

SCI CJJ GAY LUSSAC

MOUFLERS -L'ETOILE (80)

PARC LOGISTIQUE TRANSTOCKEUR

*Etude Géotechnique de Conception **G2** Phase **AVP***

Réf. Dossier : 18.284.B.JS

Date : 26/02/2019

SOGÉO expert

Conditions générales de vente de SOGEO Expert SAS

Préambule :

SOGEO Expert intervient dans un domaine d'activité affecté par un nombre important d'aléas et circonstances imprévisibles, qui rendent impossible l'acceptation d'une obligation de résultat. Malgré les spécialisations revendiquées par SOGEO Expert dans ses activités, le Client reconnaît donc et accepte formellement en confiant des prestations à SOGEO Expert que cette dernière ne sera en tout état de cause tenue qu'à une obligation de moyens qu'elle s'engage à remplir parfaitement.

Sauf indications contraires expressément mentionnées dans les propositions détaillées, les Conditions Générales de SOGEO Expert sont applicables in-extenso. L'acceptation de l'offre forme contrat et entraîne l'acceptation automatique des Conditions Générales. Toute remise en cause des Conditions Générales ouvre droit à un réajustement de l'offre.

Article 1 : Définition de la Mission

Les missions géotechniques sont réglementées et normalisées. La mission proposée par SOGEO Expert est donc expressément soumise à la norme AFNOR NFP 94-500 dont un extrait est joint à l'offre, et que le client déclare connaître et accepter. Cette norme a fixé des missions géotechniques type, chacune ne couvre qu'un domaine spécifique de la conception ou de la construction :

- une mission G₀ engage la société qui la réalise sur la conformité des travaux aux documents contractuels et la véracité des résultats qu'elle fournit.
- les missions G₁ et G₅ engagent SOGEO Expert sur son devoir de conseil dans le cadre strict des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, et du projet décrit par les documents graphiques ou plans cités dans notre rapport d'Etude : ces missions ne peuvent pas garantir l'obligation de résultats liés à la Maîtrise d'œuvre de l'ouvrage comme le dimensionnement, les quantités, les coûts, les délais.
- les missions G₂, G₃ et G₄ engagent SOGEO Expert dans le domaine de la Maîtrise d'œuvre dans les limites des contrats fixant l'étendue de la mission et la ou les parties d'ouvrages concernés.

La mission de SOGEO Expert peut être limitée à l'une des prestations ci-dessus ou en englober plusieurs suivant la commande. Il appartient au Client sous sa responsabilité de veiller à ce que toutes les missions géotechniques utiles au bon achèvement de l'ouvrage soient engagées avec les moyens et délais opportuns, et confiées à des hommes de l'Art.

Article 2 : Limites de la Prestation

Il est expressément convenu que SOGEO Expert est tenue à une obligation de moyens et non pas de résultats.

D'une façon générale, toute étude géotechnique repose sur une reconnaissance par points dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. Ainsi des hétérogénéités, discontinuités et aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles sont limitées en extension.

Des changements dans l'implantation, la conception ou l'importance des constructions, ou des anomalies locales qui n'auraient pu être détectées au cours des opérations de reconnaissance, peuvent conduire à des modifications importantes des conclusions du rapport.

De même si un caractère évolutif particulier existe dans le sol (glissement – érosion – remblais évolutifs – tourbe – etc....), sauf indication contraire, les conclusions ne sont valables que pour une durée limitée après remise du rapport.

La responsabilité de SOGEO Expert ne pourrait donc être engagée à ces divers titres que dans la mesure où elle aurait pris position par écrit sur les incidences de ces faits nouveaux.

Compte tenu du caractère ponctuel des reconnaissances de sol et de l'hétérogénéité de certains terrains, il y a lieu de consulter notre Société avant toute forfaitisation des fondations.

En l'absence d'une mission spécifique de maîtrise d'œuvre de type G₂, G₃ ou G₄ sur les fondations ou sur l'ouvrage, la responsabilité de SOGEO Expert ne pourrait être engagée à l'occasion d'études de sol, pour des problèmes qui ne relèvent pas explicitement de la mission confiée, et tels que : reprises en sous-œuvre d'existants et toutes modalités d'exécution des travaux, anomalies que les moyens d'investigation ne permettaient pas de mettre en évidence.

En l'absence d'une étude hydrogéologique spécifique, le niveau de la nappe phréatique est donné à titre indicatif et correspond à la date des investigations.

Article 3 : Obligations du Client

Le client confirme avoir fourni à SOGEO Expert avant élaboration de son offre toutes les données en sa possession concernant les conditions d'exécution de la mission qui sont susceptibles d'avoir un impact technique, financier ou administratif sur la mission. Les données fournies à SOGEO Expert sont réputées exactes, complètes et directement utilisables, quelle que soit la mission de SOGEO Expert. Le Client supportera toutes les conséquences qui pourraient résulter d'erreurs ou d'omissions dans ces données et garantira SOGEO Expert contre tous recours à ce sujet.

Il appartient au client de faire son affaire des formalités, autorisations et aménagements ou démolitions nécessaires à l'accès aux points de sondages. Faute par le client d'avoir signalé par écrit et avant le début des travaux la présence de canalisations, de câbles, d'ouvrages enterrés ou autres obstacles, la responsabilité des dommages et retards de toute nature causés de ce fait sera à la charge du client qui devra indemniser SOGEO Expert de toutes les conséquences en résultant. En particulier, le client s'engage par avance à prendre à sa charge :

- les indemnités éventuellement dues pour dégradations aux cultures consécutives aux reconnaissances sur le site
- les moyens supplémentaires à mettre en œuvre si cela s'avère nécessaire en cours de chantier,
- toutes les conséquences d'une modification de la mission avant ou pendant son exécution,
- dans le cas d'une mission de type G₁, exécuter toute investigation complémentaire qui pourrait s'avérer nécessaire en cours de travaux, sur notification de SOGEO Expert
- éventuellement, en cas de demande expresse de SOGEO Expert, faire réaliser une étude complémentaire, ou de vérification, avant le démarrage des travaux de fondation.

Article 4 : Suivi de Chantier

Quelle qu'elle ait pu être la mission de SOGEO Expert précédemment, si le client engage un chantier incluant la réalisation de fondations, SOGEO Expert recommande vivement de faire procéder, lors de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des premières fondations, à une visite au moins pour contrôler la nature des sols et la profondeur de l'horizon des fondations.

Cette visite se fera dans le cadre d'un complément de mission de type G₅ ou G₆, en référence à la Norme NFP 94500 citée précédemment.

Article 5 : Propriété de l'Etude

L'Etude réalisée par SOGEO Expert devient la propriété du client après paiement intégral du prix de la prestation. Le client devient alors responsable de son usage et de sa diffusion. Dans ce cadre, toute mauvaise interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre Maître d'Ouvrage ou par un autre Maître d'œuvre ou pour un autre ouvrage que celui objet de la présente mission ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra faire l'objet de poursuites judiciaires à l'encontre du contrevenant.

En cas de non-paiement, le client ne peut utiliser les résultats de l'étude, ni s'en prévaloir pour quelque motif que ce soit.

Article 6 : Prix et Paiement

Lors de la signature de la commande, SOGEO Expert sera habilité à recevoir une provision à valoir sur ses honoraires définitifs, dont le montant sera de 30 % du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le règlement du solde sera effectué dans un délai de 30 jours calendaires à dater de la remise de facture. Le défaut de paiement à la date prévue donnera lieu au paiement de dommages et intérêts destinés à couvrir les frais des actions contentieuses nécessaires. Ces frais sont fixés à 15 % des sommes à payer aux échéances et s'ajouteront aux éventuels frais judiciaires et intérêts résultant de ces retards de paiement, calculés au taux légal majoré de 5 points, à compter de la date de remise de la facture.

Article 7 : Validité, Révisions de prix

Sauf indication contraire spécifiquement mentionnée dans l'offre, la validité de toute offre de SOGEO Expert est limitée à 60 jours à compter de sa date d'émission.

Nos prix sont valables pour des prestations réalisées dans les six mois suivant l'émission de l'offre. Si la commande conduit à des prestations prenant place au-delà de cette limite, le prix des prestations correspondantes sera révisé par application de la formule suivante :

P=Po I/Io, avec :

I et Io : derniers indices de l'Ingénierie publiés respectivement à la date des prestations et celle de la proposition.

P et Po : respectivement prix de règlement et prix indiqué à la proposition.

La proposition est établie sur une appréciation prévisionnelle des quantités de sondages et essais, le prix facturé correspondant aux quantités réellement exécutées. Cependant, SOGEO Expert s'engage à demander l'accord écrit du client si cette différence doit excéder 10 %.

Article 8 : Responsabilités – Assurances

Dommages accidentels

La société SOGEO Expert est assurée auprès de la société ZURICH dans la limite des plafonds de garanties suivants :

- 3 M€ par sinistre en responsabilité décennale bâtiment,
- 7,5 M€ par sinistre en responsabilité civile dont 1 500 000 € par sinistre en dommages matériels et immatériels consécutifs, 1 500 000 €/sinistre et par année d'année d'assurance pour autres dommages immatériels, nuisances accidentelles et faute inexcusable, 500 000 € par sinistre pour biens confiés,
- 7,5 M€ par sinistre en responsabilité civile pour préjudices causés à autrui dont 2 000 000 € par sinistre et 3 000 000 € par année d'assurance.

Les plafonds constituent une limite à la responsabilité de SOGEO Expert pour toutes les missions qui lui sont confiées. En cas de mise en place par le Maître d'ouvrage d'une police Tous Risques Chantier (TRC), d'une Police Unique Chantier (PUC) ou d'une police complémentaire de groupe (PGC) le client s'engage à aviser SOGEO Expert de cette mise en place et à l'inclure dans la liste des bénéficiaires.

Responsabilité contractuelle

La responsabilité de SOGEO Expert en cas d'erreur ou d'omission ou autres défaillances dans l'exécution de sa mission sera limitée en vertu des termes des présentes conditions générales et en tout état de cause n'excédera en aucun cas un plafond de 25% du montant de la commande.

Article 9 : Procédure abusive

Si la société SOGEO Expert est mise en cause judiciairement ou de façon amiable, et qu'aucune faute n'est retenue à son encontre, elle pourra demander le remboursement de tous les frais (temps, déplacements), supportés par elle à l'occasion de cette procédure sur présentation d'une simple facture dès que son absence de responsabilité aura été reconnue et que le client s'oblige à accepter.

Article 10 : Clause attributive de juridiction

Toutes contestations, quelles qu'elles soient, sont de convention expresse soumises aux juridictions de POITIERS, seules compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.

Article 11 : Autres conditions

Toutes nos autres conditions sont celles de la Chambre des Ingénieurs Conseils de France.

TABLEAU DE REVISION DU RAPPORT

Indice de Révision	Date	Nb page	Modifications	Chargé d'étude	Contrôleur
				Nom, Visa	Nom, Visa
A	26/02/2019	Texte 39	Première diffusion	 M. SABATIER	 E. GERVAIS
		Ann. 85			
B					
C					

SOMMAIRE

PLAN DE SITUATION	3
1. PRÉSENTATION	4
1.1. DONNEES GENERALES	4
1.2. DESCRIPTION DU PROJET	6
2. ENQUETE DOCUMENTAIRE.....	8
2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	8
2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	9
2.3. SITUATION DANS LE ZONAGE NATIONAL SISMIQUE	9
2.4. AUTRES RISQUES.....	10
3. RECONNAISSANCES GEOTECHNIQUES	12
3.1. PROGRAMME	12
3.2. SUCCESSION GEOTECHNIQUE	14
3.3. SYNTHESE GEOTECHNIQUE	21
3.4. HYDROGEOLOGIE.....	23
3.5. SISMICITE - LIQUEFACTION	24
4. ADAPTATION AU SOL DU PROJET.....	25
4.1. TERRASSEMENTS GENERAUX	25
4.2. COUCHES DE FORME SOUS VOIRIES ET RADIERS	30
4.3. VOIRIES	31
4.4. FONDATIONS SUPERFICIELLES.....	33
4.5. FONDATIONS MIXTES RADIER/PIEUX.....	36
5. LIMITES DE PRESTATIONS DE LA MISSION G2AVP	39
ANNEXE.....	40

PLAN DE SITUATION



1. PRÉSENTATION

1.1. DONNEES GENERALES

Projet

Commune :	MOUFLERS & L'ETOILE (80)
Adresse du projet :	Allée des tilleuls - 80 830 l'Etoile
Nom de l'opération :	Parc logistique - Transtockeur

Intervenants et partenaires techniques

Maître d'Ouvrage :	SCI CJJ GAY LUSSAC
Date de la commande :	Octobre 2018
Maître d'Œuvre :	BEG Ingénierie

Mission

Le présent document s'inscrit dans le cadre d'une mission normalisée d'Etude Géotechnique de Conception G₂ phase AVP (Norme NF P 94-500 du 5 Juin 2000 révisée en Novembre 2013).

La mission proposée par SOGEO *Expert* et acceptée par le Maître d'Ouvrage est la suivante :

- ➔ définir le programme d'investigation géotechnique spécifique et le réaliser,
- ➔ définir le contexte géotechnique du site (identifier les différents horizons géologiques, les caractériser d'un point de vue mécanique et relever les niveaux rencontrés en sondages), établir les modèles géotechniques au stade AVP, identifier les risques géologiques majeurs,
- ➔ repérer les niveaux de nappe, mesurer la perméabilité des sols sur la frange 0/3 m,
- ➔ fournir les recommandations relatives aux terrassements : conditions d'extraction, sujétions liées à l'eau, réemploi des déblais en remblais, possibilité de traitement...
- ➔ définir le ou les systèmes de fondation adaptés aux sols rencontrés et aux constructions projetées : contraintes admissibles ELS/ELU, tassements prévisibles sous les radiers et les dallages, type de pieux et hypothèses de dimensionnement le cas échéant, sujétions d'exécution, nécessité d'amélioration des sols, type d'amélioration...

- ➔ étudier les possibilités de réalisation des dallages et dans l'affirmative, donner la constitution de la couche de forme, les contrôles à prévoir, les déformations prévisibles, les modules Es,
- ➔ fournir un prédimensionnement de l'assise des voiries en fonction des trafics envisagés.

Documents communiqués

Les documents communiqués à SOGEO *Expert* pour mener à bien sa mission sont les suivants :

- ➔ Plan de situation,
- ➔ Plan de masse du projet au format dwg,
- ➔ Plan topographique au format dwg,
- ➔ Etude géotechnique G11 n°05.1625.3738 réalisée par ROCSOL en date du 23/10/2006 (document fourni par la maîtrise d'œuvre après la réalisation des investigations géotechniques de la mission objet du rapport),
- ➔ Etude géotechnique G2AVP n°18.264.A.JS réalisée par SOGEO *Expert* en date du 05/09/2018 relative à la construction de la phase 1 de la base logistique (bâtiment principal).

Situation et occupation du site

Le projet se situe sur les communes de MOUFLERS et de L'ETOILE au Nord de l'échangeur de l'autoroute A16, dans la ZAC des Hauts Plateaux. Une localisation est fournie sur les plans en page 2.

Le projet de transtockeur se situe dans la continuité Nord-Est du bâtiment principal de la base logistique (phase 1 du projet).

Lors de l'intervention, le site correspondait à des champs labourés ou en friches. Il était vierge et libre de toute construction.

Topographie

Le site est sensiblement plat et horizontal sur les 3/4 de la parcelle en partie haute localisée principalement au Nord-Ouest. Son altitude varie de 110 à 110.6 NGF. Sur le reste du projet, il présente une pente orientée du haut vers le bas dans une direction allant du Nord-Est au Sud. Son altitude varie de 110.0 NGF à 105.8 NGF.

Avoisinants

L'emprise de l'ouvrage sera mitoyenne du bâtiment logistique principal (phase 1) sur sa façade Sud-Est.

1.2. DESCRIPTION DU PROJET

Projet

D'après les documents communiqués cités au paragraphe 1.1 et les informations fournies par le client et/ou les responsables techniques de l'opération, le projet se présente comme suit :

- ➔ Type d'ouvrage : **Transtockeur,**
- ➔ Emprise au sol : **environ 59 000 m²,**
- ➔ Structure : **béton et métallique (stockage portant la structure),**
- ➔ Nombre de niveaux en élévation du RDC : **0,**
- ➔ Nombre de niveau en dessous du RDC : **0,**
- ➔ Nature et cote du niveau bas : **RdC à 106.6 NGF,**
- ➔ Construction en mitoyenneté : **voir paragraphe 1.1 « Avoisinants ».**

Sollicitations appliquées aux fondations et niveaux bas

Pour un radier d'environ 0.5 m d'épaisseur, les sollicitations aux E.L.S. transmises par le maître d'œuvre et retenues comme hypothèse sont les suivantes :

- ➔ Surcharges d'exploitation uniformément réparties : **< 80 kN/m²,**

Il conviendrait de réexaminer les conclusions techniques du présent rapport si les sollicitations réelles du projet étaient différentes des hypothèses indiquées ci-dessus.

Terrassements

Au droit du bâtiment, le projet prévoit la réalisation d'une plate-forme a priori entièrement en déblais d'environ 1.5 à 4.5 m de hauteur / TN actuel.

Au droit des voiries, l'ampleur des mouvements de terre n'est pas connue. Néanmoins, compte tenu de la topographie de la parcelle, ces dernières seront certainement en profil rasant ou en déblais le long de la façade Nord-Ouest et en remblais le long de la façade Sud-Est.

Voiries

Le projet comprend la réalisation de voiries et parkings à trafic PL et VL.

Les hypothèses de trafics communiquées pour le dimensionnement des voiries de la phase 1 sont reprises pour le transtockeur (phase 2), et sont les suivantes :

- ➔ voiries lourdes (compris aire d'attente PL et zone de quais) : < 200 PL/jour/sens,
- ➔ durée de service : 12 ans
- ➔ taux de croissance : 2%
- ➔ taux de risque : 1%

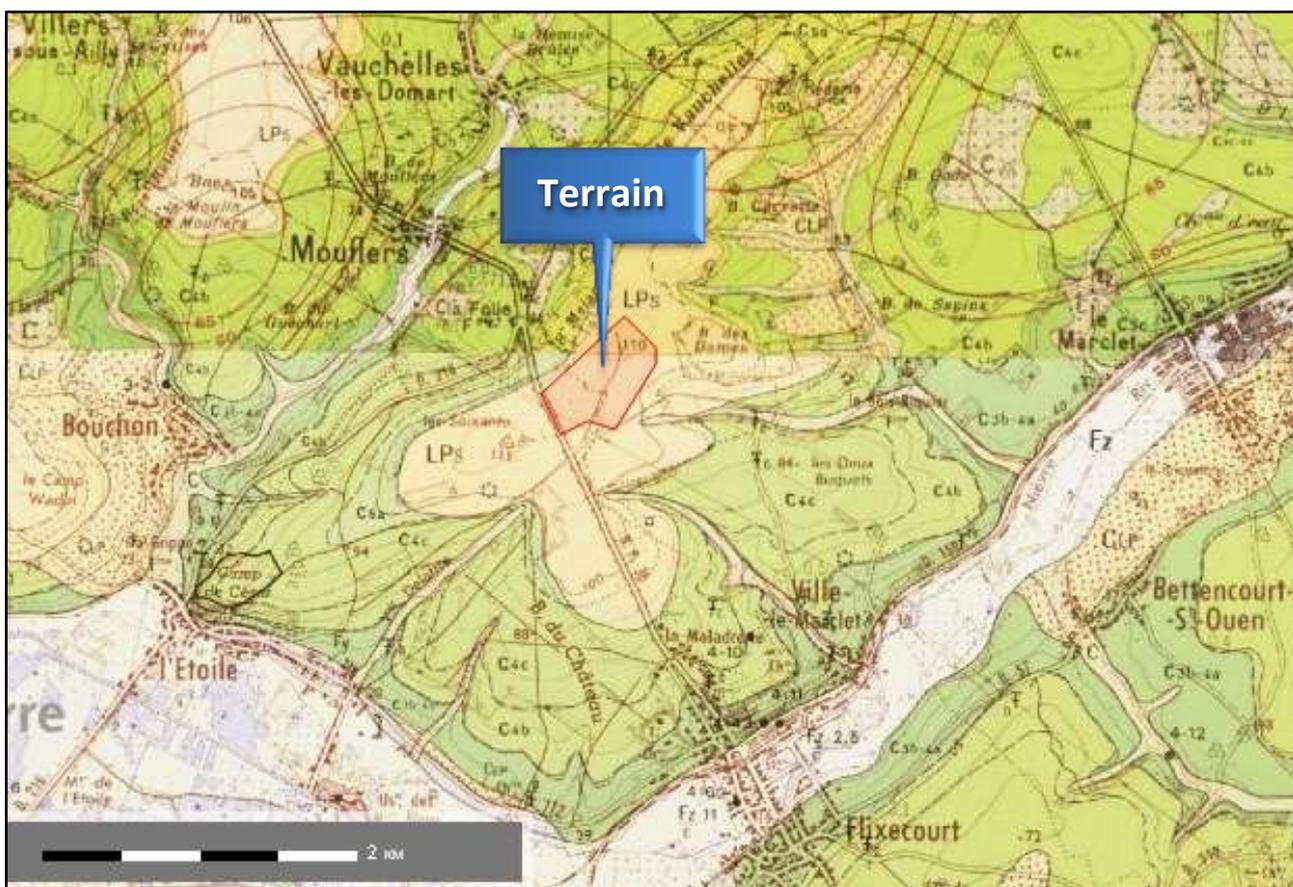
Il conviendrait de réexaminer le prédimensionnement des voiries du présent rapport si le trafic réel donné par le Maître d'Ouvrage est différent de l'hypothèse indiquée ci-dessus.

2. ENQUETE DOCUMENTAIRE

2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE

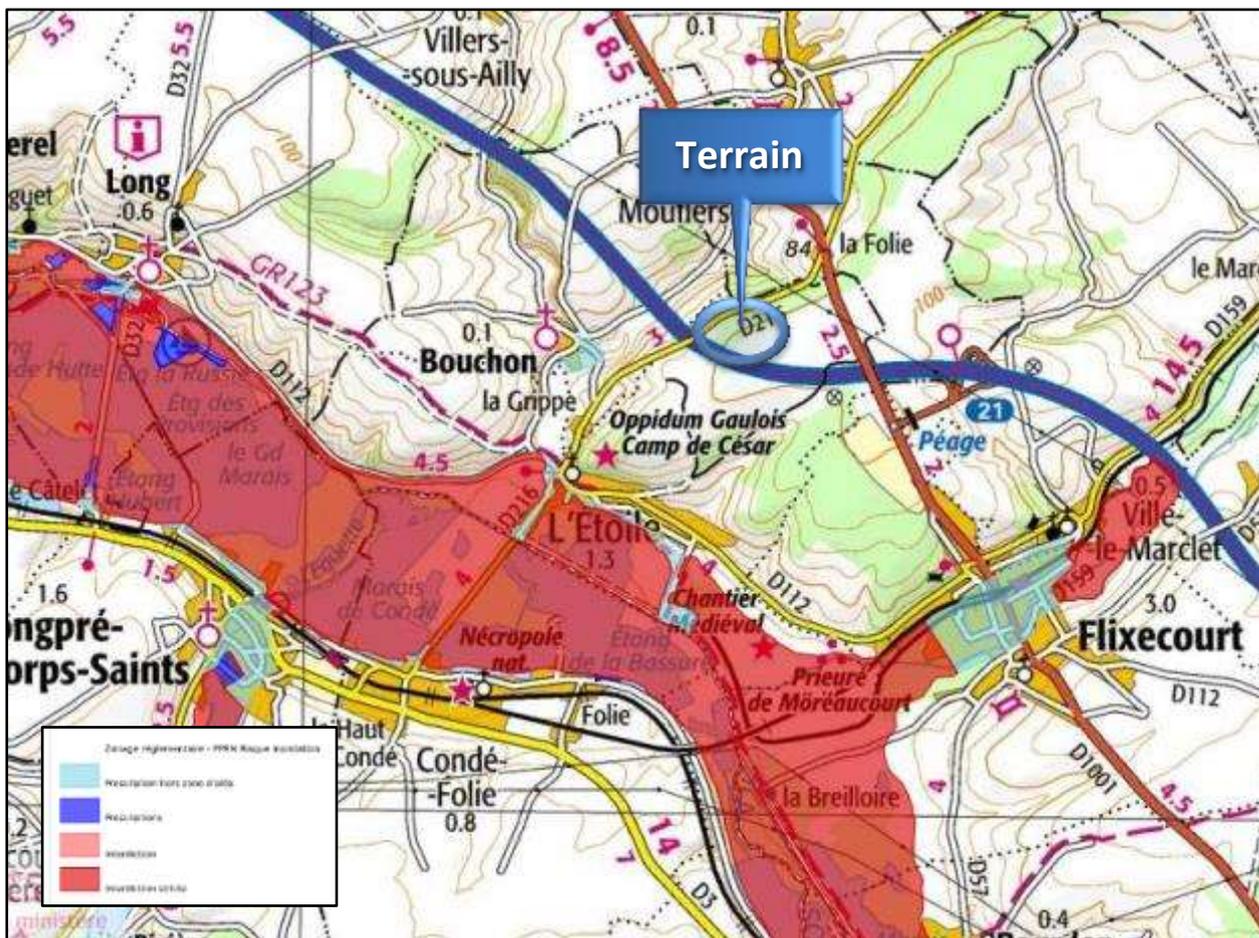
La carte géologique au 1/50 000 de l'Etoile éditée par le BRGM et l'expérience de SOGEO Expert dans ce secteur (étude géotechnique G2AVP de la phase 1) permettent de préciser que les formations devant être rencontrées sur le site sont en principe les suivantes :

- ➔ limons argileux à silex
- ➔ craie blanche à silex datant du Crétacé



2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Les cartes d'aléa, consultables sur le site internet établie par le *Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire* (www.georisques.gouv.fr), indiquent que le site se trouve dans un secteur de sensibilité très faible vis-à-vis du risque inondation.



Il est à noter que les communes de MOUFLERS et de L'ETOILE ont fait l'objet de respectivement 1 et 4 classements pour « *Inondations et coulées de boue* » pour des périodes allant de 1999 à 2007.

Par ailleurs, la commune de L'ETOILE a fait l'objet d'un classement pour « *inondations par remontées de nappe phréatique* » en 2001.

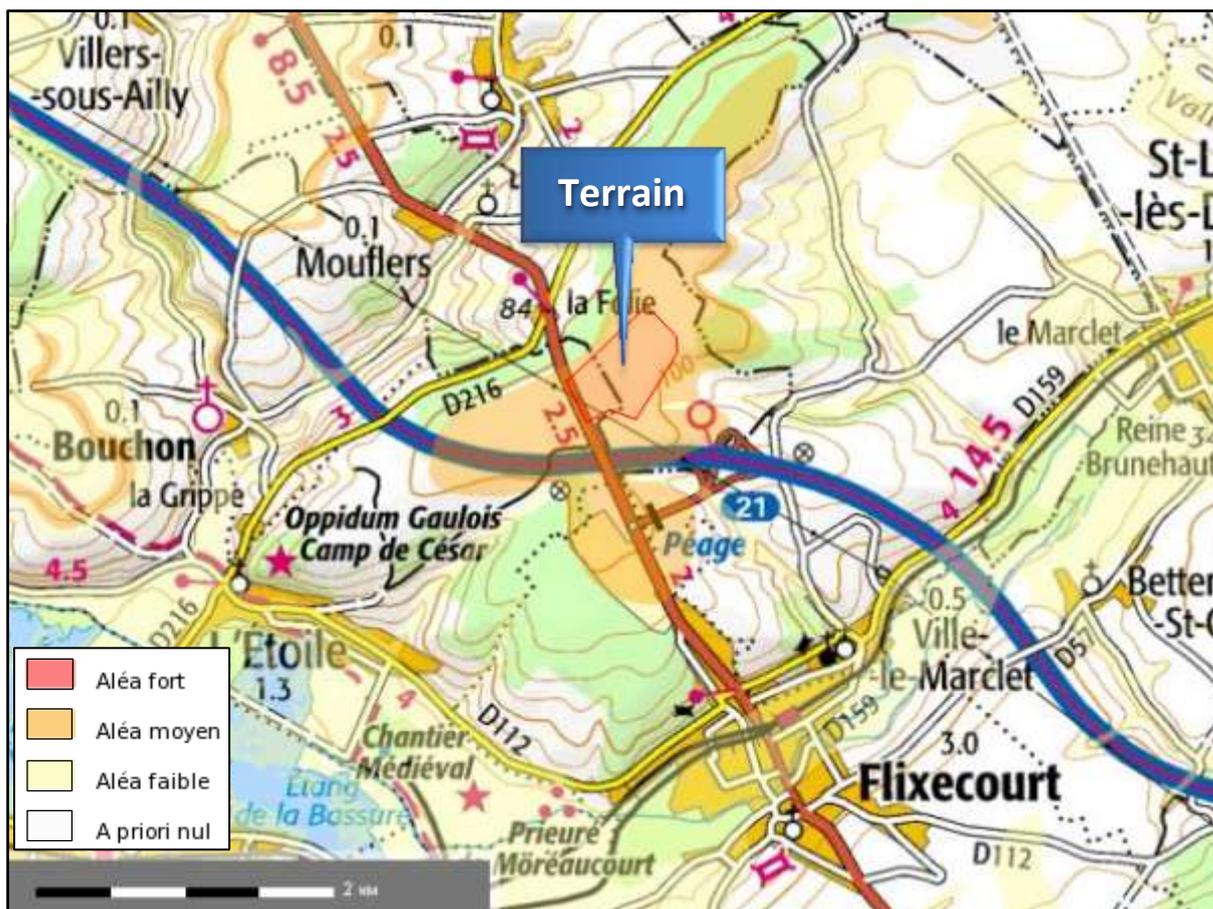
2.3. SITUATION DANS LE ZONAGE NATIONAL SISMIQUE

Si l'on se réfère d'une part aux décrets 2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010 et à l'arrêté daté du même jour, parus au journal officiel du 29 octobre 2010, et d'autre part à l'arrêté modificatif du 19 juillet 2011 paru au journal officiel du 28 juillet 2011, les communes de L'ETOILE et de MOUFLERS sont situées en zone 1 dite de sismicité « *très faible* ».

2.4. AUTRES RISQUES

Aléa de retrait/gonflement des sols argileux

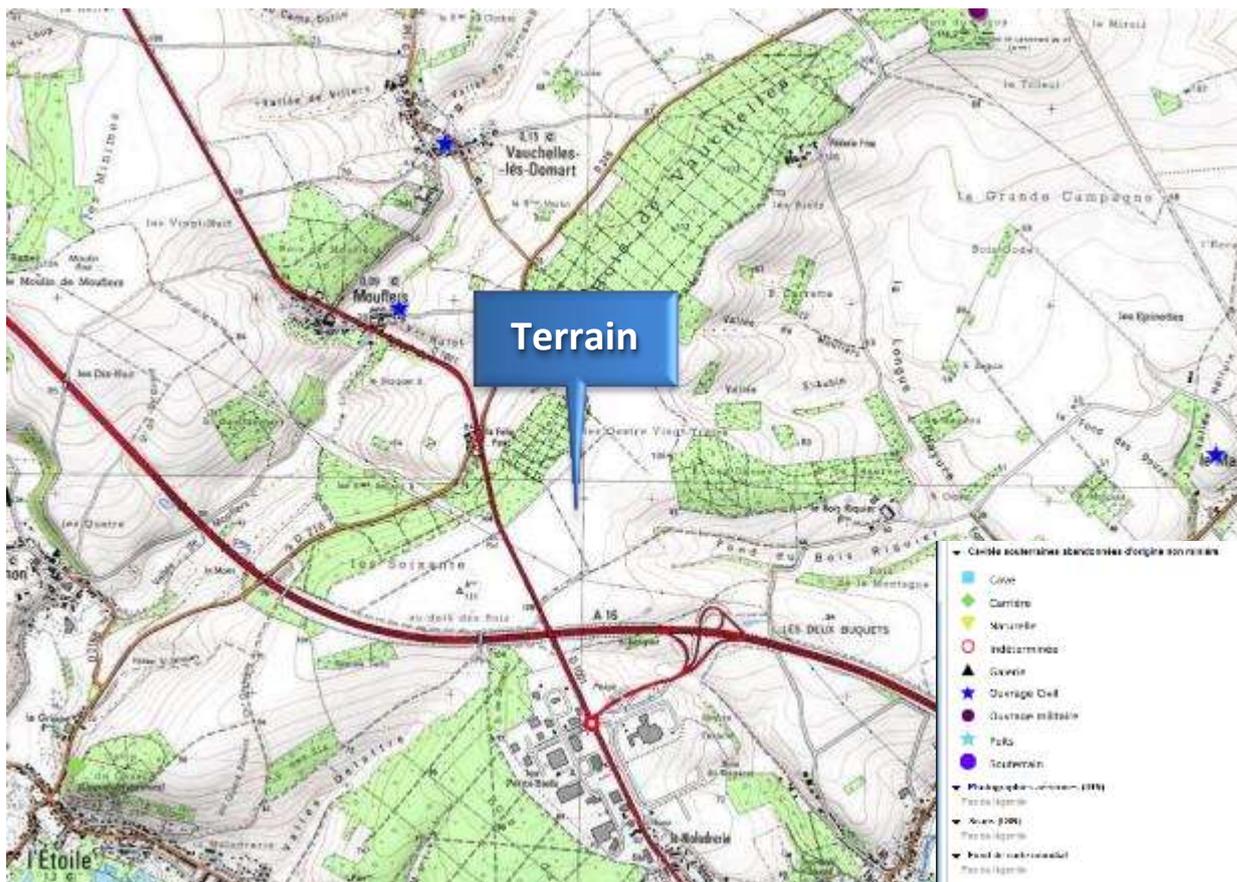
Les cartes d'aléa « *retrait/gonflement des sols argileux* », consultables sur le site internet établie par le *Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire* (www.georisques.gouv.fr), indiquent que le site est classé en zone de risque moyen.



Les communes de MOUFLERS et de L'ETOILE n'ont jamais fait l'objet d'un classement en CATASTROPHE NATURELLE SECHERESSE.

Carrières, cavités

Les cartes d'aléa « *cavités souterraines* », consultables sur le site internet établie par le *Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire* (www.georisques.gouv.fr), indiquent que les communes de MOUFLERS et de L'ETOILE sont situées dans des zones où les cavités n'ont pas été cartographiées.



Or la formation géologique du Crétacé est susceptible de présenter :

- ➔ des anomalies ou cavités souterraines de dissolution (morphologie karstique),
- ➔ des anomalies dues aux anciennes tranchées (première guerre) ou à une extraction anarchique à ciel ouvert.

Cet aléa est en effet identifié par ROC SOL dans son étude géotechnique préliminaire.

3. RECONNAISSANCES GEOTECHNIQUES

3.1. PROGRAMME

Programme de la reconnaissance et d'essai in-situ

Compte tenu du contexte géotechnique relevé lors de l'étude géotechnique de conception phase Avant-Projet G2AVP de la phase 1 et des caractéristiques du projet, les investigations géotechniques exécutées en Novembre 2018 ont consisté en la réalisation du programme défini ci-après :

Type de Sondages	Réf.	Cote de tête (NGF)	Prof. (m)	Nombre d'essais	Observations
Sondage pressiométrique (NF P 94-110) Mode de forage : rotopercussion avec injection de fluide	SP40	109.5	29.4	17	Paramètres enregistrés : VA Vitesse d'avancement PI : Pression d'injection PO : Pression sur l'outil CR : Couple de rotation
	SP41	109.0	15.6	9	
	SP43	110.3	15.1	9	
	SP44	108.6	29.4	15	
	SP47	110.7	15.3	9	
	SP50	110.2	16.0	9	
	SP53	110.5	30.0	17	
	SP55	110.6	15.0	10	
Sondage carotté battu et rotatif diamètre 116 mm tubé 140 mm	SC55	110.6	20.5	/	Etalonne SP55 – PEI de 0 à 4.5 m/TN
Sondage à la pelle mécanique	PM36	106.9	3.0		Arrêt volontaire
	PM37	108.3	3.3		Arrêt volontaire
	PM38	108.0	3.6		Arrêt volontaire
	PM39	105.8	3.4		Arrêt volontaire
	PM45	107.3	3.0		Arrêt volontaire
	PM46	110.2	3.2		Arrêt volontaire
	PM49	110.7	3.0		Arrêt volontaire
	PM51	109.9	3.1		Arrêt volontaire
	PM54	110.6	3.0		Arrêt volontaire
	PM58	108.9	3.0		Arrêt volontaire
	PM59	110.1	1.8		Arrêt volontaire
	PM60	109.9	3.0		Arrêt volontaire
	PM61	108.7	3.0		Arrêt volontaire
Sondage à la tarière 89 mm avec de perméabilité	E36	106.9	3.1	1	Essai de type NASBERG
	E38	108.0	3.0	1	
	E45	107.3	3.0	1	
	E59	110.1	3.1	1	
	E61	108.4	3.0	1	

Type de Sondages	Réf.	Cote de tête (NGF)	Prof. (m)	Nombre d'essais	Observations
Sondage en rotoperçusion avec injection de fluide et enregistrement continu des paramètres de forage	SD42	110.0	20.40	/	Paramètres enregistrés : VA Vitesse d'avancement PI : Pression d'injection PO : Pression sur l'outil CR : Couple de rotation
	SD48	110.7	20.10		
	SD52	110.9	20.10		
	SD56	110.0	20.00		

La numérotation des sondages vient en continuation de ceux réalisés par nos soins dans le cadre de l'étude géotechnique de conception phase avant-projet G2AVP de construction du bâtiment logistique principal (phase 1 du projet).

Les investigations géotechniques exécutées en Août 2018 lors la G2AVP phase 1 et qui seront réutilisées dans cette études sont fournies ci-après :

Type de Sondages	Réf.	Cote de tête (NGF)	Prof. (m)	Nombre d'essais	Observations
Sondage pressiométrique (NF P 94-110) Mode de forage : tarière continue / rotoperçusion avec injection de fluide	SP11	110.50	30.20	17	Arrêt volontaire
	SP29	108.80	15.20	9	
Sondage à la pelle mécanique	PM10	110.50	3.00	/	Arrêt volontaire
	PM12	110.60	3.00		Arrêt volontaire
	PM30	107.90	3.00		Arrêt volontaire
Sondage en rotoperçusion avec injection de fluide et enregistrement continu des paramètres de forage	SD13	110.60	20.00		Paramètres enregistrés : VA Vitesse d'avancement PI : Pression d'injection PO : Pression sur l'outil CR : Couple de rotation

L'ensemble des résultats des sondages ainsi que le plan d'implantation sont fournis en annexe.

Les têtes des sondages ont été implantées et nivelées par un géomètre.

Programme d'essais en laboratoire

Les essais en laboratoire suivants ont été réalisés sur les échantillons de sols remaniés prélevés lors de la reconnaissance :

Type d'essai de laboratoire	Nombre	Norme	Observations
Teneur en eau naturelle (wn %)	8	NF P 94-050	Sur échantillons prélevés dans les sondages à la pelle
Analyse granulométrique par tamisage	8	NF P 94-056	
Analyse granulométrique par sédimentométrie	/	NF P 94-057	
Limites d'Atterberg	/	NF P 94-051/52	
Valeur au bleu VBS	8	NF P 94-068	
Classification des sols (G.T.R.)	8	NF P 94-300	
Essai Proctor et IPI	4	NF P 94-093	
Aptitude au traitement	2	NF 94-078 NF 94-100	

Les résultats de ces essais sont fournis en annexe.

3.2. SUCCESSION GEOTECHNIQUE

Formation 1 : Couches superficielles

La Terre Végétale a une épaisseur comprise entre 0.2 m et 0.4 m au droit des sondages. Il est possible que des racelles se propagent dans les formations meubles sous-jacentes sans pour autant être considérées comme de la Terre Végétale. Elle correspond globalement à l'épaisseur de labour.

Sous la Terre Végétale, les sondages ont rencontré des limons de teinte marron et des limons plus argileux de teinte marron/rouge. On notera que ces matériaux ne renferment pas au droit des sondages d'éléments grossiers de type silex contrairement à la formation sous-jacente.

Les courbes granulométriques qui figurent en annexe associées aux mesures physiques conduisent aux paramètres représentatifs suivants pour les tranches prélevées.

Sondage	Cote (m/TN)	Paramètres granulométriques				Mesures physiques		Classe GTR
		D _{max} (mm)	D ₅₀ (mm)	Tamisé à 80 µm	Tamisé à 2 µm	VBS	WL	
PM51	0.45/2.2	<0.08	/	99.1	/	1.7	/	A ₁
PM59	0.5/1.8	<0.08	/	98.0	/	3.7	/	A ₂
Mélange PM51&M59	0.45/2.2 0.5/1.8	<0.08	/	97.4	/	1.21	/	A ₁
PM10	0.7/2.0	14.5	/	88	/	16	32	A ₂

Les essais réalisés en PM10 ont été effectués lors de la mission G2AVP du bâtiment principal (phase 1).

Ces matériaux appartiennent donc aux classes A₁ et A₂ GTR (Guide des Terrassements Routiers). A l'époque de l'intervention, les teneurs en eau naturelle w_n étaient comprises entre 18 et 21 %. Ces sols fins sont des matériaux sensibles aux variations hydriques. Ils perdront toute tenue et portance en périodes météorologiques défavorables. Ils sont par contre peu sensibles aux phénomènes de dessiccation.

Associées aux paramètres mécaniques ci-dessous, on aboutit à des sous classes A_{1th} à A_{2s} déterminées par les états hydriques très humide à sec. Ces états hydriques sont susceptibles de varier selon les saisons.

Sondage	Cote (m/TN)	w _n (%)	Paramètres PROCTOR normal			IPI _{w_n}	Sous classe
			w _{OPN} (%)	IPI _{OPN}	w _n /w _{OPN}		
PM51	0.45/2.2	18.5	13.2	15	1.4	2.1	A _{1th}
PM59	0.5/1.8	20.3	15.5	16	1.3	3.7	A _{2h}
PM10	0.7/2.0	18.9	20.5	18	0.92	18	A _{2m} à A _{2s}

On notera en particulier que les essais réalisés sur les matériaux prélevés en Novembre 2018 (PM51 et PM59) sont plus humides que ceux prélevés en Août 2018 (PM10), et que leur portance à l'état naturel est bien plus faible (IPI de 2 en Novembre pour IPI de 18 en Août). Ces variations de portance sont les conséquences des variations météorologiques saisonnières.

Compte tenu des valeurs IPI à la teneur en eau naturelle sur les échantillons PM51 et PM59, une étude d'aptitude au traitement chaux ciment a été menée sur le mélange PM51&PM59. Les résultats sont les suivants pour un dosage à 2 % de chaux et 5% de ROLAC Optimum.

Sondage	Cote (m/TN)	w _n (%)	Paramètres PROCTOR normal sur sol traité à 2% de chaux et 5% de ROLAC Optimum			G _{v 7j} (%)	R _{tb} (Mpa)
			w _{OPN} (%)	IPI w _{OPN}	w _n /w _{OPN}		
Mélange PM51&M59	0.45/2.2 0.5/1.8	20.0	16.1	38	1.25	-1.3	0.4

Les mesures Proctor +IPI montrent une augmentation notable de la portance sous l'effet du traitement du matériau avec un dosage à 2% de chaux et 5% de ROLAC Optimum. En effet, la valeur de l'IPI à l'OPN passe de 15/16 à 38 à la suite du traitement. L'échantillon traité ne gonfle pas ; la valeur de G_v est inférieure à la valeur seuil de 5 %. Les valeurs de R_{tb} sont supérieures à 0.2 MPa, il ressort que le dosage (5% de chaux et 5% de ROLAC Optimum) est adapté à ce matériau.

La base des couches superficielles se situe au droit des investigations entre 0.8 et 4.6 m/TN, soit entre 104.1 et 108.9 NGF.

Sondage	Base de la formation 1 au droit des points de sondages	
	m/TN	NGF
PM10	2.0	108.5
PM30	0.8	107.1
PM36	Abs	/
PM37	1.4	106.9
PM38	1.1	106.9
E38	1.8	106.2
PM39	1.6	104.1
SP40	2.4	107.4
SP41	1.8	107.2
SD42	Abs	/
SP43	2.8	107.5
SP44	2.1	106.5
PM45	0.9	106.4
E45	1.8	105.5
PM46	1.5	108.7
SP47	2.7	108.0
SD48	3.0	107.7
PM49	2.5	108.2
SP50	Abs	/
PM51	2.2	107.7
SD52	2.4	108.5
SP53	4.0	106.5
PM54	1.9	108.7
SP55	4.6	106.0
SC55	4.7	105.9
SD56	1.3	108.7

Sondage	Base de la formation 1 au droit des points de sondages	
	m/TN	NGF
SP57	2.0	107.7
PM58	1.1	107.8
PM59	1.8	108.3
E59	1.2	108.9
PM60	1.6	108.3
PM61	Abs	/
E61	2.1	106.3

Au droit des sondages destructifs et pressiométriques, la base de cet horizon est difficilement identifiable en raison de la similitude de nature des matériaux et de la réponse des paramètres d'enregistrement de forage ; les limites entre couche au droit de ces sondages sont donc données à titre indicatif.

Les pressions limites nettes p_l^* varient de 0.4 à 1.1 MPa pour des modules pressiométriques E_m de 3 à 17 MPa.

Récapitulatif des caractéristiques mécaniques de la formation 1 au droit des sondages					
Module de déformation E_m (MPa)			Pression limite nette p_l^* (MPa)		
mini	moy	retenu	mini	moy	retenue
3	11	9	0.4	0.7	0.6

Les caractéristiques ont été établies en fonction des essais les plus représentatifs. Par ailleurs, les règles suivantes ont été adoptées :

- ➔ mini, il s'agit de la valeur minimale mesurée,
- ➔ moy, il s'agit de la valeur moyenne arithmétique
- ➔ pour le module " E_m " retenu, il s'agit de la moyenne géométrique des valeurs mesurées,
- ➔ pour la pression limite nette " p_l^* " retenue, il s'agit de la moyenne arithmétique des P_l^* diminuée d'un demi écart type.

Formation 2 : Argiles à silex

Elle se place sous la formation 1 ou directement sous la Terre Végétale et son toit est donc entre 0.4 et 4.6 m/TN, soit entre 104.1 et 109.8 NGF. A partir de ces profondeurs, les sondages ont rencontré des argiles de teinte marron/rouge plus ou moins riches en silex et/ou en cailloutis de craie. Les courbes granulométriques qui figurent en annexe associées aux mesures physiques conduisent aux paramètres représentatifs suivants pour les tranches prélevées.

Sondage	Cote (m/TN)	Paramètres granulométriques				Mesures physiques		Classe GTR
		D _{max} (mm)	D ₅₀ (mm)	Tamisé à 80 µm	Tamisé à 2 µm	VBS	WL	
PM38	1.1/3.2	73.6	30	32	/	2.47	/	C ₁ B ₆
PM58	1.1/3.0	75.8	35	45	/	5.28	/	C ₁ A ₂
PM61	1.1/3.0	73.8	/	65	/	5.78	/	C ₁ A ₂
Mélange PM38, PM58 et PM61	1.1/3.2 1.1/3.0 1.1/3.0	71.1	/	51	/	4.03	/	C ₁ A ₂

Ces matériaux appartiennent donc aux classes C₁A₂ et C₁B₆ GTR (Guide des Terrassements Routiers). Localement des poches d'argile plus plastique de classe A₄ GTR pourront être rencontrées comme au droit du sondage PM27 réalisé lors de la première phase d'investigation (Cf étude G2AVP 18.284.A.JS relative à la phase 1). A l'époque de l'intervention, les teneurs en eau naturelle w_n étaient comprises entre 18 et 39 %. Ces sols fins sont des matériaux sensibles aux variations hydriques. Ils perdront toute tenue et portance en périodes météorologiques défavorables. Ils sont par contre peu sensibles aux phénomènes de dessiccation.

Associées aux paramètres mécaniques ci-dessous, on aboutit à des sous classes C₁B₆m à C₁A₂m déterminées par les états hydriques moyens. Ces états hydriques sont susceptibles de varier selon les saisons.

Sondage	Cote (m/TN)	w _n (%)	Paramètres PROCTOR normal			IPI _{w_n}	Sous classe
			w _{OPN} (%)	IPI _{OPN}	w _n /w _{OPN}		
PM38	1.1/3.2	13.9	25	17	0.56	11.8	C ₁ B ₆ m
PM58	1.1/3.0	21.0	26	22	0.80	10.3	C ₁ A ₂ m

Compte tenu des valeurs IPI à la teneur en eau naturelle sur les échantillons PM38, PM58 et PM61, une étude d'aptitude au traitement chaux ciment a été menée sur le mélange PM38, PM58 et PM61. Les résultats sont les suivants pour un dosage à 2 % de chaux et 5% de ROLAC Optimum.

Sondage	Cote (m/TN)	w _n (%)	Paramètres PROCTOR normal sur sol traité à 2% de chaux et 5% de ROLAC Optimum			G _{v 7j} (%)	R _{tb} (Mpa)
			w _{OPN} (%)	IPI _{w_{OPN}}	w _n /w _{OPN}		
Mélange PM38, PM58 et PM61	1.1/3.2 1.1/3.0 1.1/3.0	20.5	23.5	35	0.87	-5.7	0.35

Les mesures Proctor +IPI montrent une augmentation notable de la portance sous l'effet du traitement du matériau avec un dosage à 2% de chaux et 5% de ROLAC Optimum. En effet, la valeur de l'IPI à l'OPN passe de 25/26 à 35 à la suite du traitement. L'échantillon traité ne gonfle pas ; la valeur de Gv est inférieure à la valeur seuil de 5 %. Les valeurs de Rtb sont supérieures à 0.2 MPa, il ressort que le dosage (2% de chaux et 5% de ROLAC Optimum) est adapté à ce matériau.

La base de ces matériaux se situe au droit des investigations entre 2.0 et 7.0 m/TN, soit entre 103.2 et 107.5 NGF.

Les pressions limites nettes p_l^* varient de 0.5 à 1.5 MPa pour des modules pressiométriques E_m de 5 à 14 MPa.

Récapitulatif des caractéristiques mécaniques de la formation 2 au droit des sondages					
Module de déformation E_m (MPa)			Pression limite nette p_l^* (MPa)		
mini	moy	retenu	mini	moy	retenue
5	10	9	0.5	1.0	0.9

Formation 3 : Substratum

Le substratum est représenté par une craie de teinte blanche dont le toit se situe au droit des sondages entre 2.0 et 7.0 m/TN, soit entre 103.2 et 107.5 NGF comme l'indique le tableau ci-dessous.

Sondage	Toit du substratum au droit des points de sondages	
	m/TN	NGF
SP11	4.5	106.0
SD13	3.4	107.2
SP29	3.2	105.6
PM36	2.0	104.9
E36	2.1	104.8
PM37	2.5	105.8
PM38	3.2	104.8
E38	>3.0	<105.0
PM39	3.2	102.5
SP40	4.2	105.3
SP41	3.7	105.3
SD42	2.7	107.3
SP43	6.1	104.2
SP44	5.4	103.2
PM45/E45	>3.0	<104.3
PM46	2.6	107.5
SP47	4.2	106.5
SD48	4.5	106.2

Sondage	Toit du substratum au droit des points de sondages	
	m/TN	NGF
PM49	>3.0	<107.7
SP50	7.0	103.2
PM51	>3.1	<106.8
SD52	4.5	106.4
SP53	4.0	106.5
PM54	>3.0	<107.6
SP55	4.6	106.0
SC55	4.7	105.9
SD56	3.6	106.4
SP57	3.4	106.3
PM58	>3.0	<105.9
PM59/E59	>3.0	<107.1
PM60	>3.0	<106.9
PM61	>3.0	<105.7
E61	2.1	106.3

Le substratum crayeux est globalement homogène avec des vitesses d'avancement de l'outil de forage comprises entre 100 et 250 m/heure (PI de 45 bars).

La caractéristique du substratum crayeux est ici de posséder une morphologie karstique, héritée de la dissolution de la phase carbonatée de la roche par les eaux météoriques. Ce phénomène entraîne la formation de poches et de fissures colmatées par la phase argileuse résiduelle. Les marqueurs principaux sont les suivants :

- ➔ Les variations de cotes du toit rocheux (cf. tableau ci-dessus). Le passage d'une cote à l'autre peut être très brusque au droit d'une fissure verticale. Le rejet peut être par exemple de plusieurs mètres sur une distance horizontale inférieure au mètre,
- ➔ La présence de cavités.

Le karst est un phénomène naturel et présente une morphologie totalement aléatoire, tout au moins à l'échelle du site. Au cours des travaux, des anomalies pourront de ce fait être mises à jour en divers points du projet.

On rappellera également que ce substratum crayeux a pu faire l'objet d'une exploitation à ciel ouvert ou par galeries souterraines. Des tranchées remblayées de la première guerre peuvent également atteindre cet horizon. Aucune anomalie de ce type n'a été relevé dans les sondages réalisés.

Le substratum a été reconnu jusqu'à une profondeur maximale de 30.0 m/TN soit 80.1 NGF, cote d'arrêt des investigations.

La courbe granulométrique qui figure en annexe associée aux mesures physiques conduit aux paramètres représentatifs suivants pour la tranche prélevée.

Sondage	Cote (m/TN)	Paramètres granulométriques				Mesures physiques		Classe GTR
		D _{max} (mm)	D ₅₀ (mm)	Tamisé à 80 µm	Tamisé à 2 µm	VBS	WL	
PM36	2.0/3.0	76.8	35	18	/	0.73	/	C ₂ B ₅

Ces matériaux appartiennent donc à la classe C₂B₅ GTR (Guide des Terrassements Routiers), matériaux sensibles à l'eau. Ils correspondent à la frange l'altération des matériaux crayeux de classe R₁ GTR.

Le substratum est altéré en tête puis, avec la profondeur, il devient résistant à très résistant. En effet, les p_l^* et les E_m varient de la façon suivante :

- ➔ dans sa frange supérieure altérée (3a), les p_l^* varient de 1.5 à 4.6 MPa pour des E_m de 17 à 83 MPa.

Récapitulatif des caractéristiques mécaniques de la formation 3a au droit des sondages					
Module de déformation E_m (MPa)			Pression limite nette p_l^* (MPa)		
mini	moy	retenu	mini	moy	retenue
17	56	50	1.5	3.2	2.8

- ➔ dans sa frange inférieure très résistante (3b) les p_l^* varient de 2.7 à 5.5 MPa pour des E_m de 50 à plus 100 MPa pouvant s'abaisser localement aux environs de 22 MPa.

Récapitulatif des caractéristiques mécaniques de la formation 3b au droit des sondages					
Module de déformation E_m (MPa)			Pression limite nette p_l^* (MPa)		
mini	moy	retenu	mini	moy	retenue
22	100	95	2.7	4.6	4.3

3.3. SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE

Les données qui suivent ont pour seul objet de préciser les hypothèses de calcul retenues pour la justification des ouvrages. La conception et la méthodologie de mise en œuvre devront intégrer les adaptations inhérentes aux variations des limites de couches et aux hétérogénéités locales toujours possibles.

Sur la base des résultats de la reconnaissance de sols, et en raison des variations du toit du substratum crayeux nous proposons les modèles géotechniques représentatifs récapitulés dans les tableaux suivants au droit du bâtiment :

Modèle n°1 : substratum crayeux à faible profondeur (zone Ouest du projet)

Horizon	Cotes du toit		Cotes de la base		Epaisseur (m)	E_m (MPa)	p_l^* (MPa)	Coef. α
	m/TN	NGF	m/TN	NGF				
Formation 1 « couches superficielles »	0.4	109.6	1.3	108.7	0.9	9	0.6	2/3
Formation 2 « argiles à silex »	1.3	108.7	3.7	106.3	2.4	9	0.9	2/3
Formation 3a « substratum altéré »	3.7	106.3	7.0	103.0	3.3	50	2.8	1/2
Formation 3b « substratum résistant »	7.0	103.0	>30	/	/	95	4.3	1/2

Modèle n°2 : substratum crayeux plus en profondeur (zone Nord et Est du projet)

Horizon	Cotes du toit		Cotes de la base		Epaisseur (m)	E_m (MPa)	p_l^* (MPa)	Coef. α
	m/TN	NGF	m/TN	NGF				
Formation 1 « couches superficielles »	0.4	108.2	2.0	106.6	1.6	9	0.6	2/3
Formation 2 « argiles à silex »	2.0	106.6	5.4	103.2	3.4	9	0.9	2/3
Formation 3a « substratum altéré »	5.4	103.2	10.0	98.6	4.6	50	2.8	1/2
Formation 3b « substratum résistant »	10.0	98.6	>30	/	/	95	4.3	1/2

Les caractéristiques ont été établies en fonction des essais les plus représentatifs pour chaque formation, écartées des valeurs minimales et maximales. Par ailleurs, les règles suivantes ont été adoptées :

- ➔ pour la "profondeur de la base", il s'agit d'une valeur moyenne et à ce titre, des variations sont certaines en fonction de la localisation (cf. différences entre les sondages),
- ➔ pour le module " E_m ", il s'agit de la moyenne géométrique des valeurs mesurées,
- ➔ pour la pression limite nette " P_l^* ", il s'agit de la valeur minimale entre la moyenne arithmétique des P_l^* diminuée d'un demi écart type.

3.4. HYDROGEOLOGIE

Piézométrie

Les jours de notre intervention, les sondages n'ont pas rencontré d'arrivées d'eau ou de surface de suintement traduisant la présence d'une nappe phréatique établie dans la frange de sol reconnue.

Lors de la campagne d'investigation de la première phase réalisée en Août 2018, aucun niveau d'eau n'avait également été relevé dans les sondages ainsi que dans les deux piézomètres installés sur le site.

Il peut néanmoins y avoir des circulations d'eau saisonnières en relation avec la pluviosité, les variations granulométriques des couches de sol, la pente naturelle du site ou à l'interface « remblais/sol en place ».

Perméabilité

Les sondages ont permis la réalisation de tests d'infiltration dans la frange 1 à 2.5 m. Il a alors été obtenu les résultats qui figurent dans le tableau ci-dessous :

Sondages	Nature du sol	Frange testée (m)		Perméabilité k (m/sec)
		de	à	
E36	Craie	2.1	3.0	6.10^{-6}
E38	Limon et argile à silex	0.2	3.0	2.10^{-7}
E45	Limon et argile à silex	0.2	3.0	2.10^{-7}
E59	Limon et argile à silex	0.4	3.0	3.10^{-7}
E61	Argile à silex et Craie	0.2	3.0	4.10^{-6}

Les valeurs de perméabilité sont comprises entre 4.10^{-6} et 6.10^{-6} m/s quand le substratum crayeux est rencontré en fond de forage et de l'ordre 2.10^{-7} m/s dans les limons et argiles à silex de couverture. Elles indiquent néanmoins que les matériaux en place sont peu perméables.

3.5. SISMICITE - LIQUEFACTION

L'ouvrage projeté est à priori de catégorie II (cf. tableau ci-dessous)

Catégorie d'importance	Description
I 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée.
II 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Habitations individuelles. ■ Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5. ■ Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m. ■ Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, h ≤ 28 m, max. 300 pers. ■ Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes. ■ Parcs de stationnement ouverts au public.
III 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ERP de catégories 1, 2 et 3. ■ Habitations collectives et bureaux, h > 28 m. ■ Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes. ■ Établissements sanitaires et sociaux. ■ Centres de production collective d'énergie. ■ Établissements scolaires.
IV 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public. ■ Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie. ■ Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne. ■ Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise. ■ Centres météorologiques.

Dans ces conditions, la réglementation parasismique en vigueur n'impose aucune exigence particulière en termes de conception (cf. tableau ci-dessous).

	I 	II 	III 	IV 
Zone 1	aucune exigence			
Zone 2				
Zone 3		PS-MI ¹ Eurocode 8 ³ a _{gr} =1,1 m/s ²	Eurocode 8 ³ a _{gr} =1,1 m/s ²	
Zone 4		PS-MI ¹ Eurocode 8 ³ a _{gr} =1,6 m/s ²	Eurocode 8 ³ a _{gr} =1,6 m/s ²	
Zone 5		CP-MI ² Eurocode 8 ³ a _{gr} =3 m/s ²	Eurocode 8 ³ a _{gr} =3 m/s ²	

S'agissant d'une zone de sismicité 1, il n'y a pas lieu de procéder à la vérification au phénomène de liquéfaction des sols.

4. ADAPTATION AU SOL DU PROJET

4.1. TERRASSEMENTS GENERAUX

Mouvement des terres au droit du bâtiment

Le sol fini du niveau bas de l'ouvrage est fixé à 106.6 NGF. En considérant une épaisseur de radier de 0.5 m, l'arase supérieure de la future plateforme est à la cote 106.1 NGF.

Le tableau ci-dessous récapitule la position de la plateforme du bâtiment par rapport aux sondages. On sera donc entièrement en déblai sur des hauteurs de 2.0 à 4.3 m.

Sondage	Altimétrie	Situation de la plateforme bâtiment à 106.1 NGF par rapport aux sondages	
		Déblai	Remblai
SP11	110.5	4.4	/
PM12	110.6	4.5	/
SD13	110.6	4.5	/
SP29	108.8	2.7	/
SP40	109.5	3.4	/
SP41	109.0	2.9	/
SD42	110.0	3.9	/
SP43	110.3	4.2	/
SP44	108.6	2.5	/
PM46	110.2	4.1	/
SP47	110.7	4.6	/
SD48	110.7	4.6	/
PM49	110.7	4.6	/
SP50	110.2	4.1	/
PM51	109.9	3.8	/
SD52	110.9	4.8	/
SP53	110.5	4.4	/
PM54	110.6	4.5	/
SP/SC55	110.6	4.5	/
SD56	110.0	3.9	/
SP57	109.7	3.6	/

L'arase terrassement au droit du bâtiment sera donc composée principalement par une craie altérée dans la partie Est du projet puis passera progressivement à une argile à silex dans sa partie Ouest.

Décapage général du site

En premier lieu, il conviendra de procéder au décapage général de toute la TV et, en fonction des conditions hydriques des sols au moment du chantier, de la partie supérieure décomprimée des limons de teinte marron ou des limons argileux de teinte marron / rouge de la formation 1.

L'épaisseur de la Terre Végétale appréciée visuellement est de 0.2 à 0.4 m. Si une estimation plus normative est jugée utile pour le projet, la tranche superficielle du terrain pourra éventuellement faire l'objet d'analyses spécifiques visant à caractériser la teneur en matière organique dans les sols.

Dans les conditions de notre intervention, ce décapage porte sur une épaisseur minimale indicative de l'ordre de 0.4 m. Cette épaisseur pourrait toutefois s'avérer être plus importante en cas de conditions moins favorables que celles observées au moment de notre reconnaissance.

Pour le critère d'arrêt du décapage et donc de réception des fonds de forme avant remblaiement, un module $E_{v2} \geq 25$ MPa est demandé. Une campagne d'essais à la plaque devra donc être menée par l'entreprise avant tous travaux de remblaiement afin de s'assurer que cet objectif de portance est bien atteint et qu'il n'est donc pas nécessaire de procéder à des purges complémentaires.

Déblai : Conditions d'extraction

En référence aux résultats de la reconnaissance de sols, les déblais vont concerner, après élimination de la terre végétale, les matériaux suivants :

- ➔ des matériaux meubles de type limon, limon argileux de classe A_1 et A_2 GTR appartenant à la formation 1,
- ➔ des matériaux meubles de type argiles à silex et/ou cailloutis de craie de classe C_1A_2 et C_1B_6 GTR appartenant à la formation 2,
- ➔ le substratum crayeux localement en fond de fouille.

L'extraction de ces matériaux pourra se faire à l'aide d'engins classiques de type pelles sur pneus ou chenilles en fonction de la saison. L'extraction de la craie en fond du bassin pourra nécessiter l'utilisation de moyens puissants voire du BRH.

Dispositions vis-à-vis de l'eau

Au droit des voiries les arases terrassements seront composées soit par des limons-argileux de classes A₁/A₂ GTR de la formation 1 soit par des argiles à silex de classes C₁A₂/C₁B₆ GTR de la formation 2. Ces matériaux présentent une grande sensibilité à l'eau et au remaniement.

Au droit du bâtiment, compte tenu des terrassements en déblais qui seront compris entre 2.5 et 4.8 m/TN, les arases terrassements seront composées par des argiles à silex de la formation 2, mais également par une craie altérée blanche de la formation 3a de classe C₂B₅ GTR. Ces matériaux présentent également une grande sensibilité à l'eau et au remaniement.

En fonction de la période du chantier et des conditions météorologiques avant et pendant le chantier, les sujétions liées à l'eau sont les suivantes :

- ➔ Phénomène de rétention des eaux météoriques à la surface du sol avec perte de consistance du support par effet de saturation,
- ➔ Rencontre de venues d'eau lors des terrassements en déblai en relation avec des circulations superficielles alimentées par l'infiltration des eaux météoriques.

Dans les 2 cas, les conséquences prévisibles sont des difficultés de traficabilité et d'évolution des matériels et engins de chantier, avec chute de portance de support.

Pour limiter au maximum les sujétions liées à l'eau, il est donc demandé :

- ➔ de travailler uniquement sous des conditions climatiques favorables sans pluie et de laisser les sols se ressuyer, sans aucun trafic de chantier, après une période de pluies prolongées,
- ➔ de prévoir une maîtrise des eaux de ruissellement au moyen de formes de pente associées à des fossés drainants évacuant les eaux vers un point bas ou des puisards.

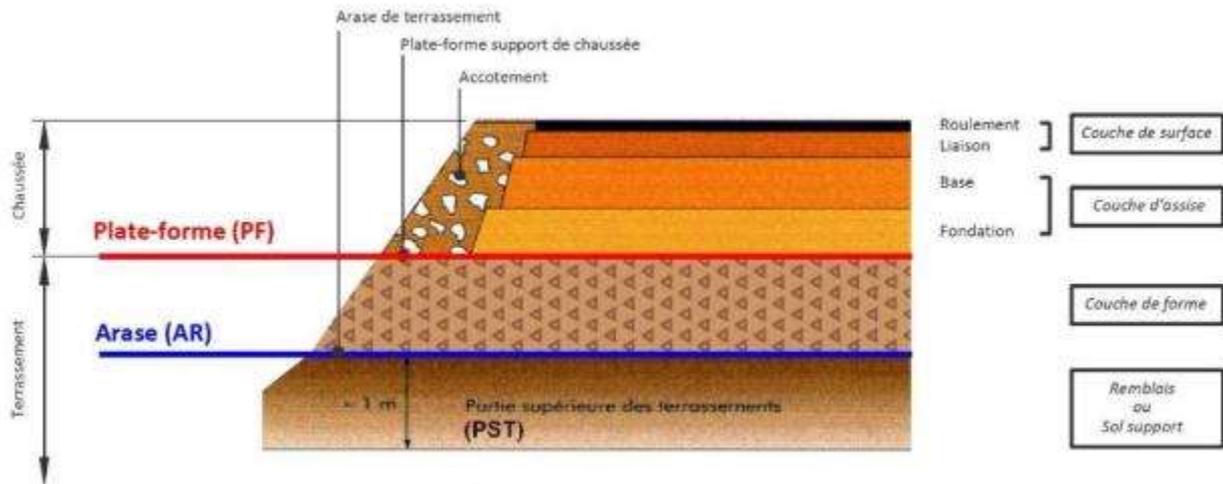
Le non-respect de ces recommandations pourrait conduire à des difficultés de chantier et donc à des adaptations des plannings (allongement des délais) et des méthodologies.

Arases de terrassement

Pour un chantier se déroulant sous des conditions climatiques favorables sans pluie, nous ferons l'hypothèse des catégories suivantes au sens du Guide Technique pour la réalisation des remblais et des couches de forme (édition LCPC/SETRA de septembre 1992) :

Partie Supérieure des Terrassements PST	2 à 3
Arase de Terrassements AR	1

On rappellera que la PST est le mètre situé sous les assises de chaussée et éventuellement la couche de forme. L'arase AR est la surface de cette PST.



NB : Il faut préciser que si le chantier se déroule à la mauvaise saison ou sous de mauvaises conditions climatiques, on pourra se placer dans le cas d'une PST 0 – AR 0. Il est en effet précisé que des limons saturés d'eau possèderaient une portance quasi-nulle ce qui occasionnerait des difficultés d'évolution sur la parcelle.

L'arase des terrassements sera compactée à 95 % de l'OPN avant mise en œuvre des remblais y compris substitution. La réception de l'arase, par essais à la plaque, devra justifier

- ➔ des $E_{v2} \geq 35$ MPa dans le cas de remblai en matériaux traités chaux,
- ➔ des $E_{v2} \geq 20$ MPa dans le cas de remblai en matériaux granulaires (GNT non traitées).

Si les conditions hydriques ne permettent pas d'obtenir ces objectifs, différents moyens pourront alors être mis en œuvre pour améliorer la portance du support (purgé/substitution et reconstitution de la PST, traitement chimique de l'arase, ...).

Dans les zones en déblais ou profil rasant, où les couches de forme seront traitées en place, il conviendra alors de conserver une vingtaine de centimètres au-dessus de la cote théorique du fond de forme afin de limiter d'exposition des matériaux aux intempéries. Cette surépaisseur serait ensuite à enlever juste avant la réalisation du traitement.

Remblai : Mise en œuvre et contrôles

Le long de la façade Sud-Est, les voiries seront certainement en remblais dont l'épaisseur n'est pas connue au stade actuel de l'étude.

Pour leur exécution, on peut envisager l'un des processus suivants :

- ➔ réemploi des matériaux de classes A₁ et A₂ GTR appartenant à la formation 1 traités à la chaux ou des matériaux de classes C₁A₂ et C₁B₆ appartenant à la formation 2 également traités à la chaux après élimination de la fraction grossière. Ceci suppose que la durabilité dans le temps soit confirmée par une étude d'aptitude conformément au Guide de Traitement des Sols. Ce traitement ne pourra être dans le fait supprimé que si la météorologie est favorable au moment des travaux et à la condition expresse qu'une planche d'essai montre que le réemploi en l'état atteigne l'objectif demandé ci-dessous,
- ➔ apport d'un matériau de qualité à mettre en œuvre par couches élémentaires. En cas d'un matériau rapporté pour être traité à la chaux vive, l'étude d'aptitude sera fournie en préliminaire.

Des matériaux de classes A₄ GTR appartenant à la formation 2 pourront être recoupés dans les déblais. Ils ne pourront pas être réutilisés en remblai. Ils seront éventuellement mis en remblais sous les espaces verts ou bien mis en décharge.

Compte tenu de la hauteur à rapporter, le contrôle de la mise en œuvre du remblai portera sur les critères suivants :

Paramètres	Objectifs
Module L.C.P.C. E_{v2} (MPa)	≥ 50
Rapport de compactage K	≤ 2
Objectif de densification	Q3

Les essais LCPC seront réalisés tous les 0.60 m ou toutes les deux couches. L'objectif de densification sera contrôlé en fin de remblaiement. Il est conseillé à l'entreprise réalisant les travaux de procéder à la réalisation préalable d'une planche d'essai.

Angle des talus définitifs

Compte tenu de la topographie du site, les talus définitifs en remblais auront des hauteurs pouvant atteindre 5/6 m. Dans ces conditions, ils devront être dressés en première approche avec des pentes de 2H/1V (2 horizontal pour 1 vertical) avec éventuellement 1 ou plusieurs risbermes. Ils devront être protégés en phase définitive soit par des bâches en polyanes soit par une végétalisation.

Les talus en déblais ne devraient pas dépasser les 2/3 m de hauteur. Ils pourront donc, en première approximation, être dressés avec des pentes de 3H/2V (3 horizontal pour 2 vertical).

L'ensemble de ces ouvrages devra faire l'objet d'une étude spécifique dans le cadre des études de conception phase PRO et/ou d'exécution EXE, à l'appui de calcul de stabilité et d'essai spécifique afin de vérifier la faisabilité des pentes retenues à l'AVP.

Angle des talus provisoires

Des talus provisoires de l'ordre de 2.5 à 5.0 m seront créés suite au terrassement de la fouille de la plate forme bâtiment. Ces derniers devront être dressés avec des pentes maximales de 3H/2V (3 horizontal pour 2 vertical).

Ils devront également faire l'objet d'une étude spécifique dans le cadre de la phase de conception phase PRO et/ou d'exécution EXE, à l'appui de calcul de stabilité afin de vérifier la faisabilité des pentes retenues à l'AVP.

Mitoyens

La plateforme projetée du bâtiment (106.1 NGF) sera située 3.5 m sous le niveau fini du bâtiment mitoyen (109.6 NGF) situé le long du pignon Sud. Toutes les dispositions devront être prise pour assurer la stabilité de cet ouvrage (fondations et dallages). Pour cela, il pourra être envisagé la réalisation d'un soutènement provisoire de type rideau de palplanche butonné si-nécessaire (à définir en fonction des déplacements admissibles attendus).

La conception des ouvrages nécessaires à la stabilité du bâtiment de la phase 1 devra faire l'objet d'une étude spécifique dans le cadre de la phase de conception phase projet G2PRO.

4.2. COUCHES DE FORME SOUS VOIRIES ET RADIERS

Couches de forme

Etant donné la plateforme de classe PF3 en long terme visée comme objectif, la couche de forme sous voiries et radier peut être constituée par le traitement mixte à la chaux vive et au Liant Spécial Routier sur une épaisseur de 35 cm des matériaux du site :

- ➔ de classe A₁ et A₂ GTR appartenant à la formation 1,
- ➔ de classe C₁A₂ et C₁B₆ GTR appartenant à la formation 2 après élimination de la fraction grossière empêchant le malaxage,
- ➔ de classe C₂B₅ GTR appartenant à la formation 3 après élimination de la fraction grossière empêchant le malaxage,

Ceci suppose que la durabilité dans le temps soit confirmée par une étude d'aptitude conformément au Guide de Traitement des Sols. Cette couche de forme sera obligatoirement fermée par un enduit de cure gravillonné.

Par ailleurs, un temps de latence doit être respecté avant livraison de cette couche de forme au trafic de chantier. En règle générale, ce délai est de 1 semaine, mais il peut être un peu plus long à la mauvaise saison.

Réception couches de forme

Après mise en œuvre de la couche de forme, on procèdera à une réception géotechnique par essais LCPC, sur la base des critères ci-dessous, sous voiries et dallages.

Paramètres	Sous voiries	Sous radier
Déflexion Benkelmann en centièmes de mm	< 60	< 60
Rapport de compactage K	≤ 2	≤ 2
Coefficient de Westergaard kw (MPa/m)	/	≥ 80

Protection des plateformes

Lors des périodes de « gel / dégel », les engins ne pourront pas circuler sur les plateformes traitées sans craindre une détérioration de ces dernières.

Lors de ces périodes, il conviendra soit d'interdire la circulation des engins, soit de mettre en œuvre une plateforme de protection provisoire en GNT d'au minimum 0.4 m. Cette dernière devra être remise en état régulièrement si nécessaire.

4.3. VOIRIES

Prédimensionnement

Le dimensionnement des assises de chaussée ci-dessous suppose que la couche de forme décrite au paragraphe précédent ait été réceptionnée positivement afin de confirmer la classe de portance en long terme PF3.

Les paramètres de prédimensionnement retenus pour la présente étude sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Trafic PL (PL/jour/sens)	200
Trafic VL (unité/jour/sens)	100
Durée de service d	12 ans
Taux de croissance linéaire du trafic t	2 %

Le prédimensionnement sera fait à l'aide du logiciel ALIZE LCPC. Il calcule des contraintes et des déformations effectives qui sont engendrées par la charge due au trafic dans une structure de chaussée donnée et son sol support. Le dimensionnement se fait par itérations, en comparant les sollicitations engendrées aux sollicitations admissibles. La chaussée est correctement dimensionnée quand la sollicitation engendrée est inférieure à la sollicitation admissible.

Il sera considéré une structure entièrement bitumineuse mise en œuvre sur une plateforme support de classe PF3 avec couche de forme. Dans ces conditions, le non franchissement des seuils admissibles est obtenu pour la structure ci-dessous.

Voirie lourde PL

Niveau	Nature	Epaisseur résultant du calcul
Couche de roulement	BBME	7 cm
Couche de base	EME2	10 cm
Couche de fondation	EME2	
Plateforme support	PF3 avec couche de forme traitée chaux / ciment	

Voirie légère à trafic exclusif VL

Niveau	Nature	Epaisseur résultant du calcul
Couche de roulement	BBSG	5 cm
Couche de base	GB3	9 cm
Couche de fondation	GB3	
Plateforme support	PF3 avec couche de forme traitée chaux / ciment	

Des variantes peuvent être présentées par les Entreprises en fonction de leur technicité et des disponibilités régionales en matériaux d'assises de chaussée. Elles peuvent bien évidemment être adaptées au trafic réel si ce dernier est différent des hypothèses ci-dessus. La structure définitive devra être justifiée au gel/dégel.

Trafic de chantier

Il conviendra de vérifier en phase PRO et EXE que le trafic de chantier est compatible avec le dimensionnement de la structure de voirie. Si tel n'était pas le cas, une justification de la structure de chaussée devrait être réalisée avec le trafic le plus défavorable.

Un plan de gestion du trafic de chantier devra être réalisé de manière à ne pas détériorer les plateformes et structure de chaussée dont le dimensionnement ne serait pas adapté au trafic chantier.

Déformations

Les voiries seront réalisées sur des sols remblayés dont l'épaisseur n'est pas connu.

Le tassement de ces sols sous leur poids propre pourra générer des déformations pluricentimétriques de la voirie et donc l'apparition de « *flashes* » plus ou moins importants selon l'endroit.

La conséquence, c'est que des travaux de maintenance et d'entretien de la voirie pourront être nécessaires de façon plus fréquente qu'à l'accoutumé (par exemple, nivellement par rechargement d'enrobé, colmatage de fissures pour éviter l'infiltration des eaux dans les remblais, etc ...).

4.4. FONDATIONS SUPERFICIELLES

Mode de fondation

Compte tenu du contexte géotechnique mis en évidence par les sondages et de la nature de l'ouvrage (transtockeur lourdement chargé), il est proposé une solution de fondation superficielle par radier général.

Le radier sera coulé sur une plateforme en sol traité compactée d'au moins 0.35 m d'épaisseur dont la méthodologie et les contraintes de réceptions sont fournies au paragraphe « couches de forme sous voiries et radiers ».

Dans tous les cas, la mise hors-gel devra être assurée soit par l'encastrement du radier, soit par la mise en place de bûches périphériques descendues à une profondeur minimale de 0.9 m par rapport au niveau du Terrain Naturel extérieur après travaux.

Méthode de calcul et paramètre dimensionnel

L'estimation de la portance et des tassements a été réalisée avec le logiciel FOXTA V3 développé par TERRASOL (module Fondsup et Tasplaq).

Les paramètres d'entrée utilisés sont les suivants :

- ➔ Dimension du radier (L x l x h) : 112 x 52 x 0.5 m (1 palletier), poids du radier 11 kPa
- ➔ Surcharge répartie sur le radier : # 80 kPa
- ➔ Modules d'Young E_y des couches de sol : $E_y = E_m/\alpha$ (valeur sécuritaire)

Afin d'apprécier le caractère différentiel des déformations, les calculs ont été menés pour les 2 modèles géotechniques suivants :

- ➔ Modèle 1 : substratum crayeux à faible profondeur (zone Ouest du projet) en retenant un déchargement des terres de l'ordre de 4.5 m soit environ 80 kPa,
- ➔ Modèle 2 : substratum crayeux plus en profondeur (zone Nord et Est du projet) en retenant un déchargement des terres de l'ordre de 2.5 m soit environ 45 kPa.

Pour apprécier la portance, le modèle n°2 a été retenu en appliquant la pression limite de la formation n°2 ($pl^*=0.9$ MPa) à l'ensemble du modèle.

Dimensionnement statique

D'après la norme NF P 94-261 du 15 juin 2013 "*Justification des Ouvrages Géotechniques. Norme d'application nationale de l'Eurocode 7. Fondations superficielles*", la contrainte de rupture du sol q_{net} est donnée par la relation :

✓
$$q_{net} = k_p \cdot pl_e^* \cdot i_\delta \cdot i_\beta$$

Avec K_p : facteur de portance dépendant de la profondeur d'encastrement relative et de la forme de la fondation,

pl_e^* : pression limite nette équivalente du sol sous la base de la fondation

i_δ : Coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement (1,0 si vertical).

i_β : Coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus de pente β (1,0 si $d > 8B$).

Par application de la relation précédente, la contrainte de rupture obtenue pour une charge verticale centrée est alors la suivante :

Contrainte de rupture q_{net}	0.73 MPa
---	----------

Les valeurs en résultant à l'Etat Limite Ultime ELU et à l'Etat Limite de Service ELS sont les suivantes :

ETAT LIMITE ULTIME ELU FONDAMENTAL	
Coefficient partiel de modèle $\gamma_{r;d;v}$	1.2
Coefficient partiel de résistance $\gamma_{r;v}$	1.4
Contrainte ELU	0.43 MPa

ETAT LIMITE DE SERVICE ELS QUASI PERMANENT+CARACTERISTIQUE	
Coefficient partiel de modèle $\gamma_{r;d;v}$	1.2
Coefficient partiel de résistance $\gamma_{r;v}$	2.3
Contrainte ELS	0.26 MPa

A noter que ces valeurs de contraintes admissibles ne prennent pas en compte la vérification aux déformations qui constitue le seul critère de dimensionnement. Cet aspect du problème est abordé dans le paragraphe suivant.

Tassements

Les notes de calcul correspondantes peuvent être consultées dans la partie annexe. Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

- ➔ Modèle 1 : Tassement théorique absolu maximal de 0.2 cm
- ➔ Modèle 2 : Tassement théorique absolu maximal de 1.0 cm.

Les tassements différentiels attendu sont donc de l'ordre du centimètre.

Ces amplitudes de tassements absolus et différentiels sont a priori compatibles avec l'ouvrage sous réserve de l'avis du BET structure.

On notera que des effets de bord sont à attendre, ils entérineront des tassements différentiels de l'ordre du centimètre, une rigidification de ces zones est à prévoir selon l'avis du BET structure.

Module de réaction

Il est rappelé au préalable que le coefficient de raideur n'est pas une caractéristique intrinsèque du sol mais un artifice de calcul pour la modélisation structurelle.

Le k_v n'est valable en toute rigueur que pour un sol homogène et un chargement défini. Dans le cas contraire, il est variable en fonction de l'importance du chargement (emprise et intensité).

Dans le cas d'une fondation sur radier, la raideur vertical k_v peut être estimée par la relation suivante :

✓

$$k_v = \frac{q_{elsQP}}{s_v}$$

Avec q_{elsQP} : Contrainte moyenne appliquée par le radier à ELS QP = 145 kPa,
 s_v : Tassement sous $q_{ELS QP}$

- ➔ Selon le modèle 1 : $K_v = 45 \text{ MPa/m}$
- ➔ Selon le modèle 2 : $K_v = 9 \text{ MPa/m}$.

Remarques particulières

Le radier du Transtockeur induira des efforts sur les fondations du bâtiment principal prévu en phase 1. Il conviendra en phase PRO de s'assurer que ces efforts n'induiront pas de désordre sur le mitoyen en fonction du mode de fondation retenu (non connu au stade de cette étude mais prévu à priori sur inclusions ou massifs isolés).

4.5. FONDATIONS MIXTES RADIER/PIEUX

Si les déformations absolues et différentielles théoriques calculées ne sont pas compatible avec la destination du projet, il conviendra de prévoir la réalisation d'un système de fondation mixte de type radier/pieux qui permettra de diminuer à la fois les déformations absolues et différentielles mais également les effets de bord.

Mode de fondation par pieux

Compte tenu du contexte géotechnique présenté plus haut, les charges devront être reportées sur des fondations profondes de type pieux-forés. Ils seront ancrés dans les sols crayeux résistants de la formation 3b.

Le contexte géotechnique mis en évidence par les sondages permet d'envisager une technique de tarière creuse à injection axiale de béton, catégorie 6 de la norme NF P94-262 de juillet 2012 « *Justifications géotechniques. Normes d'application nationale de l'Eurocode 7. Fondations profondes* ». Le matériel sera équipé d'un dispositif d'enregistrement des paramètres de forage et de bétonnage.

Les calculs suivants seront réalisés en application de la NF P94-262 ci-dessus, selon la procédure du modèle de terrain, en utilisant la méthode pressiométrique et les paramètres des modèles géotechniques.

Pour les modèles géotechniques « Modèle 1 » et « Modèle 2 », les caractéristiques à retenir au stade actuel des études pour le dimensionnement des fondations du type envisagé (catégorie 6) sont données dans les tableaux ci-après pour un niveau de plateforme terrassement à 106.1 NGF (Niveau Fini à prévu à 106.6 NGF et radier de 0.5 m d'épaisseur)

Modèle n°1 : substratum crayeux à faible profondeur (zone Ouest du projet)

Caractéristiques pour un pieu de Catégorie 6 (tarière creuse)				
Formation	Base (m)	PI* (Mpa)	kp	qs; i (kPa)
Formation 3a : Craie altérée	103.0	2.8	/	183
Formation 3b : Craie	/	4.3	1.6	200

Modèle n°2 : substratum crayeux plus en profondeur (zone Nord et Est du projet)

Caractéristiques pour un pieu de Catégorie 6 (tarière creuse)				
Formation	Base (m)	PI* (Mpa)	kp	qs; i (kPa)
Formation 2 : Argile à silex	103.2	0.9	/	négligé
Formation 3a : Craie altérée	98.6	2.8	/	183
Formation 3b : Craie	/	4.3	1.6	200

Concernant les frottements latéraux, il s'agit des valeurs unitaires limites pour des pieux travaillant en compression ou en traction.

Estimation des tassements de la solution de fondations mixte Radiers + Pieux

En l'absence de matelas de répartition entre la tête du pieu et la sous-face du radier, il ne s'agit pas d'un renforcement de sol mais bien d'un mode de fondation mixte. La méthode de calcul utilisée pour dimensionner un réseau d'inclusions rigides ne peut donc pas s'appliquer au cas qui nous intéresse.

Une estimation des déformations devra être réalisée dans le cadre d'une mission de conception géotechnique phase PRO et/ou d'exécution EXE, une fois le maillage de pieux défini. Cette estimation théorique des déformations sera le critère dimensionnant de l'ouvrage.

La méthode de calcul dite du « *pieu réducteur de tassement* » proposée par TERRASOL pourra être utilisée pour l'estimation des déformations, les valeurs théoriques absolues et différentielles obtenues devront être compatibles avec la destination de l'ouvrage. Si tel n'était pas le cas, une nouvelle estimation devra être réalisée avec un maillage resserré des pieux.

5. LIMITES DE PRESTATIONS DE LA MISSION G2AVP

L'étude géotechnique de conception phase avant-projet G2AVP a mis en évidence les points et aléas suivants :

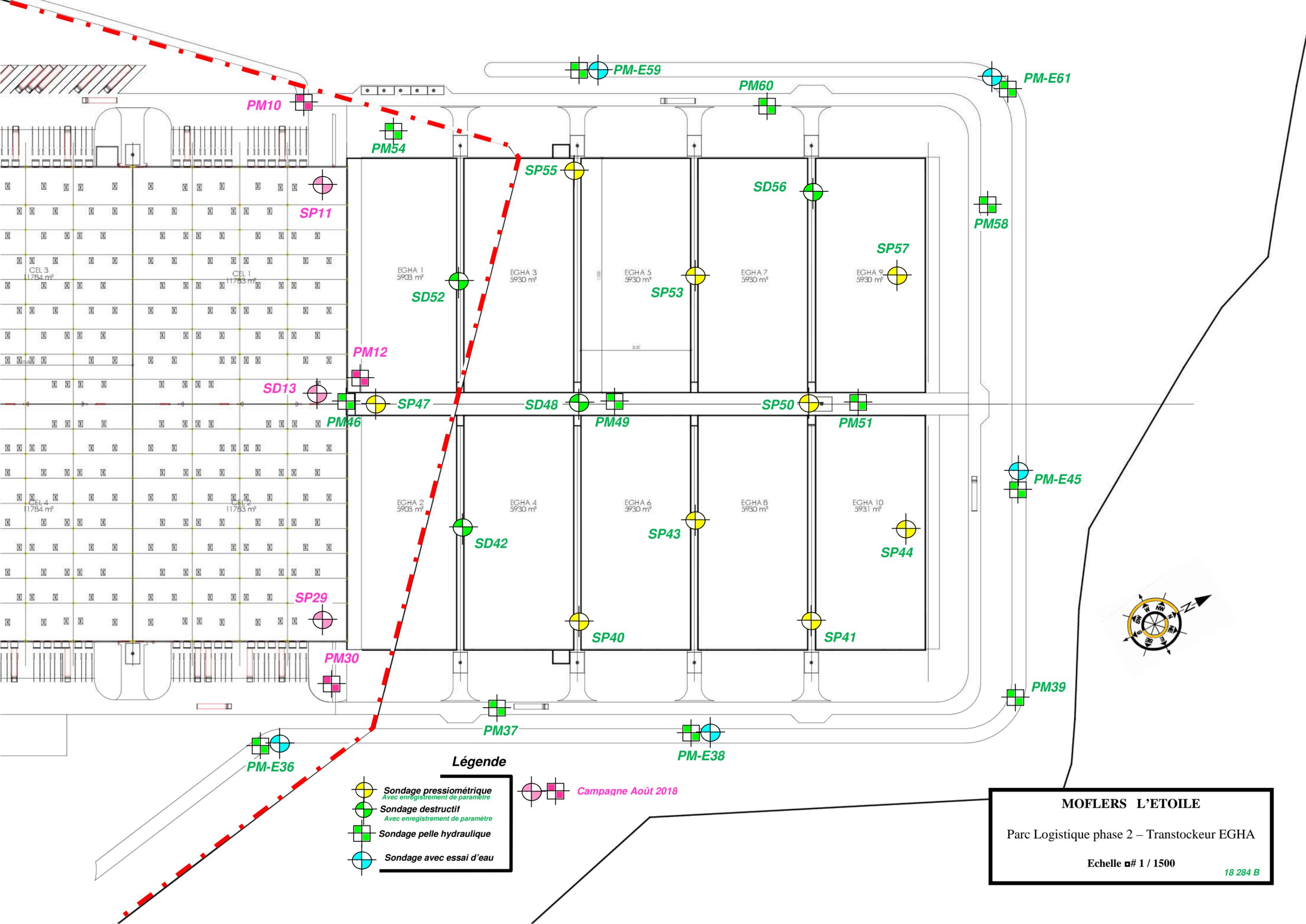
- ➔ talus provisoires et définitifs en déblais et remblais importants nécessitant des études de stabilités,
- ➔ fouille du projet prévue 3.5 m sous le niveau fini du mitoyen (phase 1) pouvant nécessiter un soutènement provisoire permettant d'assurer la stabilité des ouvrages,
- ➔ solution mixte radier pieux,

Dans ces conditions, et compte tenu de l'ampleur des travaux géotechniques, il est demandé que cette étude géotechnique de conception phase AVP soit complétée par une étude géotechnique de conception phase Projet (G2PRO) à l'appui d'investigations et essais géotechniques complémentaires le cas échéant.

Dans la mesure où la norme NF P94-500 prévoit que la conception des ouvrages géotechniques est du ressort du Géotechnicien dans le cadre de missions spécifiques de type G₂ phase PRO à G₄, la Société SOGEO Expert se tient à la disposition des Responsables Techniques du projet pour les assurer. Il en est de même pour tout renseignement complémentaire du domaine de la mission G₂ phase AVP, cadre du présent rapport.

ANNEXE

Plan et coupes de sondages



PM10

PM54

PM-E59

PM60

PM-E61

SP11

SP55

SD56

PM58

SP57

CEL 3
11784 m²

CEL 1
11783 m²

EGHA 1
5903 m²

EGHA 3
5930 m²

EGHA 5
5930 m²

EGHA 7
5930 m²

EGHA 9
5930 m²

SD52

SP53

PM12

SD13

SP47

SD48

SP50

PM46

PM49

PM51

CEL 4
11784 m²

CEL 2
11783 m²

EGHA 2
5903 m²

EGHA 4
5930 m²

EGHA 6
5930 m²

EGHA 8
5930 m²

EGHA 10
5931 m²

SD42

SP43

SP44

SP29

PM-E45

PM30

SP40

SP41

PM39

PM-E36

PM37

PM-E38

Légende

-  Sondage pressiométrique
Avec enregistrement de paramètre
-  Sondage destructif
Avec enregistrement de paramètre
-  Sondage pelle hydraulique
-  Sondage avec essai d'eau

 Campagne Août 2018

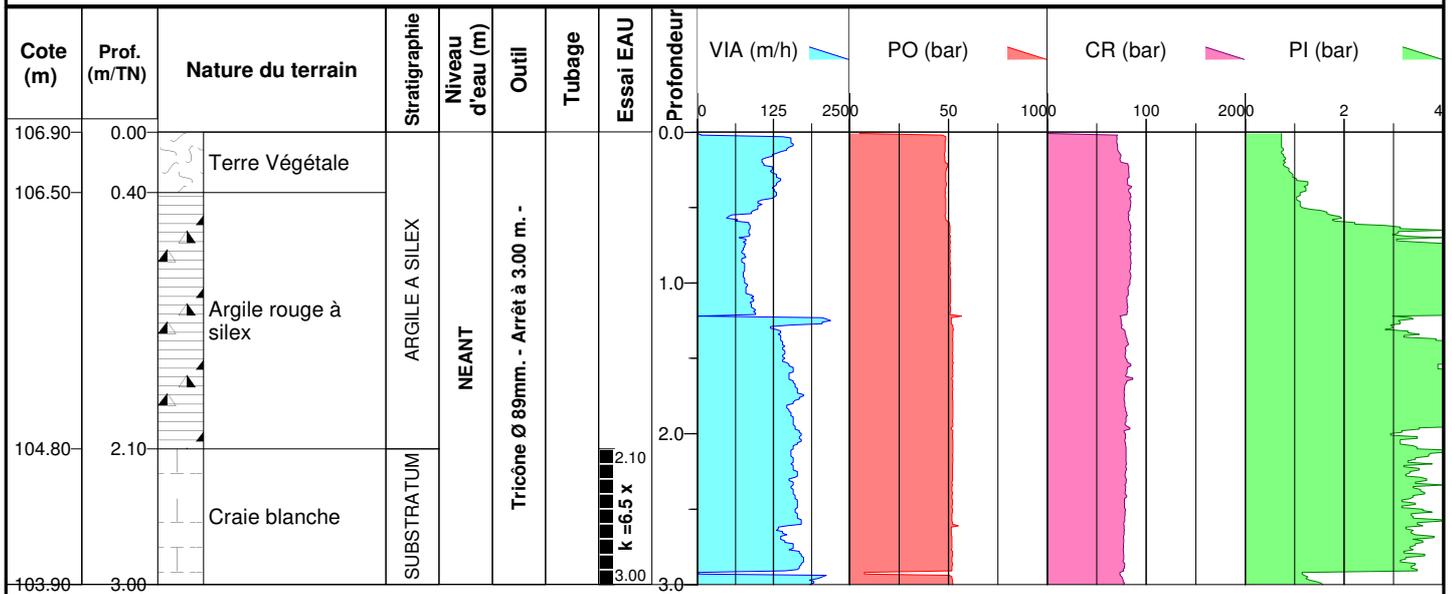
MOFLERS L'ETOILE

Parc Logistique phase 2 – Transtockeur EGHA

Echelle 1 / 1500

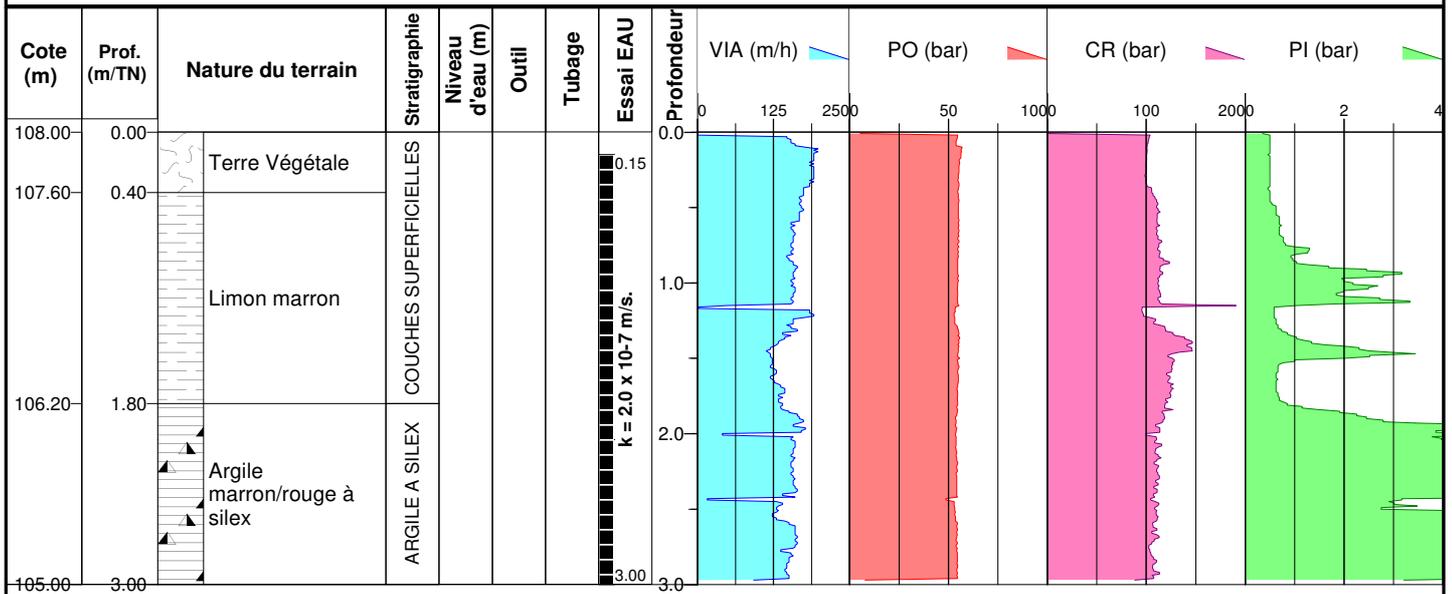
18 284 B

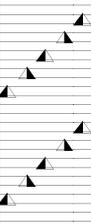
Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	25 50			
106.90	0.00	Terre Végétale	ARGILE A SILEX			NEANT	Pelle Hydraulique - Arrêt à 3,00 m. -	
106.55	0.35	Argile rouge à silex						
104.90	2.00	Craie blanche	SUBSTRATUM		33			
103.90	3.00							

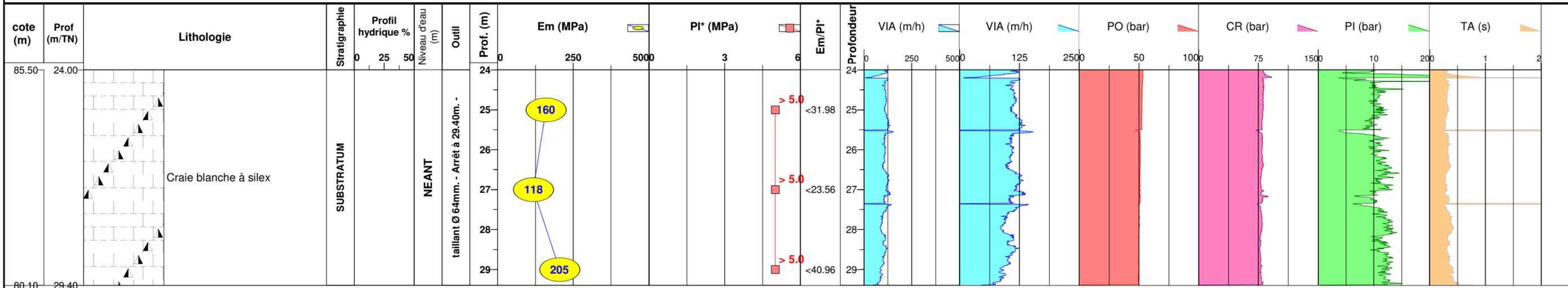


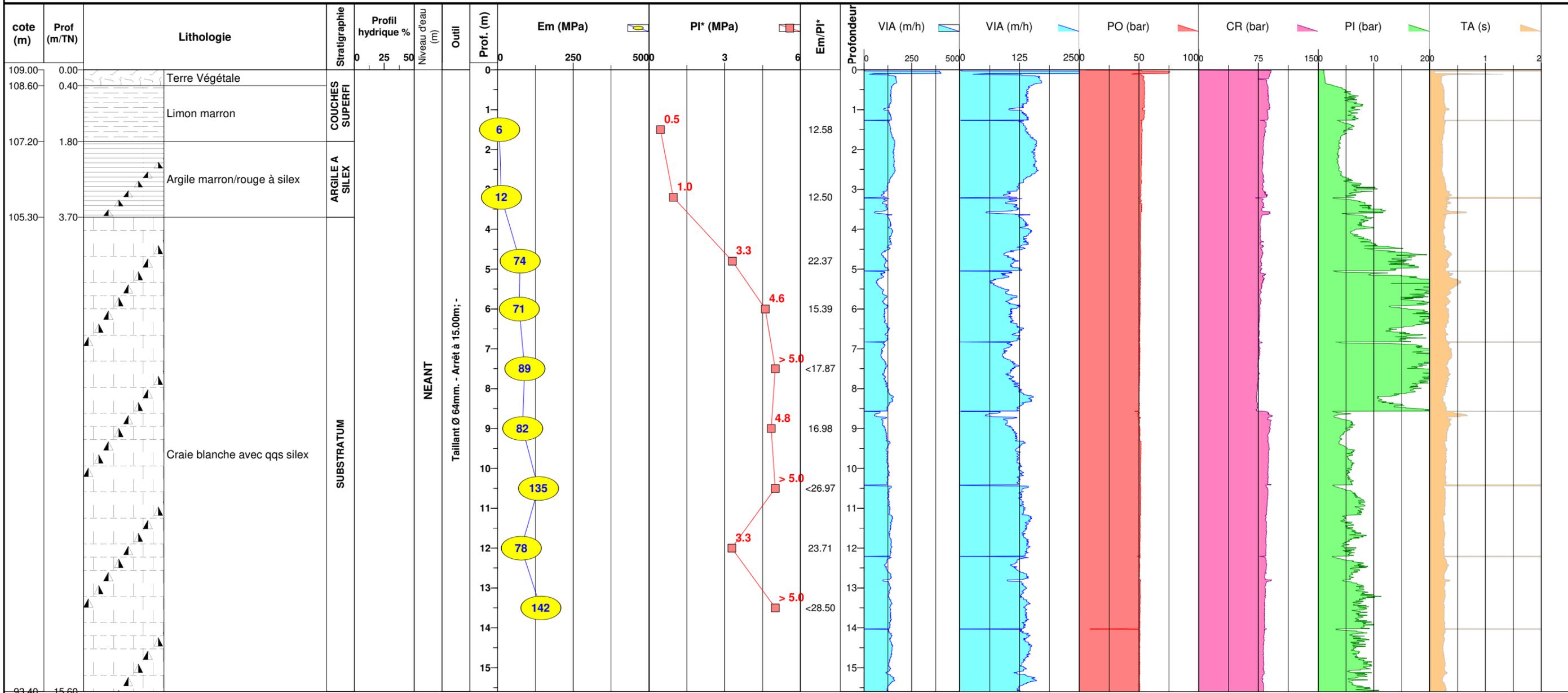
Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	25			
108.30	0.00	Terre Végétale	COUCHES SUPERFICIELLES			NEANT	Pelle Hydraulique - Arrêt à 3.30 m. -	
107.90	0.40	Limon argileux marron						
106.90	1.40	Argile rouge à silex	ARGILE A SILEX					
105.80	2.50	Craie blanche	SUBSTRATUM					
105.00	3.30							

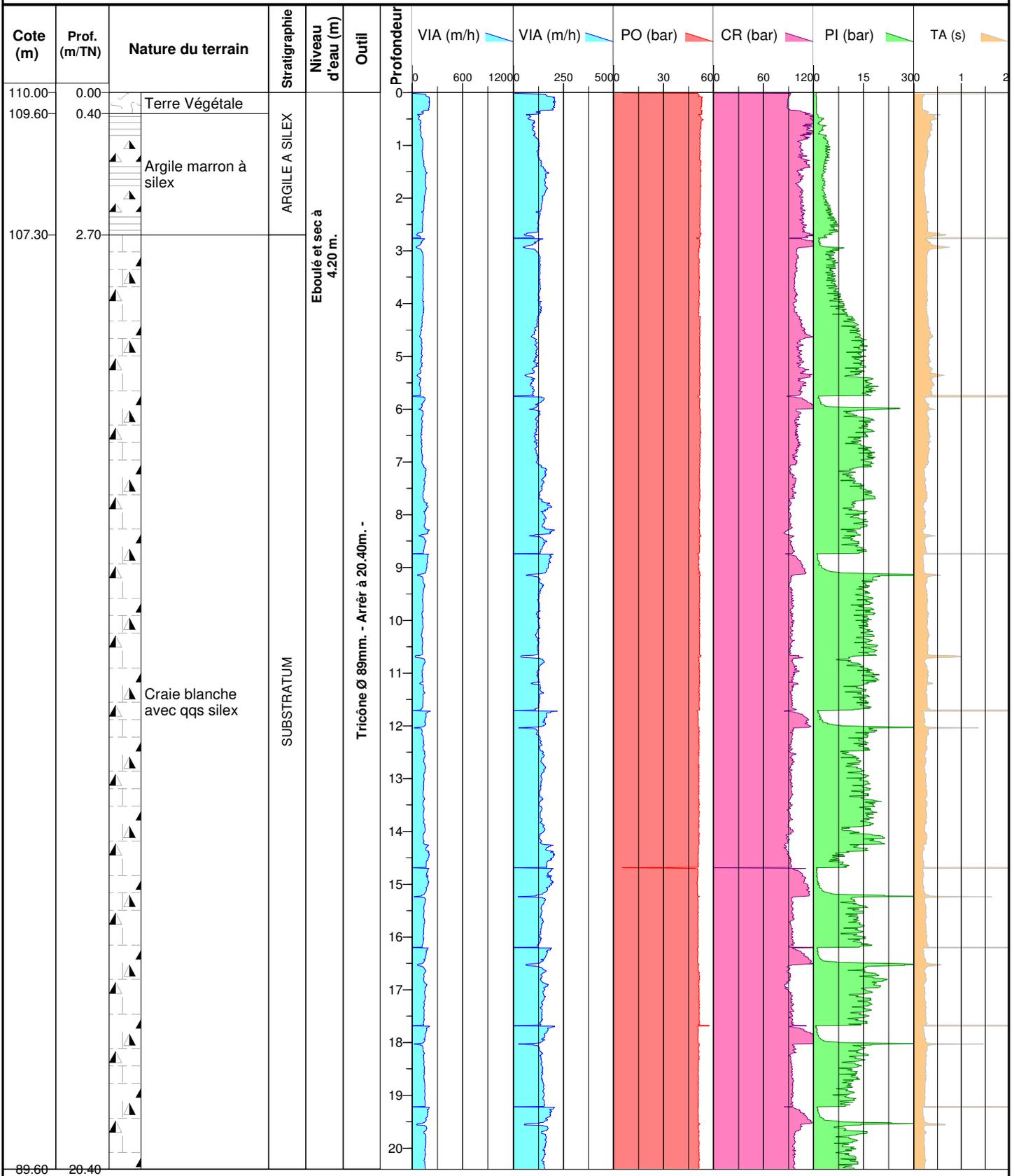
Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	20 40			
108.00	0.00	Terre Végétale						
107.60	0.40	Limon argileux marron	COUCHES SUPERFL.			NEANT		
106.90	1.10	Argile marron/rouge à silex	ARGILE A SILEX	14			Pelle Hydraulique - Arrêt à 3.60 m. -	
104.80	3.20	Craie blanche	SUB STRA					
104.40	3.60							

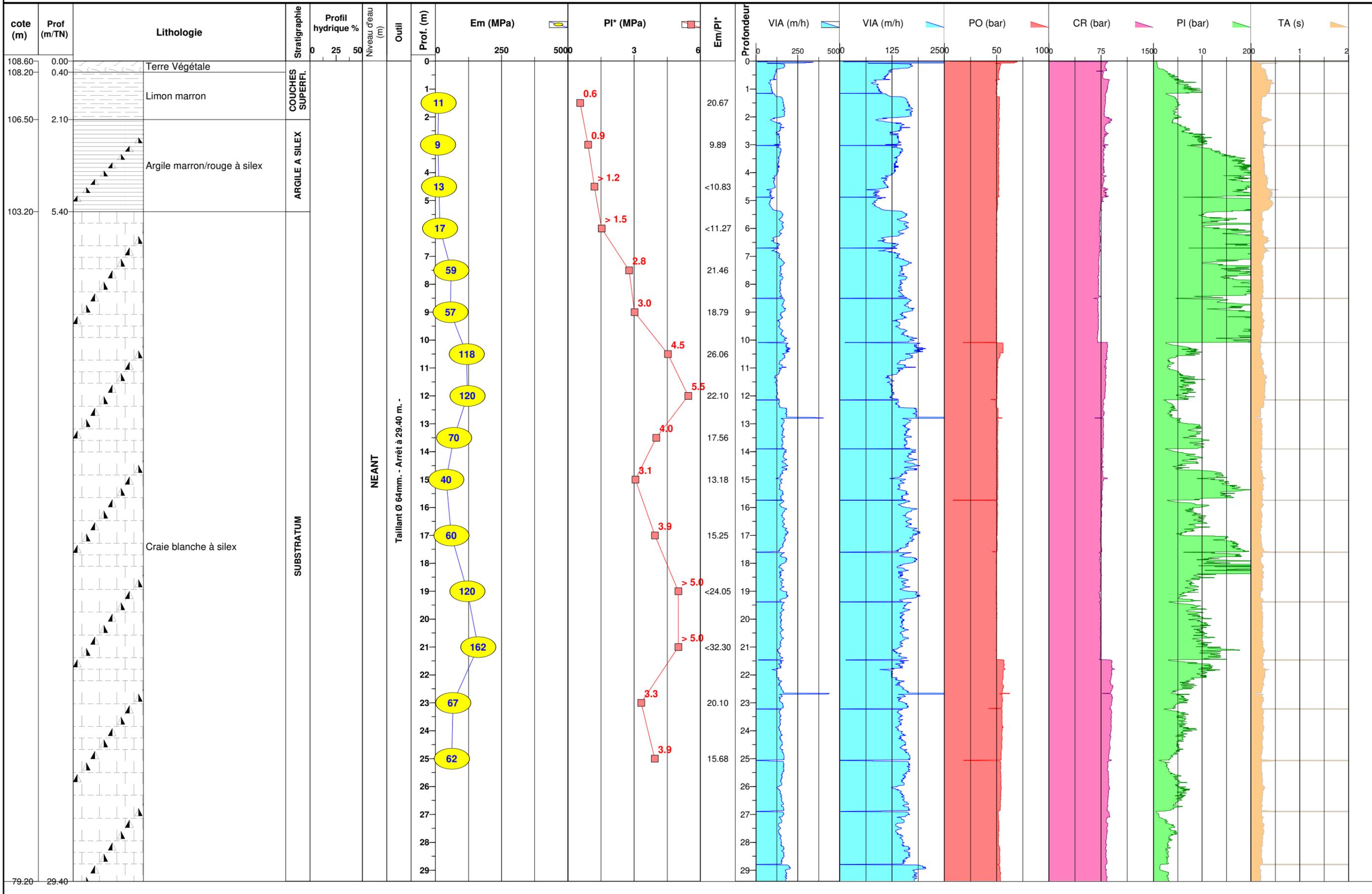


Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	20 40			
105.75	0.00	 Terre Végétale	COUCHES SUPERFICIELLES			NEANT	Pelle Hydraulique - Arrêt à 3.40 m. -	
105.40	0.35	 Limon argileux marron						
104.15	1.60	 Argile rouge à silex						
102.55	3.20	 Craie blanche	SU					
102.35	3.40							









Sondage Pelle Mécanique : PM45

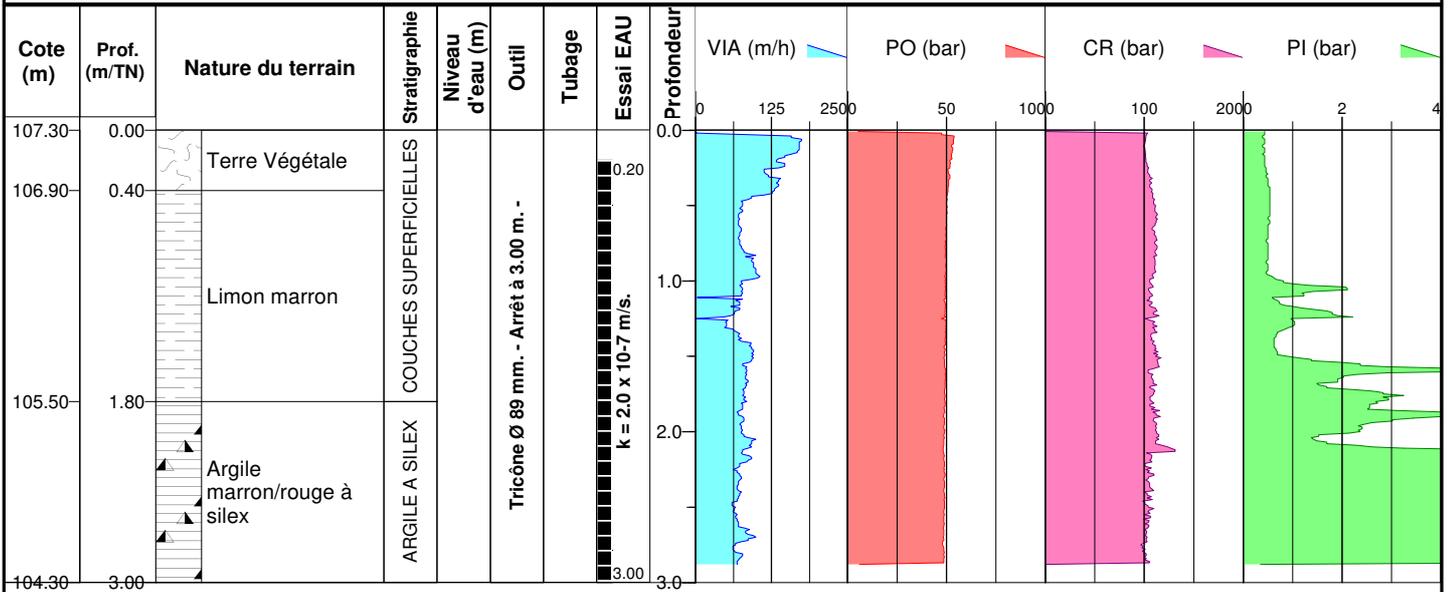
Client : **SCI CJJ GAY LUSSAC**

Affaire : **Parc Logistique phase 2- Transtoc. EGHA**

Date : 28/11/2018

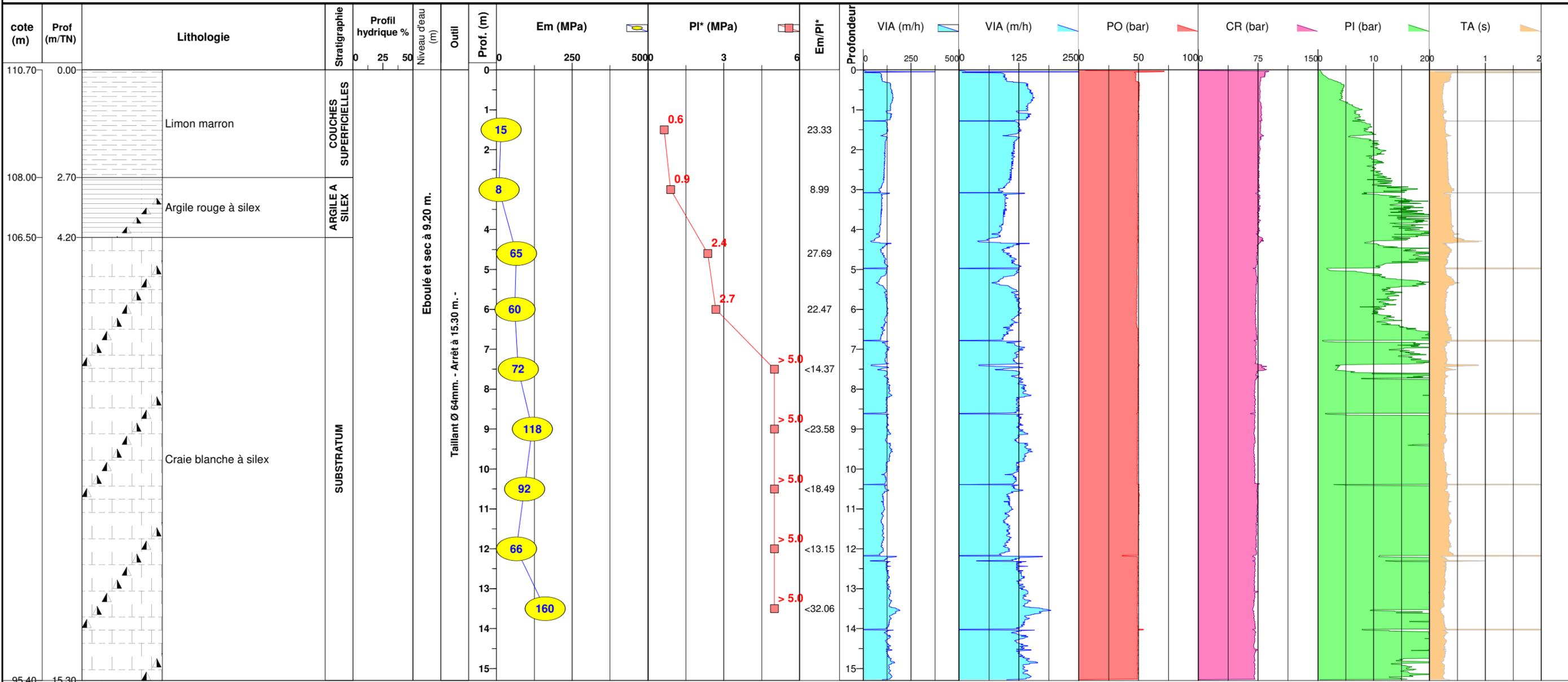
Z : 107,30 m Nivellement NGF

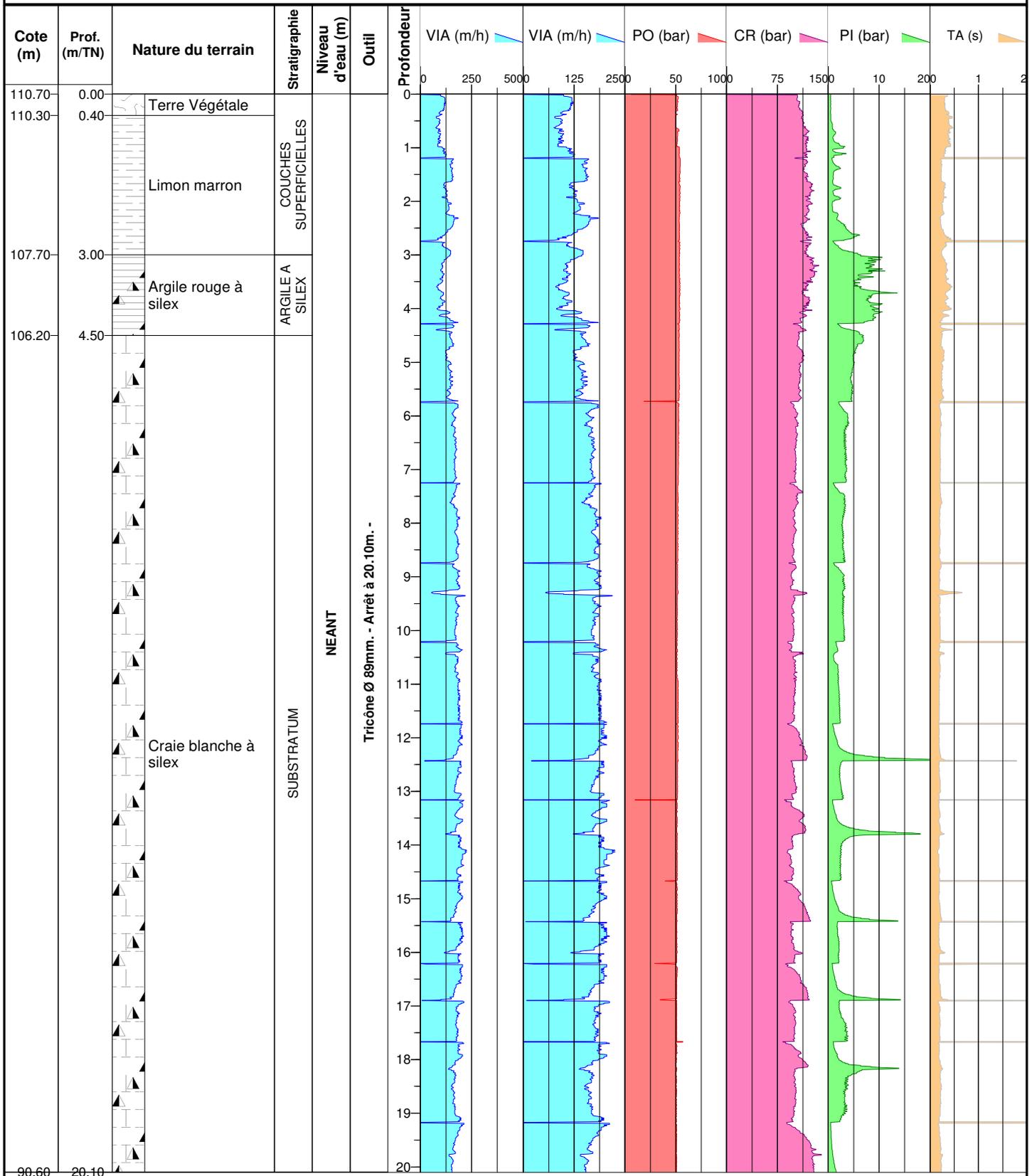
Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	20 40			
107.30	0.00	 Terre Végétale	COUCHES SUPERFL.			NEANT	Pelle Hydraulique - Arrêt à 3,00 m. -	
106.95	0.35	 Limon argileux marron						
106.40	0.90	 Argile rouge à silex	ARGILE A SILEX					
104.30	3.00							



Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	20 40			
110.15	0.00	Limon argileux marron	COUCHES SUPERFICIELLES			NEANT		
108.65	1.50	Argile rouge à silex	ARGILE A SILEX					
107.55	2.60	Craie blanche	SUBSTRATUM					
106.95	3.20							

Pelle Hydraulique - Arrêt à 3,20 m. -





Sondage Pelle Mécanique : PM49

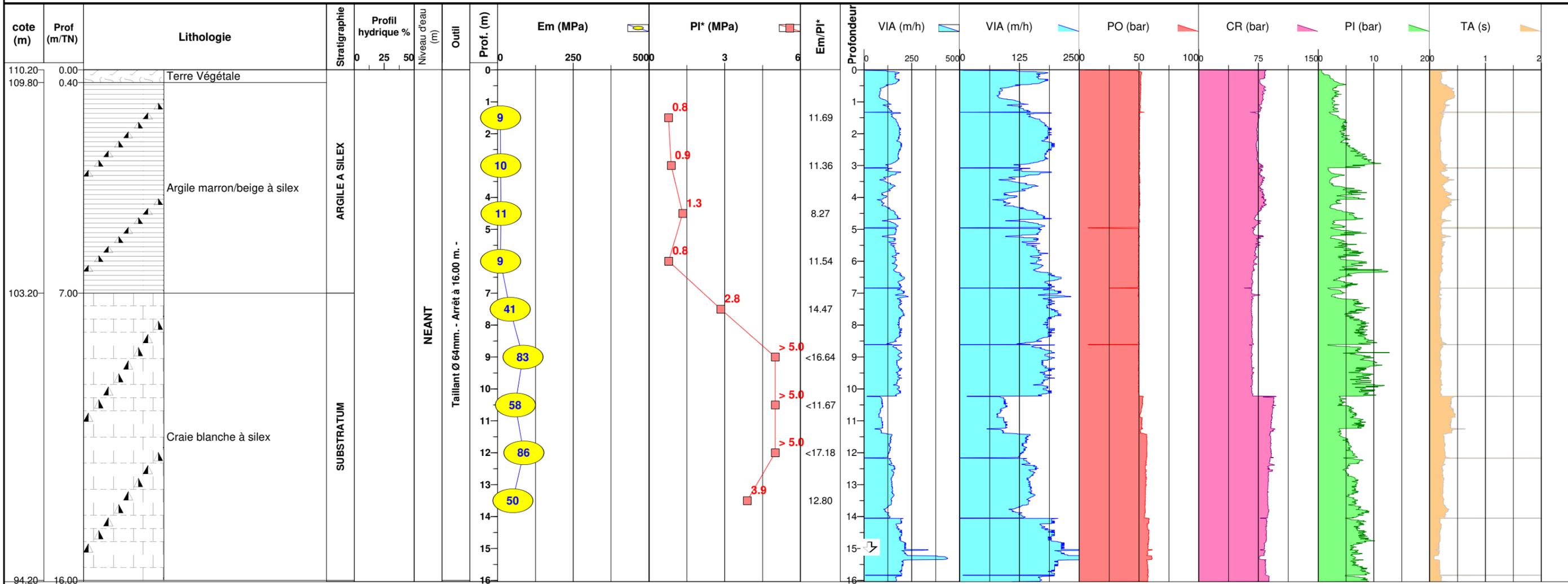
Client : **SCI CJJ GAY LUSSAC**

Affaire : **Parc Logistique phase 2- Transtoc. EGHA**

Date : 28/11/2018

Z : 110,70 m Nivellement NGF

Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	20			
110.70	0.00	Terre Végétale						
110.30	0.40	Argile limoneuse marron	COUCHES SUPERFICIELLES			NEANT	Pelle Hydraulique - Arrêt à 3,00 m. -	
108.20	2.50	Argile rouge à silex	ARGILE SILEX					
107.70	3.00							



Sondage Pelle Mécanique : PM51

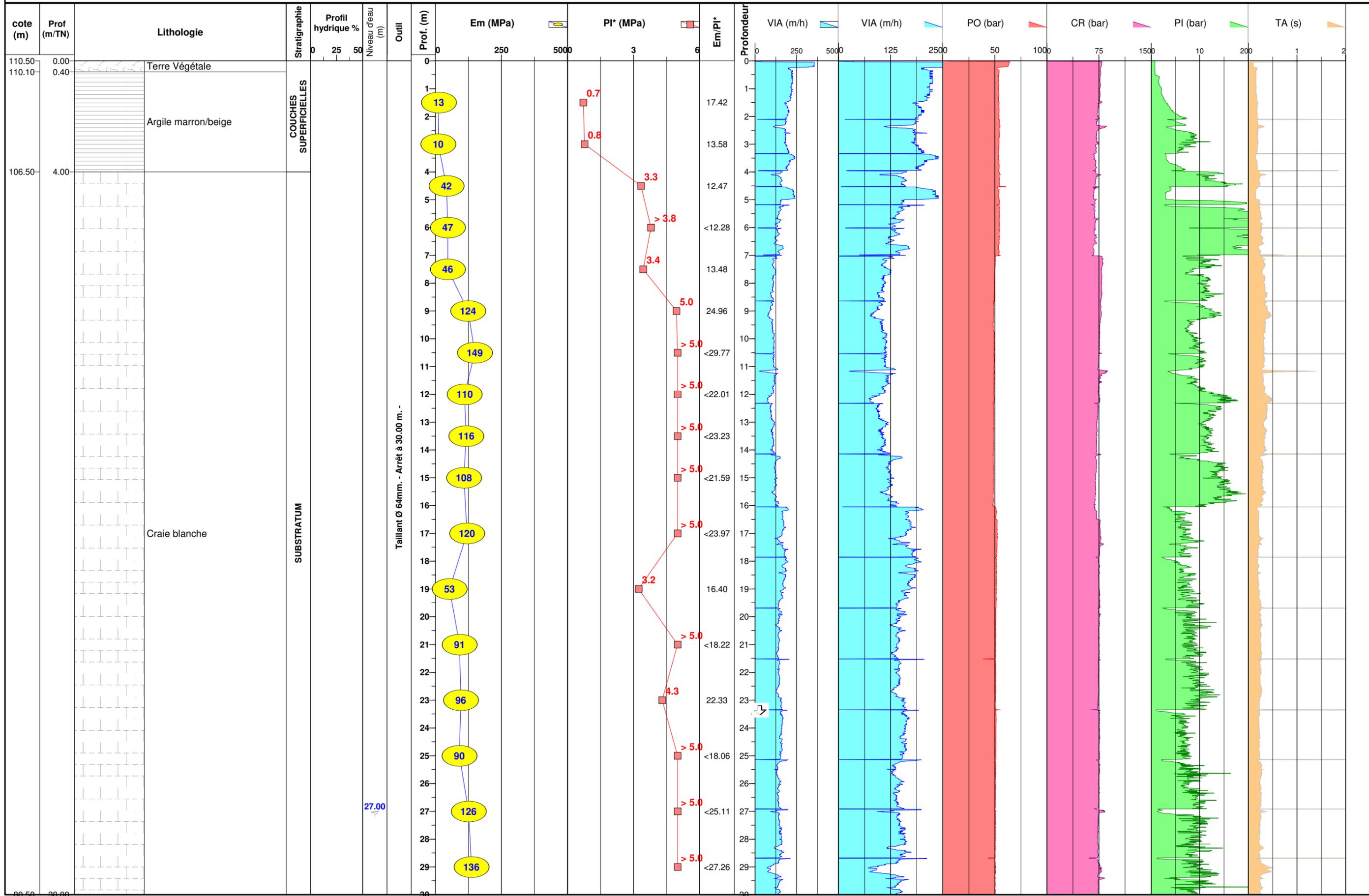
Client : **SCI CJJ GAY LUSSAC**

Affaire : **Parc Logistique phase 2- Transtoc. EGHA**

Date : 28/11/2018

Z : 109,90 m Nivellement NGF

Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	20 40			
109.90	0.00	Terre Végétale						
109.50	0.40	Argile limoneuse marron	COUCHES SUPERFICIELLES	19		NEANT	Pelle Hydraulique - Arrêt à 3.10 m. -	
107.70	2.20	Argile rouge à silex	ARGILE A SILEX					
106.80	3.10							



Sondage Pelle Mécanique : **PM54**

Long. : 3,00 m

Echelle : 1 / 50

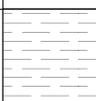
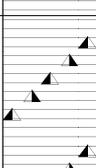
Page : 1 / 1

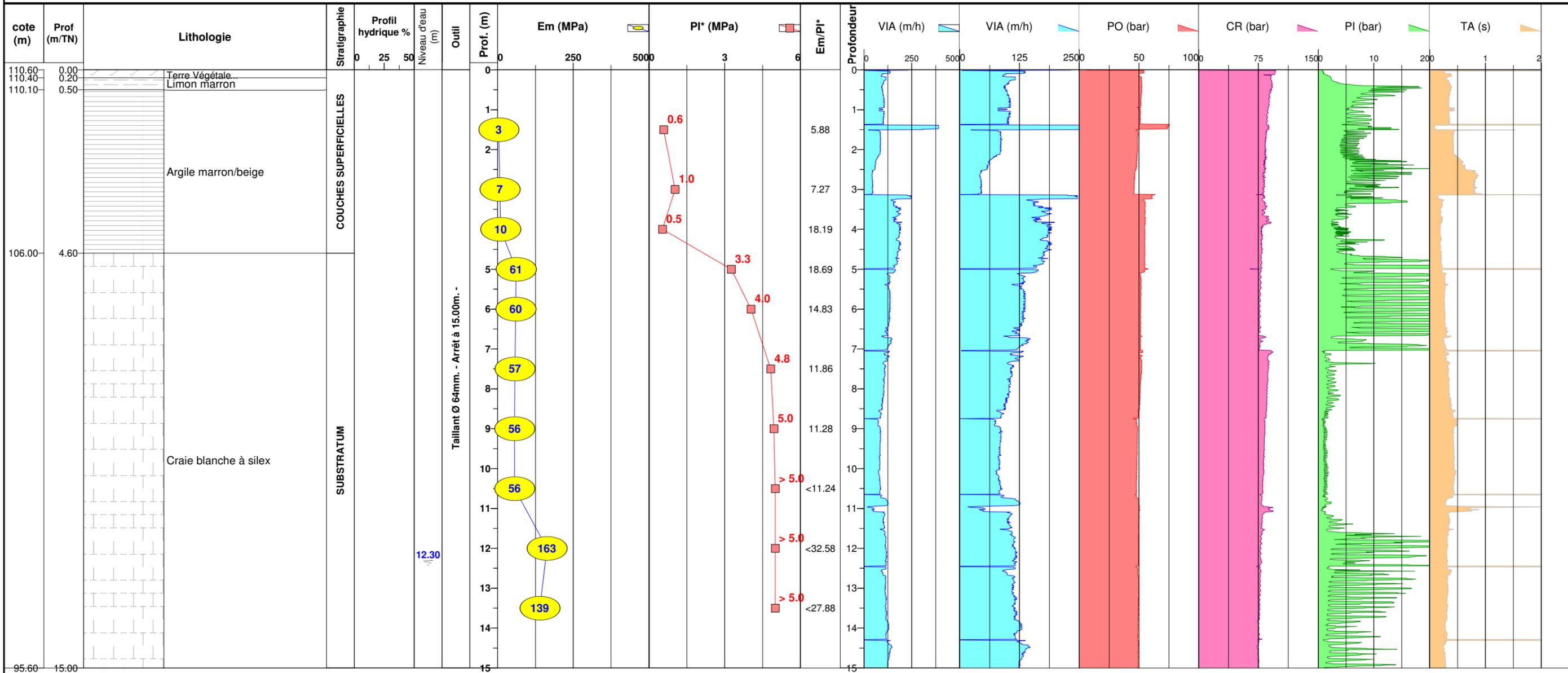
Client : **SCI CJJ GAY LUSSAC**

Affaire : **Parc Logistique phase 2- Transtoc. EGHA**

Date : 28/11/2018

Z : 110,60 m Nivellement NGF

Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	20 40			
110.60	0.00	 Limon argileux marron	COUCHES SUPERFICIELLES			NEANT	Pelle Hydraulique - Arrêt à 3,00 m. -	
109.90	0.70	 Argile marron						
108.70	1.90	 Argile marron/rouge à silex	ARGILE A SILEX					
107.60	3.00							





Dossier : **MOUFLERS L'ETOILE 18 284 B**

Sondage Tarière : ST55

Long. : 1,55

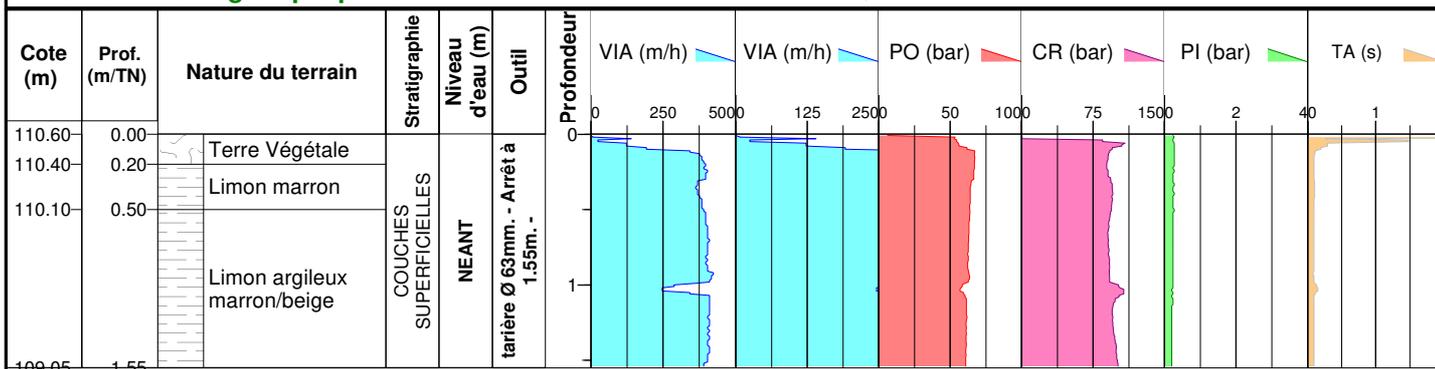
Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Client : **SCI CJJ GAY LUSSAC**

Affaire : **Parc Logistique phase 2- Transtoc. EGHA** Date : 08/11/18 Z : 110,60 m Nivellement NGF

X: Y:



Client : **SCI CJJ GAY LUSSAC**

Affaire : **Parc Logistique phase 2- Transtoc. EGHA** Date : **27/11/18** Z : **110,60 m** Nivellement **NGF**

X:

Y:

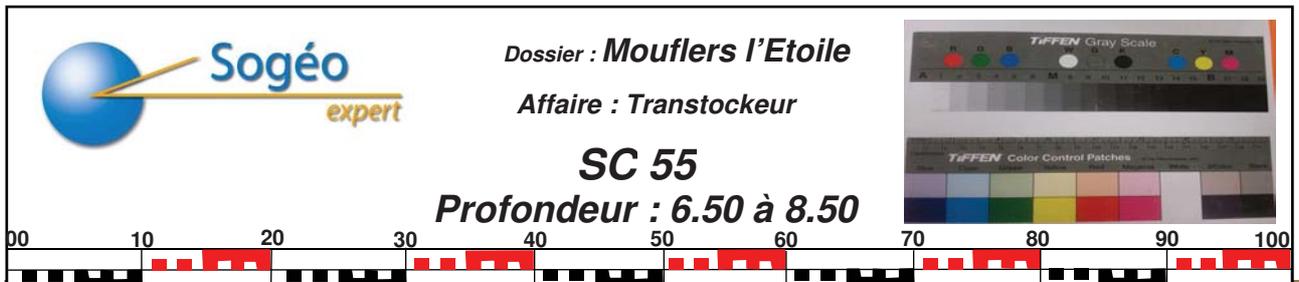
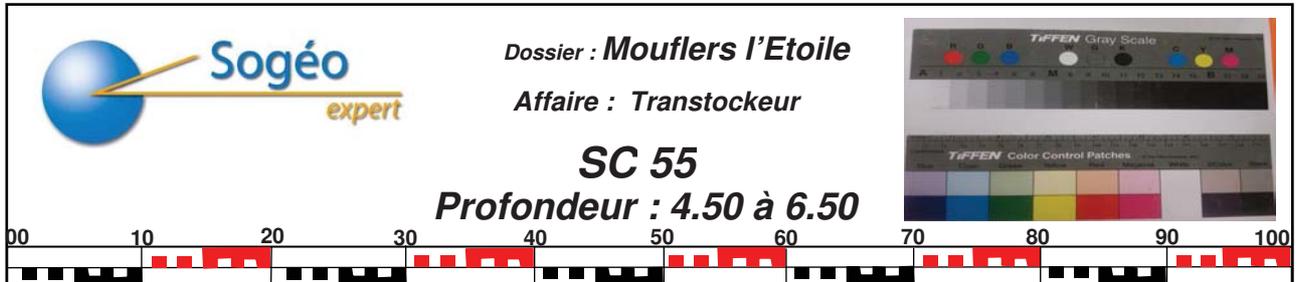
Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Carottage(%)	Essai d'Eau	Outil	Equipement piézomètre	Tubage provisoire	Niveau d'eau	PEI	
0.00		PEI		100		Echantillonneur				0.0	
				100			1.0				
				100			2.0				
				100			3.0				
				100			3.6				
				100			4.5				
4.50			Argile marron	AR	100						
4.70			Craie blanche friable à petits cailloutis de craie dure		100						
5.80			Lit de craie sableuse blanche destructurée		100						
5.90			Craie blanche friable à petits cailloutis de craie dure		100						
8.30		Lit d'argile marron sur craie destructurée blanche à petits blocs de craie Ø 20mm max.)		100							
8.50		Craie blanche friable à petits cailloutis de craie		100							
9.40		Craie destructurée blanche		100							
9.50		Craie blanche friable à petits cailloutis de craie		100							
10.00		Craie destructurée en poudre et petits blocs		100							
10.50		Craie blanche friable à petits cailloutis de craie		100							
12.00				100							

S U B S T R A T U M

Carottier battu Ø 114 mm. - Arrêt à 20.10m. -

Tubage provisoire PW Ø 140mm de 19.00 ml.

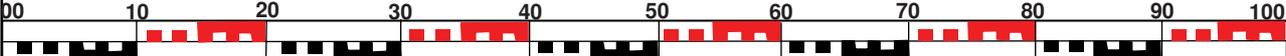
NEANT





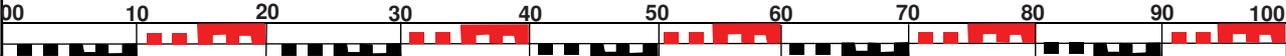
Dossier : Mouflers l'Etoile
Affaire : Transtockeur

SC 55
Profondeur : 8.50 à 10.50

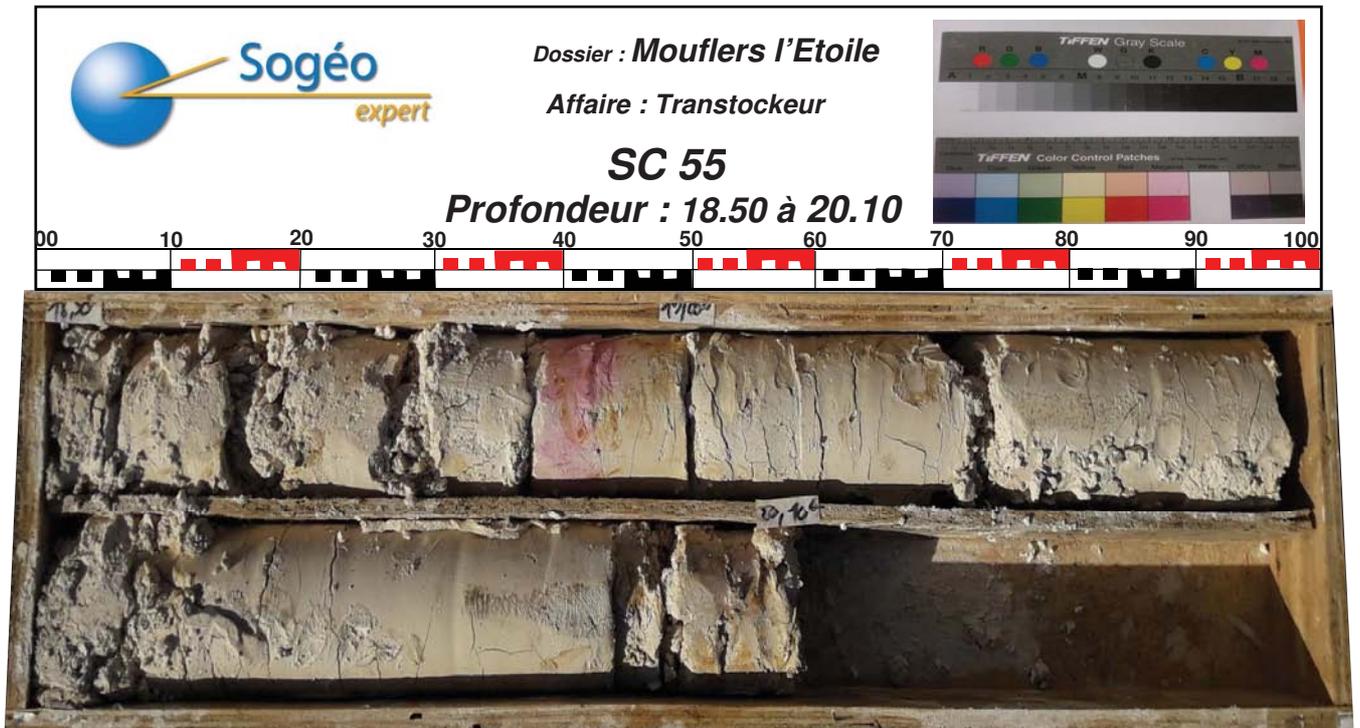
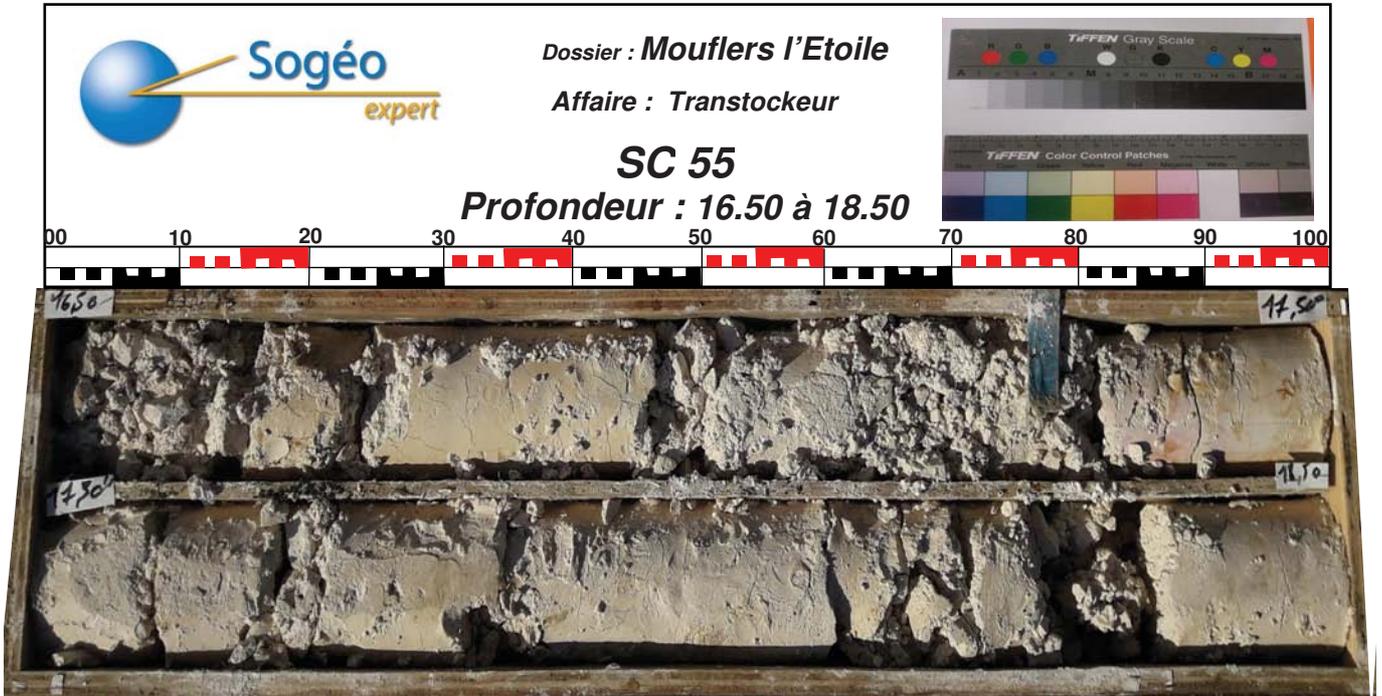


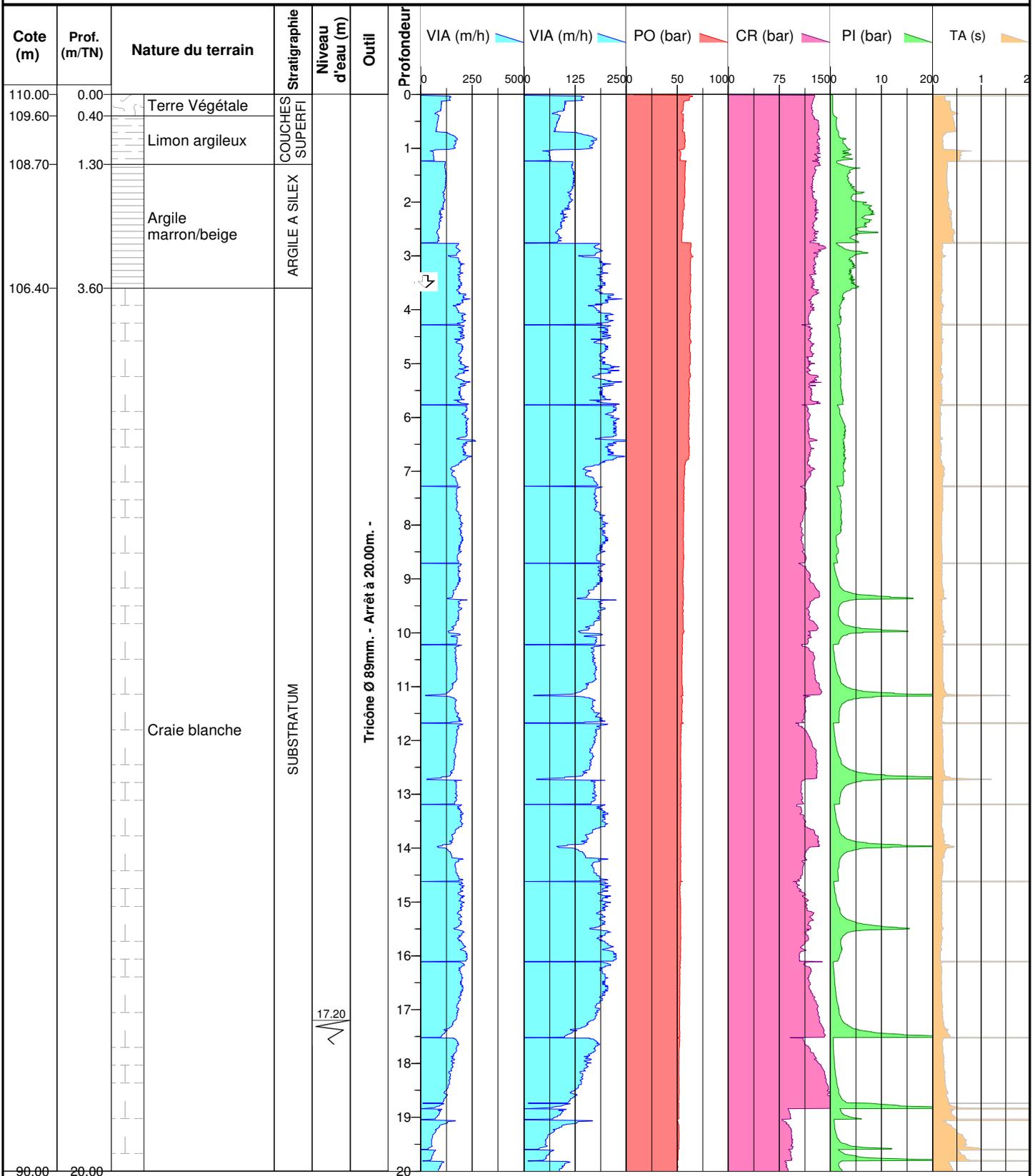
Dossier : Mouflers l'Etoile
Affaire : Transtockeur

SC 55
Profondeur : 10.50 à 12.50



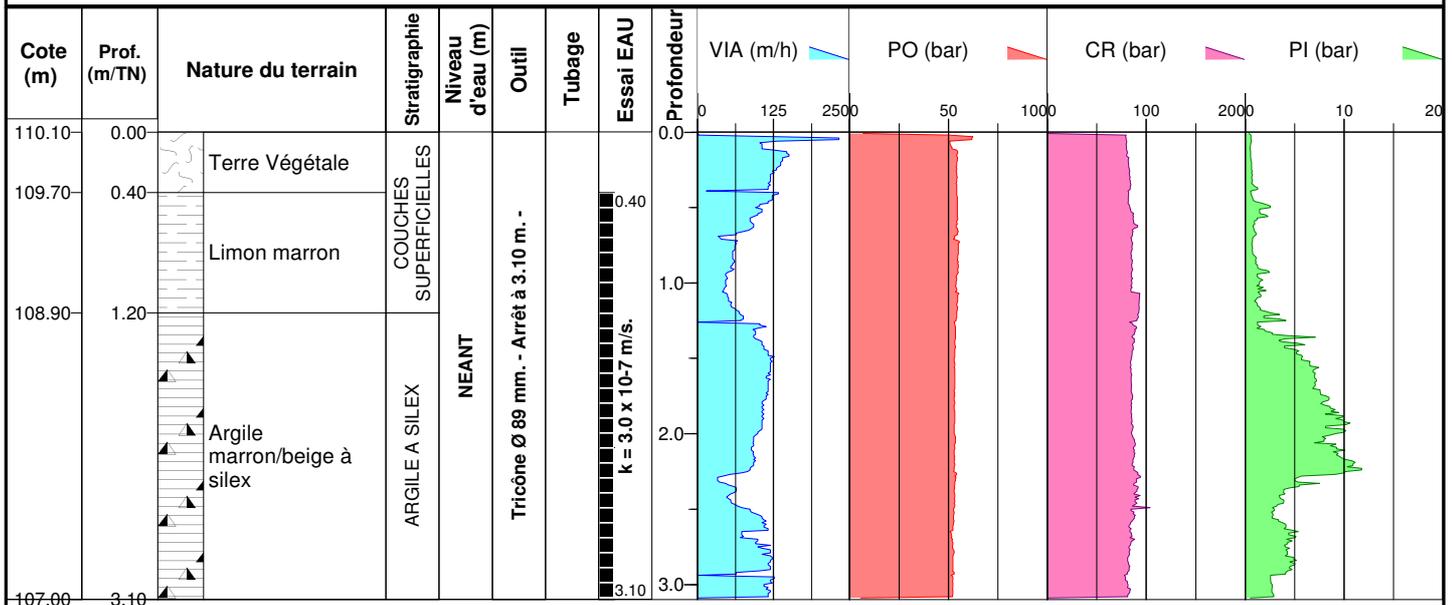






Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	20 40			
108.90	0.00	Terre Végétale	ARGILE A SILEX	21		NEANT	Pelle Hydraulique - Arrêt à 3,00 m. -	
108.55	0.35	Argile marron à silex						
107.80	1.10	Argile rouge à silex						
105.90	3.00							

Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	20 40			
110.10	0.00	Terre Végétale + limon marron	COUCHES SUPERFICIELLES	20		NEANT	Pelle Hydraulique - Arrêt à 3,00 m. -	
109.60	0.50	Limon argileux marron						
108.30	1.80	Argile marron/rouge a silex	SUBSTRATUM					
107.10	3.00							



Sondage Pelle Mécanique : **PM60**

Client : **SCI CJJ GAY LUSSAC**

Affaire : **Parc Logistique phase 2- Transtoc. EGHA**

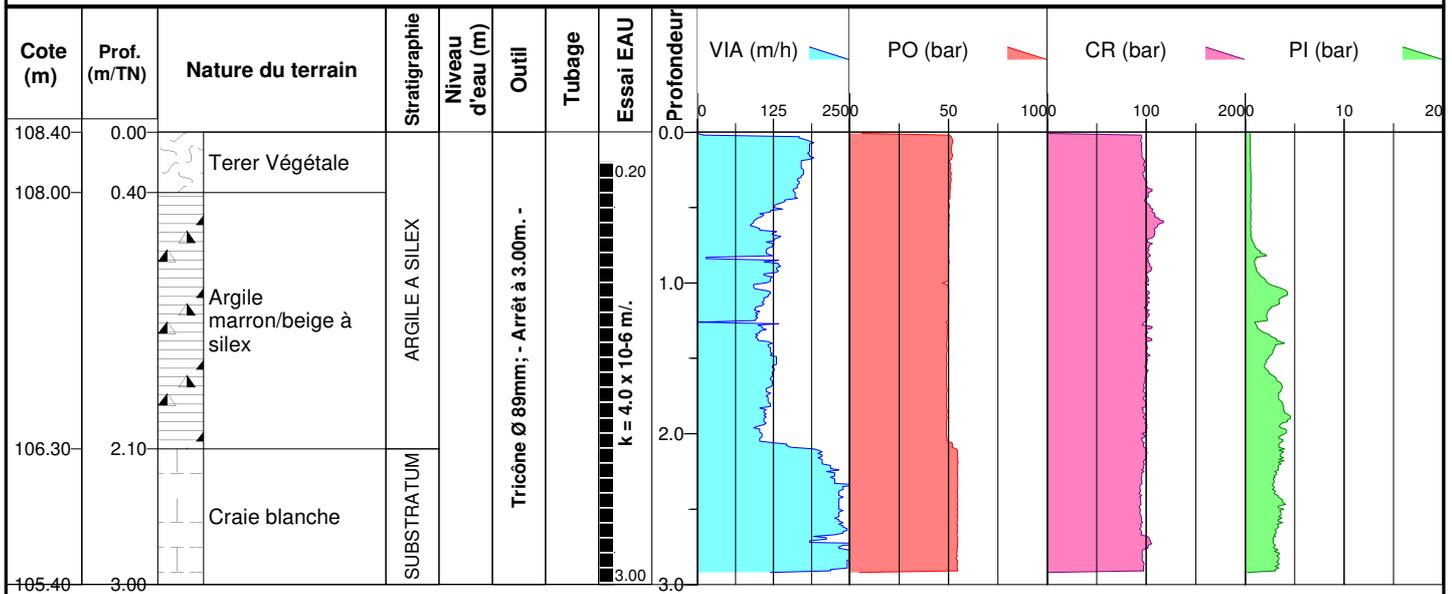
Date : 28/11/2018

Z : 109,90 m

Nivellement NGF

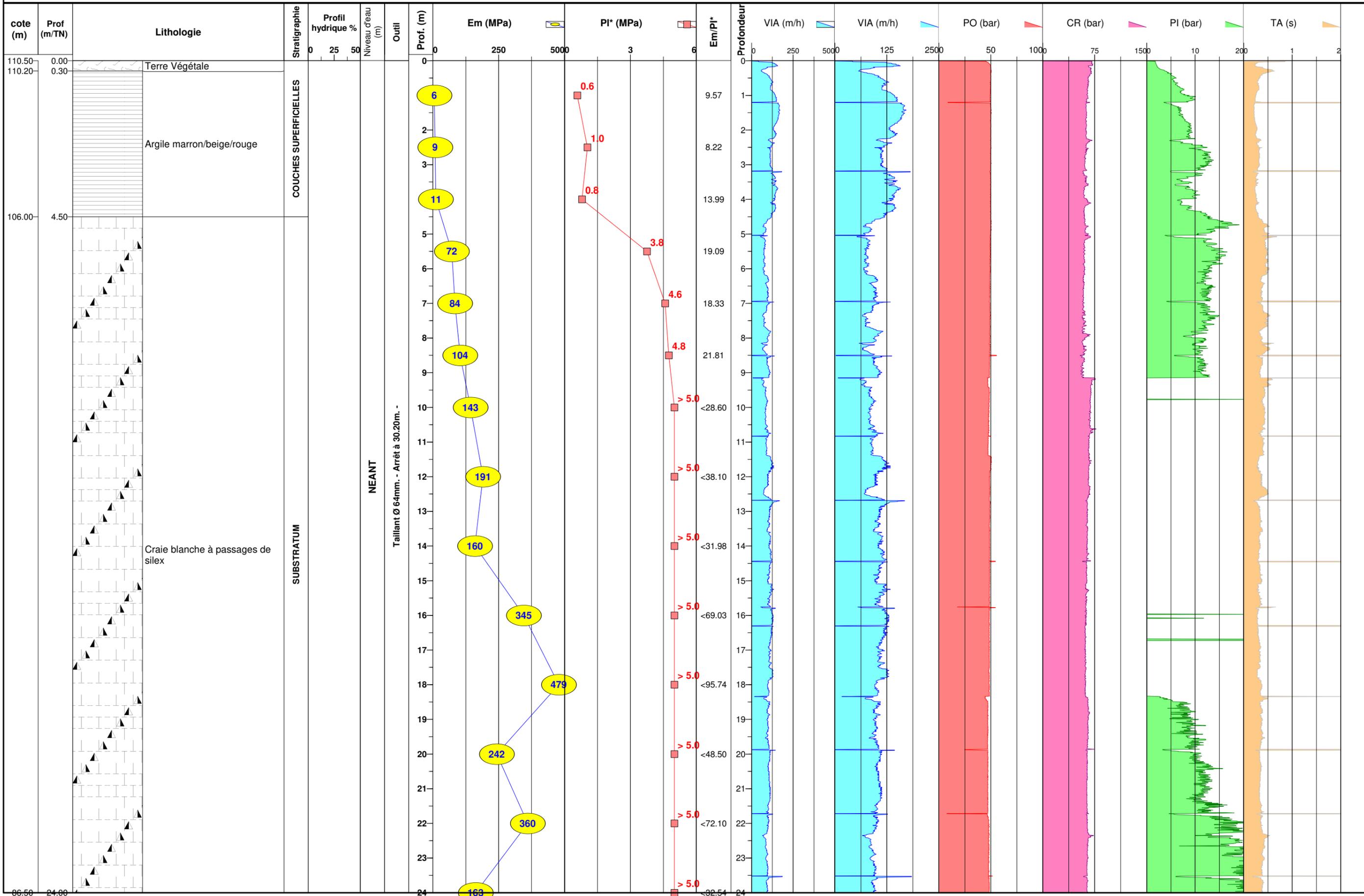
Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	20			
109.90	0.00	Terre Végétale	COUCHES SUPERFICIELLES			NEANT	Pelle Hydraulique - Arrêt à 3,00 m. -	
109.50	0.40	Limon argileux marron						
108.30	1.60	Argile marron/rouge à silex	ARGILE A SILEX					
106.90	3.00							

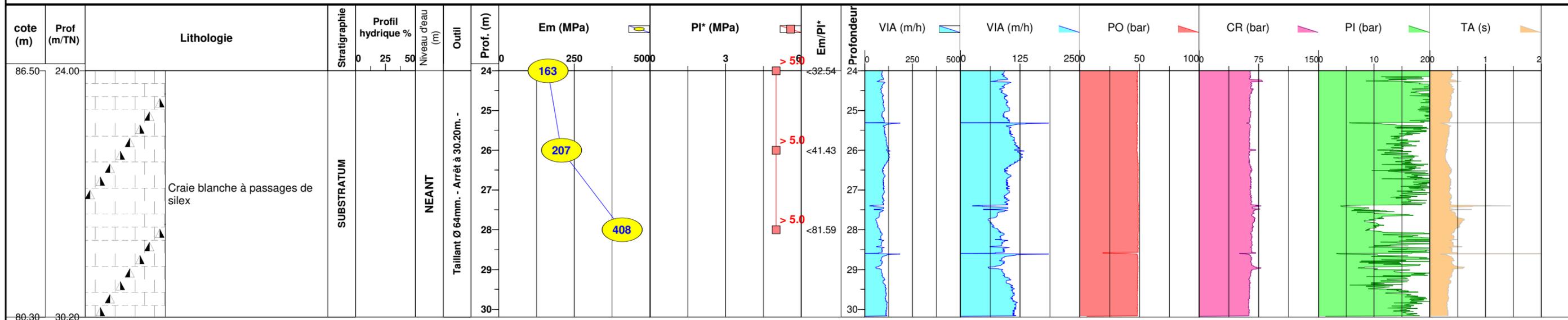
Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	20 40			
108.70	0.00	Terre Végétale	ARGILE A SILEX	25		NEANT	Pelle Hydraulique - Arrêt à 3,00 m. -	
108.30	0.40	Argile marron à silex						
107.60	1.10	Argile bariolée rouge/marron à silex						
105.70	3.00							



Campagne Août 2018

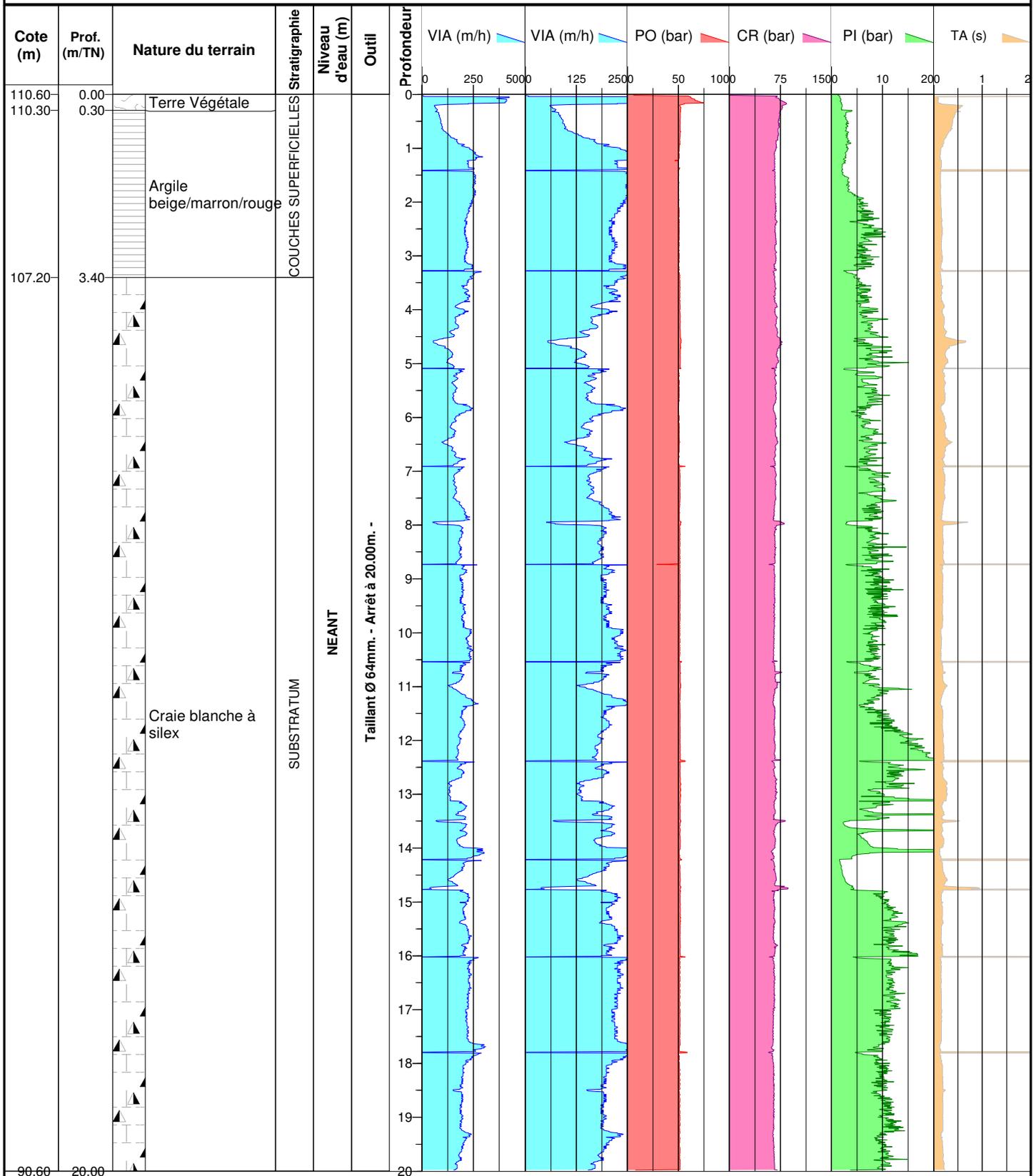
Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	20 40			
110.50	0.00	Terre Végétale	COUCHES SUPERFICIELLES			NEANT	Pelle Hydraulique - Arrêt à 3,00 m. -	
110.20	0.30	Limon marron		19				
109.80	0.70	Limon argileux marron/rouge		19				
108.50	2.00	Argile rouge et jaune à silex	36					
107.80	2.70	Argile rouge à silex et craie	39					
107.50	3.00		SUBSTRATUM					

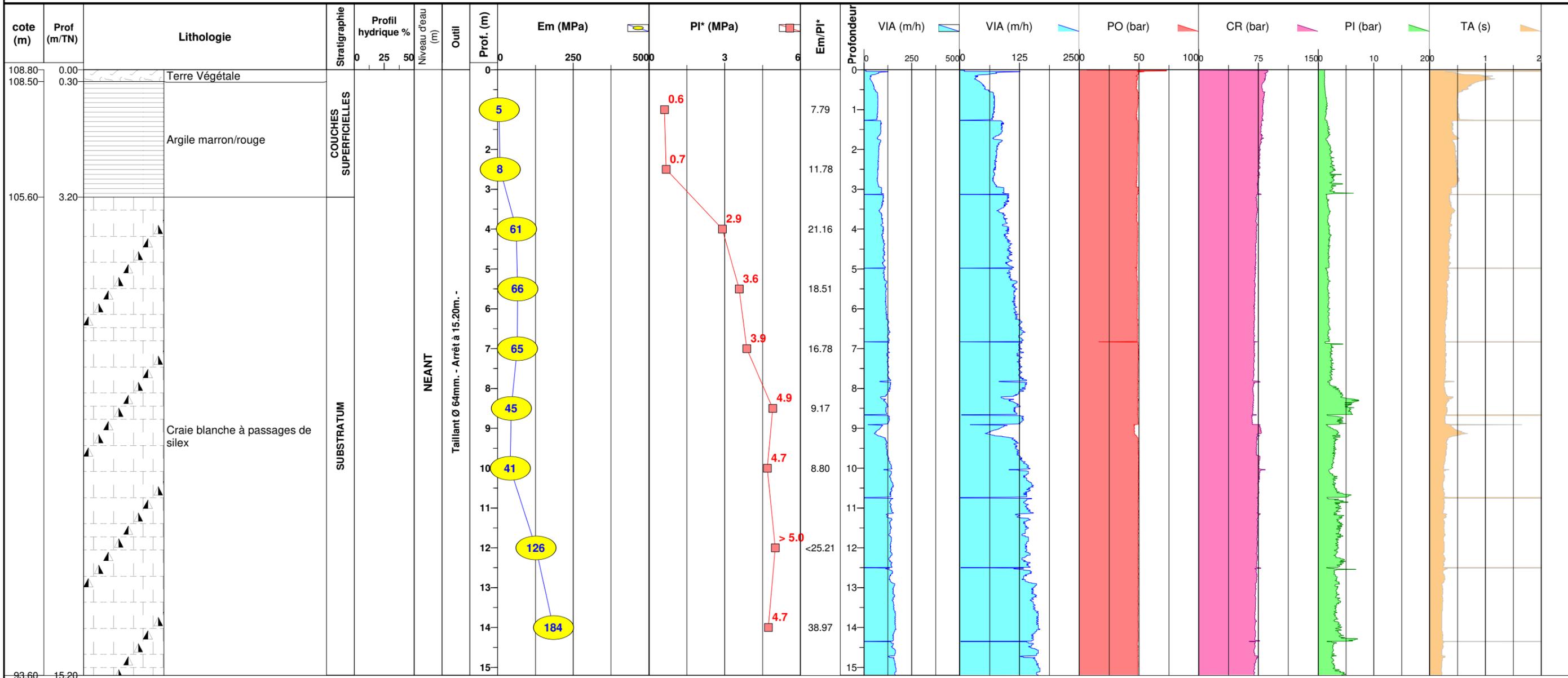




Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	20 40			
110.60	0.00	Terre Végétale	COUCHES SUPERFICIELLES			NEANT	Pelle Hydraulique - Arrêt à 3,00 m. -	
110.30	0.30	Limon marron			25			
109.90	0.70	Argile bariolée marron/rouge			21			
108.60	2.00	Argile rouge à silex	SUBSTRATUM					
107.60	3.00							

Sondage Destructif :SD13





Cote (m)	Prof. (m/TN)	Nature du terrain	Stratigraphie	Profil hydrique (Wn %)		Niveau d'eau (m)	Outil	Remarque
				0	20 40			
107.90	0.00	Terre Végétale	COUCHES SUPERFI	11	13	NEANT	Pelle Hydraulique - Arrêt à 3,00 m. -	
107.60	0.30	Limon marron						
107.10	0.80	Argile bariolée marron/rouge à silex						
106.90	1.00	Argile rouge et jaune à silex	28					
105.30	2.60	Argile rouge + craie	34					
104.90	3.00							

Laboratoire



CLASSIFICATION DES MATÉRIAUX

NF P 11-300

Opération : MOUFLERS

Sondage : PM36

Prélèvement effectué par : SOGEO EXPERT

Demandeur : SOGEO EXPERT

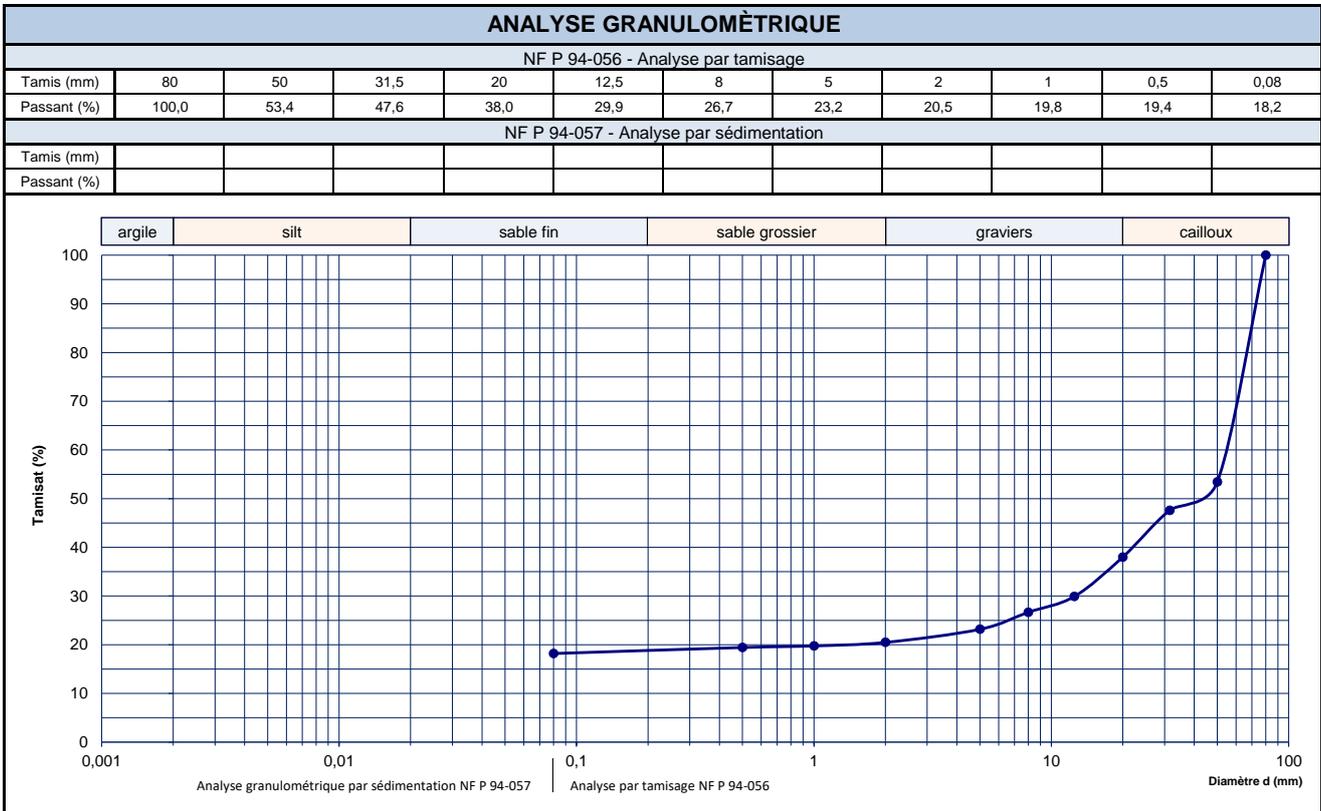
Profondeur : 2,0/3,0 m

Date de prélèvement : NC

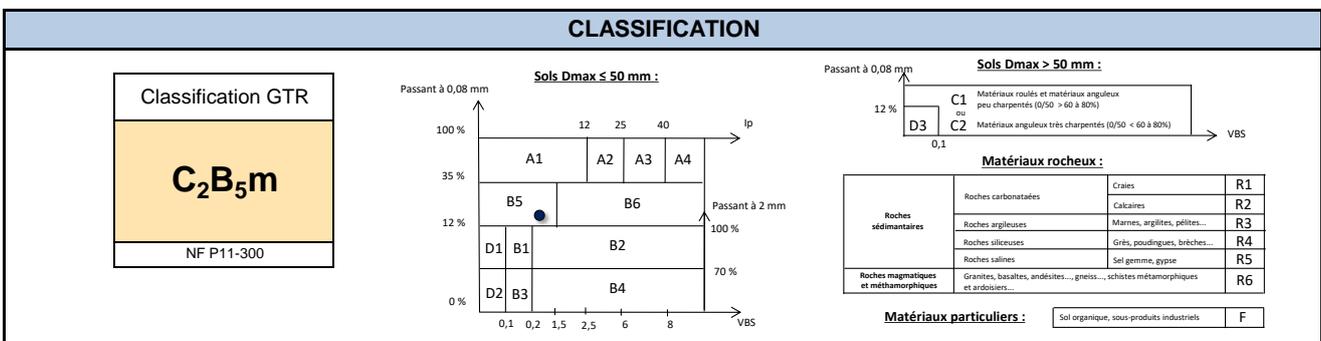
N°Dossier : 18284B

Nature visuelle : Craie

Date des essais : déc.-18



PARAMETRES DU MATERIAU											
Teneur en eau (%)	Dmax (mm)	Passant à 80 µm (%)	VBS (g/100g)	Limites d'Atterberg				IPI	FS	MDE	LA
				W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	I _C				
32,5	76,8	18,2	0,73	\	\	\	\	13,4	\	\	\
NF P 94-050	NF P 94-056	NF P 94-056	NF P 94-068	NF P 94-052-1	NF P 94-051			NF P 94-078	NF P 18-576	NF EN 1097-1	NF EN 1097-2



REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	7 décembre 2018	DATE :	7 décembre 2018



CLASSIFICATION DES MATÉRIAUX

NF P 11-300

Opération : MOUFLERS

Sondage: PM38

Prélèvement effectué par : SOGEO EXPERT

Demandeur : SOGEO EXPERT

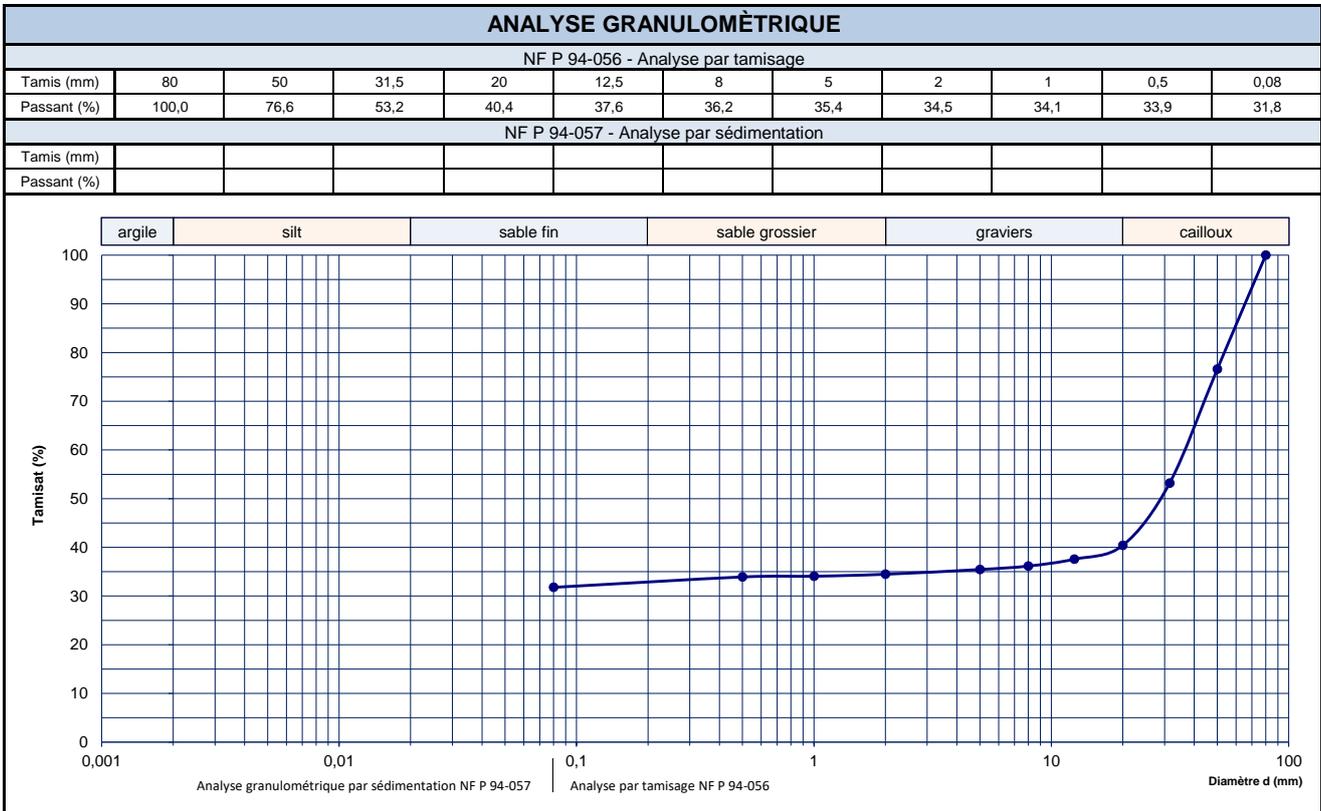
Profondeur : 1,1/3,2 m

Date de prélèvement : NC

N°Dossier : 18284B

Nature visuelle : Argile à silex ocre

Date des essais : déc.-18



PARAMETRES DU MATERIAU

Teneur en eau (%)	Dmax (mm)	Passant à 80 µm (%)	VBS (g/100g)	Limites d'Atterberg				IPI	FS	MDE	LA
				W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	I _C				
13,9	73,6	31,8	2,47	\	\	\	\	11,8	\	\	\
NF P 94-050	NF P 94-056	NF P 94-056	NF P 94-068	NF P 94-052-1	NF P 94-051			NF P 94-078	NF P 18-576	NF EN 1097-1	NF EN 1097-2

CLASSIFICATION

Classification GTR

C₁B₆m

NF P11-300

Sols Dmax ≤ 50 mm :

Sols Dmax > 50 mm :

Matériaux rocheux :

Roches sédimentaires		Roches magmatiques et métamorphiques	
Roches carbonatées	Craies	Granites, basaltes, andésites... gneiss...	Schistes métamorphiques et ardousiers...
	Calcaires		
Roches argileuses	Marnes, argilites, pélites...		
Roches siliceuses	Grès, poudingues, brèches...		
Roches salines	Sel gemme, gypse		
	R1		
	R2		
	R3		
	R4		
	R5		
	R6		

Matériaux particuliers : Sol organique, sous-produits industriels F

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	7 décembre 2018	DATE :	7 décembre 2018



Essai au bleu de méthylène - VBS

NF P94-068

Opération : MOUFLERS**Sondage:** PM38**Prélèvement effectué par :** SOGEO
EXPERT**Demandeur :** SOGEO EXPERT**Profondeur :** 1,1/3,2 m**Date de prélèvement :** NC**N°Dossier :** 18284B**Nature visuelle :** Argile à silex ocre**Date des essais :** déc.-18

Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol

PRINCIPE DE L'ESSAI

Cette méthode d'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant être absorbée par un matériau de fraction 0/5 mm, mis en suspension dans l'eau. Cette quantité est ensuite rapportée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol. La valeur de bleu du sol est directement liée à la surface spécifique des particules constituant le sol ou le matériau rocheux.

Cet essai permet d'apprécier l'argilosité du matériau testé : plus la valeur de bleu est élevée, plus le matériau est argileux.

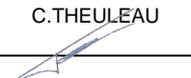
METHODOLOGIE DE L'ESSAI

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement différentes quantités d'une solution de bleu de méthylène dans une solution de matériau, et en contrôlant l'absorption de bleu par le matériau après chaque ajout. Pour ce faire, on prélève une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier filtre, ce qui provoque la création d'une tâche permettant d'apprécier l'absorption du bleu par le matériau.

Essais à la tâche

Caractéristiques naturelles du matériau		Résultats de l'essai	
D _{max} :	73,6 mm	Masse sèche de la prise d'essai :	22,5 g
Passant au tamis 50 mm :	76,6 %	Masse de bleu introduite (solution à 10 g/l) :	120,0 g
Passant au tamis 5 mm :	35,4 %	VBS : 2,47	
Teneur en eau sur fraction 0/5 mm :	36,2 %		

Observations: \

REDACTEUR :	C.PEREDO 	APPROBATEUR :	C.THEULEAU 
DATE :	7 décembre 2018	DATE :	7 décembre 2018



Indice de Portance Immédiat

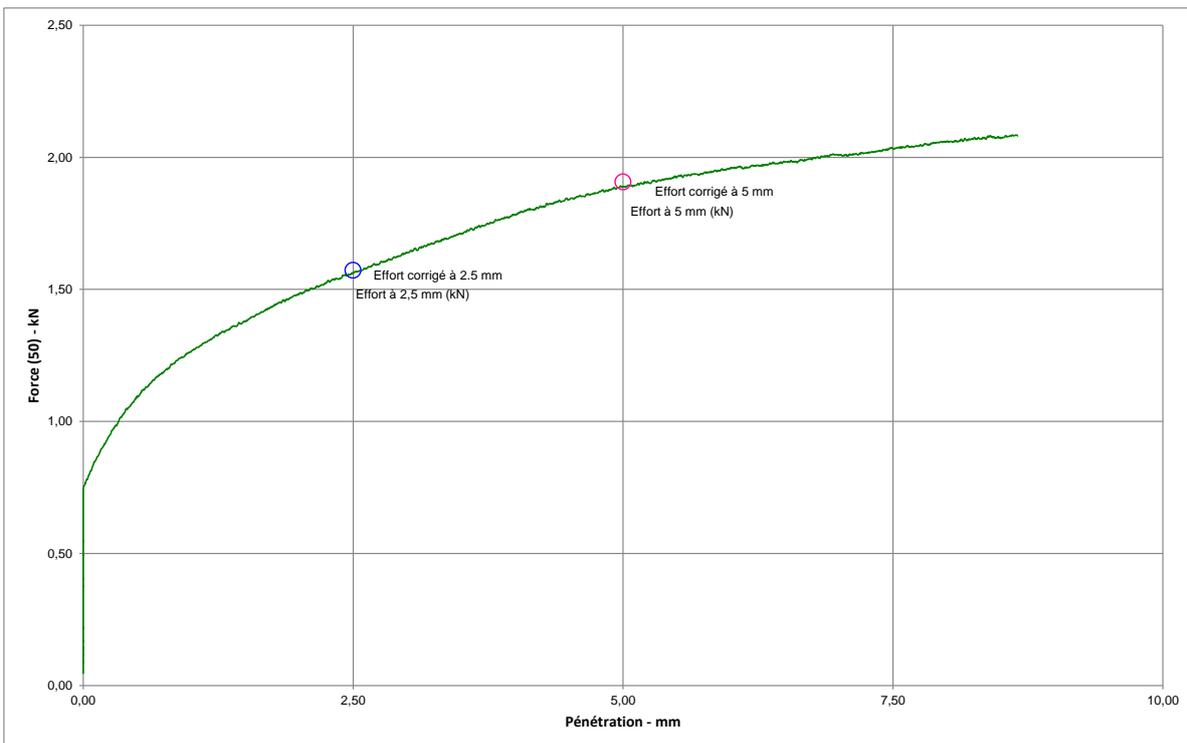
NF P 94-078 Mai 1997

Opération : MOUFLERS**Sondage :** PM38**Prélèvement effectué par :** SOGEO
EXPERT**Demandeur :** SOGEO EXPERT**Profondeur :** 1,1/3,2 m**Date de prélèvement :** NC**N°Dossier :** 18284B**Nature visuelle :** Argile à silex ocre**Date des essais :** déc.-18

Caractéristiques naturelles du matériau

D _{max} matériau (mm)	Refus tamis 20 mm (%)	Préparation de l'échantillon 0/20 mm	Masse volumique sèche sur fraction 0/20 mm (t/m ³)	Teneur en eau (NF P 94-050) sur fraction 0/20 mm (%)
73,6 mm	59,6 %	Proctor normal en moule CBR (NF P 94-093)	1,47 t/m ³	29,2 %

COURBE - IPI



Indice corrigé à 2,5 mm =	11,8	IPI retenu :	11,8
Indice corrigé à 5,0 mm =	9,6		

Observations: \

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	7 décembre 2018	DATE :	7 décembre 2018



ESSAI PROCTOR

NFP 94-093

Chantier : MOUFLERS L'ETOILE (80)

Sondage: PM38

Date de prélèvement: NC

Demandeur : SOGEO EXPERT

Profondeur : 1,1/3,2 m

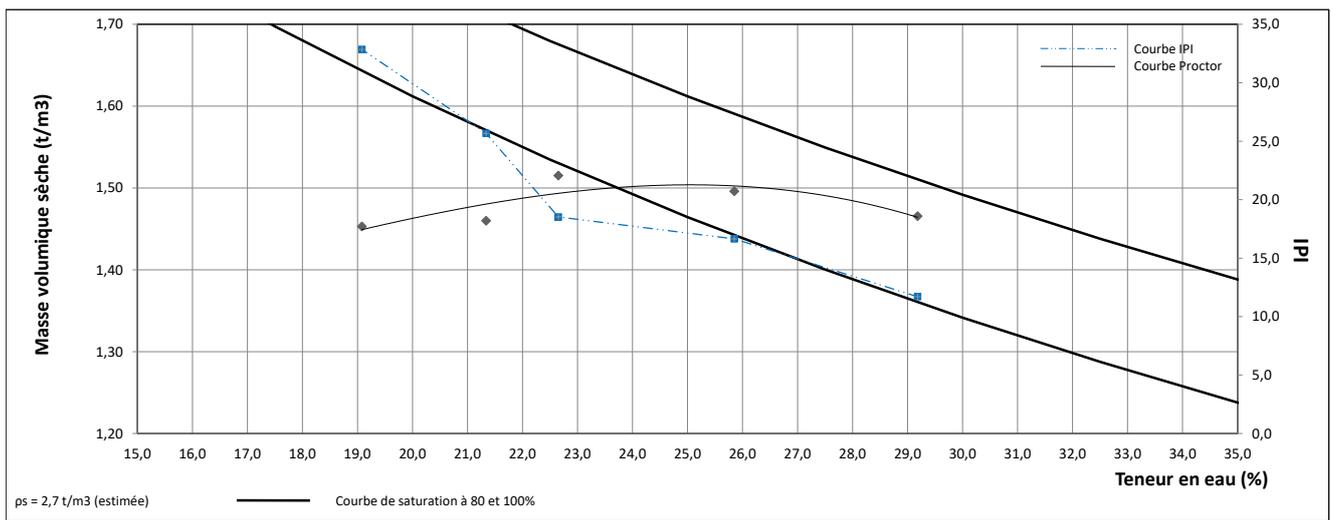
Date des essais: 05/12/2018

N°Dossier : 18284B

Nature: Argile ocre + silex

Elaboration : Naturel

Energie	Moule utilisé	D max (mm)	Refus à 20 mm (%)	ρ_s estimée t/m ³	Traitement	
					% CaO	% Liant
Normale	CBR	73,6	59,6	2,7	0,0	0,0



	1	2	3	4	5	6	7
<i>Résultats (hors correction granulométrique)</i>							
Teneur en eau (%) <i>NFP 94-050</i>	29,2	25,8	22,7	21,3	19,1		
Masse volumique sèche ρ_d (t/m³)	1,47	1,50	1,52	1,46	1,45		
IPI <i>NFP 94-078</i>	12	17	19	26	33		

Résultats

Teneur en eau à l'Optimum (%) W_{OPN}	Masse volumique sèche à l'Optimum (t/m ³) $\rho_{d OPN}$	IPI	
		Maxi mesuré	à l'Optimum
<i>hors correction granulométrique sur fraction 0/20 mm</i>			
25,0	1,52	33	17
<i>avec correction granulométrique sur fraction 0/D</i>			
10,1	2,06		

Observations :

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	14 décembre 2018	DATE :	14 décembre 2018



CLASSIFICATION DES MATÉRIAUX

NF P 11-300

Opération : MOUFLERS

Sondage : PM51

Prélèvement effectué par : SOGEO EXPERT

Demandeur : SOGEO EXPERT

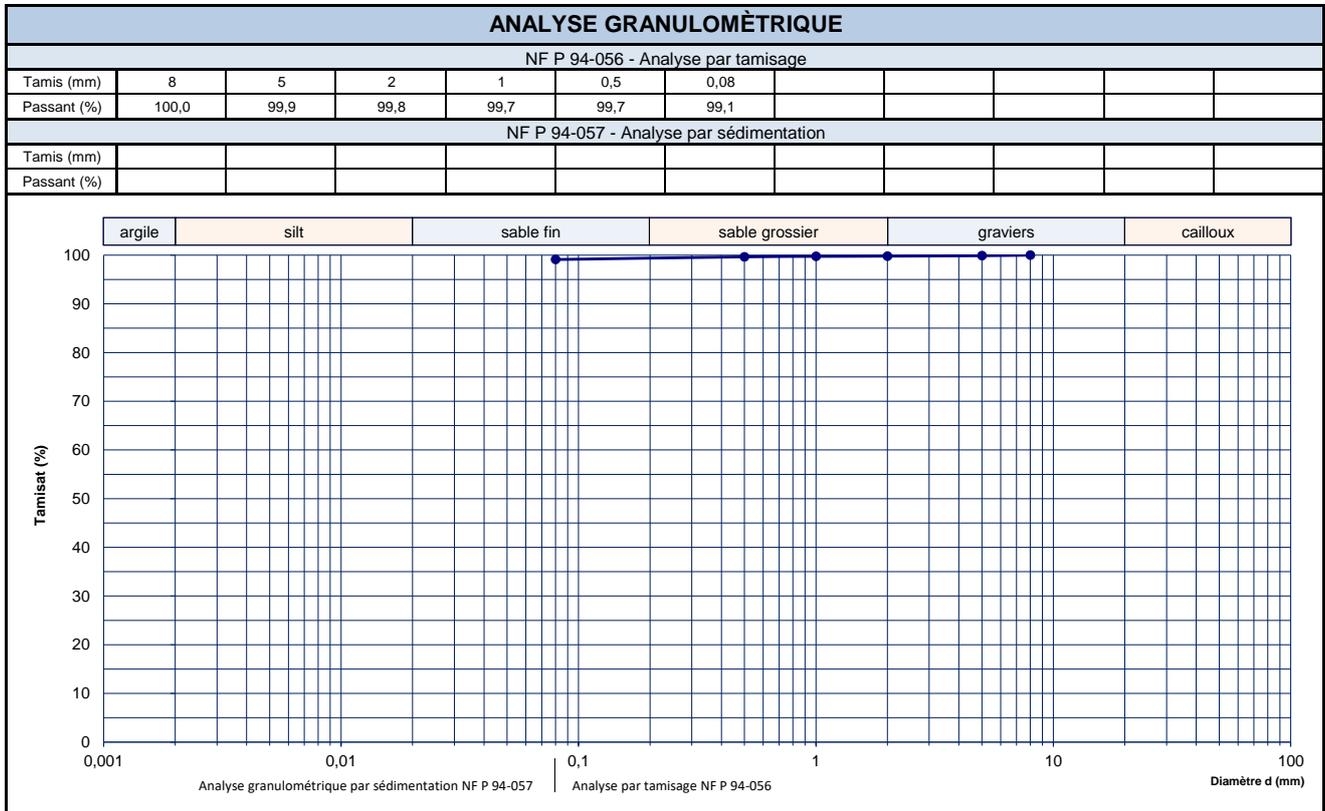
Profondeur : 0,4/2,2 m

Date de prélèvement : NC

N°Dossier : 18284B

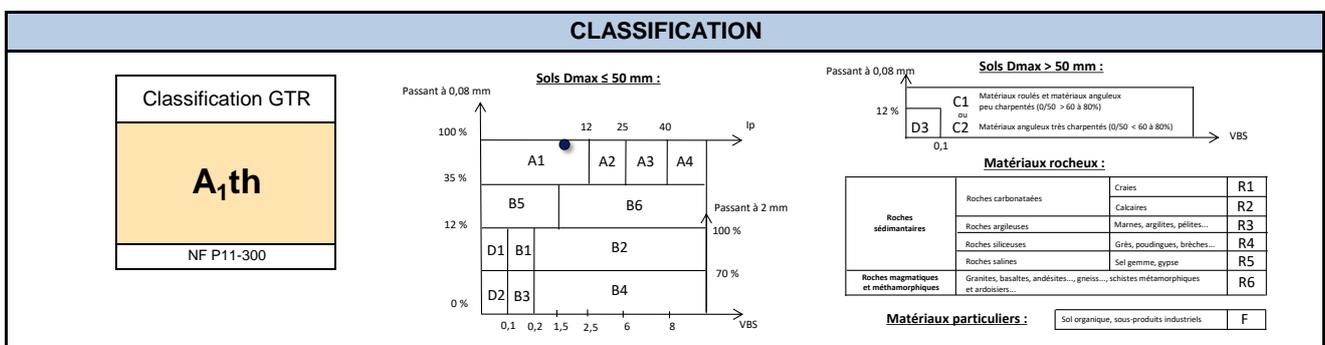
Nature visuelle : Limon marron

Date des essais : déc.-18



PARAMETRES DU MATERIAU

Teneur en eau (%)	Dmax (mm)	Passant à 80 µm (%)	VBS (g/100g)	Limites d'Atterberg				IPI	FS	MDE	LA
				W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	I _C				
18,5	< 0,080	99,1	1,68	\	\	\	\	2,1	\	\	\
NF P 94-050	NF P 94-056	NF P 94-056	NF P 94-068	NF P 94-052-1	NF P 94-051			NF P 94-078	NF P 18-576	NF EN 1097-1	NF EN 1097-2



REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	7 décembre 2018	DATE :	7 décembre 2018



Indice de Portance Immédiat

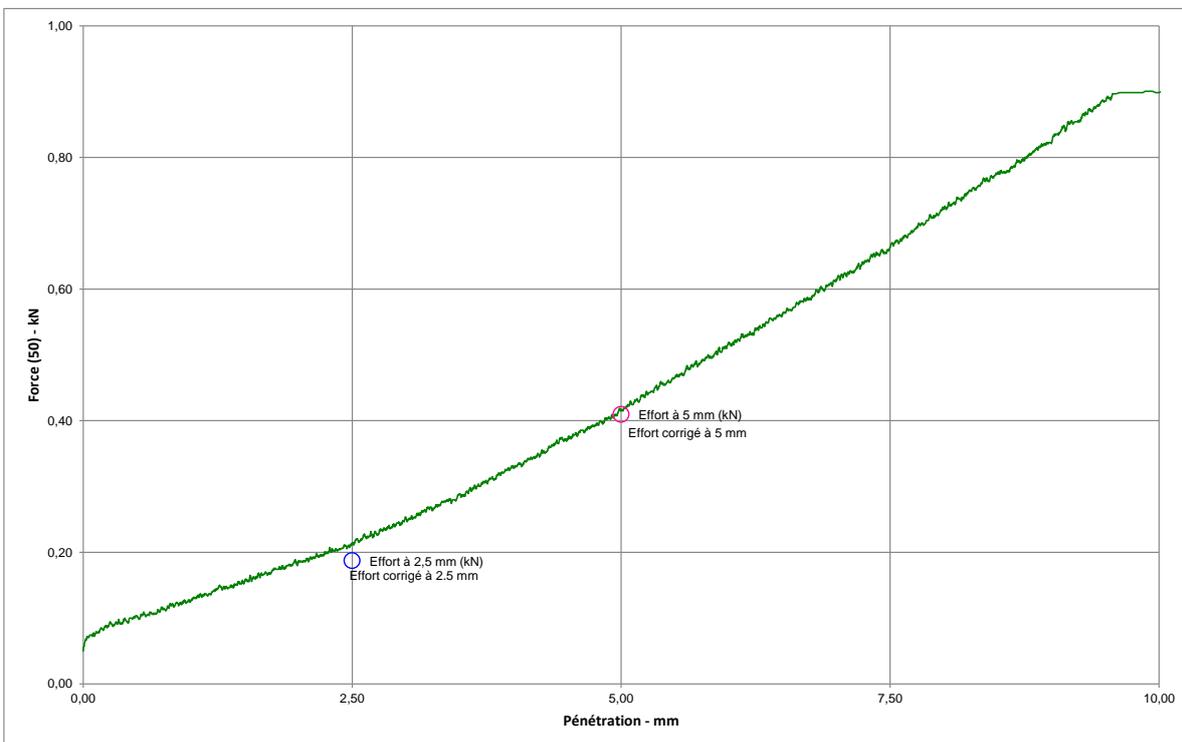
NF P 94-078 Mai 1997

Opération : MOUFLERS**Sondage :** PM51**Prélèvement effectué par :** SOGEO
EXPERT**Demandeur :** SOGEO EXPERT**Profondeur :** 0,4/2,2 m**Date de prélèvement :** NC**N°Dossier :** 18284B**Nature visuelle :** Limon marron**Date des essais :** déc.-18

Caractéristiques naturelles du matériau

D _{max} matériau (mm)	Refus tamis 20 mm (%)	Préparation de l'échantillon 0/20 mm	Masse volumique sèche sur fraction 0/20 mm (t/m ³)	Teneur en eau (NF P 94-050) sur fraction 0/20 mm (%)
#N/A	0 %	Proctor normal en moule CBR (NF P 94-093)	1,70 t/m ³	17,8 %

COURBE - IPI

**Indice corrigé à 2,5 mm =**

1,4

Indice corrigé à 5,0 mm =

2,1

IPI retenu :

2,1

Observations:

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	7 décembre 2018	DATE :	7 décembre 2018



ESSAI PROCTOR

NFP 94-093

Chantier : MOUFLERS L'ETOILE (80)

Sondage: PM51

Date de prélèvement: NC

Demandeur : SOGEO EXPERT

Profondeur : 0,4/2,2 m

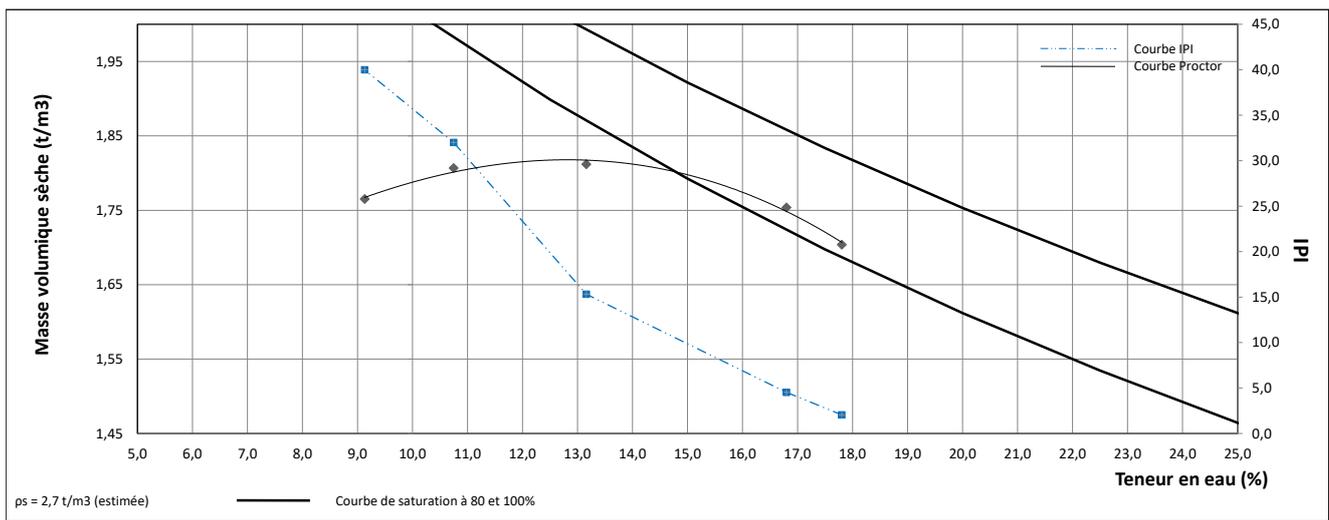
Date des essais: 05/12/2018

N°Dossier : 18284B

Nature: Limon marron

Elaboration : Naturel

Energie	Moule utilisé	D max (mm)	Refus à 20 mm (%)	ρ_s estimée t/m ³	Traitement	
					% CaO	% Liant
Normale	CBR	< 0,080	0,0	2,7	0,0	0,0



	1	2	3	4	5	6	7
	<i>Résultats (hors correction granulométrique)</i>						
Teneur en eau (%) <i>NFP 94-050</i>	17,8	16,8	13,2	10,7	9,1		
Masse volumique sèche ρ_d (t/m³)	1,70	1,75	1,81	1,81	1,77		
IPI <i>NFP 94-078</i>	2	5	15	32	40		

Résultats

Teneur en eau à l'Optimum (%)	Masse volumique sèche à l'Optimum (t/m ³)	IPI	
		Maxi mesuré	à l'Optimum
W_{OPN}	$\rho_{d\,OPN}$		
<i>hors correction granulométrique sur fraction 0/20 mm</i>			
13,2	1,81	40	15
<i>avec correction granulométrique sur fraction 0/D</i>			
13,2	1,81		

Observations :

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	13 décembre 2018	DATE :	13 décembre 2018



CLASSIFICATION DES MATÉRIAUX

NF P 11-300

Opération : MOUFLERS

Sondage : PM58

Prélèvement effectué par : SOGEO EXPERT

Demandeur : SOGEO EXPERT

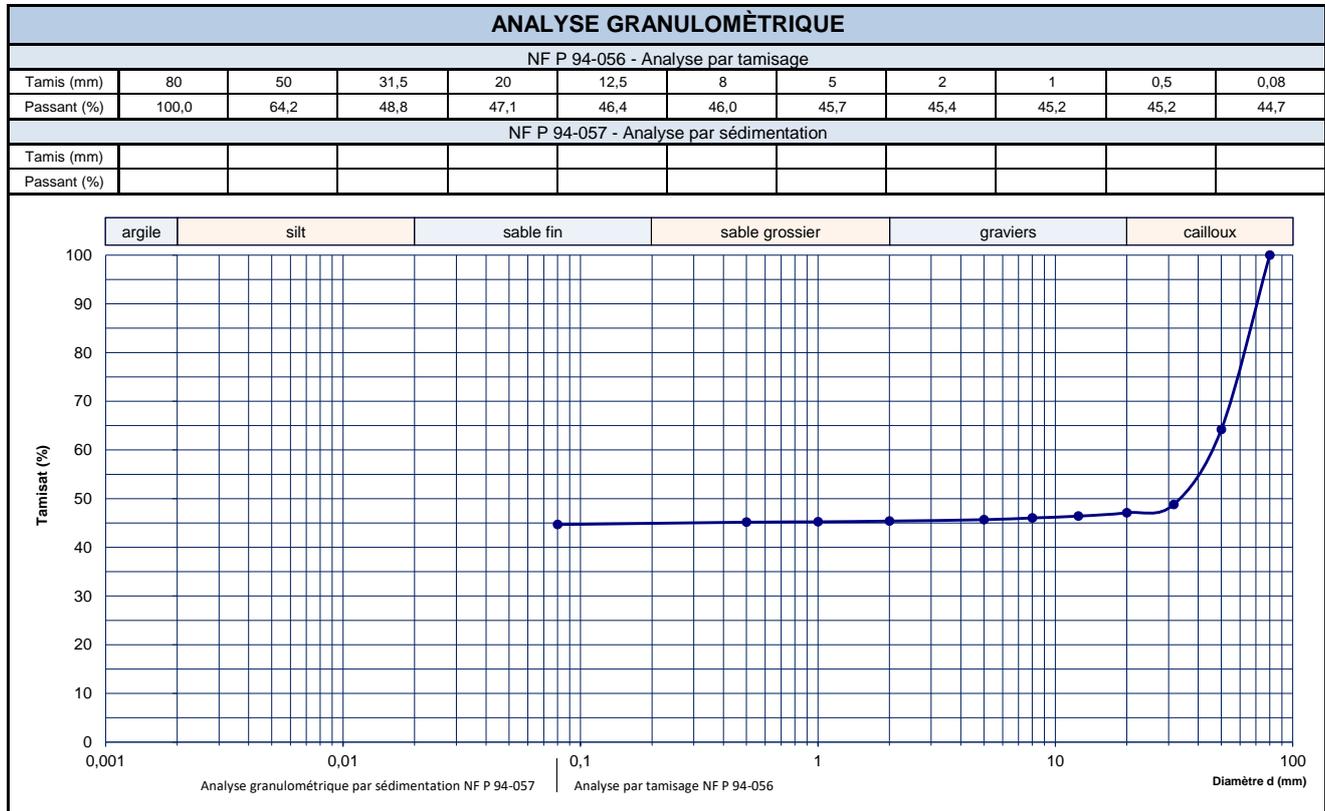
Profondeur : 1,10/3,0 m

Date de prélèvement : NC

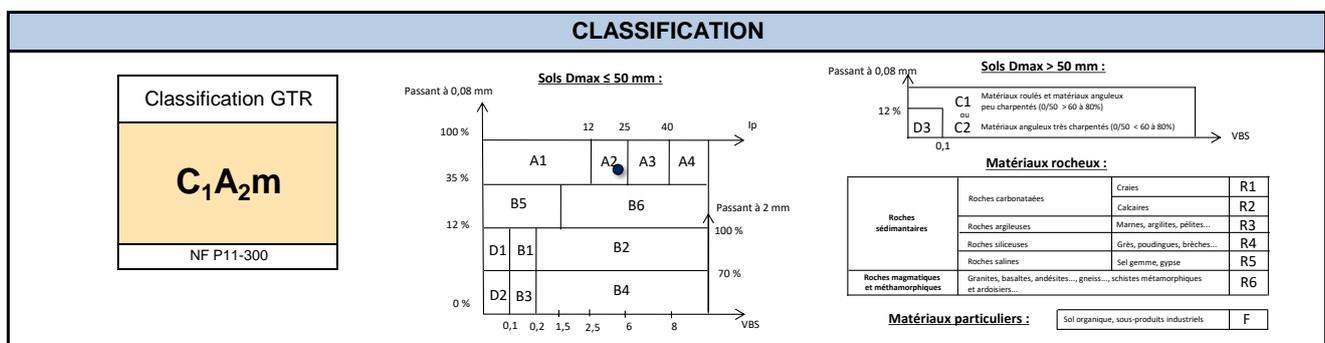
N°Dossier : 18284B

Nature visuelle : Argile à silex ocre

Date des essais : déc.-18



PARAMETRES DU MATERIAU											
Teneur en eau (%)	Dmax (mm)	Passant à 80 µm (%)	VBS (g/100g)	Limites d'Atterberg				IPI	FS	MDE	LA
				W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	I _C				
21,0	75,8	44,7	5,28	\	\	\	\	10,3	\	\	\
NF P 94-050	NF P 94-056	NF P 94-056	NF P 94-068	NF P 94-052-1	NF P 94-051			NF P 94-078	NF P 18-576	NF EN 1097-1	NF EN 1097-2



REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	7 décembre 2018	DATE :	7 décembre 2018



Essai au bleu de méthylène - VBS

NF P94-068

Opération : MOUFLERS**Sondage:** PM58**Prélèvement effectué par :** SOGEO
EXPERT**Demandeur :** SOGEO EXPERT**Profondeur :** 1,10/3,0 m**Date de prélèvement :** NC**N°Dossier :** 18284B**Nature visuelle :** Argile à silex ocre**Date des essais :** déc.-18

Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol

PRINCIPE DE L'ESSAI

Cette méthode d'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant être absorbée par un matériau de fraction 0/5 mm, mis en suspension dans l'eau. Cette quantité est ensuite rapportée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol. La valeur de bleu du sol est directement liée à la surface spécifique des particules constituant le sol ou le matériau rocheux.

Cet essai permet d'apprécier l'argilosité du matériau testé : plus la valeur de bleu est élevée, plus le matériau est argileux.

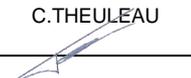
METHODOLOGIE DE L'ESSAI

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement différentes quantités d'une solution de bleu de méthylène dans une solution de matériau, et en contrôlant l'absorption de bleu par le matériau après chaque ajout. Pour ce faire, on prélève une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier filtre, ce qui provoque la création d'une tâche permettant d'apprécier l'absorption du bleu par le matériau.

Essais à la tâche

Caractéristiques naturelles du matériau		Résultats de l'essai	
D _{max} :	75,8 mm	Masse sèche de la prise d'essai :	21,6 g
Passant au tamis 50 mm :	64,2 %	Masse de bleu introduite (solution à 10 g/l) :	160,0 g
Passant au tamis 5 mm :	45,7 %	VBS : 5,28	
Teneur en eau sur fraction 0/5 mm :	41,8 %		

Observations: \

REDACTEUR :	C.PEREDO 	APPROBATEUR :	C.THEULEAU 
DATE :	7 décembre 2018	DATE :	7 décembre 2018



Indice de Portance Immédiat

NF P 94-078 Mai 1997

Opération : MOUFLERS

Sondage: PM58

Prélèvement effectué par : SOGEO
EXPERT

Demandeur : SOGEO EXPERT

Profondeur : 1,10/3,0 m

Date de prélèvement : NC

N°Dossier : 18284B

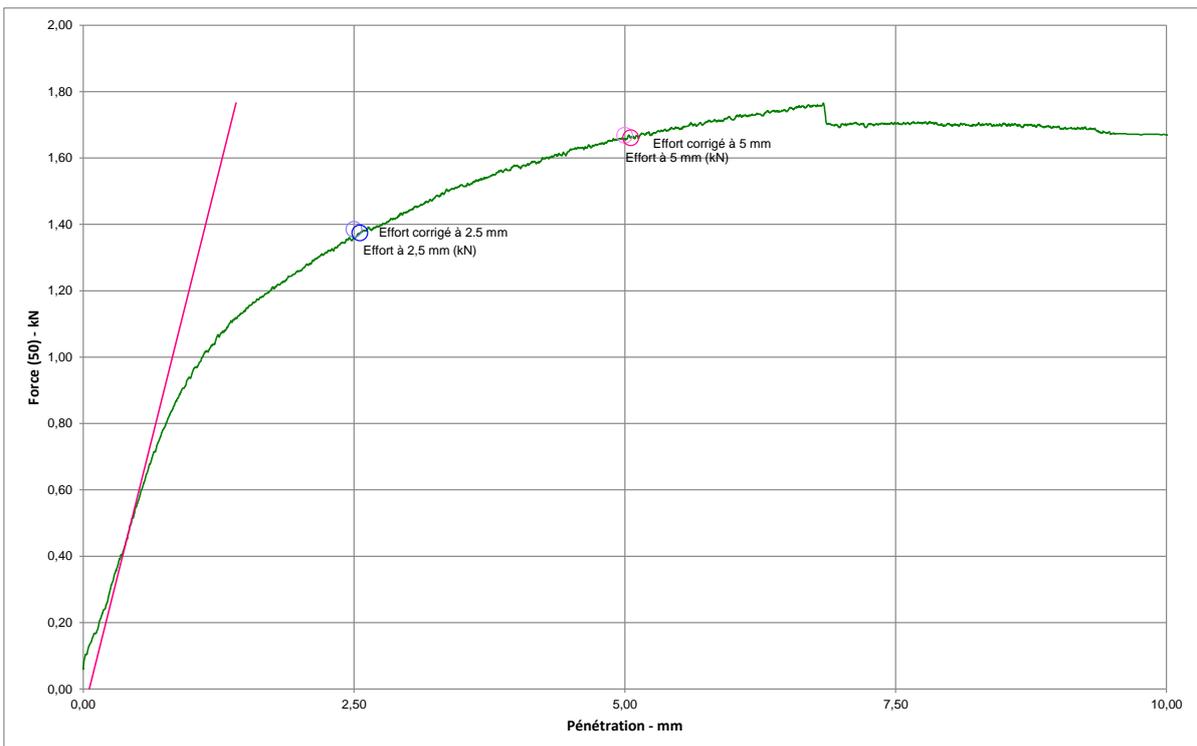
Nature visuelle : Argile à silex ocre

Date des essais : déc.-18

Caractéristiques naturelles du matériau

D _{max} matériau (mm)	Refus tamis 20 mm (%)	Préparation de l'échantillon 0/20 mm	Masse volumique sèche sur fraction 0/20 mm (t/m ³)	Teneur en eau (NF P 94-050) sur fraction 0/20 mm (%)
75,8 mm	52,9 %	Proctor normal en moule CBR (NF P 94-093)	1,24 t/m ³	41,8 %

COURBE - IPI



Indice corrigé à 2,5 mm = 10,3
Indice corrigé à 5,0 mm = 8,3

IPI retenu : 10,3

Observations:

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	7 décembre 2018	DATE :	7 décembre 2018



ESSAI PROCTOR

NFP 94-093

Chantier : MOUFLERS L'ETOILE (80)

Sondage: PM58

Date de prélèvement: NC

Demandeur : SOGEO EXPERT

Profondeur : 1,1/3,0 m

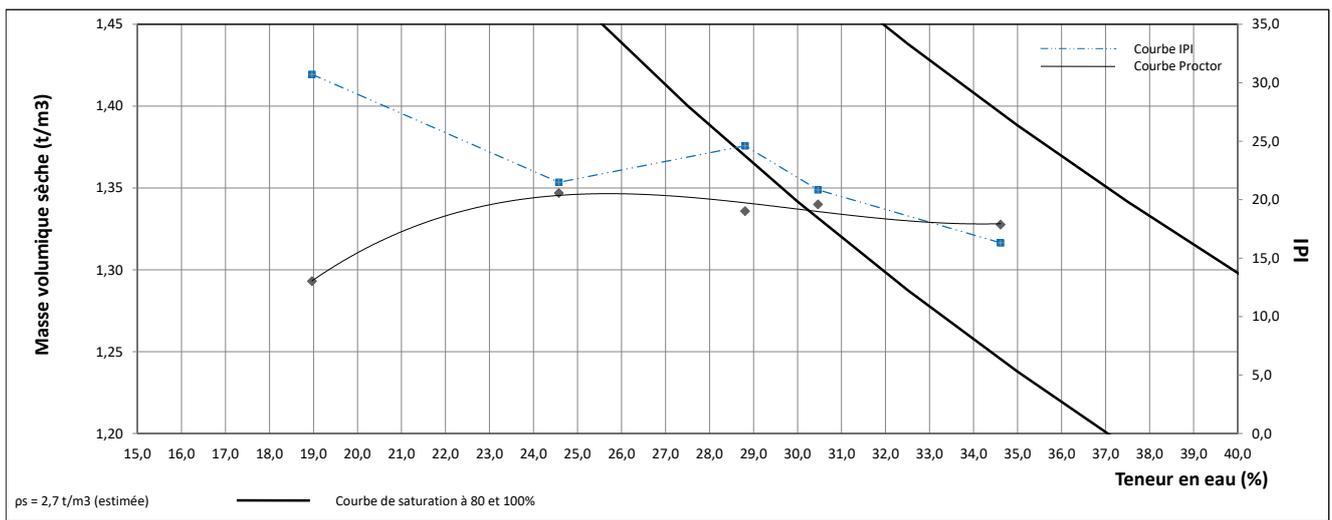
Date des essais: 05/12/2018

N°Dossier : 18284B

Nature: Argile ocre + silex

Elaboration : Naturel

Energie	Moule utilisé	D max (mm)	Refus à 20 mm (%)	ρ_s estimée t/m ³	Traitement	
					% CaO	% Liant
Normale	CBR	75,8	52,9	2,7	0,0	0,0



	1	2	3	4	5	6	7
	<i>Résultats (hors correction granulométrique)</i>						
Teneur en eau (%) <i>NFP 94-050</i>	19,0	24,6	28,8	30,5	34,6		
Masse volumique sèche ρ_d (t/m³)	1,29	1,35	1,34	1,34	1,33		
IPI <i>NFP 94-078</i>	31	21	25	21	16		

Résultats

Teneur en eau à l'Optimum (%)	Masse volumique sèche à l'Optimum (t/m ³)	IPI	
		Maxi mesuré	à l'Optimum
W_{OPN}	$\rho_{d\text{OPN}}$	31	22
<i>hors correction granulométrique sur fraction 0/20 mm</i>			
26,0	1,35		
<i>avec correction granulométrique sur fraction 0/D</i>			
12,2	1,84		

Observations :

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	17 décembre 2018	DATE :	17 décembre 2018



CLASSIFICATION DES MATÉRIAUX

NF P 11-300

Opération : MOUFLERS

Sondage : PM59

Prélèvement effectué par : SOGEO EXPERT

Demandeur : SOGEO EXPERT

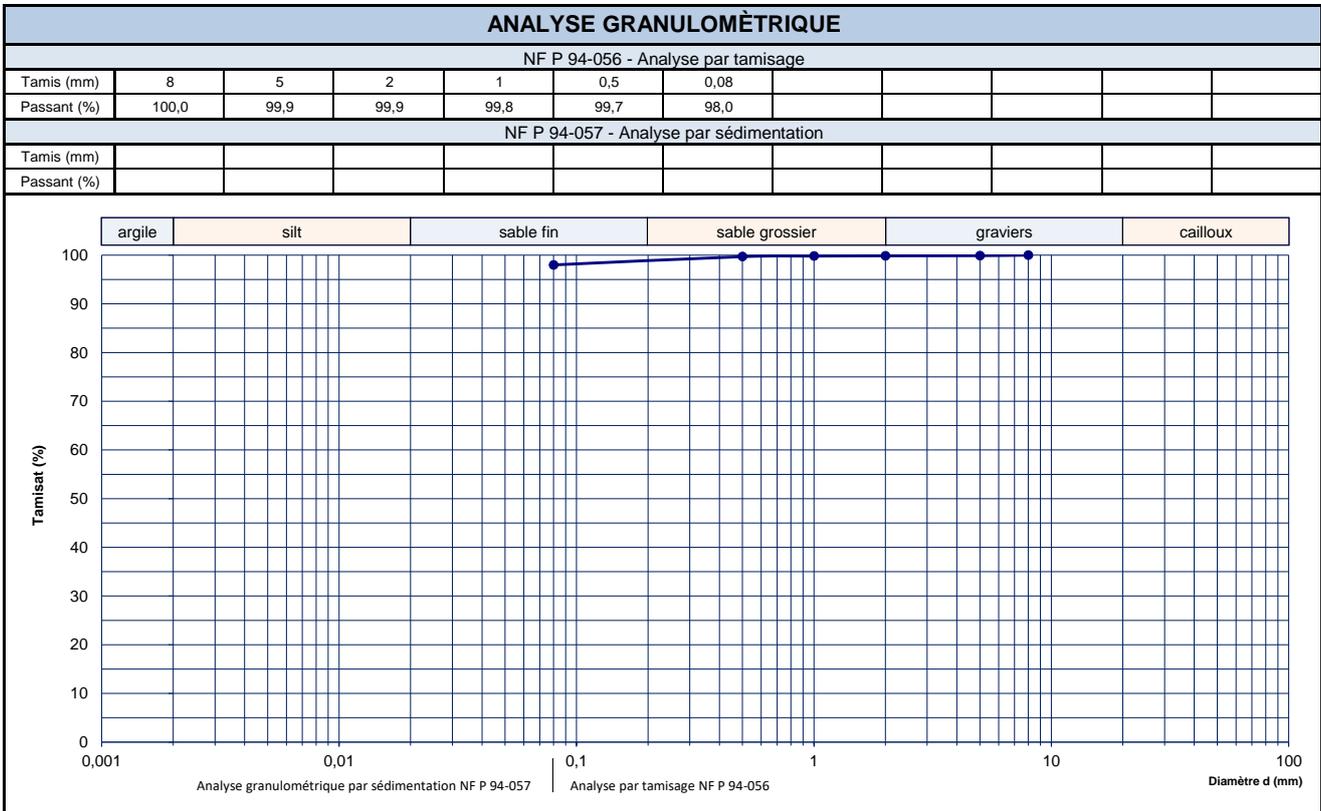
Profondeur : 0,5/1,8 m

Date de prélèvement : NC

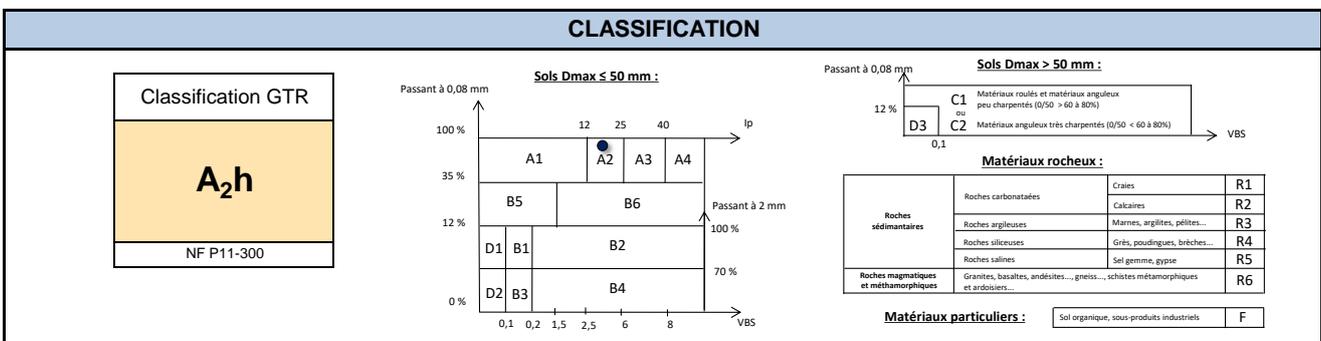
N°Dossier : 18284B

Nature visuelle : Limon marron lgt argileux

Date des essais : déc.-18



PARAMETRES DU MATERIAU											
Teneur en eau (%)	Dmax (mm)	Passant à 80 µm (%)	VBS (g/100g)	Limites d'Atterberg				IPI	FS	MDE	LA
				W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	I _C				
20,3	< 0,080	98,0	3,69	\	\	\	\	3,7	\	\	\
NF P 94-050	NF P 94-056	NF P 94-056	NF P 94-068	NF P 94-052-1	NF P 94-051			NF P 94-078	NF P 18-576	NF EN 1097-1	NF EN 1097-2



REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	7 décembre 2018	DATE :	7 décembre 2018



Indice de Portance Immédiat

NF P 94-078 Mai 1997

Opération : MOUFLERS

Sondage : PM59

Prélèvement effectué par : SOGEO
EXPERT

Demandeur : SOGEO EXPERT

Profondeur : 0,5/1,8 m

Date de prélèvement : NC

N°Dossier : 18284B

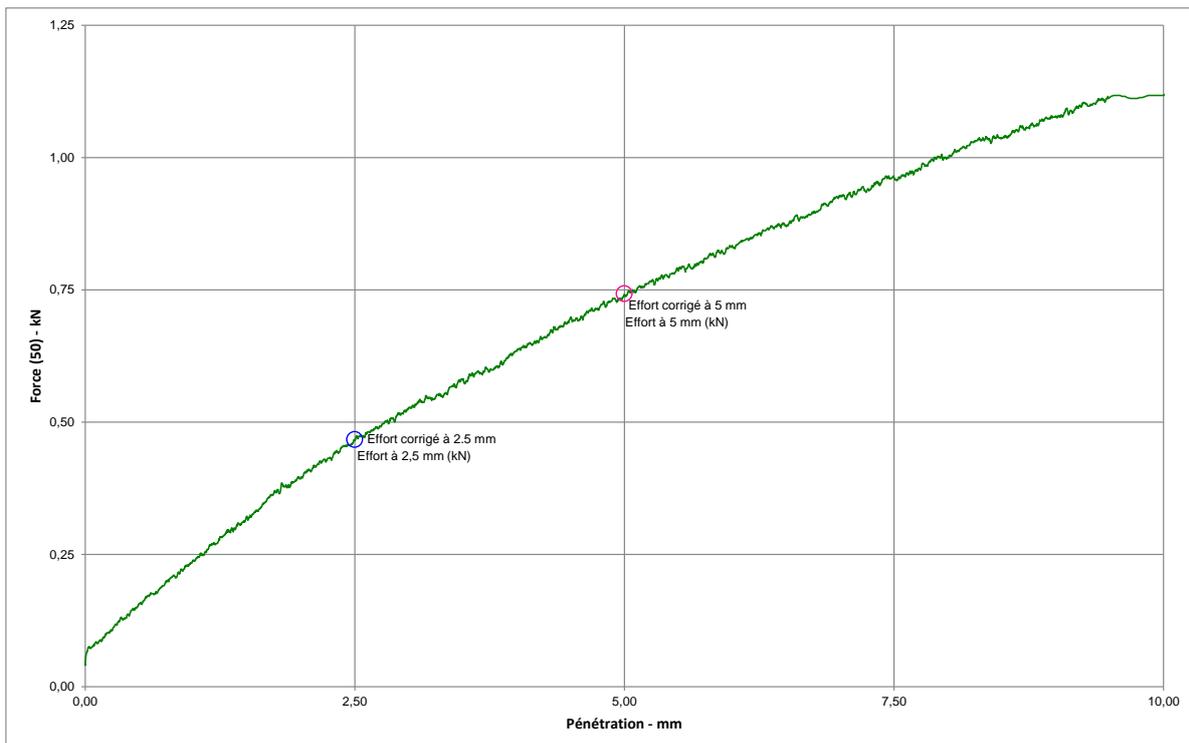
Nature visuelle : Limon marron lgt argileux

Date des essais : déc.-18

Caractéristiques naturelles du matériau

D _{max} matériau (mm)	Refus tamis 20 mm (%)	Préparation de l'échantillon 0/20 mm	Masse volumique sèche sur fraction 0/20 mm (t/m ³)	Teneur en eau (NF P 94-050) sur fraction 0/20 mm (%)
#N/A	0 %	Proctor normal en moule CBR (NF P 94-093)	1,66 t/m ³	20,4 %

COURBE - IPI



Indice corrigé à 2,5 mm =	3,5	IPI retenu :	3,7
Indice corrigé à 5,0 mm =	3,7		

Observations :

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	7 décembre 2018	DATE :	7 décembre 2018



ESSAI PROCTOR

NFP 94-093

Chantier : MOUFLERS L'ETOILE (80)

Sondage: PM59

Date de prélèvement: NC

Demandeur : SOGEO EXPERT

Profondeur : 0,5/1,8 m

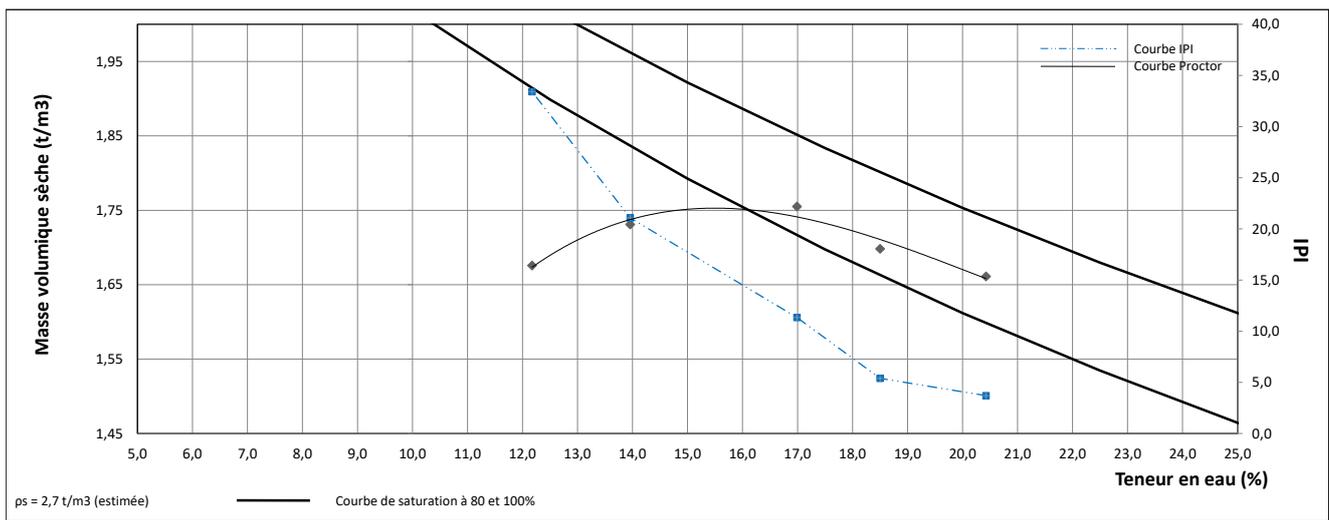
Date des essais: 05/12/2018

N°Dossier : 18284B

Nature: Limon marron

Elaboration : Naturel

Energie	Moule utilisé	D max (mm)	Refus à 20 mm (%)	ρ_s estimée t/m ³	Traitement	
					% CaO	% Liant
Normale	CBR	< 0,080	0,0	2,7	0,0	0,0



	1	2	3	4	5	6	7
	<i>Résultats (hors correction granulométrique)</i>						
Teneur en eau (%) <i>NFP 94-050</i>	20,4	18,5	17,0	14,0	12,2		
Masse volumique sèche ρ_d (t/m³)	1,66	1,70	1,76	1,73	1,68		
IPI <i>NFP 94-078</i>	4	5	11	21	33		

Résultats

Teneur en eau à l'Optimum (%) W_{OPN}	Masse volumique sèche à l'Optimum (t/m ³) $\rho_{d OPN}$	IPI	
		Maxi mesuré	à l'Optimum
<i>hors correction granulométrique sur fraction 0/20 mm</i>			
15,5	1,76	33	16
<i>avec correction granulométrique sur fraction 0/D</i>			
15,5	1,76		

Observations :

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	13 décembre 2018	DATE :	13 décembre 2018



CLASSIFICATION DES MATÉRIAUX

NF P 11-300

Opération : MOUFLERS

Sondage : PM61

Prélèvement effectué par : SOGEO EXPERT

Demandeur : SOGEO EXPERT

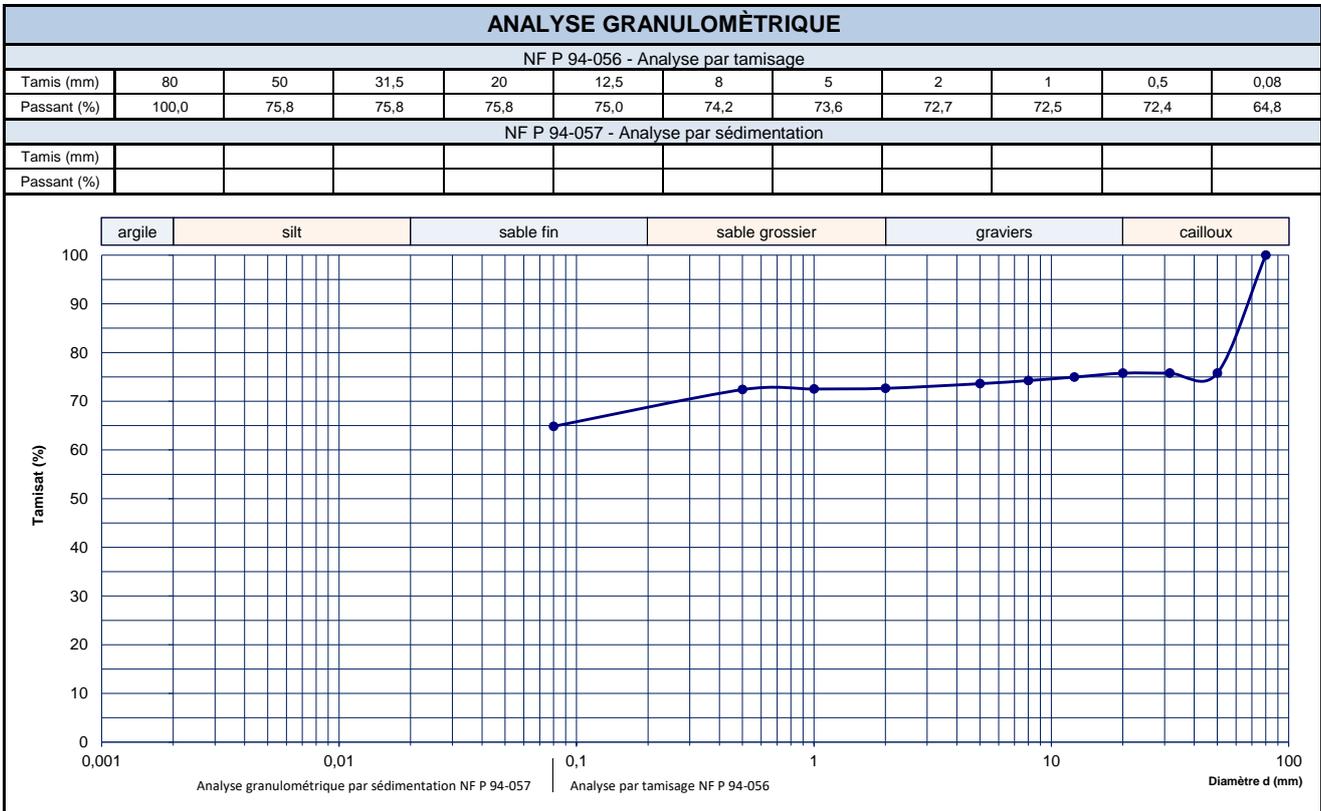
Profondeur : 1,1/3,0 m

Date de prélèvement : NC

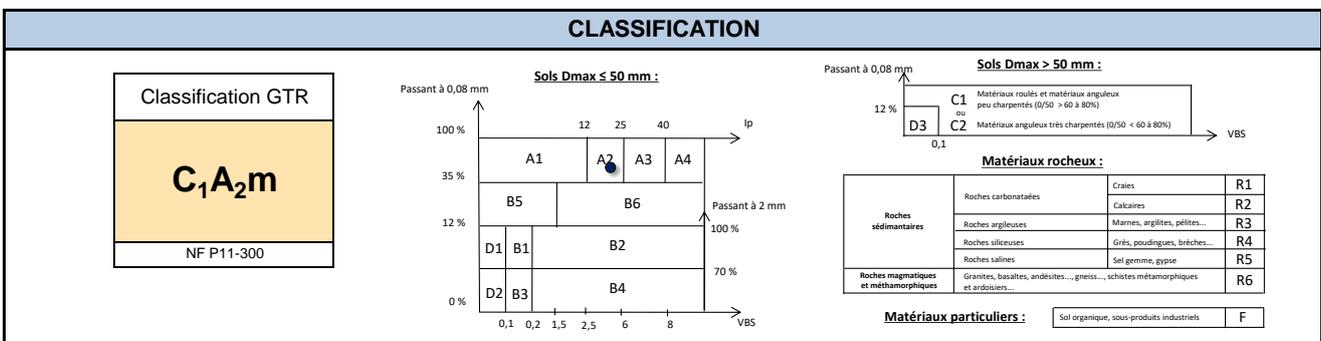
N°Dossier : 18284B

Nature visuelle : Argile limoneuse marron rouge

Date des essais : janv.-19



PARAMETRES DU MATERIAU											
Teneur en eau (%)	Dmax (mm)	Passant à 80 µm (%)	VBS (g/100g)	Limites d'Atterberg				IPI	FS	MDE	LA
				W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	I _C				
20,9	73,8	64,8	5,78	\	\	\	\	10,6	\	\	\
NF P 94-050	NF P 94-056	NF P 94-056	NF P 94-068	NF P 94-052-1	NF P 94-051			NF P 94-078	NF P 18-576	NF EN 1097-1	NF EN 1097-2



REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	7 janvier 2019	DATE :	7 janvier 2019



Indice de Portance Immédiat

NF P 94-078 Mai 1997

Opération : MOUFLERS

Sondage : PM61

Prélèvement effectué par : SOGEO
EXPERT

Demandeur : SOGEO EXPERT

Profondeur : 1,1/3,0 m

Date de prélèvement : NC

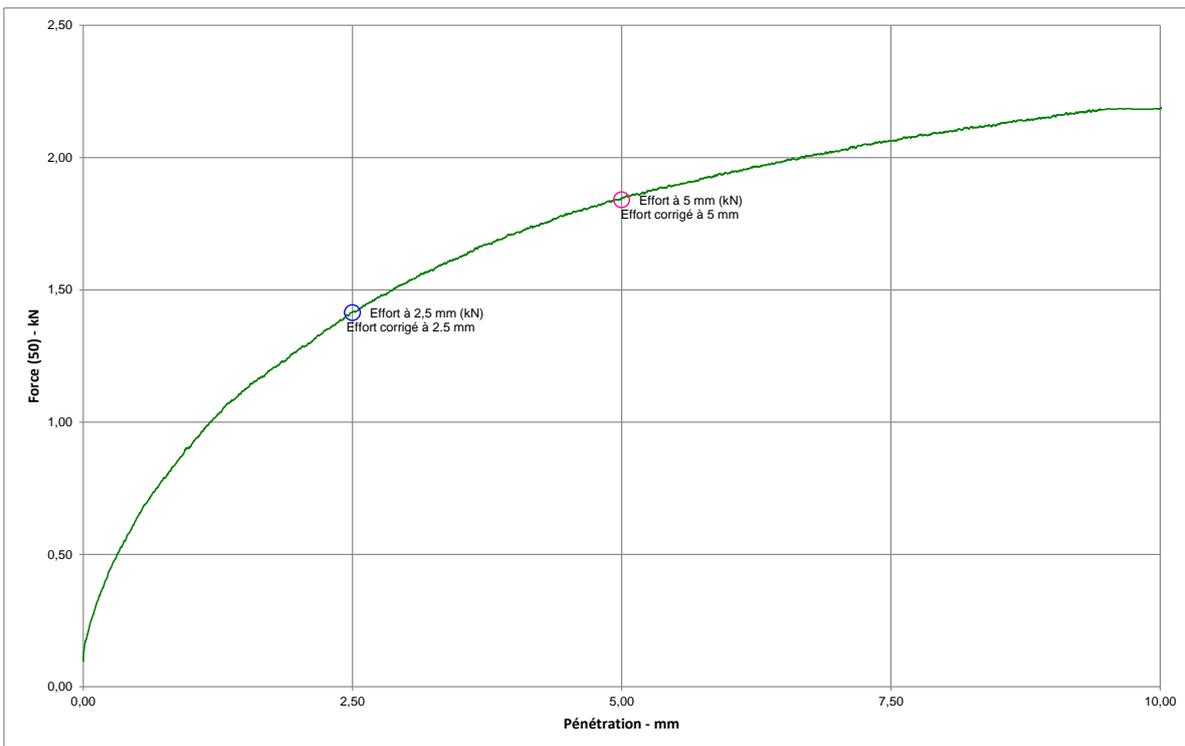
N°Dossier : 18284B

Nature visuelle : Argile limoneuse marron
rouge

Date des essais : janv.-19

Caractéristiques naturelles du matériau				
D _{max} matériau (mm)	Refus tamis 20 mm (%)	Préparation de l'échantillon 0/20 mm	Masse volumique sèche sur fraction 0/20 mm (t/m ³)	Teneur en eau (NF P 94-050) sur fraction 0/20 mm (%)
73,8 mm	24,2 %	Proctor normal en moule CBR (NF P 94-093)	1,57 t/m ³	24,8 %

COURBE - IPI



Indice corrigé à 2,5 mm =	10,6	IPI retenu :	10,6
Indice corrigé à 5,0 mm =	9,2		

Observations: \

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	7 janvier 2019	DATE :	7 janvier 2019



CLASSIFICATION DES MATÉRIAUX

NF P 11-300

Opération : MOUFLERS

Sondage : Mélange PM51+PM59

Prélèvement effectué par : SOGEO EXPERT

Demandeur : SOGEO EXPERT

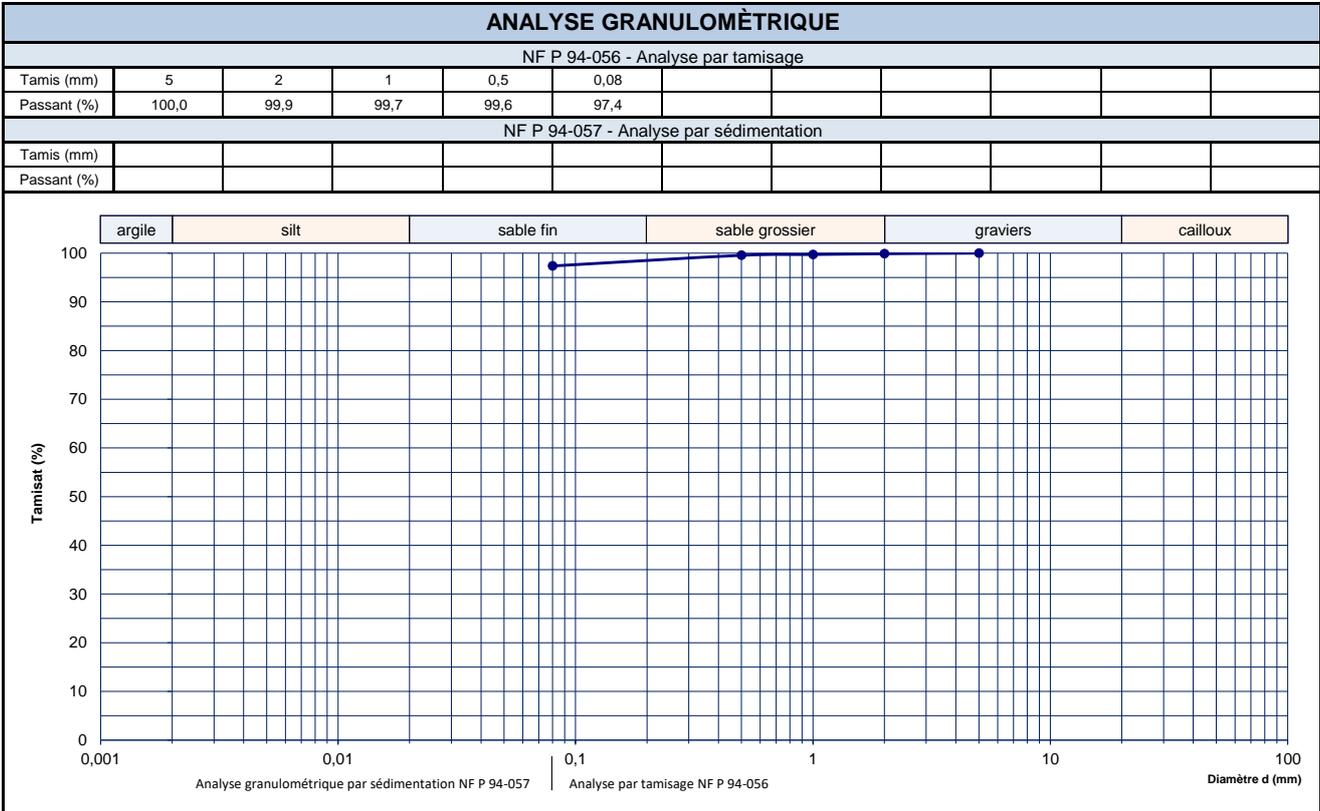
Profondeur : 0,4/2,20+0,5/1,80 m

Date de prélèvement : NC

N°Dossier : 18284B

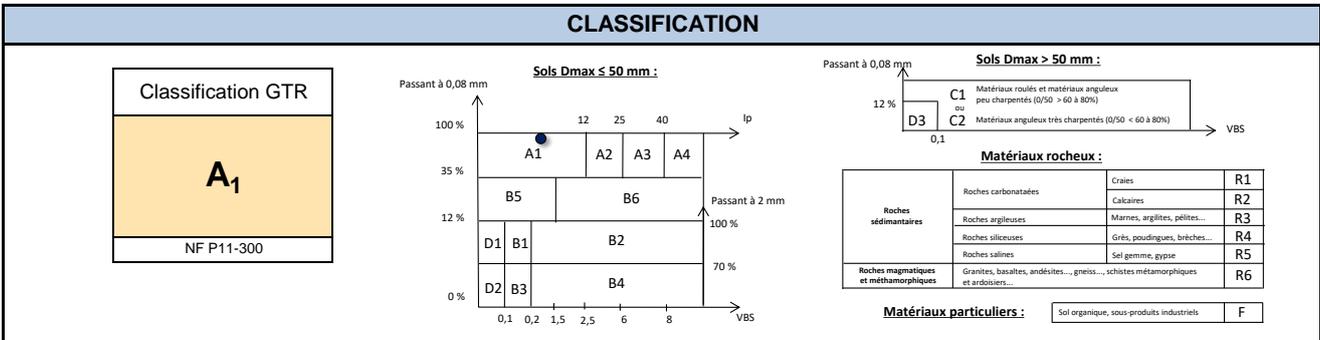
Nature visuelle : Limon marron

Date des essais : janv.-19



PARAMETRES DU MATERIAU

Teneur en eau (%)	Dmax (mm)	Passant à 80 µm (%)	VBS (g/100g)	Limites d'Atterberg				IPI	FS	MDE	LA
				W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	I _C				
20,0	< 0,080	97,4	1,21	\	\	\	\	\	\	\	\
NF P 94-050	NF P 94-056	NF P 94-056	NF P 94-068	NF P 94-052-1	NF P 94-051			NF P 94-078	NF P 18-576	NF EN 1097-1	NF EN 1097-2



REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	7 janvier 2019	DATE :	7 janvier 2019



Essai au bleu de méthylène - VBS

NF P94-068

Opération : MOUFLERS **Sondage:** Mélange PM51+PM59 **Prélèvement effectué par :** SOGEO EXPERT
Demander : SOGEO EXPERT **Profondeur :** 0,4/2,20+0,5/1,80 m **Date de prélèvement :** NC
N°Dossier : 18284B **Nature visuelle :** Limon marron **Date des essais :** janv.-19

Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol

PRINCIPE DE L'ESSAI

Cette méthode d'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant être absorbée par un matériau de fraction 0/5 mm, mis en suspension dans l'eau. Cette quantité est ensuite rapportée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol. La valeur de bleu du sol est directement liée à la surface spécifique des particules constituant le sol ou le matériau rocheux.

Cet essai permet d'apprécier l'argilosité du matériau testé : plus la valeur de bleu est élevée, plus le matériau est argileux.

METHODOLOGIE DE L'ESSAI

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement différentes quantités d'une solution de bleu de méthylène dans une solution de matériau, et en contrôlant l'absorption de bleu par le matériau après chaque ajout. Pour ce faire, on prélève une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier filtre, ce qui provoque la création d'une tâche permettant d'apprécier l'absorption du bleu par le matériau.

Essais à la tâche

Caractéristiques naturelles du matériau		Résultats de l'essai	
D _{max} :	#N/A	Masse sèche de la prise d'essai :	35,6 g
Passant au tamis 50 mm :	100 %	Masse de bleu introduite (solution à 10 g/l) :	43,0 g
Passant au tamis 5 mm :	100,0 %	VBS : 1,21	
Teneur en eau sur fraction 0/5 mm :	20,0 %		

Observations: \

REDACTEUR :	C.PEREDO 	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	7 janvier 2019	DATE :	7 janvier 2019



ESSAI PROCTOR

NFP 94-093

Chantier : MOUFLERS L'ETOILE (80)

Sondage: Mélange PM51+PM59

Date de prélèvement: NC

Demandeur : SOGEO EXPERT

Profondeur : 0,4/2,20+0,5/1,80 m

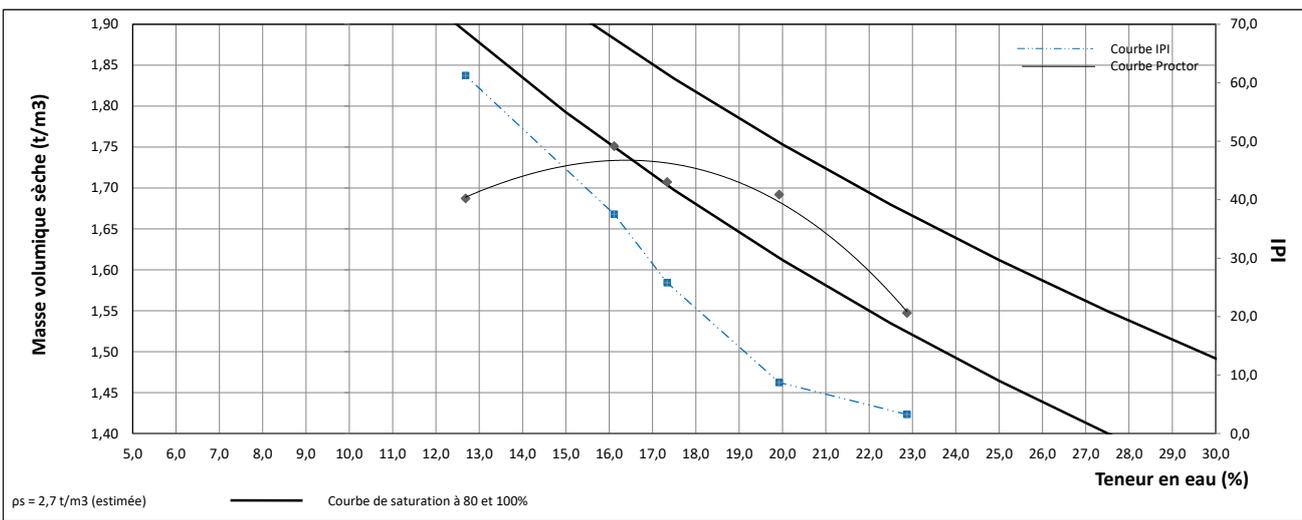
Date des essais: janv.-19

N°Dossier : 18284B

Nature: Limon marron

Elaboration : Traitement

Energie	Moule utilisé	D max (mm)	Refus à 20 mm (%)	ρ_s estimée t/m ³	Traitement	
					% CaO	% Rolac Optimum
Normale	CBR	< 0,080	0,0	2,7	2,0	5,0



	1	2	3	4	5	6	7
	<i>Résultats (hors correction granulométrique)</i>						
Teneur en eau (%) <small>NFP 94-050</small>	22,9	19,9	17,3	16,1	12,7		
Masse volumique sèche ρ_d (t/m³)	1,55	1,69	1,71	1,75	1,69		
IPi <small>NFP 94-078</small>	3	9	26	38	61		

Résultats

Teneur en eau à l'Optimum (%)	Masse volumique sèche à l'Optimum (t/m ³)	IPi	
		Maxi mesuré	à l'Optimum
W_{OPN}	$\rho_{d\text{OPN}}$	61	38
<i>hors correction granulométrique sur fraction 0/20 mm</i>			
16,1	1,75		
<i>avec correction granulométrique sur fraction 0/D</i>			
16,1	1,75		

Observations :

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	22 janvier 2019	DATE :	22 janvier 2019



ESSAI D'EVALUATION D'UN MATERIAU AU TRAITEMENT

NF P 94-078 - NF P 94-100

CADRE DU TRAITEMENT : **Utilisation du matériau en couche de forme**

MATERIAU TESTE (Non Traité)										
Chantier : MOUFLERS L'ETOILE (80)			Sondage: Mélange PM51+PM59			Date de prélèvement: NC				
Demandeur : SOGEO EXPERT			Profondeur : 0,4/2,20+0,5/1,80 m			Date des essais: janv.-19				
N°Dossier : 18284B			Nature: Limon marron			N° d'archivage: M1167				
Teneur en eau (NF P 94-050) %	Refus tamis 20 mm %	Dmax mm	VBS g/cm ³	densité sèche t/m ³	IPI					Classification G.T.R. (NF P 11-300)
20,0	0,0	< 0,080	1,21							A ₁ m

TRAITEMENT EN LABORATOIRE		
Produit(s) de traitement	Dosage en %	Type - Provenance
CaO	2,0	LHOIST SAINT GAUTHIER
ROLAC Optimum	5,0	LAFARGE
Teneur en eau à l'OPN W_{OPN} (%)	(NF P 94-050)	16,1
Masse volumique sèche à l'OPN ρ_{dOPN} (t/m ³)	(NF P 94-078)	1,75
IPI maximum mesuré	(NF P 94-078)	61
IPI à l'OPN	(NF P 94-078)	38

ESSAIS REALISES	RESULTATS	Aptitude du matériau
Teneur en eau à la confection (%)	(NF P 94-050) 14,8	\
densité sèche (t/m ³)	(NF P 94-078) 1,62	\
IPI	(NF P 94-078) 20,4	Adapté
I.CBR IMMERSION	(NF P 94-078) 143,4	Adapté
I.CBR IMMERSION / IPI	(NF P 94-078) 7,0	Adapté
Gonflement volumique à 4 jours d'immersion (%)	(NF P 94-078) 0,1	Adapté
Gonflement volumique à 7 jours d'immersion à 96% OPN $G_{v\tau_j}$ (%)	(NF P 94-100) -1,31	Adapté
Résistance en compression diamétrale à 96% OPN R_{tb} (MPa)	(NF P 94-100) 0,402	Adapté
Dosage des sulfates solubles dans l'eau (%)	(XP P 18-581) NC	\

Observations:

Traitement à 2 % de chaux + 5 % de Rolac Optimum adapté pour ce matériau pour une utilisation en couche de forme.

REDACTEUR :	C.PEREDO 	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	23 janvier 2019	DATE :	23 janvier 2019

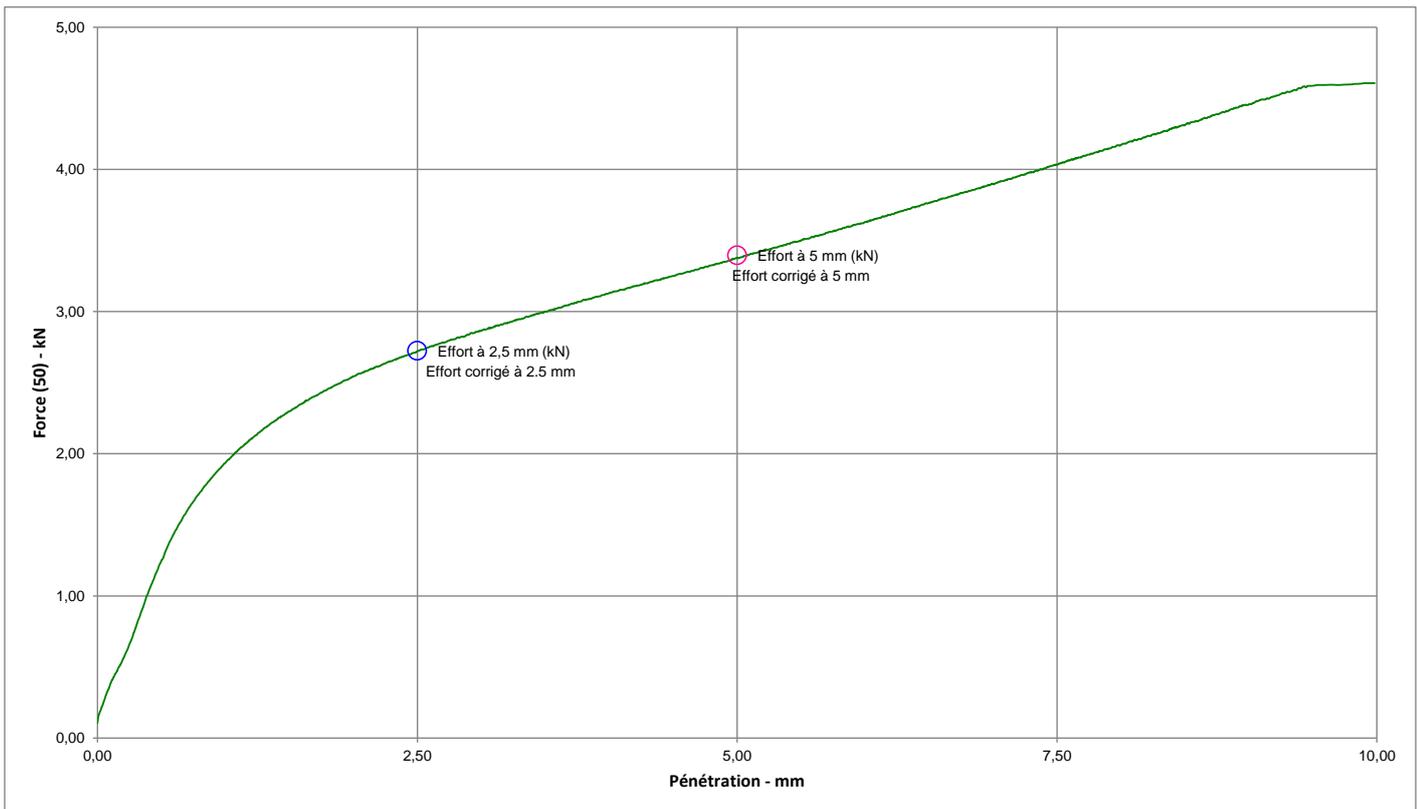


ESSAI PROCTOR ET IPI

NF P 94-078 Mai 1997

Chantier : MOUFLERS L'ETOILE (80) **Sondage:** Mélange PM51+PM59 **Date de prélvt:** NC
Demandeur : SOGEO EXPERT **Profondeur :** 0,4/2,20+0,5/1,80 m **Date des essais:** janv.-19
N°Dossier : 18284B **Nature:** Limon marron **N° d'archivage:** M1167

Teneur en eau (NF P 94-050) %	Refus tamis 20 mm %	Dmax mm	Traitement %		Densité sèche t/m3	Classification G.T.R (NF P 11-300)
			CaO	ROLAC Optimum		
14,8	0,0	< 0,080	2,0	5,0	1,62	A1m



Indice corrigé à 2,5 mm =	20,4	IPI retenu :	20,4
Indice corrigé à 5 mm =	17,0		

Observations:

REDACTEUR :	C.PEREDO 	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	23 janvier 2019	DATE :	23 janvier 2019

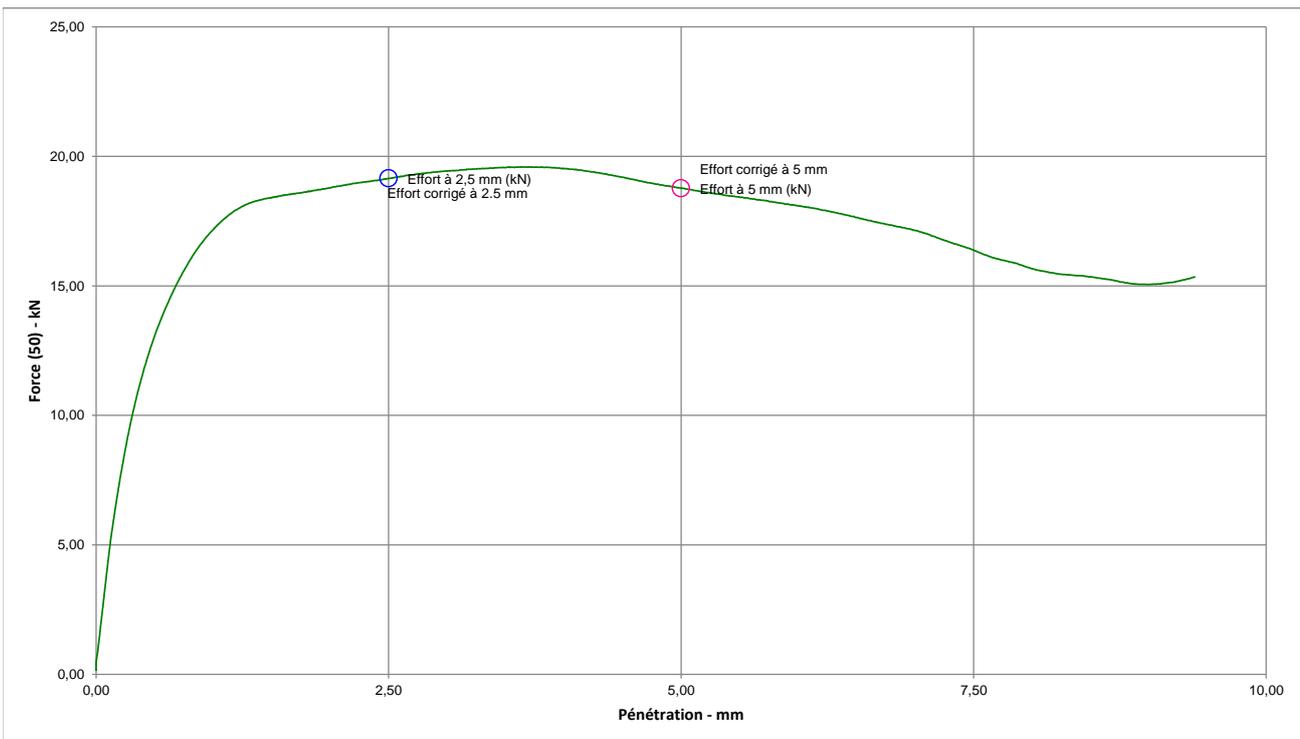


ESSAI PROCTOR ET CBR après immersion

NF P 94-078

Chantier : MOUFLERS L'ETOILE (80) **Sondage:** Mélange PM51+PM59 **Date de prélvt:** NC
Demandeur : SOGEO EXPERT **Profondeur :** 0,4/2,20+0,5/1,80 m **Date des essais:** janv.-19
N°Dossier : 18284B **Nature:** Limon marron **N° d'archivage:** M1167

Teneur en eau (NF P 94-050) %	Refus tamis 20 mm %	Dmax mm	Traitement %		Densité sèche t/m3	Classification G.T.R (NF P 11-300)
			CaO	ROLAC Optimum		
14,8	0,0	< 0,080	2,0	5,0	1,62	A1m



Indice corrigé à 2,5 mm =	143,4	ICBR immergé retenu :	143,4
Indice corrigé à 5 mm =	94,1		

ESSAI DE GONFLEMENT

Lecture comparateur avant saturation (1/100 mm)	0
Lecture comparateur après 4 jours de saturation (1/100 mm)	9
Variation de hauteur Δh	9
Gonflement G	0,1%

Observations:
 Teneur en eau après immersion (4 jours) : 19,1%

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	23 janvier 2019	DATE :	23 janvier 2019



Matériaux traités à la chaux et/ou aux liants hydrauliques -

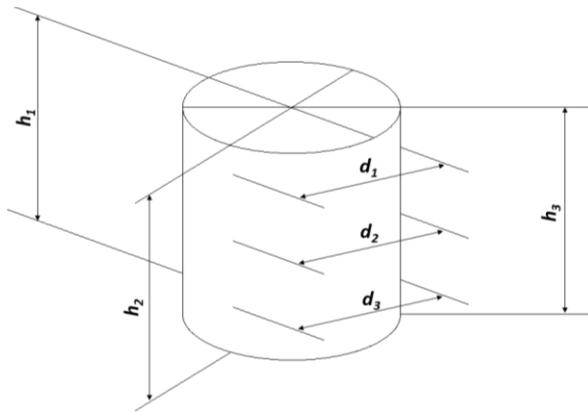
Essai d'évaluation de l'aptitude d'un sol au traitement

NF P 94-100

Chantier : MOUFLERS L'ETOILE (80) **Sondage:** Mélange PM51+PM59 **Date de prélvt:** NC
Demandeur : SOGEO EXPERT **Profondeur :** 0,4/2,20+0,5/1,80 m **Date des essais:** janv.-19
N°Dossier : 18284B **Nature:** Limon marron **N° d'archivage:** M1167

Teneur en eau à l'OPN W_{OPN} (%)	Masse volumique sèche à l'OPN ρ_{dOPN} (to/m ³)	Fraction utilisée (mm)	Densité de moulage 96 % ρ_{HOPN} (to/m ³)	Traitement %	
				CaO	ROLAC Optimum
16,1	1,75	0 / 6,3	1,95	2,0	5,0
Modalité alternative complémentaire		Temps de cure		24 heures	

Gonflement volumique : G_v

Mode de détermination de V_0 

N° Eprouvette	1	2	3
h_1	5,07	5,08	5,10
h_2	5,10	5,08	5,10
h_3	5,18	5,08	5,10
d_1	5,03	5,03	5,02
d_2	5,04	5,03	5,03
d_3	5,04	5,04	5,02
Volume initial V_0 (cm ³)	101,94	101,08	101,08
Volume après 4 h d'immersion *	NR	NR	NR
Volume après 24 h d'immersion *	NR	NR	NR
Volume V_1 (cm ³) après 7j d'immersion	100,40	99,70	100,00
Gonflement volumique G_{v7j} (%)	-1,31		

* Facultatif

Caractéristiques mécaniques : R_{tb}

N° Eprouvette	1	2	3	Moyenne
Compression diamétrale (Mpa)	0,430	0,388	0,388	0,402
Module de déformation *	NR	NR	NR	NR

* Facultatif

Critères de jugement de l'aptitude au traitement

Type de traitement	Aptitude du matériau au traitement	Paramètres considérés	
		Gonflement volumique G_{v7j} (%)	Résistance en compression diamétrale R_{tb} (Mpa)
Traitement liant hydraulique éventuellement associé à la chaux	Adapté	≤ 5	$\geq 0,2$
	Douteux	$5 \leq G_{v7j} \leq 10$	$0,1 < R_{tb} < 0,2$
	Inadapté	≥ 10	$\leq 0,1$
Traitement chaux seule	Adapté	≤ 5	Paramètre non considéré pour ce type de traitement du fait de la lenteur de la prise pouzzolannique
	Douteux	$5 \leq G_{v7j} \leq 10$	
	Inadapté	≥ 10	

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	23 janvier 2019	DATE :	23 janvier 2019



CLASSIFICATION DES MATÉRIAUX

NF P 11-300

Opération : MOUFLERS

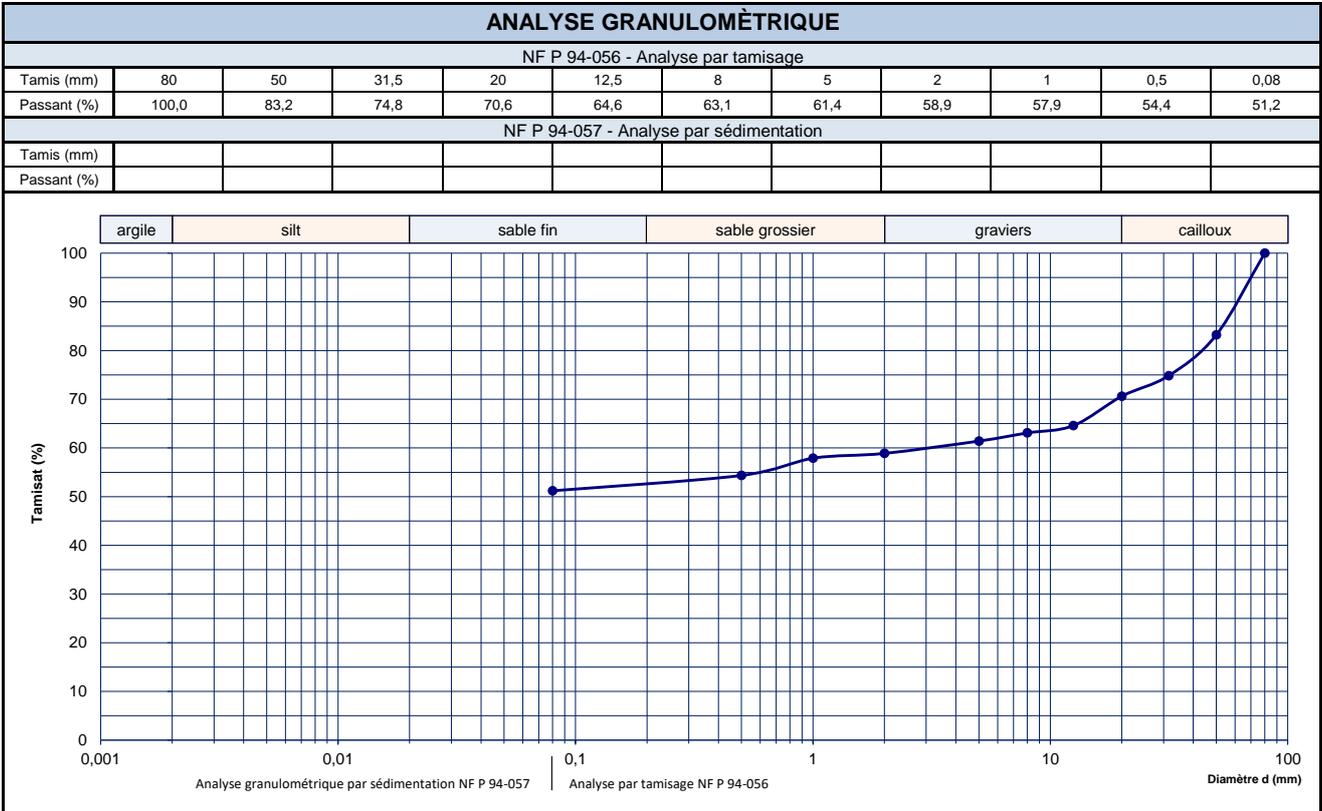
Sondage: Mélange PM38+PM58+PM61 **Prélèvement effectué par :** SOGEO EXPERT

Demandeur : SOGEO EXPERT

Profondeur : 1,1/3,20+0,5/1,80+1,1/3,0 m **Date de prélèvement :** NC

N°Dossier : 18284B

Nature visuelle : Argile limoneuse **Date des essais :** janv.-19



PARAMETRES DU MATERIAU

Teneur en eau (%)	Dmax (mm)	Passant à 80 µm (%)	VBS (g/100g)	Limites d'Atterberg				IPI	FS	MDE	LA
				W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	I _C				
20,5	71,1	51,2	4,03	\	\	\	\	\	\	\	\
NF P 94-050	NF P 94-056	NF P 94-056	NF P 94-068	NF P 94-052-1	NF P 94-051			NF P 94-078	NF P 18-576	NF EN 1097-1	NF EN 1097-2

CLASSIFICATION

Classification GTR

C₁A₂

NF P11-300

Sols Dmax ≤ 50 mm :

Sols Dmax > 50 mm :

Passant à 0,08 mm

12 %

0,1

D3

C1 ou C2

Matériaux roulés et matériaux anguleux peu charpentés (0/50 > 60 à 80%)

Matériaux anguleux très charpentés (0/50 < 60 à 80%)

Matériaux rocheux :

Roches sédimentaires		Roches magmatiques et métamorphiques	
Roches carbonatées	Craies	Granites, basaltes, andésites... gneiss... schistes métamorphiques et ardôisiers...	R1
	Calcaires		R2
Roches argileuses	Marnes, argilites, pélites...		R3
Roches siliceuses	Grès, poudingues, brèches...		R4
Roches salines	Sel gemme, gypse		R5
			R6

Matériaux particuliers : Sol organique, sous-produits industriels F

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	22 janvier 2019	DATE :	22 janvier 2019



Essai au bleu de méthylène - VBS

NF P94-068

Opération : MOUFLERS **Sondage:** Mélange PM38+PM58+PM61 **Prélèvement effectué par :** SOGEO EXPERT
Demander : SOGEO EXPERT **Profondeur :** 1,1/3,20+0,5/1,80+1,1/3,0 m **Date de prélèvement :** NC
N°Dossier : 18284B **Nature visuelle :** Argile limoneuse **Date des essais :** janv.-19

Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol

PRINCIPE DE L'ESSAI

Cette méthode d'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant être absorbée par un matériau de fraction 0/5 mm, mis en suspension dans l'eau. Cette quantité est ensuite rapportée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol. La valeur de bleu du sol est directement liée à la surface spécifique des particules constituant le sol ou le matériau rocheux.

Cet essai permet d'apprécier l'argilosité du matériau testé : plus la valeur de bleu est élevée, plus le matériau est argileux.

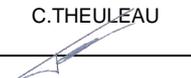
METHODOLOGIE DE L'ESSAI

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement différentes quantités d'une solution de bleu de méthylène dans une solution de matériau, et en contrôlant l'absorption de bleu par le matériau après chaque ajout. Pour ce faire, on prélève une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier filtre, ce qui provoque la création d'une tâche permettant d'apprécier l'absorption du bleu par le matériau.

Essais à la tâche

Caractéristiques naturelles du matériau		Résultats de l'essai	
D _{max} :	71,1 mm	Masse sèche de la prise d'essai :	25,6 g
Passant au tamis 50 mm :	83,2 %	Masse de bleu introduite (solution à 10 g/l) :	140,0 g
Passant au tamis 5 mm :	61,4 %	VBS : 4,03	
Teneur en eau sur fraction 0/5 mm :	20,5 %		

Observations: \

REDACTEUR :	C.PEREDO 	APPROBATEUR :	C.THEULEAU 
DATE :	22 janvier 2019	DATE :	22 janvier 2019



ESSAI PROCTOR

N F P 94-093

Chantier : MOUFLERS L'ETOILE (80)

Sondage: Mélange PM38+PM58+PM61 **Date de prélèvement:** NC

Demandeur : SOGEO EXPERT

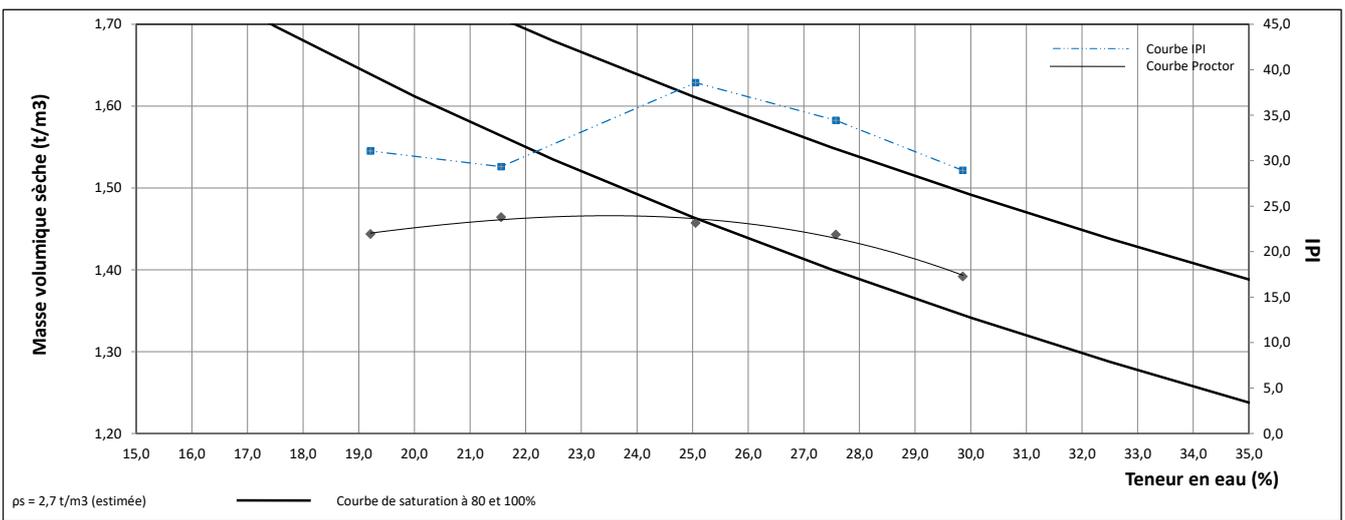
Profondeur : 1,1/3,20+1,1/3,0+1,1/3,0 m **Date des essais:** janv.-19

N°Dossier : 18284B

Nature: Argile limoneuse

Elaboration : Traitement

Energie	Moule utilisé	D max (mm)	Refus à 20 mm (%)	ρ_s estimée t/m ³	Traitement	
					% CaO	% Rolac Optimum
Normale	CBR	71,1	29,4	2,7	2,0	5,0



	1	2	3	4	5	6	7
<i>Résultats (hors correction granulométrique)</i>							
Teneur en eau (%) <small>N F P 94-050</small>	29,9	27,6	25,1	21,6	19,2		
Masse volumique sèche ρ_d (t/m³)	1,39	1,44	1,46	1,46	1,44		
IPI <small>N F P 94-078</small>	29	34	39	29	31		

Résultats

Teneur en eau à l'Optimum (%)	Masse volumique sèche à l'Optimum (t/m ³)	IPI	
		Maxi mesuré	à l'Optimum
W_{OPN}	$\rho_{d\text{OPN}}$	39	35
<i>hors correction granulométrique sur fraction 0/20 mm</i>			
23,5	1,46		
<i>avec correction granulométrique sur fraction 0/D</i>			
16,6	1,69		

Observations :

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	22 janvier 2019	DATE :	22 janvier 2019



ESSAI D'EVALUATION D'UN MATERIAU AU TRAITEMENT

NF P 94-078 - NF P 94-100

CADRE DU TRAITEMENT : **Utilisation du matériau en couche de forme**

MATERIAU TESTE (Non Traité)										
Chantier : MOUFLERS L'ETOILE (80)			Sondage: Mélange PM38+PM58+PM61			Date de prélèvement: NC				
Demandeur : SOGEO EXPERT			Profondeur : 1,1/3,20+1,1/3,0+1,1/3,0 m			Date des essais: janv.-19				
N°Dossier : 18284B			Nature: Argile limoneuse			N° d'archivage: M1167				
Teneur en eau (NF P 94-050) %	Refus tamis 20 mm %	Dmax mm	VBS g/cm ³	densité sèche t/m ³	IPI					Classification G.T.R. (NF P 11-300)
20,5	29,4	71,1	4,03							C ₁ A ₂

TRAITEMENT EN LABORATOIRE		
Produit(s) de traitement	Dosage en %	Type - Provenance
CaO	2,0	LHOIST SAINT GAUTHIER
ROLAC Optimum	5,0	LAFARGE
Teneur en eau à l'OPN W_{OPN} (%)	(NF P 94-050)	23,5
Masse volumique sèche à l'OPN ρ_{dOPN} (t/m ³)	(NF P 94-078)	1,46
IPI maximum mesuré	(NF P 94-078)	39
IPI à l'OPN	(NF P 94-078)	35

ESSAIS REALISES	RESULTATS	Aptitude du matériau
Teneur en eau à la confection (%)	(NF P 94-050) 22,6	\
densité sèche (t/m ³)	(NF P 94-078) 1,42	\
IPI	(NF P 94-078) 22,3	Adapté
I.CBR IMMERSION	(NF P 94-078) 85,9	Adapté
I.CBR IMMERSION / IPI	(NF P 94-078) 3,9	Adapté
Gonflement volumique à 4 jours d'immersion (%)	(NF P 94-078) 2,4	Adapté
Gonflement volumique à 7 jours d'immersion à 96% OPN $G_{v\tau_j}$ (%)	(NF P 94-100) -5,73	Adapté
Résistance en compression diamétrale à 96% OPN R_{tb} (MPa)	(NF P 94-100) 0,354	Adapté
Dosage des sulfates solubles dans l'eau (%)	(XP P 18-581) NC	\

Observations:

Traitement à 2 % de chaux + 5 % de Rolac Optimum adapté pour ce matériau pour une utilisation en couche de forme.

REDACTEUR :	C.PEREDO 	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	25 janvier 2019	DATE :	25 janvier 2019

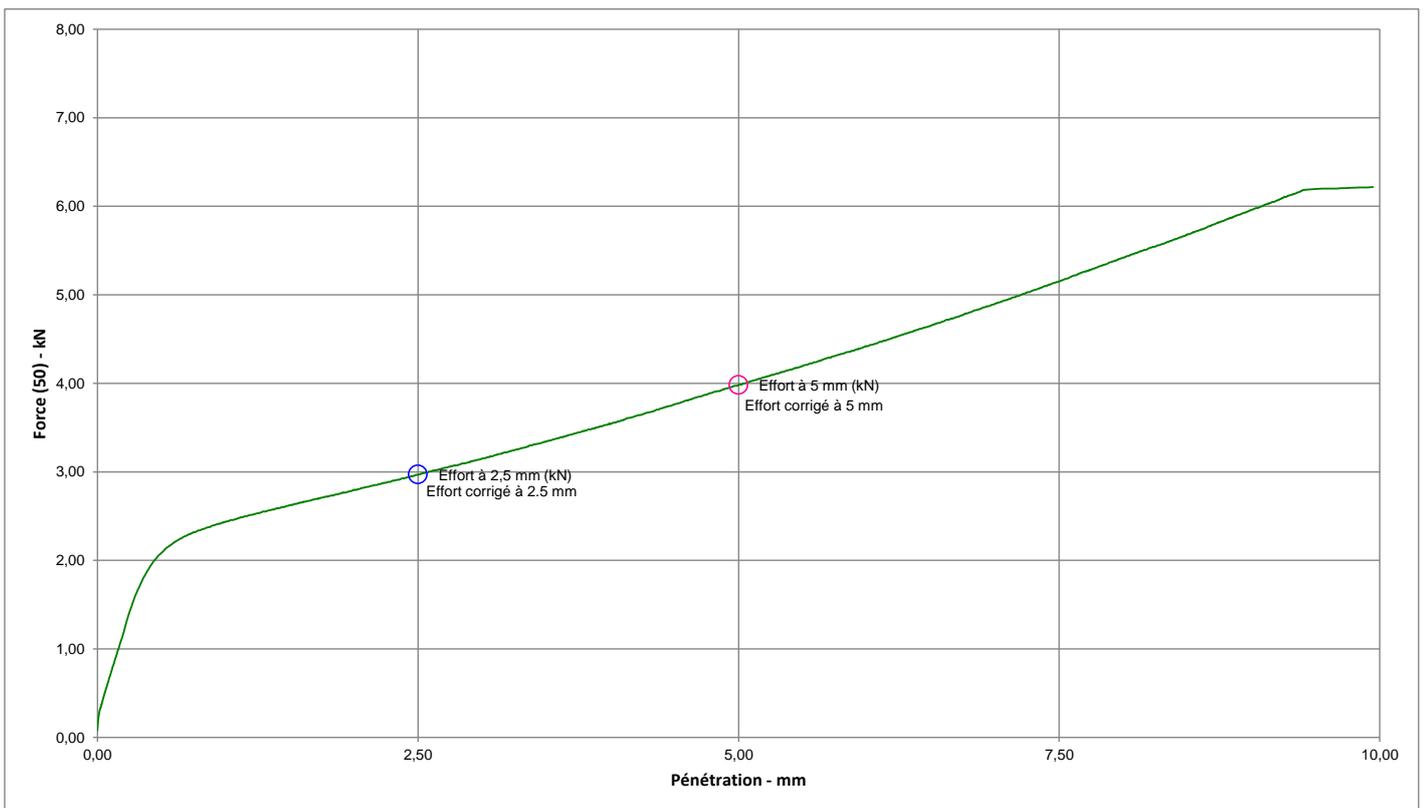


ESSAI PROCTOR ET IPI

NF P 94-078 Mai 1997

Chantier : MOUFLERS L'ETOILE (80) **Sondage:** Mélange PM38+PM58+PM61 **Date de prélvt:** NC
Demandeur : SOGEO EXPERT **Profondeur :** 1,1/3,20+1,1/3,0+1,1/3,0 m **Date des essais:** janv.-19
N°Dossier : 18284B **Nature:** Argile limoneuse **N° d'archivage:** M1167

Teneur en eau (NF P 94-050) %	Refus tamis 20 mm %	Dmax mm	Traitement %		Densité sèche t/m3	Classification G.T.R (NF P 11-300)
			CaO	ROLAC Optimum		
22,6	29,4	71,1	2,0	5,0	1,42	C1A2



Indice corrigé à 2,5 mm =	22,3	IPI retenu :	22,3
Indice corrigé à 5 mm =	20,0		

Observations:

REDACTEUR :	C.PEREDO 	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	25 janvier 2019	DATE :	25 janvier 2019

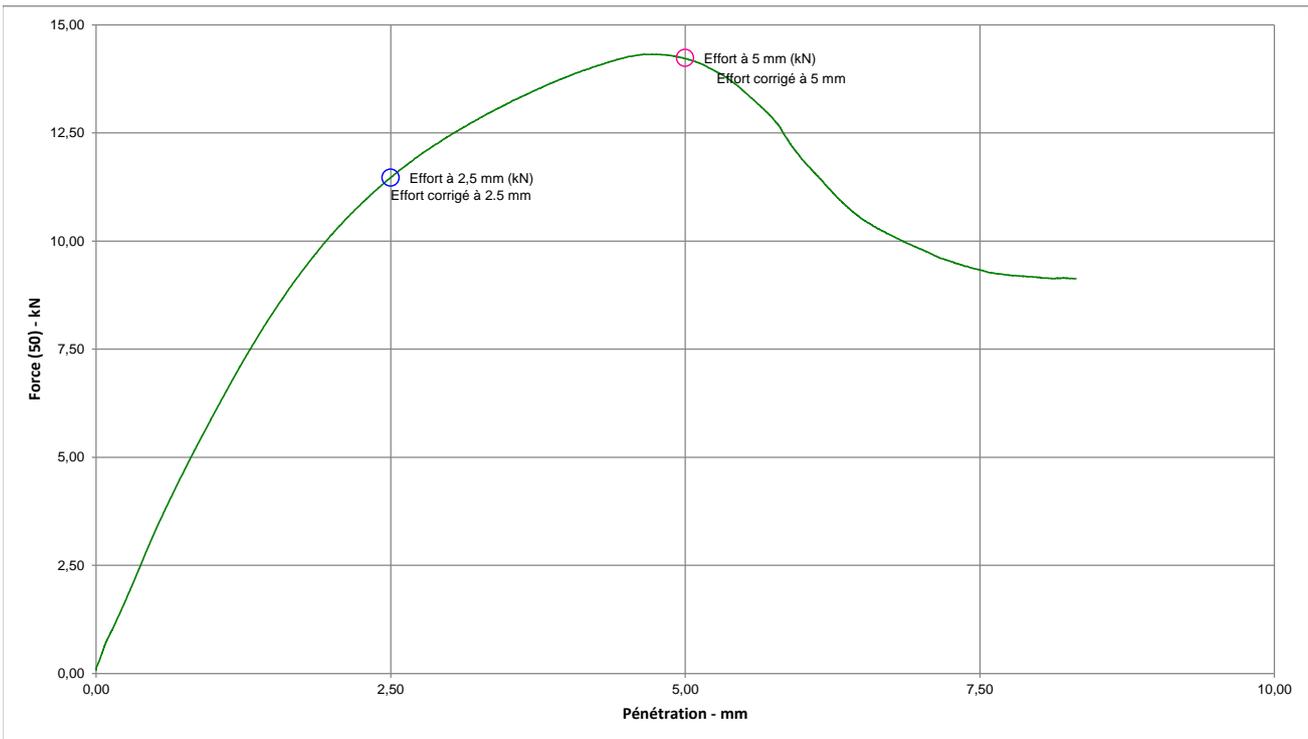


ESSAI PROCTOR ET CBR après immersion

NF P 94-078

Chantier : MOUFLERS L'ETOILE (80) **Sondage:** Mélange PM38+PM58+PM61 **Date de prélvt:** NC
Demander : SOGEO EXPERT **Profondeur :** 1,1/3,20+1,1/3,0+1,1/3,0 m **Date des essais:** janv.-19
N°Dossier : 18284B **Nature:** Argile limoneuse **N° d'archivage:** M1167

Teneur en eau (NF P 94-050) %	Refus tamis 20 mm %	Dmax mm	Traitement %		Densité sèche t/m3	Classification G.T.R (NF P 11-300)
			CaO	ROLAC Optimum		
22,6	29,4	71,1	2,0	5,0	1,42	C1A2



Indice corrigé à 2,5 mm =	85,9	ICBR immergé retenu :	85,9
Indice corrigé à 5 mm =	71,4		

ESSAI DE GONFLEMENT

Lecture comparateur avant saturation (1/100 mm)	0
Lecture comparateur après 4 jours de saturation (1/100 mm)	282
Variation de hauteur Δh	282
Gonflement G	2,4%

Observations: Teneur en eau après immersion (4 jours) : 30,0%

REDACTEUR :	C.PEREDO	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	25 janvier 2019	DATE :	25 janvier 2019



Matériaux traités à la chaux et/ou aux liants hydrauliques -

Essai d'évaluation de l'aptitude d'un sol au traitement

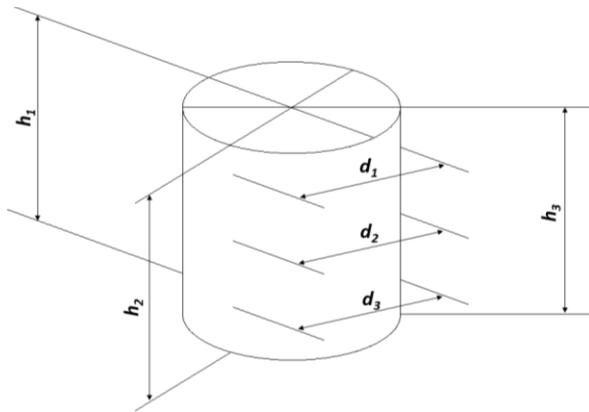
NF P 94-100

Chantier : MOUFLERS L'ETOILE (80) **Sondage :** Mélange **Date de prélvt :** NC
Demandeur : SOGEO EXPERT **Profondeur :** 1,1/3,20+1,1/3,0+1,1/3,0 m **Date des essais :** janv.-19
N°Dossier : 18284B **Nature :** Argile limoneuse **N° d'archivage :** M1167

Teneur en eau à l'OPN W_{OPN} (%)	Masse volumique sèche à l'OPN ρ_{dOPN} (to/m ³)	Fraction utilisée (mm)	Densité de moulage 96 % ρ_{HOPN} (to/m ³)	Traitement %	
				CaO	ROLAC Optimum
23,5	1,46	0 / 6,3	1,73	2,0	5,0
Modalité alternative complémentaire		Temps de cure		24 heures	

Gonflement volumique : G_v

Mode de détermination de V_0



N° Eprouvette	1	2	3
h_1	5,08	5,09	5,10
h_2	5,07	5,10	5,09
h_3	5,09	5,09	5,09
d_1	5,01	5,01	5,01
d_2	5,02	5,02	5,03
d_3	5,03	5,03	5,04
Volume initial V_0 (cm ³)	100,55	100,81	101,08
Volume après 4 h d'immersion *	NR	NR	NR
Volume après 24 h d'immersion *	NR	NR	NR
Volume V_1 (cm ³) après 7j d'immersion	93,90	96,60	94,60
Gonflement volumique G_{v7j} (%)	-5,73		

* Facultatif

Caractéristiques mécaniques : R_{tb}

N° Eprouvette	1	2	3	Moyenne
Compression diamétrale (Mpa)	0,323	0,412	0,326	0,354
Module de déformation *	NR	NR	NR	NR

* Facultatif

Critères de jugement de l'aptitude au traitement

Type de traitement	Aptitude du matériau au traitement	Paramètres considérés	
		Gonflement volumique G_{v7j} (%)	Résistance en compression diamétrale R_{tb} (Mpa)
Traitement liant hydraulique éventuellement associé à la chaux	Adapté	≤ 5	$\geq 0,2$
	Douteux	$5 \leq G_{v7j} \leq 10$	$0,1 < R_{tb} < 0,2$
	Inadapté	≥ 10	$\leq 0,1$
Traitement chaux seule	Adapté	≤ 5	Paramètre non considéré pour ce type de traitement du fait de la lenteur de la prise pouzzolannique
	Douteux	$5 \leq G_{v7j} \leq 10$	
	Inadapté	≥ 10	

REDACTEUR :	C.PEREDO 	APPROBATEUR :	C.THEULEAU
DATE :	25 janvier 2019	DATE :	25 janvier 2019

CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES (Norme NFP 94-500)

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

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

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

Phase DCE / ACT

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

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

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

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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



INGENIERIE GEOTECHNIQUE