



GÉotechnique
sciences de la terre sas

GEOTECHNIQUE SAS
Agence d'Avignon
473 Chemin de la Banastière
84276 VEDENE

Tél : 04 90 01 39 02
Contact84@geotechnique-sas.com

RAPPORT D'ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION G2 PHASE PRO

Localisation

CHUSCLAN (30)
CEA de Marcoule
Route départementale 765 – ZA Marcel Boiteux

Projet

Construction d'un bâtiment d'enseignement théorique – Projet INVICTUS

Maitre d'Ouvrage

CEA - Centre de Marcoule



REFERENCE : 2023-03-530 G2 PRO

Ind.	Date	Contenu	Rédacteur	Vérificateur	Observations
A	28/08/2024	28 pages + 6 annexes	A. MOLINIER	M.SENOUSI	Première diffusion
B	30/09/2024	29 pages + 6 annexes	A. MOLINIER	M. TAPPA	Deuxième diffusion

Référentiel document : v2 22/12/2020

PLAN DU RAPPORT

1	PRESENTATION	3
1.1	Définition de l'opération	3
1.2	Contrat – Mission géotechnique	3
1.3	Cadre réglementaire	4
1.4	Documents communiqués	4
1.5	Caractéristiques du projet	5
1.6	Plan de fondations et DDC	6
1.7	Caractéristiques générales du site – rappels Mission G2 AVP.....	7
2	INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES EN G2 AVP	8
2.1	Implantation et nivellement.....	8
2.2	Investigations réalisées.....	8
2.2.1	Essais en laboratoire.....	9
3	SYNTHESE GEOTECHNIQUE (RAPPEL G2 AVP).....	10
3.1	Stratigraphie du terrain - caractéristiques mécaniques	10
3.2	Résultats d'essais en laboratoire	11
3.3	Sensibilité au retrait-gonflement des sols argileux.....	12
3.4	Niveaux des eaux souterraines	12
3.5	Conditions sismiques.....	13
3.5.1	Données réglementaires	13
3.6	Reconnaitances sur ouvrages existants et avoisinants	13
4	APPLICATIONS GEOTECHNIQUES AU PROJET	15
4.1	Modèle géotechnique retenu	15
4.2	Niveaux caractéristiques des eaux souterraines	15
4.3	Zone d'influence géotechnique (ZIG).....	15
4.4	Adaptations techniques retenues	16
4.5	Adaptations vis-à-vis des avoisinants et mitoyens.....	16
5	CONCEPTION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES	18
5.1	Principes généraux de terrassements	18
5.1.1	Recommandations générales.....	18
5.1.2	Terrassements projetés.....	18
5.1.3	Travaux préparatoires – décapage de surface / purges	18
5.1.4	Drainage du terrain.....	19
5.1.5	Réalisation des déblais.....	19
5.1.6	Arase terrassement	19
5.1.7	Conditions de réemploi des matériaux du site.....	20
5.1.8	Conditions d'utilisation de matériaux d'apport	20
5.2	Réalisation de la plateforme bâtiment	21
5.2.1	Assise du dallage, couche de forme.....	21

5.2.2	Critères de réception	22
5.2.3	Modèle géotechnique spécifique	22
5.2.4	Tassements prévisibles	22
5.2.5	Précautions concernant les réseaux enterrés	22
5.3	Etude des fondations superficielles (Norme NF P94-261)	23
5.3.1	Documents de référence / Méthode de calcul	23
5.3.2	Sol d'assise et conditions d'ancrage	23
5.3.3	Contraintes admissibles	23
5.3.4	Capacité portante sismique	24
5.3.5	Capacité portante – ELS/ELU	24
5.3.6	Evaluation des tassements.....	24
5.3.7	Conditions et précautions d'exécution des fondations.....	25
6	DISPOSITIONS COMPLEMENTAIRES	26
6.1	Protection des ouvrages contre l'eau.....	26
6.2	Protection vis-à-vis du risque de retrait / gonflement des sols	26
6.2.1	Recommandations structurelles complémentaires	27
6.2.2	Recommandations vis-à-vis des réseaux enterrés	27
6.2.3	Recommandations vis-à-vis de l'environnement proche	27
6.3	Protection vis-à-vis du risque sismique	28
7	CONDITIONS GENERALES DE VALIDITE DU RAPPORT	29
Annexe 1 : Extrait de la norme NF P94-500 de novembre 2013		
Annexe 2 : Conditions de validité de l'étude		
Annexe 3 : Implantation des sondages		
Annexe 4 : Sondages et essais		
Annexe 5 : Essais en laboratoire		
Annexe 6 : Notes de calcul		

Le présent document devient la propriété du client uniquement après paiement intégral de la prestation correspondante.

1 PRESENTATION

1.1 Définition de l'opération

Le Maître d'Ouvrage envisage la construction d'un bâtiment d'enseignement théorique, implanté au sein du CEA de Marcoule, sur la commune de CHUSCLAN (30).

Les principaux intervenants du projet sont :

- Maître d'ouvrage : CEA -Agence de Marcoule.

1.2 Contrat – Mission géotechnique

À la demande de **CEA – Agence de Marcoule (Maître d'Ouvrage)**, notre société **GEOTECHNIQUE SAS** a été mandatée afin de réaliser une mission géotechnique.

Notre offre d'étude géotechnique référencée VJt2023-05-476 en date du 06/06/2023 a été acceptée le 27/06/2023.

Conformément à notre offre et selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013, il s'agit d'une **mission géotechnique de conception** comprenant uniquement la **phase Projet** (G2 PRO), sans estimation des quantités, des délais et des coûts d'exécution des ouvrages géotechniques.

Elle consiste à :

- réaliser une synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet ;
- établir les notes techniques correspondant aux principes constructifs suivants :
 - fondations du bâtiment ;
- établir les notes de calculs correspondantes si nécessaire ;
- donner les conditions de terrassements associées à la réalisation du projet ;
- donner les dispositions à prendre en compte vis-à-vis de la nappe ;
- donner un avis sur les valeurs seuils à retenir.

Il convient de rappeler que les aspects non exhaustifs suivants ne font pas partie de la mission :

- les études environnementales éventuelles (diagnostic de pollution, voisinage, etc...) ;
- la reconnaissance des anomalies géotechniques en dehors de l'emprise des investigations.

Concernant les eaux souterraines, les informations hydrogéologiques intégrées à la présente mission sont limitées à l'enquête documentaire générale et au report des niveaux d'eaux mesurés en cours d'investigations.

Un rapport d'étude G2 AVP, référencé VJT2023-03-530, en date du 27/02/2024 a été réalisé par nos soins.

1.3 Cadre réglementaire

Les textes normatifs et documents de référence appliqués dans le cadre de cette étude sont les suivants :

- Eurocode 7 – Calculs géotechniques
- Norme NF P94-261 – Calcul Géotechnique – Fondations superficielles (juin 2013),
- NF P 11-211 – DTU 13.11 Fondations superficielles,
- NF P 11-213 – DTU 13.3 partie 1 – Dallages,
- Guide Technique SETRA-LCPC « réalisation des remblais et des couches de formes » Fascicules I et II,
- Normes AFNOR en vigueur concernant les travaux de sondages et essais in-situ ou de laboratoire,
- Manuel de conception Chaussées neuves à faible trafic du Ministère des transports.

1.4 Documents communiqués

Les documents suivants nous ont été communiqués :

Document	Fourni par	Référence	Echelle	Date
Plan vue de dessus – descentes de charges -	CEA	23-30-E143 INVICTUS CEA	1/125	31/05/2024
Plan de coffrage-Plancher haut du RDC et fondations dallage		23-30-E143- INVICTUS CEA	1/75	28/05/2024

L'ensemble des combinaisons d'actions devra être étudié en phase exécution (notamment séisme), pour chaque appui, dans le cadre de la mission G3 à la charge de l'entrepreneur.

Les surcharges d'exploitation nous ont été transmises pour le dallage de l'extension :

Élément	Surcharge (t/m ²)
Dallage – Extension	0.5

1.7 Caractéristiques générales du site – rappels Mission G2 AVP

L'enquête bibliographique relative au site est présentée dans le rapport AVP et rappelée succinctement ci-après :

- **Topographie** : Le terrain s'insère au sein du CEA de Marcoule. D'après le plan qui nous a été communiqué, il se situe à une altitude variant entre +58.6 à +58.8 m NGF. La déclivité naturelle du site est relativement nulle.
- **Contexte géologique** : d'après la carte géologique du secteur la succession lithologique attendue comprend :
 - Des remblais d'aménagement,
 - Les alluvions de nature limono-argileuses,
 - Les sables jaunes micacés de l'Astien,
 - Le substratum rocheux représenté par des calcaires gréseux du Turonien
- **Aléa sismique** : zone de sismicité 3 (aléa modéré) ;
- **Aléa retrait/gonflement** : zone d'exposition « moyen » au sens de la cartographie B.R.G.M ;
- **Aléa mouvement de terrain** : D'après la base de données du BRGM, aucun mouvement de terrain, ni cavités naturelles ne sont référencés dans les alentours proches du site étudié (<500m).
- **Aléa inondation par débordement** : D'après le Plan de Prévention des Risques inondation en vigueur sur la commune (approuvé en Mars 2000), le terrain n'est pas cartographié en zone exposée.
- **Aléa inondation par remontée de nappe** : D'après les données issues du BRGM, le site est cartographié au droit d'un espace à entité hydrogéologique imperméable à l'affleurement vis-à-vis du risque d'inondation par remontée de nappe.

2 INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES EN G2 AVP

2.1 Implantation et nivellement

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan d'implantation joint en annexe 3. Elle a été définie en fonction de la configuration du projet, des emprises disponibles sur le site et de la localisation des réseaux enterrés.

Les altitudes NGF des têtes de sondages ont été mesurées lors du marquage-piquetage réalisé par l'entreprise DRIM.

Remarque : Il conviendra de vérifier le rattachement en cotes N.G.F. à partir du référentiel que nous avons considéré.

Aucun sondage complémentaire n'a été réalisé au stade G2 PRO.

2.2 Investigations réalisées

Les investigations suivantes ont été réalisées dans le cadre de la présente mission G2 AVP :

Type de sondage	Référence	Cote NGF	Prof. / TN	Commentaires
Sondages pressiométriques Norme NF P 94-110 Méthode de forage : tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	SP1	+59.2	8.0 (7 essais)	Arrêt volontaire
	SP2	+58.1	8.0 (7 essais)	Arrêt volontaire
Sondages semi-destructifs Méthode de forage : tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	ST1	+58.5	6.0	Arrêt volontaire
	ST2	+59.1	2.3	Mené au refus
	PM1	+58.0	2.0	Arrêt volontaire
	PM2	+58.4	2.0	Arrêt volontaire
Fouilles de reconnaissance de fondations	RF1	+58.8	1.2	Mené au refus
	RF2	+58.9	1.0	Mené au refus

Les coupes lithologiques associées aux sondages destructifs sont estimées à partir des cuttings de forages, des paramètres de forage et des indications données par le chef sondeur.

Les résultats détaillés des sondages et essais sont insérés en annexe 4.

2.2.1 Essais en laboratoire

Les essais en laboratoire décrits dans le tableau ci-dessous ont été effectués :

<i>Type d'essai</i>	<i>Quantité</i>
Teneur en eau naturelle - NF P94-050	1
Analyse granulométrique par tamisage - NF P94-056	1
Valeur au bleu du sol (VBS) - NF P94-068	1
Classification des sols (GTR) - NF P11-300	1

3 SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE (RAPPEL G2 AVP)

La description lithologique des terrains a été établie à partir des résultats des investigations effectuées et par corrélation entre les éléments suivants :

- les paramètres de forage :
 - la vitesse d'avancement instantanée généralement fonction de la résistance mécanique des sols traversés (élevée dans les horizons « mous » à lâches et faibles dans les formations compactes),
 - la pression d'injection des fluides de forage, généralement élevée dans les terrains peu perméables (argiles, limons et roches saines),
 - la pression sur l'outil de forage ainsi que le couple de rotation moteur, peu variables mais dépendant toutefois du matériau traversé (plus élevé généralement dans les formations graveleuses ou granuleuses et abrasives).
- les échantillons remaniés prélevés au droit des sondages à la tarière hélicoïdale ;
- les valeurs pressiométriques qui permettent de définir la compacité des sols ;
- les essais en laboratoire, notamment la valeur au bleu ou les limites d'Atterberg qui permettent d'appréhender le degré d'argilosité des sols ;
- les analyses granulométriques des sols.

Nota : la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain tel qu'il était au moment des investigations.

3.1 Stratigraphie du terrain - caractéristiques mécaniques

Les sondages réalisés ont permis de mettre en avant des matériaux suivants :

➤ **Terre végétale limoneuse marron et/ matériaux de recouvrement.**

Cette formation correspond au recouvrement superficiel du terrain. Elle est impropre à toute construction.

- Aspect visuel : Limon marron végétalisé en surface, riche en galets de silex et cailloutis.
- Épaisseur : de 0.1 à 0.2 m,

Des variations de nature et d'épaisseur des terre végétale et/ou **matériaux de recouvrement (R)** sont à attendre dans l'emprise du projet. Le site n'étant pas complètement vierge (présence de réseaux enterrés, démolitions, ...), nous attirons l'attention des différents intervenants sur les points suivants :

- un potentiel remaniement partiel ou général du terrain en surface lors des différents aménagements successifs,
- la mise en œuvre antérieure de remblais autochtones et/ou d'apports sur des épaisseurs différentes,
- la nécessité de comparer le plan topographique originel du site à l'actuel afin d'apprécier les épaisseurs de terrain remanié.

➤ **S1 : Les alluvions fines graveleuses.**

Cette formation correspond à des limons argilo-sableux marron-verdâtre, plus ou moins riches en cailloutis.

- Niveau de la base : 1.0 m/T,
- Caractéristiques mécaniques (2 essais) :
 - Pression limite : $0.5 \leq p_l^* \leq 0.9$ MPa,
 - Module pressiométrique (E_M) : $1.8 \leq E_M \leq 14.4$ MPa,

➤ **S2 : Les alluvions grossières.**

Cette formation correspond à des limons argilo-sableux marron-rougeâtre à marron-gris, plus ou moins riches en graves et cailloutis.

- Niveau de la base : de 4.7 à supérieur à 6.0 m/T,
- Caractéristiques mécaniques (7 essais) :
 - Pression limite : $1.3 \leq p_l^* \leq 2.5$ MPa,
 - Module pressiométrique (E_M) : $5.9 \leq E_M \leq 38.2$ MPa,

➤ **S3 : Les formations calcaro-gréseuses du Turonien.**

Cette formation correspond à des grès beiges.

- Niveau de la base : supérieur à 8.0 m/T,
- Caractéristiques mécaniques (4 essais) :
 - Pression limite : $3.8 \leq p_l^* \leq 4.9$ MPa,
 - Module pressiométrique (E_M) : $26.4 \leq E_M \leq 90.9$ MPa,

3.2 Résultats d'essais en laboratoire

Le tableau suivant présente les résultats des essais en laboratoire :

Sondage	SP2
Propriétés physiques des sols	
Id. formation	S1
Nature de sol	Limon argilo-sableux marron
Profondeur de l'échantillon soumis aux essais (m/TN)	1 à 2 m
Teneur en eau naturelle W_{nat} (%)	23.4
Dmax (mm)	12.5
Passant 63 μ m (%)	64.5
Valeur au bleu du sol VBS	2.6
Classe GTR 2023	F2
Ancienne classification	A2

L'échantillon analysé est classé F2 selon le nouveau guide GTR édité en Mai 2023. Concernant les sols F2 il s'agit de sols fins sensibles à l'eau, il se prêtent néanmoins mieux à l'emploi de la plus large gamme d'outils de terrassement si leur teneur en eau n'est pas trop élevée.

3.3 Sensibilité au retrait-gonflement des sols argileux

Les résultats des essais en laboratoire détaillés précédemment permettent d'évaluer le risque de retrait-gonflement des argiles en période sèche en se basant sur le référentiel établi par le LCPC en 2000 dans son bulletin de liaison 229 (bl229) et sur notre retour d'expérience alliant la nouvelle cartographie du BRGM d'août 2019 et les diagnostics géotechniques effectués ces dernières années :

Passant à 80 μm (%)	Valeur au bleu VBS	Activité des argiles A_{CB}	Sensibilité du sol à la variation de volume
> 80	> 4	> 10	Forte
> 40	1.5 à 4	4 à 10	Moyenne
< 40	< 1.5	< 4	Faible

L'Activité des argiles selon LAUTRIN correspond à la VBS divisée par le passant à 2 μ m (établi par sédimentométrie : 100 VBS / %_{2 μ m})

Le tableau ci-dessous rappelle les caractéristiques obtenues :

Sol	Passant à 80 μm (%)	Valeur au bleu VBS	Activité des argiles A_{CB}	Sensibilité du sol à la variation de volume
S1	64.5	2.6	6	MOYENNE

Il résulte que les sols en place sont moyennement sensibles au phénomène du retrait-gonflement. Il y a donc lieu de prévoir des dispositions constructives spécifiques concernant les ouvrages au sol et des précautions concernant l'aménagement général de la propriété (végétation, gestion des eaux...). Ces éléments seront présentés ultérieurement dans ce rapport.

3.4 Niveaux des eaux souterraines

Aucune arrivée d'eau n'a été observée dans les sondages lors des investigations en Janvier 2024.

Cependant, des circulations erratiques d'eaux ne sont pas à exclure au sein des formations superficielles notamment en période pluvieuse.

Le délai de réponse des eaux souterraines (nappe massique ou circulations isolées), au droit d'un forage ou d'une excavation de surface limitée est variable en fonction de la perméabilité du sol. Dans les sols fins, ce délai peut atteindre plusieurs jours, notamment dans le cas des sols fortement argileux.

Nous rappelons que le régime hydrogéologique est variable dans le temps, en fonction notamment des caractéristiques des formations géologiques en place et de la pluviométrie régionale.

3.5 Conditions sismiques

3.5.1 Données réglementaires

Rappel G2 AVP :

- Le site se trouve en zone 3 ;
- Niveau d'aléa modéré ;
- $a_{gr} (m/s^2)=1.1$;
- Classe de sol : C ;
- Coef sol $S= 1.5$;
- Catégorie de bâtiment : 2 ;
- Coef. $YI=1.0$.

Risque de liquéfaction : Le site étant classé en zone sismique supérieure à 2, le risque de liquéfaction des sols sous séisme doit être vérifié d'après l'arrêté n°2010-1255 du 22/10/2010. Néanmoins, le contexte géotechnique mis en évidence, caractérisé par la présence des sols de bonne consistance et l'absence de nappe, permet d'écarter ce risque.

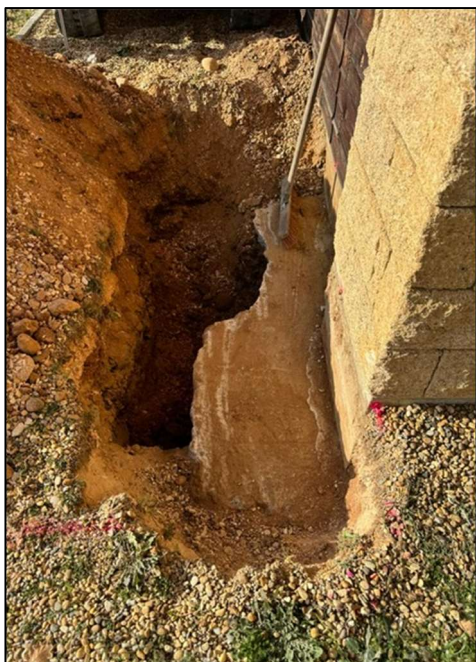
3.6 Reconnaissances sur ouvrages existants et avoisinants

Étant donné la présence d'ouvrages mitoyens ou avoisinants au projet, des fouilles de reconnaissance des fondations ont été réalisées au droit de la façade Sud du bâtiment Visiatome.

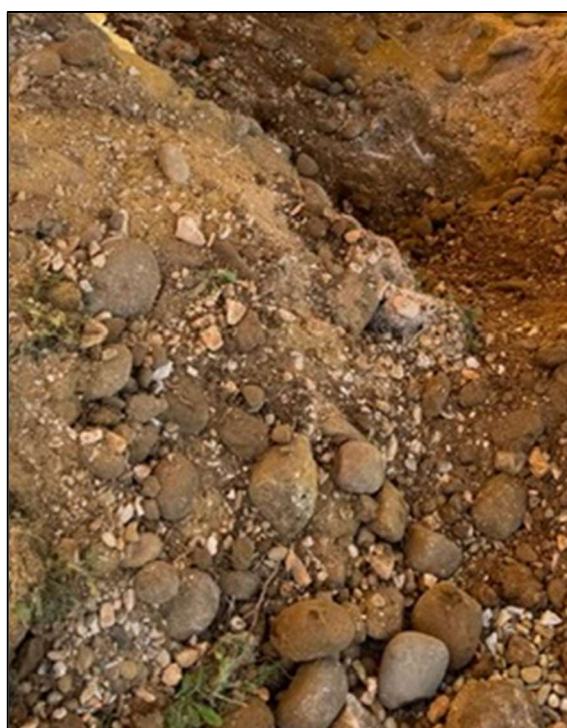
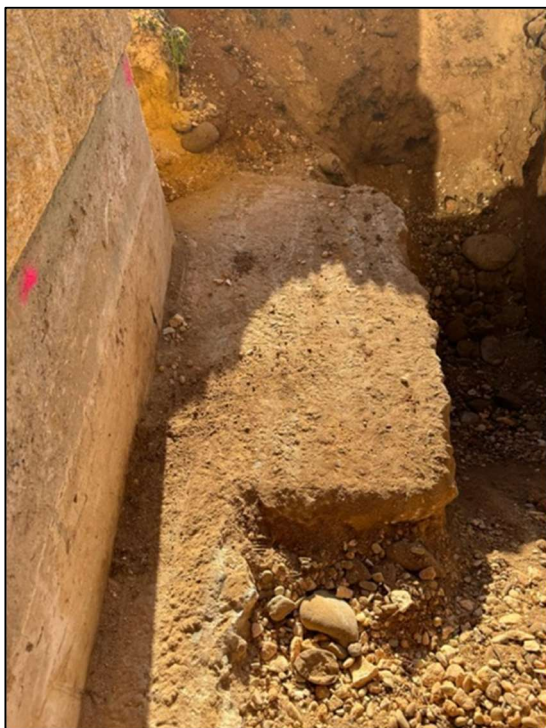
Les coupes des fouilles de reconnaissance des fondations sont présentées en annexe. Le tableau inséré ci-après présente les principaux résultats :

Excavation	RF1	RF2
Ouvrage concerné	(mur/poteau/...]	
Type de fondation	Semelle filante	Semelle filante
Cote du terrain actuel (m N.G.F.)	+58.8	+58.9
Débord extérieur (m)	0.56	0.63
Épaisseur de semelle (m)	0.55	0.62
Profondeur d'assise (m)	1.2	1.0
Cote d'assise (m N.G.F.)	+57.6	+57.9
Sol d'assise correspondant	Limon marron-rougeâtre à galets	Limon marron-rougeâtre à galets

Étant donné la configuration du bâtiment, les fondations sont supposées symétriques. Toutefois, par sécurité, les dimensions des semelles retenues ne prennent pas en compte cet aspect. En effet, la largeur des semelles ayant un impact sur les descentes de charges admissibles, ces dernières pourraient être surestimées en cas de semelles asymétriques.



Photographies de la fouille RF1 et des matériaux extraits



Photographies de la fouille RF2 et des matériaux extraits

4 APPLICATIONS GEOTECHNIQUES AU PROJET

4.1 Modèle géotechnique retenu

Le modèle géotechnique a pour but de fixer la coupe de sols et les propriétés mécaniques caractéristiques que nous avons retenues pour chaque faciès, en vue de réaliser les calculs de prédimensionnement des ouvrages géotechniques.

Les paramètres indiqués dans le modèle sont les plus représentatifs au regard des résultats des essais, des hétérogénéités observées dans chaque sol et du nombre d'essais.

Les caractéristiques moyennes retenues au stade G2 PRO sont données dans les tableaux ci-après :

Id.	Description	Prof. de la base (m)	Valeurs pressiométriques		α
			p_l^* (MPa)	E_M (MPa)	
R	Terre végétale limoneuse et/ou matériaux de recouvrement	0.2	-	-	-
S1	Limon Argilo-sableux marron-verdâtre	1.0	0.6	3.2	0.66
S2	Limon argilo-sableux plus ou moins riche en graves et cailloutis	4.7	1.8	9.2	0.5
S3	Grès beige	> 8.0	4.4	37.1	0.5

p_l : pression limite nette / E_M : Module pressiométrique / α : Coefficient rhéologique du sol

Note importante : la profondeur et la cote altimétrique des différentes limites de couches étant variables, elles seront considérées au cas par cas en fonction du type de structure considéré et du modèle de calcul le plus pertinent (type « modèle de terrain » ou sondage spécifique).

4.2 Niveaux caractéristiques des eaux souterraines

En absence de données historiques suffisantes concernant les eaux souterraines, les niveaux piézométriques caractéristiques nécessaires au projet, notamment le niveau des eaux exceptionnelles (EE), le niveau des eaux hautes (EH), le niveau des eaux fréquentes (EF), ne sont pas connus. La détermination de ces niveaux peut être effectuée dans le cadre d'une étude hydrogéologique spécifique indépendante des études géotechniques.

4.3 Zone d'influence géotechnique (ZIG)

Rappelons que le projet présentera une mitoyenneté et un voisinage immédiat à un bâtiment existant, ainsi, des dispositions constructives spécifiques (présentées dans la suite du rapport) devront être prises afin d'éviter d'engendrer des dommages existants tant en phase travaux qu'en phase définitive. La ZIG comprend le tènement du projet et les mitoyens.

4.4 Adaptations techniques retenues

Nous rappelons, ci-après, les contraintes du projet et les conditions géotechniques du terrain :

- La construction en limite de bâtiments dont les fondations sont débordantes.
- L'hétérogénéité lithologique et/ou mécanique des terrains dans l'emprise de l'ouvrage.
- La compressibilité des sols superficiels (jusqu'à 1.0 m).
- La présence de vestiges de fondations et/ou d'ouvrages enterrés dans l'emprise de l'ouvrage (canalisation d'eau pluvial en béton).
- La sensibilité des sols aux phénomènes de retrait et/ou de gonflement. Les variations de teneur en eau au niveau de ces sols provoquent des phénomènes de variation volumique (tassements et/ou réhausses) qui peuvent être préjudiciables aux bâtiments qui sont fondés superficiellement. Les causes des variations de teneur en eau peuvent être diverses :
 - Naturelles lorsque l'on se trouve dans la zone de variation du profil hydrique,
 - Artificielles (fuite de canalisation, modification du régime de circulation des eaux superficielles, plantation d'arbres, etc...),
- La sensibilité des terrains à l'eau.
- La variation rapide et notable des limites de couches de sols.

Compte tenu de ces éléments, les orientations techniques qu'il convient de retenir sont les suivantes :

- La réalisation de fondations superficielles type semelles filantes et/ou isolées assises au sein des limons argilo-graveleux S2, moyennant une garde contre le retrait/gonflement des argiles de 1.5 m/TN

Nous précisons que toute modification du projet, ou du terrain, ultérieure à la présente étude, est de nature à entraîner une nouvelle étude partielle ou complète, qui prendra en compte les modifications apportées et la validité des adaptations constructives préconisées dans le présent rapport.

4.5 Adaptations vis-à-vis des avoisinants et mitoyens

Nous rappelons que la construction existante côté Nord du projet sera directement mitoyenne au projet. Il s'agit d'une construction de type simple rez-de-chaussée sans niveau de sous-sol.

Les fouilles de reconnaissance RF1 et RF2 effectuée au droit du mur mitoyen a permis de visualiser une semelle filante assise entre 1.0 et 1.2 m/TA de profondeur.

Afin de compléter ces données, il conviendrait donc que soit recherché dans les archives, le dossier de recollement des fondations du bâtiment actuel.

Par ailleurs, l'entreprise est invitée à procéder à des investigations complémentaires, au démarrage des travaux, qui permettront de confirmer et d'affiner les systèmes de fondation existants pour adapter ses techniques de travaux.

Toutes les précautions devront être prises par l'entreprise pour éviter tout dommage aux existants tant en phase travaux que définitive. En cas de mauvaise tenue des parois, un blindage des fouilles devra être mis en place. Les efforts apportés par le bâtiment existant sur les nouvelles fondations devront également être pris en compte.

Le projet sera désolidarisé des mitoyens existants. Par ailleurs, les fondations mitoyennes seront réalisées après avoir vérifié la géométrie des fondations existantes (profondeur, largeur et nature des terrains d'assise)

de manière à éviter toute interaction entre les deux systèmes et définir, si nécessaire, les dispositions / sous-œuvres à mettre en place pour assurer la stabilité des infrastructures actuelles.

Les résultats des sondages de reconnaissance mettent en évidence un débordement des fondations de l'existant. Le plan de fondation du projet devra privilégier un système permettant d'avoir un plancher en console en éloignant l'axe des nouvelles fondations de l'ouvrage mitoyen.

Dans tous les cas, une vérification de la bonne exécution est nécessaire. La mission G2 PRO indique si la méthode observationnelle est pertinente (cf. EUROCODE 7 – norme NF EN 1997-1).

5 CONCEPTION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES

5.1 Principes généraux de terrassements

5.1.1 Recommandations générales

- L'ensemble des terrassements devra être réalisé conformément au Guide Technique pour la réalisation des Remblais et des couches de forme (G.T.R. 92).
- Les matériaux de recouvrement (TV et remblais) ainsi que les matériaux impropres à l'assise des plateformes devront être préalablement décapés.
- Les éventuels fossés de drainage existants qui seraient mis à jour devront impérativement être conservés, busés ou déviés moyennant une étude hydraulique si nécessaire, afin de maintenir un bon drainage des eaux.
- L'entreprise devra, dans la mesure du possible, réaliser une pente d'évacuation des eaux au niveau des fonds de forme, de manière à les canaliser vers un exutoire approprié.
- La réalisation des déblais devra respecter les conditions d'exécution suivantes :
 - procéder au terrassement de la dernière couche de sol « en retro », sans faire évoluer les engins sur la pleine masse définitive.
 - interrompre les travaux lorsque les conditions météorologiques sont trop défavorables.
- La surveillance de l'évolution des conditions météorologiques en incombe au terrassier qui devra prévoir à l'avance les mesures et dispositions conservatoires visant à protéger la qualité et la compacité de la plateforme dans le cas d'une dégradation pluvieuse (arrêt anticipé du chantier, protection et fermeture du fond de fouille, conservation d'une garde protectrice de terrassement, etc...).
- Par ailleurs, afin d'éviter des purges supplémentaires de matériaux détériorés par les eaux météoriques notamment, il est préférable de conserver une garde de 20 cm d'épaisseur de sol au niveau du fond de fouille général, qui sera enlevée au dernier moment, si celui-ci doit rester plusieurs jours à l'air libre.

5.1.2 Terrassements projetés

A ce jour, aucune cote des planchers ne nous a été transmise.

Nous rappelons que pour la suite de l'étude, nous considérerons comme hypothèse que les dallages projetés s'insèrent au niveau du TN actuel.

A la vue de la configuration du site et de la nature du projet envisagé (sans niveaux enterrés), les terrassements devraient être limités à la purge des matériaux pour permettre la mise en place de la couche de forme des dallages et des espaces de stationnement (déblais de +/- 1.0m) et à la réalisation des fouilles de fondations.

5.1.3 Travaux préparatoires – décapage de surface / purges

Avant tous travaux de terrassement en déblai, il conviendra de recenser la position de l'ensemble des réseaux enterrés et de veiller à leur neutralisation, à leur pontage ou à leur dévoiement.

Ensuite, il s'agira de procéder au décapage intégral de la végétation y compris l'abattage des arbres et l'arrachage complet des souches puis de la terre végétale.

Localement, des vestiges de remblais de construction pourront être mis en évidence. Ces derniers devront être purgés. Les remblais et vestiges devront être intégralement purgés, puis remblayés selon une méthodologie adaptée avec la réalisation des contrôles associés.

5.1.4 Drainage du terrain

Les sols impactés par les terrassements sont sensibles à l'eau et leur portance peut se dégrader rapidement.

Pour éviter toute stagnation d'eau et faciliter l'écoulement des eaux vers les drains, les plateformes devront être réglées en conservant des pentes latérales suffisantes ($\geq 1.5\%$).

D'une manière générale, en vue de préserver la qualité des plateformes, il sera nécessaire de réaliser les travaux par temps sec. Lors des intempéries des arrêts de chantier sont à respecter.

La surveillance de l'évolution des conditions météorologiques incombe au terrassier, qui devra programmer à l'avance les mesures et dispositions conservatoires visant à protéger la qualité et la compacité de la plateforme en prévision d'événements pluvieux (arrêt anticipé du chantier, protection et fermeture du fond de fouille, conservation d'une garde protectrice de terrassement, etc...).

5.1.5 Réalisation des déblais

Les terrassements en déblai pourront être réalisés à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance dans les formations superficielles limono-graveleuses. Pour éviter d'altérer les sols en place, il sera préférable d'avancer le déblaiement « en rétro ».

Les déblais à réaliser pourront concerner des matériaux très compacts, nécessitant l'utilisation d'engins ou de procédés adaptés (éclateur, pelle puissante, brise-roche hydraulique, marteau pneumatique,...). **L'incidence des vibrations induites par ces procédés devra être prise en compte vis-à-vis des avoisinants. Le cas échéant, des mesures de protection devront être mises en œuvre.**

5.1.6 Arase terrassement

En tenant compte de la réalisation de déblais de 1.0m de profondeur/TN existant, le fond de forme devrait être constitué de limons graveleux (sol S2).

La partie supérieure des terrassements correspond donc à un cas de PST1 avec une arase de classe AR1. En cas de portance insuffisante du fond de forme après décapage et drainage du terrain (en cas de conditions météorologiques défavorables par exemple), il faudra envisager son renforcement par une des techniques suivantes :

- Un cloutage à l'aide de matériaux d'apport grossiers, type 50/150 à 100/300, à mettre en place par compactage intense et par roulement des engins de chantier,
- Une purge généralisée ou localisée et substitution avec des matériaux granulaires non sensibles à l'eau, à mettre en place par compactage,

- Un traitement in-situ à la chaux en cas de sols fins dans un état hydrique humide, en vue de réduire la sensibilité à l'eau du sol et d'en améliorer l'aptitude au compactage. Au préalable, il faudra s'assurer de la faisabilité du traitement des sols au moyen d'essais d'aptitude en laboratoire.

Ces aménagements devront conduire à l'obtention d'une portance minimale EV2 de 20 à 30 MPa.

D'une manière générale, en vue de préserver la qualité des plateformes, il sera nécessaire de réaliser les travaux par temps sec. Lors des intempéries des arrêts de chantier sont à respecter.

La surveillance de l'évolution des conditions météorologiques incombe au terrassier, qui devra programmer à l'avance les mesures et dispositions conservatoires visant à protéger la qualité et la compacité de la plateforme en prévision d'évènements pluvieux (arrêt anticipé du chantier, protection et fermeture du fond de fouille, conservation d'une garde protectrice de terrassement, etc...).

5.1.7 Conditions de réemploi des matériaux du site

Nous rappelons que les sols du site qui seront recoupés par les opérations de terrassement en déblais sont les suivants :

- La terre végétale et ou remblais,
- Limon sablo-graveleux.

La terre végétale ainsi que les matériaux organiques seront mis en dépôt ou réutilisés uniquement dans le cadre des aménagements paysagers.

Pour les autres formations en place (limon sablo-graveleux plus ou moins argileux), des essais spécifiques en laboratoire devront être réalisés en vue de définir les conditions de réutilisation des matériaux en place.

Les modalités de mise en œuvre des matériaux devront respecter les principes et exigences du Guide de réalisation des remblais et des couches de forme – GTR, et du Guide de traitement des sols – GTS.

5.1.8 Conditions d'utilisation de matériaux d'apport

La mise en œuvre de matériaux d'apport de carrière, dont la qualité sera maîtrisée, est conseillée pour la réalisation des remblais techniques.

Les apports devront être granulaires, insensibles à l'eau et de granulométrie continue. Il peut s'agir de matériaux de type D2 / D3 ou R21 / R61.

La granulométrie des matériaux employés devra diminuer progressivement au fur et à mesure de l'élévation du remblai. Nous recommandons de retenir les faisceaux granulométriques de type 0/40mm à 0/80mm maximum pour la réalisation de la substitution (moyennant un compactage régulier suivant les recommandations du GTR). Ce faisceau devra inclure suffisamment de fines pour permettre un bon compactage dynamique. Sur les derniers 30cm de substitution, un faisceau granulométrique de type 0/31.5mm sera à retenir afin d'assurer un compactage en tête optimal (cet horizon fera office de couche de forme/substitution pour le dallage).

5.2 Réalisation de la plateforme bâtiment

Nous rappelons, que compte tenu des conditions géotechniques rencontrées et des caractéristiques du projet concernant les niveaux bas, la réalisation d'une structure de type dallage sur terre-plein est envisageable sous réserve de respecter les modalités de réalisation et nos recommandations concernant les adaptations, les matériaux et les contrôles à prévoir indiqués ci-après.

5.2.1 Assise du dallage, couche de forme

Le plancher bas consistera en la réalisation de dallages associés à une substitution en assise.

Cette substitution devra impérativement être descendue à une profondeur de -1 m par rapport aux niveaux finis des aménagement extérieurs, et réalisée avec des matériaux insensibles à l'eau (naturellement ou traités) et convenablement mis en œuvre.

Les recommandations données au paragraphe « Principes généraux de terrassements » devront être suivies scrupuleusement.

La conception du dallage devra suivre les recommandations suivantes après décapage de la terre végétale :

Sur les limons graveleux (sol S2)	
Préparation du fond de forme	<ul style="list-style-type: none"> • Purge des sols de mauvaise qualité ou impropres à la destination du dallage sur une épaisseur minimale de 1.00 m • Compactage du fond de forme à 95 % de l'OPN avec un engin adapté à la nature du fond de forme
Contrôle du fond de forme	<ul style="list-style-type: none"> • Vérification de portance minimale par essais à la plaque (Objectif EV2 > 50 MPa) • Vérification visuelle de l'absence de point dur (blocs, pointement rocheux...)
Mise en œuvre de la couche de forme	<ul style="list-style-type: none"> • Géotextile anti-contaminant* • 1.0 m de couche de forme/substitution en concassé R₂₁ / R₆₁ ou GNT D₂ / D₃, de granulométrie 0/40 ou 0/80 • Compactage de la couche de forme à 95 % de l'OPM • 0.05 m de couche de réglage en concassé R₂₁ / R₆₁ ou GNT D₂ / D₃, de granulométrie 0/31.5
* non obligatoire	

Une substitution de 1.0 m sera nécessaire pour se prémunir contre le risque de déformation liée aux formations S1 de faibles consistances.

D'après les documents fournis, il pourra donc être envisagé une couche de forme de 0.55 m avec mise en place d'un complexe dallage, isolant et chape de 45 cm, soit 1.0 m au total.

On veillera à respecter les recommandations du guide GTR et les dallages seront conçus conformément au DTU 13.3 en vigueur.

Au début de la phase d'exécution, nous recommandons de réaliser des planches d'essais afin de valider les hypothèses de conception ainsi que les modalités de mise en œuvre et le choix des engins de compactage proposées par l'entreprise.

5.2.2 Critères de réception

D'après le DTU 13.3 applicable au projet, les critères de réception à retenir sur la couche de forme sont les suivants à partir d'essais à la plaque :

- Module EV2 ≥ 50 MPa,
- Rapport EV2/EV1 < 2 .

5.2.3 Modèle géotechnique spécifique

A partir des résultats des sondages et compte tenu des caractéristiques du projet, notamment du niveau fini du dallage et des mouvements des terres nécessaires à l'aménagement de la plateforme support, les hypothèses à retenir pour le dimensionnement des dallages et l'évaluation des tassements sont les suivantes :

Formation	Nature de sol	Épaisseur (m)	Module E_M (MPa)	α	E_s (MPa)
CDF*/substitution	Matériaux granulaire	1.0	-	0.5	50
S2	Limon argilo-sableux plus ou moins graveleux	3.7	9.2	0.5	13.6
S3	Grès beige	> 3	37	0.5	40.8

* valeurs généralement retenues dans le cadre d'une mise en œuvre de la couche de forme support du dallage conformément aux règles de l'Art (précisées au paragraphe précédent)

5.2.4 Tassements prévisibles

Nous rappelons qu'à ce jour, les descentes de charges sur dallage ne nous ont pas été transmises, ainsi pour l'extension 1 nous prendront comme hypothèse une charge de 0.5t/m².

Ouvrage	Charge (t/m ²)	Amplitude du tassement
Extension	0.5	< 0.5 cm

Ces valeurs nous paraissent acceptables face à la destination du dallage.

Cependant, la faisabilité du dallage est laissée à l'appréciation du Maître d'Ouvrage et de l'exploitant du dallage.⁶⁷

5.2.5 Précautions concernant les réseaux enterrés

Concernant les réseaux sous dallage, dans la plupart des cas, il est délicat de pratiquer un compactage optimum des remblais de tranchées au fond desquelles sont disposées des canalisations qui pourraient être dégradées par l'exercice des énergies de compactage mises en jeu. Il résulte que de telles tranchées constituent des bandes de faiblesse mécanique pouvant influencer sur le comportement du corps de dallage, une fois celui-ci reconstitué.

Le cas échéant, il conviendra dans ce cas de considérer que le dallage devra fonctionner comme un pont de part et d'autre des bords de la tranchée, ce qui reviendra à accroître sa rigidification par ferrailage.

Les dispositions constructives à prendre en compte en présence de canalisations sont indiquées au § 5.2 du DTU 13.3.

5.3 Etude des fondations superficielles (Norme NF P94-261)

Les caractéristiques géotechniques du terrain permettent d'envisager un mode de fondations superficielles au moyen de semelles isolées et filantes.

5.3.1 Documents de référence / Méthode de calcul

Le document de référence pour le dimensionnement des fondations superficielles est la norme NF P94-261 de l'Eurocode 7 ainsi que la norme NF EN 1998-5 de l'Eurocode 8 pour la vérification au séisme.

La méthode de calcul consiste à vérifier que :

- Les conditions de sécurité vis-à-vis du glissement et du poinçonnement sont assurées aux ELU et aux ELS (1),
- La portance du sol est suffisante à l'ELS (2),
- Les tassements sont acceptables à l'ELS (3).

Le point (1) n'a pas été vérifié. Il appartient donc au BET Structure de vérifier que cette condition est assurée. Les points (2) et (3) sont abordés dans les paragraphes suivants.

5.3.2 Sol d'assise et conditions d'ancrage

Les fondations seront ancrées, au-delà des remblais anthropiques et terres végétales identifiés sur le site, dans les limons graveleux (S2) à la profondeur minimale de 1.5m/TN existant.

La profondeur d'assise des fondations devra respecter simultanément toutes les conditions suivantes :

- assurer la mise hors gel recommandée pour la région, soit 0.5m de profondeur à partir des surfaces finies du projet exposées au froid ;
- assurer un ancrage d'au moins 0.3 m dans la couche d'assise désignée ci-dessus et au-delà de tout remblai éventuel et/ou terrains remaniés par les travaux ou les intempéries ;
- assurer une profondeur d'assise minimale de **1.5 minimum à compter du niveau du terrain fini (garde au retrait-gonflement)**.

Lors de la réalisation des fondations, il faudra vérifier la conformité du sol au niveau de chaque fond de fouille ainsi que l'ancrage dans la couche d'assise.

5.3.3 Contraintes admissibles

Les contraintes admissibles ont été évaluées par la méthode pressiométrique.

A la vue des caractéristiques mécaniques des sols identifiées et conformément aux valeurs mentionnées dans le rapport de mission G2 AVP, les contraintes à retenir sont de **300 kPa** pour les justifications aux ELS et de 492 kPa pour les justifications aux ELU.

Remarque : ces valeurs sont valables dans le cas de charges verticales. Dans le cas où les charges seraient inclinées, il conviendrait d'appliquer un coefficient minorateur $i\delta$ qui tient compte de l'inclinaison de la charge, de la nature du sol et de l'encastrement requis (cf. les recommandations de la norme NF P94-261). De même, un coefficient minorateur $i\beta$ doit être appliqué à proximité d'un talus en aval de la fondation.

5.3.4 Capacité portante sismique

La stabilité par rapport à la rupture par perte de capacité portante de la semelle sera vérifiée conformément à l'annexe F de l'EC8 EN NF 1998-5.

Chaque fondation devra être dimensionnée selon les efforts déterminés par le BET Structure et être vérifiée selon tous les cas de charges et les combinaisons d'actions, avec un travail par itération et en coopération avec le BET géotechnique en charge de la mission G3.

5.3.5 Capacité portante – ELS/ELU

Le tableau inséré ci-après présente les résultats des calculs effectués à l'aide du logiciel FOXTA (le poids propre des massifs n'a pas été pris en compte).

Extension						
Élément	Dimension semelle isolée (m)	Dimension semelle filantes (ml)	Rvd ELS qp (KN)	vd ELS qp (KN)	Vérification	Note de calcul (NDC)
Appuis M2	2.2*2.2	-	4024.9	464	OK	CEA MARCOULE-M2
Semelle S1	-	0.8	682	67	Ok	CEA MARCOULE-S1

Les capacités portantes sont vérifiées avec les DDC transmises.

5.3.6 Evaluation des tassements

Pour les conditions d'ancrage/d'assise données ci-avant, le tableau suivant présente les tassements pour les dimensions et charges transmises.

Notons que le poids propre des massifs a été pris en compte.

Extension					
Type de semelle	Dimensions		Charge ELS qp (kN)	Tassement prévisible (cm)	Note de calcul
	B (m)	L (m)			
Semelle M2	220	220	464	0.22	M2
Semelle S1	0.8	-	67	0.18	S1

Il conviendra au BET structure en charge du dossier devra confirmer que ces valeurs sont compatibles avec la structure projetée.

5.3.7 Conditions et précautions d'exécution des fondations

L'interprétation géologique présentée dans ce rapport à partir des résultats des sondages ponctuels, correspond à la structure lithologique la plus probable du sous-sol, étant entendu que des variations d'altitude ainsi que des variations latérales peuvent exister et peuvent être découvertes au moment des travaux.

Le dimensionnement des fondations est du ressort du BET structure. Cependant, les points suivants sont à signaler pour les semelles :

- Pour des raisons de bonne exécution, la largeur des fondations doit être supérieure à 0.5 m pour des semelles filantes et à 0.7 m pour des semelles isolées (cela permet d'assurer un enrobage correct des armatures standards).
- En cas d'attente forcée entre la fin de l'excavation et le bétonnage, un béton de propreté sera immédiatement coulé après terrassement afin d'éviter l'altération du sol de fondation.

Par ailleurs, les adaptations structurelles suivantes doivent être prises en compte :

- en cas de sols compressibles présents sur une partie du terrain, des joints toute hauteur et rapprochés peuvent être envisagés en vue de réduire l'effet des tassements différentiels ;
- en vue de limiter l'effet des tassements différentiels prévisibles, le soubassement de la construction devra être rigidifié ;
- en cas de deux bâtiments ou de deux parties d'un même bâtiment, fondés de façon différente ou présentant un nombre différent de niveaux, il conviendra de s'assurer que la structure peut s'adapter aux tassements différentiels ; le recours à des joints de construction est à envisager.

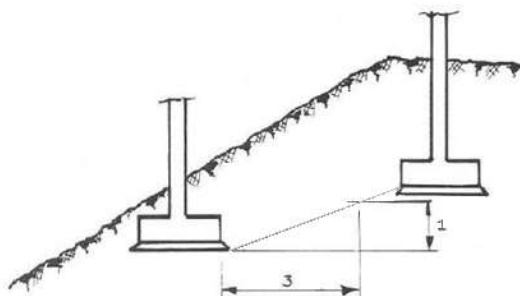
En cas de sur-profondeurs du toit de la couche d'ancrage, il faudra approfondir la fouille autant que nécessaire pour assurer l'ancrage dans la couche désignée comme assise des fondations. Le rattrapage pourra être réalisé avec un béton grossier.

En cas de mauvaise tenue des parois des fouilles et/ou en présence de la nappe, des solutions de blindage des fouilles pourront être nécessaires.

En présence de la nappe à faible profondeur, la réalisation de pompage pourra également être nécessaire.

De même, les poches molles ou remaniées qui subsisteraient en fond de fouille seront purgées et comblées par un béton grossier.

Dans les zones soumises à la réglementation sismique (Eurocode 8), des fondations établies à des niveaux différents et à proximité de talus doivent respecter une règle des 3 de base pour 1 de hauteur entre arêtes de fondations et/ou pied de talus.



A noter que l'exécution des fondations doit également respecter les prescriptions du DTU 13-1 en date de septembre 2019.

6 DISPOSITIONS COMPLEMENTAIRES

6.1 Protection des ouvrages contre l'eau

Nous rappelons que dans le cadre de la mission G2 AVP précédemment réalisée, aucun niveau d'eau n'a été identifié au droit des sondages.

Le risque d'inondation du niveau bas par remontée intermittente de la nappe n'est donc pas exclu.

Il appartient aux concepteurs de s'assurer auprès des services compétents des conditions d'inondabilité du terrain objet du projet.

À long terme, des dispositions techniques seront à prévoir vis à vis de la nappe et des venues d'eau. Elles sont évoquées ci-après.

Une étude hydrogéologique est conseillée afin de définir les moyens de protection adéquates. Plusieurs solutions sont envisageables pour protéger l'ouvrage de la nappe ou des circulations d'eau (elles peuvent être cumulatives pour certaines d'entre elles) :

- Un drainage périphérique réalisé selon les règles de l'Art (DTU 20.1) ;
- Un tapis drainant sous dallage de 30 cm d'épaisseur minimum et de granulométrie type 20/40 en veillant à conserver une pente suffisante de drainage.

En cas de mise en œuvre d'un tapis drainant sous dallage, l'épaisseur sera prise en compte dans le dimensionnement de la structure d'assise.

Les drainages périphériques devront être raccordés à un exutoire adapté par gravitation ou par l'intermédiaire de pompes de relevage.

Le dimensionnement du système de drainage nécessitera des essais de perméabilité qui permettront par la suite d'établir les calculs des débits d'exhaure et les vérifications vis à vis des phénomènes de boulangerie et de renard.

Le rejet des eaux de drainage dans les réseaux sera soumis à l'autorisation des services compétents concernés.

Un entretien régulier des ouvrages de drainage devra être assuré par le maître d'ouvrage afin de garantir la pérennité de son fonctionnement.

6.2 Protection vis-à-vis du risque de retrait / gonflement des sols

Nous rappelons que les essais en laboratoire réalisés ont permis de mettre en avant des limons graveleux de classe A2, moyennement sensibles aux phénomènes de retrait-gonflement.

Les variations de teneur en eau peuvent donc provoquer des phénomènes de tassement par retrait et éventuellement (plus rarement) des phénomènes de (re)gonflement en période humide. Ces changements volumiques peuvent être préjudiciables aux bâtiments qui sont fondés superficiellement avec un ancrage insuffisant. Les bâtiments qui sont implantés dans une pente avec un niveau enterré à l'amont et de plain-pied ou en remblai à l'aval sont particulièrement exposés.

Nota : les profondeurs de sensibilité des argiles peuvent varier au fil du temps en fonction de l'amplitude des périodes de sécheresse.

6.2.1 Recommandations structurelles complémentaires

Les parties de construction dont les niveaux-bas sont légèrement décalés en altitude devront être désolidarisées au moyen d'un joint de rupture sur toute la hauteur de la construction (semelles comprises).

6.2.2 Recommandations vis-à-vis des réseaux enterrés

L'étanchéité des canalisations (compris pluviales) devra strictement être vérifiées et l'on procédera à la mise en œuvre de joints souples aux raccordements pour encaisser les déformations liées au sol.

Le captage des eaux superficielles ou le positionnement des drains selon le DTU 20.1 devra se faire à une distance minimale de 2 m de la construction de manière à ne pas aggraver la dessiccation des sols à cet endroit en période sèche. Le rejet des eaux pluviales devra se faire à une distance suffisante de la construction.

6.2.3 Recommandations vis-à-vis de l'environnement proche

Les ouvrages extérieurs susceptibles d'impacter l'humidité du terrain : drains, puits de pompage, système d'infiltration ou similaires, doivent être implantés le plus loin possible de fondations,

Principes à respecter de manière générale :

- Respecter une distance de sécurité entre les végétaux (arbustes, arbres) et l'ouvrage égale à 1.5 fois la hauteur du végétal adulte ou alors mettre en place des écrans anti-racines adaptés aux essences en présence.
- Éviter tout épandage d'eau à proximité de la construction et vérifier régulièrement l'intégrité des réseaux humides.

Principes à respecter pour les dallages :

- Entourer la construction par un étanchement de surface suffisamment large et sans interruption (2.0 m de largeur minimum) afin de supprimer les variations hydriques au sein des sols argileux.

Toutes ces dispositions devront être appréhendées et contrôlées par le bureau de contrôle ou par le géotechnicien, dans le cadre d'une mission G4 selon la NF P94-500. Ceci permettra de s'assurer de la bonne exécution de nos recommandations.

6.3 Protection vis-à-vis du risque sismique

Afin de se conformer aux prescriptions de l'Eurocode 8, les dispositions générales à respecter en zone sismique supérieure à 1 sont les suivantes :

- Système de fondation homogène sous un même corps de bâtiment, à moins de délimiter des blocs par joints parasismiques.
- Ne pas fonder un même ouvrage sur des discontinuités géologiques naturelles : fractures, failles, etc...
- Encastrer fortement les fondations dans les sols meubles et veiller à ce que l'assise des fondations soit horizontale.
- Préférer la présence de niveaux enterrés homogènes sur l'emprise de la construction ou, à défaut, sur un bloc indépendant dissocié par un joint parasismique.
- Encastrer toutes les fondations dans une même couche géologique en cas de stratification.
- Ne pas fonder les ouvrages sur des sols liquéfiables.
- Rigidifier la structure d'assise des ouvrages (à définir par le BET Structure).

7 CONDITIONS GENERALES DE VALIDITE DU RAPPORT

Le présent rapport a été établi en fonction des données transmises. Il conclut la mission G2 phase PRO qui nous a été confiée.

Nous rappelons que, conformément à notre offre, notre prestation est encadrée par la norme NF P94-500 de novembre 2013 dont un extrait est donné en annexe 1 et par les conditions de validité de l'étude propres à GEOTECHNIQUE SAS, fournies en annexe 2.

GEOTECHNIQUE SAS reste donc à la disposition de la Maitrise d'Ouvrage pour tout renseignement complémentaire et pour la réalisation des missions ultérieures (étude G4 notamment).

Rédacteur
Audrey MOLINIER
Ingénieure géotechnicienne
Responsable d'Agence

Vérificateur
Marine TAPPA
Ingénieure géotechnicienne

Annexe 1 : Extrait de la norme NF P94-500 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).

Annexe 2 : Conditions de validité de l'étude

1 - Le présent rapport et ses annexes sont indissociables. Il est basé sur un nombre limité de sondages et de mesures et sur les renseignements concernant le projet remis à GEOTECHNIQUE SAS au moment de la reconnaissance géotechnique. L'analyse et les recommandations soumises dans ce rapport sont basées sur les résultats obtenus à partir des sondages dont l'emplacement est indiqué sur le plan d'implantation joint en annexe, et sur toutes les informations données dans ce rapport.

2 - Ce rapport ne peut pas prendre en compte les variations éventuelles entre sondages. L'étude de sol étant basée sur un nombre limité de sondages, la continuité des couches de sols entre sondages ne peut être garantie et une adaptation du projet de fondation en fonction de l'hétérogénéité des sols est normale et ne peut être reprochée à GEOTECHNIQUE SAS.

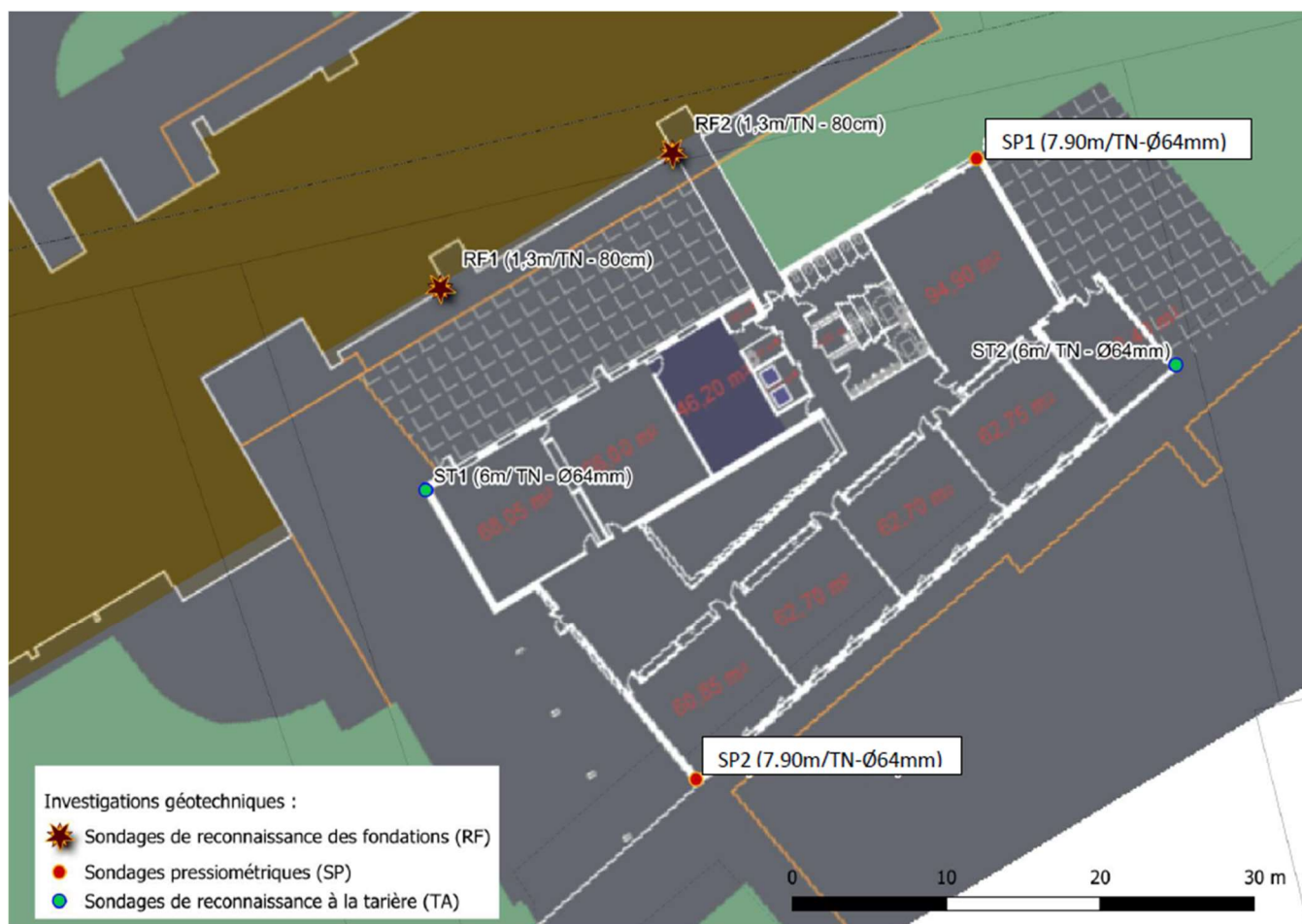
3 - Toute étude réalisée à partir d'une esquisse ou d'un plan de principe nécessitera une seconde étude spécifique adaptée au projet retenu. Le but de ce rapport est limité au projet et à la localisation décrite ci-avant.

4 - Tout changement d'implantation ou de structure des constructions par rapport aux hypothèses de départ sera communiqué à GEOTECHNIQUE SAS qui donnera ou non son accord, selon que ces changements modifient les conclusions de l'étude.

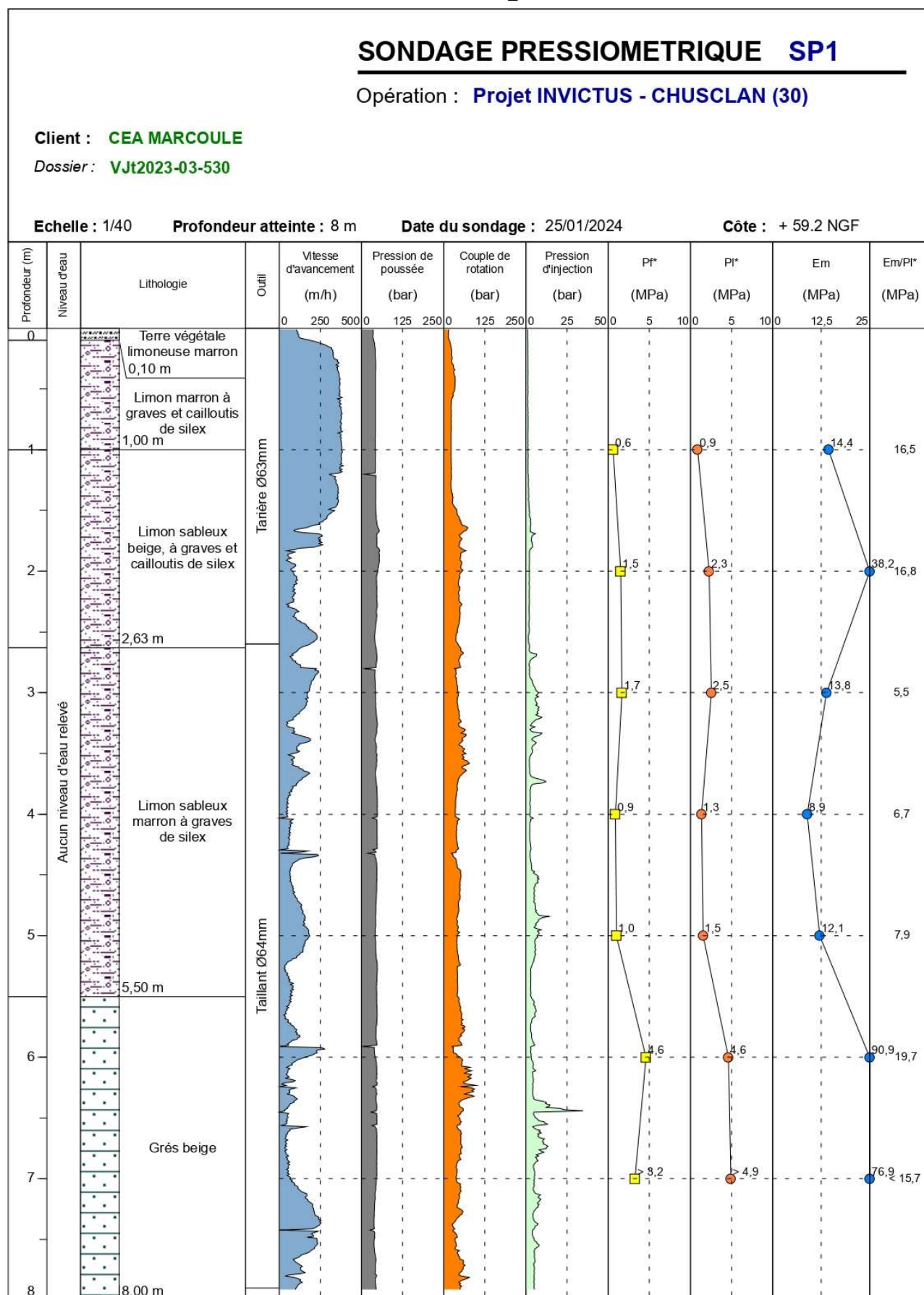
5 - Les éléments nouveaux mis à jour en cours des travaux de fondations et non détectés lors de la reconnaissance devront être signalés à GEOTECHNIQUE SAS afin d'étudier les adaptations nécessaires.

6 - Nous recommandons que toutes les opérations de construction en relation avec les terrassements et les fondations soient inspectées par un ingénieur géotechnicien afin d'assurer que les dispositions constructives soient totalement accomplies pendant les travaux.

Annexe 3 : Implantation des sondages



Annexe 4 : Sondages et essais



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP2

Opération : **Projet INVICTUS - CHUSCLAN (30)**

Client : **CEA MARCOULE**

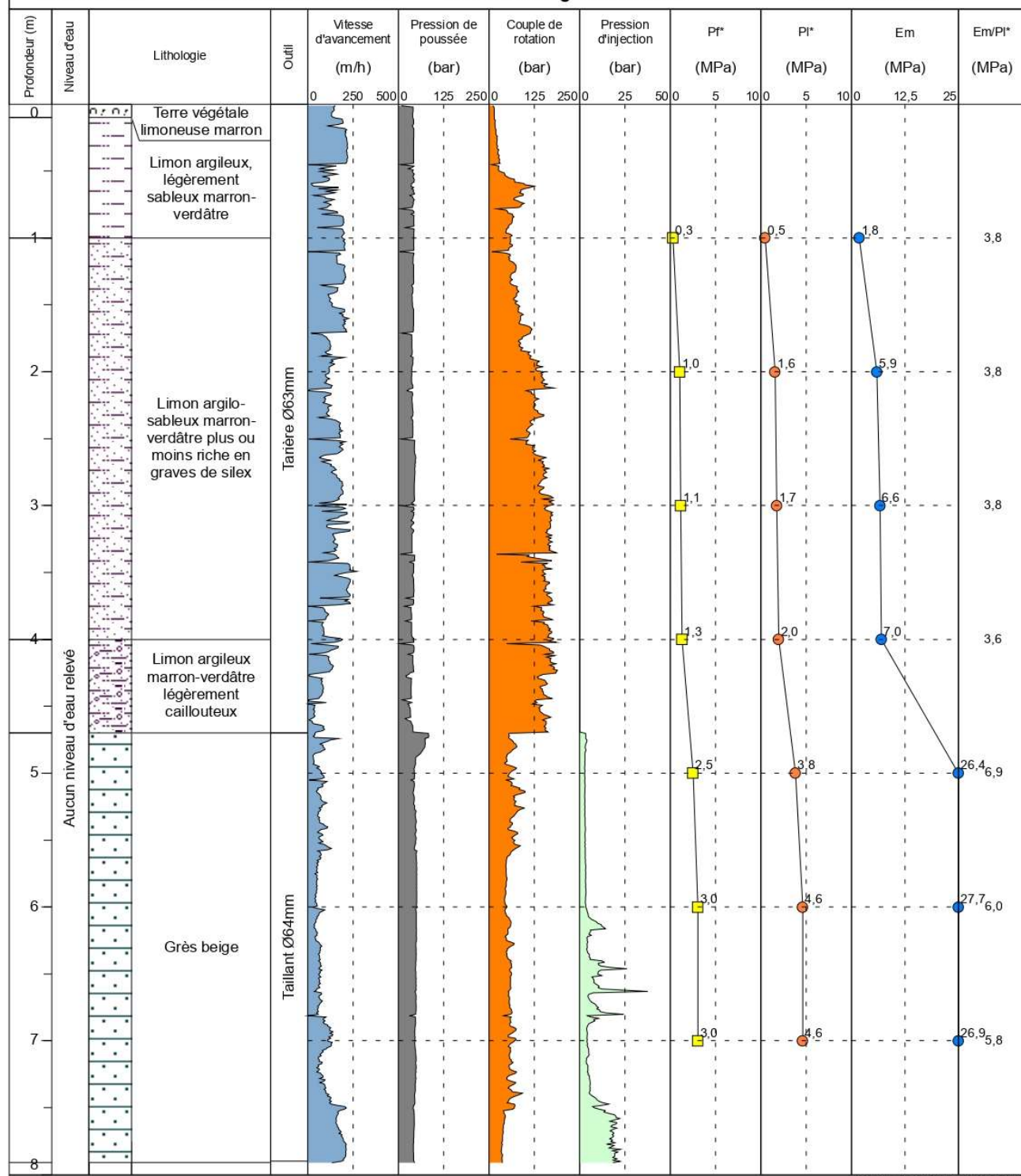
Dossier : **VJt2023-03-530**

Echelle : 1/40

Profondeur atteinte : 8 m

Date du sondage : 26/01/2024

Côte : + 58.1 NGF



SONDAGE DESTRUCTIF ST1

Opération : **Projet INVICTUS - CHUSCLAN (30)**

Client : **CEA MARCOULE**

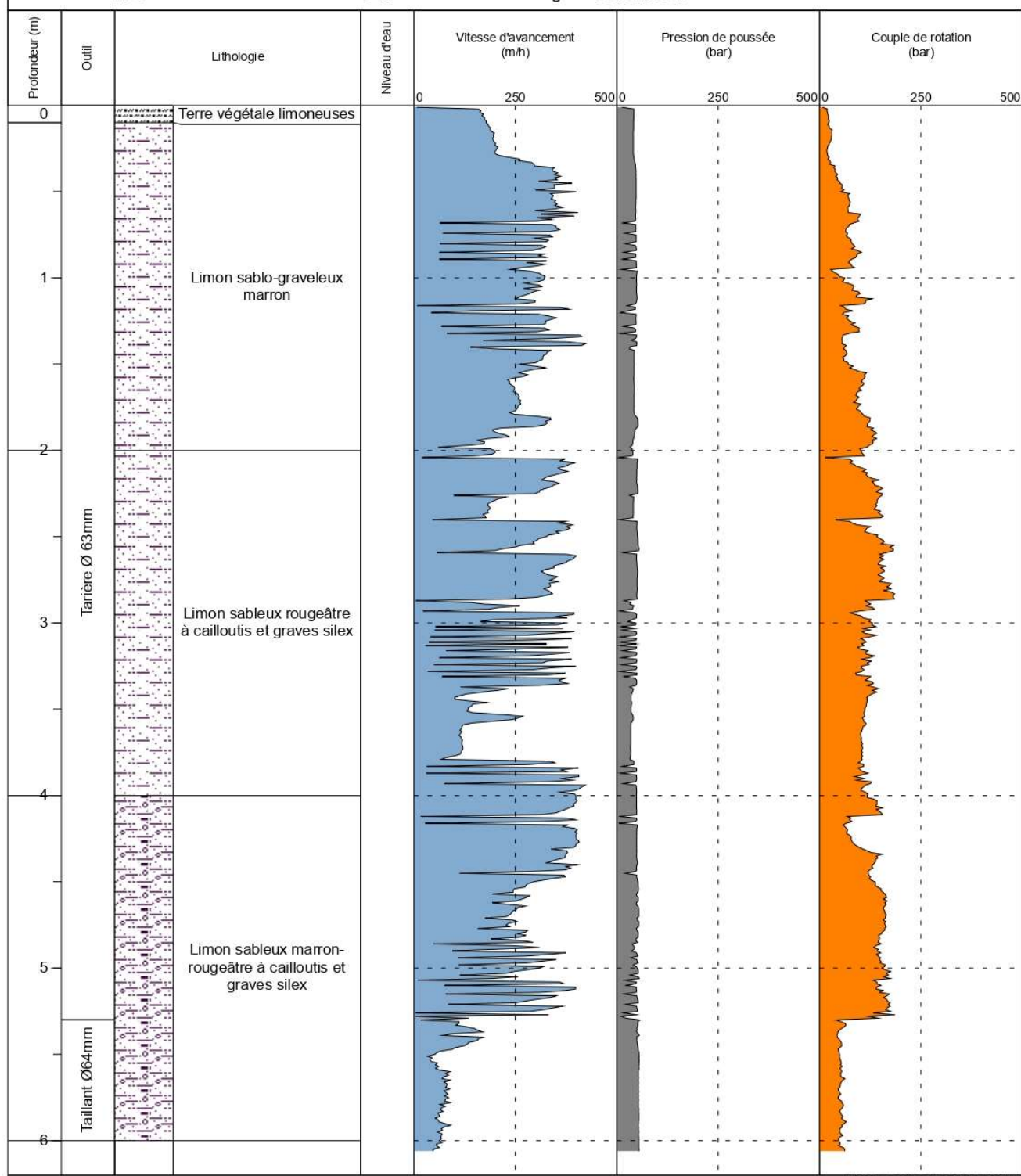
Dossier : **VJt2023-03-530**

Echelle : **1/31**

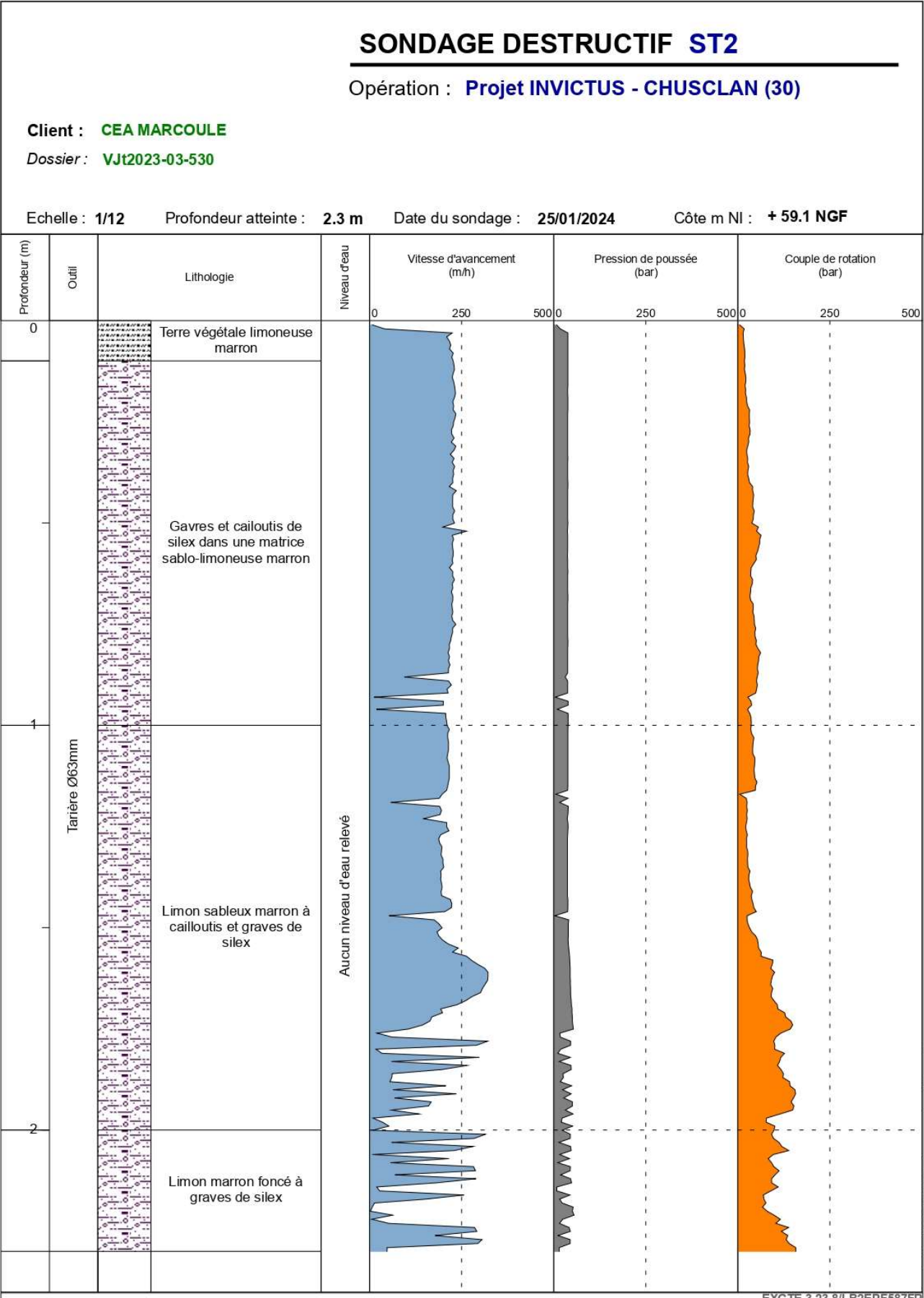
Profondeur atteinte : **6 m**

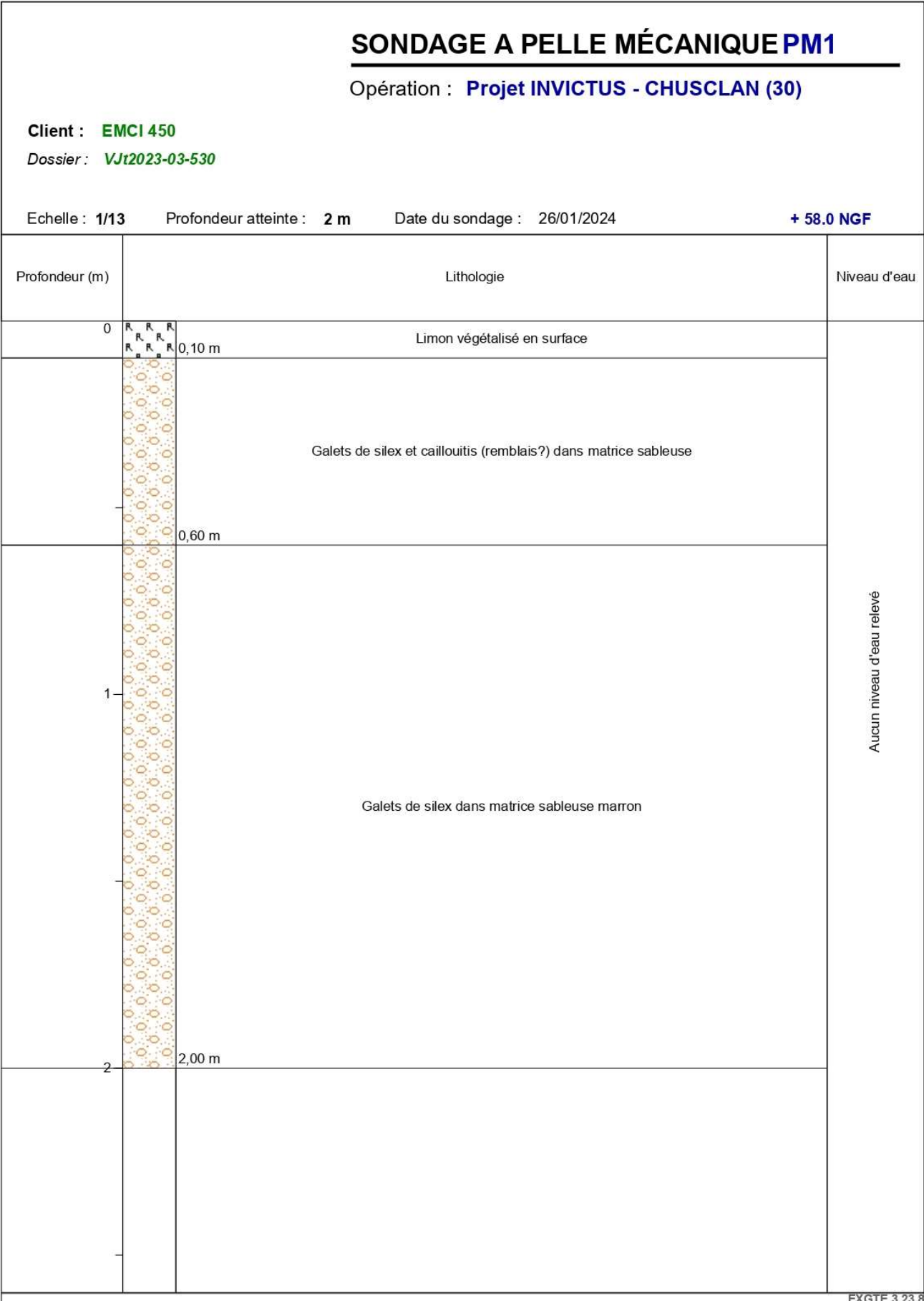
Date du sondage : **25/01/2024**

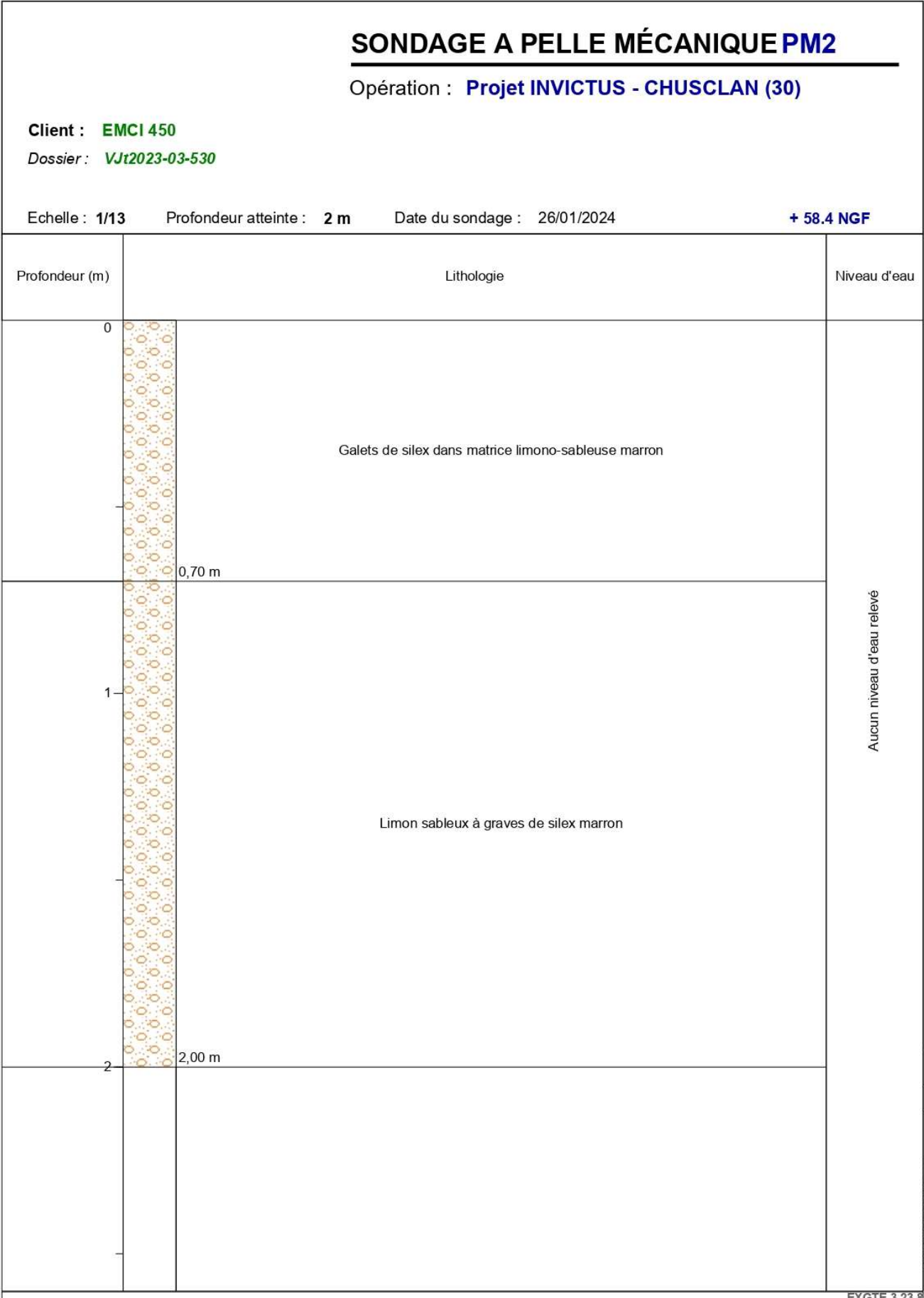
Côte m NI : **+ 58.5 NGF**



EXGTE 3.23.8/LB2EPF587FR





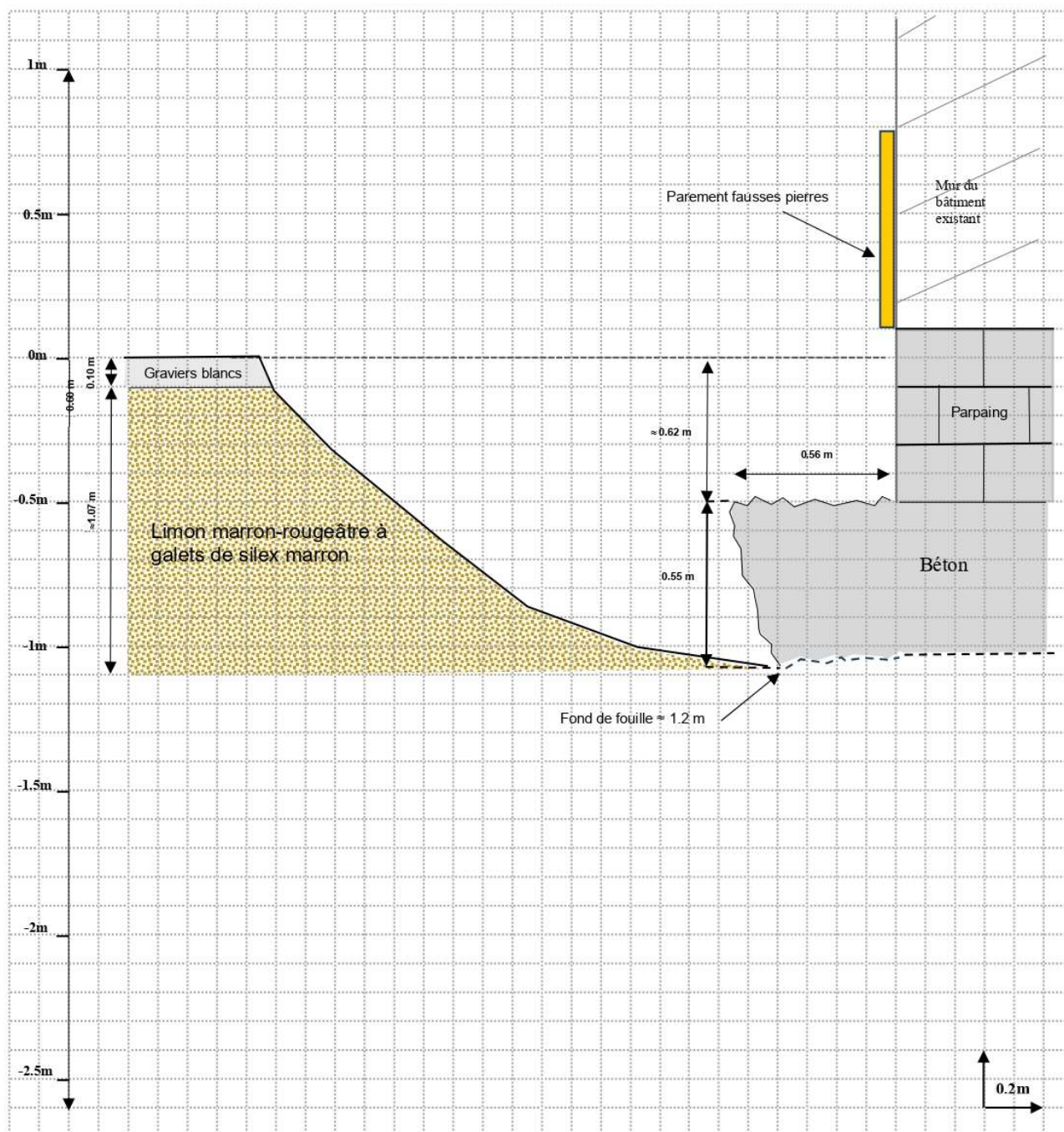


RECONNAISSANCES DE FONDATION

RF1



Numéro affaire :	VJt2023-03-530	Date essai :
Client :	CEA MARCOULES	26/01/2024
Commune :	CHUSCLAN (30)	Equipe :
Projet :	INVICTUS	Azeddine

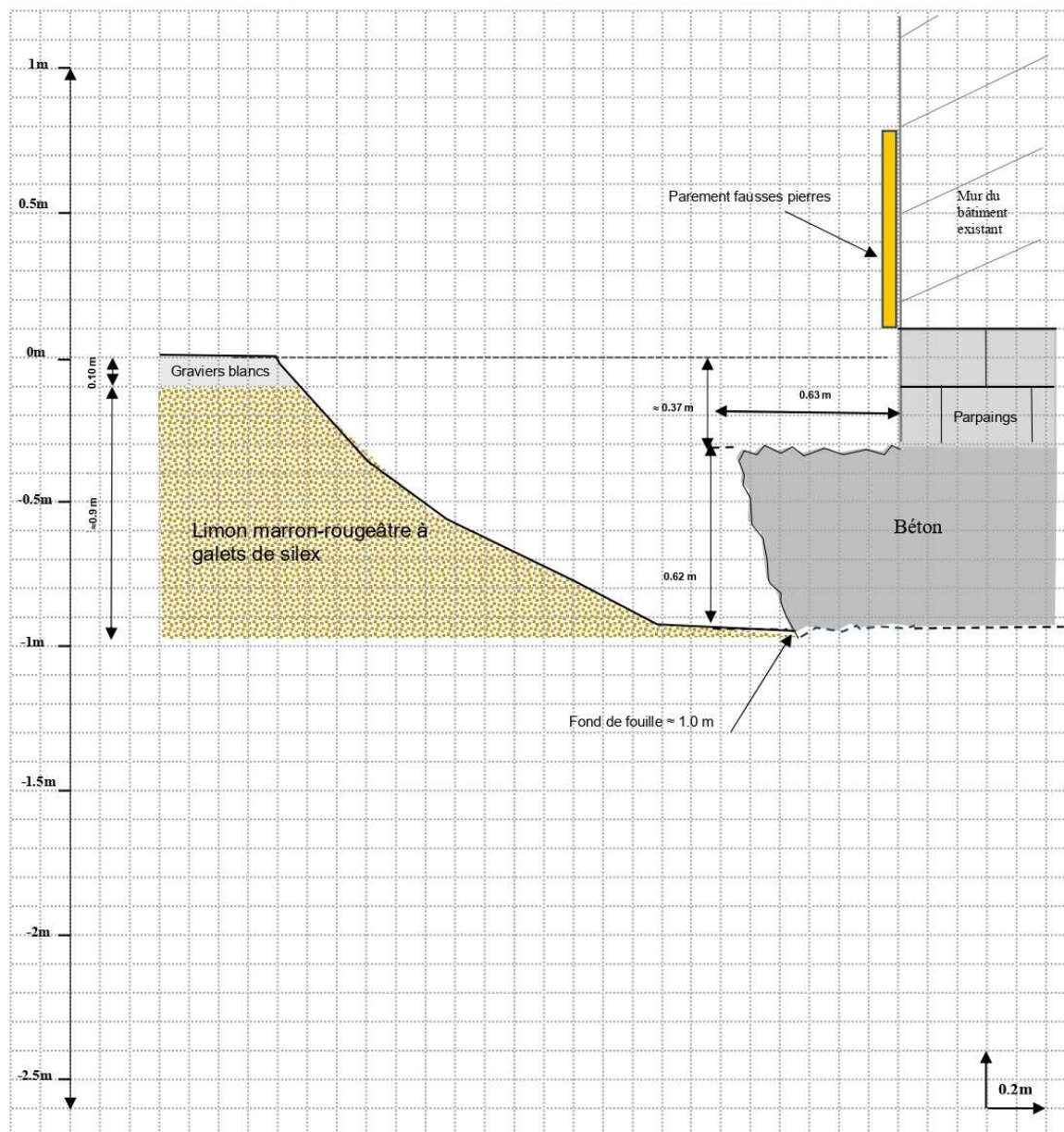


RECONNAISSANCES DE FONDATION

RF2

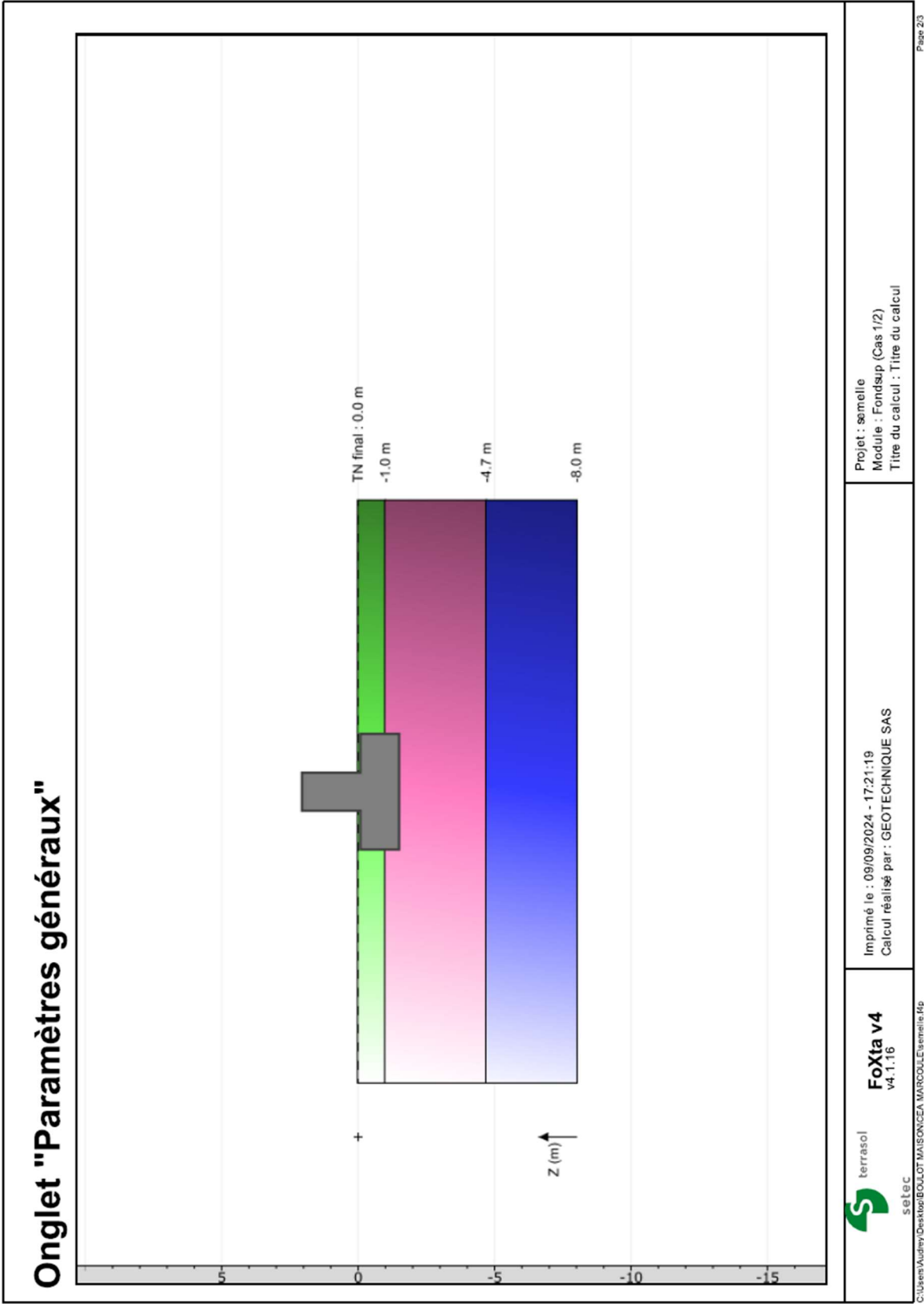


Numéro affaire :	VJt2023-03-530	Date essai :
Client :	CEA MARCOULES	26/01/2024
Commune :	CHUSCLAN (30)	Equipe :
Projet :	INVICTUS	Azeddine



Annexe 5 : Essais en laboratoire

GÉotechnique sciences de la terre sas GEOTECHNIQUE SAS 672 rue des Mercières - 69140 RILLIEUX LA PAPE - 04 78 88 75 83	Chantier : CHUSCLAN (30) Projet : INVICTUS Client : CEA MARCOULE Dossier : MSd2023-03-530																																								
ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS																																									
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%;">Nature des matériaux :</td> <td style="width: 40%;">Limon argilo-sableux, quelques petites graves</td> <td style="width: 30%;">Date du prélèvement :</td> </tr> <tr> <td>Type de matériau :</td> <td>Sols fins à granulaires</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Provenance des matériaux :</td> <td>SP2</td> <td>Date des essais : 15/02/2024</td> </tr> <tr> <td>Profondeurs :</td> <td>1 à 2m</td> <td>Réf. opérateurs : MDm</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Observations : grise, très humide</td> </tr> </table>		Nature des matériaux :	Limon argilo-sableux, quelques petites graves	Date du prélèvement :	Type de matériau :	Sols fins à granulaires		Provenance des matériaux :	SP2	Date des essais : 15/02/2024	Profondeurs :	1 à 2m	Réf. opérateurs : MDm	Observations : grise, très humide																											
Nature des matériaux :	Limon argilo-sableux, quelques petites graves	Date du prélèvement :																																							
Type de matériau :	Sols fins à granulaires																																								
Provenance des matériaux :	SP2	Date des essais : 15/02/2024																																							
Profondeurs :	1 à 2m	Réf. opérateurs : MDm																																							
Observations : grise, très humide																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Tamais</th> <th>Passant</th> </tr> <tr><td>200,0</td><td>100,0</td></tr> <tr><td>150,0</td><td>100,0</td></tr> <tr><td>100,0</td><td>100,0</td></tr> <tr><td>80,0</td><td>100,0</td></tr> <tr><td>63,0</td><td>100,0</td></tr> <tr><td>50,0</td><td>100,0</td></tr> <tr><td>40,0</td><td>100,0</td></tr> <tr><td>31,5</td><td>100,0</td></tr> <tr><td>20,0</td><td>100,0</td></tr> <tr><td>12,5</td><td>100,0</td></tr> <tr><td>10,0</td><td>99,4</td></tr> <tr><td>5,0</td><td>96,2</td></tr> <tr><td>2,0</td><td>91,9</td></tr> <tr><td>1,0</td><td>89,1</td></tr> <tr><td>0,5</td><td>84,9</td></tr> <tr><td>0,2</td><td>73,5</td></tr> <tr><td>0,1</td><td>68,1</td></tr> <tr><td>0,080</td><td>66,2</td></tr> <tr><td>0,063</td><td>64,5</td></tr> </table>	Tamais	Passant	200,0	100,0	150,0	100,0	100,0	100,0	80,0	100,0	63,0	100,0	50,0	100,0	40,0	100,0	31,5	100,0	20,0	100,0	12,5	100,0	10,0	99,4	5,0	96,2	2,0	91,9	1,0	89,1	0,5	84,9	0,2	73,5	0,1	68,1	0,080	66,2	0,063	64,5	<p style="text-align: center;">ANALYSE GRANULOMETRIQUE (NF EN ISO 17892-4)</p> <p style="text-align: center;">Ouverture des tamis (mm)</p>
Tamais	Passant																																								
200,0	100,0																																								
150,0	100,0																																								
100,0	100,0																																								
80,0	100,0																																								
63,0	100,0																																								
50,0	100,0																																								
40,0	100,0																																								
31,5	100,0																																								
20,0	100,0																																								
12,5	100,0																																								
10,0	99,4																																								
5,0	96,2																																								
2,0	91,9																																								
1,0	89,1																																								
0,5	84,9																																								
0,2	73,5																																								
0,1	68,1																																								
0,080	66,2																																								
0,063	64,5																																								
AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION																																									
Norme	Essai	Résultat																																							
ISO 17892-4	Passant au tamis de 63 µm	< 63 µm = 64,5%																																							
ISO 17892-4	Diamètre maximal des grains	D _{max} = 12,5 mm																																							
GTR 2023	Coefficient d'uniformité	C _u = Indéterminé																																							
GTR 2023	Coefficient de courbure	C _c = Indéterminé																																							
ISO 17892-1	Teneur en eau naturelle	W _{nat} = 23,4%																																							
NF P94 068	Valeur au bleu du sol	V _{BS} = 2,60																																							
ISO 17892-12	Limite de liquidité (Méthode de Casagrande)	W _L =																																							
ISO 17892-12	Limite de plasticité	W _P =																																							
ISO 17892-12	Indice de plasticité	I _p =																																							
ISO 17892-12	Indice de consistance	I _c =																																							
NF P94-078	Indice Portant Immédiat	IPI / p _d =																																							
NF P94-093	Valeurs caractéristiques à l'OPN	WOPN / p _d =																																							
NF P18-576	Coefficient de friabilité des sables	IFS =																																							
NF EN 1097-2	Résistance à la fragmentation (Coefficient Los Angeles)	CL _A =																																							
NF EN 1097-1	Résistance à l'usure (Coefficient Micro Deval)	CMDE =																																							
NF P94-066	Coefficient de fragmentabilité	IFR =																																							
NF P94-067	Coefficient de dégradabilité	IDG =																																							
NF P94-078	Indice Californian Bearing Ratio Immersé	ICBR _i =																																							
NF EN 17685-1	Perte au feu - Teneur en matière organique	COM =																																							
CLASSIFICATION GTR 2023 :		F2																																							
<i>Ancienne classification GTR :</i>		<i>A2</i>																																							
Observations :		PV27 07/02/2024																																							



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-Charactéristiques	67,00	0,00	24,00	1,00	682,56	-	Ok	Ok	-	-
2	ELU-Fondamentales	92,10	0,00	24,00	1,00	1121,40	43,95	Ok	Ok	Ok	-
3	ELS-Quasi-permanentes	59,30	0,00	24,00	1,00	682,56	-	Ok	Ok	-	0,18

terrassol

FoXta v4

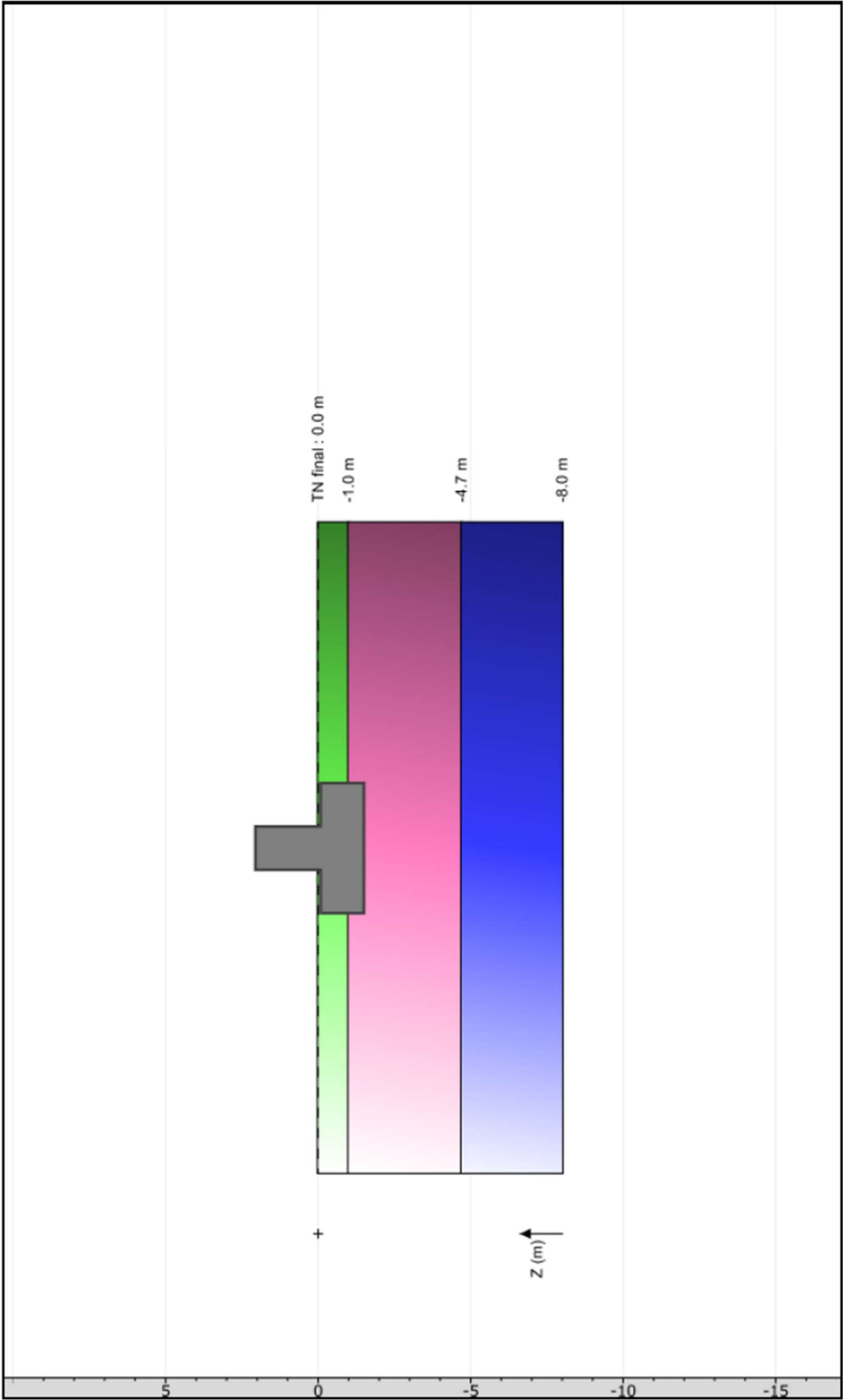
v4.1.16

setec

Imprimé le : 09/09/2024 - 17:21:19
Calcul réalisé par : GEOTECHNIQUE SAS

Projet : semelle
Module : Fondsup (Cas 1/2)
Titre du calcul : Titre du calcul

Onglet "Paramètres généraux"



 setec	FoXta v4 v4.1.16	Imprimé le : 09/09/2024 - 17:20:44 Calcul réalisé par : GEOTECHNIQUE SAS	Projet : samelle Module : Fondsup (Cas 2/2) Titre du calcul : Titre du calcul
--	----------------------------	---	---

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-Caractérisitiques	464,00	0,00	145,20	1,00	4024,90	-	Ok	Ok	-	-
2	ELU-Fondamentales	645,70	0,00	145,20	1,00	6612,30	308,10	Ok	Ok	Ok	-
3	ELS-Quasi-permanentes	373,70	0,00	145,20	1,00	4024,90	-	Ok	Ok	-	0,22

terrasol



FoXla v4

v4.1.16

Imprimé le : 09/09/2024 - 17:20:44

Calcul réalisé par : GEOTECHNIQUE SAS

Projet : semelle

Module : Fondsup (Cas 2/2)

Titre du calcul : Titre du calcul

NOTRE SIÈGE SOCIAL

170 rue du Traité de Rome CS 80131
84918 AVIGNON Cedex 9
Tél. : 04 90 01 39 02
contact@geotechnique-sas.com

Retrouvez toutes nos agences sur
www.geotechnique-sas.com

0 805 690 989



GÉOtechnique
sciences de la terre sas