

**INGENIERIE en
GEOTECHNIQUE et
AUSCULTATION**

Mécanique des sols et des roches
Géologie - Hydrogéologie
Mesure et Instrumentation
Environnement

6, 8, avenue Eiffel
77220 Gretz-Armainvilliers
Tél.: 33 (0)1 64 06 47 76
Fax : 33 (0)1 64 06 47 59
E-mail: info@enomfra.fr

EN • OM • FRA S.A.S.

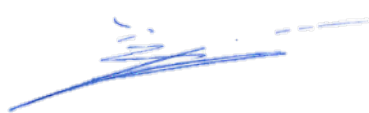

Fondée en 1969

**AMENAGEMENT D'UNE ZAC MULTISITES
SECTEUR ECOUARDES EST
95 – TAVERNY**

GRAND PARIS AMENAGEMENT

**ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE
- Mission type G1 PGC -**

DOSSIER N° 8334-21 – SEPTEMBRE 2021

Date	Ingénieur chargé de l'étude	Modifications	Contrôle interne	
			Vérificateur	Approbateur
30/09/21	 Valentin EYCHENNE	1 ^{ère} émission	 Jocelyn LAGARDE	
Diffusion	Grand Paris Aménagement – Marine CAPELIER			

SOMMAIRE

I - BUT DE LA MISSION	4
II - DESCRIPTION DU PROJET ET DU SITE	5
III - CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE (RAPPELS DE LA MISSION G1 ES)	9
IV - ALEAS ET RISQUES (RAPPELS DE LA MISSION G1 ES)	10
A) Aléa « carrières » et dissolution du gypse	10
B) Aléa « retrait-gonflement des argiles »	11
C) Aléa « séismes »	11
D) Aléa « inondations »	11
V - PROGRAMME D'INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES	13
VI - ETUDE GEOLOGIQUE	13
A) Géologie du site	13
B) Fiches analytiques des sondages pressiométriques	15
C) Définition des paramètres enregistrés	15
VII - ETUDE GEOTECHNIQUE	16
A) Résultats des essais pressiométriques	16
B) Commentaires sur les essais géotechniques	18
C) Essais en laboratoire	18
D) Coupe géotechnique de synthèse	20
E) Modèles géotechniques au stade G1 PGC	21
VIII - ESSAIS DE PERMEABILITE	22
A) Principe de l'essai Matsuo	22
B) Résultats des essais Matsuo	22
IX - RECOMMANDATIONS – MISSION G1 PGC	23
A) Rappel du projet	23
B) Principes de fondation	23
C) Terrassements	23
D) Dallages	24
E) Voiles périmétriques des sous-sols	26
F) Incidence de la nappe	27
X - INCERTITUDES A LEVER – ETUDES COMPLEMENTAIRES	27

ANNEXES

- 1 - Plan de position des sondages
- 2 - Fiches analytiques des sondages pressiométriques
Coupes des piézomètres
- 3 - Procès-verbaux des essais en laboratoire
- 4 - Fiches des essais Matsuo
- 5 - Enchaînement et classification des missions d'ingénierie géotechnique
Conditions générales d'intervention

I - BUT DE LA MISSION

A la demande et pour le compte de la société **GRAND PARIS AMENAGEMENT**, nous avons effectué une reconnaissance des sols en vue de l'aménagement du secteur Ecouardes Est (faisant partie d'une ZAC multisites de 3 secteurs) sur la commune de Taverny (95).

Notre mission d'étude est de type G1 (phase PGC) selon la classification des missions géotechniques (extrait de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013 joint en **ANNEXE 5**). Elle comporte les prestations suivantes :

- Un rappel sur le cadre géologique et hydrogéologique (dossier n°8092 de la mission G1 ES),
- La visite du site et de ses alentours,
- La définition d'un programme d'investigations géotechniques spécifique avec suivi technique et exploitation des résultats,
- Un rapport d'étude géotechnique donnant :
 - Une synthèse géologique, géotechnique et hydrologique des résultats de sondages réalisés sur le site objet de l'étude,
 - Une analyse des aléas et risques inhérents au site et à la ZIG du projet,
 - Les principes de construction envisageables à ce stade de l'étude (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des éventuels avoisinants).

Nous précisons que notre mission n'intègre pas le diagnostic environnemental des sols ni la mission G2 AVP+PRO.

Cette mission ne comporte pas l'estimation des quantités, ni les coûts, ni les délais de réalisation des ouvrages géotechniques.

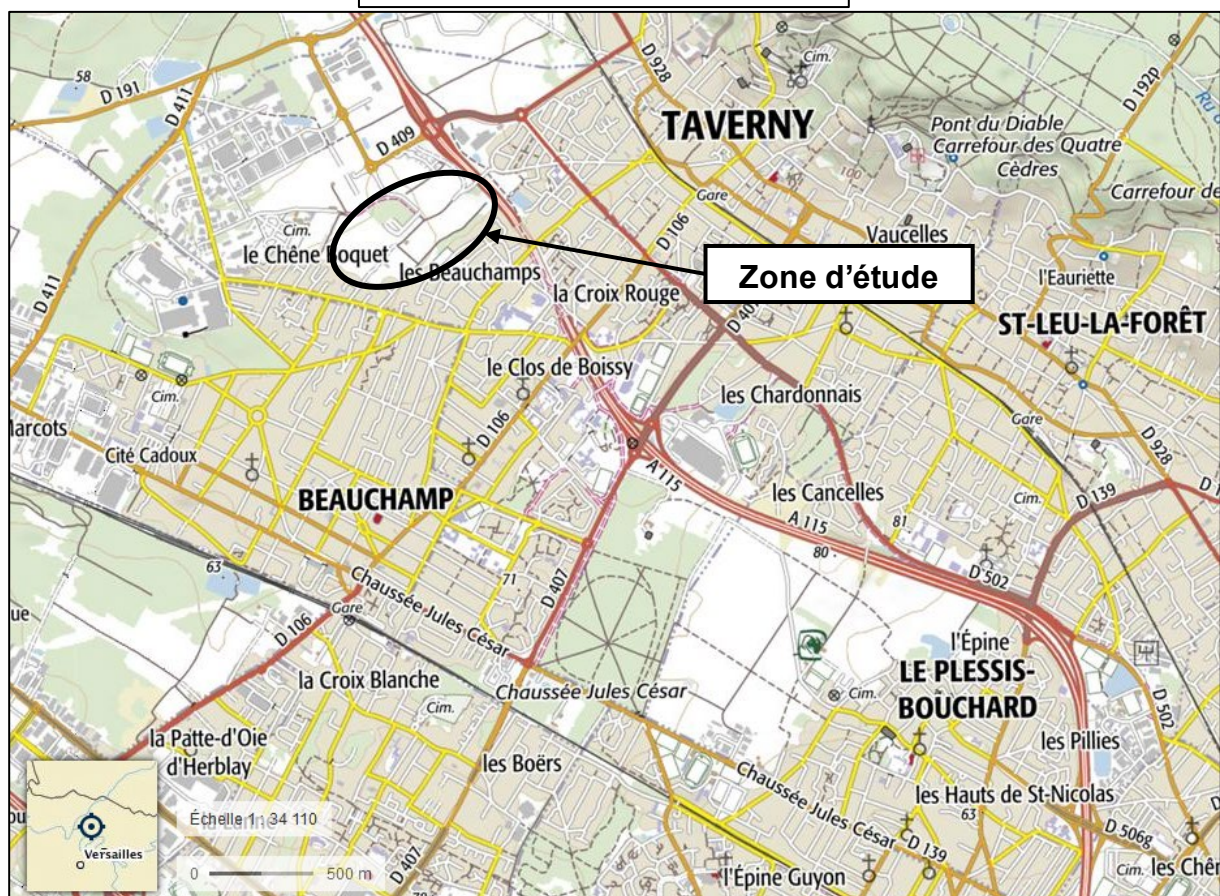
II - DESCRIPTION DU PROJET ET DU SITE

→ Document communiqué par la Maitrise d'Ouvrage :

* Plan de masse : première approche des aménagements (juillet 2021).

Le projet se situe à proximité de la ZAC des Ecouardes sur la commune de Taverny (95).

Localisation du site (Géoportail)



Le projet concerne l'aménagement d'une ZAC multisites (divisée en 3 secteurs) comprenant la construction de logements, de commerces et de bâtiments publics.

Ce rapport fait suite à la mission G1 ES réalisée en avril 2020 (dossier n°8092-20) et traite de l'aménagement du secteur Ecouardes Est dont la superficie est de 15Ha environ. A ce jour, le projet comprend la création de :

- * 892 logements collectifs, répartis sur des bâtiments en R+2 à R+5 ;
- * 260 logements intermédiaires qui seront des bâtiments en R+1+attique ;
- * 28 lots libres pour la construction de pavillons ;
- * 2 parkings silo en R+2 pour un total de 720 places ;
- * 1 groupe scolaire et 1 gymnase ;
- * 700m² de commerces et 800m² de services ;
- * Un parc central et autres espaces verts ;
- * Des bassins paysagers.

La présence de sous-sols sur les différents bâtiments n'est pas exclue.

Le plan masse ci-dessous présente une première ébauche du projet.



Le secteur Ecouardes Est est occupé par des terrains agricoles, des espaces boisés et quelques bâtiments légers isolés. Le bois des Ecouardes longe le secteur au Nord.

- Profil C-C' Sud-Ouest / Nord Est :



Le secteur s'inscrit dans un contexte de pente orientée vers le Sud-Ouest. La pente devient plus importante en s'approchant de l'A115 (qui repose sur un talus). Les cotes NGF oscillent entre 67 et 75 NGF dans la partie Sud-Est du secteur.

- Profil D-D' Nord-Ouest / Sud-Est :



Le long de ce profil orientée Nord-Ouest / Sud-Est, une cuvette se dessine au niveau de la zone notée « Le Chêne Boquet » sur la carte IGN. Cette dépression met en évidence un talveg qui semble commencer au niveau de l'autoroute A115 et qui se prolonge vers le Sud-Ouest, perpendiculairement à la coupe D-D'. Ces indices pourraient être la trace d'un ancien cours d'eau. La topographie forme un plateau au Nord-Ouest du Bois des Ecouardes.

Les cotes NGF dans la zone du projet sont comprises entre 67 et 75 NGF environ.

III - CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE (RAPPELS DE LA MISSION G1 ES)

→ Documents et sites consultés :

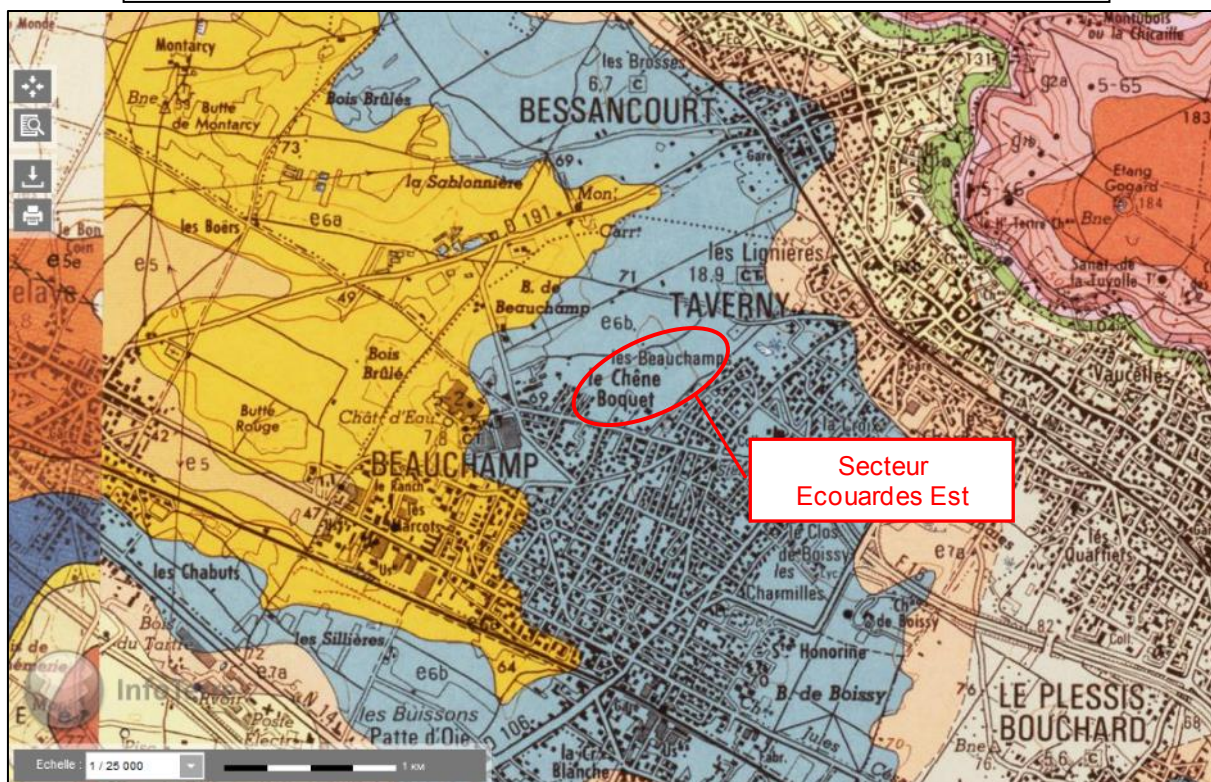
- * Nos archives géotechniques ;
- * La carte géologique de L'ISLE ADAM au 1/50 000^{ème} ;
- * Le site Infoterre du BRGM ;
- * Le site Géoportail de l'IGN ;
- * Le site Géorisques du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire ;
- * Le rapport n°8092 de notre mission G1 ES réalisée en avril 2020.

La stratigraphie du site devrait être la suivante :

- Des **Limons** éventuels,
- Le **Marno-calcaire de Saint-Ouen** jusqu'à 4 à 10m/TN selon l'altimétrie du TN.
- Les **Sables de Beauchamp** en dessous.

Un extrait de la carte géologique est disponible ci-après.

Extrait de la carte géologique de L'ISLE ADAM au 1/50 000^{ème}



Légende

<div style="background-color: #f9c99d; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">g3a</div> Oligocène supérieur Meulière de Montmorency	<div style="background-color: #ffffcc; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">e7b</div> Ludien moyen 1 ^{ère} Masse du gypse Marnes d'entre-deux Masses 2 ^{ème} Masse du gypse Marnes à lucines 3 ^{ème} Masse du gypse	<div style="background-color: #f9c99d; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">e5</div> Lutétien Marnes et caillasses Calcaire grossier (calcaire grossier à miliolites, calcaire sableux ou dolomitique, glauconie grossière)
<div style="background-color: #f9c99d; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">g2b</div> Stampien supérieur Sables et grès de Fontainebleau	<div style="background-color: #f9c99d; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">e7a</div> Ludien inférieur Marnes à <i>Pholadomya ludensis</i>	<div style="background-color: #f9c99d; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">e4</div> Cuisien Sables de Cuisse
<div style="background-color: #f9c99d; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">g2a</div> Stampien inférieur Marnes à huîtres	<div style="background-color: #f9c99d; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">e6b</div> Marinésien 4 ^{ème} Masse du gypse Calcaire de Nolsy-le-Sac Sables de Monceau Calcaire de Saint-Ouen Sables de Mortefontaine Calcaire de Ducy Sables d'Ézanville	<div style="background-color: #f9c99d; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">e3</div> Sparnacien Sables du Soissonnais Fausses glaises Argile plastique
<div style="background-color: #f9c99d; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">g1b</div> Stampien inférieur (Sannoisien) Calcaire de Sannois Caillasse d'Orgemont Marnes vertes Glaisses à cyrènes	<div style="background-color: #f9c99d; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">e6a</div> Auversien Sables de Beauchamp Sables d'Auvers	<div style="background-color: #f9c99d; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">e2</div> Thanétien Sables, Poudingue de Coye
<div style="background-color: #f9c99d; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">e7c</div> Ludien supérieur Marnes de Pantin Marnes d'Argenteuil		<p>CRÉTACÉ</p> <div style="background-color: #f9c99d; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">C6</div> Campanien Craie

Hydrologie / Hydrogéologie :

D'un point de vue hydrogéologique, la commune de Taverny n'est traversée par aucun cours d'eau, ni proche d'un cours d'eau. Seules les eaux pluviales sont susceptibles d'alimenter les nappes souterraines et d'en faire varier le niveau.

Un sondage du BRGM au droit du site n'indique pas de niveau d'eau. En revanche, des sondages réalisés par Technosol en 2013, au niveau de la ZAC des Ecouardes au Nord du projet, indiquaient un niveau d'eau vers 5m/TN.

IV - ALEAS ET RISQUES (RAPPELS DE LA MISSION G1 ES)

A) Aléa « carrières » et dissolution du gypse

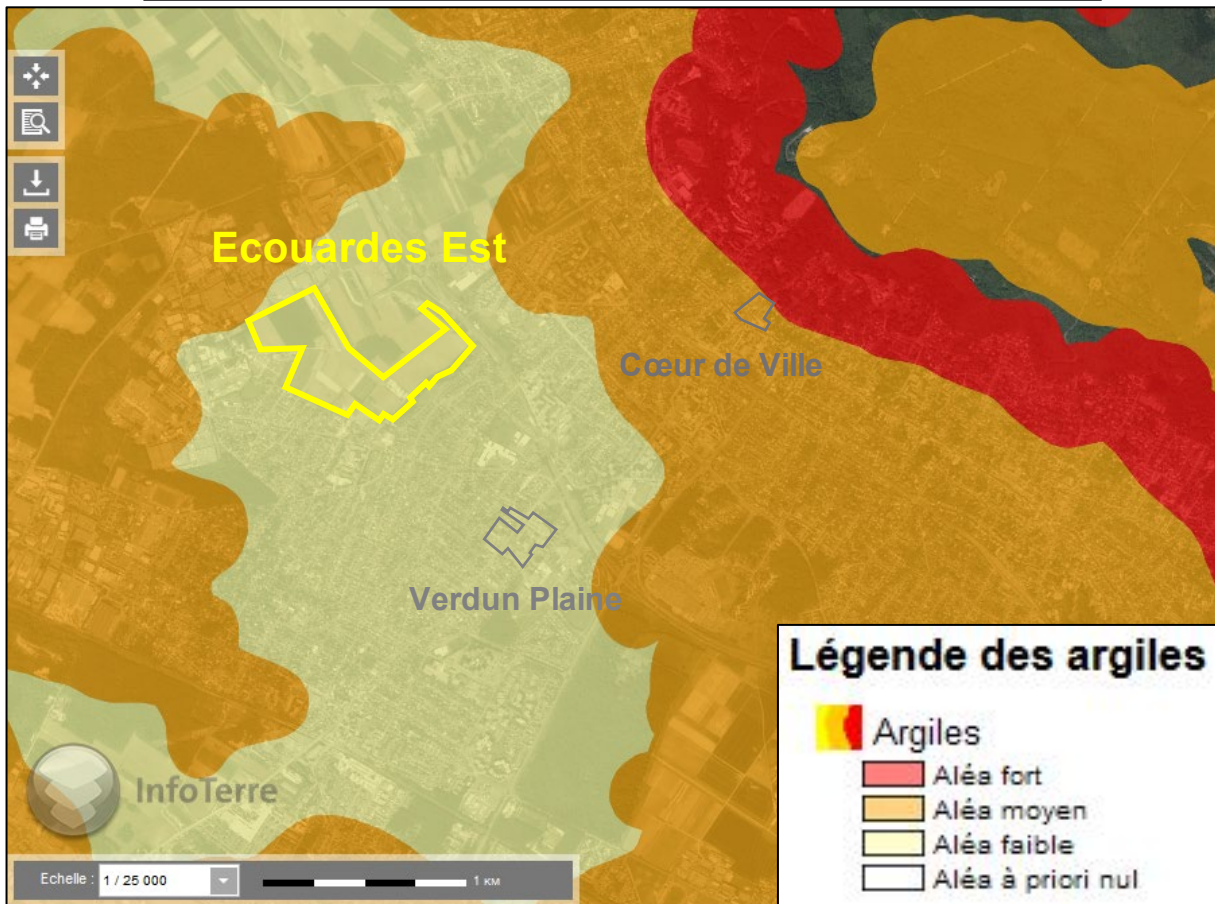
La commune de Taverny se trouve en dehors du périmètre de recherche d'anomalies de dissolution du gypse défini par l'Arrêté Interpréfectoral du 25/02/1977 relatif aux problèmes de dissolution du gypse antéludien. En revanche, un DICRIM (Document d'information communal sur les risques majeurs) rédigé en 2011 caractérise l'aléa de dissolution de gypse pour la commune de Taverny spécifiquement. Toutefois, d'après ce document, le secteur Ecouardes Est ne se situe pas dans la zone jugée à risque.

Aucune carrière connue n'est répertoriée au droit du secteur d'après l'atlas de l'IGC Versailles

B) Aléa « retrait-gonflement des argiles »

L'aléa retrait-gonflement des argiles est défini comme **FAIBLE** au droit du secteur Eco, comme en témoigne l'extrait de carte suivant.

Extrait de la carte d'aléa retrait-gonflement des argiles du BRGM



C) Aléa « séismes »

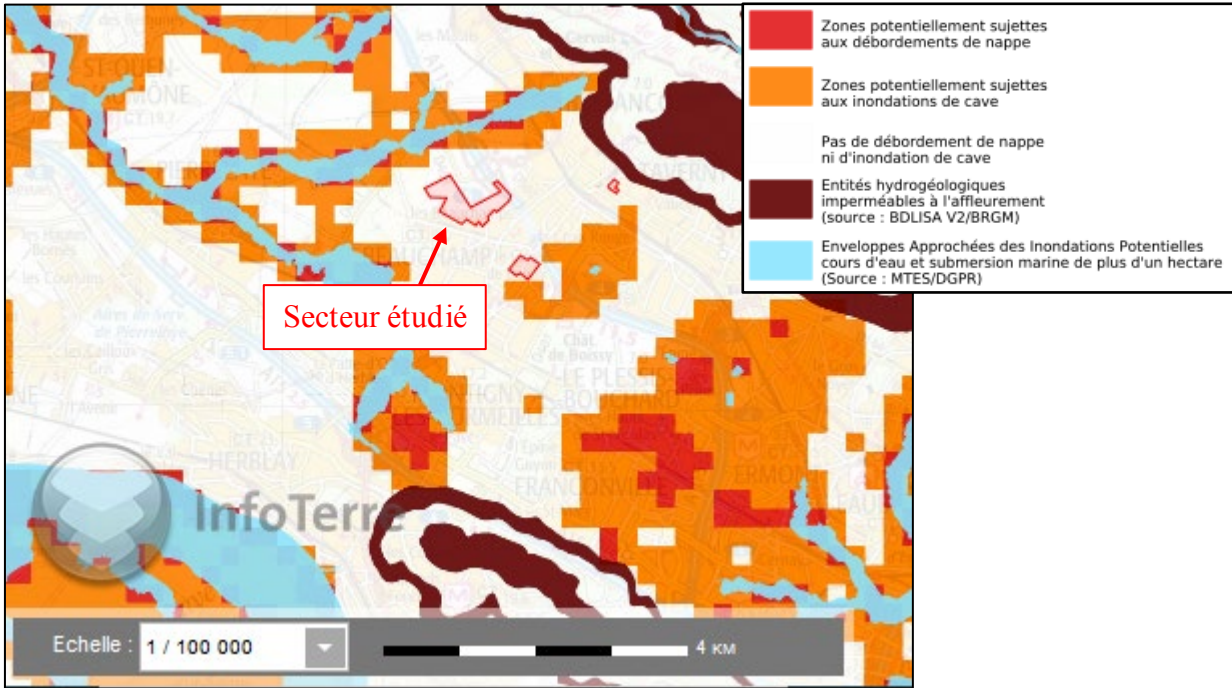
La zone se trouve en zone de sismicité 1 correspondant à un aléa très faible.

D) Aléa « inondations »

La commune n'est pas concernée par un Plan de Prévention des Risques d'Inondation.

D'autre part, d'après la cartographie du BRGM, le secteur Ecouardes Est n'est pas sujet aux remontées de nappes ou inondation de caves.

Extrait de la carte de l'aléa remontée de nappes



E) Synthèses des aléas et risques

Le tableau ci-dessous récapitule les aléas et risque au droit du secteur.

Aléa	Carrières	Dissolution du gypse	Retrait-gonflement des argiles	Séismes	Inondations
Criticité	NUL	FAIBLE	FAIBLE	TRES FAIBLE	NUL

V - PROGRAMME D'INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

Nous avons mis en œuvre, à l'aide de 2 sondeuses types SOCOMAFOR 35 et 65, équipées d'un enregistreur numérique Lutz, et d'une pelle mécanique 8T, le programme d'investigations suivant :

- **6 sondages pressiométriques descendus à 10m**, avec essais tous les mètres, et l'enregistrement des paramètres de forage.
- **3 piézomètres à 10m**, en ø 52/60mm et crépinés entre 1 et 10m.
- **4 essais Matsuo à 1,0m de profondeur**.
- **3 aptitudes au traitement** (avec GTR, Proctor et teneur en sulfates).

Les sondages ont été effectués du 24 aout au 04 septembre 2021 par deux équipes de Sondeurs-Géotechniciens, sous le contrôle d'un Ingénieur-Géotechnicien.

Le plan de position des sondages est joint en **ANNEXE 1**.

Topographie des sondages

Les sondages ont été nivelés en système local (SL) en prenant pour référence un regard d'assainissement dont la cote est fixée à 10,0 SL (cf. plan de sondages en **ANNEXE 1**). Ces cotes pourront être vérifiées et/ou reliées au système NGF par un géomètre expert pour plus de précision.

Sondage	Réf.	SP1	SP2	SP3 / Pz1	SP4 / Pz2	SP5	SP6 / Pz3
Cote SL (m)	10,0	10,1	9,5	10,4	8,8	11,7	14,4

VI - ETUDE GEOLOGIQUE

A) Géologie du site

Les sondages pressiométriques ont permis de mettre en évidence la succession de couches suivante :

- De la **terre végétale** limoneuse parfois sableuse, sur 0,3 à 0,6m d'épaisseur. Elle est absente au droit du sondage SP4.
- Des **Limons** argileux marron bruns présents jusqu'à 0,5-0,7m/TN au droit de SP1 et SP5, légèrement sableux. Cette formation est plus ou moins mêlée à la terre végétale.
- Des **Remblais** rencontrés sur SP4 et SP6. Au droit de SP4 ils sont composés de d'argile sableuse avec marne et brique, de couleur gris brun. Le revêtement du terrain est de l'enrobé sur cette zone. Au droit de SP6, on retrouve des remblais noirâtres jusqu'à 1,2m/TN puis une argile sableuse avec des blocs jusqu'à 1,9m/TN. Ici, les remblais sont probablement liés aux terrassements réalisés pour la création de la route traversant l'autoroute A115 qui borde le Nord du secteur. En effet, on constate que cette route est surélevée de 1 à 2m par rapport aux champs alentours.
- Le **Marno-calcaire de Saint-Ouen** jusqu'à 4,3-7,7m/TN, de couleur blanc beige et contenant fréquemment des bancs ou blocs indurés. La différence de profondeur du mur de cette formation s'explique en partie par les variations d'altimétrie du secteur. En sa base, le marno-calcaire peut être plus sableux (transition vers les Sables de Beauchamp).
- Les **Sables de Beauchamp** jusqu'à 10m/TN minimum d'après nos sondages (mur non atteint). Il s'agit de sable gris blanc à vert-bleuté. Très peu de bancs indurés ont été identifiés dans cette formation (un potentiel sur le sondage SP1, à 7,2m de profondeur).

Les 3 piézomètres posés à 10m/TN étaient secs lors des relevés faits le 04/09/21 (coupe des piézomètres disponibles en **ANNEXE 2**).

B) Fiches analytiques des sondages pressiométriques

Les résultats des investigations géologique et géotechnique sont figurés sur la fiche analytique qui se trouve en **ANNEXE 2**, où nous avons reporté :

- Une coupe géologique descriptive
- La pression limite de rupture (PL en bars)
- Le module de déformation pressiométrique (E en bars)
- La vitesse d'avancement (VA en m/h)
- La pression de poussée (Po en bars)
- Le couple de rotation (Cr en bars)
- La pression de retenue (P4 en bars)

C) Définition des paramètres enregistrés

Chacun de nos forages a été l'objet d'un enregistrement de paramètres graphiques et numériques suivants :

Vitesse d'avancement (Va en m/h) :

Ce paramètre mesure la vitesse instantanée d'avancement. Il est en relation directe avec les caractéristiques mécaniques des roches telles que : module d'Young, dureté, temps sonique.

Pression sur l'outil (Po en bars) :

Ce paramètre mesure la pression de poussée sur le train de tiges, il complète l'information « vitesse » en recherche de cavité, car en l'absence de réaction du terrain, dans la traversée des cavités, la poussée tombe à zéro.

Pression d'injection (Pi en bars) :

Ce paramètre mesure la pression du fluide de circulation (eau ou boue). Lorsque l'outil traverse une formation très plastique (Argiles ou Marnes), la pression (Pi) croît ; à l'inverse dans des terrains perméables à fort indice de vide la (Pi) chute fortement.

Couple de rotation (Cr en bars) :

Ce paramètre mesure le couple pris par l'outil pendant la foration ; en l'absence de réaction du terrain, dans la traversée d'une cavité, le couple chute d'une façon significative.

Pression de retenue (P4 en bars) :

Ce paramètre mesure la retenue hydraulique ; il est lié à l'action de retenue du train de tige ; il évite la chute de celui-ci en cas de présence de vides francs.

VII - ETUDE GEOTECHNIQUE**A) Résultats des essais pressiométriques**

La reconnaissance de sols par sondages a été suivie de la mesure « in situ » des caractéristiques mécaniques des terrains rencontrés. Cette mesure a été réalisée à l'aide d'une sonde de type BX mise en place tous les mètres dans le forage, reliée en surface à un pressiomètre de type GA.

Le tableau présenté ci-après récapitule les résultats de ces essais. On y trouve, pour chaque sondage et chaque profondeur, en regard de la nature du terrain testé, les paramètres suivants :

- Pf* : pression de fluage en MPa,
- PI* : pression limite de rupture en MPa,
- Em : module de déformation en MPa,
- E/PI : état de consolidation du sol.

Remarque :

Les courbes pressiométriques corrigées selon la norme NF P 94-110 obtenues à l'aide du logiciel de traitement EXPRS sont à la disposition du Maître d'Ouvrage et du Maître d'Œuvre. Les fiches analytiques des essais pressiométriques sont disponibles en

ANNEXE 2.

Sondage	Prof. (m)	Em (MPa)	PI* (MPa)	Pf* (MPa)	E/PI*
SP1	1,00	339,2	2,76	2,07	122,7
SP1	2,00	61,4	1,99	1,64	30,9
SP1	3,00	62,1	1,88	1,44	33,0
SP1	4,00	33,3	1,72	0,71	19,3
SP1	5,00	285,2	>2,01	2,01	141,9
SP1	6,00	65,4	>2,18	>2,18	30,0
SP1	7,00	149,2	>2,22	>2,22	67,2
SP1	8,00	243,3	>2,13	>2,13	114,1
SP1	9,00	226,6	>1,86	1,86	122,0
SP2	1,00	212,6	1,78	1,05	119,5
SP2	2,00	24,0	1,53	0,78	15,7
SP2	3,00	27,4	1,86	0,61	14,7
SP2	4,00	25,1	1,96	1,08	12,8
SP2	5,00	15,8	1,24	0,48	12,7
SP2	6,00	141,9	2,22	1,62	63,9
SP2	7,00	144,9	>2,14	>2,14	67,6
SP2	8,00	276,2	>2,36	>2,36	117,2
SP3	1,00	33,2	1,10	0,90	30,3
SP3	2,00	18,8	1,60	0,69	11,8
SP3	3,00	21,3	1,09	0,51	19,6
SP3	4,00	9,6	0,89	0,58	10,8
SP3	5,00	212,9	>2,03	>2,03	104,7
SP3	6,00	214,8	>1,73	>1,73	123,9
SP3	7,00	182,1	>2,32	>2,32	78,5
SP3	8,00	89,7	>2,21	>2,21	40,6
SP4	1,00	5,6	0,49	0,21	11,4
SP4	2,00	23,2	1,81	0,88	12,8
SP4	4,00	5,4	0,66	0,54	8,2
SP4	4,90	28,5	1,77	1,17	16,1
SP4	6,00	36,7	2,30	1,99	16,0
SP4	7,00	37,7	1,99	1,30	18,9
SP4	8,00	37,3	1,99	1,01	18,8
SP4	9,00	41,0	2,19	1,31	18,7
SP5	1,00	8,7	0,61	0,39	14,4
SP5	2,00	29,5	2,26	1,39	13,1
SP5	3,00	21,4	1,50	1,08	14,2
SP5	4,00	18,9	1,55	0,98	12,2
SP5	5,00	14,1	1,27	0,51	11,2
SP5	6,00	238,7	>2,33	>2,33	102,3
SP5	7,00	31,4	1,87	1,30	16,8
SP5	8,00	34,2	1,92	1,50	17,9
SP5	9,00	46,7	2,49	2,00	18,8
SP6	1,00	17,6	1,38	1,18	12,8
SP6	2,00	101,2	>1,71	>1,71	59,3
SP6	3,00	102,2	>1,91	>1,91	53,4
SP6	4,00	121,1	>2,31	>2,31	52,3
SP6	5,00	158,9	>2,31	>2,31	68,7
SP6	6,00	64,2	2,59	1,60	24,8
SP6	7,00	88,8	>2,20	>2,20	40,3
SP6	8,00	210,7	>2,33	>2,33	90,5
SP6	9,00	175,5	>2,33	>2,33	75,4

B) Commentaires sur les essais géotechniques

- Les **Remblais**, du fait de leur faible épaisseur et leur faible présence sur le secteur, n'ont pu être testés que par 2 essais pressiométriques dont les résultats sont médiocres à bons (SP4 1,0m : $pl^* = 0,49$ MPa et $Em = 5,6$ MPa // SP6 1,0m : $pl^* = 1,38$ MPa et $Em = 17,6$ MPa).
- Le **Marno-calcaire de Saint-Ouen** comporte dans l'ensemble de bonnes valeurs pressiométriques à l'exception de l'essai réalisé à 4m sur le SP4 qui met en évidence une faiblesse mécanique à cette profondeur ($pl^* = 0,66$ MPa et $Em = 5,6$ MPa).

CARACTERISTIQUES PRESSIOMETRIQUES									
Nombre d'essais	Moyenne		Valeur minimale		Valeur maximale		Ecart type		E/PI
	Em ⁽¹⁾ (MPa)	PI* ⁽²⁾ (MPa)	Em (MPa)	PI* (MPa)	Em (MPa)	PI* (MPa)	Em (MPa)	PI* (MPa)	
30	26,7	1,66	5,4	0,61	339,2	2,76	90,4	0,54	20,5

- Les **Sables de Beauchamp**, présentent de très bonnes caractéristiques pressiométriques, relativement homogènes.

CARACTERISTIQUES PRESSIOMETRIQUES									
Nombre d'essais	Moyenne		Valeur minimale		Valeur maximale		Ecart type		E/PI
	Em ⁽¹⁾ (MPa)	PI* ⁽²⁾ (MPa)	Em (MPa)	PI* (MPa)	Em (MPa)	PI* (MPa)	Em (MPa)	PI* (MPa)	
19	66,2	2,11	28,5	1,73	276,2	2,49	86,1	0,22	32,0

(1) : moyenne harmonique des modules pressiométriques Em ,

(2) : moyenne géométrique des pressions limites nettes pl^* .

C) Essais en laboratoire

Sur demande de Grand Paris Aménagement, 3 essais d'aptitude ont été réalisés sur des échantillons prélevés dans les fosses Matsuo. Les résultats des essais sont donnés dans le tableau ci-après.

RECAPITULATIF DES ESSAIS EN LABORATOIRE																	
Sondage	Profondeur (m)	Nature	NFP 94.050	Limites d'Atterberg NFP 94.051				Granulométrie NFP 94.056			Classe GTR NFP 11.300	Proctor normal et Indice de Poinçonnement NFP 94.078 et 093			Aptitude au traitement (1% CaO + 6% CEMII 32,5)		Teneur en sulfates
			Wnat %	Wl %	Wp %	Ip %	Ic	< 50 mm %	< 2 mm %	< 80µm %		Wopn %	σd opn t/m³	IPI à Wopn	Gonflement volumique	Résistance mécanique	mg/kg
M2	0,5-1,0	Marno-calcaire sablo limono beige grisâtre	16,1	46	24	22	1,35	100,0	99,5	96,2	A2 s	22	1,54	28	Apte	Apte	3400
M3	0,5-1,0	Marno-calcaire sablo limono beige grisâtre	15,4	49	24	25	1,35	100	91,4	74,5	A2 s	19,5	1,63	59	Apte	Apte	6250
M4	0,5-1,0	Argile sableuse à silex calcaire brune	14	36	17	19	1,16	100	99,4	94,4	A2 m	13,5	1,82	47	Apte	Apte	4550

Les terrains superficiels sont des sols classés A2m et A2s selon la classification GTR. Il s'agit de sols sensibles aux variations de teneur en eau qui peuvent subir des pertes de portance importante en cas de terrassement en période défavorable.

On respectera les prescriptions du guide technique du SETRA sur la réutilisation des matériaux en remblais et couche de forme.

- Sols A2m :

En période météorologique favorable, ces sols sont réutilisables en remblais avec un compactage moyen. En cas d'évaporation importante, il faudra envisager un arrosage superficiel ou bien une extraction frontale.

Pour une utilisation en couche de forme, les matériaux classés A2m, qui sont sensibles à l'eau, peuvent être utilisés sous météo favorable avec les conditions suivantes :

- * *Arrosage pour maintenir l'état hydrique*
- * *Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux*
- * *Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté*

- Sols A2s :

Ces sols peuvent généralement être réutilisés en remblais en procédant à un compactage intense associé à une humidification. L'humidification dans la masse nécessite un malaxage soigné avec apport d'importantes quantités d'eau. La mise en place des remblais est toutefois proscrite en cas de forte pluie.

Pour une utilisation en couche de forme, les matériaux classés A2h, qui sont sensibles à l'eau, peuvent être utilisés sous météo favorable avec les conditions suivantes :






- * Humidification pour changer l'état hydrique
- * Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux
- * Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté

Les essais d'aptitude réalisés ont confirmé que les sols A2s et A2m sont aptes à être traités selon un dosage de 1% CaO et 6% ciment type CEMII 32,5, pour une utilisation en remblais. Pour une utilisation en couche de forme, une étude de formulation plus précise devra être réalisée par l'entreprise.

D) Coupe géotechnique de synthèse

Les pressions limites et modules pressiométriques sont donnés en MPa.

Cote SL (m)	SP4		SP1		SP2		SP3		SP5		SP6		Moyennes	
	Em	pl*	Em	pl*	Em	pl*	Em	pl*	Em	pl*	Em	pl*	Em	pl*
15														
14,5														
14														
13,5											17,57	1,38	17,6	1,38
13														
12,5											101,2	1,71	101,2	1,71
12														
11,5											102,2	1,91	102,2	1,91
11														
10,5									8,7	0,61	121,1	2,31	16,2	1,19
10														
9,5														
9			339,2	2,76			33,2	1,1	29,5	2,26	158,9	2,31	42,7	1,79
8,5													339,2	2,76
8	5,6	0,49	61,4	1,99									33,3	1,82
7,5													10,3	0,99
7	23,2	1,81	62,1	1,88									26,2	1,54
6,5													33,8	1,84
6													18,5	1,49
5,5			33,3	1,72									33,3	1,72
5													73,5	2,16
4,5	5,4	0,66	285,2	2,01									10,6	1,15
4													30,0	1,59
3,5	28,5	1,77	65,4	2,18									39,7	1,96
3													71,8	2,15
2,5	36,7	2,3	149,2	2,22									58,9	2,26
2													76,0	2,28
1,5	37,7	1,99	243,3	2,13									65,2	2,06
1													276,2	2,36
0,5	37,3	1,99	226,6	1,86									64,1	1,92
0	41,0	2,19											41,0	2,19
-0,5														
-1														
-1,5														
-2														
-2,5														

	Limons / terre végétale
	Remblais
	Marno-calcaire de Saint-Ouen
	Marno-calcaire altéré
	Sables de Beauchamp

E) Modèles géotechniques au stade G1 PGC

A ce stade, nous proposons de retenir 2 modèles géotechniques : un modèle pour la zone du sondage SP4 et un modèle pour le reste du secteur. Le cas du SP6 présentant 1,9m de remblais n'est pas intégré dans le 2^{ème} modèle car il s'agit très probablement d'une hétérogénéité très locale due au remblai créé pour la route traversant l'A115. Les terrassements qui seront réalisés pour le projet devraient a priori modifier la topographie au droit de ce sondage et donc l'épaisseur de remblais (ou bien la route sera conservée et le projet se situera hors de cette zone de remblais).

Les 2 modèles sont présentés ci-dessous.

Modèle 1 – modèle global du secteur :

Sol	Cote Toit (m/TN)	Cote base (m/TN)	Ep. (m)	PI* (MPa)	Em (MPa)	α	γ (kN/m ³)
TV / Limons	0	0,5	0,5	Néant			19
MCSO	0,5	6,0	5,5	1,6	25,0	0,5	20
Sables de Beauchamp	6,0	> 10	>4,0	2,0	50,0	0,33	20

Modèle 2 – spécifique à la zone du SP4 :

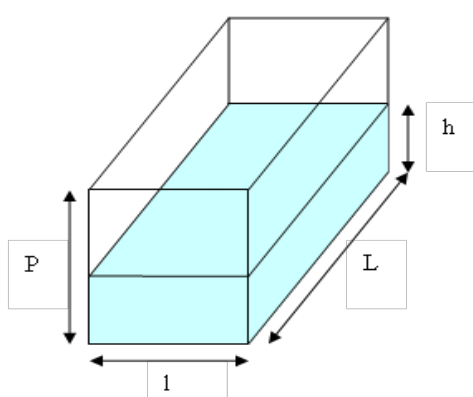
Sol	Cote Toit (m/TN)	Cote base (m/TN)	Ep. (m)	PI* (MPa)	Em (MPa)	α	γ (kN/m ³)
Remblais	0	1,3	1,3	Néant			19
MCSO	1,3	4,3	3,0	1,2	10,0	0,5	20
Sables de Beauchamp	4,3	> 10,2	>5,9	2,0	35,0	0,33	20

Ces modèles restent très basiques compte-tenu du faible nombre de sondages à ce stade de l'étude. Ils devront être affinés par des sondages complémentaires en phases de conception.

VIII - ESSAIS DE PERMEABILITE

A) Principe de l'essai Matsuo

Le principe de l'essai Matsuo consiste à creuser une fosse de forme parallélépipédique dont les dimensions sont connues. La fosse est ensuite remplie d'eau et après un temps de saturation de 1h minimum, la descente du niveau d'eau est mesurée régulièrement dans la fosse. La perméabilité est calculée à partir de la formule de Porchet adaptée à une fosse parallélépipédique.



$$K = \frac{-C}{60 \times t} \times \ln \frac{h + C}{H + c}$$

$$\text{Avec : } C = \frac{L \times l}{2 \times (L + l)}$$

- K est la perméabilité des sols (m/s)
- H est la hauteur du niveau d'eau à t=0 (m/s)
- h est la hauteur du niveau à t (m/s)
- L : longueur de la fosse (m/s)
- l : est la largeur de la fosse (m/s)

B) Résultats des essais Matsuo

Le tableau ci-dessous présente les résultats des essais Matsuo. Les procès-verbaux sont disponibles en ANNEXE 3.

Réf. essai	Prof. (m)	Milieu géologique	Perméabilité K (m/s)
M1	1,0	MCSO	6,67E-06
M2	1,0	MCSO	5,22E-06
M3	0,8	MCSO	1,09E-06
M4	1,1	Argile sableuse	6,97E-06

On retiendra une perméabilité limitée de 1.10^{-6} m/s dans le Marno-calcaire de Saint-Ouen. Au droit de l'essai M4, la perméabilité du sol est de l'ordre de 6.10^{-6} m/s (valeur à confirmer par des essais complémentaires car un seul essai a été réalisée dans cette formation).

IX - RECOMMANDATIONS – MISSION G1 PGC

A) Rappel du projet

Le projet consiste en l'aménagement du secteur Ecouardes Est, un site de 15Ha sur la commune de Taverny. Des bâtiments de logement en R+1 à R+5 sont prévus, ainsi que des bâtiments publics et de commerces, des parkings silo aériens et un gymnase. La présence de sous-sols sur les bâtiments n'est pas exclue.

B) Principes de fondation

Compte-tenu de la bonne compacité du Marno-calcaire de Saint-Ouen et si les charges restent relativement modérées, on pourra retenir un système de fondation sur semelles filantes et/ou isolées, ancrées de 0,30m minimum dans les Marno-calcaire de Saint-Ouen. Dans le cas de bâtiments avec sous-sol, l'ancrage pourra se faire dans les Sables de Beauchamp en fonction de la profondeur du toit de cette formation.

On veillera à travailler en période de météorologie favorable et durable et à soigner les fonds de fouille (élimination des sols remaniés).

Toute fouille ouverte, non coulée et ayant subi les intempéries, sera recreusée sur 0,20m afin d'éliminer la frange de sol décomprimé. Le cas échéant, un béton de propreté pourra être mis en place immédiatement après l'ouverture des fouilles.

Les fouilles de fondations dont la profondeur dépasse 1,3m seront blindées.

C) Terrassements

Les terrassements intéresseront les Remblais, la terre végétale limoneuse le marno-calcaire de Saint-Ouen et éventuellement les Sables de Beauchamp. Les sondages ont mis en évidence des bancs et/ou blocs particulièrement indurés dans le marno-calcaire qui nécessiteront certainement l'emploi d'engins de terrassement lourds (BRH, pelle de forte puissance). Des difficultés de terrassement peuvent également être rencontrées dans les autres formations (blocs dans les remblais ou couches grésifiées dans les Sables de Beauchamp).

D) Dallages

A ce stade de l'étude et en l'absence d'essai en laboratoire, on peut envisager des dallages sur terre-plein. On respectera les conditions de mise en œuvre suivantes et les règles professionnelles « D.T.U. 13.3 dallages - P11-212-3 ») :

- 1- Décapage des terrains supérieurs détériorés par les engins de terrassement et les eaux de pluie et purge de toute épaisseur de terre végétale et de remblais.
- 2- Substitution des terrains purgés par mise en place d'un remblai technique (si nécessaire après purge) de type GNT 20-40mm, correctement compacté par passe de 20cm, objectif de compactage Q4 (95 % de l'Optimum Proctor Normal) afin de rattraper la cote de fond de forme.
- 3- Compactage de la PST afin d'obtenir un EV2 de 30MPa minimum (vérification par essai de plaque).

Sur une PST représentée par du terrain naturelle en place, cette opération ne sera réalisable que si le Marno-calcaire présente une teneur en eau voisine de l'O.P.N..

Dans le cas contraire, on devra envisager un cloutage du fond de forme (incorporation de matériaux 40/100 mm par compactage et ce jusqu'au refus).

- 4- En arase de PST, mise en place d'une couche de géosynthétique anticontaminant (voile tissé).
- 5- Mise en œuvre d'une forme d'épaisseur 20 cm minimum en grave naturelle (0-31.5) compactée à 98 % de l'O.P.N.
- 6- Contrôle de la plate-forme à l'aide d'essais à la plaque. Le module EV2 ne sera pas inférieur à 50 MPa et le Kw à 50 MPa.m.

En revanche, dans les zones où les épaisseurs de remblais sont importantes (sondages SP4 et SP6), les dallages seront portés par les fondations.

E) Voiries

Sous réserve d'essais en laboratoire à réaliser, nous recommandons à ce stade les prescriptions minimales suivantes pour la réalisation des voiries :

- 1- Décapage sur 40cm minimum des terrains supérieurs détériorés par les engins de terrassement et les eaux de pluie et de toute épaisseur de terre végétale. Purge de tout terrain gelés, gélifs, présentant de la matière organique, en état hydrique très humide ou très sec, ou d'argiles de type A4.
- 2- Substitution des éventuels terrains purgés par un remblai en GNT 20-40mm, correctement compacté par passe de 20cm afin de rattraper la cote de fond de fouille. Objectif de compactage : Q4. Objectif de portance en arase : $EV2 = 30\text{MPa}$ minimum.
- 3- Compactage du fond de forme jusqu'à 95 % de l'Optimum Proctor Normal.

Cette opération ne sera réalisable que si le fond de forme présente une teneur en eau voisine de l'O.P.N..

Dans le cas contraire, on devra envisager un cloutage du fond de forme (incorporation de matériaux 40/100 mm par compactage et ce jusqu'au refus).

- 4- Mise en place d'une couche de géotextile anticontaminant (voile tissé).
- 5- Mise en œuvre d'une forme de 40cm minimum de grave naturelle (0-31.5) compactée à 98 % de l'O.P.N.
- 6- Contrôle de la plate-forme à l'aide d'essais à la plaque. Le module EV2 ne sera pas inférieur à 50 MPa.

On respectera les recommandations du guide GTR du SETRA.

F) Voiles périmétriques des sous-sols

La présence de sous-sol n'est pas certaine à ce stade du projet. Nous donnons toutefois les prescriptions à adopter pour les voiles périmétriques.

Le terrassement des sous-sols pourra être réalisé par talutage, si l'espace en arrière des voiles le permet, selon un angle de 2V pour 3H, à conditions de prévoir une protection efficace des pentes contre les eaux de pluies, la purge des éventuels blocs instables et l'absence de surcharges en tête de talus.

Dans le cas contraire et s'il n'y a pas de mitoyen, le voile pourra être réalisé en adoptant la technique de la passe alternée butonnée à l'avancement. Les largeurs et hauteurs des passes seront adaptées au comportement des sols lors des terrassements. Mais compte tenu de la nature des sols, on pourra a priori retenir une longueur des passes de 2,5m pour 1,50 m de hauteur (à adapter par des essais d'ouverture de fouilles).

L'exécution du voile périmétrique sera l'objet d'une étude technique spécifique en précisant bien le phasage des travaux et la justification du passage des boutons provisoires vers les boutons définitifs. Il sera assuré par une entreprise spécialisée.

Les boutons seront bloqués en pied par des massifs préfabriqués ou bétons coulés pleine fouille et dimensionnés selon la charge à reprendre.

Un soin particulier sera apporté à l'inclinaison des boutons, au dimensionnement des massifs et au dispositif de fixation sur le voile.

Un contrôle topographique de l'alignement du voile et la pose de cible en tête de voile et en ventre (relevé en x-y-z) sont recommandés afin de renforcer, si nécessaire, le butonnage en cas de constatation de mouvements.

NOTA : si la profondeur d'excavation venait à dépasser 6m/TN, il faudrait potentiellement envisager une paroi berlinoise. La phase G2 devra étudier le mode de soutènement à adopter quand les projets seront définis.

G) Incidence de la nappe

Le 04/09/2021, les piézomètres installés n'indiquaient aucun niveau d'eau au-dessus de 10m/TN. La nappe ne devrait donc a priori pas interférer avec les ouvrages. Un suivi piézométrique et une étude hydrogéologique NPHE seront réalisés sur le secteur. En fonction des conclusions des études NPHE, la nécessité de cuveler ou non les éventuelles infrastructures pourra être décidée par la Maitrise d'Ouvrage.

Un drainage sera mis en place en arrière des voiles des sous-sols, relié à des barbacanes et des cunettes en pied de voile canalisant les eaux de ruissellement vers une fosse de relevage ou tout autre exutoire.

X - INCERTITUDES A LEVER – ETUDES COMPLEMENTAIRES

Les points suivants restent à éclaircir :

- * Un suivi piézométrique et une étude NPHE vont être réalisés afin d'appréhender le battement et l'influence d'une potentielle nappe sur les éventuels ouvrages enterrés.*
- * Les modèles géotechniques devront être affinés par des sondages complémentaires.*
- * Pour les dallages et les éventuelles voiries, des essais en laboratoire complémentaires devront être réalisés.*

Nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage pour tout renseignement concernant cette étude et pour la réalisation des missions géotechniques de conception.

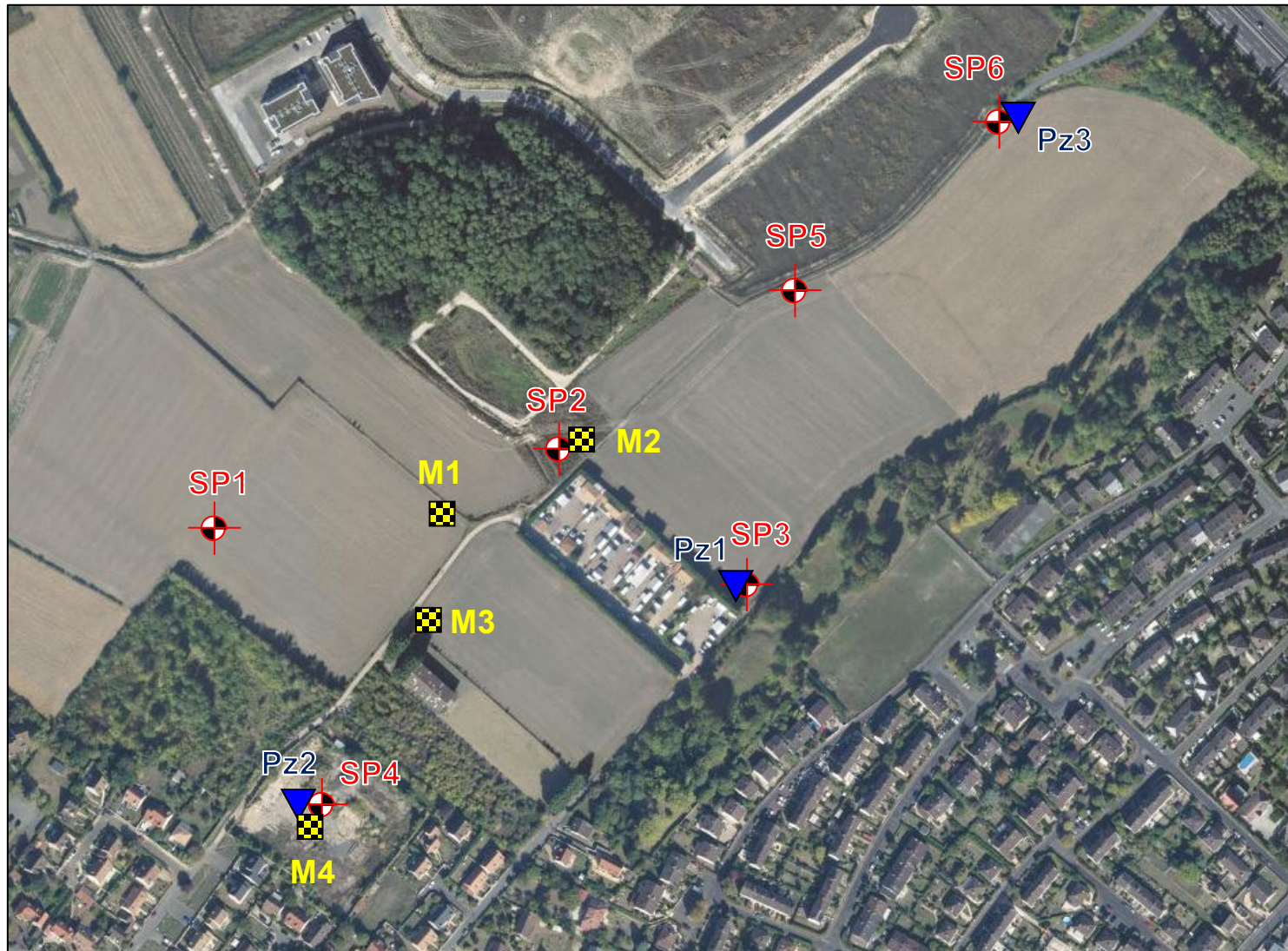
ETUDES COMPLEMENTAIRES

Conformément à la norme NF P 94-500, il conviendra de réaliser la mission de conception G2 une fois les projets définis.


Afin d'éliminer les aléas concernant la réalisation des ouvrages géotechniques, EN.OM.FRA peut assurer le suivi d'exécution des fondations dans le cadre d'une mission G4. La mission G3 est en règle générale à la charge de l'entreprise.

ANNEXE 1

PLAN DE POSITION DES SONDAGES



Légende

 Sondage pressiométrique

 Essai Matsuo

 Piézomètre

EN•OM•FRA

Dossier n°8334-21
Chemin des Ecouardes
95 – TAVERNY
GPA

ANNEXE 2

GPA - Secteur Ecouardes Est - Taverny (95)

Date début : 22/08/2021

Cote SL : 10,1

Profondeur : 0,00 - 10,02 m

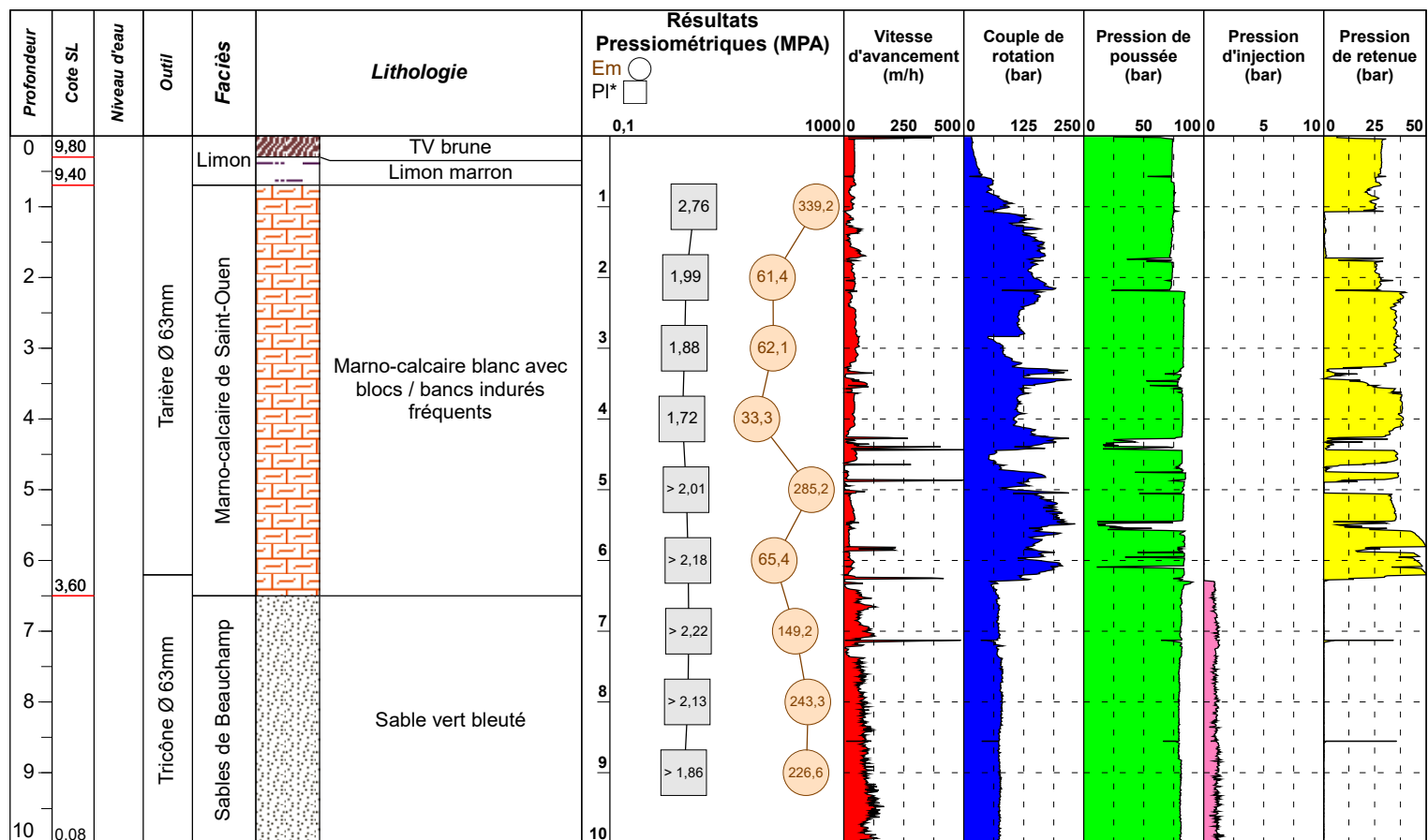
Date fin : 25/08/2021

Machine : SOCO 35

1/100

Forage : SP1

EXGTE 3.22/LB2EPF580FR



GPA - Secteur Ecouardes Est - Taverny (95)

Date début : 25/08/2021

Cote SL : 9,5

Profondeur : 0,00 - 9,97 m

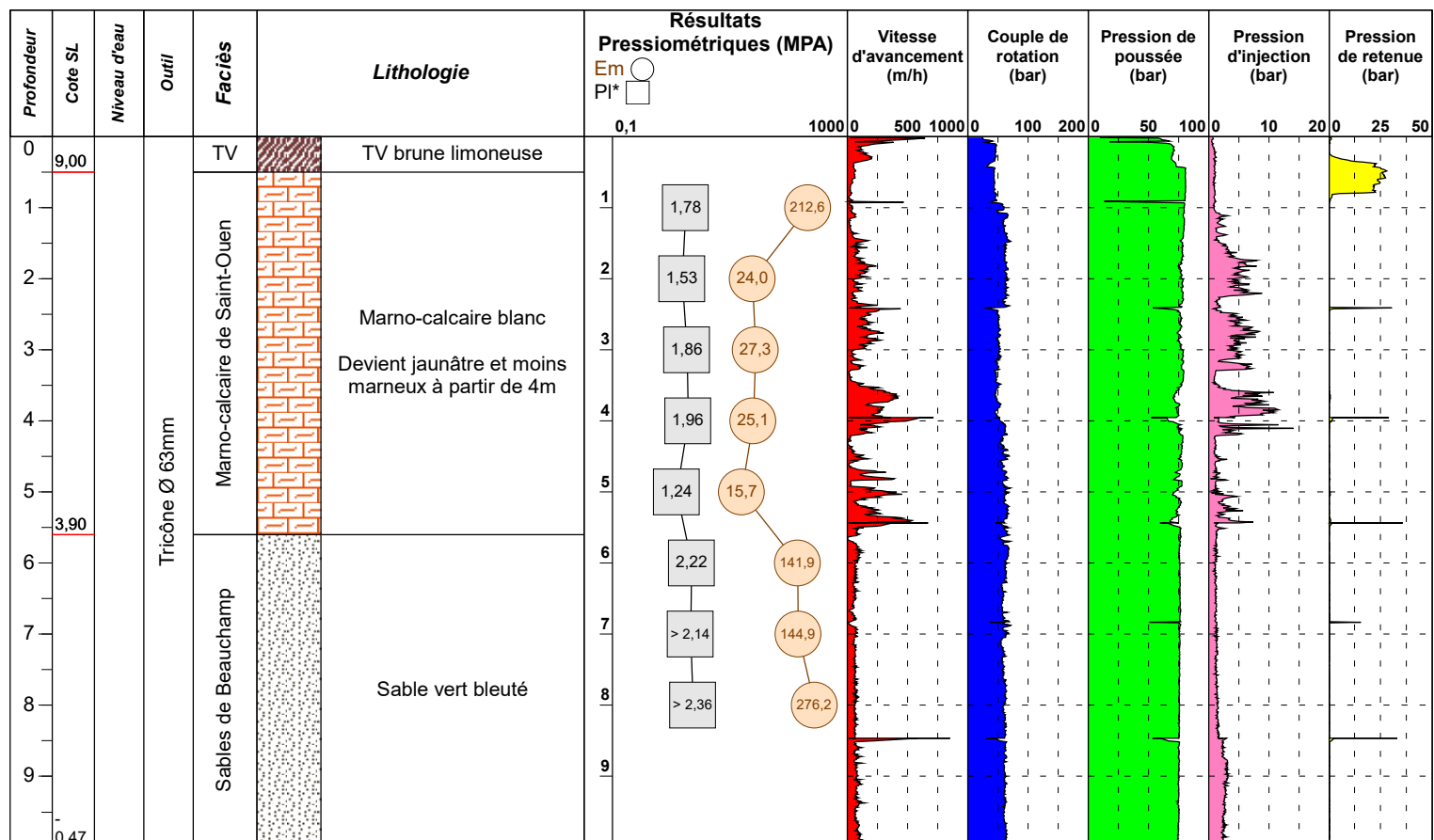
Date fin : 25/08/2021

Machine : SOCO 35

1/100

Forage : SP2

EXGTE 3.22/LB2EPF580FR



GPA - Secteur Ecouardes Est - Taverny (95)

Date début : 28/08/2021

Cote SL : 10,4

Profondeur : 0,00 - 10,07 m

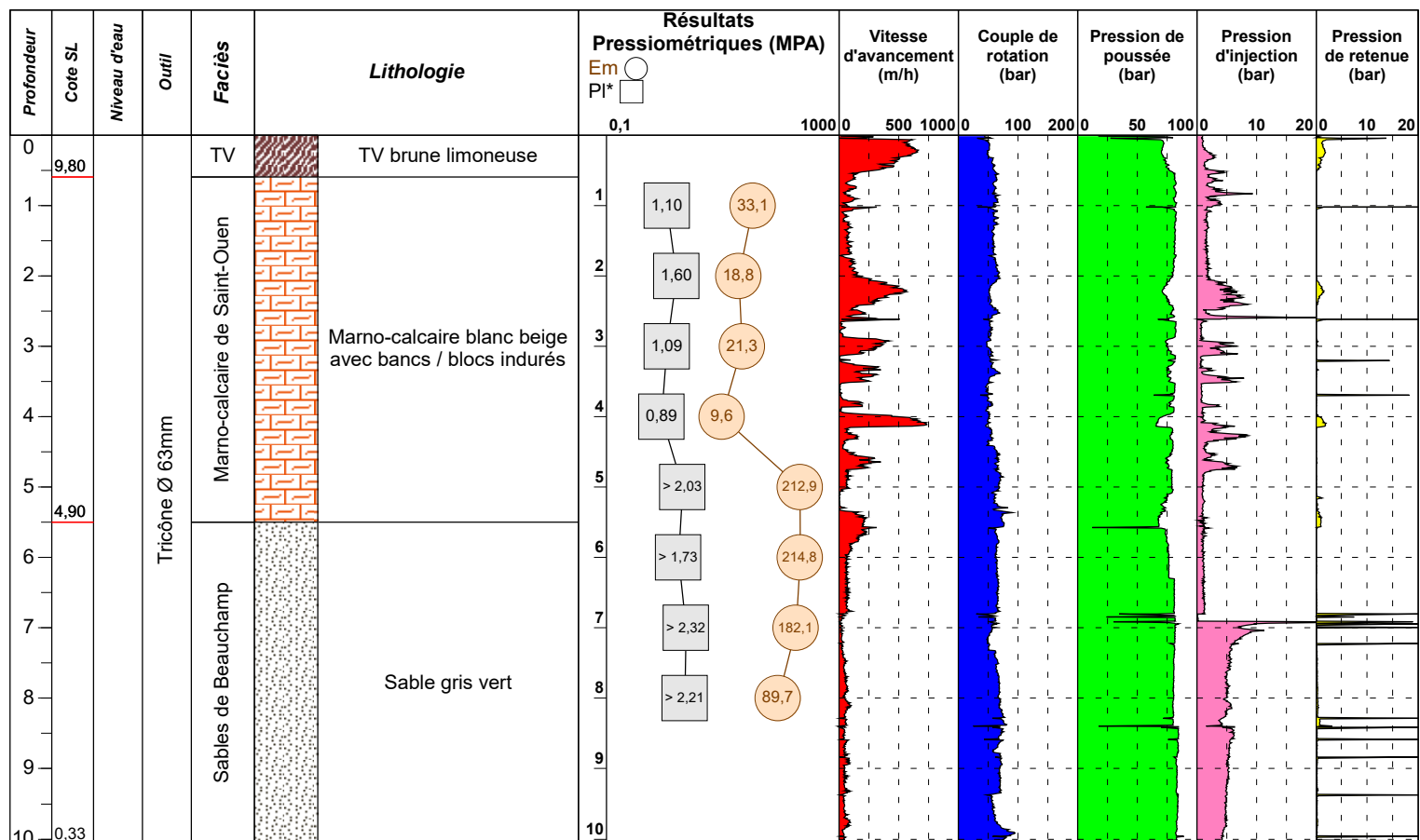
Date fin : 28/08/2021

Machine : SOCO 35

1/100

Forage : SP3

EXGTE 3.22/LB2EPF580FR



GPA - Secteur Ecouardes Est - Taverny (95)

Date début : 31/08/2021

Cote SL : 8,8

Profondeur : 0,00 - 10,26 m

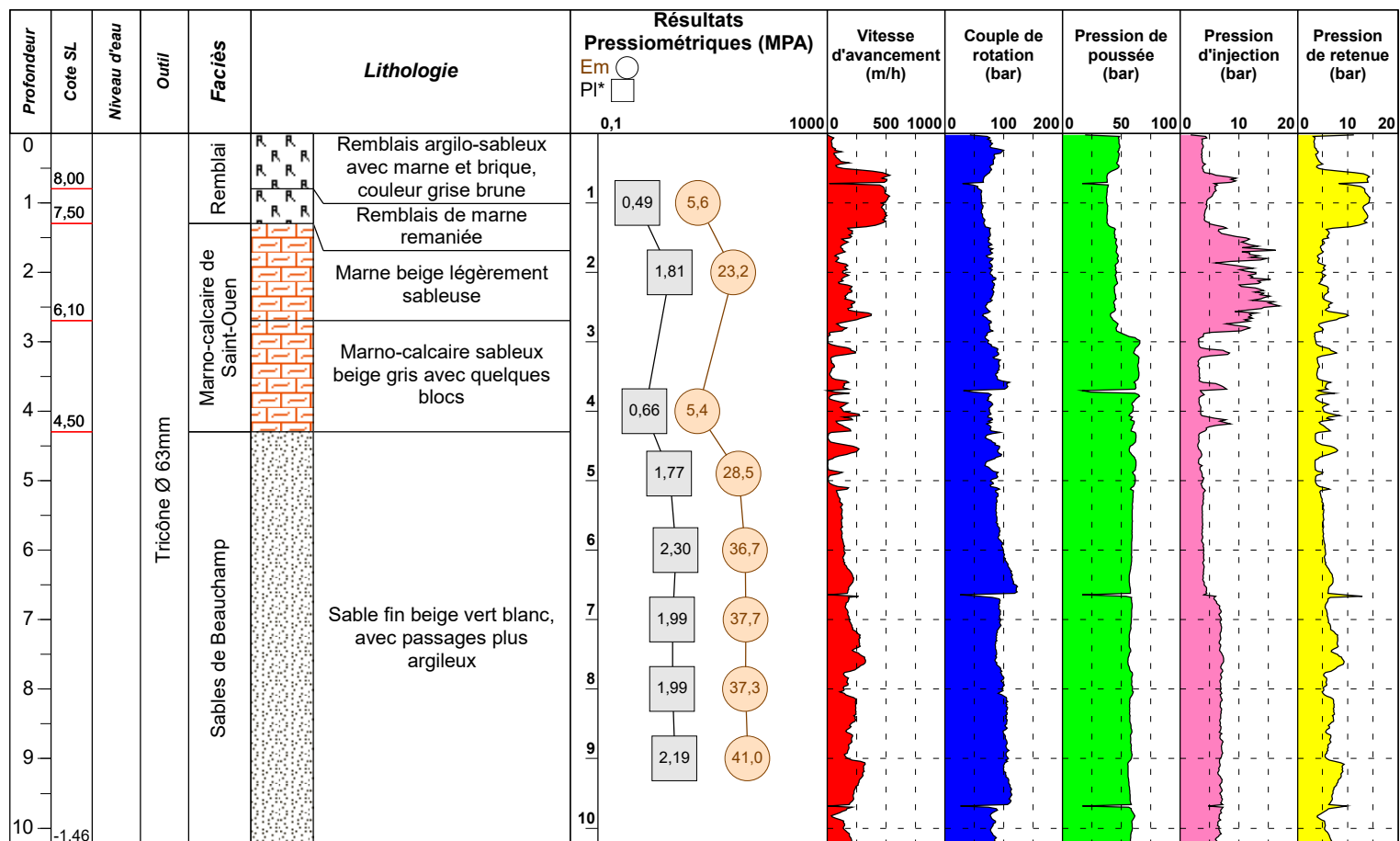
Date fin : 31/08/2021

Machine : SOCO 65

1/100

Forage : SP4BIS

EXGTE 3.22/LB2EPF579FR



GPA - Secteur Ecouardes Est - Taverny (95)

Date début : 01/09/2021

Cote SL : 11,7

Profondeur : 0,00 - 10,22 m

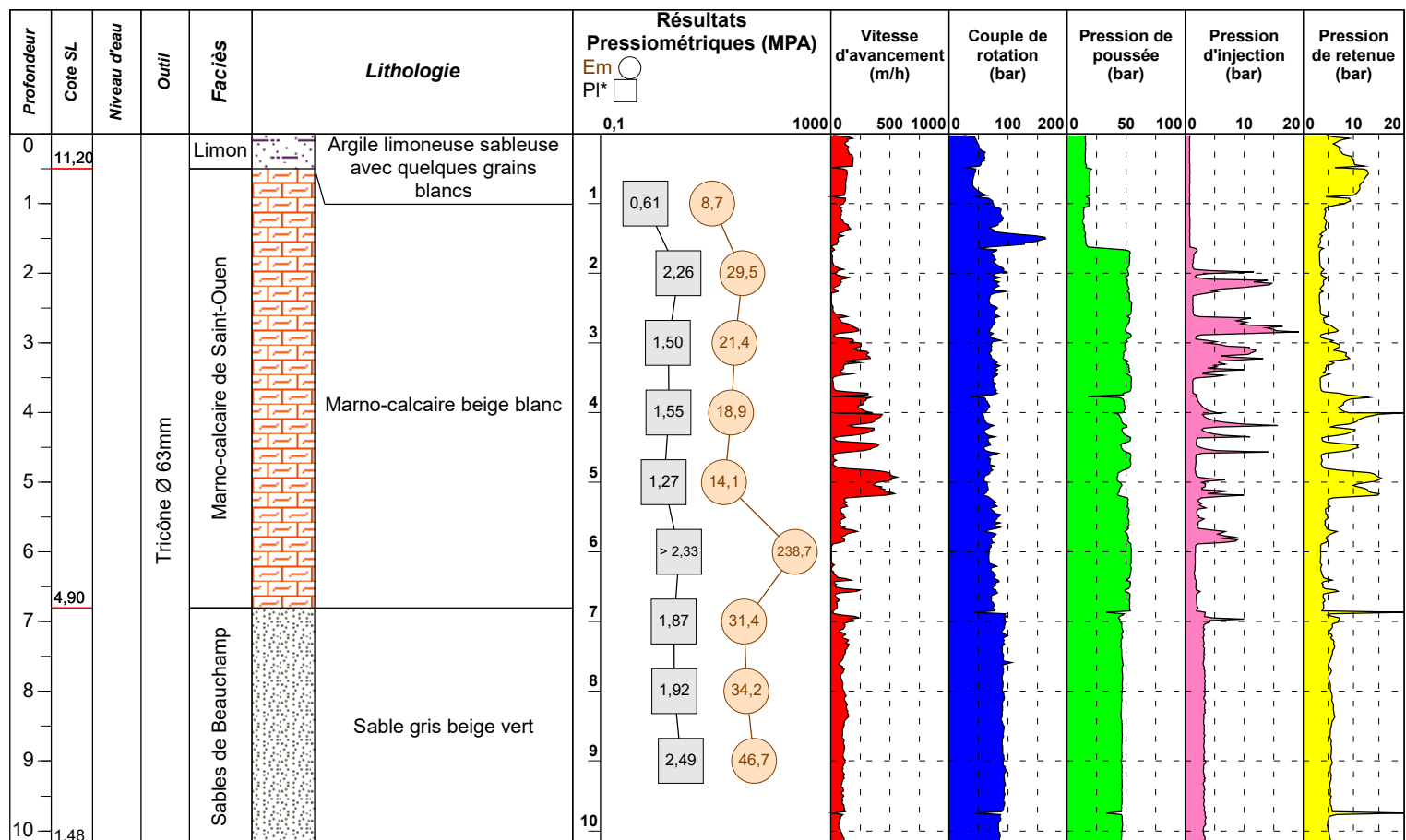
Date fin : 02/09/2021

Machine : SOCO 65

1/100

Forage : SP5

EXGTE 3.22/LB2EPF579FR



GPA - Secteur Ecouardes Est - Taverny (95)

Date début : 29/08/2021

Cote SL : 14,4

Profondeur : 0,00 - 10,01 m

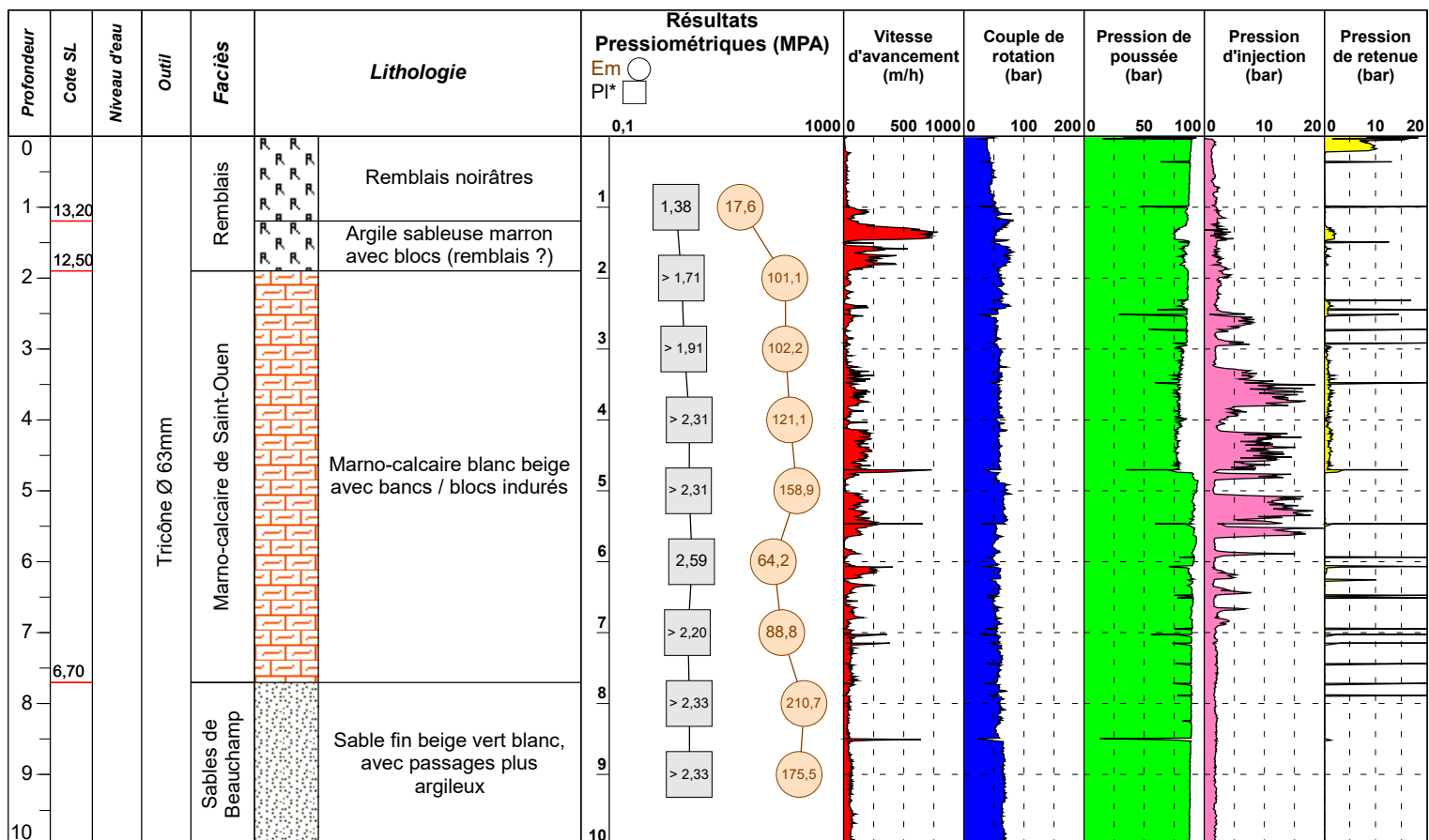
Date fin : 30/08/2021

Machine : SOCO 35

1/100

Forage : SP6

EXGTE 3.22/LB2EPF580FR



Date : **28/08/2021**

Cote TN : **10,4 SL**

Diamètre de forage : **130mm**

Machine : **SOCO 35**

Profondeur : **10,0m**

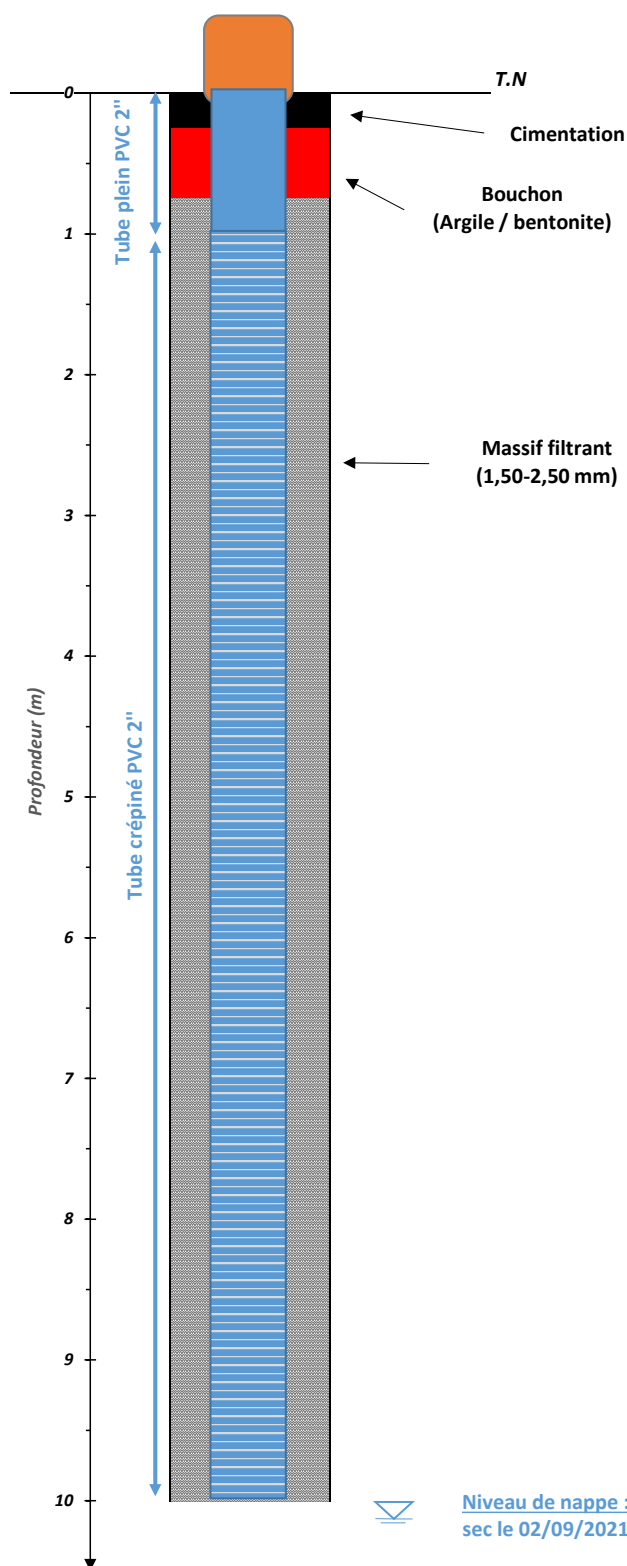
Niveau de nappe : **sec**

Fluide : **eau**

Tubage 119/128 : -

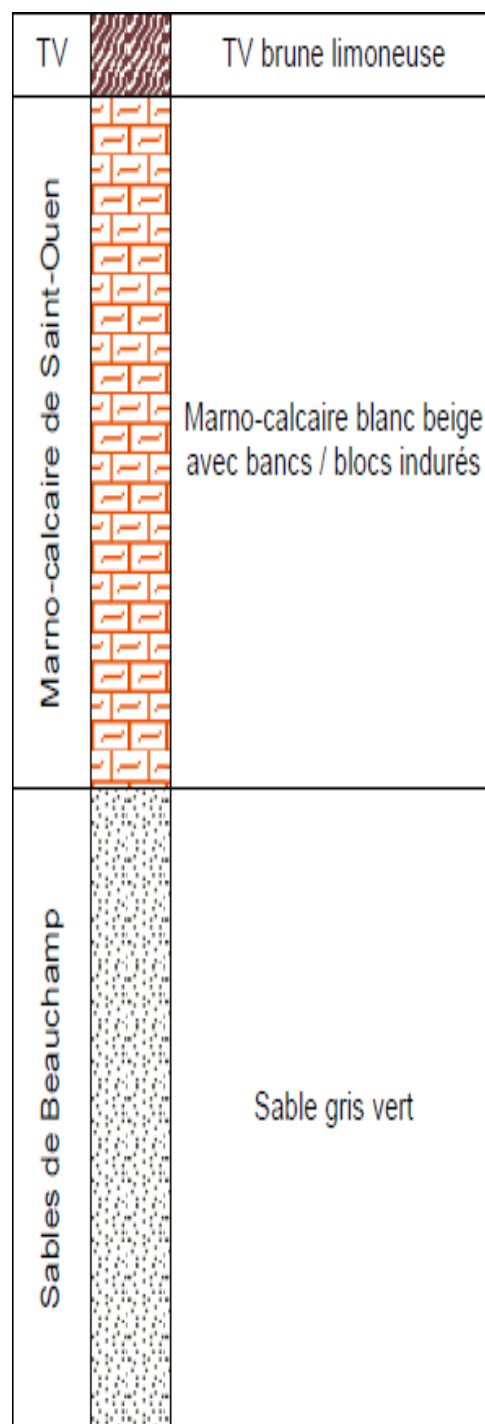
Date du relevé : **01/09/2021**

Equipement du piézomètre



Niveau de nappe :
sec le 02/09/2021

Stratigraphie



Date : **01/09/2021**

Cote TN : **8,8 SL**

Diamètre de forage : **130mm**

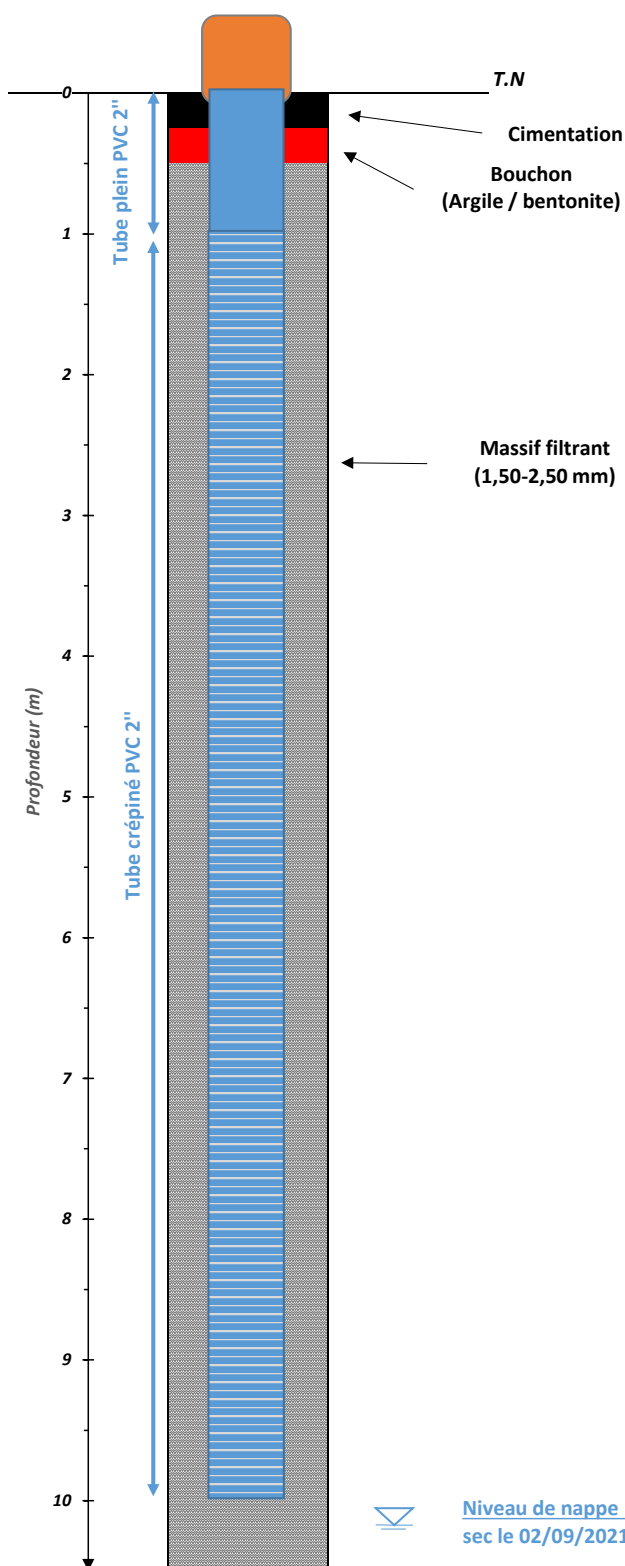
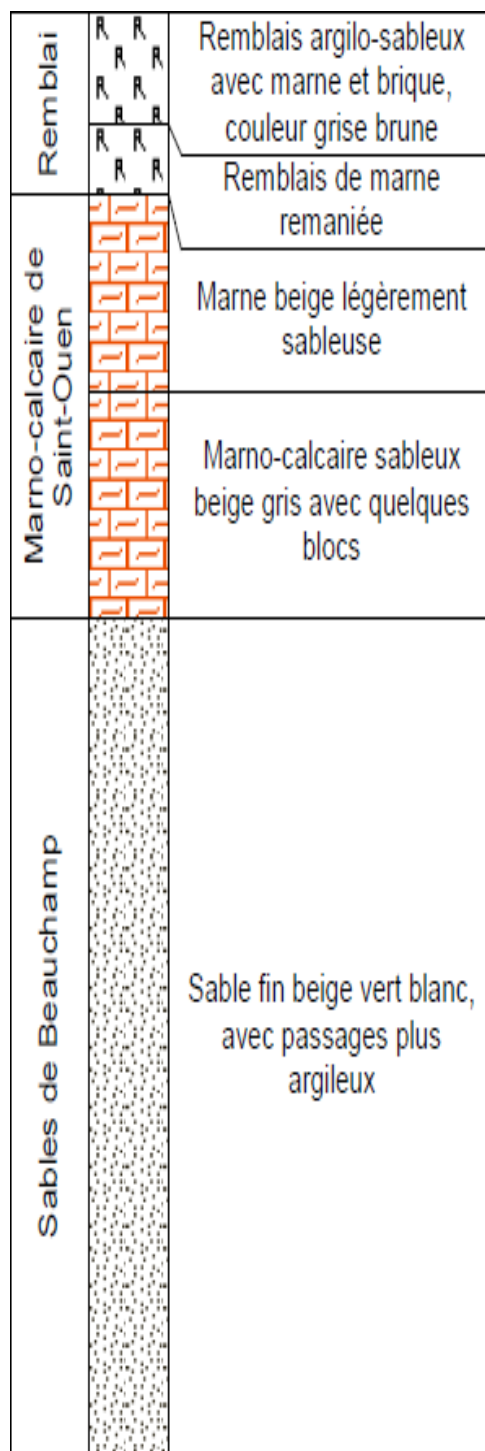
Machine : **SO CO 35**

Profondeur : **10,0m**

Niveau de nappe : **sec**

Fluide : **eau**

Tubage 119/128 : -

Date du relevé : **02/09/2021**
Equipement du piézomètre

Stratigraphie


Date : **31/08/2021**

Cote TN : **14,4 SL**

Diamètre de forage : **130mm**

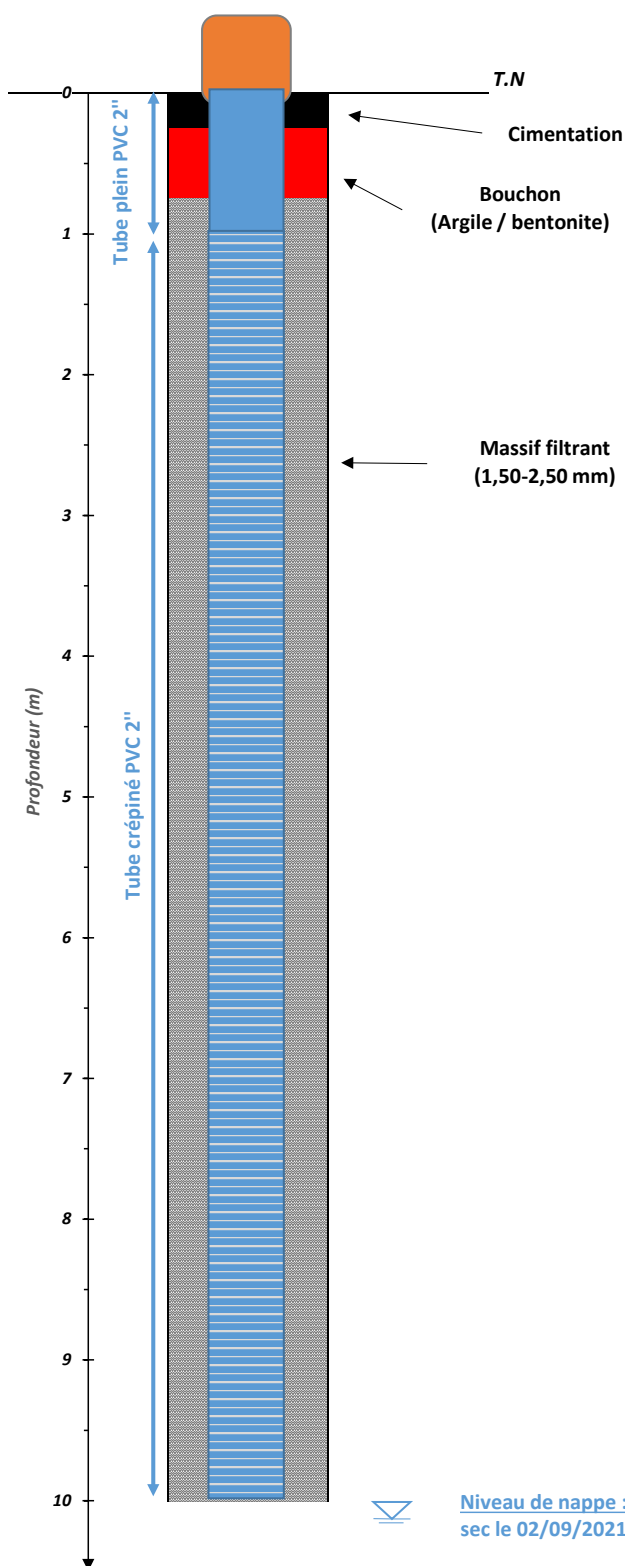
Machine : **SOCO 35**

Profondeur : **10,0m**

Niveau de nappe : **sec**

Fluide : **eau**

Tubage 119/128 : -

Date du relevé : **02/09/2021**
Equipement du piézomètre

Stratigraphie

Remblais		Remblais noirâtres
		Argile sableuse marron avec blocs (remblais ?)
Marno-calcaire de Saint-Ouen		Marno-calcaire blanc beige avec bancs / blocs indurés
Sables de Beauchamp		Sable fin beige vert blanc, avec passages plus argileux

ANNEXE 3

PROCES-VERBAL D'ESSAI

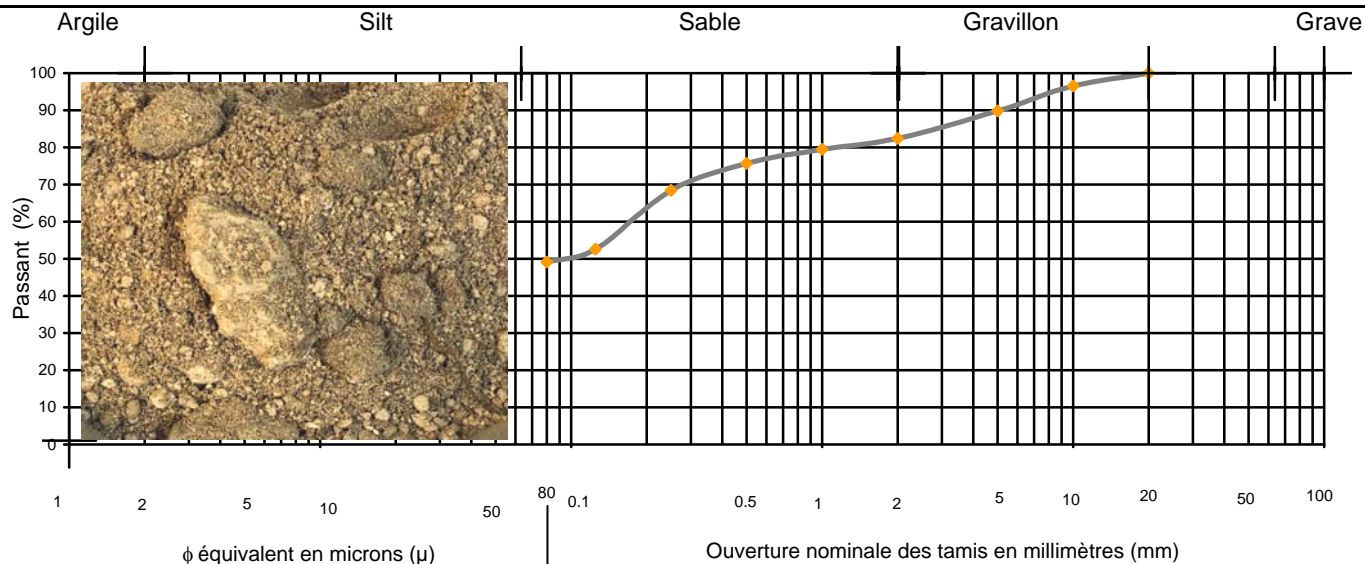
ANALYSE TENEUR EN SULFATE													
N° du dossier : 21.2043		Réception : 10/09/2021											
Client : ENOMFRA		Prog. d'essai : 10/09/2021											
Nom du chantier : 8334 TAVERNY													
Nature : Sol													
Désignation		Résultat	Unité										
N° Sondage : M2 Profondeur (m) :		20/09/2021											
EXTRAIT à HCL		84.2	% mass MB										
MATIERES SECHES		1200	mg/kg										
SOUFRE (S)		0.120	%										
ou		3400	mg/kg										
SULFATES (SO ₄)		0.340	%										
ou													
N° Sondage : M3 Profondeur (m) :		20/09/2021											
EXTRAIT à HCL		85.6	% mass MB										
MATIERES SECHES		2050	mg/kg										
SOUFRE (S)		0.205	%										
ou		6250	mg/kg										
SULFATES (SO ₄)		0.625	%										
ou													
N° Sondage : M4 Profondeur (m) :		20/09/2021											
EXTRAIT à HCL		86.8	% mass MB										
MATIERES SECHES		1200	mg/kg										
SOUFRE (S)		0.120	%										
ou		4550	mg/kg										
SULFATES (SO ₄)		0.455	%										
ou													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Paramètre</th> <th>Norme</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sulfates, HCl extr. B</td> <td>DIN 4030-2 mod. (2008-06)(A)</td> </tr> <tr> <td>Nitrate sur solide</td> <td>DIN 4030-2 mod. (2008-06)(A)</td> </tr> <tr> <td>Matières sèches</td> <td>DIN ISO 11465 (1996-12)(A)</td> </tr> <tr> <td>Degré d'acidité Baumann-Gully</td> <td>DIN 4030-2 (2008-06)(A)</td> </tr> </tbody> </table>				Paramètre	Norme	Sulfates, HCl extr. B	DIN 4030-2 mod. (2008-06)(A)	Nitrate sur solide	DIN 4030-2 mod. (2008-06)(A)	Matières sèches	DIN ISO 11465 (1996-12)(A)	Degré d'acidité Baumann-Gully	DIN 4030-2 (2008-06)(A)
Paramètre	Norme												
Sulfates, HCl extr. B	DIN 4030-2 mod. (2008-06)(A)												
Nitrate sur solide	DIN 4030-2 mod. (2008-06)(A)												
Matières sèches	DIN ISO 11465 (1996-12)(A)												
Degré d'acidité Baumann-Gully	DIN 4030-2 (2008-06)(A)												

PROCES VERBAL D'ESSAI

N° du dossier : 21.2043
 Client : ENOMFRA
 Nom du chantier : 8334 TAVERNY
 Nature : Marno calcaire sablo limono beige grisâtre

N° Sondage : **M2**
 Profondeur (m) :
 Prélevé (m) :
 Réception: 10/09/2021

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE ET PAR SEDIMENTOMETRIE NFP 94-056 et NFP 94-057

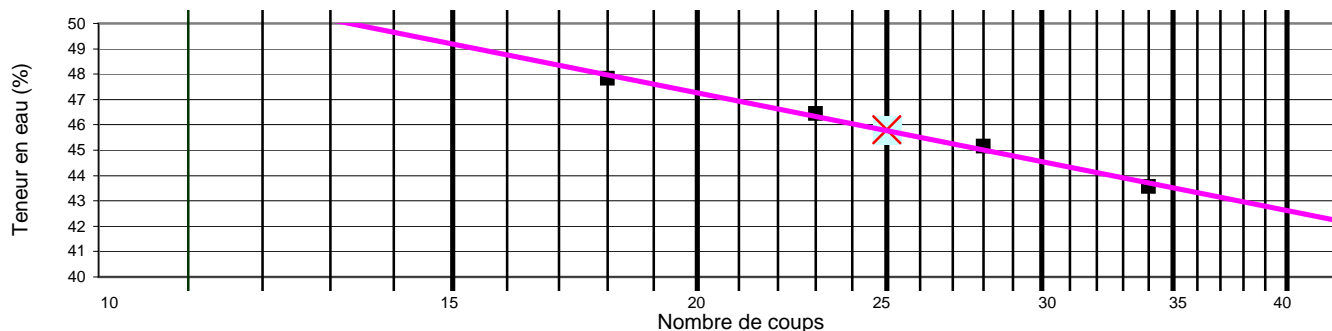


φ des tamis (mm)	100	80	63	50	40	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.125
Passant (%)							100.0	96.5	89.8	82.4	79.4	75.8	68.4	52.5

φ équivalent (μ)	80.0													
Passant (%)	49.1													

LIMITES D'ATTERBERG NFP 94-051

	LIQUIDITE				PLASTICITE		W naturelle = 16.1 %	
Nombre de coups	18	23	28	34				
N° de la tare	A	B	C	D	1	2	Limite liquidité Wl = 46 %	
Poids total humide	39.01	38.26	45.41	42.62	33.59	38.95	Limite plasticité Wp = 24 %	
Poids total sec	26.62	26.35	31.51	29.91	29.54	34.19	Indice plasticité Ip = 22	
Poids de la tare	0.72	0.72	0.72	0.72	12.47	14.25	Indice consistance Ic = 1.35	
Poids net de l'eau	12.39	11.91	13.90	12.71	4.05	4.76		
Poids net matériau sec	25.90	25.63	30.79	29.19	17.07	19.94		
Teneur en eau (%)	47.8	46.4	45.1	43.6	23.7	23.9		



Classification GTR NFP 11.300

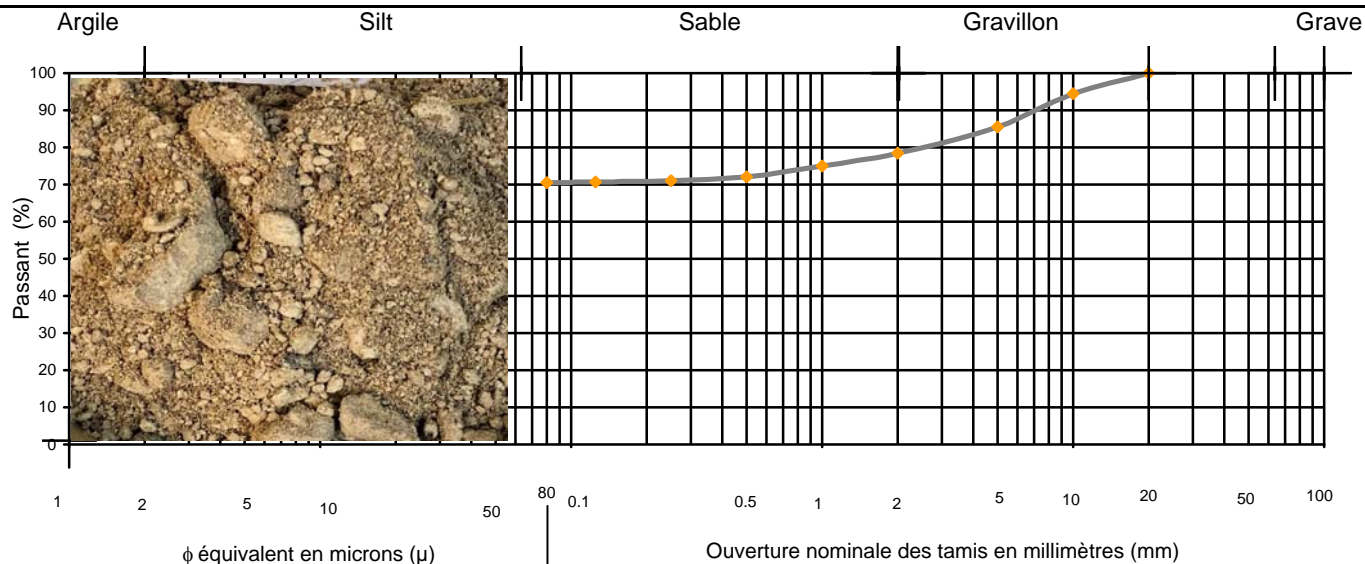
A2 s

PROCES VERBAL D'ESSAI

N° du dossier : 21.2043
 Client : ENOMFRA
 Nom du chantier : 8334 TAVERNY
 Nature : Marno calcaire sablo limono beige brunâtre

N° Sondage : **M3**
 Profondeur (m) :
 Prélevé (m) :
 Réception: 10/09/2021

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE ET PAR SEDIMENTOMETRIE NFP 94-056 et NFP 94-057

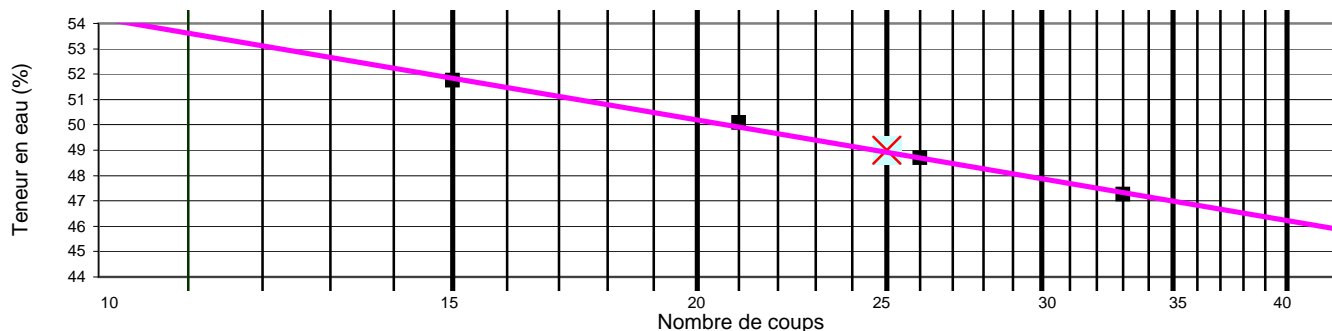


φ des tamis (mm)	100	80	63	50	40	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.125
Passant (%)							100.0	94.5	85.5	78.5	75.0	72.2	71.0	70.8

φ équivalent (μ)	80.0													
Passant (%)	70.5													

LIMITES D'ATTERBERG NFP 94-051

	LIQUIDITE				PLASTICITE		W naturelle = 15.4 %	
Nombre de coups	15	21	26	33				
N° de la tare	A	B	C	D	1	2	Limite liquidité WI = 49 %	
Poids total humide	38.05	39.62	40.02	38.11	31.48	39.78	Limite plasticité Wp = 24 %	
Poids total sec	25.32	26.64	27.15	26.11	27.69	34.47	Indice plasticité Ip = 25	
Poids de la tare	0.72	0.72	0.72	0.72	11.76	12.62	Indice consistance Ic = 1.35	
Poids net de l'eau	12.73	12.98	12.87	12.00	3.79	5.31		
Poids net matériau sec	24.60	25.92	26.43	25.39	15.93	21.85		
Teneur en eau (%)	51.7	50.1	48.7	47.3	23.8	24.3		



Classification GTR NFP 11.300

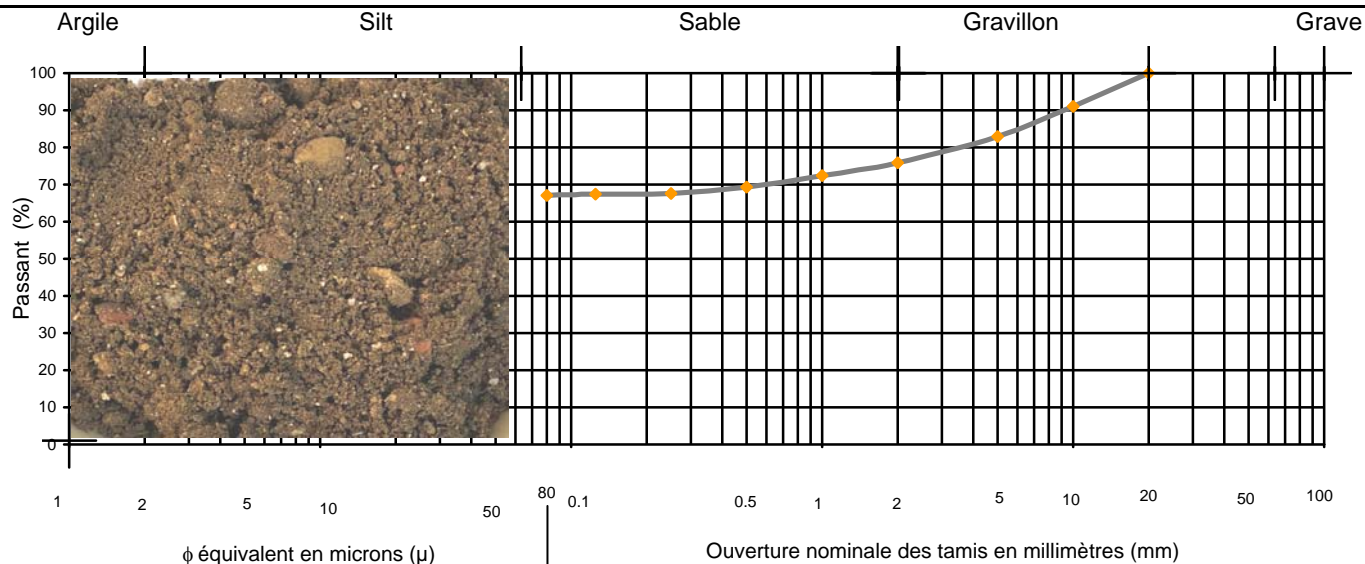
A2 s

PROCES VERBAL D'ESSAI

N° du dossier : 21.2043
 Client : ENOMFRA
 Nom du chantier : 8334 TAVERNY
 Nature : Argile sableuse à silex calcaire brune

N° Sondage : **M4**
 Profondeur (m) :
 Prélevé (m) :
 Réception: 10/09/2021

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE ET PAR SEDIMENTOMETRIE NFP 94-056 et NFP 94-057

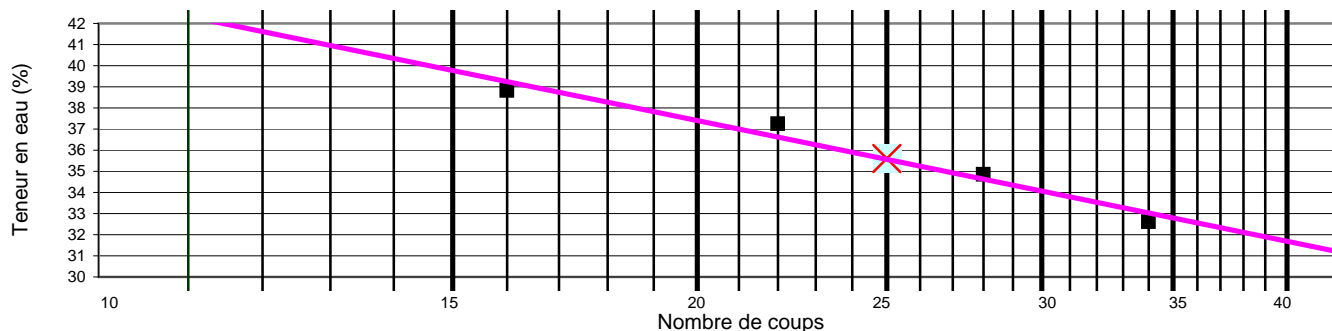


φ des tamis (mm)	100	80	63	50	40	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.125
Passant (%)							100.0	91.1	82.9	75.8	72.4	69.3	67.6	67.3

φ équivalent (μ)	80.0													
Passant (%)	67.0													

LIMITES D'ATTERBERG NFP 94-051

	LIQUIDITE				PLASTICITE		W naturelle = 14.0 %	
Nombre de coups	16	22	28	34				
N° de la tare	A	B	C	D	1	2	Limite liquidité WI = 36 %	
Poids total humide	39.25	38.52	39.74	35.26	33.96	38.95	Limite plasticité Wp = 17 %	
Poids total sec	28.48	28.27	29.66	26.77	31.02	35.04	Indice plasticité Ip = 19	
Poids de la tare	0.72	0.72	0.72	0.72	13.62	11.96	Indice consistance Ic = 1.16	
Poids net de l'eau	10.77	10.25	10.08	8.49	2.94	3.91		
Poids net matériau sec	27.76	27.55	28.94	26.05	17.40	23.08		
Teneur en eau (%)	38.8	37.2	34.8	32.6	16.9	16.9		



Classification GTR NFP 11.300

A2 m

PROCES VERBAL D' ESSAI

ESSAI PROCTOR NORMAL et INDICE PORTANT IMMEDIAT

NF P 94.078

N° du dossier : 21.2043

Sondage **M2**

Client : ENOMFRA

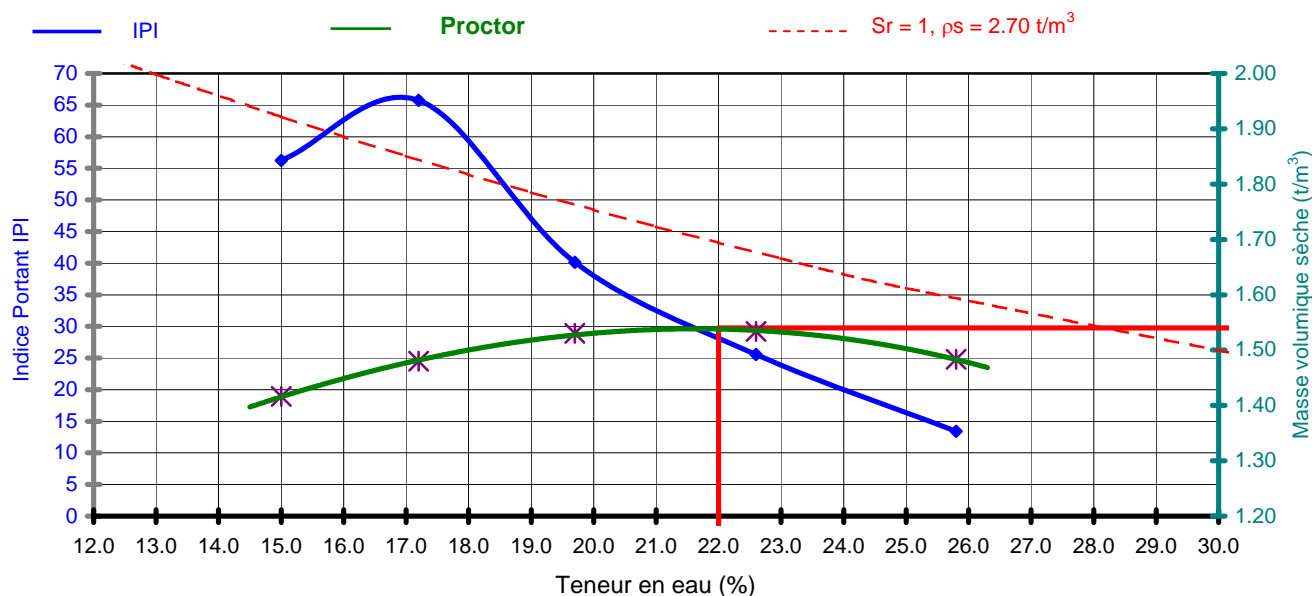
Profondeur (m) :

Nom du chantier : 8334 TAVERNY

Programme d'essai : 10/09/2021

Nature : Marno calcaire A2

Dosage : **1% CaO + 6% CEMII 32.5 L/B**

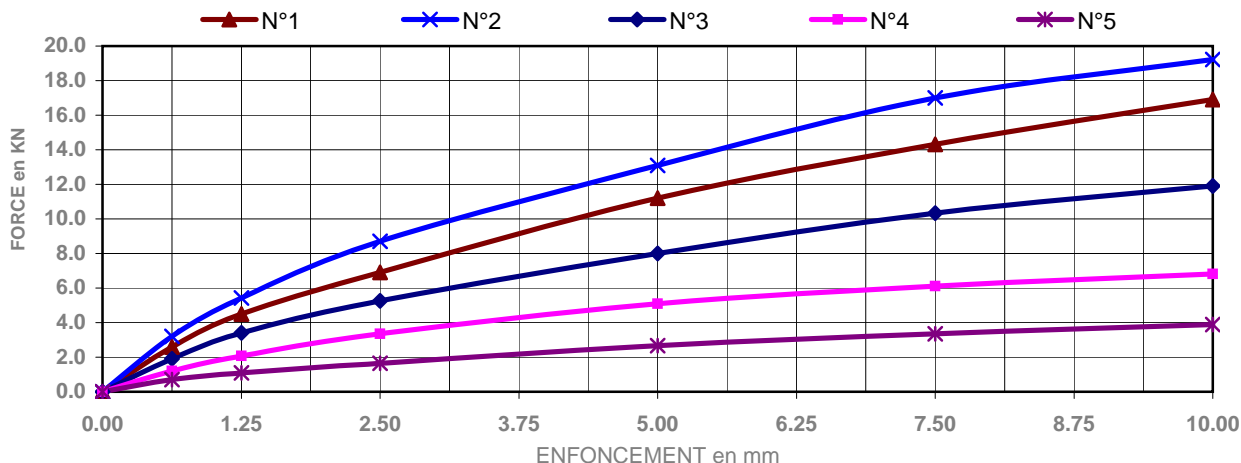


Références à l'optimum Proctor

Fraction 0/20	pd OPN =	1.54	t/m³	% > 20mm	Fraction 0/D	pd OPN =	1.54	t/m³	IPI OPN
	W OPN =	22.0	%	0.0		W OPN =	22.0	%	28
Sondage et Profondeur - Repère N°	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5				
Moule CBR - Nombre de coups/ couches	55/3	55/3	55/3	55/3	55/3				
W i avant traitement (%)	17.0	19.3	22.2	24.5	27.4				

Cure dans sac hermétique après traitement : 1h pour CaO et 2h pour liant hydraulique

W f après compactage (%)	15.0	17.2	19.7	22.6	25.8		
MASSE VOLUMIQUE SECHE pd (t/m³)	1.42	1.48	1.53	1.53	1.48		
INDICE PORTANT IMMEDIAT	à 2.5 mm = $\frac{F \text{ en KN} \times 100}{13.35}$	52	65	39	25	12	
	à 5 mm = $\frac{F \text{ en KN} \times 100}{19.93}$	56	66	40	26	13	
IPI		56	66	40	26	13	



PROCES VERBAL D' ESSAI

ESSAI PROCTOR NORMAL et INDICE PORTANT IMMEDIAT

NF P 94.078

N° du dossier : 21.2043

Sondage **M3**

Client : ENOMFRA

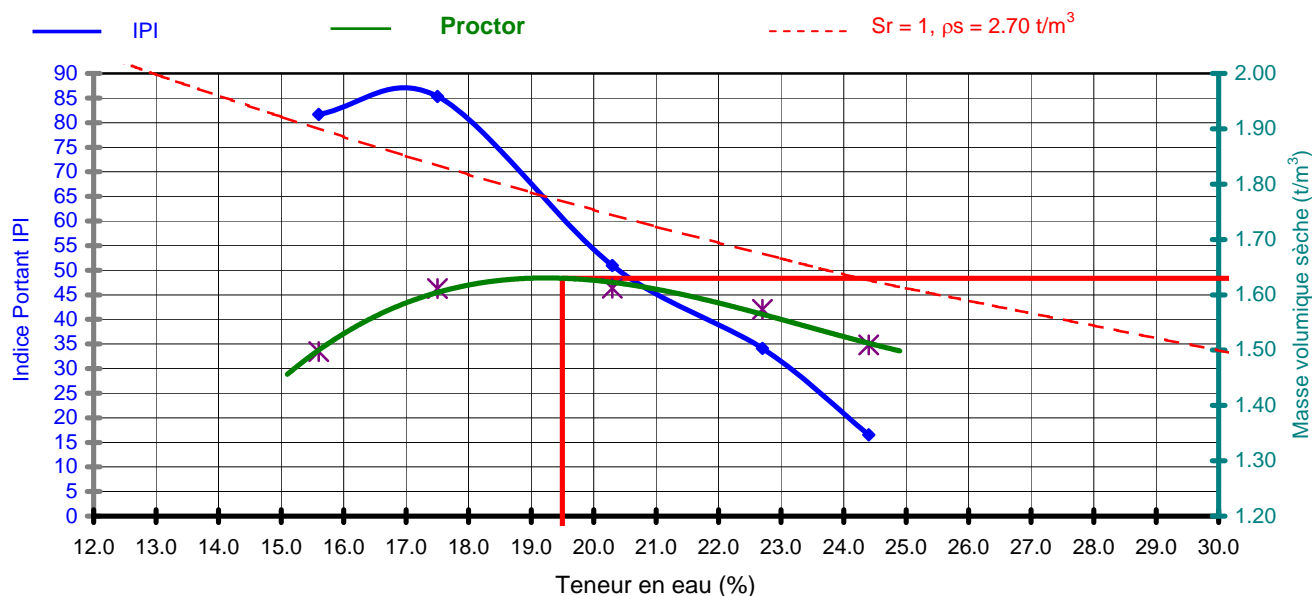
Profondeur (m) :

Nom du chantier : 8334 TAVERNY

Programme d'essai : 10/09/2021

Nature : Marno calcaire A2

Dosage : **1% CaO + 6% CEMII 32.5 L/B**

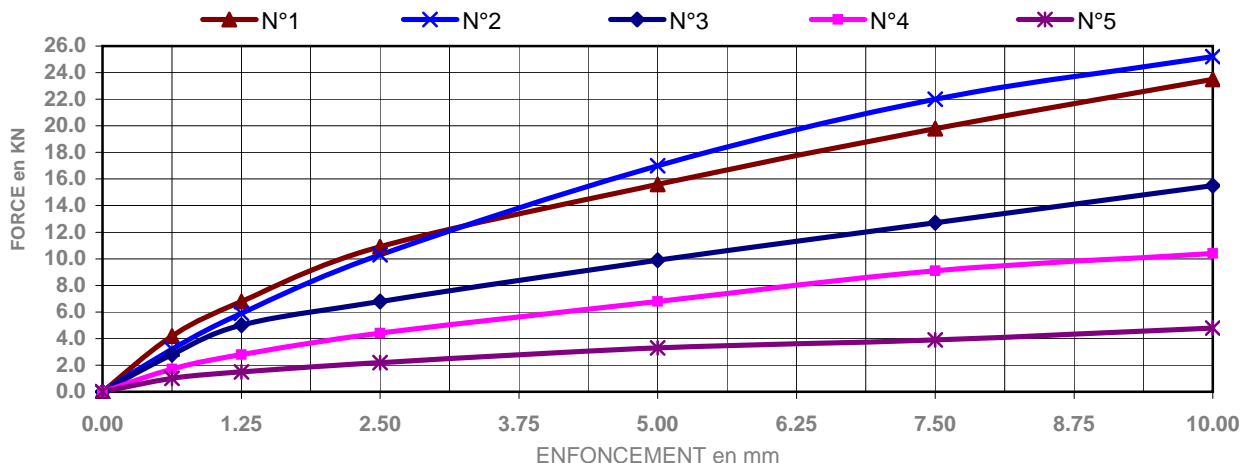


Références à l'optimum Proctor

Fraction	pd OPN =	1.63	t/m³	% > 20mm	Fraction	pd OPN =	1.63	t/m³	IPI OPN
0/20	W OPN =	19.5	%	0.0	0/D	W OPN =	19.5	%	59
Sondage et Profondeur - Repère N°		N°1	N°2	N°3	N°4	N°5			
Moule CBR - Nombre de coups/ couches		55/3	55/3	55/3	55/3	55/3			
W i avant traitement (%)		17.4	19.8	22.7	24.9	27.3			

Cure dans sac hermétique après traitement : 1h pour CaO et 2h pour liant hydraulique

W f après compactage (%)		15.6	17.5	20.3	22.7	24.4		
MASSE VOLUMIQUE SECHE pd (t/m³)		1.50	1.61	1.61	1.57	1.51		
INDICE PORTANT IMMEDIAT	à 2.5 mm = $\frac{F \text{ en KN} \times 100}{13.35}$	82	77	51	33	16		
	à 5 mm = $\frac{F \text{ en KN} \times 100}{19.93}$	78	85	50	34	17		
	IPI	82	85	51	34	17		



PROCES VERBAL D' ESSAI

ESSAI PROCTOR NORMAL et INDICE PORTANT IMMEDIAT

NF P 94.078

N° du dossier : 21.2043

Sondage **M4**

Client : ENOMFRA

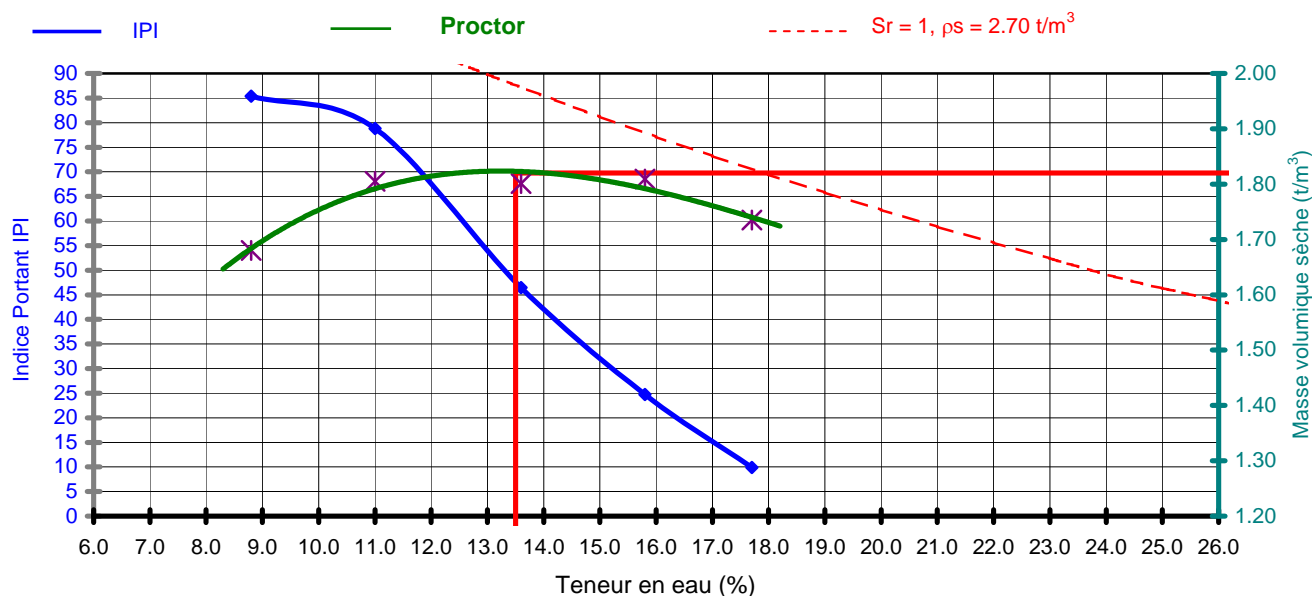
Profondeur (m) :

Nom du chantier : 8334 TAVERNY

Programme d'essai : 10/09/2021

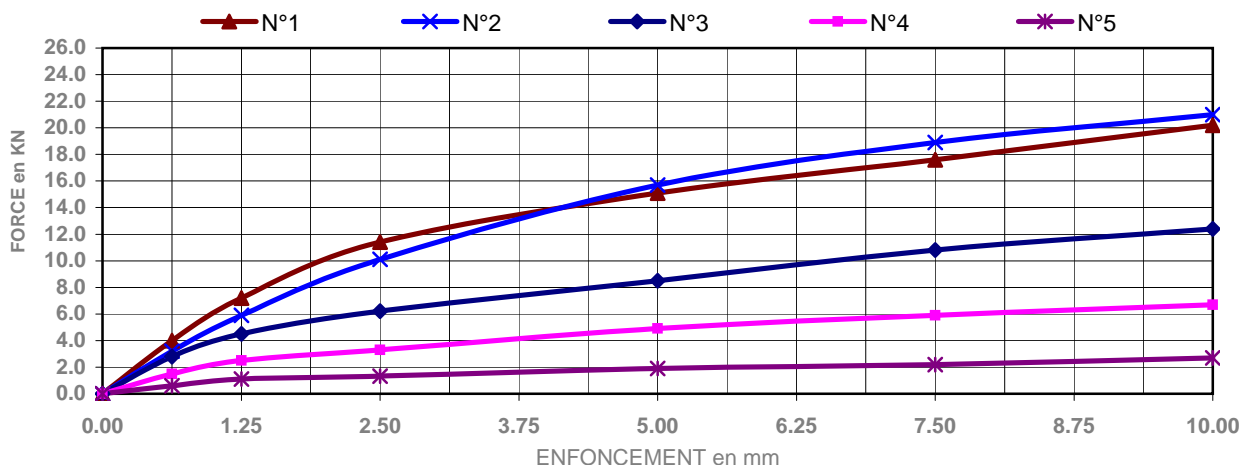
Nature : Argile sableuse A2

Dosage : **1% CaO + 6% CEMII 32.5 L/B**

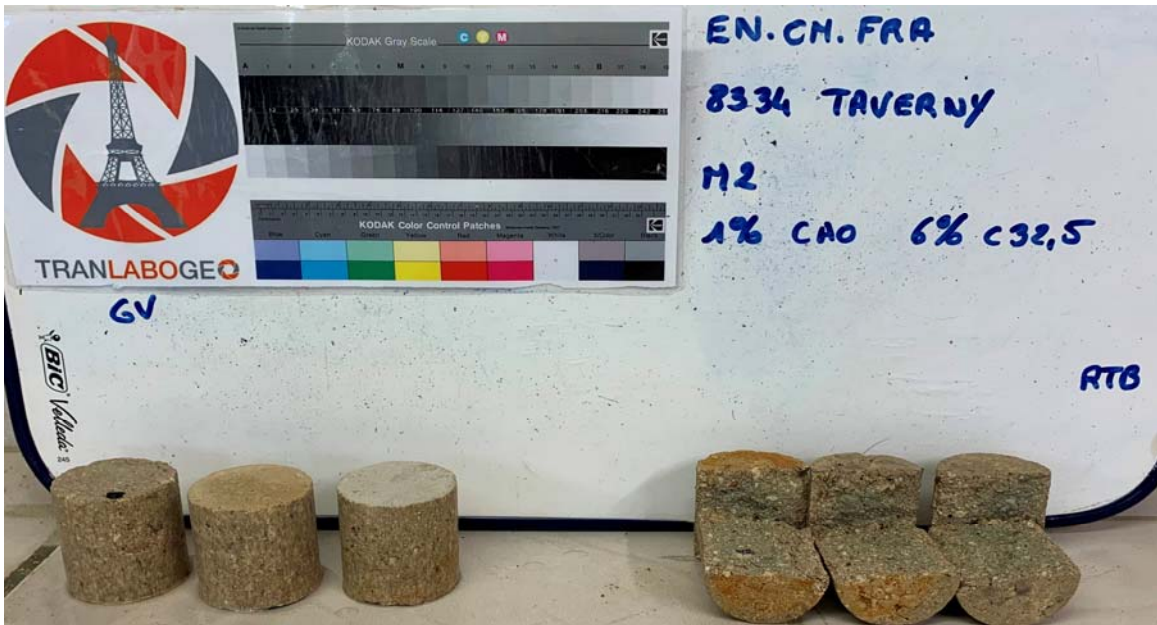


Références à l'optimum Proctor

Fraction 0/20	pd OPN =	1.82	t/m³	% > 20mm	Fraction 0/D	pd OPN =	1.82	t/m³	IPI OPN
	W OPN =	13.5	%	0.0		W OPN =	13.5	%	47
Sondage et Profondeur - Repère N°	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5				
Moule CBR - Nombre de coups/ couches	55/3	55/3	55/3	55/3	55/3				
W i avant traitement (%)	10.5	12.4	15.3	18.1	19.9				
Cure dans sac hermétique après traitement : 1h pour CaO et 2h pour liant hydraulique									
W f après compactage (%)	8.8	11.0	13.6	15.8	17.7				
MASSE VOLUMIQUE SECHE pd (t/m³)	1.68	1.81	1.80	1.81	1.73				
INDICE PORTANT IMMEDIAT	à 2.5 mm = $\frac{F \text{ en KN} \times 100}{13.35}$	85	76	46	25	10			
	à 5 mm = $\frac{F \text{ en KN} \times 100}{19.93}$	76	79	43	25	9			
IPI		85	79	46	25	10			



TEST D'APTITUDE D'UN SOL AU TRAITEMENT NF P 94-100					
N° du dossier : 21.2043			Sondage M2		
Client : ENOMFRA			Profondeur (m) :		
Nom du chantier : 8334 TAVERNY			Programme d'essai : 10/09/2021		
Nature : Marno calcaire A2			Dosage : 1% CaO + 6% CEMII 32.5 L/B		
Référence proctor normal : Wopn = 22.0 %			ρ_d opn = 1.54 t/m ³		
Confection statique à w opn et 96% de ρ_d opn					
W contrôle fin moulage =	22.1	%	Dimension de l'éprouvette		Φ (cm)
ρ_d contrôle (t/m ³) =	1.48	t/m ³			H (cm)
Mode de cure : immersion 7 jours dans l'eau à 40°C					
N° éprouvette	1	2	3	Moyenne	Aptitude au traitement
Volume initial avant immersion V _i (cm ³)	100.5	100.5	100.3		
Volume final après 7j immergé V _{7j im} (cm ³)	101.3	101.5	101.2		
Gonflement volumique Gv (%)	0.8	1.0	0.9	0.9	Apte
Résistance à la traction indirecte Rtb (MPa)	0.274	0.278	0.268	0.273	Apte
Critère normatif	Gonflement volumique Gv (%)		Résistance à la traction indirecte Rtb (MPa)		
Traitement adapté	≤ 5		≥ 0.20 MPa		
Traitement douteux	5 ≤ Gv ≤ 10		≥ 0.10 MPa		
Traitement inadapté	> 10		< 0.10 MPa		



EN.CH.FRA
8334 TAVERNY
M2
1% CAO 6% C32,5


GV

RTB

Conclusions :

Gonflement volumique	<input checked="" type="checkbox"/> X	Apte	<input type="checkbox"/>	Douteuse	<input type="checkbox"/>	Inapte
Résistance mécanique - Rtb	<input checked="" type="checkbox"/> X	Apte	<input type="checkbox"/>	Douteuse	<input type="checkbox"/>	Inapte


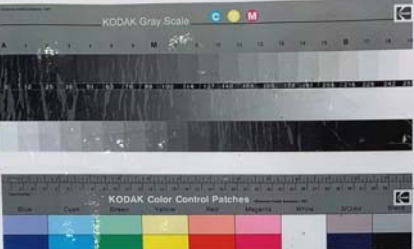


TEST D'APTITUDE D'UN SOL AU TRAITEMENT NF P 94-100					
N° du dossier : 21.2043			Sondage M3		
Client : ENOMFRA			Profondeur (m) :		
Nom du chantier : 8334 TAVERNY			Programme d'essai : 10/09/2021		
Nature : Marno calcaire A2			Dosage : 1% CaO + 6% CEMII 32.5 L/B		
Référence proctor normal : Wopn = 19.5 %			ρ_d opn = 1.63 t/m ³		
Confection statique à w opn et 96% de ρ_d opn					
W contrôle fin moulage =	19.8	%	Dimension de l'éprouvette		Φ (cm)
ρ_d contrôle (t/m ³) =	1.56	t/m ³			H (cm)
Mode de cure : immersion 7 jours dans l'eau à 40°C					
N° éprouvette	1	2	3	Moyenne	Aptitude au traitement
Volume initial avant immersion V_i (cm ³)	100.6	100.8	100.1		
Volume final après 7j immergé V_{7j} (cm ³)	101.4	100.9	100.7		
Gonflement volumique Gv (%)	0.8	0.1	0.6	0.5	Apte
Résistance à la traction indirecte Rtb (MPa)	0.312	0.287	0.314	0.304	Apte
Critère normatif	Gonflement volumique Gv (%)		Résistance à la traction indirecte Rtb (MPa)		
Traitement adapté	≤ 5		≥ 0.20 MPa		
Traitement douteux	$5 \leq Gv \leq 10$		≥ 0.10 MPa		
Traitement inadapté	> 10		< 0.10 MPa		



The photograph shows three cylindrical test specimens on the left and three irregularly shaped specimens on the right. Above them is a color calibration chart with the TRANLABOGE logo and handwritten text: EN. OM. FRA, 8334 TAVERNY, M3, 1% CaO, 6% C32.5, and Rtb.

Conclusions :

Gonflement volumique	<input checked="" type="checkbox"/> X	Apte	<input type="checkbox"/>	Douteuse	<input type="checkbox"/>	Inapte
Résistance mécanique - Rtb	<input checked="" type="checkbox"/> X	Apte	<input type="checkbox"/>	Douteuse	<input type="checkbox"/>	Inapte

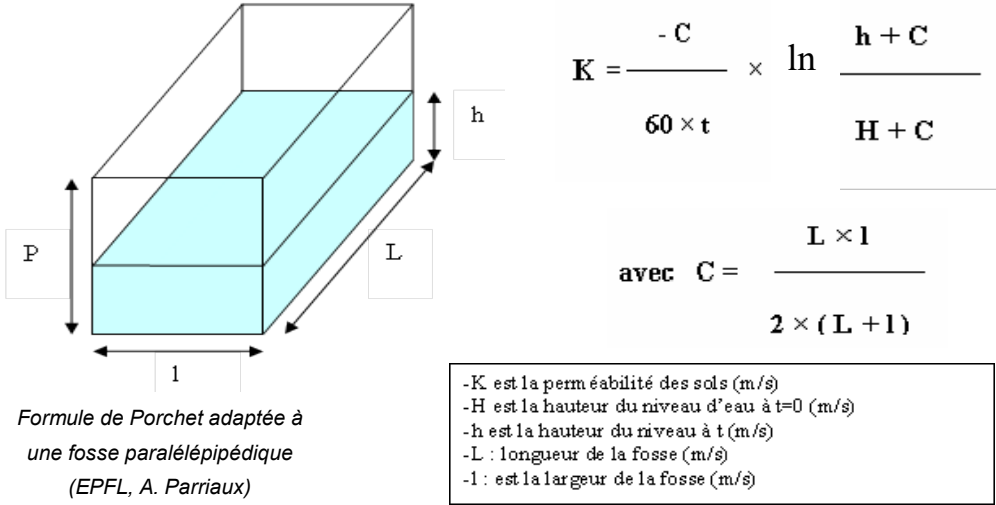
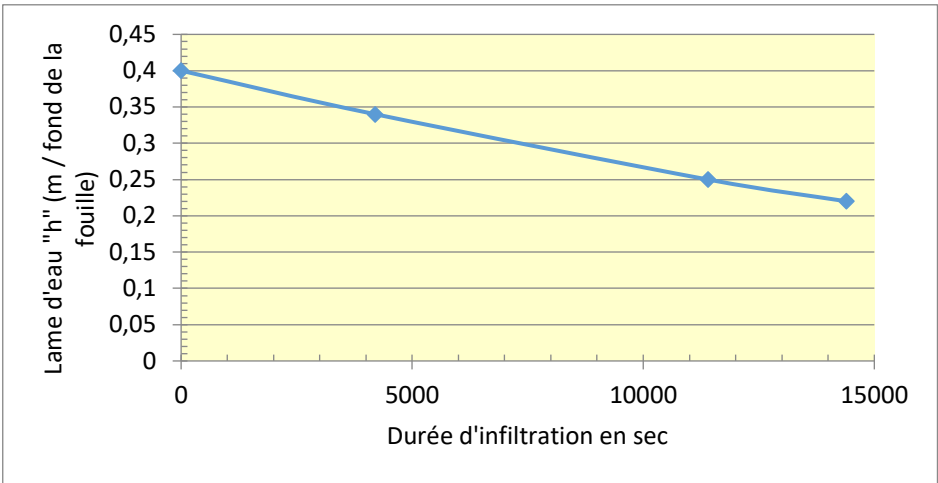
TEST D'APTITUDE D'UN SOL AU TRAITEMENT NF P 94-100					
N° du dossier : 21.2043			Sondage M4		
Client : ENOMFRA			Profondeur (m) :		
Nom du chantier : 8334 TAVERNY			Programme d'essai : 10/09/2021		
Nature : Sable argileux A2			Dosage : 1% CaO + 6% CEMII 32.5 L/B		
Référence proctor normal : Wopn = 19.5 %			ρ_d opn = 1.63 t/m ³		
Confection statique à w opn et 96% de ρ_d opn					
W contrôle fin moulage =	19.8	%	Dimension de l'éprouvette		Φ (cm)
ρ_d contrôle (t/m ³) =	1.56	t/m ³			H (cm)
Mode de cure : immersion 7 jours dans l'eau à 40°C					
N° éprouvette	1	2	3	Moyenne	Aptitude au traitement
Volume initial avant immersion V_i (cm ³)	100.7	100.7	99.8		
Volume final après 7j immergé V_{7j} (cm ³)	100.9	101.1	100.3		
Gonflement volumique Gv (%)	0.2	0.4	0.5	0.4	Apte
Résistance à la traction indirecte Rtb (MPa)	0.408	0.423	0.439	0.423	Apte
Critère normatif	Gonflement volumique Gv (%)		Résistance à la traction indirecte Rtb (MPa)		
Traitement adapté	≤ 5		≥ 0.20 MPa		
Traitement douteux	5 ≤ Gv ≤ 10		≥ 0.10 MPa		
Traitement inadapté	> 10		< 0.10 MPa		
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>GV</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> <p>EN.CH.FRA</p> <p>8334 TAVERNY</p> <p>M4</p> <p>1% CAO 6% C32.5</p> <p>RTB</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>					
<p>Conclusions :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;"> <p>Gonflement volumique</p> <p>Résistance mécanique - Rtb</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 10px;"> <div><input checked="" type="checkbox"/> Apte</div> <div><input type="checkbox"/> Douteuse</div> <div><input type="checkbox"/> Inapte</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div><input checked="" type="checkbox"/> Apte</div> <div><input type="checkbox"/> Douteuse</div> <div><input type="checkbox"/> Inapte</div> </div> </div> </div>					

ANNEXE 4

Essai d'absorption à charge variable M1

Longueur fouille (m)	Largeur fouille (m)	Profondeur de la fouille (m)
1,6	1,15	1
Coefficient C	Temps de saturation (H)	
0,33	1h	

Mesure (cm)	H (m)	t	t (s)	Perméabilité (m/s)	Permabilité moy. (m/s)
40	0,4	0:00:00	0	-	6,67E-06
34	0,34	1:10:00	4200	6,79E-06	
25	0,25	3:10:00	11400	6,70E-06	
22	0,22	4:00:00	14400	6,53E-06	
	0				
	0				
	0				
	0				
	0				
	0				
	0				



Description lithologique :

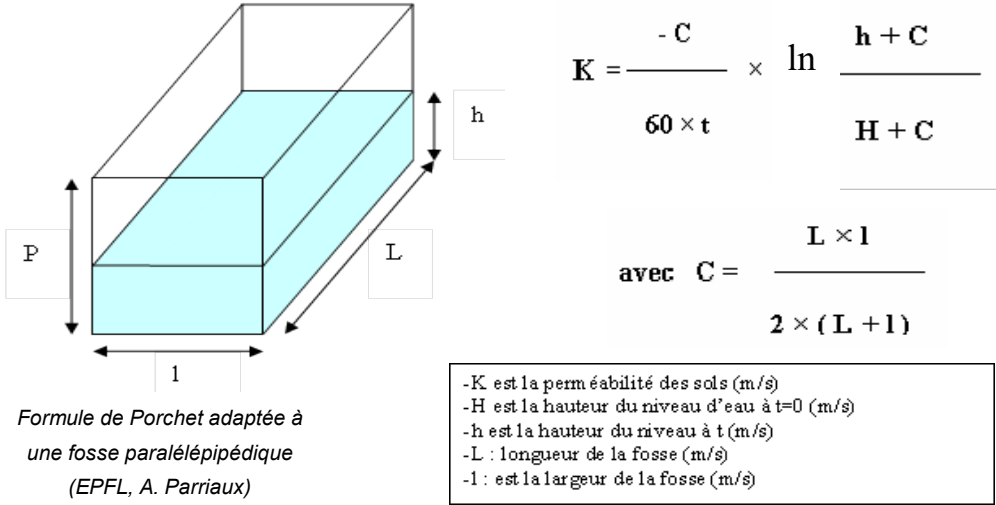
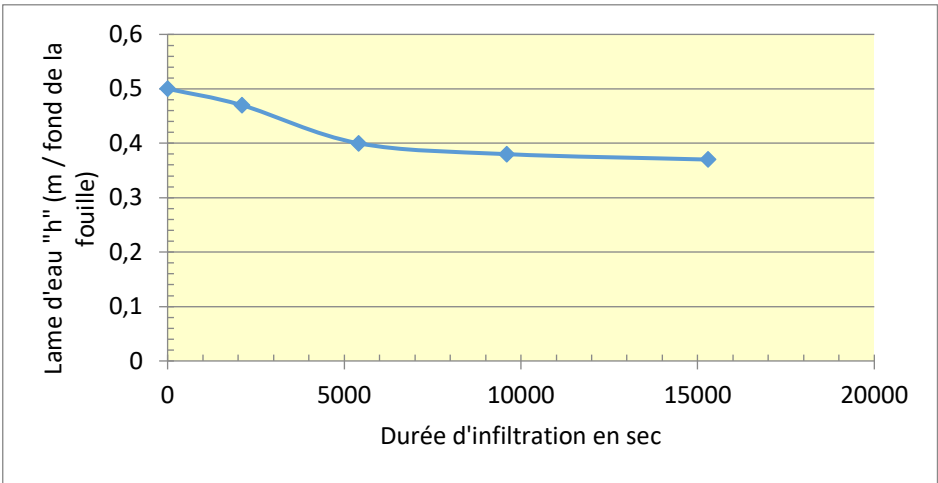
- 0 à 0,55 m : Terre végétale brune limoneuse avec racines
- 0,55 à 1,0m : marno-calcaire blanc beige



Essai d'absorption à charge variable M2

Longueur fouille (m)	Largeur fouille (m)	Profondeur de la fouille (m)
1	1,35	1
Coefficient C	Temps de saturation (H)	
0,29	1h	

Mesure (cm)	H (m)	t	t (s)	Perméabilité (m/s)	Permabilité moy. (m/s)
50	0,5	0:00:00	0	-	5,22E-06
47	0,47	0:35:00	2100	5,31E-06	
40	0,4	1:30:00	5400	7,23E-06	
38	0,38	2:40:00	9600	4,95E-06	
37	0,37	4:15:00	15300	3,39E-06	
	0				
	0				
	0				
	0				
	0				
	0				



Description lithologique :

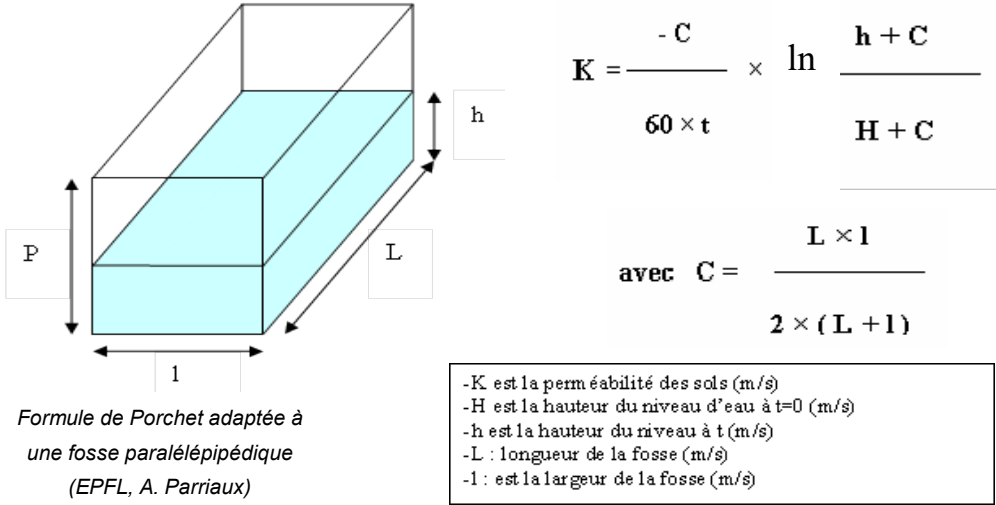
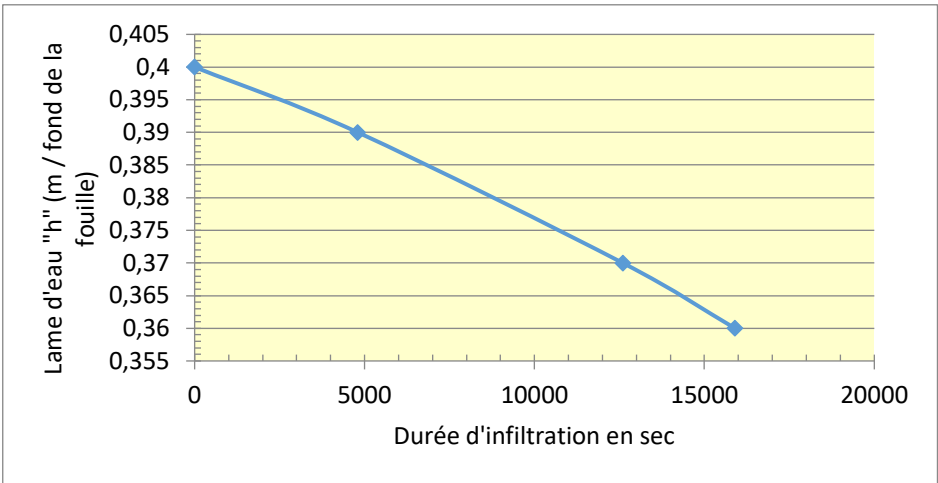
- 0 à 0,3 m : Terre végétale brune sablo-limoneuse
- 0,3 à 1,0 m : Marno-calcaire blanc beige



Essai d'absorption à charge variable M3

Longueur fouille (m)	Largeur fouille (m)	Profondeur de la fouille (m)
1,25	1,5	0,8
Coefficient C	Temps de saturation (H)	
0,34	1h	

Mesure (cm)	H (m)	t	t (s)	Perméabilité (m/s)	Permabilité moy. (m/s)
40	0,4	0:00:00	0	-	1,09E-06
39	0,39	1:20:00	4800	9,65E-07	
37	0,37	3:30:00	12600	1,12E-06	
36	0,36	4:25:00	15900	1,19E-06	
	0				
	0				
	0				
	0				
	0				
	0				
	0				
	0				



Description lithologique :

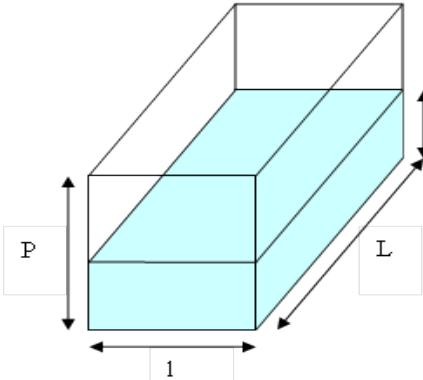
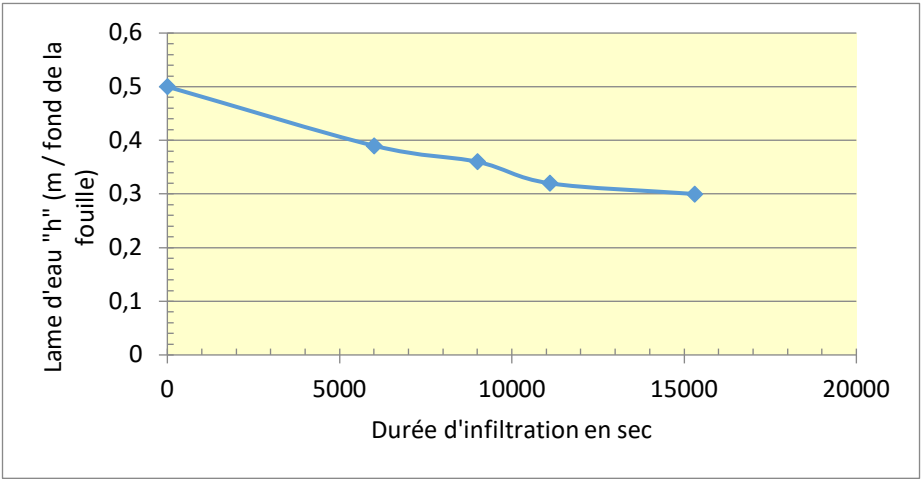
- 0 à 0,45 m : Terre végétale limono-sableuse marron avec racines
- 0,45 à 0,8 m : Marno-calcaire blanc avec blocs



Essai d'absorption à charge variable M4

Longueur fouille (m)	Largeur fouille (m)	Profondeur de la fouille (m)
1,3	1,35	1,1
Coefficient C		Temps de saturation (H)
0,33		1h

Mesure (cm)	H (m)	t	t (s)	Perméabilité (m/s)	Permabilité moy. (m/s)
50	0,5	0:00:00	0	-	6,97E-06
39	0,39	1:40:00	6000	7,83E-06	
36	0,36	2:30:00	9000	6,79E-06	
32	0,32	3:05:00	11100	7,28E-06	
30	0,3	4:15:00	15300	5,96E-06	
	0				
	0				
	0				
	0				
	0				
	0				
	0				



Formule de Porchet adaptée à une fosse parallélépipédique (EPFL, A. Parriaux)

$$K = \frac{-C}{60 \times t} \times \ln \frac{h + C}{H + C}$$
$$\text{avec } C = \frac{L \times l}{2 \times (L + l)}$$

-K est la perméabilité des sols (m/s)
-H est la hauteur du niveau d'eau à t=0 (m/s)
-h est la hauteur du niveau à t(m/s)
-L : longueur de la fosse (m/s)
-l : est la largeur de la fosse (m/s)

Description lithologique :

- 0 à 0,6 m : Remblais argilo-sableux avec blocs, briques, béton...
- 0,6 à 1,1 m : Argile sableuse marron foncé assez compacte (remblais ?)



ANNEXE 5

Enchaînement et classification des missions d'ingénierie géotechnique

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Tableau 1 - Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

<p>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.</p>
<p>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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).
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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.

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

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)**ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

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

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).

UNION SYNDICALE GEOTECHNIQUE
CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS
GEOTECHNIQUES (Mise à jour du 10/03/2017)

1. Cadre de la mission

Par référence à la norme NF P 94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique (en particulier extrait de 2 pages du chapitre 4 joint à toute offre et à tout rapport), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions d'ingénierie géotechnique nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

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

- les missions d'étude géotechnique préliminaire de site (G1), d'étude géotechnique de conception (G2), d'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif ;
- exceptionnellement, une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante après accord explicite, le client confiant obligatoirement le complément de la mission à un autre prestataire spécialisé en ingénierie géotechnique ;
- l'exécution d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et sur l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- toute mission d'ingénierie géotechnique n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- toute mission d'étude géotechnique préliminaire de site, d'étude géotechnique d'avant projet ou de diagnostic géotechnique exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques. De convention expresse, la responsabilité de notre société ne peut être engagée que dans l'hypothèse où la mission suivante d'étude géotechnique de projet lui est confiée ;
- une mission d'étude géotechnique de projet G2 engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

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

2. Recommandations

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une investigation du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés à l'ingénierie géotechnique chargée de l'étude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3) afin qu'elle en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution voire la conception de l'ouvrage géotechnique. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

3. Rapport de la mission

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission d'ingénierie géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission. Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre 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 constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.