

Rapport d'étude

TEA210344_P001_VA

SHEMA
Les Rives de l'Orne
15 avenue Pierre Mendès France
BP 53060
14018 CAEN Cedex 2



Aménagement de la Zone d'Activité de Collignon Missions G1 PGC + G2 AVP

Rue de la Croix Morel
50130 CHERBOURG-EN-COTENTIN

VOTRE INTERLOCUTEUR

Ozal CAKIR

02.31.73.63.30

o.cakir@technosol-gengis.fr

SIÈGE SOCIAL
13, route de la Grange aux
Cercles
91160 Ballainvilliers
01 69 09 14 51
contact@technosol-gengis.fr
technosol-gengis.fr



RÉFÉRENCES

N° Affaire :	TEA210344	Pièce : P001
Réf. du client	Commande du 26/07/21	

CLIENT

Nom et adresse	SHEMA Les Rives de l'Orme 15 avenue Pierre Mendès France BP 53060 14018 CAEN Cedex 2
Nom du contact et coordonnées	Monsieur Nabil KHIYER 08.01.14.21.02 nkhiyer@shema.fr

INTERVENANTS TECHNOSOL

Rédacteur	Ozal CAKIR
Vérificateur	Jérémy DUCHEMIN
Superviseur	Hervé WRIGHT

Accord
pour
diffusion

STATUT DU RAPPORT

Version	Date	Détails
A	05/11/21	Version initiale
B		
C		
D		

MOD_IET_TEC_052

CERTIFICATIONS DE TECHNOSOL





1. PRESENTATION GENERALE	5
1.1. DEFINITION DE LA MISSION	5
1.2. OBJECTIFS DES MISSIONS	5
1.3. CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE.....	6
1.4. DOCUMENTS DE REFERENCE.....	7
2. SITUATION ET CARACTERISTIQUES DU SITE.....	7
3. CARACTERISTIQUES DU PROJET	9
4. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET RISQUES NATURELS.....	10
4.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE PREVISIBLE	10
4.2. HYDROLOGIE.....	11
4.3. RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES	13
4.4. CAVITES SOUTERRAINES	14
4.5. SISMICITE.....	14
5. RESULTATS OBTENUS.....	14
5.1. NATURE DES SOLS RECONNUS	14
5.2. SYNTHESE HYDROLOGIQUE ISSUE DES SONDAGES	17
5.3. CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES DU SITE	18
5.4. ESSAIS DE PERMEABILITE.....	19
5.5. ESSAIS DE LABORATOIRE	22
6. ANALYSE DES RESULTATS ET INTERPRETATION.....	31
6.1. ETUDE PRELIMINAIRE DE FAISABILITE DES FONDATIONS ET DES DALLAGES DES BATIMENTS (MISSION G1 PGC).....	31
6.2. AMENAGEMENT DE LA ZONE D'ACTIVITE DE COLLIGNON (MISSION G2 AVP)	33
7. ETUDES COMPLEMENTAIRES	39
7.1. ETUDE DE FAISABILITE DES FONDATIONS ET DES DALLAGES DES BATIMENTS (MISSION G1 PGC).....	39
7.2. AMENAGEMENT DE LA ZONE D'ACTIVITE DE COLLIGNON (MISSION G2 AVP)	39



ANNEXES

- 1 Enchaînement et classification des missions d'ingénierie géotechnique selon la norme NF P94-500 de novembre 2013
- 2 Plan de situation
- 3 Plan d'implantation des sondages
- 4 Coupes des sondages et photographies des sondages à la mini-pelle
- 5 Résultats des essais de perméabilité
- 6 Résultats des essais de laboratoire





1. Présentation générale

1.1. Définition de la mission

A la demande et pour le compte de la SHEMA, nous avons procédé à une reconnaissance de sols et à une étude géotechnique dans le cadre du projet d'aménagement de la Zone d'Activité de Collignon, rue de la Croix Morel à CHERBOURG-EN-COTENTIN (14).

Le présent rapport rend compte des résultats obtenus dans le cadre d'une mission d'exécution de sondages et d'essais in situ et en laboratoire, d'une étude géotechnique préalable phase principes généraux de construction portant sur les fondations et les dallages des futurs bâtiments, et d'une étude géotechnique de conception phase avant-projet portant sur l'étude de la voirie et les possibilités d'infiltration des eaux pluviales dans le sol dans le cadre de l'aménagement de la Zone d'Activité (missions d'ingénierie géotechnique classées respectivement G1 PGC et G2 AVP selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 ; cf. pièces jointes en annexe n° 1).

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique devra être respecté dans les développements futurs de cette opération, avec notamment la réalisation de l'étude géotechnique de conception (mission d'ingénierie géotechnique classée G2 selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 ; cf. pièces jointes en annexe n° 1) comprenant une mission G2 AVP en phase avant-projet pour l'étude des fondations et des dallages des bâtiments, et une mission G2 PRO en phase projet pour l'ensemble de la Zone d'Activité.

1.2. Objectifs des missions

Les objectifs des missions sont :

- l'analyse géologique, hydrologique et géotechnique du site, notamment vis-à-vis de l'exposition au phénomène de retrait-gonflement des argiles,
- dans le cadre de la construction des futurs bâtiments :
 - ✓ la définition des principes généraux de construction envisageables, notamment en matière de fondations et de dallages en tenant compte de la présence éventuelle d'argile potentiellement sujette au phénomène de retrait-gonflement,
 - ✓ le suivi de la nappe phréatique pendant une année.Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une mission d'ingénierie géotechnique classée G1 PGC selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013,
- dans le cadre de l'aménagement de la Zone d'Activité :
 - ✓ l'étude de faisabilité de la voirie,
 - ✓ l'étude des possibilités d'infiltration des eaux pluviales dans le sol au niveau des futurs ouvrages.Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une mission d'ingénierie géotechnique classée G2 AVP selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013.



1.3. Campagne de reconnaissance

Dans le cadre de notre mission, afin de préciser la nature des sols et de déterminer leurs caractéristiques mécaniques, leur perméabilité et leur classification GTR selon la norme NF P 11-300, et d'apprécier le potentiel de gonflement des argiles, nous avons procédé à la réalisation des investigations géotechniques suivantes :

- 6 sondages de reconnaissance géologique pour essais pressiométriques, notés SP1 à SP6, descendus jusqu'à 5 m de profondeur,
- 24 essais pressiométriques réalisés dans les forages précédents à raison d'un essai tous les 0,80 m à 1,30 m, soit 4 unités par sondage,
- 2 sondages de reconnaissance géologique à la tarière de 63 mm de diamètre, notés TA1 et TA2, descendus jusqu'à 6 m de profondeur,
- la fourniture et la mise en œuvre jusqu'à la base des 2 sondages à la tarière précédents, de 2 tubes piézométriques en PVC crépiné de diamètre 36/40 mm avec chaussette anticontaminante et protection en tête de type tube métallique cadénassé scellé au mortier,
- 9 sondages de reconnaissance géologique à la mini-pelle, notés PM1 à PM9, descendus entre 0,70 m et 2,20 m de profondeur,
- 9 essais de percolation de type Porchet à niveau variable réalisés dans les fouilles précédentes, à raison d'une unité par sondage,
- les analyses en laboratoire suivantes, réalisées sur des échantillons de sols prélevés dans les sondages SP1, SP6, PM5 et PM9 :
 - ✓ 16 mesures de la teneur en eau naturelle des sols,
 - ✓ 2 analyses granulométriques par tamisage,
 - ✓ 2 analyses granulométriques par sédimentation,
 - ✓ 2 mesures des limites d'Atterberg,
 - ✓ 2 mesures de la Valeur de Bleu Sol (VBS),
 - ✓ 2 mesures de la limite de retrait,
 - ✓ 2 mesures de l'Indice Portant Immédiat (IPI) à la teneur en eau naturelle.

Notre intervention sur le site (cf. plan de situation joint en annexe n° 2) s'est déroulée :

- du 19 au 24 août 2021 pour les sondages pressiométriques SP1 à SP6 et à la tarière TA1 et TA2,
- les 7 et 8 septembre 2021 pour les sondages à la mini-pelle PM1 à PM9.

Les sondages ont été implantés conformément au plan schématique joint en annexe n° 3 en fonction de l'occupation du site au moment de notre intervention.

Dans la suite de notre rapport, toutes les profondeurs sont données par rapport à la tête des sondages qui correspond au niveau du terrain au moment de notre intervention.

Par ailleurs, nous avons procédé à leur positionnement par GPS selon la projection CC49 et à leur nivellement par GPS rattaché au système NGF. Le nivellement devra être contrôlé par un Géomètre.



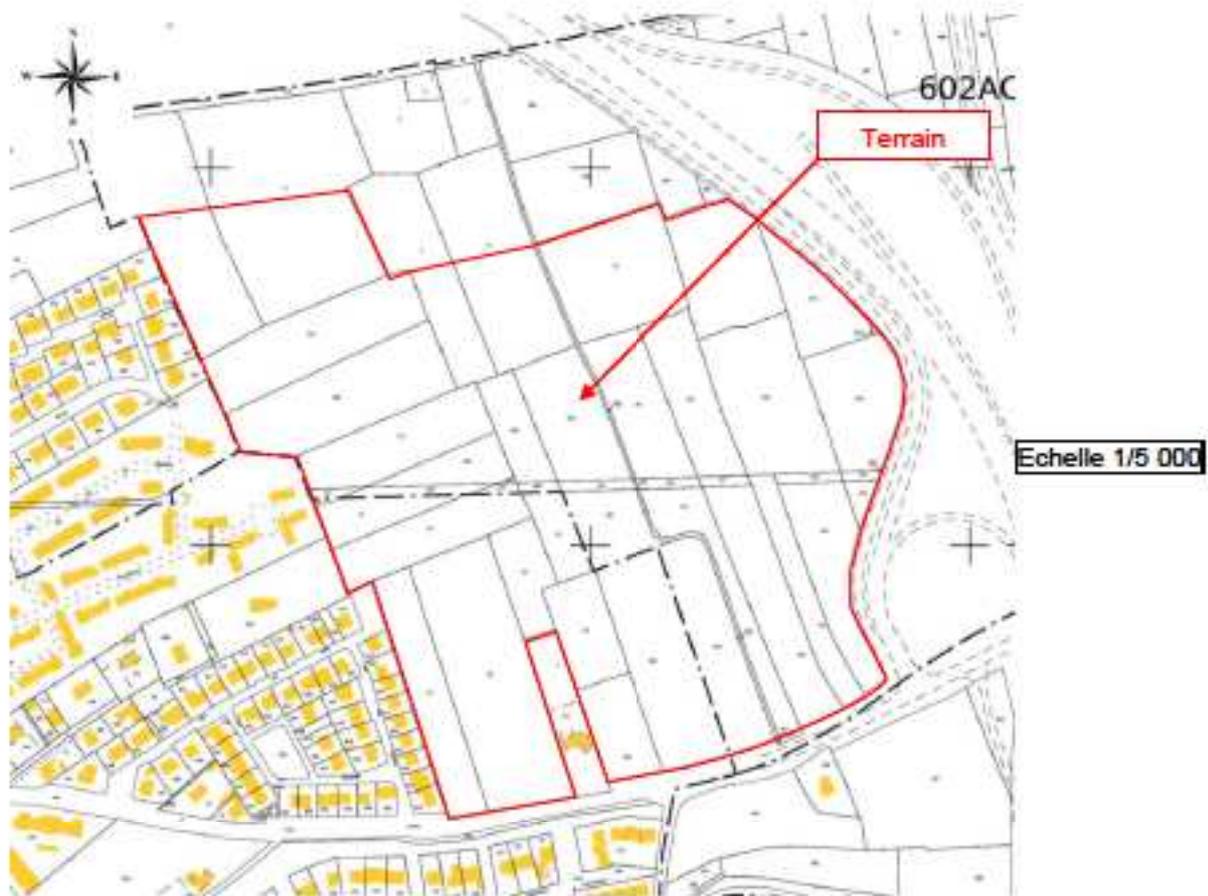
1.4. Documents de référence

Les pièces afférentes à cette étude sont :

- la demande de devis de la SHEMA du 25/05/21,
- notre devis référencé TED210612-000_vB du 15/07/21,
- la commande de la SHEMA du 26/07/21,
- un CCTP établi par le cabinet de Géomètre-Expert MOSAÏC, référencé HE/9192 du 11/02/20,
- un dossier de permis d'aménager, au format DWG, établi par le cabinet de Géomètre-Expert MOSAÏC, référencé HE-9192 et comprenant :
 - ✓ un plan de situation du 21/09/20,
 - ✓ un plan topographique du 28/04/20,
 - ✓ un plan de composition du 15/09/20,
 - ✓ un plan de voirie, assainissement, espaces verts du 20/04/20,
 - ✓ un plan des réseaux souples du 20/04/20,
 - ✓ un plan d'intention sur lequel figurent les hypothèses d'implantation des futurs bâtiments du 14/09/20,
 - ✓ un plan valant règlement graphique du 26/10/20,
 - ✓ un plan des espaces verts du 13/10/20,
 - ✓ un plan des bassins versants, au stade esquisse, du 23/02/20,
 - ✓ un plan de prévention des risques naturels du 09/03/20,
 - ✓ un plan de détail du giratoire de la ZAC du 14/09/20,
 - ✓ un plan des profils en travers du 28/04/20.

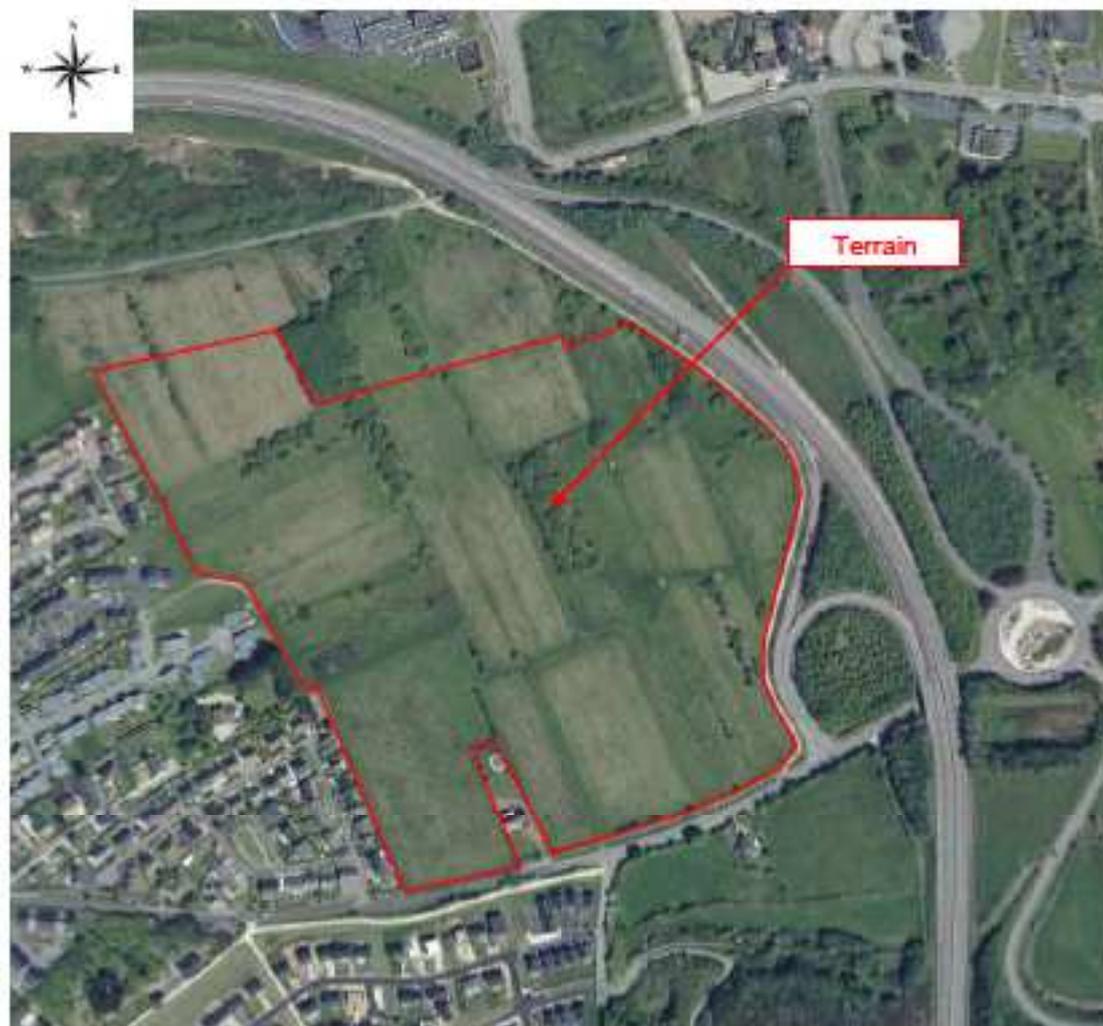
2. Situation et caractéristiques du site

Le terrain étudié, d'une superficie de 13,5 ha environ, est situé au Nord de la commune de TOURLAVILLE, commune déléguée de la commune nouvelle de CHERBOURG-EN-COTENTIN, le long de la rue de la Croix Morel (cf. plan de situation joint en annexe n° 2). Il correspond à tout ou partie des parcelles figurant au cadastre sous les n° 1 à 4, 10, 110, 153, 154, 157 à 160, 162 à 168, 170 à 173, 177, 178, 345, 348, 351, 353, 355, 372, 374, 377, 407, 409, 411, 413, 415 et 499 de la section AC, et n° 22 à 28, 263, 556 et 558 de la section AW (cf. extrait du plan cadastral ci-après).



Extrait du plan cadastral

Actuellement, il s'agit d'un herbage sur lequel se trouvent des haies et des arbres (cf. photographie aérienne ci-après).



Photographie aérienne

D'un point de vue topographique, le terrain présente une pente descendant globalement vers le Nord en direction de la mer, d'abord faible et de 6 % environ sur le tiers Sud puis très faible et de l'ordre de 2 % au-delà, avec des cotes altimétriques allant de 4,50 NGF à 17,50 NGF environ.

3. Caractéristiques du projet

Dans le cadre de l'aménagement d'une ZAC, il est prévu la création (cf. plan d'implantation des sondages joint en annexe n° 3) :

- de 8 lots à bâtir, de superficies comprises entre 4 209 m² et 26 411 m².
Au moment de notre étude, les caractéristiques des futurs bâtiments et leur implantation précises ne sont pas connues,



- d'un giratoire et d'une voie de desserte des futures parcelles correspondant à une route bidirectionnelle de largeur 5,80 m à 8,20 m.
La classe de trafic est T2, soit une moyenne journalière annuelle (MJA) par sens comprise entre 150 et 300 poids lourds à la mise en service,
- d'ouvrages d'infiltration des eaux pluviales issues des aires imperméabilisées du projet (voirie et cheminements piétonniers), comprenant une noue et des bassins à ciel ouvert.
Au moment de notre étude, les caractéristiques des ouvrages d'infiltration, et notamment leur profondeur ne sont pas connues.

Les hypothèses devront être précisées par le Maître d'Ouvrage dans le cadre des études géotechniques de conception phase avant-projet et phase projet (missions d'ingénierie géotechnique classées respectivement G2 AVP et G2 PRO selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 ; cf. pièces jointes en annexe n° 1).

4. Contexte géologique et risques naturels

4.1. Contexte géologique prévisible

Du point de vue géologique, nous étions susceptibles de mettre en évidence dans ce secteur, sous la couverture de terre végétale, des sols constitués successivement (cf. extrait de carte ci-dessous) :

- d'argile, de sable et de cailloux, correspondant aux terrasses marines normanniennes indifférenciées (M),
- du substratum rocheux du Cambrien inférieur (bP₁), correspondant à du schiste potentiellement altéré en tête d'horizon.



Extrait de la carte géologique de CHERBOURG n° 72 au 1/50 000

4.2. Hydrologie

Afin d'apprécier le contexte hydrologique du site, nous avons consulté le site internet de la DREAL de Normandie (<http://www.donnees.normandie.developpement-durable.gouv.fr>) et il s'en dégage que :

- selon la cartographie de la profondeur de la nappe phréatique en période de très hautes eaux (état de la connaissance : février 2014), le niveau de la nappe libre est susceptible de remonter entre 2,50 m et 5 m de profondeur, voire entre 1 m et 2,50 de profondeur, côtés Sud et Est du terrain, et entre 0 m et 1 m de profondeur sur le reste du terrain (cf. extrait de carte ci-dessous),



Extrait de la cartographie de la profondeur de la nappe phréatique en période de très hautes eaux

- d'après l'atlas régional des Zones Inondables (état de la connaissance au 05/12/2016), le terrain n'est pas situé en zone inondable (cf. extrait de carte ci-dessous),



Extrait de l'atlas régional des Zones Inondables



- d'après l'atlas régional des Zones sous le Niveau Marin (état de la connaissance au 28/08/2013) et le plan topographique du site, l'extrémité Nord-Ouest du terrain est située moins d'un mètre au-dessus du niveau marin centennal dont la cote de référence est 4,40 NGF (cf. extrait de carte ci-dessous),



Extrait de l'atlas régional des Zones sous le Niveau Marin

- selon le Plan de Prévention des Risques Naturels de la région de CHERBOURG, établi par la Direction Départementale des Territoires et de la Mer de la Manche et validé en date du 30/12/2019 :
 - ✓ d'après le zonage réglementaire, l'extrémité Nord-Ouest du terrain est située en zone « bleu clair Bi » à « bleu foncé BI » (cf. extrait de carte ci-dessous), ce qui correspond à des zones exposées respectivement à un risque faible à moyen de submersion marine et/ou d'inondation fluviale.



Extrait du zonage réglementaire du PPRN de la région de CHERBOURG



- ✓ d'après les cotes de référence des submersions marines (T100cc), l'extrémité Nord-Ouest du terrain est située dans une zone où la cote du niveau marin centennal est comprise entre 4,78 NGF et 5,00 NGF (cf. extrait de carte ci-dessous).



Extrait de la cartographie des aléas littoraux du PPRN de la région de CHERBOURG

4.3. Retrait-gonflement des argiles

Nous avons consulté le site internet du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (<http://www.georisques.gouv.fr>) concernant l'exposition au retrait-gonflement des argiles et il s'en dégage que le terrain se trouve dans une zone d'aléa moyen (cf. extrait de carte ci-dessous).



Extrait de la cartographie de l'exposition au retrait-gonflement des argiles



Le niveau d'aléa moyen est affecté à des zones intermédiaires entre des zones d'aléa faible pour lesquelles la survenance de sinistre est possible en cas de sécheresse importante mais avec des désordres ne touchant qu'une faible proportion des bâtiments et en priorité ceux qui présentent des défauts de construction ou un contexte local défavorable (proximité d'arbre ou hétérogénéité du sol par exemple), et des zones d'aléa fort pour lesquelles la probabilité de survenance d'un sinistre est plus élevée et/ou l'intensité des phénomènes attendus est plus fort.

Une caractérisation en toute rigueur de cet aléa nécessite la réalisation d'essais en laboratoire spécifiques pouvant être réalisés dans le cadre des études géotechniques de conception phase avant-projet et phase projet (missions d'ingénierie géotechnique classées respectivement G2 AVP et G2 PRO selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 ; cf. pièces jointes en annexe n° 1). Néanmoins, une première approche a été effectuée à l'aide des essais en laboratoire dont les résultats figurent au paragraphe 5.5.

4.4. Cavités souterraines

Selon l'atlas régional des indices de cavité souterraine établi par la DREAL de Normandie et consultable sur le site internet <http://www.donnees.normandie.developpement-durable.gouv.fr>, il n'y a pas d'indice de cavité souterraine dont le périmètre de sécurité impacterait le terrain du projet.

4.5. Sismicité

Selon le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français, entré en vigueur depuis le 1^{er} mai 2011, la commune de CHERBOURG-EN-COTENTIN est située en zone de sismicité **faible** (zone 2).

Par conséquent, les règles de construction parasismique ne concerneront le projet que si les bâtiments s'avèrent être de catégorie d'importance **III** ou **IV** (selon l'Eurocode 8). La catégorie d'importance de chacun des bâtiments devra être précisée par le ou les Maître(s) d'Ouvrage(s).

5. Résultats obtenus

5.1. Nature des sols reconnus

On trouvera les coupes des sondages et les photographies des sondages à la mini-pelle en annexe n° 4.

Les sondages ont permis de mettre en évidence successivement :

- de la terre végétale sur des épaisseurs allant de 15 cm à 60 cm,





- du remblai limono-sableux à sablo-limoneux, marron foncé à marron, avec plus ou moins de graviers et/ou de cailloux et des fragments de faïence, de verre, de plastique ou de terre cuite, uniquement en PM1, PM5 et PM7 à PM9, jusqu'à des profondeurs comprises entre 0,30 m et 0,60 m,
- du limon argileux, silteux ou sableux, marron foncé à marron clair, avec parfois quelques graviers et cailloux, jusqu'à des profondeurs allant de 0,40 m à 2,20 m, et jusqu'à la base des sondages PM3, PM6 et PM7. Cet horizon n'a pas été mis en évidence en SP1, TA1, PM1, PM8 et PM9,
- du silt argileux ou sableux, marron à beige, parfois orangé, grisâtre ou jaunâtre, jusqu'à des profondeurs comprises entre 2,80 m et 4,30 m, et jusqu'à la base des sondages SP4, PM1, PM2, PM4, PM5, PM8 et PM9. Cet horizon n'a pas été mis en évidence en SP5, PM3, PM6 et PM7,
- du sable plus ou moins argileux, beige foncé ou gris verdâtre, avec plus ou moins de graviers, uniquement en SP2, SP3, TA1 et TA2, jusqu'à une profondeur de 5,50 m en TA1 et jusqu'à la base des autres sondages,
- de l'argile plus ou moins sableuse, marron ou beige jaunâtre et grisâtre, avec plus ou moins de cailloux, uniquement en SP1 et TA1, jusqu'à la base de ces sondages.
Le silt argileux ou sableux, le sable plus ou moins argileux et l'argile plus ou moins sableuse correspondent aux terrasses marines normanniennes indifférenciées,
- de la roche altérée, marron orangé à beige clair grisâtre ou jaunâtre, uniquement en SP5 et SP6, jusqu'à la base de ces sondages. Il pourrait s'agir du substratum rocheux du Cambrien inférieur.

Les tableaux ci-dessous et ci-après synthétisent les profondeurs et les cotes du toit des formations rencontrées au droit de nos sondages (NR signifie horizon non reconnu).

Nature du sol	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5
	m / Cote NGF				
Terre végétale	0,00 / 4,98	0,00 / 5,90	0,00 / 8,20	0,00 / 8,34	0,00 / 15,49
Remblai limono-sableux à sablo-limoneux	NR	NR	NR	NR	NR
Limon argileux, silteux ou sableux	NR	0,30 / 5,60	0,60 / 7,60	0,40 / 7,94	0,60 / 14,89
Silt argileux ou sableux	0,40 / 4,58	0,80 / 5,10	1,80 / 6,40	1,10 / 7,24	NR
Sable +/- argileux	NR	3,00 / 2,90	3,30 / 4,90	NR	NR
Argile +/- sableuse	2,80 / 2,18	NR	NR	NR	NR
Roche altérée	NR	NR	NR	NR	1,10 / 14,39



Nature du sol	SP6	TA1	TA2	PM1	PM2
	m / Cote NGF				
Terre végétale	0,00 / 13,84	0,00 / 6,44	0,00 / 10,18	0,00 / 6,03	0,00 / 6,23
Remblai limono-sableux à sablo-limoneux	NR	NR	NR	0,15 / 5,88	NR
Limon argileux, silteux ou sableux	0,40 / 13,44	NR	0,60 / 9,58	NR	0,20 / 6,03
Silt argileux ou sableux	1,20 / 12,64	0,60 / 5,84	2,20 / 7,98	0,30 / 5,73	1,20 / 5,03
Sable +/- argileux	NR	3,60 / 2,84	4,30 / 5,88	NR	NR
Argile +/- sableuse	NR	5,50 / 0,94	NR	NR	NR
Roche altérée	3,40 / 10,44	NR	NR	NR	NR

Nature du sol	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7
	m / Cote NGF				
Terre végétale	0,00 / 6,69	0,00 / 7,07	0,00 / 7,62	0,00 / 8,19	0,00 / 7,57
Remblai limono-sableux à sablo-limoneux	NR	NR	0,20 / 7,42	NR	0,20 / 7,37
Limon argileux, silteux ou sableux	0,20 / 6,49	0,20 / 6,87	0,35 / 7,27	0,20 / 7,99	0,50 / 7,07
Silt argileux ou sableux	NR	0,40 / 6,67	1,10 / 6,52	NR	NR
Sable +/- argileux	NR	NR	NR	NR	NR
Argile +/- sableuse	NR	NR	NR	NR	NR
Roche altérée	NR	NR	NR	NR	NR



Nature du sol	PM8	PM9
	m / Cote NGF	m / Cote NGF
Terre végétale	0,00 / 8,62	0,00 / 11,32
Remblai limono-sableux à sablo-limoneux	0,20 / 8,42	0,15 / 11,17
Limon argileux, silteux ou sableux	NR	NR
Silt argileux ou sableux	0,60 / 8,02	0,40 / 10,92
Sable +/- argileux	NR	NR
Argile +/- sableuse	NR	NR
Roche altérée	NR	NR

5.2. Synthèse hydrologique issue des sondages

Lors de notre intervention, fin août 2021, nous avons relevé des niveaux d'eau sur les hauteurs forées à la tarière (à sec) situés entre 2,40 m et 4,80 m de profondeur, ce qui correspond à des cotes altimétriques comprises entre 2,38 NGF et 9,04 NGF (sondages SP1 à SP6, TA1 et TA2).

Lors de notre intervention, début septembre 2021, aucune arrivée d'eau n'a été observée sur les hauteurs creusées à l'aide d'une mini-pelle, soit jusqu'à des profondeurs allant de 0,70 m à 2,20 m (base des sondages PM1 à PM9).

Nous avons procédé au relevé des piézomètres installés en TA1 (piézomètre situé en partie Nord du terrain) et TA2 (piézomètre situé en partie Sud du terrain) le 07/10/21, soit un mois et demi environ après leur pose, et les niveaux d'eau se situaient respectivement à 1,87 m et 4,12 m de profondeur, ce qui correspond à des cotes altimétriques de 4,57 NGF et 6,06 NGF.

Ces niveaux d'eau correspondent à la nappe littorale.

Dans ce secteur, le niveau de la nappe est sujet à fluctuations en fonction des intempéries et des marées. Celui-ci est susceptible de remonter sensiblement jusqu'à proximité du terrain actuel, notamment sous l'effet conjoint d'épisodes pluvieux importants et de grande marée.



Par ailleurs, à la suite ou lors d'intempéries, il est possible qu'il se produise des circulations d'eau superficielles au sein et à la base du remblai limono-sableux à sablo-limoneux, du limon argileux, silteux ou sableux, et du silt argileux ou sableux, ou plus en profondeur dans la roche altérée, notamment au niveau des fissures et des fractures.

Nous procédons actuellement à un relevé mensuel des niveaux d'eau dans les piézomètres TA1 et TA2, et cela pendant une durée d'un an. Les relevés seront transmis en fin de campagne.

5.3. Caractéristiques géotechniques du site

Les caractéristiques mécaniques des sols, mesurées au moyen d'essais pressiométriques dans les forages SP1 à SP6, s'avèrent :

- faibles à bonnes dans le limon argileux, silteux ou sableux avec des pressions limites comprises entre 0,29 MPa et 1,36 MPa, ce qui caractérise un limon mou à raide selon les normes NF P 94-261 et NF P 94-262,
- très faibles à très bonnes dans le silt argileux ou sableux avec des pressions limites allant de 0,24 MPa à 2,17 MPa, ce qui caractérise un silt très mou à très raide selon les normes NF P 94-261 et NF P 94-262.
Les valeurs les plus faibles ont été mesurées en partie basse du terrain, côté Nord, au droit des sondages SP1, SP2 et SP4,
- bonnes à très bonnes dans le sable plus ou moins argileux avec des pressions limites comprises entre 1,58 MPa et 2,42 MPa, ce qui caractérise un sable dense à très dense selon les normes NF P 94-261 et NF P 94-262,
- très bonnes à excellentes dans l'argile plus ou moins sableuse avec des pressions limites de 3,80 MPa et de plus de 4,79 MPa, ce qui caractérise une argile très raide selon les normes NF P 94-261 et NF P 94-262,
- bonnes à très bonnes dans la roche altérée avec des pressions limites allant de 1,72 MPa à 2,05 MPa, ce qui caractérise une roche altérée selon les normes NF P 94-261 et NF P 94-262.

Les caractéristiques mécaniques sont synthétisées dans le tableau ci-après.



Nature du sol	Nb essais	Pression limite nette p_l^* (MPa)				Module pressiométrique E_M (MPa)			
		Min	Max	Moy	Ecart - type	Min	Max	Moy	Ecart - type
Remblai limono-sableux à sablo-limoneux	0(*)	-	-	-	-	-	-	-	-
Limon argileux, silteux ou sableux	4	0,29	1,36	0,58	0,52	2,3	12,6	4,9	5,2
Silt argileux ou sableux	11	0,24	2,17	0,76	0,58	1,4	36,0	7,8	10,4
Sable +/- argileux	3	1,58	2,42	1,95	0,43	8,9	21,7	15,4	6,4
Argile +/- sableuse	2	3,80	>4,79	-	-	32,9	68,9	50,9	25,5
Roche altérée	4	1,72	2,05	1,87	0,15	11,8	50,8	26,1	17,4

(*) : formation non rencontrée en SP1 à SP6.

5.4. Essais de perméabilité

Nous avons réalisé 9 essais de percolation de type Porchet à niveau variable au droit des sondages à la mini-pelle PM1 à PM9 afin de déterminer les coefficients de perméabilité du limon argileux, silteux ou sableux, et du silt argileux ou sableux.

5.4.1. Principe de l'essai Porchet à niveau variable

Cet essai de percolation a pour objectif de mesurer la perméabilité des sols. Il est réalisé après mise en saturation des sols pendant plusieurs heures.

Il s'effectue par infiltration d'eau dans une poche cylindrique ou dans une fouille rectangulaire. La poche ou la fouille est ensuite remplie d'eau (cf. schéma ci-après).

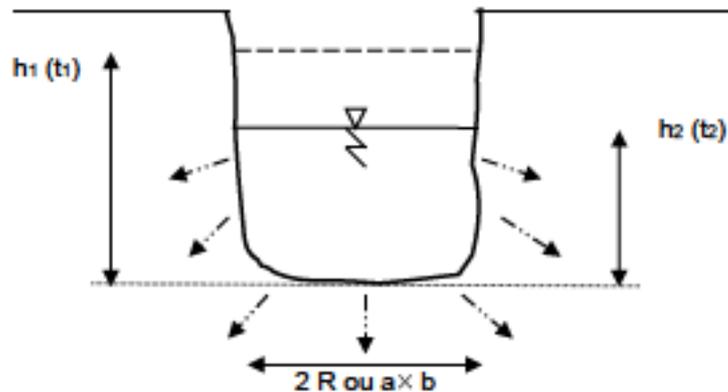


Schéma de principe de l'essai Porchet à niveau variable

L'essai consiste à relever pendant plusieurs dizaines de minutes le niveau d'eau dans la poche ou dans la fouille.

Au temps t_1 , on note le niveau h_1 de l'eau dans la poche ou dans la fouille, au temps t_2 celui-ci devient h_2 .

On écrit :

$$Q = V.S \quad \text{et} \quad V = K.i$$

avec : Q : débit d'infiltration (m^3/s),

K : perméabilité du sol (m/s),

S : surface humectée [partie latérale + fond (m^2)] = $\pi R^2 + 2\pi R h$ (poche cylindrique) ou $ab + 2(a+b)h$ (fouille rectangulaire),

V : vitesse de percolation de l'eau dans le terrain (m/s),

i : gradient hydraulique = 1.

D'où : $Q = K.S$

Or, $Q = -\pi R^2 \frac{dh}{dt}$ (poche cylindrique) ou $Q = ab \frac{dh}{dt}$ (fouille rectangulaire)



Après intégration, on obtient :

— pour une poche cylindrique :

$$K = \frac{R}{2(t_2 - t_1)} \times \ln \frac{h_1 + \frac{R}{2}}{h_2 + \frac{R}{2}}$$

— pour une fouille rectangulaire :

$$K = \frac{ab}{2(a+b)(t_2 - t_1)} \times \ln \frac{h_1 + \frac{ab}{2(a+b)}}{h_2 + \frac{ab}{2(a+b)}}$$

5.4.2. Synthèse des résultats

Les feuilles de calcul des résultats des essais figurent en annexe n° 5.

Nous avons résumé l'ensemble des résultats dans le tableau ci-dessous.

N° de sondage	Profondeur de l'essai (m)	Nature du sol	Coefficient de perméabilité (m/s)
PM1	1,50 à 2,20	Silt argileux	$1,19.10^{-6}$
PM2	1,20 à 1,60	Silt sableux	$1,17.10^{-6}$
PM3	0,50 à 0,80	Limon sableux	$1,91.10^{-6}$
PM4	1,00 à 1,50	Silt argileux	$9,87.10^{-7}$
PM5	1,90 à 2,20	Silt sableux	$1,43.10^{-6}$
PM6	0,30 à 0,70	Limon silteux	$1,77.10^{-6}$
PM7	0,50 à 0,70	Limon sableux	$1,74.10^{-6}$
PM8	1,00 à 1,60	Silt argileux	$7,04.10^{-7}$
PM9	1,50 à 2,00	Silt argileux	$1,92.10^{-6}$

En conclusion, nous retiendrons que :

- le limon argileux, silteux ou sableux a une perméabilité faible avec des coefficients de perméabilité allant de $1,74.10^{-6}$ m/s à $1,91.10^{-6}$ m/s,
- le silt argileux ou sableux a une perméabilité faible avec des coefficients de perméabilité compris entre $7,04.10^{-7}$ m/s et $1,92.10^{-6}$ m/s.



5.5. Essais de laboratoire

Nous avons procédé aux analyses en laboratoire suivantes, réalisées sur des échantillons de sols prélevés dans les sondages SP1, SP8, PM5 et PM9 :

- 16 mesures de la teneur en eau naturelle des sols,
- 2 analyses granulométriques par tamisage,
- 2 analyses granulométriques par sédimentation,
- 2 mesures des limites d'Atterberg,
- 2 mesures de la Valeur de Bleu Sol (VBS),
- 2 mesures de la limite de retrait,
- 2 mesures de l'Indice Portant Immédiat (IPI) à la teneur en eau naturelle.

On trouvera en annexe n° 6 les résultats des essais de laboratoire sur nos procès-verbaux.

5.5.1. Classement GTR selon la norme NF P 11-300 du limon silteux (sondage PM5)

La dimension maximale du plus gros élément contenu dans l'échantillon de limon silteux est inférieure à 50 mm ($D_{max} = 9,5$ mm) et la proportion de fines $< 80 \mu\text{m}$ est nettement supérieure à 35 % (passant à $80 \mu\text{m} = 80,9$ %), ce qui permet de classer le matériau parmi les sols fins (classe A).

L'analyse granulométrique par sédimentation montre un passant à $2 \mu\text{m}$ (diamètre équivalent) de 14,8 %.

La Valeur de Bleu Sol (VBS) est de 0,94, ce qui caractérise un limon peu plastique (sol A_1), et son indice de plasticité est $I_p = 8,9$, mais ce paramètre n'est pas à privilégier pour caractériser ce sol.

L'activité $A_c = \frac{I_p}{\%_{<2\mu\text{m}}}$ du limon silteux est de 0,60, ce qui indique qu'il s'agit d'un sol « inactif » et dont les minéraux argileux sont vraisemblablement principalement constitués de kaolinite et d'illite avec un potentiel de gonflement faible (cf. diagramme ci-après).

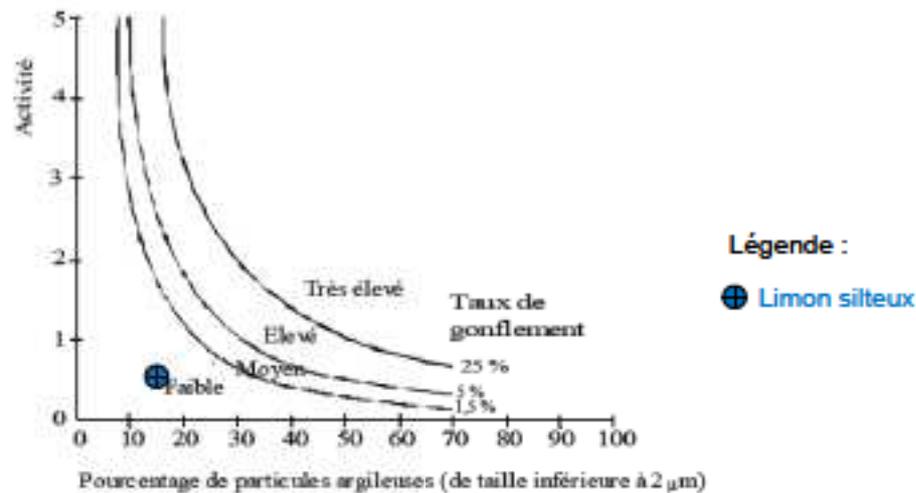


Diagramme de classification du potentiel de gonflement (Seed et al., 1962)

Nota : il est impossible de prétendre qu'un sol classé « inactif » ou « normal » ne présente aucune tendance au gonflement car il peut contenir jusqu'à 30 % à 80 % de montmorillonite.

La teneur en eau naturelle (w_n) du limon silteux est de 17,9 %, et son indice de consistance (I_c) est 1,32. L'Indice Portant Immédiat à la teneur en eau naturelle du limon silteux est nul ($IPI = 0$ pour $w_n = 18,2$ %), et permet de caractériser un sol dans un état hydrique très humide (th).

Au moment de notre intervention, début septembre 2021, le classement GTR de l'échantillon de limon silteux selon la norme NF P 11-300 est A_1 th (cf. fiche d'identification ci-après), pour une teneur en eau de 18,2 %.



 TECHNOSOL <small>GRUPE GENGIS</small>		CLASSIFICATION DES SOLS - FICHE D'IDENTIFICATION - (NF P 11-300)																			
Dossier n° : TEA210344 Chantier : CHERBOURG Site : ZA de Collignon Client : SHEMA		Date des essais : 13/10/2021 Opérateur : CGA Température de séchage : 105°C																			
Prélevement Mode : Godet 400mm Date : 07/09/2021 Réception n° : 2021.09.198		Matériau à l'essai Sondage n° : FV5 Prof. Echant. (m) : 0.35-1.10 Prof. Piéti (m) : 0.35-1.10 Description visuelle des sols : Limon silteux marron																			
Granularité (NF P 94-056) Dmax (mm) : 9.5 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamis (mm)</th> <th>Passants (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fraction 0/50</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td>Sur fraction 0/50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>99,2</td> </tr> <tr> <td>0,08</td> <td>90,9</td> </tr> </tbody> </table>		Tamis (mm)	Passants (%)	Fraction 0/50	100,0	Sur fraction 0/50		50	100,0	20	100,0	5	100,0	2	99,2	0,08	90,9	Courbe granulométrique 			
Tamis (mm)	Passants (%)																				
Fraction 0/50	100,0																				
Sur fraction 0/50																					
50	100,0																				
20	100,0																				
5	100,0																				
2	99,2																				
0,08	90,9																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Argilosité</th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Indice de plasticité Ip</td> <td>NF P94-051</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Valeur de bleu VB5, (g/100g)</td> <td>NF P94-055</td> <td>0,94</td> </tr> </tbody> </table>		Argilosité	Norme	Valeur	Indice de plasticité Ip	NF P94-051	9	Valeur de bleu VB5, (g/100g)	NF P94-055	0,94	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Comportement mécanique</th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Comportement mécanique	Norme	Valeur						
Argilosité	Norme	Valeur																			
Indice de plasticité Ip	NF P94-051	9																			
Valeur de bleu VB5, (g/100g)	NF P94-055	0,94																			
Comportement mécanique	Norme	Valeur																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etat hydrique</th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Teneur en eau Wn, (%)</td> <td>NF P94-050</td> <td>17,9</td> </tr> </tbody> </table>		Etat hydrique	Norme	Valeur	Teneur en eau Wn, (%)	NF P94-050	17,9	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etat hydrique (suite)</th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Indice de consistance Ic</td> <td>NF P94-051</td> <td>1,32</td> </tr> <tr> <td>Indice portant immédiat IPI</td> <td>NF P94-078</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur	Indice de consistance Ic	NF P94-051	1,32	Indice portant immédiat IPI	NF P94-078	0			
Etat hydrique	Norme	Valeur																			
Teneur en eau Wn, (%)	NF P94-050	17,9																			
Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur																			
Indice de consistance Ic	NF P94-051	1,32																			
Indice portant immédiat IPI	NF P94-078	0																			
CLASSE du SOL																					
A1 th		<i>à lire associé</i> A1_Limons peu plastiques, loess, siltés alluvionnaires, sables fins peu pollués, argiles peu plastiques...																			
Date : 26/10/2021 Rédacteur : CGA		Observation : Date : 26/10/2021 Vérificateur : JLT																			
Version de PV : N° :		Date : 06/11/2020																			





5.5.2. Classement GTR selon la norme NF P 11-300 du silt argileux (sondage PM9)

La dimension maximale du plus gros élément contenu dans l'échantillon de silt argileux est inférieure à 50 mm ($D_{max} = 15,5$ mm) et la proportion de fines < 80 μ m est nettement supérieure à 35 % (passant à 80 μ m = 71,9 %), ce qui permet de classer le matériau parmi les sols fins (classe A).

L'analyse granulométrique par sédimentation montre un passant à 2 μ m (diamètre équivalent) de 12,8 %.

La Valeur de Bleu Sol (VBS) est de 0,85, ce qui caractérise un limon peu plastique (sol A_1), et son indice de plasticité est $I_p = 7,1$, mais ce paramètre n'est pas à privilégier pour caractériser ce sol.

L'activité $A_c = \frac{I_p}{\% < 2 \mu m}$ du silt argileux est de 0,58, ce qui indique qu'il s'agit d'un sol « inactif » et dont les minéraux argileux sont vraisemblablement principalement constitués de kaolinite et d'illite avec un potentiel de gonflement faible (cf. diagramme ci-dessous).

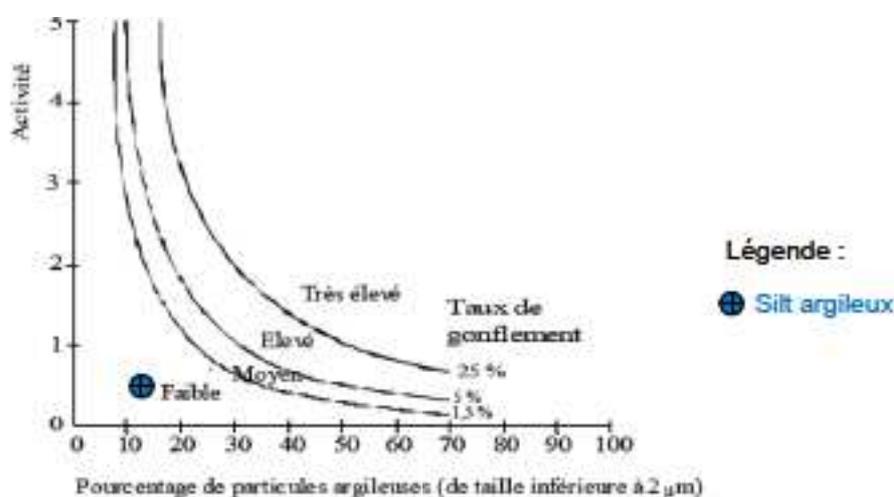


Diagramme de classification du potentiel de gonflement (Seed et al., 1962)

Nota : il est impossible de prétendre qu'un sol classé « inactif » ou « normal » ne présente aucune tendance au gonflement car il peut contenir jusqu'à 30 % à 80 % de montmorillonite.

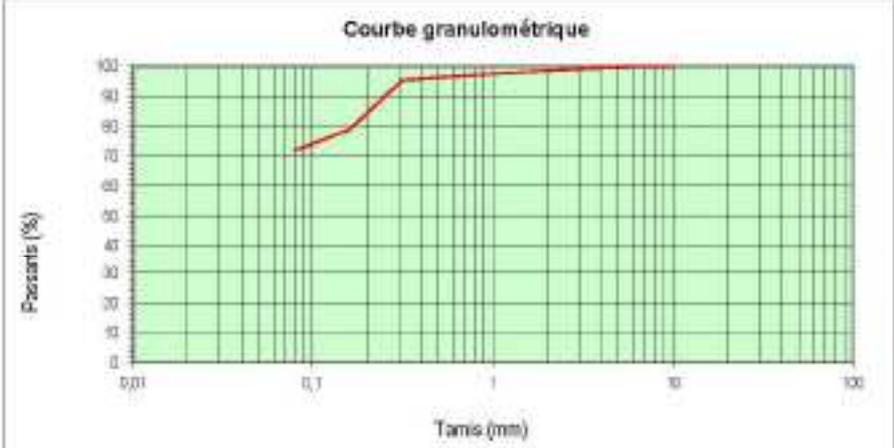
La teneur en eau naturelle (w_n) du limon silteux est de 18,5 %, et son indice de consistance (I_c) est 1,75. L'Indice Portant Immédiat à la teneur en eau naturelle du silt argileux est nul ($IPI = 0$ pour $w_n = 17,1$ %), et permet de caractériser un sol dans un état hydrique très humide (th).



Au moment de notre intervention, début septembre 2021, le classement GTR de l'échantillon de silt argileux selon la norme NF P 11-300 est A₁ th (cf. fiche d'identification ci-après), pour une teneur en eau de 17,1 %.





 TECHNOSOL <small>GRUPE GENGIS</small>		CLASSIFICATION DES SOLS - FICHE D'IDENTIFICATION - (NF P 11-300)																						
Dossier n° : TEA210344 Chantier : CHERBOURG Site : ZA de Collignon Client : SHEMA		Date des essais : 13/10/2021 Opérateur : CGA Température de séchage : 105°C																						
		Matériau à l'essai																						
		Sondage n° :	PM9																					
<u>Prélèvement</u>		Prof. Échan. (m) :	0.40-1.50																					
Mode :	Godet 400mm	Prof. Prêt (m) :	0.40-1.50																					
Date :	07/09/2021	Description visuelle des sols :	Silt argileux marron à marron clair																					
Réception n° :	2021.09.198																							
Granularité (NF P 94-056) Dmax (mm) : 15,5 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamis (mm)</th> <th>Passants (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fraction 0/50</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Sur fraction 0/50</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>100,0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>99,7</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>98,6</td> </tr> <tr> <td>0,08</td> <td>71,9</td> </tr> </tbody> </table>		Tamis (mm)	Passants (%)	Fraction 0/50	100,0	Sur fraction 0/50		50	100,0	20	100,0	5	99,7	2	98,6	0,08	71,9							
Tamis (mm)	Passants (%)																							
Fraction 0/50	100,0																							
Sur fraction 0/50																								
50	100,0																							
20	100,0																							
5	99,7																							
2	98,6																							
0,08	71,9																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Argilosité</th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Indice de plasticité Ip</td> <td>NF P94-051</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Valeur de bleu VBS, (g/100g)</td> <td>NF P94-068</td> <td>0,85</td> </tr> </tbody> </table>		Argilosité	Norme	Valeur	Indice de plasticité Ip	NF P94-051	7	Valeur de bleu VBS, (g/100g)	NF P94-068	0,85	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Comportement mécanique</th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Comportement mécanique	Norme	Valeur									
Argilosité	Norme	Valeur																						
Indice de plasticité Ip	NF P94-051	7																						
Valeur de bleu VBS, (g/100g)	NF P94-068	0,85																						
Comportement mécanique	Norme	Valeur																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etat hydrique</th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Teneur en eau Wn, (%)</td> <td>NF P94-050</td> <td>16,5</td> </tr> </tbody> </table>		Etat hydrique	Norme	Valeur	Teneur en eau Wn, (%)	NF P94-050	16,5	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etat hydrique (suite)</th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Indice de consistance Ic</td> <td>NF P94-051</td> <td>1,75</td> </tr> <tr> <td>Indice portant immédiat IPI</td> <td>NF P94-078</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur	Indice de consistance Ic	NF P94-051	1,75	Indice portant immédiat IPI	NF P94-078	0						
Etat hydrique	Norme	Valeur																						
Teneur en eau Wn, (%)	NF P94-050	16,5																						
Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur																						
Indice de consistance Ic	NF P94-051	1,75																						
Indice portant immédiat IPI	NF P94-078	0																						
CLASSE du SOL																								
A1 th	<u>à titre indicatif :</u> A1_Limonis peu plastiques, loess, siltis alluvionnaires, sables fins peu pollués, arènes peu plastiques...																							
Date : 28/10/2021	Observation :	Date : 28/10/2021																						
Rédacteur : CGA		Vérificateur : J-LT																						
Version de PV :	N° :	11	Date : 16/11/2021																					





5.5.3. Limites d'Atterberg et limite de retrait (sondages PM5 et PM9)

Les résultats des limites d'Atterberg et de la limite de retrait montrent :

- dans le limon silteux (en PM5 entre 0,35 m et 1,10 m de profondeur) :
 - ✓ w_L (limite de liquidité) = 29,7 %,
 - ✓ I_p (indice de plasticité) = 8,9,
 - ✓ w_R (limite de retrait) = 18,8 %,
- dans le silt argileux (en PM9 entre 0,40 m et 1,50 m de profondeur) :
 - ✓ w_L (limite de liquidité) = 28,9 %,
 - ✓ I_p (indice de plasticité) = 7,1,
 - ✓ w_R (limite de retrait) = 18,3 %.

Le report des couples de valeurs w_L et I_p sur le diagramme de Casagrande ci-après nous permet d'identifier les sols qui auraient potentiellement la capacité à subir un retrait ou un gonflement lors respectivement d'une diminution ou d'une augmentation de la teneur en eau. Ce phénomène est sensible tant que la teneur en eau du sol est supérieure à la limite de retrait ($w_R = 18,8$ % pour le limon silteux et $w_R = 18,3$ % pour le silt argileux).

Ainsi, d'après les résultats obtenus, il s'avère que le limon silteux et le silt argileux ne se situent pas dans le domaine théorique des sols sujets au phénomène de retrait et de gonflement.

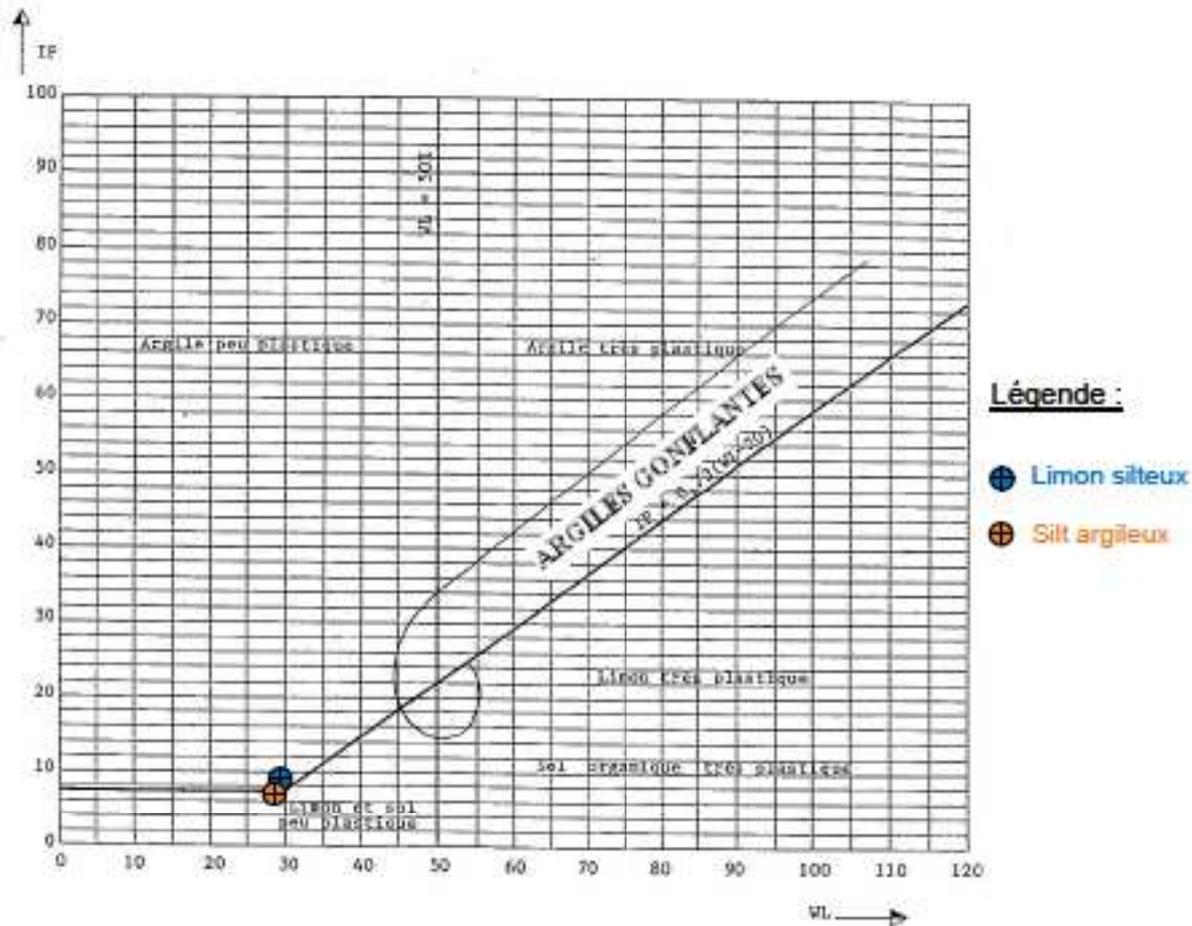


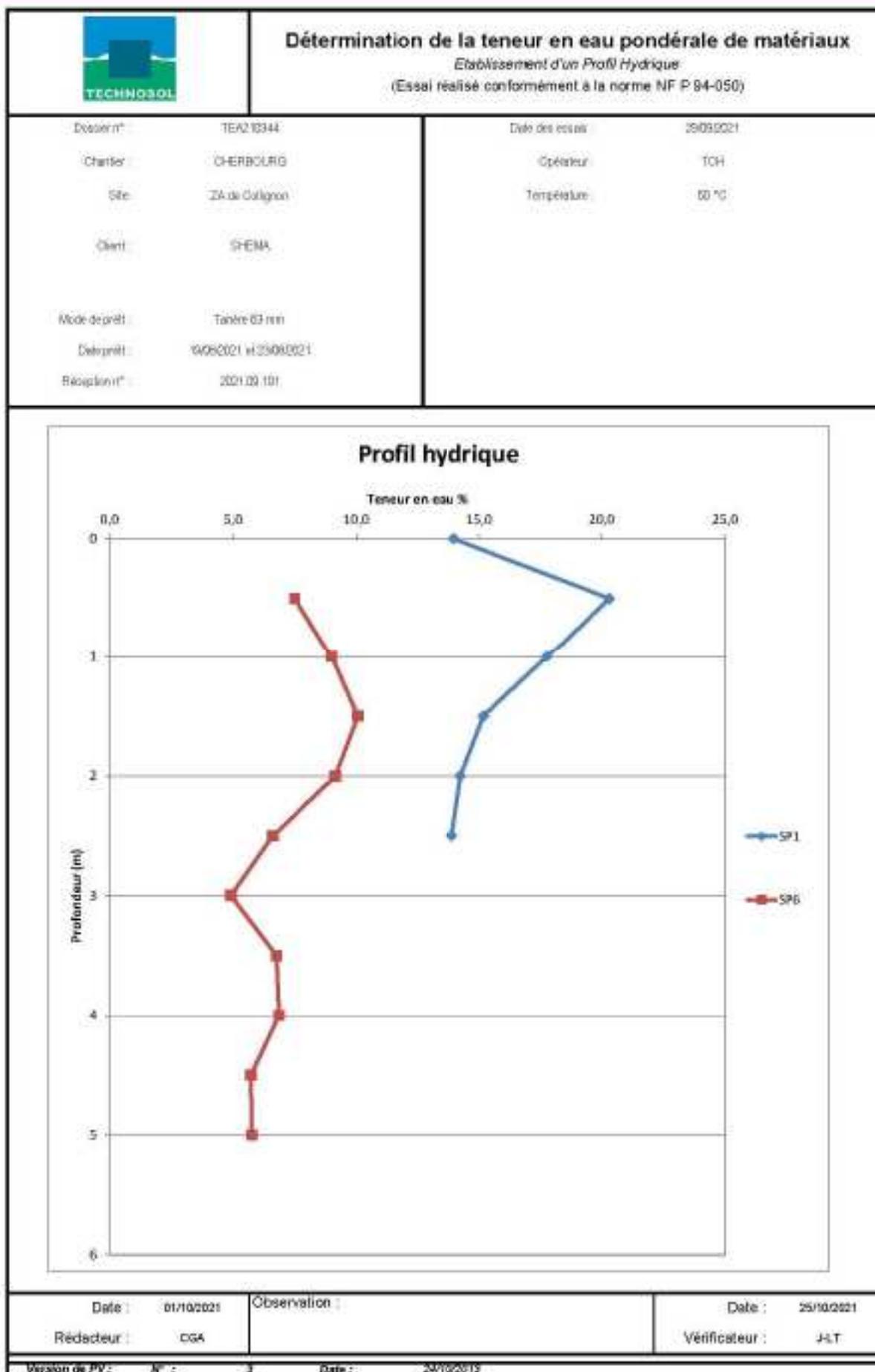
Diagramme de Casagrande

5.5.4. Teneurs en eau (sondages SP1 et SP6)

Au moment de notre intervention, fin août 2021, nous avons mesuré les teneurs en eau suivantes (cf. profils hydriques ci-après) :

- en partie Nord du terrain, au droit du sondage SP1 (niveau de nappe situé à 2,60 m de profondeur) :
 - ✓ dans la terre végétale : $w_n = 14,0 \%$,
 - ✓ dans le silt argileux : $13,9 \% \leq w_n \leq 20,3 \%$,
- en partie Sud du terrain, au droit du sondage SP6 (niveau de nappe situé à 4,80 m de profondeur) :
 - ✓ dans le limon sableux : $7,5 \% \leq w_n \leq 9,0 \%$,
 - ✓ dans le silt argileux : $4,9 \% \leq w_n \leq 10,1 \%$,
 - ✓ dans la roche altérée : $5,7 \% \leq w_n \leq 6,9 \%$.

Les teneurs en eau les plus élevées ont été mesurées au droit du sondage SP1, en partie basse du terrain, côté Nord, dans la zone où la nappe littorale est située à faible profondeur.





5.5.5. Propriétés des sols

Les sols classés A₁ sont peu plastiques et sensibles à l'eau. En conséquence, l'état hydrique évoluera rapidement pour de faibles variations de teneur en eau.

6. Analyse des résultats et interprétation

6.1. Etude préliminaire de faisabilité des fondations et des dallages des bâtiments (mission G1 PGC)

La présente analyse n'a qu'un caractère général et sommaire. Elle devra être impérativement suivie d'études géotechniques de conception phase avant-projet et phase projet conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (missions d'ingénierie géotechnique classées respectivement G2 AVP et G2 PRO selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 ; cf. pièces jointes en annexe n° 1), réalisées pour chaque projet des lots à bâtir, une fois défini, de façon à ce que le mode de fondation proposé soit adapté à chaque projet (cf. § 7.1. *Etude de faisabilité des fondations et des dallages des bâtiments*).

Nous détaillons dans les paragraphes suivants les principes généraux de construction en matière de fondations et de dallages.

6.1.1. Choix du mode de fondation

Toute fondation reposant dans les remblais est proscrite.

Compte tenu des faibles à très faibles caractéristiques mécaniques du limon argileux, silteux ou sableux et du silt argileux ou sableux, notamment en partie Nord du terrain lorsque la nappe littorale est située à faible profondeur (sondages SP1, SP2 et SP4), des fondations superficielles encastrées dans ces horizons ne sont pas envisageables dans ce secteur. Par ailleurs, des fondations semi-profondes reposant dans le sable plus ou moins argileux ou l'argile plus ou moins sableuse ne sont pas envisageables en raison de la présence d'eau dans ces horizons.

En conséquence, en première approche, nous préconisons de faire reposer les futurs bâtiments :

- en partie Nord du terrain (sondages SP1, SP2 et SP4) : sur des fondations profondes de type pieux, ancrés dans le sable plus ou moins argileux ou dans l'argile plus ou moins sableuse, voire plus en profondeur dans le substratum rocheux non reconnu au droit de nos sondages, en fonction des descentes de charges,





- en partie Sud du terrain (sondages SP3, SP5 et SP6) : sur des fondations superficielles de type semelles filantes ou isolées, voire des massifs isolés, ou des fondations semi-profondes de type puits, encastrées dans le silt argileux ou sableux, ou dans la roche altérée reconnue en SP5 et SP6, en fonction des descentes de charges. Dans le secteur du sondage SP3, on notera que si les descentes de charges sont importantes ou en cas d'hétérogénéité des caractéristiques mécaniques des sols, il pourra s'avérer nécessaire de réaliser des fondations profondes de type pieux.

L'étude géotechnique complémentaire (mission G2 AVP ; § 7.1. *Etude de faisabilité des fondations et des dallages des bâtiments*) réalisée pour chaque projet des lots à bâtir devra préciser :

- pour les fondations superficielles ou semi-profondes : la hauteur minimale d'encastrement des semelles ou des puits, leur niveau d'assise prévisible, les contraintes de calcul à retenir à l'ELU et à l'ELS, les tassements absolus et différentiels estimés à partir des descentes de charges prévisibles et les préconisations pour leur exécution,
- pour les fondations profondes : le ou les type(s) de pieux, leur ancrage minimal, leur longueur prévisible, leur capacité portante estimée à partir d'une modélisation géologique et les préconisations pour leur exécution.

6.1.2. Sujétions particulières

Compte tenu du risque de submersion marine, notamment en extrémité Nord du terrain et en fonction de la destination des futurs bâtiments, il conviendra de se référer au règlement du Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) de la région de CHERBOURG établi par la DDTM de la Manche et validé en date du 30/12/2019.

Dans le cadre du développement futur du projet, nous déconseillons vivement la réalisation de sous-sol, notamment en partie Nord du terrain, compte tenu de la présence d'eau à faible profondeur et du risque de submersion marine.

6.1.3. Etude préliminaire de faisabilité des dallages sur terre-plein

Compte tenu des faibles à très faibles caractéristiques mécaniques du limon argileux, silteux ou sableux et du silt argileux ou sableux, notamment en partie Nord du terrain, une solution de dallage sur terre-plein n'est pas envisageable.

En conséquence, en première approche, nous préconisons de réaliser des dalles en béton armé portées par les fondations ou des planchers portés. Dans tous les cas, on prévoira la réalisation de vide sanitaire permettant de ne pas apporter de surcharges supplémentaires sur le TN actuel par mise en œuvre de remblai.





Néanmoins, en partie Sud du terrain, l'opportunité de réaliser des dallages sur terre-plein pourra être étudiée au cas par cas, dans le cadre des études géotechniques de conception phase avant-projet (missions d'ingénierie géotechnique classées G2 AVP selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 ; cf. pièces jointes en annexe n° 1) après avoir exécutés des sondages complémentaires dans les emprises des projets, une fois ceux-ci définis, afin de mieux caractériser le limon argileux, silteux ou sableux et le silt argileux ou sableux. Le cas échéant, ces études devront préciser les épaisseurs de couche de forme à mettre en œuvre, les modules de YOUNG nécessaires à la conception des dallages et les préconisations pour leur exécution.

6.2. Aménagement de la Zone d'Activité de Collignon (mission G2 AVP)

6.2.1. Etude de la voirie

6.2.1.1. Préambule

Le présent dimensionnement de chaussée est effectué à titre d'exemple à partir des données géotechniques disponibles au moment de la rédaction du présent rapport et du trafic estimé.

Celui-ci n'est pas unique et il sera à adapter en fonction des souhaits du Maître d'Ouvrage, du Maître d'Œuvre ou des propositions spécifiques des entreprises de VRD.

Il s'appuie sur :

- le guide technique pour la réalisation des remblais et des couches de forme du SETRA et du LCPC de juillet 2000,
- le catalogue des structures types de chaussées neuves pour le réseau routier national du SETRA et du LCPC de 1998,
- le guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux d'Ile-de-France (catalogue des structures de chaussées) de la DREIF et des LROP et LREP de décembre 2003, et sa révision de septembre 2008.

Nous avons retenu le principe d'une chaussée VRNS (Voie du Réseau Non Structurant) car il ne s'agit pas d'une route du réseau routier principal (autoroute, route nationale, etc.).

6.2.1.2. Trafic

Compte tenu du trafic estimé entre 150 et 300 poids lourds par jour et par voie, nous avons retenu la classe de trafic TC5 correspondant à une moyenne journalière annuelle (MJA) comprise entre 228 et 593 PL/jour/sens avec une durée de dimensionnement de 20 ans et une chaussée bidirectionnelle de largeur allant de 5,80 m à 8,20 m ($r = 1,5$ pour une route bidirectionnelle de largeur de 5 m à 6 m).





6.2.1.3. Partie Supérieure des Terrassements (PST) et arase terrassement

L'intégralité de la terre végétale et du remblai limono-sableux à sablo-limoneux reconnus sur des épaisseurs allant de 20 cm à 80 cm devra être purgé et ne servira jamais de support de plate-forme.

On notera que des purges plus importantes pourront s'avérer nécessaires en cas de surépaisseurs de terre végétale et/ou de remblai limono-sableux à sablo-limoneux.

Après purge, la PST sera constituée de limon argileux, silteux ou sableux, ou de silt argileux ou sableux, de classement GTR A₁. Compte tenu de la météorologie normande, l'état hydrique de ces sols sera proche de humide à très humide (h à th) en période de météorologie défavorable, et de moyen à humide (m à h) en période de météorologie favorable et en l'absence de pluies importantes et/ou prolongées.

En conséquence, selon le guide technique pour la réalisation des remblais et des couches de forme du SETRA et du LCPC de juillet 2000, on obtiendra :

- en période de météorologie défavorable : un cas de Partie Supérieure des Terrassements (PST) n° 1 et une classe de l'arase AR1,
- en période de météorologie favorable : un cas de Partie Supérieure des Terrassements (PST) n° 2 et une classe de l'arase AR1.

Nota : en cas de pluies importantes et/ou prolongées, les matériaux constituant la PST seront probablement dans un état hydrique très humide (th). Dans ce cas, la portance chutera sensiblement et on obtiendra un cas de PST n° 0 et une classe de l'arase AR0. Les travaux devront être arrêtés et repris une fois les sols revenus dans un état hydrique humide (h).

6.2.1.4. Couche de forme

Nota : l'épaisseur de la couche de forme décrite ci-après devra être éventuellement adaptée en fonction des modules de déformation du sol support (EV₂) réellement mesurés au niveau de l'arase terrassement au moment des travaux.

L'objectif est d'obtenir une plate-forme PF2 (module de déformation au moins égal à 50 MPa à long terme).

Nous supposons pour exemple que la couche de forme sera constituée d'une grave non traitée de classement D₂₁ ou D₃₁ selon la norme NF P 11-300.

Nota : la grave non traitée de classement D₃₁ nécessite une préparation particulière pour son utilisation en couche de forme non traitée (action sur la granularité : élimination de la fraction grossière > 100 mm empêchant un réglage correct de la plate-forme).





6.2.1.4.1. Conditions météorologiques défavorables (période hivernale)

Les matériaux de la PST étant constitués de sols fins peu plastiques, il se formera de la boue lorsqu'ils seront circulés sous la pluie.

Après purge de la boue, il faudra mettre en œuvre une couche de forme de 80 cm d'épaisseur minimum sur le limon argileux, silteux ou sableux, et le silt argileux ou sableux, avec intercalation d'un géotextile de séparation entre la PST et la couche de forme. Ce géotextile sera de type anticontaminant et résistant au poinçonnement (géotextile de renforcement).

6.2.1.4.2. Conditions météorologiques favorables (période estivale, temps sec)

Dans ce contexte, le limon argileux, silteux ou sableux, et le silt argileux ou sableux du sol support présenteront une bonne tenue aux sollicitations du trafic.

Dans ces conditions, il faudra mettre en œuvre une couche de forme de 40 cm d'épaisseur minimum reposant sur un géotextile de type anticontaminant et résistant au poinçonnement (géotextile de renforcement).

6.2.1.5. Structures de chaussée

Sur la couche de forme décrite précédemment, il sera nécessaire de mettre en œuvre une chaussée constituée d'une couche d'assise et d'une couche de surface, et choisie dans le catalogue des structures de chaussées de 1998.

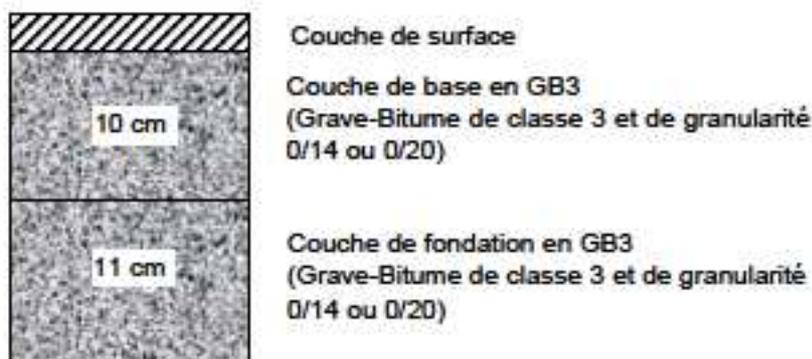
Pour une classe de trafic de type TC5 et une plate-forme PF2, on pourra retenir par exemple une chaussée constituée à base de Grave-Bitume ou une structure mixte constituée d'une couche de base en Grave-Bitume et d'une couche de fondation en Grave Non Traitée.

Nota : dans tous les cas, il faut proscrire des structures de chaussée rigides à base de grave traitée aux liants hydrauliques (Grave-Ciment) en raison du risque important de fissuration due à l'hétérogénéité du sol support.

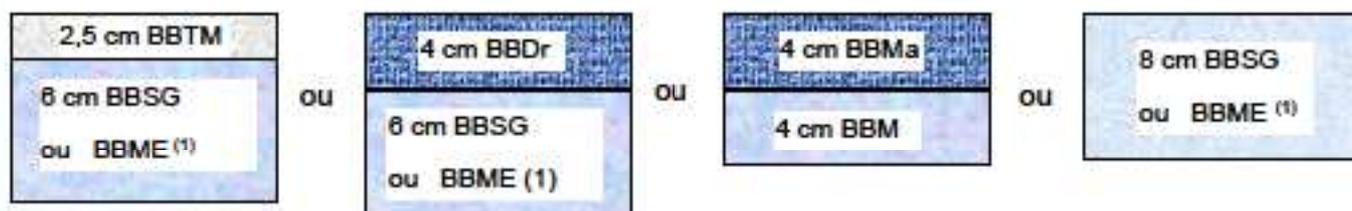




6.2.1.5.1. Cas d'une chaussée à base de Grave-Bitume



La couche de surface peut comprendre une ou plusieurs couche(s) d'enrobé (couche de roulement et une couche de liaison éventuelle). Les combinaisons autorisées pour cette structure sont les suivantes :

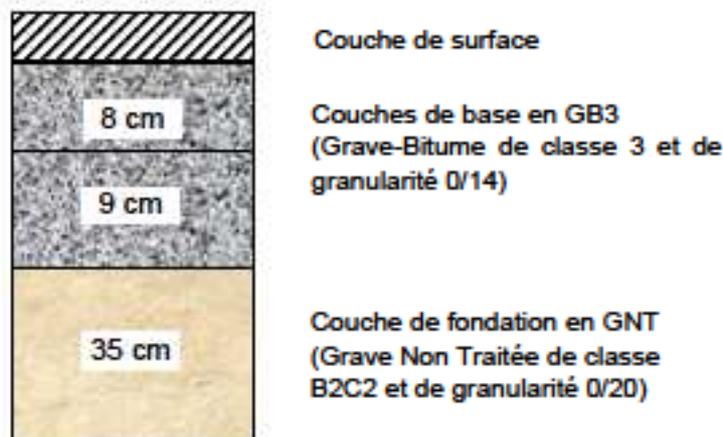


(1) Dans le cas de site sensible à l'orniérage (pente, rampe...)

- avec :
- BBTM : Béton Bitumineux Très Mince,
 - BBM : Béton Bitumineux Mince,
 - BBDr : Béton Bitumineux Drainant,
 - BBSG : Béton Bitumineux Semi-Grenu,
 - BBME : Béton Bitumineux à Module Elevé,
 - BBMa : Béton Bitumineux Mince de classe a.

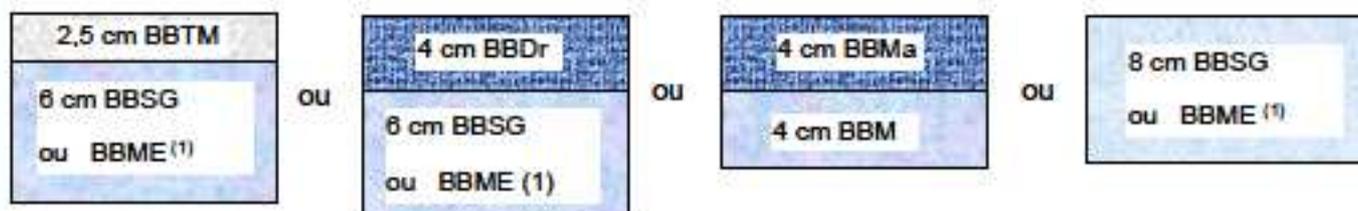


6.2.1.5.2. Cas d'une chaussée mixte à base de Grave-Bitume et de Grave Non Traitée



Nota : pour une GNT de classe B2C1, il faudra enlever 5 cm à l'épaisseur de GNT.

La couche de surface peut comprendre une ou plusieurs couche(s) d'enrobé (couche de roulement et une couche de liaison éventuelle). Les combinaisons autorisées pour cette structure sont les suivantes :



(1) Dans le cas de site sensible à l'orniérage (pente, rampe...)

- avec :
- BBTM : Béton Bitumineux Très Mince,
 - BBM : Béton Bitumineux Mince,
 - BBDr : Béton Bitumineux Drainant,
 - BBSG : Béton Bitumineux Semi-Grenu,
 - BBME : Béton Bitumineux à Module Elevé,
 - BBMa : Béton Bitumineux Mince de classe a.



6.2.1.6. Préconisations d'exécution de la voirie

- Nous conseillons **vivement** de prévoir la réalisation des travaux de voirie en période de météorologie favorable afin d'éviter la dégradation de la plate-forme aux intempéries. En période de météorologie défavorable, la plate-forme pourra s'avérer rapidement impraticable. Dans tous les cas, il sera nécessaire de créer de légères pentes pour l'écoulement des eaux pluviales permettant leur évacuation vers les fossés (cf. § suivant).
- Nous préconisons de prévoir un drainage autour de la voirie (fossés) de manière à évacuer les eaux pluviales et éviter qu'elles ne stagnent dans le corps de chaussée. Les fossés devront être entretenus, notamment nettoyés régulièrement pour enlever les boues qui auront pu s'y être décantées.
- La plate-forme devra être fermée avant tout épisode pluvieux pour limiter les risques d'infiltration d'eau.
- Les matériaux mis en œuvre devront être soigneusement compactés et la qualité du compactage des couches mises en œuvre devra être vérifiée par essais à la plaque. De plus, on prévoira un compactage du fond de forme avant mise en œuvre de la couche de forme. Il serait ainsi préférable de compacter le fond de forme aussitôt après son terrassement afin de réduire les possibilités de percolation des eaux pluviales.
- Il conviendra de vérifier la tenue au gel de la structure de chaussée retenue (corps de chaussée + couche de forme).

6.2.2. Etude des possibilités d'infiltration des eaux pluviales dans le sol

6.2.2.1. Dimensionnement des ouvrages d'infiltration

Pour le dimensionnement des ouvrages d'infiltration, on pourra retenir comme coefficient de perméabilité caractéristique dans le limon argileux, silteux ou sableux, et le silt argileux ou sableux (moyenne diminuée du demi écart-type) : $K = 1.10^{-6}$ m/s.

6.2.2.2. Préconisations d'exécution des ouvrages d'infiltration

Il sera possible d'envisager la réalisation d'ouvrages d'infiltration de type noues ou bassins à ciel ouvert, et ceci de manière plus ou moins efficace et moyennant quelques précautions pour leur dimensionnement :

- Compte tenu de la faible perméabilité du limon argileux, silteux ou sableux, et du silt argileux ou sableux, les ouvrages d'infiltration devront disposer de volumes importants et suffisants pour stocker les eaux des pluies courantes avant infiltration dans ces horizons, qui se fera plus ou moins lentement dans le temps.
- Il convient de noter qu'en cas de circulations d'eau superficielles ou de remontée de la nappe littorale, les capacités de stockage et d'infiltration des EP seront réduites, voire nulles, selon la profondeur des ouvrages.



- L'évacuation des eaux des pluies importantes nécessitera la mise en œuvre de surverses, permettant un débit de fuite vers un exutoire (réseau EP ou milieu naturel sous réserve des autorisations administratives, éventuellement par l'intermédiaire de puisards avec pompes de relevage).

Les ouvrages devront être entretenus et notamment nettoyés régulièrement pour en enlever les boues et les dépôts limoneux qui auront pu s'y être décantés.

7. Etudes complémentaires

7.1. Etude de faisabilité des fondations et des dallages des bâtiments (mission G1 PGC)

Le présent rapport est établi dans le cadre d'une mission G1 PGC conformément à la norme NF P 94-500 de novembre 2013 (cf. pièces jointes en annexe n° 1), et en l'absence de projet précis. En conséquence, lorsque les projets seront définis sur chacun des lots à bâtir, ils devront être soumis impérativement au Géotechnicien afin de procéder aux études complémentaires dans le cadre des missions G2 AVP et G2 PRO.

Les études géotechniques complémentaires (missions G2 AVP et G2 PRO) devront comporter une campagne de sondages de reconnaissance de sols et d'essais in situ, et éventuellement en laboratoire, implantés dans l'emprise des futures constructions et des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales le cas échéant, à des profondeurs adaptées en fonction des caractéristiques des ouvrages projetés et de la géologie prévisible. Ces investigations permettront de vérifier l'homogénéité des caractéristiques mécaniques des sols et la profondeur des différents horizons, et le cas échéant, de déterminer leur perméabilité.

Nous rappelons qu'il est impératif de réaliser les missions d'ingénierie géotechnique selon l'avancement du projet, et notamment les missions G2 AVP, G2 PRO, G3 (par l'entreprise) et G4 au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013 (cf. pièces jointes en annexe n° 1).

7.2. Aménagement de la Zone d'Activité de Collignon (mission G2 AVP)

Selon les résultats de la campagne de reconnaissance de sols réalisée, il n'existe pas d'aléa résiduel d'ordre géotechnique. En conséquence, il n'est pas a priori nécessaire de procéder à des investigations géotechniques complémentaires.





S'il est envisagé la réutilisation des matériaux du site en couche de forme traitée au liant hydraulique, les conditions de leur réutilisation éventuelle devront être étudiées dans le cadre de l'étude géotechnique de conception phase projet (mission G2 PRO ; cf. paragraphe suivant), ce qui nécessitera au préalable de vérifier leur aptitude au traitement à l'aide d'essais en laboratoire.

Par ailleurs, lors de l'étude de conception des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales, une attention particulière doit être accordée à l'analyse de leur interaction avec les fondations des bâtiments. La mission G2 PRO devra impérativement traiter des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales, avec notamment l'étude des conditions de terrassement et d'exécution.

Nous rappelons qu'il est impératif de réaliser les missions d'ingénierie géotechnique selon l'avancement du projet, et notamment les missions G2 PRO, G3 (par l'entreprise) et G4 au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013 (cf. pièces jointes en annexe n° 1), portant notamment sur le dimensionnement de la structure de chaussée et la vérification de sa tenue au gel, ainsi que sur les conditions de terrassement et d'exécution des ouvrages d'infiltration.

TECHNOSOL reste à la disposition du Maître de l'Ouvrage et de son équipe de conception et de réalisation pour leur fournir tout renseignement complémentaire qu'ils pourraient juger utile concernant nos résultats de sondages et nos conclusions.

La description des missions normées et obligatoires ainsi que leur enchaînement sont présentés en annexe de ce rapport.





EXPLOITATION DU RAPPORT D'ETUDE

I - Le présent rapport d'étude a été établi à partir de la connaissance d'un projet au moment de cette étude. Il constitue un document indissociable dans lequel figurent les conclusions propres à ce projet. Toute exploitation partielle du rapport peut conduire à des erreurs d'interprétation et ne pourrait engager notre responsabilité.

II - En cas d'évolution de projet (par exemple changement d'implantation, changement de nature de construction, etc.), il importe de consulter le bureau d'étude géotechnique pour vérifier la bonne adaptation du projet en fonction du sol reconnu. Cette étape peut conduire à la réalisation d'une étude complémentaire si les informations du rapport d'étude s'avèrent insuffisantes.

III - L'étude géotechnique est basée sur la réalisation d'un nombre réduit de sondages donnant des informations ponctuelles. Les variations de caractéristiques géologiques et géotechniques peuvent intervenir entre les sondages (anomalies naturelles ou anthropiques). Ces variations ne peuvent être imputables au bureau d'étude géotechnique mais devront être signalées de manière systématique au bureau d'étude géotechnique afin de vérifier la bonne adaptation des fondations au contexte nouveau.

IV - Les profondeurs des différentes couches de sols rencontrés sont données par rapport à une référence qui peut être locale ou rattachée à une référence officielle (NGF, IGN, CM). Dans tous les cas, il appartient au Maître d'Ouvrage de faire relier notre référence de nivellement à celle qui constituera la base du futur projet.

V - Notre société ne pourra être responsable de toute adaptation de fondations qui aura été apportée sur le chantier sans qu'elle ne lui ait été soumise.





Enchaînement et classification des missions d'ingénierie géotechnique selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013



NF P94-500 – Novembre 2013

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
	Étude 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)		<u>À la charge de l'entreprise</u>	<u>À la charge du maître d'ouvrage</u>			
	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>Phase Étude de Site (ES)</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>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</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>Phase Avant-projet (AVP)</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>Phase Projet (PRO)</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>Phase DCE/ACT</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.

NF P94-500 – Novembre 2013

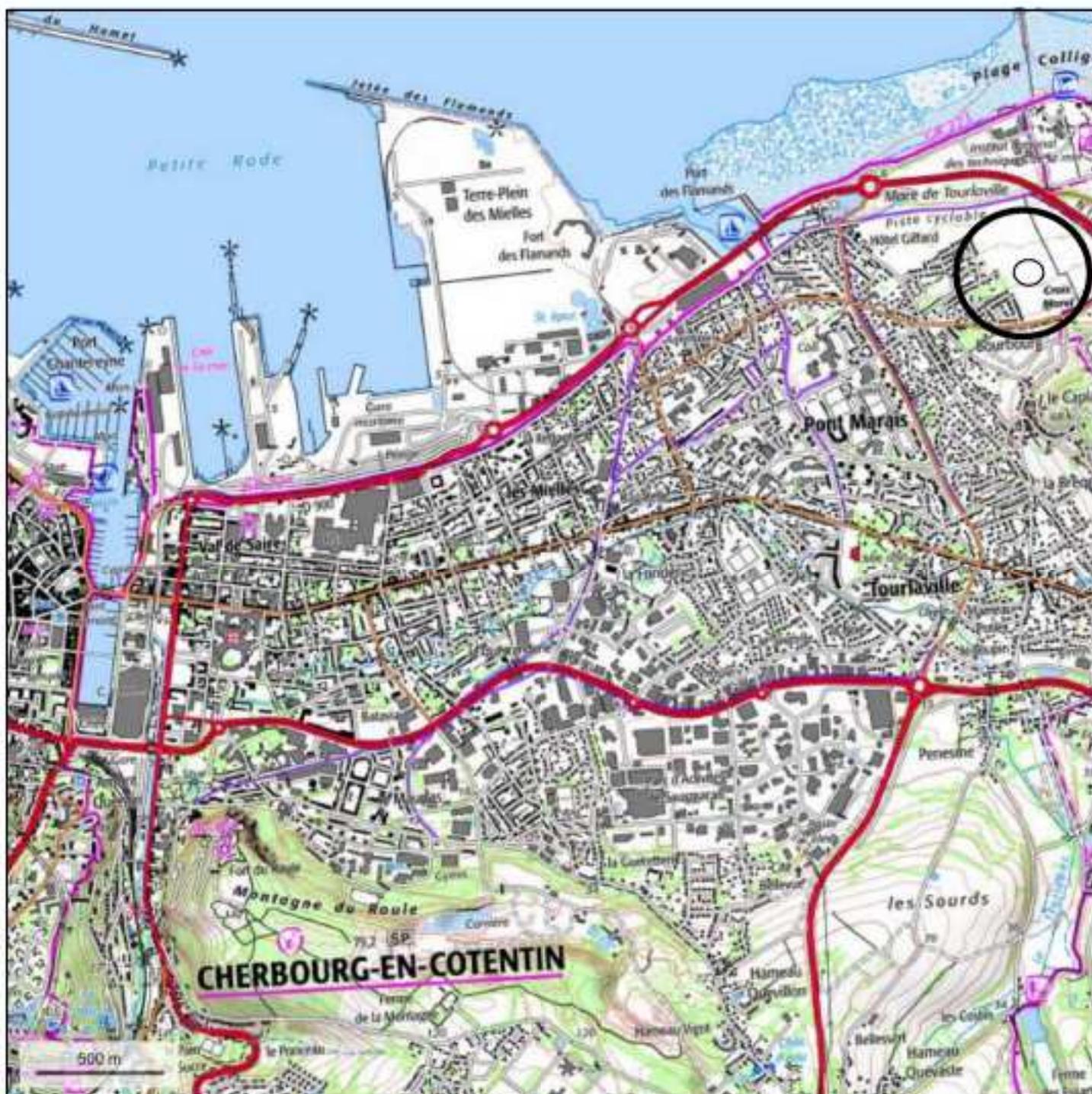
Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

<p>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)</p> <p>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</p> <p>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 :</p> <p>Phase Étude</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. • 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 travail 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. <p>Phase Suivi</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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).
<p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</p> <p>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 :</p> <p>Phase Supervision de l'étude d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>Phase Supervision du suivi d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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.
<p>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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).



Plan de situation





PLAN DE SITUATION

Indice	Libellé	Date	Decclin	Chargé d'affaire	Approuvé
0	Initial	08/08/2021	NCO	OCA	JDU
N° de dossier : TEA210344		Chantier : 50 – CHERBOURG-EN-COTENTIN			Format fichier : doc
		Adresse : rue de la Croix Morel			Echelle : graphique

TECHNOSOL
GROUPE GANGLIS

TM 02 31 73 63 30
Fax 02 31 73 63 31
oem@technosol-ganglis.fr
1 rue Ampère
14120 MONDEVILLE



Plan d'implantation des sondages





PLAN D'IMPLEMENTATION DES SONDAGES

Tranche	Libellé	Date	Destin	Chargé de l'ouvrage	Approuvé
1	Suivi d'implémentation réelle	08/11/2021	RCD	DCA	JDU
0	Initial	09/09/2021	RCD	DCA	JDU
N° de dossier : TEA210044		Cheminée : 50 - CHENNAUBOURG-EN-COÛTENTIN		Formule Maître : Ong	
N° de dossier : TEA210044		Adresse : rue de la Croix-Morue		Echelle : 1/2000	

TECHNOSOL
ANALYSE ET DIAGNOSTIC

M 03 02 18 08
 Tel 02 31 76 21 31
 e-mail technosol@orange.fr
 340 FRODOUVILLE

- LEGENDE :**
- SONDAGE PRESSIOMETRIQUE
 - SONDAGE A L'ATMOSPHERE
 - SONDAGE A LA PELLE



Coupes des sondages et photographies des sondages à la mini-pelle



Sondage : SP1

Type : **SONDAGE PRESSIOMETRIQUE**

Client : **SHEMA**

Sondeur : **S. LOUISE**

Machine : **SOCOMAFOR 50**

Echelle : **1/30**

X : **1370005,868**

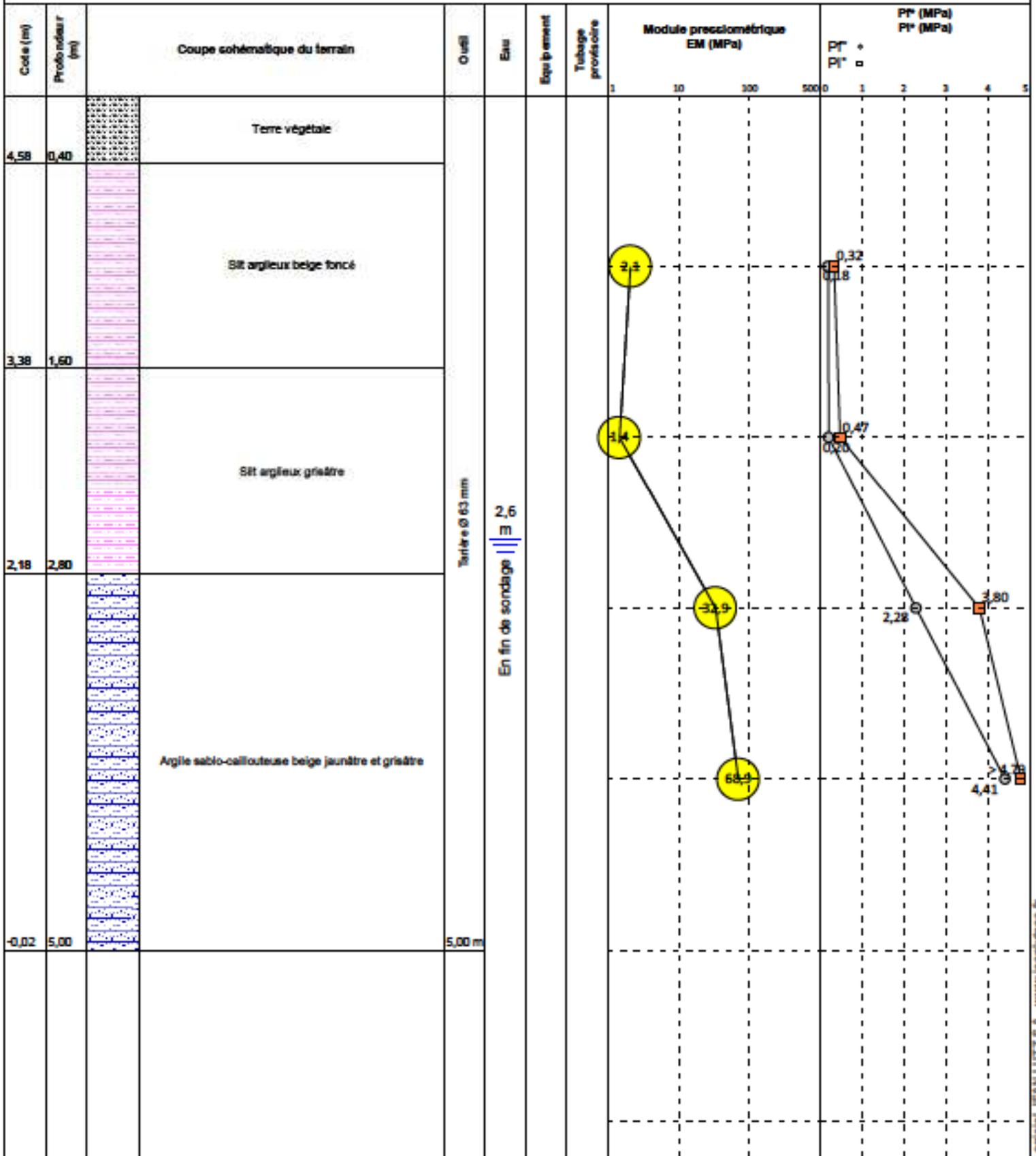
Y : **8282447,366**

Z : **4,98**

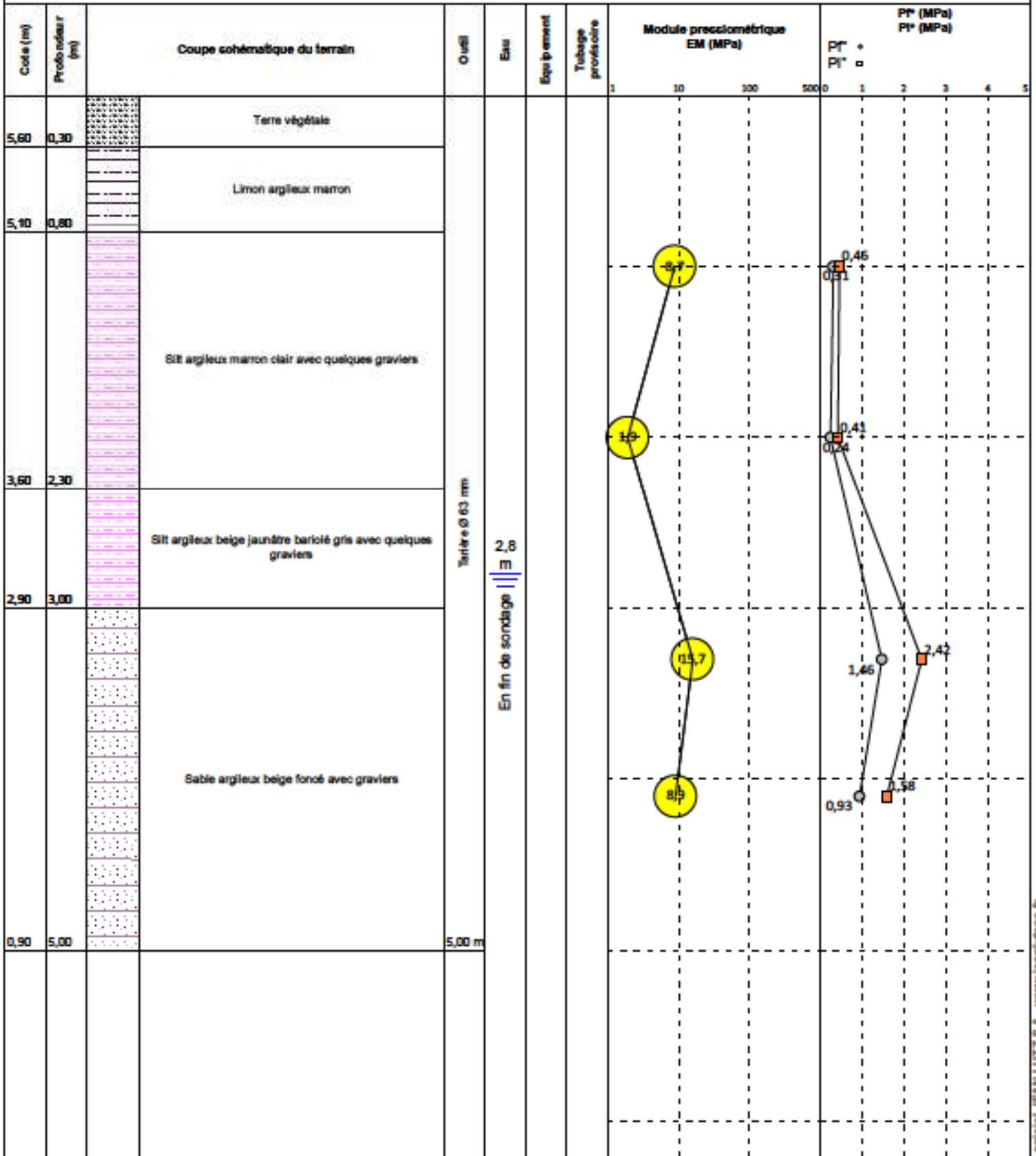
Date début de forage : **19/08/2021**

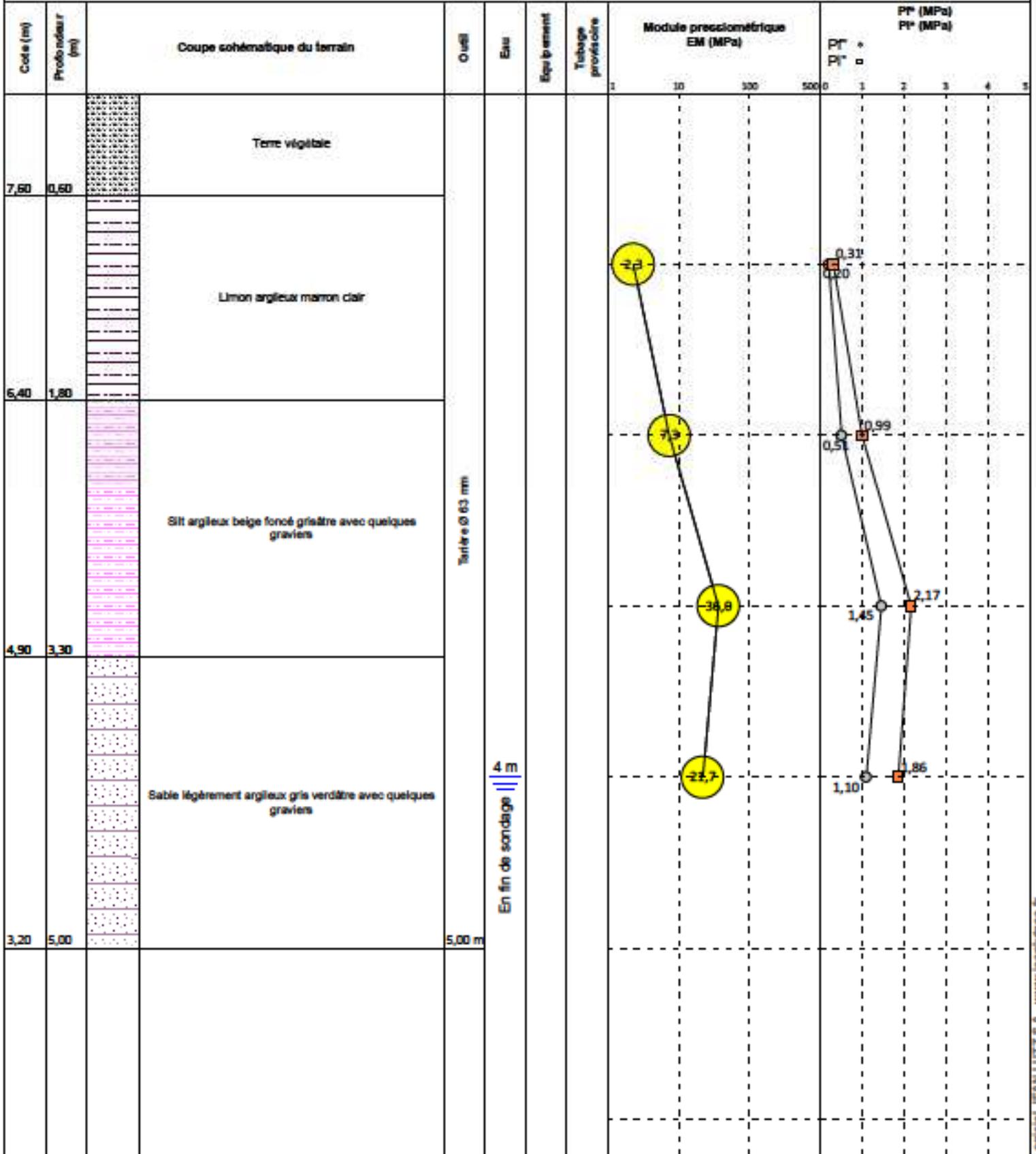
Date fin de forage : **19/08/2021**

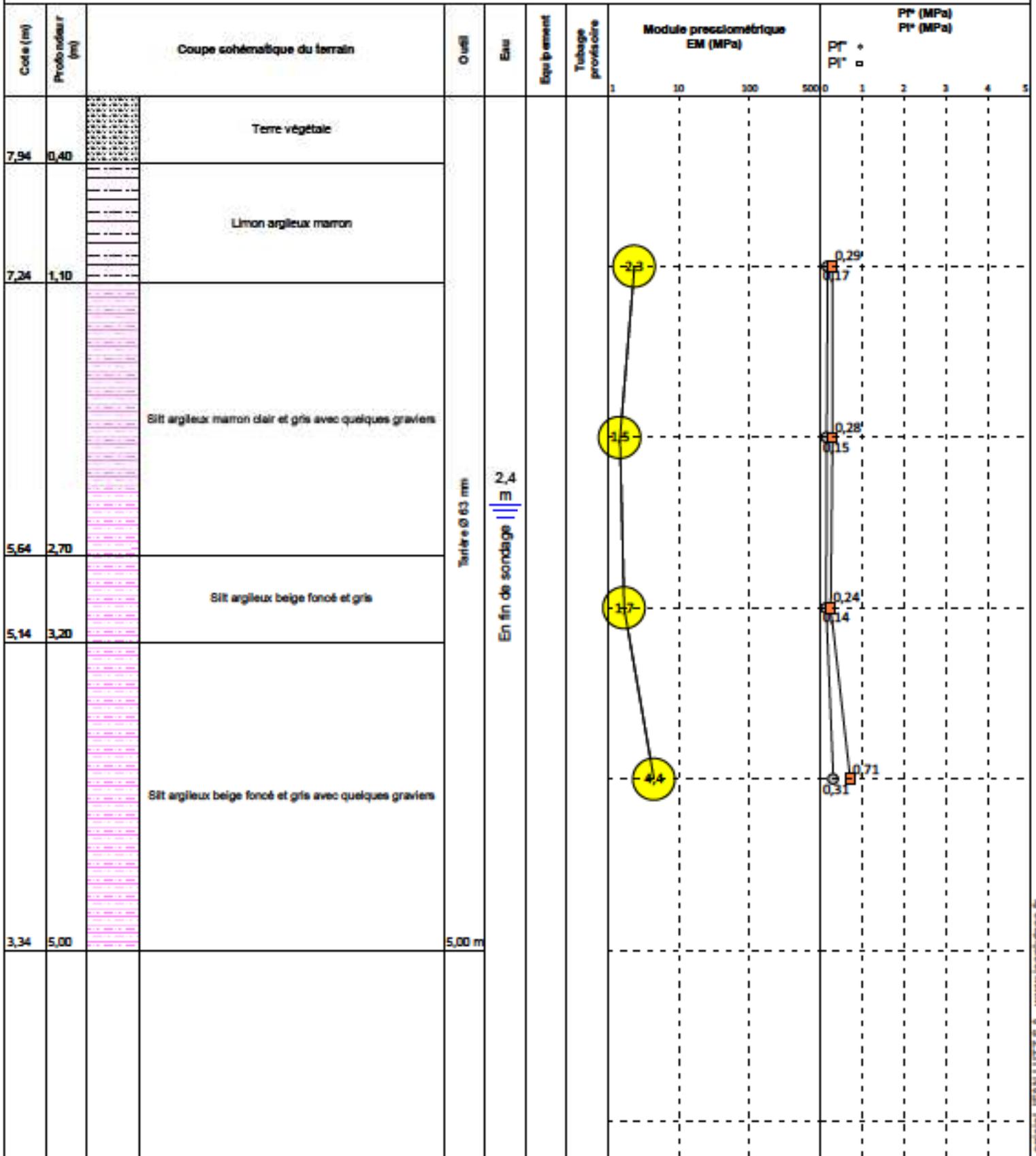
Longueur : **5,00m**

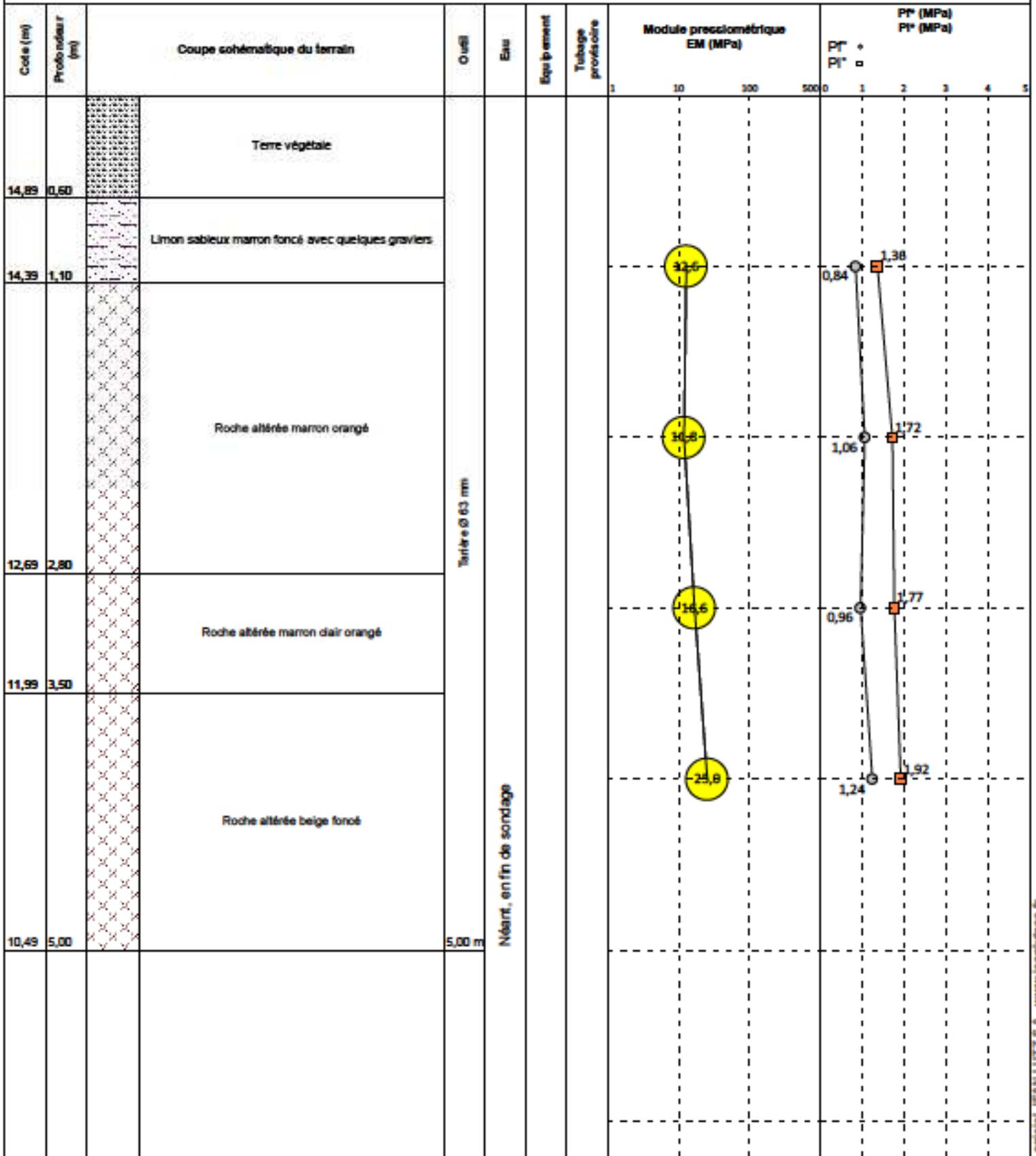


NOTA :

Sondage : SP2
Type : SONDAGE PRESSIOMETRIQUE
Client : SHEMA
Sondeur : S. LOUISE
Machine : SOCOMAFOR 50
Echelle : 1/30
X : 1370301,949
Y : 8282455,983
Z : 5,90
Date début de forage : 20/08/2021
Date fin de forage : 20/08/2021
Longueur : 5,00m


Sondage : SP3
Type : SONDAGE PRESSIOMETRIQUE
Client : SHEMA
Sondeur : S. LOUISE
Machine : SOCOMAFOR 50
Echelle : 1/30
X : 1370150,135
Y : 8282259,031
Z : 8,20
Date début de forage : 24/08/2021
Date fin de forage : 24/08/2021
Longueur : 5,00m

NOTA :

Sondage : SP4
Type : SONDAGE PRESSIOMETRIQUE
Client : SHEMA
Sondeur : S. LOUISE
Machine : SOCOMAFOR 50
Echelle : 1/30
X : 1370414,068
Y : 8282343,026
Z : 8,34
Date début de forage : 23/08/2021
Date fin de forage : 23/08/2021
Longueur : 5,00m

NOTA :

Sondage : SP5
Type : SONDAGE PRESSIOMETRIQUE
Client : SHEMA
Sondeur : S. LOUISE
Machine : SOCOMAFOR 50
Echelle : 1/30
X : 1370193,925
Y : 8282094,536
Z : 15,49
Date début de forage : 23/08/2021
Date fin de forage : 23/08/2021
Longueur : 5,00m


Sondage : SP6

Type : **SONDAGE PRESSIOMETRIQUE**

Client : **SHEMA**

Sondeur : **S. LOUISE**

Machine : **SOCOMAFOR 50**

Echelle : **1/30**

X : **1370366,087**

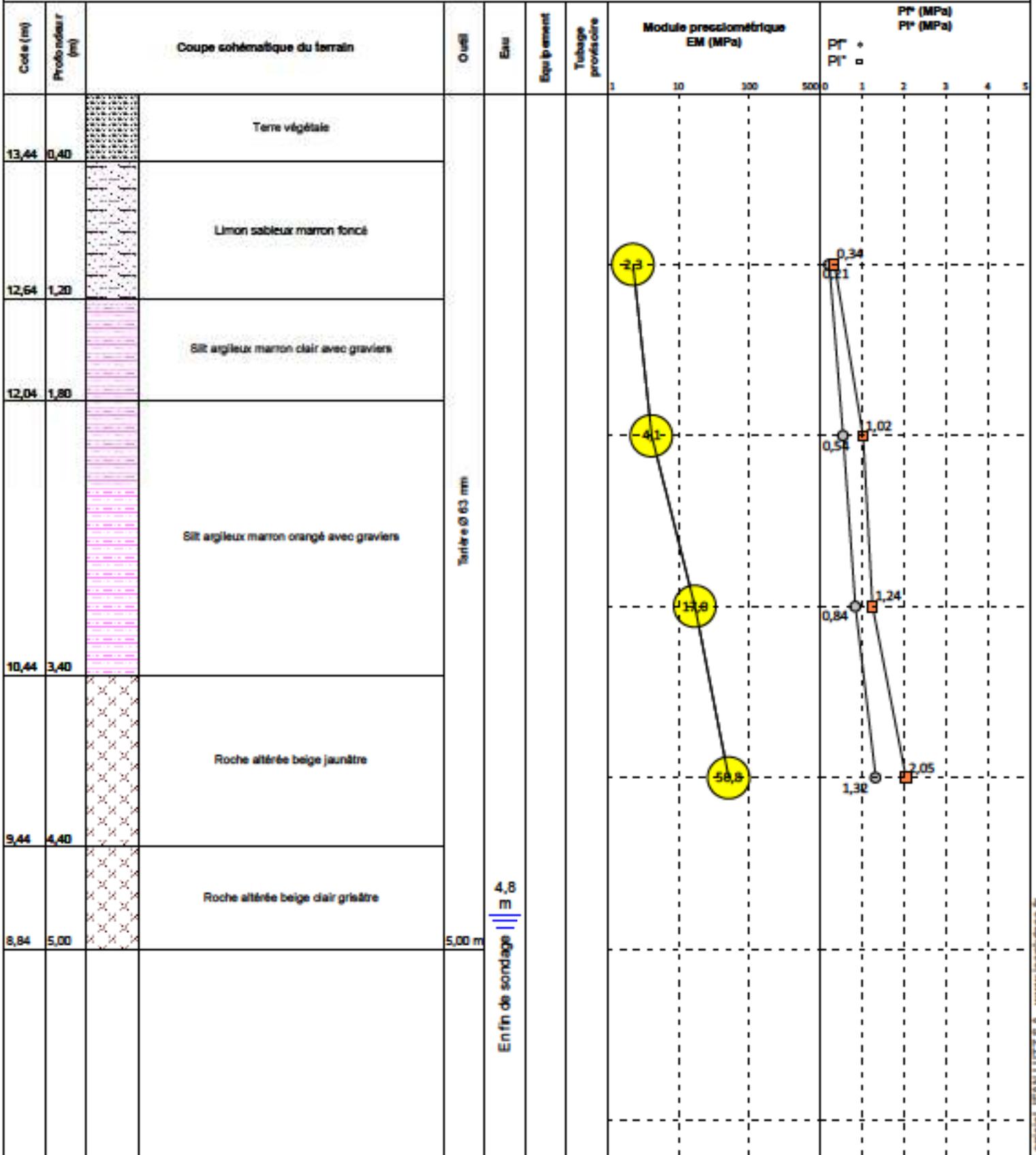
Y : **8282179,358**

Z : **13,84**

Date début de forage : **23/08/2021**

Date fin de forage : **23/08/2021**

Longueur : **5,00m**



NOTA :

Sondage : TA1
Type : SONDAGE A LA TARIERE
Client : SHEMA
Sondeur : S. LOUISE
Machine : SOCOMAFOR 50
Echelle : 1/30
X : 1370180,065
Y : 8282402,920
Z : 6,44
Date début de forage : 19/08/2021
Date fin de forage : 19/08/2021
Longueur : 6,00m

Cote (m)	Profondeur (m)	Coupe schématique du terrain	Outil	Eau	Équipement	Essai	Remarque
5,84	0,60	Terre végétale					
4,04	2,40	Silt argileux marron clair		07/10/2021 1,87 m			
2,84	3,60	Silt argileux beige foncé grisâtre	Tarrière Ø 63 mm	23/08/2021 2,7 m			
0,94	5,50	Sable argileux beige foncé avec graviers			Plésoimètre Ø 36/40 mm avec chaussette antiofortaminante et tube métallique caténaisé scellé au mortier		
0,44	6,00	Argile légèrement sableuse marron					
			6,00 m		6,00 m		

NOTA :

Sondage : TA2
Type : SONDAGE A LA TARIERE
Client : SHEMA
Sondeur : S. LOUISE
Machine : SOCOMAFOR 50
Echelle : 1/30
X : 1370249,615
Y : 8282202,908
Z : 10,18
Date début de forage : 23/08/2021
Date fin de forage : 23/08/2021
Longueur : 6,00m

Cote (m)	Profondeur (m)	Coupe schématique du terrain	Outil	Eau	Equipement	Essai	Remarque
9,58	0,60	Terre végétale	Tarière Ø 63 mm	4,12 m 07/10/2021	Pézomètre Ø 3040 mm avec chaussette antioctaminante et tube métallique cadernisé scellé au mortier		
7,98	2,20	Limon argileux marron					
5,88	4,30	Silt sableux marron orangé avec quelques graviers					
4,18	6,00	Sable argileux beige foncé avec graviers					
			6,00 m		6,00 m		

NOTA :

Cote (m)	Profondeur (m)	Coupe schématique du terrain	Outil	Eau	Essai	Perméabilité (m/s)
5,88	0,15	 Terre végétale	Godet 400 mm	Néant, en fin de sondage		
5,73	0,30	 Remblai limono-sabieux marron avec quelques cailloux et fragments de plastique				
4,53	1,50	 Silt argileux marron clair avec quelques graviers				
3,83	2,20	 Silt argileux beige foncé très charpenté en graviers, galets et cailloux				
						

Cote (m)	Profondeur (m)	Coupe schématique du terrain	Outil	Eau	Essai	Perméabilité (m/s)	
6,03	0,20	Terre végétale	Godet 400 mm	Néant, en fin de sondage			
5,73	0,50	Limon sableux marron avec quelques graviers					
5,03	1,20	Limon argileux marron				1,20 m	1,20 m
4,63	1,60	Silt sableux marron clair avec graviers et cailloux			1,60 m	Essai Porchet	1,17E-06
							

Sondage : **PM3**

Type : **SONDAGE A LA PELLE**

Client : **SHEMA**

Sondeur : **N. CONSTANT**

Machine : **MINI-PELLE 5 t**

Echelle : **1/30**

X : **1370182,480**

Y : **8282387,194**

Z : **6,69**

Date début de forage : **08/09/2021**

Date fin de forage : **08/09/2021**

Longueur : **0,80m**

Cote (m)	Profo ndeur (m)	Coupe schématique du terrain	Outil	Eau	Essai	Perméabilité (m/s)
6,49	0,20		Goulet 400 mm	Néant, en fin de sondage		
6,19	0,50	Limon sableux marron avec quelques graviers et cailloux			0,50 m	0,50 m
5,89	0,80	Limon sableux marron clair			0,80 m	Essai Porchet 0,80 m
						

NOTA :

Cote (m)	Profondeur (m)	Coupe schématique du terrain	Outil	Eau	Essai	Perméabilité (m/s)
6,87	0,20	 Terre végétale	Codaç 400 mm	Néant, en fin de sondage		
6,67	0,40	 Limon sableux marron avec quelques graviers				
6,17	0,90	 Silt argileux marron clair avec quelques graviers				
5,57	1,50	 Silt argileux beige foncé avec quelques graviers et cailloux				
			1,50 m		Essai Porchet	9,87E-07

Cote (m)	Profondeur (m)	Coupe schématique du terrain	Outil	Eau	Essai	Perméabilité (m/s)
7,42	0,20	 Terre végétale	Godet 400 mm	Néant, en fin de sondage	0,35 m	
7,27	0,35	 Remblai limono-sableux marron foncé avec quelques graviers et fragments de falence				
6,52	1,10	 Limon silteux marron				
5,72	1,90	 Silt argileux marron clair avec quelques graviers				
5,42	2,20	 Silt sableux beige foncé avec graviers et cailloux				
			2,20 m		Essai Porchet 2,20 m	1,43E-6 2,20 m

Cote (m)	Profondeur (m)	Coupe schématique du terrain	Outil	Eau	Essai	Perméabilité (m/s)
7,99	0,20	 Terre végétale	Goulet 400 mm	Néant, en fin de sondage	0,30 m	0,30 m
7,49	0,70	 Limon silteux marron clair			0,70 m	Essai Porchet 0,70 m
						

Cote (m)	Profo ndeur (m)	Coupe schématique du terrain	Outil	Eau	Essai	Perméabilité (m/s)
7,37	0,20	 Terre végétale	Cochet 400 mm 0,70 m	Néant, en fin de sondage	Essai Porchet 0,70 m	1,74E-05 0,70 m
7,07	0,50	 Remblai sabio-limoneux marron avec fragments de terre cuite				
6,87	0,70	 Limon sableux marron clair				
						

Cote (m)	Profondeur (m)	Coupe schématique du terrain	Outil	Eau	Essai	Perméabilité (m/s)
8,42	0,20	Terre végétale	Godet 400 mm	Néant, en fin de sondage		
8,02	0,60	Remblai limono-sableux marron avec graviers et fragments de verre et de faïence				
7,02	1,60	Silt argileux marron clair			1,60 m	Essai Porchet
						

Cote (m)	Profondeur (m)	Coupe schématique du terrain	Outil	Eau	Essai	Perméabilité (m/s)
11,17	0,15	Terre végétale	Godet 400 mm	Néant, en fin de sondage	0,40 m	
10,92	0,40	Remblai limono-sableux marron avec graviers, quelques cailloux et fragments de verre				
9,82	1,50	Silt argileux marron à marron clair			GTR	
9,32	2,00	Silt argileux marron clair avec cailloux			Essai Porchet	
						



Résultats des essais de perméabilité



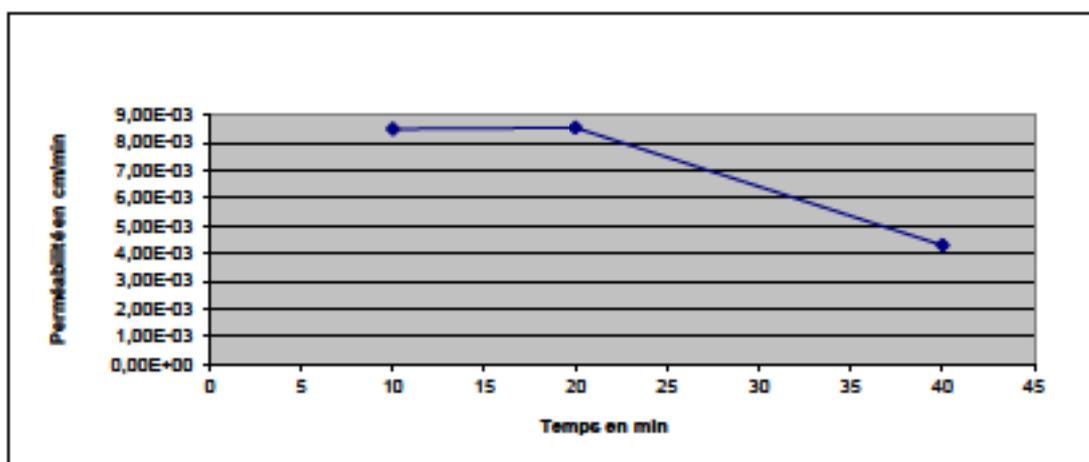
ESSAI PORCHET A NIVEAU VARIABLE

Chantier : CHERBOURG-EN-COTENTIN
N° Dossier : TEA210344
Sondage : PM1

Date : 07/09/21
Temps : Ensoleillé

Profondeur de l'essai (m) : 2,2
Largeur du trou (en cm) : 40
Longueur du trou (en cm) : 100

TEMPS (min)	HAUTEUR D'EAU (cm)	PERMEABILITE (cm/min)
0	70	
10	69,5	8,50E-03
20	69	8,55E-03
40	68,5	4,30E-03



PERMEABILITE	
K =	4,3 mm/h
K =	1,19E-06 m/s

Observation : moyenne des permeabilites

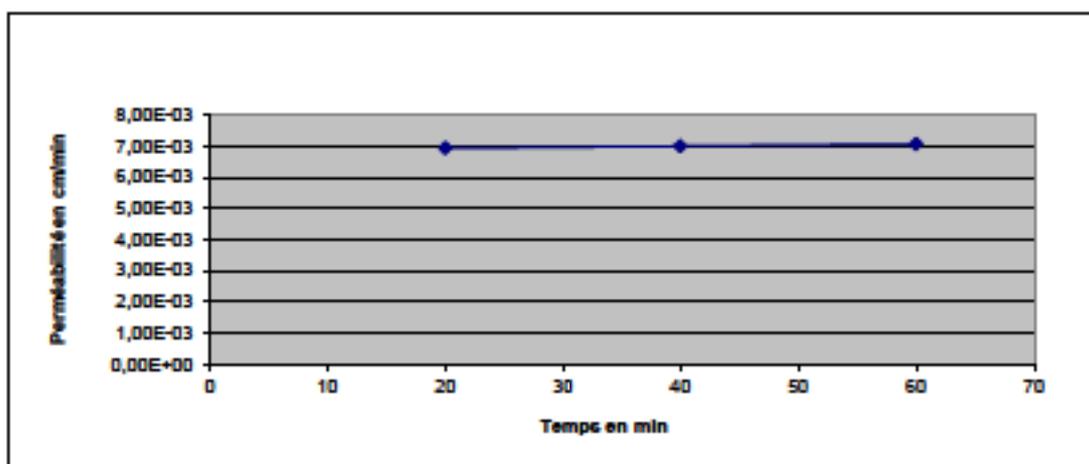
ESSAI PORCHET A NIVEAU VARIABLE

Chantier : CHERBOURG-EN-COTENTIN
N° Dossier : TEA210344
Sondage : PM2

Date : 08/09/21
Temps : Ensoleillé

Profondeur de l'essai (m) : 1,6
Largeur du trou (en cm) : 40
Longueur du trou (en cm) : 130

TEMPS (min)	HAUTEUR D'EAU (cm)	PERMEABILITE (cm/min)
0	40	
20	39,5	6,95E-03
40	39	7,01E-03
60	38,5	7,07E-03



<u>PERMEABILITE</u>	
K =	4,2 mm/h
K =	1,17E-06 m/s

Observation : moyenne des permeabilites

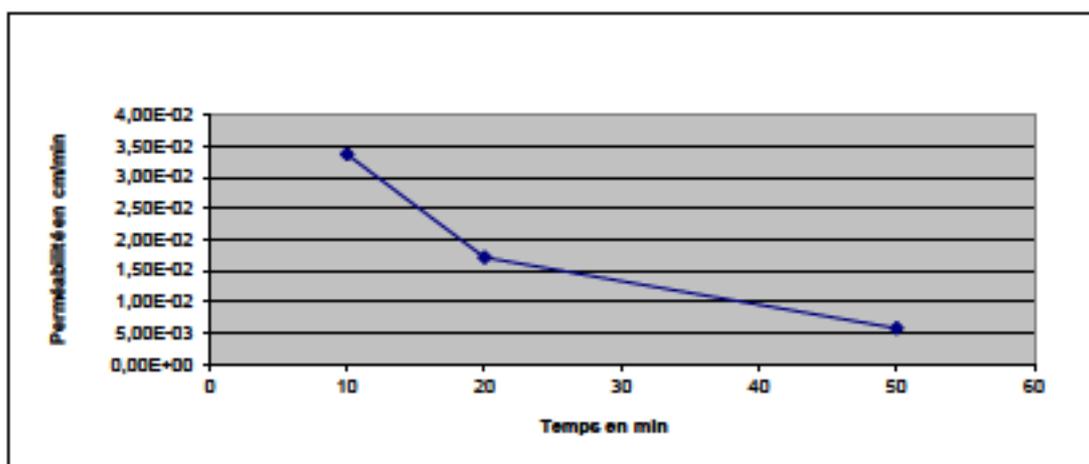
ESSAI PORCHET A NIVEAU VARIABLE

Chantier : CHERBOURG-EN-COTENTIN
N° Dossier : TEA210344
Sondage : PM3

Date : 08/09/21
Temps : Ensoleillé

Profondeur de l'essai (m) : 0,8
Largeur du trou (en cm) : 40
Longueur du trou (en cm) : 120

TEMPS (min)	HAUTEUR D'EAU (cm)	PERMEABILITE (cm/min)
0	30	
10	29	3,37E-02
20	28,5	1,71E-02
50	28	5,78E-03



<u>PERMEABILITE</u>	
K =	6,9 mm/h
K =	1,91E-06 m/s

Observation : moyenne des perméabilités entre 20 min et 50 min

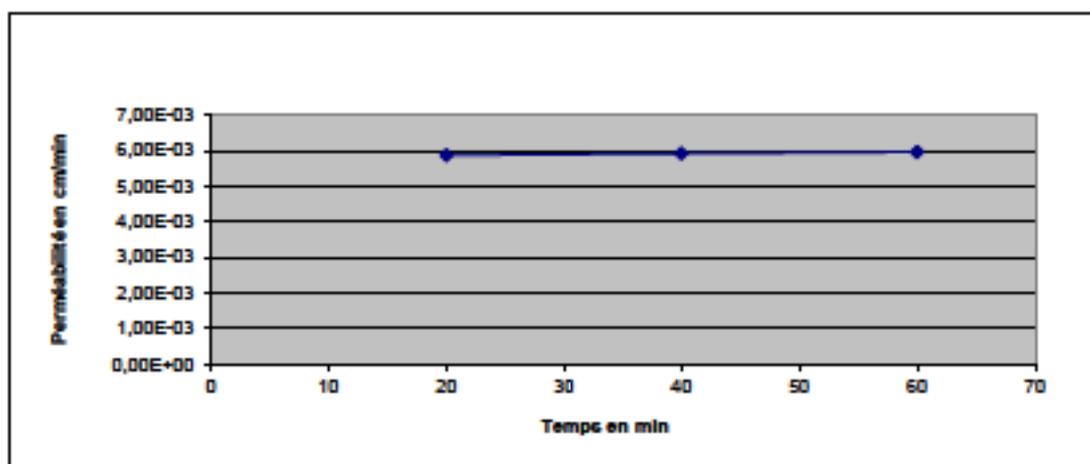
ESSAI PORCHET A NIVEAU VARIABLE

Chantier : CHERBOURG-EN-COTENTIN
N° Dossier : TEA210344
Sondage : PM4

Date : 08/09/21
Temps : Ensoleillé

Profondeur de l'essai (m) : 1,5
Largeur du trou (en cm) : 40
Longueur du trou (en cm) : 130

TEMPS (min)	HAUTEUR D'EAU (cm)	PERMEABILITE (cm/min)
0	50	
20	49,5	5,88E-03
40	49	5,92E-03
60	48,5	5,97E-03



PERMEABILITE	
K =	3,6 mm/h
K =	9,87E-07 m/s

Observation : moyenne des permeabilites

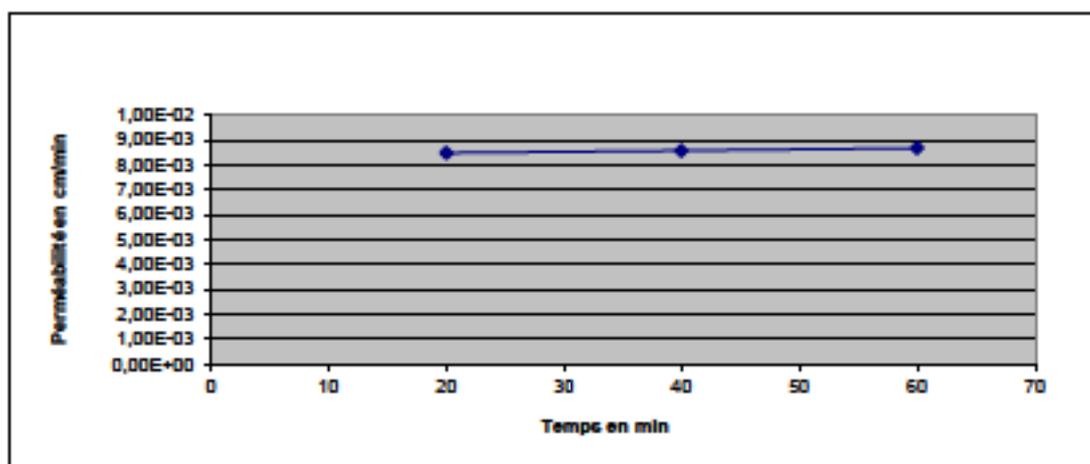
ESSAI PORCHET A NIVEAU VARIABLE

Chantier : CHERBOURG-EN-COTENTIN
N° Dossier : TEA210344
Sondage : PM5

Date : 07/09/21
Temps : Ensoleillé

Profondeur de l'essai (m) : 2,2
Largeur du trou (en cm) : 40
Longueur du trou (en cm) : 130

TEMPS (min)	HAUTEUR D'EAU (cm)	PERMEABILITE (cm/min)
0	30	
20	29,5	8,49E-03
40	29	8,58E-03
60	28,5	8,68E-03



PERMEABILITE	
K =	5,2 mm/h
K =	1,43E-06 m/s

Observation : moyenne des permeabilites

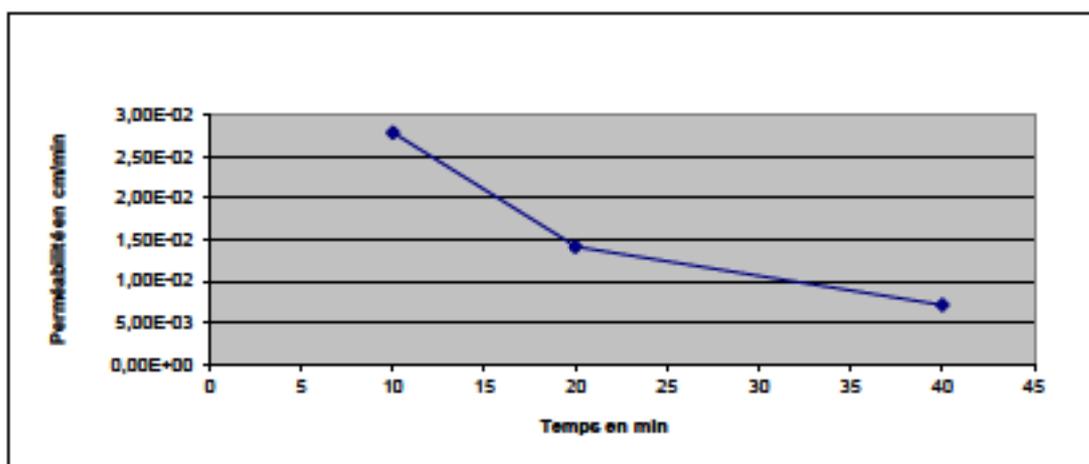
ESSAI PORCHET A NIVEAU VARIABLE

Chantier : CHERBOURG-EN-COTENTIN
N° Dossier : TEA210344
Sondage : PM6

Date : 07/09/21
Temps : Ensoleillé

Profondeur de l'essai (m) : 0,7
Largeur du trou (en cm) : 40
Longueur du trou (en cm) : 130

TEMPS (min)	HAUTEUR D'EAU (cm)	PERMEABILITE (cm/min)
0	40	
10	39	2,79E-02
20	38,5	1,41E-02
40	38	7,14E-03



PERMEABILITE	
K =	6,4 mm/h
K =	1,77E-06 m/s

Observation : moyenne des perméabilités entre 20 min et 40 min

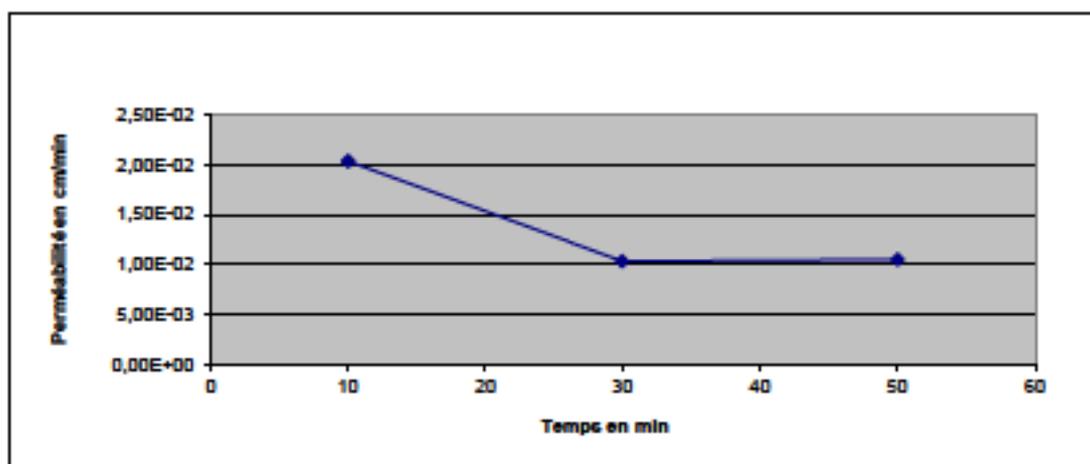
ESSAI PORCHET A NIVEAU VARIABLE

Chantier : CHERBOURG-EN-COTENTIN
N° Dossier : TEA210344
Sondage : PM7

Date : 08/09/21
Temps : Ensoleillé

Profondeur de l'essai (m) : 0,7
Largeur du trou (en cm) : 40
Longueur du trou (en cm) : 85

TEMPS (min)	HAUTEUR D'EAU (cm)	PERMEABILITE (cm/min)
0	20	
10	19,5	2,04E-02
30	19	1,04E-02
50	18,5	1,05E-02



PERMEABILITE	
K =	6,3 mm/h
K =	1,74E-06 m/s

Observation : moyenne des perméabilités entre 30 min et 50 min

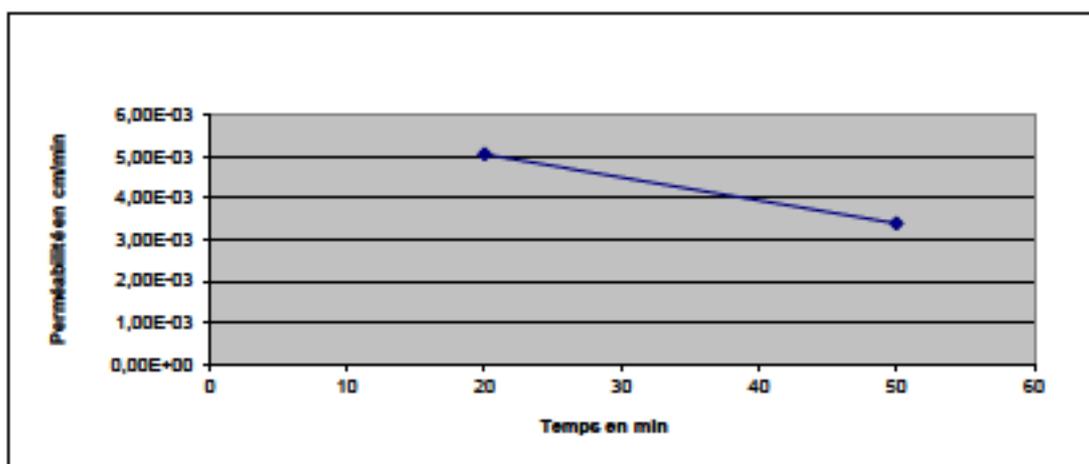
ESSAI PORCHET A NIVEAU VARIABLE

Chantier : CHERBOURG-EN-COTENTIN
N° Dossier : TEA210344
Sondage : PM8

Date : 08/09/21
Temps : Ensoleillé

Profondeur de l'essai (m) : 1,6
Largeur du trou (en cm) : 40
Longueur du trou (en cm) : 125

TEMPS (min)	HAUTEUR D'EAU (cm)	PERMEABILITE (cm/min)
0	60	
20	59,5	5,08E-03
50	59	3,39E-03



PERMEABILITE	
K =	2,5 mm/h
K =	7,04E-07 m/s

Observation : moyenne des perméabilités

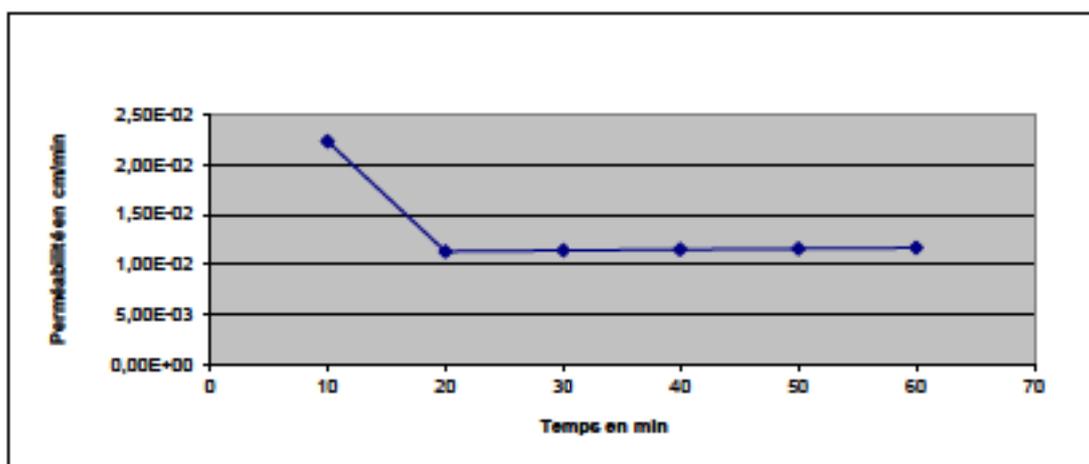
ESSAI PORCHET A NIVEAU VARIABLE

Chantier : CHERBOURG-EN-COTENTIN
N° Dossier : TEA210344
Sondage : PM9

Date : 07/09/21
Temps : Ensoleillé

Profondeur de l'essai (m) : 2
Largeur du trou (en cm) : 40
Longueur du trou (en cm) : 100

TEMPS (min)	HAUTEUR D'EAU (cm)	PERMEABILITE (cm/min)
0	50	
10	49	2,24E-02
20	48,5	1,13E-02
30	48	1,14E-02
40	47,5	1,15E-02
50	47	1,16E-02
60	46,5	1,17E-02



PERMEABILITE	
K =	6,9 mm/h
K =	1,92E-06 m/s

Observation : moyenne des perméabilités entre 20 min et 60 min



Résultats des essais de laboratoire



Analyse Granulométrique

(NF P94-056)

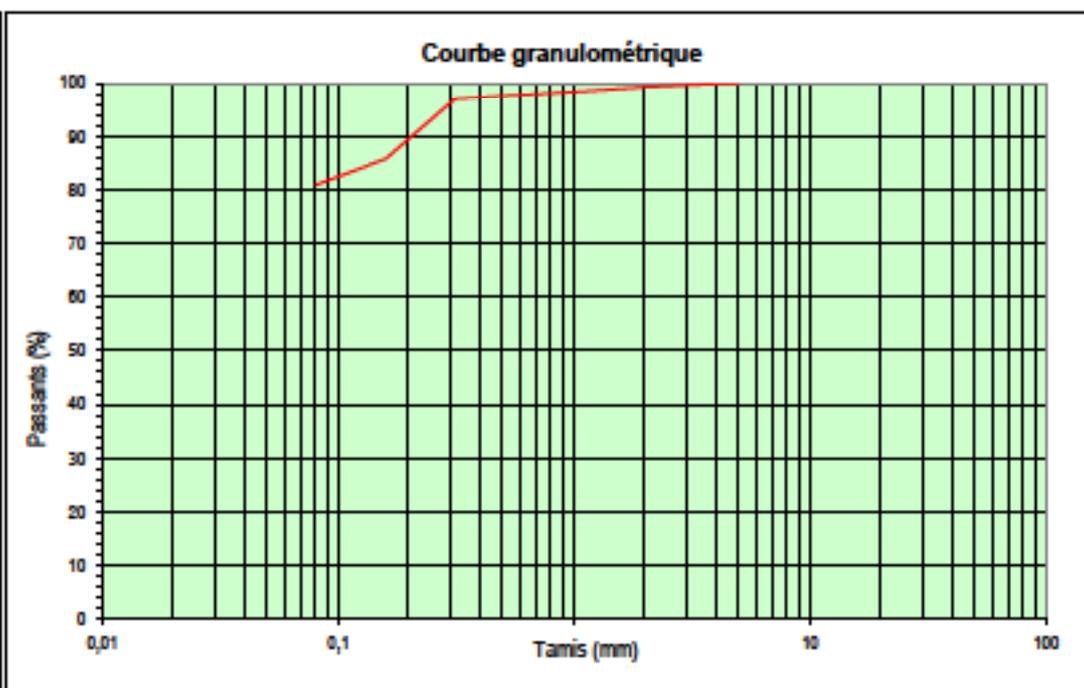
Dossier n° :	TEA210344	Date des essais : 13/10/2021	
Chantier :	CHERBOURG	Opérateur : CGA	
Site :	ZA de Collignon	Température de séchage : 105°C	
Client :	SHEMA	Matériau à l'essai	
		Sondage n° :	PM5
<u>Prélèvement</u>		Prof. Échan. (m) :	0.35-1.10
Mode :	Godet 400mm	Prof. Prêt (m) :	0.35-1.10
Date :	07/09/2021	Description visuelle des sols :	Limon silteux marron
Réception n° :	2021.09.198		

Méthode appliquée

- Tamisage à sec après lavage

Résultats

Tamis (mm)	Passants (%)
125	100,0
100	100,0
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
31,5	100,0
25	100,0
20	100,0
16	100,0
12,5	100,0
10	100,0
8	100,0
6,3	100,0
5	100,0
4	99,9
2	99,2
1	98,3
0,5	97,6
0,315	97,0
0,160	85,7
0,08	80,9



dm (mm) :	4,0	plus grand tamis utilisé
Dmax (mm) :	9,5	dimension max. des plus gros éléments contenus dans le sol

w (%) :	17,9	teneur en eau naturelle (NF P94-050)
---------	------	--------------------------------------

Date : 26/10/2021	Observation :	Date : 26/10/2021
Rédacteur : CGA		Vérificateur : J-LT

Détermination des limites d'Atterberg

Limite de liquidité - Méthode au cône de pénétration : NF P 94-052-1
Limite de plasticité au rouleau : NF P 94-051

Dossier n° : TEA210344 Chantier : CHERBOURG Site : ZA de Collignon Client : SHEMA	Date des essais : 20/10/2021 Opérateur : ROU Température de séchage : 105°C
Matériau à l'essai	
Mode : Godet 400mm Date : 07/09/2021 Réception n° : 2021.09.198	Sondage n° : PMS Prof. Échan. (m) : 0.35-1.10 Prof. Prêt (m) : 0.35-1.10 Description visuelle des sols : Limon silteux marron

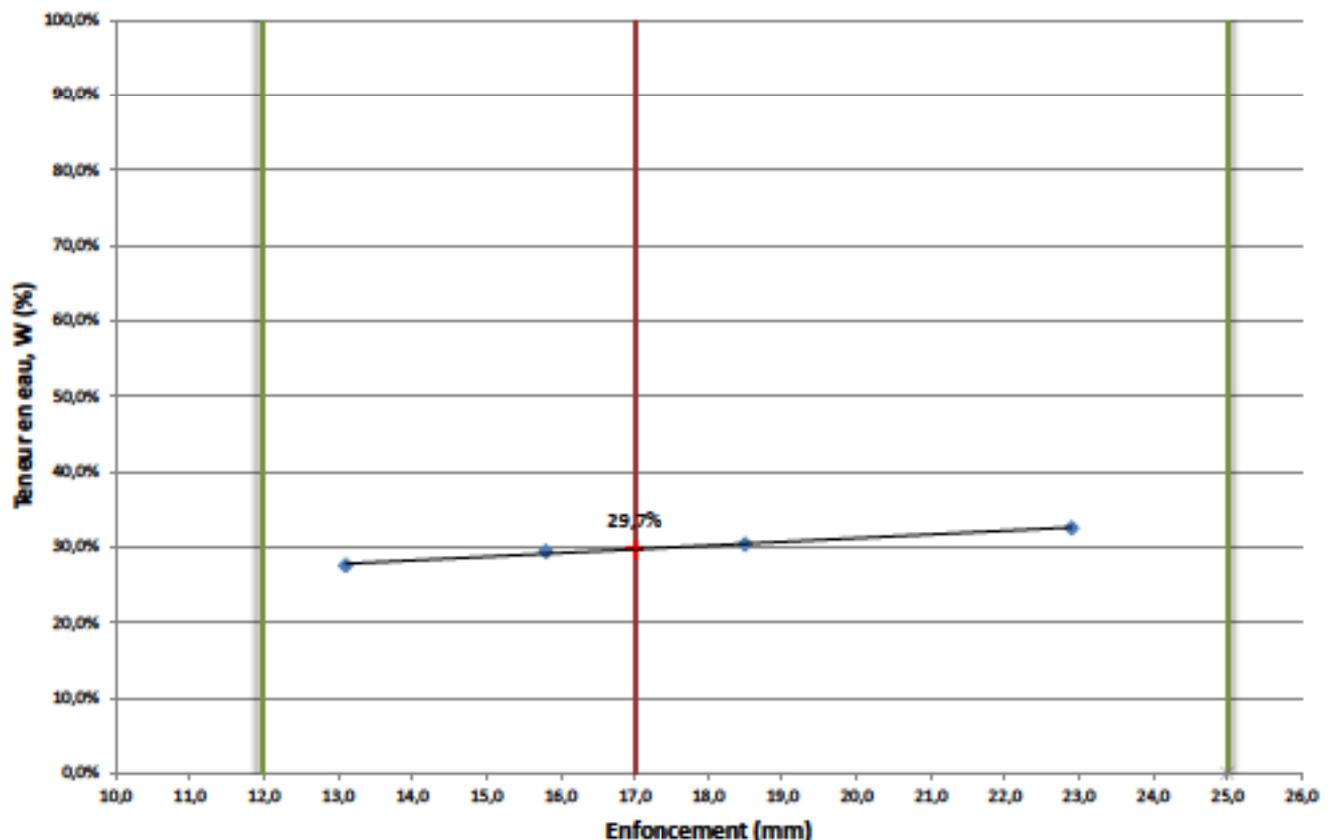
Limite de liquidité au cône de pénétration

Mesures n°	1	2	3	4
Enfoncement (mm)	22,9	18,5	15,8	13,1
Teneur en eau, w (%)	32,5%	30,4%	29,4%	27,6%

Limite de plasticité

Teneur en eau de plasticité (%)		w _p =	20,8%
w =	20,6%		
w =	20,9%		

Limites d'Atterberg au pénétromètre à cône



Limite de liquidité : w _L =	29,7%	Indice de plasticité I _p =	8,9
Limite de plasticité : w _p =	20,8%	Indice de consistance I _c =	1,32
Teneur en eau du sol : w _s =	17,9%		

Date : 26/10/2021	Observation :	Date : 26/10/2021
Rédacteur : CGA		Vérificateur : J-LT

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

(NF P 94-068)

Dossier n° : Chantier : Site : Client :	TEA210344 CHERBOURG ZA de Collignon SHEMA	Date des essais : Opérateur : Température de séchage :	19/10/2021 JCH 105°C
		Matériau à l'essai	
		Sondage n° :	PM5
		Prof. échan. (m)	0.35-1.10
		Prof. prêt (m) :	0.35-1.10
		Description visuelle des sols :	Limon silteux marron
prélèvement			
Mode :	Godet 400mm		
Date :	07/09/2021		
Réception n° :	2021.09.198		

Détermination de la teneur en eau pondérale de la fraction 0/5mm

Masse de la tare (g)	413,5
Masse humide + tare (g)	780,6
Masse sèche + tare (g)	724,8
Masse de l'eau (g)	55,8
Masse du sol sec (g)	311,4
Teneur en eau w (%)	17,9%

Prise d'essai

Masse humide, mh1 (g)	37,8
Masse sèche, m0 (g)	32,0

Volume V de solution de bleu de méthylène à 10g/l injecté (cm³ ou ml)

30

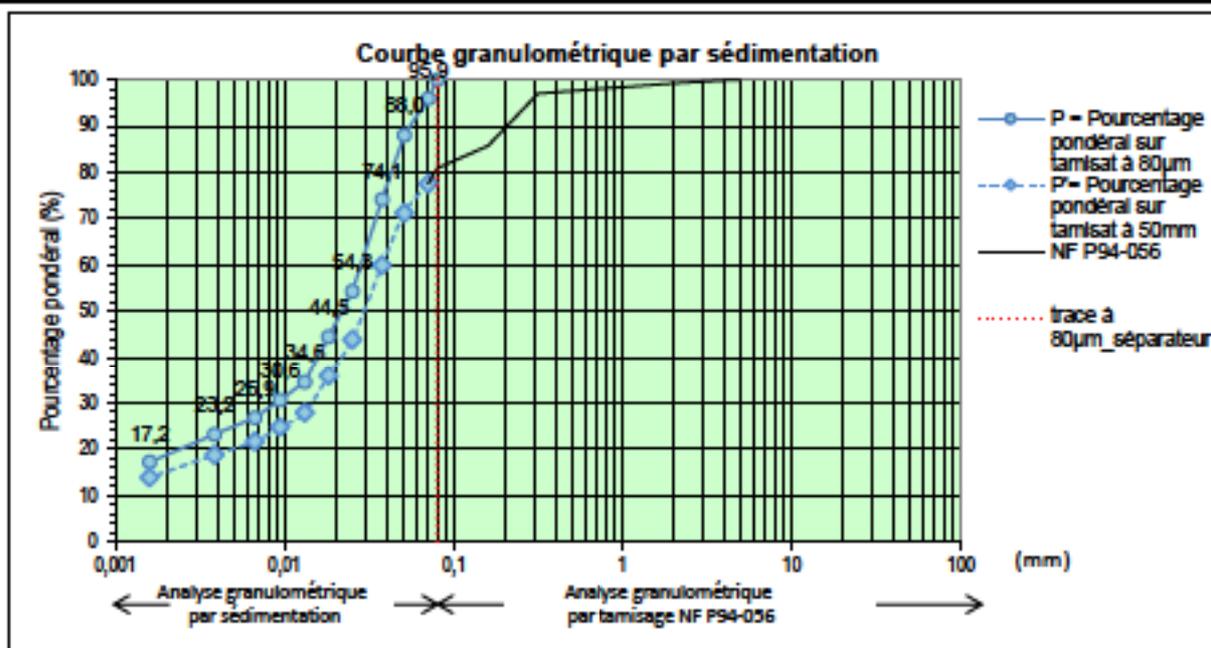
Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	100,0
Sur fraction 0/50	
Fraction 0/5	100,0

VBS

0,94

Date : Rédacteur :	26/10/2021 CGA	Observations :	Date : Vérificateur :	26/10/2021 J-LT
-----------------------	-------------------	----------------	--------------------------	--------------------

Dossier n° : TEA210344	Date des essais : 25/10/2021	
Chantier n° : CHERBOURG	Opérateur : CGA	
Site : ZA de Collignon	Température de séchage : 105°C	
Client : SHEMA	Matériau à l'essai	
	Sondage n° : PM5	
Prélèvement	Prof.échantillon (m) : 0.35-1.10	
Mode : Godet 400mm	Prof.prêlt (m) : 0.35-1.10	
Date : 07/09/2021	Description visuelle des sols : Limon silteux marron	
Réception n° : 2021.09.198		



Masse volumique des particules solides	estimé_2700 (kg/m³)	Pourcentage de passant au tamis de 80µm =	80,9
Densimètre : Vd = 40,0 (cm³)	H ₀ (cm) = 13,4	H ₁ (cm) = 3,3	h ₁ (cm) = 15,6
Eprouvette : A = 48,9 (cm²)	Facteurs correcteurs :	Cm = -0,0004	Cd = -0,0005

Temps de lecture, t			R Lecture densimètre	Température	Ct Correction température	P Pourcentage sur tamis à 80µm	P' Pourcentage sur tamis à 50mm	D Diamètre équivalent
h	min	s	à 0,0001	à 0,1°C		(%)	(%)	(µm)
-	-	30	1,0235	17,2	0,0016	95,9	77,6	70,63
-	1	-	1,0215	17,2	0,0016	88,0	71,2	51,22
-	2	-	1,0180	17,2	0,0016	74,1	59,9	37,75
-	5	-	1,0130	17,2	0,0016	54,3	43,9	25,19
-	10	-	1,0105	17,3	0,0016	44,5	36,0	18,24
-	20	-	1,0080	17,3	0,0016	34,6	27,9	13,20
-	40	-	1,0070	17,4	0,0016	30,6	24,8	9,41
-	80	-	1,0060	17,7	0,0016	26,9	21,7	6,69
4			1,0050	18,3	0,0017	23,2	18,8	3,87
24			1,0035	18,2	0,0017	17,2	13,9	1,60

Date : 26/10/2021	Observations :	Date : 26/10/2021
Rédacteur : CGA		Vérificateur : J-LT

Indice Portant Immédiate Mesure sur échantillon compacté dans le moule CBR (NF P 94-078)

Dossier : TEA210344 Chantier : CHERBOURG Site : ZA de Collignon Client : SHEMA	Date des essais : 21/10/2021 Opérateur : J-LT Température de séchage : 105°C
Matériau à l'essai	
	Sondage n° : PM5
<u>Prélèvement</u>	Prof.échantillon (m) : 0.35-1.10
Mode : Godet 400mm	Prof.prêt (m) : 0.35-1.10
Date : 07/09/2021	Description visuelle des sols : Limon silteux marron
Réception : 2021.09.198	

Caractéristiques de l'éprouvette

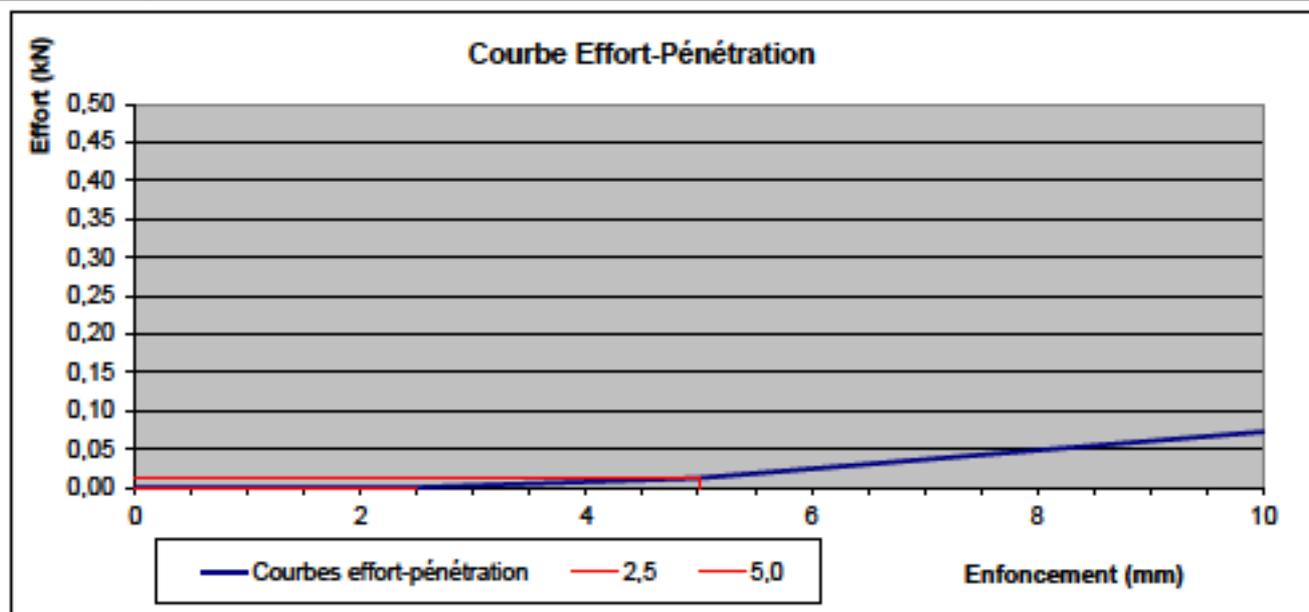
mode de compactage : OPN
 densité sèche : ρ_d (t/m³) = 1,753
 teneur en eau de confection : w (%) = 18,2
 IPI = 0

Poinçonnement de l'éprouvette

Enfoncement (mm)	0	0,5	1	1,25	2	2,5	5	7	10
Effort en (kN)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

IPI - 2,5 (mm)	0
IPI - 5 (mm)	0

Courbes effort-pénétration



Date : 26/10/2021	Observation :	Date : 26/10/2021
Rédacteur : CGA		Vérificateur : J-LT

Détermination conventionnelle de la limite de retrait sur le passant à 400µm d'un matériau (XP P 94-060-1)

Dossier n° : TEA210344 Chantier : CHERBOURG Site : ZA de Collignon Client : SHEMA	Date des essais : 20/10/2021 Opérateur : ROU Température de séchage : 105°C
Matériau à l'essai	
<u>Prélèvement</u>	Sondage n° : PM5 Prof.échantillon (m) : 0.35-1.10 Prof.prêt (m) : 0.35-1.10 Description visuelle des sols : Limon siteux mamon
Mode : Godet 400mm Date : 07/09/2021 Réception n° : 2021.09.198	

Méthode appliquée

Pour des raisons de toxicité du mercure (Protection du personnel et de l'environnement) la mesure du volume final a été réalisée à la paraffine et non au mercure comme recommandé dans la norme (XP P94-060-1).

Résultats

Prise d'essai n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	31,45	31,42	31,42
m_h (g)	108,2	106,7	108,6
m_d (g)	82,3	81,2	82,6
V_h (cm ³)	57,5	56,4	57,8
V_d (cm ³)	47,0	46,6	47,2
w_{Rl} (%)	18,6%	19,3%	18,6%

w_R (%)	18,8%
-----------	-------

Date : 26/10/2021	Observations :	Date : 26/10/2021
Rédacteur : CGA		Vérificateur : J-LT
Version de PV :	N° : 11	Date : 16/11/2020

Analyse Granulométrique

(NF P94-056)

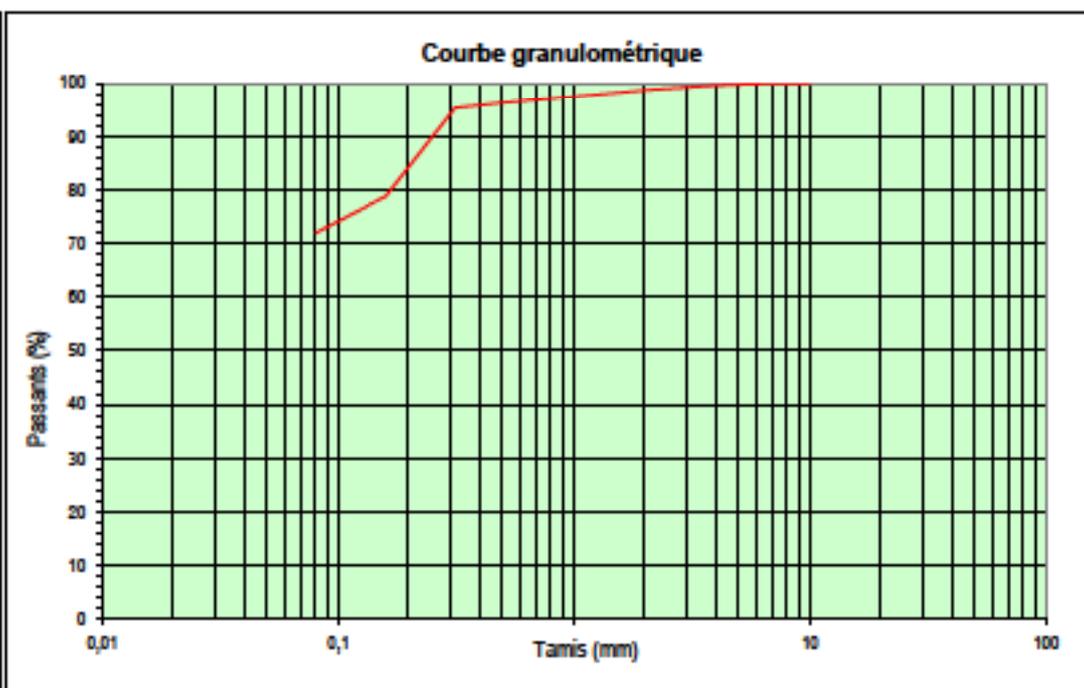
Dossier n° :	TEA210344	Date des essais : 13/10/2021	
Chantier :	CHERBOURG	Opérateur : CGA	
Site :	ZA de Collignon	Température de séchage : 105°C	
Client :	SHEMA	Matériau à l'essai	
		Sondage n° :	PM9
<u>Prélèvement</u>		Prof. Échan. (m) :	0.40-1.50
Mode :	Godet 400mm	Prof. Prêt (m) :	0.40-1.50
Date :	07/09/2021	Description visuelle des sols :	Silt argileux marron à marron clair
Réception n° :	2021.09.198		

Méthode appliquée

- Tamisage à sec après lavage

Résultats

Tamis (mm)	Passants (%)
125	100,0
100	100,0
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
31,5	100,0
25	100,0
20	100,0
16	100,0
12,5	100,0
10	100,0
8	99,9
6,3	99,9
5	99,7
4	99,5
2	98,6
1	97,4
0,5	96,2
0,315	95,3
0,160	78,8
0,08	71,9



dm (mm) :	8,0	plus grand tamis utilisé
Dmax (mm) :	15,5	dimension max. des plus gros éléments contenus dans le sol
w (%) :	16,5	teneur en eau naturelle (NF P94-050)

Date : 26/10/2021	Observation :	Date : 26/10/2021
Rédacteur : CGA		Vérificateur : J-LT

Détermination des limites d'Atterberg

Limite de liquidité - Méthode au cône de pénétration : NF P 94-052-1
Limite de plasticité au rouleau : NF P 94-051

Dossier n° : TEA210344	Date des essais : 20/10/2021
Chantier : CHERBOURG	Opérateur : CGA
Site : ZA de Collignon	Température de séchage : 105°C
Client : SHEMA	Matériau à l'essai
	Sondage n° : PMB
	Prof. Échan. (m) : 0.40-1.50
	Prof. Prêt (m) : 0.40-1.50
	Description visuelle des sols : Silt argileux marron à marron clair

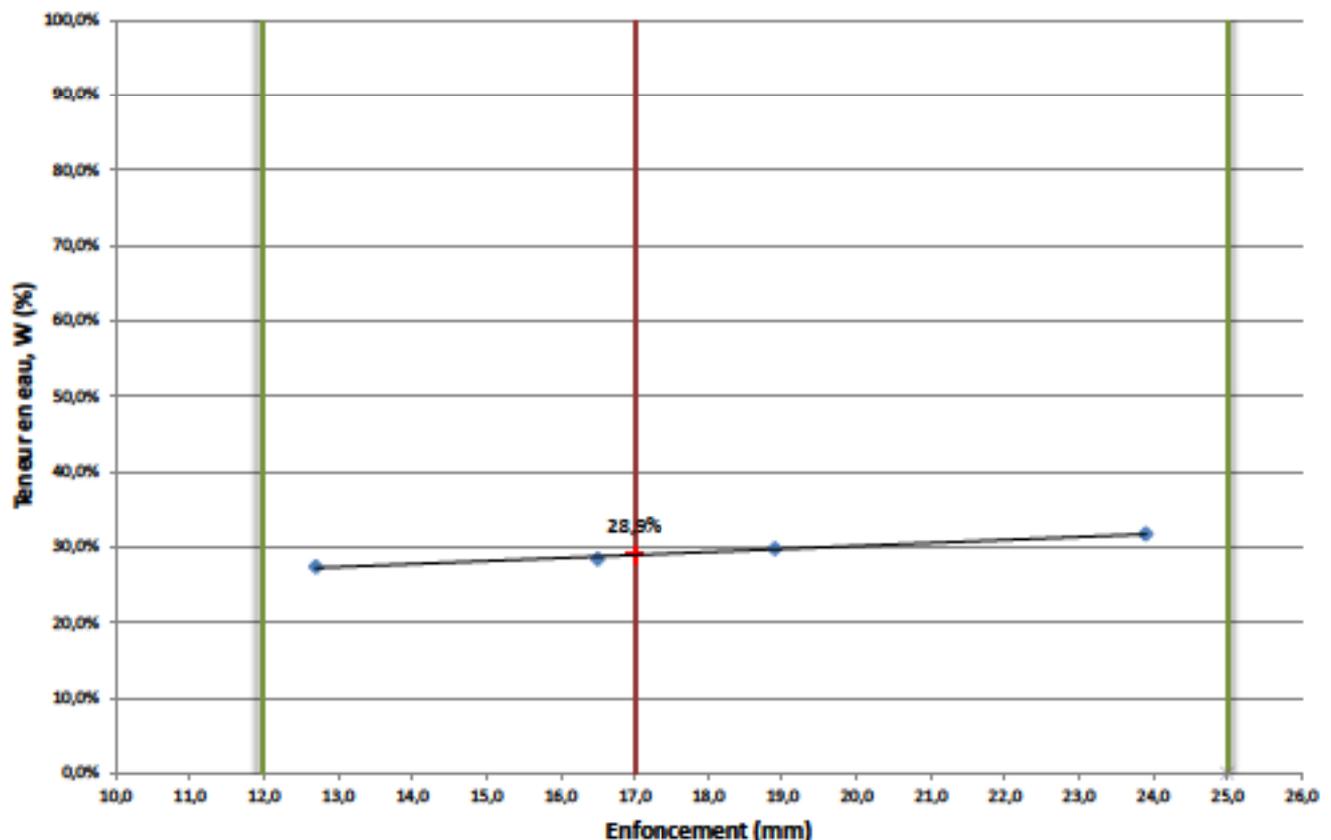
Limite de liquidité au cône de pénétration

Mesures n°	1	2	3	4
Enfoncement (mm)	23,9	18,9	16,5	12,7
Teneur en eau, w (%)	31,7%	29,8%	28,4%	27,4%

Limite de plasticité

Teneur en eau de plasticité (%)		$w_p = 21,8\%$
$w =$	21,7%	
$w =$	21,9%	

Limites d'Atterberg au pénétromètre à cône



Limite de liquidité : $w_L =$	28,9%	Indice de plasticité $I_p =$	7,1
Limite de plasticité : $w_p =$	21,8%	Indice de consistance $I_c =$	1,75
Teneur en eau du sol : $w_s =$	16,5%		

Date : 26/10/2021	Observation :	Date : 26/10/2021
Rédacteur : CGA		Vérificateur : J-LT

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

(NF P 94-068)

Dossier n° : Chantier : Site : Client :	TEA210344 CHERBOURG ZA de Collignon SHEMA	Date des essais : Opérateur : Température de séchage :	19/10/2021 JCH 105°C
		Matériau à l'essai	
		Sondage n° :	PM9
		Prof. échan. (m)	0.40-1.50
		Prof. prélt (m) :	0.40-1.50
		Description visuelle des sols :	Silt argileux marron à marron clair
prélèvement			
Mode :	Godet 400mm		
Date :	07/09/2021		
Réception n° :	2021.09.198		

Détermination de la teneur en eau pondérale de la fraction 0/5mm

Masse de la tare (g)	299,0
Masse humide + tare (g)	898,4
Masse sèche + tare (g)	813,6
Masse de l'eau (g)	84,8
Masse du sol sec (g)	514,6
Teneur en eau w (%)	16,5%

Prise d'essai

Masse humide, mh1 (g)	41,1
Masse sèche, m0 (g)	35,3

Volume V de solution de bleu de méthylène à 10g/l injecté (cm³ ou ml)

30

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	100,0
Sur fraction 0/50	
Fraction 0/5	99,7

VBS

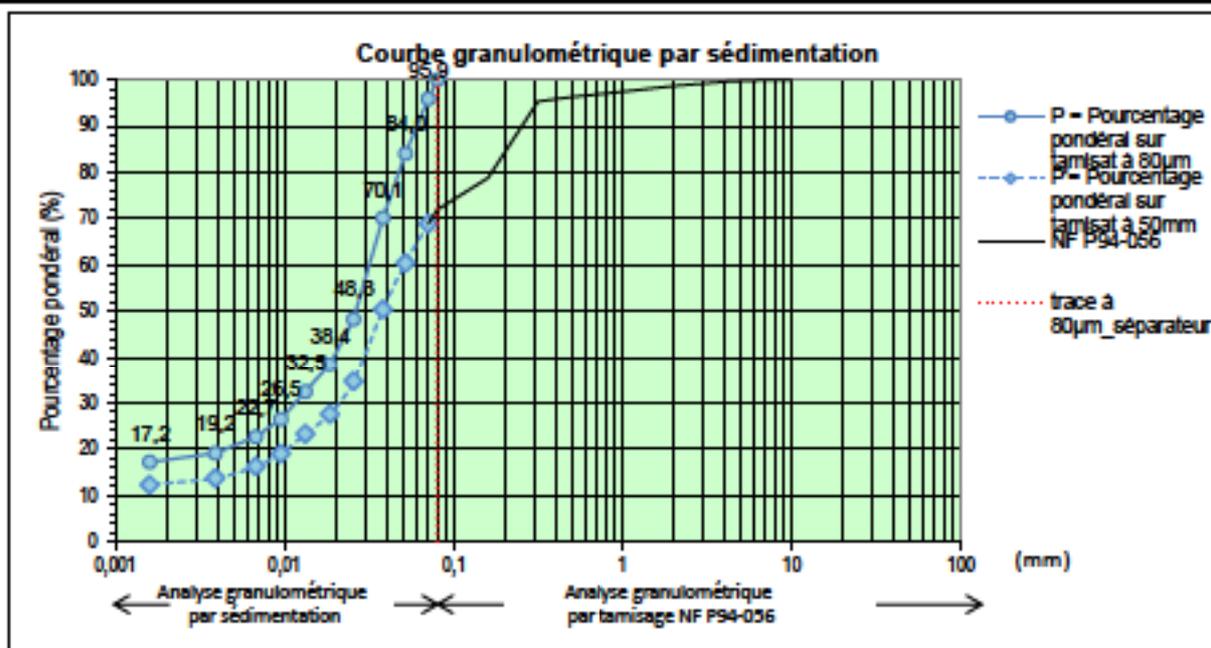
0,85

Date : Rédacteur :	26/10/2021 CGA	Observations :	Date : Vérificateur :	26/10/2021 J-LT
-----------------------	-------------------	----------------	--------------------------	--------------------

Dossier n° : TEA210344	Date des essais : 25/10/2021	
Chantier n° : CHERBOURG	Opérateur : CGA	
Site : ZA de Collignon	Température de séchage : 105°C	
Client : SHEMA	Matériau à l'essai	
	Sondage n° : PM9	
	Prof.échantillon (m) : 0.40-1.50	
	Prof.prélt (m) : 0.40-1.50	
	Description visuelle des sols : Silt argileux marron à marron clair	

Prélèvement

Mode : Godet 400mm
Date : 07/09/2021
Réception n° : 2021.09.198



Masse volumique des particules solides estimée_2700 (kg/m³) Pourcentage de passant au tamis de 80µm = 71,9
 Densimètre : Vd = 40,0 (cm³) H₀ (cm) = 13,4 H₁ (cm) = 3,3 h₁ (cm) = 15,6
 Eprouvette : A = 51,0 (cm³) Facteurs correcteurs : Cm = -0,0004 Cd = -0,0005

Temps de lecture, t			R Lecture densimètre	Température	Ct Correction température	P Pourcentage sur tamis à 80µm	P' Pourcentage sur tamis à 50mm	D Diamètre équivalent
h	min	s	à 0,0001	à 0,1°C		(%)	(%)	(µm)
-	-	30	1,0235	17,1	0,0015	95,9	68,9	70,82
-	1	-	1,0205	17,1	0,0015	84,0	60,4	51,98
-	2	-	1,0170	17,1	0,0015	70,1	50,4	38,26
-	5	-	1,0115	17,1	0,0015	48,3	34,7	25,63
-	10	-	1,0090	17,1	0,0015	38,4	27,6	18,56
-	20	-	1,0075	17,1	0,0015	32,5	23,3	13,31
-	40	-	1,0060	17,1	0,0015	26,5	19,1	9,54
-	80	-	1,0050	17,4	0,0016	22,7	16,3	6,78
4	-	-	1,0040	18,1	0,0017	19,2	13,8	3,91
24	-	-	1,0035	18,2	0,0017	17,2	12,4	1,60

Date : 26/10/2021	Observations :	Date : 26/10/2021
Rédacteur : CGA		Vérificateur : J-LT

Indice Portant Immédiat Mesure sur échantillon compacté dans le moule CBR (NF P 94-078)

Dossier : TEA210344 Chantier : CHERBOURG Site : ZA de Collignon Client : SHEMA	Date des essais : 21/10/2021 Opérateur : J-LT Température de séchage : 105°C
Matériau à l'essai	
Prélèvement	Sondage n° : PM9
Mode : Godet 400mm	Prof.échantillon (m) : 0.40-1.50
Date : 07/09/2021	Prof.prêt (m) : 0.40-1.50
Réception : 2021.09.198	Description visuelle des sols : Silt argileux marron à marron clair

Caractéristiques de l'éprouvette

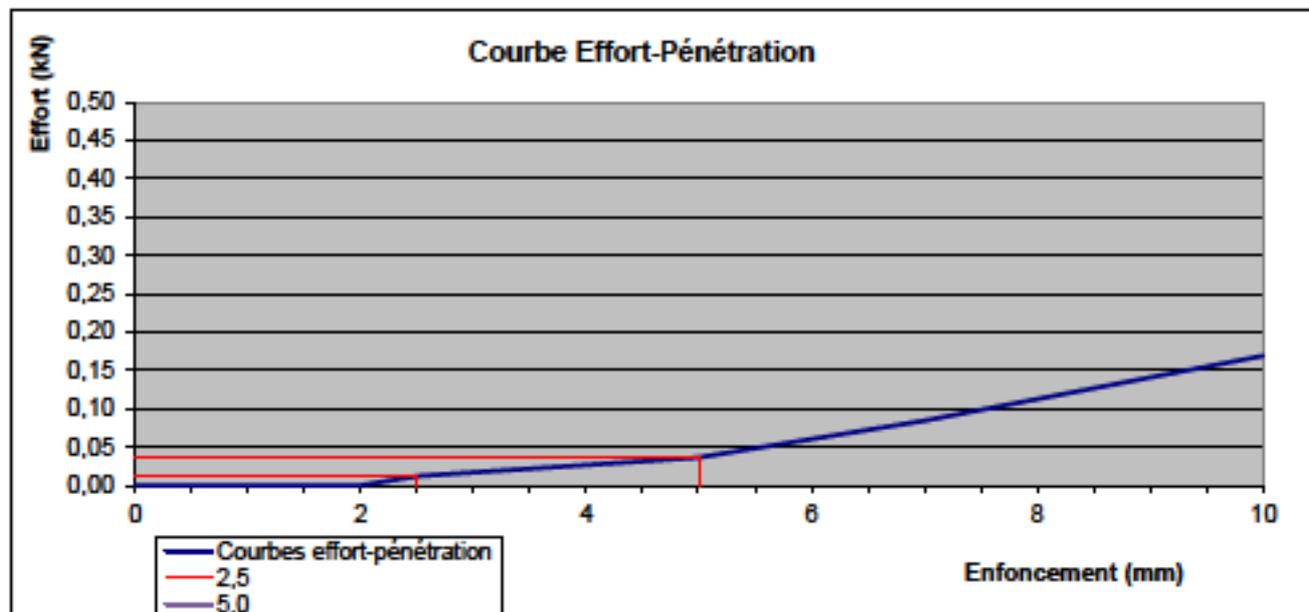
mode de compactage : OPN
 densité sèche : $pd (t/m^3) = 1,768$
 teneur en eau de confection : $w (\%) = 17,1$ IPI = 0

Poinçonnement de l'éprouvette

Enfoncement (mm)	0	0,5	1	1,25	2	2,5	5	7	10
Effort en (kN)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2

IPI - 2,5 (mm)	0
IPI - 5 (mm)	0

Courbes effort-pénétration



Date : 26/10/2021	Observation :	Date : 26/10/2021
Rédacteur : CGA		Vérificateur : J-LT

Détermination conventionnelle de la limite de retrait sur le passant à 400µm d'un matériau (XP P 94-060-1)

Dossier n° : TEA210344 Chantier : CHERBOURG Site : ZA de Collignon Client : SHEMA	Date des essais : 13/10/2021 Opérateur : CGA Température de séchage : 105°C
Matériau à l'essai	
<u>Prélèvement</u>	Sondage n° : PM9
Mode : Godet 400mm	Prof.échantillon (m) : 0.40-1.50
Date : 07/09/2021	Prof.prêt (m) : 0.40-1.50
Réception n° : 2021.09.198	Description visuelle des sols : Silt argileux marron à marron clair

Méthode appliquée

Pour des raisons de toxicité du mercure (Protection du personnel et de l'environnement) la mesure du volume final a été réalisée à la paraffine et non au mercure comme recommandé dans la norme (XP P94-060-1).

Résultats

Prise d'essai n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	28,40	28,25	28,31
m_h (g)	110,2	110,9	109,8
m_d (g)	85,8	86,5	85,5
V_h (cm ³)	57,7	58,0	57,3
V_d (cm ³)	48,8	49,2	49,1
w_{RI} (%)	18,0%	18,1%	18,7%

w_R (%)	18,3%
-----------	-------

Date : 26/10/2021	Observations :	Date : 26/10/2021
Rédacteur : CGA		Vérificateur : J-LT
Version de PV :	N° : 11	Date : 16/11/2020



Synergie
d'expertises

SIÈGE SOCIAL - 01 69 09 14 51 - contact@technosol-gengis.fr
13, route de la Grange aux Cercles - 91160 Ballainvilliers

SAS au capital de 120 000 € - APE : 7112B
Siret : 972 200 661 00015 - TVA : FR78 972 200 661

**AGENCE
ÎLE-DE-FRANCE**

13, route de la Grange aux Cercles
91160 Ballainvilliers
01 69 09 14 51
paris@technosol-gengis.fr

**AGENCE
BASSE-NORMANDIE**

1 rue Ampère
14120 Mondeville
02 31 73 63 30
caen@technosol-gengis.fr

**AGENCE
HAUTE-NORMANDIE**

10, rue des Jardiniers
76000 Rouen
02 35 66 22 30
rouen@technosol-gengis.fr

**AGENCE
AUVERGNE-RHÔNE-ALPES**

5, rue des Essarts
69500 Bron
04 87 91 55 28
lyon@technosol-gengis.fr

LABORATOIRE

18, rue de la Fromenterie
91120 Palaiseau
01 69 74 28 00
labo@technosol-gengis.fr