

CIRSE
ENVIRONNEMENT

10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481



CERTIFICAT
N° 08 08 1996

Dossier n° IC 22/082-2
Décembre 2022

European Homes

0000000000

Construction d'un lotissement Voie Romaine, site Eiffage à Maizières-lès-Metz (57)

0000000000

Étude géotechnique d'avant-projet (AVP) (Mission G2 AVP - NF P94-500 du 30 novembre 2013)

Ind.	Commentaire	Rédigé par	Vérifié et transmis par	Date
0	Première diffusion	A. PROST	T. ISAAC	05/08/2022
1	Cote ancrage	A. PROST	M. THARY	21/10/2022
2	Type de fondation	A. PROST	M. THARY	06/12/2022
	Signatures			

Table des matières

1. PRESENTATION DE LA MISSION.....	5
1.1. MISSION	5
1.2. LE PROJET	5
1.2.1. Nature du projet et documents transmis	5
1.2.2. Situation géographique	6
1.2.3. Zone d’Influence Géotechnique	6
2. ÉTUDE DE SITE	8
2.1. SITUATION GEOLOGIQUE	8
2.2. ALEAS CONNUS	9
2.2.1. Retrait et gonflement des sols argileux	9
2.2.2. Autres aléas	9
2.3. ALEAS GEOTECHNIQUES COURANTS	10
3. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES	11
3.1. BLOCK A – MAISONS INDIVIDUELLES R+1	13
3.1.1. Programme d’investigations	13
3.1.2. Implantation des sondages	13
3.1.3. Sondage de reconnaissance à la tarière	14
3.1.4. L’eau dans le sol	14
3.1.5. Caractéristiques mécaniques	14
3.1.6. Identification des sols fins	15
3.1.7. Types de fondations et niveaux d’assises	16
3.1.8. Ébauche dimensionnelle.....	17
3.1.9. Dallages	17
3.2. BLOCK B – BATIMENTS R+2	19
3.2.1. Programme d’investigations	19
3.2.2. Implantation des sondages	19
3.2.3. Sondage de reconnaissance à la tarière	20
3.2.4. L’eau dans le sol	20
3.2.5. Caractéristiques mécaniques	20
3.2.6. Identification des sols fins	21
3.2.7. Types de fondations et niveaux d’assises	22
3.2.8. Ébauche dimensionnelle.....	23
3.2.9. Dallages	24
3.3. BLOCK C – BATIMENTS R+3	25
3.3.1. Programme d’investigations	25
3.3.2. Implantation des sondages	25
3.3.3. Sondage de reconnaissance à la tarière	26
3.3.4. L’eau dans le sol	26
3.3.5. Caractéristiques mécaniques	27
3.3.6. Identification des sols fins	27
3.3.7. Types de fondations et niveaux d’assises	29
3.3.1. Ébauche dimensionnelle.....	30
3.3.2. Dallages	31
3.4. BLOCK D – MAISONS INDIVIDUELLES R+1	32

3.4.1.	<i>Programme d'investigations</i>	32
3.4.2.	<i>Implantation des sondages</i>	32
3.4.3.	<i>Sondage de reconnaissance à la tarière</i>	33
3.4.4.	<i>L'eau dans le sol</i>	33
3.4.5.	<i>Caractéristiques mécaniques</i>	33
3.4.6.	<i>Identification des sols fins</i>	34
3.4.7.	<i>Types de fondations et niveaux d'assises</i>	35
3.4.1.	<i>Ébauche dimensionnelle</i>	36
3.4.2.	<i>Dallages</i>	36
3.5.	BLOCK E – BATIMENTS R+2	38
3.5.1.	<i>Programme d'investigations</i>	38
3.5.2.	<i>Implantation des sondages</i>	38
3.5.3.	<i>Sondage de reconnaissance à la tarière</i>	39
3.5.4.	<i>L'eau dans le sol</i>	39
3.5.5.	<i>Caractéristiques mécaniques</i>	39
3.5.6.	<i>Identification des sols fins</i>	40
3.5.7.	<i>Types de fondations et niveaux d'assises</i>	41
3.5.8.	<i>Ébauche dimensionnelle</i>	42
3.5.9.	<i>Dallages</i>	43
3.6.	BLOCK F – MAISONS INDIVIDUELLES R+1	44
3.6.1.	<i>Programme d'investigations</i>	44
3.6.2.	<i>Implantation des sondages</i>	44
3.6.3.	<i>Sondage de reconnaissance à la tarière</i>	45
3.6.4.	<i>L'eau dans le sol</i>	45
3.6.5.	<i>Caractéristiques mécaniques</i>	45
3.6.6.	<i>Identification des sols fins</i>	46
3.6.7.	<i>Types de fondations et niveaux d'assises</i>	47
3.6.8.	<i>Ébauche dimensionnelle</i>	48
3.6.9.	<i>Dallages</i>	48
3.7.	BLOCK G – BATIMENT R+3	50
3.7.1.	<i>Programme d'investigations</i>	50
3.7.2.	<i>Implantation des sondages</i>	50
3.7.3.	<i>Sondage de reconnaissance à la tarière</i>	51
3.7.4.	<i>L'eau dans le sol</i>	51
3.7.5.	<i>Caractéristiques mécaniques</i>	51
3.7.6.	<i>Identification des sols fins</i>	52
3.7.7.	<i>Types de fondations et niveaux d'assises</i>	53
3.7.8.	<i>Ébauche dimensionnelle</i>	54
3.7.9.	<i>Dallages</i>	54
3.8.	DRAINAGE	56
3.8.1.	<i>Disposition du drainage</i>	56
3.8.2.	<i>Architecture du drainage</i>	56
3.9.	DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES	57
	CONDITIONS GENERALES	59
	CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE	60
	ENCHAINEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE	62
	ANNEXES	63
	COUPES DES SONDAGES, ESSAIS PRESSIOMETRIQUES ET ESSAIS PENETROMETRIQUES.....	64



➤	<i>Block A</i>	64
➤	<i>Block B</i>	72
➤	<i>Block C</i>	78
➤	<i>Block D</i>	86
➤	<i>Block E</i>	96
➤	<i>Block F</i>	100
➤	<i>Block G</i>	102
	ANALYSES EN LABORATOIRE.....	105
➤	<i>1^{er} Phase : Mars 2022</i>	105
➤	<i>2^{ème} Phase : Juillet 2022</i>	107

1. Présentation de la mission

1.1. Mission

À la demande et pour le compte de European Homes, CIRSE ENVIRONNEMENT a été chargée d’effectuer une étude géotechnique dans le cadre d’un projet de construction d’un lotissement à Maizières-lès-Metz (57), voie Romaine (site Eiffage).

La mission géotechnique confiée (conformément à notre devis référencé IC 22/082 proposé et accepté le 28/02/2022) doit permettre de définir :

Mission G2 : Etude géotechnique de conception – phase avant-projet (AVP)

- Enquête documentaire, programme d’investigation ;
- La nature des différents terrains rencontrés ;
- Leurs caractéristiques mécaniques ;
- Le niveau d’eau relevé dans les sondages ;
- Les principes généraux des ouvrages géotechniques ;
- Les types de fondations envisageables ;
- Les contraintes admissibles par le sol aux ELU et ELS ;
- Les tassements théoriques attendus ;
- Les préconisations pour les dallages ;
- Les recommandations en phase travaux (terrassements...) ;
- Les recommandations de réalisation.

L’intervention sur site a été réalisée du 14 Juin 2022 au 01 Août 2022.

1.2. Le projet

1.2.1. Nature du projet et documents transmis

Dans le cadre de cette étude, les documents suivant nous ont été transmis :

- Plan de composition ;
- Plan des plateformes sous bâti du 03/10/2022 ;
- Plan des déblais remblais du 03/10/2022 ;
- Plan de fondations du 29/08/2022 (BATIS Ingenierie)
- Plan de situation et de localisation.

Compte tenu de l’emprise du projet, des mouvements de terres type déblais/remblais (hauteur max environ +1,50m) seront à prévoir.

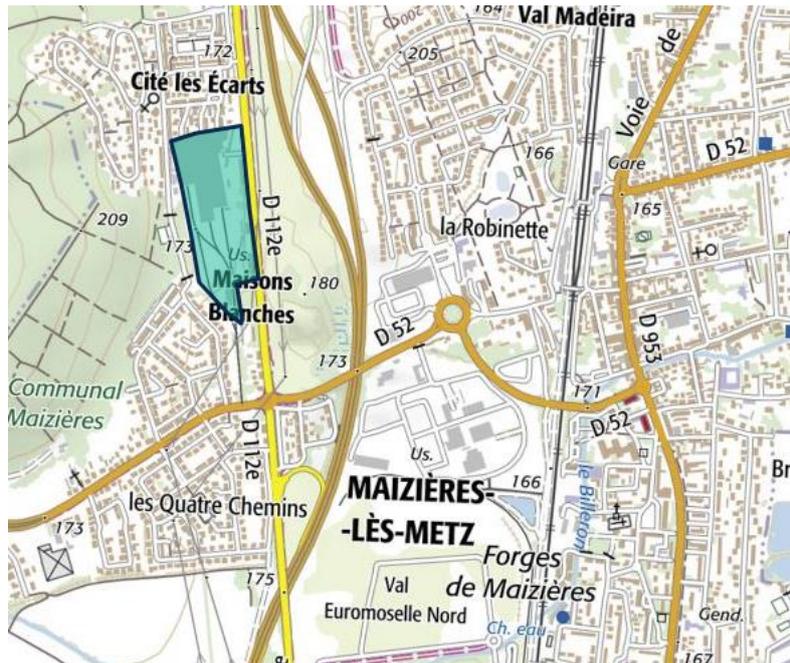
D’après les informations fournies par le donneur d’ordre, le projet a pour but la réalisation d’un lotissement composé de maisons individuelles R+1 et de bâtiments R+2 & R+3 sans sous-sol.

Le présent rapport synthétise les résultats de la 2^{ème} phase d'investigations du projet. La 1^{ère} phase réalisée en Mars 2022 par CIRSE Environnement (rapport IC 22/082) avait donné les préconisations pour la conception de la voirie du lotissement, la vente de lots libres (G1-PGC) et les résultats d'infiltration d'eau.

Ce rapport reprend en partie les résultats obtenus lors de cette première phase d'étude.

1.2.2. Situation géographique

Le projet est situé à Maizières-lès-Metz (57), voie Romaine, site Eiffage.



Localisation du projet sur fond de carte IGN

1.2.3. Zone d'Influence Géotechnique

Lors de nos interventions en 2022, le site était en cours de désaffectation mais des stocks de matériaux étaient encore présents sur une partie de la zone d'étude. Les hangars étaient quant à eux toujours en activité et non démolis au moment des interventions.

Le terrain est caractérisé par une zone en enrobés au niveau de la route départementale. Une seconde partie est caractérisée par une zone de stockage surélevée de 3m environ par rapport à la route (remblais divers et bâtiments).



Photographie prise lors de notre intervention en Mars 2022 – Zone de Stockage



Photographie prise lors de notre intervention en Mars 2022 – Zone de Stockage & hangars



Photographie prise lors de notre intervention en Mars 2022 – Hangars



Photographie prise lors de notre intervention en Mars 2022 – Zone en enrobé

2. Étude de site

2.1. Situation géologique

D'après la carte géologique de Uckange (n°138) et nos observations, le secteur d'étude devrait être intéressé par les formations suivantes :

- **Fy** : *Alluvions récentes* : Argiles, limons, sables et graviers ;
- **14b** : Marnes à Amaltheus.

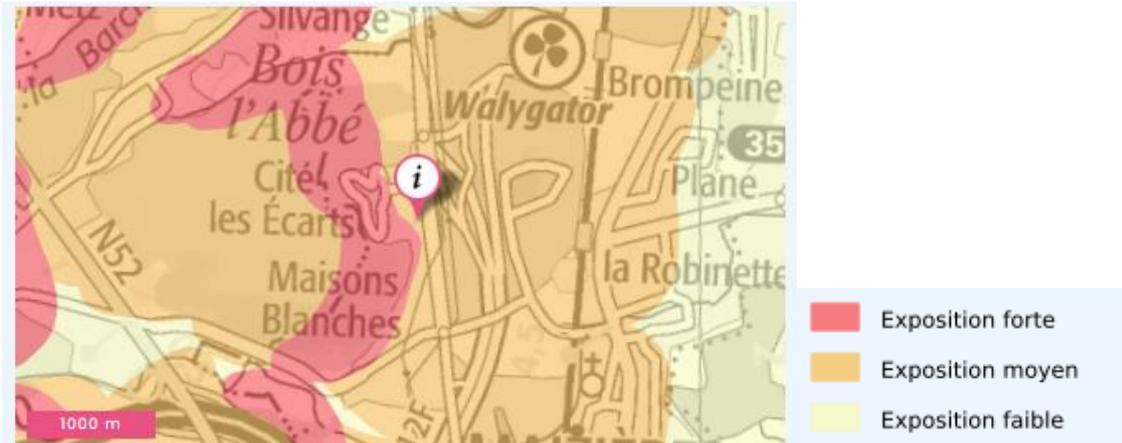


Extrait de la carte géologique de Uckange (n°138)

2.2. Aléas connus

2.2.1. Retrait et gonflement des sols argileux

La zone d’intervention est située en zone d’**aléa moyen** au retrait et gonflement des sols argileux.



(Source : <https://www.georisques.gouv.fr/>)

2.2.2. Autres aléas

Les aléas ayant fait l’objet d’une recherche sont répertoriés dans le tableau suivant :

Risque	Aléa/sensibilité
Sismique	1 – Très faible
Inondations	Commune faisant l'objet d'un PAPI, PPRI et TRI
Mouvements de terrains et cavités souterraines	Aucun évènement situé dans un rayon de 500m
Radon	Faible
Canalisation de matières dangereuses	Canalisation de gaz naturel dans un rayon de 1000m (1)
Sites et sols pollués	Anciens sites pollués, industriels et activités de service dans un rayon de 1000m (5) Odeur d’hydrocarbures détectée sur certaines zones
Arrêtés portant reconnaissance de catastrophes naturelles	- Inondation et/ou coulées de boue (11) - Mouvements de terrain (1) - Sécheresse (2) - Inondations remontée de nappe (2)

2.3. Aléas géotechniques courants

❖ la géologie

- aléas liés à l'hétérogénéité toujours possible du sol,
- aléas liés à l'éventuelle présence d'évènements géologiques ponctuels et difficilement quantifiables qui imposent des dispositions constructives particulières et évolutives en fonction de l'avancement des travaux

❖ l'histoire du site

- aléas liés à l'historique du site (connue ou inconnue), susceptible d'évoluer au cours de l'avancement des travaux (découvertes d'anciennes constructions, de remblais anthropiques etc...)

❖ le comportement mécanique

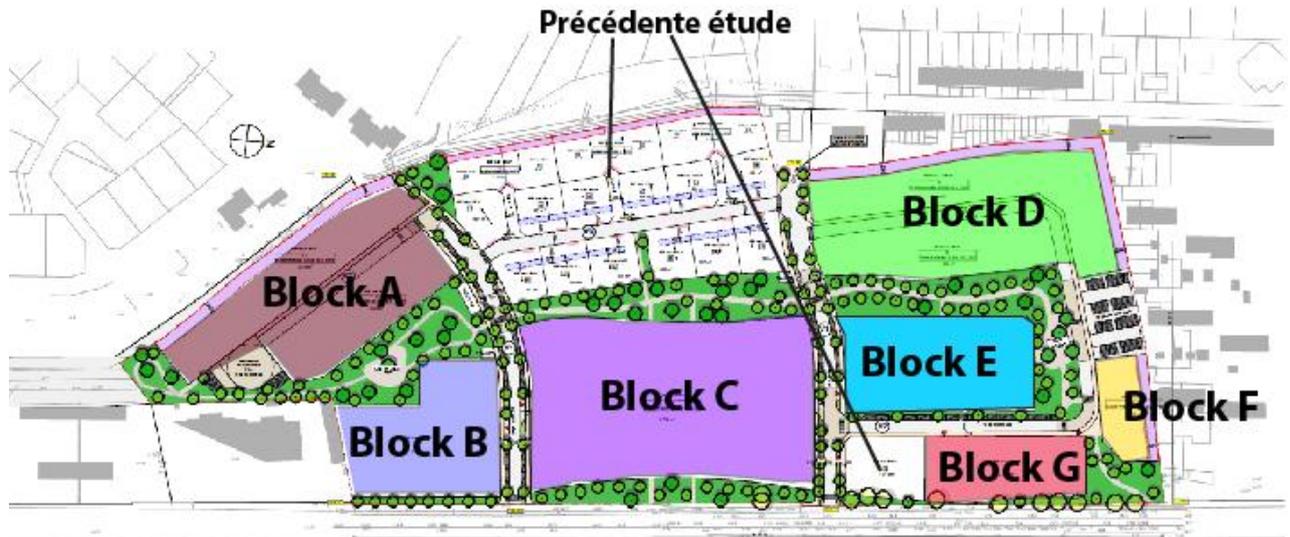
- aléas liés à la présence de sols sensibles à l'eau et dont les caractéristiques mécaniques sont en partie tributaires de leur teneur en eau,
- aléas liés à la sensibilité des sols de surface aux remaniements mécaniques,
- aléas liés au caractère compressible des sols naturels rencontrés.

❖ l'hydrogéologie

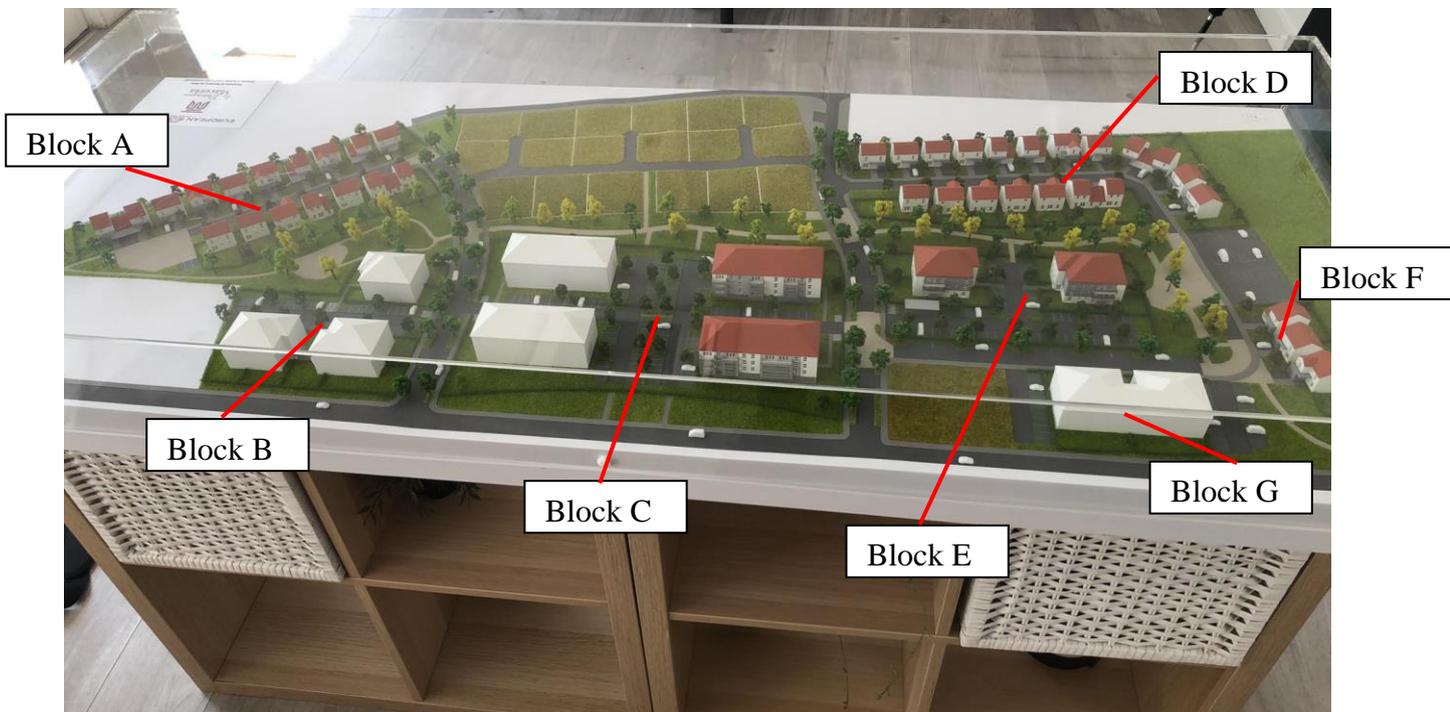
- les sols superficiels sont souvent le siège de circulations anarchiques d'eaux d'infiltration qui ont tendance à gagner les points bas naturels ou artificiels, notamment dans les remblais,
- présence éventuelle d'une nappe.

3. Investigations géotechniques

Afin de faciliter la compréhension du présent rapport, le projet global a été découpé en 7 blocks notés A à G. Ces blocks regroupent un ensemble de constructions de même type et suivent le plan de découpage suivant :



Découpe du projet en blocks



Photographie de la maquette du projet en Juin 2022

Les résultats sont présentés par block afin d'adapter au mieux les fondations à chaque type de bâtiment du projet.

Les sondages ont été réalisés en suivant le plan d'implantation suivant :



Plan d'implantation général des sondages



Plan d'implantation général des sondages en vue sur maquette

 Sondage à 12m

 Sondage à 10m

 Sondage à 6m

 Sondage à 8m

 Essais pénétrométriques à 4m

3.1. Block A – Maisons Individuelles R+1

3.1.1. Programme d'investigations

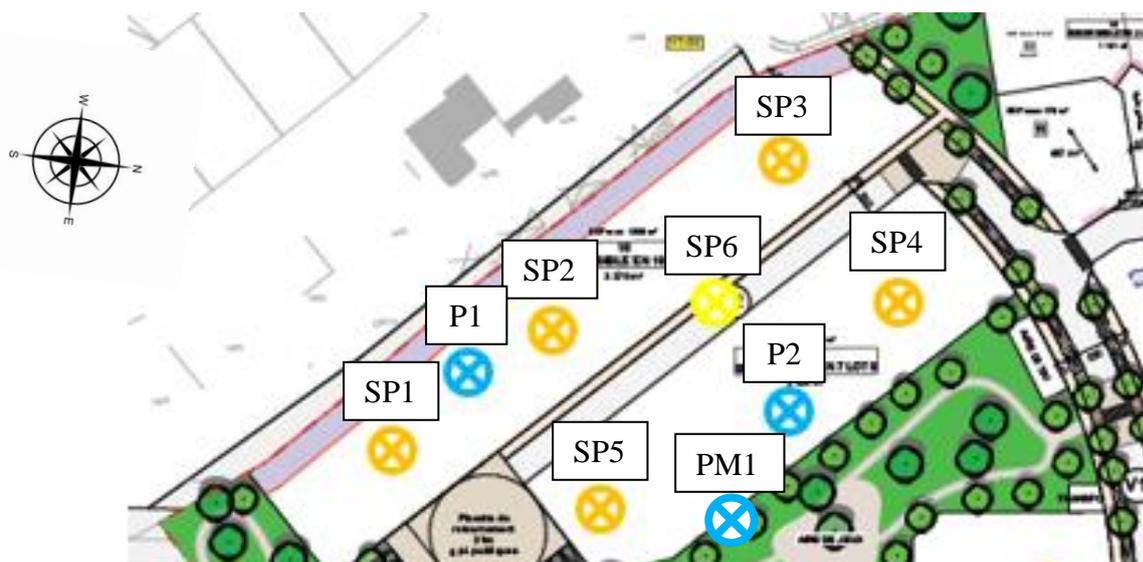
Dans le cadre de la présente mission, le programme suivant a été réalisé :

- **6 sondages à la tarière mécanique** (notés **SP1 à SP6**), descendus à une profondeur comprise entre **6,00m & 12,00m (uniquement SP6)** permettant l'appréciation de la nature des sols ;
- **36 essais pressiométriques**, répartis de façon homogène au droit des sondages et permettant de caractériser le comportement mécanique des sols en termes de portance et de sensibilité au tassement ;
- **2 essais au pénétromètre dynamique** (notés **P1 & P2**), descendus à une profondeur de **0,70m (refus) & 4,00m** afin d'apprécier la résistance dynamique moyenne des sols ;
- Les **analyses en laboratoire** et classement au sens de la norme NF P11-300 de la précédente étude de **Mars 2022 sur PM1** ont été réutilisés pour cette étude.

Les coupes des sondages et les résultats des essais in-situ et en laboratoire figurent en annexe.

3.1.2. Implantation des sondages

Les sondages ont été réalisés en suivant le plan d'implantation suivant :



Plan d'implantation des sondages du Block A

3.1.3. Sondage de reconnaissance à la tarière

Les sondages réalisés sur l'emprise du futur projet mettent en évidence les horizons suivants :

- **Niveau 0 : Remblais** reconnus au droit de l'ensemble des sondages, composés de **sables, graviers et laitier induré** (avec une couche de crasse sableuse noire au droit de SP1, SP3 et SP6), reconnus jusqu'à des profondeurs comprises entre **0,80m et 3,20m** par rapport au terrain actuel ;
- **Niveau 1 : Horizon superficiel**, composé d'**argiles brunes/vertes parfois à cailloutis**, reconnu jusqu'à la **base de SP1 à SP5 soit 6,00m** de profondeur par rapport au terrain actuel, et jusqu'à **6,20m** au droit de **SP6** ;
- **Niveau 2 : Alluvions**, composées de **sables argileux beiges**, reconnues uniquement au droit de **SP6** et jusqu'à sa base soit une profondeur de **12,00m** par rapport au terrain actuel.

3.1.4. L'eau dans le sol

Lors de la réalisation des sondages en Juillet 2022, **une venue d'eau** a été relevée au droit de **SP6 à -6,40m/TA**.

Signalons que les sols superficiels sont souvent le siège de circulations anarchiques d'eaux d'infiltration qui ont tendance à gagner les points bas naturels ou artificiels.

3.1.5. Caractéristiques mécaniques

Les essais pressiométriques et pénétrométriques réalisés ont permis de caractériser les sols en place :

- **Niveau 0** : performances mécaniques **bonnes à très bonnes** dans **les remblais** avec :
 - $0,714 \text{ MPa} < pl^* < 2,33 \text{ MPa}$
 - $4,36 \text{ MPa} < Em < 29,20 \text{ MPa}$
 - $13,30 \text{ MPa} < Rd < 117,50 \text{ MPa}$
- **Niveau 1** : performances mécaniques **correctes à bonnes** dans **les argiles brunes/vertes** avec :
 - $0,291 \text{ MPa} < pl^* < 1,12 \text{ MPa}$
 - $1,22 \text{ MPa} < Em < 19,20 \text{ MPa}$
 - $4,40 \text{ MPa} < Rd < 10,90 \text{ MPa}$
- **Niveau 2** : performances mécaniques **correctes à très bonnes** dans **les sables argileux** avec :
 - $0,469 \text{ MPa} < pl^* < 2,10 \text{ MPa}$
 - $5,57 \text{ MPa} < Em < 23,20 \text{ MPa}$

3.1.6. Identification des sols fins

Les analyses réalisées sur les sols prélevés lors de la première phase du chantier en Mars 2022 ont été réutilisées pour cette étude.

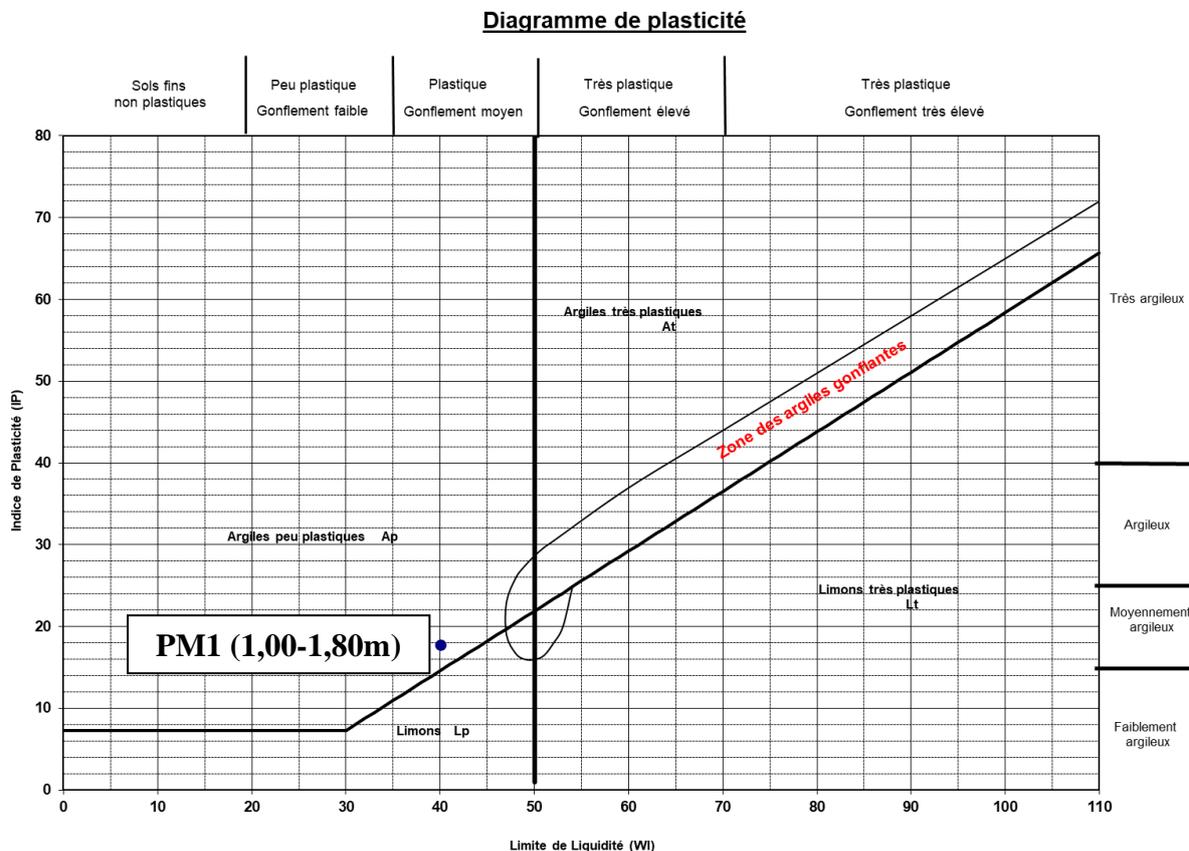
❖ Norme NF P-11-300

Sondage	PM1
Nature pétrographique	Argiles brunes
Profondeur moyenne (m)	1,00 - 1,80
% fines	> 35*
D maxi (mm)	< 50*
% W nat	19,07
Ip	17,8
WL	39,8
Classification GTR	A ₂

*Estimation visuelle

D'après les analyses effectuées sur prélèvements, les sols identifiés de type **argiles brunes** se classent en **A₂** au sens de la norme NF P11-300.

D'après le diagramme de Casagrande, les cuttings analysés se classent hors de la zone des argiles dites « gonflantes » et ne confirment pas le potentiel aléa moyen de la zone aux retraits gonflement des argiles.



3.1.7. Types de fondations et niveaux d'assises

Le projet prévoit la réalisation de maisons individuelles R+1 dont la nature exacte n'est pas connue à ce stade. Les investigations menées dans le cadre de cette étude permettent d'avoir une première approche sur le type de fondation nécessaire.

D'après les informations fournies par le B.E BATIS, il a été décidé de réaliser des fondations **superficielles** ancrées par l'intermédiaire de **semelles filantes**.

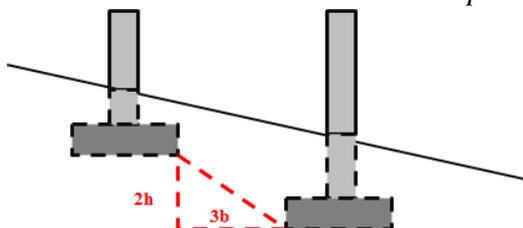
Compte tenu de la nature des remblais et de leur hétérogénéité un ancrage de **0,30m dans le sol naturel (hors remblais)** est préconisé au stade d'étude G2-AVP.

En fonction des contraintes du projet, une solution par radier général ancrée dans les remblais pourra être envisagée en phase G2-PRO.

On respectera dans tous les cas une **profondeur minimale d'assise de 0,80m** par rapport à la surface topographique du terrain **fini** afin de protéger les fondations contre les effets du gel.

Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si tel n'est pas le cas, on veillera à respecter les règles en la matière :

« *Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si les fondations sont ancrées à des niveaux différents, une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur doit être respectée entre les arêtes des semelles les plus voisines si le sol d'assise est stable* ».



Sous fondation, au moment des terrassements, on veillera à récupérer un **sol homogène en fond de fouille**.

Si des passages **peu performants** étaient détectés, il faudrait envisager des **purges ponctuelles** qui dépendront notamment de l'état hydrique des sols au moment des travaux.

Pour s'assurer que les règles en vigueur sont respectées, une vérification visuelle devra être réalisée au démarrage des travaux et validée dans le cadre des missions de suivi et supervision géotechnique G3 et G4.

3.1.8. Ébauche dimensionnelle

Au stade d'étude G2 AVP, un exemple de dimensionnement est fourni **au droit de chaque sondage. L'ancrage est donné par rapport au niveau du futur RdC.**

En phase G2-PRO cet ancrage pour être affiné en fonction de la nature des futurs remblais.

Les contraintes sont estimées en appliquant l'Eurocode 7 (NF P94-261).

Sondage	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6
<i>Cote NGF sondage (m)</i>	171,61	171,41	171,25	171,16	171,54	171,18
<i>Cote NGF RdC (m)</i>	171,13	171,52	171,29	171,38	171,43	171,44
<i>Déblais/Remblais (m)</i>	-0,48	+0,11	+0,04	+0,22	-0,11	+0,26
<i>Profondeur d'ancrage/RdC (m)</i>	3,00	1,40	2,80	1,00	1,00	2,15
<i>Cote d'ancrage NGF (m)</i>	168,13	170,12	168,49	170,38	170,43	169,29
<i>Q_{ELS} (MPa)</i>	0,225	0,243	0,184	0,154	0,120	0,243
<i>Tassement_{ELS} (cm)</i>	1,8	0,4	0,4	0,4	0,3	0,7

Les contraintes admissibles par le sol aux ELS sont au minimum **de l'ordre de 1,20 bar**, ce qui est **adapté** au type de projet envisagé (à confirmer par un BE structure).

Ce taux de travail pourra être affiné en phase G2 PRO en fonction des caractéristiques du projet et des dimensions des semelles envisagées.

Les tassements différentiels du sol devraient également rester limités, sous conditions d'un **ancrage homogène des fondations.**

Pour un fonctionnement correct de l'ouvrage de fondation, les tassements devront être évalués en fonction des descentes de charges réelles de l'ouvrage et de la largeur des semelles de fondation retenue. Ces adaptations à prévoir seront prises en compte lors de l'étude géotechnique de conception (phase G2 PRO).

3.1.9. Dallages

Deux techniques sont possibles :

- ❖ le dallage porté ;
- ❖ le dallage posé, ce qui nécessitera la réalisation d'une couche de forme.

Dans le cas d'un dallage sur terre-plein, la couche de forme devra être composée de matériaux insensibles à l'eau conformément aux préconisations du DTU 13.3.

D'après le DTU 13.3 relatif aux dallages (réf NF P11-213-3 : cahier des clauses techniques des dallages des maisons individuelles) :

Le module de déformation du support (avec ou sans forme) déterminé en surface par essai à la plaque est au moins égal à :

$$K_{west} = 30\text{MPa/m soit } 0,3\text{MPa/cm,}$$

Compte-tenu du contexte géotechnique, pour un **sol support** ressortant en **PST3**, ces performances seront atteintes avec la mise en œuvre de :

- **0,20m de matériaux insensibles à l'eau de type D31** (granulométrie 0/60 à 0/80) ;
- ou **0,10m de matériaux insensible à l'eau de type D31** (granulométrie 0/60 à 0/80) **avec interposition à la base d'un géotextile.**

L'interposition d'un géotextile à la base de la couche de forme garantira la portance à long terme en empêchant la remontée des fines au sein de la couche de forme en phase exploitation.

Ce dimensionnement donné en exemple dépend de l'état hydrique des sols au moment des travaux et de la qualité de mise en œuvre.

Les travaux de terrassement devront impérativement se dérouler en période clémente (présence de sols sensibles aux variations hydriques). Par temps de pluie et si les sols sont humides, ces performances ne seront plus garanties, les sols étant sensibles à l'eau. Une surépaisseur de couche de forme pourrait alors être nécessaire, voir un cloutage.

3.2. Block B – Bâtiments R+2

3.2.1. Programme d'investigations

Dans le cadre de la présente mission, le programme suivant a été réalisé :

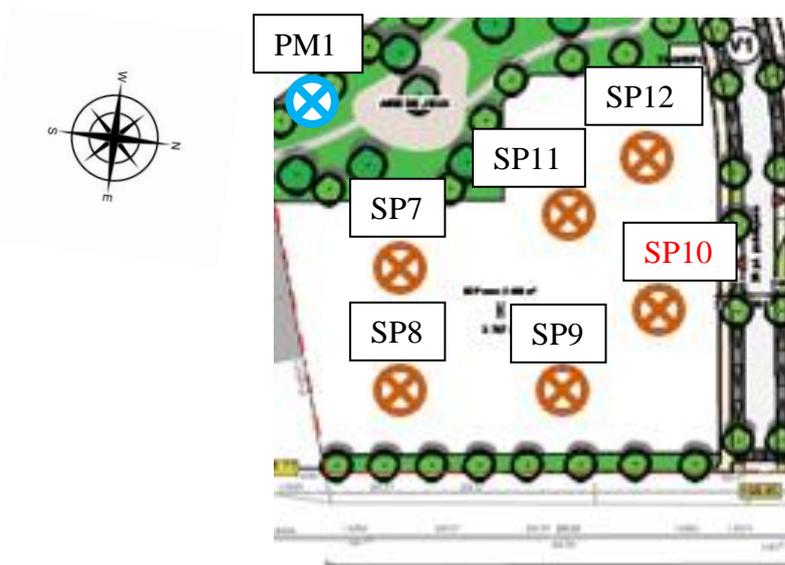
- **5 sondages à la tarière mécanique** (notés **SP7 à SP12**), descendus à une profondeur de **8,00m** permettant l'appréciation de la nature des sols ;
- **35 essais pressiométriques**, répartis de façon homogène au droit des sondages et permettant de caractériser le comportement mécanique des sols en termes de portance et de sensibilité au tassement ;
- Les **analyses en laboratoire** et classement au sens de la norme NF P11-300 de la précédente étude de **Mars 2022 sur PM1** ont été réutilisés pour cette étude.

En raison de la présence de réseaux enterrés, le sondage SP10 initialement prévu n'a pas été réalisé.

Les coupes des sondages et les résultats des essais in-situ et en laboratoire figurent en annexe.

3.2.2. Implantation des sondages

Les sondages ont été réalisés en suivant le plan d'implantation suivant :



Plan d'implantation des sondages du Block B

Le sondage SP12 se trouve sur la plateforme en remblais et est surélevé d'environ 2,00m par rapport aux autres sondages.

3.2.3. Sondage de reconnaissance à la tarière

Les sondages réalisés sur l'emprise du futur projet mettent en évidence les horizons suivants :

- **Niveau 0 :**
 - **Structure de voirie**, composée de **dalles béton**, reconnue au droit de **SP7 à SP11**, mesurant **0,30m d'épaisseur** et reposant sur **0,30m à 0,50m de laitier** ;
 - **Remblais**, reconnus **uniquement au droit de SP12**, composés de **laitier puis de sables, graviers et blocs**, reconnus jusqu'à **1,50m** de profondeur par rapport au terrain actuel ;
- **Niveau 1 : Horizon superficiel**, composé de **limons argileux puis d'argiles brunes/grises/vertes**, reconnu jusqu'à la **base de SP8, SP11 & SP12** soit **8,00m** de profondeur par rapport au terrain actuel, et jusqu'à **6,20m** au droit de **SP7 & SP9** ;
- **Niveau 2 : Alluvions**, composées de **sables et galets**, reconnues **droit de SP7 & SP9** et jusqu'à leur base soit une profondeur de **8,00m** par rapport au terrain actuel.

3.2.4. L'eau dans le sol

Lors de la réalisation des sondages en Juillet 2022, **des venues d'eau** ont été relevées au droit de nos sondages.

Sondage	SP9	SP11	SP12
Venue d'eau (m)	5,10	7,00	4,90

Signalons que les sols superficiels sont souvent le siège de circulations anarchiques d'eaux d'infiltration qui ont tendance à gagner les points bas naturels ou artificiels.

3.2.5. Caractéristiques mécaniques

Les essais pressiométriques réalisés au droit des sondages ont permis de caractériser les sols en place :

- **Niveau 0** : performances mécaniques **bonnes** dans les **remblais** avec :
 - $pl^* \# 1,73 \text{ MPa}$
 - $Em \# 14,70 \text{ MPa}$
- **Niveau 1** : performances mécaniques **correctes à bonnes** dans les **limons et argiles** avec :
 - $0,331 \text{ MPa} < pl^* < 1,09 \text{ MPa}$
 - $2,17 \text{ MPa} < Em < 23,70 \text{ MPa}$
- **Niveau 2** : performances mécaniques **bonnes** dans les **sables et graviers** avec :
 - $1,06 < pl^* < 1,29 \text{ MPa}$
 - $6,05 < Em < 35,40 \text{ MPa}$

3.2.6. Identification des sols fins

Les analyses réalisées sur les sols prélevés lors de la première phase du chantier en Mars 2022 ont été réutilisées pour cette étude.

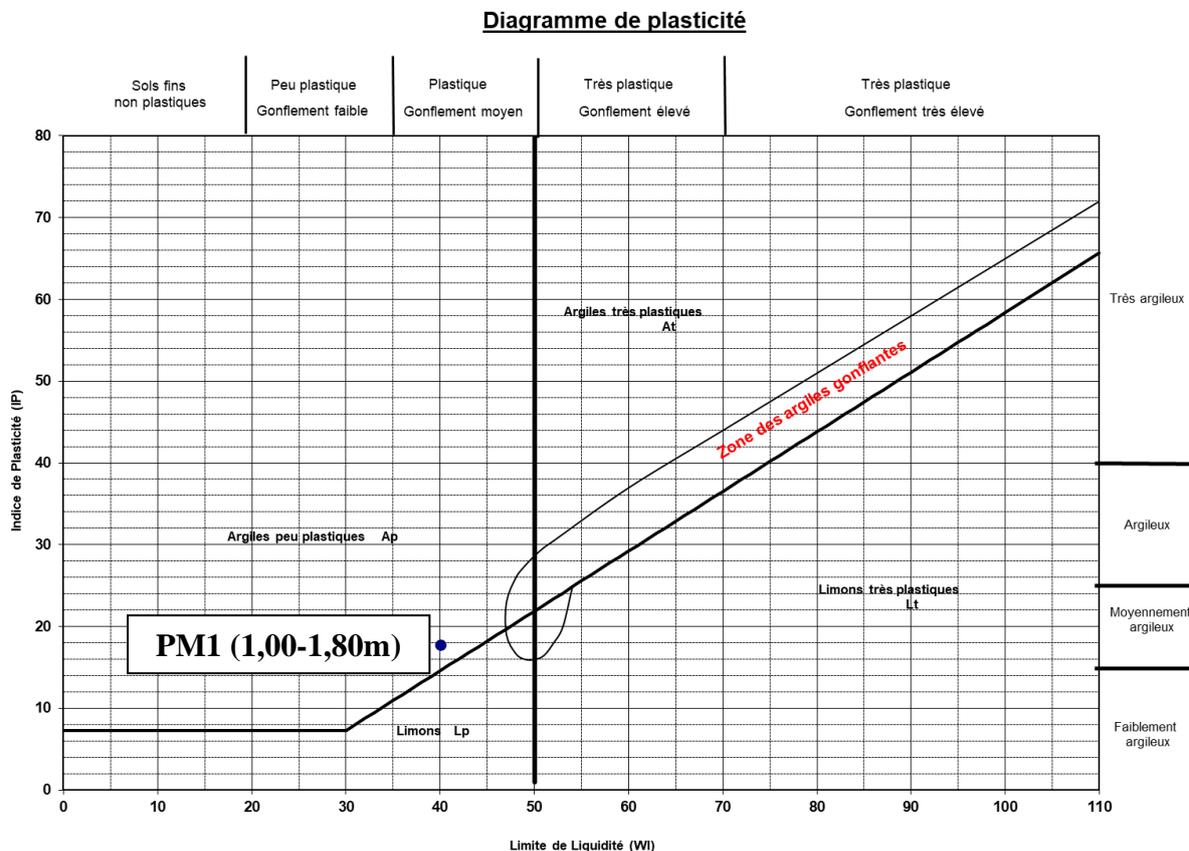
❖ Norme NF P-11-300

Sondage	PM1
Nature pétrographique	Argiles brunes
Profondeur moyenne (m)	1,00 - 1,80
% fines	> 35*
D maxi (mm)	< 50*
% W nat	19,07
Ip	17,8
WL	39,8
Classification GTR	A ₂

*Estimation visuelle

D'après les analyses effectuées sur prélèvements, les sols identifiés de type **argiles brunes** se classent en **A₂** au sens de la norme NF P11-300.

D'après le diagramme de Casagrande, les cuttings analysés se classent hors de la zone des argiles dites « gonflantes » et ne confirment pas le potentiel aléa moyen de la zone aux retraits gonflement des argiles.



3.2.7. Types de fondations et niveaux d'assises

Le projet prévoit la réalisation de trois bâtiment R+2 dont la nature exacte n'est pas connue à ce stade. Les investigations menées dans le cadre de cette étude permettent d'avoir une première approche sur le type de fondation nécessaire.

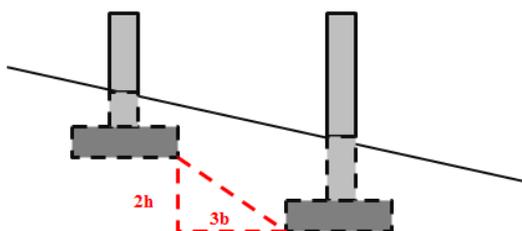
D'après les informations fournies par le B.E BATIS, il a été décidé de réaliser des fondations **superficielles** ancrées par l'intermédiaire de **massifs isolés**.

Les fondations seront ancrées dans les **argiles (niveau 1)**.

On respectera dans tous les cas une **profondeur minimale d'assise de 0,80m** par rapport à la surface topographique du terrain **fini** afin de protéger les fondations contre les effets du gel.

Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si tel n'est pas le cas, on veillera à respecter les règles en la matière :

« Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si les fondations sont ancrées à des niveaux différents, une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur doit être respectée entre les arêtes des semelles les plus voisines si le sol d'assise est stable ».



Sous fondation, au moment des terrassements, on veillera à récupérer un **sol homogène en fond de fouille**.

Si des passages **peu performants** étaient détectés, il faudrait envisager des **purges ponctuelles** qui dépendront notamment de l'état hydrique des sols au moment des travaux.

Pour s'assurer que les règles en vigueur sont respectées, une vérification visuelle devra être réalisée au démarrage des travaux et validée dans le cadre des missions de suivi et supervision géotechnique G3 et G4.

3.2.8. Ébauche dimensionnelle

Sondage	SP7	SP8	SP9	SP11	SP12
<i>Cote NGF sondage (m)</i>	168,96	168,93	168,84	169,03	171,27
<i>Cote NGF RdC (m)</i>	169,99	169,99	169,99	170,15	170,15
<i>Déblais/Remblais (m)</i>	+1,03	+1,06	+1,15	+1,12	-1,12

Au stade d'étude G2 AVP, un exemple de dimensionnement est fourni **au droit de chaque sondage. L'ancrage est donné par rapport au niveau du futur RdC.**

En phase G2-PRO cet ancrage pour être affiné en fonction de la nature des futurs remblais.

Les contraintes sont estimées en appliquant l'Eurocode 7 (NF P94-261).

- **Proposition d'ancrage 1 :**

Sondage	SP7	SP8	SP9	SP11	SP12
<i>Cote NGF RdC (m)</i>	169,99	169,99	169,99	170,15	170,15
<i>Profondeur d'ancrage/RdC (m)</i>	2,00	2,00	2,15	2,15	1,40
<i>Cote d'ancrage NGF (m)</i>	167,99	167,99	167,84	168,00	168,75
<i>Q_{ELS} (MPa)</i>	0,137	0,156	0,179	0,182	0,203
<i>Tassement $_{ELS}$ (cm)</i>	0,4	0,6	0,4	0,4	0,6

- **Proposition d'ancrage 2 :**

Sondage	SP7	SP8	SP9	SP11	SP12
<i>Cote NGF RdC (m)</i>	169,99	169,99	16,99	170,15	170,15
<i>Profondeur d'ancrage/RdC (m)</i>	3,00	3,00	3,15	3,15	2,40
<i>Cote d'ancrage NGF (m)</i>	166,99	166,99	166,84	167,00	167,75
<i>Q_{ELS} (MPa)</i>	0,233	0,216	0,225	0,232	0,304
<i>Tassement $_{ELS}$ (cm)</i>	0,5	0,5	0,3	0,4	0,5

Les contraintes admissibles par le sol aux ELS sont de l'ordre de :

- **Proposition d'ancrage 1 : 1,37 bar minimum ;**
- **Proposition d'ancrage 2 : 2,16 bars minimums.**

Ce taux de travail pourra être affiné en phase G2 PRO en fonction des caractéristiques du projet et des dimensions des semelles envisagées.

Compte tenu des profondeurs d'ancrage proposées, une solution de fondations profondes type pieux pourra être envisagée afin de limiter les terrassements.

Les tassements différentiels du sol devraient également rester limités, sous conditions d'un **ancrage homogène des fondations.**

Pour un fonctionnement correct de l'ouvrage de fondation, les tassements devront être évalués en fonction des descentes de charges réelles de l'ouvrage et de la largeur des semelles de fondation retenue. Ces adaptations à prévoir seront prises en compte lors de l'étude géotechnique de conception (phase G2 PRO).

3.2.9. Dallages

Deux techniques sont possibles :

- ❖ le dallage porté ;
- ❖ le dallage posé, ce qui nécessitera la réalisation d'une couche de forme.

Dans le cas d'un dallage posé, la couche de forme devra être composée de matériaux insensibles à l'eau conformément aux préconisations du DTU 13.3.

D'après le DTU 13.3 relatif aux dallages (réf NF P11-213-1-1-1 : cahier des clauses techniques des dallages autres qu'industriels) :

Le module de déformation du support (avec ou sans forme) déterminé en surface par essai à la plaque est au moins égal à :

$$EV2 > 50MPa \text{ « charge inférieure à } 2t/m^2 \text{ »}$$
$$\text{Le rapport de compactage } EV2/EV1 < 2,2$$

Pour l'exemple de dimensionnement on envisagera une couche de forme granulaire avec un objectif de plateforme PF2 ($EV2 \geq 50MPa$).

Compte-tenu du contexte géotechnique, pour un **sol support** ressortant en **PST1**, ces performances seront atteintes avec la mise en œuvre de :

- **0,75m de matériaux insensibles à l'eau de type D31** (granulométrie 0/60 à 0/80) ;
- ou **0,60m de matériaux insensible à l'eau de type D31** (granulométrie 0/60 à 0/80) **avec interposition à la base d'un géotextile.**

L'interposition d'un géotextile à la base de la couche de forme garantira la portance à long terme en empêchant la remontée des fines au sein de la couche de forme en phase exploitation.

Ce dimensionnement donné en exemple dépend de l'état hydrique des sols au moment des travaux et de la qualité de mise en œuvre.

Les travaux de terrassement devront impérativement se dérouler en période clémente (présence de sols sensibles aux variations hydriques). Par temps de pluie et si les sols sont humides, ces performances ne seront plus garanties, les sols étant sensibles à l'eau. Une surépaisseur de couche de forme pourrait alors être nécessaire, voir un cloutage.

3.3. Block C – Bâtiments R+3

3.3.1. Programme d'investigations

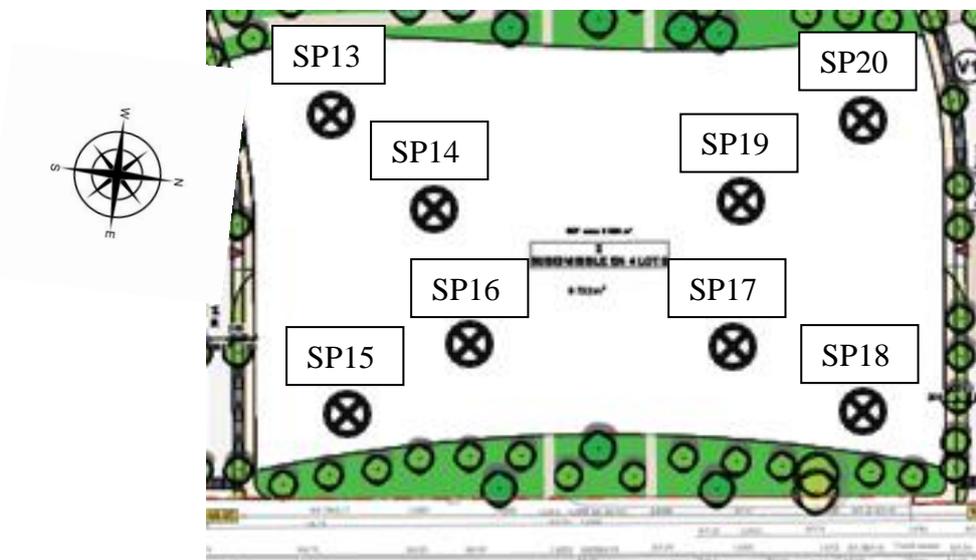
Dans le cadre de la présente mission, le programme suivant a été réalisé :

- **8 sondages à la tarière mécanique** (notés **SP13 à SP20**), descendus à une profondeur de **10,00m** permettant l'appréciation de la nature des sols ;
- **54 essais pressiométriques**, répartis de façon homogène au droit des sondages et permettant de caractériser le comportement mécanique des sols en termes de portance et de sensibilité au tassement ;
- Des échantillons de sol ont été prélevés pour **analyses en laboratoire** et classement au sens de la norme NF P11-300.

Les coupes des sondages et les résultats des essais in-situ et en laboratoire figurent en annexe.

3.3.2. Implantation des sondages

Les sondages ont été réalisés en suivant le plan d'implantation suivant :



Plan d'implantation des sondages du Block C

3.3.3. Sondage de reconnaissance à la tarière

Les sondages réalisés sur l’emprise du futur projet mettent en évidence les horizons suivants :

- **Niveau 0 :**
 - **Structure de voirie**, reconnue **uniquement au droit de SP15 & SP16 & SP20**, composée de **dalles béton de 0,30m d’épaisseur reposant sur 0,30m à 0,50m de laitier ou de sables et graviers** ;
 - **Remblais**, reconnus au droit de **tous les sondages exceptés SP15 & SP16** et jusqu’à **0,40m à 1,60m** par rapport au terrain actuel, composés de **laitier et de sables divers à graviers** ;
- **Niveau 1 : Horizon superficiel**, composé de **limons argileux et d’argiles brunes**, reconnu jusqu’à une profondeur comprise entre **6,80m & 8,50m** par rapport au terrain actuel ;
- **Niveau 2a : Substratum +/- altéré**, composé de **d’argiles marneuses**, reconnu jusqu’à la **base de tous les sondages sauf SP15 & SP16** soit une profondeur de **10,00m** par rapport au terrain actuel ;
- **Niveau 2b : Alluvions**, composées **sables et graviers**, reconnues **uniquement au droit de SP15 & SP16** et jusqu’à leur base soit une profondeur de **10,00m** par rapport au terrain actuel.

3.3.4. L’eau dans le sol

Lors de la réalisation des sondages en Juillet 2022, **des venues d’eau** ont été relevées au droit de nos sondages.

Sondage	SP13	SP15	SP16	SP17	SP18	SP20
<i>Venue d’eau (m)</i>	5,40	7,00	7,60	5,00	5,20	6,00

Signalons que les sols superficiels sont souvent le siège de circulations anarchiques d’eaux d’infiltration qui ont tendance à gagner les points bas naturels ou artificiels.

3.3.5. Caractéristiques mécaniques

Les essais pressiométriques réalisés au droit des sondages ont permis de caractériser les sols en place :

- **Niveau 0** : performances mécaniques **très bonnes** dans **les remblais** avec :

$$2,22 \text{ MPa} < p_l^* < 2,23 \text{ MPa}$$

$$34,70 \text{ MPa} < E_m < 49,40 \text{ MPa}$$

- **Niveau 1** : performances mécaniques **correctes à bonnes** dans **les limons et argiles** avec :

$$0,276 \text{ MPa} < p_l^* < 1,41 \text{ MPa}$$

$$2,08 \text{ MPa} < E_m < 23,3 \text{ MPa}$$

- **Niveau 2a** : performances mécaniques **bonnes à très bonnes** dans les **argiles marneuses** avec :

$$0,904 \text{ MPa} < p_l^* < 2,24 \text{ MPa}$$

$$9,34 \text{ MPa} < E_m < 42,30 \text{ MPa}$$

- **Niveau 2b** : performances mécaniques **bonnes à très bonnes** dans le **sables et graviers** avec :

$$0,911 \text{ MPa} < p_l^* < 2,30 \text{ MPa}$$

$$15,60 \text{ MPa} < E_m < 56,90 \text{ MPa}$$

3.3.6. Identification des sols fins

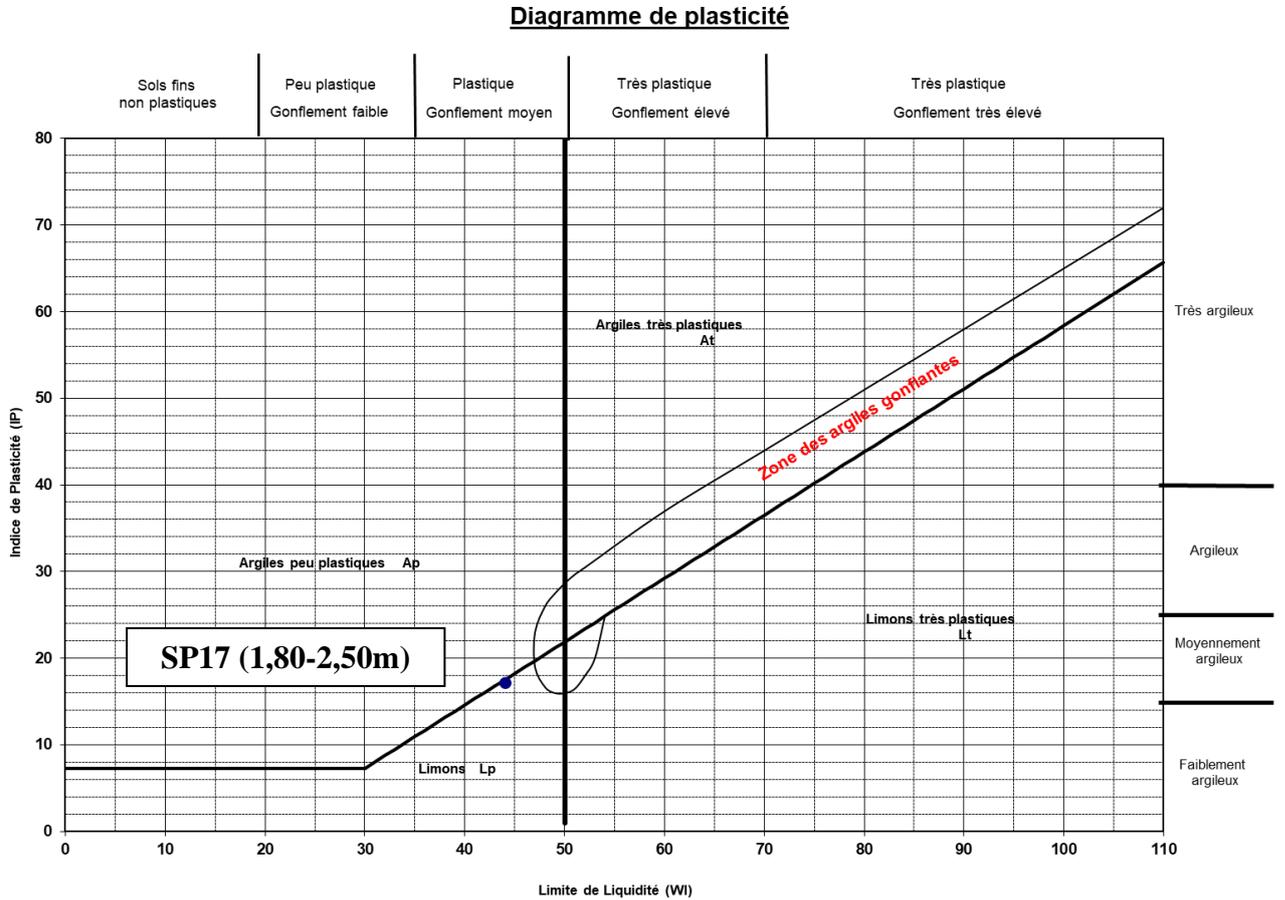
❖ Norme NF P-11-300

Sondage	SP17
<i>Nature pétrographique</i>	Argiles brunes
<i>Profondeur moyenne (m)</i>	1,80 - 2,50
<i>% fines</i>	> 35*
<i>D maxi (mm)</i>	< 50*
<i>% W nat</i>	25,65
<i>I_p</i>	17,2
<i>WL</i>	44,0
Classification GTR	A₂

* Estimation visuelle non représentative de la fraction entière (prélèvement en 63mm)

D'après les analyses effectuées sur prélèvements, les sols identifiés de type **argiles brunes** se classent en **A₂** au sens de la norme NF P11-300.

D'après le diagramme de Casagrande, les cuttings analysés se classent hors de la zone des argiles dites « gonflantes » et ne confirment pas le potentiel aléa moyen de la zone aux retraits gonflement des argiles.



3.3.7. Types de fondations et niveaux d'assises

Le projet prévoit la réalisation de 4 bâtiments R+3 dont la nature exacte n'est pas connue à ce stade. Les investigations menées dans le cadre de cette étude permettent d'avoir une première approche sur le type de fondation nécessaire.

D'après les informations fournies par le B.E BATIS, il a été décidé de réaliser des fondations **superficielles** ancrées par l'intermédiaire de **massifs isolés**.

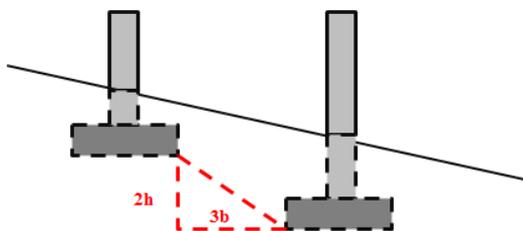
Les fondations seront ancrées dans les **argiles (niveau 1)**.

En fonction des contraintes du projet, une solution par radier général ancré dans les remblais pourra être envisagée en phase G2-PRO.

On respectera dans tous les cas une **profondeur minimale d'assise de 0,80m** par rapport à la surface topographique du terrain **fini** afin de protéger les fondations contre les effets du gel.

Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si tel n'est pas le cas, on veillera à respecter les règles en la matière :

« Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si les fondations sont ancrées à des niveaux différents, une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur doit être respectée entre les arêtes des semelles les plus voisines si le sol d'assise est stable ».



Sous fondation, au moment des terrassements, on veillera à récupérer un **sol homogène en fond de fouille**.

Si des passages **peu performants** étaient détectés, il faudrait envisager des **purges ponctuelles** qui dépendront notamment de l'état hydrique des sols au moment des travaux.

Pour s'assurer que les règles en vigueur sont respectées, une vérification visuelle devra être réalisée au démarrage des travaux et validée dans le cadre des missions de suivi et supervision géotechnique G3 et G4.

3.3.1. Ébauche dimensionnelle

Sondage	SP13	SP14	SP15	SP16	SP17	SP18	SP19	SP20
Cote NGF sondage (m)	171,08	171,16	168,98	1690,06	169,51	170,77	171,18	171,24
Cote NGF RdC (m)	170,76	170,76	170,53	170,53	170,53	170,53	170,76	170,76
Déblais/Remblais (m)	-0,32	-0,40	+1,55	+1,47	+1,02	-0,24	-0,42	-0,48

Au stade d'étude G2 AVP, un exemple de dimensionnement est fourni **au droit de chaque sondage**. L'ancrage est donné par rapport au niveau du futur RdC.

En phase G2-PRO cet ancrage pour être affiné en fonction de la nature des futurs remblais.

Les contraintes sont estimées en appliquant l'Eurocode 7 (NF P94-261).

- **Proposition d'ancrage 1 :**

Sondage	SP13	SP14	SP15	SP16	SP17	SP18	SP19	SP20
Cote NGF RdC (m)	170,76	170,76	170,53	170,53	170,53	170,53	170,76	170,76
Profondeur d'ancrage/RdC (m)	1,70	1,60	3,50	3,50	3,00	1,80	1,60	1,50
Cote d'ancrage NGF (m)	169,06	169,16	167,03	167,03	167,53	168,73	169,16	169,26
Q_{ELS} (MPa)	0,215	0,223	0,195	0,176	0,377	0,442	0,198	0,212
Tassement (cm)	0,5	0,8	0,4	0,4	0,4	0,7	0,5	0,5

- **Proposition d'ancrage 2 :**

Sondage	SP13	SP14	SP15	SP16	SP17	SP18	SP19	SP20
Cote NGF RdC (m)	170,76	170,76	170,53	170,53	170,53	170,53	170,76	170,76
Profondeur d'ancrage/RdC (m)	2,70	2,60	4,50	4,50	4,00	2,80	2,60	2,50
Cote d'ancrage NGF (m)	168,06	168,16	166,03	166,03	166,53	167,73	168,16	168,26
Q_{ELS} (MPa)	0,227	0,204	0,280	0,225	0,318	0,321	0,289	0,369
Tassement (cm)	0,4	0,8	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7

Les contraintes admissibles par le sol aux ELS sont de l'ordre de :

- **Proposition d'ancrage 1 : 1,76 bar minimum ;**
- **Proposition d'ancrage 2 : 2,04 bars minimum.**

Ce taux de travail pourra être affiné en phase G2 PRO en fonction des caractéristiques du projet et des dimensions des semelles envisagées. Un ancrage profond ou un renforcement de sol pourront être étudiés à votre demande.

Compte tenu des profondeurs d'ancrage proposées, une solution de fondations profondes type pieux pourra être envisagée afin de limiter les terrassements.

Les tassements différentiels du sol devraient également rester limités, sous conditions d'un ancrage homogène des fondations.

Pour un fonctionnement correct de l'ouvrage de fondation, les tassements devront être évalués en fonction des descentes de charges réelles de l'ouvrage et de la largeur des semelles de fondation retenue. Ces adaptations à prévoir seront prises en compte lors de l'étude géotechnique de conception (phase G2 PRO).

3.3.2. Dallages

Deux techniques sont possibles :

- ❖ le dallage porté ;
- ❖ le dallage posé, ce qui nécessitera la réalisation d'une couche de forme.

Dans le cas d'un dallage posé, la couche de forme devra être composée de matériaux insensibles à l'eau conformément aux préconisations du DTU 13.3.

D'après le DTU 13.3 relatif aux dallages (réf NF P11-213-1-1-1 : cahier des clauses techniques des dallages autres qu'industriels) :

Le module de déformation du support (avec ou sans forme) déterminé en surface par essai à la plaque est au moins égal à :

$$EV2 > 50MPa \text{ « charge inférieure à } 2t/m^2 \text{ »}$$
$$\text{Le rapport de compactage } EV2/EV1 < 2,2$$

Pour l'exemple de dimensionnement on envisagera une couche de forme granulaire avec un objectif de plateforme PF2 ($EV2 \geq 50MPa$).

Compte-tenu du contexte géotechnique, pour un **sol support** ressortant en **PST1**, ces performances seront atteintes avec la mise en œuvre de :

- **0,75m de matériaux insensibles à l'eau de type D31** (granulométrie 0/60 à 0/80) ;
- ou **0,60m de matériaux insensible à l'eau de type D31** (granulométrie 0/60 à 0/80) avec **interposition à la base d'un géotextile**.

L'interposition d'un géotextile à la base de la couche de forme garantira la portance à long terme en empêchant la remontée des fines au sein de la couche de forme en phase exploitation.

Ce dimensionnement donné en exemple dépend de l'état hydrique des sols au moment des travaux et de la qualité de mise en œuvre.

Les travaux de terrassement devront impérativement se dérouler en période clémente (présence de sols sensibles aux variations hydriques). Par temps de pluie et si les sols sont humides, ces performances ne seront plus garanties, les sols étant sensibles à l'eau. Une surépaisseur de couche de forme pourrait alors être nécessaire, voir un cloutage.

3.4. Block D – Maisons Individuelles R+1

3.4.1. Programme d'investigations

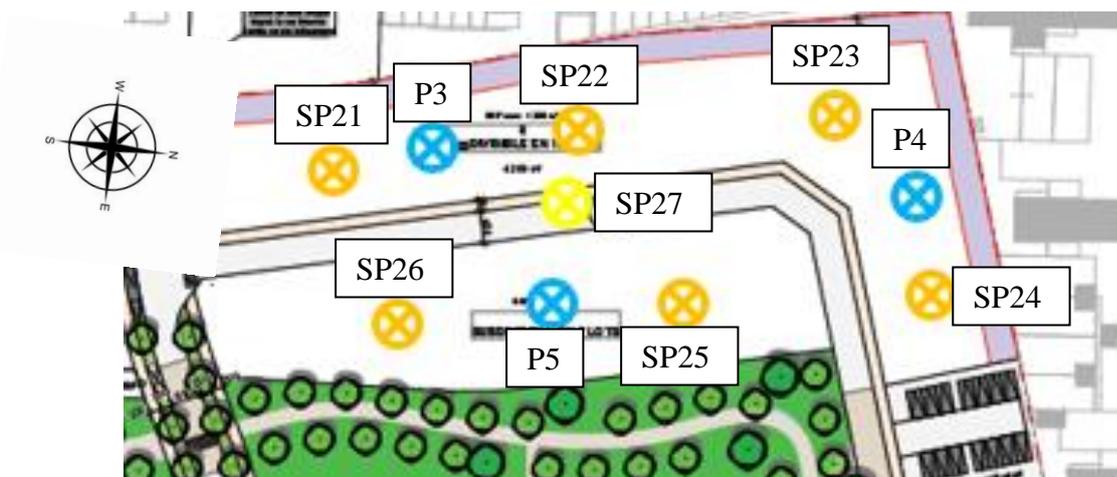
Dans le cadre de la présente mission, le programme suivant a été réalisé :

- **7 sondages à la tarière mécanique** (notés **SP21 à SP27**), descendus à une profondeur comprise entre **6,00m et 12,00m (uniquement SP27)** permettant l'appréciation de la nature des sols ;
- **25 essais pressiométriques**, répartis de façon homogène au droit des sondages et permettant de caractériser le comportement mécanique des sols en termes de portance et de sensibilité au tassement ;
- **3 essais au pénétromètre dynamique** (notés **P3 à P5**), descendus à une profondeur de **4,00m** afin d'apprécier la résistance dynamique moyenne des sols ;
- Des échantillons de sol ont été prélevés pour **analyses en laboratoire** et classement au sens de la norme NF P11-300.

Les coupes des sondages et les résultats des essais in-situ et en laboratoire figurent en annexe.

3.4.2. Implantation des sondages

Les sondages ont été réalisés en suivant le plan d'implantation suivant :



Plan d'implantation des sondages du Block D

3.4.3. Sondage de reconnaissance à la tarière

Les sondages réalisés sur l'emprise du futur projet mettent en évidence les horizons suivants :

- **Niveau 0 : Dallage béton de 20cm à 40cm** d'épaisseur, reposant sur une couche de **sables et graviers reconnu jusqu'à 0,60m à 0,70m** de profondeur ;
- **Niveau 1 : Horizon superficiel, composé d'argiles brunes ou grises parfois sableuses**, reconnu jusqu'à la **base de SP21 à SP26 soit 6,00m** de profondeur par rapport au terrain actuel et jusqu'à **8,80m** de profondeur au droit de **SP27** ;
- **Niveau 2 : Substratum +/- altéré, composé d'argiles marneuses**, reconnu **uniquement au droit de SP27** et jusqu'à sa base soit **12,00m** par rapport au terrain actuel.

3.4.4. L'eau dans le sol

Lors de la réalisation des sondages en Juillet 2022, **des venues d'eau** ont été relevées au droit de nos sondages.

Sondage	SP24	SP25	SP26	SP27
Venue d'eau (m)	5,20	5,20	5,40	6,20

Signalons que les sols superficiels sont souvent le siège de circulations anarchiques d'eaux d'infiltration qui ont tendance à gagner les points bas naturels ou artificiels.

3.4.5. Caractéristiques mécaniques

Les essais pressiométriques et pénétrométriques réalisés au droit des sondages ont permis de caractériser les sols en place :

- **Niveau 1** : performances mécaniques **correctes à bonnes** dans les **argiles** avec :

$$0,203 \text{ MPa} < p_l^* < 0,995 \text{ MPa}$$

$$1,73 \text{ MPa} < E_m < 16,80 \text{ MPa}$$

$$1,80 \text{ MPa} < R_d < 16,20 \text{ MPa}$$

- **Niveau 2** : performances mécaniques **bonnes à très bonnes** dans les **argiles marneuses** avec :

$$0,889 \text{ MPa} < p_l^* < 2,26 \text{ MPa}$$

$$9,21 \text{ MPa} < E_m < 38,30 \text{ MPa}$$

3.4.6. Identification des sols fins

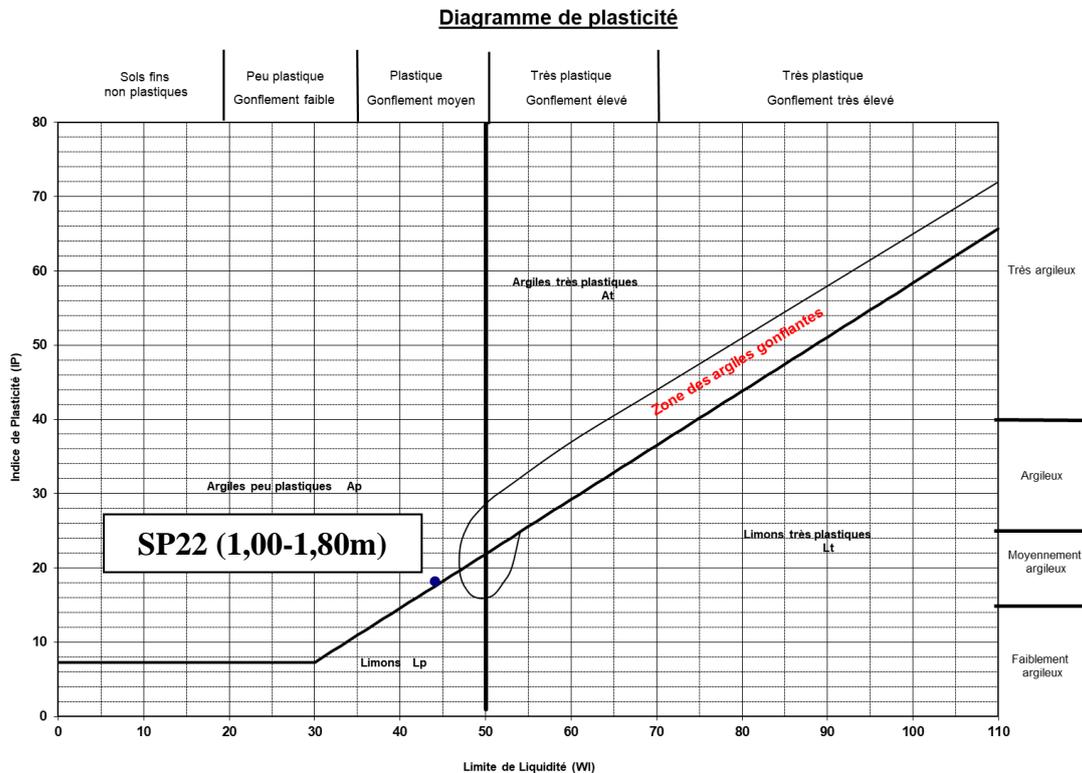
❖ Norme NF P-11-300

Sondage	SP22
<i>Nature pétrographique</i>	Argiles brunes
<i>Profondeur moyenne (m)</i>	1,00 - 1,80
<i>% fines</i>	> 35*
<i>D maxi (mm)</i>	< 50*
<i>% W nat</i>	20,09
<i>Ip</i>	18,2
<i>WL</i>	43,8
Classification GTR	A₂

* Estimation visuelle non représentative de la fraction entière (prélèvement en 63mm)

D'après les analyses effectuées sur prélèvements, les sols identifiés de type **argiles brunes** se classent en **A₂** au sens de la norme NF P11-300.

D'après le diagramme de Casagrande, les cuttings analysés se classent hors de la zone des argiles dites « gonflantes » et ne confirment pas le potentiel aléa moyen de la zone aux retraits gonflement des argiles.



3.4.7. Types de fondations et niveaux d’assises

Le projet prévoit la réalisation de maisons R+1 dont la nature exacte n’est pas connue à ce stade. Les investigations menées dans le cadre de cette étude permettent d’avoir une première approche sur le type de fondation nécessaire.

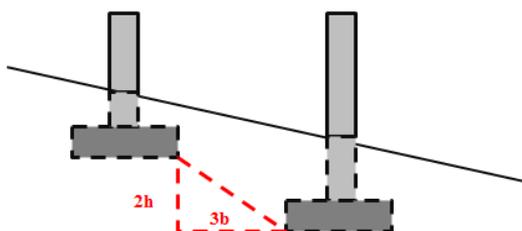
D’après les informations fournies par le B.E BATIS, il a été décidé de réaliser des fondations **superficielles** ancrées par l’intermédiaire de **semelles filantes**.

Les fondations seront ancrées dans les **argiles (niveau 1)**.

On respectera dans tous les cas une **profondeur minimale d’assise de 0,80m** par rapport à la surface topographique du terrain **fini** afin de protéger les fondations contre les effets du gel.

Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si tel n’est pas le cas, on veillera à respecter les règles en la matière :

« Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si les fondations sont ancrées à des niveaux différents, une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur doit être respectée entre les arêtes des semelles les plus voisines si le sol d’assise est stable ».



Sous fondation, au moment des terrassements, on veillera à récupérer un **sol homogène en fond de fouille**.

Si des passages **peu performants** étaient détectés, il faudrait envisager des **purges ponctuelles** qui dépendront notamment de l’état hydrique des sols au moment des travaux.

Pour s’assurer que les règles en vigueur sont respectées, une vérification visuelle devra être réalisée au démarrage des travaux et validée dans le cadre des missions de suivi et supervision géotechnique G3 et G4.

3.4.1. Ébauche dimensionnelle

Au stade d'étude G2 AVP, un exemple de dimensionnement est fourni **au droit de chaque sondage. L'ancrage est donné par rapport au niveau du futur RdC.**

En phase G2-PRO cet ancrage pour être affiné en fonction de la nature des futurs remblais.

Les contraintes sont estimées en appliquant l'Eurocode 7 (NF P94-261).

Sondage	SP21	SP22	SP23	SP24	SP25	SP26	SP27
<i>Cote NGF sondage (m)</i>	171,21	171,21	171,22	171,21	171,24	171,20	171,21
<i>Cote NGF RdC (m)</i>	121,21	171,77	171,25	171,04	171,27	172,02	171,21
<i>Déblais/Remblais (m)</i>	+1,00	+0,56	+0,03	-0,17	+0,03	+0,82	+0,86
<i>Profondeur d'ancrage/RdC (m)</i>	2,00	1,60	1,00	0,80	1,00	1,80	1,90
<i>Cote d'ancrage NGF (m)</i>	170,21	170,17	170,25	170,24	170,27	170,22	170,17
<i>Q_{ELS} (MPa)</i>	0,226	0,218	0,177	0,186	0,228	0,243	0,263
<i>Tassement (cm)</i>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Les contraintes admissibles par le sol aux ELS sont au minimum **de l'ordre de 1,77 bar**, ce qui est **adapté** au type de projet envisagé (à confirmer par un BE structure).

Ce taux de travail pourra être affiné en phase G2 PRO en fonction des caractéristiques du projet et des dimensions des semelles envisagées.

Les tassements différentiels du sol devraient également rester limités, sous conditions d'un **ancrage homogène des fondations.**

Pour un fonctionnement correct de l'ouvrage de fondation, les tassements devront être évalués en fonction des descentes de charges réelles de l'ouvrage et de la largeur des semelles de fondation retenue. Ces adaptations à prévoir seront prises en compte lors de l'étude géotechnique de conception (phase G2 PRO).

3.4.2. Dallages

Deux techniques sont possibles :

- ❖ le dallage porté ;
- ❖ le dallage posé, ce qui nécessitera la réalisation d'une couche de forme.

Dans le cas d'un dallage sur terre-plein, la couche de forme devra être composée de matériaux insensibles à l'eau conformément aux préconisations du DTU 13.3.

D'après le DTU 13.3 relatif aux dallages (réf NF P11-213-3 : cahier des clauses techniques des dallages des maisons individuelles) :

Le module de déformation du support (avec ou sans forme) déterminé en surface par essai à la plaque est au moins égal à :

$$K_{west} = 30\text{MPa/m soit } 0,3\text{MPa/cm,}$$

Compte-tenu du contexte géotechnique, pour un **sol support** ressortant en **PST1**, ces performances seront atteintes avec la mise en œuvre de :

- **0,40m de matériaux insensibles à l'eau de type D31** (granulométrie 0/60 à 0/80) ;
- ou **0,30m de matériaux insensible à l'eau de type D31** (granulométrie 0/60 à 0/80) **avec interposition à la base d'un géotextile.**

L'interposition d'un géotextile à la base de la couche de forme garantira la portance à long terme en empêchant la remontée des fines au sein de la couche de forme en phase exploitation.

Ce dimensionnement donné en exemple dépend de l'état hydrique des sols au moment des travaux et de la qualité de mise en œuvre.

Les travaux de terrassement devront impérativement se dérouler en période clémente (présence de sols sensibles aux variations hydriques). Par temps de pluie et si les sols sont humides, ces performances ne seront plus garanties, les sols étant sensibles à l'eau. Une surépaisseur de couche de forme pourrait alors être nécessaire, voir un cloutage.

3.5. Block E – Bâtiments R+2

3.5.1. Programme d'investigations

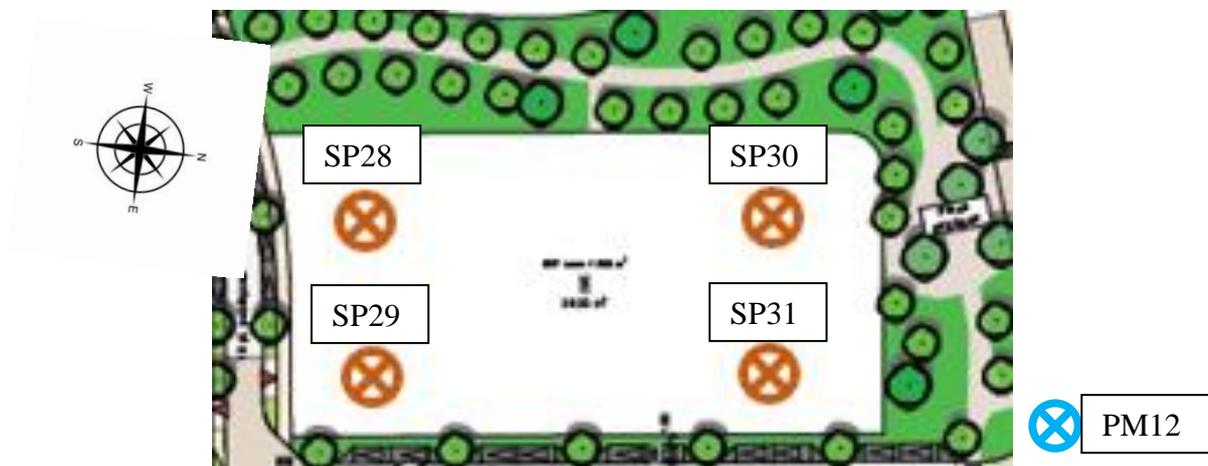
Dans le cadre de la présente mission, le programme suivant a été réalisé :

- **4 sondages à la tarière mécanique** (notés **SP28 à SP31**), descendus à une profondeur de **8,00m** permettant l'appréciation de la nature des sols ;
- **28 essais pressiométriques**, répartis de façon homogène au droit des sondages et permettant de caractériser le comportement mécanique des sols en termes de portance et de sensibilité au tassement ;
- Les **analyses en laboratoire** et classement au sens de la norme NF P11-300 de la précédente étude de **Mars 2022 sur PM12** ont été réutilisés pour cette étude.

Les coupes des sondages et les résultats des essais in-situ et en laboratoire figurent en annexe.

3.5.2. Implantation des sondages

Les sondages ont été réalisés en suivant le plan d'implantation suivant :



Plan d'implantation des sondages du Block E

3.5.3. Sondage de reconnaissance à la tarière

Les sondages réalisés sur l'emprise du futur projet mettent en évidence les horizons suivants :

- **Niveau 0 :**
 - **Dallage béton**, reconnu uniquement au droit de **SP28**, mesurant **0,30m d'épaisseur** et reposant sur **0,30m sables et de graviers** ;
 - **Structure de voirie**, reconnue au droit **SP29 à SP31**, composée de **0,08m d'enrobés puis de laitier** jusqu'à **0,80m à 1,20m** par rapport au terrain actuel ;
- **Niveau 1 : Horizon superficiel**, composé de **limons argileux puis d'argiles brunes**, reconnu jusqu'à la **base de tous nos sondages** soit **8,00m** de profondeur par rapport au terrain actuel.

3.5.4. L'eau dans le sol

Lors de la réalisation des sondages en Juillet 2022, **des venues d'eau** ont été relevées au droit de nos sondages.

Sondage	SP28	SP29	SP30	SP31
<i>Venue d'eau (m)</i>	5,50	3,00	4,90	3,50

Signalons que les sols superficiels sont souvent le siège de circulations anarchiques d'eaux d'infiltration qui ont tendance à gagner les points bas naturels ou artificiels.

3.5.5. Caractéristiques mécaniques

Les essais pressiométriques réalisés au droit des sondages ont permis de caractériser les sols en place :

- **Niveau 0** : performances mécaniques **bonnes** dans **le laitier** avec :

pl* # 1,04MPa

Em # 46,30 MPa

- **Niveau 1** : performances mécaniques **correctes à bonnes** dans les **limons et argiles** avec :

$0,297 \text{ MPa} < pl^* < 0,884 \text{ MPa}$

$2,37 \text{ MPa} < Em < 25,60 \text{ MPa}$

3.5.6. Identification des sols fins

Les analyses réalisées sur les sols prélevés lors de la première phase du chantier en Mars 2022 ont été réutilisées pour cette étude.

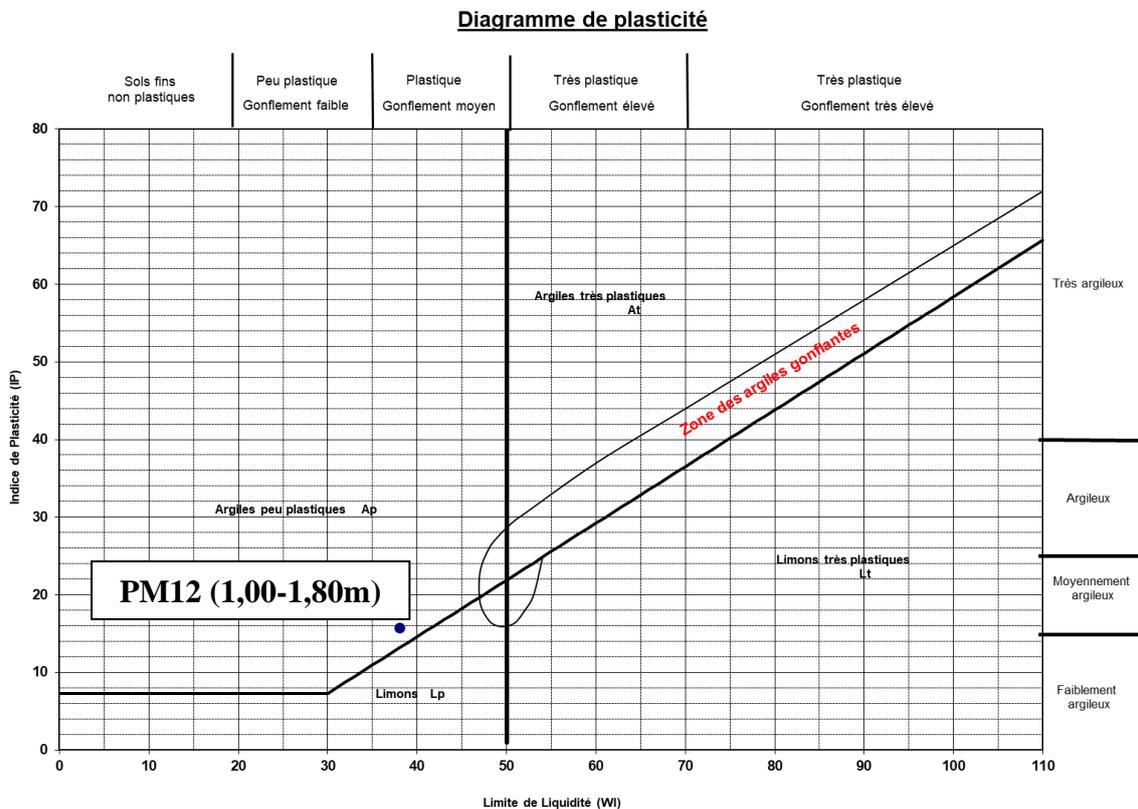
❖ Norme NF P-11-300

Sondage	PM12
Nature pétrographique	Argiles brunes
Profondeur moyenne (m)	1,00 - 1,80
% fines	> 35*
D maxi (mm)	< 50*
% W nat	19,61
Ip	15,8
WL	38,0
Classification GTR	A ₂

*Estimation visuelle

D'après les analyses effectuées sur prélèvements, les sols identifiés de type **argiles brunes** se classent en **A₂** au sens de la norme NF P11-300.

D'après le diagramme de Casagrande, les cuttings analysés se classent hors de la zone des argiles dites « gonflantes » et ne confirment pas le potentiel aléa moyen de la zone aux retraits gonflement des argiles.



3.5.7. Types de fondations et niveaux d'assises

Le projet prévoit la réalisation de deux bâtiment R+2 dont la nature exacte n'est pas connue à ce stade. Les investigations menées dans le cadre de cette étude permettent d'avoir une première approche sur le type de fondation nécessaire.

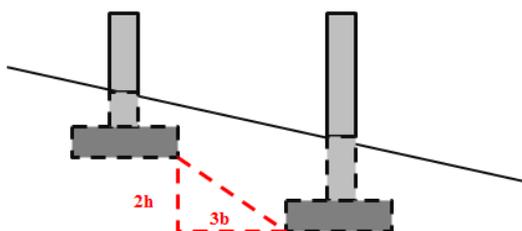
D'après les informations fournies par le B.E BATIS, il a été décidé de réaliser des fondations **superficielles** ancrées par l'intermédiaire de **massifs isolés**.

Les fondations seront ancrées dans les **argiles (niveau 1)**.

On respectera dans tous les cas une **profondeur minimale d'assise de 0,80m** par rapport à la surface topographique du terrain **fini** afin de protéger les fondations contre les effets du gel.

Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si tel n'est pas le cas, on veillera à respecter les règles en la matière :

« *Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si les fondations sont ancrées à des niveaux différents, une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur doit être respectée entre les arêtes des semelles les plus voisines si le sol d'assise est stable* ».



Sous fondation, au moment des terrassements, on veillera à récupérer un **sol homogène en fond de fouille**.

Si des passages **peu performants** étaient détectés, il faudrait envisager des **purges ponctuelles** qui dépendront notamment de l'état hydrique des sols au moment des travaux.

Pour s'assurer que les règles en vigueur sont respectées, une vérification visuelle devra être réalisée au démarrage des travaux et validée dans le cadre des missions de suivi et supervision géotechnique G3 et G4.

3.5.8. Ébauche dimensionnelle

Au stade d'étude G2 AVP, un exemple de dimensionnement est fourni **au droit de chaque sondage. L'ancrage est donné par rapport au niveau du futur RdC.**

En phase G2-PRO cet ancrage pour être affiné en fonction de la nature des futurs remblais.

Les contraintes sont estimées en appliquant l'Eurocode 7 (NF P94-261).

Sondage	SP28	SP29	SP30	SP31
<i>Cote NGF sondage (m)</i>	171,21	171,22	171,22	171,22
<i>Cote NGF RdC (m)</i>	171,20	171,20	171,20	171,20
<i>Déblais/Remblais (m)</i>	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02
<i>Profondeur d'ancrage/RdC (m)</i>	2,00	1,50	1,00	1,00
<i>Cote d'ancrage NGF (m)</i>	169,20	169,70	170,20	170,20
<i>Q_{ELS} (MPa)</i>	0,172	0,237	0,176	0,219
<i>Tassement (cm)</i>	0,4	0,4	0,3	0,5

Les contraintes admissibles par le sol aux ELS sont de **l'ordre de 1,72 bar minimum à -2,00m/RdC pour SP28** et de **1,76 bar à -1,00m/RdC au droit de SP30**, ce qui semble **adapté** au type de projet envisagé (à confirmer par un BE structure).

Ce taux de travail pourra être affiné en phase G2 PRO en fonction des caractéristiques du projet et des dimensions des semelles envisagées. Une solution de fondations profondes type pieux pourra également être envisagée.

Les tassements différentiels du sol devraient également rester limités, sous conditions d'un **ancrage homogène des fondations.**

Pour un fonctionnement correct de l'ouvrage de fondation, les tassements devront être évalués en fonction des descentes de charges réelles de l'ouvrage et de la largeur des semelles de fondation retenue. Ces adaptations à prévoir seront prises en compte lors de l'étude géotechnique de conception (phase G2 PRO).

3.5.9. Dallages

Deux techniques sont possibles :

- ❖ le dallage porté ;
- ❖ le dallage posé, ce qui nécessitera la réalisation d'une couche de forme.

Dans le cas d'un dallage posé, la couche de forme devra être composée de matériaux insensibles à l'eau conformément aux préconisations du DTU 13.3.

D'après le DTU 13.3 relatif aux dallages (réf NF P11-213-1-1-1 : cahier des clauses techniques des dallages autres qu'industriels) :

Le module de déformation du support (avec ou sans forme) déterminé en surface par essai à la plaque est au moins égal à :

EV2 > 50MPa « charge inférieure à 2t/m² »

Le rapport de compactage EV2/EV1 < 2,2

Pour l'exemple de dimensionnement on envisagera une couche de forme granulaire avec un objectif de plateforme PF2 (EV2 ≥ 50MPa).

Compte-tenu du contexte géotechnique, pour un **sol support** ressortant en **PST1**, ces performances seront atteintes avec la mise en œuvre de :

- **0,75m de matériaux insensibles à l'eau de type D31** (granulométrie 0/60 à 0/80) ;
- ou **0,60m de matériaux insensible à l'eau de type D31** (granulométrie 0/60 à 0/80) **avec interposition à la base d'un géotextile.**

L'interposition d'un géotextile à la base de la couche de forme garantira la portance à long terme en empêchant la remontée des fines au sein de la couche de forme en phase exploitation.

Ce dimensionnement donné en exemple dépend de l'état hydrique des sols au moment des travaux et de la qualité de mise en œuvre.

Les travaux de terrassement devront impérativement se dérouler en période clémente (présence de sols sensibles aux variations hydriques). Par temps de pluie et si les sols sont humides, ces performances ne seront plus garanties, les sols étant sensibles à l'eau. Une surépaisseur de couche de forme pourrait alors être nécessaire, voir un cloutage.

3.6. Block F – Maisons Individuelles R+1

3.6.1. Programme d'investigations

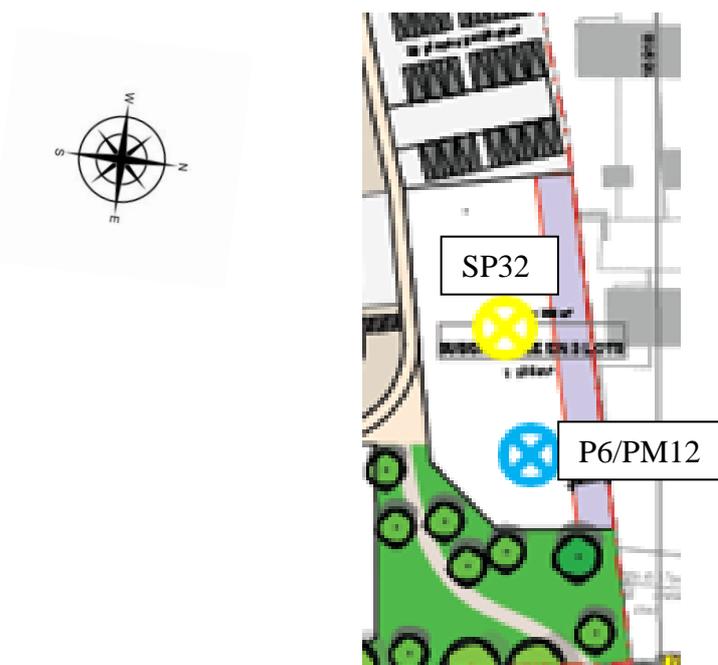
Dans le cadre de la présente mission, le programme suivant a été réalisé :

- **1 sondage à la tarière mécanique** (noté **SP32**), descendu à une profondeur comprise de **19,00m** permettant l'appréciation de la nature des sols ;
- **15 essais pressiométriques**, répartis de façon homogène au droit des sondages et permettant de caractériser le comportement mécanique des sols en termes de portance et de sensibilité au tassement ;
- **1 essais au pénétromètre dynamique** (noté **P6**), descendu à une profondeur de **4,00m** afin d'apprécier la résistance dynamique moyenne des sols ;
- Les **analyses en laboratoire** et classement au sens de la norme NF P11-300 de la précédente étude de **Mars 2022 sur PM12** ont été réutilisés pour cette étude.

Les coupes des sondages et les résultats des essais in-situ et en laboratoire figurent en annexe.

3.6.2. Implantation des sondages

Les sondages ont été réalisés en suivant le plan d'implantation suivant :



Plan d'implantation des sondages du Block F

3.6.3. Sondage de reconnaissance à la tarière

Le sondage réalisé sur l'emprise du futur projet met en évidence les horizons suivants :

- **Niveau 0 : Structure de voirie, composée de 0,08m d'enrobé puis de sables et graviers** jusqu'à **0,40m** de profondeur ;
- **Niveau 1 : Horizon superficiel, composé de limons bruns puis d'argiles brunes**, reconnu jusqu'à une profondeur de **7,50m** par rapport au terrain actuel ;
- **Niveau 2 : Alluvions, composées de sables argileux à graviers**, reconnues jusqu'à une profondeur de **15,50m** par rapport au terrain actuel ;
- **Niveau 3 : Substratum +/- altéré, composé d'argiles marneuses**, reconnu jusqu'à la base de notre sondage pressiométriques soit une profondeur de **19,00m** par rapport au terrain actuel.

3.6.4. L'eau dans le sol

Lors de la réalisation du sondage en Juillet 2022, **une venue d'eau** a été relevée au droit de **SP32 à -7,20m/TA**.

Signalons que les sols superficiels sont souvent le siège de circulations anarchiques d'eaux d'infiltration qui ont tendance à gagner les points bas naturels ou artificiels.

3.6.5. Caractéristiques mécaniques

Les essais pressiométriques et pénétrométrique réalisés ont permis de caractériser les sols en place :

- **Niveau 0** : performances mécaniques **bonnes** dans **la voirie** avec :

$$14,20 \text{ MPa} < R_d < 55,20 \text{ MPa}$$

- **Niveau 1** : performances mécaniques **correctes à bonnes** dans **limons et argiles brunes** avec :

$$0,305 \text{ MPa} < p_l^* < 0,909 \text{ MPa}$$

$$3,98 \text{ MPa} < E_m < 18,20 \text{ MPa}$$

$$1,60 \text{ MPa} < R_d < 5,50 \text{ MPa}$$

- **Niveau 2** : performances mécaniques **bonnes** dans les **sables argileux** avec :

$$0,627 \text{ MPa} < p_l^* < 1,43 \text{ MPa}$$

$$5,17 \text{ MPa} < E_m < 12,60 \text{ MPa}$$

- **Niveau 3** : performances mécaniques **très bonnes** dans les **argiles marneuses** avec :

$$2,23 \text{ MPa} < p_l^* < 2,28 \text{ MPa}$$

$$22,40 \text{ MPa} < E_m < 61,90 \text{ MPa}$$

3.6.6. Identification des sols fins

Les analyses réalisées sur les sols prélevés lors de la première phase du chantier en Mars 2022 ont été réutilisées pour cette étude.

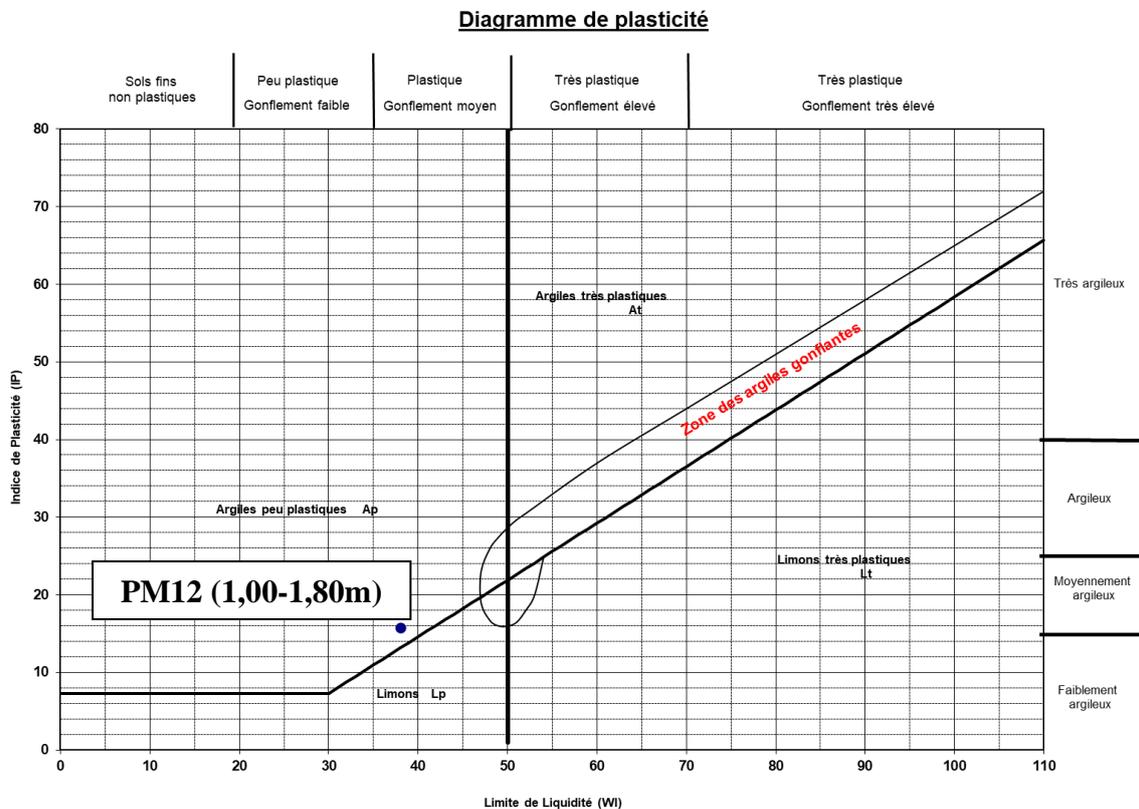
❖ Norme NF P-11-300

Sondage	PM12
Nature pétrographique	Argiles brunes
Profondeur moyenne (m)	1,00 - 1,80
% fines	> 35*
D maxi (mm)	< 50*
% W nat	19,61
Ip	15,8
WL	38,0
Classification GTR	A ₂

*Estimation visuelle

D'après les analyses effectuées sur prélèvements, les sols identifiés de type **argiles brunes** se classent en **A₂** au sens de la norme NF P11-300.

D'après le diagramme de Casagrande, les cuttings analysés se classent hors de la zone des argiles dites « gonflantes » et ne confirment pas le potentiel aléa moyen de la zone aux retraits gonflement des argiles.



3.6.7. Types de fondations et niveaux d'assises

Le projet prévoit la réalisation de trois maisons R+1 dont la nature exacte n'est pas connue à ce stade. Les investigations menées dans le cadre de cette étude permettent d'avoir une première approche sur le type de fondation nécessaire.

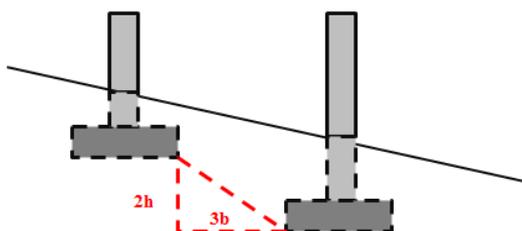
D'après les informations fournies par le B.E BATIS, il a été décidé de réaliser des fondations **superficielles** ancrées par l'intermédiaire de **semelles filantes**.

Les fondations seront ancrées dans les **argiles (niveau 1)**.

On respectera dans tous les cas une **profondeur minimale d'assise de 0,80m** par rapport à la surface topographique du terrain **fini** afin de protéger les fondations contre les effets du gel.

Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si tel n'est pas le cas, on veillera à respecter les règles en la matière :

« Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si les fondations sont ancrées à des niveaux différents, une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur doit être respectée entre les arêtes des semelles les plus voisines si le sol d'assise est stable ».



Sous fondation, au moment des terrassements, on veillera à récupérer un **sol homogène en fond de fouille**.

Si des passages **peu performants** étaient détectés, il faudrait envisager des **purges ponctuelles** qui dépendront notamment de l'état hydrique des sols au moment des travaux.

Pour s'assurer que les règles en vigueur sont respectées, une vérification visuelle devra être réalisée au démarrage des travaux et validée dans le cadre des missions de suivi et supervision géotechnique G3 et G4.

3.6.8. Ébauche dimensionnelle

Au stade d'étude G2 AVP, un exemple de dimensionnement est fourni **au droit de chaque sondage. L'ancrage est donné par rapport au niveau du futur RdC.**

En phase G2-PRO cet ancrage pour être affiné en fonction de la nature des futurs remblais.

Les contraintes sont estimées en appliquant l'Eurocode 7 (NF P94-261).

Sondage	SP32
<i>Cote NGF sondage (m)</i>	171,17
<i>Cote NGF Rdc (m)</i>	170,95
<i>Déblais/Remblais (m)</i>	-0,22
<i>Profondeur d'ancrage/RdC (m)</i>	1,00
<i>Cote d'ancrage NGF (m)</i>	170,15
<i>Q_{ELS} (MPa)</i>	0,136
<i>Tassement (cm)</i>	0,18

Les contraintes admissibles par le sol aux ELS sont au minimum **de l'ordre de 1,36 bar**, ce qui est **adapté** au type de projet envisagé (à confirmer par un BE structure).

Ce taux de travail pourra être affiné en phase G2 PRO en fonction des caractéristiques du projet et des dimensions des semelles envisagées.

Les tassements différentiels du sol devraient également rester limités, sous conditions d'un **ancrage homogène des fondations.**

Pour un fonctionnement correct de l'ouvrage de fondation, les tassements devront être évalués en fonction des descentes de charges réelles de l'ouvrage et de la largeur des semelles de fondation retenue. Ces adaptations à prévoir seront prises en compte lors de l'étude géotechnique de conception (phase G2 PRO).

3.6.9. Dallages

Deux techniques sont possibles :

- ❖ le dallage porté ;
- ❖ le dallage posé, ce qui nécessitera la réalisation d'une couche de forme.

Dans le cas d'un dallage sur terre-plein, la couche de forme devra être composée de matériaux insensibles à l'eau conformément aux préconisations du DTU 13.3.

D'après le DTU 13.3 relatif aux dallages (réf NF P11-213-3 : cahier des clauses techniques des dallages des maisons individuelles) :

Le module de déformation du support (avec ou sans forme) déterminé en surface par essai à la plaque est au moins égal à :

$$K_{west} = 30\text{MPa/m soit } 0,3\text{MPa/cm,}$$

Compte-tenu du contexte géotechnique, pour un **sol support** ressortant en **PST1**, ces performances seront atteintes avec la mise en œuvre de :

- **0,40m de matériaux insensibles à l'eau de type D31** (granulométrie 0/60 à 0/80) ;
- ou **0,30m de matériaux insensible à l'eau de type D31** (granulométrie 0/60 à 0/80) **avec interposition à la base d'un géotextile.**

L'interposition d'un géotextile à la base de la couche de forme garantira la portance à long terme en empêchant la remontée des fines au sein de la couche de forme en phase exploitation.

Ce dimensionnement donné en exemple dépend de l'état hydrique des sols au moment des travaux et de la qualité de mise en œuvre.

Les travaux de terrassement devront impérativement se dérouler en période clémente (présence de sols sensibles aux variations hydriques). Par temps de pluie et si les sols sont humides, ces performances ne seront plus garanties, les sols étant sensibles à l'eau. Une surépaisseur de couche de forme pourrait alors être nécessaire, voir un cloutage.

3.7. Block G – Bâtiment R+3

3.7.1. Programme d'investigations

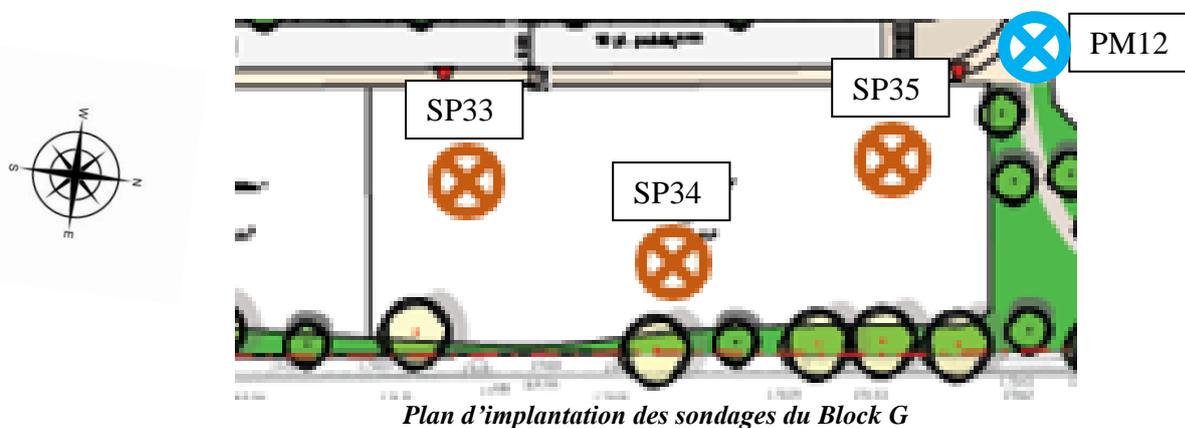
Dans le cadre de la présente mission, le programme suivant a été réalisé :

- **3 sondages à la tarière mécanique** (notés **SP33 à SP35**), descendus à une profondeur de **8,00m** permettant l'appréciation de la nature des sols ;
- **20 essais pressiométriques**, répartis de façon homogène au droit des sondages et permettant de caractériser le comportement mécanique des sols en termes de portance et de sensibilité au tassement ;
- Les **analyses en laboratoire** et classement au sens de la norme NF P11-300 de la précédente étude de **Mars 2022 sur PM12** ont été réutilisés pour cette étude.

Les coupes des sondages et les résultats des essais in-situ et en laboratoire figurent en annexe.

3.7.2. Implantation des sondages

Les sondages ont été réalisés en suivant le plan d'implantation suivant :



3.7.3. Sondage de reconnaissance à la tarière

Les sondages réalisés sur l'emprise du futur projet mettent en évidence les horizons suivants :

- **Niveau 0 : Structure de voirie**, composée de **0,05m d'enrobé** puis de **0,15m de laitier** ;
- **Niveau 1 : Horizon superficiel**, composé **d'argiles brunes**, reconnu jusqu'à une profondeur la base de **SP33 & SP35 soit 7,00m** par rapport au terrain actuel et jusqu'à **7,00m** par rapport au terrain actuel **au droit de SP34** ;
- **Niveau 2 : Substratum +/- altéré**, composé **d'argiles marneuses**, reconnu **uniquement au droit de SP34** et jusqu'à sa base soit **8,00m** par rapport au terrain actuel.

3.7.4. L'eau dans le sol

Lors de la réalisation des sondages en Juillet 2022, **des venues d'eau** ont été relevées au droit de nos sondages :

Sondage	SP33	SP34	SP35
<i>Venue d'eau (m)</i>	3,50	3,30	4,60

Signalons que les sols superficiels sont souvent le siège de circulations anarchiques d'eaux d'infiltration qui ont tendance à gagner les points bas naturels ou artificiels.

3.7.5. Caractéristiques mécaniques

Les essais pressiométriques réalisés au droit des sondages ont permis de caractériser les sols en place :

- **Niveau 1** : performances mécaniques **correctes à bonnes** dans **les argiles brunes** avec :

$$0,298 \text{ MPa} < p_l^* < 1,26 \text{ MPa}$$

$$1,67 \text{ MPa} < E_m < 11,10 \text{ MPa}$$

3.7.6. Identification des sols fins

Les analyses réalisées sur les sols prélevés lors de la première phase du chantier en Mars 2022 ont été réutilisées pour cette étude.

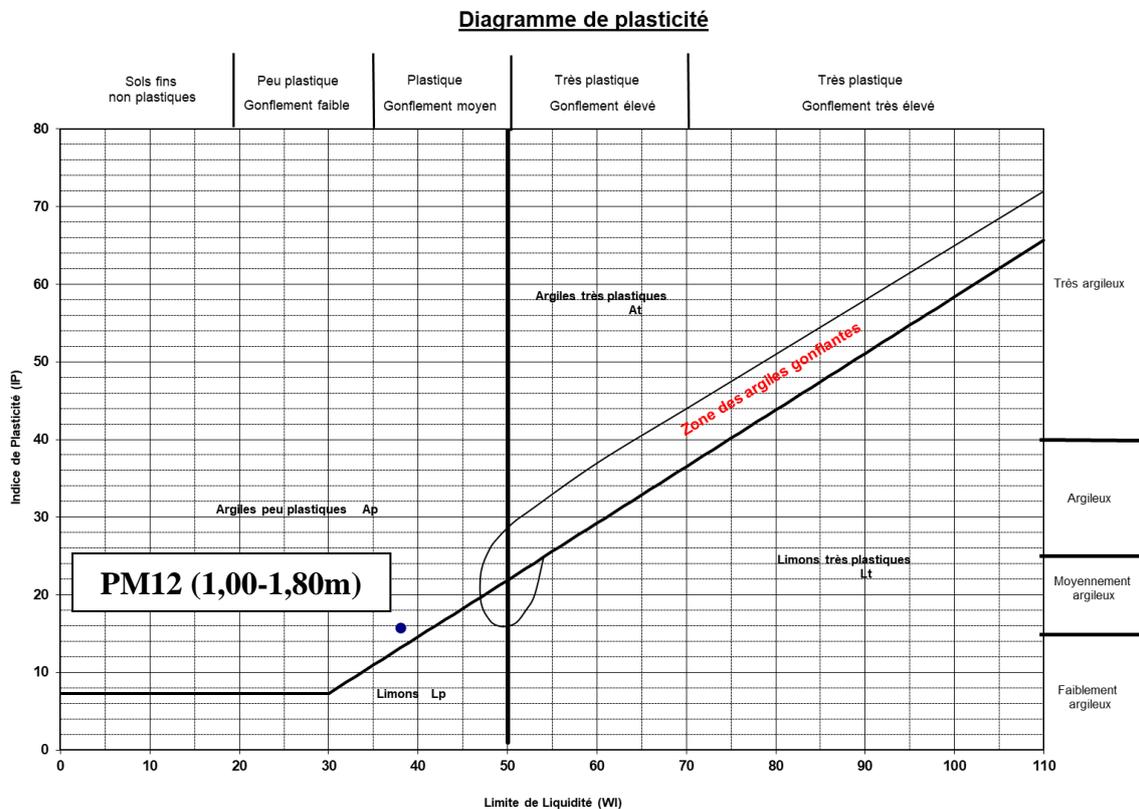
❖ Norme NF P-11-300

Sondage	PM12
Nature pétrographique	Argiles brunes
Profondeur moyenne (m)	1,00 - 1,80
% fines	> 35*
D maxi (mm)	< 50*
% W nat	19,61
Ip	15,8
WL	38,0
Classification GTR	A ₂

*Estimation visuelle

D'après les analyses effectuées sur prélèvements, les sols identifiés de type **argiles brunes** se classent en **A₂** au sens de la norme NF P11-300.

D'après le diagramme de Casagrande, les cuttings analysés se classent hors de la zone des argiles dites « gonflantes » et ne confirment pas le potentiel aléa moyen de la zone aux retraits gonflement des argiles.



3.7.7. Types de fondations et niveaux d'assises

Le projet prévoit la réalisation d'un bâtiment R+3 dont la nature exacte n'est pas connue à ce stade. Les investigations menées dans le cadre de cette étude permettent d'avoir une première approche sur le type de fondation nécessaire.

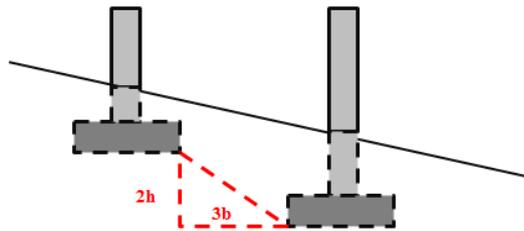
D'après les informations fournies par le B.E BATIS, il a été décidé de réaliser des fondations **superficielles** ancrées par l'intermédiaire de **massifs isolés**.

Les fondations seront ancrées dans les **argiles (niveau 1)**.

On respectera dans tous les cas une **profondeur minimale d'assise de 0,80m** par rapport à la surface topographique du terrain **fini** afin de protéger les fondations contre les effets du gel.

Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si tel n'est pas le cas, on veillera à respecter les règles en la matière :

« Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si les fondations sont ancrées à des niveaux différents, une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur doit être respectée entre les arêtes des semelles les plus voisines si le sol d'assise est stable ».



Sous fondation, au moment des terrassements, on veillera à récupérer un **sol homogène en fond de fouille**.

Si des passages **peu performants** étaient détectés, il faudrait envisager des **purges ponctuelles** qui dépendront notamment de l'état hydrique des sols au moment des travaux.

Pour s'assurer que les règles en vigueur sont respectées, une vérification visuelle devra être réalisée au démarrage des travaux et validée dans le cadre des missions de suivi et supervision géotechnique G3 et G4.

3.7.8. Ébauche dimensionnelle

Au stade d'étude G2 AVP, un exemple de dimensionnement est fourni **au droit de chaque sondage. L'ancrage est donné par rapport au niveau du futur RdC.**

En phase G2-PRO cet ancrage pour être affiné en fonction de la nature des futurs remblais.

Les contraintes sont estimées en appliquant l'Eurocode 7 (NF P94-261).

Sondage	SP33	SP34	SP35
<i>Cote NGF sondage (m)</i>	170,36	170,28	170,54
<i>Cote NGF RdC (m)</i>	171,17	171,17	171,17
<i>Déblais/Remblais (m)</i>	+0,81	+0,89	+0,63
<i>Profondeur d'ancrage/RdC (m)</i>	1,80	1,90	1,60
<i>Cote d'ancrage NGF (m)</i>	169,37	169,27	169,57
<i>Q_{ELS} (MPa)</i>	0,302	0,286	0,245
<i>Tassement (cm)</i>	0,4	0,6	0,4

Les contraintes admissibles par le sol aux ELS sont au minimum de **l'ordre de 2,45 bars**, ce qui semble **adapté** au type de projet envisagé (à confirmer par un BE structure).

Ce taux de travail pourra être affiné en phase G2 PRO en fonction des caractéristiques du projet et des dimensions des semelles envisagées. Une solution de fondations profondes type pieux pourra également être envisagée.

Les tassements différentiels du sol devraient également rester limités, sous conditions d'un **ancrage homogène des fondations**.

Pour un fonctionnement correct de l'ouvrage de fondation, les tassements devront être évalués en fonction des descentes de charges réelles de l'ouvrage et de la largeur des semelles de fondation retenue. Ces adaptations à prévoir seront prises en compte lors de l'étude géotechnique de conception (phase G2 PRO).

3.7.9. Dallages

Deux techniques sont possibles :

- ❖ le dallage porté ;
- ❖ le dallage posé, ce qui nécessitera la réalisation d'une couche de forme.

Dans le cas d'un dallage posé, la couche de forme devra être composée de matériaux insensibles à l'eau conformément aux préconisations du DTU 13.3.

D'après le DTU 13.3 relatif aux dallages (réf NF P11-213-1-1-1 : cahier des clauses techniques des dallages autres qu'industriels) :

Le module de déformation du support (avec ou sans forme) déterminé en surface par essai à la plaque est au moins égal à :

$$EV2 > 50MPa \text{ « charge inférieure à } 2t/m^2 \text{ »}$$

$$\text{Le rapport de compactage } EV2/EV1 < 2,2$$

Pour l'exemple de dimensionnement on envisagera une couche de forme granulaire avec un objectif de plateforme PF2 ($EV2 \geq 50\text{MPa}$).

Compte-tenu du contexte géotechnique, pour un **sol support** ressortant en **PST1**, ces performances seront atteintes avec la mise en œuvre de :

- **0,75m de matériaux insensibles à l'eau de type D31** (granulométrie 0/60 à 0/80) ;
- ou **0,60m de matériaux insensibles à l'eau de type D31** (granulométrie 0/60 à 0/80) avec **interposition à la base d'un géotextile**.

L'interposition d'un géotextile à la base de la couche de forme garantira la portance à long terme en empêchant la remontée des fines au sein de la couche de forme en phase exploitation.

Ce dimensionnement donné en exemple dépend de l'état hydrique des sols au moment des travaux et de la qualité de mise en œuvre.

Les travaux de terrassement devront impérativement se dérouler en période clémente (présence de sols sensibles aux variations hydriques). Par temps de pluie et si les sols sont humides, ces performances ne seront plus garanties, les sols étant sensibles à l'eau. Une surépaisseur de couche de forme pourrait alors être nécessaire, voir un cloutage.

3.8. Drainage

Compte tenu de la présence de sols **fins**, un drainage périphérique est vivement conseillé.

Ce drainage permettra d'éviter l'accumulation d'eau d'infiltration contre les fondations et les murs enterrés.

Ces accumulations pourraient entraîner des ruissellements dans le sous-sol et des remontées humides par capillarité.

3.8.1. Disposition du drainage

D'après le DTU 20.1 P4 chapitre A.4.3.2, les tranchées drainantes doivent ceinturer le bâtiment et être impérativement reliées à un **collecteur**.

Ce collecteur doit permettre d'évacuer les eaux d'infiltration vers un **exutoire pérenne**.

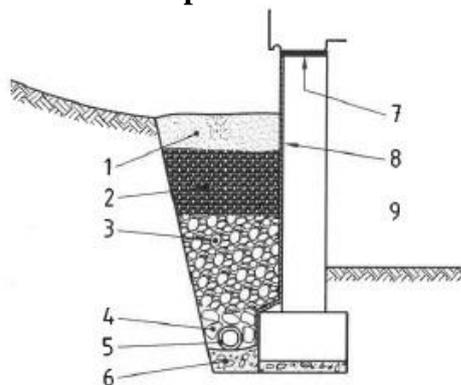
Dans le cas d'un terrain en pente, le drainage n'est en général pas nécessaire sur la façade **aval**.

3.8.2. Architecture du drainage

Les matériaux utilisés pour la tranchée drainante doivent impérativement être propres et insensibles à l'eau. Leur granulométrie sera adaptée à un bon écoulement des eaux.

Des dispositifs contre les remontées d'eau par capillarité sont vivement conseillés.

On disposera par ailleurs un drain en **PVC crépiné** de diamètre suffisant pour un bon captage des eaux.



Légende

- | | | | |
|---|-----------------|---|------------------------|
| 1 | Sable | 6 | Forme en béton |
| 2 | Gravillon | 7 | Coupeur de capillarité |
| 3 | Cailloux | 8 | Revêtement extérieur |
| 4 | Grosses pierres | 9 | Sous-sol |
| 5 | Drain | | |

Drainage en pieds de fondation (dispositif courant pour drainer les eaux d'infiltration)

3.9. Dispositions constructives

- ✓ Les travaux devront se dérouler en période climatique favorable, hors période pluvieuse très humide de manière à optimiser les performances du sol.
- ✓ Vérifier les fonds de fouille et purger les éventuels remblais ou sols mous qui pourraient être découverts aux niveaux d'assises prévus. Ces purges ponctuelles dépendront notamment de l'état hydrique des sols au moment des travaux.
- ✓ Deux éléments de construction accolés et fondés de manière différente doivent être désolidarisés et munis de joints de rupture sur toute leur hauteur pour permettre des mouvements différentiels.
- ✓ Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si tel n'est pas le cas, on veillera à respecter les règles en la matière :
« Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du projet. Si les fondations sont ancrées à des niveaux différents, une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur doit être respectée entre les arêtes des semelles les plus voisines si le sol d'assise est stable ».
- ✓ Le bétonnage des fondations sera fait pleine fouille et aussitôt après terrassement pour éviter les phénomènes d'altération et de décomposition des sols support des fondations qui pourraient induire des chutes de performances et des tassements supplémentaires non négligeables.
- ✓ Évacuer les éventuelles venues d'eau par pompage et curer les fonds de fouille le cas échéant.
- ✓ **Lors des terrassements, les excavations de la couche superficielle de remblais pourront être réalisées à l'aide de moyens importants (sondages réalisés à la pelle hydraulique 21t en Mars2022).**
- ✓ Compte tenu de la différence de niveau topographique du terrain, des terrassements importants vont être réalisés sur de la parcelle. La mise en œuvre d'agglos coffrants ou d'un mur de soutènement permettant de supporter les poussées des terres pourra être nécessaire (à confirmer par un BET structure). Une étude de stabilité devra être envisagée lors d'une phase G2PRO.
- ✓ Les travaux de terrassements devront respecter les préconisations suivantes :
 - Angle de talutage de 3H pour 2V avec bâchage des talus en phase chantier,
 - Angle de talutage de 2H pour 1V avec bâchage des talus en phase exploitation,
 - Soutènement ou blindage des fouilles si impossibilité de respecter ces angles de talutage,
 - Aucune surcharge en crête de talus,
 - Drainage en pied et crête de talus avec exutoire pérenne
 - Les travaux devront se dérouler en période climatique favorable, hors période pluvieuse très humide de manière à éviter tout risque d'instabilité en phase chantier.

Un suivi géotechnique en phase G3/G4 et notamment une validation des fonds de fouilles permettra d'optimiser la profondeur des niveaux d'assise et de vérifier qu'un ancrage conforme aux préconisations et homogène est respecté.

Le rapport de mission G2-AVP qui nous a été confié pour cette phase d'avant-projet ne constitue pas un dimensionnement du projet. Il permet de donner un aperçu des suggestions techniques dont CIRSE ENVIRONNEMENT ne peut être engagé à ce stade de l'étude sur le choix, l'implantation et le dimensionnement des structures du projet ou sur les solutions d'emploi des sols proposées. Cette étude n'a qu'un caractère indicatif et ne peut donc en aucun cas servir de document d'exécution. Le dimensionnement des fondations et des structures sera confié à un BET spécialisé.

Au sens de la norme NFP 94-500 du 30 novembre 2013, selon le schéma d'enchaînement des missions géotechniques suivant, l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques nécessite une mission de type G2 comprenant trois phases, les études et suivis géotechniques d'exécution doivent être établies dans le cadre d'une mission G3 qui comprend deux phases interactives, la supervision géotechnique d'exécution doit être établie dans le cadre d'une mission G4 qui comprend deux phases interactives.

CIRSE ENVIRONNEMENT est à la disposition pour réaliser tout ou partie de ces missions.

Conditions générales

1. Cadre de la mission

Par référence à la Classification des Missions d'Ingénierie Géotechnique (voir tableau suivant : tableau 2 de la norme NF P 94-500 du 30 novembre 2013), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions géotechniques nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soit engagées avec des moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des phases géotechniques suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception et de l'exécution. En particulier :

- Les missions géotechniques sont réalisées dans leur ordre successif ;
- Une mission type « G1 » engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- Une mission de type « G2 » n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict :
 - des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis,
 - du projet du client établi par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport.

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission géotechnique objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

2. Recommandations

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une reconnaissance du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités naturelles, ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage. Par ailleurs, les niveaux d'eau indiqués dans les sondages sont donnés à titre indicatif car ils ne sont valables qu'au droit du sondage concerné et pour un moment précis.

3. Rapport géotechnique

Le rapport de la mission et toutes ses annexes constituent un ensemble indissociable. Un exemplaire original et deux copies sont fournis au client au terme de la mission. Un exemplaire est conservé par nos services en archivage. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait en être faite d'une communication ou reproduction partielle ou l'utilisation par un autre maître d'ouvrage ou constructeur pour un autre projet ne saurait engager la responsabilité de notre société.

4 Responsabilités et assurances

Dans le cadre de ces activités, CIRSE ENVIRONNEMENT a souscrit :

Une assurance en responsabilité civile,
Une assurance multigarantie technicien de la construction

Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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).

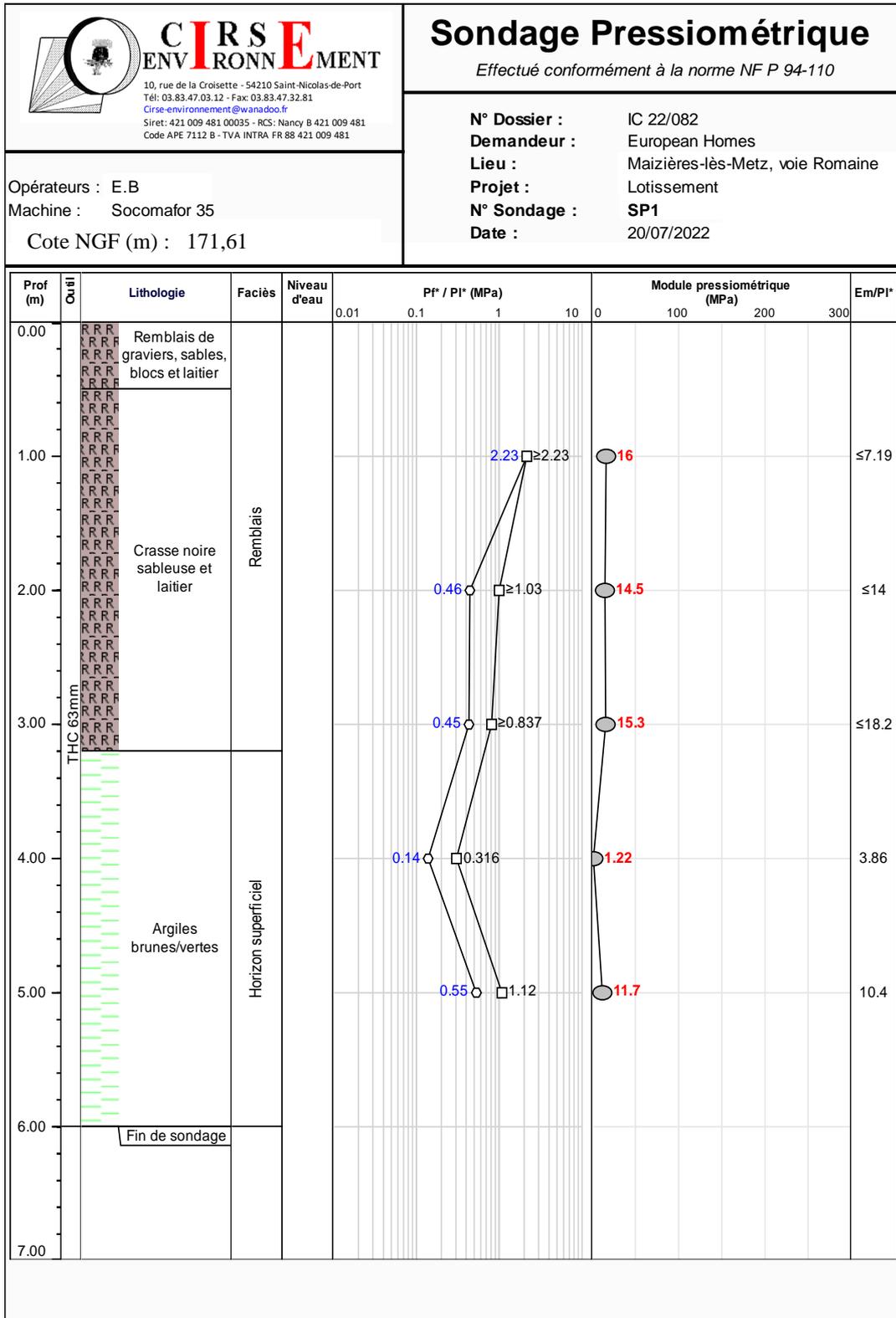
Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

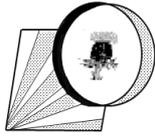
Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude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

ANNEXES

Coupes des sondages, essais pressiométriques et essais pénétrométriques

➤ **Block A**





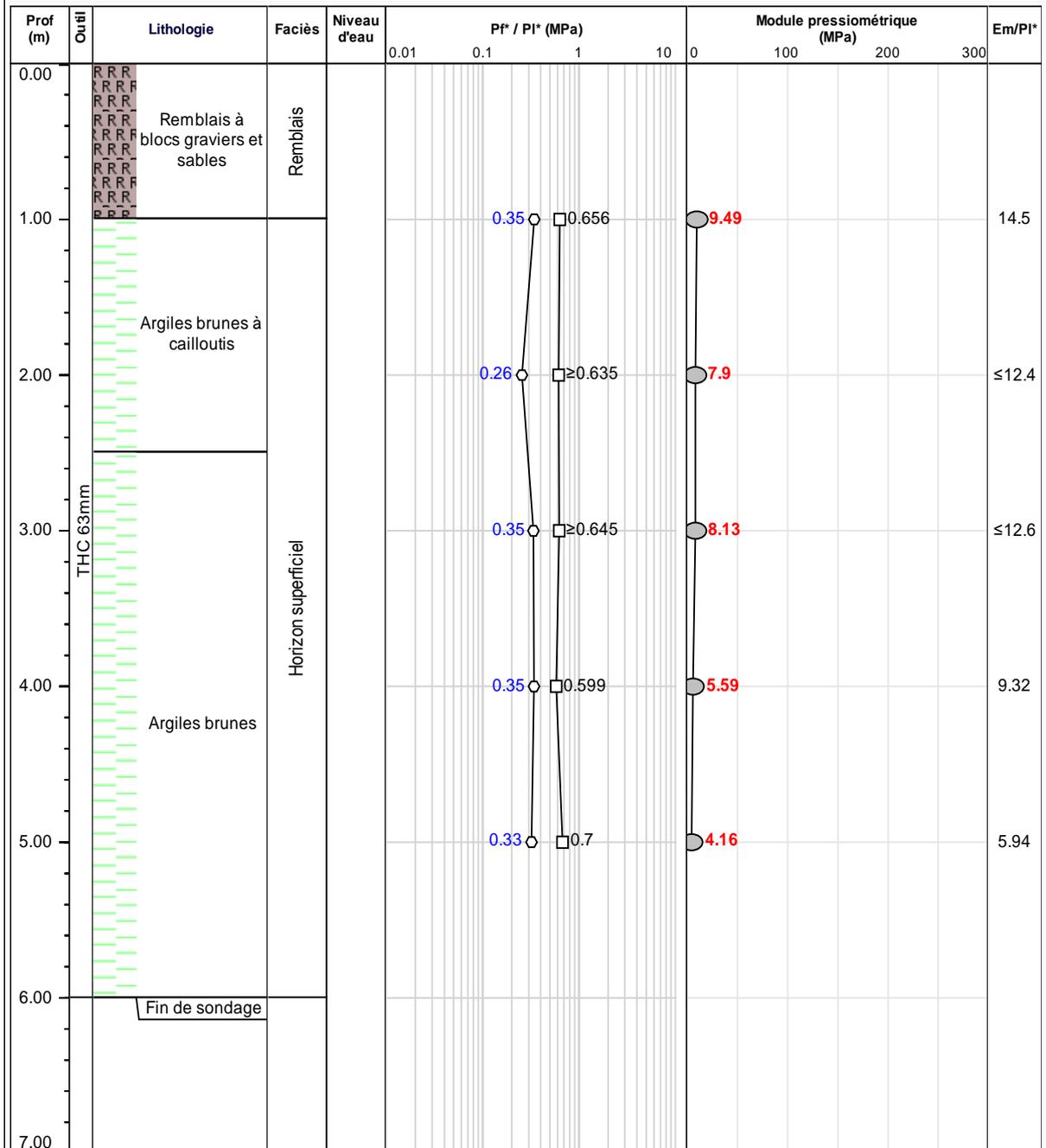
CIRSE
ENVIRONNEMENT

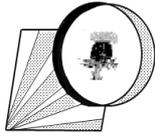
10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Cirse-environnement@wanadoo.fr
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481

Forage de reconnaissance

N° Dossier : IC 22/082
Demandeur : European Homes
Lieu : Maizières-lès-Metz, voie Romaine
Projet : Lotissement
N° Sondage : SP2
Date : 14/06/2022

Opérateurs : T.F
Machine : Socomafor 15
Cote NGF (m) : 171,41





CIRSE
ENVIRONNEMENT

10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Cirse-environnement@wanadoo.fr
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481

Sondage Pressiométrique

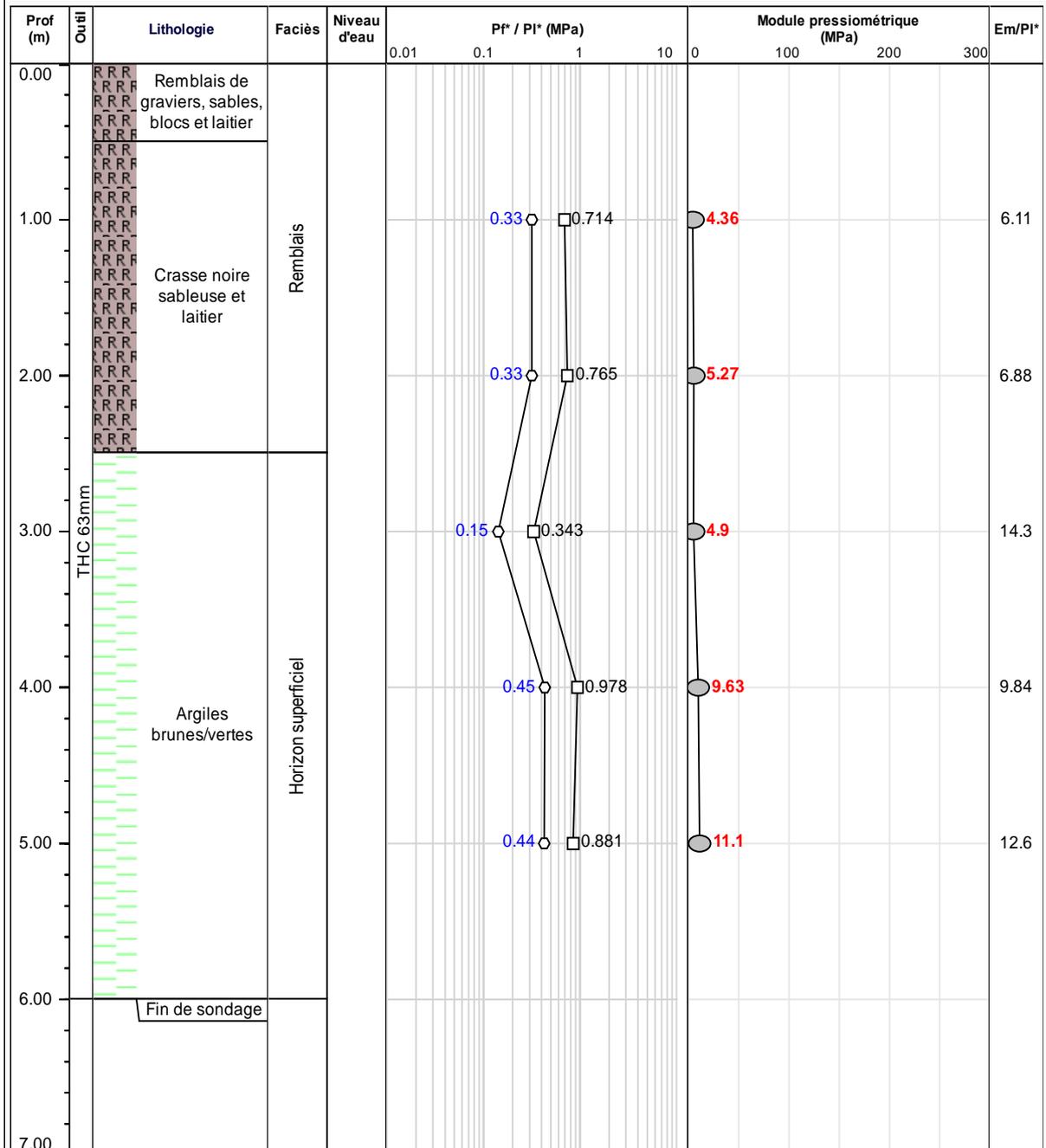
Effectué conformément à la norme NF P 94-110

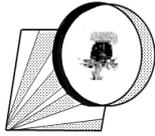
Opérateurs : E.B

Machine : Socomafor 35

Cote NGF (m) : 171,25

N° Dossier : IC 22/082
Demandeur : European Homes
Lieu : Maizières-lès-Metz, voie Romaine
Projet : Lotissement
N° Sondage : SP3
Date : 20/07/2022





CIRSE ENVIRONNEMENT

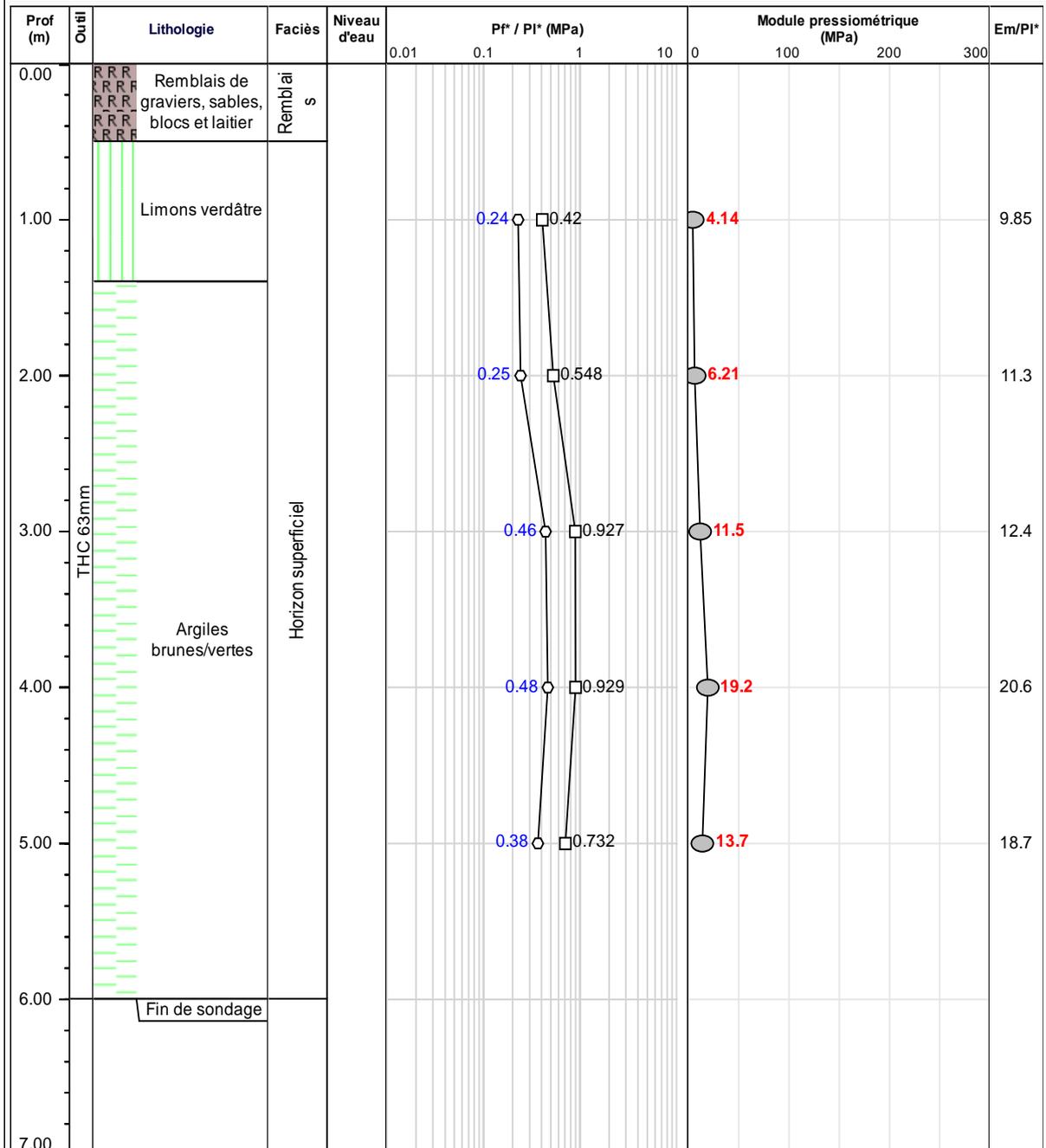
10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Cirse-environnement@wanadoo.fr
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481

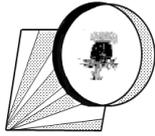
Sondage Pressiométrique

Effectué conformément à la norme NF P 94-110

Opérateurs : E.B
Machine : Socomafor 35
Cote NGF (m) : 171,16

N° Dossier : IC 22/082
Demandeur : European Homes
Lieu : Maizières-lès-Metz, voie Romaine
Projet : Lotissement
N° Sondage : SP4
Date : 21/07/2022





CIRSE
ENVIRONNEMENT

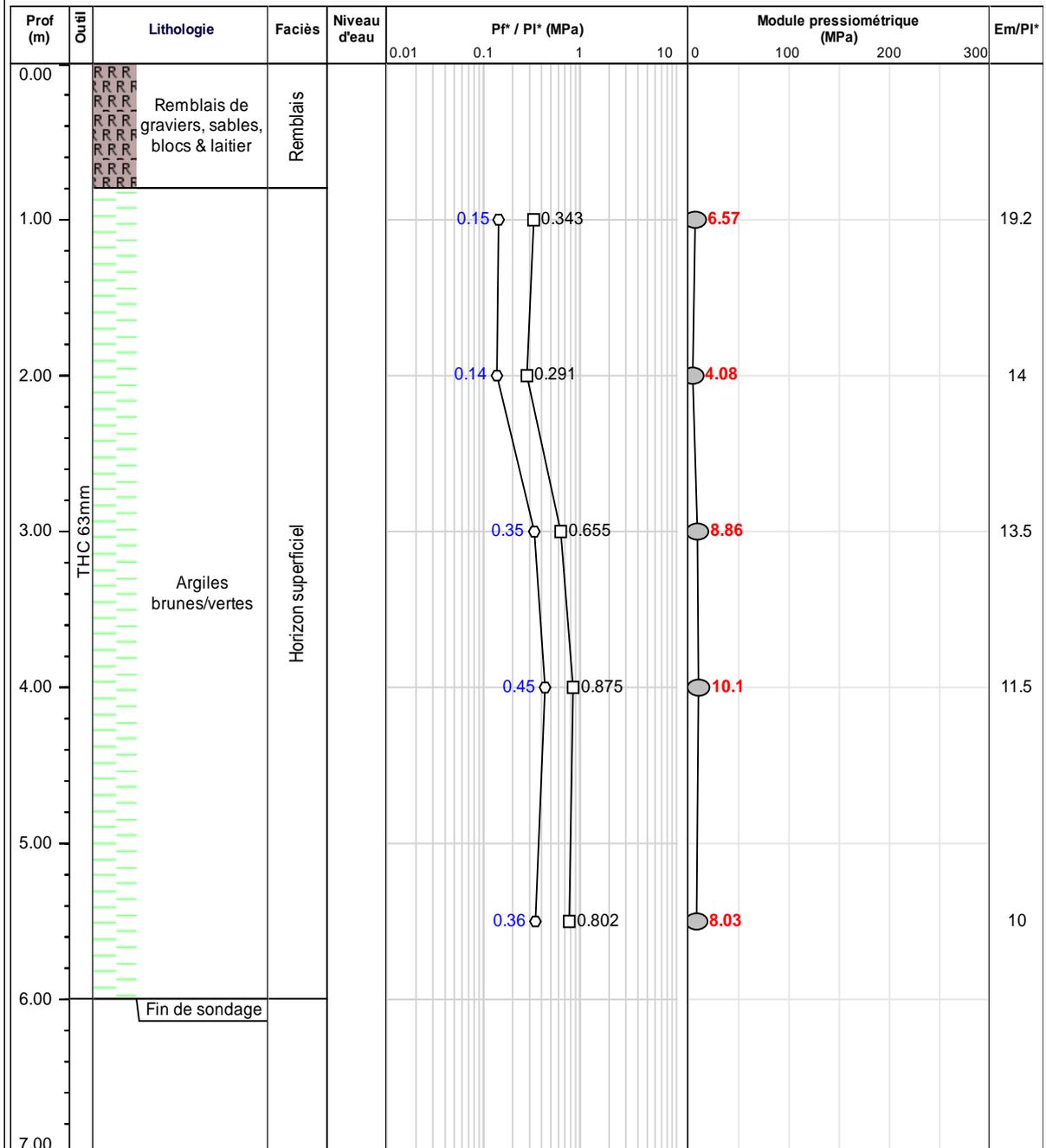
10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Cirse-environnement@wanadoo.fr
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481

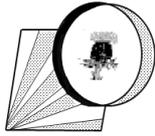
Sondage Pressiométrique

Effectué conformément à la norme NF P 94-110

N° Dossier : IC 22/082
Demandeur : European Homes
Lieu : Maizières-lès-Metz, voie Romaine
Projet : Lotissement
N° Sondage : SP5
Date : 21/07/2022

Opérateurs : E.B
Machine : Socomafor 35
Cote NGF (m) : 171,54





CIRSE
ENVIRONNEMENT

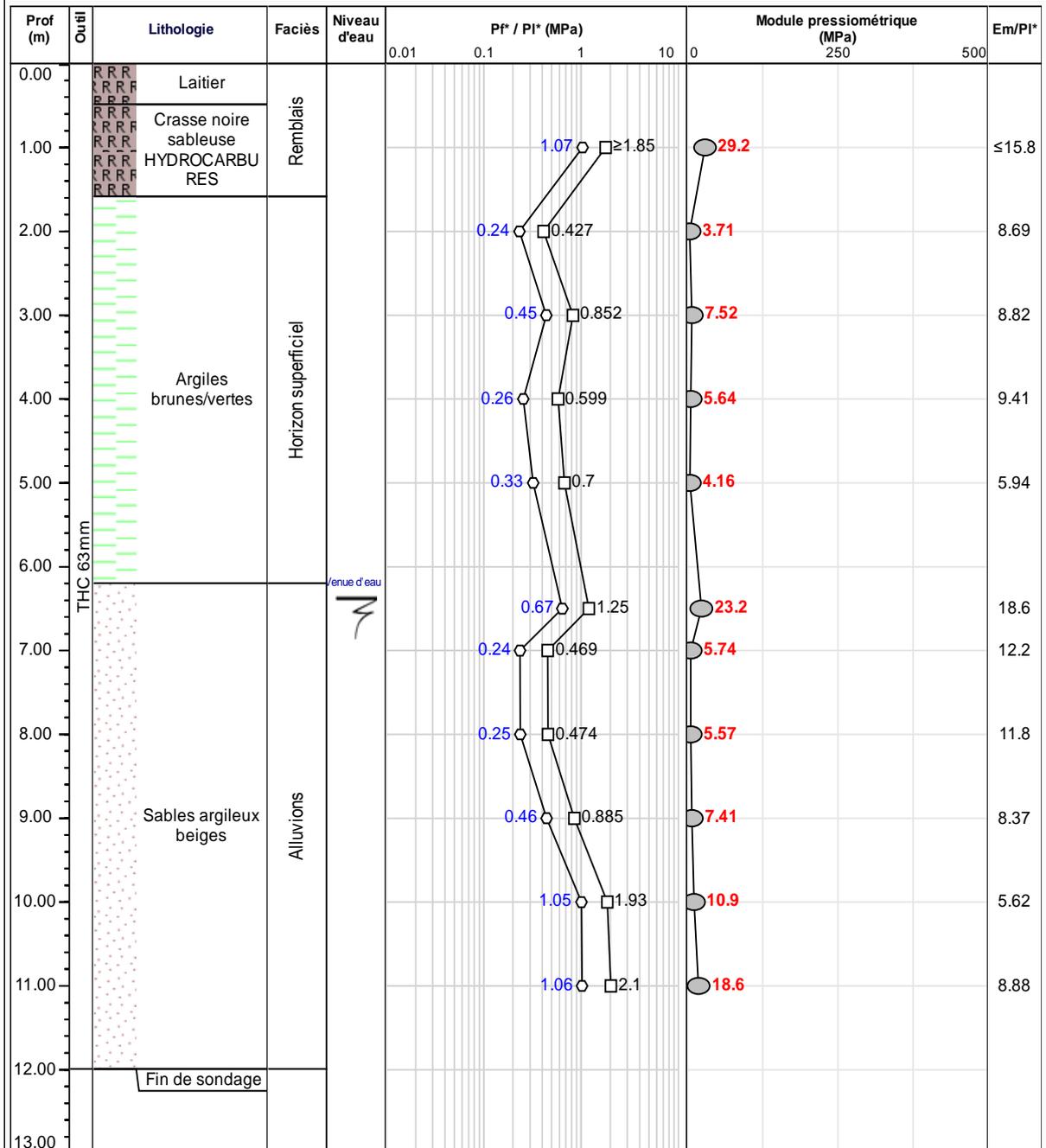
10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Cirse-environnement@wanadoo.fr
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481

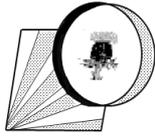
Sondage Pressiométrique

Effectué conformément à la norme NF P 94-110

Opérateurs : E.B
Machine : Socomafor 35
Cote NGF (m) : 171,18

N° Dossier : IC 22/082
Demandeur : European Homes
Lieu : Maizières-lès-Metz, voie Romaine
Projet : Lotissement
N° Sondage : SP6
Date : 23/06/2022





CIRSE
ENVIRONNEMENT

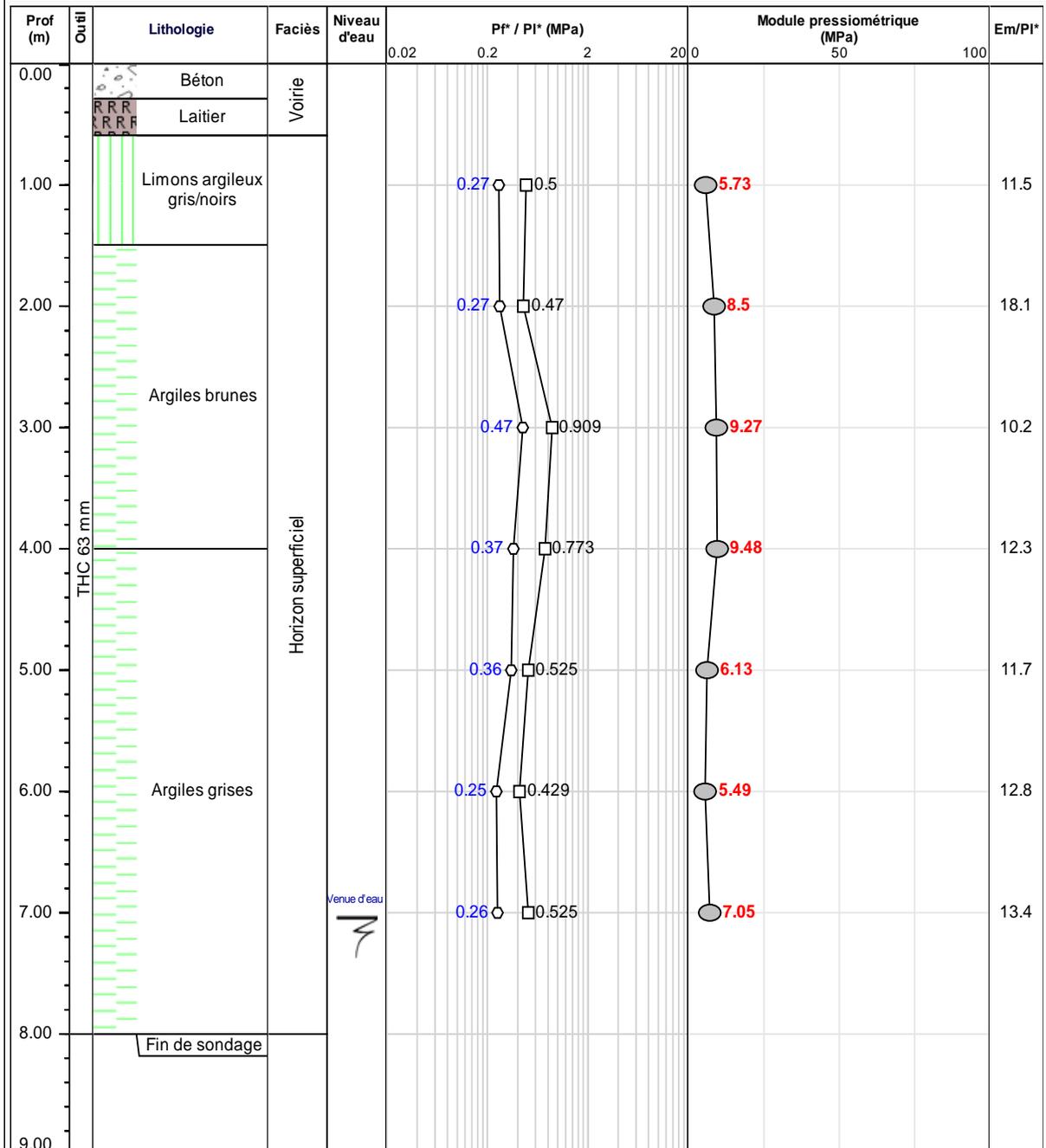
10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Cirse-environnement@wanadoo.fr
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481

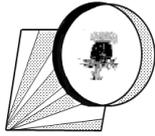
Sondage Pressiométrique

Effectué conformément à la norme NF P 94-110

Opérateurs : TDF
Machine : Socomafor 15
Cote NGF (m) : 169,03

N° Dossier : IC 22/082
Demandeur : European Homes
Lieu : Maizières-lès-Metz, voie Romaine
Projet : Lotissement
N° Sondage : SP11
Date : 27/07/2022





CIRSE
ENVIRONNEMENT

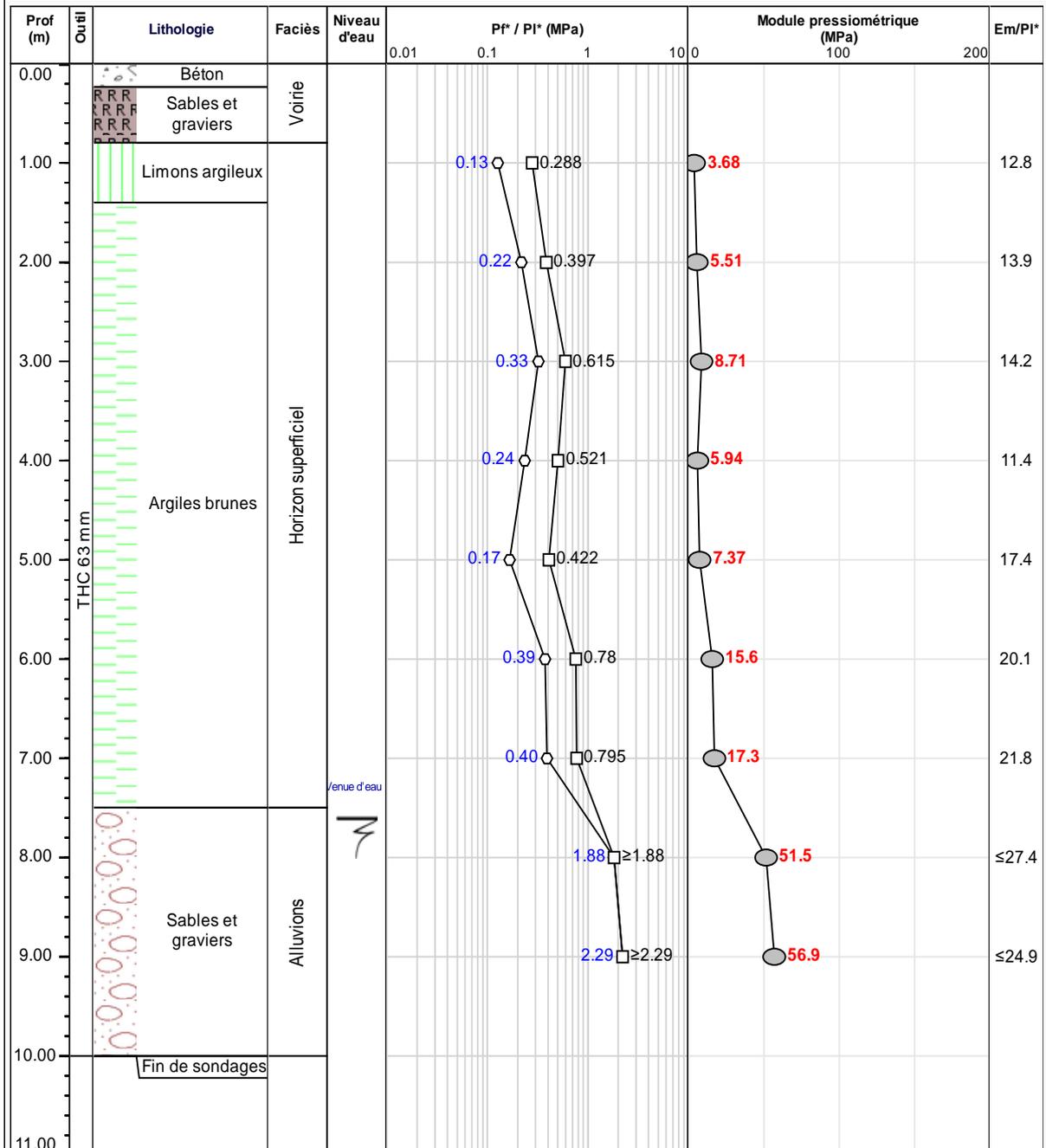
10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Cirse-environnement@wanadoo.fr
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481

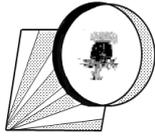
Sondage Pressiométrique

Effectué conformément à la norme NF P 94-110

Opérateurs : E.B
Machine : Socomafor 35
Cote NGF (m) : 169,06

N° Dossier : IC 22/082
Demandeur : European Homes
Lieu : Maizières-lès-Metz, voie Romaine
Projet : Lotissement
N° Sondage : SP16
Date : 01/08/2022





CIRSE ENVIRONNEMENT

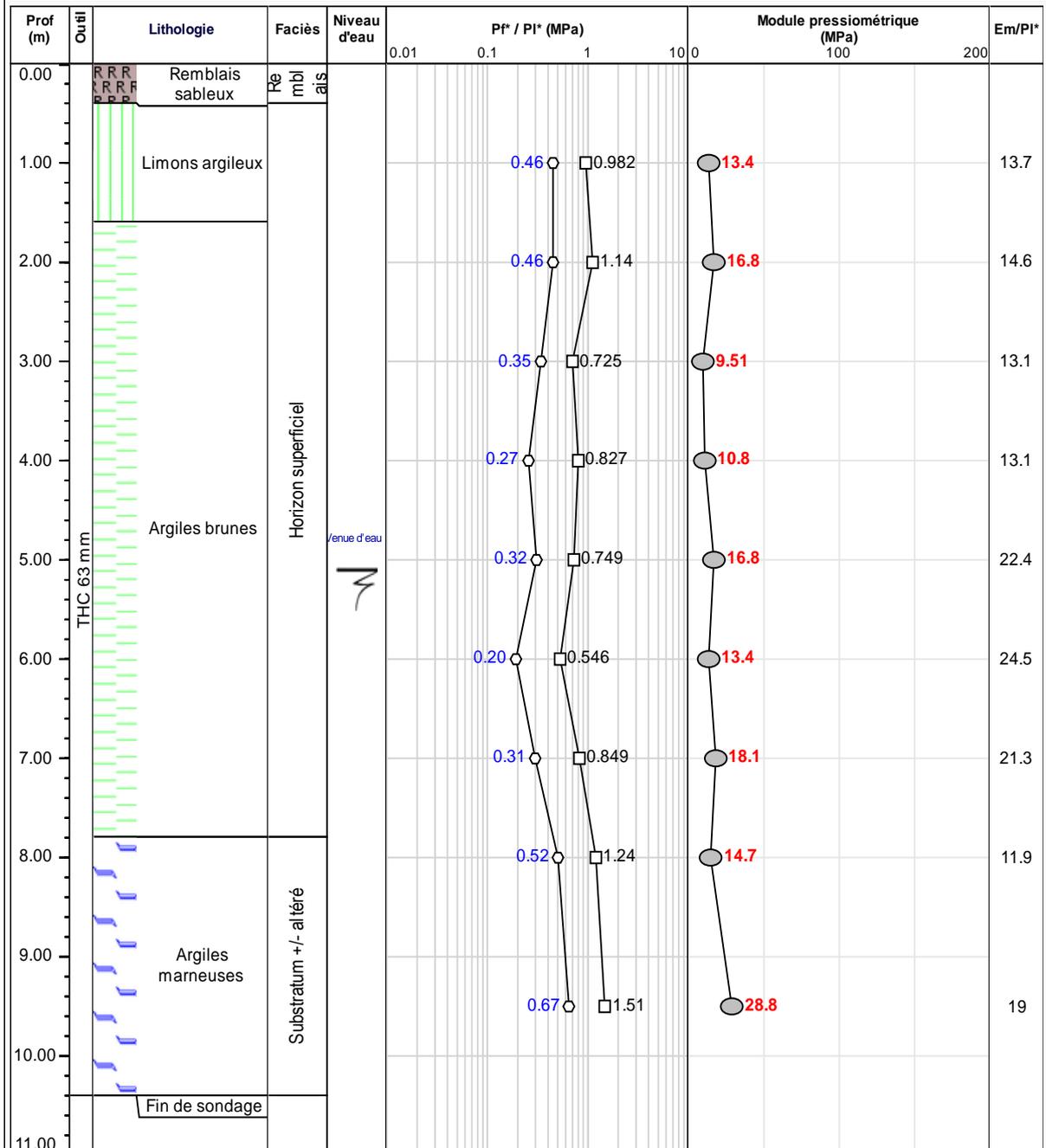
10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Cirse-environnement@wanadoo.fr
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481

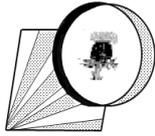
Sondage Pressiométrique

Effectué conformément à la norme NF P 94-110

Opérateurs : E.B
Machine : Socomafor 35
Cote NGF (m) : 169,51

N° Dossier : IC 22/082
Demandeur : European Homes
Lieu : Maizières-lès-Metz, voie Romaine
Projet : Lotissement
N° Sondage : SP17
Date : 25/07/2022





CIRSE
ENVIRONNEMENT

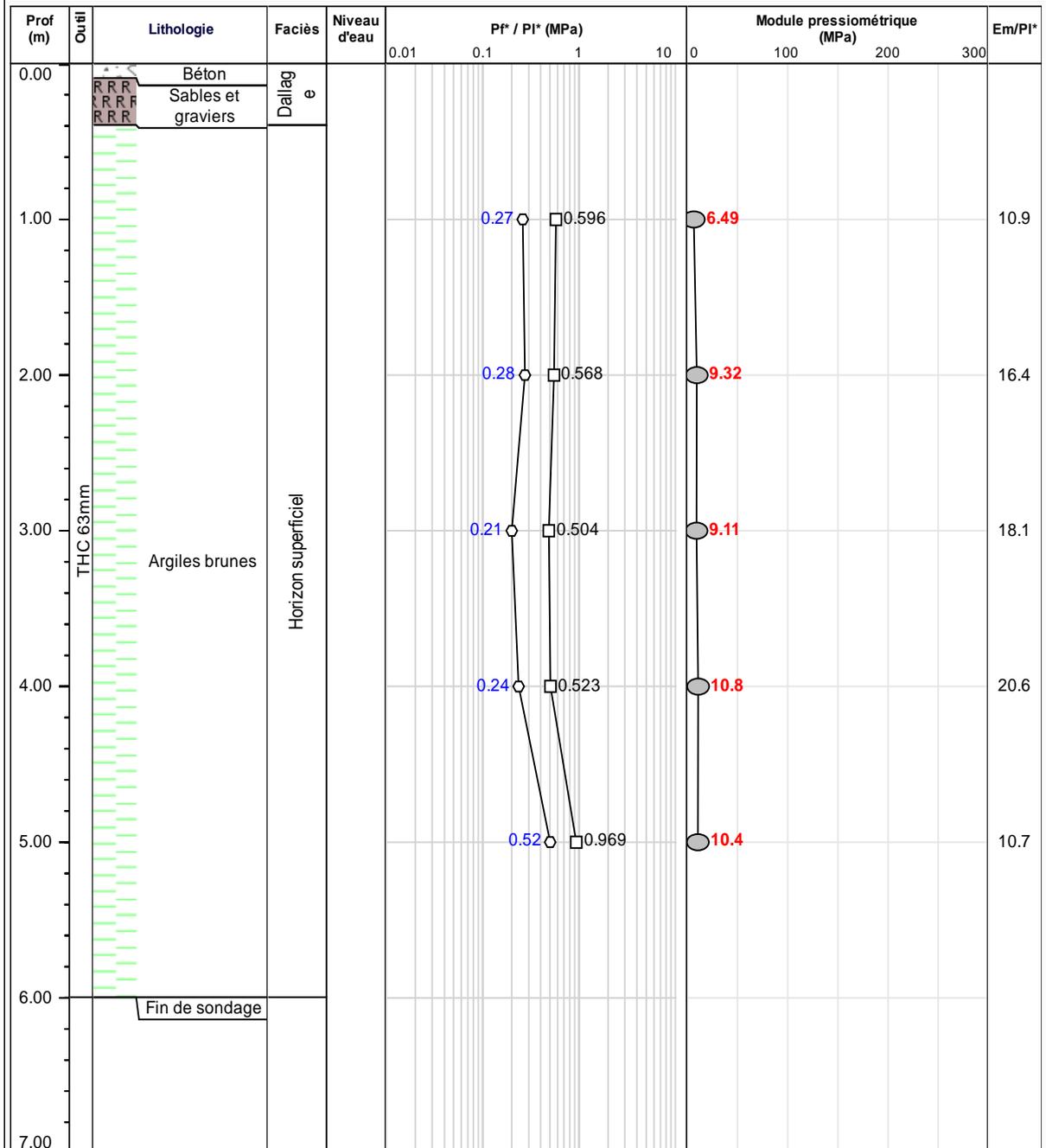
10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Cirse-environnement@wanadoo.fr
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481

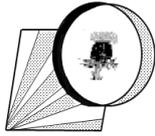
Sondage Pressiométrique

Effectué conformément à la norme NF P 94-110

Opérateurs : E.B
Machine : Socomafor 35
Cote NGF (m) : 171,21

N° Dossier : IC 22/082
Demandeur : European Homes
Lieu : Maizières-lès-Metz, voie Romaine
Projet : Lotissement
N° Sondage : **SP22**
Date : 21/06/2022





CIRSE
ENVIRONNEMENT

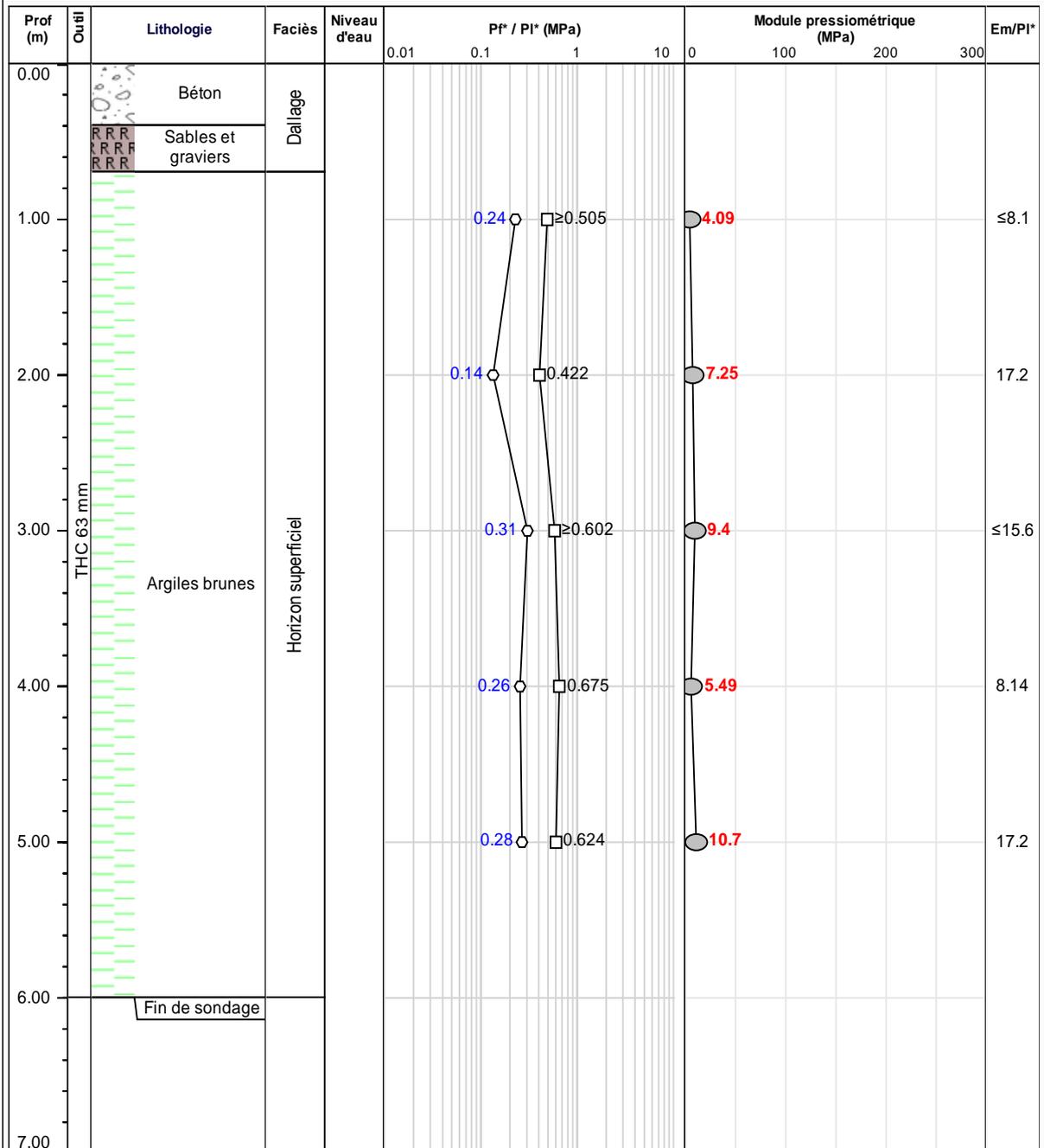
10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Cirse-environnement@wanadoo.fr
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481

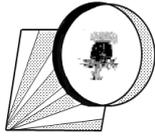
Sondage Pressiométrique

Effectué conformément à la norme NF P 94-110

Opérateurs : E.B
Machine : Socomafor 35
Cote NGF (m) : 171,22

N° Dossier : IC 22/082
Demandeur : European Homes
Lieu : Maizières-lès-Metz, voie Romaine
Projet : Lotissement
N° Sondage : **SP23**
Date : 27/07/2022





CIRSE
ENVIRONNEMENT

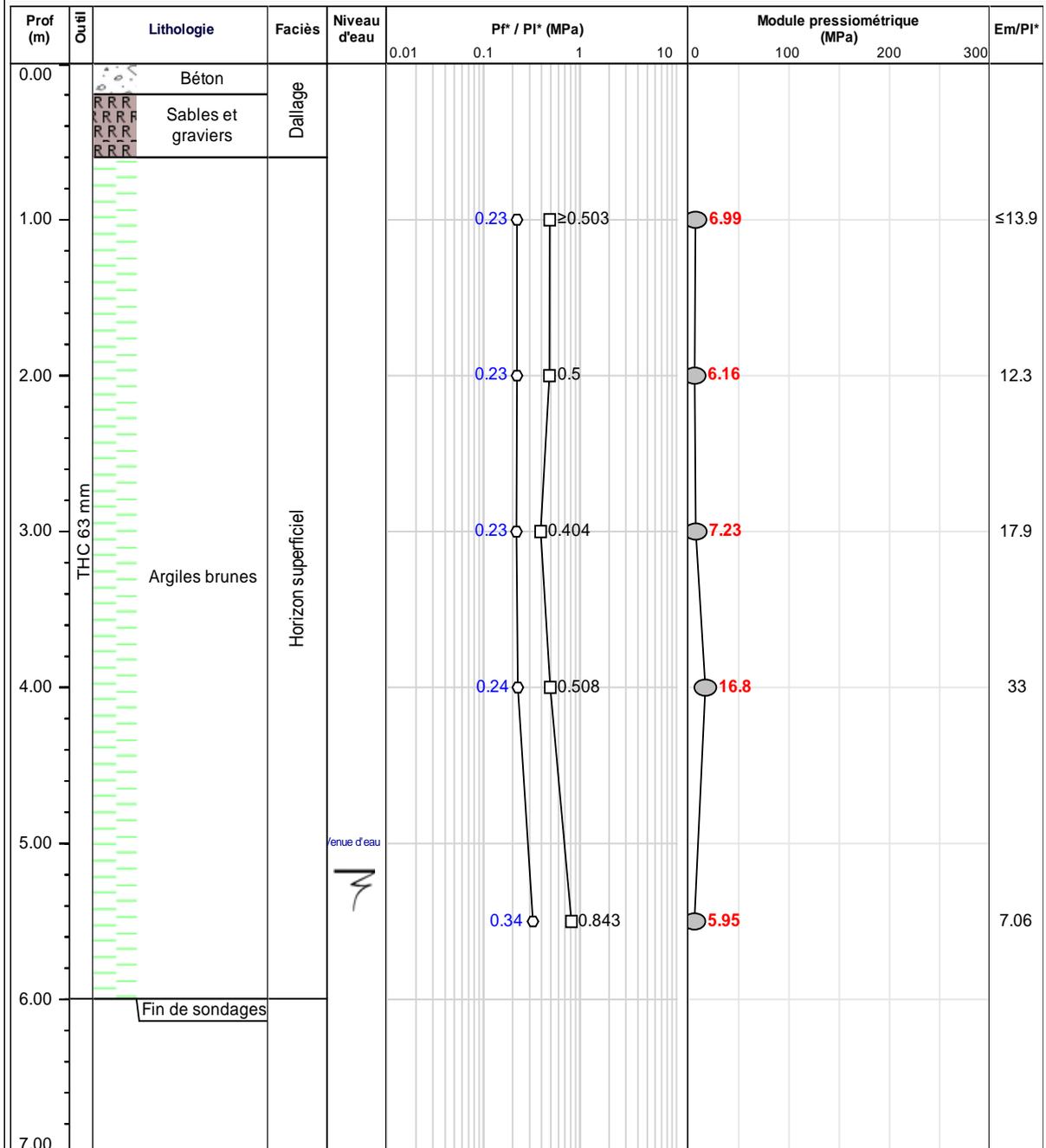
10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Cirse-environnement@wanadoo.fr
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481

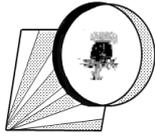
Sondage Pressiométrique

Effectué conformément à la norme NF P 94-110

N° Dossier : IC 22/082
Demandeur : European Homes
Lieu : Maizières-lès-Metz, voie Romaine
Projet : Lotissement
N° Sondage : SP24
Date : 27/07/2022

Opérateurs : E.B
Machine : Socomafor 35
Cote NGF (m) : 171,21





CIRSE
ENVIRONNEMENT

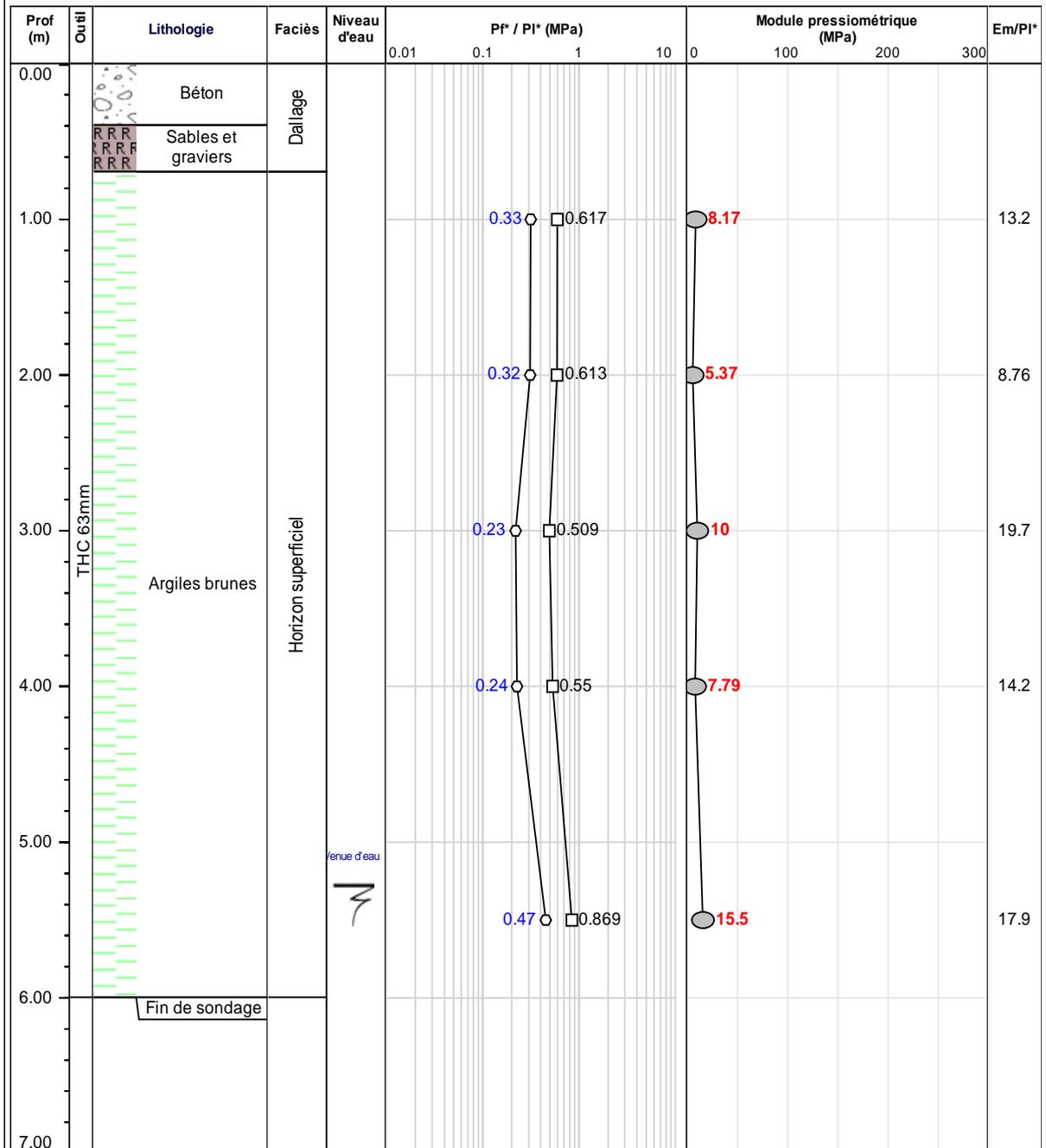
10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Cirse-environnement@wanadoo.fr
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481

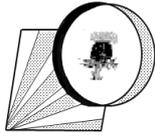
Sondage Pressiométrique

Effectué conformément à la norme NF P 94-110

Opérateurs : EB
Machine : Socomafor 35
Cote NGF (m) : 171,24

N° Dossier : IC 22/082
Demandeur : European Homes
Lieu : Maizières-lès-Metz, voie Romaine
Projet : Lotissement
N° Sondage : SP25
Date : 28/07/2022





CIRSE
ENVIRONNEMENT

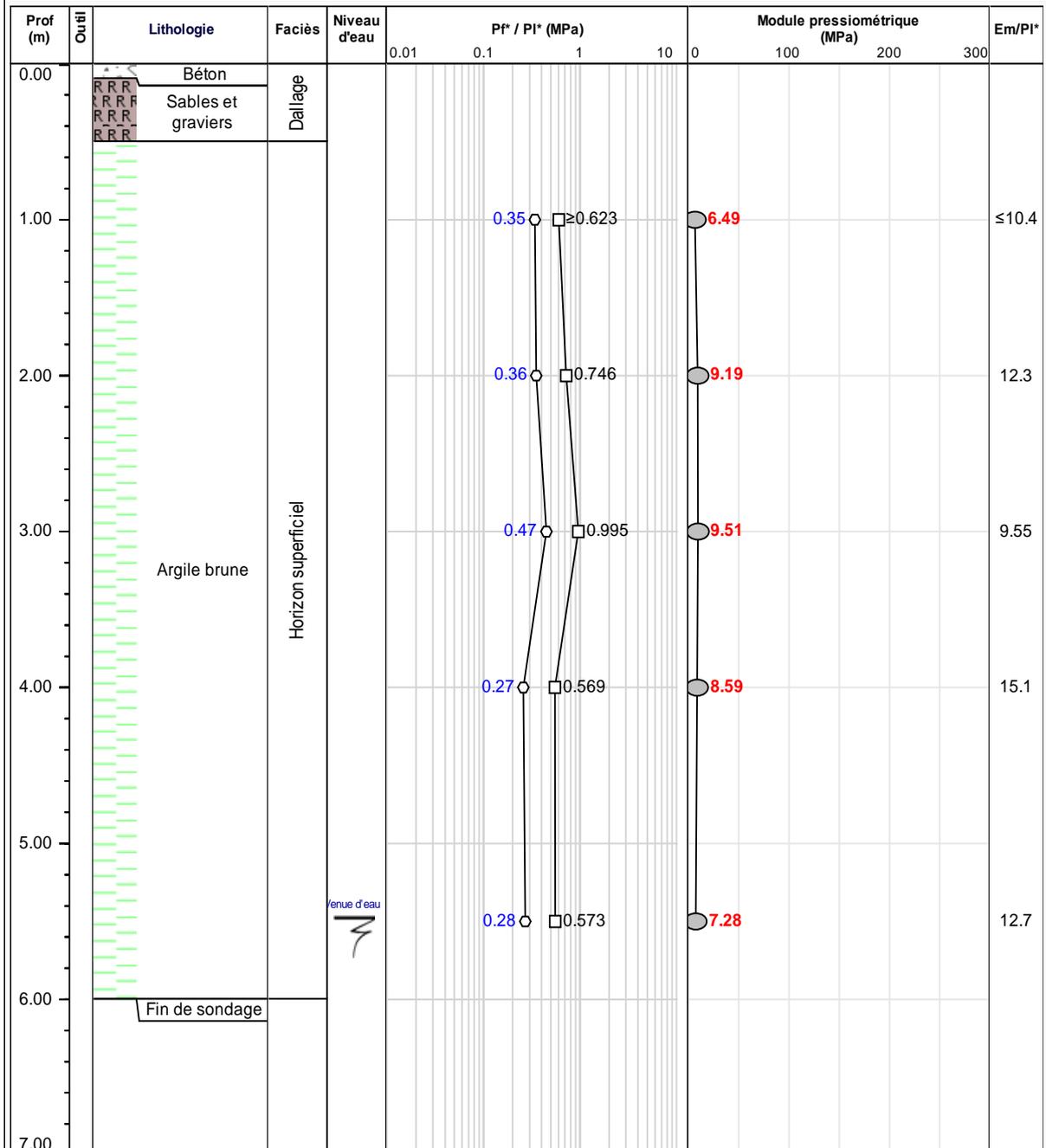
10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Cirse-environnement@wanadoo.fr
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481

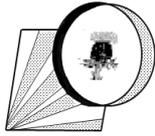
Sondage Pressiométrique

Effectué conformément à la norme NF P 94-110

Opérateurs : E.B
Machine : Socomafor 35
Cote NGF (m) : 171,20

N° Dossier : IC 22/082
Demandeur : European Homes
Lieu : Maizières-lès-Metz, voie Romaine
Projet : Lotissement
N° Sondage : SP26
Date : 22/06/2022





CIRSE ENVIRONNEMENT

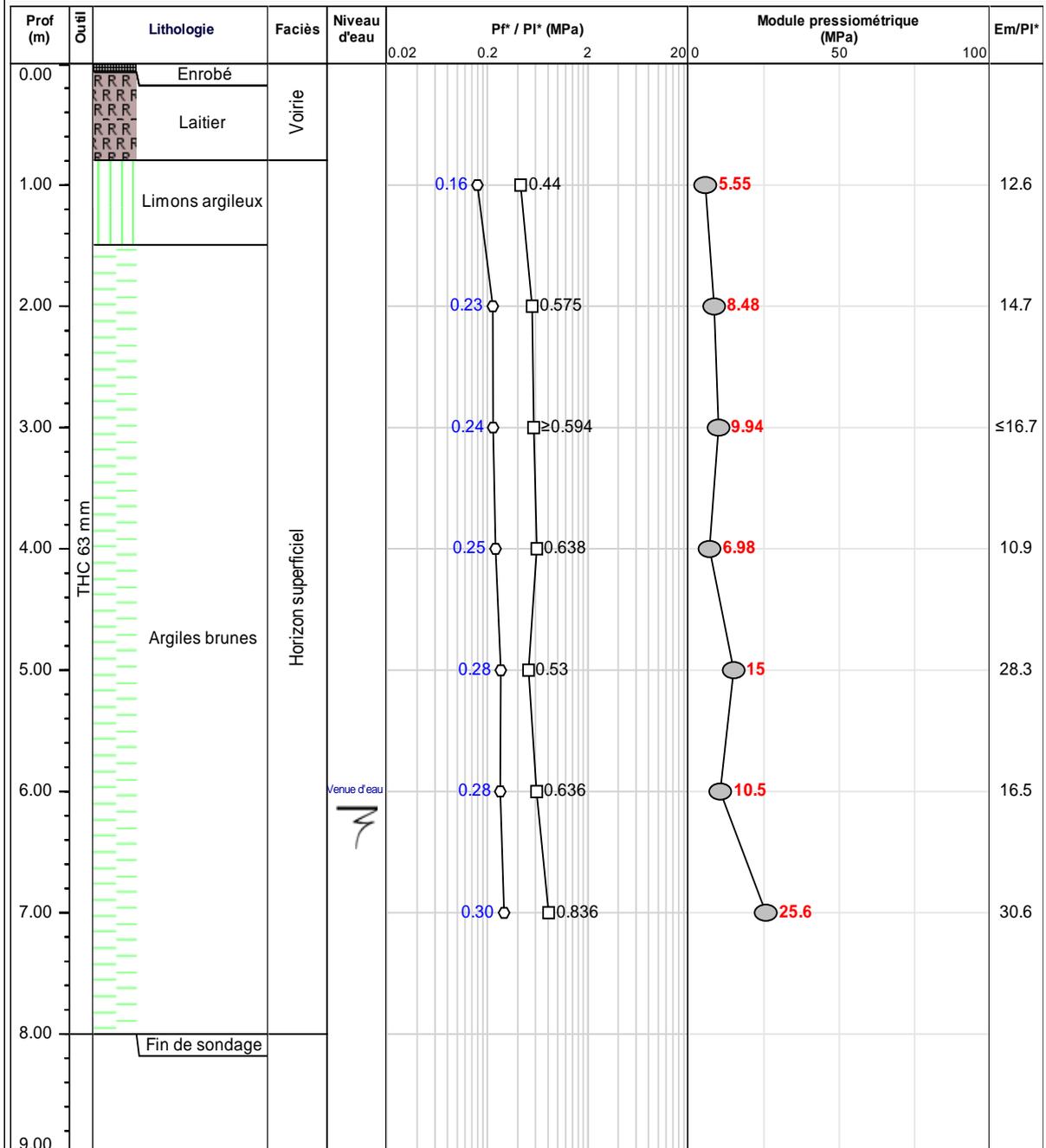
10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Cirse-environnement@wanadoo.fr
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481

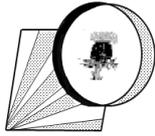
Sondage Pressiométrique

Effectué conformément à la norme NF P 94-110

Opérateurs : E.B
Machine : Socomafor 35
Cote NGF (m) : 171,22

N° Dossier : IC 22/082
Demandeur : European Homes
Lieu : Maizières-lès-Metz, voie Romaine
Projet : Lotissement
N° Sondage : **SP30**
Date : 25/07/2022





CIRSE ENVIRONNEMENT

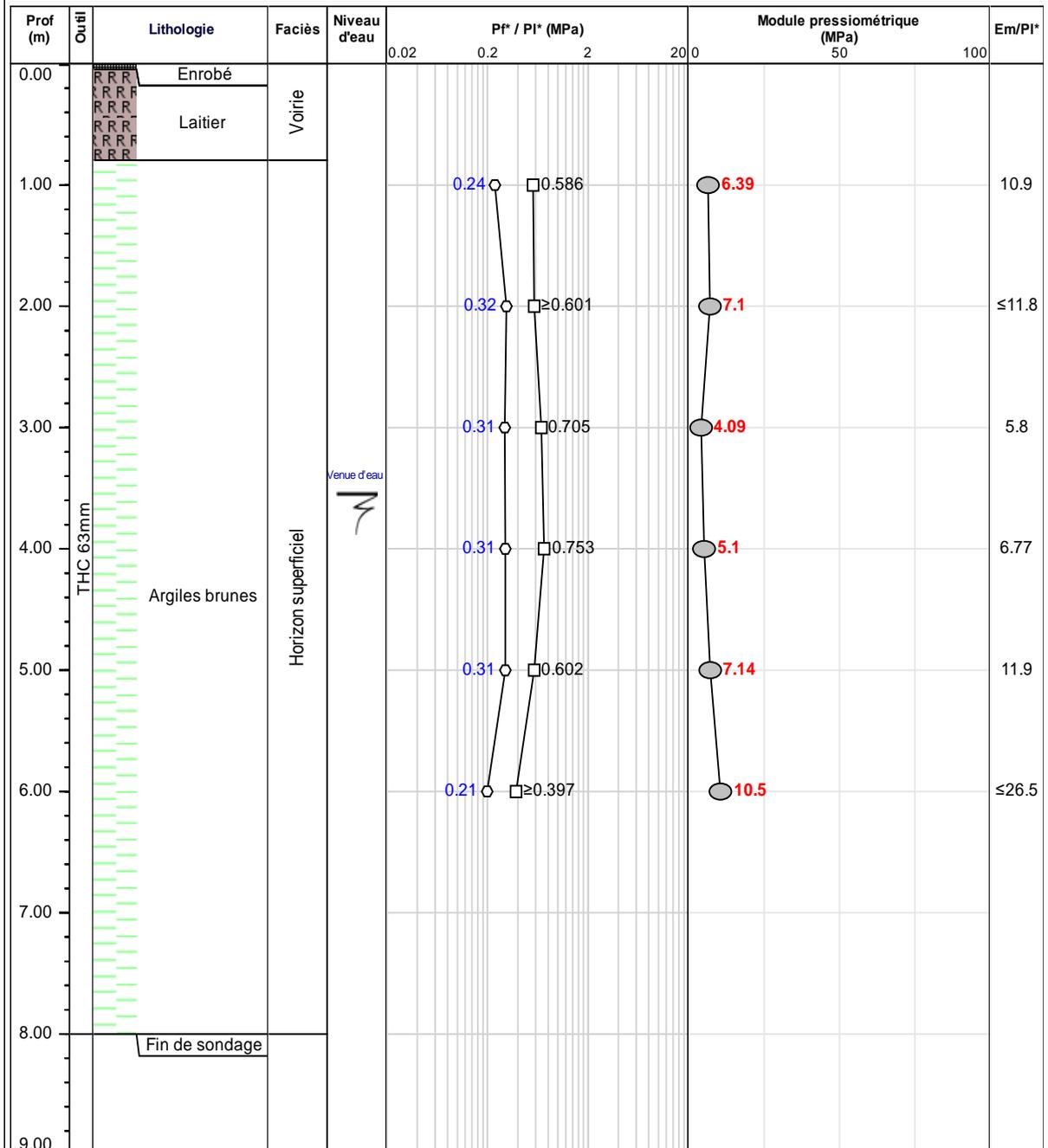
10, rue de la Croisette - 54210 Saint-Nicolas-de-Port
Tél: 03.83.47.03.12 - Fax: 03.83.47.32.81
Cirse-environnement@wanadoo.fr
Siret: 421 009 481 00035 - RCS: Nancy B 421 009 481
Code APE 7112 B - TVA INTRA FR 88 421 009 481

Sondage Pressiométrique

Effectué conformément à la norme NF P 94-110

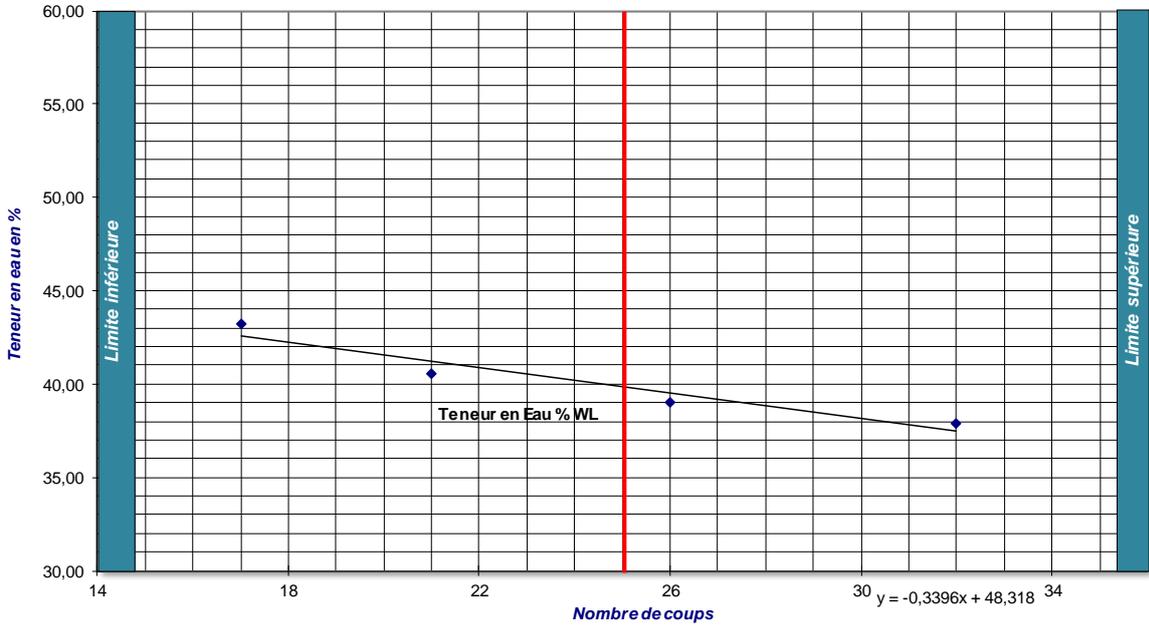
Opérateurs : T.F
Machine : Socomafor 15
Cote NGF (m) : 171,22

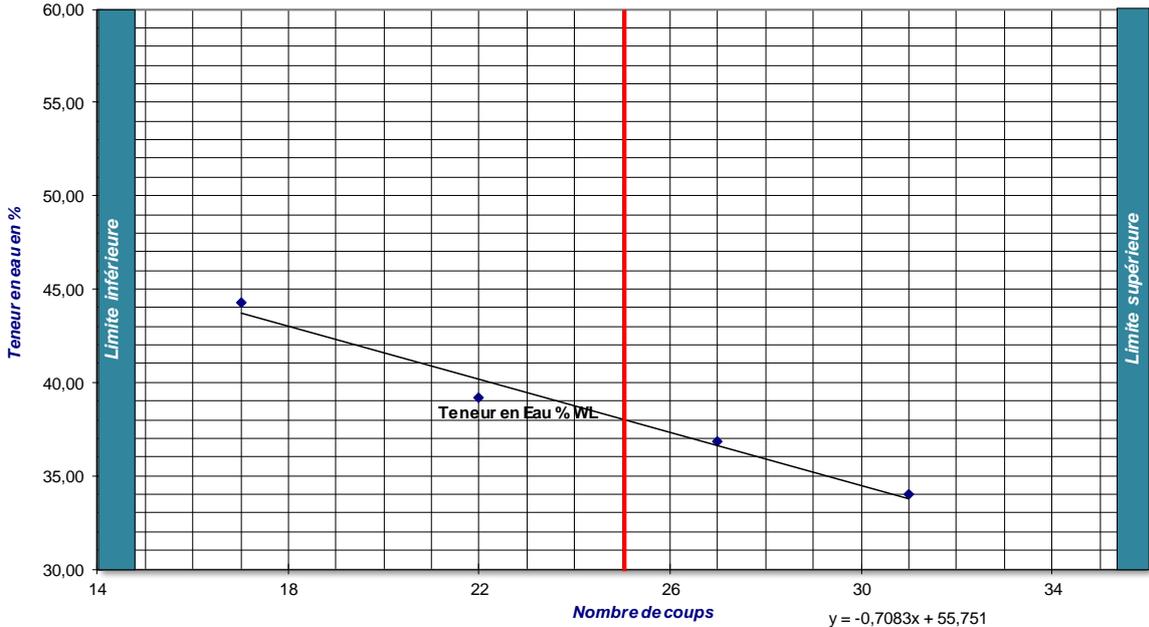
N° Dossier : IC 22/082
Demandeur : European Homes
Lieu : Maizières-lès-Metz, voie Romaine
Projet : Lotissement
N° Sondage : SP31
Date : 08/07/2022



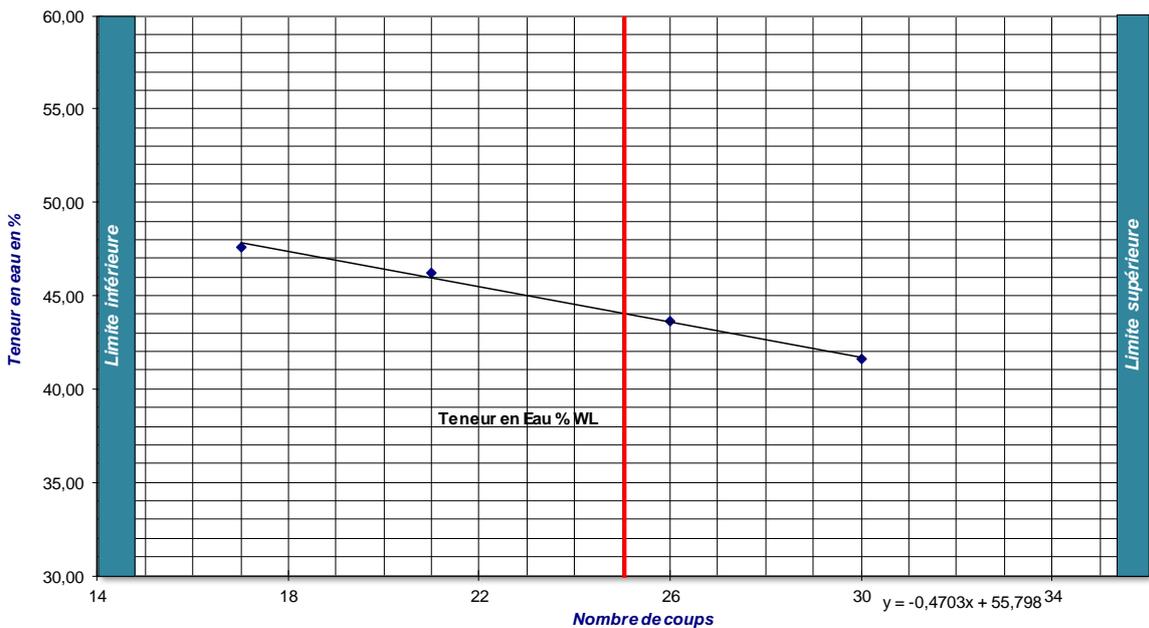
Analyses en laboratoire

➤ 1^{er} Phase : Mars 2022

 <p>CIRSE ENVIRONNEMENT SARL de 16 000 Euros LABORATOIRE ET BUREAUX 10, Rue de la Croisette 54 210 ST-NICOLAS-DE-PORT Tél : 03.83.47.03.12 Fax : 03.83.47.32.81</p>	<h1 style="margin: 0;">PROCES-VERBAL</h1> <h2 style="margin: 0;">DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG</h2> <p style="margin: 0;"><i>CONFORME A LA NORME NF P 94-051</i></p>															
<p>N° DOSSIER : IC 22/082</p> <p>SONDAGE : PM1</p> <p>AGENT PRELEVEUR : A.P</p> <p>OPERATEUR LABO : L.D</p>	<p>TYPE DE MATERIAU : Argiles brunes</p> <p>PROFONDEUR : 1,00 - 1,80m</p> <p>LIEU DE PRELEVEMENT : Maizières-lès-Metz, site Eiffage</p> <p>SOCIETE EXPLOITANTE : European Homes</p>															
<p>PRELEVE LE : 24/03/2022</p>	<p>ANALYSE LE : 06/04/2022</p>															
<h3 style="margin: 0;">METHODE A LA COUPELLE</h3>																
<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">Mesures N°</th> <th style="padding: 5px;">1</th> <th style="padding: 5px;">2</th> <th style="padding: 5px;">3</th> <th style="padding: 5px;">4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Nombre de coups</td> <td style="padding: 5px;">17</td> <td style="padding: 5px;">21</td> <td style="padding: 5px;">26</td> <td style="padding: 5px;">32</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Teneur en Eau %</td> <td style="padding: 5px;">43,20</td> <td style="padding: 5px;">40,55</td> <td style="padding: 5px;">39,02</td> <td style="padding: 5px;">37,90</td> </tr> </tbody> </table>		Mesures N°	1	2	3	4	Nombre de coups	17	21	26	32	Teneur en Eau %	43,20	40,55	39,02	37,90
Mesures N°	1	2	3	4												
Nombre de coups	17	21	26	32												
Teneur en Eau %	43,20	40,55	39,02	37,90												
																
Teneur en eau de plasticité	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; border-right: 1px solid black;">W =</td> <td style="width: 20%;">22,31 %</td> <td style="width: 20%; border-right: 1px solid black;">W Moyen</td> <td style="width: 20%;">W = 22,30 %</td> <td style="width: 20%;">W Moyen</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black;">W =</td> <td>21,59 %</td> <td style="border-right: 1px solid black;">21,95 %</td> <td>W = 22,03 %</td> <td>22,17 %</td> </tr> </table>	W =	22,31 %	W Moyen	W = 22,30 %	W Moyen	W =	21,59 %	21,95 %	W = 22,03 %	22,17 %					
W =	22,31 %	W Moyen	W = 22,30 %	W Moyen												
W =	21,59 %	21,95 %	W = 22,03 %	22,17 %												
Limite de liquidité : W_L = 39,8	Indice de plasticité															
Limite de plasticité : W_P = 22,1	I_p = 17,8															
Teneur en eau du sol : W_n = 19,08 %	Indice de consistance I_c = 1,17															

 <p>SARL de 16 000 Euros LABORATOIRE ET BUREAUX 10, Rue de la Croisette 54 210 ST-NICOLAS-DE-PORT Tél : 03.83.47.03.12 Fax : 03.83.47.32.81</p>		<h1>PROCES-VERBAL</h1> <h2>DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG</h2> <p>CONFORME A LA NORME NF P 94-051</p>																
N° DOSSIER :	IC 22/082	TYPE DE MATERIAU :	Argiles brunes/grises															
SONDAGE :	PM12	PROFONDEUR :	1,00 - 1,80m															
AGENT PRELEVEUR :	A.P	LIEU DE PRELEVEMENT :	Maizières-lès-Metz, site Eiffage															
OPERATEUR LABO :	L.D	SOCIETE EXPLOITANTE :	European Homes															
PRELEVE LE :	24/03/2022	ANALYSE LE :	06/04/2022															
<h3>METHODE A LA COUPELLE</h3>																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Mesures N°</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nombre de coups</td> <td>17</td> <td>22</td> <td>27</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>Teneur en Eau %</td> <td>44,29</td> <td>39,16</td> <td>36,86</td> <td>33,99</td> </tr> </tbody> </table>				Mesures N°	1	2	3	4	Nombre de coups	17	22	27	31	Teneur en Eau %	44,29	39,16	36,86	33,99
Mesures N°	1	2	3	4														
Nombre de coups	17	22	27	31														
Teneur en Eau %	44,29	39,16	36,86	33,99														
																		
Teneur en eau de plasticité	W =	23,54 %	W Moyen	W =	21,99 %	W Moyen												
	W =	22,15 %	22,85 %	W =	21,26 %	21,62 %												
Limite de liquidité :	W_L =	38,0	Indice de plasticité															
Limite de plasticité :	W_P =	22,2	I_p = 15,8															
Teneur en eau du sol :	W_n =	19,61 %	Indice de consistance I_c = 1,17															

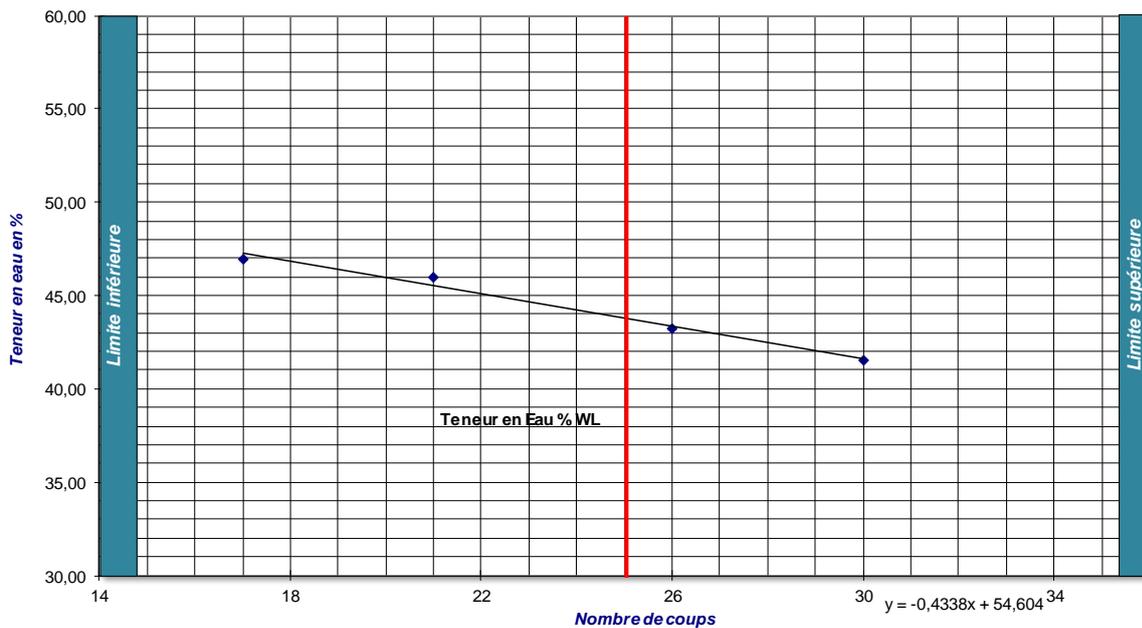
➤ 2^{ème} Phase : Juillet 2022

 <p>SARL de 16 000 Euros LABORATOIRE ET BUREAUX 10, Rue de la Croisette 54 210 ST-NICOLAS-DE-PORT Tél : 03.83.47.03.12 Fax : 03.83.47.32.81</p>		<h1>PROCES-VERBAL</h1> <h2>DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG</h2> <p>CONFORME A LA NORME NF P 94-051</p>																
N° DOSSIER :	IC 22/082	TYPE DE MATERIAU :	Argiles brunes															
SONDAGE :	SP17	PROFONDEUR :	1,80 - 2,50m															
AGENT PRELEVEUR :	E.B	LIEU DE PRELEVEMENT :	Maizières-lès-Metz, site Eiffage															
OPERATEUR LABO :	L.D	SOCIETE EXPLOITANTE :	European Homes															
PRELEVE LE :	25/07/2022	ANALYSE LE :	01/08/2022															
<h3>METHODE A LA COUELLE</h3>																		
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Mesures N°</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nombre de coups</td> <td>17</td> <td>21</td> <td>26</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Teneur en Eau %</td> <td>47,60</td> <td>46,20</td> <td>43,59</td> <td>41,59</td> </tr> </tbody> </table>				Mesures N°	1	2	3	4	Nombre de coups	17	21	26	30	Teneur en Eau %	47,60	46,20	43,59	41,59
Mesures N°	1	2	3	4														
Nombre de coups	17	21	26	30														
Teneur en Eau %	47,60	46,20	43,59	41,59														
 <p>The graph plots 'Teneur en eau en %' on the y-axis (30,00 to 60,00) against 'Nombre de coups' on the x-axis (14 to 30). A linear regression line is shown with the equation $y = -0,4703x + 55,79834$. A vertical red line is drawn at 26 blows, indicating the Atterberg limit. The data points from the table above are plotted on the graph.</p>																		
Teneur en eau de plasticité		W = 28,19 %	W Moyen	W = 25,58 %	W Moyen													
		W = 27,61 %	27,90 %	W = 25,90 %	25,74 %													
Limite de liquidité : $W_L =$		44,0		Indice de plasticité														
Limite de plasticité : $W_P =$		26,8		$I_P =$ 17,2														
Teneur en eau du sol : $W_n =$		25,65	%	Indice de consistance $I_C =$ 1,07														

 <p>CIRSE ENVIRONNEMENT SARL de 16 000 Euros LABORATOIRE ET BUREAUX 10, Rue de la Croisette 54 210 ST-NICOLAS-DE-PORT Tél : 03.83.47.03.12 Fax : 03.83.47.32.81</p>	<h1>PROCES-VERBAL</h1> <h2>DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG</h2> <p>CONFORME A LA NORME NF P 94-051</p>	
	<p>N° DOSSIER : IC 22/082</p> <p>SONDAGE : SP22</p> <p>AGENT PRELEVEUR : E.B</p> <p>OPERATEUR LABO : L.D</p>	<p>TYPE DE MATERIAU : Argiles brunes</p> <p>PROFONDEUR : 1,00 - 1,80m</p> <p>LIEU DE PRELEVEMENT : Maizières-lès-Metz, site Eiffage</p> <p>SOCIETE EXPLOITANTE : European Homes</p>
<p>PRELEVE LE : 21/06/2022</p>	<p>ANALYSE LE : 04/07/2022</p>	

METHODE A LA COUPELLE

Mesures N°	1	2	3	4
Nombre de coups	17	21	26	30
Teneur en Eau %	46,93	45,97	43,22	41,52



Teneur en eau de plasticité	W =	26,16 %	W Moyen	W =	25,28 %	W Moyen
	W =	25,88 %	26,02 %	W =	24,82 %	25,05 %
Limite de liquidité : W_L =	43,8	Indice de plasticité				
Limite de plasticité : W_P =	25,5					
Teneur en eau du sol : W_n =	20,09	%	Indice de consistance	I_C =	1,30	