



GÉotechnique
sciences de la terre sas

Agence d'Avignon
215 rue Louis Braille
ZA Les Mouttes Basses
84310 MORIERES LES AVIGNON

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

RAPPORT D'ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION G2 PHASE AVP

Localisation :

VILLELAURE (84)

Avenue Jean Moulin

Projet :

Création d'une zone d'Activité

Maître d'ouvrage :

La Communauté Territoriale Sud Luberon (COTELUB)

Parc d'Activité Le Revol

128, Chemin des Vieilles Vignes

84240 La Tour D'Aigues

REFERENCE : VJt2022-10-82-G2 AVP

Ind.	Date	Contenu	Rédacteur	Vérificateur	Observations
A	21/12/2022	29 pages + 6 annexes	C.GRIMAL	M.SENOUSI	Rapport initial

Référentiel document : v2.1 08/03/2021

PLAN DU RAPPORT

1. PRESENTATION	3
1.1. Définition de l'opération	3
1.2. Contrat – Mission géotechnique.....	3
1.3. Cadre réglementaire.....	4
1.4. Caractéristiques du projet	4
1.5. Documents communiqués	5
1.6. Caractéristiques générales du site.....	6
1.6.1. Localisation.....	6
1.6.2. Caractéristiques de la zone d'étude	7
1.6.3. Contextes géologique & hydrogéologique	7
1.6.4. Risques naturels	8
2. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES	11
2.1. Implantation et nivellement	11
2.2. Investigations réalisées	11
2.2.1. Equipements piézométriques.....	12
2.2.2. Tests de perméabilité des sols.....	12
2.2.3. Essais en laboratoire	12
3. SYNTHESE GEOTECHNIQUE.....	13
3.1. Stratigraphie du terrain - caractéristiques mécaniques	13
3.2. Résultats d'essais en laboratoire	14
3.3. Sensibilité au retrait-gonflement des sols argileux	14
3.4. Niveaux des eaux souterraines	15
3.5. Perméabilité des sols.....	15
4. APPLICATIONS GEOTECHNIQUES A L'AVANT-PROJET	16
4.1. Modèle géotechnique retenu	16
4.2. Niveaux caractéristiques des eaux souterraines.....	16
4.3. La zone d'influence géotechnique (ZIG)	17
4.4. Adaptations du projet aux conditions géotechniques	17
4.5. Principes généraux de terrassements	17
4.5.1. Travaux préparatoires	17
4.5.2. Aménagement des plateformes	17
4.5.3. Conditions de talutage	19
4.5.4. Conditions de réemploi des matériaux du site.....	19
4.5.5. Faisabilité du traitement in-situ des matériaux en place	20
4.5.6. Conditions d'utilisation de matériaux d'apport.....	20
4.6. Conception des voiries et parkings.....	21
4.6.1. Assise de la structure de voirie (P.S.T.).....	21
4.6.2. Couche de forme sous voirie	21
4.6.3. Critères de réception	22
5. OUVERTURE ET REMBLAIEMENTS DE TRANCHEES.....	23

5.1.	Terrassements en déblai	23
5.2.	Dispositifs de blindage associés.....	23
5.3.	Fond de tranchée	24
5.4.	Structures de remblaiement	24
5.4.1.	Types de structure.....	24
5.4.2.	Objectifs de densification	26
5.5.	Matériaux utilisables	27
5.6.	Contrôle du compactage de tranchée	27
6.	ALEAS RESIDUELS ET RISQUES ASSOCIES	28
7.	CONDITIONS GENERALES DE VALIDITE DU RAPPORT	29

- Annexe 1 : **Extrait de la norme NF P94-500 de novembre 2013**
Annexe 2 : **Conditions de validité de l'étude**
Annexe 3 : **Implantation des sondages**
Annexe 4 : **Coupes de sondages**
Annexe 5 : **Essais de perméabilité**
Annexe 6 : **Essais en laboratoire**

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

1. PRESENTATION

1.1. Définition de l'opération

Le Maître d'Ouvrage représenté par La Communauté Territoriale Sud Lubéron (COTELUB) envisage la construction d'une zone d'activité sur un terrain situé sur la commune de Villelaure (84).

Les principaux intervenants du projet sont :

- Maître d'ouvrage : COTELUB,
- Maître d'œuvre : Groupement d'entreprises Cabinet Tramoy / Mpaysage.

1.2. Contrat – Mission géotechnique

À la demande de **La Communauté Territoriale sud Luberon (Maître d'Ouvrage)**, notre société, **GEOTECHNIQUE SAS**, a été mandaté afin de réaliser une mission géotechnique.

Notre offre d'étude géotechnique référencée VJt2022-10-82 en date du 13/10/2022 a été acceptée le 23/11/2022 (bon de commande n°22D001821).

Conformément à notre offre et selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013, il s'agit d'une **mission géotechnique de conception** comprenant uniquement la **phase Avant-Projet (G2 AVP)**.

Elle consiste à :

- Réaliser une enquête documentaire sur les sites institutionnels : GEOPORTAIL, INFOTERRE, GEORISQUES, ADES... ;
- Définir la zone d'influence géotechnique (ZIG) du projet ;
- Donner la classification du site vis-à-vis de la réglementation sismique en vigueur et préciser le risque de liquéfaction des sols sous séisme si nécessaire ;
- Réaliser un programme d'investigations géotechniques et en assurer le suivi technique ;
- Établir la synthèse géotechnique à l'issue des investigations et le(s) modèle(s) géotechnique(s) ;
- Préciser les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet et donner les principes de création des voiries VL et PL, des espaces de stationnements et de mise en place des réseaux enterrés ;
- Fournir une ébauche dimensionnelle des ouvrages géotechniques sur la base des modèles géotechniques retenus ;
- Donner les dispositions générales vis-à-vis des eaux de surface, des eaux souterraines et des avoisinants ;
- Examiner la pertinence d'application de la méthode observationnelle si nécessaire.

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

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

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

Si ces éléments peuvent être de nature à induire un éventuel impact sur le projet, une étude hydrogéologique spécifique pourra être réalisée dans les phases ultérieures d'études en adéquation avec les objectifs et les enjeux au regard du projet.

1.3. Cadre réglementaire

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

- Guide Technique SETRA-LCPC « réalisation des remblais et des couches de formes » Fascicules I et II
- Normes AFNOR en vigueur concernant les travaux de sondages et essais in-situ ou de laboratoire
- Manuel de conception Chaussées neuves à faible trafic du Ministère des transports
- ...

1.4. Caractéristiques du projet

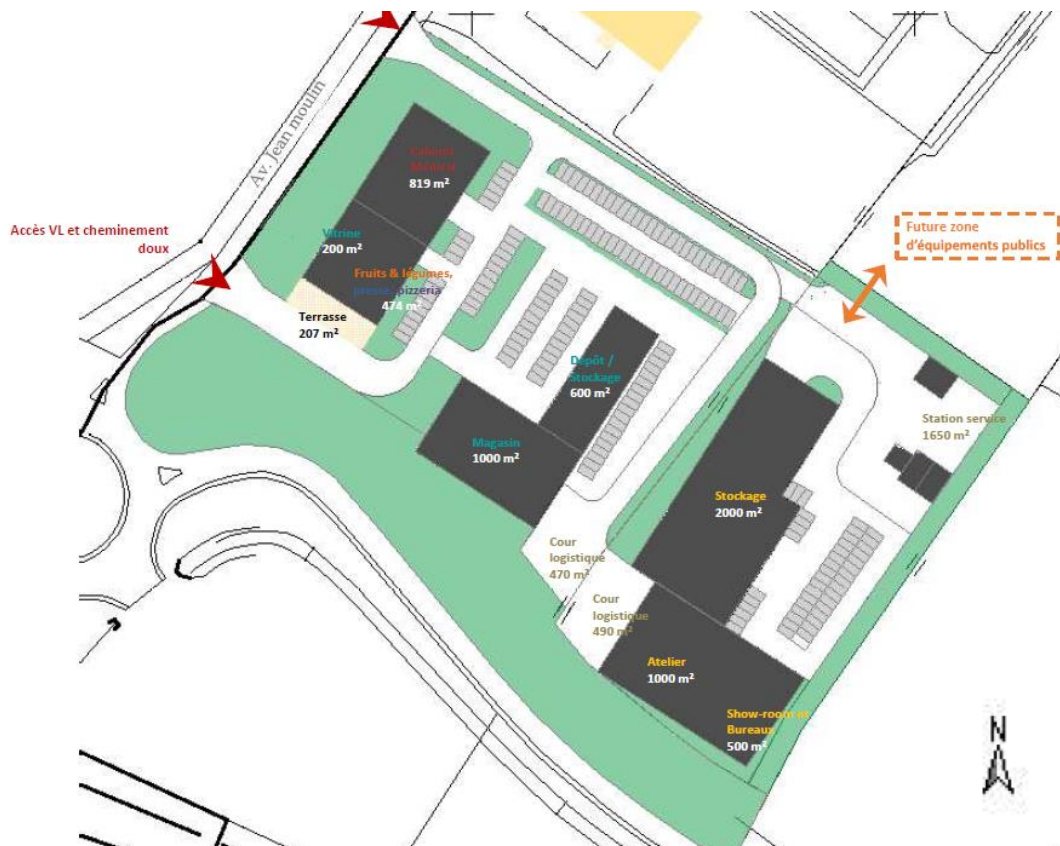
Les caractéristiques principales du projet dont nous disposons sont les suivantes :

- La création de voiries VL et PL,
- La création d'espaces de stationnement,
- La réalisation de différents réseaux (collecte EU, eau potable, éclairage public, télécommunication, électricité).

Au voisinage du projet, nous avons identifié un bâtiment (Quincaillerie Aixoise) à une trentaine de mètre de la limite de propriété Nord-Est.

Compte tenu de la topographie du site et des caractéristiques du projet, les terrassements induits seront faibles, de l'ordre de +/- 1 m, et se limiteront essentiellement à l'aménagement des plateformes de chantier et de support d'ouvrages au sol (parkings, voiries).

Ci-après, un extrait du plan masse du projet et quelques coupes représentatives du projet :



1.5. Documents communiqués

Les documents suivants nous ont été communiqués pour la réalisation de la présente étude :

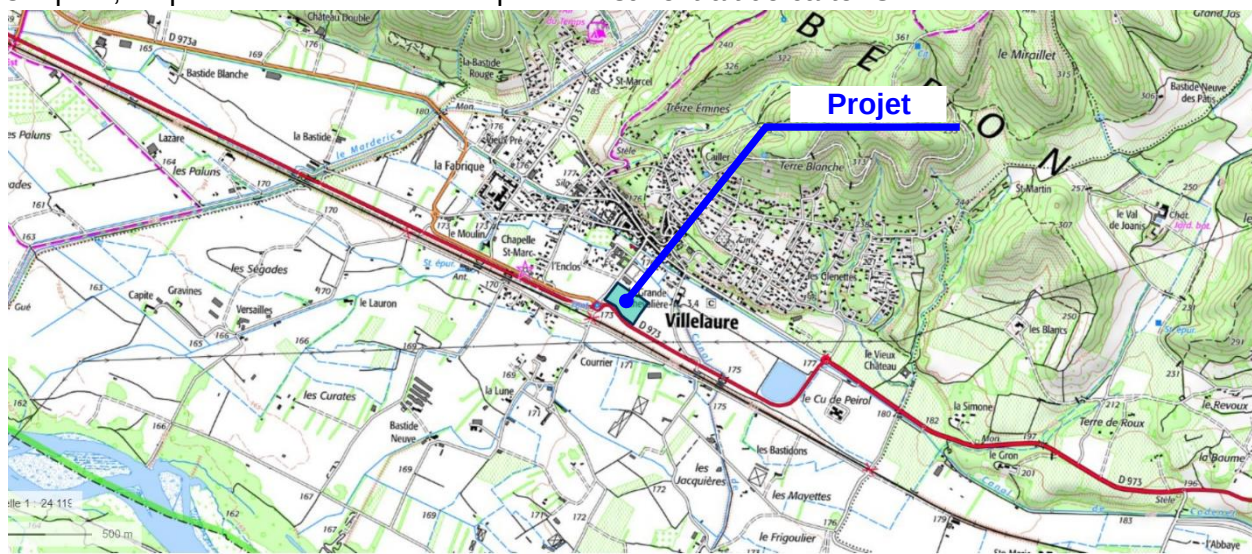
Document	Référence	Echelle	Date
Plan topographique	Ind B	1/500	06/08/21
Esquisse faisabilité n°3	-	1/1000	-
Scénario 2 – Plan d'implantation	-	-	-
Etude Géotechnique – Mission G1PGC	GEO 220545	-	Mai 2022

1.6. Caractéristiques générales du site

1.6.1. Localisation

Le terrain concerné par la présente étude se situe avenue Jean Moulin sur la commune de VILLELAURE (84) et correspond aux parcelles cadastrales AH 106,107 et 108.

Ci-après, un plan de localisation de l'opération sur extrait de carte IGN :



Source : www.géoportail.fr

Ci-après, un extrait d'image aérienne avec localisation du projet :



Source : www.géoportail.fr

1.6.2. Caractéristiques de la zone d'étude

Les éléments principaux à retenir concernant la configuration du site sont les suivants :

- Le terrain est actuellement dépourvu de tout aménagement,
- Il est recouvert d'une strate herbacée,
- Quelques dépôts sauvages y ont été remarqués,
- L'altimétrie de la parcelle varie peu, l'altimétrie moyenne est de +172.5m NGF avec une légère pente en direction de l'Est,
- Le terrain se situe à environ 2Km au Nord-Est du lit de *La Durance*.
- Le *Canal de Janson* se trouve à quelques dizaines de mètres au Nord et à l'Est du site,
- La parcelle est délimitée :
 - A l'Ouest par l'Avenue Jean Moulin,
 - Au Sud par la Route de la Grande Pièce,
 - A l'Est et au Nord-Est par des champs agricoles,
 - Au Nord par un bâtiment et des espaces de voiries/stationnements.

1.6.3. Contextes géologique & hydrogéologique

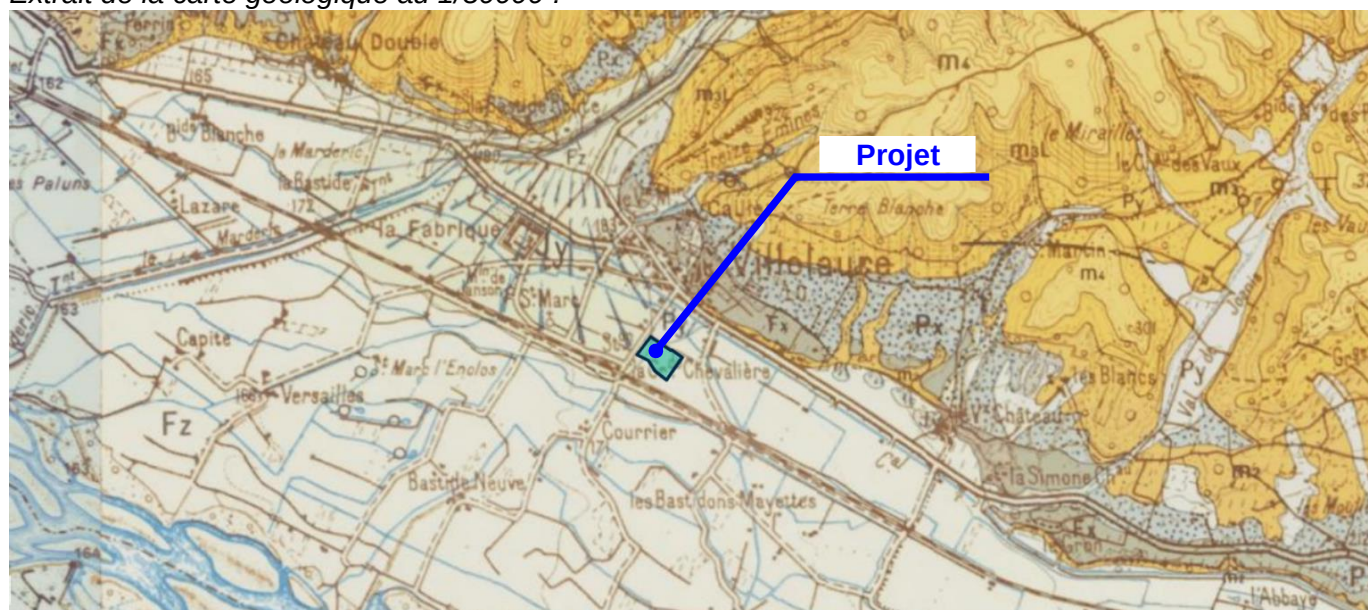
D'après les données de la carte géologique au 1/50000 du secteur (cf. extrait inséré ci-après), le terrain se situe à la jonction entre trois formations différentes :

- Des alluvions récentes, notées Fz,
- Des Colluvions, notés Py,
- Des Cônes de déjections, notés Jy, cartographiés dans la partie extrême Ouest du site.

L'ensemble de ces formations est généralement caractérisé par des limons et/ou argiles avec des passées gravo-sableuses pouvant comporter des blocs rocheux isolés.

D'après les données disponibles sur le site INFOTERRE, les alluvions récentes peuvent atteindre une profondeur de plus de 11m dans le secteur du site étudié.

Extrait de la carte géologique au 1/50000 :



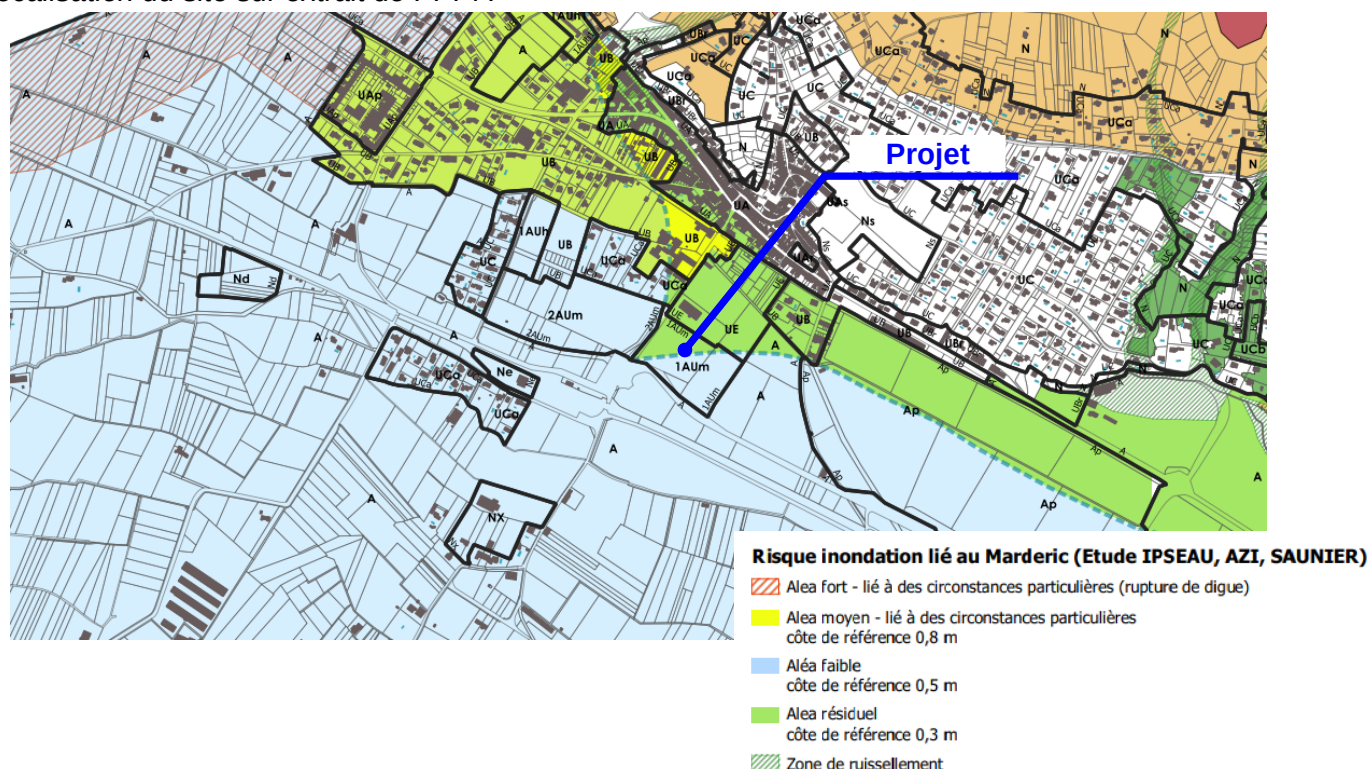
Concernant le contexte hydrogéologique, une enquête préliminaire a été réalisée sur les sites institutionnels. Les données disponibles sur le site INFOTERRE indiquent la présence d'une nappe d'eau à environ 5m de profondeur/TN, soit aux environs de la cote +166mNGF sur un ouvrage référencé à environ 600m au Nord-Ouest du site.

1.6.4. Risques naturels

1.6.4.1. *Risque d'inondation par débordements*

D'après le Plan de Prévention des Risques Inondation en vigueur sur la commune (approuvé le 05/07/2021), le terrain étudié est exposé à un risque d'inondation résiduel à faible, avec une cote de référence de 0.3m à 0.5m.

Localisation du site sur extrait de PPPI :



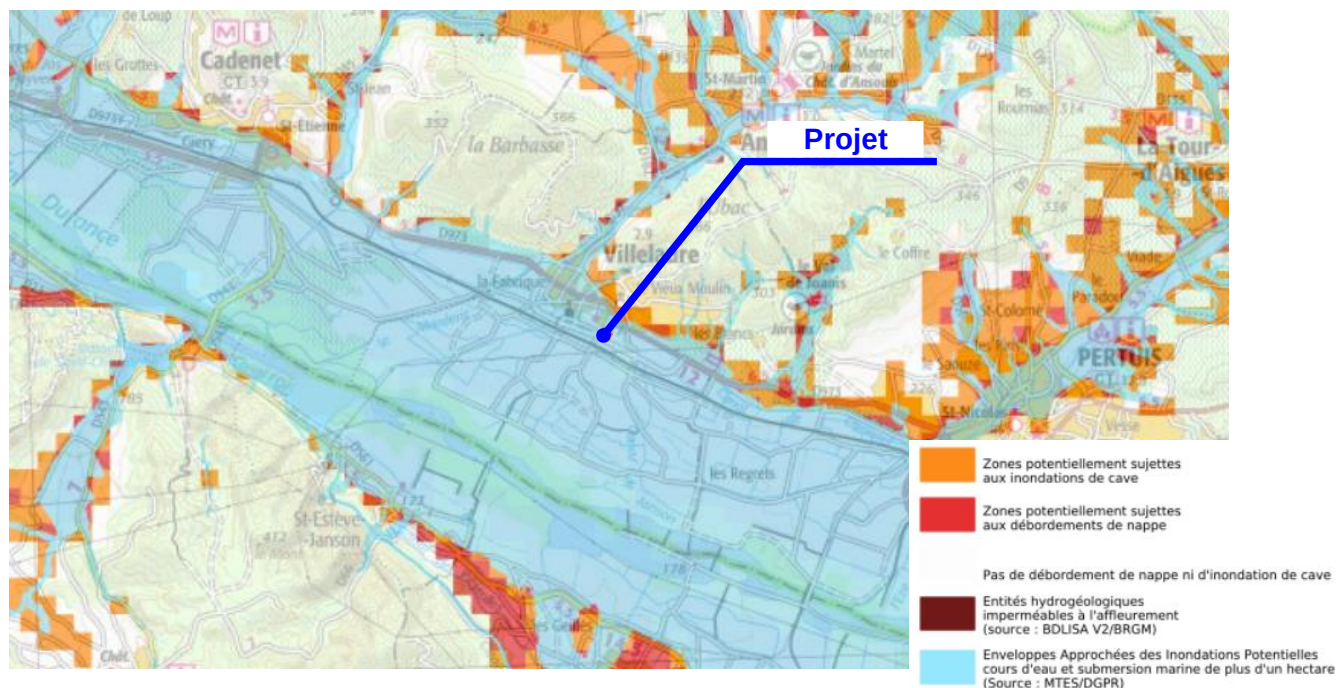
Il est de la responsabilité du Maitre d'Ouvrage de se renseigner sur le risque réel d'inondation auprès des services d'urbanisme (P.L.U. notamment).

Des dispositions de protection des ouvrages peuvent être prescrites et devront être dimensionnées par un bureau d'étude hydraulique.

1.6.4.2. *Risque de remontée de nappe*

D'après les données issues du BRGM, le site est cartographié dans une zone exposée à un risque d'inondation par remontée de nappe.

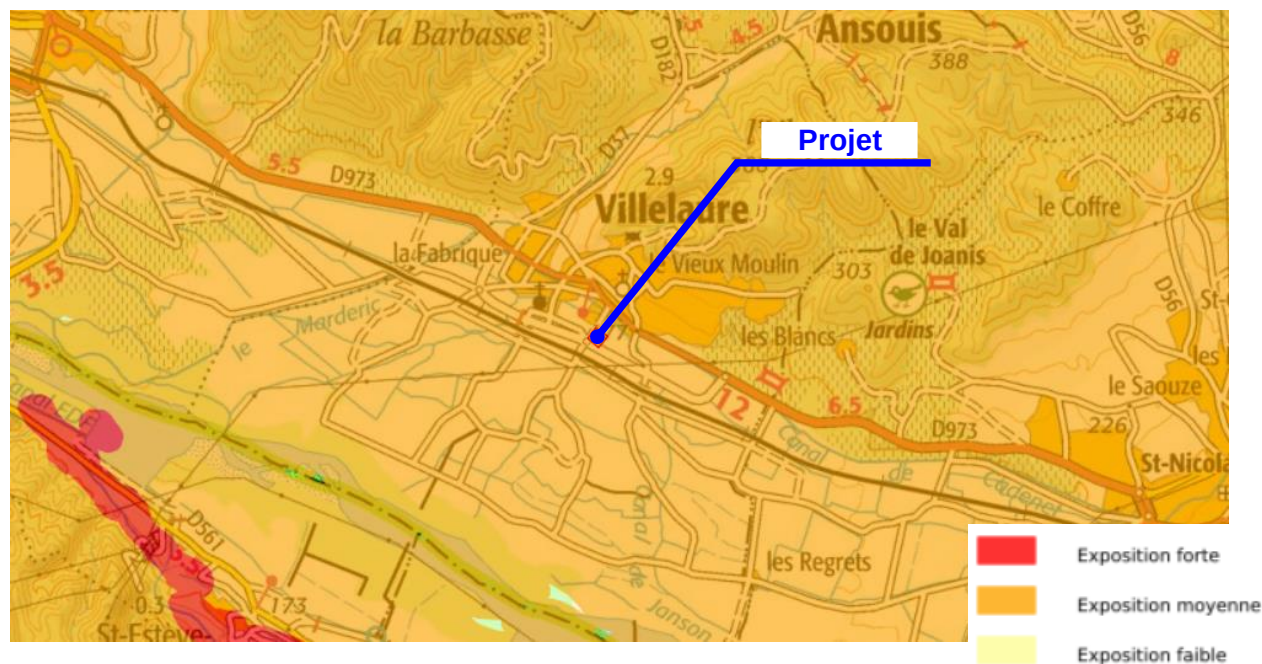
Extrait de la carte de « Remontées de nappe » du BRGM (source Infoterre) :



1.6.4.3. Sensibilité au retrait-gonflement des argiles

D'après les indications du BRGM, le projet se trouve dans une zone d'aléa moyen, vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles.

Extrait de la carte d'aléa retrait / gonflement des argiles :



1.6.4.4. **Présence de cavités**

Aucune cavité naturelle n'est référencée dans les alentours proches du site.

1.6.4.5. **Mouvements des terrains**

Aucun mouvement de terrain n'est référencé sur le site, d'après la base de données INFOTERRE.

1.6.4.6. **Risque sismique**

Selon la réglementation parasismique applicable depuis le 1^{er} mai 2011, le projet se trouve sur une commune classée en zone de sismicité 4 (sismicité moyenne).

Selon la catégorie des bâtiments pour cette zone d'aléa le décret le décret n°2010-1255 peut imposer des exigences parasismiques.

1.6.4.7. **Arrêtés de catastrophes naturelles**

A titre informatif, ci-dessous, la liste des arrêtés de catastrophes naturelles survenues sur la commune :

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	JO du
Inondations et coulées de boue	26/08/1986	26/08/1986	17/10/1986	20/11/1986
Inondations et coulées de boue	24/09/1986	24/09/1986	27/01/1987	14/02/1987
Inondations et coulées de boue	22/09/1993	24/09/1993	11/10/1993	12/10/1993
Inondations et coulées de boue	06/01/1994	12/01/1994	26/01/1994	10/02/1994
Tempête	06/11/1982	10/11/1982	30/11/1982	02/12/1982
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/2016	31/12/2016	25/07/2017	01/09/2017
Inondations et coulées de boues	01/12/2019	02/12/2019	12/12/2019	19/12/2019

(source : *Observatoire-regional-risques-paca*)

2. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

2.1. Implantation et nivellement

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

Les altitudes NGF des têtes de sondages ont été déduites du plan topographique transmis.

2.2. Investigations réalisées

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

Type de sondage	Référence	Cote mNGF	Prof. / TN	Commentaires
Sondages pressiométriques Norme NF P 94-110 Méthode de forage : tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm et taillant Ø64mm avec injection d'eau	SP1	+172.9	8m	4 essais pressiométriques
	SP2	+173.0	8m	4 essais pressiométriques
	SP3	+172.7	8m	4 essais pressiométriques Pose d'un piézomètre
	SP4	+172.3	8m	4 essais pressiométriques
Sondages carottés Méthode de forage : carottier battu Ø 110 mm / carottier rotatif Ø 90 mm	SC	+172.6	6m	Prélèvement d'un échantillon de sol entre 0.5 et 1m/TN
Sondages géologiques à la pelle mécanique	F1	+173.0	2.4m	Arrêt volontaire
	F2	+172.6	2.1m	Arrêt volontaire
	F3	+172.9	3.0m	Arrêt volontaire
	F4	+172.7	2.6m	Arrêt volontaire
	F5	+172.7	2.6m	Arrêt volontaire
	F6	+172.8	3.3m	Arrêt volontaire
	F7	+172.7	2.4m	Prélèvement d'un échantillon de sol entre 2.2 et 2.4m/TN Arrêt volontaire
	F8	+172.7	3.8m	Arrêt volontaire
	F9	+172.2	3.2m	Arrêt volontaire Réalisation des essais Matsuo
	F10	+172.5	2.6m	Arrêt volontaire

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

2.2.1. Equipements piézométriques

<i>Équipement piézométrique</i>	<i>Référence</i>	<i>Sondage</i>	<i>Prof. / TN</i>	<i>Cote NGF</i>
Tube piézométrique provisoire	PZ	SP3	8m	+172.7

2.2.2. Tests de perméabilité des sols

<i>Type d'essai de perméabilité in situ</i>	<i>Référence</i>	<i>Sondage</i>	<i>Prof. / TN</i>
Essai Matsuo	E1	F9	1.0m
	E2		1.7m

2.2.3. Essais en laboratoire

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

<i>Type d'essai</i>	<i>Quantité</i>
Teneur en eau naturelle - NF P94-050	2
Analyse granulométrique par tamisage - NF P94-056	2
Valeur au bleu du sol (VBS) - NF P94-068	2
Classification des sols (GTR) - NF P11-300	2
*Cisaillement direct consolidé lent (CD) - NF P94-071	1

* Échantillons intacts prélevés au carottier

3. SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE

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

- les échantillons remaniés prélevés à la tarière hélicoïdale avec une précision verticale de +/- 20 cm ;
- la visualisation des sols dans les sondages à la pelle (généralement limitée à 3 m de profondeur maximum ou au refus pour des raisons de capacité d'outils et de sécurité) ;
- l'observation des échantillons intacts prélevés au droit des sondages carottés ;
- les valeurs pressiométriques qui permettent de définir la compacité des sols ;
- les essais en laboratoire, notamment la valeur au bleu ou les limites d'Atterberg qui permettent d'appréhender le degré d'argilosité des sols ;
- les analyses granulométriques des sols.

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

3.1. Stratigraphie du terrain - caractéristiques mécaniques

➤ **Horizon R : Terre végétale et remblais limoneux**

Cet horizon correspond au recouvrement superficiel du terrain et à des matériaux de remblais (gravas). Il est impropre à toute construction.

- Aspect visuel : Limons avec des gravas (béton, agglomérés, reste de grillage, ...)
- Épaisseur : de 0.5m (F2) à 1.0m (SP3),
- Cote de la base : de +171.6m (F9) à +172.3mNGF (F1),
- Caractéristiques mécaniques : Aucun essai réalisé.

Des variations de nature et d'épaisseur des **remblais (R)** sont à attendre dans l'emprise du projet (présence de dépôts sauvages). Nous attirons l'attention des différents intervenants sur les points suivants :

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

➤ **Horizon S1a : Limons argileux avec des passages graveleux (galets)**

Cette formation correspond aux alluvions référencées sur le site.

- Aspect visuel : Limons argilo-sableux marrons avec des galets,
- Profondeur de la base : de 2.5m (SP3) à 3.8m (SP4),
- Cote de la base : de 168.0m (SP4) à +170.2mNGF (SP3),
- Caractéristiques mécaniques :
 - Pression limite : $0.6 \leq p_i^* \leq 1.5$ MPa,
 - Module pressiométrique (E_M) : $9 \leq E_M \leq 19$ MPa.

D'après les sondages pénétrométriques réalisés par la société VEGEO en Mai 2022, les résistances dynamiques de pointe au droit de cette horizon q_d sont comprises entre 0.5 et >20 MPa.

Notons que les refus de ces sondages ont vraisemblablement été obtenues sur le toit de passées graveleuses (galets) compactes.

➤ **Horizon S1b : Graves limono-sableuses**

Cette formation correspond à la partie inférieure des alluvions référencées sur le site et/ou à des formations de colluvions.

- Aspect visuel : Graves (galets) et limons sableux,
- Profondeur : >8m
- Cote de la base : non atteinte,
- Caractéristiques mécaniques :
 - Pression limite : $0.9 \leq p_l^* \leq 2.7$ MPa,
 - Module pressiométrique (E_M) : $5 \leq E_M \leq 17$ MPa,

3.2. Résultats d'essais en laboratoire

Le tableau suivant présente les résultats des essais en laboratoire :

Sondage	SC1	F7
Id. formation	Sol R	Sol S1a
Nature de sol	Limons argileux	Graves sablo-limoneuses
Profondeur	0.5 à 1m	2.2 à 2.4m
Propriétés physiques des sols		
Teneur en eau naturelle W_{nat} (%)	20.2	7.4
Valeur au bleu du sol VBS	2	0.6
Passant 80 μ m (%)	70	14
Classe GTR	A1	B5
Essais de cisaillement		
Angle de frottement ϕ' (°)	33	-
Cohésion drainée c' (kPa)	6	-

3.3. Sensibilité au retrait-gonflement des sols argileux

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

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

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

Le tableau ci-dessous rappelle les caractéristiques obtenues :

<i>Sol</i>	<i>Passant à 80 μm (%)</i>	<i>Valeur au bleu VBS</i>	<i>Sensibilité du sol à la variation de volume</i>
R	70	2	MOYEN
S1a	14	0.6	FAIBLE

Il résulte que les sols en place sont faiblement à moyennement sensibles au phénomène du retrait-gonflement, en fonction de la proportion en éléments fins (argiles et limons).

Toutefois, il y a lieu de prévoir des dispositions constructives spécifiques concernant les ouvrages au sol et des précautions concernant l'aménagement général de la propriété (végétation, gestion des eaux...). Ces éléments seront présentés ultérieurement dans ce rapport.

3.4. Niveaux des eaux souterraines

Aucune arrivée d'eau n'a été observée dans les sondages lors des investigations. Toutefois, nous précisons qu'elles ont été réalisées courant Novembre 2022 suite à une longue période de sécheresse.

Il convient de noter que des niveaux d'eaux avaient été relevés par la société VEGEO, lors de la réalisation des essais pénétrométriques (Mission G1PGC) en Mai 2022.

Les niveaux d'eau avaient été identifiés entre 4 et 5.4m de profondeur/TN, soit aux environs de la cote +168mNGF.

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

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

Nota : ces relevés restent ponctuels. Un suivi piézométrique associé à une étude hydrogéologique doit être effectué dans les phases ultérieures d'études afin de définir les niveaux caractéristiques de la nappe.

3.5. Perméabilité des sols

Il est rappelé que les essais de perméabilité sont réalisés sur des surfaces très limitées. Dans le cas où des pompages ou rabattements de nappe seraient nécessaires en phase chantier ou en phase d'exploitation, seuls des essais de pompage permettront d'obtenir une estimation réaliste des débits d'exhaure.

Les essais d'eau réalisés ont pour objet d'évaluer la perméabilité des sols. Le tableau ci-après présente les résultats obtenus :

<i>Formation</i>	<i>Nature du sol</i>	<i>Type d'essai</i>	<i>Profondeur (m)</i>	<i>Coefficient de perméabilité</i>	
				<i>K (m/s)</i>	<i>K (mm/h)</i>
S1a	Limons sableux	Matsuo	1.0m	2.2 E-06	7.8
S1a	Limons sableux	Matsuo	1.7m	1.9 E-06	6.9

4. APPLICATIONS GEOTECHNIQUES A L'AVANT-PROJET

4.1. Modèle géotechnique retenu

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

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

Les caractéristiques retenues sont données dans le tableau ci-après :

Id.	Description	Prof.de la base (m/TN)	Cotes de la base (mNGF)	Valeurs pressiométriques		α
				p_l^* (MPa)	E_M (MPa)	
R	Limons graveleux et remblais	0.5 à 1	+171.6 à +172.3	-	-	-
S1a	Limons argilo-sableux avec des passages graveleux à galets	2.5 à 4.3	+168.0 à +170.2	0.6 à 1.5	9 à 19	0.5
S1b	Graves limono-sableuses	>8	-	0.9 à 2.7	5 à 17	0.5

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

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

4.2. Niveaux caractéristiques des eaux souterraines

En absence de données historiques suffisantes concernant les eaux souterraines, les niveaux piézométriques caractéristiques nécessaires au projet, notamment le niveau des eaux exceptionnelles - EE, le niveau des eaux hautes – EH, le niveau des eaux fréquents - EF, ne sont pas connus.

La détermination de ces niveaux doit être effectuée dans le cadre d'une étude hydrogéologique spécifique indépendante des études géotechniques.

Nous recommandons d'engager un suivi du piézomètre mis en place, avec au moins un relevé hebdomadaire.

4.3. La zone d'influence géotechnique (ZIG)

Compte tenu de la topographie sensiblement plane du secteur du projet et des caractéristiques des ouvrages à réaliser sans locaux enterrés, et de l'absence de mitoyens et avoisinants proches, l'impact du projet en phase travaux et en phase d'exploitation est théoriquement limité au tènement du projet.

Ce point restera toutefois à valider en phase Projet.

4.4. Adaptations du projet aux conditions géotechniques

Ci-après, nous récapitulons les principales contraintes du projet au regard des conditions géotechniques du terrain et du contexte local.

- La présence de remblais hétérogènes.
- L'hétérogénéité lithologique et/ou mécanique des terrains dans l'emprise de l'ouvrage.
- La compressibilité des sols en tête.
- La présence de sols potentiellement liquéfiables.
- La sensibilité des sols aux phénomènes de retrait et/ou de gonflement. Les variations de teneur en eau au niveau de ces sols provoquent des phénomènes de variation volumique (tassements et/ou réhausses) qui peuvent être préjudiciables aux bâtiments qui sont fondés superficiellement. Les causes des variations de teneur en eau peuvent être diverses :
 - Naturelles lorsque l'on se trouve dans la zone de variation du profil hydrique,
 - Artificielles (fuite de canalisation, modification du régime de circulation des eaux superficielles, plantation d'arbres, etc...),
- La présence d'une nappe d'eau en profondeur.

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

4.5. Principes généraux de terrassements

4.5.1. Travaux préparatoires

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

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

4.5.2. Aménagement des plateformes

A ce jour, aucune cote du projet ne nous a été transmise.

A la vue de la topographie existante du site, la mise à niveau des plateformes de chantier devrait nécessiter des mouvements de terres en déblais/remblais, de l'ordre de 0.5m à 1m/TN.

4.5.2.1. **Drainage du terrain**

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

Nous rappelons que des niveaux d'eaux souterraines ont été relevés lors de la réalisation de la mission G1 PGC en Mai 2022 (société VEGEO) entre 4 et 5.4m de profondeur/TN.

Le niveau des eaux souterraines étant susceptible de remonter (site situé en zone inondable), on pourra s'attendre à la présence d'eau au niveau du fond de forme, notamment à la suite des périodes de chargement des nappes et en cas d'épisodes pluvieux prolongés.

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

En cas de remontée de nappe importante, il faudra prévoir un dispositif de rabattement dont les modalités et les dimensions sont à déterminer dans le cadre d'une étude hydrogéologique spécifique.

Nous conseillons de mettre rapidement en place un suivi piézométrique avec des relevés au moins hebdomadaires.

4.5.2.2. **Réalisation des déblais**

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

Il n'est toutefois pas exclu de rencontrer des blocs ou des vestiges en phase travaux, nécessitant l'utilisation d'outils adaptés (BRH, éclateur, etc...).

4.5.2.3. **Fond de forme**

A la vue de la nature des matériaux mis en évidence, le fond de forme sera vraisemblablement constitué de limons argilo-sableux de faible à moyenne consistance.

En cas de portance insuffisante du fond de forme après décapage et drainage du terrain (en cas de conditions météorologiques défavorables par exemple), il faudra envisager son renforcement par une des techniques suivantes :

- Un cloutage à l'aide de matériaux d'apport grossiers, type 50/150 à 100/300, à mettre en place par compactage intense et par roulement des engins de chantier,
- Une purge généralisée ou localisée et substitution avec des matériaux granulaires non sensibles à l'eau, à mettre en place par compactage,
- Un traitement in-situ à la chaux en cas de sols fins dans un état hydrique humide, en vue de réduire la sensibilité à l'eau du sol et d'en améliorer l'aptitude au compactage. Au préalable, il faudra s'assurer de la faisabilité du traitement des sols au moyen d'essais d'aptitude en laboratoire.

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

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

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

4.5.3. Conditions de talutage

En première approche et en cas de talutages, moyennant des dispositions destinées à préserver la stabilité, portant notamment sur la protection des surfaces, sur l'absence de chargements provisoires et définitifs et sur le drainage des eaux susceptibles d'atteindre les talus, ceux-ci peuvent être dressés avec des pentes de 3 H / 2 V pour une hauteur maximale de 2 m.

Les dispositions générales à prendre en compte sont les suivantes :

- Proscrire les chargements même provisoires à proximité des crêtes des talus,
- Protéger les surfaces en pente, au moyen de nappes de polyane, ou, selon les conditions hydriques, avec des géotextiles drainants, solidement fixés au sol,
- Aménager des fosses étanches de captage des eaux de ruissellement en crête et en pied de talus,
- Mettre en place un réseau de drainage relié à un exutoire stable (sans possibilité de refoulement) en cas de venues d'eau en fond de fouille.

Lors du profilage des talus, des éboulements ou des affouillements peuvent se produire notamment à la faveur de variations latérales de faciès, d'anomalies ponctuelles ou de venues d'eau localisées. Dans ce cas, il faudra suspendre les travaux et mettre en place, si nécessaire, un système de confortement provisoire (remblais d'épaulement, étaies, etc...) et prévenir le géotechnicien chargé du suivi géotechnique d'exécution en vue de proposer des mesures de confortement adaptées.

4.5.4. Conditions de réemploi des matériaux du site

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

- La terre végétale,
- Des remblais,
- Des limons argileux de recouvrement classés A1 au sens du GTR,
- Des graves sablo-limoneuses (sol S1) classées B5 au sens du GTR.

La terre végétale ainsi que les matériaux organiques seront mis en dépôt ou réutilisés uniquement dans le cadre des aménagements paysagers. Nous déconseillons le réemploi des remblais existants sur site (sol R).

La réutilisation d'un sol dépend de sa teneur en eau au moment des travaux. Des mesures de l'état hydrique par IPI et de la teneur en eau des matériaux devront être réalisées avant le démarrage des travaux et durant toute la période de terrassement pleine masse. Les consignes seront adaptées aux états hydriques rencontrés.

Les sols limoneux appartenant à la classe A1 sont réutilisables dans un état hydrique moyen (m) : Ces sols s'emploient facilement mais sont très sensibles aux conditions météorologiques (excès de teneur en eau ou compactage difficile du matériau sec). Ces matériaux sont réutilisables en l'état avec un compactage moyen, mais la portance attendue est toutefois modérée. Leur utilisation en couche de forme nécessite un traitement avec des produits à base de liants hydrauliques.

Les sols graveleux et sableux appartenant à la classe B5 peuvent être réutilisés en remblais avec un compactage moyen. Il sera nécessaire d'éliminer les plus gros blocs (taille supérieure à 250 mm) pour permettre le bon compactage.

Ils peuvent être réutilisés en remblai de réhausse ou de substitution après élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct (diam > 250 mm), arrosage pour maintien de l'état hydrique et traitement à la chaux.

Ils peuvent être réutilisés en couche de forme après élimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct (diam > 250 mm), arrosage pour maintien de l'état hydrique, traitement au liant hydraulique éventuellement associé à de la chaux et application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné.

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

Des tests d'aptitude au traitement à la chaux et au liant devront être préalablement réalisés pour valider le protocole de mise en œuvre.

4.5.5. Faisabilité du traitement in-situ des matériaux en place

Un traitement à la chaux et aux liants hydrauliques (LH) a pour objet de réduire l'état hydrique du sol et d'améliorer son aptitude au compactage en vue d'atteindre la portance nécessaire à ce type d'utilisation.

Des essais en laboratoire devront être réalisés afin de s'assurer de l'absence de sulfates (valeur limite fixée à 1%).

Une étude spécifique est à faire en phase d'études PRO afin de déterminer les dosages du traitement adaptés au sol et vis-à-vis des objectifs du projet. A noter que les sols soumis aux essais sont dans un état confiné au moment des sondages. Ces sols peuvent se trouver dans un état hydrique différents en fonction du phasage chantier.

Dans le cas de la réalisation de traitements, des contrôles de l'état hydrique des sols devront être effectués au fur et à mesure de l'avancement des travaux, dans le cadre du suivi géotechnique d'exécution pour le compte de l'entrepreneur (mission G3).

4.5.6. Conditions d'utilisation de matériaux d'apport

4.5.6.1. Utilisation en remblai de compensation altimétrique

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

Les apports devront être granulaires, insensibles à l'eau et de granulométrie continue. Il peut s'agir de matériaux de type D_2 / D_3 ou R_{21} / R_{61} .

4.5.6.2. Utilisation en couche de forme

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

Les apports devront être granulaires, insensibles à l'eau et de granulométrie continue. Il peut s'agir de matériaux de type D_2 / D_3 ou R_{21} / R_{61} .

La granulométrie des matériaux employés en couche de forme doit être comprise entre 0/40 et 0/80. La couche de réglage doit être de granulométrie 0/31.5.

4.6. Conception des voiries et parkings

Ce paragraphe traite spécifiquement des voiries (stationnements et circulations) envisagées. D'après le cahier des charges qui nous a été transmis, les voies seront destinées à accueillir un trafic VL et PL.

4.6.1. Assise de la structure de voirie (P.S.T.)

La partie supérieure des terrassements correspond actuellement à un cas de PST2 avec une portance de l'arase de classe AR1, après purge des sols de couverture impropres. Une couche de forme devra être réalisée.

En cas de PST0 ou PST1 / AR1, il conviendra de la ramener à un état PST2 / AR1 minimum en procédant à un cloutage du sol support ou à une amélioration de ce dernier (cf. § 4.5.2.3).

Dans tous les cas, un compactage du fond de forme devra être effectué à 95 % de l'OPN avec un engin adapté à la nature des sols.

Une vérification de la portance de la P.S.T. est conseillée par essais à la plaque (**Objectif EV2 > 30 MPa**) ainsi qu'une vérification visuelle de l'absence de point dur (blocs, ...).

4.6.2. Couche de forme sous voirie

La structure d'assise de la voirie de type VL/PL respectera les préconisations données ci-après :

Sur une P.S.T. de nature limono-sableuse (sol S1)	
Mise en œuvre de la structure support de voirie	- Géotextile anti-contaminant* 0.50m de couche de forme en concassé R₂₁ / R₆₁ ou GNT D₂ / D₃, de granulométrie 0/40 ou 0/80 - Compactage de la couche de forme à 95 % de l'OPM - Mise en œuvre de la couche d'assise (base et fondation) à définir par la Maîtrise d'œuvre
* non obligatoire (épaisseur de couche de forme à réduire de 10 cm si géotextile mis en œuvre)	

Pour une voirie PL, l'épaisseur de couche de forme granulaire devra être augmentée de 0.3 m.

En cas de couche de forme envisagée en sols traités, une étude spécifique devra être menée sur la base d'aptitudes au traitement conformément à la norme NF P94-100.

4.6.3. Critères de réception

Dans le cas d'une couche de forme en matériaux d'apport granulaires, les critères de réception à retenir sur la couche de forme, à l'aide d'essais à la plaque, pour une PF2- (VL) sont :

- Module $EV2 \geq 50$ MPa,
- Rapport $EV2/EV1 < 2$.

Dans le cas d'une couche de forme en matériaux d'apport granulaires, les critères de réception à retenir sur la couche de forme, à l'aide d'essais à la plaque, pour une PF2+ (PL) sont :

- Module $EV2 \geq 80$ MPa,
- Rapport $EV2/EV1 < 2$.

Dans le cas d'une couche de forme en matériaux d'apport granulaires, les critères de réception à retenir sur la couche de forme, à l'aide d'essais à la plaque, pour une PF3 sont :

- Module $EV2 \geq 120$ MPa,
- Rapport $EV2/EV1 < 2$.

Dans le cas où les portances souhaitées ne seraient pas atteintes, une adaptation de la structure support devra être envisagée. Une étude particulière sera effectuée en phase travaux dans le cadre des missions G3 et G4.

5. OUVERTURE ET REMBLAIEMENTS DE TRANCHEES

Les conditions d'exécution des tranchées de réseaux sont abordées dans les documents de référence suivants :

- Fascicule n°70,
- Guide Technique pour le Remblayage des Tranchées et Réfection des Chaussées (Guide LCPC-SETRA de mai 1994).

5.1. Terrassements en déblai

La réalisation des futures tranchées va nécessiter des terrassements d'environ 1m de profondeur.

La réalisation des déblais concernant les limons argilo-sableux et des graves limoneuses ne devrait pas poser de problème particulier au déblaiement. Toutefois, il n'est pas exclu de découvrir des blocs / passages plus compacts en phase travaux. Cela pourra alors nécessiter l'emploi d'engins spécifiques ou d'outils adaptés tels qu'un BRH, dérocteur, etc...

L'exécution des terrassements en période hivernale peut être un facteur aggravant, notamment en termes de pluviométrie, de venues d'eau, de remontée de nappe.

5.2. Dispositifs de blindage associés

La réalisation des tranchées nécessitera un blindage des fouilles. Le type de blindage à mettre en place dépend de la profondeur de la tranchée et de la nature des sols en place. Il est défini dans le fascicule n°70. Au droit du présent projet, les méthodes utilisables sont les suivantes :

- Sans blindage lorsque la profondeur est inférieure à 1.3 m et que l'on a une bonne tenue des sols ou lorsque les sols sont rocheux,
- Caisson coulissant (C),
- Blindage coulissant simple glissière (CSG),
- Blindage coulissant double glissière (CDG).

Ci-dessous, un tableau extrait du fascicule n°70 :

Profondeur de tranchée (m)	Type de blindage	DN ≤ 600 mm	DN > 600 mm
0.0 à 1.3 m	S	De+2x0.30 (min. 0.90)	De+2x0.40 (min. 1.70)
0.0 à 1.3 m	C	De+2x0.35 (min. 1.10)	De+2x0.45 (min. 1.80)
1.3 à 2.5 m	C	De+2x0.55 (min. 1.40)	De+2x0.60 (min. 1.90)
1.3 à 2.5 m	CSG	De+2x0.60 (min. 1.70)	De+2x0.65 (min. 2.00)
2.5 à 3.5 m	CSG	De+2x0.60 (min. 1.80)	De+2x0.65 (min. 2.10)
2.5 à 3.5 m	CDG	De+2x0.65 (min. 1.90)	De+2x0.70 (min. 2.20)
3.5 à 5.5 m	CDG	De+2x0.65 (min. 2.00)	De+2x0.70 (min. 2.30)
> 5.5 m	CDG	De+2x0.70 (min. 2.10)	De+2x0.80 (min. 2.60)

En cas de zone encombrée de réseaux (canalisations transversales à la tranchée par exemple), un blindage par ceinture et palfeuilles pourra être envisagé.

À ce sujet, l'entreprise devra veiller à ne pas déstabiliser les réseaux existants situés à proximité. En cas de nécessité de mise en œuvre d'un soutènement spécifique pour préserver les équipements existants, il devra être étudié et dimensionné dans le cadre d'une mission géotechnique de conception phase projet (G2 PRO).

Dans tous les cas, l'entreprise en charge des travaux devra proposer un système de blindage adapté au contexte géotechnique et à la configuration du projet. Quelle que soit la méthode utilisée, le blindage devra satisfaire aux conditions suivantes :

- Maintenir les parois de tranchées verticales et éviter ainsi la décompression du terrain,
- Être correctement mis en place sans exposer les travailleurs au risque d'éboulement,
- Être suffisamment dimensionné et résistant pour s'opposer sans déformation et sans rupture à la pression des terres,
- Protéger les constructions et aménagements voisins.

Le retrait du blindage doit généralement se faire en plusieurs phases, au fur et à mesure de la mise en œuvre de chaque couche de remblaiement.

Des variations locales ou brutales de la nature du sol et du régime hydraulique peuvent survenir en phase chantier, entre nos points de sondages. Cela implique que l'entreprise doit être en mesure de mettre en œuvre une solution palliative. Par ailleurs, le géotechnicien devra en être alerté dans le cadre des missions de suivi et de supervision géotechnique d'exécution (G3 / G4).

5.3. Fond de tranchée

Le fond de tranchée doit être réalisé avec un godet de curage en respectant les critères de planéité et les pentes prévues en fonction du besoin des réseaux.

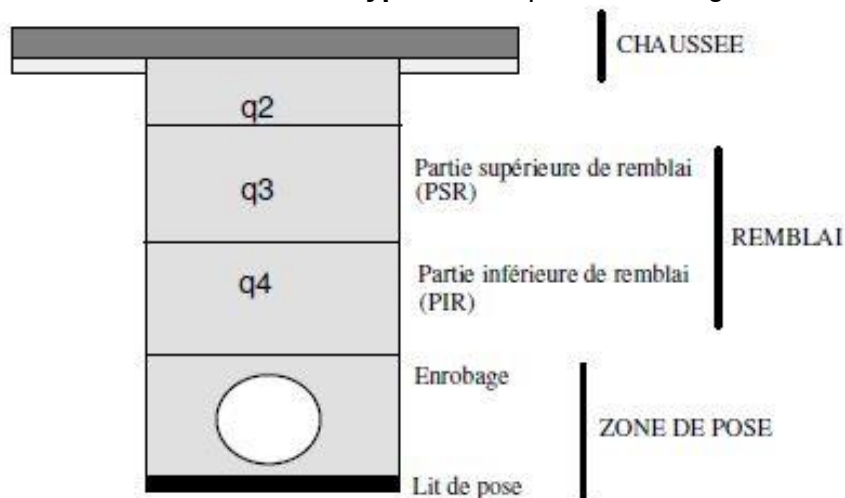
Tout matériau déstructuré ou de mauvaise qualité devra être purgé et substitué par le même matériau que celui prévu en lit de pose.

5.4. Structures de remblaiement

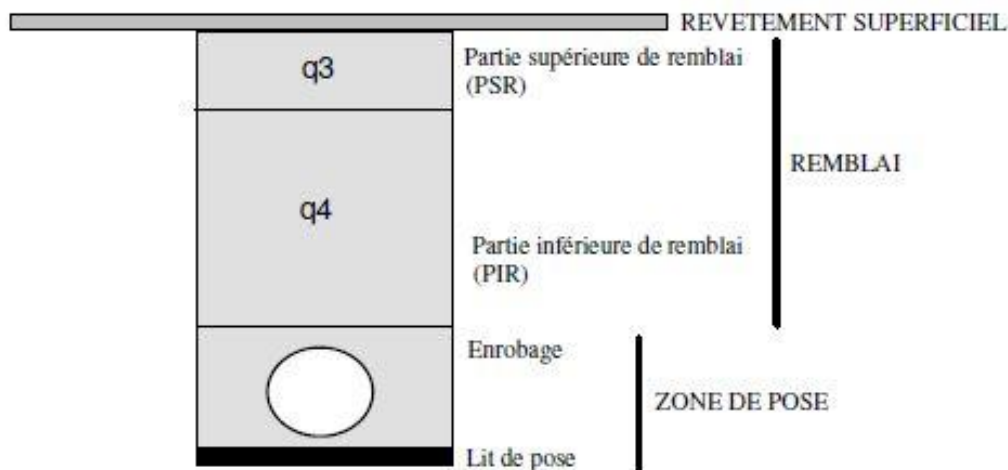
5.4.1. Types de structure

Les objectifs de densification et les croquis ci-dessous sont donnés à titre indicatif selon les recommandations du Guide Technique pour le Remblayage des Tranchées et Réfection des Chaussées (Guide LCPC-SETRA de mai 1994).

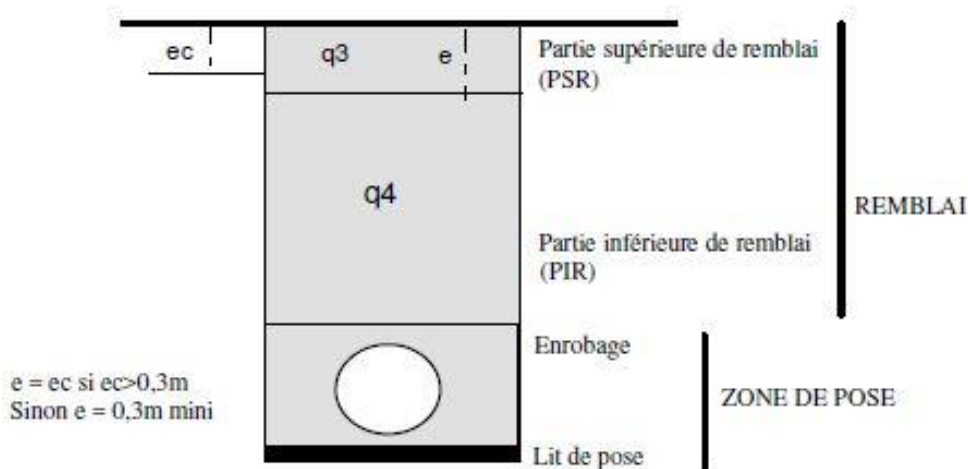
Canalisation sous chaussée : une structure de type I, correspondant à la figure ci-dessous, sera retenue :



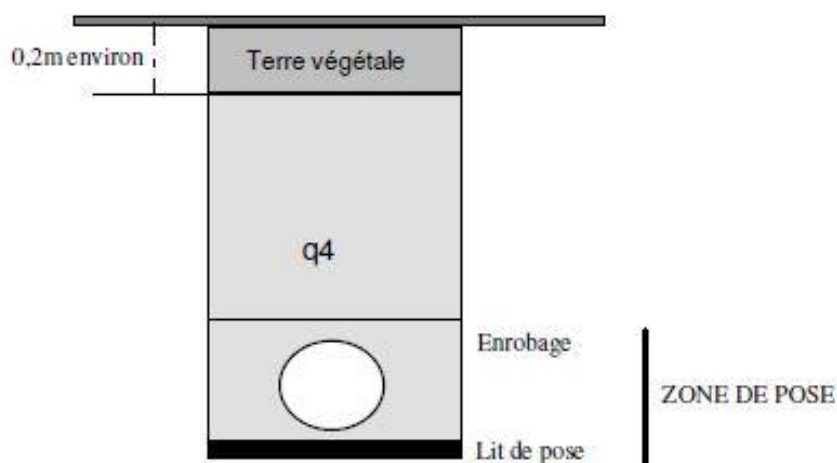
Canalisation sous trottoir : une structure de type II, correspondant à la figure ci-dessous, sera retenue :



Canalisation sous accotements : une structure de type III, correspondant à la figure ci-dessous, sera retenue :



Canalisation sous espaces verts : une structure de type IV, correspondant à la figure ci-dessous, sera retenue :



Dans tous les cas, on veillera à ce que les points suivants soient respectés :

- Fond de tranchée compacté en deux passes de compacteurs de géométrie appropriée permettant d'assurer la stabilité et la planéité du fond de la tranchée,
- Enrobage de la canalisation par des matériaux comportant peu d'éléments grossiers et non argileux de manière à ne pas offrir d'entraînement hydraulique en cas de remontée de la nappe,
- Recouvrement de la canalisation (matériau d'enrobage) sur une hauteur comprise entre 10 cm minimum et 30 cm maximum.

5.4.2. Objectifs de densification

Globalement, les objectifs de densification s'appliquent de la manière suivante :

- q5 : zone d'enrobage de canalisation,
- q4 : Partie Inférieure de Remblai (P.I.R.) et Partie Supérieure de Remblai (P.S.R.) non sollicitées par des charges lourdes,
- q3 : Partie Supérieure de Remblai subissant des sollicitations dues à l'action du trafic (épaisseur minimale de 30 cm) et couche de subsurface en l'absence de charges lourdes,
- q2 : couches d'assise de chaussée.

Les objectifs de densification correspondant sont :

Pour un objectif q4 :

- Densité sèche moyenne égal à 95 % de la densité sèche à l'Optimum Proctor Normal (O.P.N.),
- Densité en fond de couche égale à 92 % de l'O.P.N.,

Pour un objectif q3 :

- Densité sèche moyenne égal à 98.5 % de la densité sèche à l'Optimum Proctor Normal (O.P.N.),
- Densité en fond de couche égale à 95 % de l'O.P.N.,

Pour un objectif q2 :

- Densité sèche moyenne égal à 97 % de la densité sèche à l'Optimum Proctor Modifié (O.P.M.),
- Densité en fond de couche égale à 95 % de l'O.P.M.,

5.5. Matériaux utilisables

Préalablement, le fond de tranchée devra être arasé à 10 cm minimum sous la cote de la génératrice inférieure de la canalisation. Le lit de pose sera constitué de graviers insensibles à l'eau et de granulométrie 2/4 ou 4/6 mm mis en place de manière à ce qu'il ne subsiste aucun point dur sous la canalisation.

Les matériaux utilisables en zone d'enrobage devront être du groupe de sol G1 selon le fascicule n°70 (cf. tableau ci-après). Il conviendra de privilégier les sols de type B₁, B₃, D₁ ou D₂ selon le GTR et inclus dans le groupe de sol G1, ou bien de type DC₁.

Groupe de sol	Description	Matériaux correspondants selon NF P 11-300 (GTR 92)
G1	Sables et graves propres, concassés ($D_{max} < 50$ mm). Sables ou graves peu silteuses. État hydrique « h », « m » ou « s »	D ₁ , D ₂ , D ₃ DC ₁ , DC ₂ , DC ₃ B ₁ , B ₃ C ₁ B ₁ , C ₁ B ₃ , C ₂ B ₁ , C ₂ B ₃
G2	Sables ou graves peu argileux	B ₂ , B ₄ C ₁ B ₂ , C ₂ B ₂ , C ₁ B ₄ , C ₂ B ₄
G3	Sables et graves très silteux, limons peu plastiques, sables fins peu pollués ($I_p < 12$). État hydrique « h », « m » ou « s »	A ₁ B ₅ C ₁ A ₁ , C ₂ A ₁ , C ₁ B ₅
G4	Sables et graves argileux à très argileux, sables fins argileux, limons argiles et marnes peu plastiques ($I_p < 25$) État hydrique « h », « m » ou « s »	A ₂ B ₆ C ₁ A ₂ , C ₂ A ₂ , C ₁ B ₆ , C ₂ B ₆
G5	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques ($I_p > 25$). Sols G1 à G4 dans un état hydrique « th » ou « ts ».	A ₃ , A ₄ C ₁ A ₃ , C ₂ A ₃ , C ₁ A ₄ , C ₂ A ₄

Nous précisons que le matériau d'enrobage, et notamment sa granularité, doit être choisi en considérant le diamètre et la nature de la canalisation ainsi que la nature du sol d'assise.

Les matériaux d'apport utilisés pour les différentes zones du remblai devront être conformes à la norme NF P98-331 (tableaux 3 et 5).

Nota : concernant les couches avec un objectif de densification q_3 , les matériaux devront être insensibles à l'eau que ce soit dans leur état naturel ou traité. L'épaisseur de la couche est fonction du trafic (0.3 m minimum pour un trafic faible et 0.6 m minimum pour un trafic fort).

5.6. Contrôle du compactage de tranchée

La conformité des objectifs de densification du remblai doit être vérifiée par des méthodes de contrôle adaptées avant réfection du corps de chaussée ou des trottoirs.

Le contrôle du compactage devra être effectué avec l'une des méthodes suivantes :

- Un contrôle sur toute la hauteur de remblaiement à l'aide d'un pénétromètre densitographe en respectant les dispositions de la norme NF P 94-063 associée,
- Un contrôle à chaque couche unitaire de remblaiement par gammadensimètre (norme NF P94-061-1),
- Éventuellement un contrôle au pénétromètre dynamique de type DPSH-A (norme NF EN ISO 22476) sur toute la hauteur de remblaiement.

La fréquence des contrôles est fonction du linéaire de tranchée remblayée avec, au minimum, un contrôle tous les 50 m ou un contrôle par section homogène entre deux regards par exemple.

Concernant l'objectif q3, des essais à la plaque ou à la dynaplaque peuvent être effectués avec un critère de portance de 50 MPa minimum en EV2.

6. ALEAS RESIDUELS ET RISQUES ASSOCIES

A l'issue de la présente étude, les aléas et incertitudes géologiques subsistants concernent principalement :

- Les variations d'épaisseur des couches identifiées. Au stade de l'exécution, la supervision géotechnique doit intervenir pour vérifier la présence des sols conformes aux résultats des études, ou, à défaut, pour définir en coordination avec la Maîtrise d'œuvre, les adaptations à envisager.
- Le niveau effectif de la nappe en situation extrême (eaux hautes et eaux exceptionnelles) et en phase travaux. Un suivi piézométrique est à mettre en place rapidement pour suivre les fluctuations de la nappe.
- La présence de vestiges enterrés non identifiés. En cas de rencontre il faudra évaluer l'importance des vestiges en vue de déterminer les mesures à prendre.
- Les éventuels remaniements du terrain ultérieurs à notre intervention.

Ces aléas et incertitudes résiduels peuvent présenter des risques pour le projet aussi bien en termes de coût que de délais. Ils peuvent être réduits par des investigations et prestations complémentaires tels que :

- Relevés topographiques,
- Recherches historiques,
- Sondages complémentaires,
- Étude hydrogéologique spécifique avec au préalable la pose et le suivi de piézomètres.

7. CONDITIONS GENERALES DE VALIDITE DU RAPPORT

Le présent rapport a été établi en fonction des données transmises. Il conclut la mission G2 phase AVP qui nous a été confiée par La Communauté Territoriale Sud Luberon (COTELUB).

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

Selon l'enchaînement des missions géotechniques préconisés par la norme NF P94-500, une étude géotechnique de conception phase projet (G2 PRO) doit être envisagée en collaboration avec les différents intervenants du projet afin de réduire les aléas géotechniques.

GEOTECHNIQUE SAS reste donc à la disposition de la Maitrise d'Ouvrage pour tout renseignement complémentaire et pour la réalisation des missions ultérieures (études G2 PRO et G4 notamment).

Rédacteur
Célia GRIMAL
Chargée d'affaire

Vérificateur
Maurad SENOUSI
Directeur opérationnel

Annexe 1 : Extrait de la norme NF P94-500 de novembre 2013

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

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

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

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

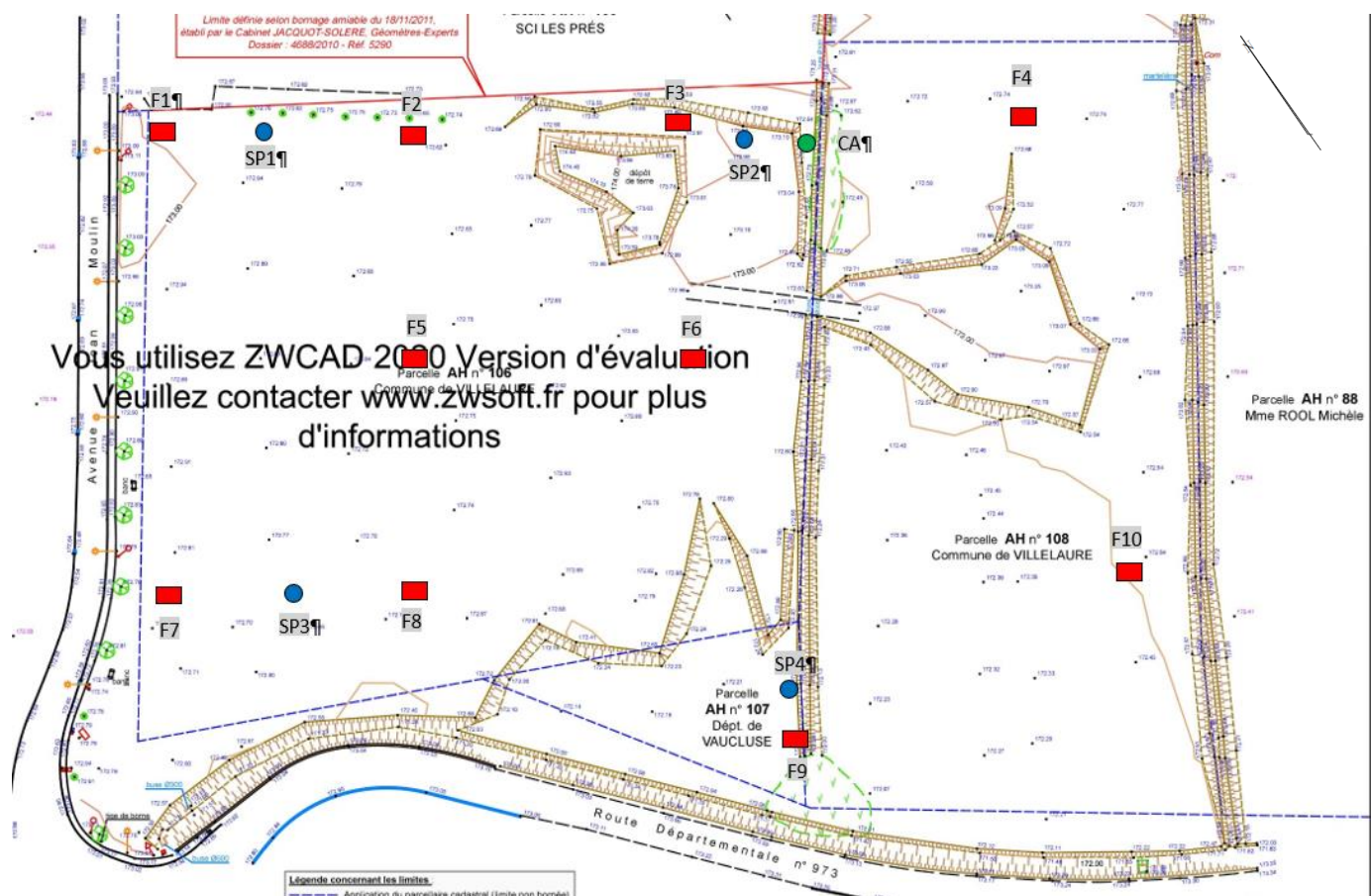
Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou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

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

Annexe 2 : Conditions de validité de l'étude

- 1 - Le présent rapport et ses annexes sont indissociables. Il est basé sur un nombre limité de sondages et de mesures et sur les renseignements concernant le projet remis à GEOTECHNIQUE SAS au moment de la reconnaissance géotechnique. L'analyse et les recommandations soumises dans ce rapport sont basées sur les résultats obtenus à partir des sondages dont l'emplacement est indiqué sur le plan d'implantation joint en annexe, et sur toutes les informations données dans ce rapport.
- 2 - Ce rapport ne peut pas prendre en compte les variations éventuelles entre sondages. L'étude de sol étant basée sur un nombre limité de sondages, la continuité des couches de sols entre sondages ne peut être garantie et une adaptation du projet de fondation en fonction de l'hétérogénéité des sols est normale et ne peut être reprochée à GEOTECHNIQUE SAS.
- 3 - Toute étude réalisée à partir d'une esquisse ou d'un plan de principe nécessitera une seconde étude spécifique adaptée au projet retenu. Le but de ce rapport est limité au projet et à la localisation décrite ci-avant.
- 4 - Tout changement d'implantation ou de structure des constructions par rapport aux hypothèses de départ sera communiqué à GEOTECHNIQUE SAS qui donnera ou non son accord, selon que ces changements modifient les conclusions de l'étude.
- 5 - Les éléments nouveaux mis à jour en cours des travaux de fondations et non détectés lors de la reconnaissance devront être signalés à GEOTECHNIQUE SAS afin d'étudier les adaptations nécessaires.
- 6 - Nous recommandons que toutes les opérations de construction en relation avec les terrassements et les fondations soient inspectées par un ingénieur géotechnicien afin d'assurer que les dispositions constructives soient totalement accomplies pendant les travaux.

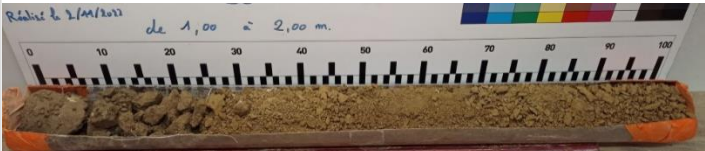
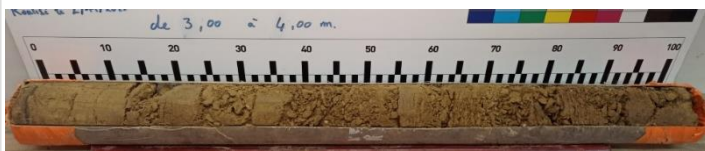
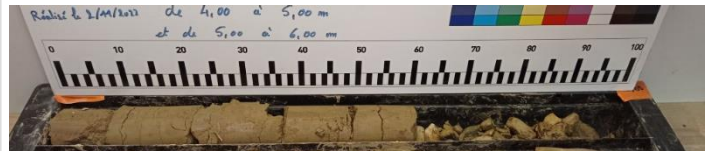
Annexe 3 : Implantation des sondages



Plan d'implantation des sondages	
COTELUB	
Dossier VJt2022-10-82-	● : Sondage carotté ● : Sondage pressiométrique ■ : Sondage à la pelle mécanique
VILLELAURE (84)	Sans échelle

Annexe 4 : Coupes de sondages

 Dossier 2022-10-82 Client COTELUB	Forage	SC1-COTELUB	
	Machine		
	Outil de forage		
	Diamètre de l'outil		
		Paramètres de forage Date de début Cote début 12/12/2022 Cote fin Date de fin 12/12/2022 Longueur	

Alt. (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Description de l'échantillon
172.5	0		Terre végétale	
172	0.5		Limons argileux avec des graves	
171.5	1			
171	1.5		Limons argilo-sableux	
170.5	2			
170	2.5			
169.5	3			
169	3.5		Graves limoneuses	
168.5	4			
168	4.5			
167.5	5			
167	5.5			
166.5	6			
166	6.5			

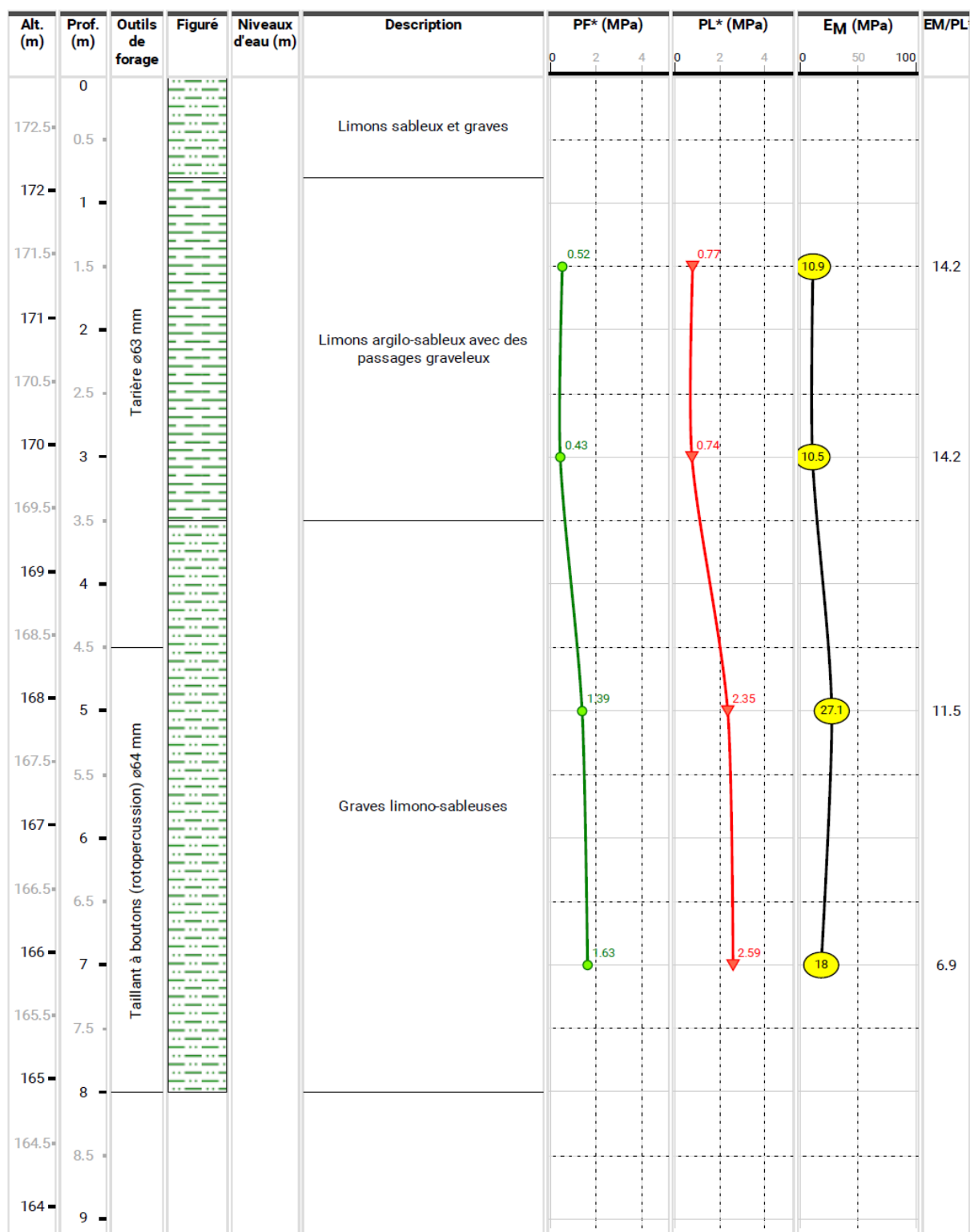


Dossier
2022-10-82
Client
COTELUB

Forage
SP1-COTELUB
Machine
Outil de forage
Diamètre de l'outil

Paramètres de forage

Date de début 28/11/2022 Cote début
Date de fin 28/11/2022 Cote fin
Longueur



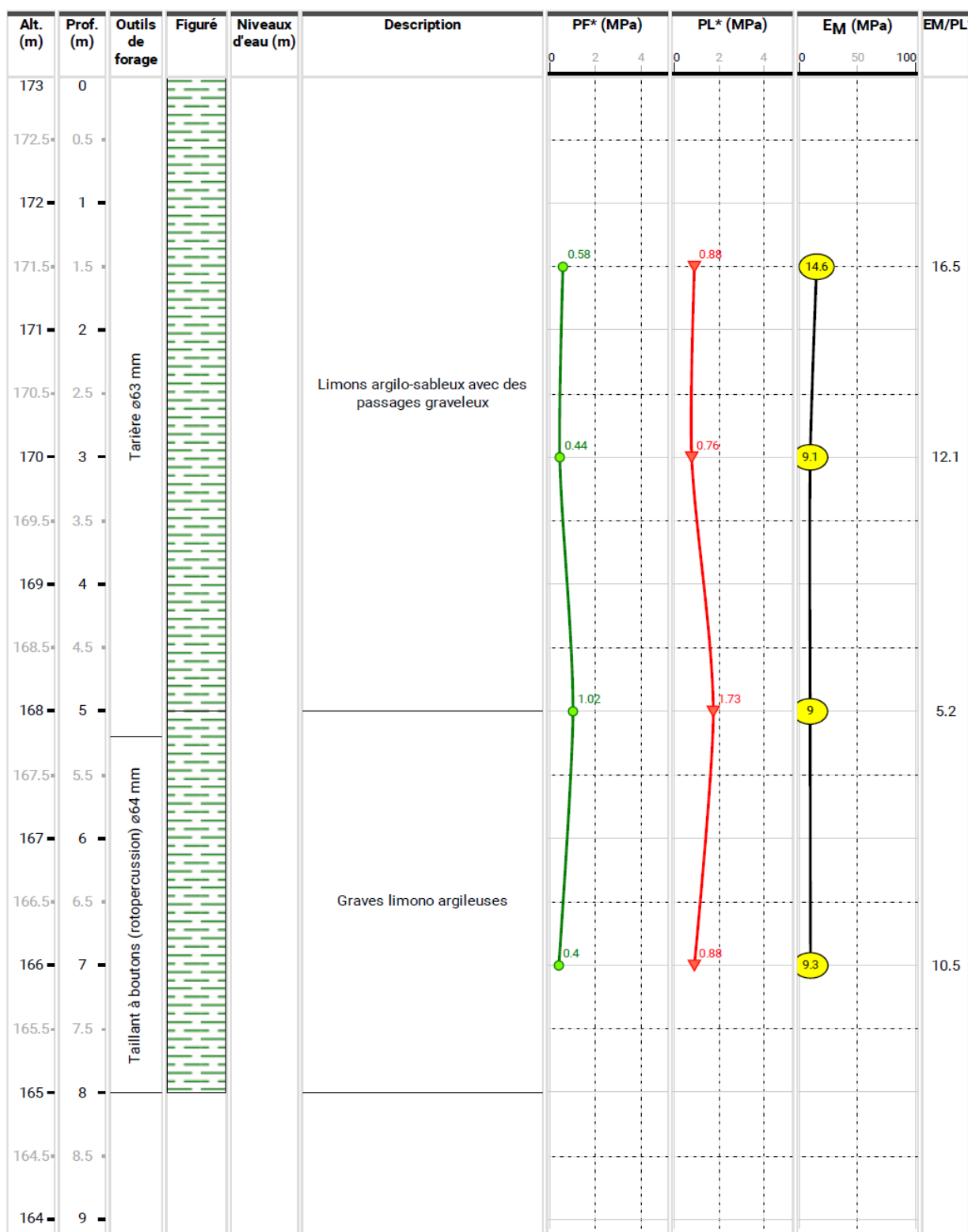


Dossier
2022-10-82
Client
COTELUB

Forage
SP2-COTELUB
Machine
Outil de forage
Diamètre de l'outil

Paramètres de forage

Date de début
28/11/2022
Date de fin
28/11/2022
Longueur
Cote début
Cote fin





geolog4.com

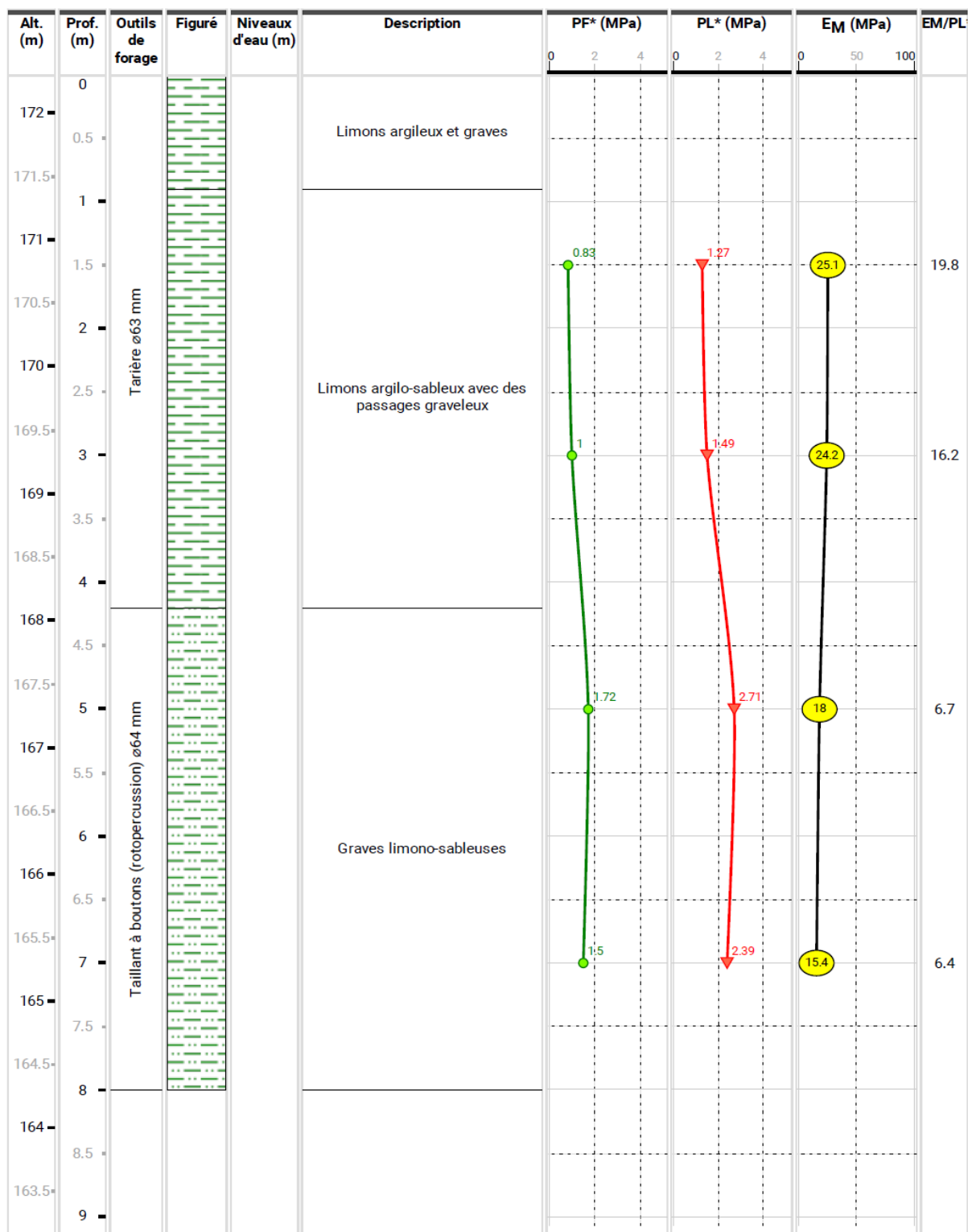


Dossier
2022-10-82
Client
COTELUB

Forage
SP4-COTELUB
Machine
Outil de forage
Diamètre de l'outil

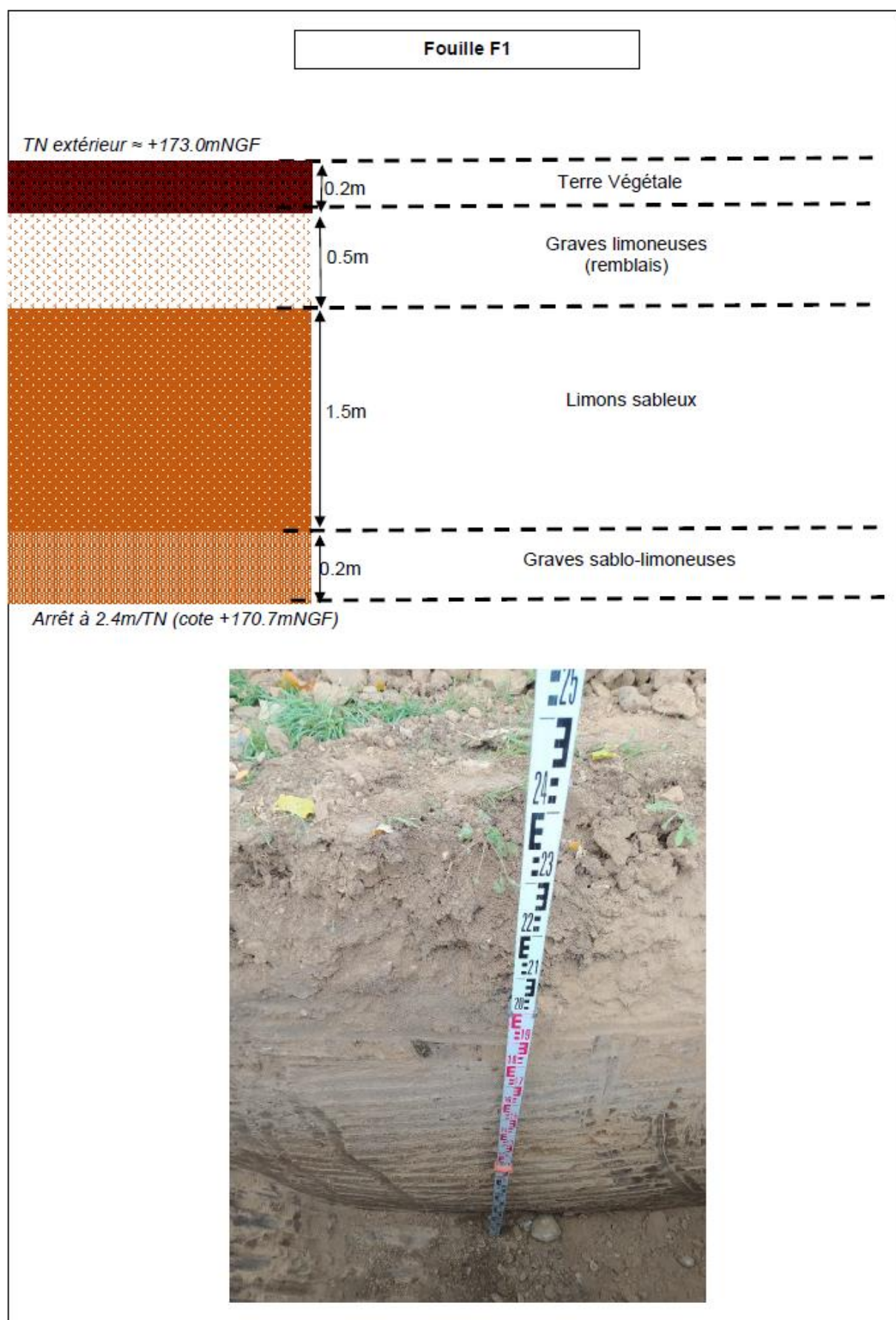
Paramètres de forage

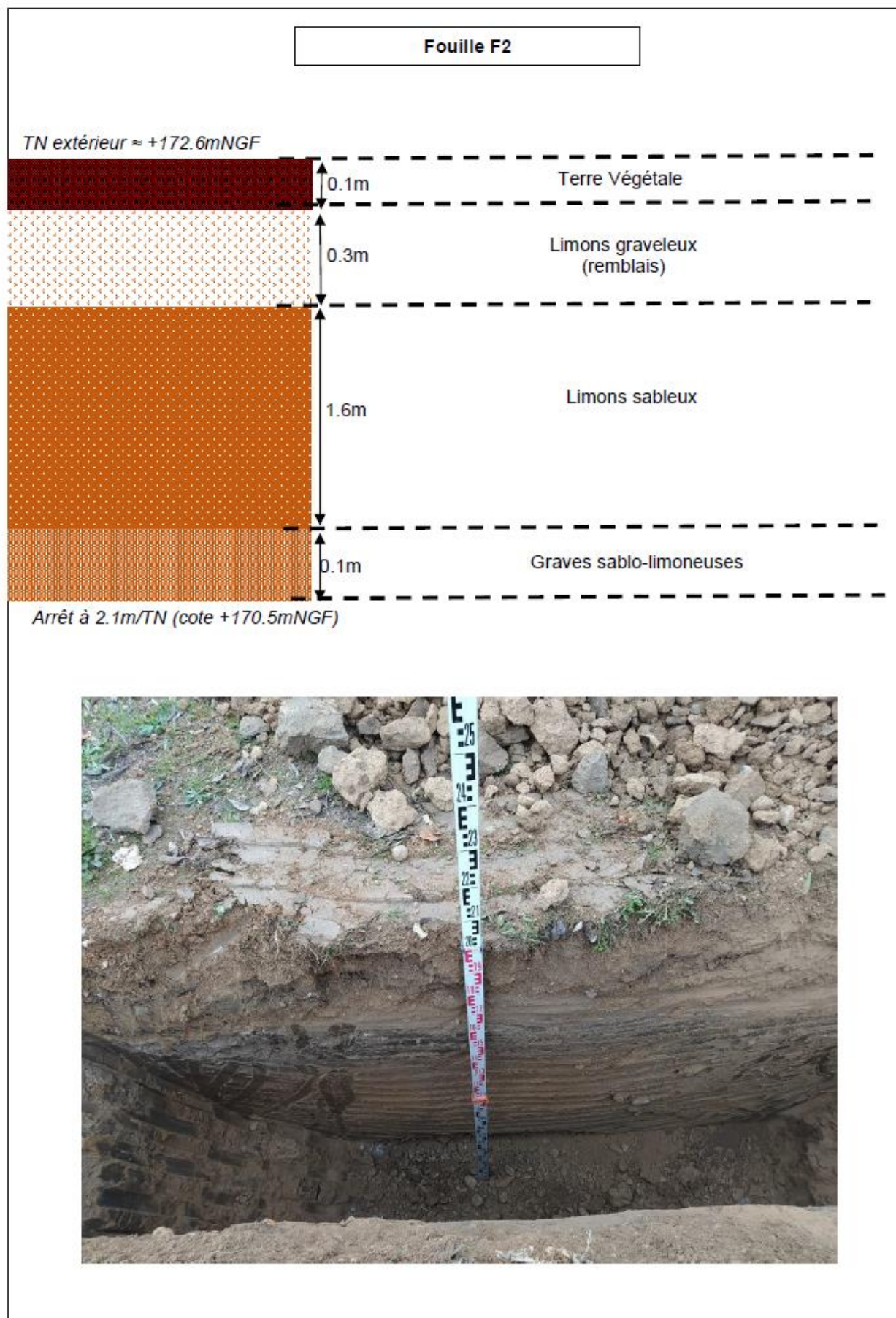
Date de début
28/11/2022
Date de fin
28/11/2022
Longueur
Cote début
Cote fin

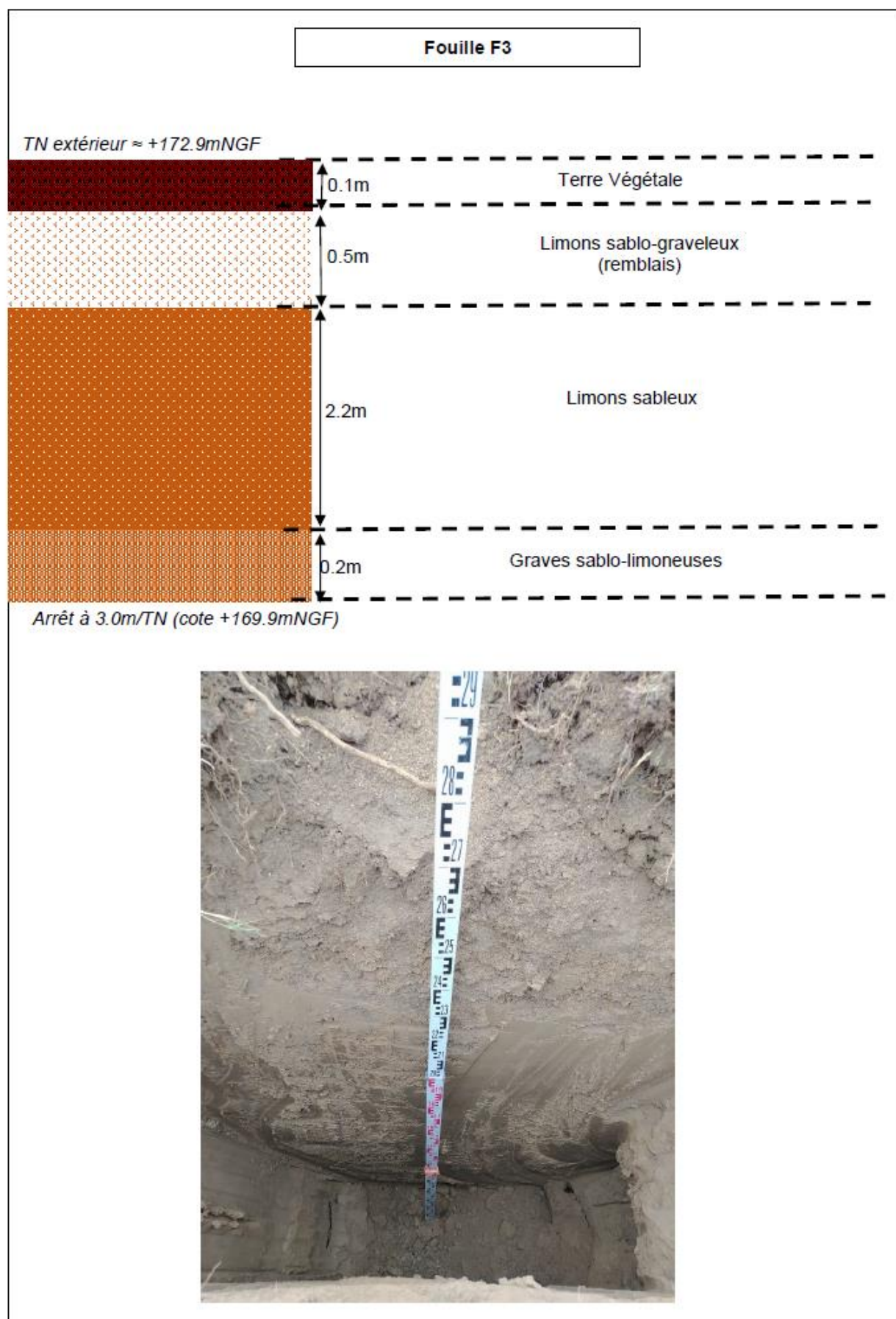


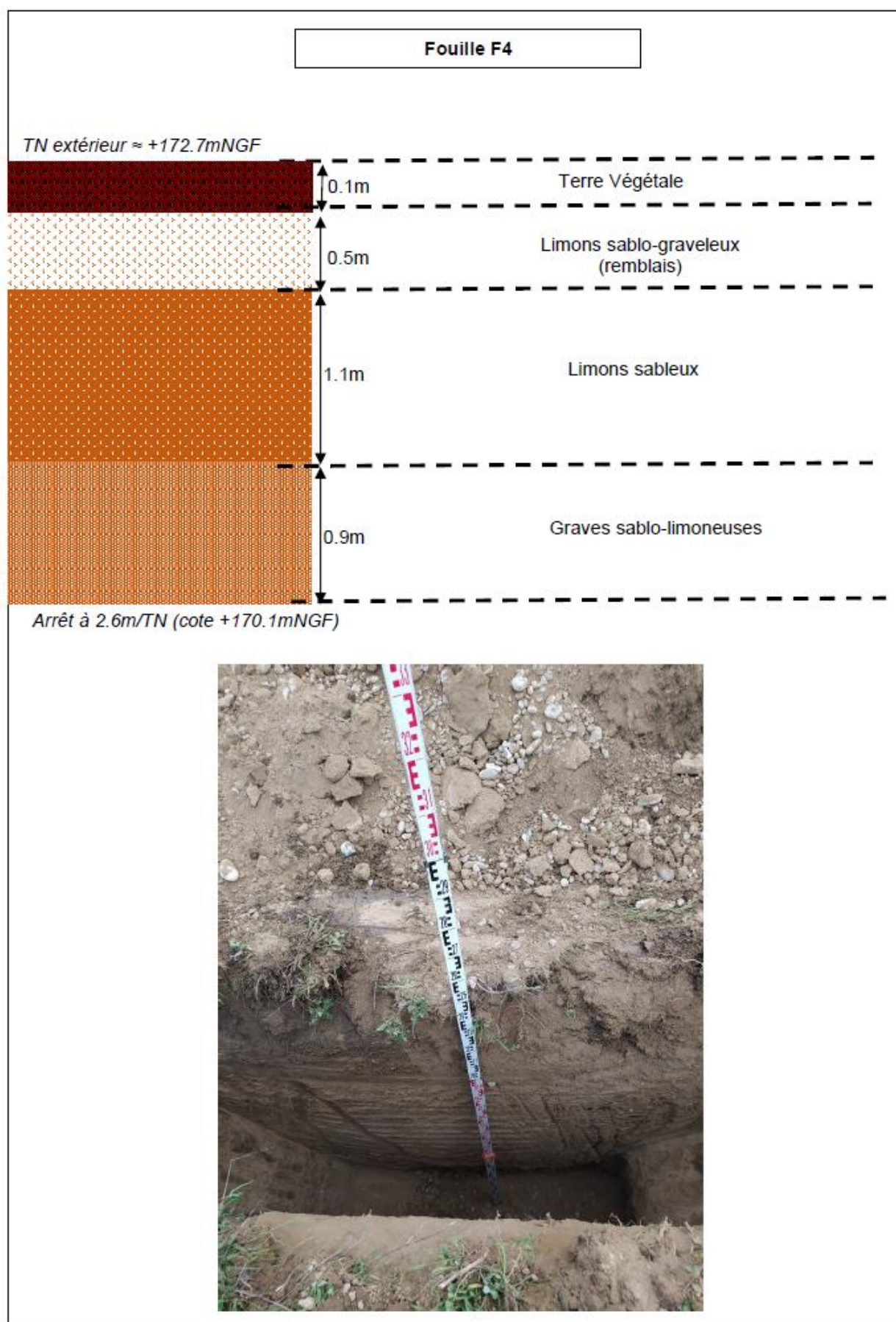
LIM 2009 - 2022 - <http://www.lim.eu>

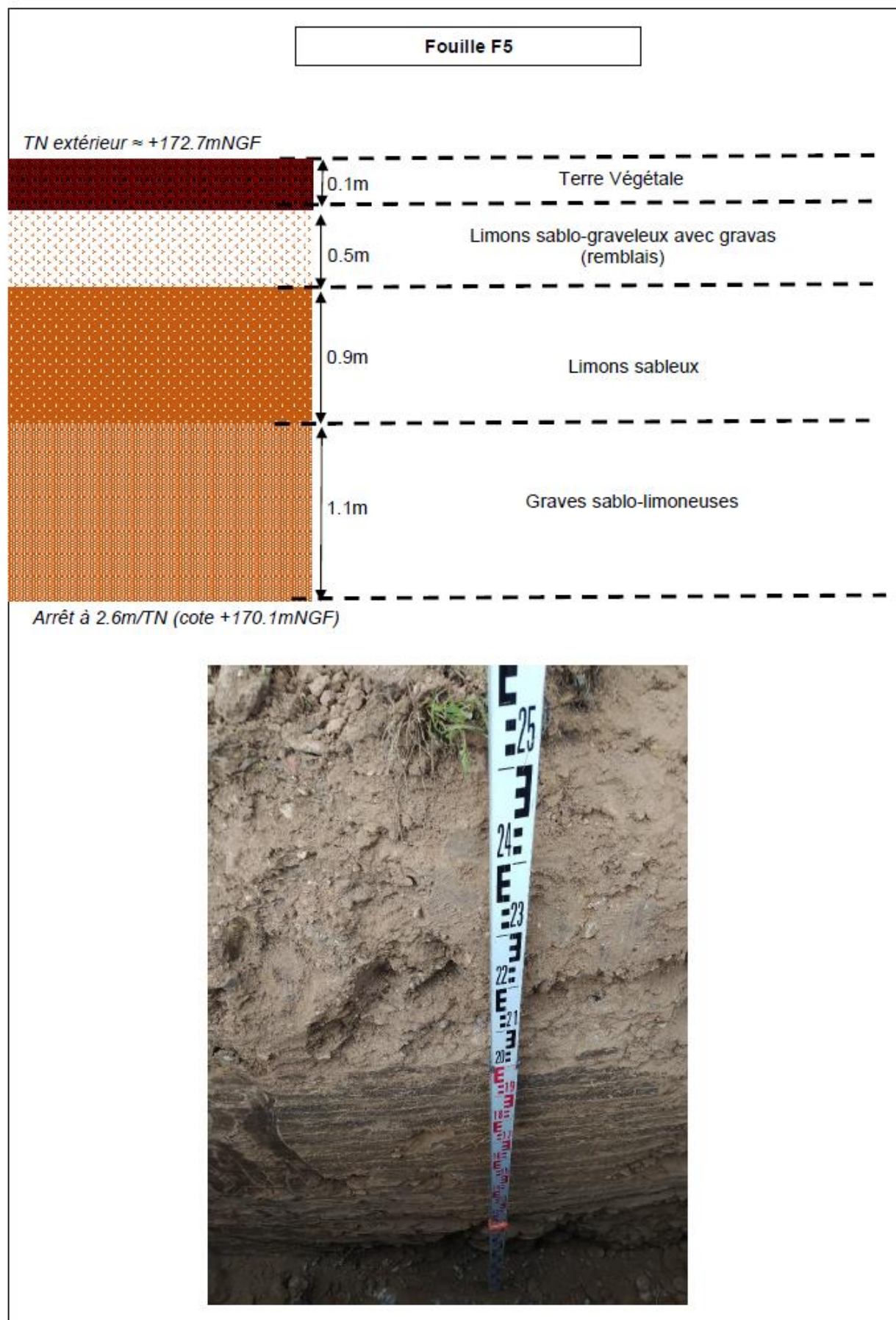
geolog4.com

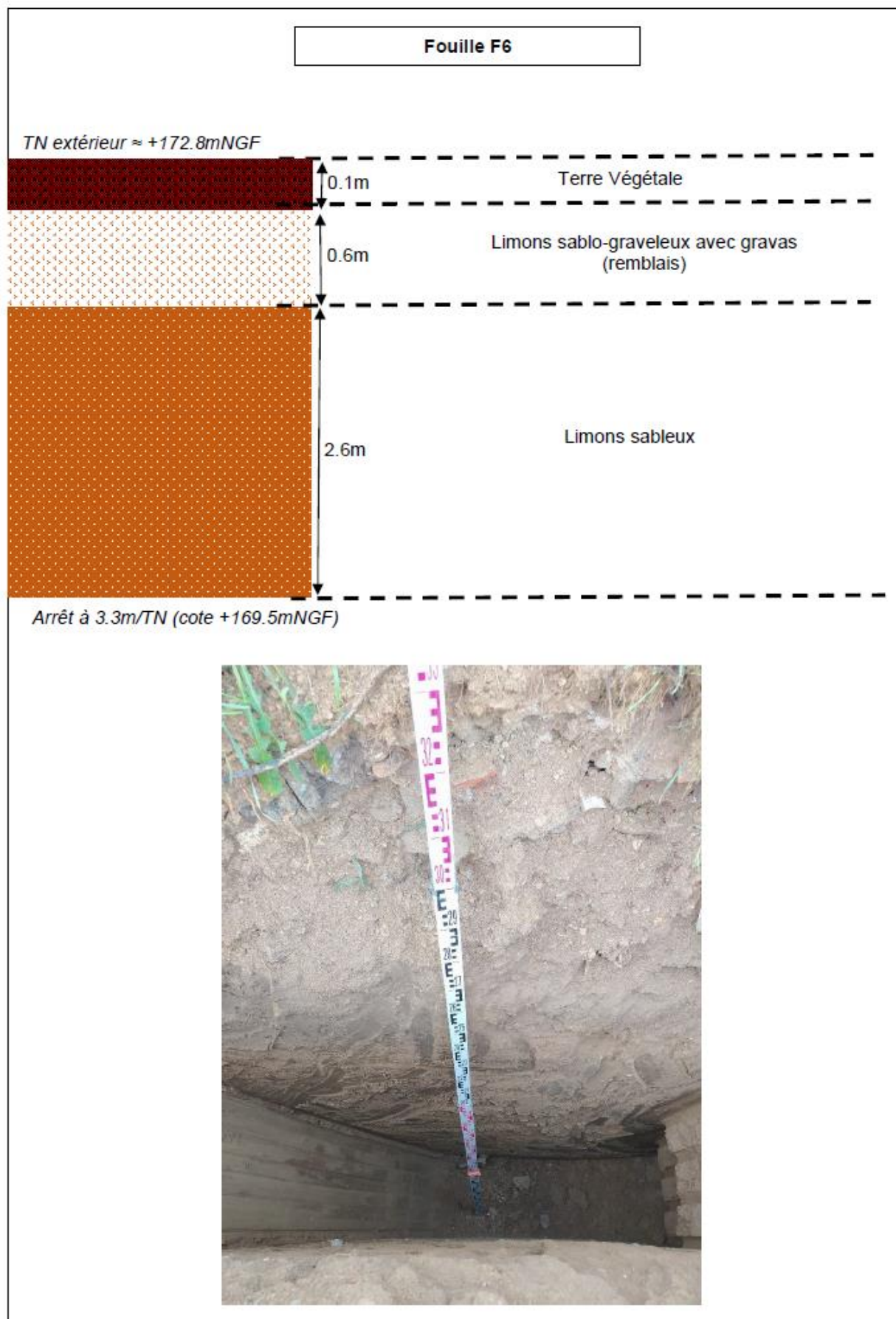


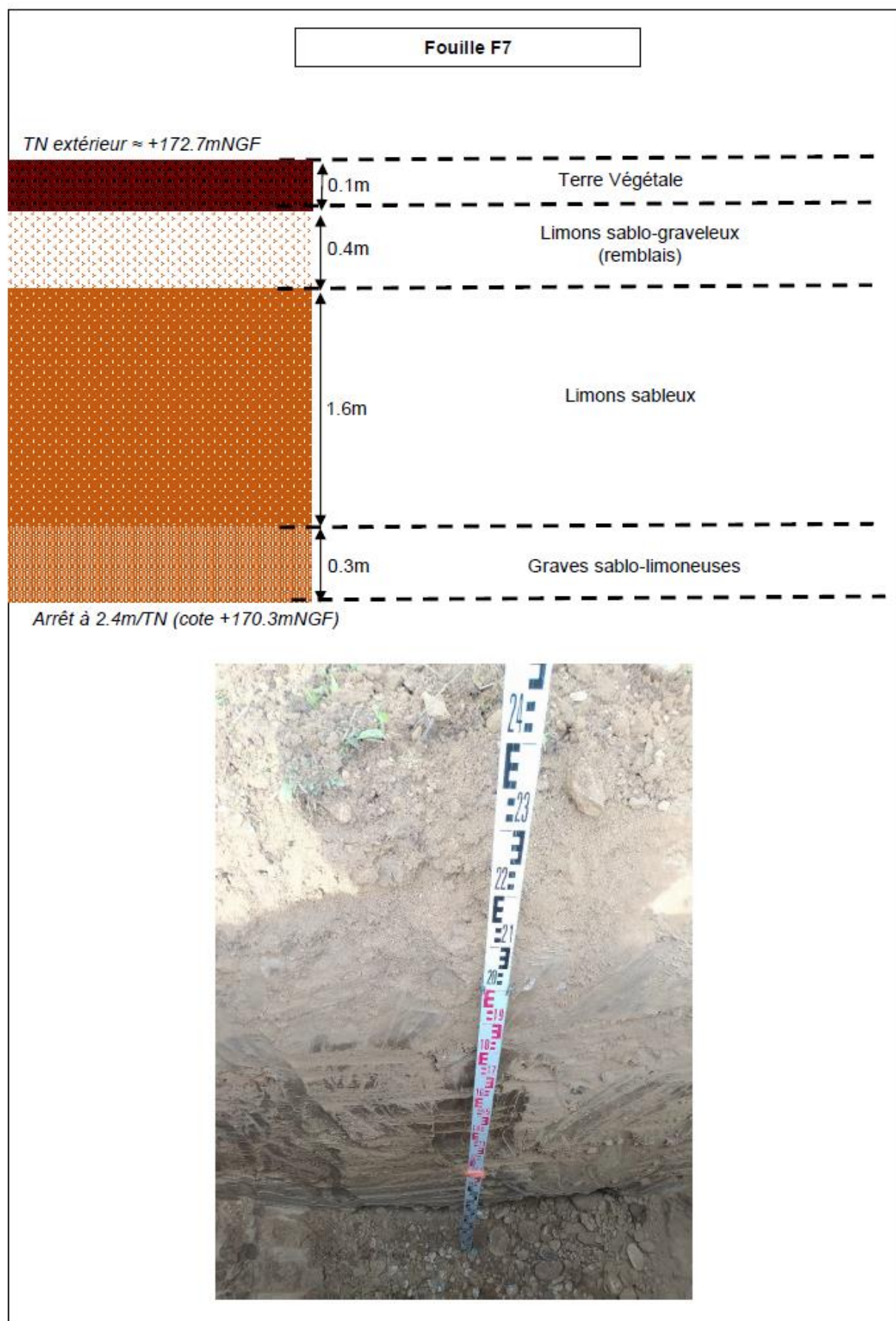


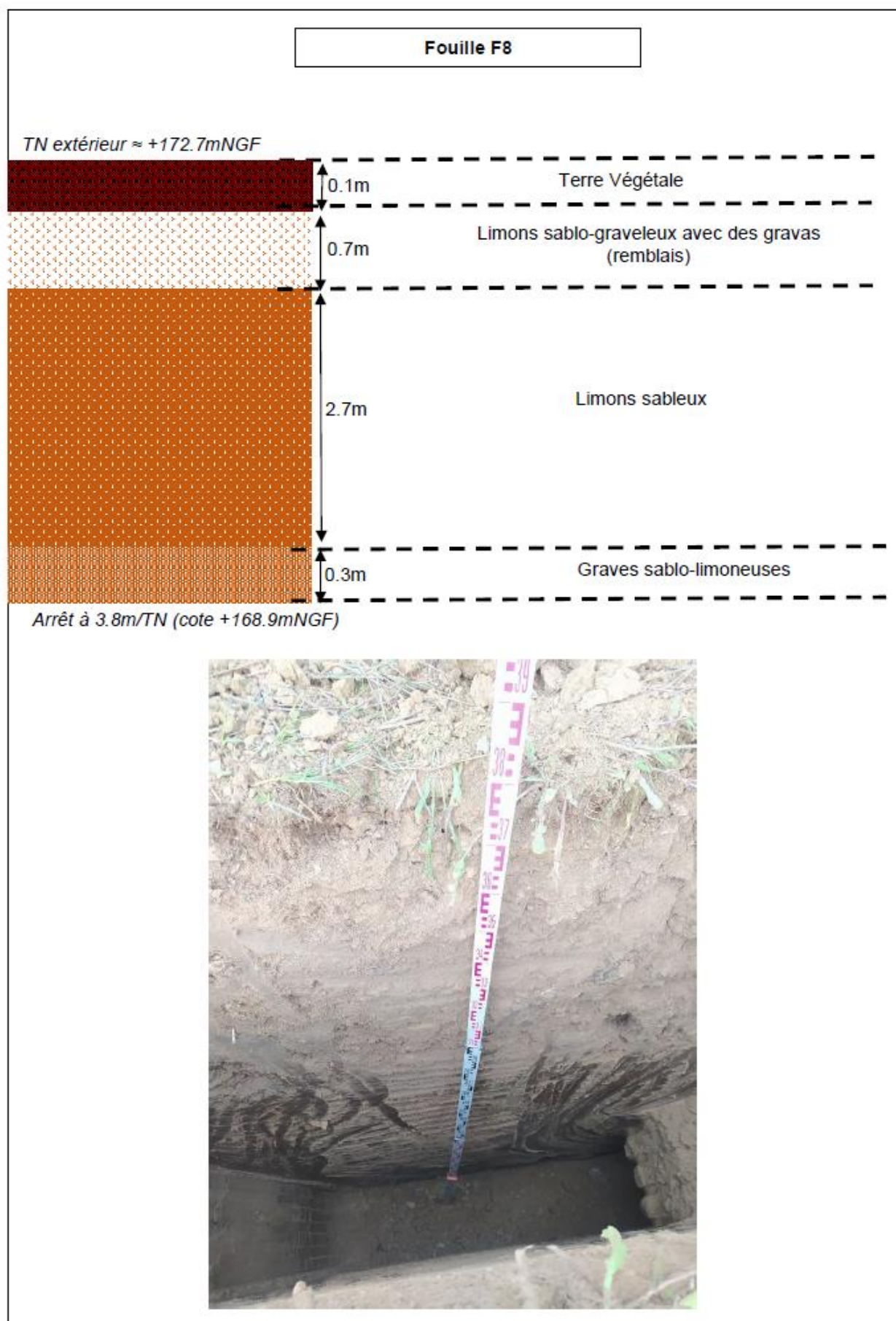


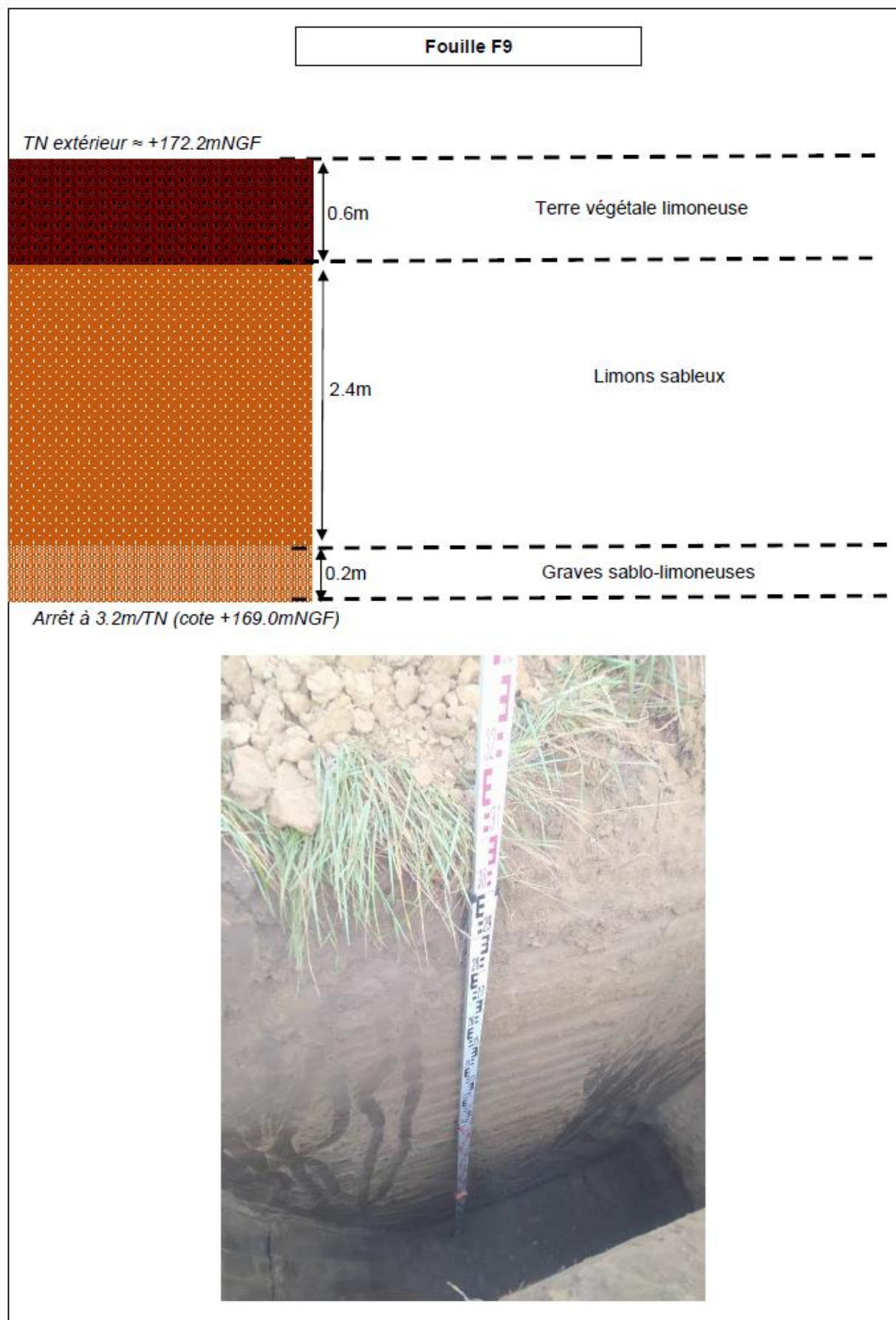


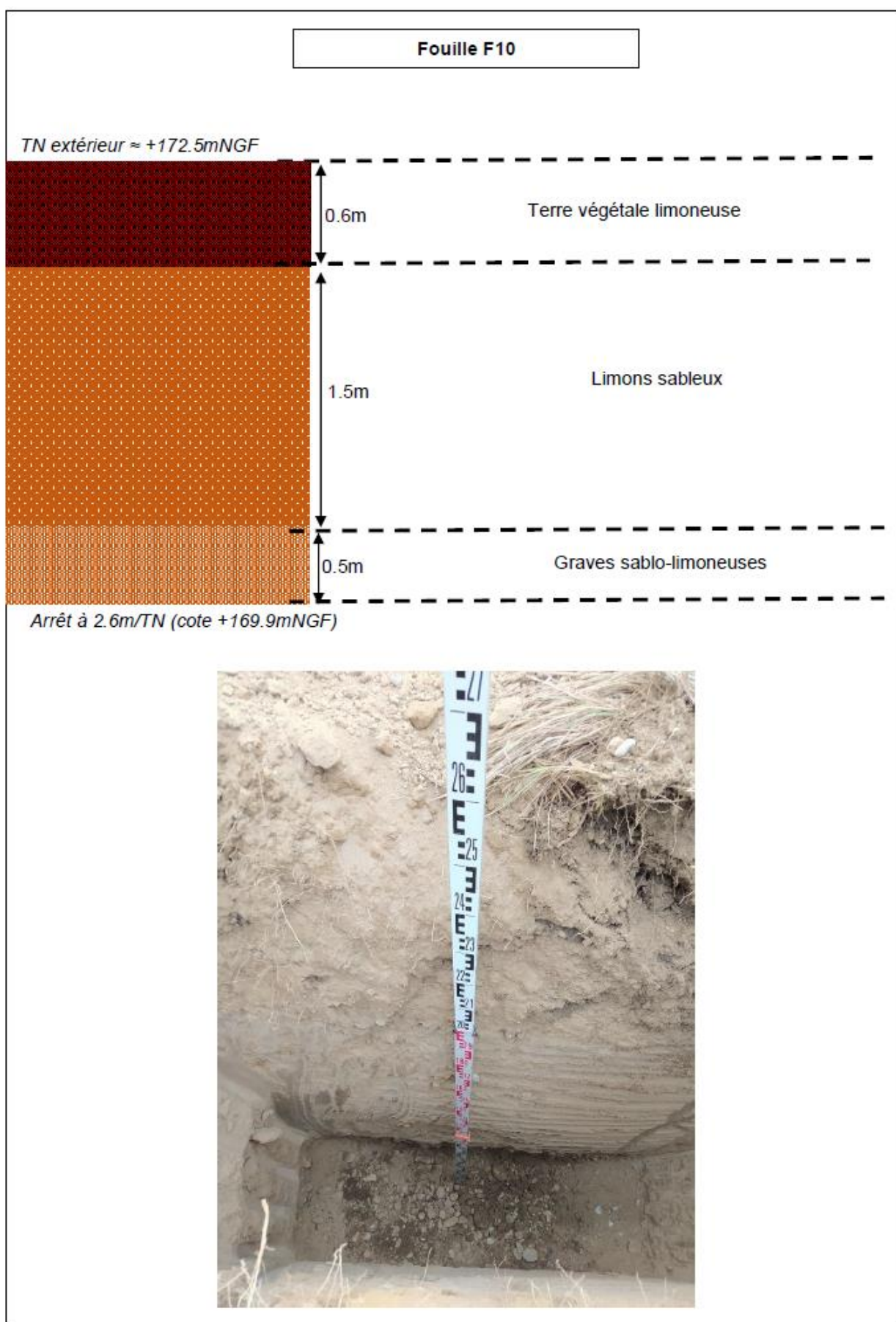












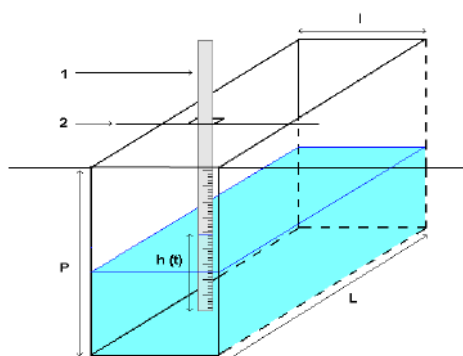
Annexe 5 : Essais de perméabilité



PROCES VERBAL ESSAI D'INFILTRATION A LA FOSSE (essai à charge variable)

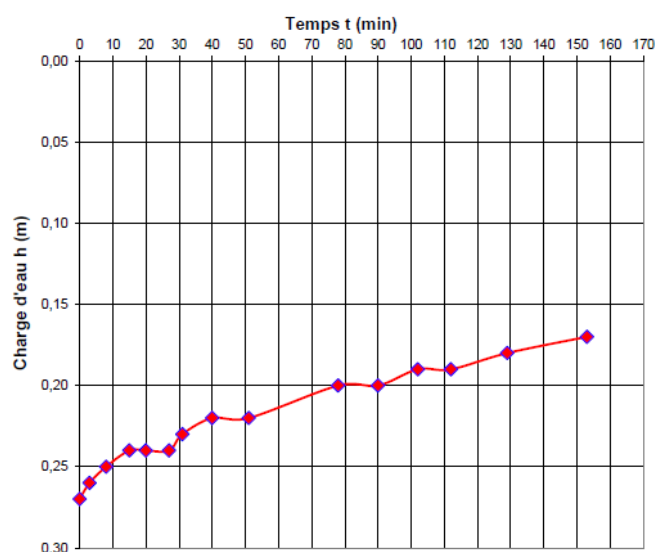
Dossier n° :	2022-10-82
Client :	COTELUB
Lieu :	VILLELAURE (84)
Sondage n° :	F9-E1
Date de l'essai :	02/12/2022

CONDITIONS DE REALISATION DE L'ESSAI			
Profondeur	P =	1,00 m	Matériels utilisés
Longueur	L =	0,70 m	Minipelle 3 tonnes
Largeur	I =	0,30 m	Citerne
			Facteur de forme C = 0,11



IMPLANTATION DU SONDAGE		
X =	Y =	Z _{TN} = 172,20 m NGF

Temps		Hauteur d'eau par rapport au fond	Valeurs de perméabilité K (mesurée entre deux points de mesures)
(hh:mm)	(min)		
09:15	0	0,270 m	-
09:18	3	0,260 m	1,58E-05 m/s
09:23	8	0,250 m	9,72E-06 m/s
09:30	15	0,240 m	7,14E-06 m/s
09:35	20	0,240 m	0,00E+00 m/s
09:42	27	0,240 m	0,00E+00 m/s
09:46	31	0,230 m	1,29E-05 m/s
09:55	40	0,220 m	5,89E-06 m/s
10:06	51	0,220 m	0,00E+00 m/s
10:33	78	0,200 m	4,12E-06 m/s
10:45	90	0,200 m	0,00E+00 m/s
10:57	102	0,190 m	4,86E-06 m/s
11:07	112	0,190 m	0,00E+00 m/s
11:24	129	0,180 m	3,55E-06 m/s
11:48	153	0,170 m	2,60E-06 m/s



COUPE DE SOL	
Nature du matériau	Profondeur

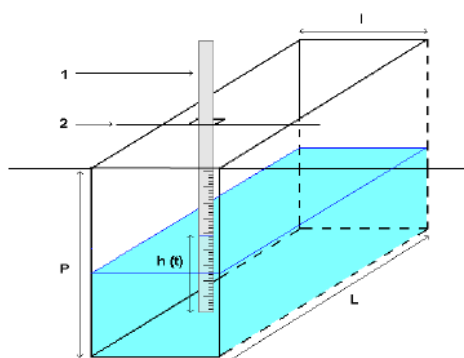
RESULTATS DE L'ESSAI			
Pas de temps retenu :	de	45 min	à 240 min
K =	2,2E-06 m/s	soit	7,8 mm/h



PROCES VERBAL
ESSAI D'INFILTRATION A LA FOSSE
(essai à charge variable)

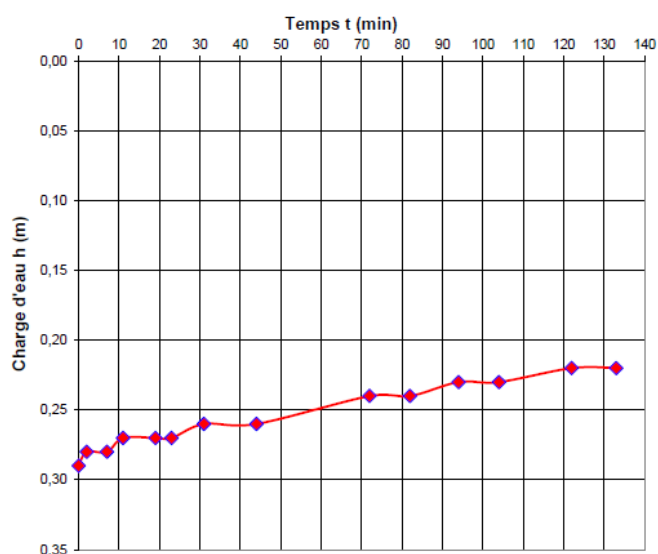
Dossier n° :	2022-10-82
Client :	COTELUB
Lieu :	VILLELAURE (84)
Sondage n° :	F9-E2
Date de l'essai :	02/12/2022

CONDITIONS DE REALISATION DE L'ESSAI			
Profondeur	P =	1,72 m	Matériels utilisés
Longueur	L =	1,00 m	Minipelle 3 tonnes
Largeur	I =	0,30 m	Citerne
			Facteur de forme C = 0,12



IMPLANTATION DU SONDAGE		
X =	Y =	Z _{TN} = 172,20 m NGF

Temps		Hauteur d'eau par rapport au fond	Valeurs de perméabilité K (mesurée entre deux points de mesures)
(hh:min)	(min)		
09:23	0	0,290 m	-
09:25	2	0,280 m	2,40E-05 m/s
09:30	7	0,280 m	0,00E+00 m/s
09:34	11	0,270 m	1,23E-05 m/s
09:42	19	0,270 m	0,00E+00 m/s
09:46	23	0,270 m	0,00E+00 m/s
09:54	31	0,260 m	6,32E-06 m/s
10:07	44	0,260 m	0,00E+00 m/s
10:35	72	0,240 m	3,76E-06 m/s
10:45	82	0,240 m	0,00E+00 m/s
10:57	94	0,230 m	4,57E-06 m/s
11:07	104	0,230 m	0,00E+00 m/s
11:25	122	0,220 m	3,14E-06 m/s
11:36	133	0,220 m	0,00E+00 m/s



COUPE DE SOL	
Nature du matériau	Profondeur

RESULTATS DE L'ESSAI			
Pas de temps retenu :	de	45 min	à 240 min
K =	1,9E-06 m/s	soit	6,9 mm/h

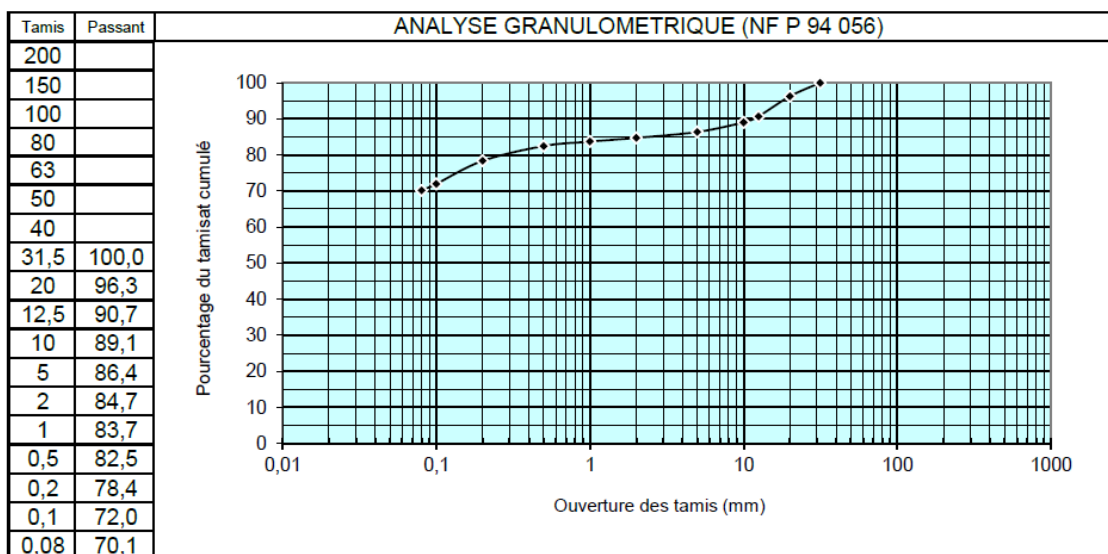
Annexe 6 : Essais en laboratoire

 GÉotechnique sciences de la terre sas GEOTECHNIQUE 672 rue des Mercières - 69140 RILLIEUX LA PAPE - 04 78 88 75 83	Chantier : Villelaure	Date : 21/12/2022
	Client : COTELUB	N°dossier : 2022-10-82
		Nos réf :

ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux : Limon argileux lgt sablo-graveleux
 Provenance des matériaux : SC1
 Profondeurs : 0,5 à 1,0m
 Observations : marron, gris. Présence de radicelles

Date du prélèvement : 02/12/2022
 Date des essais : 14/12/2022
 Opérateurs : MDm



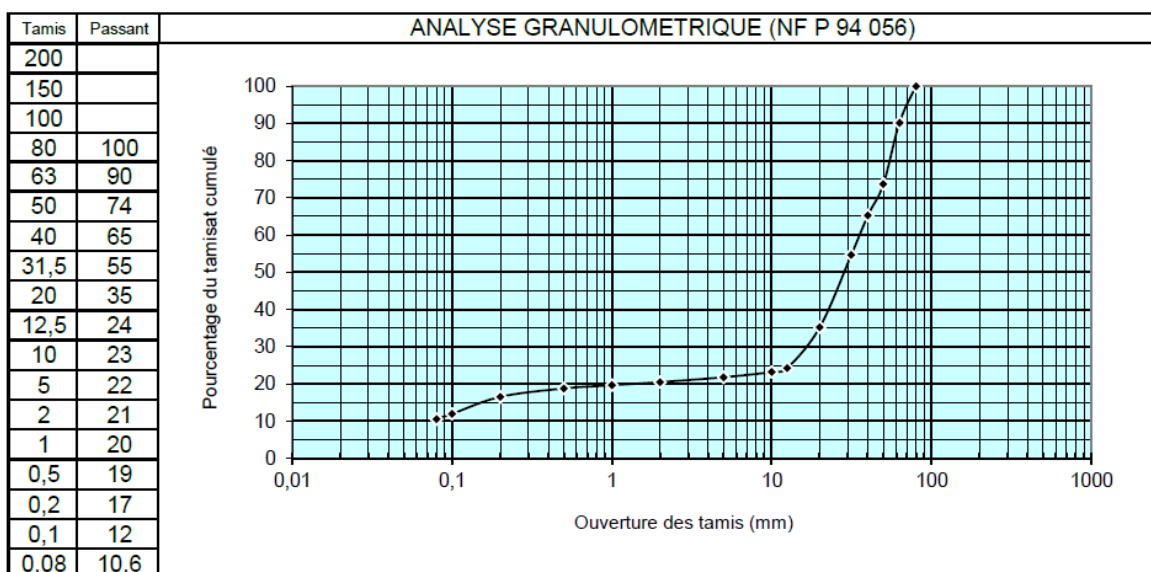
AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION			
Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	70,1%	
NF P 94 056	D max =	31,5 mm	
NF P 94 056	Coefficient d'uniformité Cu =		
NF P 94 050	Teneur en eau sur 0/20	20,2 %	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =	2,0	
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wL =		
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wP =		
NF P 94 051	Indice de plasticité Ip =		
NF P 94 051	Indice de consistance Ic =		
NF EN 933-8	Equivalent de sable ES =		
NF P 94 078	Indice Portant Immédiat (IPI / pd)		
CLASSIFICATION GTR :		A1	

Observations :

 Géotechnique sciences de la terre sas	Chantier : VILLELAURE	Date : 12/12/2022
	Client : COTELUB	N°dossier : VJt2022-10-82
		Nos réf :

ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux :	Graves sablo-limoneuses	Date du prélèvement : 02/12/2022
Provenance des matériaux :	F7	Date des essais : 12/12/2022
Profondeurs :	2,2-2,4 m	Opérateurs : CFT
Observations :	marron	



AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION

Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	14,4%	
NF P 94 056	D max =	80,0 mm	
NF P 94 056	Coefficient d'uniformité Cu =		
NF P 94 050	Teneur en eau sur 0/20	7,4 %	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =	0,6	
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wL =		
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wP =		
NF P 94 051	Indice de plasticité Ip =		
NF P 94 051	Indice de consistance Ic =		
NF EN 933-8	Equivalent de sable ES =		
NF P 94 078	Indice Portant Immédiat (IPI / pd)	/	t/m ³

CLASSIFICATION GTR :

A1

Observations :



Chantier : **VILLELAURE (84)**

Projet :

Client :

Date : **22/12/2022**

N°dossier : **VJt2022-10-82**

Nos réf :

COMPTE RENDU D'ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE CISAILLEMENT DIRECT - NF EN ISO 17892-10

Type d'essai : **CD**

bati n° : **3**

Anneau : **5kN**

Sondage : **SC1**

Profondeur : **0,5 à 1,0m**

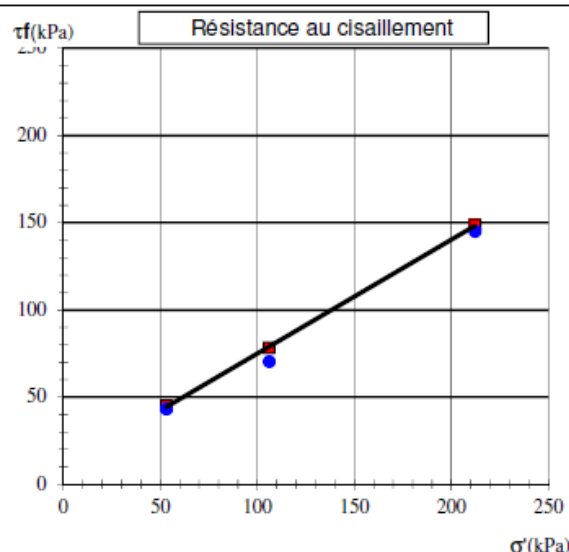
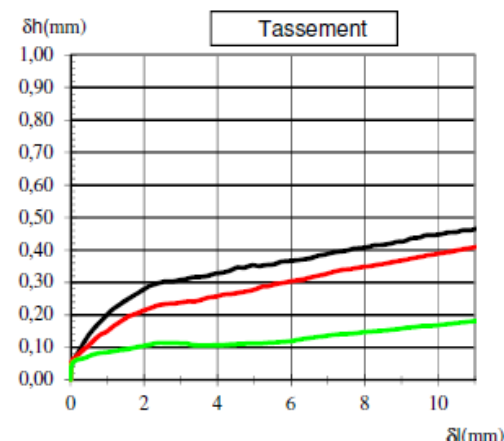
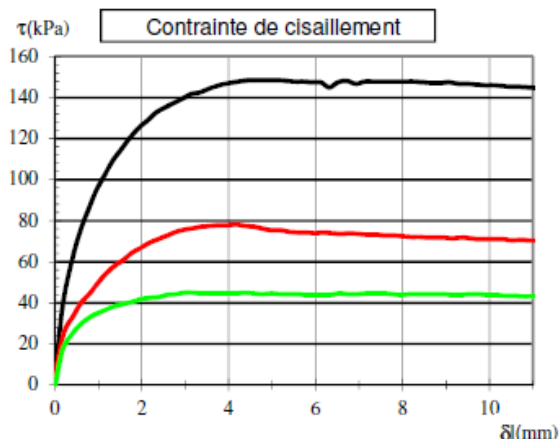
Nature du sol : **Limon lgt argileux**

Date de prélèvement :

Date de l'essai : **19/12/22**

Opérateurs : **MDm**

N°	Avant essai					Après consolidation		Après cisail.	Vitesse mm/mn	σ' (kPa)	Paramètres de résistance au cisaillement			
	Dim. ép.	D= 60 mm	ho= 20 mm			p _d	t ₁₀₀	w			$\tau_{f,p}$	$\delta l_{f,p}$	$\tau_{f,r}$	$\delta l_{f,r}$
	p _s est (kg/m3)	p _d (kg/m3)	w (%)	e	S _r (%)	(kg/m3)	(min)	(%)			(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)
1	2700	1562	24,2%	0,73	89,8	1639	9,60	23,5	0,009	212,2	148,5	4,5	145,0	11,0
2	2700	1566	23,9%	0,72	89,1	1590	19,27	24,4	0,009	106,1	78,2	4,2	70,4	11,0
3	2700	1557	24,7%	0,73	91,0	1575	6,67	26,3	0,009	53,1	44,9	3,0	43,1	11,0
4														
5														



Résultats

C' (kPa)	Phi' (°)
C'p	Phi'p
10	33

C'p Cohésion effective pour le critère de pic

Phi'p Angle de frottement effectif pour le critère de pic

C'r Cohésion à l'état final

Phi'r Angle de frottement à l'état final

Le laboratoire :

Observations :

Essai réalisé sur la fraction 0/5mm

PV06

NOTRE SIÈGE SOCIAL

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

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

0 805 690 989



GÉOtechnique
sciences de la terre sas