

Indice 0 - décembre 2023

DOSSIER : LGEN.N.393

CONTRAT : BC2 - Marché à bon de commande C-09/2021



Infrastructure Tramway - Livrable n°1 - Plateforme Tramway, Poteaux LAC et quais

FERNEY VOLTAIRE (01)

Étude géotechnique de conception phase projet
G2PRO



TERRINNOV INFRASTRUCTURE TRAMWAY - LIVRABLE N°1 - PLATEFORME TRAMWAY, POTEAUX LAC ET QUAIS FERNEY VOLTAIRE (01) Étude géotechnique G2PRO					
Réf. rapport : LGEN.N.393				Contrat : BC2 - Marché à bon de commande C-09/2021	
Indice	Date	Chargé d'étude	Vérifié par	Approuvé par	Contenu
0	04/12/23	L.PEYMIRAT	R.MOULINARD	A.REYNAUD	54 pages 9 annexes

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.

Sommaire

1. Plans de situation	6
1.1. Extrait de carte IGN	6
1.2. Image aérienne	6
2. Contexte de l'étude.....	7
2.1. Références normatives et guides.....	7
2.2. Données générales	7
2.3. Intervenants.....	7
2.4. Mission Ginger CEBTP	7
2.5. Documents utilisés et communiqués.....	8
3. Présentation du projet – Rappel G2AVP	9
3.1. Description du projet.....	9
3.2. Présentation du site	9
3.2.1. Très La Grange	9
3.2.2. RD1005.....	10
3.2.3. Paimboeuf	10
4. Rappel G2AVP – Investigations, Géologie, Hydrogéologie, Risques naturels .12	
4.1. Investigations exploitées / réalisées au stade G2AVP.....	12
4.2. Géologie.....	13
4.3. Hydrogéologie.....	14
4.4. Risques naturels.....	15
4.5. Résultats des aptitudes au traitement.....	16
4.6. Rappel du résultat des essais en la boratoire.....	17
5. Modèles retenus	19
5.1. Modèle géotechnique	19
5.2. Modèle hydrogéologique.....	25
5.2.1. Généralités	25
5.2.2. Perméabilité	25
5.2.3. Piézométrie	25
5.3. Modèle sismique.....	28
5.3.1. Définition de la classe de sol.....	28
5.3.2. Données parasismiques réglementaires	28
5.3.3. Liquéfaction.....	28

6. Adaptation des générales du projet – Rappel G2AVP	30
6.1. Décapage et préparation du sol support	30
6.2. Terrassabilité des matériaux	30
6.3. Traficabilité en phase chantier	30
6.4. Drainage en phase chantier	31
6.5. Conditions de réutilisation des matériaux du site en remblai et couche de forme	32
6.6. Réalisation des remblais support des voies	35
6.7. Talutages	36
7. Plateforme Tramway – Voie Béton avec Traverse	37
7.1. Description	37
7.2. Charges	37
7.3. Exigences vis-à-vis du sol support	37
7.4. Zones de déblais et de profil rasant	38
7.4.1. Partie Supérieure des Terrassements (PST) – Classe d'arase	38
7.4.2. Couche de forme	39
7.5. Zone de remblais : PST, classe d'arase et couche de forme	40
7.6. Tassements des voies	41
7.6.1. Hypothèse de dimensionnement	41
7.6.2. Résultats	42
8. Fondation de ligne aérienne de contact	43
8.1. Description	43
8.2. Descentes de charges	43
8.3. Fondations superficielles par semelles isolées	44
8.3.1. Préconisations générales pour l'encastrement des fondations	44
8.3.2. Hypothèses de dimensionnement	44
8.3.3. Résultats	45
9. Quais des stations de voyageur	46
9.1. Description	46
9.2. Descentes de charges	46
9.3. Analyse du contexte et principes d'adaptation	46
9.4. Insertion des quais dans le site	46
9.5. Modèle géotechnique	47
9.6. Estimatif des tassements	52
9.7. Poinçonnement	52
10. Dispositions constructives et contrôles	53
10.1. Dallage des quais	53

10.1.1. Conception et exécution	53
10.1.2. Contrôles	53

11. Aléas géotechniques et conditions contractuelles54

11.1. Rappel des aléas résiduels identifiés	54
11.2. Rappel de l'enchaînement des missions géotechniques	54

ANNEXES

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION ET COUPES INTERPRETATIVES DES SONDAGES

ANNEXE 3 – SONDAGES PRESSIOMETRIQUES

ANNEXE 4 – DIMENSIONNEMENT PLATEFORME TRAMWAY

ANNEXE 5 – DDC POTEAUX LAC

ANNEXE 6 – DIMENSIONNEMENT POTEAUX LAC

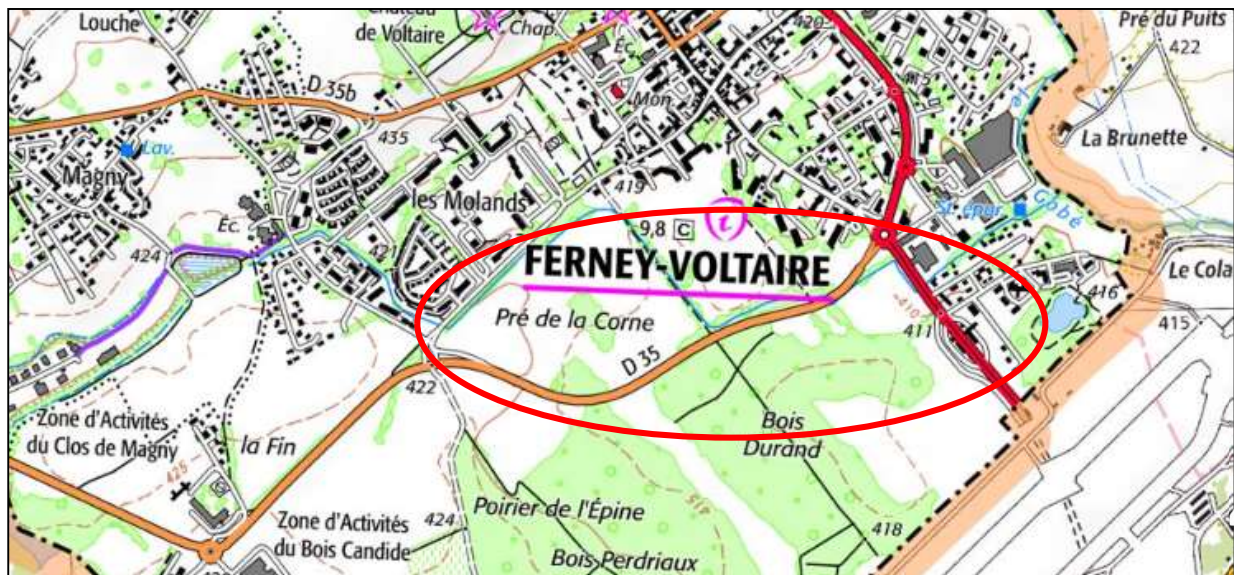
ANNEXE 7 – NOTE DE CALCUL FOXTA - QUAIS

ANNEXE 8 – ESSAIS D'APTITUDES AU TRAITEMENT

ANNEXE 9 – TABLEAU INDICATIF DES TRAITEMENTS PF1+ ET PF2

1. Plans de situation

1.1. Extrait de carte IGN



Localisation du projet

1.2. Image aérienne



Tracé du tramway

2. Contexte de l'étude

2.1. Références normatives et guides

L'exécution des essais et les études géotechniques devront être conformes aux documents suivants :

- NF P 94-500 – Classification des missions géotechniques types
- Recommandations de l'USG / SYNTEC Ingénierie
- NF P94-261 : sur les fondations superficielles
- Fascicules 1 et 2 des guides SETRA sur la réalisation des remblais et des couches de forme.

2.2. Données générales

Ginger CEBTP est sollicité par TERRINNOV pour une étude géotechnique de conception (mission G2-PRO au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013) concernant les infrastructures du futur tramway de Ferney Voltaire (01).

Cette étude s'intéresse aux dimensionnements des fondations des infrastructures du linéaire du tramway (rails, poteaux et gares).

2.3. Intervenants

Nom de l'opération :	Infrastructure Tramway - Livrable n°1 - Plateforme
Tramway, Poteaux LAC et quais	
Commune :	FERNEY VOLTAIRE (01)
Demandeur de la mission et client :	TERRINNOV

2.4. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au BC2 du marché à bons de commande C-09/2021.

Il s'agit d'une Étude géotechnique G2PRO selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique, ayant pour but de :

- Définir les modèles géotechnique, hydrogéologique et sismique,
- Synthétiser les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet, dont les valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques,
- Présenter des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques :
 - Terrassements,
 - Soutènements,
 - Fondations des ouvrages,
 - Dispositions vis-à-vis des nappes et avoisinants (hors étude hydrogéologique),
- Fournir des notes de calcul de dimensionnement.

Les études hydrauliques sont exclues du périmètre de la mission de Ginger CEBTP et devront faire l'objet d'une étude spécifique.

2.5. Documents utilisés et communiqués

Les documents utilisés dans le cadre de cette étude sont les suivants :

N°	Titre	Date	Source
[1]	Mission G2AVP Infrastructure Tramway Indice 0	13/10/2023	GINGER CEBTP
[2]	Mission G2AVP ZAC FERNEY GENEVE INNOVATION Indice 0	23/02/2016	GEOS
[3]	Besoins géotechniques Infrastructures Tramway – indice B	07/2021	SYSTRA- TRANSITEC
[4]	Prolongement de la ligne 13 du tramway de Genève à Ferney-Voltaire – indice B	13/05/2022	SYSTRA
[5]	DDC poteaux LAC	17/10/2023	SYSTRA

3. Présentation du projet – Rappel G2AVP

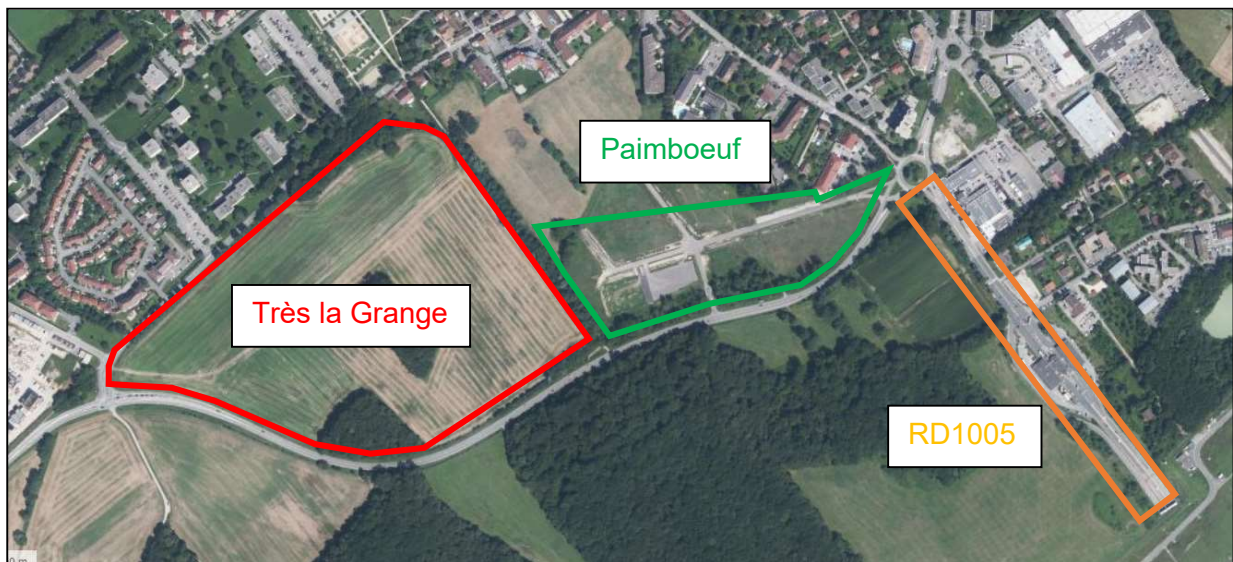
3.1. Description du projet

Le projet de tramway s'insère sur la commune de Ferney-Voltaire, située dans la Communauté d'Agglomération du Pays de Gex, entre la Haute-Chaîne du Jura et le Canton de Genève en Suisse.

Il s'agit de prolonger la ligne 13 de tramway du réseau de Transports Publics Genevois (TPG) vers la ville de Ferney-Voltaire. Ce prolongement s'étend environ sur 5,4 kilomètres, dont environ 1,8 kilomètre en France, sur la commune de Ferney-Voltaire. Cette extension s'accompagne de 9 nouvelles stations implantées le long du parcours du tramway, dont 3 en France, ainsi qu'un arrêt technique à la douane de Ferney-Voltaire.

La présente étude s'intéresse au linéaire du tracé situé en France et notamment aux stations, à l'arrêt technique et aux fondations de la ligne aérienne de contact. Deux ouvrages d'art sont également à étudier et sont abordés dans les livrables n°2 et n°3.

Le linéaire du tracé est divisé en 3 zones Paimboeuf, Très la Grange et la RD1005 :



3.2. Présentation du site

3.2.1. Très La Grange

Le site concerné par les investigations présente une légère pente de l'ordre de 5 %, orientée globalement vers le Sud-Est. Son altitude varie d'environ 422 à 414 m NGF d'après la carte IGN à notre disposition.

Lors de nos interventions durant l'été 2022, le terrain était en grande partie occupé par un champ cultivé. Des zones boisées étaient également présentes ponctuellement sur le site.

Les existants et avoisinants situés dans la zone d'influence géotechnique sont :

- Côtés Nord et Est, le Nant, cours d'eau canalisé qui longe le site d'étude,

- Côtés Nord et Nord-Ouest, la Rue de Meyrin,
- Côté Sud, la Route de Meyrin.

Par ailleurs, une attention particulière doit être portée à la présence de réseaux du CERN en partie Sud-Est du site d'étude. Des contraintes spécifiques lui sont associées (en bleu : zone soumise à autorisation du CERN pour tout forage et terrassement supérieurs à 10 m de profondeur / en rouge : zone interdite à tout forage et terrassement supérieurs à 10 m de profondeur).



Extrait du Plan de réseaux du CERN

3.2.2. RD1005

Le site concerné correspond à la route départementale 1005 (Avenue du Jura et Route de Genève).

Il est relativement plat avec des pentes inférieures à 5 %. Sa cote altimétrique varie globalement entre 409,5 et 411,5 m NGF d'après la carte IGN à notre disposition.

Lors de notre intervention, le terrain était en grande partie occupé par les voiries existantes et les aménagements associés. Compte-tenu du projet d'aménagement du secteur, des modifications pouvant s'avérer importantes seront apportées à ces voiries.

Les existants et avoisinants situés dans la zone d'influence géotechnique sont l'ensemble des infrastructures situés de part et d'autre du tracé du Tramway. Notamment l'ouvrage d'art qui permet de franchir le ruisseau « Le Nant ».

3.2.3. Paimboeuf

Le site concerné correspond à la zone Paimboeuf Nord qui est actuellement en cours d'aménagement pour accueillir diverses infrastructures.

Il est relativement plat avec des pentes inférieures à 5 %. Sa cote altimétrique varie globalement entre 411 et 415 m NGF d'après la carte IGN à notre disposition.

Les existants et avoisinants situés dans la zone d'influence géotechnique sont :

- Côtés Sud la voirie déjà réalisée ;
- Côtés Ouest, le Nant, cours d'eau canalisé qui longe le site d'étude ;
- **Sous le tracé du tramway, les réseaux qu'il faudra impérativement déplacer avant le début des travaux ;**

Par ailleurs, une attention particulière doit être portée à la présence de réseaux du CERN en partie Sud-Est du site d'étude. Des contraintes spécifiques lui sont associées (en bleu : zone soumise à autorisation du CERN pour tout forage et terrassement supérieurs à 10 m de profondeur / en rouge : zone interdite à tout forage et terrassement supérieurs à 10 m de profondeur).



Extrait du Plan de réseaux du CERN

4. Rappel G2AVP – Investigations, Géologie, Hydrogéologie, Risques naturels

4.1. Investigations exploitées / réalisées au stade G2AVP

Les investigations suivantes ont été réalisées et ou / exploitées au stade AVP :

- **Secteur RD 1005 :**
 - 7 sondages au pénétromètre dynamique descendus jusqu'à 7,8 m/TN ;
 - 3 sondages à la pelle mécanique descendus jusqu'à 3,0 m/TN ;
 - 12 sondages pressiométriques descendus entre 11,0 et 25,0 m/TN ;
 - 2 piézomètres descendus jusqu'à 15 m/TN ;
 - 7 sondages carottés descendus entre 2,5 et 15,0 m/TN ;
 - 2 analyses granulométrique par sédimentation ;
 - 10 classifications GTR ;
 - 7 IPI ;
 - 1 aptitude au traitement à la chaux.
- **Secteur Très la grange :**
 - 5 sondages au pénétromètre dynamique descendus jusqu'à 8,0 m/TN ;
 - 9 sondages à la pelle mécanique descendus jusqu'à 3,0 m/TN ;
 - 7 sondages pressiométriques descendus entre 10,0 et 25,0 m/TN ;
 - 4 piézomètres descendus jusqu'à 5,0 m/TN ;
 - 7 essais Matsuo réalisés entre 2,0 et 3,0 m ;
 - 4 analyses granulométrique par sédimentation ;
 - 8 classifications GTR ;
 - 4 IPI ;
 - 1 aptitude au traitement à la chaux.
- **Secteur Paimboeuf :**
 - 5 sondages au pénétromètre dynamique descendus jusqu'à 7,8 m/TN ;
 - 8 sondages à la pelle mécanique descendus jusqu'à 4,0 m/TN ;
 - 9 sondages pressiométriques descendus entre 10,0 et 20,0 m/TN ;
 - 4 piézomètres descendus entre 5,5 et 15,0 m/TN ;
 - 3 sondages carottés descendus entre 10,0 et 15,0 m/TN ;
 - 2 essais Matsuo réalisés entre 1,0 et 2,0 m ;
 - 3 analyses granulométrique par sédimentation ;
 - 10 classifications GTR ;
 - 5 IPI ;
 - 3 aptitudes au traitement à la chaux-ciments.

4.2. Géologie

D'après la carte géologique au 1/50000^{ème} de St Julien en Genevois et notre expérience, le projet se trouve dans la zone d'affleurement des formations fluvioglaciaires et glaciaires Wurmiennes :

- Gy6 : moraine de Grand-Lancy,
- GLy7 : alluvions glacio-lacustres de Loex



Extrait de la carte de St Julien En Genevois au 1/50000^{ème}

Au stade AVP, l'analyse et la synthèse des résultats des investigations réalisées ont permis de dresser la coupe géotechnique schématique suivante :

- **TV :**
 - Cette formation correspond à l'épaisseur de terre végétale reconnue au droit des différents accotements et des zones de cultures. Son épaisseur est comprise entre 0,1 et 0,3 m.
- **Rb1 (seulement observée sur le secteur Paimboeuf) :**
 - Cette formation correspond au remblais mis en œuvre lors des travaux d'aménagement de la zone Paimboeuf. Elle a été rencontrée en bord Nord de la voirie desservant cette zone. Elle est composée de graves limoneuses comportant quelques gros blocs localement. Cette formation a été reconnue sur une profondeur comprise entre 0,5 et 1,5 m/TN.
 - Caractéristiques mécaniques :
 - Résistance dynamique de pointe (qd) moyenne à bonne : 3,5 à >20,0 MPa,
- **Rb2 (seulement observée sur le secteur Paimboeuf) :**
 - Cette formation a été reconnue sur les sondages réalisés par SEMOFI en 2015. Il s'agit de remblais limoneux et légèrement argileux contenant des fragments de matériaux organiques. Cette formation a été reconnue sur une profondeur

comprise entre 0,4 et 1,0 m/TN. Elle a probablement été purgée en partie lors des travaux d'aménagement de la zone Paimboeuf.

- **Rb3 (seulement observée sur le secteur RD1005) :**
 - Il s'agit de la couche d'enrobé sur la RD1005. Son épaisseur est comprise entre 0,1 et 0,3 m.
- **Rb4 (seulement observée sur le secteur RD1005) :**
 - Cette formation correspond à la couche de forme sous voirie. Elle est composée de graves sableuses marron ($\varnothing$ 0/10 à 0/100 mm). Cette formation a été reconnue sur une épaisseur comprise entre 0,5 et 1,9 m/TN.
- **Rb5 (seulement observé sur le secteur RD1005) :**
 - Cette formation a été reconnue par SEMOFI en 2015. Il s'agit de remblais limono-argilo-sableux comportant quelques graves. Cette formation a été reconnue sur une profondeur comprise entre 0,15 et 3,5 m/TN.
- **Formation n°1 :**
 - Cette formation correspond au terrain naturel superficiel (alluvions fluvio-glaciaires). Elle est composée de limons et d'argiles présentant quelques passages sableux et graveleux.
- **Formation n°2 :**
 - Cette formation correspond à des moraines +/- altérées. Elle est composée de limons légèrement sableux à graves et cailloutis très compacts.

L'interface entre les différentes formations est représenté sur les plans en annexe 3

4.3. Hydrogéologie

D'un point de vue hydrogéologique, d'après notre connaissance du secteur, le site étudié est caractérisé par la présence de 2 nappes distinctes :

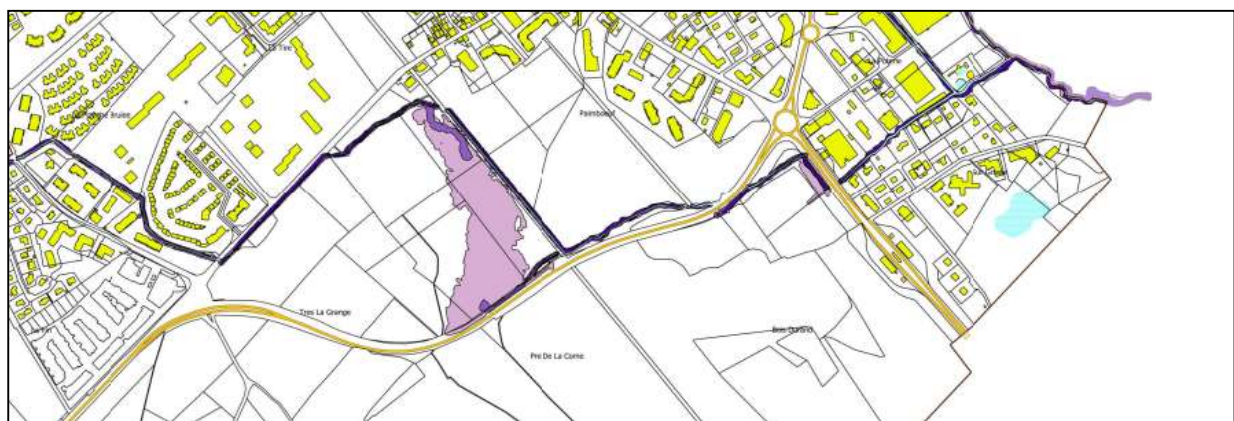
- Une nappe superficielle qui se développe à faible profondeur. D'après les relevés réalisés par GEOS Ingénieurs Conseils, il apparaît que le niveau de cette nappe est très sensible aux conditions météorologiques et que les fluctuations peuvent être rapides et d'amplitude importante ;
- Une nappe profonde captive se développant dans les moraines argilo-sableuses à cailloutis ;
- Un suivi piézométrique a été mis en place au moment des investigations au stade G2AVP. Les résultats de ce suivi sont présentés au paragraphe 5.3.

Par ailleurs des circulations anarchiques / ponctuelles d'eau ne sont pas exclues au sein des formations superficielles.

4.4. Risques naturels

Les informations recueillies sur les sites internet consultés (www.georisques.gouv.fr, www.alpes-maritimes.gouv.fr) sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Risques majeurs	Informations documentaires
Inondations/débordement de cours d'eau	Zone potentiellement sujette aux inondations (aléa faible ou moyen)
Cavités naturelles ou anthropiques carrières	Pas de présence de cavités connues à proximité du projet
Argiles (retrait/gonflement - carte 2020)	Niveau exposition : Faible d'après la cartographie → reclassé en moyen après les résultats des essais en laboratoire
Mouvements de terrains Instabilité – Glissement – Chute de blocs	Pas de présence de mouvements de terrains connus à proximité du projet
Séismes	Zone 3 (moyen)



Aléa inondation - Extrait du PPRn de Ferney Voltaire (01)

On notera qu'une partie du tracé est localisée dans une zone inondable ce qui peut engendrer des difficultés voire un arrêt d'exploitation du tramway. En fonction des critères à respecter pour les différents ouvrages (voies, poteaux, quai...) et des zones traversées, il faudra envisager la possibilité de surélever le tracé de 0,5 à 1 m.

4.5. Résultats des aptitudes au traitement

Les résultats des aptitudes au traitement sont présentés ci-après :

Secteur	Sondage	Etat	W (%)	pd (g/cm ³)	IPI	Gv _{7j} (%)	RtB (MPa)	dosage	Classe de sol
RD1005	PM5 - 2022	Naturel	12,0	1,72	34	2,2 à 4,1	/	3% CaO	A1
		OPN	18,2	1,73	/				
Très La Grange	PM7 - 2022	Naturel	9,3	1,71	28	0,5	/	2,0% CaO	A1
		OPN	17,6	1,74	/				
Paimboeuf	PM1 - 2015	Naturel	16,4	1,70	25	0,3 à 0,4	0,19 à 0,22	1,5% CaO + 7% ciment	A2
		OPN	18,1	1,71	17				
		OPN traité	20,4	1,66	16				
	PM2 - 2015	Naturel	15,1	1,74	28	0,5 à 1,2	0,18 à 0,20	1,5% CaO + 7% ciment	A2
		OPN	18,5	1,77	5				
		OPN traité	20,1	1,68	18				
	PM3 - 2015	Naturel	15,3	1,70	26	9,2 à 13,6	0,04 à 0,05	1,5% CaO + 7% ciment	/
		OPN	17,7	1,76	12				
		OPN traité	19,6	1,67	20				
	PM5 - 2015	Naturel	24,1	1,60	4	9,6 à 11,6	0,04 à 0,06	1,5% CaO + 7% ciment	/
		OPN	19,5	1,66	16				
		OPN traité	22,0	1,53	20				

Les critères retenus pour définir l'aptitude au traitement des sols sont données ci-dessous (extrait NP 94-100) :

Tableau A.1 — Critère de gonflement

Produit de traitement	Aptitude du matériau au traitement	Gonflement volumique après immersion pendant 7 jours Gv en %
- Liant hydraulique seul, ou associé à la chaux - Chaux seule	Adapté	≤ 5
	Douteux ^a	5 < Gv ≤ 10
	Inadapté ^b	> 10
^a Cas « douteux » : si, malgré une modification du dosage ou du produit de traitement, le mélange reste « douteux », seule une étude complète peut apporter une réponse. ^b Cas « inadapté » : si, malgré une modification du dosage ou du produit de traitement, le mélange reste « inadapté », le risque de présence de perturbateur de prise, minéralogique ou chimique, est avéré.		

Tableau A.2 — Critère mécanique pour une couche de forme traitée

Produit de traitement	Aptitude du matériau au traitement	Résistance en traction indirecte R_{it} en MPa
Liant hydraulique seul ou associé à la chaux	Adapté	$\geq 0,20$
	Douteux	$0,10 \leq R_{it} < 0,20$
	Inadapté	$< 0,10$
NOTE 1 Un traitement douteux ou inadapté peut être le résultat d'un choix inapproprié de formulation : type ou dosage du produit de traitement, qualité de l'eau d'apport. Le cas échéant, ce problème peut se résoudre par une modification de la formulation.		
NOTE 2 Conformément au paragraphe 1 (domaine d'application), la valeur de R_{it} issue de cet essai ne se substitue pas à une étude complète et <u>ne doit pas être utilisée pour dimensionner une structure.</u>		

On conclut donc qu'un traitement à la chaux est envisageable (2 essais adaptés) et qu'un traitement à la chaux plus ciment est inenvisageable (1 essai adapté, 1 essai douteux et 2 essais inadaptés).

Nous recommandons de multiplier les essais sur le linéaire pour confirmer les conclusions ci-avant.

Dans tous les cas la pérennité du traitement devra être aussi vérifiée avec les critères I.CBRi / IPI ≥ 1 .

Remarque : Certaines espèces minérales (pyrite, serpentine, smectite, sulfate, etc.) ou la présence de matières organiques peuvent conduire, même après traitement, à des comportements particuliers de type gonflement et/ou perturbation de la prise.

4.6. Rappel du résultat des essais en la boratoire

Les résultats des essais en laboratoires exploités dans la mission G2AVP sont présentés ci-dessous :

Paimboeuf											
Référence échantillon	Formation / type de sol	Prof. (m) échantillon	Etat	W (%)	VBS	Limites d'Atterberg		Tamisat < 80 μ m	Tamisat < 2 μ m	IPI	Classe G.T.R.
						WI	Ip				
SC4	1	2 à 3	/	18,3	/	40	15	100	/	/	A ₂
SC5	1	2 à 3	/	21,2	/	39	22	100	/	/	A ₂
SC6	1	2 à 3	/	38,1	/	30	14	100	/	/	A ₂
PM1	1	1,5	/	22,3	2,13	/	/	96,5	32	6	A _{1h}
PM2	1	1,5	/	10,1	1,31	/	/	83,6	25	/	A ₁
PM3	1	1,3	/	14,1	1,85	/	/	99,2	30	33	A ₁
PM2	1	2,0	/	17,3	/	41	23	100	/	/	A _{2m}
			/	16,9	/	/	/	/	/	15,6	A _{2m}
	1	1,2	Naturel	14,6	/	34	10	99	/	28	A _{1s}
			OPN	18,5	/	/	/	/	/	5	/

PM4	1	0,5		17,0	/	43	23	96	/	/	A ₂ m
-----	---	-----	--	------	---	----	----	----	---	---	------------------

Très La Grange											
Référence échantillon	Formation	Prof. (m) échantillon	Etat	W (%)	VBS	Limites d'Atterberg		Tamisat < 80 µm	Tamisat < 2 µm	IPI	Classe G.T.R.
						WI	Ip				
PM6	1	1,9	/	24,3	3,1	/	/	92,2	14	2	A ₂ h
PM7	1	1,0	Naturel	8,2	0,77	/	/	60,1	4	28	A ₁ ts
			OPN	17,6	/	/	/	/	/	/	/
PM8	1	1,0	/	14,0	2,00	/	/	88,5	27	28	A ₁
EM4	1	1,0	/	17,5	1,93	/	/	91,7	25	/	A ₁
E1/PM1	1	0,6	/	12,0	0,81	/	/	66,2	/	1	C ₁ A ₁ th
E2/PM2	1	1,0	/	21,5	2,92	/	/	92,4	/	3	A ₂ h
E3/PM3	1	1,5	/	21,7	2,08	/	/	69,0	/	1	A ₁ th
E5/PM10	1	1,0	/	15,7	0,83	/	/	57,9	/	1	A ₁ th

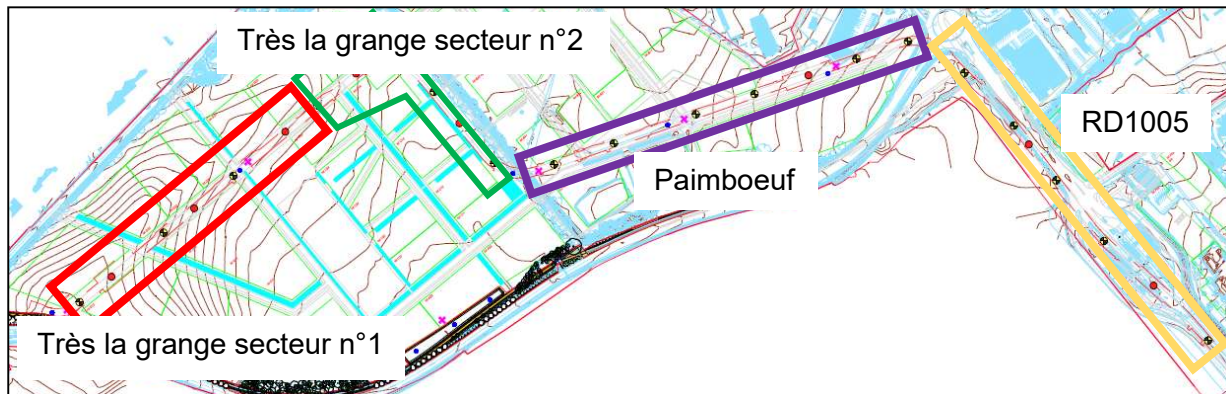
RD 1005											
Référence échantillon	Formation	Prof. (m) échantillon	Etat	W (%)	VBS	Limites d'Atterberg		Tamisat < 80 µm	Tamisat < 2 µm	IPI	Classe G.T.R.
						WI	Ip				
SC7	1	2 à 3	/	25,4	/	30	13	93	/	/	A ₂
SC8	1	2 à 3	/	23,3	/	33	15	98	/	/	A ₂
SC12	1	2 à 3	/	20,6	/	31	16	100	/	/	A ₂
PM4	1	1,0	/	20,2	1,78	/	/	94,6	26	15	A ₁ m
PM5	1	1,3	Naturel	12,0	1,48	/	/	96,4	15	34	A ₁ ts
			OPN	18,2	/	/	/	/	/	/	/
				22,8	/	/	/	/	/	1,1	
	1	1,5	Naturel	15,8	/	96	47	24	/	4	A ₂ h
			OPN	17,7	/	/	/	/	/	16	/
PM8	1	1 à 1,5	/	20,3	/	33	17	100	/	/	A ₂ th
E1/SC1	1	2,0 à 2,4	/	22,4	1,71	/	/	99,2	/	2	A ₁ th
E2/SC3	Rb4	0,6 à 1,0	/	2,8	0,32	/	/	20,6	/	/	B ₅
E3/SC4	1	2,0 à 2,4	/	32,7	/	/	/	/	/	3	th

Remarque : En noir campagne GINGER CEBTP de 2022, en bleu campagne GINGER CEBTP de 2021, en ver campagne de GINGER CEBTP de 2019 et en rouge campagne SEMOFI de 2015.

5. Modèles retenus

5.1. Modèle géotechnique

Le tracé du tramway a été découpé en quatre zones :



Les modèles géotechniques pour chacun des secteurs sont donnés ci-dessous. Il s'agit de modèles géotechniques généraux qui seront affinés pour le dimensionnement des quais au paragraphe 9. :

Très La Grange secteur n°1

Formation	Nature du sol	Profondeur de la base m/TN	γ (kN/m ³)	Valeurs pressiométriques	
				pl*(MPa)	Em (MPa)
1	Alluvions glacio-lacustres	2,4 à 3,9	18	1,0	10,0
2	Moraines compactes	> 10,8	20	3,0	30,0

Très La Grange secteur n°2

Formation	Nature du sol	Profondeur de la base m/TN	γ (kN/m ³)	Valeurs pressiométriques	
				pl*(MPa)	Em (MPa)
1	Alluvions glacio-lacustres	3,9 à 15,2	18	0,4	3,0
2	Moraines compactes	> 25,0	20	3,5	30,0

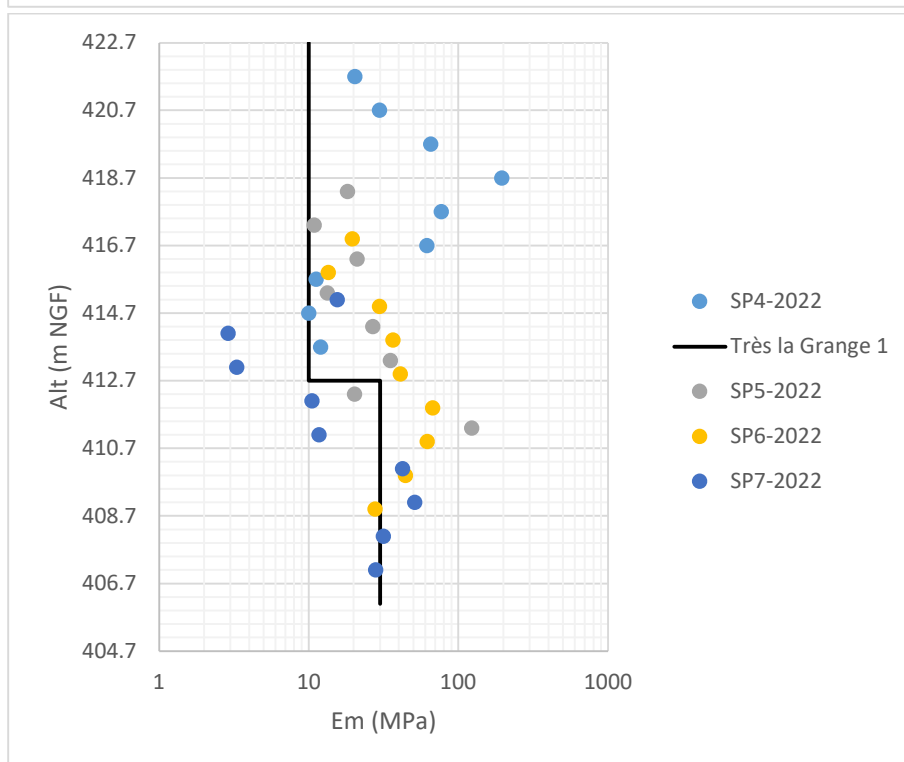
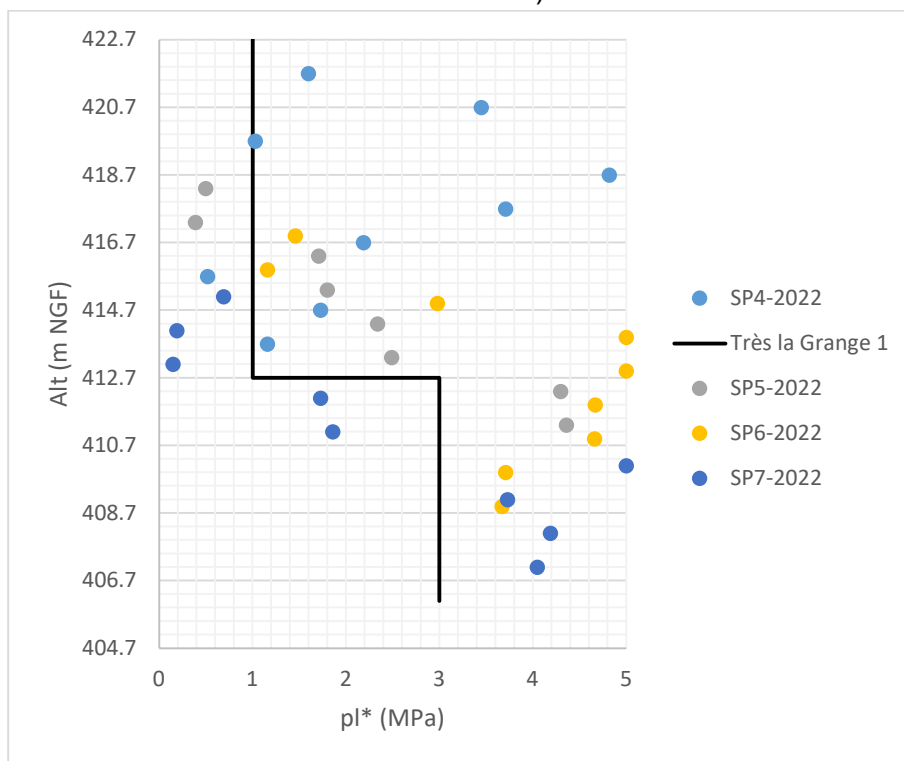
Paimboeuf

Formation	Nature du sol	Profondeur de la base m/TN	γ (kN/m ³)	Valeurs pressiométriques	
				pl*(MPa)	Em (MPa)
1 + Rb	Alluvions glacio-lacustres	> 11,0 à 14,2	18	0,6	6,0
2	Moraines compactes	> 20,0	20	3,0	30,0

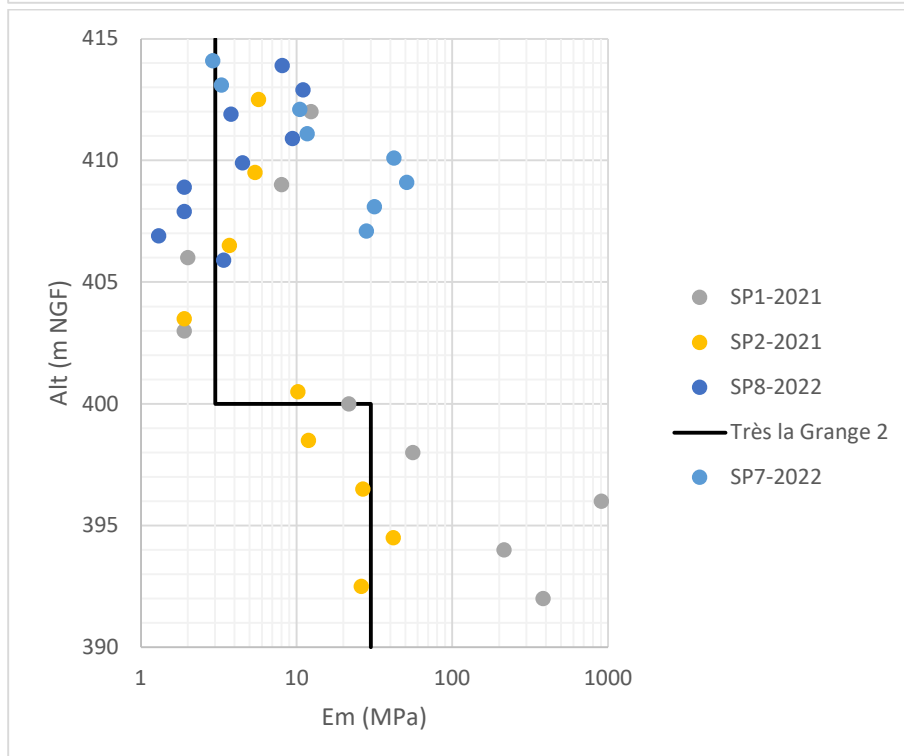
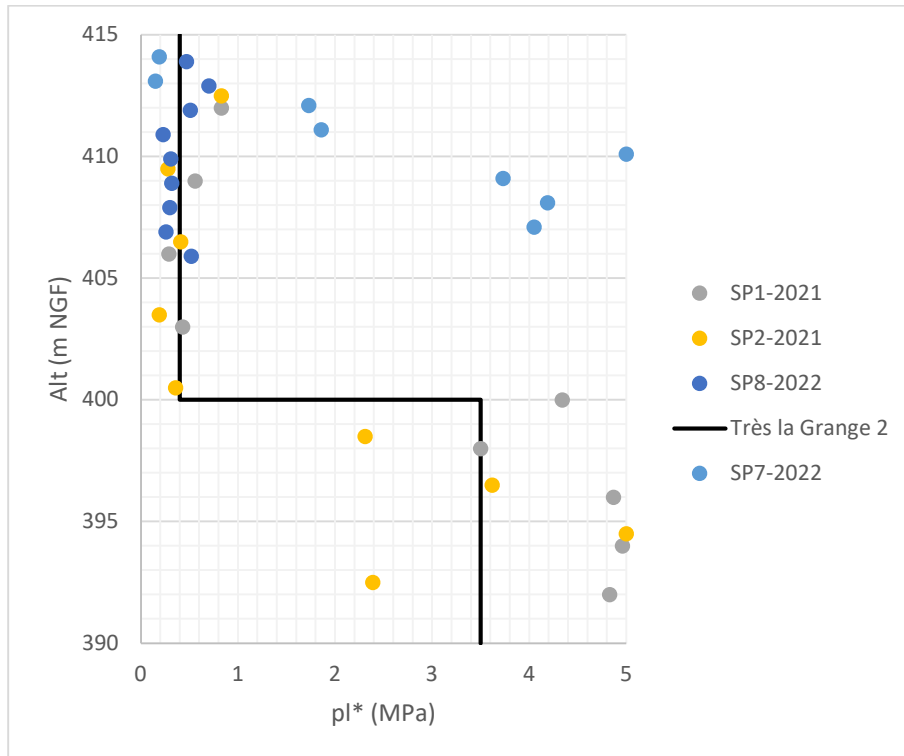
RD1005

Formation	Nature du sol	Profondeur de la base m/TN	γ (kN/m ³)	Valeurs pressiométriques	
				pl* (MPa)	Em (MPa)
1 + Rb	Alluvions glacio-lacustres	3,7 à 15,5	18	0,6	6,0
2	Moraines compactes	>25,7	20	3,0	30,0

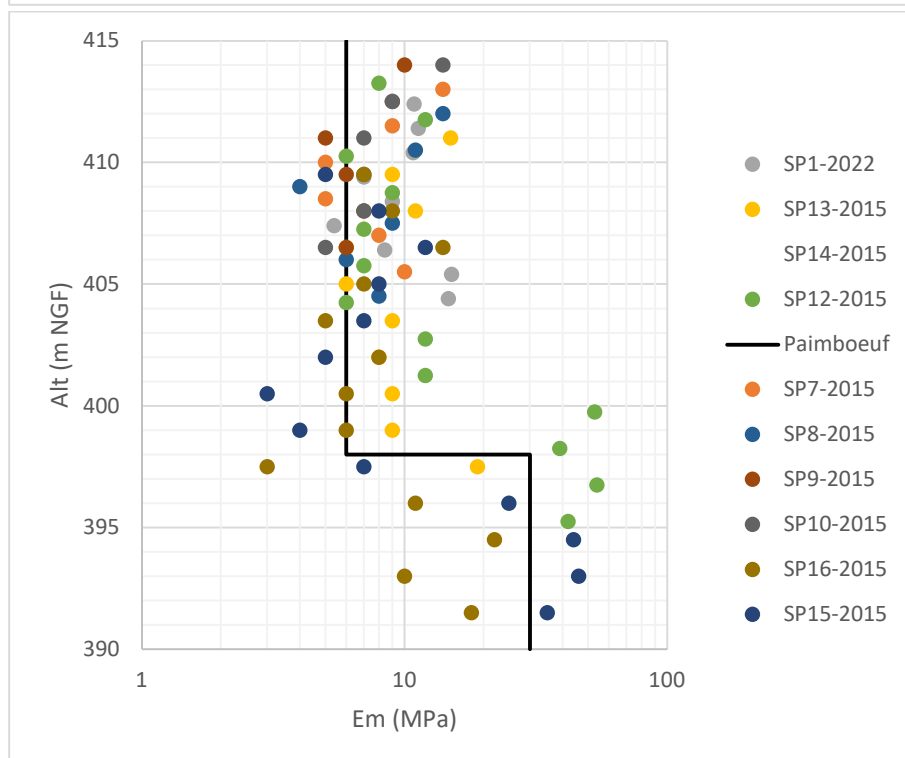
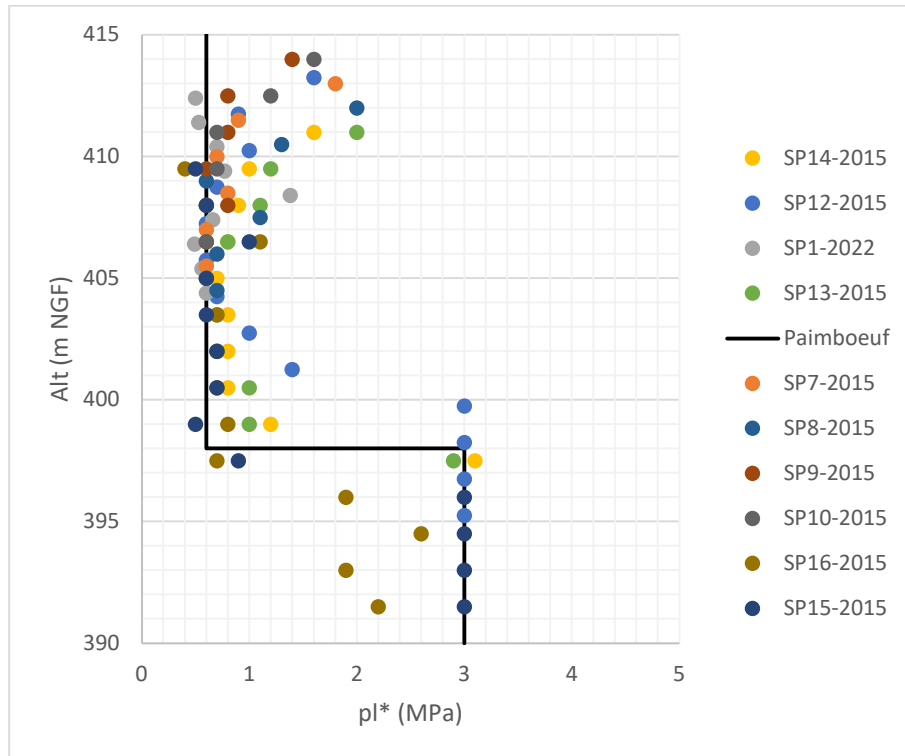
La représentation graphique des données pressiométriques est fournie ci-après (les sondages de 2015 sont faits avec des sondes limitées à 3 MPa) :



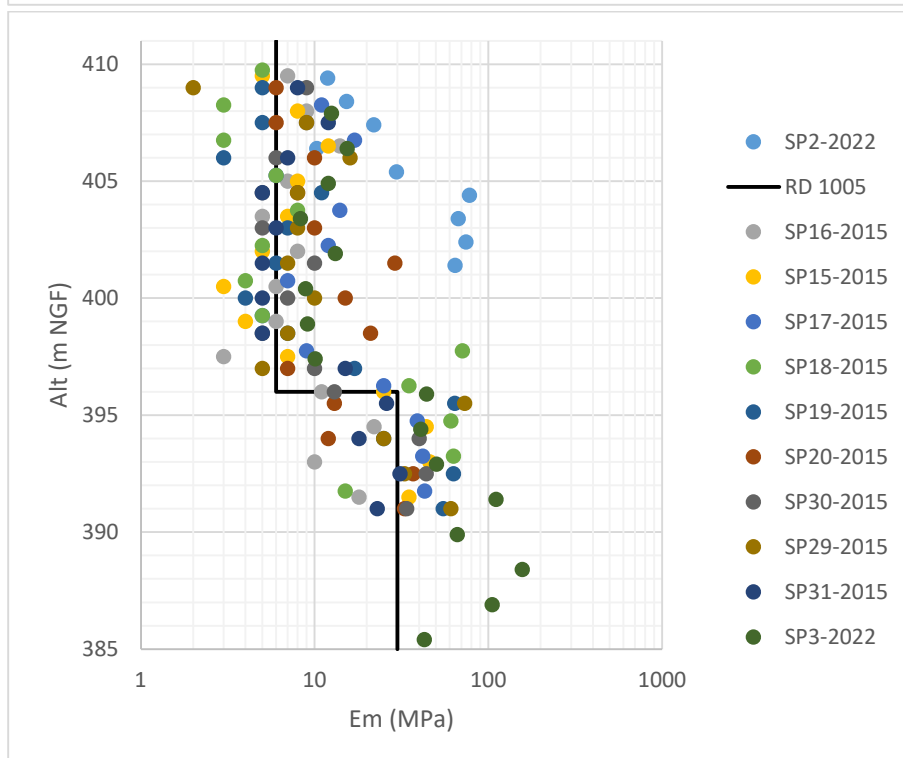
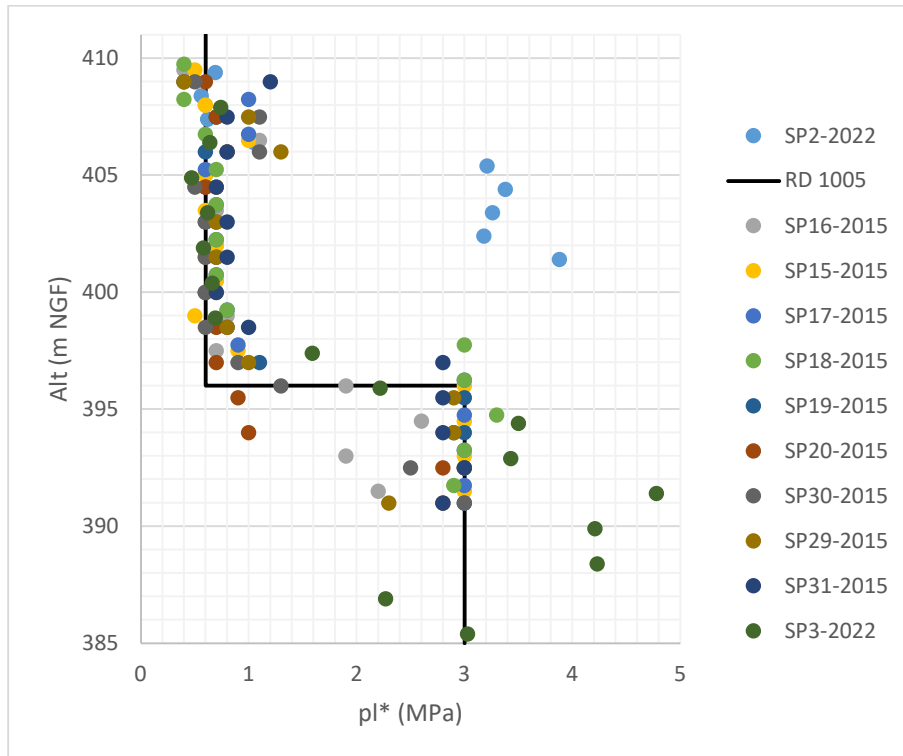
Modèle Très La Grange 1



Modèle Très La Grange 2



Modèle Paimboeuf



Modèle RD1005

5.2. Modèle hydrogéologique

5.2.1. Généralités

Nous rappelons qu'il existe les entités hydrologiques suivantes sur le site :

- Une nappe superficielle qui se développe à faible profondeur. D'après les relevés réalisés par GEOS Ingénieurs Conseils, il apparaît que le niveau de cette nappe est très sensible aux conditions météorologiques et que les fluctuations peuvent être rapides et d'amplitude importante ;
- Une nappe profonde captive se développant dans les moraines argilo-sableuses à cailloutis.

5.2.2. Perméabilité

D'après les essais de perméabilité réalisés lors de la campagne d'investigations de 2022, 9 essais Matsuo ont été réalisés dans la formation n°1 (de nature argilo-limoneuse). Les perméabilités mesurées varient entre 3.10^{-5} et 5.10^{-6} m/s (limite de l'essai).

5.2.3. Piézométrie

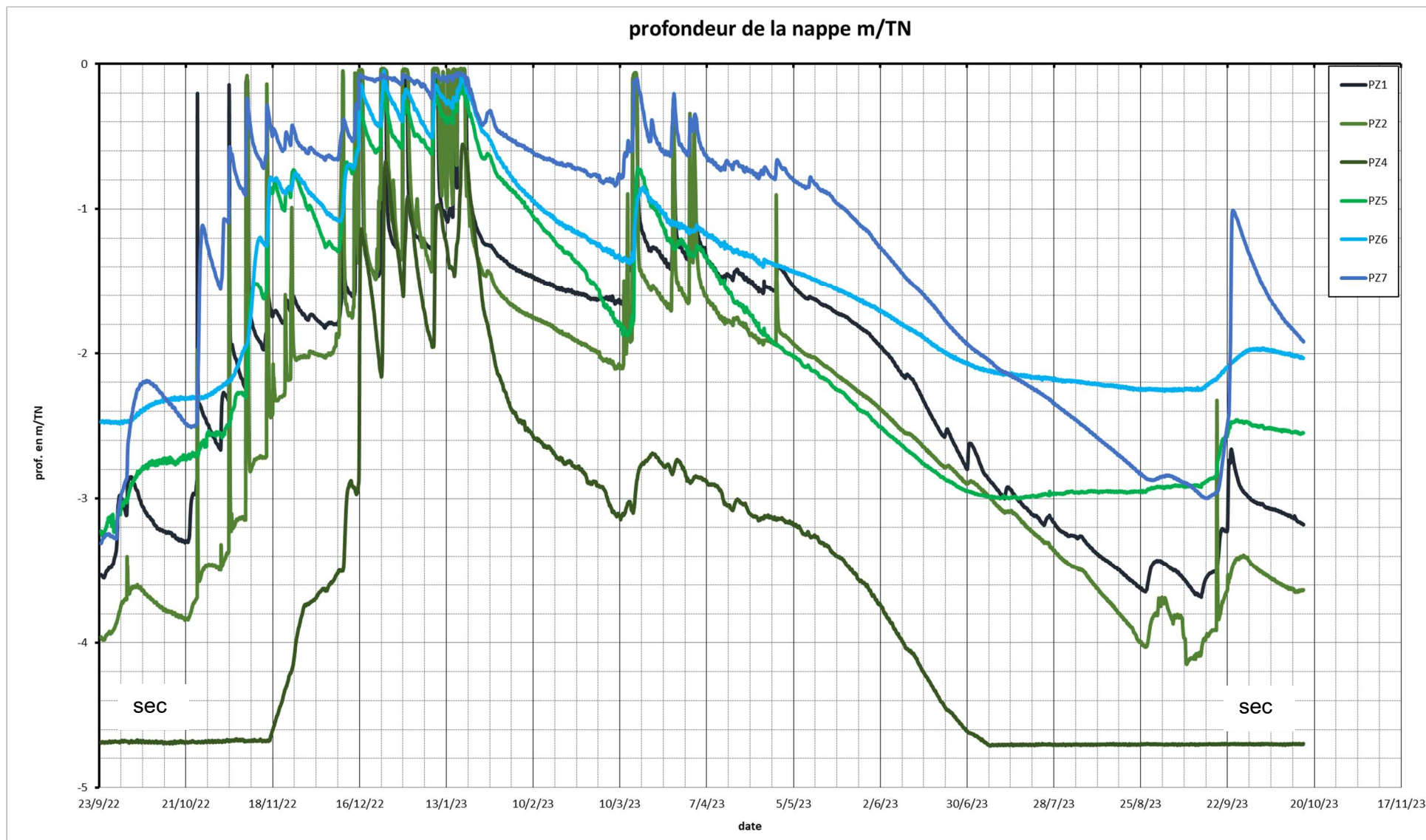
Un suivi piézométrique a été mis en place avec 7 piézomètres courts pour étudier le battement de la nappe superficielle (l'un d'eux a été endommagé et n'est plus exploitable). Le suivi piézométrique est présenté ci-après pour la période du 23/09/2022 au 16/10/2023.

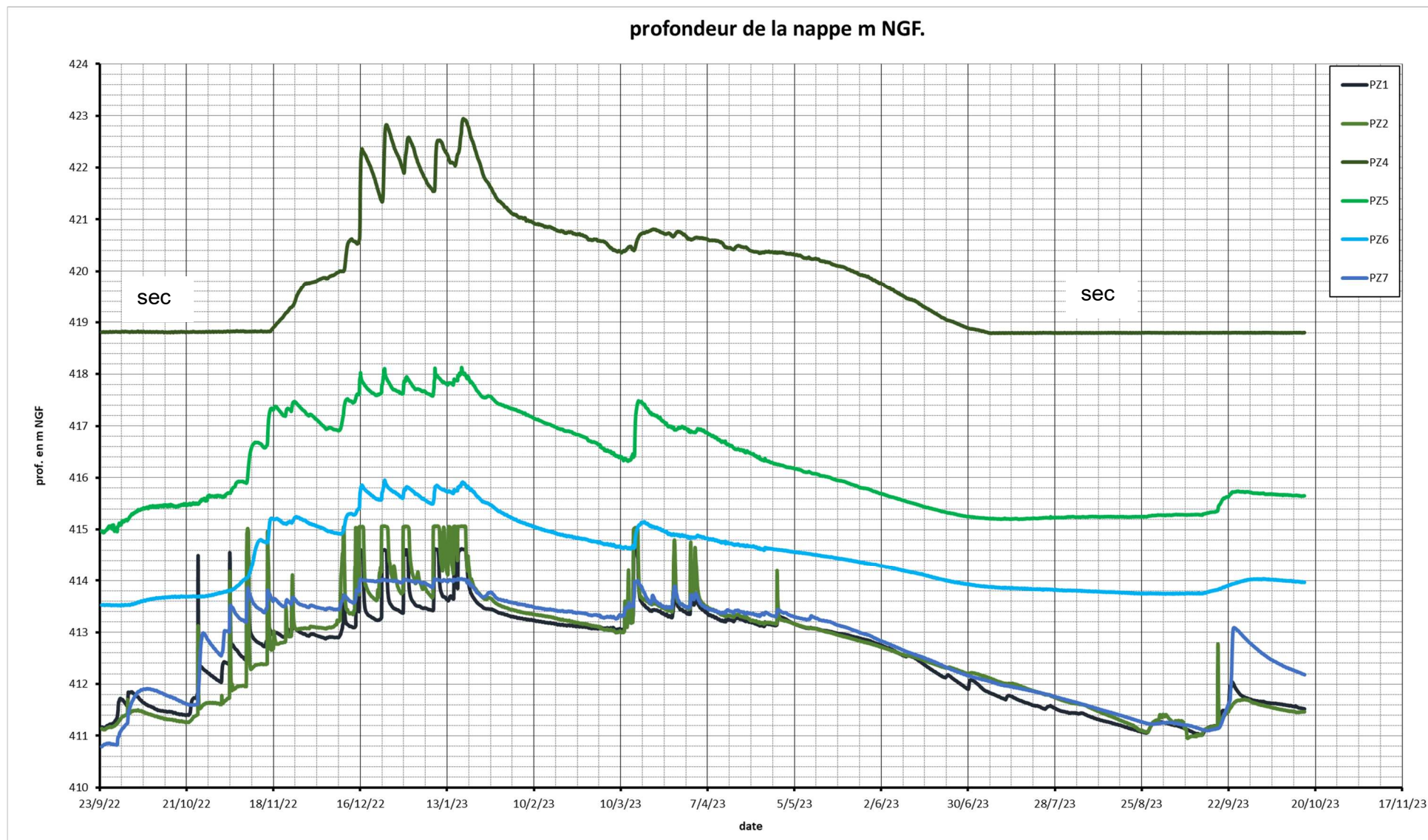
On observe que sur cette période le battement de la nappe est compris entre 2,5 et 4,0 m. Et que le niveau d'eau maximum est au niveau du terrain naturel.

Les niveaux d'eau caractéristiques retenus selon l'Eurocode 7 sont les suivants (pour une durée de vie de l'ouvrage de 50 ans) :

Niveau d'eau	Situation de calcul	Nappe superficielle
EB	ELS qp	1,5 m /TN
EF	ELS fréq ou ELS qp	0,5 m /TN
EH	ELU fond / ELS car / ELU trans	0,0 m /TN
EE	ELU acc	0,0 m /TN

Pour le niveau d'eau chantier, on retient $EH_{\text{Durée des travaux}} = EH_{1 \text{ an}} = 0 \text{ m /TN}$





Remarque : Pour la zone Très la Grange, on observe un gradient hydraulique de 1,25 cm/m en direction du Nord-Est et du Nord-Ouest (selon la pente du terrain naturel). Pour la zone Paimboeuf, le terrain est subhorizontal et le gradient hydraulique est nul.

5.3. Modèle sismique

5.3.1. Définition de la classe de sol

En l'absence d'investigations spécifiquement destinées à mesurer la vitesse des ondes sismiques de cisaillement sur 30 m de profondeur (V_{s30}), nous avons estimé celle-ci par corrélation à partir des modules pressiométriques. La valeur de V_{s30} estimée correspond à un sol de classe C.

5.3.2. Données parasismiques réglementaires

Les principales données parasismiques déduites des éléments du projet et des reconnaissances effectuées figurent dans le tableau ci-dessous :

Zone de sismicité	3 (aléa modéré)
Catégorie d'importance de l'ouvrage	II (à confirmer par la MOA)
Coefficient d'importance γ_i	1,0
Classe de sol	C
Paramètre de sol	1,5
Accélération maximale de référence (a_{gR})	1,1 m.s ⁻²

Nous rappelons que le projet se situant en zone de sismicité 3, le dimensionnement des structures à l'Eurocode 8 est obligatoire pour les ouvrages de catégorie d'importance II, III ou IV.

5.3.3. Liquéfaction

Les sols argileux sont à considérer comme suspects de liquéfaction lorsqu'ils vérifient l'ensemble des critères suivants :

- Diamètre correspondant à 15% de passant, D_{15} , supérieur à 5 μm ;
- Limite de liquidité inférieure à 35% ;
- Teneur en eau $w\%$ supérieure à 0,9 w_l ;
- Indice de plasticité I_p remplissant la condition suivante : $I_p > 0,73 (w_l - 20)$ (en %), c'est-à-dire dont le point représentatif est situé au-dessus de la droite « A » de Casagrande dans le diagramme de plasticité.

A contrario, les sols peuvent être considérés comme exempts de risques de liquéfaction lorsqu'ils présentent les caractéristiques suivantes :

- Diamètre correspondant à 10% de passant, D_{10} supérieur à 2 mm ;
- Sols dans lesquels on a simultanément :
 - $D_{70} < 74 \mu\text{m}$;
 - $I_p > 10\%$.

L'analyse de liquéfaction a été réalisée par GEOS (document [2]) à partir des données de SEMOFI et a permis d'écarter le risque de liquéfaction dans les formations superficielles (jusqu'à 3-4 m/TN). Néanmoins, les sondages ont mis en évidence des lentilles sableuses au

sein de la formation n°1 qui sont potentiellement liquéfiables. Le risque de liquéfaction ne peut pas être écarté sur toute l'épaisseur de la formation n°1. Afin de quantifier ce risque, une étude spécifique devra être réalisée. Elle implique la réalisation de sondages complémentaires type CPTu. Nous proposons de réaliser un sondage tous les 100 m descendu jusqu'au toit des moraines. Cette campagne devra obligatoirement être réalisée en phase DCE/ACT (à intégrer au DCE pour envoi aux entreprises).

6. Adaptation des générales du projet – Rappel G2AVP

Nota : les indications données dans les chapitres suivants, qui sont fournies en estimant des conditions normales d'exécution pendant les travaux, seront forcément adaptées aux conditions réelles rencontrées (intempéries, niveau de nappe, venues d'eau, matériels utilisés, provenance et qualité des matériaux, phasages, plannings et précautions particulières).

Nous rappelons que les conditions d'exécution sont absolument prépondérantes pour obtenir le résultat attendu et qu'elles ne peuvent être définies précisément à l'heure actuelle. À défaut, seules des orientations seront retenues.

6.1. Décapage et préparation du sol support

La terre végétale et les éventuels remblais superficiels (hors formation de couche de forme) seront totalement décapés.

Chaque arbre arraché laissera sur le site une excavation qu'il faudra impérativement purger et combler avec un matériau de substitution insensible à l'eau ; de même avec les éventuels vestiges de démolition, réseaux... rencontrés.

Toute zone décomprimée fera l'objet d'un traitement spécifique si elle doit recevoir un élément de l'ouvrage à porter (purge, compactage).

6.2. Terrassabilité des matériaux

Compte tenu de la nature du sol, la réalisation des déblais ne devrait pas présenter de difficultés particulières à l'extraction. Les travaux de terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance.

Toutefois, en cas de passage de blocs ou de vestiges de maçonneries, l'emploi d'engins ou d'outils adaptés (éclateur, dérocteur, pelle puissante, BRH, ...) pourra s'avérer nécessaire et ce matériel devra être disponible sur le chantier.

6.3. Traficabilité en phase chantier

Les essais d'identification ont permis de classer les sols extraits au moment des investigations comme suit selon le GTR :

- Formation Rb4 : formation gravello-sableuses de classe B₅ sensible à l'eau à C₁B₃ généralement insensible à l'eau ;
- Formation n°1 : formation argileuse de classe A₁, A₂ et C₁A₁ sensible à l'eau.

Au niveau des zones de terrassement en déblais et dans le cas où ces terrassements atteignent la formation n°1, les formations superficielles seront caractérisées par des matériaux fins sensibles à l'eau. En fonction des conditions rencontrées au moment des travaux, leur état hydrique est susceptible de varier sensiblement, les conditions d'utilisation de ces matériaux peuvent, par conséquent, évoluer fortement.

Par conséquent, au sein de ces matériaux, les travaux devront être réalisés dans des **conditions météorologiques favorables** (temps sec persistant) sinon le chantier pourrait rapidement devenir impraticable et nécessiterait la mise en place de surépaisseurs en matériaux insensibles à l'eau ou d'avoir recours à un traitement à la chaux.

Étant donné l'état hydrique constaté sur site pour les matériaux de la formation n°1, la portance des fonds de fouille ne sera plus assurée dès les premiers mètres de terrassement.

De ce fait, la méthodologie suivante est à respecter :

- Procéder au terrassement de la dernière couche "en rétro" sans faire évoluer les engins sur la pleine masse ;
- Mettre en place un géotextile anticontaminant ;
- Protéger la plateforme au fur et à mesure de l'avancement du décapage par la mise en œuvre d'une première couche épaisse de matériaux insensibles à l'eau ;
- Interrompre les travaux dans des conditions météorologiques trop défavorables.

À noter que l'emploi d'engins sur chenilles est alors recommandé si les conditions météorologiques sont mauvaises.

Des travaux préparatoires (drainage, purge et substitution, cloutage, mise en place de géogrilles, traitement à la chaux, etc.) pourront être nécessaires pour assurer une portance minimale.

Au droit des voiries existantes et pour des terrassements en déblais permettant de conserver une épaisseur de graves sableuses d'au moins 0,5 m, les problèmes de traficabilité devraient a priori être limités.

6.4. Drainage en phase chantier

Suite aux observations faites au cours de la campagne d'investigations et au suivi piézométrique, les travaux pourront être réalisés hors nappe à condition de les réaliser à l'étiage (cette période est à priori comprise entre les mois de Juillet et de Septembre d'après le suivi piézométrique). Cependant, des venues d'eau peuvent apparaître exceptionnellement en cours de terrassement (pluie ou remontée de nappe). Dans ce cas, elles seront collectées en périphérie et évacuées en dehors de la fouille. **Des opérations de pompage pourront s'avérer nécessaires.**

Dans le cas particulier des fondations des poteaux LAC (encastrement de 2,5 m / terrain fini), la nappe sera sûrement rencontrée et un pompage devra être réalisé.

Une estimation du débit d'exhaure réalisée avec la formule de Schneebeli pour une fouille de 4 m x 4 m x 2,5 m et une hauteur mouillée de 2,5 m (nappe au TN) donne des débits compris entre 2 et 10 m³/h (pour $k = 5 \times 10^{-5}$ m/s) .

Les dispositions spécifiques prévisibles seront adaptées au cas par cas pour assurer la mise au sec de la plateforme de travail à tout moment.

Remarque :

- *L'entreprise réalisant les travaux devra prévoir les moyens de pompage adéquats ;*
- *Des dossiers d'autorisation de pompage et de rejet pourront être nécessaires ;*
- *Nous conseillons de poursuivre le suivi piézométrique jusqu'au début des travaux pour affiner la période d'étiage.*

6.5. Conditions de réutilisation des matériaux du site en remblai et couche de forme

La totalité de la terre végétale sera évacuée ou réutilisée pour les aménagements paysagers.

Compte tenu de leur classe GTR (A_1 et A_2), les matériaux argileux de déblai dans un état hydrique « **th** » ou « **ts** » sont inaptes au réemploi en remblai. Ils seront mis en décharge ou stockés dans les zones d'espaces verts.

D'après les essais réalisés, un traitement à la chaux est possible sur les matériaux A_1 (à confirmer par la réalisation d'essai I.CBRi pour vérifier la pérennité du traitement et d'essais d'aptitude au traitement à la chaux supplémentaires pour étudier tout le tracé).

D'après les essais réalisés, un traitement à la chaux-ciment n'est pas possible sur les matériaux (1 essai favorable pour 3 défavorables).

Les matériaux de classe C_1B_3 sont réutilisables en l'état, quelles que soient les conditions météorologiques.

Sur la base du Guide Technique de Terrassement GTR 92 :

- **Remblais**
 - Les sols identifiés en classe A_1 , A_2 ou B_5 à l'état hydrique humide (h) sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible. Ils sont sujets au matelassage. Un traitement préalable pourra s'avérer nécessaire pour permettre leur utilisation en remblai (d'après les essais réalisés un traitement à la chaux est envisageable).

Les traitements possibles sont les suivants :

A_{1h}	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
	Ils sont sujets au matelassage	=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 0 1 0 2 0
	Le matelassage est à éviter au niveau de l'arase-terrassement	-	évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de faible hauteur (≤ 5m)	0 0 0 0 0 3 1
				Solution 2 : aération E : extraction en couches minces W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)	1 0 1 0 1 2 2
				Solution 3 : traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 0 1 0 2 0
A_{2h}	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible.	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
	La mise en dépôt provisoire et le drainage préalable ne sont habituellement pas des solutions envisageables dans le climat français moyen.	=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : traitement T : traitement à la chaux C : compactage faible	0 0 0 2 0 2 0
	Le matelassage est à éviter au niveau de l'arase-terrassement.	-	évaporation importante	Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)	0 0 0 0 0 3 1
				Solution 1 : aération E : extraction en couches W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 1 0 1 2 2
				Solution 2 : traitement T : traitement à la chaux C : compactage moyen	0 0 0 2 0 2 0
B_{5h}	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible.	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes	NON
	Ils sont sujets au matelassage ce qui est à éviter au niveau de l'arase de terrassement	=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 0 1 0 2 0
		-	évaporation importante	Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de hauteur faible	0 0 0 0 0 3 1
				Solution 1 : extraction en couche - aération E : extraction en couche W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen	1 0 1 0 1 2 2
				Solution 2 : aération et traitement W : réduction de la teneur en eau par aération T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 1 1 0 2 0

- Les sols identifiés en classe A₁, A₂ ou B₅ à l'état hydrique moyen (m) sont très sensibles aux conditions météorologiques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier à cause d'un excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec difficile à compacter. Un contrôle de l'état hydrique devra être réalisé au démarrage des travaux, afin de valider leur réutilisation en remblais sans traitement préalable. À noter que si les matériaux sont dans un

état « s », leur réutilisation sera envisageable après une humidification pour les ramener dans un état « m ».

Les traitements possibles sont les suivants :

A_{1m}	Ces sols s'emploient facilement mais sont très sensibles aux conditions météorologiques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier à cause d'un excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec difficile à compacter	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne ($\leq 10m$)	2 0 0 0 0 2 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne ($\leq 10m$)	0 0 0 0 0 1 2
				Solution 3 : extraction frontale E : extraction frontale C : compactage intense	2 0 0 0 0 1 0

A_{2m}	Ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai sauf par pluie forte ou moyenne	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne ($\leq 10 m$)	2 0 0 0 0 2 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
				Solution 2 : emploi en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne ($\leq 10 m$)	0 0 0 0 0 1 2
				Solution 3 : extraction frontale E : extraction frontale C : compactage intense	2 0 0 0 0 1 0

B_{3m}	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique, qui peut très rapidement interrompre le chantier à cause de l'excès de teneur en eau ou au contraire, conduire à un matériau sec, difficile à compacter	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne ($\leq 10 m$)	2 0 0 0 0 2 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense	0 0 0 0 0 1 0

- Les sols identifiés en classe C₁B₃ sont réutilisables en l'état en remblais. Ils peuvent néanmoins poser des problèmes de traficabilité si la granulométrie de la fraction < 50 mm est uniforme et si leur teneur en eau est faible. L'arrosage peut améliorer la traficabilité.

- **Couche de forme :**

- Les sols identifiés en classe A₁, A₂ et B₅ présentent une grande sensibilité à l'eau, ce qui implique de les traiter avec des liants hydrauliques associés éventuellement à de la chaux. Cette solution nécessite une étude spécifique pour en préciser la faisabilité économique et les précautions d'exécution. De plus, pour leur mise en œuvre, les précautions suivantes sont à respecter :
 - Conditions météorologiques favorables (période sèche persistante),
 - Arrosage voire humidification pour maintenir un état hydrique « m » à « h »,
 - Traitement des sols en place aux liants hydrauliques (chaux, ciment, etc.) → **pour le moment, seul un traitement à la chaux est envisageable ;**
 - Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté.

Ces sols se traitent le plus souvent en place.

- Les sols identifiés en classe C₁B₃ sont réutilisables en couche de forme sous réserve de la mise en œuvre d'un traitement avec un liant hydraulique après élimination préalable des éléments grossiers incompatibles avec la bonne exécution du malaxage (malaxage homogène à l'aide de malaxeurs à outils animés ou élaboration dans une centrale). Ces solutions nécessitent une étude spécifique pour en préciser la faisabilité économique et les précautions d'exécution.

Dans tous les cas l'épaisseur de chacune des couches mises en œuvre ne dépassera pas les valeurs limites indiquées dans les recommandations GTR, en tenant compte de la classe de sol et du type d'engin de compactage utilisé.

6.6. Réalisation des remblais support des voies

Les remblais seront de préférence constitués de matériaux d'apport, granulaires et insensibles à l'eau, même si la réutilisation des matériaux du site est envisageable (cf. paragraphe ci-avant).

L'épaisseur de chacune des couches mises en œuvre ne dépassera pas les valeurs limites indiquées dans les recommandations GTR, en tenant compte de la classe de sol et du type d'engin de compactage utilisé.

Un contrôle régulier sera nécessaire au fur et à mesure de l'avancement de l'élévation du remblai. Ce contrôle est à prévoir à chaque couche unitaire d'apport, et au minimum tous les mètres d'épaisseur. Les critères de réception du remblai par essais à la plaque Ø 60 cm, selon le mode opératoire du L.C.P.C., devront être :

- un module EV2 $\geq$ 50 MPa,
- EV2/EV1 $\leq$ 2.

GINGER CEBTP se tient à la disposition du maître d'œuvre ou de l'entreprise pour la réalisation des essais de contrôle à tout stade de l'exécution.

6.7. Talutages

Les talus en remblais, seront dressés selon des pentes de 3 de base pour 2 de hauteur (3H/2V).

Si le talutage à 3H/2V n'est pas réalisable (espace disponible latéralement insuffisant par exemple), des ouvrages de soutènement devront être réalisés.

Des redans d'accrochage seront mis en place en cas de rechargement au droit des talus existant, après purge de la terre végétale existante.

Les remblais seront mis en place avec la méthode dite du remblai excédentaire (1,0 m de plus du gabarit final à déposer avant réception de l'ouvrage).

Dans le cas des terrassements en déblais, hors mitoyenneté et hors d'eau, les éventuels talus **provisoires** des fouilles pourront être dressés avec une pente de 3 de base pour 2 de hauteur, à adapter lors des terrassements si cela s'avère nécessaire.

À noter que des hétérogénéités locales peuvent être rencontrées au fur et à mesure de l'ouverture des fouilles et provoquer des éboulements locaux. L'ensemble des talus devra être protégé des intempéries par des feuilles de polyane par exemple soigneusement fixées, des cunettes étanches en tête de talus.

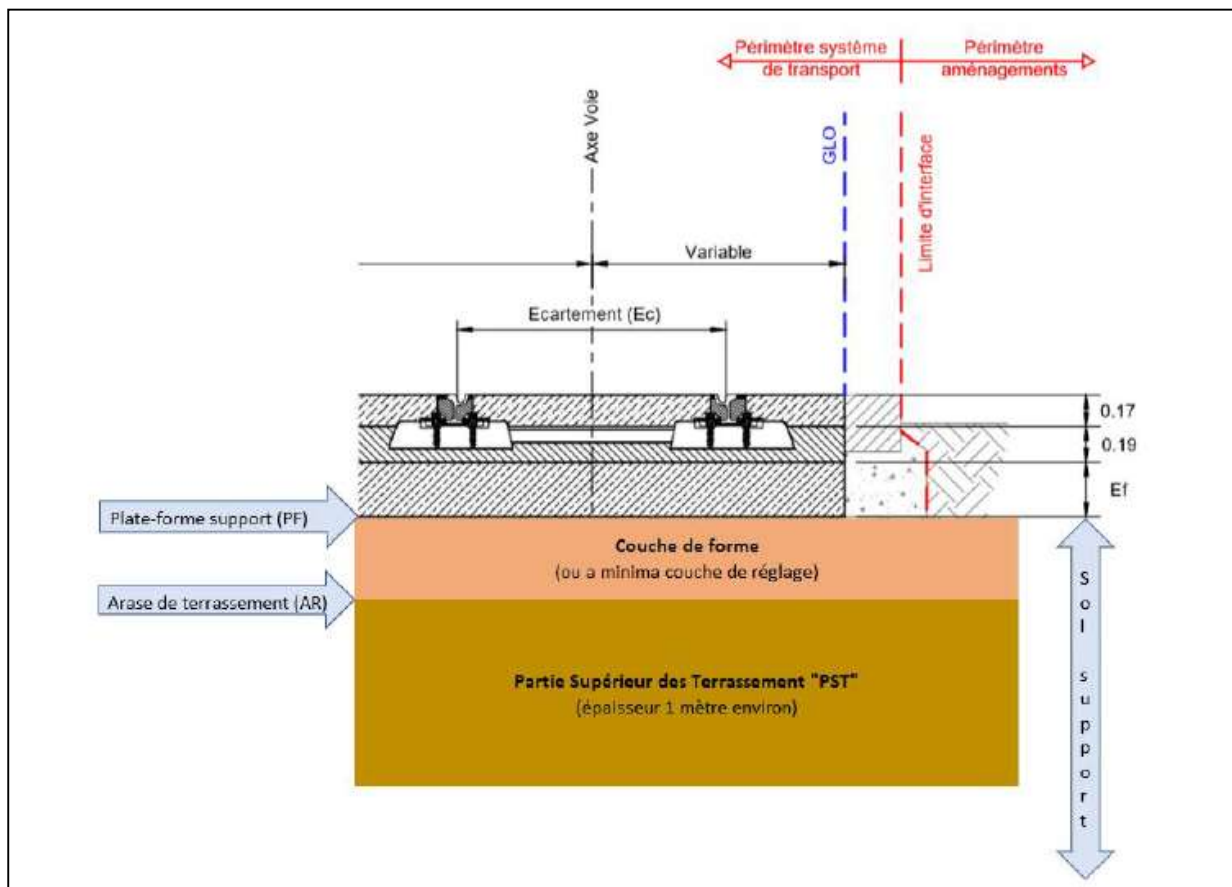
7. Plateforme Tramway – Voie Béton avec Traverse

7.1. Description

La plateforme tramway de type « voie béton avec traverses noyées » est constituée d'un béton de fondation et d'un béton de calage pour bloquer les traverses.

La plateforme support est située entre 60 et 80 cm par rapport au plan de roulement.

Ci-après une coupe de principe de la pose de voie béton :



7.2. Charges

Les descentes de charges fournies sur cette plateforme sont :

- Charges permanentes (structures de plateforme + armement de voie) : 17,16 kPa ;
- Charges d'exploitation : 59,2 kPa (hors majoration par le coefficient dynamique de 1,5).

7.3. Exigences vis-à-vis du sol support

D'après les documents fournis, le sol support doit garantir les performances suivantes :

- $EV2 > 50 \text{ MPa}$ et $EV2/EV1 < 2$ (PF2) ou $EV2 > 35 \text{ MPa}$ et $EV2/EV1 < 2$ (PF1+) ;
- Tassement absolu au long terme : +/- 15 mm.

7.4. Zones de déblais et de profil rasant

7.4.1. Partie Supérieure des Terrassements (PST) – Classe d'arase

Pour la zone Très La Grange, la partie supérieure des terrassements est constituée par des sols argileux +/- limoneux (**formation n°1**) de type A₁ ou A₂ dans un état hydrique « moyennement humide » (**(m)**) à « très humide » (**(th)**).

Pour la zone Paimboeuf, la partie supérieure des terrassements est constituée de remblais (**Rb1**) de nature grave-limoneuse et par des sols argileux +/- limoneux (**formation n°1**) de type A₁ ou A₂ dans un état hydrique « moyennement humide » (**(m)**) à « très humide » (**(th)**).

Pour la zone RD1005, la partie supérieure des terrassements est constituée pour les parties du projet hors voirie par des sols argileux de type A₁ ou A₂ dans un état hydrique en général « moyennement humide » (**(m)**) à « très humide » (**(th)**). Et de graves sableuses (**Rb4**) pour la partie sous la voirie de type B₅ et C₁B₃.

En l'état, la PST peut être estimée, en fonction des sols en présence, pour le sol support sans drainage ni amélioration, entre PST n°0 AR0, PST n°1 AR1 et PST n°2 AR1.

En raison de la présence d'une nappe à très faible profondeur, il est probable que l'état hydrique du sol support soit « humide » (h) voire « très humide » au moment des travaux. On retiendra donc une PST n°1 AR1 pour le dimensionnement de la couche de forme.

Des travaux préparatoires (drainage, purge et substitution, cloutage, mise en place de géogrilles, etc.) pourront être nécessaire pour obtenir au minimum une portance PST n°1 AR1.

Remarque : *L'épaisseur des remblais est très variable, il est donc possible qu'ils soient complètement purgés localement lors des terrassements nécessaires à l'implantation des voies.*

D'une manière générale, pour l'obtention d'un objectif de plate-forme de classe **PF1⁺** ou **PF2**, afin d'assurer à long terme le comportement des voies, les travaux préparatoires peuvent suivre le schéma suivant, à adapter si nécessaire :

- Captage et évacuation des éventuelles circulations d'eau en dehors des plateformes,
- Purge des éventuelles poches médiocres, des sols détériorés par les engins de terrassement ou par les eaux de pluie, et substitution par une grave,
- Recompactage de la plate-forme ainsi obtenue, avec cylindrage sans vibration en fond de fouille argileux,
- Mise en place d'un géotextile anti-contaminant,
- Mise en œuvre d'une couche de forme.

Les travaux devront être réalisés en **période météorologique favorable** afin d'obtenir des matériaux en état hydrique moyen à sec et pour permettre une circulation des engins sur la

PST sans difficulté et seront interrompus si les conditions météorologiques sont trop défavorables.

Aussi, suite à la purge de la terre végétale et des terrassements nécessaires à l'implantation des voies, des essais à la plaque $\varnothing$ 60 cm seront réalisés selon le mode opératoire du L.C.P.C. dans le fond de fouille :

- Si un module $EV2 \leq 20$ MPa est obtenu (cas le plus probable), une purge supplémentaire de 0,5 m d'épaisseur sera réalisée (amélioration du couple PST/AR). Il sera ensuite mis en œuvre une épaisseur de 0,5 m de matériau propre et drainant type D₃ ou R₂₁, 0/250 mm avant la mise en œuvre de la couche de forme décrite dans le paragraphe suivant.
- Si un module $EV2 > 20$ MPa est obtenu, la couche de forme décrite ci-après pourra être mise en œuvre.

Remarque : Si la couche de forme est faite en matériaux traités, le fond de forme devra avoir une portance de 35 MPa = EV2.

Dans les deux cas de figure, la substitution sera associée à un **géotextile anti-contaminant** à sa base **ainsi qu'à un dispositif de drainage à la base des voies**.

Selon l'état hydrique des matériaux au moment des travaux, l'amélioration de la PST peut également être envisagée par cloutage ou avec un traitement à la chaux et/ou aux liants hydrauliques routiers sous réserve d'une étude de l'aptitude au traitement du fond de forme.

Le choix de la technique d'amélioration sera à déterminer par le Maître d'Ouvrage et l'équipe de Maîtrise d'œuvre en fonction des contraintes du chantier, des volumes en jeu et des données économiques du projet.

Une planche d'essai devra être réalisée au démarrage du chantier.

Une attention particulière sera apportée à l'homogénéité de qualité du support de chaussée.

7.4.2. Couche de forme

Pour obtenir une **PF2 (EV2 $\geq$ 50 MPa)** à partir d'une **PST1/AR1** (fond de fouille dans un état hydrique humide) il faut :

- Sans recourir au traitement des matériaux, la couche de forme devra consister en **0,6 m** de matériaux graveleux, insensibles à l'eau de type **D31** reposant sur un géotextile anti-contaminant. La mise en œuvre de la couche de forme devra respecter les prescriptions du GTR 92.
- En recourant à un traitement des matériaux extraits (formation n°1), il faudra d'abord réaliser un traitement de type remblais (détaillé dans le paragraphe 5.6.). La couche de forme sera alors constituée de **0,40 m** de matériaux graveleux, insensibles à l'eau de type **D31** reposant sur un géotextile.

Pour obtenir une **PF1⁺ (EV2 ≥ 35 MPa)** à partir d'une **PST1/AR1** (fond de fouille dans un état hydrique humide) il faut :

- Sans recourir au traitement des matériaux, la couche de forme devra consister en **0,5 m** de matériaux graveleux, insensibles à l'eau de type **D31** reposant sur un géotextile anti-contaminant. La mise en œuvre de la couche de forme devra respecter les prescriptions du GTR 92.
- En recourant à un traitement des matériaux extraits (formation n°1), il faudra d'abord réaliser un traitement de type remblais (détaillé dans le paragraphe 5.6.). La couche de forme sera alors constituée de **0,30 m** de matériaux graveleux, insensibles à l'eau de type **D31** reposant sur un géotextile.

Remarque :

- *La mise en œuvre de la couche de forme devra respecter les prescriptions du GTR 92 (en partie détaillé dans le paragraphe 6.6.) ;*
- *Les épaisseurs données ci-dessus sont indicatives (notamment pour la PF1⁺ dont l'obtention n'est pas détaillée dans le guide GTR 92) : elles devront être confirmées par une ou des planches d'essais au démarrage des travaux. Elles ne devront en aucun cas être inférieures aux épaisseurs de couche de forme actuelles (afin de ne pas créer d'accumulation d'eau à la jonction entre les structures routières et les structures ferroviaires et ainsi favoriser les écoulements vers l'extérieur ;*
- *Si le critère de portance n'est pas atteint lors des travaux, c'est que, soit :*
 - *La teneur en eau du matériau constitutif de l'arase est plus élevée que pendant les sondages ;*
 - *La purge n'a pas été suffisamment approfondie ;*
 - *Le matériau de couche de forme sous-jacent n'est pas de qualité suffisante en nature et/ou en compactage ;*
 - *Le compactage est trop intensif et a « claqué » le sol support.*

7.5. Zone de remblais : PST, classe d'arase et couche de forme

La partie supérieure des terrassements est constituée par des sols limono-argileux de type A₁ ou A₂ dans un état hydrique « très humide » (**th**), « humide » (**h**) ou moyennement humide (**m**).

Suite à la purge de la terre végétale, le niveau de plateforme sera atteint par le biais de la mise en œuvre de matériaux d'apport type D₃ ou R₂₁, D_{max} compris entre 63 et 100 mm associés à un géotextile anti-contaminant ou avec des matériaux du site.

La classe de PST après ces opérations de remblaiement sera alors :

- PST3 AR1 pour un remblaiement avec des matériaux du site ;
- PST5 AR2 pour un remblaiement avec des matériaux d'apport.

Pour obtenir une **PF1⁺ (EV2 ≥ 35 MPa)** à partir d'une **PST3/AR1**, la couche de forme devra consister en **0,2 m** de matériaux graveleux, insensibles à l'eau de type **D31** reposant sur un géotextile anti-contaminant. La mise en œuvre de la couche de forme devra respecter les prescriptions du GTR 92.

Pour obtenir une **PF2 (EV2 $\geq$ 50 MPa)** à partir d'une **PST3/AR1**, la couche de forme devra consister en **0,3 m** de matériaux graveleux, insensibles à l'eau de type **D31** reposant sur un géotextile anti-contaminant. La mise en œuvre de la couche de forme devra respecter les prescriptions du GTR 92.

Aucun traitement n'est nécessaire pour obtenir une **PF1*** ou une **PF2** à partir d'une **PST5/AR2**.

La mise en œuvre de la couche de forme devra respecter les prescriptions du GTR 92.

Les travaux devront être réalisés en période météorologique favorable afin d'obtenir des matériaux en état hydrique moyen à sec et pour permettre une circulation des engins sur la PST sans difficulté.

Si, toutefois, les travaux sont réalisés en période défavorable, des sujétions seront à prévoir afin d'augmenter la portance avant la réalisation de la couche de forme.

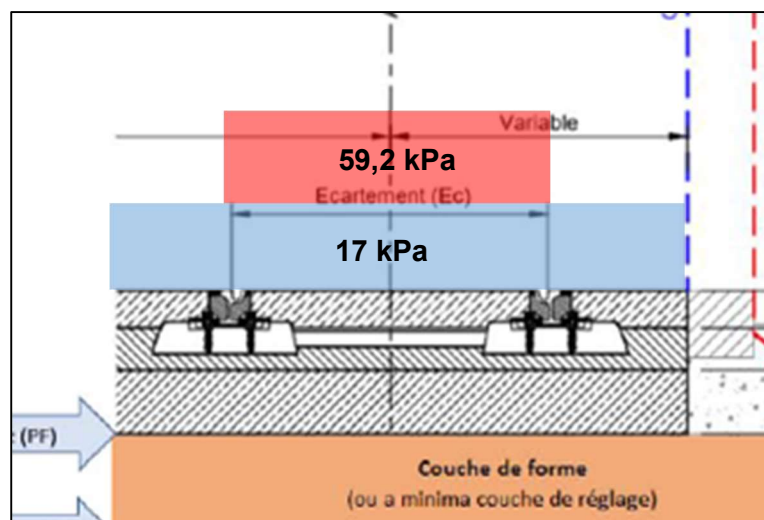
7.6. Tassements des voies

7.6.1. Hypothèse de dimensionnement

Une première approche du tassement des voies a été réalisée avec le logiciel Foxta. Ces tassements dépendent de l'épaisseur de sol compressible (formation n°1) et de la hauteur des remblais.

Les hypothèses suivantes ont été retenues:

- La largeur d'une voie béton = 3,1 m ;
- Charge appliquée sur une voie béton = 17 kPa ;
- Ecartement entre les traverses = 1,0 m ;
- Charge appliquée sur l'écartement entre les traverses = 59,2 kPa ;
- On retient $p_{le}^* = 400$ kPa et $k_p = 0,8$ pour déterminer la capacité portante.



La méthode calcul est la suivante :

- Prise en compte de deux voies béton l'une à côté de l'autre ;
- Les voies béton sont assimilées à une fondation superficielle de type semelle filante de 6,5 m de largeur ;
- La contrainte ELS de calcul s'appliquant en sous face des voies béton est définie par la formule suivante :

$$\sigma_{vd} \text{ en kPa} = P + (17\text{kPa} \times 6,5 \text{ m/ml} + 2 \times (59,2 \text{ kPa} \times 1 \text{ m/ml})) / 6,5 \text{ m/ml}$$

Avec le poids des matériaux d'apports : $P = 20 \text{ kN/m}^3 \times H_{\text{remblais}}$

- La contrainte ELU de calcul s'appliquant en sous face des voies béton est définie par la formule suivante :

$$\sigma_{vd} \text{ en kPa} = \gamma_G \times P + (\gamma_G \times 17\text{kPa} \times 6,5 \text{ m/ml} + \gamma_Q \times 2 \times (59,2 \text{ kPa} \times 1 \text{ m/ml})) / 6,5 \text{ m/ml}$$

Avec $\gamma_G = 1,35$ et $\gamma_Q = 1,5$

- Le linéaire du tramway est découpé en 10 sections présentées ci-après avec le résultat des calculs.

7.6.2. Résultats

Les résultats complets sont présentés en annexe 4.

Les résultats sont présentés ci-après. On observe que les tassements calculés de la zone n°3 et de la zone n°7 sont proches du critère de tassement absolu admissible (1,5 cm).

Secteur	Zone	sf (cm)	$\sigma^{\circ}\text{VELS}$ (kN/m/ml)	$\sigma^{\circ}\text{VELU}$ (kN/m/ml)
RD 1005	1	0.33	35	50
RD 1005	2	0.48	35	50
RD 1005	3	1.29	85	118
Paimboeuf	4	0.95	65	91
Paimboeuf	5	0.68	45	64
Très la grange secteur 2	6	1.01	35	50
Très la grange secteur 2	7	1.33	45	64
Très la grange secteur 2	8	0.80	45	64
Très la grange secteur 1	9	0.40	65	91
Très la grange secteur 1	10	0.29	35	50
Capacité portante (en retenant $p_{le}^* = 400 \text{ kPa}$)			ELS (kPa)	ELU (kPa)
			116	190

Remarque : Les tassements différentiels n'ont pas été calculés, cependant les variations d'épaisseurs compressibles et de hauteur de remblais sont progressives ce qui devrait limiter le phénomène de tassement différentiel. Des joints de séparation dans la structure de la plateforme disposés régulièrement permettront également de s'en prémunir.

8. Fondation de ligne aérienne de contact

8.1. Description

La ligne aérienne de contact (LAC) permet d'alimenter le tramway en énergie. Les fondations des poteaux LAC sont réalisées soit en fondations superficielles soit en fondations profondes.

Les fondations superficielles sont constituées de :

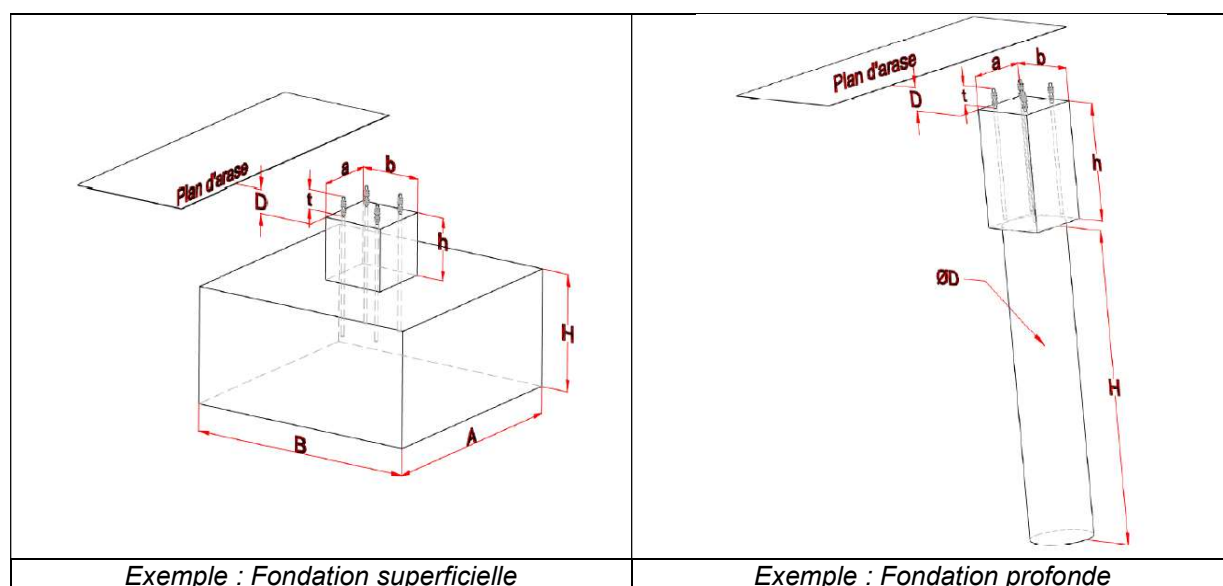
- Une semelle en béton armé ;
- Un fût en béton armé au-dessus de la semelle de dimensions 0,80 m x 0,80 m x 0,80 m ;
- 4, 6 ou 8 tiges d'ancrage avec 3 écrous et 2 rondelles par tiges.

La position du fût sur la semelle et les dimensions de la fondation sont variables en fonction de l'occupation du terrain rencontré, notamment en termes de réseaux et des descentes de charges. Le niveau supérieur de la semelle est situé à environ -1,16 m du niveau fini pour le passage des réseaux éventuels sur la semelle de fondation.

Les fondations profondes sont constituées de :

- Un massif en tête de fondation profonde en béton armé ;
- 4, 6 ou 8 tiges d'ancrage avec 3 écrous et 2 rondelles par tiges ;
- Une fondation profonde de type pieu.

Les tiges sont ancrées dans le massif de tête de pieu et dépassent de 25cm l'arase du massif de tête de pieu. Le nombre de tiges dépend du type de poteau supporté. La tête de pieu a une épaisseur minimale de 50cm.



8.2. Descentes de charges

Les descentes de charges fournies sont présentées en annexe 5.

8.3. Fondations superficielles par semelles isolées

Compte tenu des éléments précédents, un système de fondations superficielles par semelles isolées ancrées dans la formation n°1 peut être envisagé.

8.3.1. Préconisations générales pour l'encastrement des fondations

Dans tous les cas, l'encastrement devra assurer les conditions de mise hors gel des fondations, soit une profondeur minimale de 0,8 m par rapport à la plus proche surface exposée aux intempéries.

Les fondations doivent être ancrées d'au moins 1,0 m dans la formation n°1 pour se prémunir du risque de retrait gonflement.

De plus il est rappelé que le niveau supérieur de la semelle est situé à environ -1,16 m du niveau fini pour le passage des réseaux éventuels sur la semelle de fondation.

Les recommandations pour les terrassements sont données au paragraphe 6.

8.3.2. Hypothèses de dimensionnement

Les vérifications portent sur le poinçonnement (ELS et ELU), le renversement (ELS et ELU) et le glissement des fondations (ELU).

Les hypothèses suivantes ont été retenues:

- Ancrage des fondations = 2,5 m ;
- Sol support = formation n°1 ($\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $c' = 5 \text{ kPa}$, $\varphi' = 25^\circ$, $\alpha = 0,67$, $p_{le} = 400 \text{ kPa}$) ;
- Forme des massifs = carrée ;
- Poids volumique du béton = 25 kN/m^3 ;
- Niveau de la nappe = 0 m/TN ;
- Poids volumique de l'eau = 10 kN/m^3 ;
- $E_c = E_d = E_m$.

La méthode calcul est la suivante :

- On suppose que les descentes de charges fournies sont combinées selon l'ELS QP ;
- Les vérifications au renversement sont données ci-dessous :
 - A l'ELU :

$$\left(1 - \frac{2e_B}{B}\right) \left(1 - \frac{2e_L}{L}\right) \geq \frac{1}{15}$$

- A l'ELS QP :

$$\left(1 - \frac{2e_B}{B}\right) \left(1 - \frac{2e_L}{L}\right) \geq \frac{2}{3}$$

Remarque : Dans notre cas $e_L = 0$ (effort unidirectionnel).

- Pour passer de l'ELS à l'ELU au renversement on applique un coefficient de 1,5 sur le moment (M) et l'action horizontale (H) fournis et un coefficient de 1,0 sur les poids des poteaux, des massifs bétons et des terres ;
- Pour passer de l'ELS à l'ELU au poinçonnement on applique un coefficient de 1,5 sur le moment (M) et l'action horizontale (H) fournis et un coefficient de 1,35 sur les poids des poteaux, des massifs bétons et des terres ;
- Pour le calcul des tassements le linéaire du tramway est découpé en 10 sections présentées ci-après avec le résultat des calculs ;
- Les tassements sont déterminés avec le poteau C (cas le plus défavorable) ;
- Les vérifications au glissement ne sont pas réalisées, l'encastrement et le poids des fondations empêchent ce mouvement.

8.3.3. Résultats

Les dimensions des massifs sont données ci-dessous. Le dimensionnement détaillé est disponible en annexe 6.

Poteaux	H(kN)	M (kN.m)	Poids du mât (kN)	B (m)	Hmassif (m)	Encastrement (m)
A1	6	56	10	1.6	1.0	2.5
A2	12	107	10	2.0	1.0	2.5
A	26	222	10	2.6	1.0	2.5
B	34	298	13	2.9	1.0	2.5
C	53	462	21	3.3	1.0	2.5
D	21	228	12	2.6	1.0	2.5
E	28	303	17	2.9	1.0	2.5
F	41	433	25	3.2	1.0	2.5

La vérification au renversement est dimensionnante. En termes de portance le poteau C est le plus défavorable, un $ple^* > 249$ kPa est nécessaire pour vérifier cette fondation en portance. Pour toute les zones ple^* est supérieur ou égal à 400 kPa, la vérification au poinçonnement est donc vérifiée.

Les tassements sont calculés pour le poteau C, ils sont inférieurs à 1 cm pour toute les zones.

9. Quais des stations de voyageur

9.1. Description

Le projet prévoit la construction de 3 quais pour les stations de voyageur et un arrêt technique que nous assimilerons à un quai.

Les dimensions des 3 quais et de l'arrêt technique de la douane sont présentés ci-dessous :

	Station le Bisou		Station Allée de la tire		Station le Cours		Arrêt technique douane	
quai	Longueur (m)	Largeur (m)	Longueur (m)	Largeur (m)	Longueur (m)	Largeur (m)	Longueur (m)	Largeur (m)
1	45,0	7,8	45,0	4,7	45,0	4,8	43,5	1,5
2	45,0	5,0	/	/	45,0	4,6	/	/

9.2. Descentes de charges

Les descentes de charges sont les suivantes :

- Charges permanentes : $10 \text{ kN/m}^2 + 10 \text{ kN/m}^2$ agissant sur une surface de 10 cm de côté (cette charge sera négligée) ;
- Charges d'exploitations : 5 kN/m^2 .

9.3. Analyse du contexte et principes d'adaptation

Compte-tenu de ce qui a été indiqué dans les paragraphes précédents, les points essentiels ci-dessous sont à prendre en compte et conduiront les choix d'adaptation du projet :

- Les quais et l'arrêt technique seront assimilés à un dallage avec $e = 0,2 \text{ m}$, $\nu = 0,2$ et $E = 1,0 \times 10^7 \text{ kPa}$ (module d'Young du béton à long terme) ;
- Les remblais en place devront être purgés ;
- Une attention particulière devra être portée à la présence de réseaux du CERN. Des contraintes spécifiques lui sont associées ;
- On rappelle la présence de réseaux au Nord de la nouvelle voirie sur le secteur Paimboeuf.

9.4. Insertion des quais dans le site

Pour insérer les quais dans le site, d'après les plans à notre disposition, il est prévu de réaliser des déblais compris entre 0,0 et 1,0 m de profondeur et des remblais compris entre 0,0 et 1,5 m de hauteur.

Station le Bisou	Station Allée de la Tire	Station le Cours	Arrêt technique douane
Déblais : 0,0 à 0,8 m	Remblais : 0,0 à 0,2 m	Remblais : 1,0 à 1,2 m	Remblais : 0,0 à 0,3 m

Les recommandations pour les terrassements sont données au paragraphe 6.

9.5. Modèle géotechnique

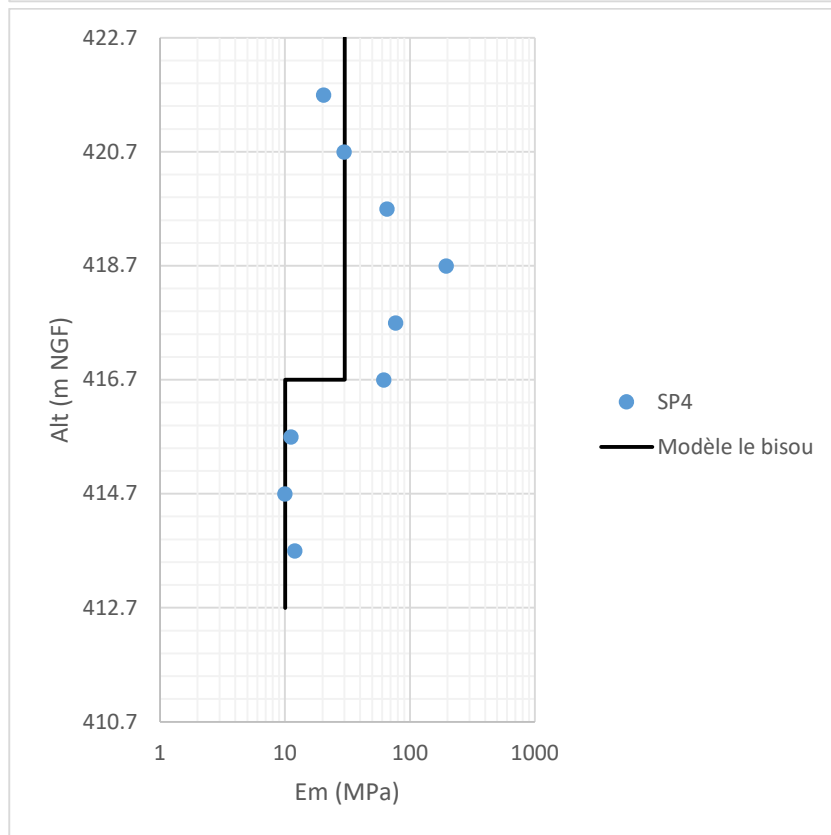
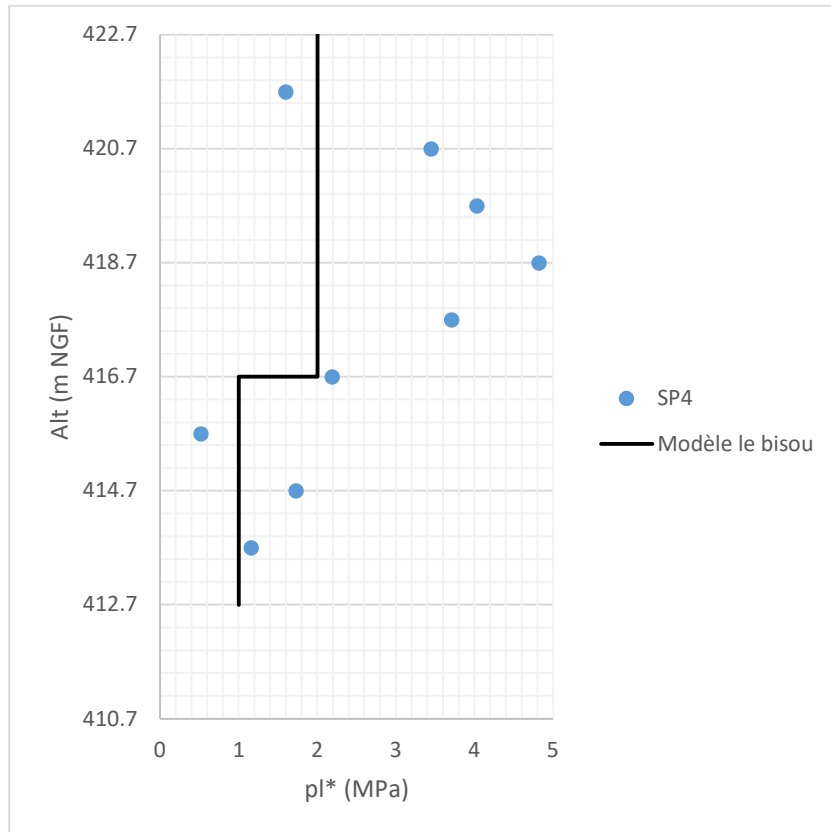
Un sondage pressiométrique a été réalisé au droit de chaque station. Le modèle géotechnique retenu pour chaque station est présenté ci-dessous (sauf pour la station le Bisou) :

Station	Sondage de référence	Formation n°1 (alluvions)				Formation n°2 (moraines)			
		Alt base (m NGF)	Em (MPa)	PI*(MPa)	α	Alt base (m NGF)	Em (MPa)	PI*(MPa)	Es/EM
Allée de la Tire (415 m NGF)	SP1-2021 SP2-2021 SP8-2022	400	3	0.4	2/3	>385	30	3.5	3
Arrêt technique (410.4 m NGF)	SP2-2022	405.9	13	0.6	2/3	>400.4	60	3.2	3
Le Cours (413.4 m NGF)	SP1-2022 SP13-2015 SP14-2015 SP12-2015	399.4	7	0.7	2/3	>393.4	40	3.0	3

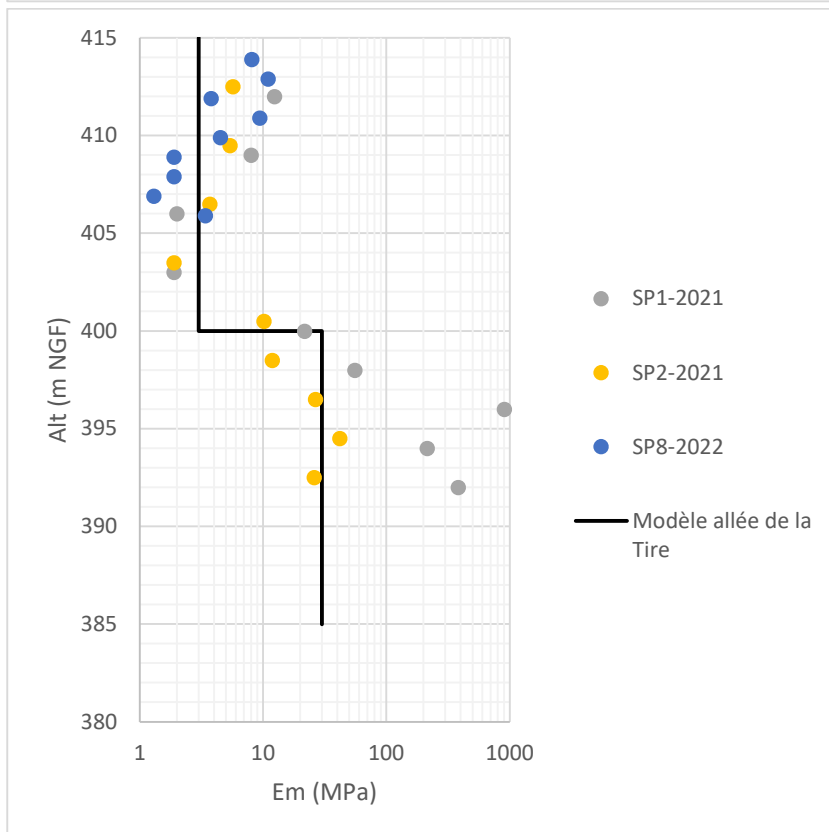
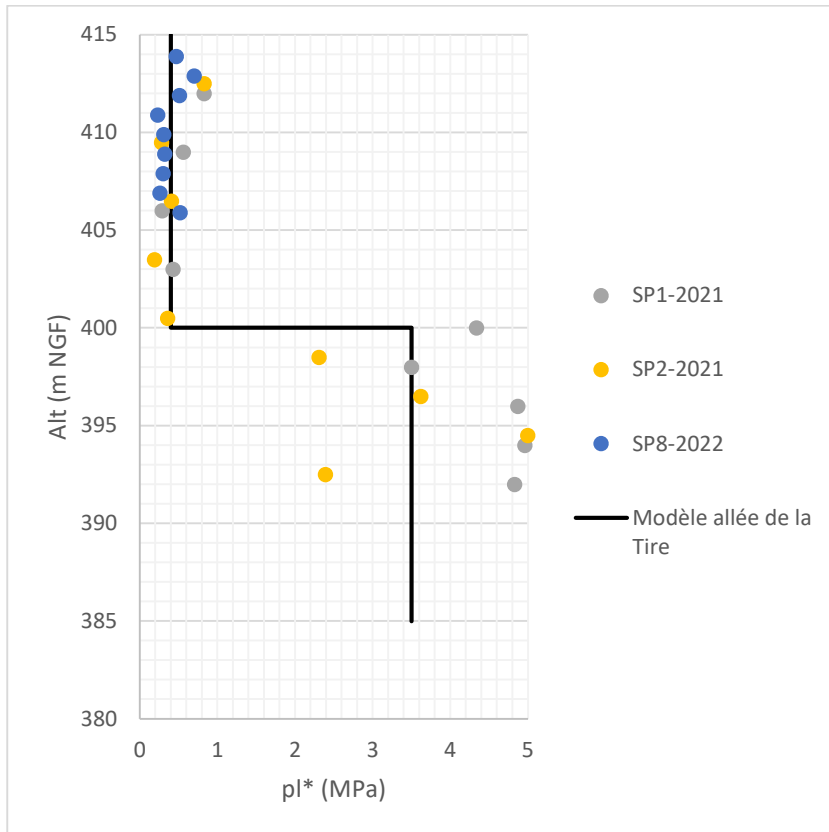
Pour la station le bisou, sur le sondage SP4 la formation n°2 semble être rencontrée à 2,0 m/TN, cependant on observe des valeurs pressiométriques plus faibles à partir de 5,5 m/TN. On considère alors une couche compressible de 30 m et on divise les alluvions en deux couches, alluvions raides à très raides et alluvions fermes à raides :

Station	Sondage de référence	Formation n°1 (alluvions raides à très raides)				Formation n°1 (alluvions fermes à raides)			
		Alt base (m NGF)	Em (MPa)	PI*(MPa)	α	Alt base (m NGF)	Em (MPa)	PI*(MPa)	α
Le Bisou (422.7 m NGF)	SP4-2022	416.7	30	2.0	2/3	>412.7	10	1.0	3

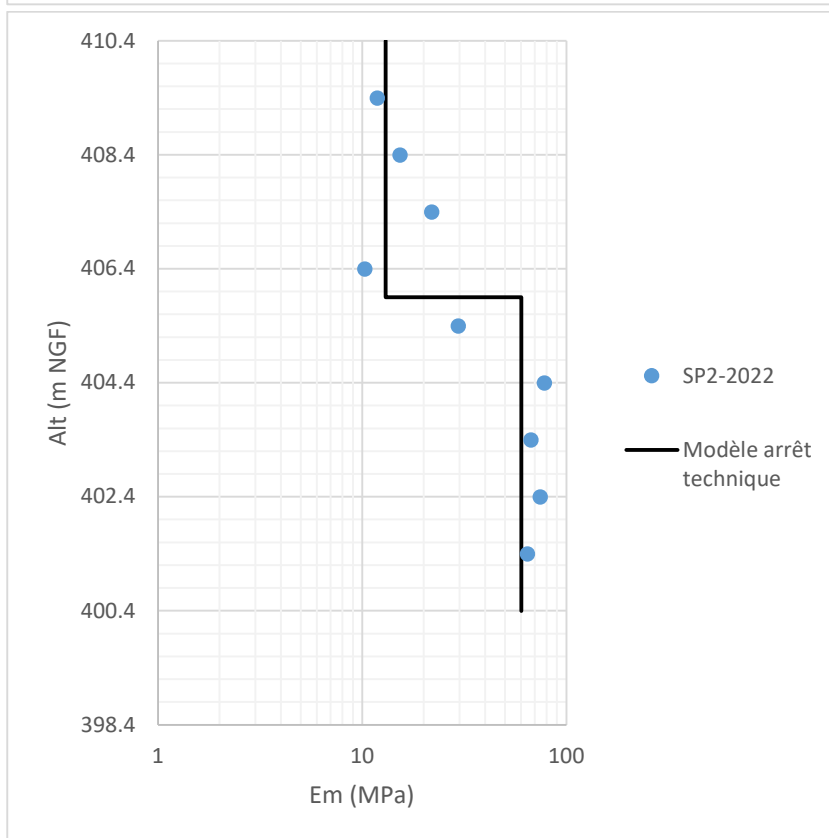
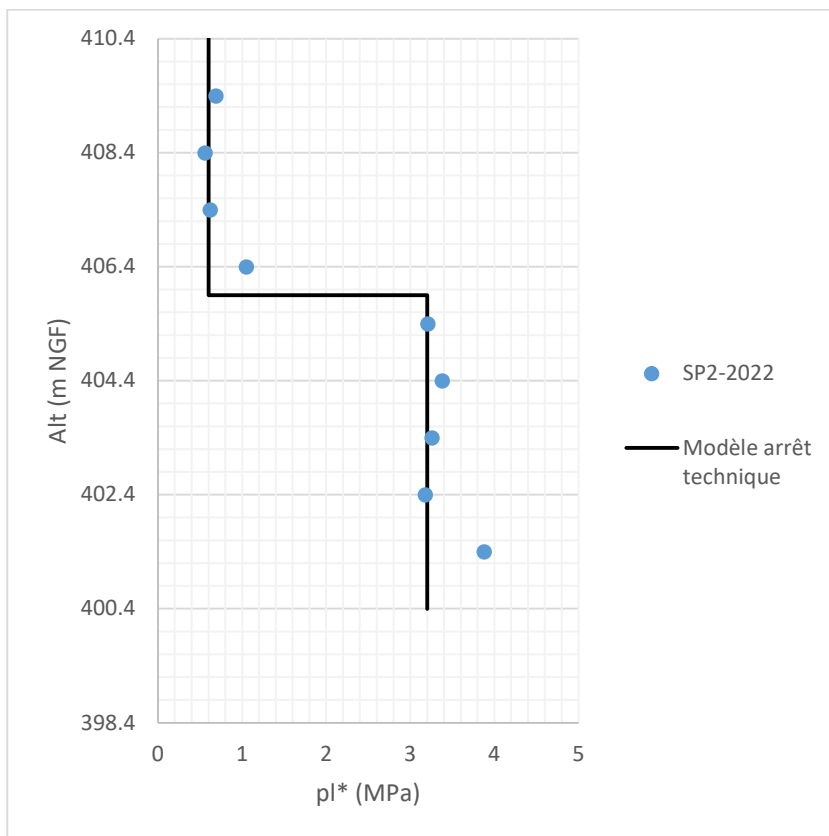
La représentation graphique des données pressiométriques est présentée ci-après.



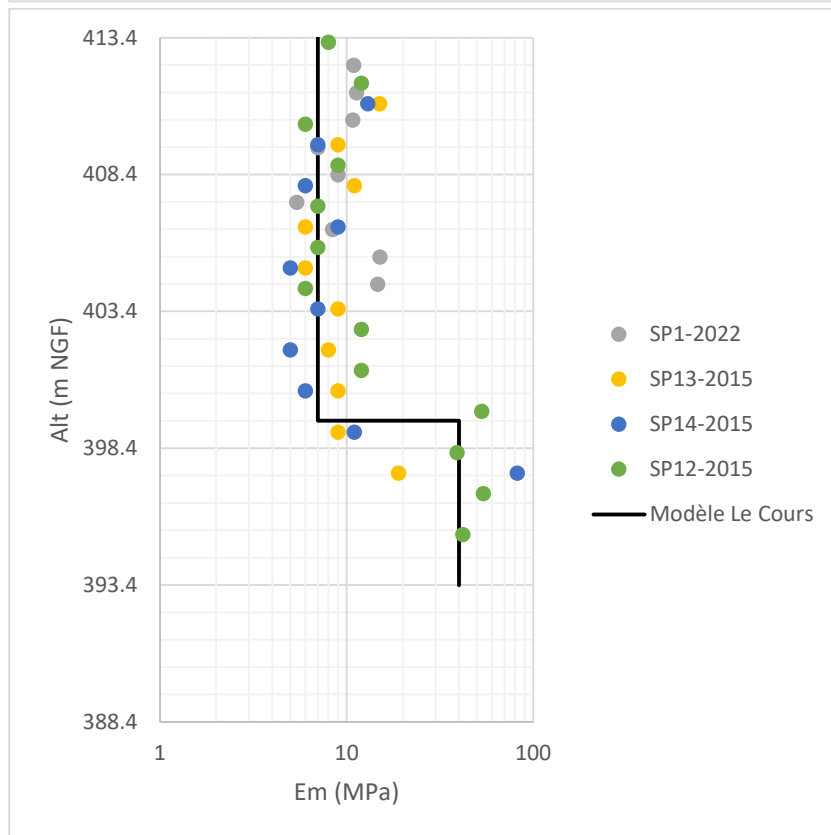
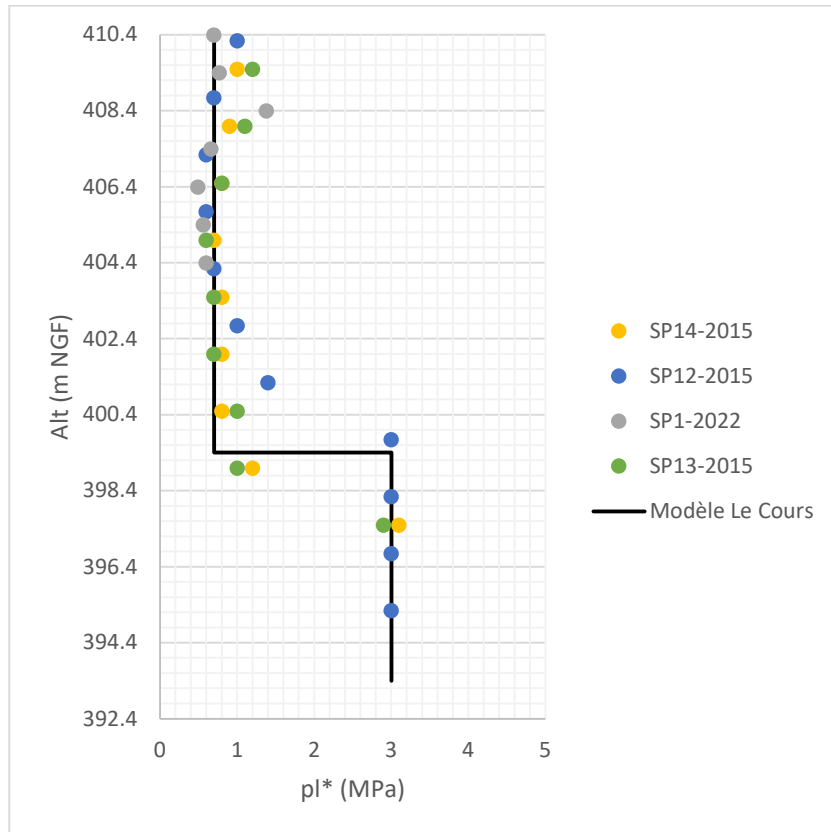
Modèle le Bisou



Modèle Allée de la Tire



Modèle arrêt technique



Modèle le Cours

9.6. Estimatif des tassements

Les hypothèses sont les suivantes :

- Charge d'exploitation = 5 kPa ;
- Charge permanente = 10 kPa ;
- Poids propre du quai = 5 kPa ;
- Poids des matériaux en remblais = 20 kN/m³ ;
- On retient un quai.

Une approche des tassements a été réalisée sur le logiciel Foxta. Les résultats sont présentés ci-dessous :

	Station le Bisou	Sation Allée de la tire	Sation le Cours	Arrêt technique douane
q (kPa)	36	24	26	44
Tassement (cm)	≈ 1,0	≈ 1,5	≈ 1,0 – 1,5	< 1,0

9.7. Poinçonnement

On rappelle que les capacités portantes calculées au paragraphe 7.6.2. à l'ELU et à l'ELS sont respectivement de 116 kPa et de 190 kPa pour un $p_{le}^* = 400$ kPa.

Le non poinçonnement des sols supports des radier est donc vérifié.

10. Dispositions constructives et contrôles

10.1. Dallage des quais

Au niveau des quais, la réalisation d'un dallage sur terre-plein est envisageable compte tenu de la qualité du sol support après terrassement. Une couche de forme sera nécessaire avant sa mise en œuvre.

10.1.1. Conception et exécution

La mise en œuvre de la structure sous dallage (couche de forme et couche de réglage) sera réalisée moyennant les précautions successives suivantes :

- Purge de la terre végétale et des remblais,
- Terrassement (en remblais ou en déblais) jusqu'à atteindre la côte du fond de forme ;
- Substitution sur 1,0 m d'épaisseur de la formation n°1 (alluvions glacio-lacustres composées d'argiles et de limons) par des matériaux granulaires insensibles à l'eau. Un géotextile anti-contaminant devra être placé à l'interface formation n°1/matériaux granulaires. Cette opération permet de se prémunir de l'aléa retrait gonflement des argiles ;
- Compactage du fond de forme à 95 % de l'optimum Proctor normal (OPN) avec des engins adaptés ;
- Mise en œuvre de la structure sous dallage avec compactage de la couche de forme à 95 % de l'optimum Proctor modifié (OPM).

La structure sous-dallage pourra alors être envisagée de la manière suivante :

- Une couche de réglage de **0,1 m** d'épaisseur minimale en concassé calcaire 0/31.5 insensible à l'eau, grave non traitée (GNT) 0/31.5 ou équivalent.

On veillera à respecter les recommandations du guide GTR édité en 1992 par le SETRA et éventuellement celui des sols traités.

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} .

10.1.2. Contrôles

Vérification compacité du support de dallage : Pour s'assurer que le compactage de la couche support du dallage est correct. On réalisera 6 essais au pénétromètre dynamique. Les besoins de compacité du dallage sont à minima de niveau q3 dans la couche de forme (substitution + structure sous dallage).

Déformabilité du support de dallage : D'après le DTU 13.3 de décembre 2021 applicable au projet, le module EV2 à obtenir est de 50 MPa minimum sur la couche de forme avec un rapport $EV2/EV1 < 2,2$.

11. Aléas géotechniques et conditions contractuelles

11.1. Rappel des aléas résiduels identifiés

A l'issue de l'étude de conception phase Projet (mission G2 PRO), nous identifions **les aléas et incertitudes résiduels suivants** :

- La période favorable pour réaliser les terrassements en déblais remblais du projet est courte (juillet à septembre), de plus la nappe est très réactive à la pluviométrie. Des problématiques de traficabilité, de compactage et de pompage sont à anticiper ;
- Les fondations des poteaux de la LAC (si elles sont réalisées en période défavorable) rencontreront sûrement la nappe, des moyens de pompage compatibles pour assécher les fouilles sont à prévoir sur site ;
- Les investigations réalisées ne permettent pas d'exclure le risque de liquéfaction dans la formation n°1 entre 3-4 m/TN et au niveau du toit de la formation n°2. Ce risque doit être évalué en phase conception. A ce titre nous recommandons de réaliser des sondages CPTu et une étude spécifique ;
- Les descentes de charges combinées définitives (notamment sismique) ne nous ont pas été transmises, elles devront être définies au plus tard au stade exécution ;
- Nous recommandons de réaliser des essais d'aptitudes au traitement complémentaires pour couvrir tout le linéaire du tramway et confirmer les conclusions du paragraphe 4.5. De plus la pérennité du traitement devra être vérifiée.

Ces aléas devront être levés au plus tard lors des études d'exécution. Nous rappelons qu'ils sont susceptibles de remettre en cause tout ou partie des conclusions de la présente étude.

11.2. Rappel de l'enchaînement des missions géotechniques

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des conditions générales des missions géotechniques de l'Union Syndicale Géotechnique fournies en annexe 1 (norme NF P94-500 de novembre 2013).

Nous rappelons conformément à la norme NF P 94-500 :

- Qu'en phase d'Assistance aux Contrats de Travaux, une mission d'assistance technique peut être réalisée afin de s'assurer de la conformité des réponses des entreprises aux spécifications du dossier d'appel d'offres examiné dans la phase G2 DCE,
- Qu'au stade exécution, une mission de supervision géotechnique d'exécution (mission G4) peut être réalisée afin de vérifier la conformité de l'étude et du suivi géotechnique d'exécution aux objectifs du projet.

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

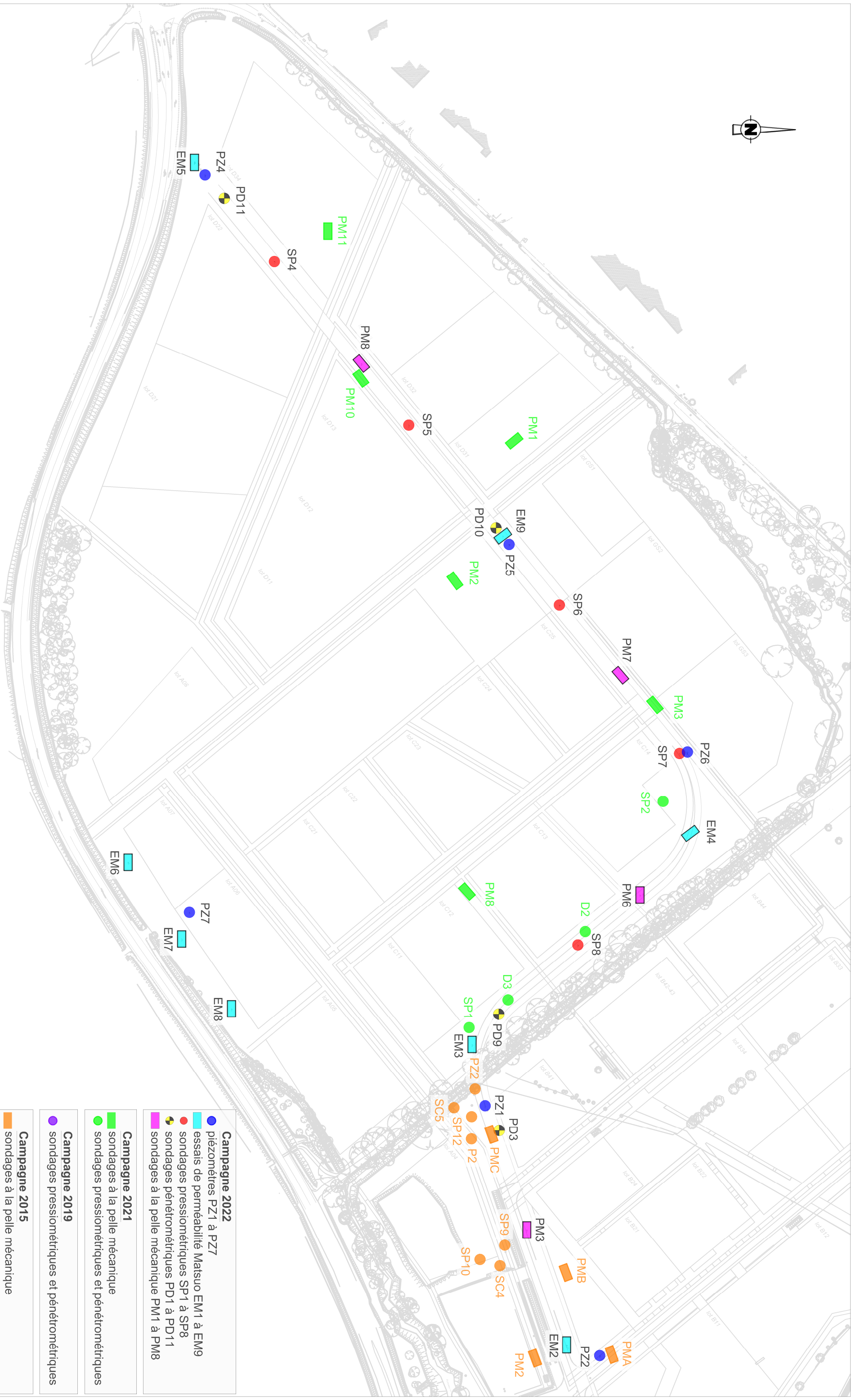
Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.
ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1) Cette mission exclut toute approche des quantités, détails 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>Phase Étude de Site (ES)</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>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</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>Phase Avant-projet (AVP)</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>Phase Projet (PRO)</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 seules et une approche des quantités. <u>Phase DCE / ACT</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, notes techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). — Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

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

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3) Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives : <u>Phase Étude</u> — 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. <u>Phase Suivi</u> — 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 : <u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u> — 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. <u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u> — 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 – PLAN D'IMPLANTATION ET COUPES INTERPRETATIVES DES SONDAGES



Campagne 2022

- piézomètres PZ1 à PZ7
- essais de perméabilité Matsuo EM1 à EM9
- sondages pressiométriques SP1 à SP8
- sondages pénétrométriques PD1 à PD11
- sondages à la pelle mécanique PM1 à PM8

Campagne 2021

- sondages à la pelle mécanique
- sondages pressiométriques et pénétrométriques

Campagne 2019

- sondages pressiométriques et pénétrométriques

Campagne 2015

- sondages à la pelle mécanique
- sondages pressiométriques et pénétrométriques

issu du dossier de plans "20405-Demandes complémentaires géotechnique-V2"
et du fichier "X_TFV_AVP2_02_103.001_000_SYS_VEF_DT11_Sans COVADIS"

échelle

1/2000

date

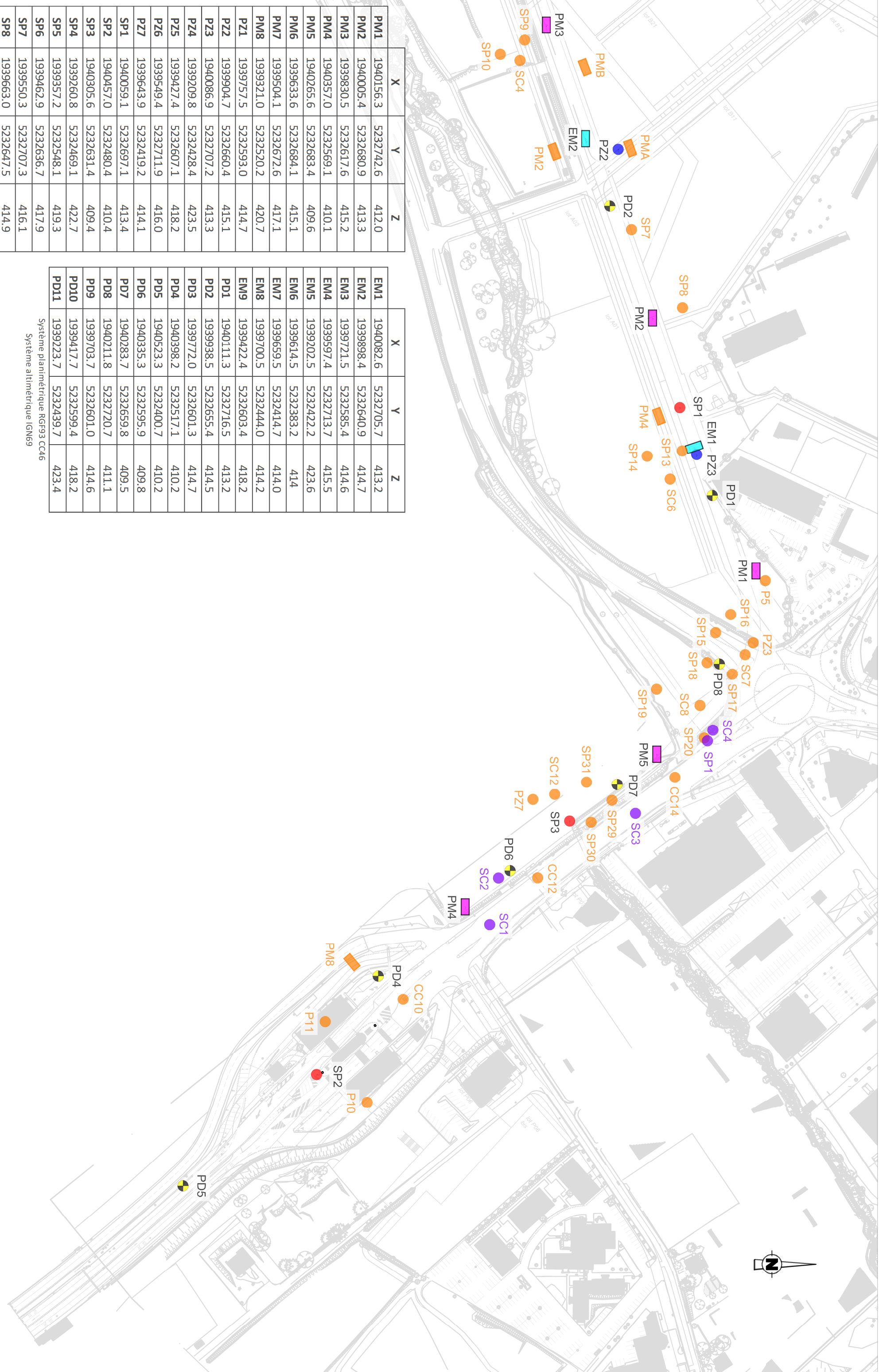
10/2022

Projet de tramway

Implantation des reconnaissances 1/2

Commune de
Fernay Voltaire

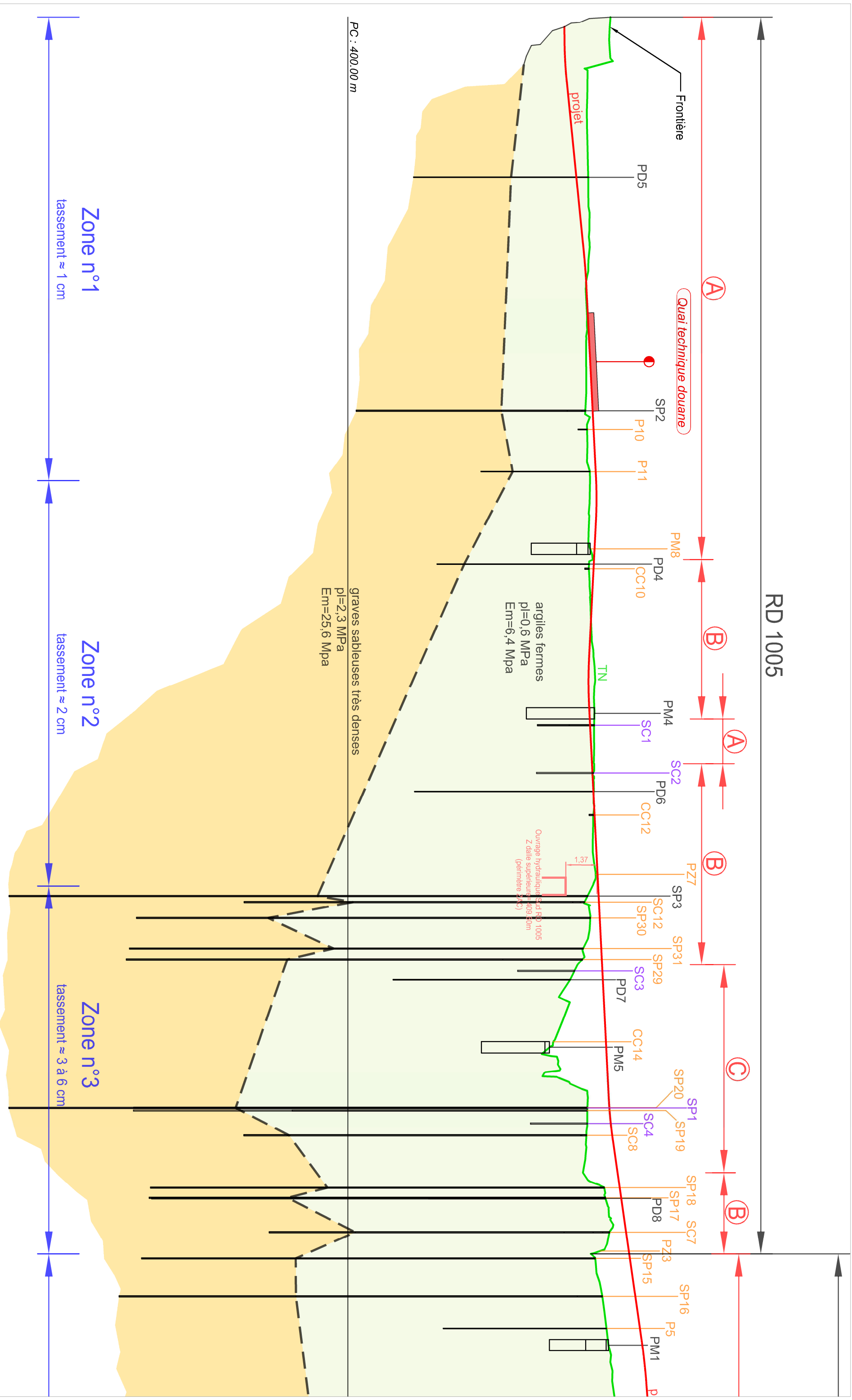




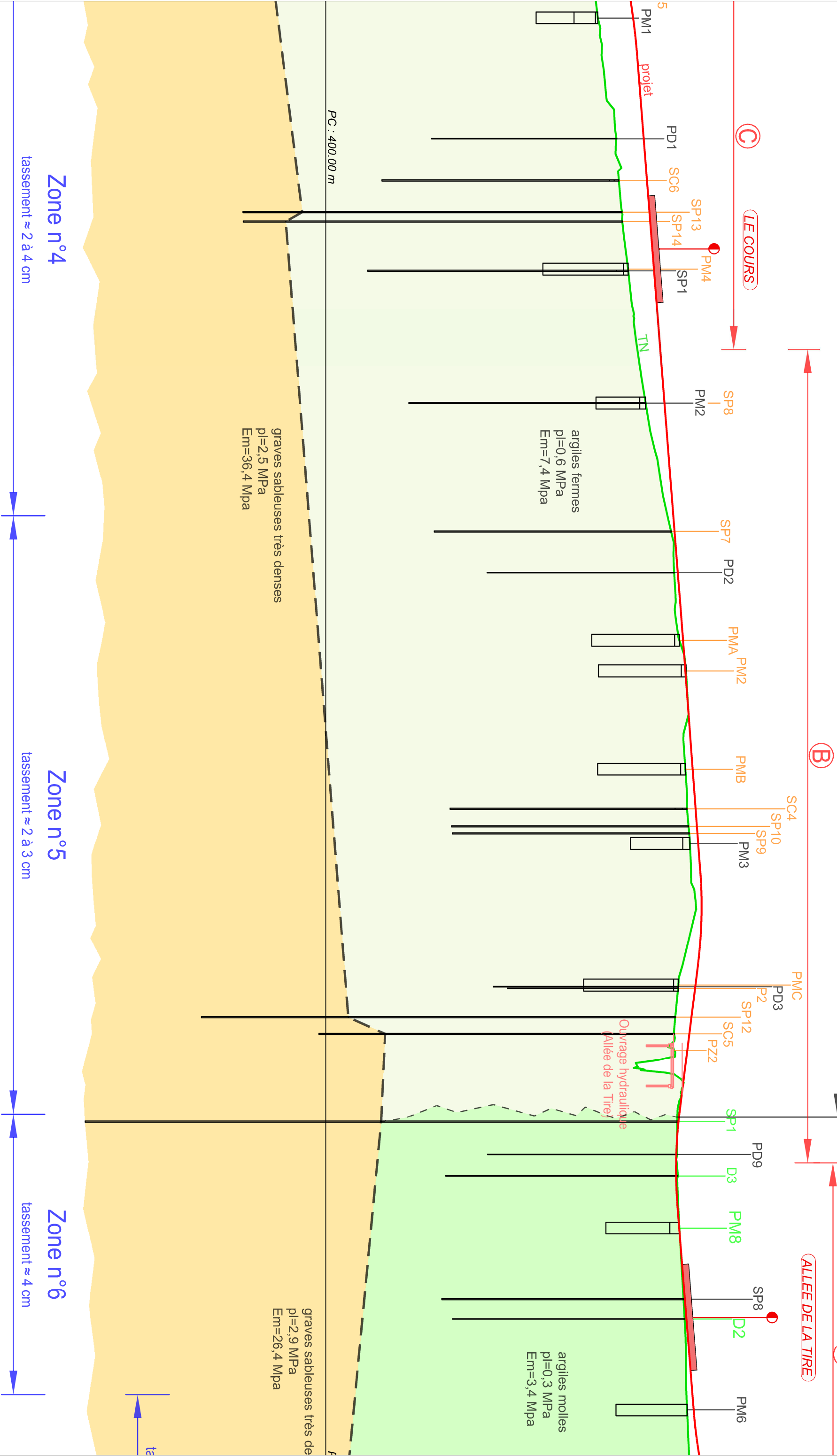
	X	Y	Z
PM1	1940156.3	5232742.6	412.0
PM2	1940005.4	5232680.9	413.3
PM3	1939830.5	5232617.6	415.2
PM4	1940357.0	5232569.1	410.1
PM5	1940265.6	5232683.4	409.6
PM6	1939633.6	5232684.1	415.1
PM7	1939504.1	5232672.6	417.1
PM8	1939321.0	5232520.2	420.7
PZ1	1939757.5	5232593.0	414.7
PZ2	1939904.7	5232660.4	415.1
PZ3	1940086.9	5232707.2	413.3
PZ4	1939209.8	5232428.4	423.5
PZ5	1939427.4	5232607.1	418.2
PZ6	1939549.4	5232711.9	416.0
PZ7	1939643.9	5232419.2	414.1
SP1	1940059.1	5232697.1	413.4
SP2	1940457.0	5232480.4	410.4
SP3	1940305.6	5232631.4	409.4
SP4	1939260.8	5232469.1	422.7
SP5	1939357.2	5232548.1	419.3
SP6	1939462.9	5232636.7	417.9
SP7	1939550.3	5232707.3	416.1
SP8	1939663.0	5232647.5	414.9

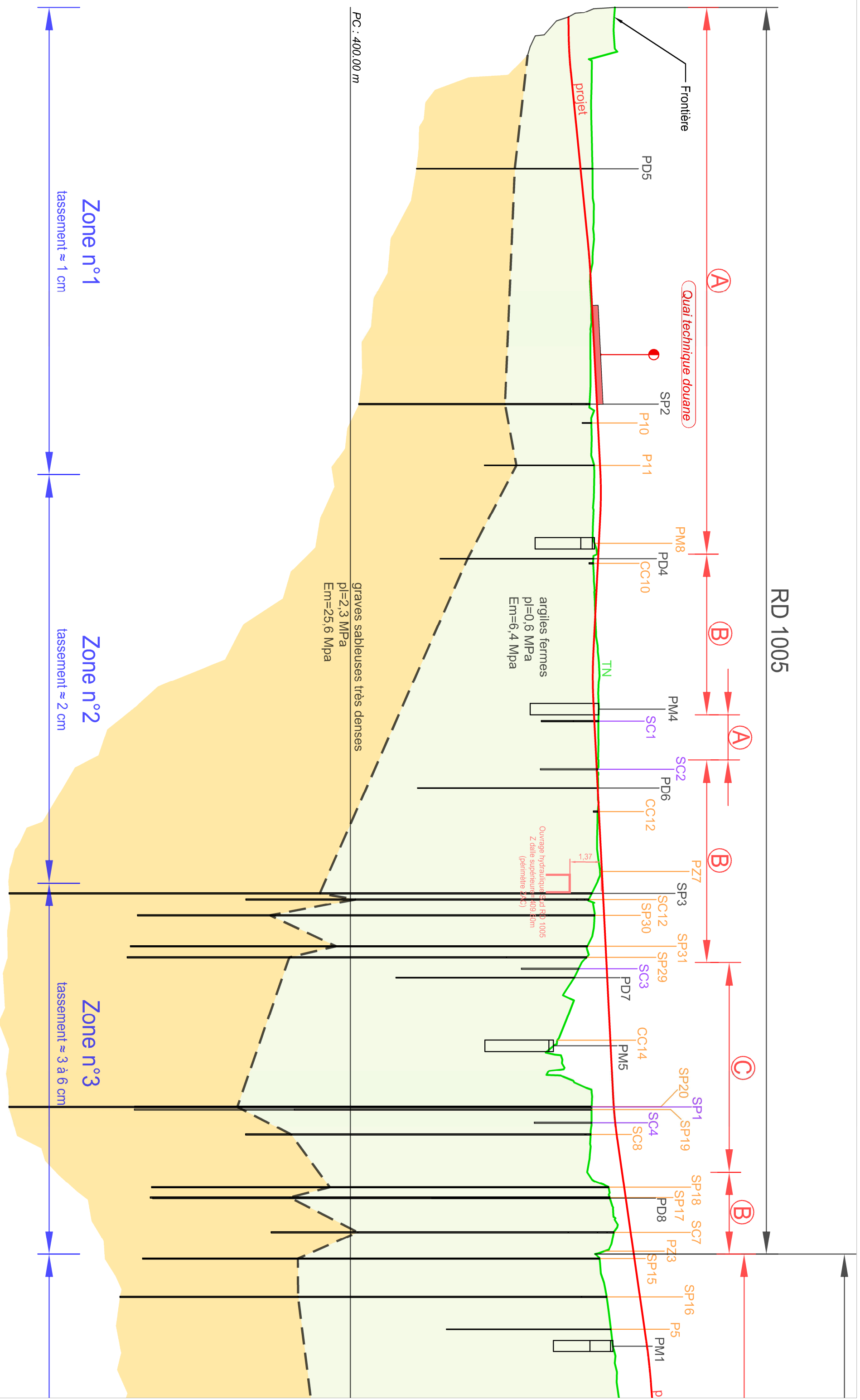
	X	Y	Z
EM1	1940082.6	5232705.7	413.2
EM2	1939898.4	5232640.9	414.7
EM3	1939721.5	5232585.4	414.6
EM4	1939597.4	5232713.7	415.5
EM5	1939202.5	5232422.2	423.6
EM6	1939614.5	5232383.2	414
EM7	1939659.5	5232414.7	414.0
EM8	1939700.5	5232444.0	414.2
EM9	1939422.4	5232603.4	418.2
PD1	1940111.3	5232716.5	413.2
PD2	1939938.5	5232655.4	414.5
PD3	1939772.0	5232601.3	414.7
PD4	1940398.2	5232517.1	410.2
PD5	1940523.3	5232400.7	410.2
PD6	1940335.3	5232595.9	409.8
PD7	1940283.7	5232659.8	409.5
PD8	1940211.8	5232720.7	411.1
PD9	1939703.7	5232601.0	414.6
PD10	1939417.7	5232599.4	418.2
PD11	1939223.7	5232439.7	423.4

Système planimétrique RGF93 CC46
Système altimétrique IGN69



Painboeuf





ANNEXE 3 – SONDAGES PRESSIOMETRIQUES

Dossier : **RGR2.M.220**

Localité : **FERNEY VOLTAIRE (01)**

Chantier : **Extension Tramway**

Client : **SPL TERRINNOV**

X :

Date début de forage : **02/08/2022**

Echelle : **1/60**

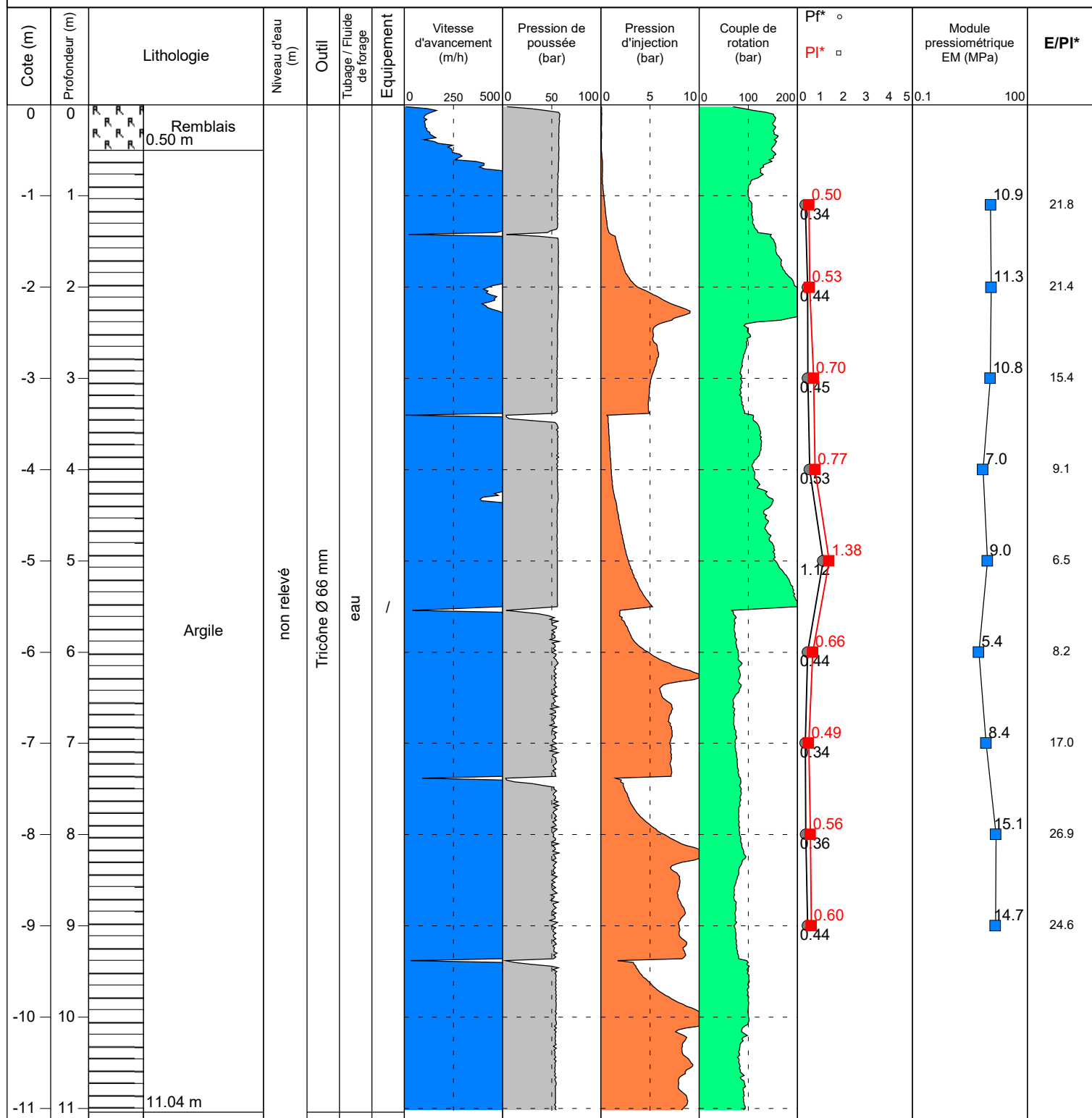
Y :

Date fin de forage : **02/08/2022**

Machine : **M.358**

Z : **0**

Profondeur de fin : **11.04m**



Observation :

EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

Dossier : **RGR2.M.220**

Localité : **FERNEY VOLTAIRE (01)**

Chantier : **Extension Tramway**

Client : **SPL TERRINNOV**

X :

Date début de forage : **01/08/2022**

Echelle : **1/60**

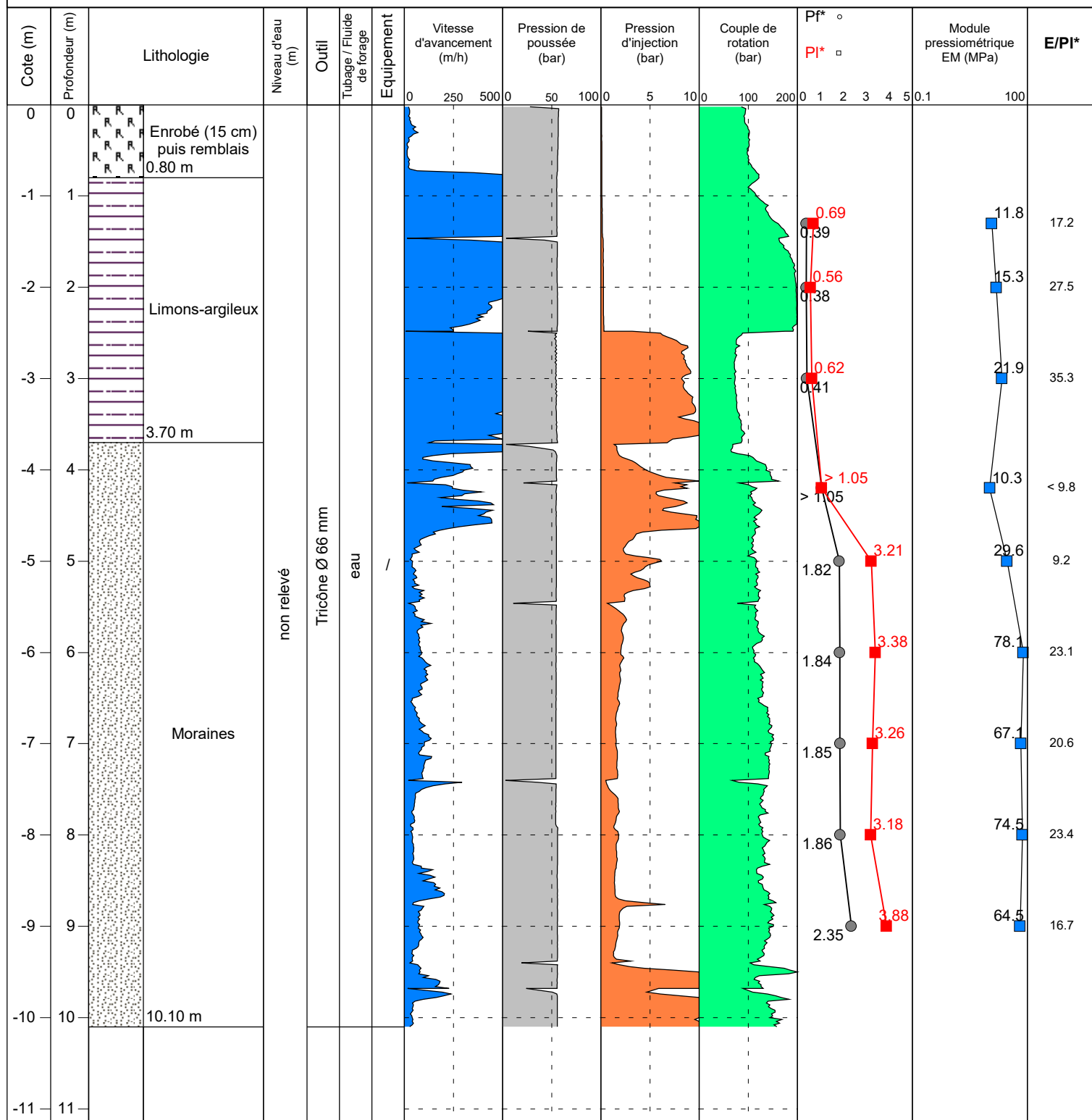
Y :

Date fin de forage : **01/08/2022**

Machine : **M358**

Z : **0**

Profondeur de fin : **10.10m**



Observation : Essai à 4.2 m peu représentatif

EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

Dossier : **RGR2.M.220**

Localité : **Ferne-Voltaire (01)**

Chantier : **Extension Tramway**

Client :

X :

Date début de forage : **17/08/2022**

Echelle : **1/139**

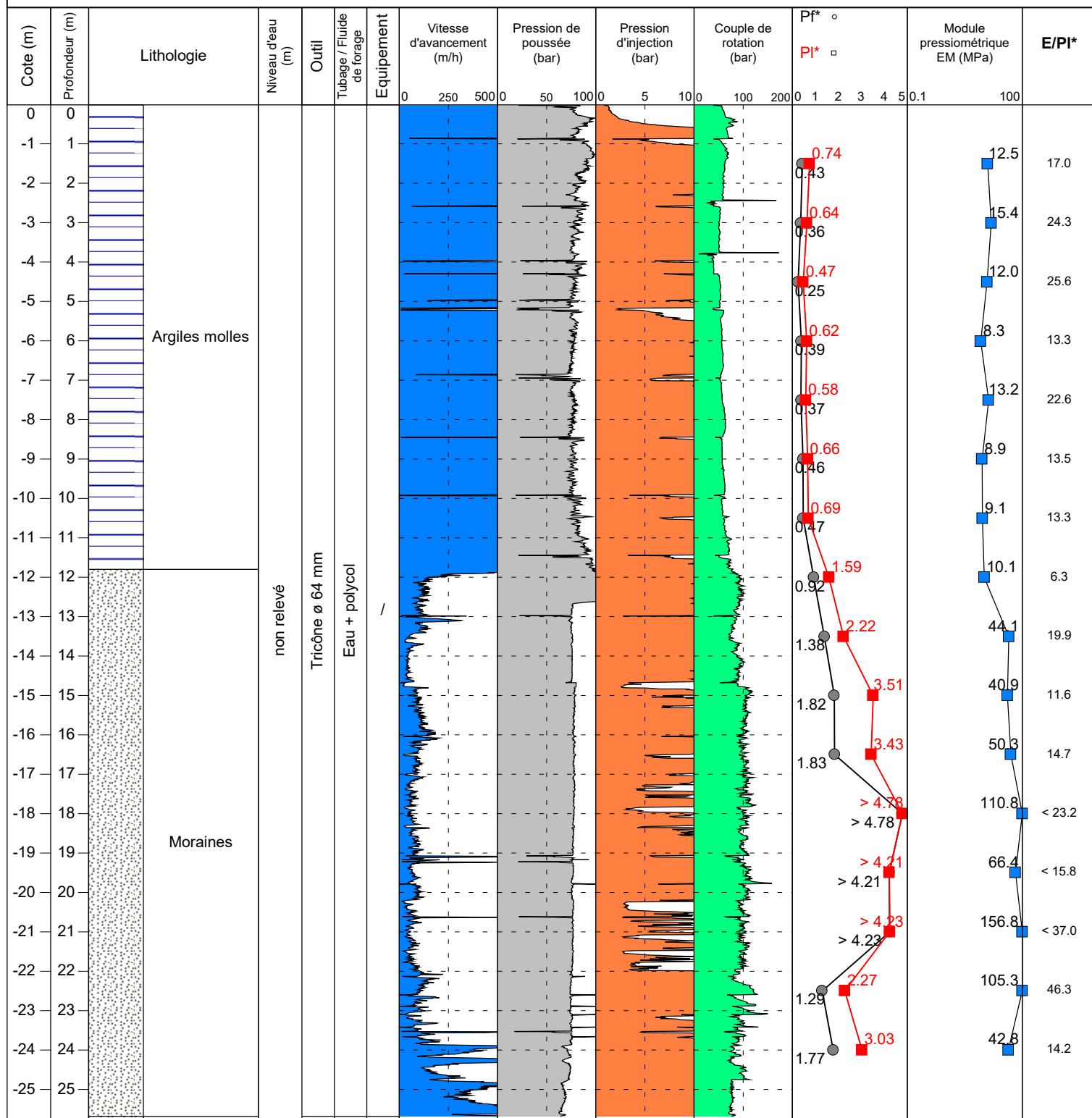
Y :

Date fin de forage : **17/08/2022**

Machine :

Z :

Profondeur de fin : **25.69m**



Observation :

EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

Dossier : **RGR2.M.220**

Localité : **Ferneu-Voltaire (01)**

Chantier : **Extension Tramway**

Client :

X :

Date début de forage : **09/08/2022**

Echelle : **1/60**

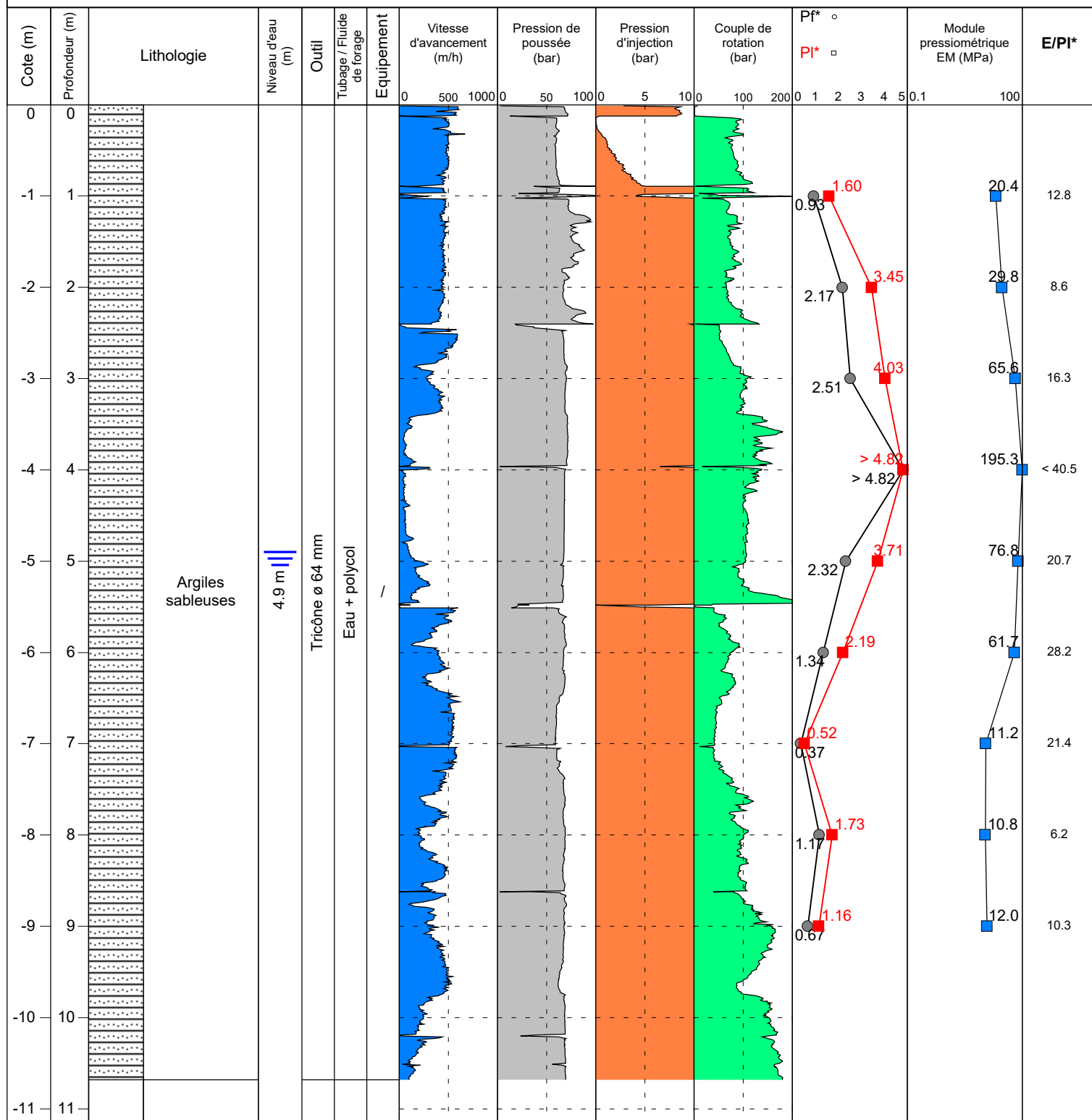
Y :

Date fin de forage : **10/08/2022**

Machine :

Z :

Profondeur de fin : **10.68m**



Observation :

EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

Dossier : **RGR2.M.220**

Localité : **Ferne-Voltaire (01)**

Chantier : **Extension Tamway**

Client :

X :

Date début de forage : **10/08/2022**

Echelle : **1/56**

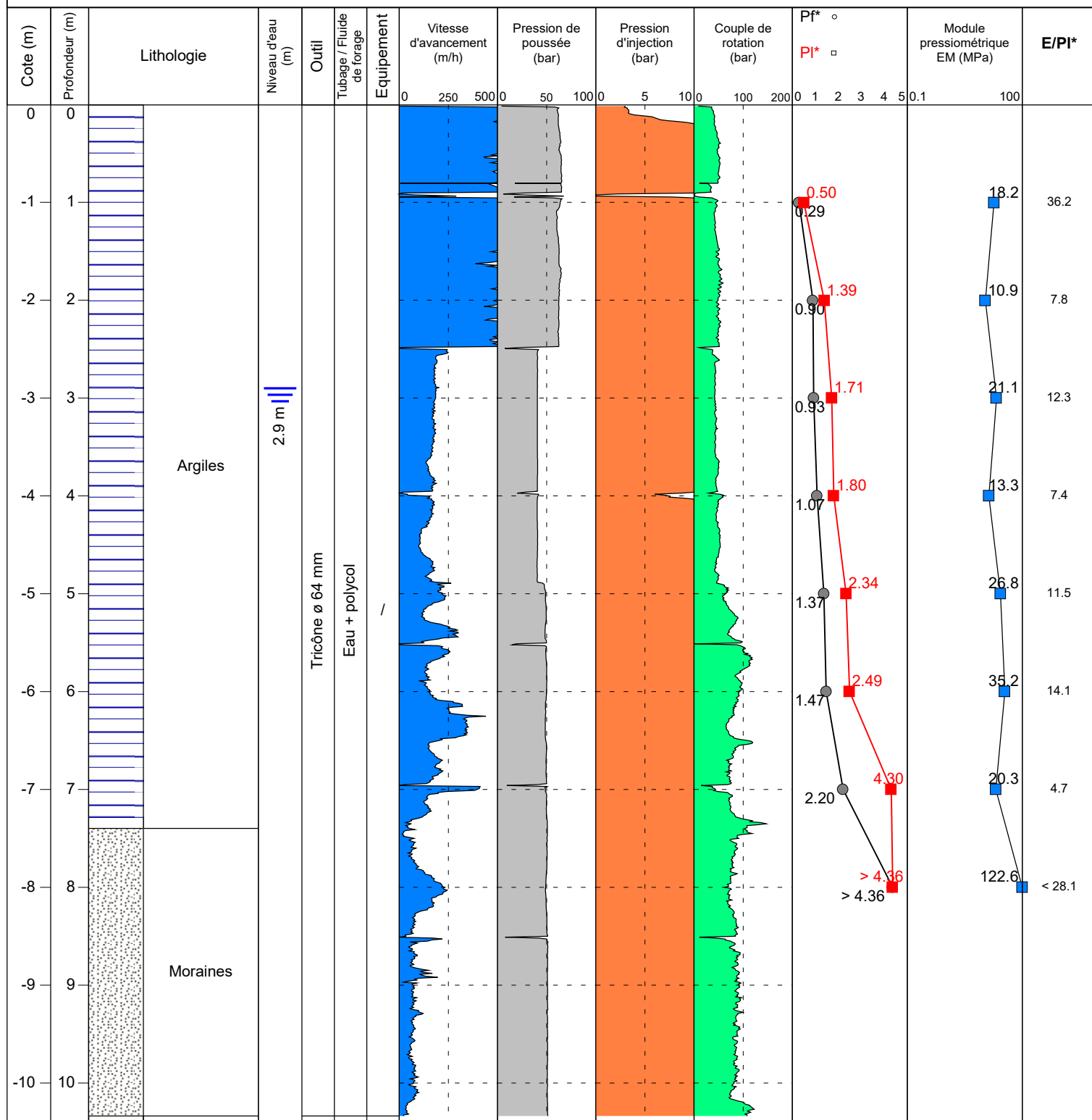
Y :

Date fin de forage : **10/08/2022**

Machine :

Z :

Profondeur de fin : **10.34m**



Observation :

EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

Dossier : **RGR2.M.220**

Localité : **Ferneu-Voltaire (01)**

Chantier : **Extension Tramway**

Client :

X :

Date début de forage : **11/08/2022**

Echelle : **1/60**

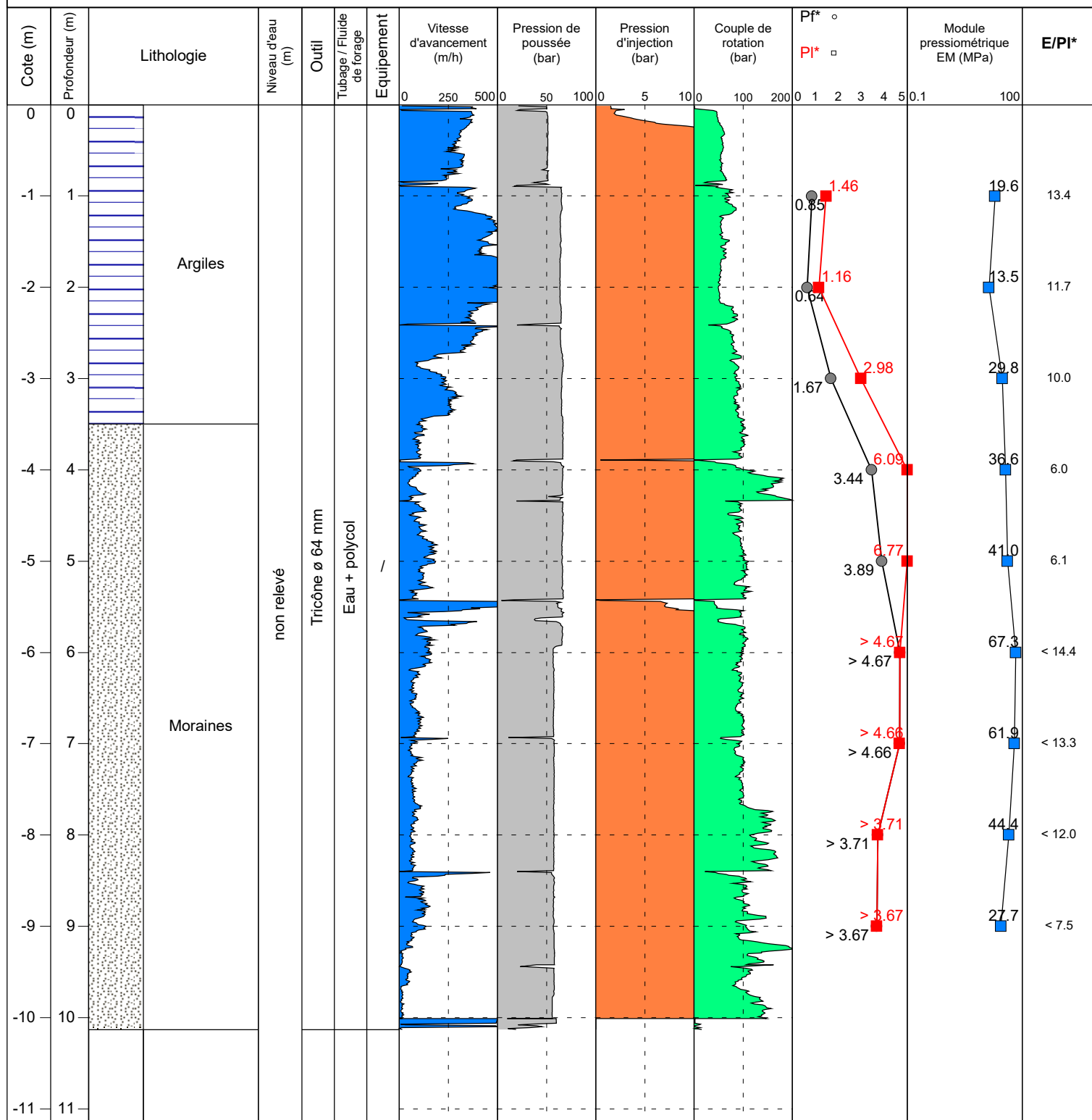
Y :

Date fin de forage : **11/08/2022**

Machine :

Z : **0**

Profondeur de fin : **10.13m**



Observation :

EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

Dossier : **RGR2.M.220**

Localité : **Ferne-Voltaire (01)**

Chantier : **Extension Tramway**

Client :

X :

Date début de forage : **16/08/2022**

Echelle : **1/60**

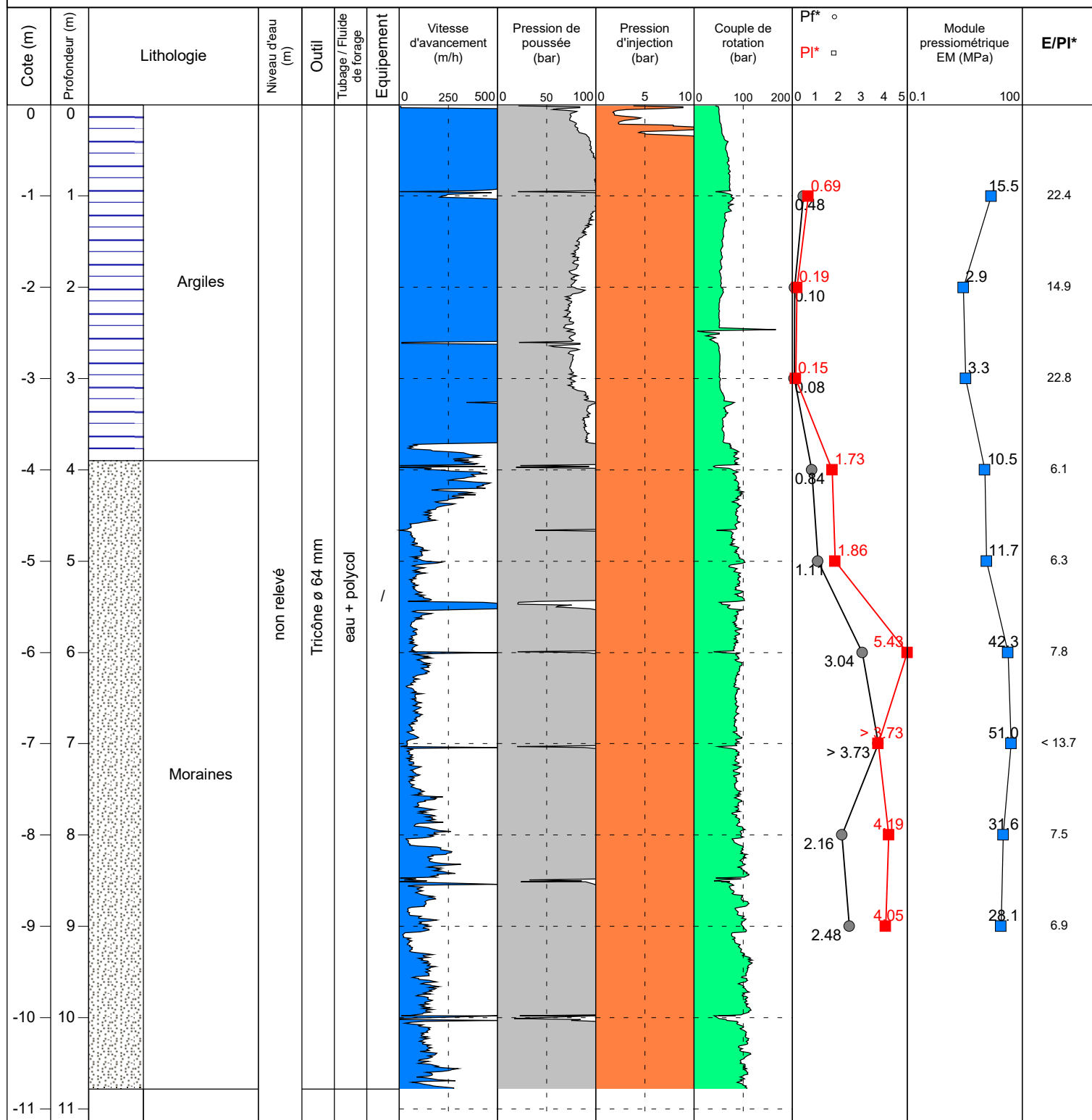
Y :

Date fin de forage : **16/08/2022**

Machine :

Z :

Profondeur de fin : **10.78m**



Observation :

EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

Dossier : **RGR2.M.220**

Localité : **Ferneu-Voltaire (01)**

Chantier : **Extension Tramway**

Client :

X :

Date début de forage : **21/09/2022**

Echelle : **1/60**

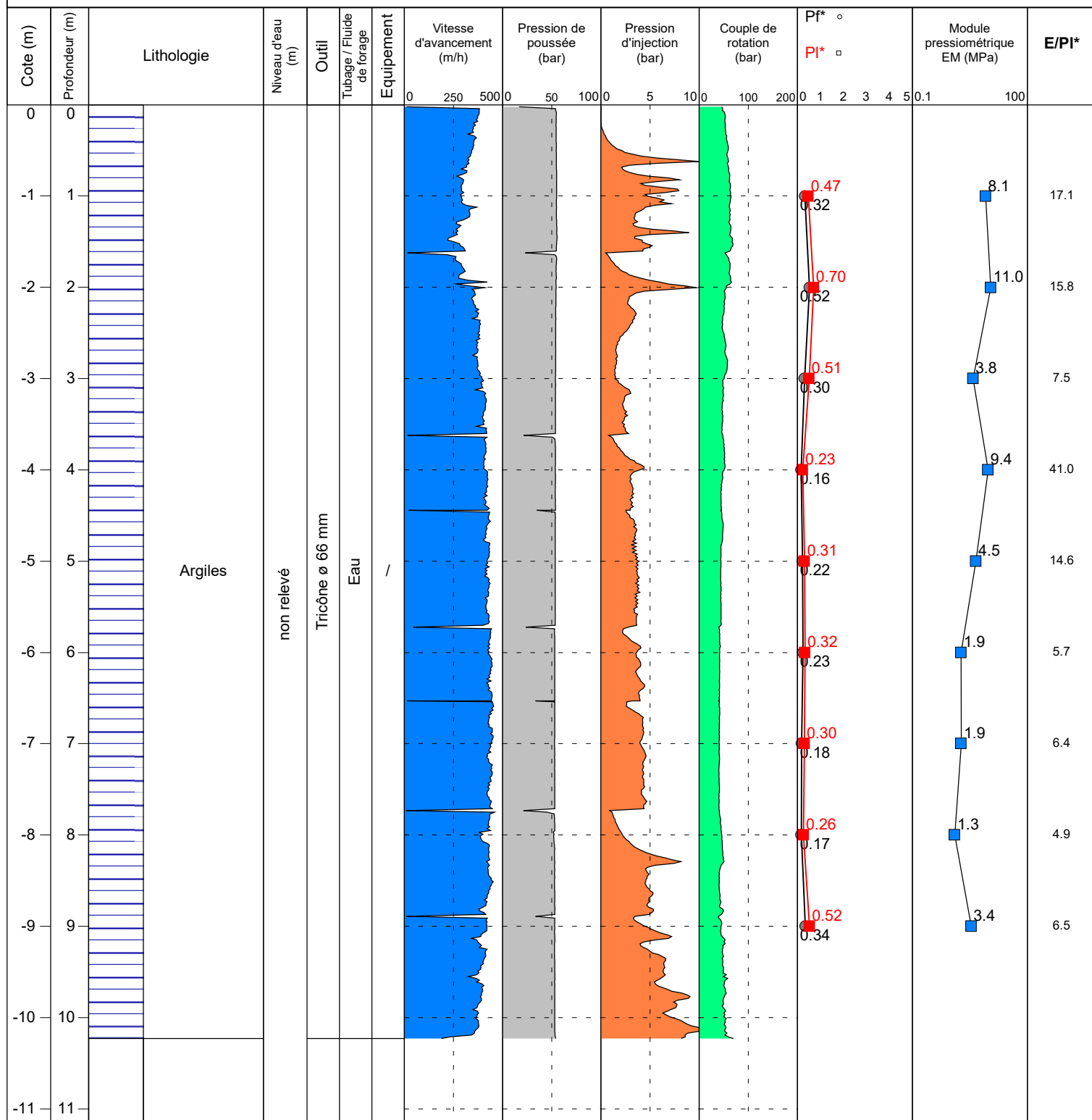
Y :

Date fin de forage : **21/09/2022**

Machine :

Z :

Profondeur de fin : **10.23m**



Observation :

EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

Dossier : **RGR2.H.127-19**

Localité : **FERNEY VOLTAIRE (01)**

Chantier : **Très la Grange**

Client : **SPL TERRINNOV**

X :

Date début de forage : **23/12/2021**

Echelle : **1/135**

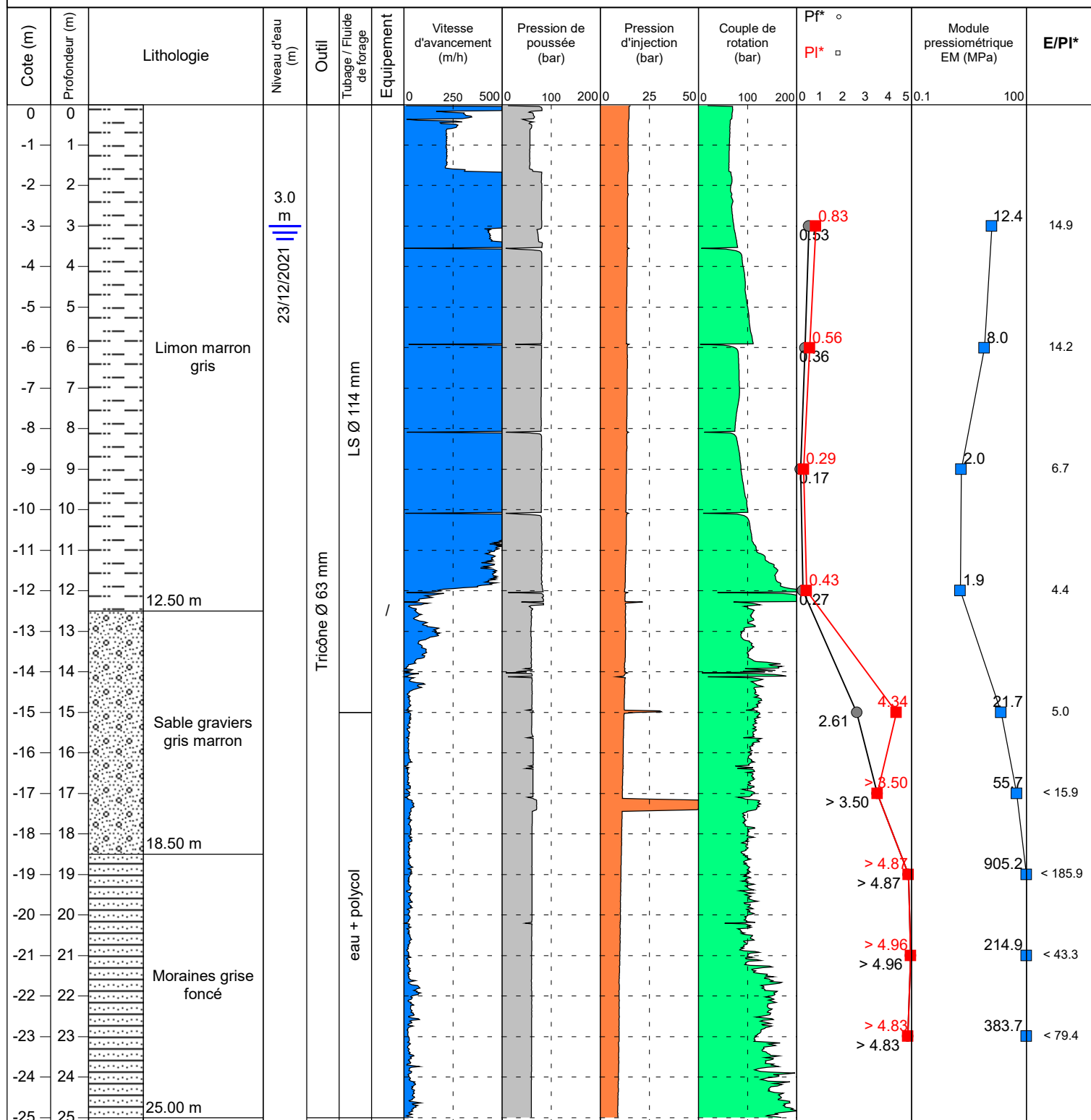
Y :

Date fin de forage : **23/12/2021**

Machine : **M358**

Z : **0**

Profondeur de fin : **25.00m**



Observation :

EXGTE 3.23.1/LB2GEO107FR

Dossier : **RGR2.H.127-19**

Localité : **FERNEY VOLTAIRE**

Chantier : **Très la Grange**

Client : **SPL TERRINNOV**

X :

Date début de forage : **21/12/2021**

Echelle : **1/135**

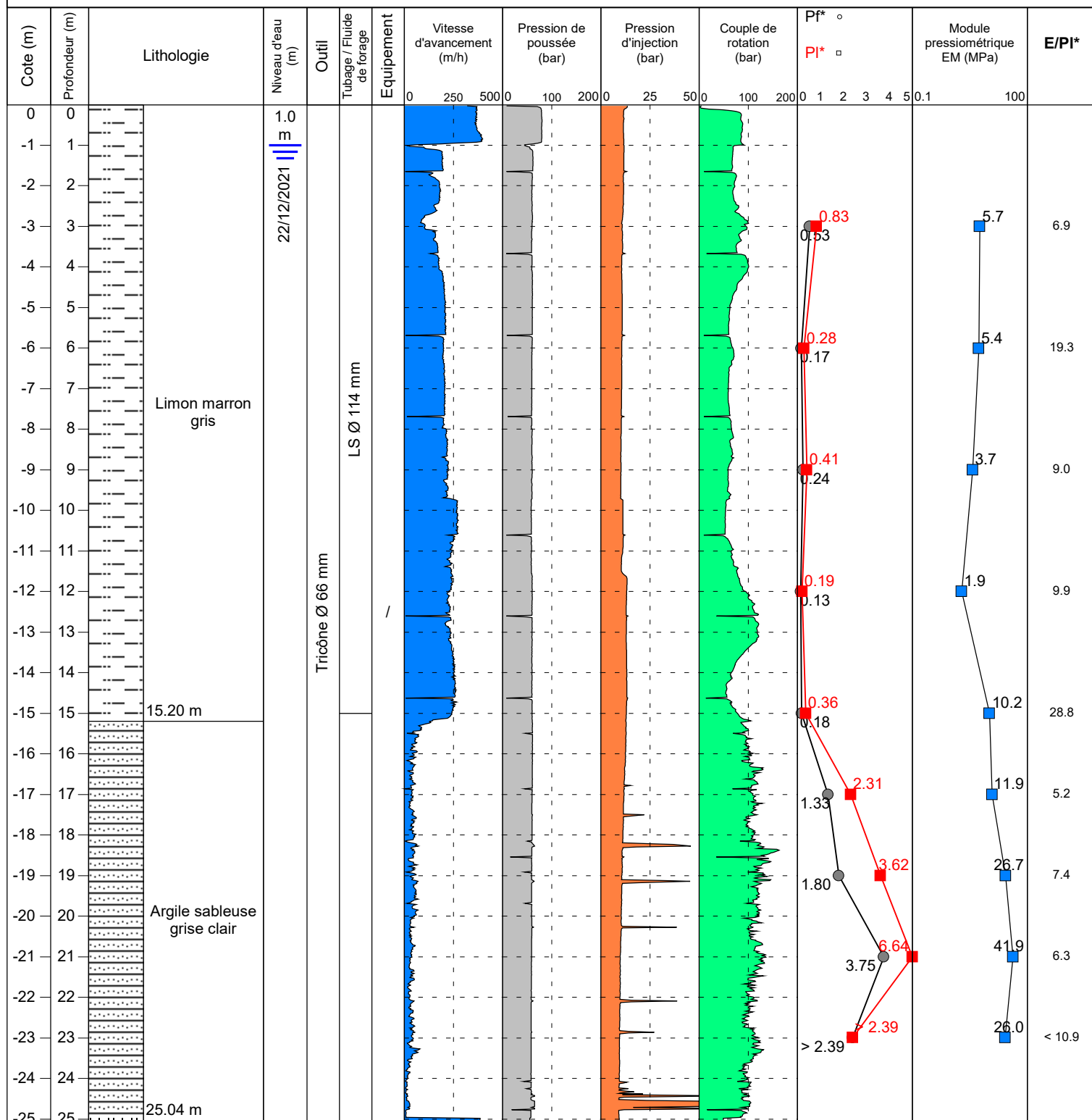
Y :

Date fin de forage : **21/12/2021**

Machine : **M358**

Z : **0**

Profondeur de fin : **25.04m**



Observation :

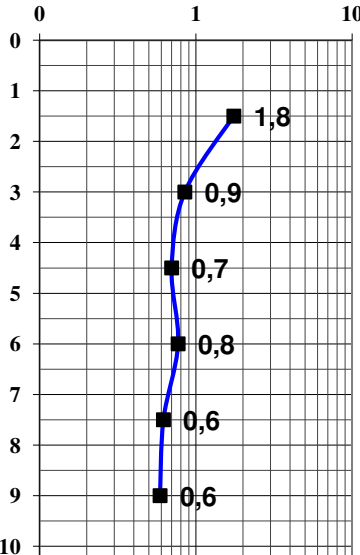
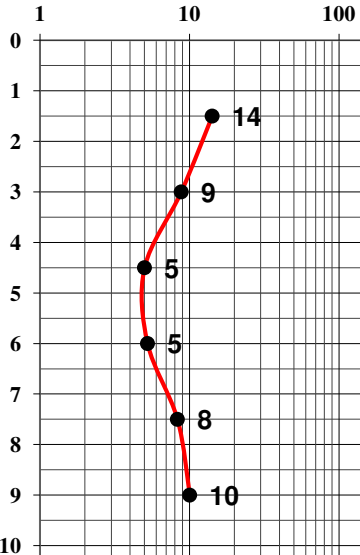
EXGTE 3.23.1/LB2GEO107FR

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER				SPL TERRITOIRE D'INNOVATION				FERNEY-VOLTAIRE (01)									
SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: SP7								Z.A.C. Paimboeuf - Poterie									
Date : 10/10/15								Profondeur atteinte (m): 10,03									
L i t h o l o g i e		C u t t i n g s		O u t i l s		P r o f o n d e u r		Pression limite nette $P_{l^*} = P_l - P_o$ (MPa)		P r o f o n d e u r		Module Pressiométrique E (MPa)		E / P_{l^*}			
Glacio-lacustre sup.		Argile limoneuse gris-marron		Taillant D = 60 mm + Boue bentonitique						<table><tr><td>7,8</td></tr><tr><td>10,0</td></tr><tr><td>7,1</td></tr><tr><td>6,3</td></tr><tr><td>13,3</td></tr><tr><td>16,7</td></tr></table>		7,8	10,0	7,1	6,3	13,3	16,7
7,8																	
10,0																	
7,1																	
6,3																	
13,3																	
16,7																	
Glacio-lacustre		Argile grise à passages sableux															
Remarque :																	

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER	SPL TERRITOIRE D'INNOVATION	FERNEY-VOLTAIRE (01)
SONDAGE PRESSIOMETRIQUE:	SP7	Z.A.C. Paimboeuf - Poterie
Date :	10/10/15	Profondeur atteinte (m): 10,03

L i t h o l o g i e	C u t t i n g s	O u t i l s	P r o f o n d e u r	Vitesse instantanée d'avancement (m/h)	Pression sur l'outil (bar)	Pression d'injection (bar)	Couple de rotation (bar)
Glacio-lacustre sup.	Argile limoneuse gris-marron	Taillant D = 60 mm + Boue bentonitique	0	0 500 1000 1500	0 25 50 75 100	0 10 20 30 40 50	0 50 100 150
			1				
			2				
			3				
			4				
			5				
			6				
			7				
			8				
			9				
		10					
Remarque :							

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER			SPL TERRITOIRE D'INNOVATION			FERNEY-VOLTAIRE (01)								
SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: SP8						Z.A.C. Paimboeuf - Poterie								
Date : 12/10/15						Profondeur atteinte (m): 10,01								
L i t h o l o g i e	C u t t i n g s	O u t i l s	P r o f o n d e u r	Pression limite nette $P_{l^*} = P_l - P_o$ (MPa)	P r o f o n d e u r	Module Pressiométrique E (MPa)	E / P_{l^*}							
Glacio-lacustre sup.	Argile limoneuse jaune-grise	Taillant D = 60 mm + Boue bentonitique	0110 0110 <table><tr><td>7,0</td></tr><tr><td>8,5</td></tr><tr><td>6,7</td></tr><tr><td>8,2</td></tr><tr><td>8,6</td></tr><tr><td>11,4</td></tr></table>						7,0	8,5	6,7	8,2	8,6	11,4
7,0														
8,5														
6,7														
8,2														
8,6														
11,4														
Glacio-lacustre	Argile grise à passages sableux													
Remarque :														

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

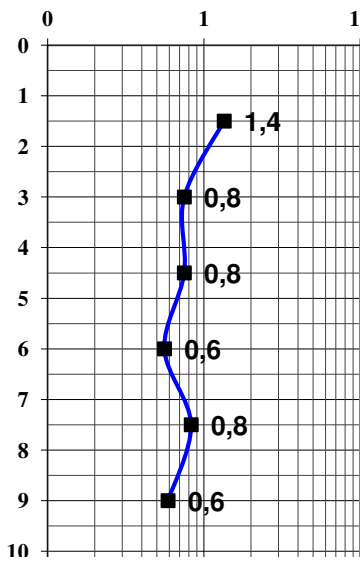
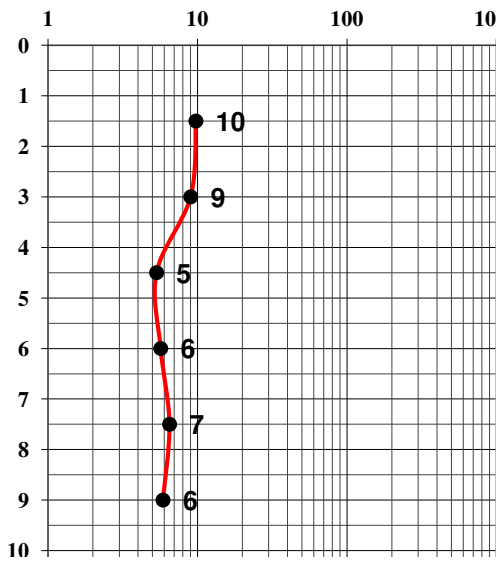
CHANTIER		SPL TERRITOIRE D'INNOVATION		FERNEY-VOLTAIRE (01)			
SONDAGE PRESSIOMETRIQUE:				SP8		Z.A.C. Paimboeuf - Poterie	
Date : 12/10/15						Profondeur atteinte (m): 10,01	
L i t h o l o g i e	C u t i l i s	O u t i l s	P r o f o n d e u r				
				Vitesse instantanée d'avancement (m/h)	Pression sur l'outil (bar)	Pression d'injection (bar)	Couple de rotation (bar)
Glacio-lacustre sup.	Argile limoneuse jaune-grise	Taillant D = 60 mm + Boue bentonitique	0				
			1				
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
Glacio-lacustre	Argile grise à passages sableux	10					
Remarque :							

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER				SPL TERRITOIRE D'INNOVATION				FERNEY-VOLTAIRE (01)									
SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: SP9								Z.A.C. Paimboeuf - Poterie									
Date : 07/10/15								Profondeur atteinte (m): 10,03									
L i t h o l o g i e		C u t i n g s		O u t i l s		P r o f o n d e u r		Pression limite nette $p_{l*} = p_l - p_o$ (MPa)		P r o f o n d e u r		Module Pressiométrique E (MPa)		E / p_{l*}			
Glacio-lacustre sup.		Limon légèrement argileux jaunâtre		Taillant D = 60 mm + Boue bentonitique						<table><tr><td>7,1</td></tr><tr><td>11,3</td></tr><tr><td>6,3</td></tr><tr><td>10,0</td></tr><tr><td>8,8</td></tr><tr><td>10,0</td></tr></table>		7,1	11,3	6,3	10,0	8,8	10,0
7,1																	
11,3																	
6,3																	
10,0																	
8,8																	
10,0																	
Glacio-lacustre		Argile grise à passages sableux															
Remarque :																	

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER	SPL TERRITOIRE D'INNOVATION	FERNEY-VOLTAIRE (01)
SONDAGE PRESSIOMETRIQUE:	SP9	Z.A.C. Paimboeuf - Poterie
Date : 07/10/15		Profondeur atteinte (m): 10,03

L i t h o l o g i e	C u t t i n g s	O u t i l s	P r o f o n d e u r	Vitesse instantanée d'avancement (m/h)	Pression sur l'outil (bar)	Pression d'injection (bar)	Couple de rotation (bar)
Glacio-lacustre sup.	Limon légèrement argileux jaunâtre	Taillant D = 60 mm + Boue bentonitique	0	0 500 1000 1500	0 25 50 75 100	0 10 20 30 40 50	0 50 100 150
Glacio-lacustre	Argile grise à passages sableux		1				
			2				
			3				
			4				
			5				
			6				
			7				
			8				
			9				
			10				
Remarque :							

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER			SPL TERRITOIRE D'INNOVATION			FERNEY-VOLTAIRE (01)											
SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: SP10						Z.A.C. Paimboeuf - Poterie											
Date : 07/10/15						Profondeur atteinte (m): 10,51											
L i t h o l o g i e	C u t t i n g s	O u t i l s	P r o f o n d e u r	Pression limite nette $p_{l*} = p_l - p_o$ (MPa)	P r o f o n d e u r	Module Pressiométrique E (MPa)	E / p_{l*}										
Glacio-lacustre sup.	Limon lgt argileux marron jaunâtre	Taillant D = 60 mm + Boue bentonitique					<table><tr><td>8,8</td></tr><tr><td>7,5</td></tr><tr><td>10,0</td></tr><tr><td>10,0</td></tr><tr><td>11,7</td></tr><tr><td>8,3</td></tr><tr><td></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td></td></tr></table>		8,8	7,5	10,0	10,0	11,7	8,3			
8,8																	
7,5																	
10,0																	
10,0																	
11,7																	
8,3																	
Glacio-lacustre	Argile grise à passages sableux																

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER		SPL TERRITOIRE D'INNOVATION		FERNEY-VOLTAIRE (01)			
SONDAGE PRESSIOMETRIQUE:				SP10		Z.A.C. Paimboeuf - Poterie	
Date : 07/10/15						Profondeur atteinte (m): 10,51	
L i t h o l o g i e	C u t i l i s	O u t i l s	P r o f o n d e u r	Vitesse instantanée d'avancement (m/h)	Pression sur l'outil (bar)	Pression d'injection (bar)	Couple de rotation (bar)
Glacio-lacustre sup.	Limon lgt argileux marron jaunâtre	Taillant D = 60 mm + Boue bentonitique	0				
			1				
Glacio-lacustre	Argile grise à passages sableux		2				
			3				
			4				
			5				
			6				
			7				
			8				
			9				
			10				
Remarque :							

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP12**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : ?

Profondeur atteinte (m): **20,00**

L i t h o l o g i e	C u t t i n g s	O u t i l s	P r o f o n d e u r	Pression limite nette $p_l^* = p_l - p_o$ (MPa)	P r o f o n d e u r	Module Pressiométrique E (MPa)	E / p_l^*
Glacio-lacustre sup.	Argile grise-marron	Taillant D = 60 mm + Boue bentonitique	0		0		
			1	1,6	1	8	5,0
Glacio-lacustre	Argile grise à passages sableux		2	0,9	2	12	13,3
			3	1,0	3	6	6,0
			4	0,7	4	9	12,9
			5	0,6	5	7	11,7
			6	0,6	6	7	11,7
			7	0,7	7	6	8,6
			8	1,0	8	12	12,0
			9	1,4	9	12	8,6
			10	>3,0	10	53	17,7
			11	>3,0	11	39	13,0
Moraine	Limon argileux légèrement sableux gris à galets		12	>3,0	12	54	18,0
			13	>3,0	13	42	14,0
			14		14		
			15		15		
Remarque :							

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

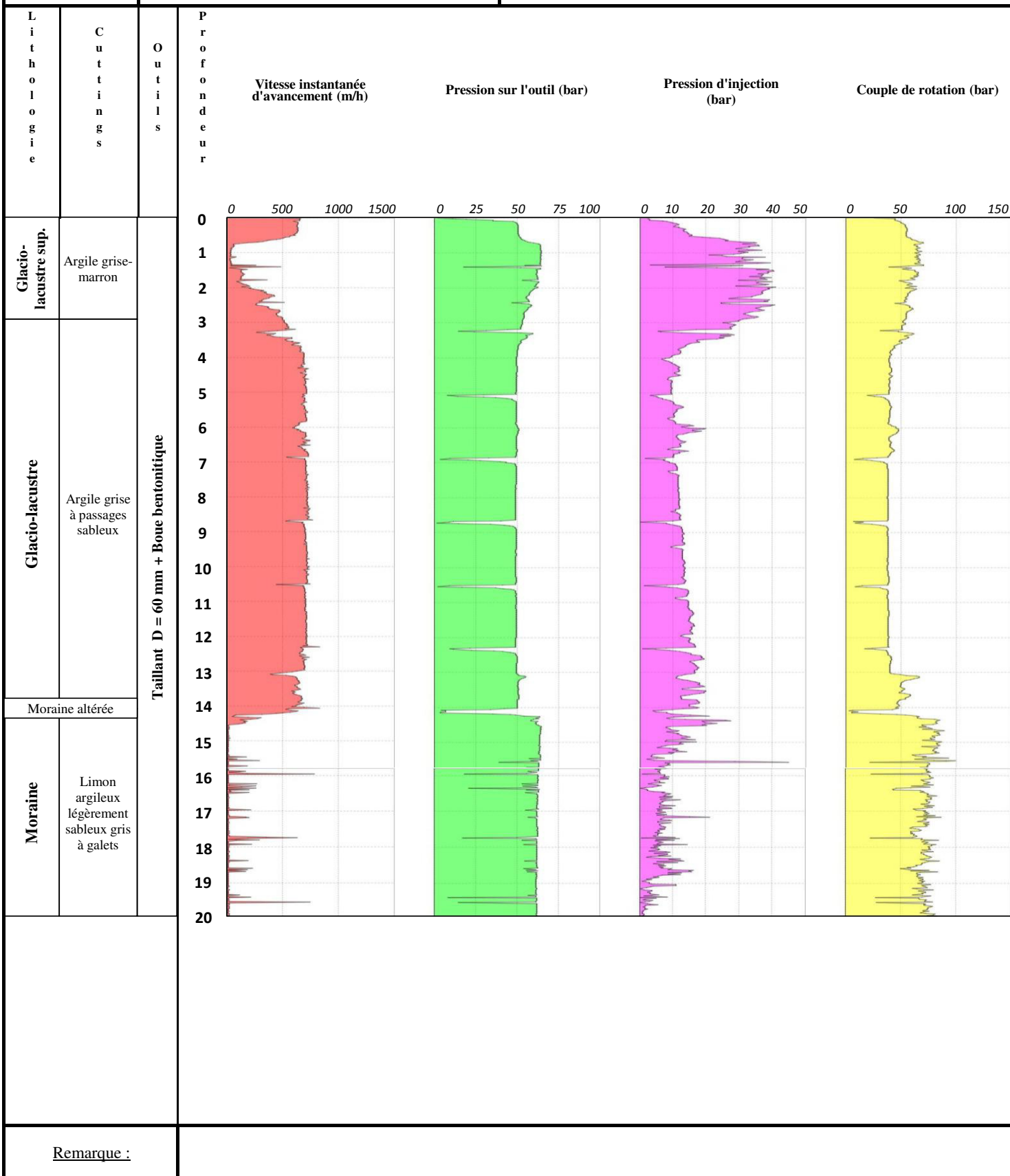
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP12**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : ?

Profondeur atteinte (m): **20,00**



SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

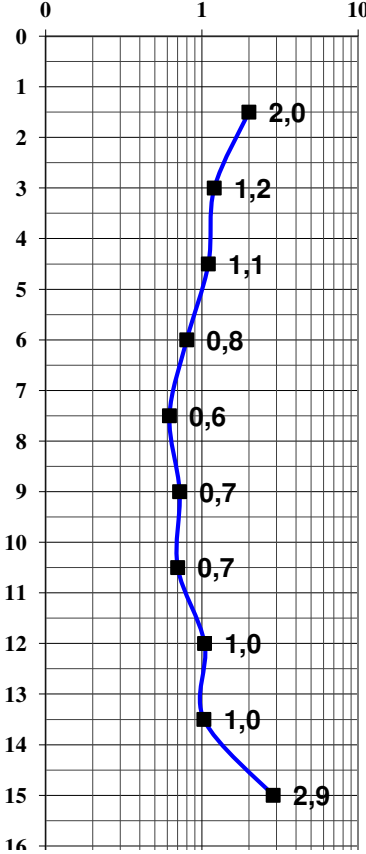
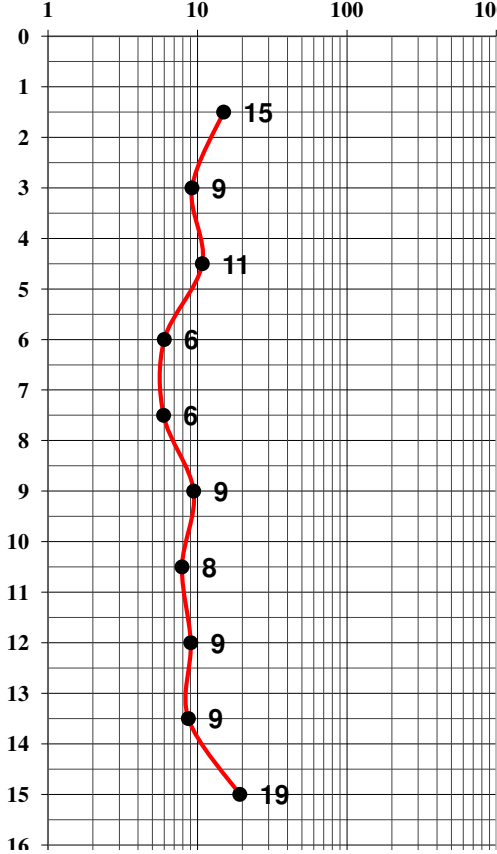
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP13**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **12/10/15**

Profondeur atteinte (m): **16,00**

Lithologie	Cuts	Outils	Profondeur	Pression limite nette	Profondeur	Module Pressiométrique	E / Pl*
				$p_l^* = p_l - p_o$ (MPa)		E (MPa)	
Glacio-lacustre sup.	Argile marron-grise	Taillant D = 60 mm + Boue bentonitique					
Glacio-lacustre	Argile grise à passages sableux						
Moraine	Limon argileux légèrement sableux gris à galets						
Remarque :							

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

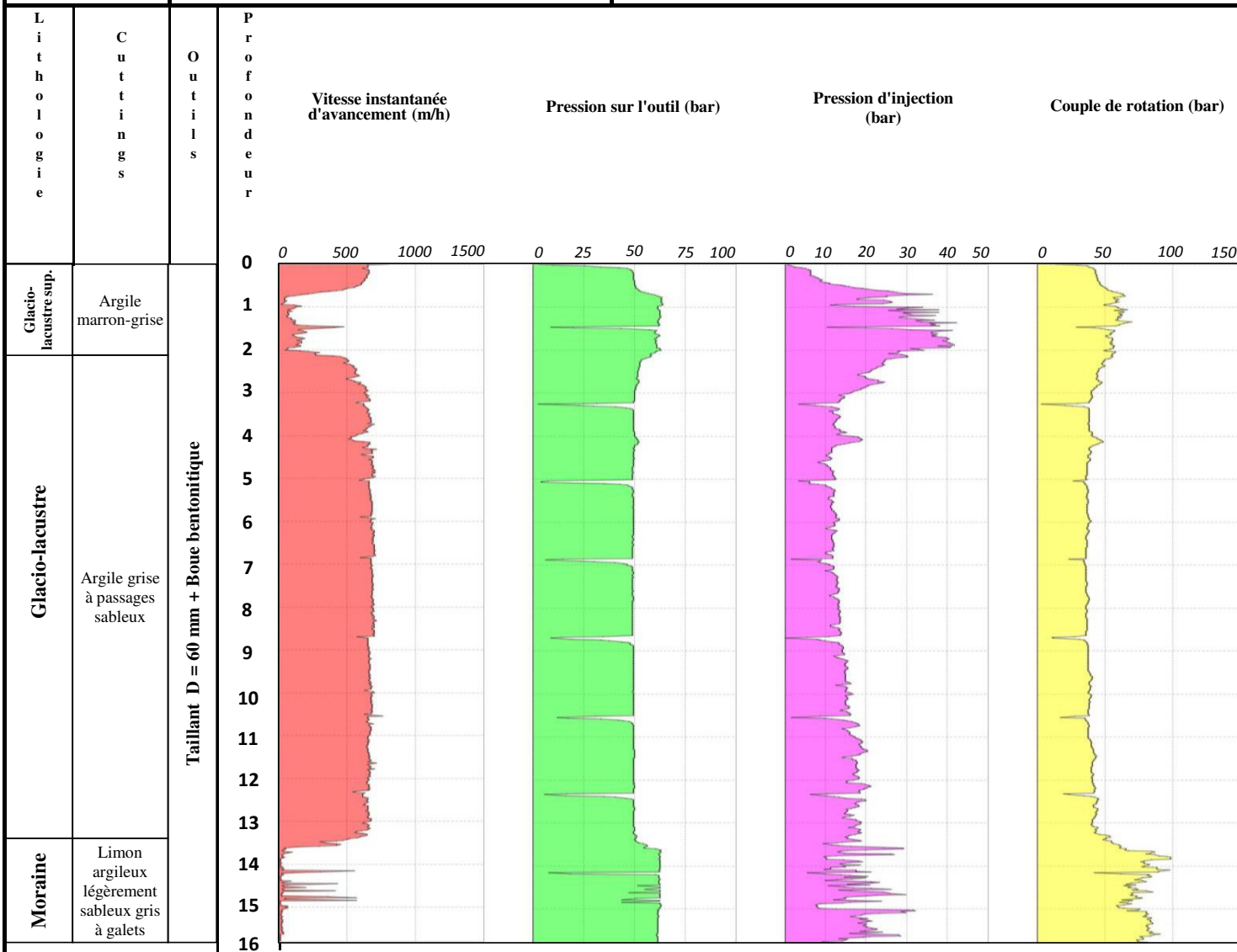
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP13**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **12/10/15**

Profondeur atteinte (m): **16,00**



Remarque :

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP14**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **10/10/15**

Profondeur atteinte (m): **16,06**

L i t h o l o g i e	C u t t i n g s	O u t i l s	P r o f o n d e u r	Pression limite nette $P_t^* = P_t - P_o$ (MPa)	P r o f o n d e u r	Module Pressiométrique E (MPa)	E / P_t^*
--	--------------------------------------	----------------------------	--	--	--	-----------------------------------	-------------

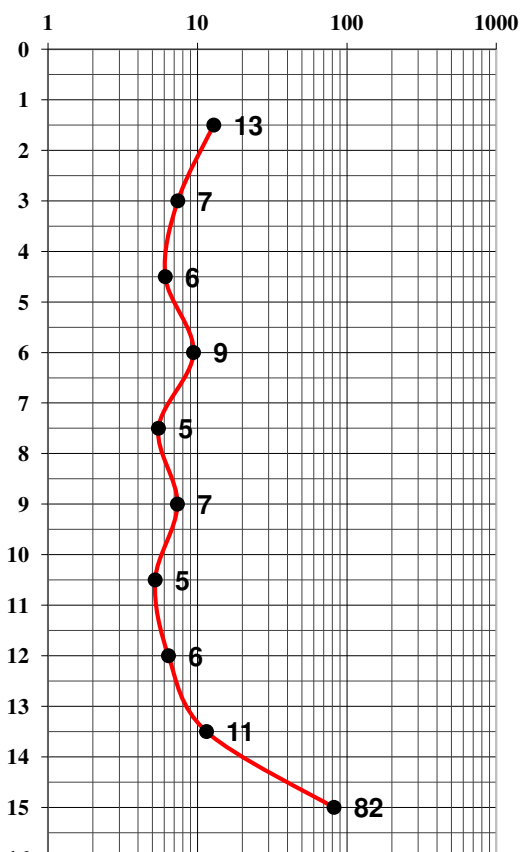
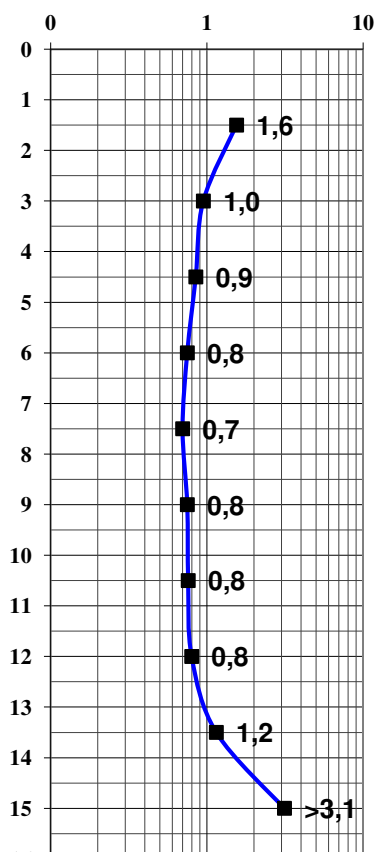
T V Terre végétale

Glacio-lacustre sup. Argile limoneuse beige

Glacio-lacustre Argile grise à passages sableux

Moraine Limon argileux gris légèrement sableux à cailloux

Taillant D = 66 mm + Boue bentonitique



8,1
7,0
6,7
11,3
7,1
8,8
6,3
7,5
9,2
26,5

Remarque :

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER		SPL TERRITOIRE D'INNOVATION		FERNEY-VOLTAIRE (01)			
SONDAGE PRESSIOMETRIQUE:				SP14		Z.A.C. Paimboeuf - Poterie	
Date : 10/10/15						Profondeur atteinte (m): 16,06	
L i t h o l o g i e	C u t t i n g s	O u t i l s	P r o f o n d e u r	Vitesse instantanée d'avancement (m/h)	Pression sur l'outil (bar)	Pression d'injection (bar)	Couple de rotation (bar)
T V	Terre végétale	Taillant D = 66 mm + Boue bentonitique	0	0 500 1000 1500	0 25 50 75 100	0 10 20 30 40 50	0 50 100 150
Glacio-lacustre sup.	Argile limoneuse beige		1				
Glacio-lacustre	Argile grise à passages sableux		2				
			3				
			4				
		5					
		6					
		7					
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
Moraine	Limon argileux gris légèrement sableux à cailloux						
Remarque :							

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP15**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **13/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,01**

L i t h o l o g i e	C u t t i n g s	O u t i l s	P r o f o n d e u r	Pression limite nette $p_l^* = p_l - p_o$ (MPa)	P r o f o n d e u r	Module Pressiométrique E (MPa)	E / p_l^*
R*	Limon	Taillant D = 66 mm + Boue bentonitique	0		0		
Glacio-lacustre	Argile grise à passages sableux et cailloux		1	0,5	1	5	10,0
			2		2		
			3	0,6	3	8	13,3
			4		4		
			5	1,0	5	12	12,0
			6	0,6	6	8	13,3
			7		7		
			8	0,6	8	7	11,7
			9	0,7	9	5	7,1
			10		10		
Moraine altérée			11	0,7	11	3	4,3
			12	0,5	12	4	8,0
Moraine	Limon argileux gris légèrement sableux à cailloux		13		13		
			14	0,9	14	7	7,8
			15	>3,0	15	25	8,3
			16		16		
			17	>3,0	17	44	14,7
			18	>3,0	18	46	15,3
			19		19		
			20	>3,0	20	35	11,7
Remarque :			*R : remblais				

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

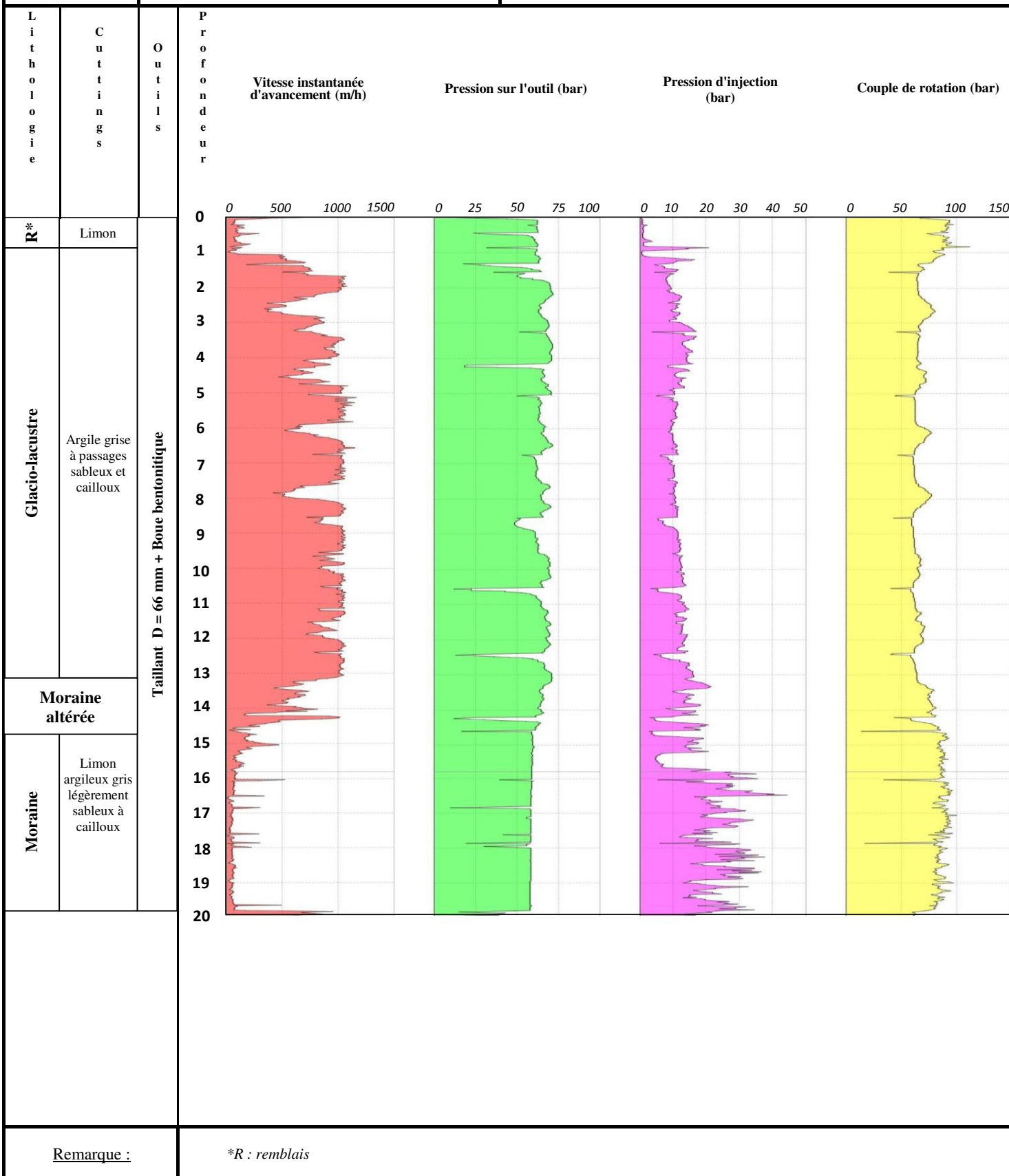
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP15**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **13/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,01**



SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

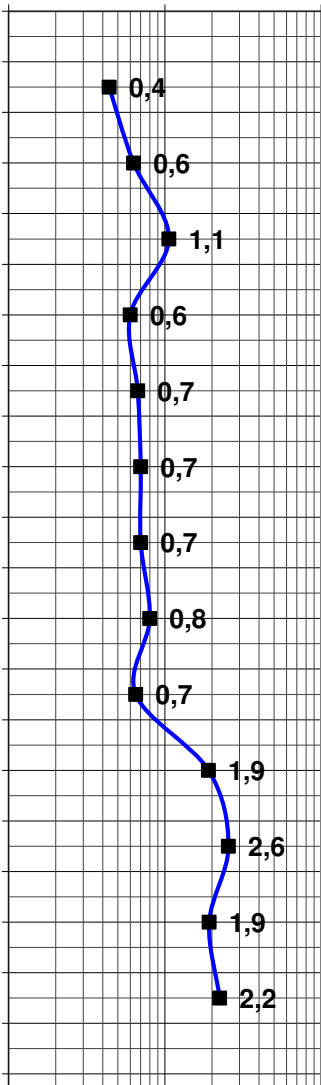
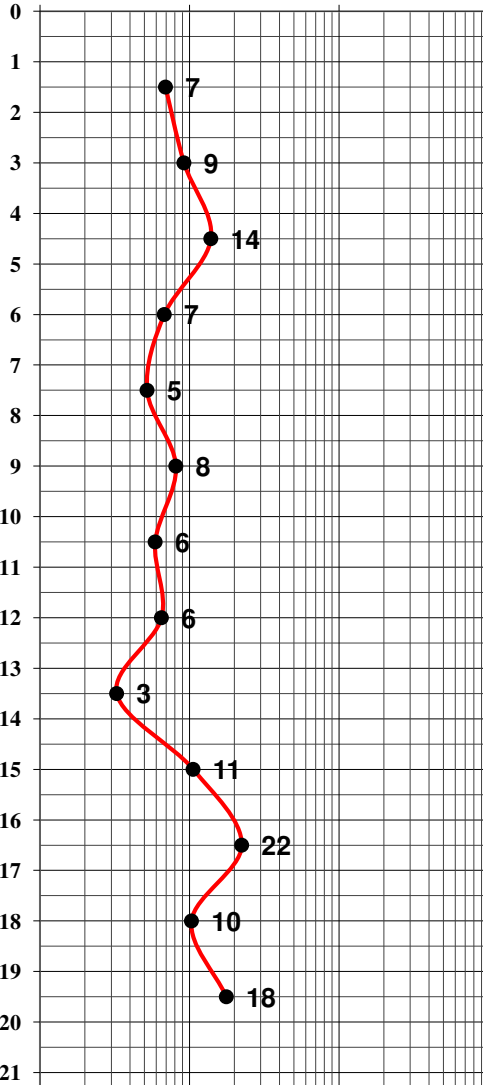
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP16**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **12/10/15**

Profondeur atteinte (m): **21,31**

L i t h o l o g i e	C u t t i n g s	O u t i l s	P r o f o n d e u r	Pression limite nette $p_l^* = p_l - p_0$ (MPa)	P r o f o n d e u r	Module Pressiométrique E (MPa)	E / p_l^*	
R*	Limon graveleux	Taillant D = 66 mm + Boue bentonitique	0		0			
	Glacio-lacustre sup.		Argile beige		1		1	17,5
Glacio-lacustre	Argile grise à passages sableux et cailloux		2		2		15,0	
			3		3		12,7	
			4		4		11,7	
			5		5		7,1	
			6		6		11,4	
			7		7		8,6	
			8		8		7,5	
			9		9		4,3	
			10		10		5,8	
			11		11		8,5	
Moraine légèrement altérée	Limon argileux légèrement sableux gris à cailloux		12		12		5,3	
			13		13		8,2	
			14		14			
			15		15			
			16		16			
			17		17			
			18		18			
			19		19			
			20		20			
			21		21			
Remarque :			*R : remblais					

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

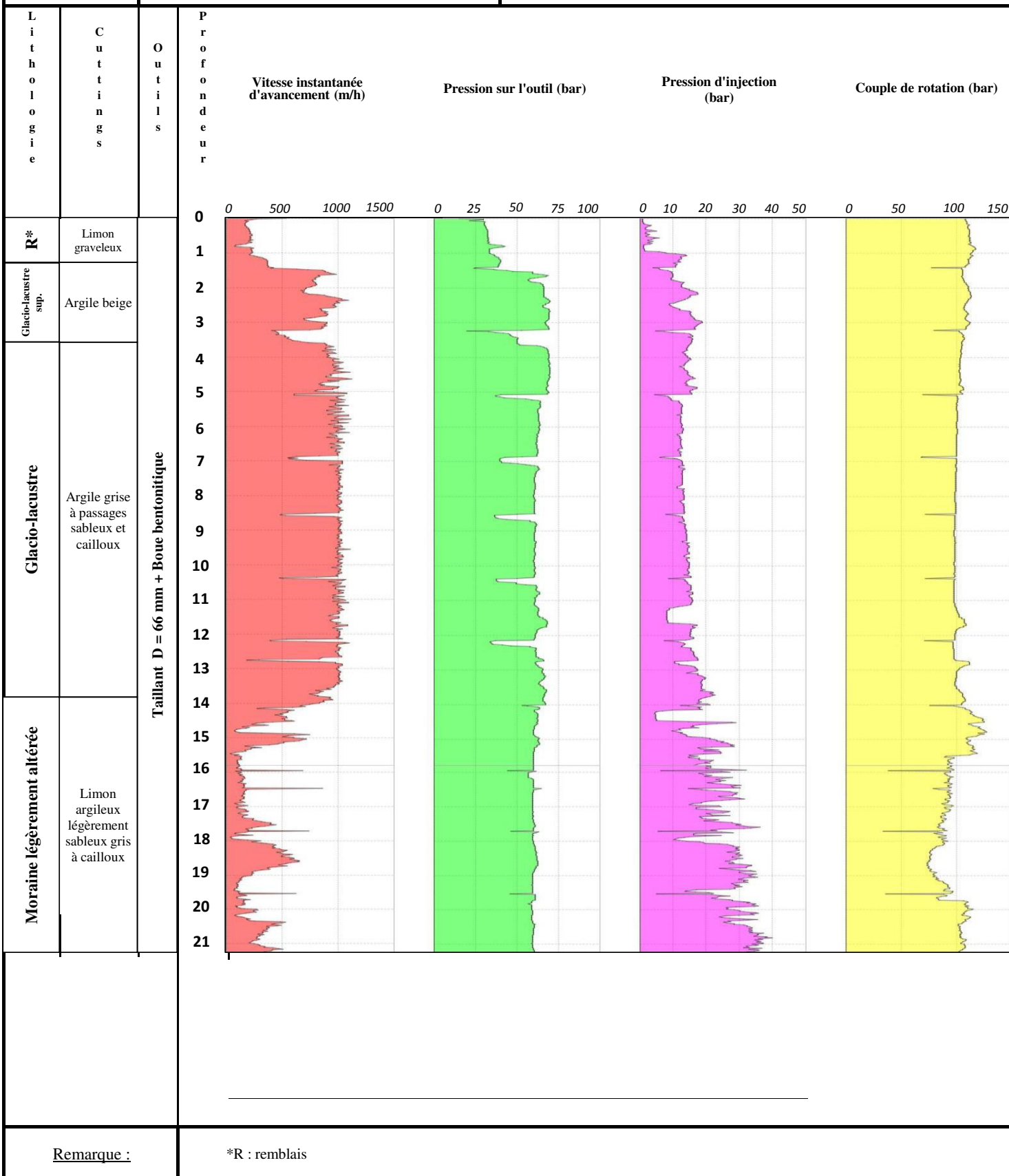
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP16**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **12/10/15**

Profondeur atteinte (m): **21,31**



SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

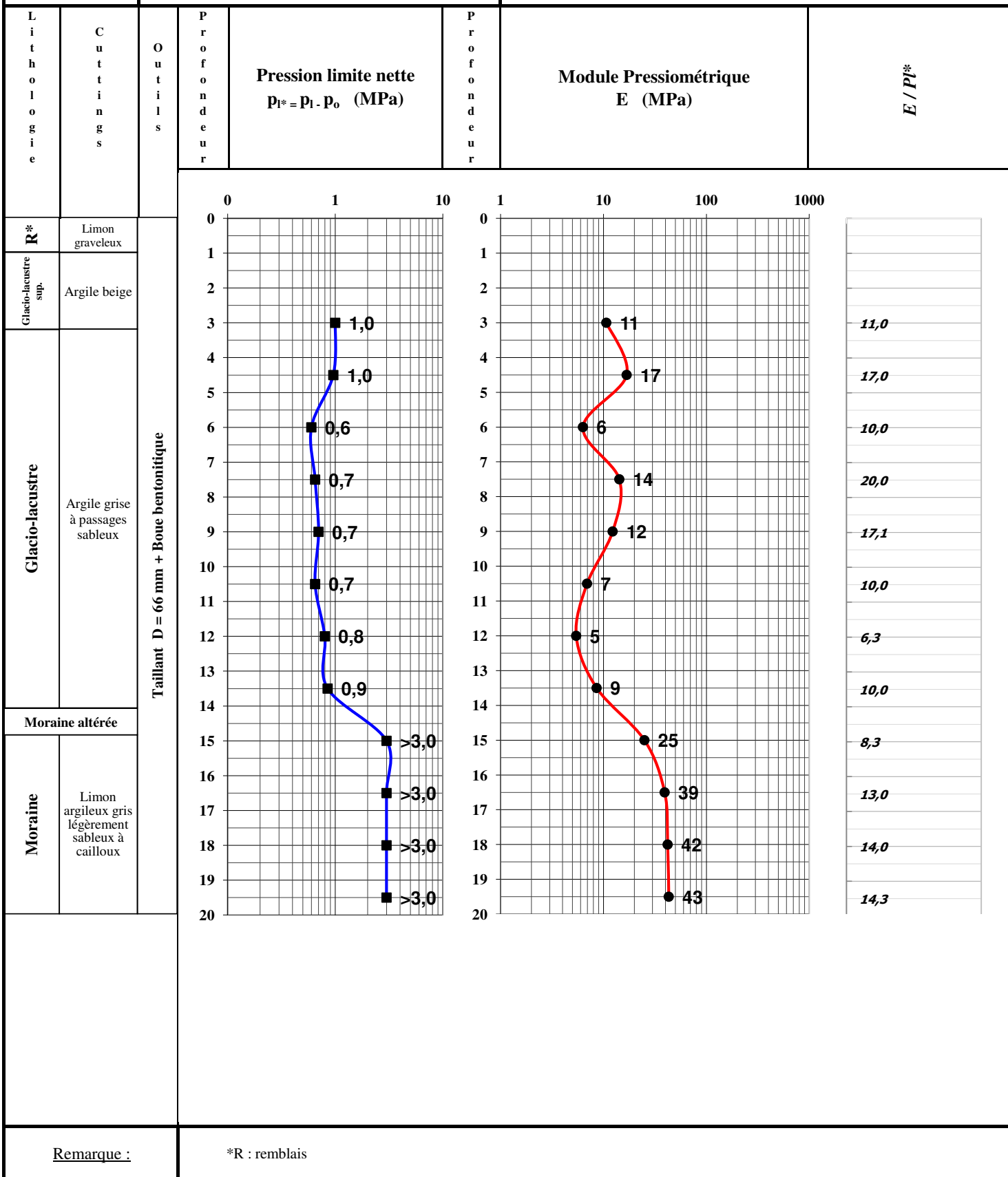
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP17**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **12/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,17**



Remarque :

*R : remblais

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

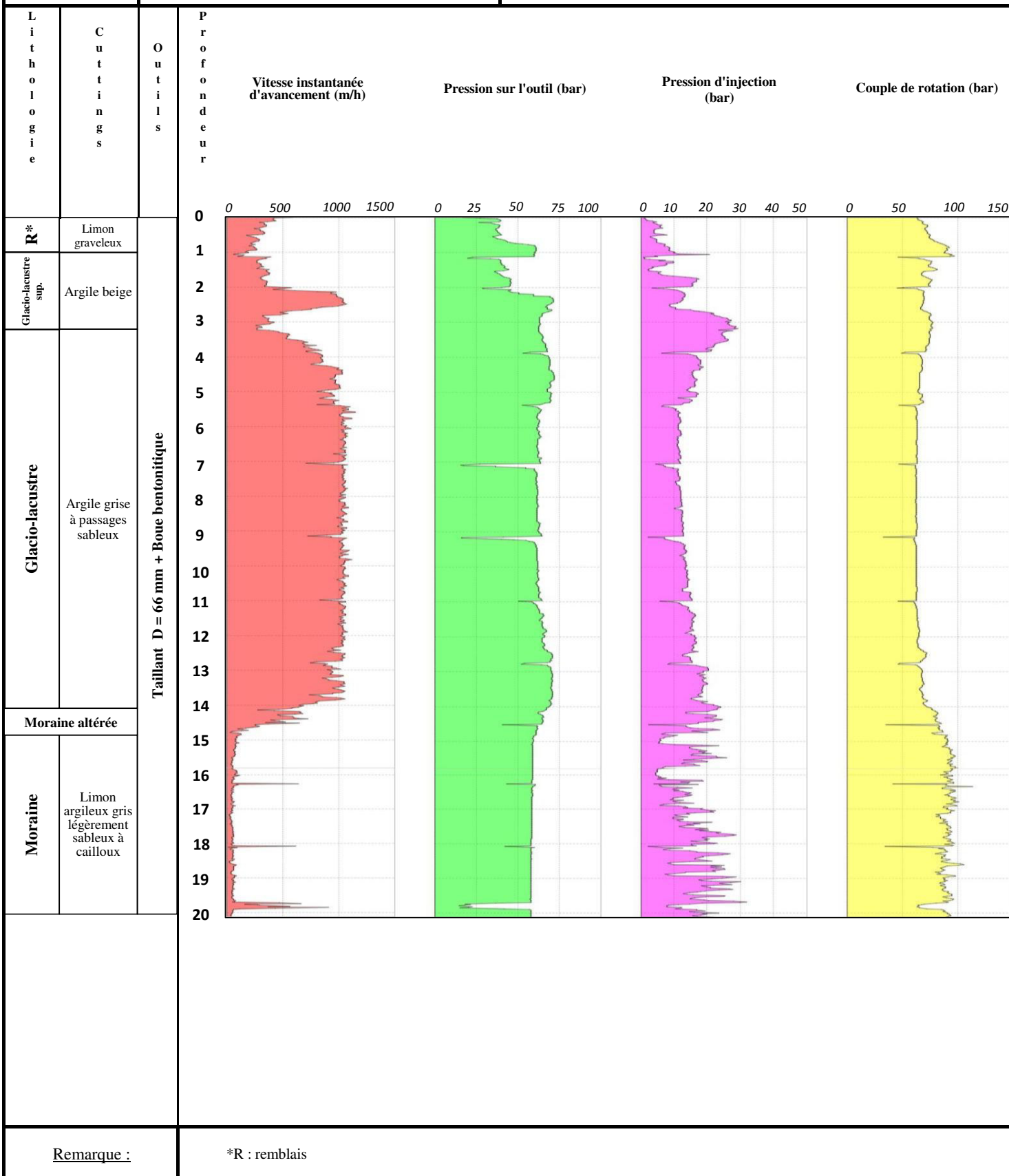
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP17**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **12/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,17**



SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP18**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **14/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,00**

L i t h o l o g i e	C u t t i n g s	O u t i l s	P r o f o n d e u r	Pression limite nette $p_l^* = p_l - p_o$ (MPa)	P r o f o n d e u r	Module Pressiométrique E (MPa)	E / p_l^*
Glacio-lacustre	Argile limoneuse marron	Taillant D = 60 mm + Boue bentonitique	0		0		
			1		1		
			2		2		
			3		3		
			4		4		
			5		5		
			6		6		
			7		7		
			8		8		
			9		9		
	10			10			
	11			11			
	12			12			
	13			13			
	14			14			
	15			15			
	16			16			
	17			17			
	18			18			
	19			19			
	20			20			

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

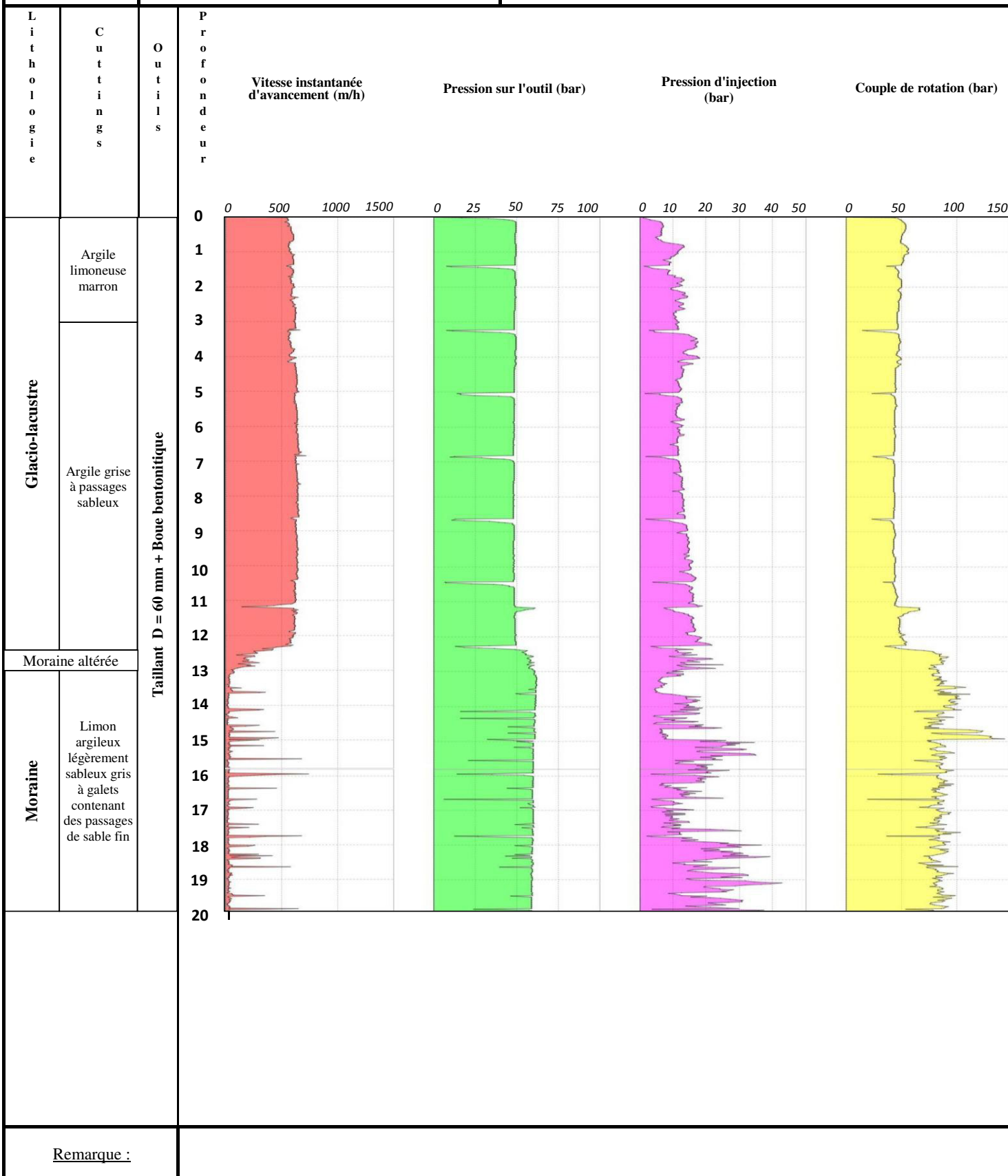
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP18**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **14/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,00**



SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP19**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **14/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,01**

L i t h o l o g i e	C u t t i n g s	O u t i l s	P r o f o n d e u r	Pression limite nette $p_{l^*} = p_l - p_o$ (MPa)	P r o f o n d e u r	Module Pressiométrique E (MPa)	E / p_{l^*}	
Glacio-lacustre	Argile limoneuse marron	Taillant D = 60 mm + Boue bentonitique	0		0			
			1	0,4	1	5	12,5	
			2		2			
			3	0,7	3	5	7,1	
			4	0,6	4	3	5,0	
			5		5			
			6	0,6	6	11	18,3	
			7	0,6	7	7	11,7	
			8		8			
			9	0,7	9	6	8,6	
Moraine altérée	Argile sableuse grise		10		10			
			11	0,6	11	4	6,7	
			12	0,8	12	7	8,8	
			13		13			
			14	1,1	14	17	15,5	
Moraine	Limon argileux légèrement sableux gris à galets contenant des passages de sable fin		15	>3,0	15	64	21,3	
			16	>3,0	16	25	8,3	
			17		17			
			18	>3,0	18	63	21,0	
			19	>3,0	19	55	18,3	
			20	>3,0	20			
Remarque :			MO alt*: moraine altérée					

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

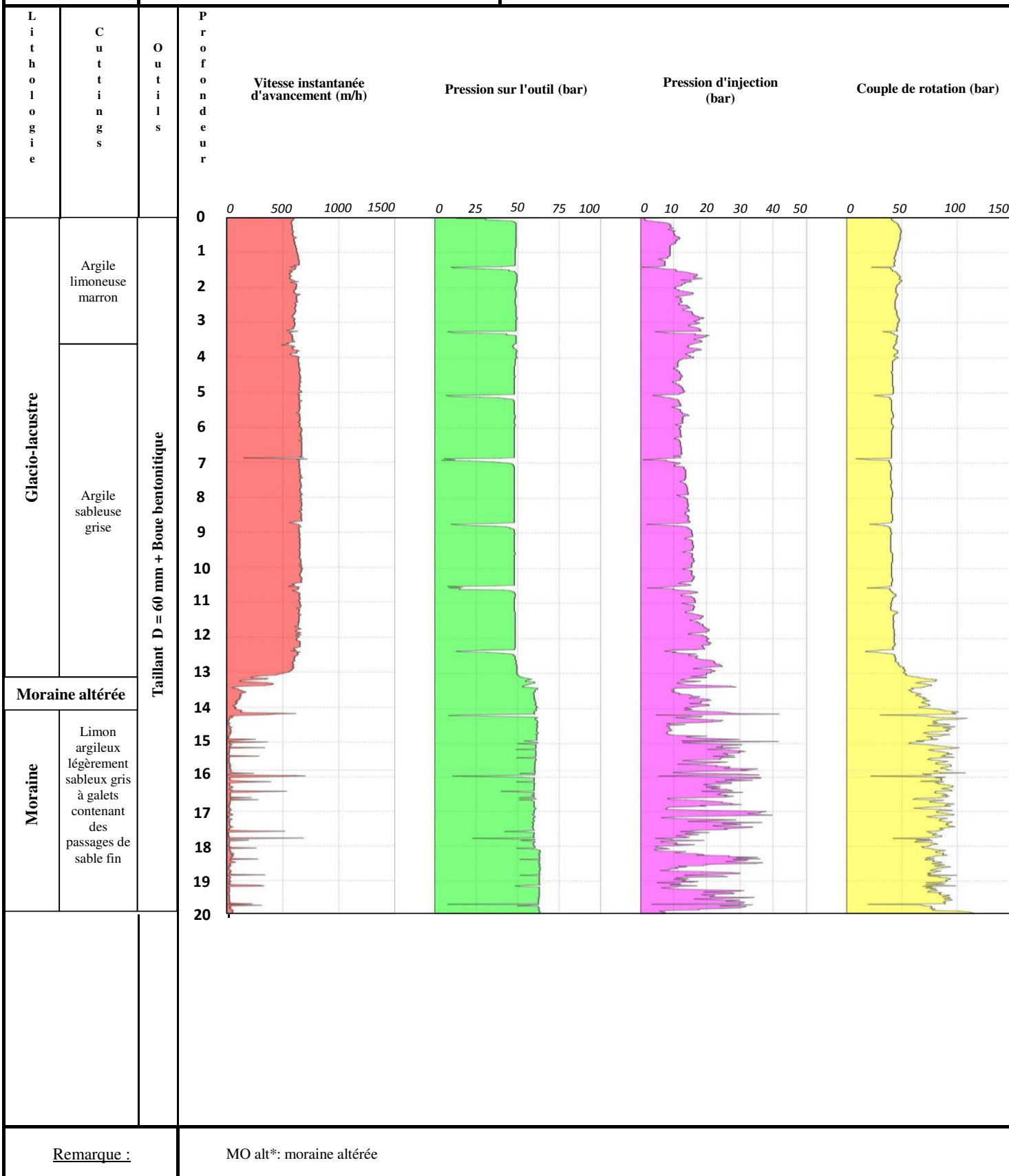
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP19**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **14/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,01**



SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

FERNEY-VOLTAIRE (01)

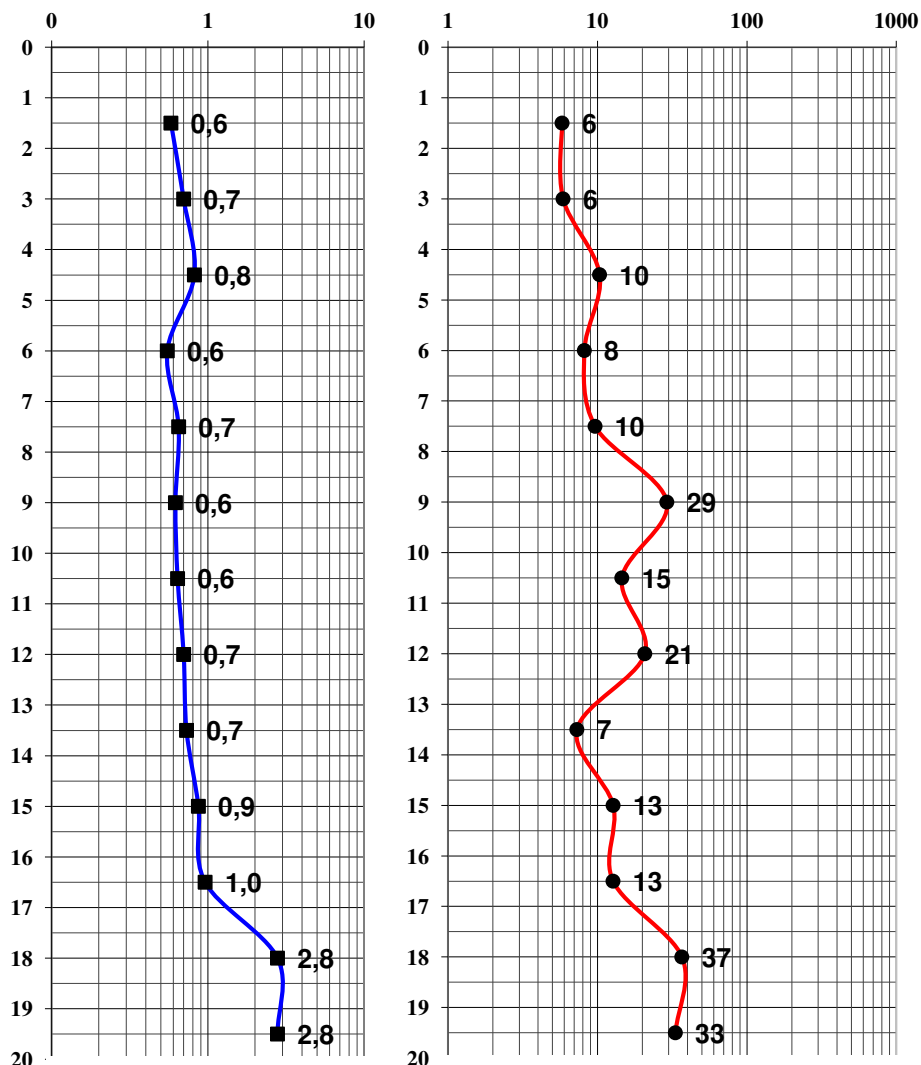
SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP20**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **15/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,00**

L i t h o l o g i e	C u t t i n g s	O u t i l s	P r o f o n d e u r	Pression limite nette $p_l^* = p_l - p_o$ (MPa)	P r o f o n d e u r	Module Pressiométrique E (MPa)	E / p_l^*													
R*	Sable argileux et limon marron	Glacio-lacustre	Argile grise à passages sableux	Taillant D = 60 mm + Boue bentonitique			<table><tr><td>10,0</td></tr><tr><td>8,6</td></tr><tr><td>12,5</td></tr><tr><td>13,3</td></tr><tr><td>14,3</td></tr><tr><td>48,3</td></tr><tr><td>25,0</td></tr><tr><td>30,0</td></tr><tr><td>10,0</td></tr><tr><td>14,4</td></tr><tr><td>13,0</td></tr><tr><td>13,2</td></tr><tr><td>11,8</td></tr></table>	10,0	8,6	12,5	13,3	14,3	48,3	25,0	30,0	10,0	14,4	13,0	13,2	11,8
	10,0																			
8,6																				
12,5																				
13,3																				
14,3																				
48,3																				
25,0																				
30,0																				
10,0																				
14,4																				
13,0																				
13,2																				
11,8																				



10,0
8,6
12,5
13,3
14,3
48,3
25,0
30,0
10,0
14,4
13,0
13,2
11,8

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

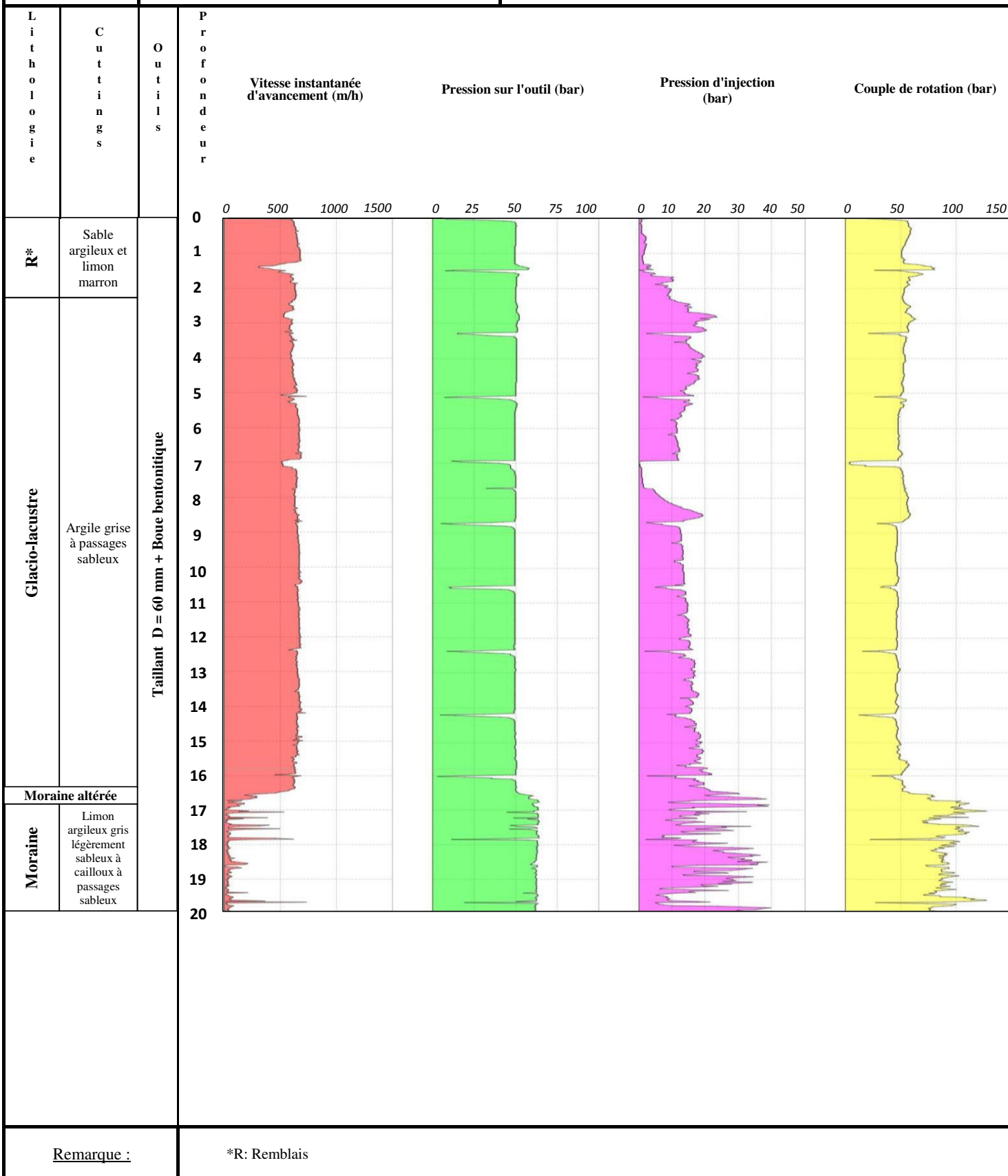
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP20**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **15/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,00**



*R: Remblais

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP29**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **19/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,13**

L i t t e r a t u r e	C u l t i n g s	O u t i l s	P r o f o n d e u r	Pression limite nette $p_l^* = p_l - p_0$ (MPa)	P r o f o n d e u r	Module Pressiométrique E (MPa)	E / p_l^*	
Remblais	Limon graveleux	Taillant D = 66 mm + Boue bentonitique	0		1			
			1	0,4	2	2	5,0	
2			3	1,0	3	19,0		
3			4	1,3	4	12,3		
4			5		5	11,4		
5	0,7		6	8	6	11,4		
6			7	0,7	7	10,0		
7			8	0,7	8	14,3		
8			9	0,7	9	8,8		
9			10	0,7	10	5,0		
10			11	0,7	11	25,2		
11			12	0,8	12	8,9		
12			13	1,0	13	11,0		
13			14		14	26,5		
14			15	2,9	15			
15			16	>2,9	16			
16			17		17			
17			18	>3,0	18			
18			19		19			
19			20	2,3	20			
Remarque :								

SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

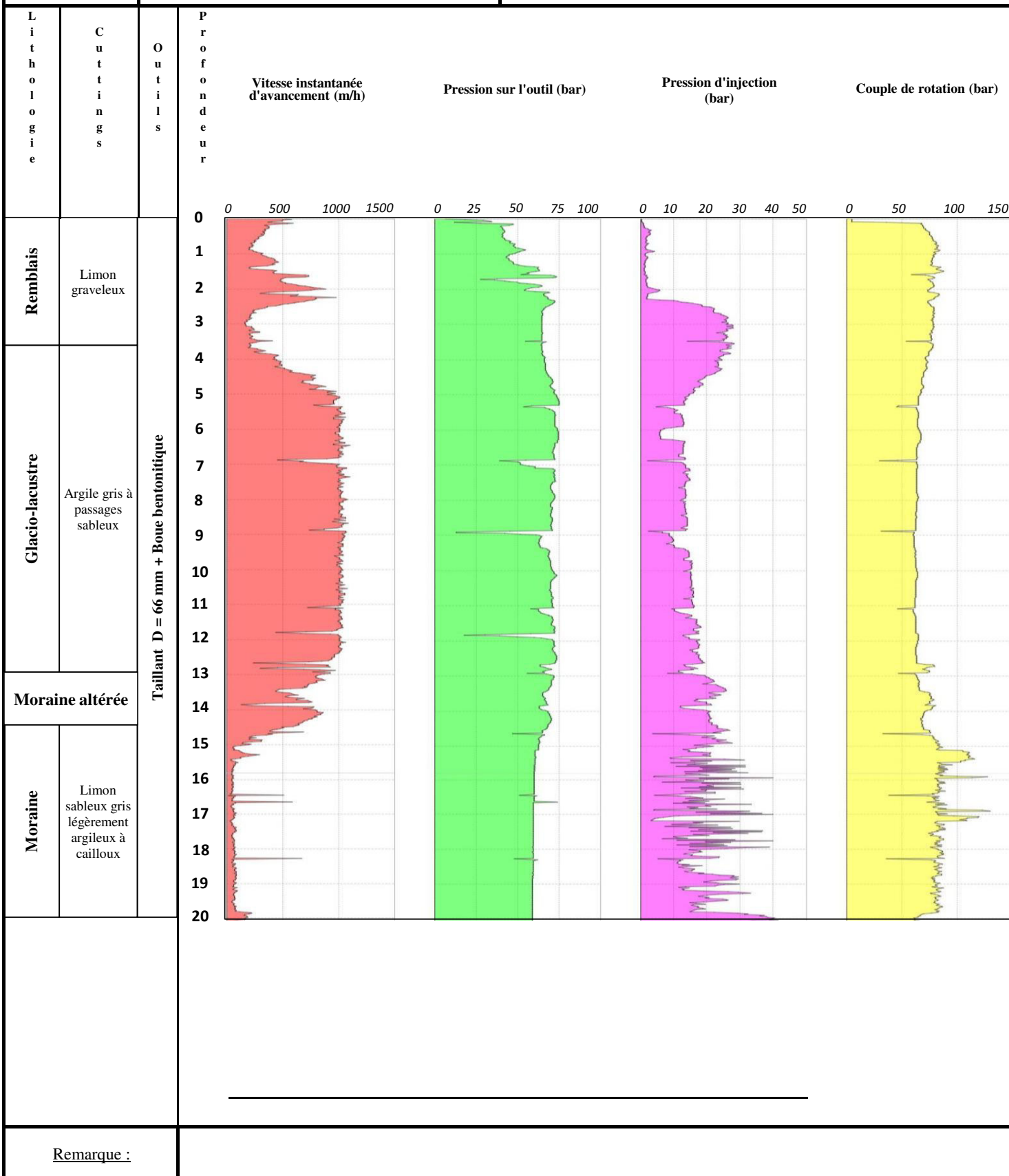
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP29**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **19/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,13**



SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

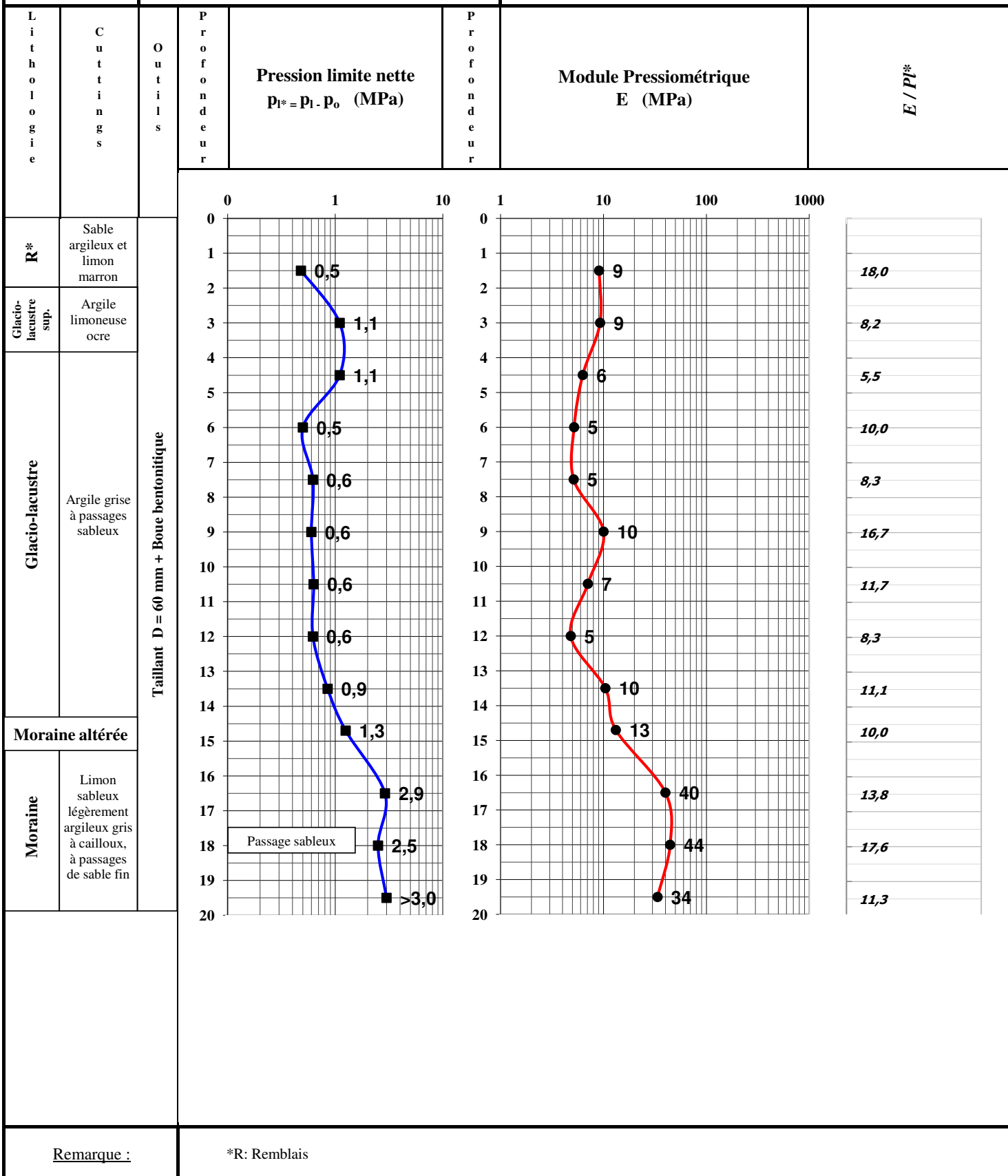
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP30**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **19/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,01**



SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

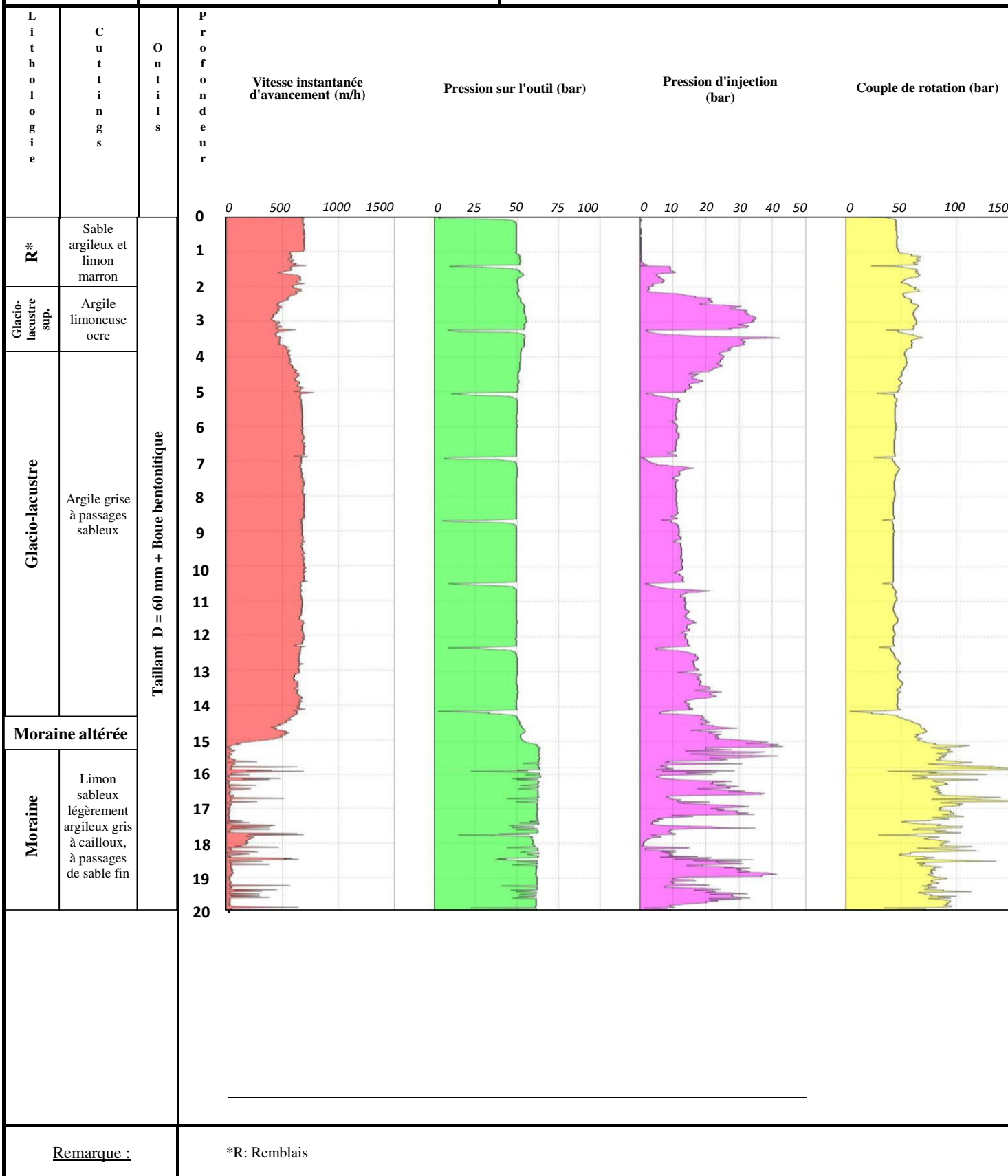
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP30**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **19/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,01**



SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

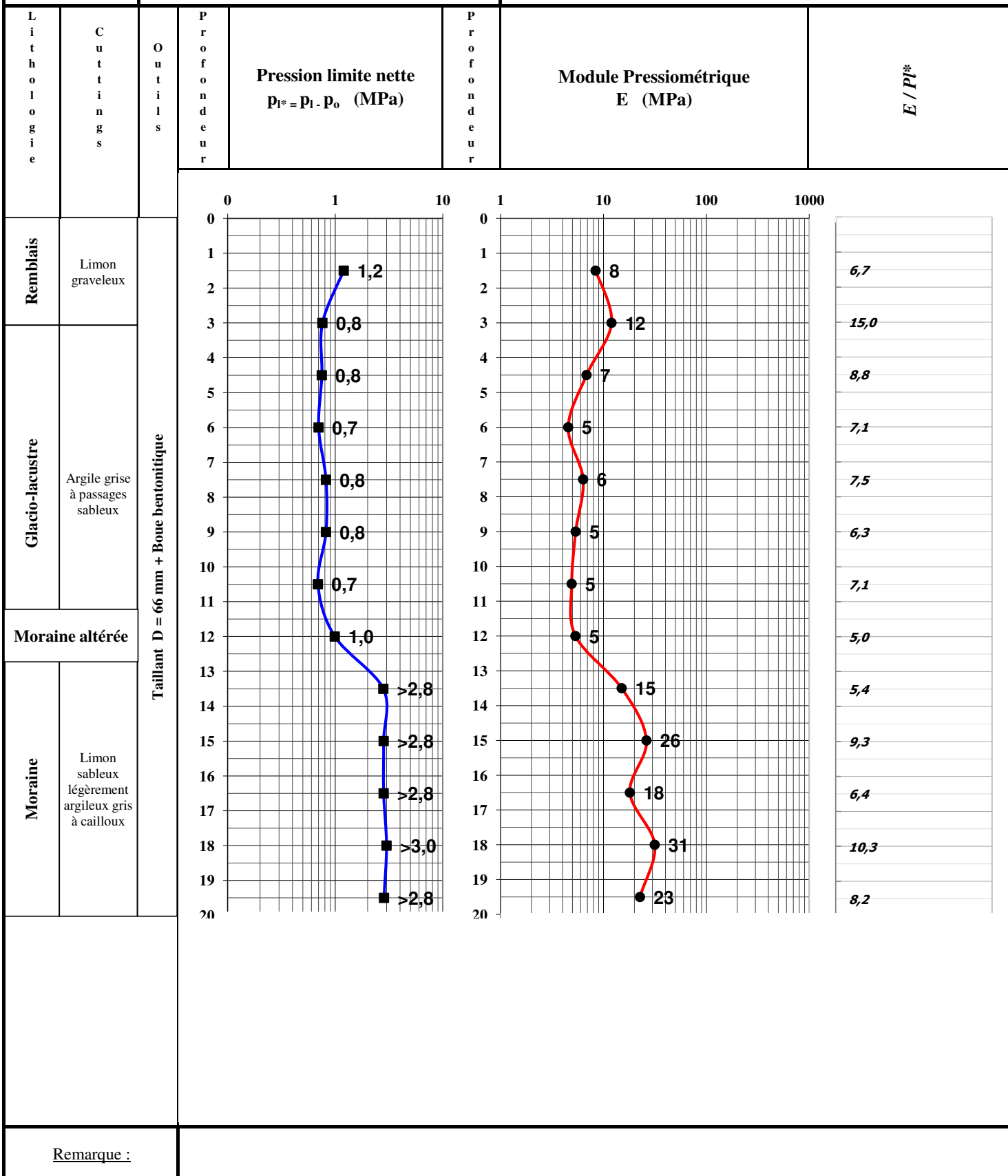
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP31**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **15/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,08**



SEMOFI RHÔNE-ALPES

145, rue Adhémar Fabri
74800 LA ROCHE SUR FORON
Tel: 04 50 25 49 01



Réf.: C15-7992

CHANTIER **SPL TERRITOIRE D'INNOVATION**

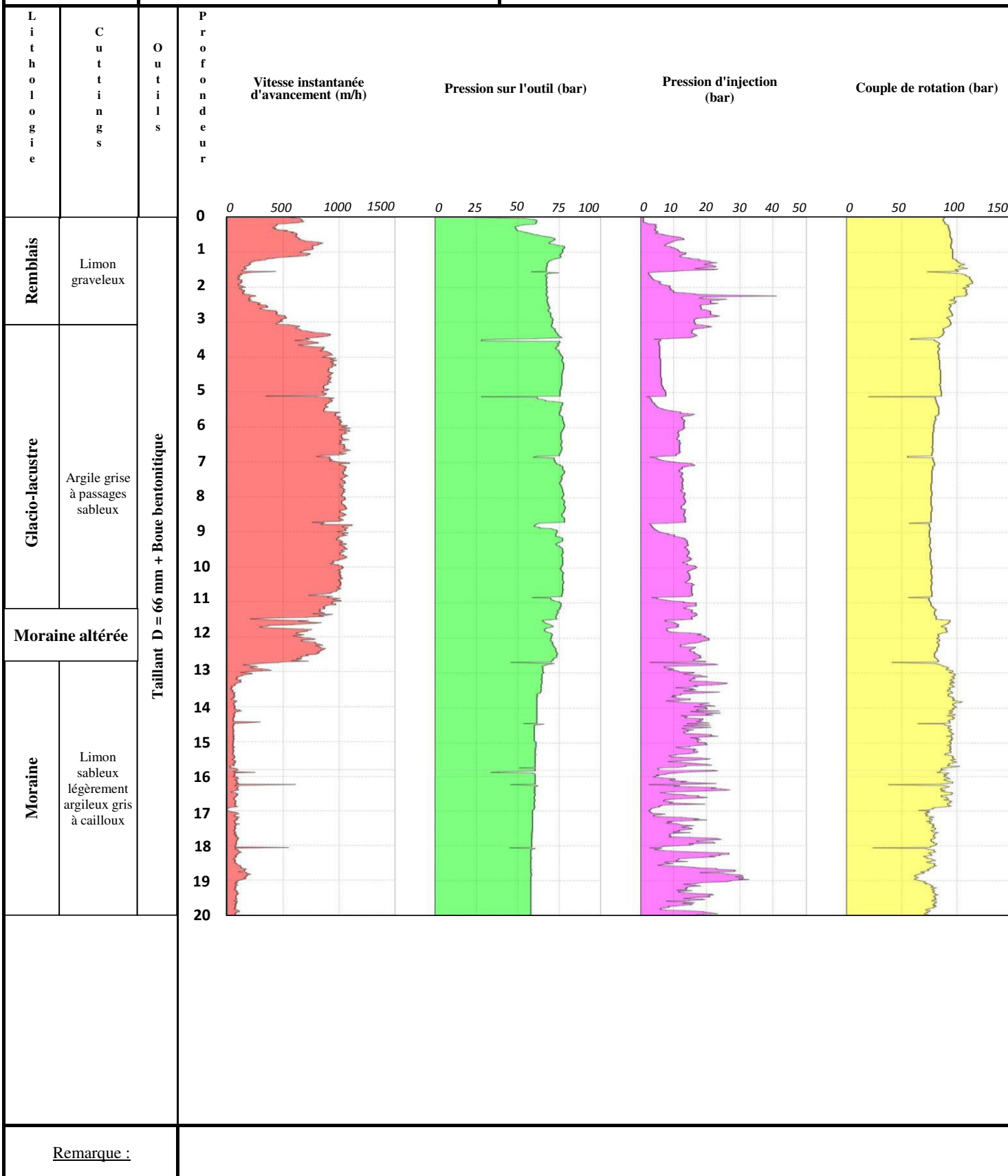
FERNEY-VOLTAIRE (01)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE: **SP31**

Z.A.C. Paimboeuf - Poterie

Date : **15/10/15**

Profondeur atteinte (m): **20,08**



ANNEXE 4 – DIMENSIONNEMENT PLATEFORME TRAMWAY

Descentes de charges			Paramètre de sol formation n°1		Paramètre de sol formation n°2	Géométrie fondation	Facteur de portance pressiométrique	Coefficients de sécurité					
Cas	G (kN/ml)	Q (kN/ml)	α	ple*min (MPa)	α	B (m)	kp = kp0	γG	γELS	γELU	iδβ		
ELS	111	118	0.67	0.4	0.33	6.5	0.8	1.35	2.76	1.68	1		
ELU	149	178											
						Capacité portante		Coefficients de forme		Ferney-Voltaire - Infrastructure Tramway - TERRINNOV			
						ELS (kPa)	ELU (kPa)	λc	λd				
						116	190	1.5	2.65				
Zone	Hcompressible (m)	Em formation n°1 (MPa)	Em formation n°2 (MPa)	αmoy	Ec (MPa)	Ed (MPa)	Hremblais	P (kN/ml)	σ'VELS (kN/m/ml)	σ'VELU (kN/m/ml)	sc (cm)	sd (cm)	sf (cm)
1	4	6.0	30.0	0.36	6.0	15.0	0	0	35	50	0.23	0.10	0.33
2	12	6.0	30.0	0.41	6.0	8.5	0	0	35	50	0.26	0.22	0.48
3	15.5	6.0	30.0	0.43	6.0	7.7	2.5	325	85	118	0.66	0.63	1.29
4	13.5	6.0	30.0	0.42	6.0	7.7	1.5	195	65	91	0.49	0.46	0.95
5	15	6.0	30.0	0.43	6.0	7.7	0.5	65	45	64	0.35	0.33	0.68
6	13.5	3.0	30.0	0.42	3.0	4.0	0	0	35	50	0.53	0.48	1.01
7	15	3.0	30.0	0.43	3.0	4.0	0.5	65	45	64	0.70	0.63	1.33
8	4	3.0	30.0	0.36	3.0	9.2	0.5	65	45	64	0.58	0.22	0.80
9	4	10.0	30.0	0.36	10.0	20.0	1.5	195	65	91	0.25	0.14	0.40
10	3	10.0	30.0	0.35	10.0	10.0	0	0	35	50	0.13	0.15	0.29

ANNEXE 5 – DDC POTEAUX LAC

POTEAUX	TYPE	Hauteur	Effort en tête Fz, d [daN] *	Moment à la base Mz, d [daNm]	Diamètre extérieur (mm)	Epaisseur mât t(mm)	Epaisseur platine de base t(mm)	Poids du mât P(kg)
Support type CCA 17,0 de 8,50m A1 (déclassé 400daN)	A1	8.5	400	3700	298.5	10	60	755
Support type CCA 17,0 de 8,50m A2 (déclassé 800daN)	A2	8.5	800	7100	298.5	10	60	755
Support type CCA 17,0 de 8,50m A	A	8.5	1700	14790	298.5	10	60	755
Support type CCA 22,8 de 8,50m B	B	8.5	2280	19840	298.5	16	60	1012
Support type CCA 35,4 de 8,50m C	C	8.5	3540	30800	298.5	25	70	1611
Support type CCA 14,2 de 10,50m D	D	10.5	1420	15190	298.5	10	60	897
Support type CCA 18,9 de 10,50m E	E	10.5	1890	20220	298.5	16	60	1316
Support type CCA 27,0 de 10,50m F	F	10.5	2700	28890	298.5	25	70	1902

ANNEXE 6 – DIMENSIONNEMENT POTEAUX LAC

Cas	Paramètre de sol formation n°1		Géométrie fondation		Massif béton	Ferney Voltaire (01) - Infrastructures Tramway - Poteaux LAC - Vérification excentrement - ELS					
	γ (kN/m3)		Forme		γ (kN/m3)						
ELS	18		carrée		25						
Poteaux	H(kN)	M (kN.m)	Poids du mât (kN)	B (m)	Hmassif (m)	Poids du massif béton (kN)	encastrement (m)	Poids des terre (kN)	eB (m)	excentrement admissible (m)	F > 1
A1	4	37	7	1.6	1.0	64	2.5	69	0.26	0.27	1.01
A2	8	71	7	2	1.0	100	2.5	108	0.33	0.33	1.01
A	17	147.9	7	2.6	1.0	169	2.5	183	0.41	0.43	1.05
B	22.8	198.4	10	2.9	1.0	210	2.5	227	0.44	0.48	1.09
C	35.4	308	16	3.3	1.0	272	2.5	294	0.53	0.55	1.04
D	14.2	151.9	9	2.6	1.0	169	2.5	183	0.42	0.43	1.03
E	18.9	202.2	13	2.9	1.0	210	2.5	227	0.45	0.48	1.08
F	27	288.9	19	3.2	1.0	256	2.5	276	0.52	0.53	1.02

Cas	Paramètre de sol formation n°1		Géométrie fondation		Massif béton	Ferney Voltaire (01) - Infrastructures Tramway - Poteaux LAC - Vérification excentrement - ELU					
	γ (kN/m3)		Forme		γ (kN/m3)						
ELU	18		carrée		25						
Poteaux	H(kN)	M (kN.m)	Poids du mât (kN)	B (m)	Hmassif (m)	Poids du massif béton (kN)	encastrement (m)	Poids des terre (kN)	eB (m)	excentrement admissible (m)	F > 1
A1	6	56	7	1.6	1.0	64	2.5	69	0.39	0.75	1.89
A2	12	107	7	2	1.0	100	2.5	108	0.49	0.93	1.89
A	26	222	7	2.6	1.0	169	2.5	183	0.62	1.21	1.96
B	34	298	10	2.9	1.0	210	2.5	227	0.67	1.35	2.03
C	53	462	16	3.3	1.0	272	2.5	294	0.79	1.54	1.94
D	21	228	9	2.6	1.0	169	2.5	183	0.63	1.21	1.92
E	28	303	13	2.9	1.0	210	2.5	227	0.67	1.35	2.01
F	41	433	19	3.2	1.0	256	2.5	276	0.79	1.49	1.90

Cas	Paramètre de sol formation n°1			Géométrie fondation		Massif béton	kp				Ferney Voltaire (01) - Infrastructures Tramway - Poteaux LAC - Vérification portance - ELS				
	γ (kN/m3)	c' (kPa)	ϕ' (°)	Forme		γ (kN/m3)	a	b	c	kp0					
ELS	18	5	25	carrée		25	0.2	0.02	1.5	0.8					
Poteaux	H(kN)	M (kN.m)	Poids du mât (kN)	B (m)	Hmassif (m)	Poids du massif béton (kN)	encastrement (m)	Poids des terre (kN)	eB (m)	A' (m²)	Vd (kN)	σ'Vd (kPa)	iδ	kp	ple* min (kPa)
A1	4	37	7	1.6	1.0	64	2.5	69	0.26	1.7	141	82	0.958	1.03	228
A2	8	71	7	2	1.0	100	2.5	108	0.33	2.7	215	80	0.943	1.02	231
A	17	148	7	2.6	1.0	169	2.5	183	0.41	4.6	359	78	0.922	1.00	234
B	23	198	10	2.9	1.0	210	2.5	227	0.44	5.8	447	77	0.913	0.99	234
C	35	308	16	3.3	1.0	272	2.5	294	0.53	7.4	582	79	0.894	0.98	249
D	14	152	9	2.6	1.0	169	2.5	183	0.42	4.6	360	79	0.935	1.00	234
E	19	202	13	2.9	1.0	210	2.5	227	0.45	5.8	450	78	0.928	0.99	233
F	27	289	19	3.2	1.0	256	2.5	276	0.52	6.9	551	80	0.915	0.98	247

Cas	Paramètre de sol formation n°1			Géométrie fondation		Massif béton	kp				Ferney Voltaire (01) - Infrastructures Tramway - Poteaux LAC - Vérification portance - ELU				
	γ (kN/m3)	c' (kPa)	ϕ' (°)	Forme		γ (kN/m3)	a	b	c	kp0					
ELU	18	5	25	carrée		25	0.2	0.02	1.5	0.8					
Poteaux	H(kN)	M (kN.m)	Poids du mât (kN)	B (m)	Hmassif (m)	Poids du massif béton (kN)	encastrement (m)	Poids des terre (kN)	eB (m)	A' (m²)	Vd (kN)	σ'Vd (kPa)	iδ	kp	ple* min (kPa)
A1	6	56	10	1.6	1.0	86	2.5	93	0.29	1.6	190	117	0.954	1.03	199
A2	12	107	10	2	1.0	135	2.5	146	0.37	2.5	291	115	0.936	1.02	202
A	26	222	10	2.6	1.0	228	2.5	246	0.46	4.4	485	111	0.913	1.00	204
B	34	298	13	2.9	1.0	284	2.5	307	0.49	5.6	604	109	0.904	0.99	205
C	53	462	21	3.3	1.0	368	2.5	397	0.59	7.0	786	112	0.883	0.98	219
D	21	228	12	2.6	1.0	228	2.5	246	0.47	4.3	486	112	0.928	1.00	204
E	28	303	17	2.9	1.0	284	2.5	307	0.50	5.5	608	110	0.921	0.99	204
F	41	433	25	3.2	1.0	346	2.5	373	0.58	6.5	744	114	0.905	0.98	217

Descentes de charges			Géométrie fondation			Paramètre de sol formation n°1	
Cas	σ'Vd	σ'V0 (kPa)	Forme	B (m)	encastrement (m)	α	γ (kN/m3)
ELS	53	20	carrée	3.3	2.5	0.67	18
Coefficients de forme							
λc	λd	Ferney Voltaire (01) - Infrastructures Tramway - Poteaux LAC - Vérification des tassements - Poteaux C					
1.1	1.12						
Zone	Hcompressible (m)	Em formation n°1 (MPa)	Em = Ec = Ed (MPa)	sc (cm)	sd (cm)	sf (cm)	
1	4.0	6.0	6.0	0.15	0.25	0.40	
2	12.0	6.0	6.0	0.15	0.25	0.40	
3	15.5	6.0	6.0	0.15	0.25	0.40	
4	13.5	6.0	6.0	0.15	0.25	0.40	
5	15.0	6.0	6.0	0.15	0.25	0.40	
6	13.5	3.0	3.0	0.30	0.50	0.80	
7	15.0	3.0	3.0	0.30	0.50	0.80	
8	4.0	3.0	3.0	0.30	0.50	0.80	
9	4.0	10.0	10.0	0.09	0.15	0.24	
10	3.0	10.0	10.0	0.09	0.15	0.24	

ANNEXE 7 – NOTES DE CALCUL FOXTA – QUAIS

Données

Titre du projet : Calcul des tassements sous les quais

Numéro d'affaire : LGEN.N.393

Commentaires : N/A

Dimension du projet : 3D

Seuil de décollement (kPa) : 5

Seuil de plastification (kPa) : 1000

Décollement/plastification automatique : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	Esol	v	Pente-x	Pente-y
1	Alluvions		405,90	3,90E04	0,33	0,000	0,000

Poids volumique du sol au dessus de la base de la plaque (kN/m3) : 0,00

Plaque - Rectangle

N°	E	v	e	zbase	X	Y	B	L	θ
1	1,00E07	0,20	0,20	410,40	0,00	0,00	1,50	43,50	0,0

Arrêt douane

Surcharge répartie - Rectangle

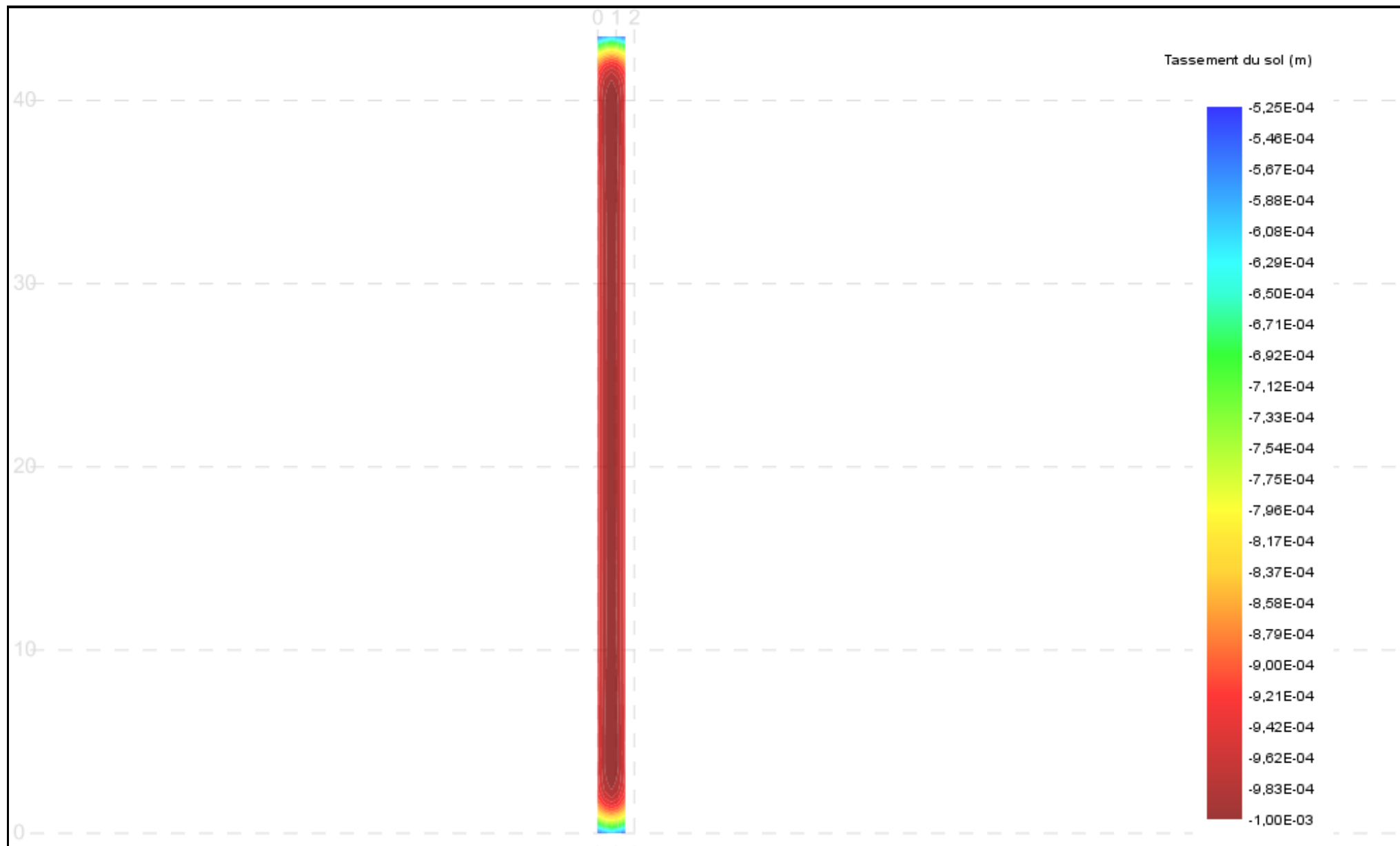
N°	Q	X	Y	B	L	θ
1	26,00	0,00	0,00	1,50	43,50	0,0

Pas maximal (m) : 0,40

Utiliser un maillage rectangulaire si possible : Oui

Lisser les moments dans les coupes de résultats : Non

Isovaleurs / Tassement du sol



Données

Titre du projet : Calcul des tassements sous les quais

Numéro d'affaire : LGEN.N.393

Commentaires : N/A

Dimension du projet : 3D

Seuil de décollement (kPa) : 5

Seuil de plastification (kPa) : 1000

Décollement/plastification automatique : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	Esol	v	Pente-x	Pente-y
1	alluvions mous		400,00	9,00E03	0,33	0,000	0,000

Poids volumique du sol au dessus de la base de la plaque (kN/m3) : 0,00

Plaque - Rectangle

N°	E	v	e	zbase	X	Y	B	L	θ
1	1,00E-07	0,20	0,20	415,00	0,00	0,00	4,70	45,00	0,0

Station Allée de La Tire

Surcharge répartie - Rectangle

N°	Q	X	Y	B	L	θ
1	24,00	0,00	0,00	4,70	45,00	0,0

Pas maximal (m) : 0,73

Utiliser un maillage rectangulaire si possible : Oui

Lisser les moments dans les coupes de résultats : Non

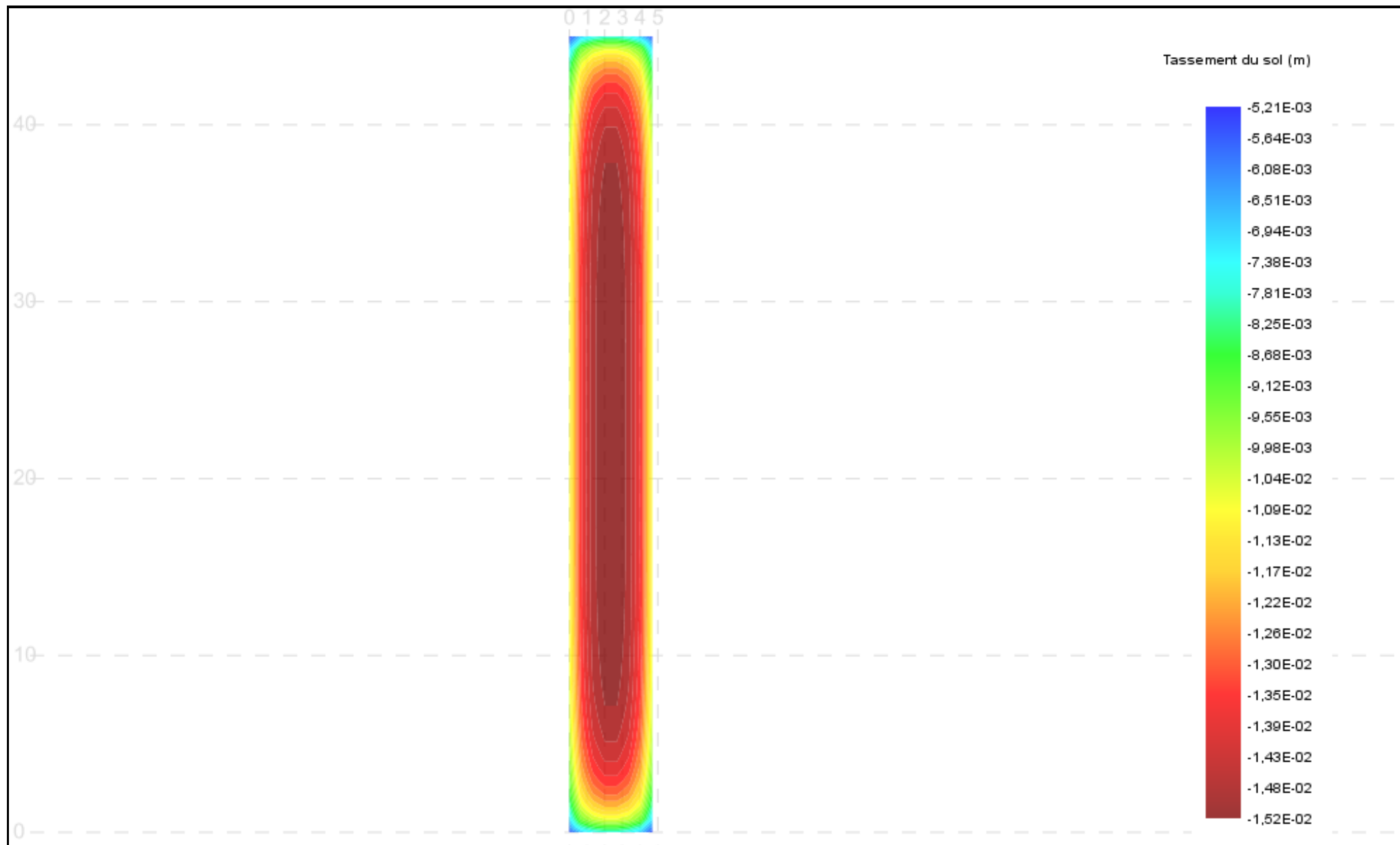


FoXta v4
v4.1.3

Imprimé le : 20/11/2023 - 17:01:03
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : quais
Module : Tasplaq (Plaque 4/4)

Isovaleurs / Tassement du sol



Données

Titre du projet : Calcul des tassements sous les quais

Numéro d'affaire : LGEN.N.393

Commentaires : N/A

Dimension du projet : 3D

Seuil de décollement (kPa) : 5

Seuil de plastification (kPa) : 1000

Décollement/plastification automatique : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	Esol	v	Pente-x	Pente-y
1	alluvions très raides		416,70	9,00E04	0,33	0,000	0,000
2	alluvions fermes		392,70	3,00E04	0,33	0,000	0,000

Poids volumique du sol au dessus de la base de la plaque (kN/m3) : 0,00

Plaque - Rectangle

N°	E	v	e	zbase	X	Y	B	L	θ
1	1,00E07	0,20	0,20	422,70	0,00	0,00	7,80	45,00	0,0

Station le bisou

Surcharge répartie - Rectangle

N°	Q	X	Y	B	L	θ
1	36,00	0,00	0,00	7,80	45,00	0,0

Pas maximal (m) : 0,94

Utiliser un maillage rectangulaire si possible : Oui

Lisser les moments dans les coupes de résultats : Non

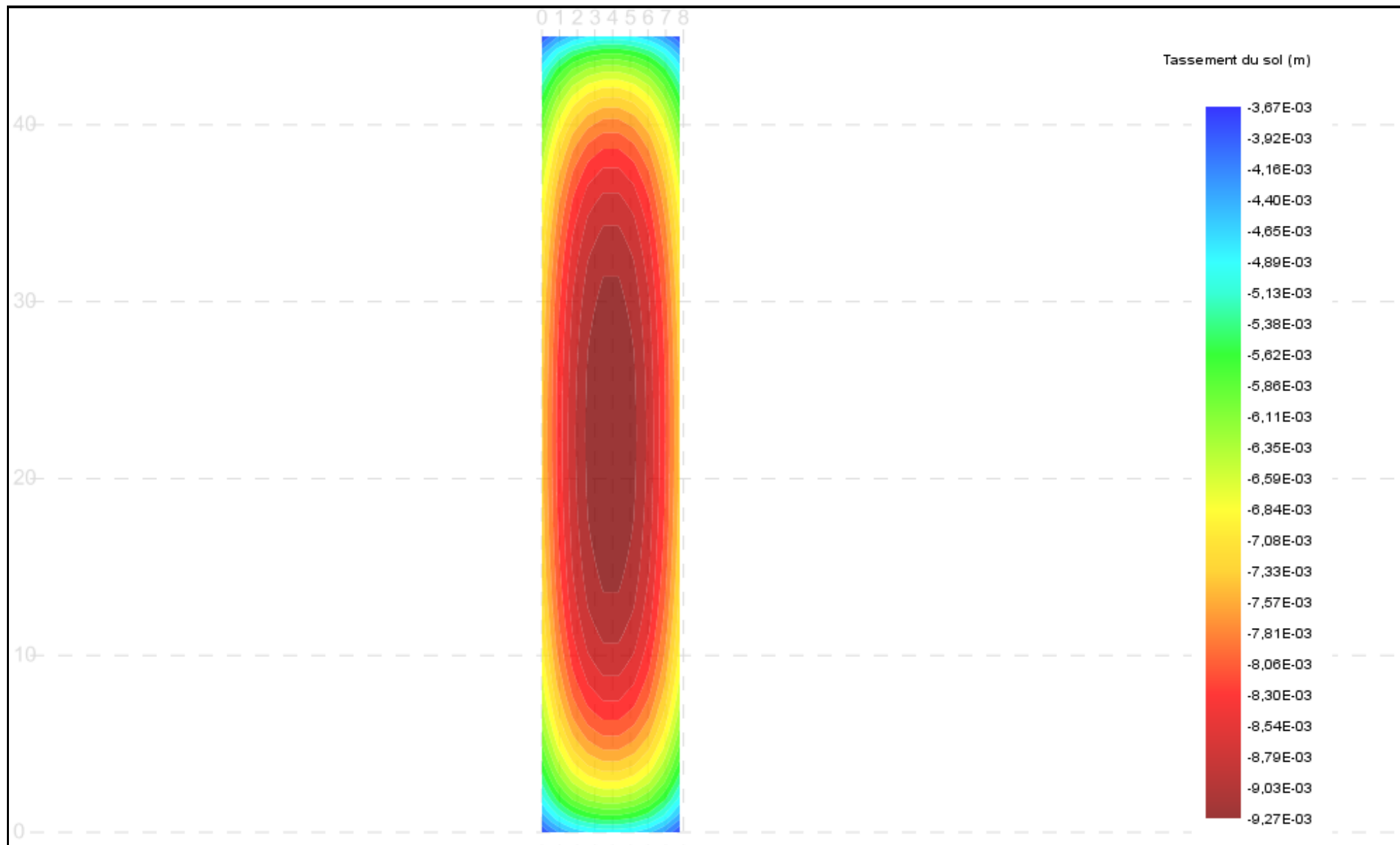


FoXta v4
v4.1.3

Imprimé le : 20/11/2023 - 16:59:14
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : quais
Module : Tasplaq (Plaque 3/4)

Isovaleurs / Tassement du sol



Données

Titre du projet : Calcul des tassements sous les quais

Numéro d'affaire : LGEN.N.393

Commentaires : N/A

Dimension du projet : 3D

Seuil de décollement (kPa) : 5

Seuil de plastification (kPa) : 1000

Décollement/plastification automatique : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	Esol	v	Pente-x	Pente-y
1	alluvions		399,40	2,10E04	0,33	0,000	0,000

Poids volumique du sol au dessus de la base de la plaque (kN/m3) : 0,00

Plaque - Rectangle

N°	E	v	e	zbase	X	Y	B	L	θ
1	1,00E07	0,20	0,20	413,90	0,00	0,00	4,80	45,00	0,0

Station Le cours

Surcharge répartie - Rectangle

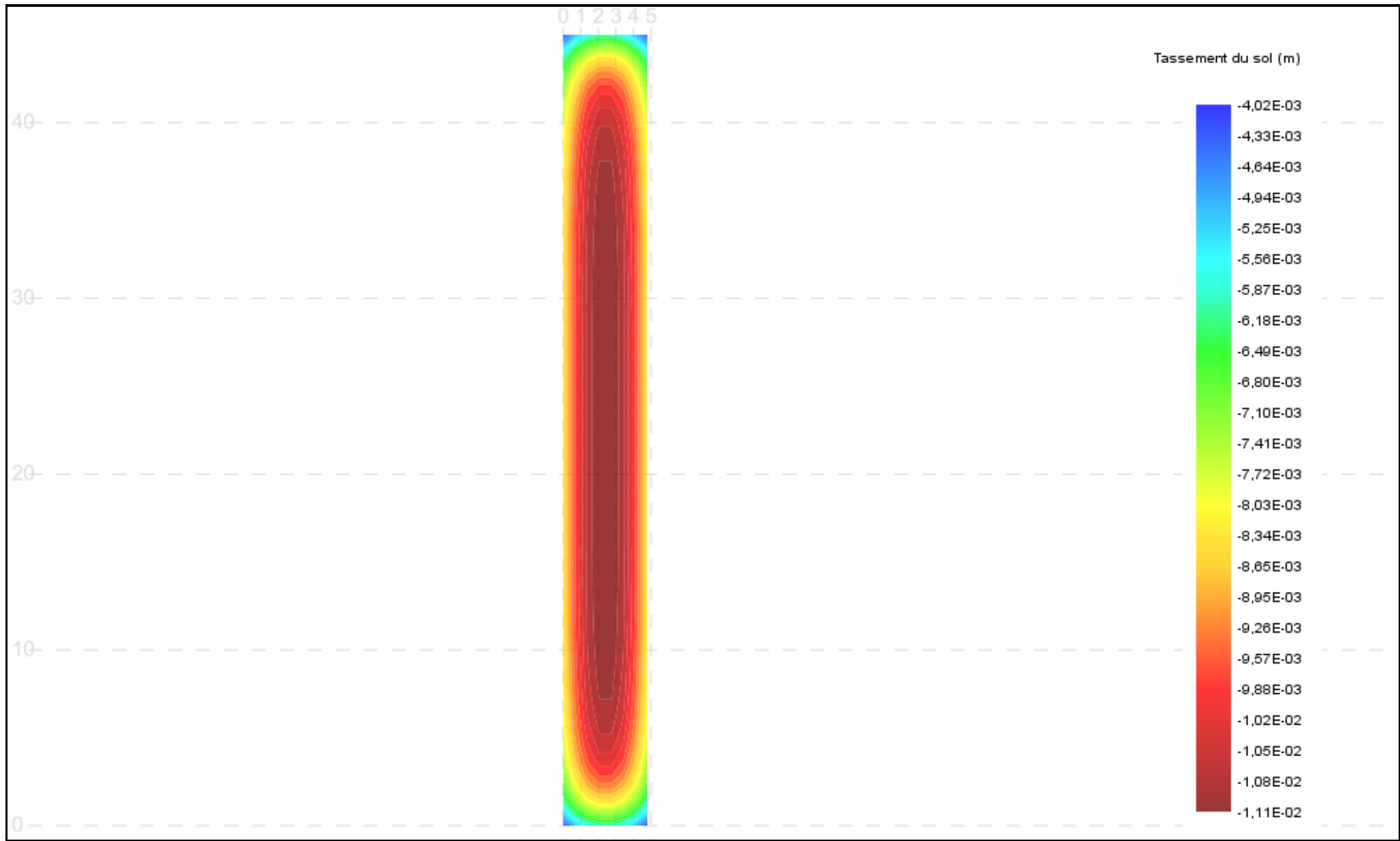
N°	Q	X	Y	B	L	θ
1	44,00	0,00	0,00	4,80	45,00	0,0

Pas maximal (m) : 0,73

Utiliser un maillage rectangulaire si possible : Oui

Lisser les moments dans les coupes de résultats : Non

Isovaleurs / Tassement du sol



ANNEXE 8 – ESSAIS D'APTITUDES AU TRAITEMENT



Détermination des références de compactage d'un matériau

Courbe proctor et courbe IPI d'un sol traité

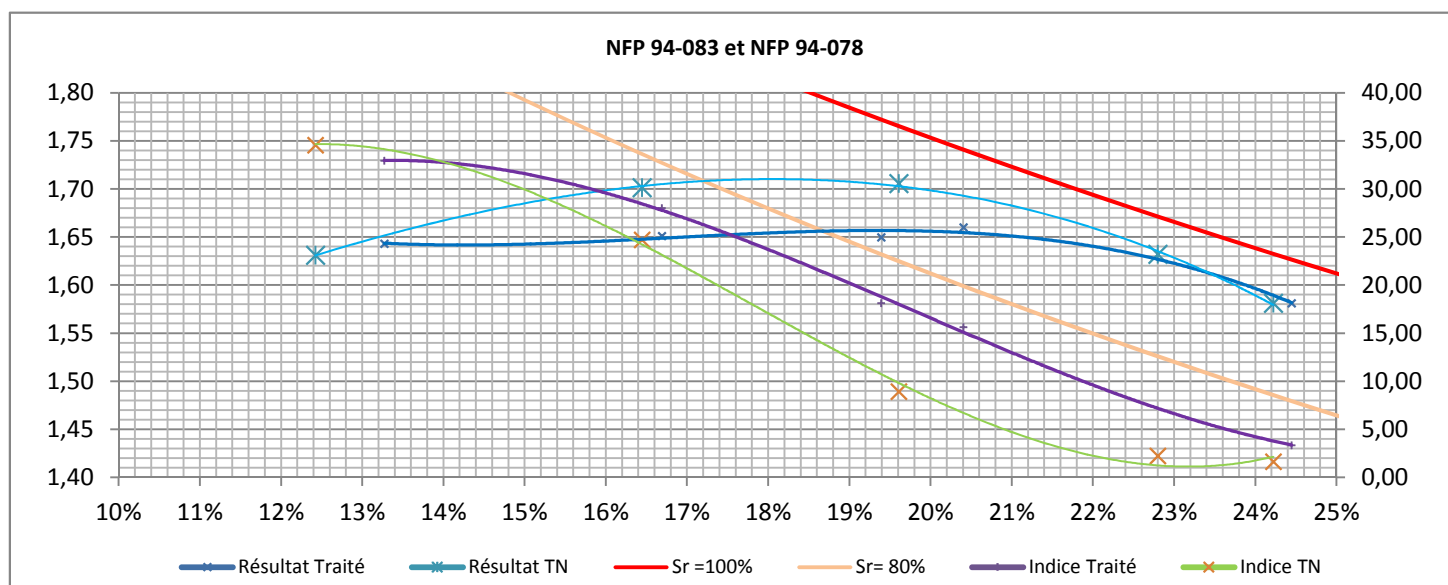
Selon la norme NF P 94-093 et NF P 94-078

PV 47222

Site de prélèvement	Ferney Voltaire	Société	SEMOFI
N° de Sondage	PM1 - APT	Vos références dossier	C15-7992
Profondeur (m)	1,0 - 1,2	Nos références dossier	S14-4591
Date du prélèvement	16/09/2015	Date de réception du dossier	18/09/2015
Prélèvement effectué par	INTERSOL	Date de réalisation de l'essai	14/10/2015
Condition de conservation	sac	Opérateur:	ROG

Observation de prélèvements / Réceptions

Argile grise à passages marron, ferme avec graves - Dmax : 60 mm
traité à 1,5% de chaux et 7% de ciment



Ps = **2,70** t/m³

ENERGIE

INDICE

☒ Estimé
☒ Mesuré

☒ Normal
☒ Modifié

☒ I.P.I
☒ I.C.B.R

Teneur en eau initiale	OPN	OPN traité
Pd: 1,70 g/cm ³	1,71 g/cm ³	1,66 g/cm ³
w% : 16,4%	18,1%	20,4%
Indice: 25	17	16

Observation pendant la réalisation de l'essai:

Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente. iw:

Procès verbal établi à Villeneuve le Roi le :

22-déc.-15

Daniel AVRIL
Responsable des essais

Jérôme GARCIA
Responsable Laboratoire



Essai d'évaluation de l'aptitude au traitement
selon la norme
NF P 94-100

PV 47221

Site de prélèvement	Ferney Voltaire	Société	SEMOFI
N° de Sondage	PM1-APT	Vos références dossier	C15-7992
Profondeur (m)	1,0 - 1,2	Nos références dossier	S14-4591
Date du prélèvement	16/09/2015	Date de réception du dossier	18/09/2015
Prélèvement effectué par	INTERSOL	Date de réalisation de l'essai	07/12/2015
Condition de conservation	sac	Opérateur:	ROG

Observation de prélèvements / Réceptions

Argile grise à passages marron, ferme avec graves - Dmax : 60 mm

Matériau essayé	Nature	A2
	Teneur en eau	12,0%
	Provenance	Ferney Voltaire
	N° échantillon	PM1-APT

Classification 11-300	
Mode de prélèvement	Fouille Manuelle
Date du prélèvement	16-sept.-15

Mélange	W% matériau essayé	23,6%
	Nature des produits de traitement	chaux ciment CEM II 32,5R

Dosage	1,5% chaux 7% ciment
---------------	---------------------------------------

Confection des éprouvettes		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3
	Teneur en eau	23,6%	23,6%	23,6%
	Masse volumique apparente	1,97	1,99	1,94

Gonflement Volumique		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3	Moyenne
	Mesuré après 7 j d'immersion	0,4	0,3	0,4	0,4

Caractéristiques mécaniques		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3	Moyenne
	Compression diamétrale	0,22	0,21	0,19	0,21

Aptitude du matériau au traitement	Adapté	Douteux	Inadapté
	X		

Observation pendant la réalisation de l'essai:

Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente. iw: 1,000

Procès verbal établi à Villeneuve le Roi le : 22-déc.-15

Daniel AVRIL
Responsable des essais

Jérôme GARCIA
Responsable Laboratoire



Détermination des références de compactage d'un matériau

Courbe proctor et courbe IPI d'un sol traité

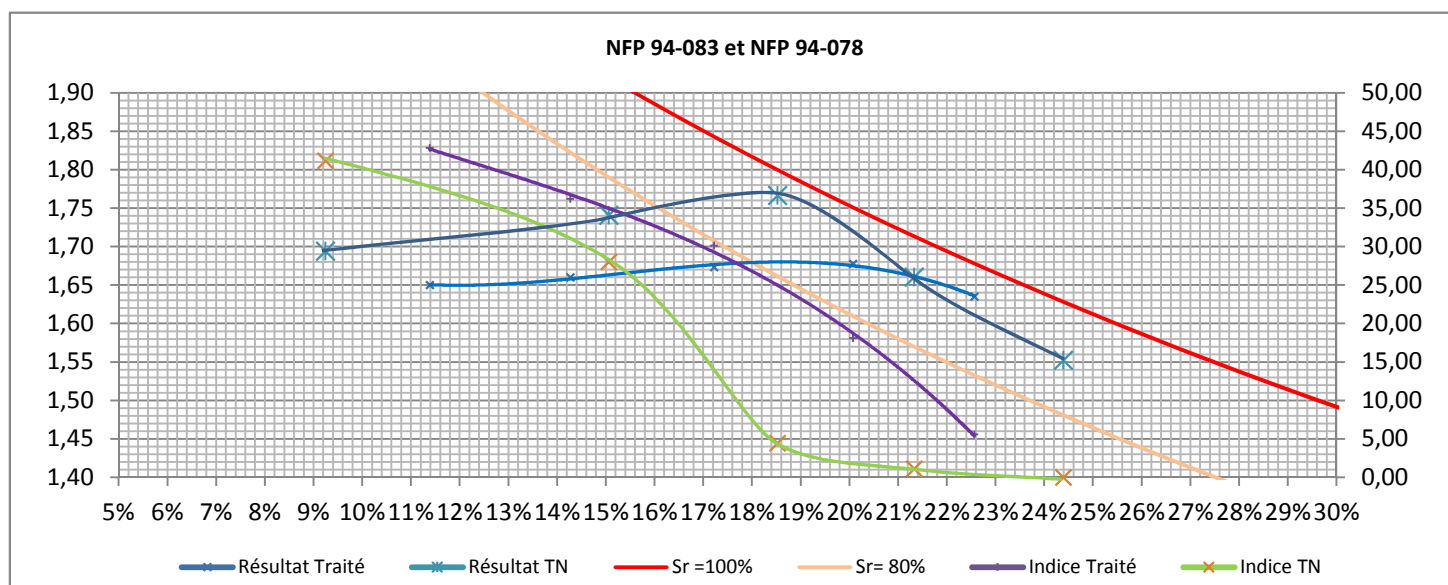
Selon la norme NF P 94-093 et NF P 94-078

PV 47236

Site de prélèvement	Ferney Voltaire	Société	SEMOFI
N° de Sondage	PM2	Vos références dossier	C15-7992
Profondeur (m)	1,0 - 1,2	Nos références dossier	S14-4591
Date du prélèvement	16/09/2015	Date de réception du dossier	18/09/2015
Prélèvement effectué par	INTERSOL	Date de réalisation de l'essai	13/11/2015
Condition de conservation	sac	Opérateur:	PIL

Observation de prélèvements / Réceptions

Argile grise à passages marron, ferme avec graves - Dmax : 60 mm
traité à 1,5% de chaux et 7% de ciment



Ps = **2,70** t/m³

ENERGIE

INDICE

☒ Estimé
☒ Mesuré

☒ Normal
☒ Modifié

☒ I.P.I
☒ I.C.B.R

Teneur en eau initiale	OPN	OPN traité
Pd: 1,74 g/cm ³	1,77 g/cm ³	1,68 g/cm ³
w% : 15,1%	18,5%	20,1%
Indice: 28	5	18

Observation pendant la réalisation de l'essai:

Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente. iw: 0,510

Procès verbal établi à Villeneuve le Roi le :

22-déc.-15

Daniel AVRIL
Responsable des essais

Jérôme GARCIA
Responsable Laboratoire



Essai d'évaluation de l'aptitude au traitement
selon la norme
NF P 94-100

PV	47235
-----------	--------------

Site de prélèvement	Ferney Voltaire	Société	SEMOFI
N° de Sondage	PM2-APT	Vos références dossier	C15-7992
Profondeur (m)	1,2 - 1,3	Nos références dossier	S14-4591
Date du prélèvement	16/09/2015	Date de réception du dossier	18/09/2015
Prélèvement effectué par	INTERSOL	Date de réalisation de l'essai	07/12/2015
Condition de conservation	sac	Opérateur:	ROG

Observation de prélèvements / Réceptions

Argile beige très ferme

Matériau essayé	Nature	A2
	Teneur en eau	15,1%
	Provenance	Ferney Voltaire
	N° échantillon	PM2-APT

Classification 11-300	
Mode de prélèvement	Fouille Manuelle
Date du prélèvement	16-sept.-15

Mélange	W% matériau essayé	19,4%
	Nature des produits de traitement	chaux ciment CEM II 32,5R

Dosage	1,5% chaux 7% ciment
---------------	---------------------------------------

Confection des éprouvettes		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3
	Teneur en eau	19,4%	19,4%	19,4%
	Masse volumique apparente	1,96	1,94	1,95

Gonflement Volumique		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3	Moyenne
	Mesuré après 7 j d'immersion	1,2	0,5	0,6	0,8

Caractéristiques mécaniques		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3	Moyenne
	Compression diamétrale	0,18	0,17	0,20	0,19

Aptitude du matériau au traitement	Adapté	Douteux	Inadapté
		X	

Observation pendant la réalisation de l'essai:

Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente. iw: 1,000

Procès verbal établi à Villeneuve le Roi le : 22-déc.-15

Daniel AVRIL
Responsable des essais

Jérôme GARCIA
Responsable Laboratoire



Détermination des références de compactage d'un matériau

Courbe proctor et courbe IPI d'un sol traité

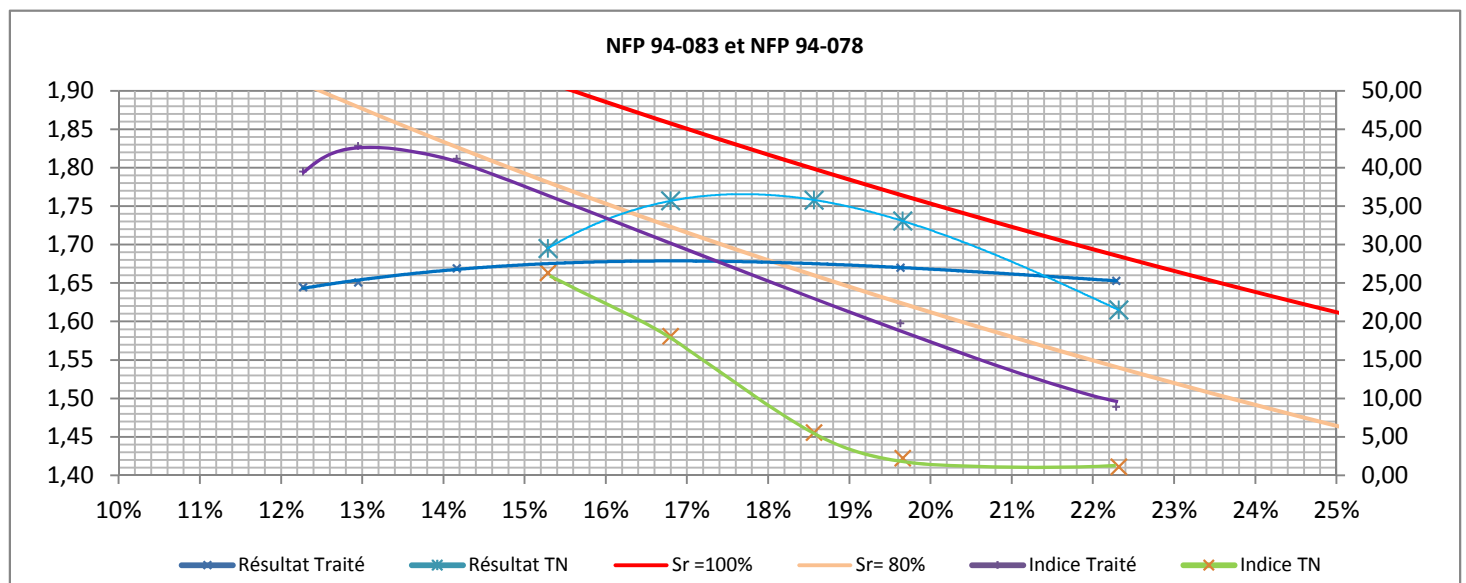
Selon la norme NF P 94-093 et NF P 94-078

PV 47248

Site de prélèvement	Ferney Voltaire	Société	SEMOFI
N° de Sondage	PM3-APT	Vos références dossier	C15-7992
Profondeur (m)	1,0 - 1,3	Nos références dossier	S14-4591
Date du prélèvement	16/09/2015	Date de réception du dossier	18/09/2015
Prélèvement effectué par	INTERSOL	Date de réalisation de l'essai	18/11/2015
Condition de conservation	sac	Opérateur:	LEB

Observation de prélèvements / Réceptions

Argile grise à passages marron, ferme avec graves - Dmax : 60 mm
traité à 1,5% de chaux et 7% de ciment



Ps = 2,70 t/m³

ENERGIE

INDICE

☒ Estimé
☒ Mesuré

☒ Normal
☒ Modifié

☒ I.P.I
☒ I.C.B.R

Teneur en eau initiale	OPN	OPN traité
Pd: 1,70 g/cm ³	1,76 g/cm ³	1,67 g/cm ³
w% : 15,3%	17,7%	19,6%
Indice: 26	12	20

Observation pendant la réalisation de l'essai:

Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente. iw:

Procès verbal établi à Villeneuve le Roi le :

22-déc.-15

Daniel AVRIL
Responsable des essais

Jérôme GARCIA
Responsable Laboratoire



Essai d'évaluation de l'aptitude au traitement selon la norme **NF P 94-100**

PV	47247
-----------	--------------

Site de prélèvement	Ferney Voltaire	Société	SEMOFI
N° de Sondage	PM3-APT	Vos références dossier	C15-7992
Profondeur (m)	1,0 - 1,3	Nos références dossier	S14-4591
Date du prélèvement	16/09/2015	Date de réception du dossier	18/09/2015
Prélèvement effectué par	INTERSOL	Date de réalisation de l'essai	14/12/2015
Condition de conservation	immersion	Opérateur:	ROG

Observation de prélèvements / Réceptions
Argile beige très ferme

Matériau essayé	Nature	
	Teneur en eau	14,3%
	Provenance	Ferney Voltaire
	N° échantillon	PM3-APT

Classification 11-300	
Mode de prélèvement	Fouille Manuelle
Date du prélèvement	16-sept.-15

Mélange	W% matériau essayé	19,2%
	Nature des produits de traitement	chaux ciment CEM II 32,5R

Dosage	1,5% chaux 7% ciment
---------------	---------------------------------------

Confection des éprouvettes		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3
	Teneur en eau	19,2%	19,2%	19,2%
	Masse volumique apparente	1,96	1,96	1,96

Gonflement Volumique		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3	Moyenne
	Mesuré après 7 j d'immersion	13,6	9,2	11,2	11,4

Caractéristiques mécaniques		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3	Moyenne
	Compression diamétrale	0,05	0,04	0,05	0,05

Aptitude du matériau au traitement	Adapté	Douteux	Inadapté
			X

Observation pendant la réalisation de l'essai:
éprouvettes gonflées et fracturées

Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente. iw: 0,000

Procès verbal établi à Villeneuve le Roi le : 22-déc.-15

Daniel AVRIL
Responsable des essais


 Jérôme GARCIA
Responsable Laboratoire



Détermination des références de compactage d'un matériau

Courbe proctor et courbe IPI d'un sol traité

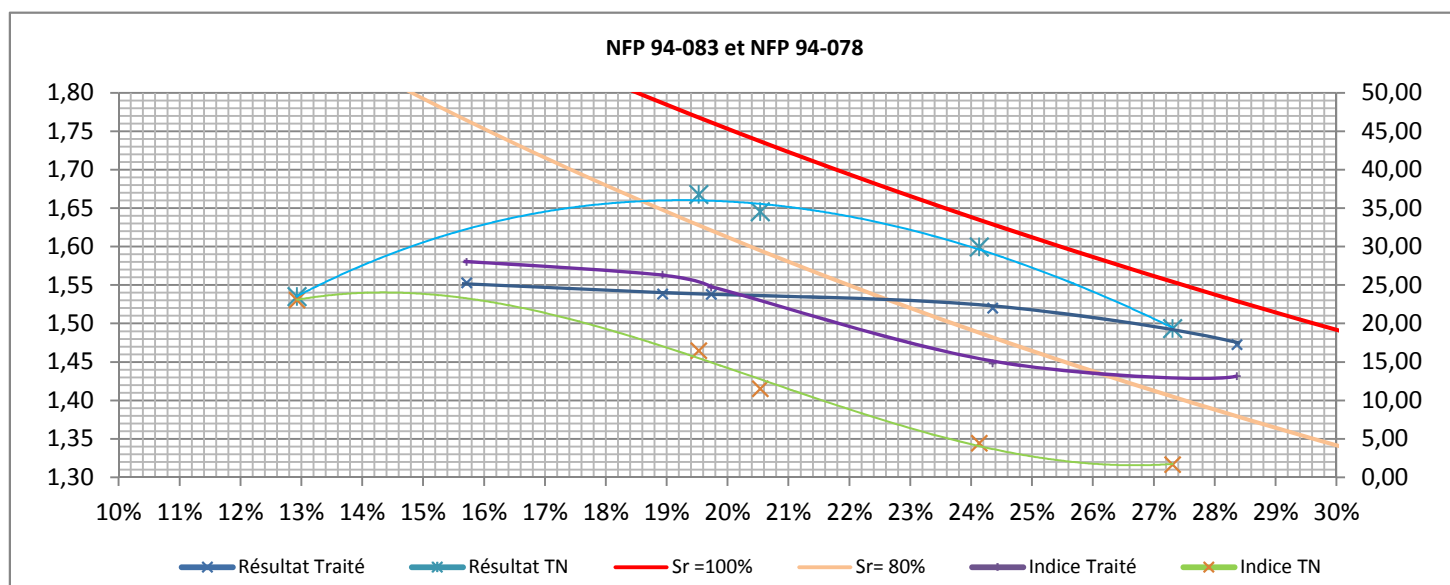
Selon la norme NF P 94-093 et NF P 94-078

PV 47249

Site de prélèvement	Ferney Voltaire	Société	SEMOFI
N° de Sondage	PM5-APT	Vos références dossier	C15-7992
Profondeur (m)	1,0 - 1,2	Nos références dossier	S14-4591
Date du prélèvement	16/09/2015	Date de réception du dossier	18/09/2015
Prélèvement effectué par	INTERSOL	Date de réalisation de l'essai	04/12/2015
Condition de conservation	sac	Opérateur:	PIL

Observation de prélèvements / Réceptions

Argile marron / grise ferme
traité à 1,5% de chaux et 7% de ciment



Ps = **2,70** t/m³

ENERGIE

INDICE

☒ Estimé
☒ Mesuré

☒ Normal
☒ Modifié

☒ I.P.I
☒ I.C.B.R

Teneur en eau initiale	OPN	OPN traité
Pd: 1,60 g/cm ³	1,66 g/cm ³	1,53 g/cm ³
w% : 24,1%	19,5%	22,0%
Indice: 4	16	20

Observation pendant la réalisation de l'essai:

Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente. iw:

Procès verbal établi à Villeneuve le Roi le :

22-déc.-15

Daniel AVRIL
Responsable des essais

Jérôme GARCIA
Responsable Laboratoire



Essai d'évaluation de l'aptitude au traitement
selon la norme
NF P 94-100

PV 47263

Site de prélèvement	Ferney Voltaire	Société	SEMOFI
N° de Sondage	PM5-APT	Vos références dossier	C15-7992
Profondeur (m)	1,0 - 2,0	Nos références dossier	S14-4591
Date du prélèvement	16/09/2015	Date de réception du dossier	18/09/2015
Prélèvement effectué par	INTERSOL	Date de réalisation de l'essai	14/12/2015
Condition de conservation	immersion	Opérateur:	ROG

Observation de prélèvements / Réceptions

Argile marron / grise ferme

Matériau essayé	Nature	
	Teneur en eau	23,1%
	Provenance	Ferney Voltaire
	N° échantillon	PM5-APT

Classification 11-300	
Mode de prélèvement	Fouille Manuelle
Date du prélèvement	16-sept.-15

Mélange	W% matériau essayé	20,9%
	Nature des produits de traitement	chaux ciment CEM II 32,5R

Dosage	1,5% chaux 7% ciment
--------	-------------------------

Confection des éprouvettes		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3
	Teneur en eau	20,9%	20,9%	20,9%
	Masse volumique apparente	1,84	1,86	1,83

Gonflement Volumique		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3	Moyenne
	Mesuré après 7 j d'immersion	10,1	9,6	11,6	10,4

Caractéristiques mécaniques		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3	Moyenne
	Compression diamétrale	0,05	0,06	0,04	0,05

Aptitude du matériau au traitement	Adapté	Douteux	Inadapté
			X

Observation pendant la réalisation de l'essai:

éprouvettes gonflées et fracturées

Nota: Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doivent être effectuées par une ingénierie compétente. iw: 1,000

Procès verbal établi à Villeneuve le Roi le : 22-déc.-15

Daniel AVRIL
Responsable des essais

Jérôme GARCIA
Responsable Laboratoire

Essai aptitude d'un sol au traitement NF P 94-100

GINGER CEBTP GRENOBLE
PARC ACTIVITE PRE MILLET
680 RUE ARISTIDE BERGES
38330 MONTBONNOT

Informations générales

N° dossier :	RGR5.M002.0046	Client /MO :	RGR2
Désignation :	FERNEY VOLTAIRE (01) - ESSAIS LABORATOIRE01210	Demandeur / MOE :	RGR2
Localité :	FERNEY VOLTAIRE		
Chargé d'affaire :	JEAN-CHRISTIAN GERMAIN		

Informations sur l'échantillon N° 22GRE-0257

Mode de prélèvement :	Sondage à la Pelle Mécanique (PM)	Sondage :	PM 5
Prélevé par :	Tech. RGR2	Profondeur :	1.30 m
Date prélèvement :	20/07/22		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	20/07/22		
Description :	Limon	What (%) :	12.0
		Classification GTR:	A1

Informations sur l'essai

Date de début d'essai :	09/09/22	Date de fin d'essai :	19/09/22	Technicien :	Jonathan LAVINAY
-------------------------	----------	-----------------------	----------	--------------	------------------

Mélange	Référence 0/5 mm	W _{OPN} (%) = 18.2	pd _{OPN} (Mg/m3) = 1.73	<u>Liant(s) et dosage (%)</u> :	(100 % du dosage)
	Confection théorique	Teneur en eau du matériel essayé: 18.2 <= W % <= 20.2 (W _{OPN} à W _{OPN} + 2%)		3% CaO	
		Masse volumique humide (Mg/m3) = 2.04 (96% de ρ _h OPN)			

Temps de cure	☒ CaO seule : 3 jours +/- 4 heures
	☐ L.H. Routier ou Ciment avec ou sans chaux: 4 heures +/- 15 mn
	☐ Modalité alternative complémentaire

Résultats de l'essai

Confection des épreuves	N° Epreuve	1	2	3
	Teneur en eau (%)	18.2	18.2	18.2
	Masse volumique apparente (humide) (Mg/m3)	2.03	2.02	2.02

Gonflement volumique Gv 7j (%)	N° Epreuve	1	2	3	Moyenne
	Mesuré après 7 jours d'immersion	4.1	2.8	2.2	3.0

Traitements des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques - Guide Technique LCPC SETRA - Partie B : Traitements des sols en remblais - Page 65.

Si le contexte géologique laisse apparaître une probabilité significative de présence dans le sol d'éléments "perturbateurs" tels que : matières organiques, sulfates, nitrates, etc..., Une vérification de l'aptitude du sol à être traité avec le produit envisagé doit préalablement être réalisée à partir de l'essai décrit dans la norme NF P 94-100.

L'aptitude du sol au traitement peut être considérée comme acquise si le gonflement volumique reste ≤ 10 %.

La pérennité du traitement devra aussi être vérifiée avec les critères I.CBR immersion / IPI ≥ 1.

APTITUDE DU MATERIAU AU TRAITEMENT		Adapté Gv 7j ≤ 5%	Douteux 5% < Gv 7j ≤ 10%	Inadapté Gv 7j > 10%
---------------------------------------	---	----------------------	-----------------------------	-------------------------

Observations :

Technicien de laboratoire
Jonathan LAVINAY



Essai aptitude d'un sol au traitement NF P 94-100

GINGER CEBTP GRENOBLE
PARC ACTIVITE PRE MILLET
680 RUE ARISTIDE BERGES
38330 MONTBONNOT

Informations générales

N° dossier :	RGR5.M002.0046	Client /MO :	RGR2
Désignation :	FERNEY VOLTAIRE (01) - ESSAIS LABORATOIRE01210	Demandeur / MOE :	RGR2
Localité :	FERNEY VOLTAIRE		
Chargé d'affaire :	JEAN-CHRISTIAN GERMAIN		

Informations sur l'échantillon N° 22GRE-0258

Mode de prélèvement :	Sondage à la Pelle Mécanique (PM)	Sondage :	PM 7
Prélevé par :	Tech. RGR2	Profondeur :	1.00 m
Date prélèvement :	20/07/22		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	20/07/22		
Description :	Limon sableux un peu graveleux	What (%) :	Classification GTR: A1

Informations sur l'essai

Date de début d'essai :	09/09/22	Date de fin d'essai :	19/09/22	Technicien :	Jonathan LAVINAY
-------------------------	----------	-----------------------	----------	--------------	------------------

Mélange	Référence 0/5 mm	W _{OPN} (%) = 17.6	pd _{OPN} (Mg/m3) = 1.74	<u>Liant(s) et dosage (%)</u> :	(100 % du dosage)
	Confection théorique	Teneur en eau du matériel essayé: 17.6 <= W % <= 19.6 (WOPN à WOPN + 2%)		2% CaO	
		Masse volumique humide (Mg/m3) = 2.05 (96% de ρh OPN)			

Temps de cure	☒ CaO seule : 3 jours +/- 4 heures
	☐ L.H. Routier ou Ciment avec ou sans chaux: 4 heures +/- 15 mn
	☐ Modalité alternative complémentaire

Résultats de l'essai

Confection des épreuves	N° Epreuve	1	2	3
	Teneur en eau (%)	17.6	17.6	17.6
	Masse volumique apparente (humide) (Mg/m3)	2.02	2.03	2.02

Gonflement volumique Gv 7j (%)	N° Epreuve	1	2	3	Moyenne
	Mesuré après 7 jours d'immersion	0.5	0.5	0.5	0.5

Traitements des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques - Guide Technique LCPC SETRA - Partie B : Traitements des sols en remblais - Page 65.
Si le contexte géologique laisse apparaître une probabilité significative de présence dans le sol d'éléments "perturbateurs" tels que : matières organiques, sulfates, nitrates, etc...,
Une vérification de l'aptitude du sol à être traité avec le produit envisagé doit préalablement être réalisée à partir de l'essai décrit dans la norme NF P 94-100.
L'aptitude du sol au traitement peut être considérée comme acquise si le gonflement volumique reste ≤ 10 %.
La pérennité du traitement devra aussi être vérifiée avec les critères I.CBR immersion / IPI ≥ 1.

APTITUDE DU MATERIAU AU TRAITEMENT		Adapté Gv 7j ≤ 5%	Douteux 5% < Gv 7j ≤ 10%	Inadapté Gv 7j > 10%
---------------------------------------	---	----------------------	-----------------------------	-------------------------

Observations :

Technicien de laboratoire
Jonathan LAVINAY



ANNEXE 9 – TABLEAU INDICATIF DES TRAITEMENTS PF1+ ET PF2

TABLEAU INDICATIF DES TRAITEMENTS A REALISER POUR OBTENIR UNE PF1+ ou une PF2

Numéro du sondage	qd moyen entre 0,6 et 1,2 m/TN (MPa)	EV2 estimé	Classe GTR	Classe de PST	Remblais > 0,5 m	Code
PD1	8	48	/	PST1 AR1	oui	C
PD2	10	60	/	PST1 AR1	non	B
PD3	7	42	/	PST1 AR1	non	B
PD4	6	36	/	PST1 AR1	non	B
PD5	1	6	/	PST0 AR0	non	A
PD6	5	30	/	PST1 AR1	non	B
PD7	6	36	/	PST1 AR1	oui	C
PD8	9	54	/	PST1 AR1	non	B
PD9	4	24	/	PST1 AR1	non	B
PD10	7	42	/	PST1 AR1	non	A
PD11	3	18	/	PST0 AR0	non	A
P2	6	36	/	PST1 AR1	non	B
P5	4	24	/	PST1 AR1	oui	C
D2	0,8	4,8	/	PST0 AR0	non	A
D3	2	12	/	PST0 AR0	non	A
PM1	/	/	A _{1h}	PST1 AR1	oui	C
PM4	/	/	A _{1m}	PST1 AR1	non	B
PM5	/	/	A _{1ts}	PST1 AR1	oui	C
PM7	/	/	A _{1ts}	PST1 AR1	non	B
PM2	/	/	A _{2m}	PST1 AR1	non	B
PM4	/	/	A _{2m}	PST1 AR1	oui	C
PM8	/	/	A _{2th}	PST0 AR0	non	A
E1/PM1	/	/	C ₁ A _{1th}	PST0 AR0	oui	C
E2/PM2	/	/	A _{2h}	PST1 AR1	oui	C
E3/PM3	/	/	A _{1th}	PST0 AR0	non	A
E5/PM10	/	/	A _{1th}	PST0 AR0	non	A
E1/SC1	/	/	A _{1th}	PST0 AR0	non	A
E2/SC2	/	/	B ₅	PST1 AR1	non	B
E4/SC5	/	/	C ₁ B ₃	PST1 AR1	non	B

TABLEAU INDICATIF DES TRAITEMENTS A REALISER POUR OBTENIR UNE PF1+ ou une PF2

Code :

- **A :**
 - PF1+ : purge + géotextile + 50 cm de D31 (PST0 AR0) ;
 - PF2 : purge + géotextile + 50 cm de D31 (PST0 AR0) ;
- **B :**
 - PF1+ : traitement à la chaux sur 50 cm + géotextile + 30 cm de D31 (PST1 AR1) **ou** géotextile + 50 cm D31 (PST1 AR1);
 - PF2 : traitement à la chaux sur 50 cm + géotextile + 40 cm de D31 (PST1 AR1) **ou** géotextile + 60 cm D31 (PST1 AR1);
- **C :**
 - PF1+ : géotextile + 20 cm de D31 (PST3 + AR1) **ou** rien (PST5 AR2) ;
 - PF2 : géotextile + 30 cm de D31 (PST3 + AR1) **ou** rien (PST5 AR2).

Remarque :

- En raison de la présence de la nappe la classe de PST est limitée à une PST1 AR1 ;
- La mise œuvre de la couche de forme devra respecter les prescriptions du GTR 92 ;
- Les épaisseurs données ci-dessus sont indicatives (notamment pour la PF1+ dont l'obtention n'est pas détaillée dans le guide GTR 92) : elles devront être confirmées par une ou des planches d'essais au démarrage des travaux. Ces épaisseurs ne devront en aucun cas être inférieures aux épaisseurs de couche de forme actuelles (afin de ne pas créer d'accumulation d'eau à la jonction entre les structures routières et les structures ferroviaires et ainsi favoriser les écoulements vers l'extérieur ;
- Si le critère de portance n'est pas atteint lors des travaux, c'est que, soit :
 - La teneur en eau du matériau constitutif de l'arase est plus élevée que pendant les sondages ;
 - La purge n'a pas été suffisamment approfondie ;
 - Le matériau de couche de forme sous-jacent n'est pas de qualité suffisante en nature et/ou compactage ;
 - Le compactage est trop intensif et a « claqué » le support.