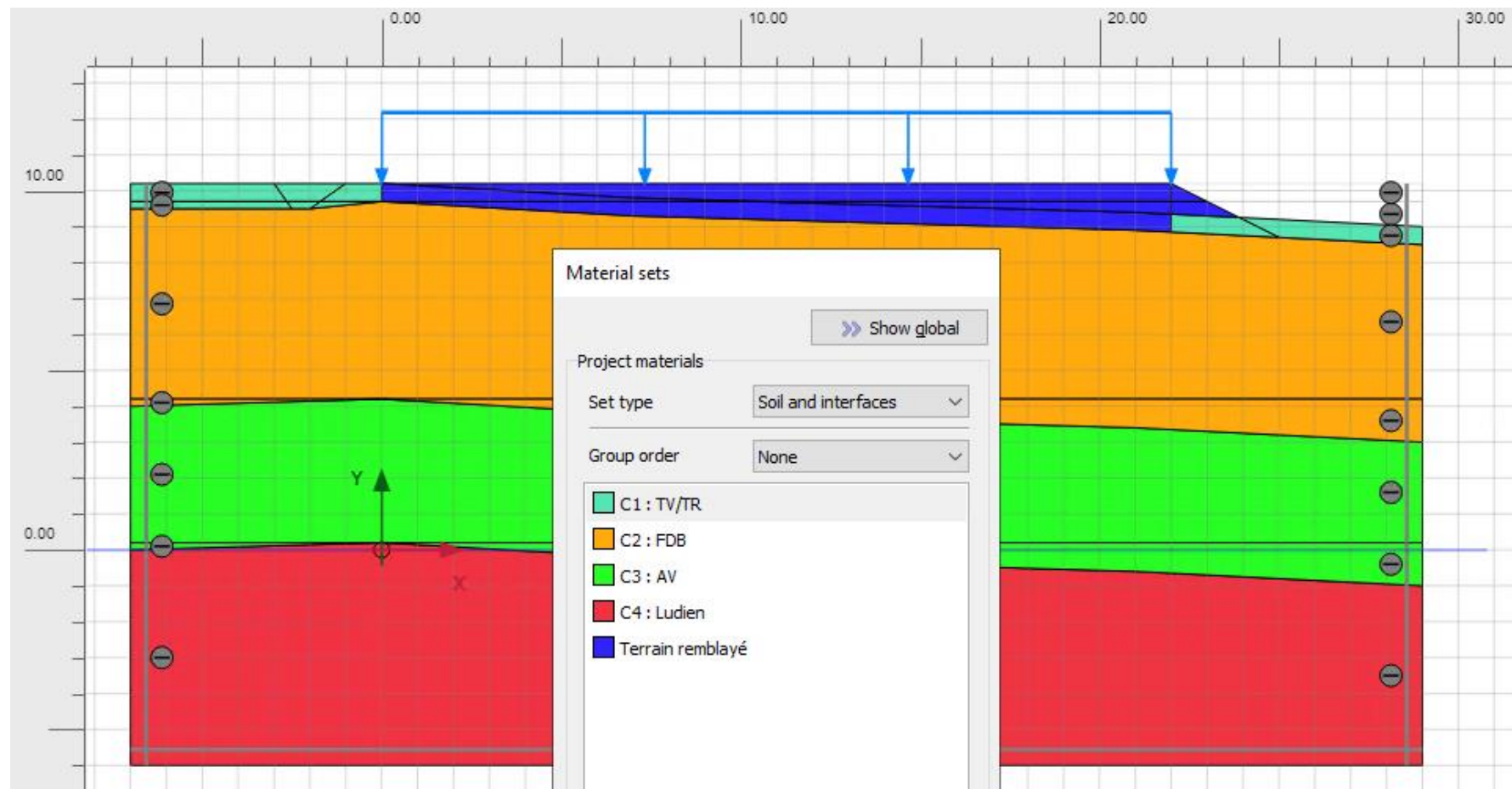


Figure 1 - Modèle de calcul

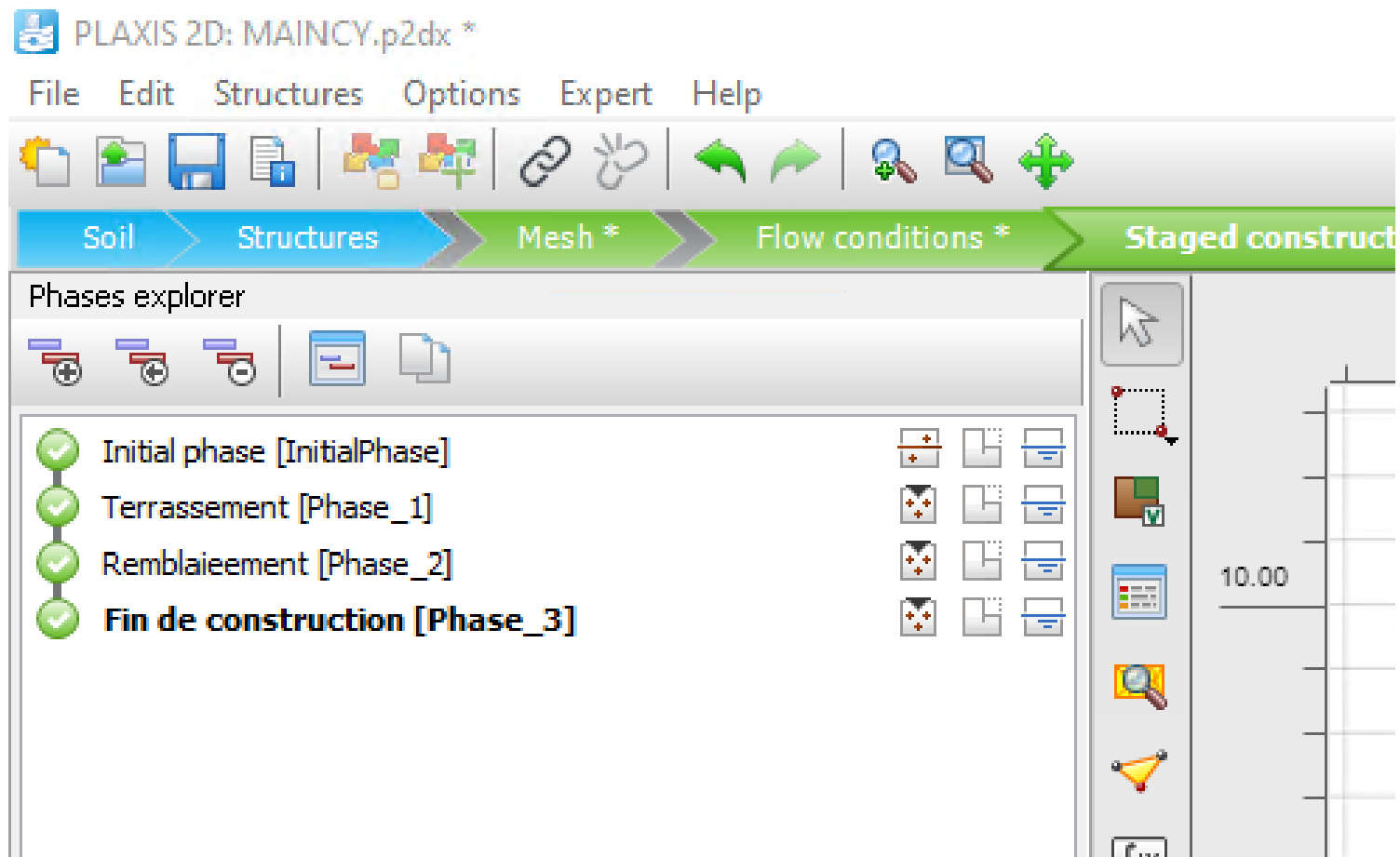


Figure 2 - Etapes d'analyse du profil

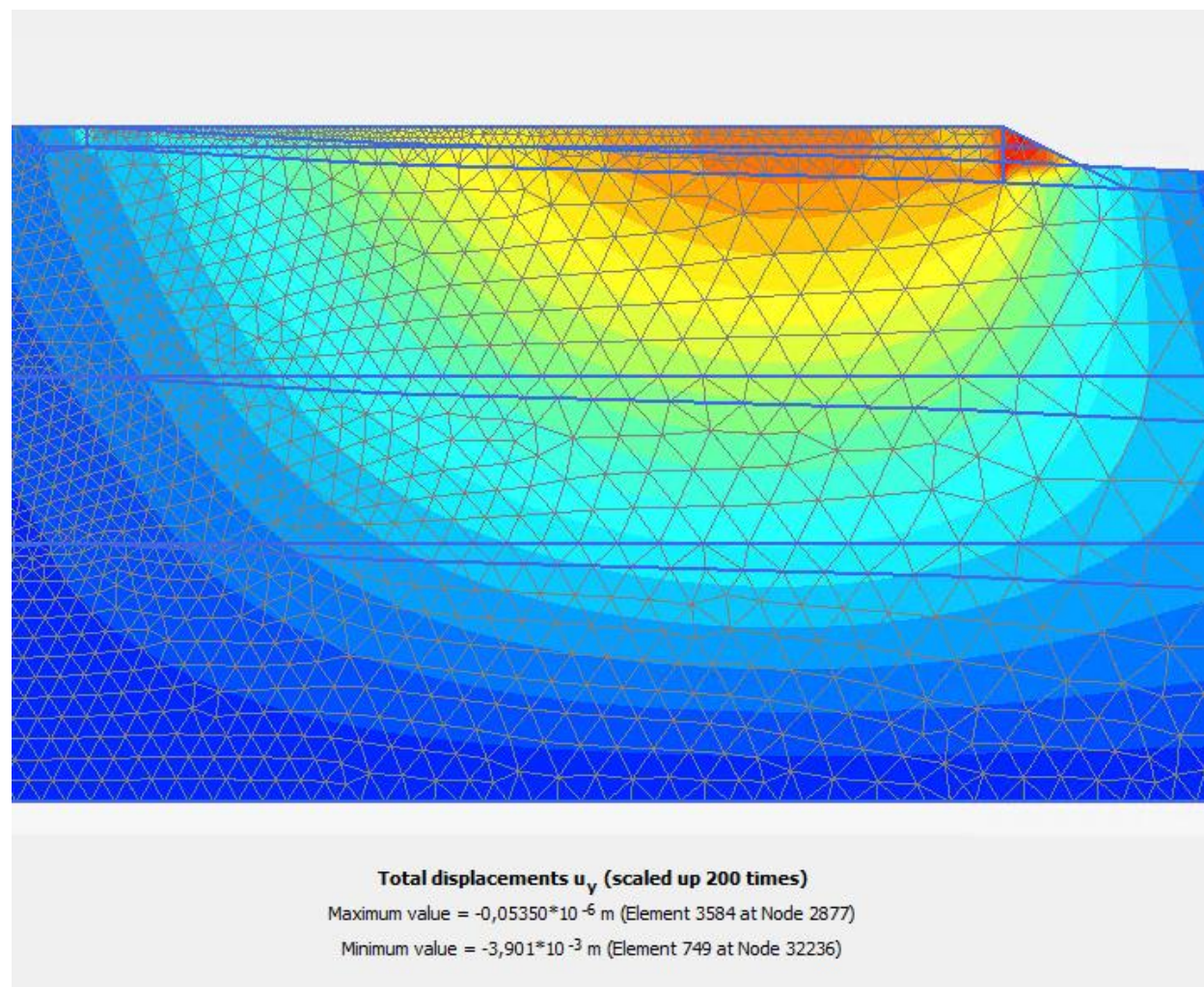


Figure 3 – Déplacement vertical des terrains remblayés dans la phase de remblaiement

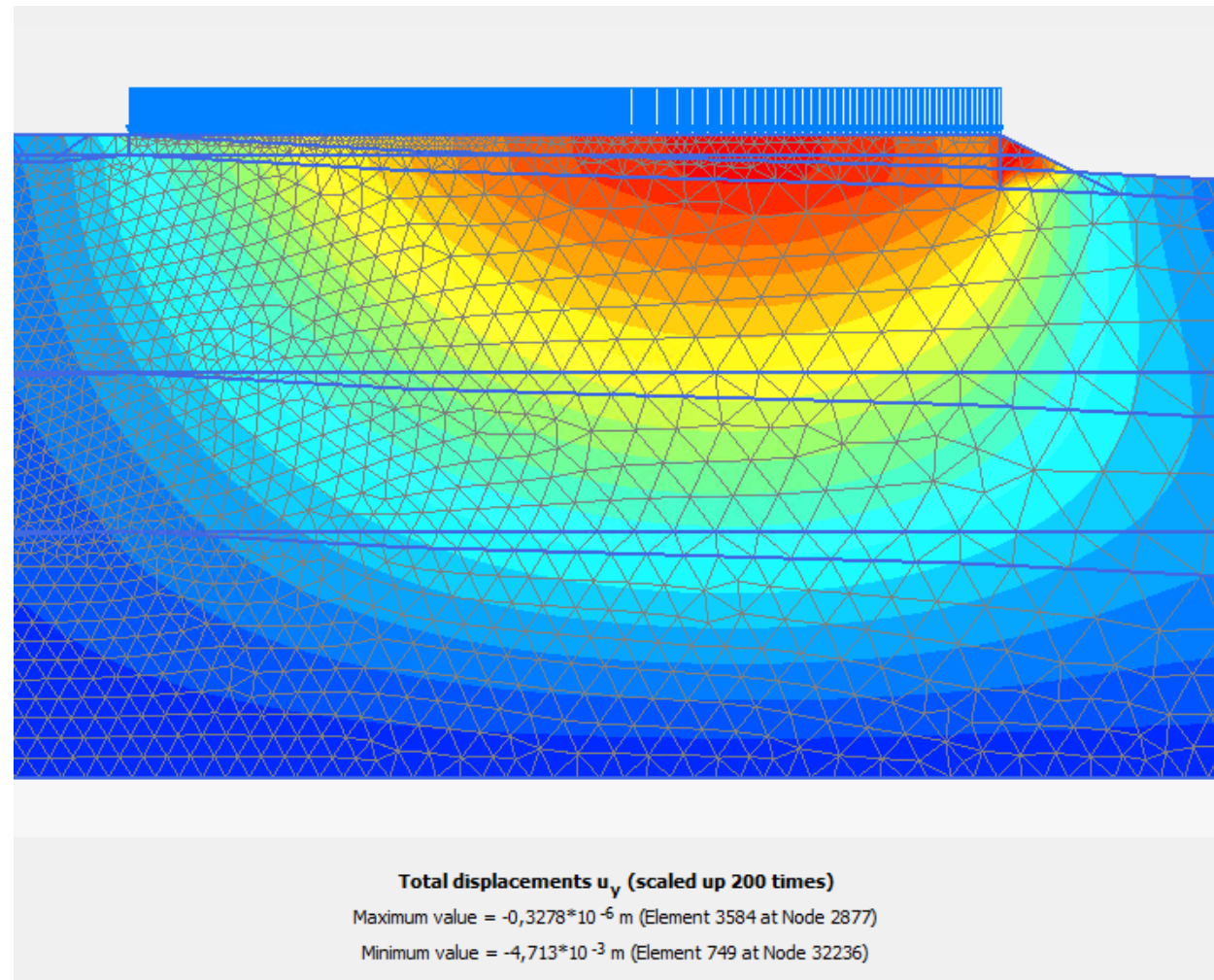


Figure 4 - Déplacement vertical des terrains remblayés dans la phase de fin de construction

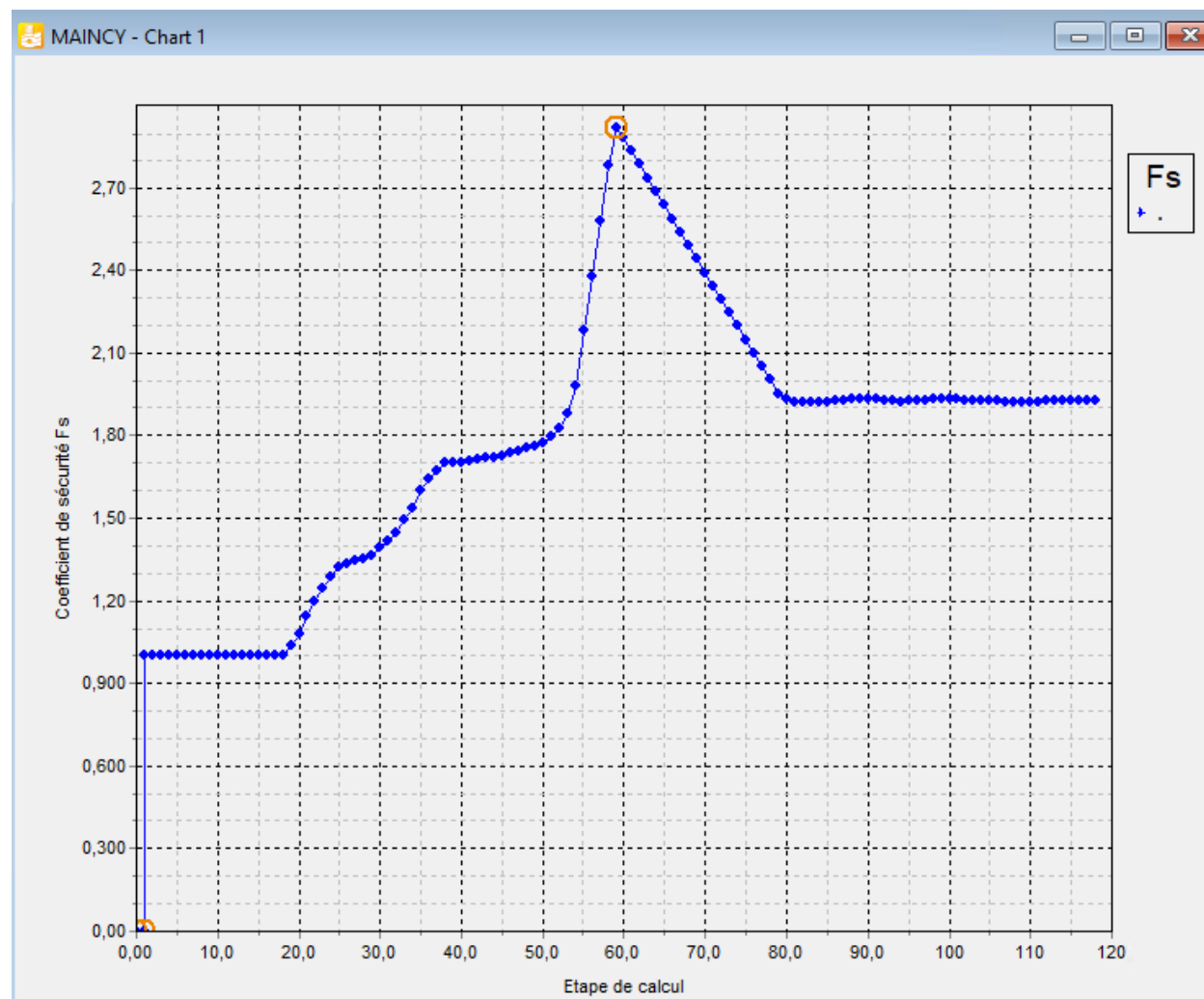


Figure 5 – Coefficient de sécurité F_s