

ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT-PROJET

Mission G2 AVP

Préalable à la construction de logements

29, rue Victor Hugo
Commune de Luynes (37)



CLIENT

NOM	SAS PROMOTION PICHET
ADRESSE	20 Avenue de Canteranne 33 600 PESSAC
INTERLOCUTEUR	M. Damien BUQUET

ECR ENVIRONNEMENT

AGENCE DE	Tours
ADRESSE	5, Rue de la Briaudière – 37 510 BALLAN-MIRE
TELEPHONE	02 47 46 30 79
MAIL	tours@ecr-environnement.com

DATE	INDICE	OBSERVATION / MODIFICATION	REDACTEUR	VERIFICATEUR
03/09/2025	01	Rapport initial	C. GILLARDIE	M. GRANGE

SOMMAIRE

1. PRESENTATION.....	4
1.1. CADRE DE L'ETUDE	4
1.2. LOCALISATION ET DESCRIPTION DU SITE	4
1.3. DESCRIPTION DU PROJET	5
1.4. CONTEXTE GEOLOGIQUE	8
1.5. RISQUES NATURELS	9
1.6. DONNEES D'ENTREE.....	9
2. MISSION ET PROGRAMME DE RECONNAISSANCE.....	10
2.1. MISSION	10
2.2. PROGRAMME	10
2.3. CONSISTANCE DES INVESTIGATIONS.....	11
3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS.....	13
3.1. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT	13
3.2. GEOLOGIE	13
3.3. GEO-MECANIQUE	16
3.4. HYDROGEOLOGIE.....	16
3.5. RESULTATS DES ANALYSES EN LABORATOIRE	17
3.5.1. Identification GTR.....	17
3.5.2. Analyses d'agressivité du milieu vis-à-vis du béton	18
3.6. RESULTATS DES ESSAIS DE PERMEABILITE.....	20
4. SISMICITE ET LIQUEFACTION DES SOLS.....	21
4.1. CATEGORIES DE BATIMENTS	21
4.2. COEFFICIENT D'IMPORTANCE	21
4.3. EXIGENCES SUR LE BATI NEUF	22
4.4. CLASSES DE SOLS SELON L'EUROCODE 8	23
4.5. LIQUEFACTION DES SOLS.....	24
5. ETUDE DES BATIMENTS – FONDATIONS SUPERFICIELLES A SEMI-PROFONDES : SOLUTIONS 1 & 2.....	26
5.1. REMARQUE PREALABLE	26
5.2. PRINCIPE DE FONDATIONS	26
5.3. PROFONDEUR D'ANCRAGE.....	27
5.4. CONTRAINTES DE CALCULS.....	28
5.5. EVALUATION DES TASSEMENTS	28
5.6. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES	29



5.7.	DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES COMPLEMENTAIRES (SOLS SENSIBLES AU PHENOMENE DE RETRAIT-GONFLEMENT).....	30
5.8.	SUGGESTIONS D'EXECUTION.....	32
6.	FONDATEMENTS PROFONDES : SOLUTION 3	33
6.1.	PREAMBULE.....	33
6.2.	PRINCIPE DE FONDATIONS	33
6.3.	MODELE GEOTECHNIQUE RETENU EN PHASE AVP	33
6.4.	PRECAUTIONS PARTICULIERES.....	34
6.5.	SUGGESTIONS D'EXECUTIONS.....	34
7.	NIVEAU-BAS	34
8.	ETUDE DES VOIRIES.....	35
8.1.	CLASSE DE TRAFIC T1	35
8.2.	PREPARATION DE LA PLATEFORME	35
8.3.	PARTIE SUPERIEURE DE TERRASSEMENT (PST) ET ARASE (AR).....	36
8.4.	COUCHE DE FORME ET PLATEFORME SUPPORT DE CHAUSSEE (PF)	37
8.5.	STRUCTURE DE CHAUSSEE	39
8.6.	SUGGESTIONS PARTICULIERES	40
9.	TERRASSEMENT ET MISE HORS D'EAU.....	41
9.1.	PREAMBULE.....	41
9.2.	TERRASSEMENTS EN DEBLAIS	41
9.2.1.	Moyens d'extraction	41
9.2.2.	Traficabilité.....	41
9.3.	STABILITE DES TALUS EN DEBLAIS	42
9.4.	MISE HORS D'EAU - DRAINAGE	43
9.4.1.	En phase provisoire.....	43
9.4.2.	En phase définitive	43
10.	CONDITIONS PARTICULIERES.....	45

ANNEXES

- Annexe 1 : Extrait de la norme NF P 94-500 (2 pages)
 Annexe 2 : Implantation des sondages (1 page)
 Annexe 3 : Résultats des investigations in situ (22 pages)
 Annexe 4 : Résultats des analyses en laboratoire (10 pages)

1. PRESENTATION

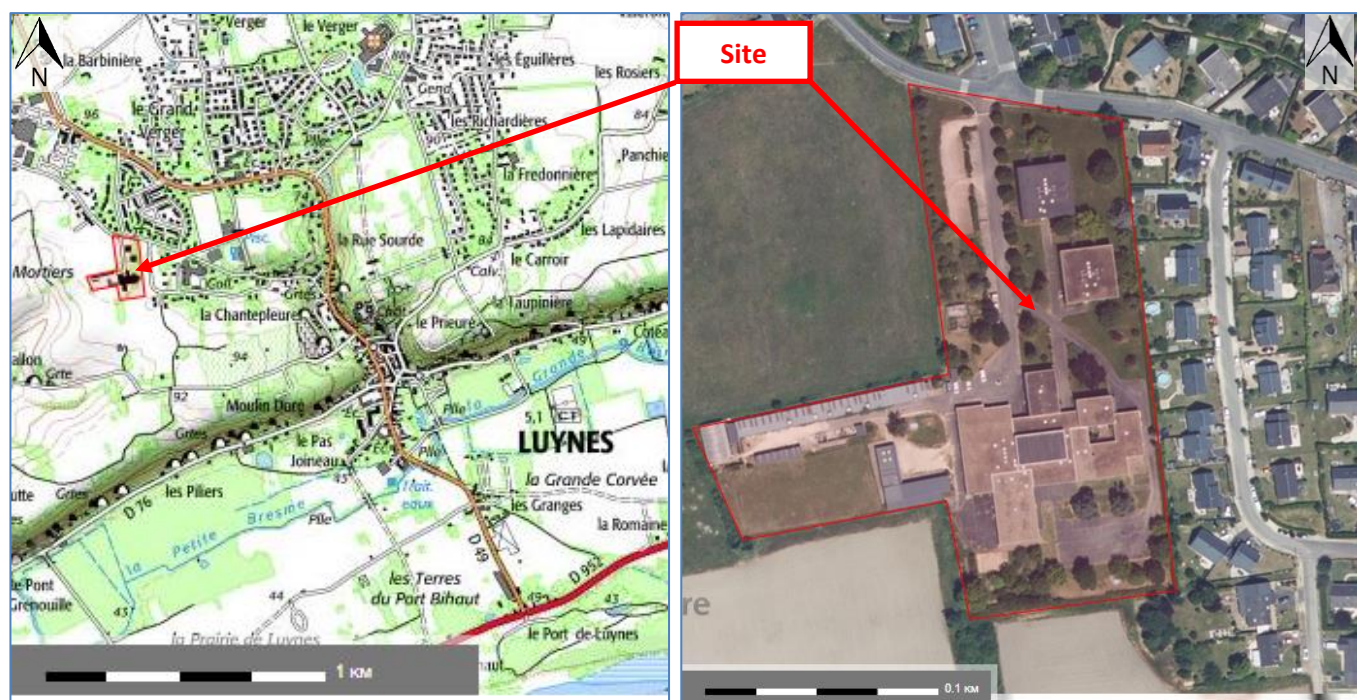
1.1. Cadre de l'étude

Cette étude a été réalisée par la société ECR Environnement – 5, rue de la Briaudière – 37 510 BALLAN-MIRE, à la demande et pour le compte de :

SAS PROMOTION PICHET
20 Avenue de Canteranne
33 600 PESSAC

1.2. Localisation et description du site

Le projet se situe 29 Rue Victor HUGO, sur la commune de Luynes (37). Le terrain est référencé au cadastre section BA parcelles n°174 et n°176.



Plans de situation – source : www.geoportail.gouv.fr

Actuellement, le site correspond aux bâtiments de l'IME Robert Debré et ses aménagements extérieurs : voiries en enrobé, espaces enherbés et arborés... (cf. photographies du site en pages suivantes).

La topographie générale du terrain est en légère pente descendante vers le Sud-Est. D'après le plan topographique transmis, son altimétrie générale varie entre 91.5 m NGF et 93.8 m NGF.





Photographies du site en juillet 2025

1.3. Description du projet

D'après les éléments communiqués, le projet prévoit la construction de 6 bâtiments collectifs de type R+1 à R+1+combles sans sous-sol et de 16 maisons mitoyennes de type R+1 sans sous-sol (cf. plan de masse et coupe du projet en page suivante). Ils sont implantés en dehors des limites de propriété et libres de toute mitoyenneté.

Le projet contient également des voiries/aire de stationnement.

En l'absence d'éléments précis, les niveaux bas des projets seront calés au niveau du terrain actuel.

Le projet est implanté sur des bâtiments existants dont les caractéristiques ne sont pas connues à ce stade de l'étude (présence de parties enterrées ?).





Plan de masse – source : GROUPE PICHET



Plan topographique de l'existant – source : GROUPE PICHET

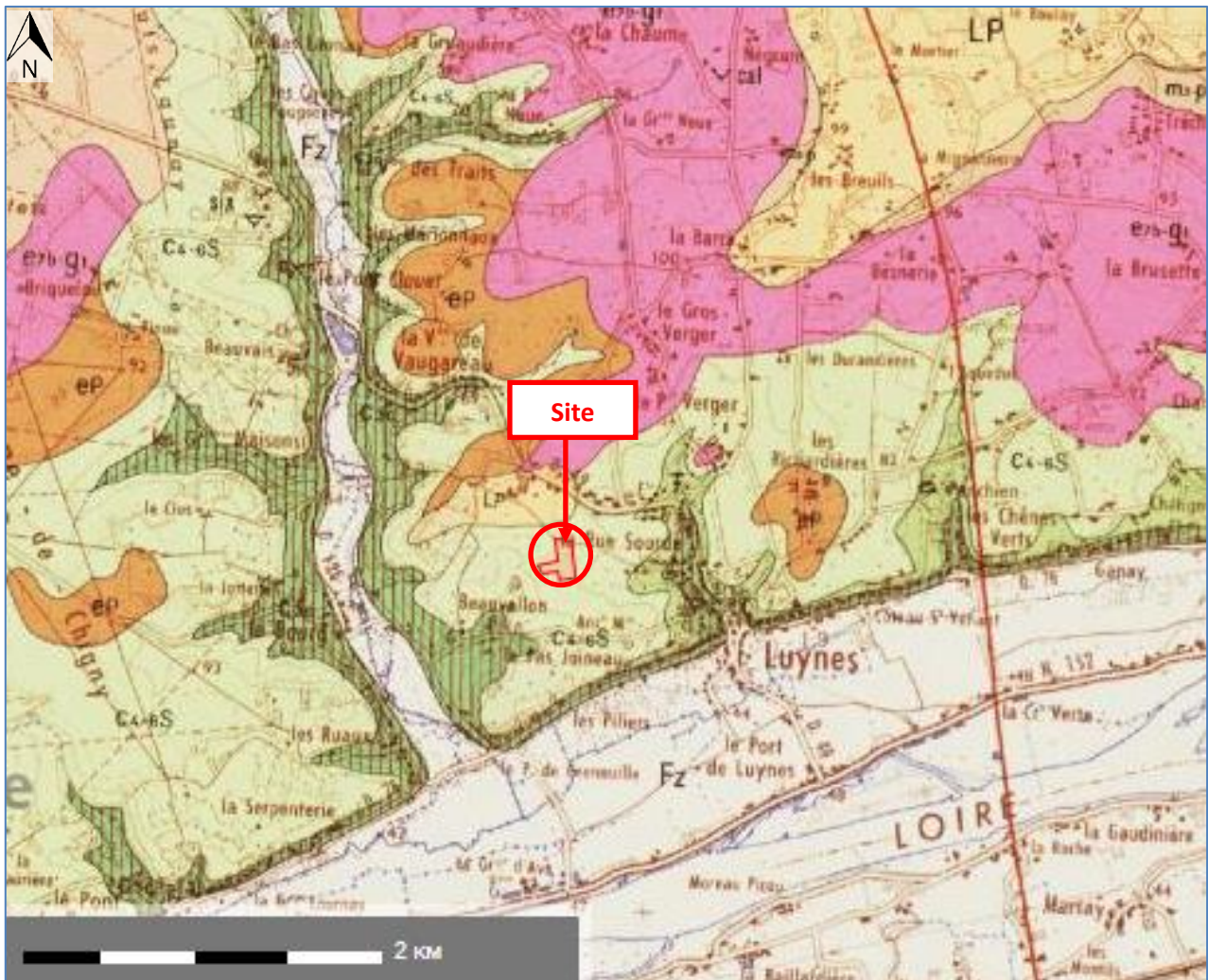
Remarques : les descentes de charges et le niveau bas du projet ne nous ont pas été fournies. Il conviendra donc de vérifier que les préconisations et les dispositions retenues dans ce rapport soient en accord avec les caractéristiques réelles du projet.

L'étude de démolition des ouvrages existants ne fait pas partie de la présente mission.

1.4. Contexte géologique

D'après la carte géologique de Tours (n°457) au 1/50 000 (source : www.infoterre.brgm.fr) et notre expérience du secteur, la succession géologique attendue au droit du site est la suivante (cf. extrait de la carte géologique ci-après) :

- éventuels remblais et formations superficielles (non représentés sur la carte),
- Sénonien : Formations siliceuses – C4-6S,
- "Turonien - partie supérieure : "Tuffeau jaune de Touraine"" – C3c.



Contexte géologique – source : www.infoterre.brgm.fr

1.5. Risques naturels

Le tableau suivant synthétise les principaux risques et aléas naturels recensés au droit du site :

	Document de référence	Commentaire
Sismicité	Décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 entré en vigueur le 01 mai 2011	Zone 2 (aléa faible)
Retrait-gonflement	www.georisques.gouv.fr	Aléa moyen à fort
Remontée de nappe	www.georisques.gouv.fr	Non concerné
Inondabilité	www.georisques.gouv.fr	Commune concernée par le Plan de prévention des risques d'inondation PPRI Tours Val de Luynes. Cependant le site n'est pas concerné par le règlement du PPRI. Des informations précises sur le risque réel d'inondabilité peuvent être fournies dans les documents d'urbanisme et transmises par les autorités compétentes.
Cavité souterraine Mouvements de terrain	www.georisques.gouv.fr	Pas de mouvement de terrain ou cavité recensé à proximité immédiate du projet (<500 m)
Risque anthropique	Au droit de nos sondages, nous avons rencontré des matériaux anthropiques (remblais). Seul un diagnostic environnemental (étude historique, sondages environnementaux, ...), permettrait de caractériser le risque de présence de polluants au droit du secteur d'étude. Le présent rapport n'a aucun objectif de caractérisation de la qualité environnemental de ces remblais.	

1.6. Données d'entrée

La présente étude a été réalisée à partir des documents suivants :

 Implantation des sondages	23/04/2025 09:45	Adobe Acrobat D...	560 Ko
 Repérage sur cadastre	09/04/2025 11:24	Adobe Acrobat D...	249 Ko
 T25.104-500	07/07/2025 16:08	Adobe Acrobat D...	1 954 Ko
 5x4z-BQW(2)	09/04/2025 11:24	Fichier PNG	597 Ko



2. MISSION ET PROGRAMME DE RECONNAISSANCE

2.1. Mission

Cette étude a pour but de définir le type et les caractéristiques de fondations et dallages pour le projet, en fonction de la nature, de l'épaisseur et de la compacité des différents terrains rencontrés.

Il s'agit d'une mission de type G2 AVP, suivant la Définition et le Normalisation des Missions du Géotechnicien établies en novembre 2013 (norme NF P 94-500 présentée en annexe 1).

2.2. Programme

Conformément à la demande du client, cette étude a pour but :

- de préciser le contexte géologique et hydrogéologique du site,
- d'identifier les risques géotechniques et de préconiser les techniques particulières à mettre en œuvre,
- d'évaluer les caractéristiques mécaniques des sols (résistance, portance, ...),
- de préciser le type de fondations envisageables,
- de présenter un exemple de pré-dimensionnement des fondations envisagées (niveaux d'assise, taux de travail admissible du sol, contraintes de calcul aux ELU et aux ELS, ...),
- d'étudier la faisabilité des dallages et les modalités de mise en œuvre,
- d'évaluer l'aptitude des terrains au terrassement (tenue, dureté ...),
- de déterminer l'agressivité du sol et des eaux souterraines vis-à-vis du béton,
- de préciser les recommandations géotechniques pour la réalisation des voiries (arase terrassement, partie supérieure de terrassement, couche de forme, classe de plateforme), avec des exemples de pré-dimensionnement de structures de voiries,
- d'évaluer les précautions techniques à prendre en compte lors des travaux (terrassement, avoisinant, drainage, terrains compressibles, substitution...),
- de définir la catégorie des sols vis-à-vis des règles sismiques de l'Eurocode 8.

Il convient de rappeler que les aspects suivants ne font pas partie de la mission (liste non exhaustive) :

- L'analyse hydrologique du site,
- La recherche de pollution des sols,
- L'étude des ouvrages existants situés dans la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG) du projet.



2.3. Consistance des investigations

Pour répondre aux objectifs présentés ci-avant, nous avons réalisé les investigations suivantes :

IN SITU

- 6 sondages de reconnaissance géologique (nommés SP1 à SP6), réalisés à la tarière mécanique Ø 63 mm et descendus à 6.00 m/TN de profondeur ou au refus. Ils ont permis de déterminer les limites et la nature des couches géologiques, d'observer les éventuelles venues d'eau et de prélever des échantillons.
- 6 profils pressiométriques, réalisés dans les sondages précédents selon la norme NF P 94-110-1. La réalisation de ces essais a permis de déterminer les caractéristiques mécaniques des sols rencontrés (pressions de fluage, modules pressiométriques et pressions limites).
- 11 sondages de reconnaissance géologique (nommés T1 à T11), réalisés à la tarière mécanique Ø 63 mm et descendus jusqu'à 6.00 m/TN de profondeur (Terrain Naturel) (T1 à T7) et 2.00 m/TN de profondeur (T7 à T11) ou au refus prématuré. Ils ont permis de déterminer les limites et la nature des couches géologiques, d'observer les éventuelles venues d'eau et de prélever des échantillons.
- 11 sondages au pénétromètre dynamique de type B (nommés P1 à P11), réalisés selon la norme NF P 94-115 et descendus jusqu'à 6.00 m/TN de profondeur (Terrain Naturel) (P1 à P7) et à 2.00 m de profondeur/TN (P7 à P11) ou au refus prématuré. Ils ont permis de déterminer en continu la résistance dynamique de pointe (qd) des sols. Ces sondages ont été réalisés en parallèle des sondages de reconnaissance géologique T1 à T11.
- 5 essais de perméabilités à niveau variable de type Matsuo (nommés M1 à M5).

EN LABORATOIRE

- 2 analyses d'agressivité du sol vis-à-vis du béton.
- 1 série d'analyse en laboratoire pour identification des sols selon le GTR, comprenant 1 mesure de la teneur en eau naturelle, 1 masse volumique et 1 analyse des limites d'Atterberg. Cette analyse a permis de préciser la sensibilité des matériaux au phénomène de retrait-gonflement et d'étudier les possibilités de réemploi des matériaux du site en remblais et couche de forme.

Les sondages pressiométriques et pénétrométriques ont été réalisés du 24 au 29 juillet 2025, à l'aide d'une sondeuse de marque ECOFORE de type CE 302 (cf. photographie en page suivante).





Sondeuse ECOFORE CE 302

3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

3.1. Implantation et nivellement

La position des sondages figure sur le plan d'implantation en annexe 2.

L'implantation a été réalisée en fonction des réseaux existants, au mieux des conditions d'accès et de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance.

Les points de sondages ont été rattachés au nivellement du plan topographique.

Les cotes altimétriques du Terrain Naturel (TN) au droit des sondages sont les suivantes :

Sondages	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	T1+P1	T2+P2
Cote altimétrique (m NGF)	93.74	92.30	92.30	92.10	92.86	93.02	93.55	93.56

Sondages	T3+P3	T4+P4	T5+P5	T6+P6	T7+P7	T8+P8	T9+P9	T10+P10
Cote altimétrique (m NGF)	92.20	92.30	92.10	93.00	92.50	93.50	93.20	92.30

Sondages	T11+P11	M1	M2	M3	M4	M5
Cote altimétrique (m NGF)	91.85	93.45	92.50	92.30	91.70	92.48

Les cotes altimétriques du Terrain Naturel (TN) au droit des sondages figurent sur les coupes en Annexe 3.

3.2. Géologie

Les coupes de sondages sont jointes en annexe 3. Les profondeurs citées dans le présent rapport ont été mesurées par rapport au Terrain Naturel (TN) tel qu'il était lors de notre intervention (juillet 2025). Les sondages de reconnaissance ont permis de mettre en évidence les faciès suivants :



Projet	Bâtiments					
Sondage	SP1 (en m/TN)	T1+P1 (en m/TN)	T2+P2 (en m/TN)	SP2 (en m/TN)	T3+P3 (en m/TN)	T4+P4 (en m/TN)
Terre végétale	0.00 à 0.20	-	0.00 à 0.10	-	-	0.00 à 0.10
Structure de voiries (enrobé + couche de forme calcaire)	-	0.00 à 0.10	-	0.00 à 0.35	0.00 à 0.35	-
Remblais sablo-graveleux à blocs (falun - calcaire)	-	0.10 à 0.80	-	-	-	-
Limon sableux à sable limoneux (brun noir marron)	0.20 à 0.50	-	-	0.35 à 0.70	0.35 à 0.75	-
Argile +/- à silex +/- calcaire +/- limoneuse +/- sableuse (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris)	0.50 à ≥ 6.00*	0.80 à ≥ 6.00*	0.10 à ≥ 6.00*	0.70 à ≥ 4.70**	0.75 à ≥ 6.00*	0.10 à ≥ 6.00*

* Profondeur maximale investiguée

** Refus de sondage à l'outil de foration

Projet	Bâtiments						
Sondage	SP3 (en m/TN)	T5+P5 (en m/TN)	SP4 (en m/TN)	SP5 (en m/TN)	T6+P6 (en m/TN)	T7+P7 (en m/TN)	SP6 (en m/TN)
Terre végétale	0.00 à 0.20	0.00 à 0.10	0.00 à 0.10	-	-	0.00 à 0.10	-
Structure de voiries (enrobé + couche de forme calcaire)	-	-	-	0.00 à 0.30	0.00 à 0.40	-	-
Remblais sablo-graveleux à blocs (falun - calcaire)	-	-	0.10 à 0.40	-	-	-	0.00 à 0.30
Limon sableux à sable limoneux (brun noir marron)	0.20 à 0.60	-	0.40 à 0.60	0.30 à 0.60	-	-	0.30 à 0.60
Argile +/- à silex +/- calcaire +/- limoneuse +/- sableuse (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris)	0.60 à ≥ 6.00*	0.10 à ≥ 6.00*	0.60 à ≥ 6.00*	0.60 à ≥ 6.00*	0.40 à ≥ 6.00*	0.10 à ≥ 6.00*	0.60 à ≥ 6.00*

* Profondeur maximale investiguée

** Refus de sondage à l'outil de foration

Projet	Voiries			
Sondage	T8+P8 (en m/TN)	T9+P9 (en m/TN)	T10+P10 (en m/TN)	T11+P11 (en m/TN)
Terre végétale	0.00 à 0.10	0.00 à 0.10	0.00 à 0.20	-
Structure de voiries (enrobé + couche de forme calcaire)	-	-	-	0.00 à 0.40
Remblais sablo-graveleux à blocs (falun - calcaire)	-	-	0.20 à 0.80	-
Limon sableux à sable limoneux (brun noir marron)	-	0.10 à 1.00	-	-
Argile +/- à silex +/- calcaire +/- limoneuse +/- sableuse (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris)	0.10 à ≥ 2.00*	1.00 à ≥ 2.00*	0.80 à ≥ 2.00*	0.40 à ≥ 2.00*

* Profondeur maximale investiguée

** Refus de sondage

Remarques : Ces profondeurs n'impliquent en rien qu'il ne puisse exister d'anomalie de la stratigraphie entre sondages. En particulier, la position exacte des interfaces entre couches ne saurait se déduire d'une simple extrapolation des relevés de sondages.



3.3. Géo-mécanique

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques mécaniques des faciès rencontrés.

Formations	Résistance mécanique de pointe Qd (MPa)	Nombre d'essais pressiométriques	Pressions Limites (Mpa)			Modules pressiométriques (Mpa)		
			Min	Max	Moyenne géométrique	Min	Max	Moyenne harmonique
Remblais sablo-graveleux à blocs (falun - calcaire)	1.88 à 28.25 Moyenne = 14.1	0	-					
Limon sableux à sable limoneux (brun noir marron)	10.36 à >50 (refus) Moyenne = 22.2	0	-					
Argile +/- à silex +/- calcaire +/- limoneuse +/- sableuse (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris)	0.87 à 35.04 Moyenne = 8.9	23	0.34	2.99	1.00	3.5	39.1	8.8

Les essais pressiométriques et pénétrométriques réalisés ont permis de mettre en évidence :

- des caractéristiques mécaniques hétérogènes faibles à bonnes dans les **remblais sablo-graveleux à blocs** (falun - calcaire),
- des caractéristiques mécaniques bonnes dans les **limons sableux à sables limoneux (brun noir marron)**,
- des caractéristiques mécaniques hétérogènes très faibles à bonnes dans les **argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris)**.

3.4. Hydrogéologie

Lors de notre intervention (Juillet 2025), seulement une venue d'eau à 0.60 m/TN de profondeur a été observée au sein du sondage T10 dans les remblais de surface. Les autres sondages sont restés secs.

Remarques : ce constat ayant un caractère ponctuel et instantané, il ne permet pas de préciser les variations de la nappe, qui peut remonter fortement en période pluvieuse. Nous rappelons que le terrain étudié est situé **en dehors de toute zone potentiellement sujette aux inondations de cave ou aux débordements de nappe** (cf. chapitre 1.5.).



En l'absence de chronique piézométrique locale menée sur le long terme, nous ne pouvons pas statuer sur l'amplitude possible du battement de la nappe phréatique et donc, a fortiori, sur son niveau des plus hautes eaux (NPHE).

3.5. Résultats des analyses en laboratoire

3.5.1. Identification GTR

Les analyses en laboratoire réalisées sur des échantillons prélevés au droit de nos sondages, ont donné les principaux résultats suivants (les résultats détaillés figurent en annexe 4 du présent rapport) :

Chantier	Sondage	Profondeur (m)	Nature	Teneur en eau ω %	Granulométrie						Limites d'Atterberg				GTR
					< 63mm %	< 50 mm %	< 5 mm %	< 2 mm %	< 80 μ m %	< 63 μ m %	ω_L %	ω_p %	IP	IC	
3705755 Lyones (37)	T2	0.1-2.0	Argile blanche à cailloutis	26.8	100.0	100.0	90.9	86.9	70.2	69.9	64	21	44	0.86	A4 F4
Observations : Les valeurs indiquées en rouge indiquent les classifications selon le guide GTR 2023 à titre informatif.															

D'après le GTR 2023, les matériaux rencontrés au droit du site sont de classes :

- F₄ (A₄, ancienne classification) pour la formation des argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris).

D'après le diagramme de plasticité en page suivante, les matériaux prélevés de classe GTR A₄ sont très argileux, très plastiques avec un gonflement élevé, à proximité de la zone des argiles gonflantes et donc très fortement sensibles au phénomène de retrait-gonflement.



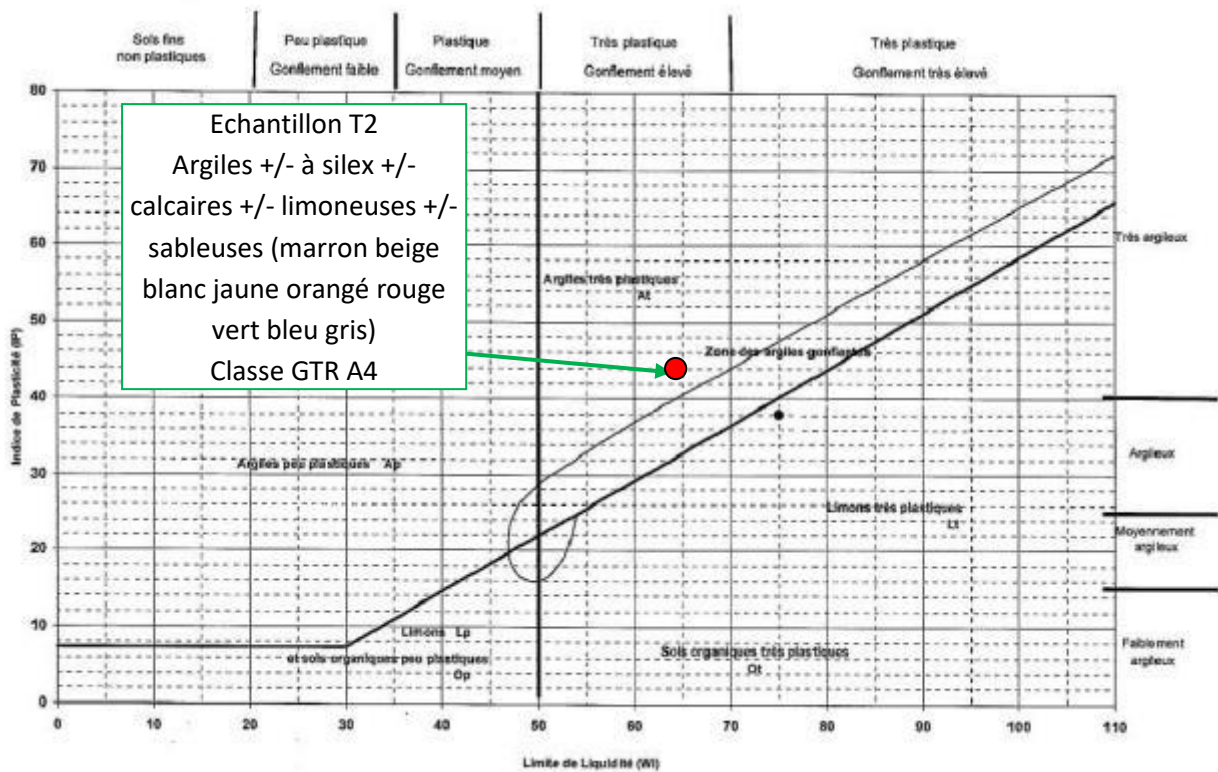


Diagramme de plasticité – Abaque de Casagrande

3.5.2. Analyses d'agressivité du milieu vis-à-vis du béton

Deux échantillons de sol ont été prélevés afin de caractériser l'agressivité des sols pour les bétons.

Les mesures chimiques sur ce prélèvement, en vue de leur caractérisation d'agressivité sur le béton de fondation, ont été faites conformément à la norme française homologuée NF EN 206-1 d'avril 2004, ainsi qu'au document normatif P18-11 de juin 1982, à statut de fascicule de documentation qui :

- Définissent des environnements agressifs les plus courant,
- Donnent diverses recommandations et les mesures préventives vis-à-vis de la durabilité des bétons.

Le document normatif P18-011 est utilisé pour aider au choix des ciments et des additions dans le cas d'environnements chimiquement agressifs, c'est-à-dire aux classes d'exposition « XA » au sens de la norme NF EN 206-1.

Les analyses d'agressivité du sol vis-à-vis du béton, ont donné les principaux résultats suivants (les résultats détaillés figurent en annexe 4) :

Sondages	SP1	SP4
Profondeur	0.00 à 6.0 m/TN	0.00 à 6.0 m/TN
Matériau	Sol	Sol
Teneur en SO_4^{2-} (mg/kg)	107	138
Classe d'agressivité (NF EN 206)	< XA1	< XA1

D'après les résultats obtenus, Les concentrations en agents agressifs mesurées sur les échantillons de sols traduisent un environnement de classe inférieure à la classe de faible agressivité (classe <XA1) au regard des sulfates et du degré d'acidité.

L'environnement du projet n'est donc pas chimiquement agressif.

Tableau 2 — Valeurs limites pour les classes d'exposition correspondant aux attaques chimiques par les sols et eaux souterraines naturels

Caractéristique chimique	Méthode d'essai de référence	XA1	XA2	XA3
Eaux souterraines				
SO ₄ ²⁻ , en mg/l	EN 196-2	≥ 200 et ≤ 600	> 600 et ≤ 3 000	> 3 000 et ≤ 6 000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 et ≥ 5,5	< 5,5 et ≥ 4,5	< 4,5 et ≥ 4,0
CO ₂ agressif, en mg/l	EN 13577	≥ 15 et ≤ 40	> 40 et ≤ 100	> 100 jusqu'à saturation
NH ₄ ⁺ , en mg/l	ISO 7150-2	≥ 15 et ≤ 30	> 30 et ≤ 60	> 60 et ≤ 100
Mg ²⁺ , en mg/l	EN ISO 7980	≥ 300 et ≤ 1 000	> 1 000 et ≤ 3 000	> 3 000 jusqu'à saturation
Sols				
SO ₄ ²⁻ total, en mg/kg ^a	EN 196-2 ^b	≥ 2 000 et ≤ 3 000 ^c	> 3 000 ^c et ≤ 12 000	> 12 000 et ≤ 24 000
Acidité selon Baumann-Gully, en ml/kg	prEN 16502	> 200	N'est pas rencontrée dans la pratique	
^a Les sols argileux dont la perméabilité est inférieure à 10 ⁻⁵ m/s peuvent être affectés à une classe inférieure.				
^b La méthode d'essai prescrit l'extraction du SO ₄ ²⁻ à l'acide chlorhydrique ; il est également possible de procéder à cette extraction à l'eau, si l'on dispose d'une expérience en la matière sur le lieu d'utilisation du béton.				
^c La limite doit être ramenée de 3 000 mg/kg à 2 000 mg/kg en cas de risque d'accumulation d'ions sulfate dans le béton en raison de l'alternance de périodes sèches et de périodes humides ou d'absorption capillaire.				

Extrait de la norme NF EN 206+A1 de novembre 2016

3.6. Résultats des essais de perméabilité

Les essais de perméabilité à niveau variable de type Matsuo réalisés ont donné les résultats suivants :

Sondage/essai	M1	M2	M3	M4	M5
Profondeur de l'essai (m/TN)	0.00 à 0.75	0.00 à 1.50	0.00 à 0.83	0.00 à 1.15	0.00 à 0.80
Faciès testé	Argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris)				
Perméabilité en m/s	$4.6 \cdot 10^{-6}$	$4.0 \cdot 10^{-6}$	$1.8 \cdot 10^{-5}$	$5.3 \cdot 10^{-6}$	$8.6 \cdot 10^{-6}$

La perméabilité des terrains au droit du site d'étude est moyenne à bonne (de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-5} m/s), traduisant une capacité de drainage moyenne à bonne (cf. tableau ci-après).

Plage de perméabilité moyenne mesurée au droit du site

	Coefficient de perméabilité m/s (échelle logarithmique)										
1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Propriétés relatives au drainage			Bon drainage			Faible drainage		Presque imperméable			
Types de sol	Graviers propres	Sables propres, mélanges de sables et de graviers propres			Sables très fins, silts organiques et inorganiques, mélanges de sables, de silt et d'argile, tills glaciaires dépôts d'argile stratifiés, etc.			Sols « imperméables » comme les argiles homogènes sous la zone d'altération			

4. SISMICITE ET LIQUEFACTION DES SOLS

4.1. Catégories de bâtiments

Les bâtiments à risque normal sont classés en 4 catégories d'importance croissante, de la catégorie I à faible enjeu, à la catégorie IV qui regroupe les structures stratégiques et indispensables à la gestion de crise. Le tableau suivant définit les catégories d'importance des bâtiments :

Catégorie d'importance	Description
I 	■ Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée.
II 	■ Habitations individuelles. ■ Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5. ■ Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m. ■ Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, h ≤ 28 m, max. 300 pers. ■ Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes. ■ Parcs de stationnement ouverts au public.
III 	■ ERP de catégories 1, 2 et 3. ■ Habitations collectives et bureaux, h > 28 m. ■ Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes. ■ Établissements sanitaires et sociaux. ■ Centres de production collective d'énergie. ■ Établissements scolaires.
IV 	■ Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public. ■ Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie. ■ Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne. ■ Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise. ■ Centres météorologiques.

Tableau des catégories d'importance des bâtiments – source : developpement-durable.gouv.fr

D'après les éléments communiqués lors de l'étude, l'ouvrage concerné par la présente étude sera classé dans la catégorie II (à confirmer par le Maître d'ouvrage).

4.2. Coefficient d'importance

A chaque catégorie d'importance est associé un coefficient d'importance γ_i , qui vient moduler l'action sismique de référence conformément à l'Eurocode 8.



Le tableau suivant définit le coefficient d'importance γ_i selon la catégorie d'importance des bâtiments :

Catégorie d'importance	Coefficient d'importance γ_i
I	0,8
II	1
III	1,2
IV	1,4

Tableau des coefficients d'importance – source : developpement-durable.gouv.fr

Dans le cas d'un ouvrage de catégorie II, le coefficient d'importance γ_i à prendre en compte est de 1.0.

4.3. Exigences sur le bâti neuf

Les exigences sur le bâti neuf dépendent de la catégorie d'importance du bâtiment et de la zone de sismicité.

Le tableau suivant récapitule les exigences à prendre en compte en fonction de la catégorie des bâtiments :

	I	II	III	IV
				
Zone 1				
Zone 2				
Zone 3				
Zone 4				
Zone 5				
		aucune exigence	Eurocode 8 ³ $a_g=0,7 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_g=0,7 \text{ m/s}^2$
		PS-MI ¹	Eurocode 8 ³ $a_g=1,1 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_g=1,1 \text{ m/s}^2$
		PS-MI ¹	Eurocode 8 ³ $a_g=1,6 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_g=1,6 \text{ m/s}^2$
		CP-MI ²	Eurocode 8 ³ $a_g=3 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_g=3 \text{ m/s}^2$

¹ Application possible (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI

² Application possible du guide CP-MI sous réserve du respect des conditions du guide

³ Application obligatoire des règles Eurocode 8

Exigences sur le bâti neuf – source : developpement-durable.gouv.fr

Concernant la présente étude (ouvrage de catégorie II situé en zone d'aléa sismique 2), l'application des prescriptions parasismiques particulières de l'Eurocode 8 n'est donc pas obligatoire.



4.4. Classes de sols selon l'Eurocode 8

La nature locale du sol influence fortement la sollicitation ressentie au niveau des bâtiments. L'Eurocode 8 distingue 7 catégories principales de sols (de la classe A à la classe S2) pour lesquelles est défini un coefficient de sol S . Le paramètre S permet de traduire l'amplification de la sollicitation sismique exercée par certains sols.

Le tableau suivant récapitule les différentes classes de sol en fonction du profil stratigraphique :

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres						
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (coups/30 cm)	c_u (kPa)	Type de sol	Pressiomètre		CPT
						P_l (MPa)	E_M (MPa)	
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant.	>800				> 5	> 100	
B	Dépôts raides de sables, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des caractéristiques mécaniques avec la profondeur	360-800	>50	>250	sols granulaires	> 2	> 20	> 15
					sols cohérents	> 2	> 25	> 3,5
C	Dépôts profonds de sables de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines de mètres à plusieurs centaines de mètres.	180-360	15-50	70-250	sols granulaires	> 1	> 8	> 5
					sols cohérents	> 0,5	> 5	> 1,5
D	Dépôts de sols sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant en majorité des sols cohérents mous à fermes.	< 180	< 15	<70	sols granulaires	< 1	< 8 MPa	< 5
					sols cohérents	< 0,5	< 5 Mpa	< 1,5
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de v_s de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $v_s > 800$ m/s.							
S_1	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé ($IP > 40$) et une teneur en eau importante.	< 100						
S_2	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes 1 à E ou S_1 .							

Classes de sol – source : Eurocode 8

Suivant la nature du sol, les paramètres S (coefficient de sol), T_B (limite inférieure des périodes correspondant au palier d'accélération spectre constante), T_C (limite supérieure des périodes correspondant au palier d'accélération spectre constante) et T_D (valeur définissant le début de la branche à déplacement spectral constant) à prendre en compte sont données dans le tableau en page suivante :



Classe de sol	S	TB (s)	TC (s)	TD (s)
A	1.0	0.03	0.20	2.5
B	1.35	0.05	0.25	2.5
C	1.5	0.06	0.40	2.0
D	1.6	0.10	0.60	1.5
E	1.8	0.08	0.45	1.25

Spectre de réponse élastique de type 2 (zones 1 à 4)

Concernant la présente étude, les sols rencontrés appartiennent à la classe C. Les paramètres à considérer pour le projet sont les suivants : **S = 1.5, TB = 0.06 s, TC = 0.40 s, TD = 2.0 s.**

4.5. Liquéfaction des sols

On appelle liquéfaction d'un sol un processus conduisant à la perte totale de résistance au cisaillement du sol par augmentation de la pression interstitielle. Elle est accompagnée de déformations dont l'amplitude peut être limitée ou quasi illimitée.

D'après l'Eurocode 8, un sol n'est pas considéré comme liquéfiable lorsqu'une des conditions suivantes au moins est remplie :

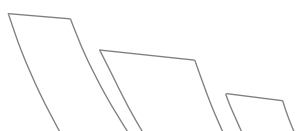
- les sables contiennent de l'argile en proportion supérieure à 20 %, avec un indice de plasticité $PI > 10$;
- les sables contiennent des silts en proportion supérieure à 35 % et, simultanément le nombre de coups SPT, normalisé pour l'effet de surcharge due au terrain et du rapport d'énergie, $N_1(60) > 20$;
- les sables sont propres, avec la valeur du nombre de coups SPT, normalisé pour l'effet de surcharge due au terrain et du rapport d'énergie $N_1(60) > 30$.

et lorsque, en même temps :

$$\frac{\gamma_i \cdot a_{gr} \cdot s}{g} < 0,15$$

Avec :

- γ_i : coefficient dépendant de la catégorie d'importance de l'ouvrage ; ici $\gamma_i = 1.0$ pour une catégorie d'importance II à confirmer par le Maître d'Ouvrage/Maître d'Œuvre.
- a_{gr} : accélération maximale de référence dépendant de la zone de sismicité (zone de sismicité 2 – aléa faible) ; ici $a_{gr} = 0.7 \text{ m/s}^2$.
- S : paramètre de sol dépendant de la classe de sol (classe C) ; ici **S = 1.5**.
- g : constante de gravité terrestre ; $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.



$$\text{Dans le cas présent, } \frac{\gamma_i \cdot \text{agr.s}}{g} = 0.10$$

Compte tenu du résultat ci-avant, nous pouvons considérer que les terrains rencontrés au droit du site ne sont pas sensibles au risque de liquéfaction.



5. ETUDE DES BATIMENTS – FONDATIONS SUPERFICIELLES A SEMI-PROFONDES : SOLUTIONS 1 & 2

5.1. Remarque préalable

Rappel :

D'après les éléments communiqués, le projet prévoit la construction de 6 bâtiments collectifs de type R+1 à R+1+combles sans sous-sol et de 16 maisons mitoyennes de type R+1 sans sous-sol (cf. plan de masse et coupe du projet en page suivante). Ils sont implantés en dehors des limites de propriété et libres de toute mitoyenneté.

En l'absence d'éléments précis, les niveaux bas des projets seront calés au niveau du terrain actuel.

Les investigations sur site ont montré, sous de la terre végétale ou une structure de voirie/remblais, l'existence de limons sableux à sables limoneux (brun noir marron) avec des caractéristiques mécaniques bonnes jusqu'à 0.50 m et 1.00 m/TN de profondeur au droit de nos sondages reposant sur des argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris) reconnues jusqu'à la fin de nos sondages de compacité hétérogène très faible à bonne.

Compte-tenu des terrains rencontrés et en fonction du niveau fini (estimé au niveau du terrain naturel), il est envisagé trois solutions de fondations :

- fondations superficielles ancrées dans les argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris) : **solution 1 (paragraphe 5).**

- fondations semi-profondes ancrées dans les argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris) à partir de 3.50 m/TN de profondeur : **solution 2 (paragraphe 5).**

- fondations profondes ancrées dans les argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris) : **solution 3 (paragraphe 6).**

La solution retenue dépendra des descentes de charges réelles du projet, des niveaux finis des bâtiments et de la hauteur des remblais liés à la démolition des ouvrages existants (à établir lors de la mission G2 PRO).

Remarque : En phase G2 PRO/G3, si une solution de fondation profonde est choisie, Il faudra aller reconnaître les sols 5.0 m en dessous de l'ancrage des pieux projetés.

5.2. Principe de fondations

Le mode de fondations du projet devra faire état de l'importance et de la géométrie des charges apportées ainsi que de la nécessité de mobiliser un horizon portant, homogène et de bonne qualité.



Compte-tenu des terrains rencontrés et en fonction du niveau fini, il est proposé une solution de fondations superficielles (semelles filantes et/ou isolées, massifs, plots) : solution 1 à semi-profondes (puits) : solution 2, ancrées de 0.30 m minimum dans les argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris) de bonne compacité.

Remarque : selon la hauteur d'encastrement (D) et la largeur de la base (B) de la fondation, on peut définir les fondations comme étant :

- superficielles si $D < 1,5xB$
- semi-profondes si $1,5xB < D < 5xB$
- profondes si $D > 5xB$

5.3. Profondeur d'ancrage

L'assise des fondations respectera le plus restrictif des critères suivants :

- Soit un ancrage de 0.30 m minimum dans les argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris) identifiées à partir de 0.10 à 1.00 m/TN de profondeur au droit de nos sondages : fondations superficielles : Solution 1,
- Soit un ancrage de 3.50 m/TN minimum dans les argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris) identifiés à partir de 0.10 à 1.00 m/TN de profondeur au droit de nos sondages : fondations semi-profondes : Solution 2,
- profondeur minimale de 1.20 m par rapport au sol extérieur fini, afin d'assurer la garde au gel et hors dessiccation des fondations (cf. schéma ci-après),

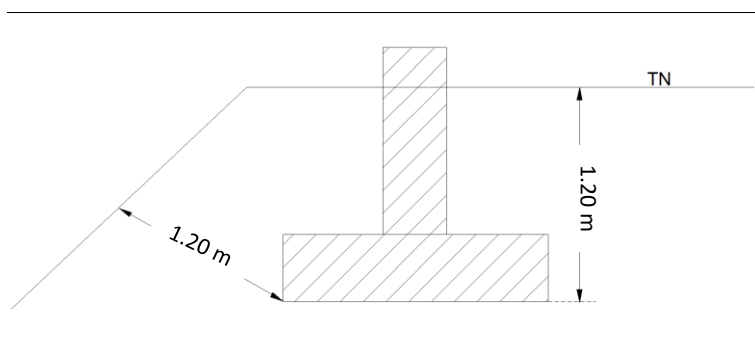


Schéma de mise hors gel et hors dessiccation

Les profondeurs d'encastresments devront être ajustées à l'ouverture des fouilles.

Celles-ci sont données au droit des sondages réalisés. Des sur-profondeurs de l'horizon d'ancrage ne sont pas exclues notamment dans l'emprise des ouvrages à démolir, ce qui pourra nécessiter des approfondissements locaux de l'assise des fondations.



5.4. Contraintes de calculs

Conformément à l'Eurocode 7 et sa norme d'application NF P 94-261, sous réserve du respect du principe de fondation précitée, les contraintes centrées de calculs à prendre en compte pour les justifications vis-à-vis des Etats Limites Ultimes (q'_{ELU}) et de Services (q'_{ELS}) seront limitées à :

- Pour un ancrage à 1.20 m/TF (Terrain Fini) dans les argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris) : Fondations superficielles : Solution 1

q'_{ELS} quasi-permanent et caractéristique ≤ 0.11 MPa
 q'_{ELU} fondamental et sismique ≤ 0.19 MPa
 q'_{ELU} accidentel ≤ 0.22 MPa

- Pour un ancrage à 3.50 m/TF (Terrain Fini) dans les argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris) : Fondations semi-profondes : Solution 2

q'_{ELS} quasi-permanent et caractéristique ≤ 0.28 MPa
 q'_{ELU} fondamental et sismique ≤ 0.46 MPa
 q'_{ELU} accidentel ≤ 0.53 MPa

5.5. Evaluation des tassements

Conformément à l'Eurocode 7, dans le cas du respect des préconisations décrites ci-avant et la réalisation de l'ouvrage dans les règles de l'art, pour la valeur de contrainte de service donnée ci-dessus, les tassements théoriques absolus et différentiels prévisibles au droit de nos sondages seront les suivants pour le type de fondation précisé :

- **de l'ordre de 1.00 cm** pour un ancrage à 1.20 m/TF de profondeur – fondations superficielles :
 - semelles isolées/massifs/plots de 1.10 m x 1.10 m permettent de reprendre 13 tonnes/appuis.
 - semelles filantes de 0.50 m de largeur permettent de reprendre 5.5 tonnes/appuis.
- **de l'ordre du centimètre** pour un ancrage à 3.50 m/TF de profondeur – fondations semi-profondes :
 - Puits de 0.80 m de diamètre, permettent de reprendre 14 tonnes/appuis.
 - Puits de 1.30 m de diamètre, permettent de reprendre 37 tonnes/appuis.



Les tassements de plus d'1 cm ne sont pas négligeables et pourront nécessiter des dispositions constructives particulières (canalisations et raccords souples...). Il conviendra de s'assurer qu'ils peuvent être absorbés sans désordre par la structure.

Si ces tassements ne sont pas admissibles par la structure et/ou que les descentes de charges sont plus importantes que nos estimations en §5.4, il conviendra de s'orienter vers une solution de fondations profondes (paragraphe 6).

Les tassements théoriques calculés s'entendent pour une mise en œuvre des fondations selon les règles de l'art en accord avec les prescriptions de l'Eurocode 7 et de sa norme d'application NF P 94-261.

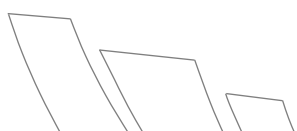
Les valeurs définitives de tassements seront à vérifier dès que les descentes de charges réelles du projet seront connues (mission G2-PRO).

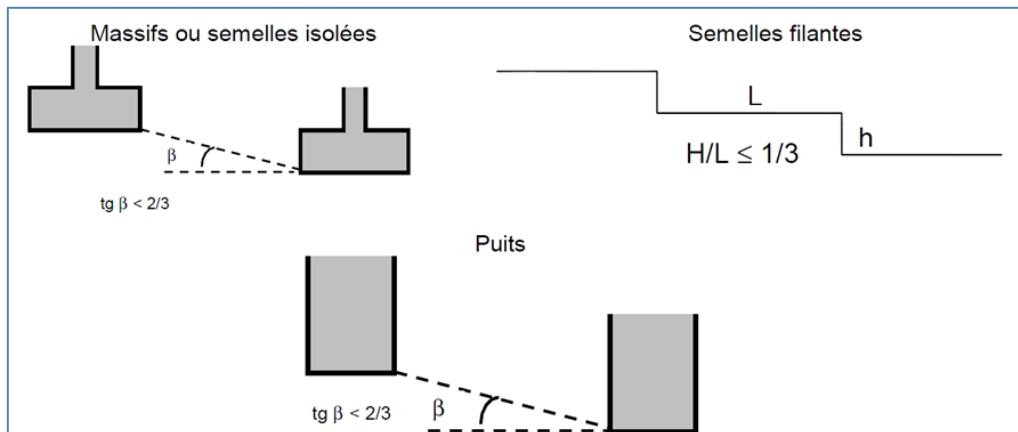
Nota : l'attention est attirée sur le fait que ces calculs n'ont de validité qu'au droit des sondages. Ailleurs des hétérogénéités naturelles de stratigraphie et de caractéristiques mécaniques des sols peuvent induire des tassements absolus et différentiels supérieurs ou inférieurs à ceux ici estimés.

5.6. Dispositions constructives

Les dispositions constructives suivantes devront être respectées :

- largeur minimale des fondations de 0.50 m pour les semelles filantes et de 0.70 m pour les semelles isolées/massifs, plots, afin d'assurer un bon contact sol/fondation ;
- diamètre minimal des fondations les moins chargées de 0.80 m pour les puits, afin d'assurer un bon contact sol/fondation ;
- assise des fondations horizontale ;
- **sol d'assise des fondations homogène ;**
- mise en place d'un béton de propreté immédiatement après l'ouverture des fouilles de fondation sur une épaisseur minimum de 5 cm ;
- prévoir des joints de construction entre les parties différemment chargées d'un même bâtiment ;
- **respect des règles de l'Eurocode 7 et de sa norme d'application NF P 94-261 concernant les fondations à niveaux d'assise décalés (cf. schéma ci-après).**





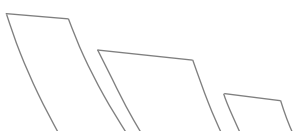
Remarque :

Le plan de fondation sera conçu de manière à éviter les affouillements sous les existants et les tassements par influence.

5.7. Dispositions constructives complémentaires (sols sensibles au phénomène de retrait-gonflement)

Afin de limiter les effets des variations volumétriques des sols lors des déséquilibres hydriques (les argiles du site sont fortement sensibles au phénomène de retrait-gonflement des argiles d'après les résultats de laboratoire – chapitre 3.5.1), il convient de prévoir les dispositions constructives complémentaires suivantes :

- Les fondations doivent être **ancrées** de manière **homogène** sur tout le pourtour du bâtiment (ceci vaut notamment pour les terrains en pente où l'ancrage aval doit être au moins aussi important que l'ancrage amont) ou à sous-sol hétérogène. En particulier, les sous-sols partiels qui induisent des hétérogénéités d'ancrage sont à éviter ;
- La **structure** du bâtiment et des fondations doit être suffisamment **rigides** (*chaînages verticaux et horizontaux, semelles filantes entrecroisées, appuis isolés liaisonnés par des longrines ...*) pour résister à des mouvements différentiels et reprendre la pression de gonflement des argiles ;
- La réalisation des fondations doit mobiliser le plus possible la totalité de la contrainte admissible aux ELS ;
- Deux éléments de construction accolés, fondés de manière différente ou exerçant des charges variables, doivent être désolidarisés et munis de **joints de rupture** sur toute leur hauteur pour permettre des mouvements différentiels ;
- En cas de **source de chaleur** en sous-sol (chaudière notamment), les **échanges thermiques** à travers les parois doivent être **limités** par une isolation adaptée pour éviter d'aggraver la dessiccation du terrain en périphérie. Il peut être préférable de positionner de cette source de chaleur le long des murs intérieurs ;
- Il convient de prévoir toute **plantation d'arbre à une distance supérieure à la hauteur adulte H** dudit arbre s'il s'agit d'un arbre isolé, ou $1.5 H$ s'il s'agit d'une haie (sauf si un écran anti-racine est mis en œuvre sur



une profondeur minimale de 2.00 m) afin d'éviter la dessiccation des argiles liée à la succion par le système racinaire ;

- Un dispositif anti-racine doit être mis en place en cas de présence d'arbres à proximité du bâtiment ;
- Les canalisations enterrées d'eau doivent pouvoir subir des mouvements différentiels sans risque de rompre, ce qui suppose notamment des raccords non fragiles (systèmes d'assouplissement) au niveau des points durs ;
- Tout pompage dans la nappe à moins de 10.00 m des bâtiments doit être proscrit (afin de limiter le retrait des argiles par dessiccation) ;
- Il convient de récupérer les eaux de toiture au moyen de gouttières et de les diriger vers un réseau d'eau pluviale étanche (une infiltration des eaux de toiture au niveau des fondations entraînerait une hydratation des argiles et un gonflement de celles-ci) ;
- Sous la construction, le sol est à l'équilibre hydrique alors que tout autour il est soumis à évaporation saisonnière, ce qui tend à induire des différences de teneur en eau au droit des fondations. Pour l'éviter, il convient, autant que faire se peut, d'entourer la construction d'un dispositif, le plus large possible, sous forme de **trottoir périphérique/plateforme en enrobé** ou de **géomembrane enterrée**, qui protège sa périphérie immédiate de l'évaporation ;
- Si la configuration le permet, on envisagera le **captage des écoulements superficiels** (mise en œuvre de drains conformément au DTU 20.1) avec une distance minimum de 2.00 m à respecter entre la construction et le drain (ne pas mettre de drain agricole ; il faut prévoir un drain crépiné uniquement sur son demi-périmètre supérieur avec une forme étanche sur son demi-périmètre inférieur).

Le schéma présenté ci-dessous résume ces dispositions constructives :

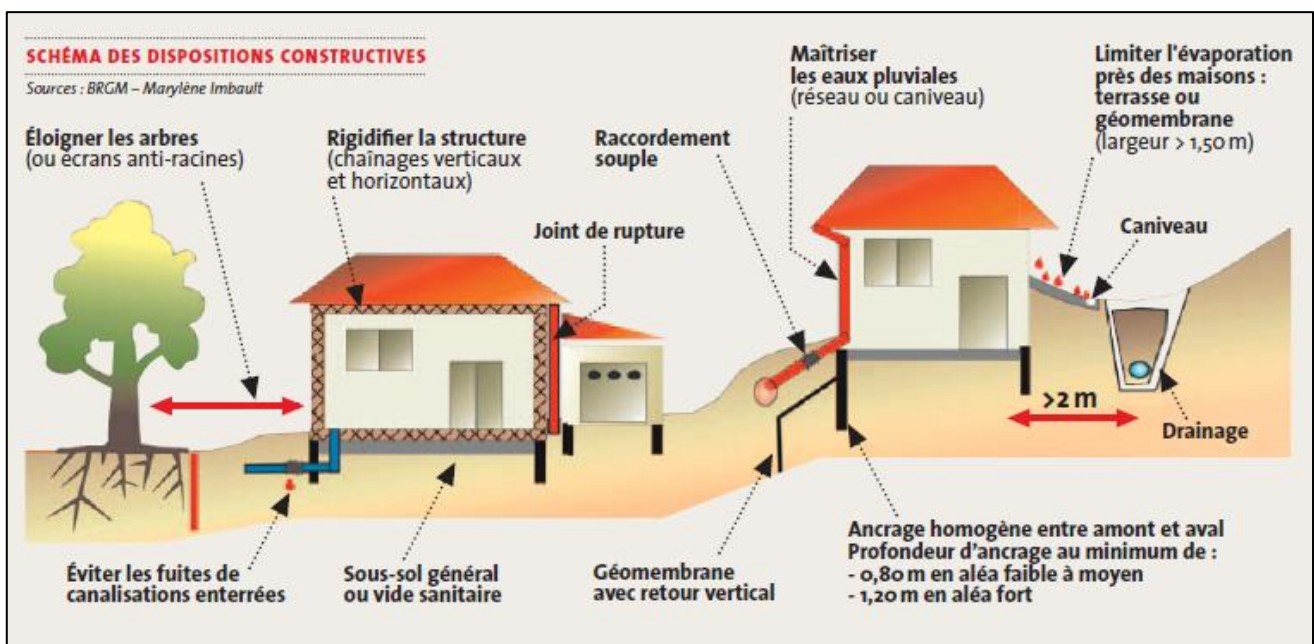


Schéma synthétique des dispositions constructives – Extrait du site du BRGM

5.8. Suggestions d'exécution

Les fonds de fouille seront finis manuellement ou au godet de curage.

Le béton de propreté ou le gros béton devra être coulé aussitôt après les terrassements afin d'éviter toute altération et décompression du sol d'assise. Le béton des fondations sera ensuite coulé pleine fouille sur toute la hauteur.

Lors de la mise en œuvre du fond de fouille, toutes poches ou lentilles plus compressibles que le terrain environnant, ainsi que tous points durs pouvant provoquer des désordres sur les fondations devront être purgés et remplacés par un gros béton coulé pleine fouille, afin d'obtenir un sol d'assise de compacité et d'homogénéité satisfaisante.

Nous attirons l'attention des différentes entreprises (VRD, fondation...) sur le fait que des probables vestiges liés à la démolition des ouvrages existants seront susceptibles d'être présents dans le sol. Tout vestige sera purgé et remplacé par un gros béton coulé pleine fouille.

Dans le cas de sols impropres, remaniés ou déconsolidés, rencontrés lors de l'ouverture des fouilles, leur purge devra être impérativement assurée avant coulage du béton de propreté.

Il est impératif de vérifier soigneusement les matériaux extraits des fouilles pour s'assurer du bon ancrage dans les sols de compacité satisfaisante pour le projet.

Les fouilles de fondations devront être maintenues parfaitement stables pendant leur exécution. Compte tenu de la boulangerie des terrains, un blindage s'avérera nécessaire. Ce matériel devra être présent sur site en phase travaux.

Pour la réalisation des puits, en cas de présence d'eau dans le sol (ce qui n'était pas le cas lors de notre intervention en juillet 2025), le bétonnage se fera au tube plongeur selon la technique pieux (NF P 94-262).

Tous les travaux devront être réalisés selon les règles de l'art.



6. FONDATIONS PROFONDES : SOLUTION 3

6.1. Préambule

Il est envisageable de fonder le futur ouvrage sur fondations profondes ancrées dans les argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris) reconnues à partir de 0.10 à 1.00 m/TN de profondeur au droit de nos sondages.

La solution de type pieux ou micropieux sera étudiée en mission G2 phase Projet (PRO) en fonction des descentes de charges réelles du projet.

6.2. Principe de fondations

La justification des fondations profonde (type pieux ou micropieux) devra être réalisée selon l'Eurocode 7 et sa norme d'application nationale NF P 94-262 (de juillet 2012) « Fondations profondes ».

6.3. Modèle géotechnique retenu en phase AVP

En considérant des estimations prudentes des paramètres géotechniques à prendre en compte dans la définition des différents critères, nous proposons pour le dimensionnement des fondations profondes le modèle géotechnique suivant en première approche :

Formation	Base couche (m/TN)	Epaisseur (m)	Courbe f_{sol}	PI* (Mpa)	f_{sol} (kPa)
Mort terrain : 1 m sous la plate-forme	1,00	1,00	-	0,0	0,0
Argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris)	3.50	3,50	Q1 - argile, limon, $CaCO_3 < 30\%$	0,4	31,0
Argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris)	>6,00	1,50	Q1 - argile, limon, $CaCO_3 < 30\%$	1.0	41,7



6.4. Précautions particulières

La réalisation des pieux ou micropieux devra tenir compte des dispositions constructives suivantes :

- la contrainte dans le béton sera limitée conformément aux Eurocodes ;
- dans la conception de la structure, la liaison structure/micropieux sera étudiée avec précision ;
- le type de béton et l'épaisseur de métal retenus devront tenir compte de l'agressivité du milieu (eau et terrains) vis-à-vis des fondations ;
- Les réseaux enterrés devront être conçus de manière à pouvoir s'adapter aux tassements différentiels qui se produisent entre les ouvrages fondés sur micropieux et leurs abords. Les réseaux sensibles seront donc équipés de raccords souples.

6.5. Suggestions d'exécutions

Les fondations profondes seront réalisées selon les Règles de l'Art par une entreprise spécialisée et qualifiée en fondations profondes et conformément aux Eurocodes.

7. NIVEAU-BAS

Compte-tenu de la forte sensibilité des sols au phénomène de retrait-gonflement et de la présence d'ouvrages existants à déposer, on s'orientera vers une solution de plancher-bas porté par les fondations, sur vide sanitaire d'une hauteur minimale de 10 cm. Celui-ci pourra notamment être obtenu au moyen d'un coffrage de type biodégradable.



8. ETUDE DES VOIRIES

8.1. Classe de trafic Ti

Le prédimensionnement de la couche de forme et de la structure de voirie ci-après, a été réalisée à partir du « Guide pour la construction des chaussées à faible trafic – 2002 », établi par le Groupe Régional d'échange d'informations et de réflexions Ouest.

En l'absence d'élément précis, nous avons pris en compte une classe de portance à long terme de la plateforme support de chaussée correspondant à une PF2- (critère de réception EV2 compris entre 50 MPa et 80 MPa).

Remarque : la classe de trafic à prendre en compte pour le dimensionnement des voiries ne nous a pas été fournie. Il conviendra donc de s'assurer que dispositions constructives retenues soient en accord avec les caractéristiques et les caractéristiques réelles du projet.

8.2. Préparation de la plateforme

Après décapage complet de la terre végétale, des structures de voiries, des remblais (liés aux ouvrages existants notamment) et de la frange altérée par les agents climatiques (sur 0.30 m d'épaisseur), le fond de forme sera constitué par les argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris) de classe GTR A4.

Toute poche décomprimée, de matériau évolutif (remblais, tourbe) ou de moindre consistance rencontrée en fond de forme sera purgée. Pour le rattrapage des éventuels hors profils après purge, on prévoira la réalisation d'une couche de forme en classe D2 selon le GTR, comportant moins de 5 % de fines.

Après mise à niveau du fond de forme, ce dernier devra être compacté à 95 % de l'Optimum Proctor Normal. Son compactage devra être adapté aux conditions climatiques au moment des travaux. Si les matériaux sont humides à très humides, le compactage ne sera pas réalisable.

Le fond de forme sera protégé des intempéries. Un géotextile sera mis en œuvre à l'interface entre le fond de forme compacté et la couche de forme, afin d'assurer une fonction anti-contaminante et anti-poinçonnante.

Nota : si les travaux ont lieu en période défavorable ou si le fond de forme présentait une teneur en eau trop importante, le cloutage du fond de forme pourra s'avérer nécessaire. Le cloutage sera réalisé avec des blocs rocheux 100/300 mm, durs et non gélifs (Los Angeles et MDE < 45).



8.3. Partie supérieure de terrassement (PST) et arase (AR)

Pour des sols de nature argileuse de classe GTR A4, en fonction des niveaux finis des voiries à créer et selon les conditions météorologiques lors des travaux, les PST et AR obtenues (après décapage de la terre végétale et des matériaux impropres) pourront être les suivantes :

- **PST0-AR0** : matériaux à l'état hydrique très humide (th), de portance quasi nulle. Dans ce cas, la solution de franchissement de ces zones doit être recherchée par une opération de terrassement (purge, substitution) et/ou de drainage (fossés profonds, rabattement de la nappe...) de manière à pouvoir reclasser le nouveau support obtenu au moins en classe AR1.
- **PST1-AR1** : matériaux à l'état hydrique humide (h), sensibles, de mauvaise portance. Dans ce cas de PST il conviendra soit de procéder à une amélioration du matériau jusqu'à 0.50 m d'épaisseur par un traitement à la chaux vive ou au liant hydraulique et selon une technique de remblai pour être ramené au cas PST2, soit d'exécuter une couche de forme en matériaux granulaires insensibles à l'eau de forte épaisseur.
- **PST2-AR1** : matériaux à l'état hydrique moyen (m), sensibles à l'eau, de bonne portance pouvant chuter sous l'action des infiltrations d'eau et des remontées de nappe.

Lors de notre intervention (juillet 2025) et après décapage des terrains superficiels, le couple PST-AR obtenu était : **PST2-AR1**, correspondant à des sols peu déformables, portants mais sensibles à l'eau (cf. encadré rouge dans le tableau suivant),



Tableau 7 - Appréciation de la portance de la P.S.T. prévisible au moment du chantier à partir des sondages et des essais de laboratoire		
Nature - Etat des matériaux	Indicateurs de comportement	Qualification de la portance de la PST
Sols sensibles à l'eau, humides à très humides : - sols fins : argiles, limons, schistes décomposés, - sols sableux et graveleux (argileux), - schistes très altérés friables, - grès décomposés avec blocs.	Indice de portance en laboratoire $IPI < 10$ Circulation impossible ou difficile (ornières) Compactage impossible Portance sur chantier à la plaque (EV2) ou dynaplaque (E) < 30 MPa. Pénétromètre dynamique ⁵ $q_d < 2,5$ MPa	Sols déformables à très déformables.
Sols sensibles à l'eau, d'humidité faible à moyenne : - sols fins, - sols sableux et graveleux, - schistes altérés friables, - matériaux blocailleux avec fines.	Indice de portance en laboratoire $IPI \geq 10$ Circulation facile Compactage possible sans « matelassage » ni remontée d'humidité Portance sur chantier à la plaque ou dynaplaque ($30 \text{ MPa} \leq EV2$ ou $E \text{ dyn} < 50 \text{ MPa}$) Pénétromètre dynamique $q_d \geq 2,5$ MPa	Sols peu déformables portants mais sensibles à l'eau.
Matériaux blocailleux ou rocheux insensibles à l'eau : - matériaux graveleux propres, - matériaux blocailleux charpentés, - matériaux rocheux peu altérés à sains.	Matériaux très peu déformables en toutes situations météo (pas de trace visible). Peuvent poser des problèmes de traficabilité et de réglage. Portance sur chantier (plaque ou dynaplaque) ≥ 50 MPa.	Sols très peu déformables insensibles à l'eau.

Appréciation de la portance de la PST – Extrait du « Guide pour la construction des chaussées à faible trafic »

Remarques :

Des essais de plaque devront être réalisés au niveau du fond de forme compacté, afin d'apprécier sa portance au moment des travaux (qui dépendra notamment de sa teneur en eau).

Les travaux devront être réalisés en période sèche afin de conserver une PST2-AR1 et dans le cas où le terrain présenterait des teneurs en eau élevées (liées à l'infiltration des eaux météoriques par exemple), préalablement à tous travaux, il conviendra d'assainir le site au moyen de tranchées drainantes ou de fossés par exemple.

8.4. Couche de forme et plateforme support de chaussée (PF)

Dans le cas d'un PST2-AR1, les géométries des couches de forme seront les suivantes pour l'obtention d'une plateforme support chaussée de type **PF2-** ($50 < EV2 < 80$ MPa) :



Tableau 8 - Epaisseurs des couches de forme en matériaux granulaires

Qualification de la Portance de la P.S.T.	Contexte de réalisation (*)	Epaisseur de C. de F. pour une classe de plate-forme PF2-	Epaisseur de C. de F. pour une classe de plate-forme PF2+
Sols déformables à très déformables	Déblai sans drainage	0,75 m (0,20 m de 0/63 + 0,55 m de 0/150) ou 0,60 m (0,20 m de 0/63 + 0,40 m de 0/150) sur géotextile.	1,00 m (0,20 m de 0/63 + 0,80 m de 0/150) ou 0,85 m (0,20 m de 0/63 + 0,65 m de 0/150) sur géotextile.
	Déblai avec drainage profond	0,60 m (0,20 m de 0/63 + 0,40 m de 0/150) ou 0,50 m de 0/63 sur géotextile.	0,80 m (0,20 m de 0/63 + 0,60 m de 0/150)
Sols peu déformables mais sensibles à l'eau	Déblai sans drainage	0,45 m de 0/63	0,60 m (0,20 m de 0/63 + 0,40 m de 0/150)
	Remblai ou déblai avec drainage	0,30 m de 0/63	0,45 m de 0/63
Sols très peu déformables insensibles à l'eau	Remblai ou déblai.	Couche de réglage de 10 cm d'épaisseur de 0/31,5 ou 0/20.	Couche de réglage de 20 cm d'épaisseur de 0/31,5 ou 0/20. Si EV2 > 120 MPa obtention de PF3

Epaisseurs des couches de forme – Source : Guide pour la protection des chaussées à faible trafic – 2002

Dans tous les cas, à l'ouverture du chantier, il conviendra de réaliser des mesures de teneur en eau naturelle afin d'adapter l'épaisseur de la couche de forme en conséquence.

Dans le cas où les travaux seraient réalisés en période pluvieuse et que le fond de forme présenterait une teneur en eau élevée, on sera dans le cas d'une PST1-AR1. Dans ce cas, l'obtention d'une PF2- nécessite la mise en œuvre d'une couche de forme aux géométries suivantes :

Tableau 8 - Epaisseurs des couches de forme en matériaux granulaires

Qualification de la Portance de la P.S.T.	Contexte de réalisation (*)	Epaisseur de C. de F. pour une classe de plateforme PF2-	Epaisseur de C. de F. pour une classe de plateforme PF2+
Sols déformables à très déformables	Déblai sans drainage	0,75 m (0,20 m de 0/63 + 0,55 m de 0/150) ou 0,60 m (0,20 m de 0/63 + 0,40 m de 0/150) sur géotextile.	1,00 m (0,20 m de 0/63 + 0,80 m de 0/150) ou 0,85 m (0,20 m de 0/63 + 0,65 m de 0/150) sur géotextile.
	Déblai avec drainage profond	0,60 m (0,20 m de 0/63 + 0,40 m de 0/150) ou 0,50 m de 0/63 sur géotextile.	0,80 m (0,20 m de 0/63 + 0,60 m de 0/150)
Sols peu déformables mais sensibles à l'eau	Déblai sans drainage	0,45 m de 0/63	0,60 m (0,20 m de 0/63 + 0,40 m de 0/150)
	Remblai ou déblai avec drainage	0,30 m de 0/63	0,45 m de 0/63
Sols très peu déformables insensibles à l'eau	Remblai ou déblai.	Couche de réglage de 10 cm d'épaisseur de 0/31,5 ou 0/20.	Couche de réglage de 20 cm d'épaisseur de 0/31,5 ou 0/20. Si EV2 > 120 MPa obtention de PF3

Epaisseurs des couches de forme – Source : Guide pour la protection des chaussées à faible trafic – 2002

Le matériau de couche de forme sera de type :

- granulaire 0/63 mm ou équivalent,
- bien gradué selon le fuseau de TALBOT-FULLER,
- dur et non gélif (Los Angeles / MDE < 45),
- propre et insensible à l'eau (VBS < 0.1 et passant à 80 µm < 5%),
- drainant (D10 > 2mm).

8.5. Structure de chaussée

Un exemple de pré-dimensionnement de chaussée, dans le cas d'un trafic de classe T5, sur une plateforme de type PF2-, est présenté dans le tableau suivant.

➤ Cas d'une couche de base/fondation en GNT pour les voiries légères et parking :

Hypothèse	Classe de trafic T5 (de 0 à 25 PL par jour)
	PF2-
Epaisseur BBS	6 cm
Epaisseur GNT	16 cm



Remarque : le dimensionnement définitif de la structure de chaussée dépendra du trafic, de la durée de vie et des conditions de gel. D'autres structures sont envisageables et pourront être proposées en variante par les entreprises.

8.6. Suggestions particulières

La réalisation des travaux de voirie en période sèche est vivement recommandée.

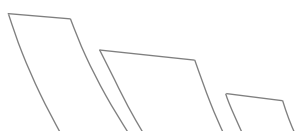
Au démarrage du chantier, des planches d'essai seront réalisées de manière à fixer les paramètres de compactage (épaisseur des couches, nombre de passes, ... en fonction du compacteur utilisé).

Les couches de chaussée seront mises en œuvre, compactées et contrôlées suivant les spécifications en vigueur (EV2 > 50 MPa).

Des essais de contrôle à la plaque devront être prévus avant la mise en place de la couche de forme pour déterminer la classe d'arase (AR) et avant la mise en place de la structure de chaussée pour déterminer la classe de plateforme (PF).

On veillera à limiter les infiltrations d'eau au niveau des sols supports de chaussée (création de fossés, buses, cunettes...).

Les ouvrages de drainage (drains, cunettes, fossés, buses) tiendront compte de la topographie du site et seront raccordés à un exutoire dimensionné de manière suffisante et implanté de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.



9. TERRASSEMENT ET MISE HORS D'EAU

9.1. Préambule

En l'absence d'éléments précis, les niveaux bas des projets seront calés au niveau du terrain actuel.

Les ouvrages sur site seront démolis pour insérer le projet.

A ce stade de l'étude, nous n'avons pu eu connaissance de la présence d'ouvrage enterré existant sur la parcelle d'étude.

9.2. Terrassements en déblais

9.2.1. Moyens d'extraction

Les terrassements en déblais pour la réalisation des fondations intercepteront la couche de terre végétale, des structures de voiries, des limons sableux à sables limoneux (brun noir marron) et des argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris).

Au sein de ces terrains, les terrassements en déblais pourront être réalisés par des engins classiques de terrassement de type pelle mécanique retro de moyenne puissance.

En cas de blocs et/ou de passages indurés notamment dans la formation des argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris), il sera nécessaire d'utiliser des engins de plus forte puissance (pelle hydraulique puissant, BRH, dent de déroctage, ...). Ce matériel devra être présent sur site lors des travaux. A noter qu'un refus à la tarière mécanique a été obtenu dans cette formation.

Dans tous les cas, la méthodologie mise en œuvre devra tenir compte des mitoyens/avoisinants au projet (attention aux vibrations et affouillements sous les existants).

9.2.2. Traficabilité

Les terrains superficiels présents sur le site renferment une importante proportion de matériaux fins sensibles à l'eau. En période pluvieuses, des difficultés de circulation des engins pourront être rencontrées.

La réalisation des travaux de terrassement en période sèche est vivement recommandée. Dans le cas contraire, la mise en œuvre d'une plateforme de travail / piste d'accès pourra s'avérer nécessaire.



9.3. Stabilité des talus en déblais

Le mode d'exécution des terrassements dépend étroitement du niveau d'assise des avoisinants : ouvrages mitoyens, voiries, réseaux, ...

En première approche, les talus en déblai auront une pente de :

- 3H/2V (3 horizontalement pour 2 verticalement) dans la terre végétale, les remblais, les limons sableux à sables limoneux (brun noir marron) et les argiles +/- à silex +/- calcaires +/- limoneuses +/- sableuses (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris).

Si ces recommandations ne peuvent pas être respectées ou si des ouvrages se situent dans la zone d'influence du talus, on prévoira un ouvrage de soutènement (blindage coulissant, paroi berlinoise, paroi moulée, pieux-sécants, palplanches ou palpieux en fonction des venues d'eau).

Des systèmes de protection des talus en phase provisoire (fossés de tête et de pied, polyane, tranchées ou masque drainant...) seront à prévoir.

En l'absence d'ouvrage de soutènement, aucune surcharge ne devra circuler ou être implantée en tête de talus. Les surcharges en têtes des talus devront être éloignées au minimum de 3 m.

En l'absence d'essais triaxiaux et/ou de cisaillement, pour les calculs des poussées/butées des ouvrages de soutènement, les valeurs suivantes pourront être prises en compte en première approche :

Couche	Densité γ (kN/m ³)	Cohésion effective c' (kPa)	Angle de frottement effectif φ' (°)	Coefficient rhéologique α
Remblais sablo-graveleux à blocs (falun - calcaire)	17	0	15	2/3
Limon sableux à sable limoneux (brun noir marron)	18	10	15	1/2
Argile +/- à silex +/- calcaire +/- limoneuse +/- sableuse (marron beige blanc jaune orangé rouge vert bleu gris)	18	10	10	2/3

Les paramètres ci-avant ont été extrapolés à partir de la nature des sols rencontrés et des essais pressiométriques réalisés. Des essais de cisaillement triaxial ou à la boîte complémentaires pourront être réalisés lors des missions suivantes (G2-PRO, G3, G4) afin de préciser et modifier si besoin, les paramètres donnés ci-avant.



9.4. Mise hors d'eau - Drainage

9.4.1. En phase provisoire

On privilégiera la réalisation des travaux de terrassement en déblais en période sèche/de basses eaux.

En fonction de la date de réalisation des travaux et des conditions météorologiques lors des terrassements (ruissellement, infiltration des eaux pluviales, remontée de nappe...), un pompage provisoire pourra s'avérer nécessaire afin d'épuiser les venues d'eau éventuelles et d'assécher les fouilles des terrassements généraux.

En phase chantier, il conviendra :

- de récupérer le ruissellement et les eaux infiltrées sur des formes terrassées en forme de pente,
- de mettre en œuvre des drains au droit des fils d'eau,
- de prévoir la décantation éventuelle des eaux récupérées, avant envoi dans un exutoire existant ou à créer (dimensionné de manière suffisante et implanté de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants),
- de pomper les venues d'eau éventuelles en fonds de fouilles et d'assurer leur évacuation (après décantation éventuelle) dans un exutoire existant ou à créer et implanté de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.

On envisagera de modeler les fonds de fouilles des terrassements généraux en toit avec une pente d'au moins 2 % pour permettre l'évacuation des eaux de surface vers des fossés périphériques et le rejet des eaux vers un exutoire gravitaire ou par pompage.

En cas de présence d'eau à faible profondeur, un drainage du terrain sera réalisé afin d'assainir le site en phase travaux et/ou définitive. Il pourra s'agir soit de tranchées drainantes soit de fossés. La pente sera au minimum de 5 mm/m. Ces ouvrages tiendront compte de la topographie du site et seront raccordés à un exutoire dimensionné de manière suffisante et implanté de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.

Dans tous les cas, l'incidence hydraulique du projet devra être prise en compte vis-à-vis des avoisinants (attention aux départs de fines et affouillements sous les existants).

9.4.2. En phase définitive

Toute infiltration d'eau au niveau des fondations est à proscrire. Les eaux de ruissellement et de toiture seront collectées (gouttières, contre-pente, avaloires) et évacuées vers un exutoire suffisamment dimensionné et implanté de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.

Remarque : le projet ne prévoit pas de partie enterrée.



*
* *

La mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques (G2 PRO, G3 et G4) devra suivre la présente étude (mission G2 AVP). Le schéma d'enchaînement et la classification des missions types d'ingénierie géotechnique, extraits de la norme NF P 94-500, figurent en annexe 1 du présent rapport.

Nous restons à l'entière disposition des Responsables du Projet pour tout renseignement, ainsi que pour toutes missions complémentaires nécessaires.

Les conclusions de ce présent rapport sont données sous réserve des conditions particulières jointes.



10. CONDITIONS PARTICULIERES

.....

Le présent rapport ou Procès-Verbal ainsi que toutes annexes, constituent un ensemble indissociable.

La Société E.C.R. ENVIRONNEMENT serait dégagée de toute responsabilité dans le cas d'une mauvaise utilisation de toute communication ou reproduction partielle de ce document, sans accord écrit préalable. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.

Si en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, nous avons été amenés dans le présent rapport à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient à notre client ou à son maître d'œuvre de communiquer par écrit à la société ECR ENVIRONNEMENT ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison nous être reproché d'avoir établi notre étude pour le projet que nous avons décrit.

Cette étude est basée sur des reconnaissances dont le caractère ponctuel ne permet pas de s'affranchir des aléas des milieux naturels, et ne peut prétendre traduire le comportement du sol dans son intégralité.

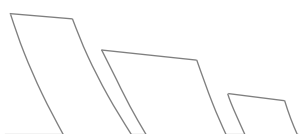
Ainsi, tout élément nouveau mis en évidence lors de l'exécution des fondations ou de leurs travaux préparatoires et n'ayant pu être détecté lors de la reconnaissance des sols (ex. : remblais anciens ou nouveaux, cavités, hétérogénéités localisées, venue d'eau, etc.) doit être signalé à E.C.R. ENVIRONNEMENT qui pourra reconsidérer tout ou une partie du Rapport. Pour ces raisons, et sauf stipulation contraire explicite de notre part, l'utilisation de nos résultats pour chiffrer à forfait le coût de tout ou une partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager notre responsabilité.

De même, des changements concernant l'implantation, la conception ou l'importance des ouvrages par rapport aux hypothèses de base de cette étude, peuvent conduire à modifier les conclusions et prescriptions du Rapport et doivent être portés à la connaissance d'E.C.R. ENVIRONNEMENT.

La Société E.C.R. ENVIRONNEMENT ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans le cas où elle aurait donné son accord écrit sur lesdites modifications.

Les altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cote de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre-Expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

.....



Annexe 1

Extrait de la norme NF P 84-500



EXTRAIT DE LA NORME NF P 94-500 – Novembre 2013

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.
ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1) Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases : <u><i>Phase Étude de Site (ES)</i></u> 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. <u><i>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</i></u> 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 : <u><i>Phase Avant-projet (AVP)</i></u> 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. <u><i>Phase Projet (PRO)</i></u> 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. <u><i>Phase DCE / ACT</i></u> 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

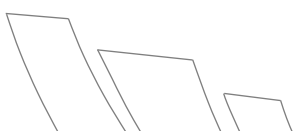
- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique 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'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechnique seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).



Annexe 2

Implantation des sondages



Mission : G2 AVP Hameau Les Mortiers

Commune : Luynes (37)

Client : Groupe Pichet

Affaire n°3705755

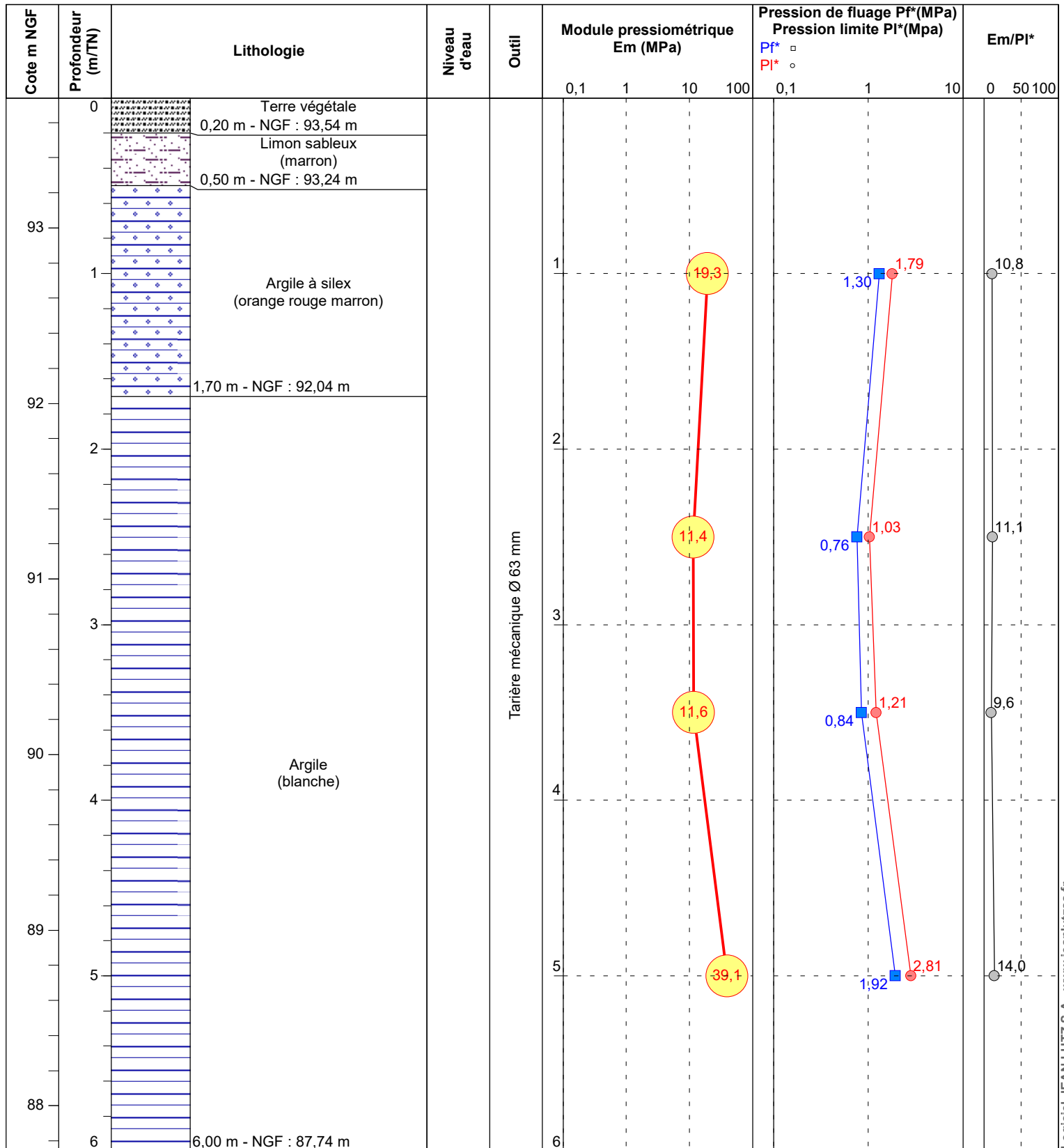


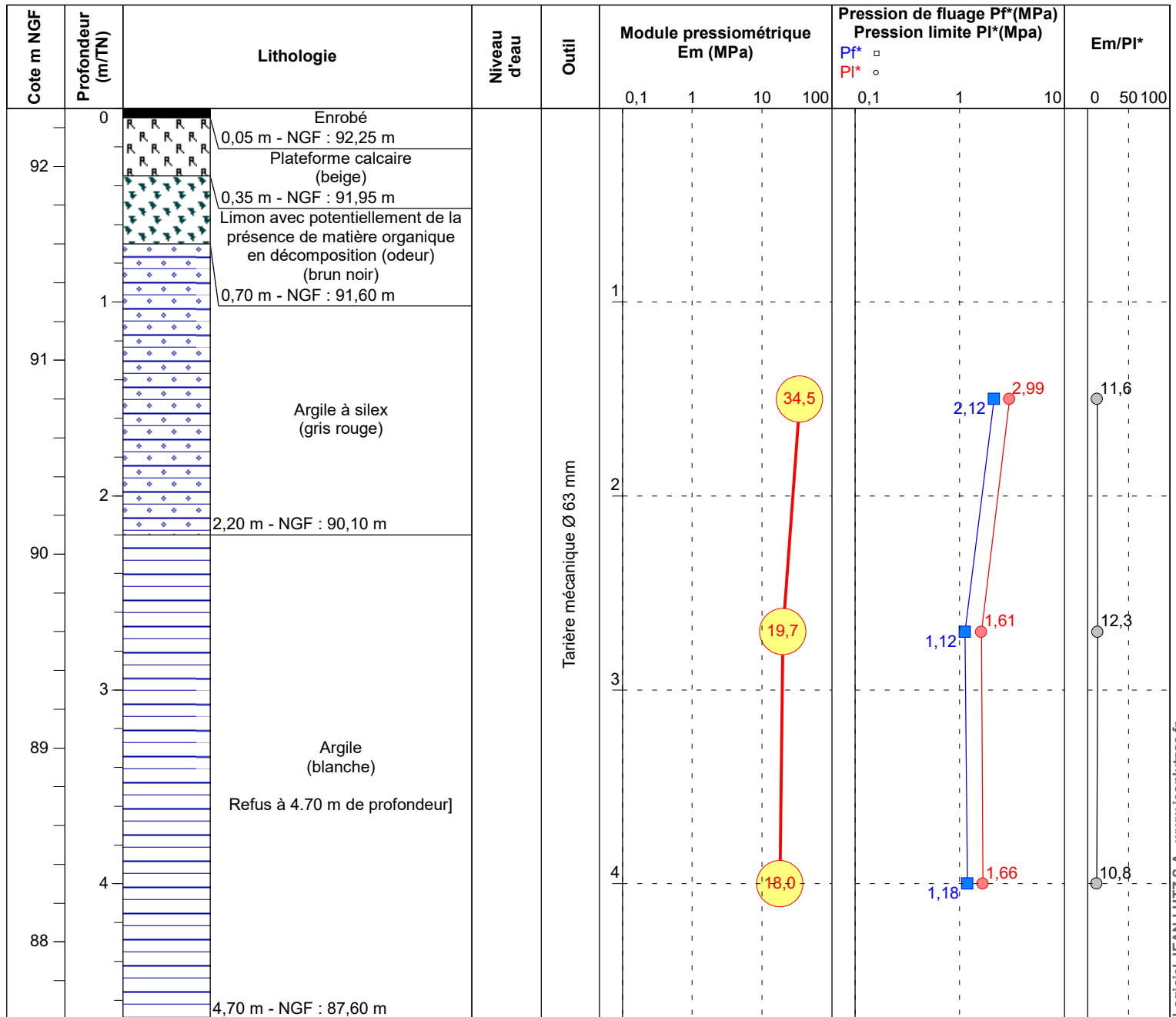
SP : sondage pressiométrique
P : sondage pénétrométrique
T : Sondage géologique tarière
M : essai de perméabilité Matsuo

Annexe 3

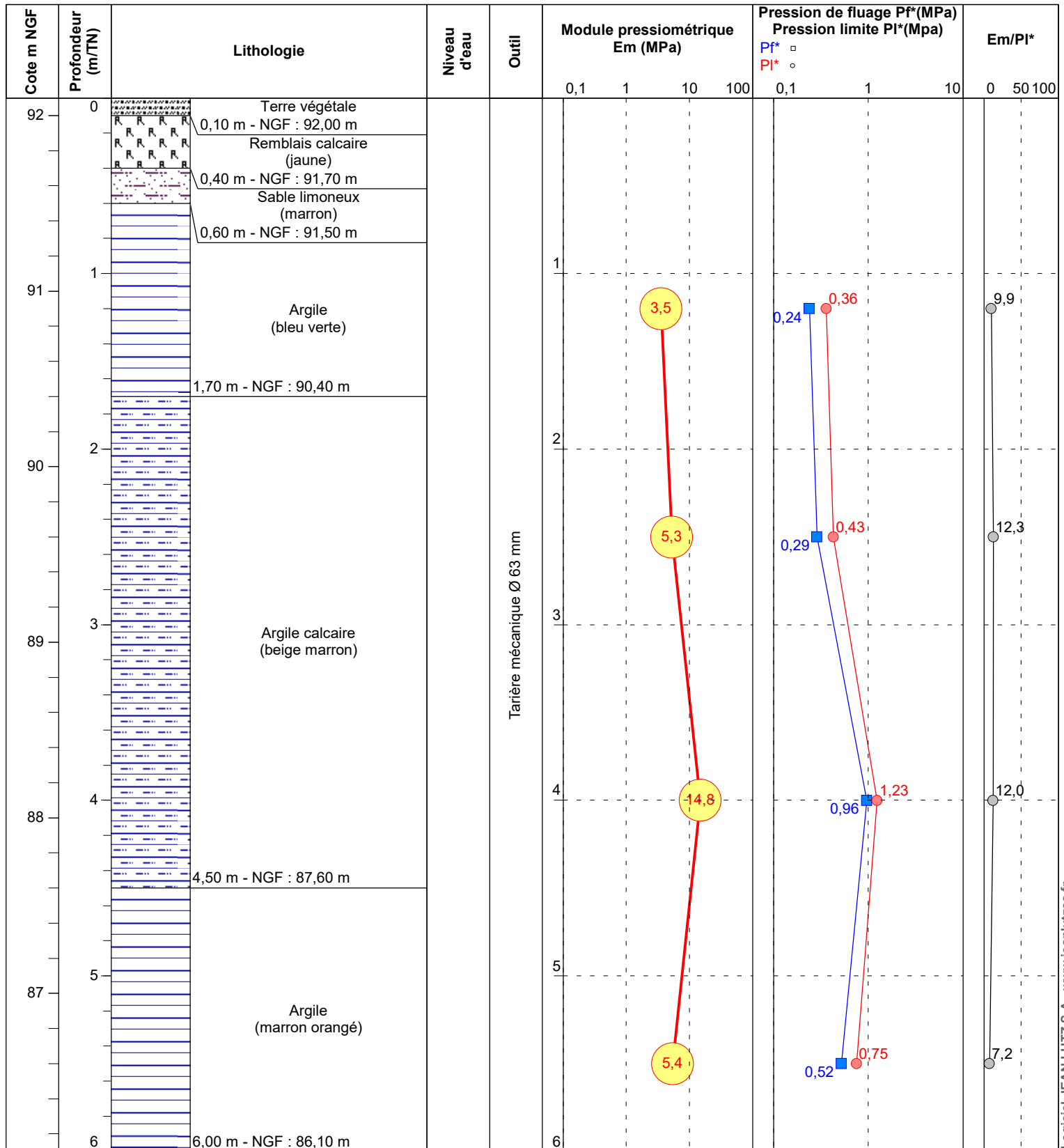
Résultats des investigations in situ

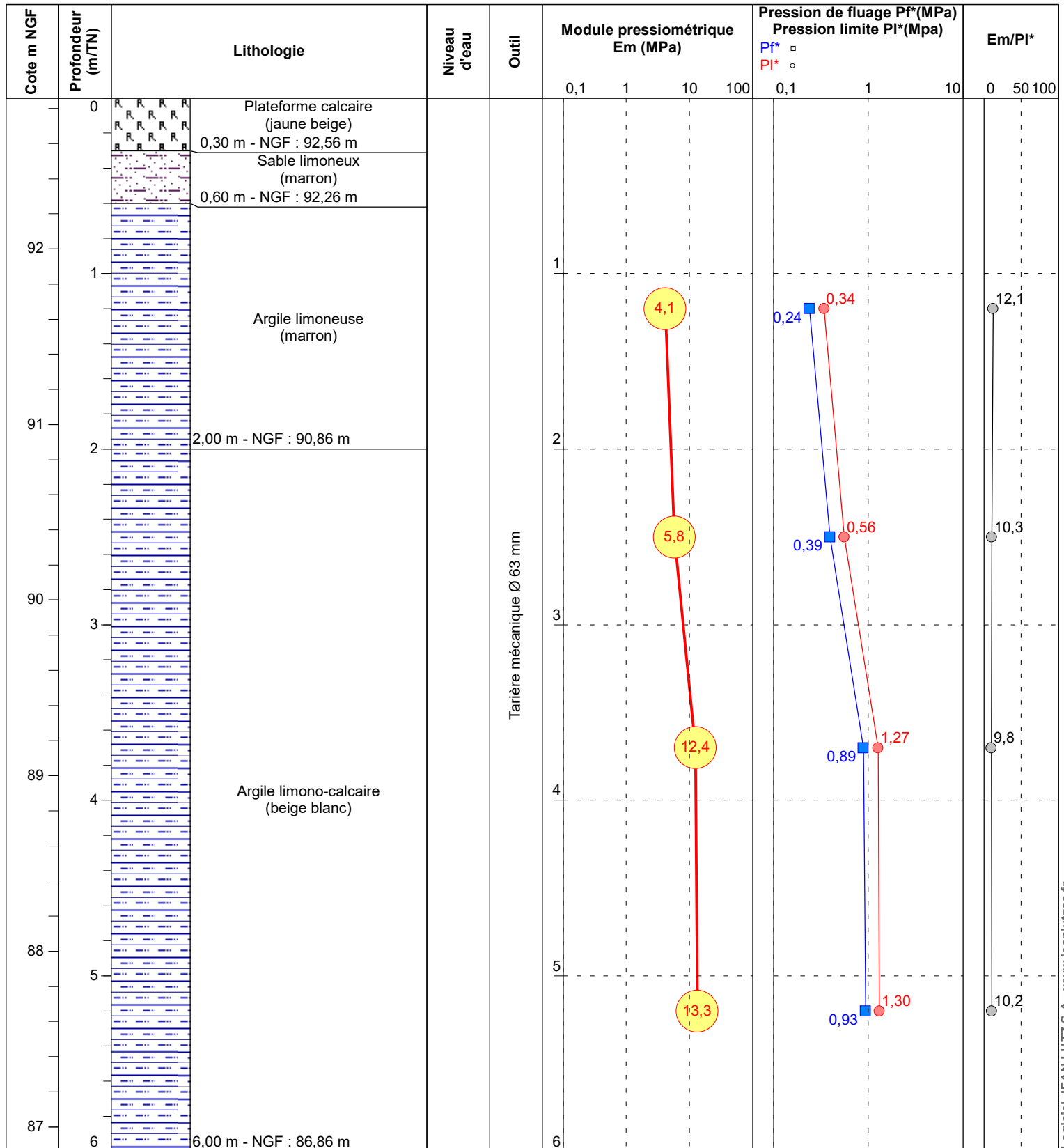


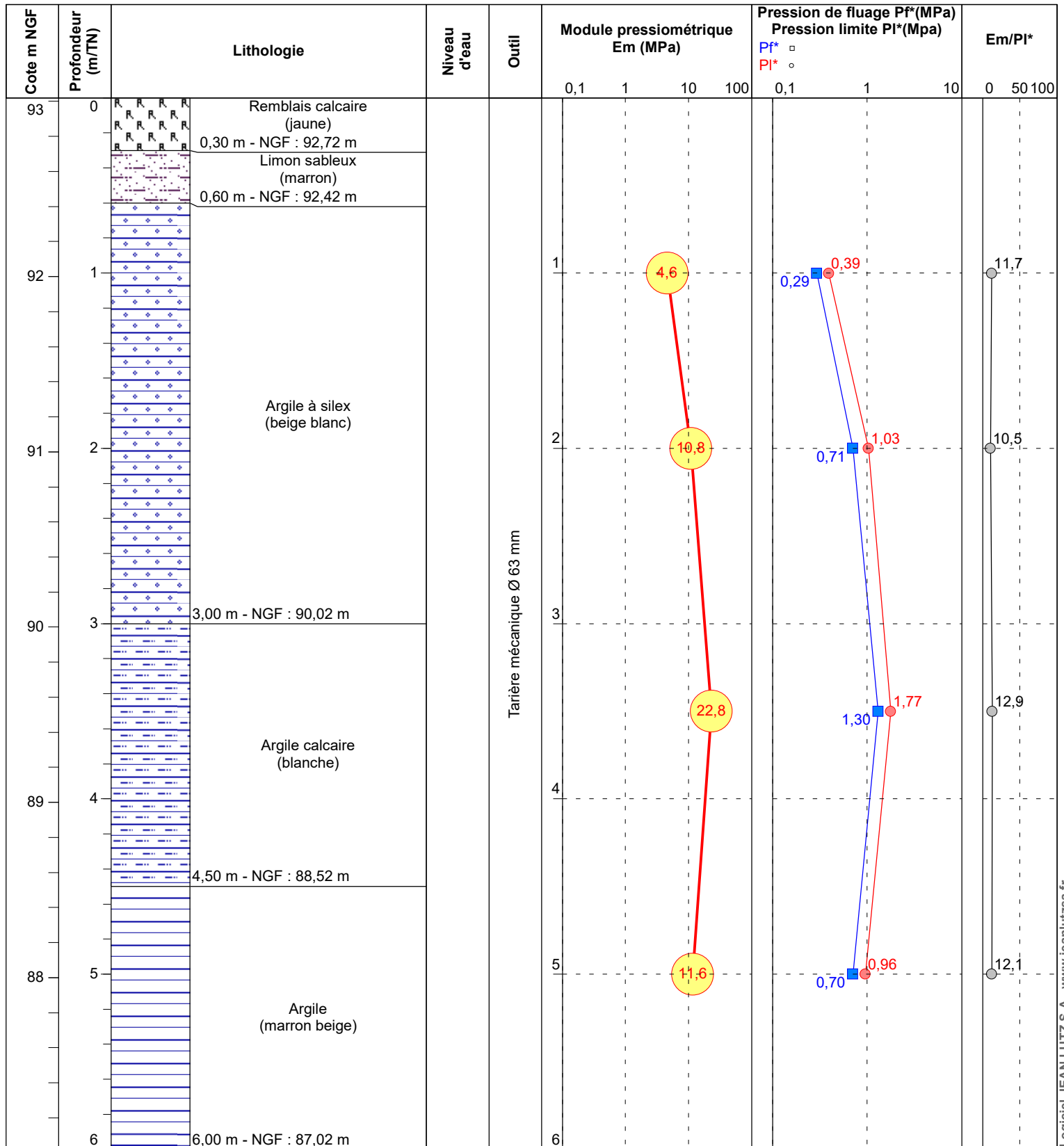


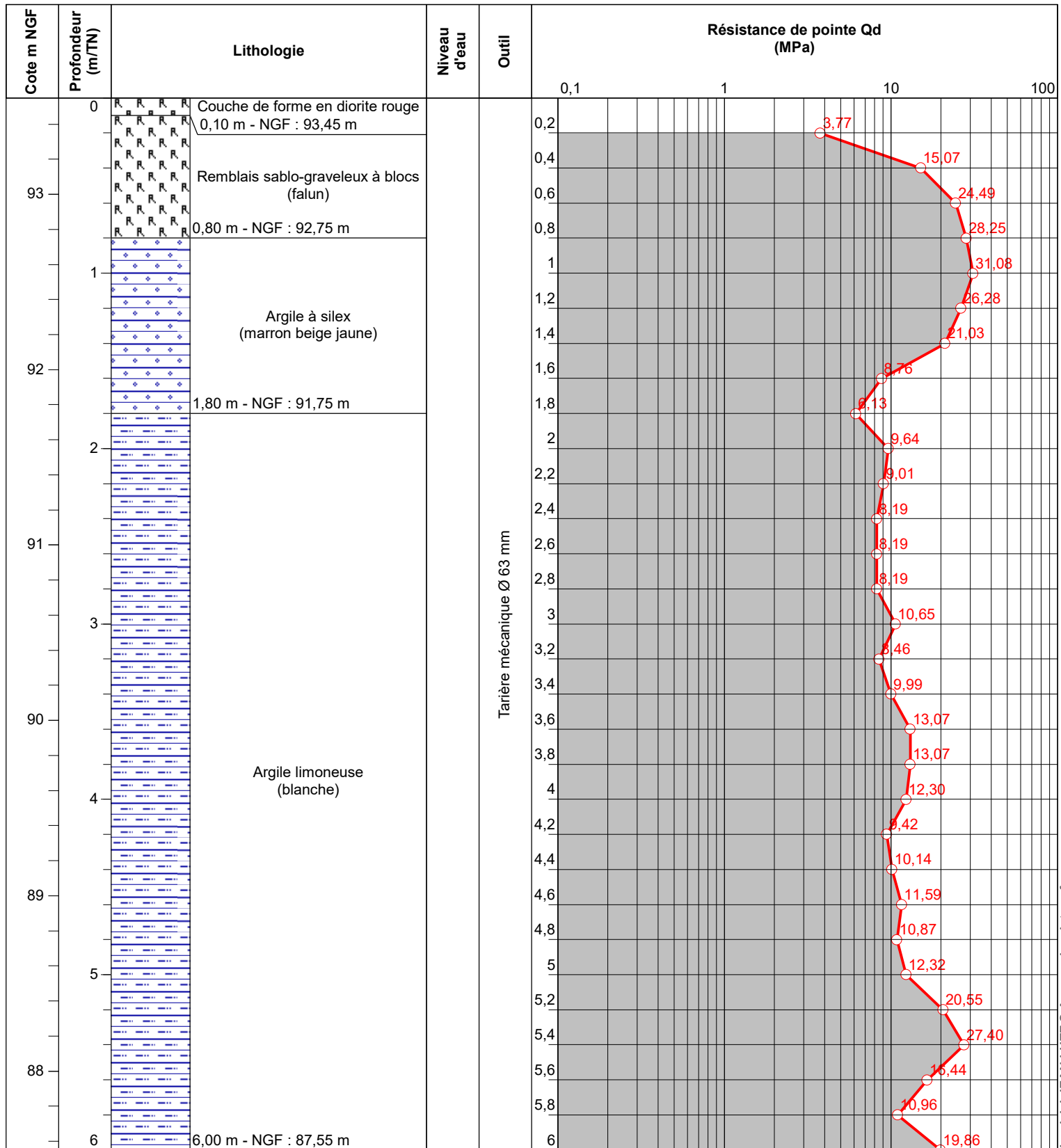


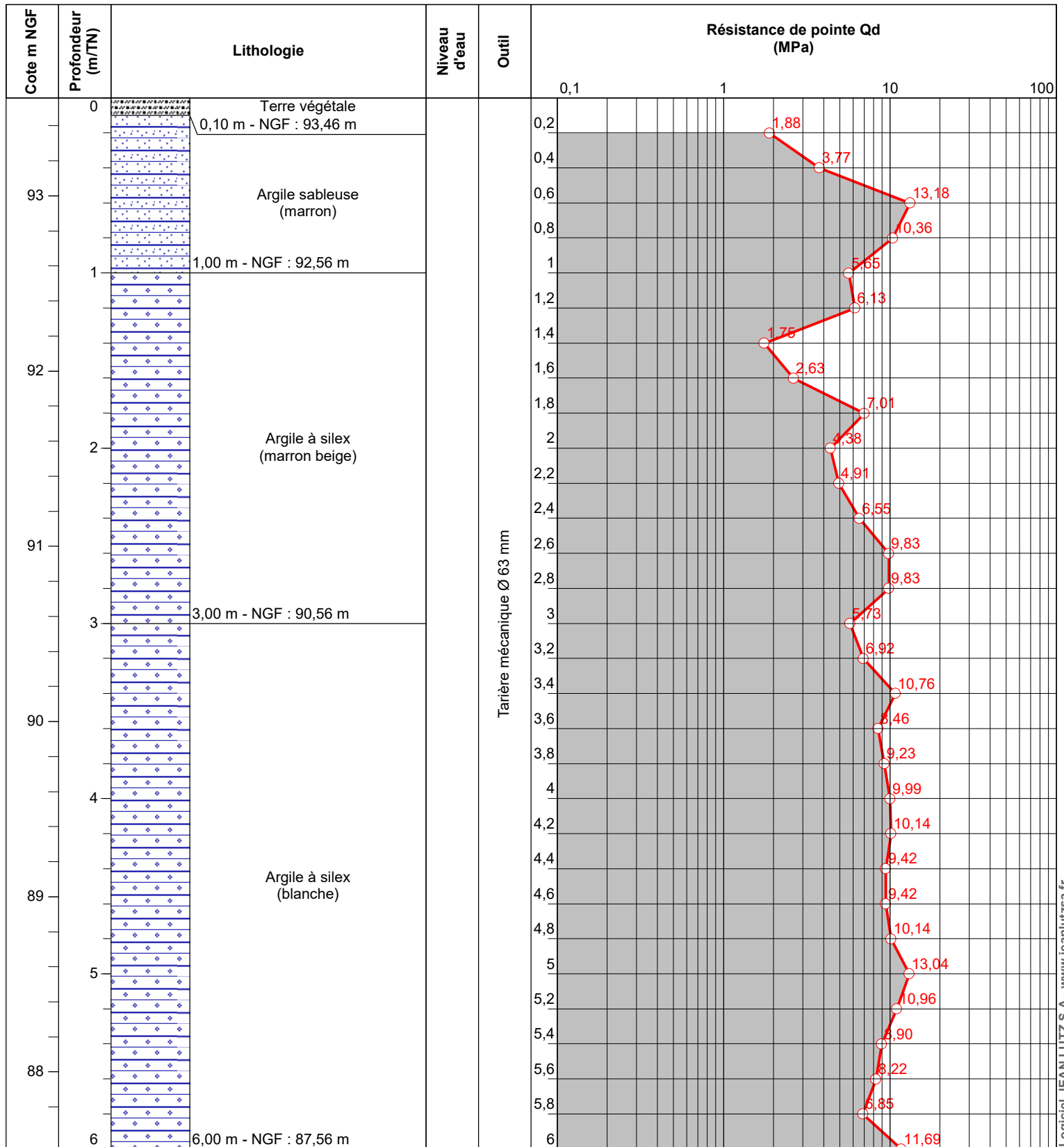
Cote m NGF	Profondeur (m/TN)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Module pressiométrique Em (MPa)		Pression de fluage Pf*(MPa) Pression limite Pl*(Mpa)		Em/Pl*							
					0,1	1	10	100	0,1	1	10	0	50	100		
	0	Terre végétale 0,20 m - NGF : 92,10 m														
92		Sable limoneux (marron) 0,60 m - NGF : 91,70 m														
		Argile limoneuse (marron) 0,90 m - NGF : 91,40 m														
	1	Argile +/- à passage calcaire (beige orangé marron)		Tarière mécanique Ø 63 mm	1											
91																
	2															
90																
	3															
89																
	4															
88																
	5															
87																
	6		6,00 m - NGF : 86,30 m				6									

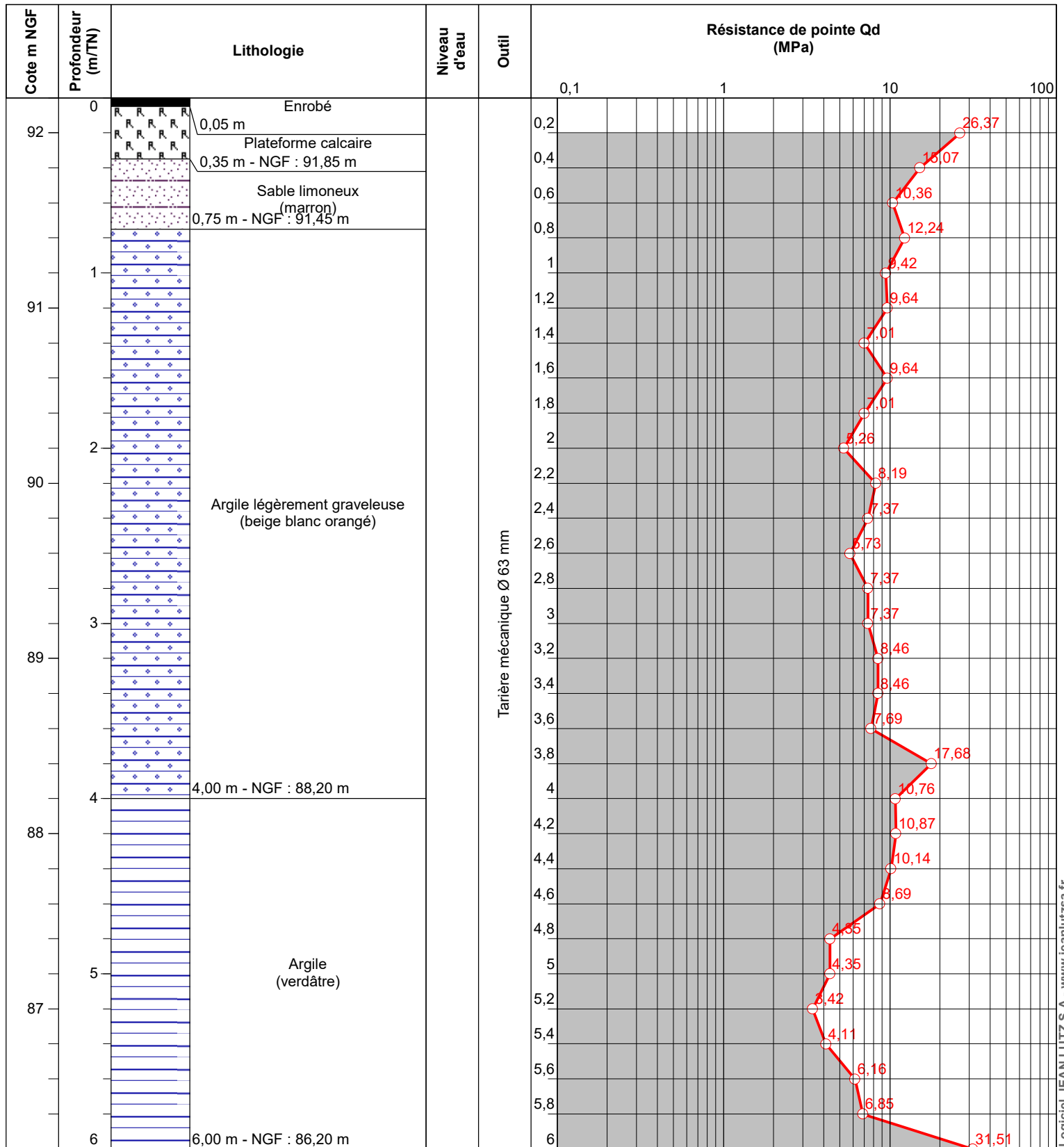


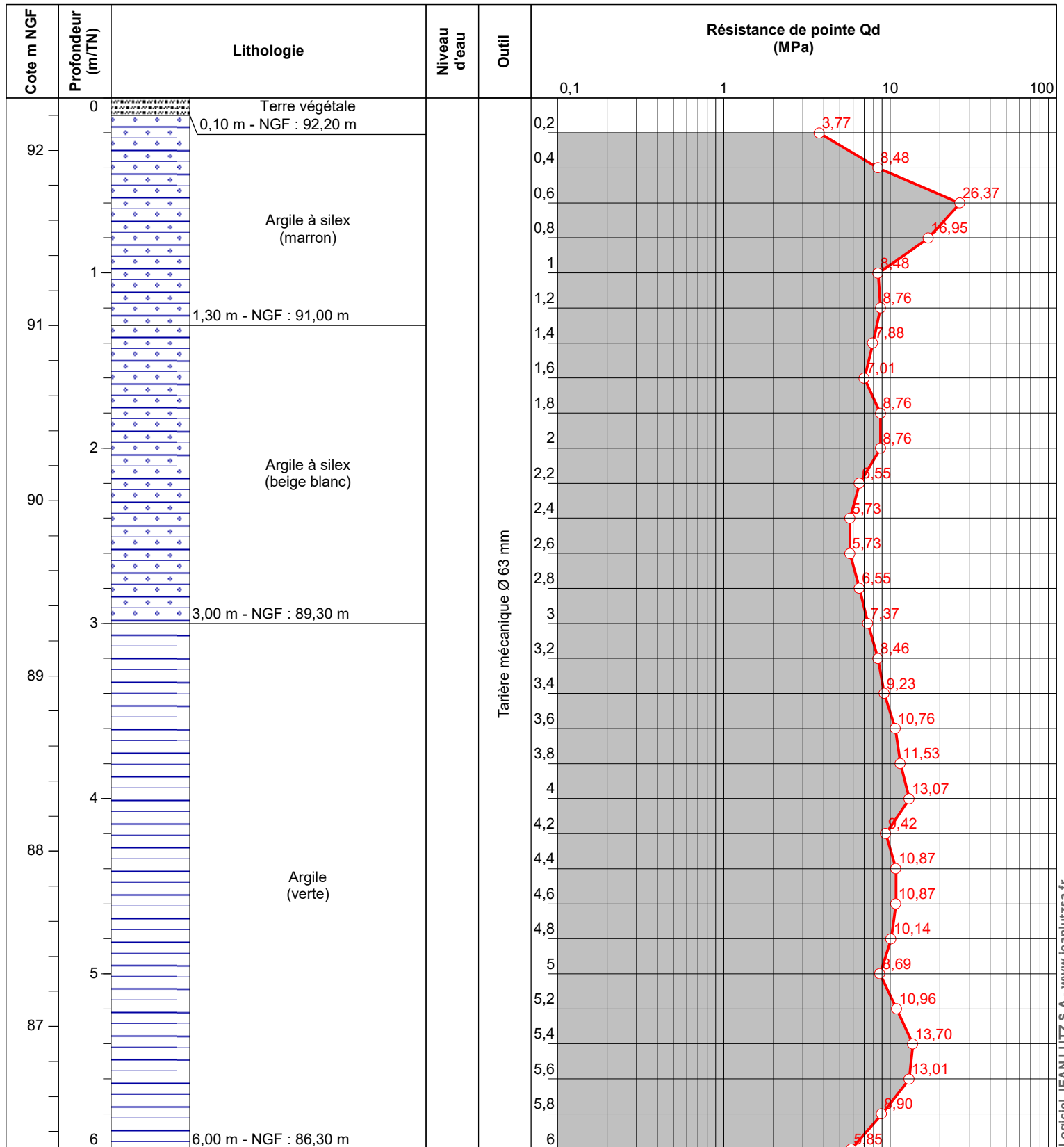


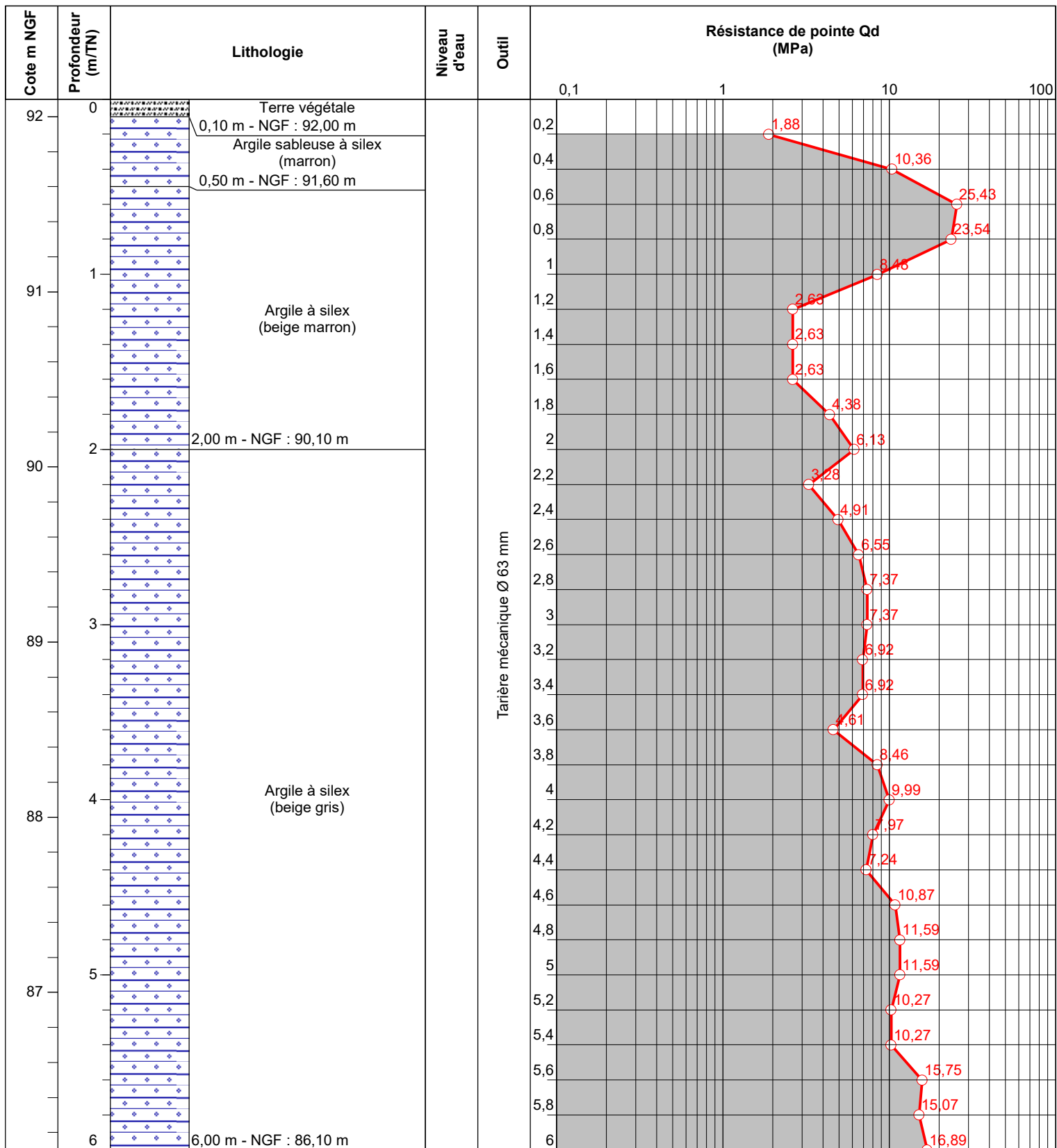


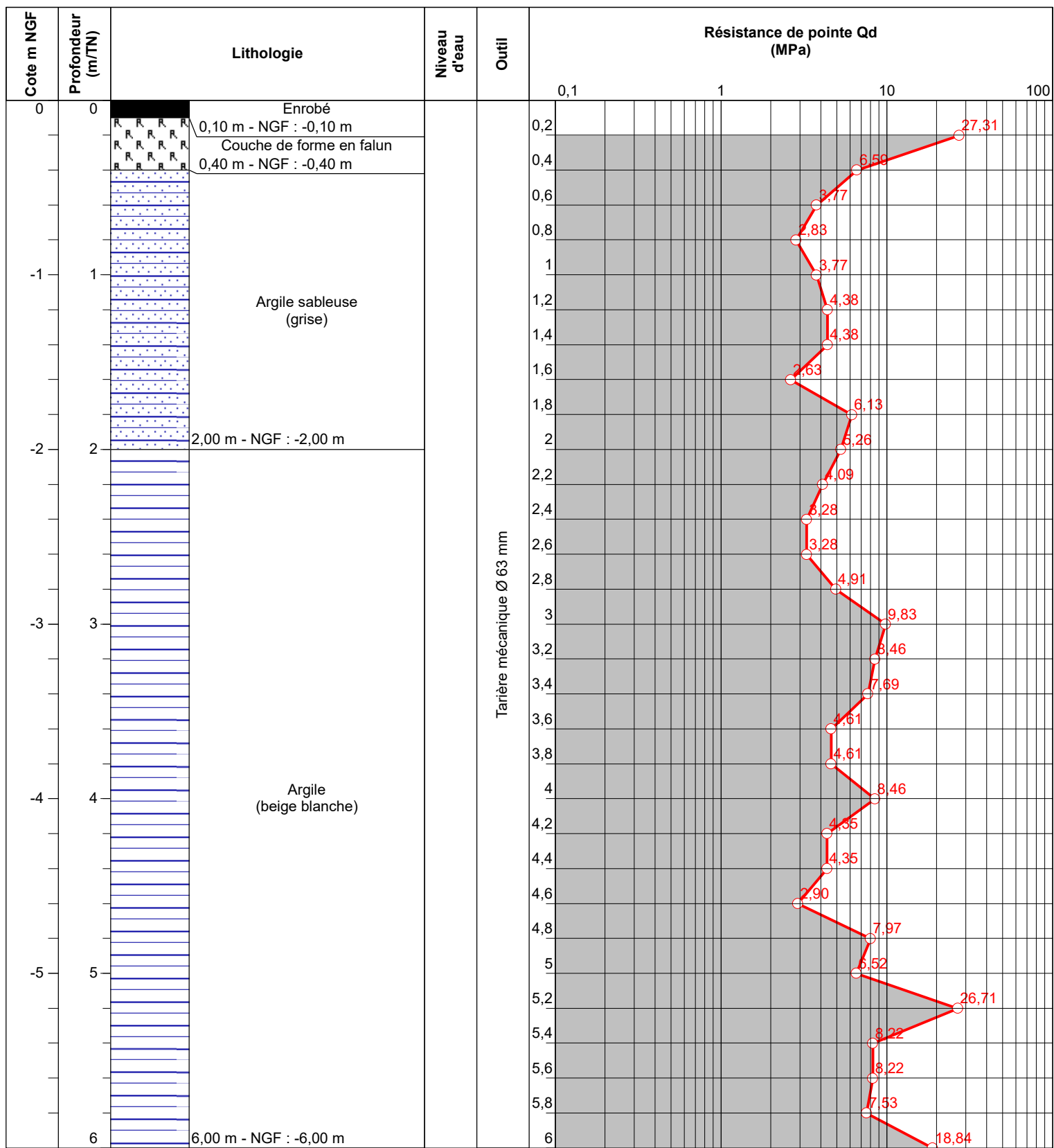


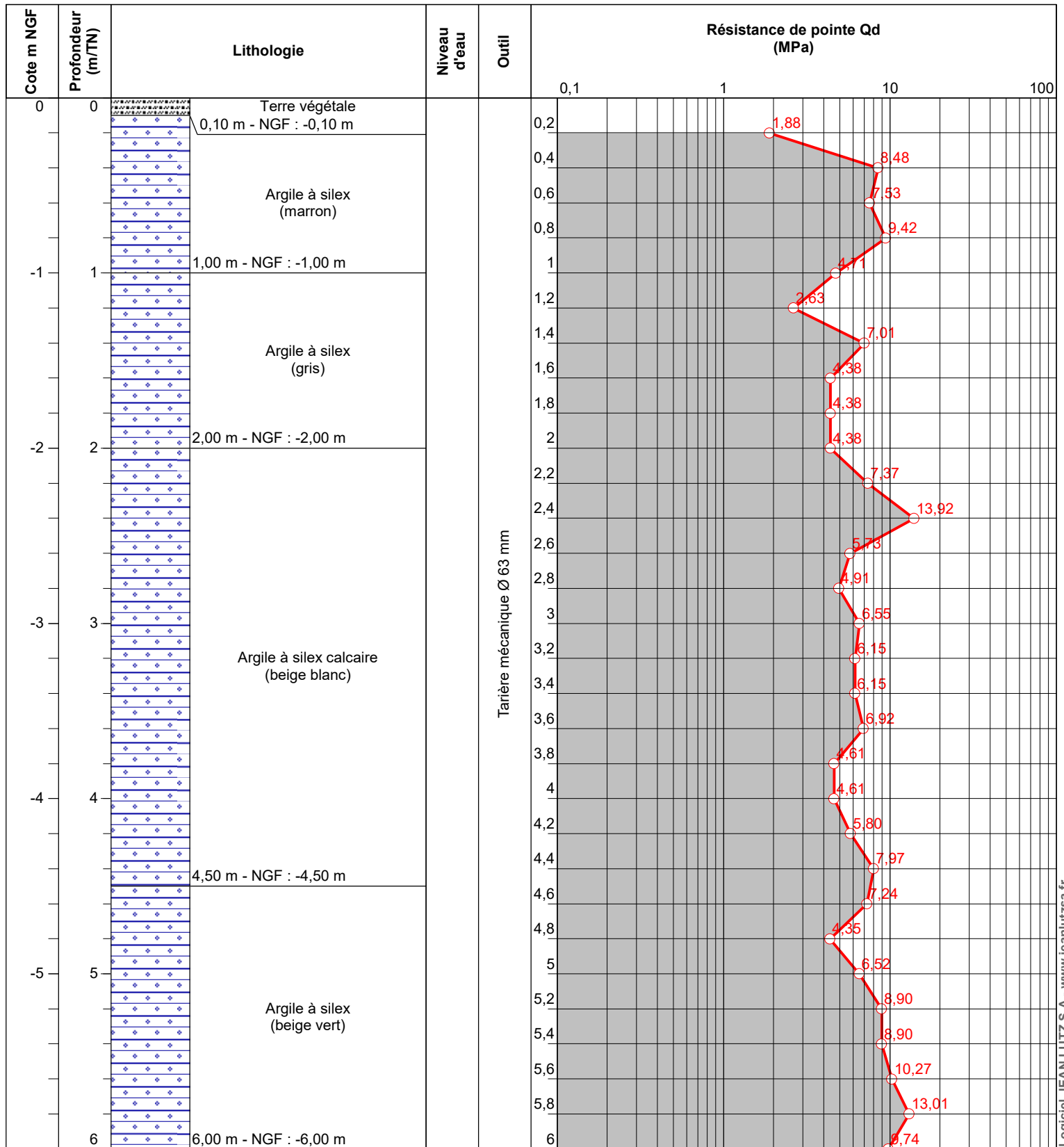


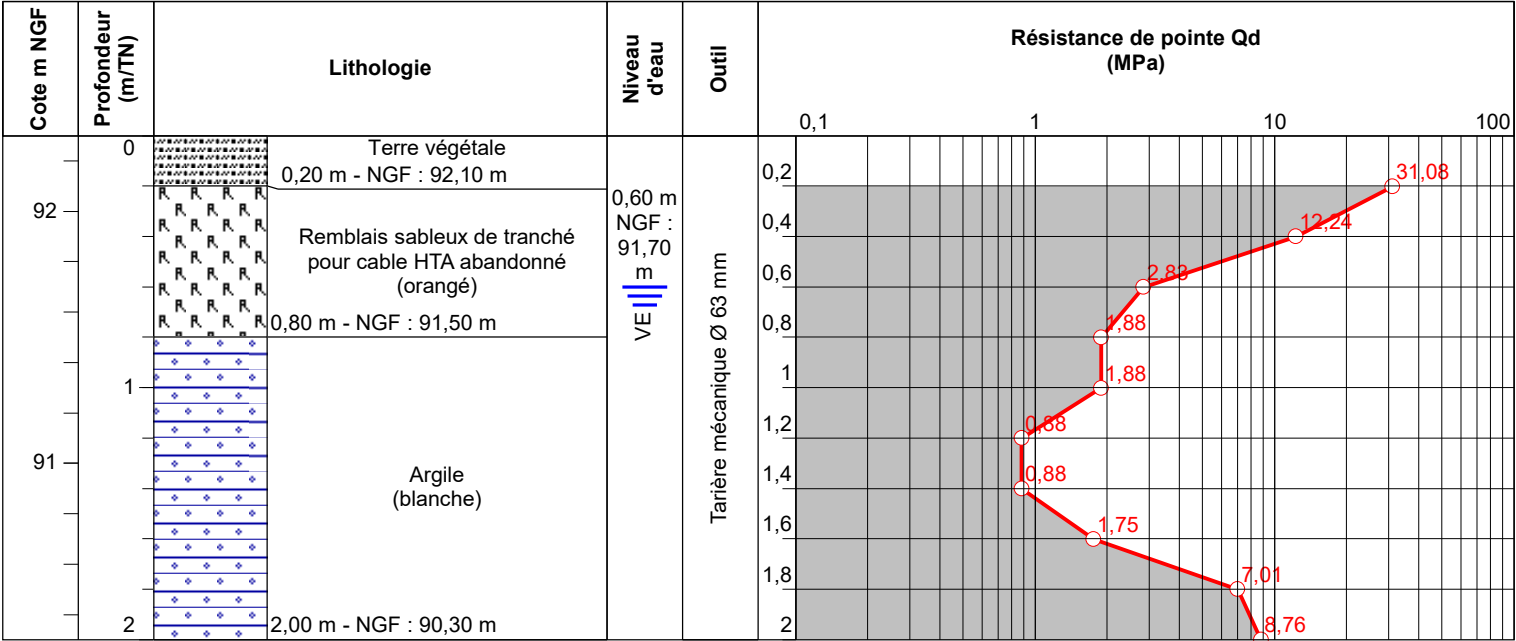












ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU

ESSAI MATSUO - M1

• Lithologie :

De	à	Formation
0	0,30 m	Terre végétale argilo-sableuse
0,30 m	0,75 m	Argile blanche à bloc calcaire + passage de silex

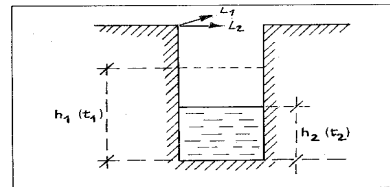
• Paramètres de l'essai :

Longueur de la fouille :	0,830 m
Largeur de la fouille :	0,250 m
Hauteur de la fouille :	0,750 m
Période de saturation :	60 min

Le test à niveau variable

On observe la variation du niveau de l'eau dans des trous pendant un temps donné, après une période d'imbibition. La perméabilité apparente K_a est donnée par la formule :

$$K_a = \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)} \ln \left(\frac{h_1 + \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)}}{h_2 + \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)}} \right) \cdot \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)(t_2 - t_1)}$$

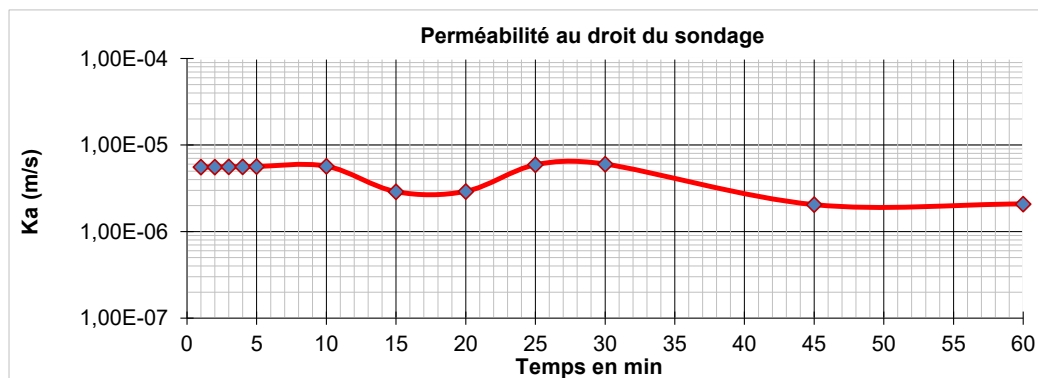


Test de conductivité hydraulique à niveau variable.

• Suivi :

Temps t (min)	Hauteur h (m)	Perméabilité Ka / intervalle (m/s)	Perméabilité Ka cumulée (m/s)
0	0,480	-	-
1	0,478	5,57E-06	5,57E-06
2	0,476	5,59E-06	5,58E-06
3	0,474	5,61E-06	5,59E-06
4	0,472	5,63E-06	5,60E-06
5	0,470	5,65E-06	5,61E-06
10	0,460	5,71E-06	5,66E-06
15	0,455	2,89E-06	4,74E-06
20	0,450	2,92E-06	4,28E-06
25	0,440	5,92E-06	4,61E-06
30	0,430	6,03E-06	4,85E-06
45	0,420	2,05E-06	3,91E-06
60	0,410	2,09E-06	3,46E-06

• Courbe caractéristique :



• Résultats :

La perméabilité retenue correspond à la moyenne des perméabilités par intervalle mesurées entre 1 et 60min :

$K_a \approx 4,6E-06$ m/s
$K_a \approx 16,69$ mm/h

ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU

ESSAI MATSUO - M2

• Lithologie :

De	à	Formation
0	0,45 m	Remblais de falun
0,45 m	1,15 m	Argile sableuse (marron)
1,15 m	1,50 m	Argile (grise)

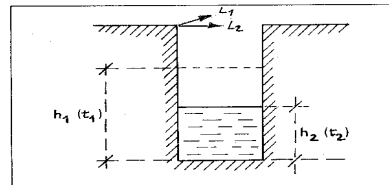
• Paramètres de l'essai :

Longueur de la fouille : 1,000 m
 Largeur de la fouille : 0,220 m
 Hauteur de la fouille : 1,500 m
 Période de saturation : 60 min

Le test à niveau variable

On observe la variation du niveau de l'eau dans des trous pendant un temps donné, après une période d'imbibation. La perméabilité apparente K_a est donnée par la formule :

$$K_a = L \ln \left[\frac{h_1 + \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)}}{h_2 + \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)}} \right] \cdot \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)(t_2 - t_1)}$$

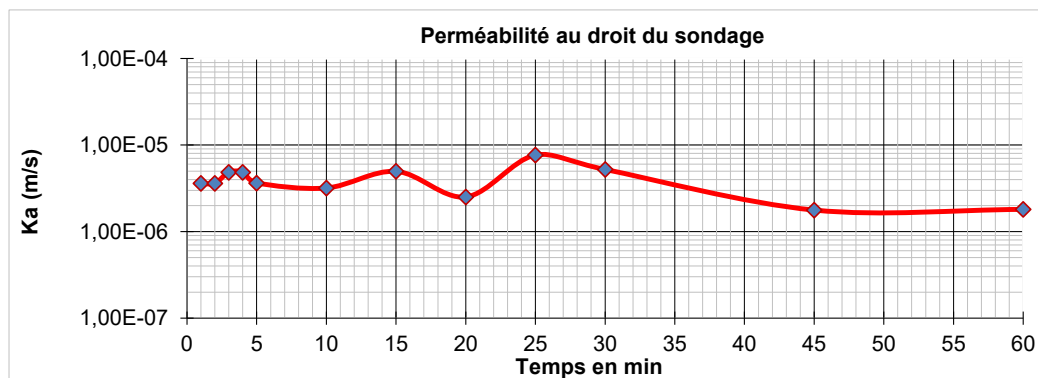


Test de conductivité hydraulique à niveau variable.

• Suivi :

Temps t (min)	Hauteur h (m)	Perméabilité Ka / intervalle (m/s)	Perméabilité Ka cumulée (m/s)
0	1,160	-	-
1	1,157	3,61E-06	3,61E-06
2	1,154	3,62E-06	3,61E-06
3	1,150	4,84E-06	4,02E-06
4	1,146	4,85E-06	4,23E-06
5	1,143	3,65E-06	4,11E-06
10	1,130	3,19E-06	3,65E-06
15	1,110	4,97E-06	4,09E-06
20	1,100	2,51E-06	3,70E-06
25	1,070	7,67E-06	4,49E-06
30	1,050	5,23E-06	4,61E-06
45	1,030	1,77E-06	3,67E-06
60	1,010	1,80E-06	3,20E-06

• Courbe caractéristique :



• Résultats :

La perméabilité retenue correspond à la moyenne des perméabilités par intervalle mesurées entre 1 et 60min :

$K_a \approx 4,0E-06$ m/s
$K_a \approx 14,32$ mm/h

ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU

ESSAI MATSUO - M3

• Lithologie :

De	à	Formation
0	0,23 m	Terre végétale
0,23 m	0,83 m	Argile blanche peu sableuse à passage calcaire et à silex

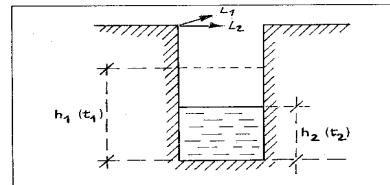
• Paramètres de l'essai :

Longueur de la fouille : 1,080 m
 Largeur de la fouille : 0,230 m
 Hauteur de la fouille : 0,830 m
 Période de saturation : 60 min

Le test à niveau variable

On observe la variation du niveau de l'eau dans des trous pendant un temps donné, après une période d'imbibition. La perméabilité apparente K_a est donnée par la formule :

$$K_a = \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)} \ln \left(\frac{h_1 + \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)}}{h_2 + \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)}} \right) \cdot \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)(t_2 - t_1)}$$

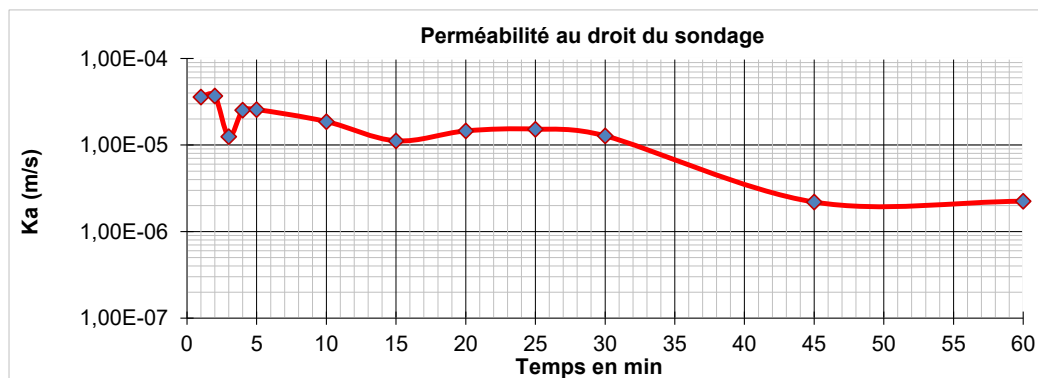


Test de conductivité hydraulique à niveau variable.

• Suivi :

Temps t (min)	Hauteur h (m)	Perméabilité K_a / intervalle (m/s)	Perméabilité K_a cumulée (m/s)
0	0,570	-	-
1	0,555	3,61E-05	3,61E-05
2	0,540	3,69E-05	3,65E-05
3	0,535	1,25E-05	2,85E-05
4	0,525	2,53E-05	2,77E-05
5	0,515	2,57E-05	2,73E-05
10	0,480	1,87E-05	2,30E-05
15	0,460	1,12E-05	1,91E-05
20	0,435	1,46E-05	1,79E-05
25	0,410	1,53E-05	1,74E-05
30	0,390	1,28E-05	1,66E-05
45	0,380	2,20E-06	1,18E-05
60	0,370	2,24E-06	9,42E-06

• Courbe caractéristique :



• Résultats :

La perméabilité retenue correspond à la moyenne des perméabilités par intervalle mesurées entre 1 et 60min :

$K_a \approx 1,8E-05$ m/s
$K_a \approx 64,02$ mm/h

ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU

ESSAI MATSUO - M4

• Lithologie :

De	à	Formation
0	0,25 m	Terre végétale
0,25 m	0,82 m	Sable argileux à blocs calcaires et silex marron
0,82 m	1,15 m	Argile sableuse à blocs calcaire et silex marron

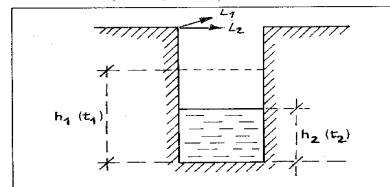
• Paramètres de l'essai :

Longueur de la fouille : 0,980 m
 Largeur de la fouille : 0,250 m
 Hauteur de la fouille : 1,150 m
 Période de saturation : 60 min

Le test à niveau variable

On observe la variation du niveau de l'eau dans des trous pendant un temps donné, après une période d'imbibition. La perméabilité apparente K_a est donnée par la formule :

$$K_a = \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)} \ln \left(\frac{h_1 + \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)}}{h_2 + \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)}} \right) \cdot \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)(t_2 - t_1)}$$

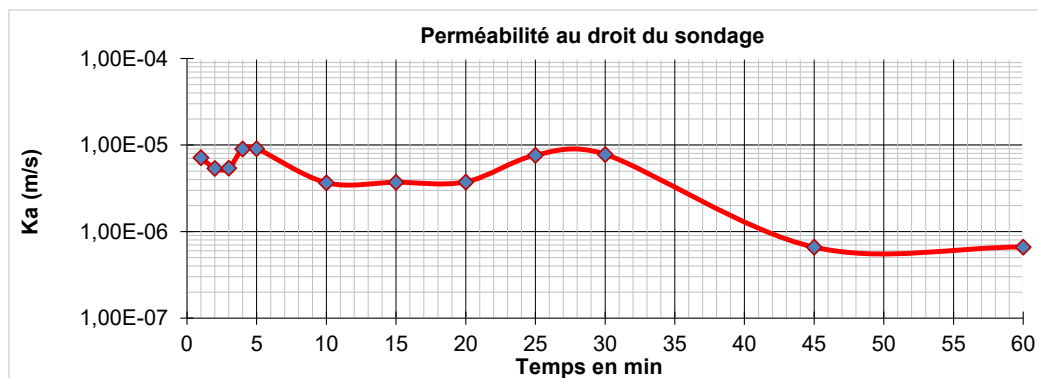


Test de conductivité hydraulique à niveau variable.

• Suivi :

Temps t (min)	Hauteur h (m)	Perméabilité K_a / intervalle (m/s)	Perméabilité K_a cumulée (m/s)
0	0,830	-	-
1	0,826	7,16E-06	7,16E-06
2	0,823	5,39E-06	6,27E-06
3	0,820	5,41E-06	5,98E-06
4	0,815	9,05E-06	6,75E-06
5	0,810	9,10E-06	7,22E-06
10	0,800	3,67E-06	5,45E-06
15	0,790	3,71E-06	4,87E-06
20	0,780	3,75E-06	4,59E-06
25	0,760	7,64E-06	5,20E-06
30	0,740	7,82E-06	5,63E-06
45	0,735	6,61E-07	3,98E-06
60	0,730	6,65E-07	3,15E-06

• Courbe caractéristique :



• Résultats :

La perméabilité retenue correspond à la moyenne des perméabilités par intervalle mesurées entre 1 et 60min :

$K_a \approx 5,3E-06$ m/s
$K_a \approx 19,20$ mm/h

ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU

ESSAI MATSUO - M5

• Lithologie :

De	à	Formation
0	0,25 m	Terre végétale
0,25 m	0,70 m	Argile grise à silex et à blocs calcaires
0,70 m	0,80 m	Argile grise

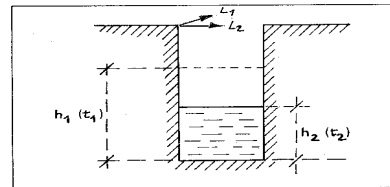
• Paramètres de l'essai :

Longueur de la fouille : 1,000 m
 Largeur de la fouille : 0,240 m
 Hauteur de la fouille : 0,800 m
 Période de saturation : 60 min

Le test à niveau variable

On observe la variation du niveau de l'eau dans des trous pendant un temps donné, après une période d'imbibation. La perméabilité apparente K_a est donnée par la formule :

$$K_a = \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)} \ln \left(\frac{h_1 + \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)}}{h_2 + \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)}} \right) \cdot \frac{L_1 L_2}{2(L_1 + L_2)(t_2 - t_1)}$$

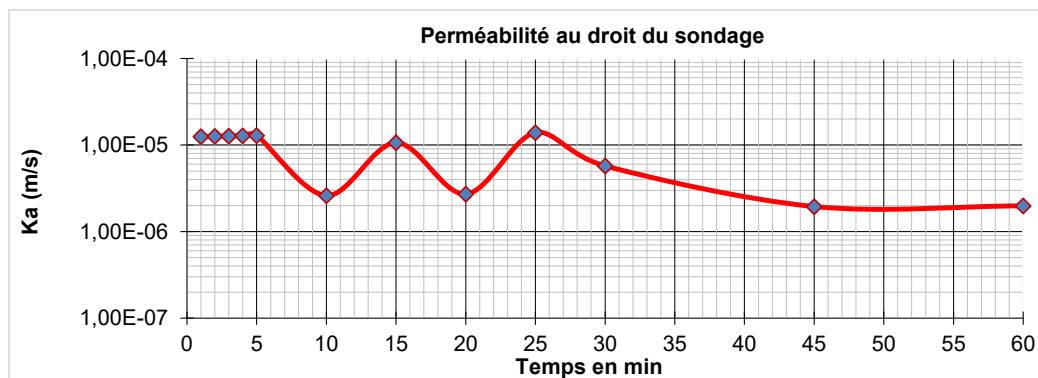


Test de conductivité hydraulique à niveau variable.

• Suivi :

Temps t (min)	Hauteur h (m)	Perméabilité K_a / intervalle (m/s)	Perméabilité K_a cumulée (m/s)
0	0,550	-	-
1	0,545	1,25E-05	1,25E-05
2	0,540	1,26E-05	1,26E-05
3	0,535	1,27E-05	1,26E-05
4	0,530	1,28E-05	1,27E-05
5	0,525	1,29E-05	1,27E-05
10	0,520	2,60E-06	7,66E-06
15	0,500	1,06E-05	8,65E-06
20	0,495	2,71E-06	7,17E-06
25	0,470	1,39E-05	8,52E-06
30	0,460	5,74E-06	8,06E-06
45	0,450	1,95E-06	6,02E-06
60	0,440	1,98E-06	5,01E-06

• Courbe caractéristique :



• Résultats :

La perméabilité retenue correspond à la moyenne des perméabilités par intervalle mesurées entre 1 et 60min :

$K_a \approx 8,6E-06$ m/s
$K_a \approx 30,94$ mm/h

Annexe 4

Résultats des analyses en laboratoire



ECR ENVIRONNEMENT CENTRE OUEST
Monsieur Alexis FRANCOIS

5 Rue de la Briaudière

37510 BALLAN MIRE

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 25E146514

Version du : 07/08/2025

N° de rapport d'analyse : AR-25-LK-164480-01

Date de réception technique : 31/07/2025

Première date de réception physique : 31/07/2025

Référence Dossier : N° Projet : 3705755

Nom Projet : Luynes (37)

Nom Commande : 3705755 - Luynes (37)

Référence Commande : 3707697

Coordinateur de Projets Clients : Marion Baumgarten / MarionBaumgarten@eurofins.com / +33 3 88 91 19 11

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Sol	(SOL)	SP1 - 0-6m
002	Sol	(SOL)	SP4 - 0-6m

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 25E146514

Version du : 07/08/2025

N° de rapport d'analyse : AR-25-LK-164480-01

Date de réception technique : 31/07/2025

Première date de réception physique : 31/07/2025

Référence Dossier : N° Projet : 3705755

Nom Projet : Luynes (37)

Nom Commande : 3705755 - Luynes (37)

Référence Commande : 3707697

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

001**SP1 - 0-6m****002****SP4 - 0-6m****SOL****SOL**

29/07/2025

29/07/2025

01/08/2025

01/08/2025

Préparation Physico-Chimique
ZS00U : **Prétraitement et séchage à 40°C**

* Fait

* Fait

LS896 : **Matière sèche**

% P.B.

* 85.2

* 75.8

Métaux
ZS09F : **Minéralisation HCl**

Fait

Fait

Agressivité du sol vis-à-vis du béton
ZS18C : **Classe d'agressivité**

Sulfates solubles à l'acide selon NF EN 11885

mg/kg M.S.

<107

138

Classe d'agressivité selon NF EN 206-1

<XA1

<XA1



Marion Baumgarten

Coordinateur(rice) Projets Clients EAEF

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 25E146514

Version du : 07/08/2025

N° de rapport d'analyse : AR-25-LK-164480-01

Date de réception technique : 31/07/2025

Première date de réception physique : 31/07/2025

Référence Dossier : N° Projet : 3705755

Nom Projet : Luynes (37)

Nom Commande : 3705755 - Luynes (37)

Référence Commande : 3707697

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 5 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Les données transmises par le client pouvant affecter la validité des résultats (la date de prélèvement, la matrice, la référence échantillon et autres informations identifiées comme provenant du client), ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire. Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Tous les éléments de traçabilité et incertitude (déterminée avec $k = 2$) sont disponibles sur demande.

Annexe technique

Dossier N° :25E146514

N° de rapport d'analyse : AR-25-LK-164480-01

Emetteur : Monsieur Alexis FRANCOIS

Commande EOL : 006-10514-1340512

Nom projet : N° Projet : 3705755

Référence commande : 3707697

Luynes (37)

Nom Commande : 3705755 - Luynes (37)

Sol

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
LS896	Matière sèche	Gravimétrie - NF ISO 11465	0.1	5%	% P.B.	Eurofins Analyses pour l'Environnement France
ZS00U	Prétraitement et séchage à 40°C	Séchage [sur la totalité de l'échantillon sauf mention contraire] - NF EN 16179				
ZS09F	Minéralisation HCl	Digestion acide - Adapté de NF EN 1744-1&12				
ZS18C	Classe d'agressivité Sulfates solubles à l'acide selon NF EN 11885 Classe d'agressivité selon NF EN 206-1	Calcul - Classe d'exposition NF EN 206-1 Annexe C			mg/kg M.S.	

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flacons des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 25E146514

N° de rapport d'analyse : AR-25-LK-164480-01

Emetteur :

Commande EOL : 006-10514-1340512

Nom projet : N° Projet : 3705755

Référence commande : 3707697

Luynes (37)

Nom Commande : 3705755 - Luynes (37)

Sol

N° Ech	Référence Client	Date & Heure Prélèvement	Date de Réception Physique ⁽¹⁾	Date de Réception Technique ⁽²⁾	Code-Barre	Nom Flacon
001	SP1 - 0-6m	29/07/2025 13:23:00	31/07/2025	31/07/2025		
002	SP4 - 0-6m	29/07/2025 13:23:00	31/07/2025	31/07/2025		

(1) : Date à laquelle l'échantillon a été réceptionné au laboratoire.

Lorsque l'information n'a pas pu être récupérée, cela est signalé par la mention N/A (non applicable).

(2) : Date à laquelle le laboratoire disposait de toutes les informations nécessaires pour finaliser l'enregistrement de l'échantillon.

PROCES-VERBAL D'ESSAI

Entreprise : ECR Environnement
5 rue de la Briaudière
37510 BALLAN-MIRE

Chantier : 3705755 Luynes (37)

Lieu des essais : Laboratoire NEXTROAD – Agence Centre Ouest

Matériau : Sol remanié

Quantité : 1 sac

Prélevé par : le client

Date de prélèvement : -

Livré à notre laboratoire :

Date des essais : 05/08/2025

Essais réalisés :

GTR (w%+AG+IP)

1u

Résultats des essais :

Voir Procès Verbaux.

Observations :

					
0	08/08/2025	J. BOULET Responsable Laboratoire	J. BOULET Responsable Laboratoire	1+4	1^{ère} diffusion
Indice	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Modifications - Observations

Note : la reproduction intégrale de ce procès-verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée ; les essais faisant l'objet du présent procès-verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions ; leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée ; en conséquence, le présent procès-verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

RECAPITULATIF DES ESSAIS EN LABORATOIRE
CLASSIFICATION TYPE GTR - NF P11-300 (Novembre 1992)

Client : **ECR**
Chantier : **3705755 Lyunes (37)**

N° Affaire : **Q-18.2962**
Fiche programme : **F25.5812**

Chantier	Sondage	Profondeur (m)	Nature	Teneur en eau ω %	Granulométrie						Limites d'Atterberg				GTR
					<63mm %	< 50 mm %	< 5 mm %	< 2 mm %	< 80μm %	< 63μm %	ω _L %	ω _P %	IP	IC	
3705755 Lyunes (37)	T2	0.1-2.0	Argile blanche à cailloutis	26.8	100.0	100.0	90.9	86.9	70.2	69.9	64	21	44	0.86	A4 F4

Observations :

Les valeurs indiquées en rouge indiquent les classifications selon le guide GTR 2023 à titre informatif.

Teneur en eau W(%) NFP 94-050 Septembre 1995

N° dossier/ N° Affaire : **Q-18.2962/F25.5812**

Nom du chantier : **3705755 Luynes (37)**

Client : **ECR**

Date de prélèvement : **NC**

Mode de prélèvement : **T**

Conservation : **Sac hermétique**

Date de l'essai : **05/08/2025**

Opérateur : **JS**

T°C d'étuvage: **105°C**

Chantier	Sondage	Profondeur (m)	Nature	Poids total humide (g)	Poids total sec (g)	Poids de la tare (g)	Poids net de l'eau (g)	Poids net matériau sec (g)	Teneur en eau (%)
3705755 Luynes (37)	T2	0.1-2.0	Argile blanche à cailloutis	633.2	535.7	171.1	97.5	364.6	26.8

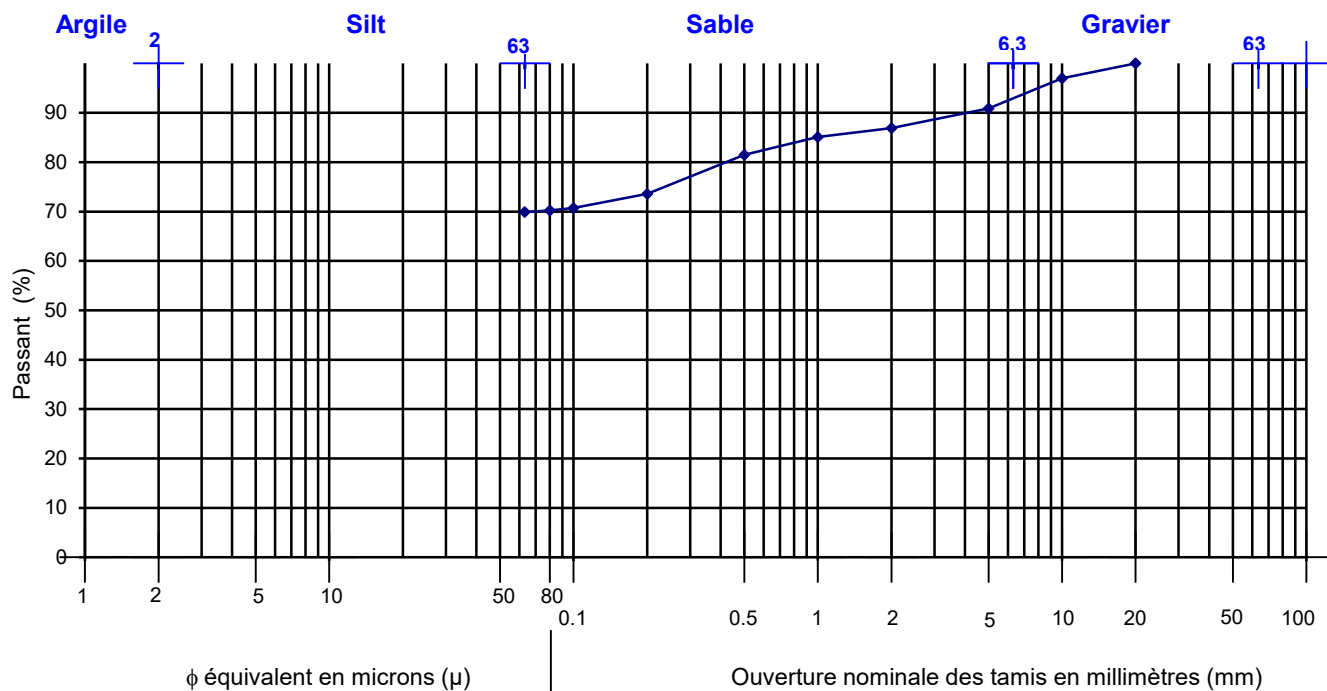
PROCES-VERBAL D'ESSAI

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE

Ex NF P94-056

N° du dossier : **Q-18.2962**
 Nom du chantier : **3705755 Luynes (37)**
 N° Sondage : **T2**
 Date d'essai : **07/08/2025**

N° Affaire : **F25.5812**
 Client : **ECR**
 Profondeur (m) : **0.1-2.0 m**
 Opérateur : **JS**
 dm : **20 mm**



φ des tamis (mm)	100	80	63	50	40	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1
Passant (%)							100.0	97.0	90.9	86.9	85.1	81.5	73.6	70.7
φ équivalent (μ)	80.0	63.0												
Passant (%)	70.2	69.9												

COMMENTAIRES:

PROCES-VERBAL D'ESSAI

LIMITE DE LIQUIDITE PAR LA METHODE DE CASAGRANDE LIMITE DE PLASTICITE NF EN ISO 17892-12 (juillet 2018)

N° du dossier : **Q-18.2962**

N° d'Affaire : **F25.5812**

Client : **ECR Environnement Tours**

Nom du chantier : **3705755 Luyes (37)**

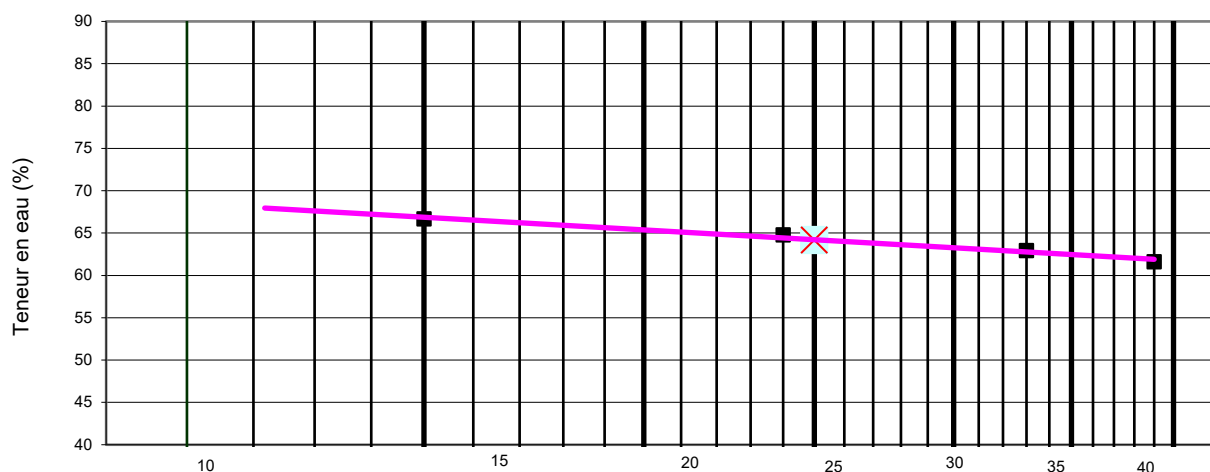
Date d'essai : **07/08/2025**

N° Sondage : **T2**

Profondeur (m) : **0.1-2.0 m**

Opérateur : **JS**

	LIQUIDITE				PLASTICITE		
Nombre de coups	15	24	33	39			
N° de la tare	A	B	C	D		1	2
Poids total humide	17.42	17.29	18.44	18.37		11.94	11.23
Poids total sec	10.64	10.67	11.50	11.55		11.26	10.69
Poids de la tare	0.47	0.45	0.47	0.48		7.94	8.06
Poids net de l'eau	6.78	6.62	6.94	6.82		0.68	0.54
Poids net matériau sec	10.17	10.22	11.03	11.07		3.32	2.63
Teneur en eau (%)	66.7	64.8	62.9	61.6		20.5	20.5



LIMITE DE LIQUIDITE

WL = 64 %

LIMITE DE PLASTICITE

WP = 21 %

Teneur en eau Naturelle Wnat = 26.8

Indice de plasticité Ip : 44

Indice de consistance Ic : 0.86