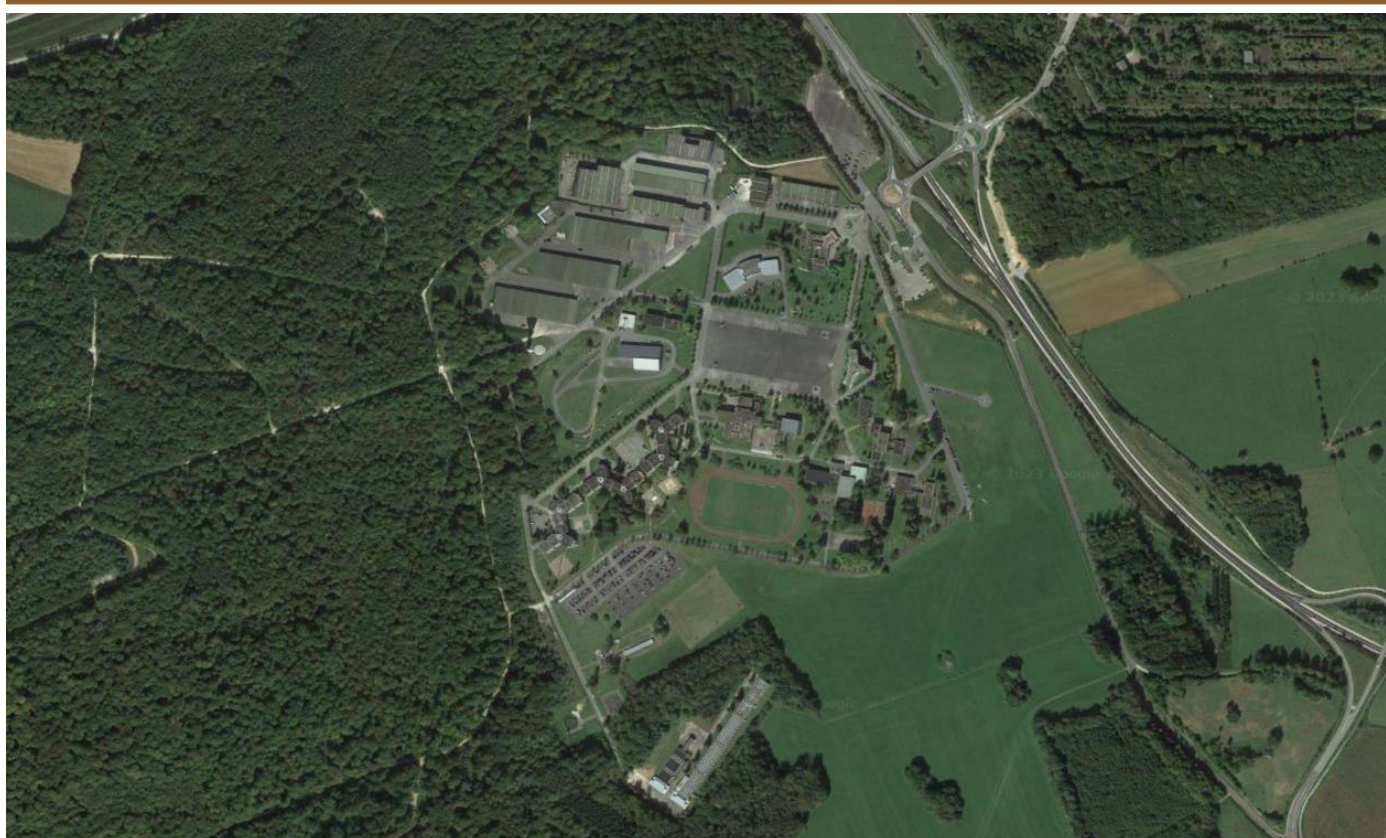


ETUDE GEOTECHNIQUE G1 ES+PGC et G2-AVP

Travaux de réhabilitation sur réseaux EU et création d'une STEP

1^{er} Régiment d'Artillerie
Quartier Ailleret
BOUROGNE (90 140)



Dossier 2501148 v0 - Avril 2023



ESID de Metz
Quartier RUTY - 64, Rue Bersot
BESANCON CEDEX 25 027

Client

Nom	ESID de Metz
Adresse	Quartier RUTY – 64, Rue Brsot BESANCON CEDEX 25 027
Interlocuteur	VERDI, représenté par monsieur LAABOULI Amine

ECR Environnement

Coordonnées Agence	Agence de Besançon 92, Rue de l'Esplanade Ouest 25 220 THISE Tel : 03 81 80 27 10 Mail : besancon@ecr-environnement.com
Responsable de Région	F. COME
Responsable d'agence	A. MARION
Chargé d'études	P. BORDY

Date	Indice	Observation / Modification	Rédacteur	Vérificateur
27/04/2023	0	-	P. BORDY	A. MARION
10/05/2023	1	Modification MO	P. BORDY	A. MARION

Rédacteur	Vérificateur	Contrôle interne
 P. BORDY Chargé d'études	 A. MARION Responsable d'agence	 F. COME Responsable de Région

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION	4
1.1.	OPERATION – INTERVENANTS.....	4
1.2.	MISSION	4
1.3.	INVESTIGATIONS REALISEES	5
1.4.	DOCUMENTS DE REFERENCE	5
2.	SITE ET PROJET.....	6
2.1.	PLAN DE SITUATION.....	6
2.2.	DESCRIPTION DU SITE.....	6
2.3.	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	7
2.4.	RISQUES NATURELS	7
2.5.	DESCRIPTION DU PROJET	9
3.	RESULTATS DES INVESTIGATIONS	12
3.1.	IMPLANTATION.....	12
3.2.	LITHOLOGIE	12
3.3.	CARACTERISTIQUES GEOMECHANQUES	13
3.4.	HYDROGEOLOGIE.....	13
3.5.	ESSAIS DE LABORATOIRE	13
4.	SYNTHESE	15
5.	PRECONISATIONS POUR LE PROJET.....	16
5.1.	PRINCIPES GENERAUX DE REALISATION D'UNE TRANCHEE	16
5.1.1.	Coupe type	16
5.1.2.	Utilisation des matériaux en enrobages	17
5.2.	UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAIS	18
5.2.1.	Objectifs de densification des remblais	18
5.2.2.	Coupes des objectifs de densification.....	18
5.2.3.	Matériaux utilisables en remblai.....	20
5.3.	TERRASSEMENTS GENERAUX	23
5.3.1.	Principe	23
5.3.2.	Conditions de terrassement.....	23
5.3.3.	Drainage en phase chantier	23
5.3.4.	Préparation des remblais des digues et plateformes	24
5.3.5.	Réemploi des matériaux du site.....	24
5.3.6.	Talutages	24
5.3.7.	Soutènements provisoires	25
5.4.	FONDATIONS DES OUVRAGES.....	27
5.4.1.	Principe	27
5.4.2.	Préparation des fonds de fouille	27
5.4.3.	Méthodologie pour le dimensionnement des fondations	28
5.4.4.	Contraintes de calcul sous charge verticale centrée (Etats limites).....	29
5.4.5.	Estimation des tassements	29

5.4.6.	Recommandations pour les fondations	30
5.4.7.	Murs enterrés	30
5.5.	DRAINAGE PERIPHERIQUE	30
5.1.	REMBLAI TECHNIQUE DES DIGUES	31
5.1.1.	Principe	31
5.1.2.	Mise en œuvre du remblai technique	31
5.1.3.	Contrôle du remblai technique	31
5.2.	VOIERIES D'ENTRETIEN	32
5.2.1.	Couche de forme	32
5.2.2.	Contrôle	33
6.	OBSERVATIONS.....	34

ANNEXES

Annexe 1 : Extrait de la norme NF P 94-500

Annexe 2 : Conditions particulières

Annexe 3 : Coupes des sondages et résultats des essais in situ de Juin 2021

Annexe 4 : Coupes des sondages et résultats des essais in situ de Mars 2023

Annexe 5 : Procès-verbaux des essais en laboratoire

Annexe 6 : Extrait du GTR 2000 – conditions d'utilisation en remblais

1. INTRODUCTION

1.1. Opération – Intervenants

Opération : mise en conformité des réseaux des eaux usées

Adresse : 90 140 BOUROGNE – 1^{er} Régiment d'Artillerie Quartier Ailleret

Maître d'ouvrage : ESID de Metz

Architecte : VERDI

1.2. Mission

La présente étude a été réalisée par le bureau d'étude ECR Environnement, agence de Besançon, à la demande de pour le compte de la commune de l'ESID de Metz. Elle honore notre offre du 04/03/2021.

Il s'agit de missions de type G1 ES-PGC (Etude de site – Principe Généraux de Construction) et G2 AVP (Avant-Projet) au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique jointes en Annexe 1.

L'étude répond aux objectifs suivants :

- Préciser le contexte géologique et hydrogéologique général du site ;
- Reconnaître la nature et les caractéristiques géomécaniques des sols au stade de l'avant-projet ;
- Reconnaître les niveaux d'eau (nappe, circulations, ...) ;
- Définir les modes de fondation envisageables en fonction des éléments communiqués ;
- Déterminer les pentes des talus à mettre en œuvre ;
- Étudier les conditions de réemploi de matériaux de déblais en remblais ;
- Fournir les données parasismiques réglementaires (EC8) ;
- Évaluer les sujétions d'exécution des travaux de terrassements et de fondations liées aux conditions géotechniques du site et aux caractéristiques du projet (terrassements, talutages, soutènements, protection contre l'eau, ...).



1.3. Investigations réalisées

La campagne d'investigations suivante a été réalisée pour les besoins de l'étude :

- Campagne d'investigation N°1 – Juin 2021 :

ESSAIS IN SITU :

- 4 sondages carottés (SC1 à SC4) descendus à 5.0 m de profondeur ;
- 4 sondages pressiométriques (SP1 à SP4) descendus à 5.0 m/TA.

ESSAIS EN LABORATOIRE :

- 4 analyses GTR (Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4, Teneur en eau selon NF EN ISO 17892-1 et VBS selon NF EN ISO 17542-3 ou limites d'Atterberg NF EN ISO 17892-12) sur des échantillons prélevés dans les sondages carottés.

- Campagne d'investigation N°2 – Mars 2023 :

ESSAIS IN SITU :

- 2 sondages à la pelle mécanique 8 tonnes (PM1 et PM2) descendus au refus entre 2.8 et 3.0 m de profondeur ;
- 2 sondages pressiométriques (SP1 et SP2) descendus à 5.0 m de profondeur ;

ESSAIS EN LABORATOIRE :

- 1 analyse GTR (Granulométrie selon NF P 94-056, Teneur en eau selon NF P 95-050 et VBS selon NF P 98-068) sur un échantillon prélevé dans un sondage à la pelle.

L'implantation des sondages, les coupes des sondages et les résultats des essais in-situ sont joints en Annexes 3 et 4. Les résultats des essais en laboratoire sont joints en Annexe 5.

1.4. Documents de référence

Les documents suivants nous ont été fournis lors de la consultation :

- consultation datée de Février 2021 ;
- plans et coupes du projet format .dwg réalisé par VERDI et daté du 08/12/2020.



2. SITE ET PROJET

2.1. Plan de situation

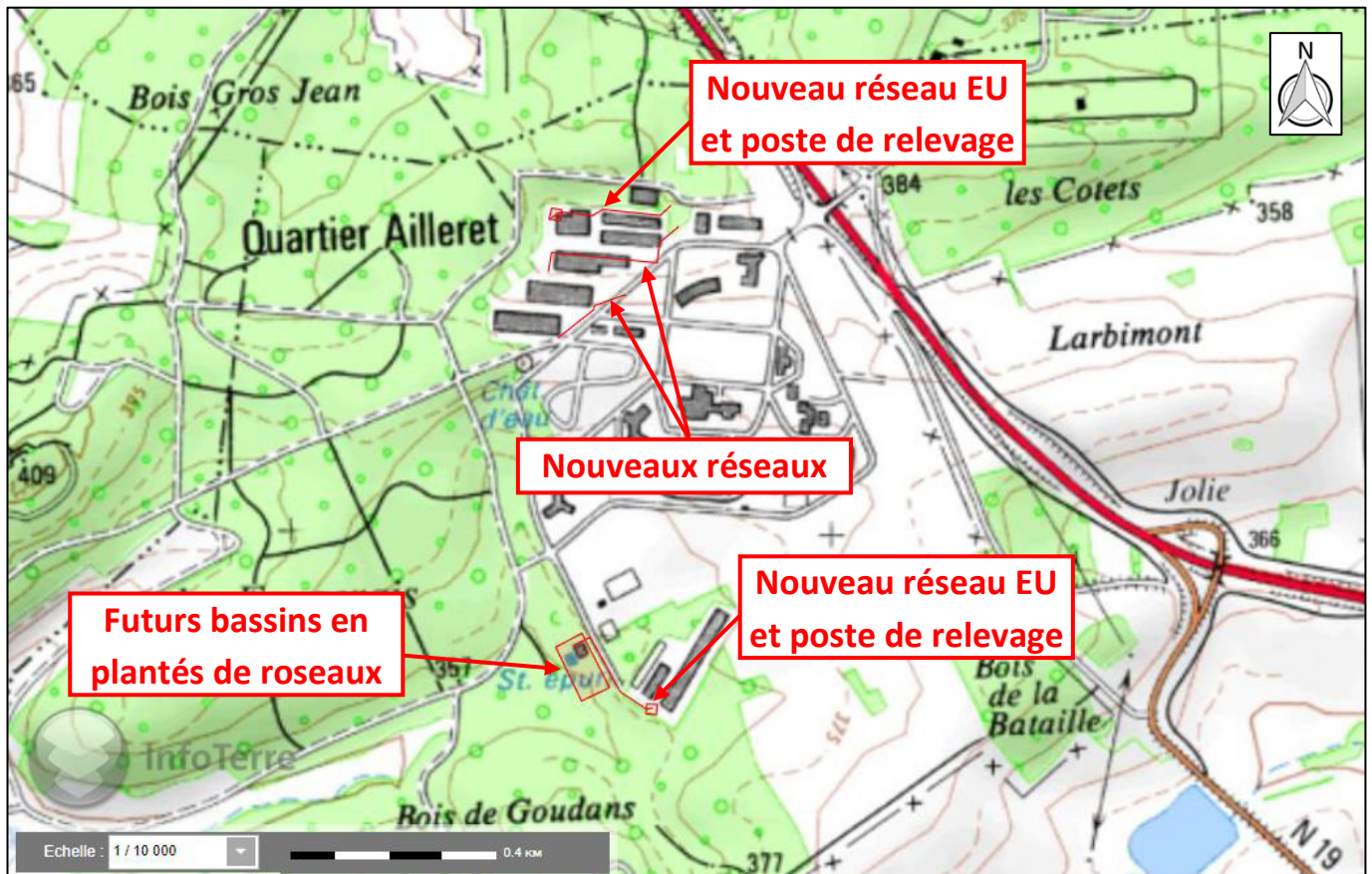


Fig. 1 - Extrait de la carte topographique 1/25 000, Infoterre (BRGM)

2.2. Description du site

Le site est localisé au niveau du 1^{er} régiment d'artillerie sur la commune de Bourogne (90). En ce qui concerne la réhabilitation des réseaux, les bassins en plantés de roseaux seront mis en place dans la partie sud du camp militaire.

Les nouvelles canalisations et les postes de refoulement sont prévus en partie :

- Sud-Est des bassins ;
- Nord des bassins.

Le site d'étude est caractérisé par des voiries au niveau des réseaux à créer et des postes de refoulement. Quant à elle la zone d'étude des bassins est actuellement occupée par une zone enherbée.

L'altitude au niveau des futurs canalisations, poste de refoulement et bassins est comprises entre 360 et 385 m NGF.

2.3. Contexte géologique et hydrogéologique

D'après la carte géologique de BELFORT à l'échelle 1/50 000, le sous-sol est constitué sous d'éventuels remblais et formations de surface, par les alluvions actuelles (Fz), les loess anciens (OEx) et par le complexe de l'oligocène inférieur.

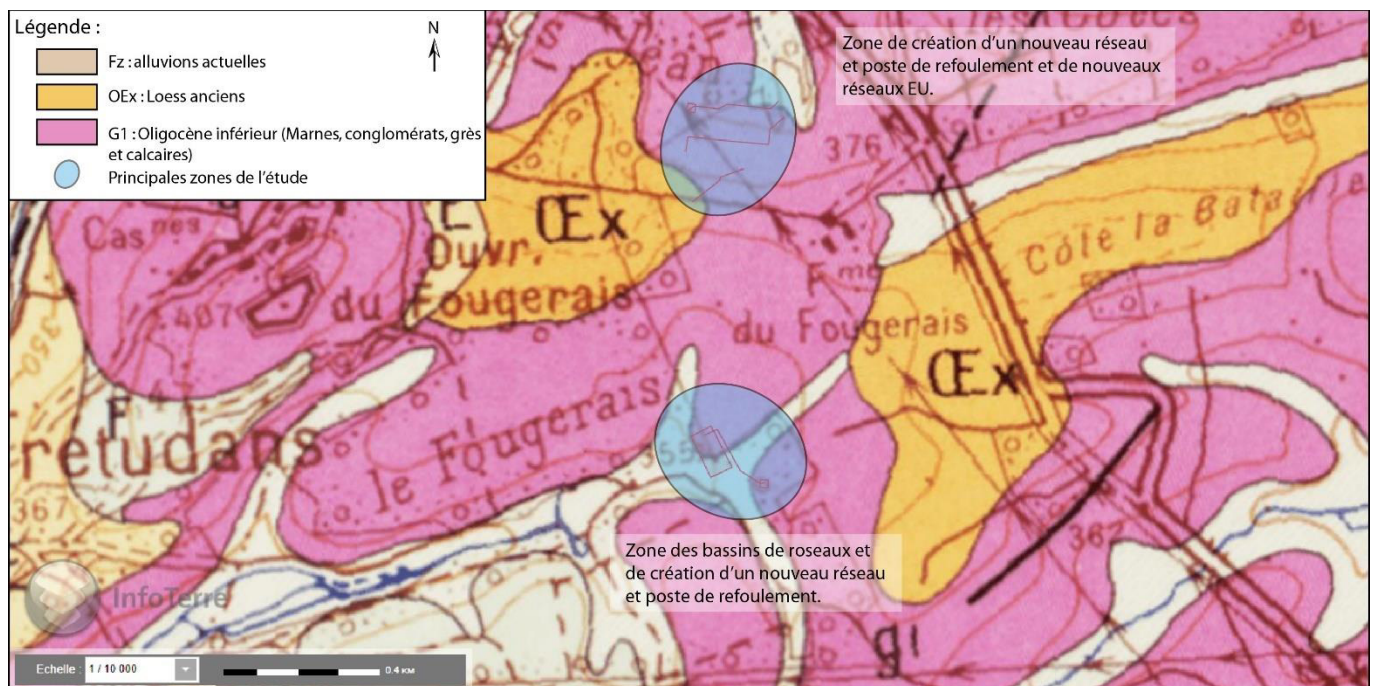


Fig. 2 – Extrait de la carte géologique 1/50 000, Infoterre (BRGM)

D'après la banque de données du sous-sol du BRGM, ces terrains ne sont à priori pas le siège d'une nappe à faible profondeur (< 10 m).

2.4. Risques naturels

Sismique (décret n°2010-1255 du 22/10/2010) :

La commune de Bourogne (90) est située en zone de sismicité 3 (aléa modéré).

La catégorie d'importance des ouvrages sera de classe I. Dans ces conditions, l'application des prescriptions parasismiques particulières de l'Eurocode 8 n'est pas obligatoire (aucune exigence).

La catégorie d'importance de l'ouvrage devra être confirmée par le maître d'ouvrage.



Inondations / mouvements de terrains :

D'après le site de prévention des risques majeurs « georisques.gouv.fr », sept arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle ont été pris sur la commune de Bourogne (90) entre 1983 et 2007 suite à des inondations et des coulées de boue, dont un avec mouvements de terrains en 1999.

La commune de Bourogne (90) a fait l'objet de deux Plans de Prévention pour les Risques d'Inondations (PPRi de Bourogne et PPRi de la Bourbeuse) respectivement approuvé le 23/12/2005 et non encore approuvé. Toutefois, le projet est classé en zone blanche de chacun des PPRi, c'est à dire sans prescriptions particulières vis-à-vis du risque inondation.

D'après le site du BRGM « infoterre.fr », le site est classé en zone sans débordement de nappe ni inondation de cave (fiabilité faible).

Retrait / gonflement des sols argileux :

D'après le site du BRGM « infoterre.fr », au droit du projet, dans la partie Nord, le site est classé en zone d'exposition faible et moyen et en partie Sud, le projet se trouve uniquement en zone d'exposition faible vis-à-vis du risque de retrait / gonflement des sols.

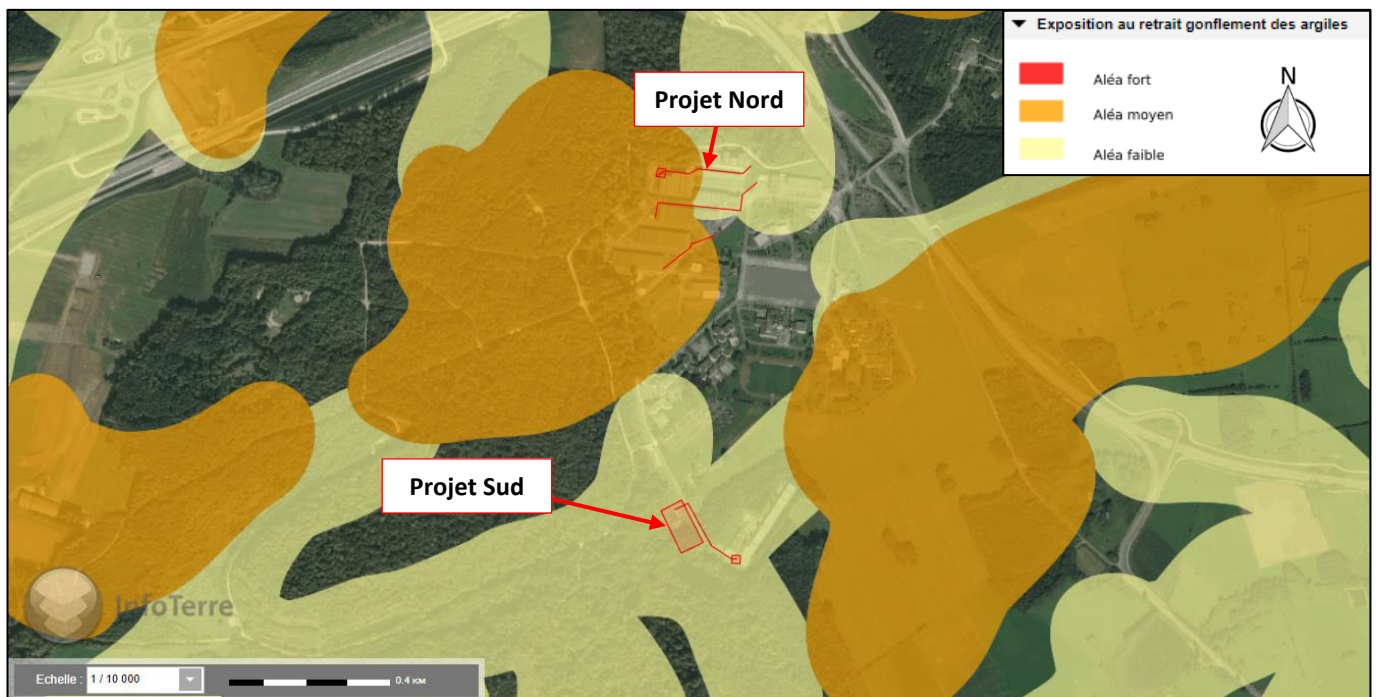


Fig. 3 - Extrait de la carte d'exposition au retrait / gonflement des argiles, Infoterre (BRGM)

2.5. Description du projet

Il est prévu la construction d'un réseau de collecte des eaux usées dans le camp militaire du 1^{er} régiment d'artillerie sur la commune de Bourogne (90). Celui-ci acheminera les eaux usées vers une station d'épuration en lits plantés de roseaux. De plus, compte tenu de la topographie, l'écoulement uniquement gravitaire n'est pas possible. Il est donc prévu de créer des postes de refoulement. Ils auront des profondeurs de 2.0 m/TA pour le poste N°1 et de 3.0 m/TA pour le poste N°2.

Les réseaux mis en place seront constitués de tube PVC PEHD d'un diamètre de 75 mm pour les réseaux de refoulement, et de conduites gravitaires en tube PVC CR16 d'un diamètre de 200 mm pour les réseaux EU.

La station d'épuration comprendra la création de bassins en lits plantés de roseaux réalisés en déblais/remblais d'une profondeur d'environ 2.0 mètres. Ils seront avoisinants avec l'aéroflotteur déjà existant. Les bassins seront alimentés par les eaux usées provenant d'un tube PVC diamètre 75 mm. Des voiries seront créées de part et d'autre des bassins permettant l'accès et l'entretien de ceux-ci.

Le calage des niveaux bas des ouvrages du projet est prévu à :

- 358.20 m NGF pour la base des bassins ;
- 360.20 m NGF pour la partie supérieur des digues.

Concernant les réseaux, et d'après les coupes fournies, les terrassements pourront atteindre 2.92 m de profondeur

Le projet ne présente pas de mitoyenneté directe, hormis les postes de refoulement.



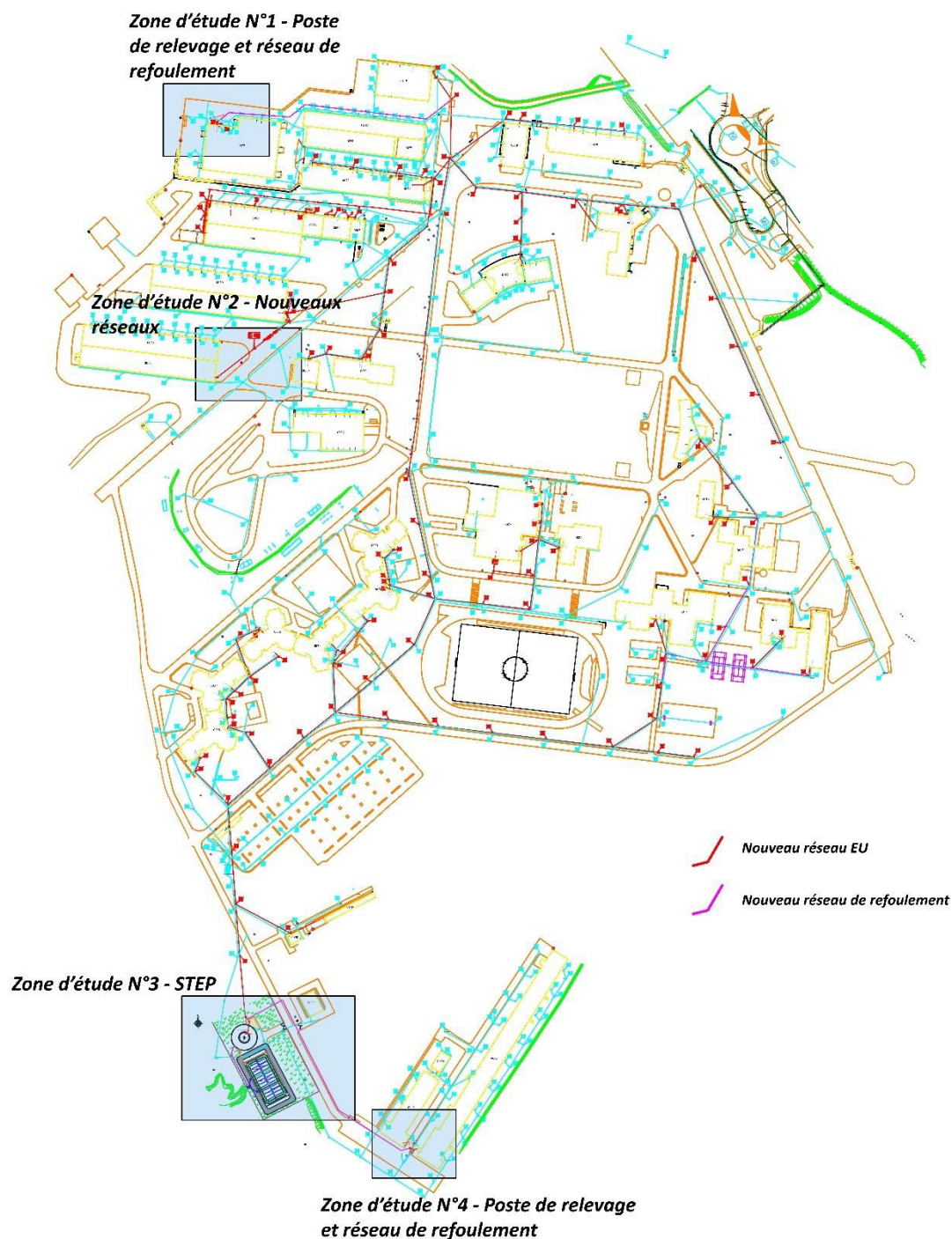


Fig. 4 - Extrait Du plan du 1^{er} régiment d'artillerie, modifié d'après VERDI

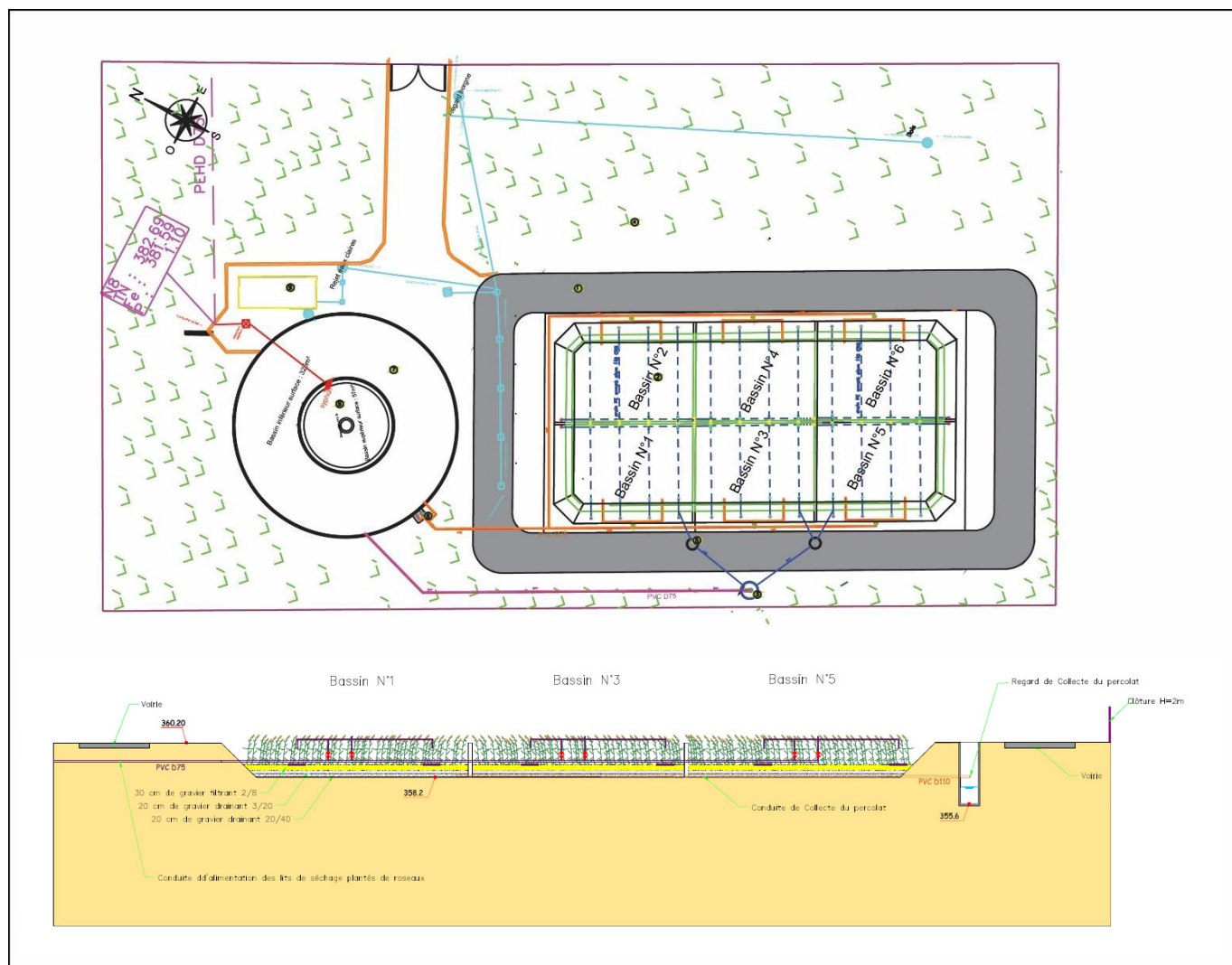


Fig. 5 – Plan et coupe du projet de STEP dans le camp - 1^{er} régiment d'artillerie, VERDI

3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

3.1. Implantation

La position des sondages et des essais figure sur le plan d'implantation des sondages en Annexe 3.

L'implantation a été réalisée au mieux des conditions d'accès, de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance et de la présence des réseaux.

3.2. Lithologie

Les coupes des sondages sont jointes en Annexe 4. Les profondeurs citées dans le présent rapport ont été mesurées par rapport au niveau du terrain tel qu'il était lors de notre intervention (juin 2021 et Mars 2023).

Les sondages ont permis d'établir la coupe lithologique suivante :

Formation 1 : Terrains de couvertures

Cette formation est composée par deux horizons :

- terre végétale au droit de SC4, sur une faible épaisseur : environ 10 centimètres environ dans la zone 3 ;
- remblais et enrobés, au droit de SC1, SC2 et SC3, jusqu'à 0.13 / 0.54 m/TA (Terrain Actuel) dans les zones 1, 2 et 4. De plus, des remblais sont présents sous la terre végétale en SC4 jusqu'à 1.0 m de profondeur.

Formation 2 : Argiles

Cette formation est constituée d'argiles brun foncé +/- graveleuses à passées sableuses et limoneuses. Elle présente notamment des blocs à l'approche du substratum. Elle a été observée au droit des sondages des zones 2, 3 et 4 jusqu'à 1.40 / 3.89 m/TA. Elle présente des caractéristiques géomécaniques allant de **faibles à moyennes**.

Formation 3 : Sables

Cette formation est constituée de sables à faible matrice argileuse. Elle a été observée au droit du sondage SP1 (zone 1) jusqu'à 5.0 m/TA. Elle présente des caractéristiques géomécaniques **très élevées**. Cette formation est probablement l'altération des grès de l'*Oligocène inférieur*.

Formation 4 : Substratum de l'Oligocène

Cette formation est constituée de marnes grises, calcaires et conglomérats. Elle est fortement altérée en tête présentant des inter-bancs argileux et/ou sableux. Elle a été observée au droit et jusqu'au terme des sondages, jusqu'à 5.00 m/TA. Elle présente des caractéristiques géomécaniques **élevées à très élevées**. Cette formation est présente dans les zones 2,3 et 4.



Remarque :

- Dans les sondages à la tarière et pressiométriques, la description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisions ou des interprétations inhérentes à la méthode de forage en petit diamètre.

3.3. Caractéristiques géomécaniques

Les caractéristiques géomécaniques des formations sont reportées dans le tableau suivant :

Formation	Toit (m/TA)	Pression limite p_l^* (MPa)		Module pressiométrique E_m (MPa)	
		Mini	Maxi	Mini	Maxi
1 – formations de couvertures	0.0	-		-	
2 – argiles	0.0 à 1.0	0.19	0.68	3.2	32.0
3 – sables	2.0	>3.00	4.36	62.2	180.9
4 – substratum	0.5 à 3.89	1.18	>3.00	17.4	170.4

3.4. Hydrogéologie

Au moment de nos investigations (Juin 2021 et Mars 2023), aucune arrivée d'eau en cours de forage n'a été rencontrée au droit des sondages à la pelle, à la tarière et pressiométriques. Aucune arrivée n'a pu être mise en évidence compte tenu de la méthode de foration employée (forage à l'eau) pour les sondages carottés.

Toutefois, il est toujours possible de recouper lors des terrassements des venues d'eau ponctuelles et aléatoires qui n'auraient pas été interceptées lors des investigations.

Remarque importante :

Le niveau piézométrique d'une nappe est directement influencé par les conditions météorologiques, l'environnement et la perméabilité de l'aquifère. Ce qui peut se traduire par des remontées lors des périodes d'apport ou au contraire conduire à des baisses à la suite de périodes déficitaires.

3.5. Essais de laboratoire

Une série d'essais en laboratoire a été réalisée sur les échantillons suivants pour déterminer les caractéristiques des terrains du site :

- Sondage SC1 : échantillon prélevé entre 0.77 et 1.84 m/TA dans les argiles (formation 2) ;
- Sondage SC2 : échantillon prélevé entre 0.13 et 1.40 m/TA dans les argiles (formation 2) ;
- Sondage SC3 : échantillon prélevé entre 0.59 et 1.16 m/TA dans les argiles (formation 2) ;



- Sondage SC4 : échantillon prélevé entre 1.00 et 2.00 m/TA dans les argiles (formation 2) ;
- Sondage PM1 : échantillon prélevé entre 1.30 et 2.00 m/TA dans les argiles (formation 2).

Le tableau suivant présente les principaux résultats des essais :

Ech.	Analyse granulométrique			Teneur en eau (%)	VBS (g de bleu / 100g de sol)	Wl	Ip	Classe GTR
	% passant à 80 µm	% passant à 2 mm	% passant à 50 mm					
SC1	61.8	93.4	100.0	4.98	2.50	-	-	A1
SC2	78.1	92.5	100.0	13.23	-	49	29.0	A3
SC3	40.4	48.2	95.7	5.38	1.36	-	-	C1A1
SC4	45.6	53.5	100.0	3.25	0.60	28	9	A1
PM1	98.8	99.3	100.0	20.4	4.83	49.0	30.2	A2

Conformément à la classification GTR 2000, les argiles (formation 2) sont classées en sols de type A1, A2, A3 et C1A1.

Les matériaux de types A1, A2, A3 et C1A1 présentent une large gamme de réemploi en terrassement à condition de ne pas avoir une teneur en eau trop élevée ou trop faible (A1th ou A1ts). Dans ces cas, il est possible de réduire, en séchant, ou augmenter, en humidifiant, la teneur en eau à condition de réaliser une étude spécifique pour réutiliser ces matériaux. Il est aussi possible réaliser des traitements pour améliorer les caractéristiques des matériaux.

Dans tous les cas, la réutilisations des matériaux en remblais ou couches de forme devra être réalisé dans des conditions météorologiques favorables.

Les procès-verbaux des résultats des essais en laboratoire sont présentés en Annexe 5. De plus, les conditions de réemplois des matériaux (cités ci-dessus) en remblais sont présentées en Annexe 6.



4. SYNTHÈSE

La station d'épuration est de type boues activées et le restera. Les lits plantés de roseaux ne sont pas destinés à un traitement des eaux mais plutôt à un stockage des boues. Les eaux usées continueront d'être traitées sur le bassin d'aération existant.

Contexte géotechnique :

- terrains de couverture (formation 1), jusqu'à 0.10 / 1.00 m/TA ;
- argiles (formation 2), de caractéristiques géomécaniques allant de **faibles à moyennes**, jusqu'à 1.40 / 3.89 m/TA
- sables (formation 3), de caractéristiques géomécaniques **très élevées**, jusqu'à 5.00 m/TA uniquement en SC1 ;
- substratum (formation 4), caractéristiques géomécaniques **élevées à très élevées** au-delà ;
- Aucun niveau d'eau relevé lors des investigations (Juin 2021 et Mars 2023) ;
- Zone de sismicité 3.

Éléments importants à prendre en compte pour le projet :

- nature argileuse des terrains sur les sondages d'épaisseur hétérogène ;
- terrassement uniquement en déblais.

Orientations à prendre en compte pour le projet :

On pourra s'orienter vers les solutions suivantes :

- Postes de refoulement : solution de type radier généralisé ancré uniformément soit dans les argiles (formation 2), soit dans les sables (formation 3).
- Pose du réseau : simple terrassement avec éventuellement dispositions de pompage en cas de venue d'eau ;
- En fonction du niveau bas du projet, le maintien des terres pourra nécessiter un simple blindage, des talus provisoires et/ou des ouvrages de soutènement.



5. PRECONISATIONS POUR LE PROJET

5.1. Principes généraux de réalisation d'une tranchée

La réalisation est régie par le fascicule 70.

5.1.1. Coupe type

La réalisation d'une tranchée doit respecter la coupe type suivante :

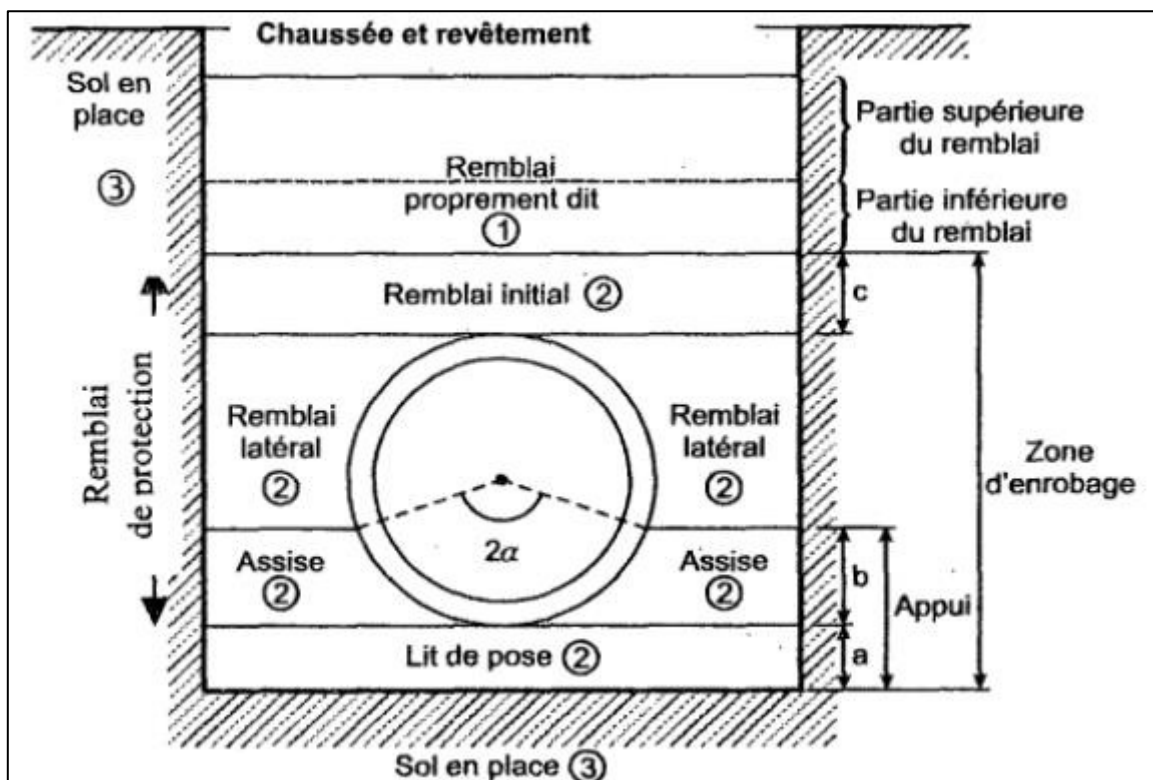


Fig. 7 – Coupe d'une tranchée type, Fascicule 70

Les caractéristiques suivantes doivent être remplies par la tranchée :

- Lit de pose d'une épaisseur supérieure ou égale à 10 centimètres sur sol normal et d'une épaisseur supérieure ou égale à 15 centimètres sur sol dur ou rocheux ;
- L'épaisseur du remblai initiale doit être au moins égale à 10 centimètres au-dessus du collet et à 15 centimètres de la génératrice supérieur, cette épaisseur doit tenir compte de la mise en œuvre liées aux caractéristiques du matériel de compactages.



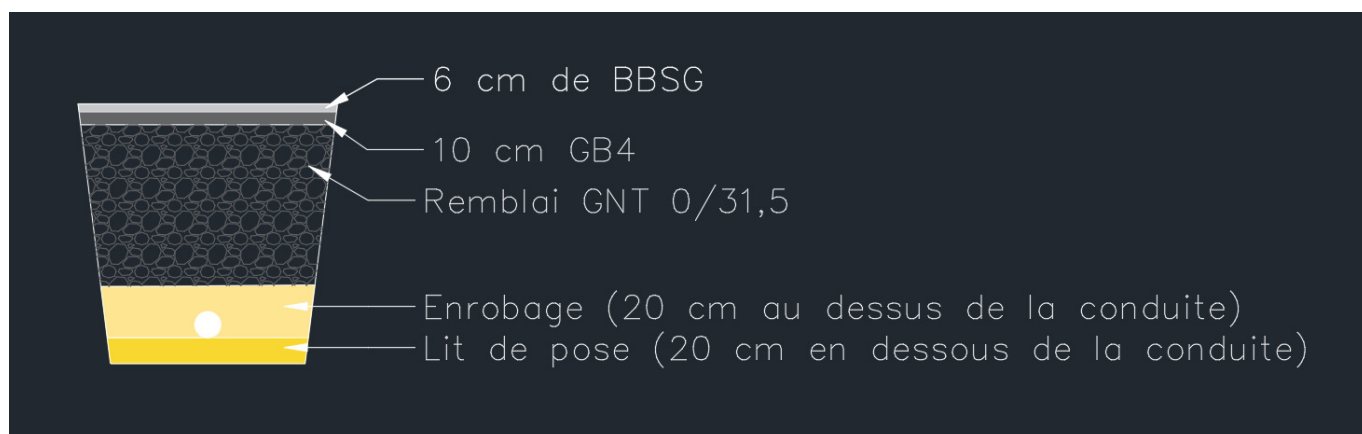


Fig. 8 – Coupe de la tranchée prévue pour la mise en place du réseau EU, VERDI

Cette coupe permet de valider la conformité des caractéristiques cités ci-dessus. Avec ici la partie de l'enrobage comprenant le remblai initial d'une épaisseur de 20 cm est jouant le rôle des remblais latéraux et des assises. Le lit de pose prévu avec une épaisseur de 20 cm soit supérieur à l'épaisseur demandé.

5.1.2. Utilisation des matériaux en enrobages

Les matériaux utilisables en enrobages sont décrits dans le tableau suivant :

Groupe	Description	Matériaux selon NF-P-11300 (Etat h, m ou s)
G1	Sables et graves propres, concassés ($D_{max} < 50$ mm). Sables ou graves peu silteuses	D1 D2 D3 DC1, DC2, DC3 B1-B3 C1B1, C1B2, C2B1, C2B3
G2	Sables ou graves peu argileux	B2-B4 C1B2, C2B2, C1B4, C2B4
G3	Sables et graves très silteux, limons peu plastiques, sables fins peu pollués ($IP < 12$)	A1 B5 C1A1, C2A1, C1B5
G4	Sables et graves argileux à très argileux, sables fins argileux, limons argiles et marnes peu plastiques ($IP < 25$)	A2 B6 C1A2, C2A2 C1B6, C2B6
G5	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques ($IP > 25$)	A3, C1A3, C2A3 A4, C1A4, C2A4

Les matériaux G1 à G4 sont utilisables en enrobages, les matériaux G5 sont eux inutilisables en enrobages.

Les sols en place sont de classes A1, A2, A3 et C1A1. Seuls les matériaux de classes A1, A3 et A2 pourront être utilisés en enrobages. Ils appartiennent à la classe G4 et G5.



5.2. Utilisation des matériaux en remblais

5.2.1. Objectifs de densification des remblais

Les tranchées, en fonction de leurs emplacements (sous chaussée, sous trottoir, sous accotement, sous espace vert), doivent répondre à des critères de densification sur différentes couches.

Les objectifs ont pour but :

- q2 : avoir des performances mécaniques correctes ;
- q3 : effet d'enclume pour faciliter le compactage de la chaussée ;
- q4 : éviter les tassements ultérieurs.

Le tableau ci-après donne les objectifs de densification :

Objectif	pdm	pdfc
q4	95 % pd OPN	92 % pd OPN
q3	98.5 % pd OPN	96 % pd OPN
q2	97 % pd OPM	95 % pd OPM

Avec :

- pdm : masse volumique sèche moyenne sur l'épaisseur compactée ;
- pdfc : masse volumique sèche en fond de couche ;
- pd OPN : masse volumique sèche à l'Optimum Proctor Normal ;
- pd OPM : masse volumique sèche à l'Optimum Proctor Modifié.

5.2.2. Coupes des objectifs de densification

Selon le guide de remblayage des tranchées et réfection des chaussées, des coupes types sont à respecter au droit des poses de réseaux.

Cas type I – Tranchée sous chaussée

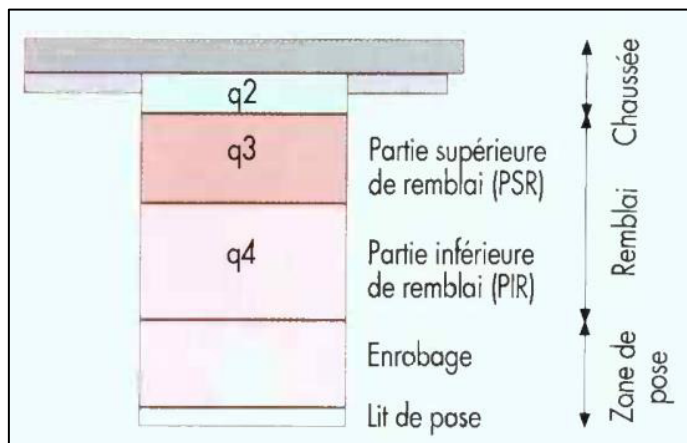


Fig. 9 – Cas d'une tranchée sous chaussée, Guide de remblayage des tranchées et réfection des chaussées

Cas type II – Tranchée sous trottoir

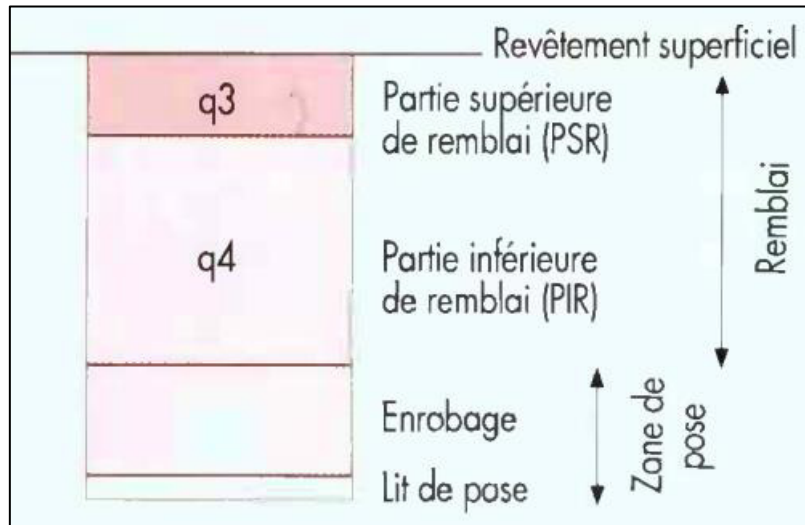


Fig. 10 – Cas d'une tranchée sous trottoir, Guide de remblayage des tranchées et réfection des chaussées

Cas type III – Tranchée sous accotement

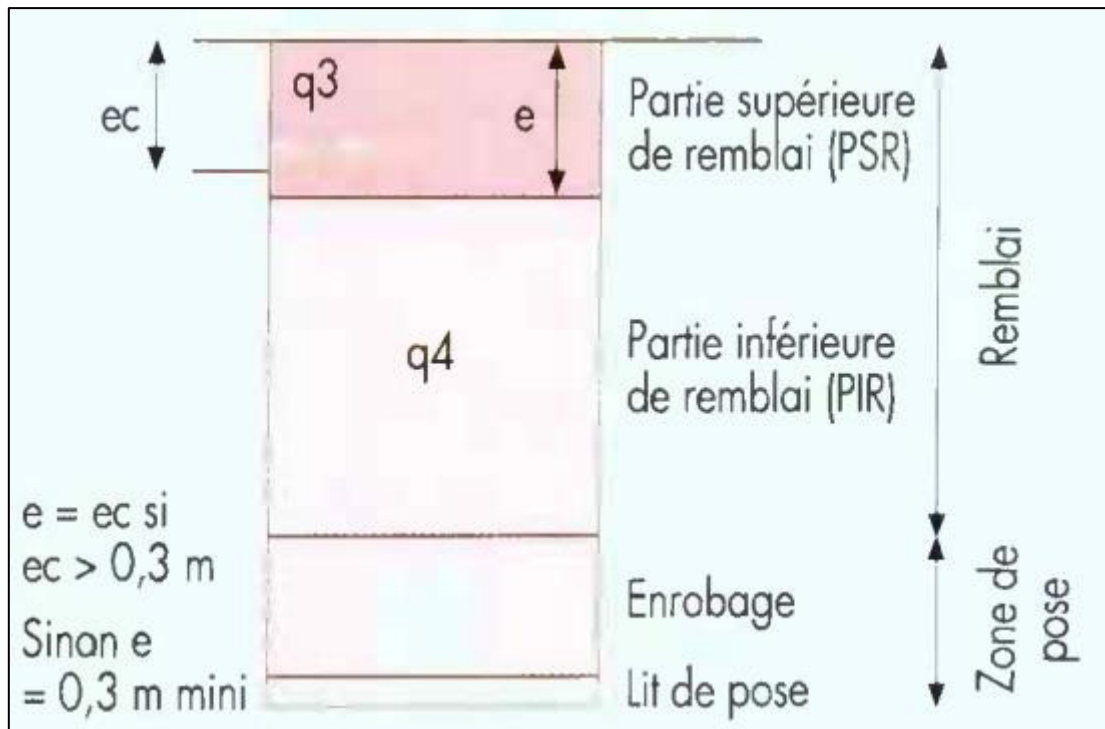


Fig. 10 – Cas d'une tranchée sous accotement, Guide de remblayage des tranchées et réfection des chaussées

Cas type IV – Tranchée sous espace vert

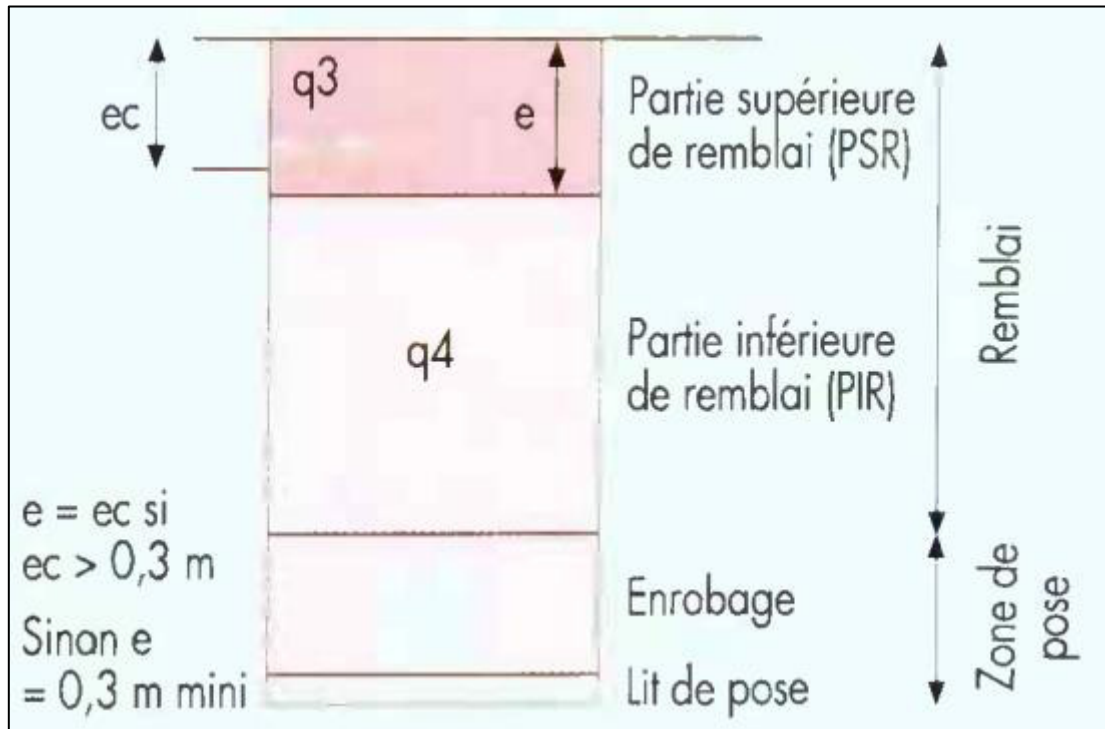
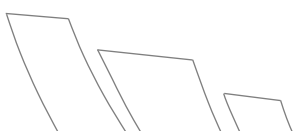


Fig. 11 – Cas d'une tranchée sous espace vert, Guide de remblayage des tranchées et réfection des chaussées

5.2.3. Matériaux utilisables en remblai

Les matériaux présentant l'une des caractéristiques suivantes ne peuvent pas être utilisés en remblais :

- Les matériaux dont le D_{max} est supérieur au tiers de la largeur de la tranchée ne sont pas utilisables ;
- Les matériaux dont le D_{max} est supérieur aux deux tiers de l'épaisseur de la couche élémentaire autorisée pour le cas de compactage ne sont pas utilisables ;
- Les matériaux à l'état très sec et très humide sont à exclure ;
- Les matériaux gelés sont à exclure ;
- Les matériaux gélifs sont à exclure dans la zone soumise au gel ;
- Les sous-produits industriels ne seront utilisés qu'après une étude particulière.



Matériaux utilisables en objectif de densification q4

Sols NF P 11-300	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Sols fins	A1h ; A1m ; A1s ; A2h ; A2m	
Sols sableux et graveleux avec fines	B1 ; B2h ; B2m ; B2s ; B3 ; B4h ; B4m ; B4s ; B5h ; B5m ; B5s ; B6h ; B6m	
Sols comportant des fines et des gros éléments	C1A1h ; C1A1m ; C1A2h ; C1A2m ; C2A1h ; C2A1m ; C2A2h ; C2A2m ; C1B2h ; C1B2m ; C1B4h ; C1B4m ; C1B5h ; C1B5m ; C1B6h ; C1B6m ; C2B2h ; C2B2m ; C2B4h ; C2B4m ; C2B5h ; C2B5m ; C2B6h ; C2B6m	
Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments	C1B1 ; C1B3 ; C2B1 ; C2B3	
Sols insensibles à l'eau	D1 ; D2 ; D3	
Matériaux rocheux NF P 11-300	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Craies	R11 ; R12h ; R12m ; R13h ; R13m	
Calcaires rocheux divers	R21 ; R22 ; R23	R22 et R23 assimilés à C2B4
Roches siliceuses	R41 ; R42 ; R43	R42 assimilé à C2B4 R43 assimilé à C1B1
Roches magmatiques et métamorphiques	R61 ; R62 et R63	R62 et R63 assimilés à C2B4
Sous-produits industriels NF P 11-300	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Cendres volantes et cendres de foyers silico-alumineuses de centrales thermiques	F2h ; F2m ; F2s	F2 assimilé à A1
Schistes houillers	F31 ; F32	F31 et F32 assimilés à D3
Schistes des mines de potasse	F41 ;	F41 assimilé à B5
Mâchefers d'incinération des ordures ménagères	F61 ; F62	F61 et F62 assimilés à B4

Matériaux de démolition	F71	F71 assimilé à C2B4
Laitiers de haut-fourneau	F8	Fonction du type d'obtention
Matériaux d'apport élaborés	Difficulté de compactage	
Matériaux élaborés	DC1 ; DC2 ; DC3	

Matériaux utilisables en objectif de densification q3

Sols NF P 11-300	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Sols sableux et graveleux avec fines (non argileuses)	B1 ; B3	
Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments	C1B1 ; C1B3 ; C2B1 ; C2B3 ; C1B4 – C2B4 après élimination de la fraction, fine 0/d	
Sols insensibles à l'eau	D1 ; D2 ; D3	
Matériaux rocheux NF P 11-300	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Craies	R11	
Calcaires rocheux divers	R21 ; R22	R22 assimilé à C2B4
Roches siliceuses	R41 ; R42	R42 assimilé à C2B4
Roches magmatiques et métamorphiques	R61 ; R62	R62 assimilé à C2B4
Sous-produits industriels NF P 11-300	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Schistes houillers	F31	F31 assimilé à D3
Mâchefers d'incinération des ordures ménagères	F61 ; F62 Se référer à la réglementation pour l'utilisation	F61 et F62 assimilés à B4
Matériaux de démolition	F71	F71 assimilé à C2B4
Laitiers de haut-fourneau	F8	Fonction du type d'obtention
Matériaux d'apport élaborés	Difficulté de compactage	
Matériaux élaborés	DC1 ; DC2 ; DC3	

5.3. Terrassements généraux

5.3.1. Principe

Le niveau bas du projet de la STEP est prévu calé à 358.20 m NGF. Les niveaux bas des projets de création de poste de refoulement et de la mise en place des réseaux ne sont pas connus. Toutefois, d'après les informations communiquées par le maître d'œuvre et en fonction des caractéristiques du projet total, la réalisation de celui-ci impliquera :

- la réalisation de terrassements en déblais d'environ 2.0 à 3.0 m de hauteur pour le creusement des ouvrages enterrés (postes de refoulement) ;
- la réalisation de terrassements en déblais de 2.92 m de hauteur maximale pour la mise en place du réseau ;
- la réalisation des terrassements en déblais pour insérer les bassins en plantés de roseaux devront atteindre 2.5 m de hauteur.

Les fouilles seront réalisées principalement dans les terrains de couverture (formation 1), les argiles (formation 2) et pourront atteindre localement les sables (formation 3) et les marnes et/ou calcaires (formation 4).

En fonction du niveau bas du projet, le maintien des terres pourra nécessiter un simple blindage, des talus provisoires et/ou des ouvrages de soutènement.

5.3.2. Conditions de terrassement

Les terrassements des matériaux du site pourront présenter des difficultés compte tenue de la présence du substratum (formation 4) et pourront être réalisés avec une pelle puissante assisté d'un BRH en cas de rencontre de blocs.

Les démolitions des éventuelles structures enterrées (réseaux, enrobés ...) pourront nécessiter également l'emploi d'engin adaptés (BRH, dent de déroctage ...). Nous attirons l'attention sur le fait que ces procédés génèrent des vibrations dont il faudra tenir compte notamment vis-à-vis des avoisinants.

Les matériaux du site sont de nature argileuse et limoneuse et donc sensibles à l'eau. Par conséquent, les travaux devront être réalisés dans des conditions météorologiques favorables pour permettre la circulation des engins sans détériorer la plateforme. Dans le cas contraire, des dispositions particulières pourront être nécessaires (ajout de matériaux granulaires...).

5.3.3. Drainage en phase chantier

Il est rappelé qu'aucun niveau d'eau n'a été observé durant les investigations réalisées. Toutefois, les terrassements pourront recouper des venues d'eau.

Afin de limiter les contraintes d'exécutions qui résulteraient de la présence d'un niveau d'eau lors des ouvertures, nous recommandons de :



- privilégier une exécution des travaux de terrassements en période climatique favorable (sans pluie) ;
- prévoir la mise en œuvre d'un système de pompage à débit adapté dans l'objectif, le cas échéant, d'assécher les fonds de fouilles pour travailler à sec ;
- employer le cas échéant, pour le coulage des fondations sous nappe, un béton fortement dosé ;
- prévoir la mise en œuvre éventuelle d'enceintes étanches pour couler les fondations des postes de refoulement au sec.

5.3.4. Préparation des remblais des digues et plateformes

Après les terrassements généraux, il conviendra de purger les éléments suivants sur toute leur épaisseur au droit des digues :

- la terre végétale (formation 1) ;
- les éventuels matériaux évolutifs ;
- les éventuelles structures enterrées ;
- les éventuelles poches de matériaux médiocres, foisonnés ou décomprimés ;
- les remblais de mauvaise de qualité.

5.3.5. Réemploi des matériaux du site

Les argiles (formation 2) sont classées selon le GTR 2000 en sol de type A1 et A3. Ils sont difficiles à mettre en œuvre.

Les sols A1, A2, A3 et C1A1 ne sont pas réutilisables aux états hydriques « très sec » et « très humide ». Aux états « sec », « moyen » et « humide », ils pourront être réutilisés en remblais sous certaines conditions. Il faudra se référer aux GTR2000 afin de savoir les conditions de réutilisation en fonction de la météorologie et de l'état hydrique en phase travaux. On retiendra que les matériaux présentent la gamme de réemploi la plus large.

Ils pourront être utilisés en couche de forme en cas de météorologie favorable (pas de pluie) et à condition d'être traités au liant hydraulique seul ou au liant hydraulique et à la chaux avec application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné. Des essais complémentaires devront être réalisés sur les sols en place afin d'optimiser la solution de traitement.

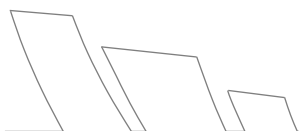
5.3.6. Talutages

Rappelons que des déblais pouvant atteindre 3.0 m de hauteur pourraient être réalisés dans le cadre du projet.

En première approche, hors d'eau et hors mitoyenneté, et pour des talus de hauteur inférieure à 3.0 m, les terrassements en déblai présenteront des pentes en phase provisoire et définitive de :

- 3B/2H* (3 de base pour 2 de hauteur) pour les terrains de couvertures (formation 1), les argiles (formation 2) et le substratum (formation 4) ;
- 3B/1H (3 de base pour 1 de hauteur) dans les sables (formation 3).

*A condition de mettre en place des éléments stabilisateurs tels que des géotextiles et/ou géomembranes.



Les pentes seront à adapter à la tenue des terrains à l'ouverture des fouilles et à la présence éventuelle des venues d'eau.

Dans le cas où les pentes de talus provisoires ne peuvent être respectées (mitoyennetés/avoisinances) ou pour des talus de hauteur > 2.5 m, un ouvrage de soutènement provisoire sera à prévoir.

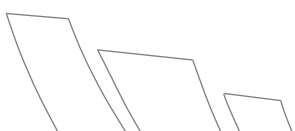
Sous réserve de l'avis du Géotechnicien, le talutage pourra être adapté en fonction de la tenue des terrains au moment des terrassements (venues d'eau notamment).

Les dispositions suivantes devront être respectées :

- éviter tout dépôt de matériel ou circulation d'engins de chantier à proximité des excavations (en crêtes de talus particulièrement) ;
- protéger les talus contre les eaux de ruissellement et les intempéries par la mise en place de bâches polyanes soigneusement fixées ;
- collecter les eaux en amont des talus et les évacuer vers un exutoire adapté (pompage éventuel à prévoir en cas de drainage gravitaire irréalisable) ;
- respecter une banquette de 2 m de largeur minimum entre la tête des talus et les avoisinants.

5.3.7. Soutènements provisoires

Dans le cas où les pentes de talus ne peuvent être respectées (présence d'eau, mitoyennetés, avoisinants ...), la réalisation du projet pourra impliquer la mise en œuvre d'ouvrages de soutènement provisoires.

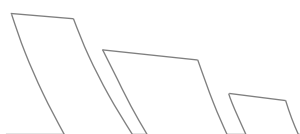


Les hypothèses géotechniques à retenir au stade de l'avant-projet sont les suivantes :

Formation	Caractéristiques géomécaniques		
	γ_h (kN/m ³)	ϕ' (°)	C' (kPa)
1 – terrains de couverture	20	15	0
2 – argiles	18	25	5
3 – sables	19	30	0
4 – substratum	21	30	20

Le dimensionnement des éventuels ouvrages de soutènement sera réalisé en phase projet lors d'une mission de type G2 PRO. Ils pourront être de types palplanches ou panneaux coulissants type "Krings".

Les travaux de soutènement devront impérativement être réalisés par une entreprise spécialisée en parfaite coordination avec le lot terrassement.



5.4. Fondations des ouvrages

5.4.1. Principe

Compte tenu de la qualité des terrains en place et des caractéristiques du projet, les postes de refoulement pourront être fondés par l'intermédiaire d'un radier général ancré de manière homogène soit dans les argiles (formation 2) poste de refoulement N°2, soit dans les sables (formation 3) poste de refoulement N°1.

Les fondations respecteront un ancrage minimum de 0.3 m dans le sol support (formations 2 ou 3).

Compte tenu du niveau bas du projet, les conditions de mise hors gel seront vraisemblablement respectées (encastrement minimum de 1.0 m par rapport à la plus proche surface exposée aux intempéries).

5.4.2. Préparation des fonds de fouille

Il conviendra de purger sur toute leur épaisseur au droit des ouvrages :

- les terrains de couverture (formation 1) ;
- les passées médiocres observées des argiles (formation 2) et passées de sables (formation 3) lâches ;
- les gros blocs (> 30 cm) présents en fonds de fouille pouvant créer un phénomène de point dur ;
- les éventuels matériaux évolutifs ;
- les éventuelles poches de matériaux médiocres, foisonnés ou décomprimés.

Le rattrapage éventuel des côtes du projet sera fait avec des matériaux granulaires, durs, insensibles à l'eau (matériaux type D3, R21, ou équivalent) et soigneusement compactés.

Les fonds de fouille se situeront soit dans les argiles (formation 2), soit dans les sables (formation 3).

Il est préconisé de réaliser les plateformes d'assises avec une couche de réglage en matériaux d'apport 0/31.5 mm pour faciliter la mise en œuvre des radiers.



5.4.3. Méthodologie pour le dimensionnement des fondations

La justification par calcul des fondations superficielles sera établie selon les dispositions relatives au calcul des fondations superficielles aux ELS et ELU (Etats Limites de Service et Etats Limites Ultimes) suivant les recommandations de l'Eurocode 7 (NF P 94-261).

Portance

La vérification de l'état-limite de portance s'effectue en satisfaisant l'inégalité suivante pour tous les cas de charge et de combinaisons de charge aux états limites ultimes et de services :

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d} \quad [NF P 94-261 - \text{formule 9.1.1}]$$

Avec :

V_d : composante verticale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain ;

$R_0 = A \cdot q_0$ avec A , la surface de la semelle et q_0 , la contrainte totale verticale à la base de la fondation après travaux en faisant abstraction de celle-ci ;

$R_{v;d}$: valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle.

Pour une fondation superficielle, $R_{v;d}$ se détermine au moyen de la formule suivante :

$$R_{v;d} = \frac{R_{v;k}}{\gamma_{R;v}} \quad \text{Et} \quad R_{v;k} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;d;v}} \quad [NF P 94-261 - \text{formule 9.1.3 et 9.1.4}]$$

Au final, on obtient :

$$V_d \leq \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;v} \gamma_{R;d;v}}$$

Détermination de la contrainte nette du terrain (q_{net}) sous les fondations superficielles à partir de l'essai pressiométrique

$$q_{net} = k_p \cdot p_{le}^* \cdot i_\delta \cdot i_\theta \quad [NF P 94-261 \text{ Equation D.2.1}]$$

Avec :

k_p : facteur de portance ;

p_{le}^* : pression limite nette équivalente ;

i_δ : coefficient de réduction lié à l'inclinaison du chargement ;

i_θ : coefficient de réduction lié à la proximité d'un talus.

Avec :

A' : surface effective de la semelle (en fonction de la géométrie de la fondation (cf. NF P 94-261 Annexe Q) ;

q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain ;

$\gamma_{R;v}$: facteur partiel de portance (1.4 à l'ELU fondamental, 1.2 à l'ELU accidentel, 2.3 à l'ELS (cf. NF P 94-261 §D.1(2)) ;



$\gamma_{R;d,v}$: facteur de modèle (1.2 à l'ELU fondamentale, à l'ELU accidentel et à l'ELS (cf. NF P 94-261 §D.1(2))).

Glissement (ELU)

En fonction des effort horizontaux prévus sur l'ouvrage, il conviendra également de satisfaire les conditions de non glissement. Ce point pourra être étudié en phase projet.

Excentricité

La vérification des excentricités s'effectue en satisfaisant les inégalités données aux paragraphes 9.5 et 13.3 de la norme NF P 94-261 relative aux fondations superficielles.

5.4.4. Contraintes de calcul sous charge verticale centrée (Etats limites)

D'après les différentes vérifications présentées ci-dessus, il vient, dans le cas du projet étudié, que les conditions à satisfaire sont :

- V_d ELU Accidentelles / $A' < i_\delta * i_\beta * 95$ kPa ;
- V_d ELU Fondamental / $A' < i_\delta * i_\beta * 80$ kPa ;
- V_d ELS Quasi Permanent et Caractéristique / $A' < i_\delta * i_\beta * 50$ kPa.

A titre d'information, pour une charge verticale centrée (sans excentricité) et éloignée de tout, il vient :

Formation	Contraintes de calcul (kPa)		
	ELU A	ELU F	ELS QP et C
2 – Argiles	95	80	50
3 – Sables			

Pour rappel, les conditions d'excentricité données au paragraphe 9.5 et 13.3 de la norme NF P 94-261 relative aux fondations superficielles devront également être satisfaites.

5.4.5. Estimation des tassements

Les tassements du dallage peuvent être évalués à partir des essais pressiométriques grâce à la relation suivante :

$$S = \frac{\alpha \times q \times h}{E_M}$$

Avec :

S : Tassement (m) ;

α : coefficient rhéologique du sol ;

h : hauteur de sol déformable (m) ;

q : contrainte appliquée sur le sol (t/m^2) ;

E_M : Module pressiométrique du sol (t/m^2).



Pour une contrainte appliquée de 50 kPa à l'ELS, et pour autant que les conditions de sols et d'eau rencontrées soient en accord avec les hypothèses retenues, les tassements maximums du dallage seront inférieurs au centimètre. Ces tassements devront être pris en compte par le BET Structures dans la conception du projet.

Dans tous les cas, et une fois les descentes de charges et les plans de fondations connus, il conviendra impérativement de valider les tassements au stade du projet lors d'une mission G2 PRO.

5.4.6. Recommandations pour les fondations

Les dispositions constructives suivantes devront être respectées :

- régler horizontalement le fond de fouille ;
- contrôler la qualité et l'homogénéité du fond de fouille ;
- mettre en œuvre une bèche périphérique pour éviter tout glissement plan de l'ouvrage et pour respecter la conditions de mise hors-gel des fondations dans les zones le nécessitant ;
- mettre en place des joints de construction (y compris au niveau des fondations) entre les parties d'un même ouvrage présentant des descentes de charge et / ou un mode de fondation hétérogènes ;
- respecter les règles du NF P 94-261 concernant les fondations assises à des niveaux décalés ou à proximité de talus (pente de 3 pour 2 entre les fondations).

Il est impératif de procéder rapidement aux opérations de bétonnage du radier et de pose de l'ouvrage. Cela permettra de limiter la durée d'ouverture de l'excavation ainsi que les aléas inhérents aux contraintes d'exécution liés à la profondeur à atteindre.

5.4.7. Murs enterrés

Les murs enterrés devront être dimensionnés pour reprendre la poussée des terres et les poussées dues aux éventuelles surcharges.

5.5. Drainage périphérique

Pour la pérennité des ouvrages, on conseillera de protéger toutes les parties enterrées contre les infiltrations d'eau au moyen d'un dispositif drainant (ex : drains périphériques réalisés selon les règles de l'art).

Le drainage périphérique sera réalisé suivant les recommandations du DTU 20.1. Il devra faire l'objet d'un entretien régulier pour assurer son bon fonctionnement dans le temps.

Le remblaiement à l'arrière des murs enterrés devra être réalisé avec des matériaux granulaires, drainants, soigneusement compactés (sables et graviers sans fines) avec récupération et évacuation des eaux pluviales vers un exutoire adapté.

Après mise en place des ouvrages, le pourtour de la fouille sera soigneusement comblé par couches successives compactées de matériaux adaptés (de bonne qualité et à bonne teneur en eau naturelle) destinés à faciliter l'étanchement périphérique.



Il pourra être nécessaire de prévoir une étanchéité relative des ouvrages et un système de drainage sur toute leur hauteur reliée à un drain de pied avec mise en place d'un exutoire pérenne en aval du projet.

5.1. Remblai technique des digues

5.1.1. Principe

Le remblai technique composant les digues sera réalisé après préparation soignée de la plateforme (cf. chapitre 5.3.4.). Nous ne connaissons pas l'amplitude des remblaiements.

Le remblai sera constitué de matériaux granulaires, durs, insensibles à l'eau et soigneusement compactés (0/100 mm classés D3, R2, ou équivalent), drainants ($D_{10} > 1$ mm) et non gélifs. Les matériaux seront conformes au GTR2000. Les fiches matériaux devront être fournies avant le démarrage du chantier.

Le remblai technique sera dressé avec une pente maximale de 3B/2H (3 de base pour 2 de hauteur) tant en phase provisoire que définitive.

Le phasage du chantier devra permettre de réceptionner par essais à la plaque le remblai technique avant mise en œuvre de la couche réglage.

5.1.2. Mise en œuvre du remblai technique

La réalisation du remblai technique nécessitera les dispositions suivantes :

- mettre en place un géotextile à l'interface entre le fond de forme et le remblai technique afin d'assurer un rôle anticontaminant ;
- mettre en place les matériaux par couches successives conformément aux prescriptions du GTR2000, l'épaisseur de chacune des couches du remblai ne dépassera pas les valeurs indiquées dans les recommandations du GTR2000, en tenant compte de la classe de sol et du type d'engin de compactage ;
- contrôler régulièrement la portance et la qualité du remblai par des essais de chargement à la plaque au minimum tous les 0.5 m ;
- contrôler le remblai technique finalisé à l'aide d'essais au pénétromètre dynamique et d'essais de chargement à la plaque.

5.1.3. Contrôle du remblai technique

La structure du remblai sera contrôlée en cours de réalisation par des essais de chargement à la plaque réalisés selon le mode opératoire du LCPC. En fonction des objectifs, les critères de réception à atteindre seront les suivants :



Corps du remblai :

- $EV2 > 30 \text{ MPa}$;
- $EV2/EV1 < 2.2$.

Tête du remblai (voiries) :

- $EV2 > 50 \text{ MPa}$;
- $EV2/EV1 < 2.2$.

5.2. Voiries d'entretien

5.2.1. Couche de forme

La couche de forme sous voiries d'entretien sera :

- mise en œuvre sur un géotextile anti contaminant sur fond de forme argileux ;
- compactée par couches selon les recommandations pour les terrassements routiers du guide technique "Réalisation des remblais et des couches de forme" du SETRA/LCPC édition 2000 avec contrôles impératifs par couches.

Pour un fond de forme constitué des formations de couverture (formation 1) et des argiles (formation 2) il faudra prévoir une couche de forme d'au minimum 60 cm d'épaisseur.

La couche de forme sera constituée de matériaux 0/80 mm fermés en tête par 10 cm de couche de réglage en matériaux 0/31.5 mm.

La couche de forme sera constituée de matériaux granulaires type graves ou concassés calcaires $\emptyset 80 \text{ mm}$ classés GTR D3 ou équivalent, bien gradués, drainants et insensibles à l'eau (passant à $80 \mu\text{m}$ inférieur à 12% ; $VBS < 0,1$), non gélifs, chimiquement inertes, et durs ($LA/MDE < 45$). Ces valeurs sont valables en conditions météorologiques favorables.

La couche de forme sera dimensionnée et réalisée conformément aux recommandations du GTR 2000.



5.2.2. Contrôle

La portance de la couche de forme devra être contrôlée par des essais à la plaque suivant le mode opératoire du LCPC. Les critères de réception de la plateforme à atteindre pour une voirie légère sont :

- $EV2 > 50 \text{ MPa}$;
- $EV2/EV1 < 2.2$.

En phase chantier, une planche d'essai permettra de valider l'ensemble des hypothèses avec les valeurs EV2 du fond de fouille, les matériaux mis en place et les moyens de compactage retenus.



6. OBSERVATIONS

Cette étude a été réalisée au stade préalable (G1) et de l'avant-projet (mission G2 AVP). Nous rappelons que conformément à la norme NF P 94 500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique, des études complémentaires doivent être réalisées au stade de l'avant-projet, du projet et de l'exécution pour une analyse détaillée des ouvrages géotechniques.



Annexe 1

Extrait de la norme NF P 94 500



Extrait de la Norme NF P 94-500 - Novembre 2013

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

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

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

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

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

Phase DCE / ACT

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

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



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

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

Phase Étude

Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).

Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.

Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).

Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle.

Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechnique seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Annexe 2

Conditions particulières

CONDITIONS PARTICULIERES

Le présent rapport ou procès-verbal ainsi que toutes annexes constituent un ensemble indissociable.

La société ECR ENVIRONNEMENT serait dégagée de toute responsabilité dans le cas d'une mauvaise utilisation de toute communication ou reproduction partielle de ce document, sans accord écrit préalable. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.

Si en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, nous avons été amenés dans le présent rapport à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient à notre client ou à son maître d'œuvre de communiquer par écrit à la société ECR ENVIRONNEMENT ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison nous être reproché d'avoir établi notre étude pour le projet que nous avons décrit.

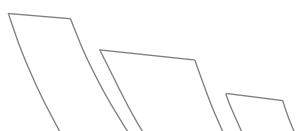
Cette étude est basée sur des reconnaissances dont le caractère ponctuel ne permet pas de s'affranchir des aléas des milieux naturels, et ne peut prétendre traduire le comportement du sol dans son intégralité.

Ainsi, tout élément nouveau mis en évidence lors de l'exécution des fondations ou de leurs travaux préparatoires et n'ayant pu être détecté lors de la reconnaissance des sols (ex. : remblais anciens ou nouveaux, cavités, hétérogénéités localisées, venue d'eau, etc.) doit être signalé à ECR ENVIRONNEMENT qui pourra reconsidérer tout ou une partie du rapport. Pour ces raisons, et sauf stipulation contraire explicite de notre part, l'utilisation de nos résultats pour chiffrer à forfait le coût de tout ou une partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager notre responsabilité.

De même, des changements concernant l'implantation, la conception ou l'importance des ouvrages par rapport aux hypothèses de base de cette étude, peuvent conduire à modifier les conclusions et prescriptions du rapport et doivent être portés à la connaissance d'ECR ENVIRONNEMENT.

La société ECR ENVIRONNEMENT ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans le cas où elle aurait donné son accord écrit sur lesdites modifications.

Les altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cote de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre-Expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.



Annexe 3

Coupes des sondages et résultats des essais in situ de Juin 2021

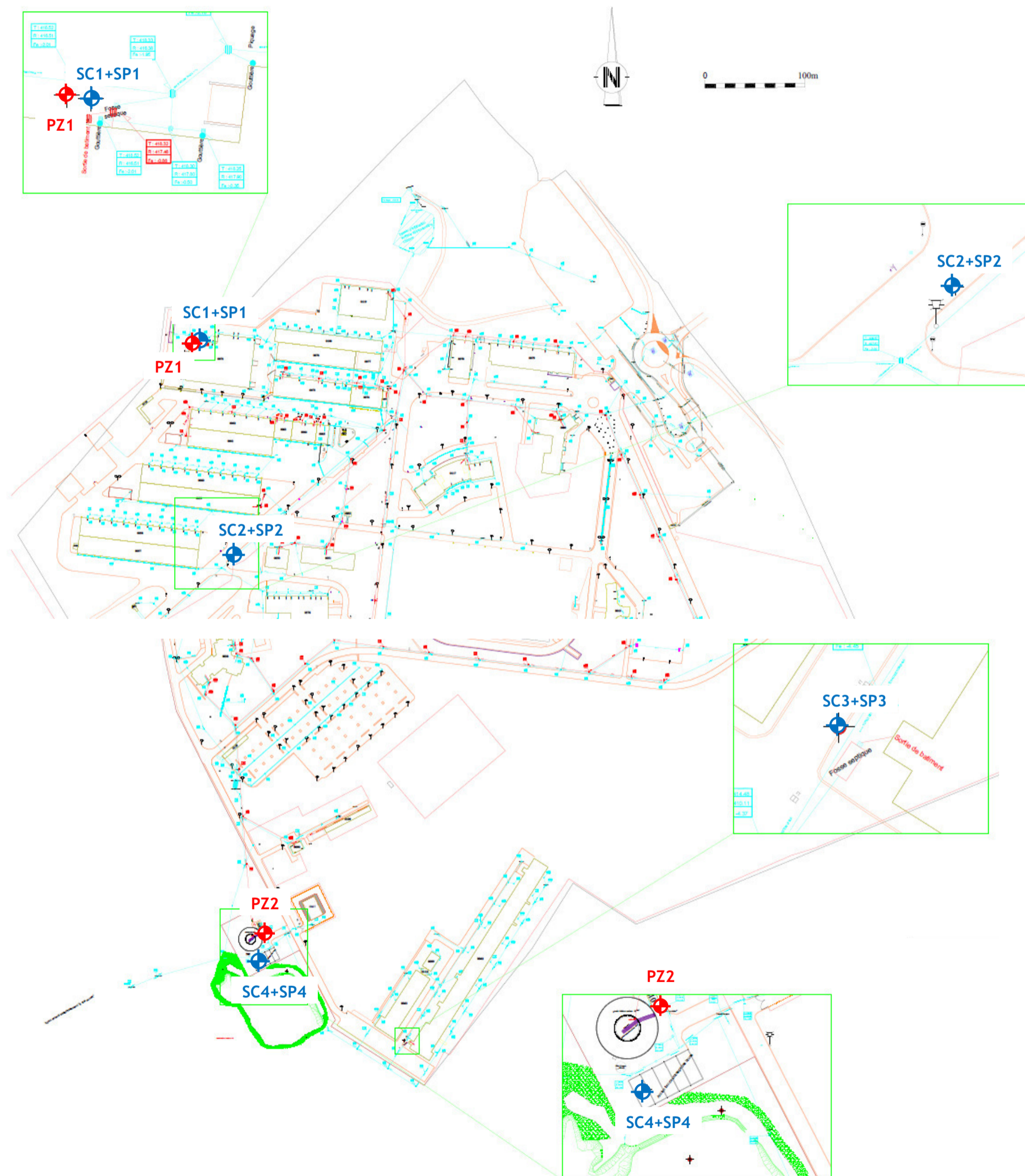


PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

Affaire : BOUROGNE (90) – Mise en conformité du réseau EU

Client : ESID de Metz

N° Dossier : 2501148



Légende :

Sondages carotté (SC) et sondage pressiométrique (SP) à 5 m :

Equipement piézométrique à 10 m (PZ) :

Planche photos de sondages carottés

Affaire : BOUROGNE (90) - Mise en conformité du réseau EU

Client : ESID de Metz

Dossier : 2501148

SC1



SC2



Planche photos de sondages carottés

Affaire : BOUROGNE (90) - Mise en conformité du réseau EU

Client : ESID de Metz

Dossier : 2501148

SC3



SC4





BOUROGNE (90)
Mise en conformité du réseau EU
Minsitère des armées

(Contrat 2501148)

Date : 07/06/2021

Cote NGF : 369.43 m

Profondeur : 0,00 - 5,00 m

Machine : Ecofore CE 302

1/25

Forage : SC1

EXGTE 3.20/GTE

Cote NGF (m)	Prof. (m)	Lithologie	Outil	Pourcentage de récupération	Niveau d'eau
369 — 368,90 m	0	Remblais : cailloutis, cailloux et graviers à faible matrice limoneuse 0,53 m	Carottier battu Ø 114 mm	95%	Forage à l'eau
368,66 m		Limons +/- argileux bruns à cailloutis et cailloux 0,77 m			
368 —	1	Marnes +/- argileuses et +/- compactes grise 1,84 m		1,00 m 95%	
367,59 m		Conglomérats non-consolidés 2,00 m		2,00 m	
367 —	2	Sables faiblement argileux à cailloutis et cailloux. 2,88 m		95%	
366,55 m		Argiles marneuses brun/gris 3,00 m		3,00 m	
366 —	3			20%	
365 —	4	Sables fins argileux brun à cailloux et cailloutis 4,00 m		4,00 m	
364,43 m	5	5,00 m		20%	
			4,70 m Carottier rotatif Ø 116	5,00 m	



BOUROGNE (90)
Mise en conformité du réseau EU
Minsitère des armées

(Contrat 2501148)

Date : 07/06/2021

Cote NGF : 380.73 m


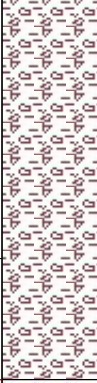
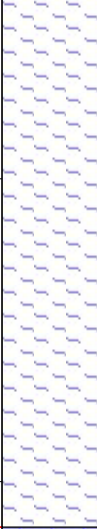

Profondeur : 0,00 - 5,00 m

Machine : Ecofore CE 302

1/25

Forage : SC2

EXGTE 3.20/GTE

Cote NGF (m)	Prof. (m)	Lithologie		Outil	Pourcentage de récupération	Niveau d'eau	
380,60 m	0		0,13 m	Carottier battu Ø 114 mm	100%	Forage à l'eau	
380	1		1,40 m		1,00 m		
379,33 m	2				2,00 m		
379	3		3,15 m		3,00 m		
378	4				4,00 m		
377,58 m	5		4,27 m	100%	4,00 m		
376,46 m		Conglomérats (cimentés en tête)			100%		
376							
375,73 m							



BOUROGNE (90)
Mise en conformité du réseau EU
Minsitère des armées

(Contrat 2501148)

Date : 07/06/2021

Cote NGF : 365.91 m



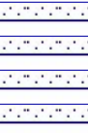



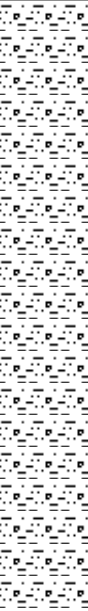





Profondeur : 0,00 - 5,00 m

Machine : Ecofore CE 302

1/25

Forage : SC3

EXGTE 3.20/GTE

Cote NGF (m)	Prof. (m)	Lithologie		Outil	Pourcentage de récupération	Niveau d'eau
365,37 m 365,32 m	0		Remblais : sable à cailloutis, cailloux et graviers (4 premier cm goudron) 0,54 m	Carottier battu Ø 114 mm	95%	Forage à l'eau
			Banc calcaire 0,59 m			
365	1		Argiles brunes avec passage sableux à cailloux 1,16 m		1,00 m	
364,75 m			Sables à faible matrice argileuse, à cailloux 1,32 m		95%	
364,59 m			Argiles limoneuses à quelque cailloux et blocs 1,49 m			
364,42 m			Cailloutis, cailloux à matrice argileuse 1,84 m			
364,07 m						
364	2		Argiles beiges/brunes parfois sableuses, à cailloux et cailloutis 3,89 m		2,00 m	
363	3				75%	
					3,00 m	
362,02 m 361,91 m	4		Calcaires 4,00 m		4,00 m	
361,71 m			Argiles brunes légèrement sableuses cailloux et cailloutis 4,20 m		70%	
361,54 m			Calcaires 4,37 m			
361,33 m			Argiles brunes légèrement sableuses cailloux et cailloutis 4,58 m			
360,91 m	5		Calcaires argileux décomprimés 5,00 m	5,00 m	5,00 m	



BOUROGNE (90)
Mise en conformité du réseau EU
Minsitère des armées

(Contrat 2501148)

Date : 07/06/2021

Cote NGF : 360.00 m

Profondeur : 0,00 - 5,00 m

Machine : Ecofore CE 302

1/25

Forage : SC4

EXGTE 3.20/GTE

Cote NGF (m)	Prof. (m)	Lithologie	Outil	Pourcentage de récupération	Niveau d'eau
359,90 m	0	Terre végétale	Carottier battu Ø 114 mm	90%	Forage à l'eau
		Remblais : cailloutis, cailloux à matrice argileuse beige			
359,00 m	1			1,00 m	
		Argiles beiges à cailloutis et cailloux de plus en plus abondants		2,00 m	
	2			100%	
357,18 m				2,82 m	
	3	Calcaires beiges		3,00 m	
356,88 m		Blocs à matrice argileuse brune		85%	
356,76 m		Calcaires beiges			
356,69 m		Blocs à matrice argileuse brune			
356,55 m		Calcaires beiges			
356,47 m		Blocs à matrice argileuse brune			
		Cailloux à matrice argileuse brune		4,00 m	
356,22 m		Calcaires fracturés			
356,00 m	4	Cailloutis, cailloux à faible matrice argileuse brune			
		Calcaires fracturés			
355,75 m		Cailloutis, cailloux à faible matrice argileuse brune		90%	
355,60 m		Calcaires fracturés			
355,48 m		Cailloutis, cailloux à faible matrice argileuse brune			
355,33 m		Calcaires fracturés			
		Cailloutis, cailloux et blocs à faible matrice argileuse brune			
355,00 m	5		5,00 m	5,00 m	

Cote NGF (m)	Prof (m)	Lithologie issue du carottage SC1	Eau	Outil	Module pressiométrique Em (MPa)				Pression de fluage Pf* (MPa)			Pression limite PI* (MPa)			E/PI*
					1	10	100	1000	0	4	8	0	4	8	
369,00 m	0	Remblais : cailloutis, cailloux et graviers à faible matrice limoneuse	Aucune venue	Tarière Ø 64 mm											
368,90 m		0,53 m													
368,66 m		Limons +/- argileux bruns à cailloutis et cailloux													
		0,77 m													
368	1	Marnes +/- argileuses et +/- compactes grise			1				1			1			
367,59 m		1,84 m													
367,43 m		Conglomérats non-consolidés			2				2			2			
		2,00 m													
367		Sables faiblement argileux à cailloutis et cailloux.													
366,55 m		2,88 m													
366,43 m		Argiles marneuses brun/gris			3				3			3			
		3,00 m													
366		Sables fins argileux brun à cailloux et cailloutis			4				4			4			
365															
364,43 m	5	5,00 m			5				5			5			

132,1

> 3,00

> 3,00

< 44,0

62,2

2,41

4,36

14,3

180,9

> 3,00

> 3,00

< 60,3



BOUROGNE (90)
Mise en conformité du réseau EU
Minsitère des armées

Contrat 25001148

Date début : 09/06/2021

Cote NGF : 380.73 m

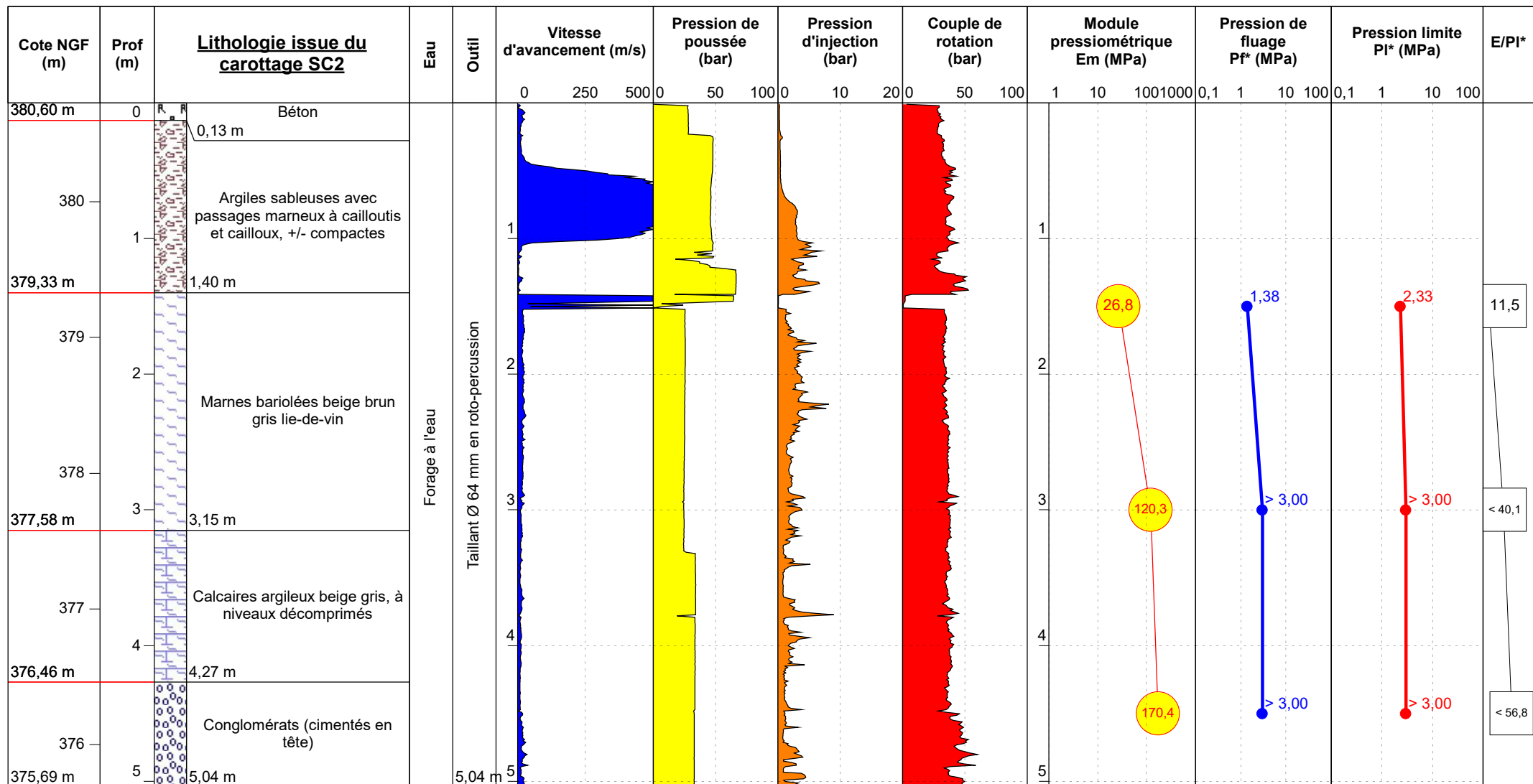
Profondeur : 0,00 - 5,04 m

Machine : Ecofore CE 302

1/40

Forage : SP2

EXGTE 3.20/LB2EPF580FR





BOUROGNE (90)
Mise en conformité du réseau EU
Ministère des armées

Contrat 2501148

Date début : 11/06/2021

Cote NGF : 365.91 m

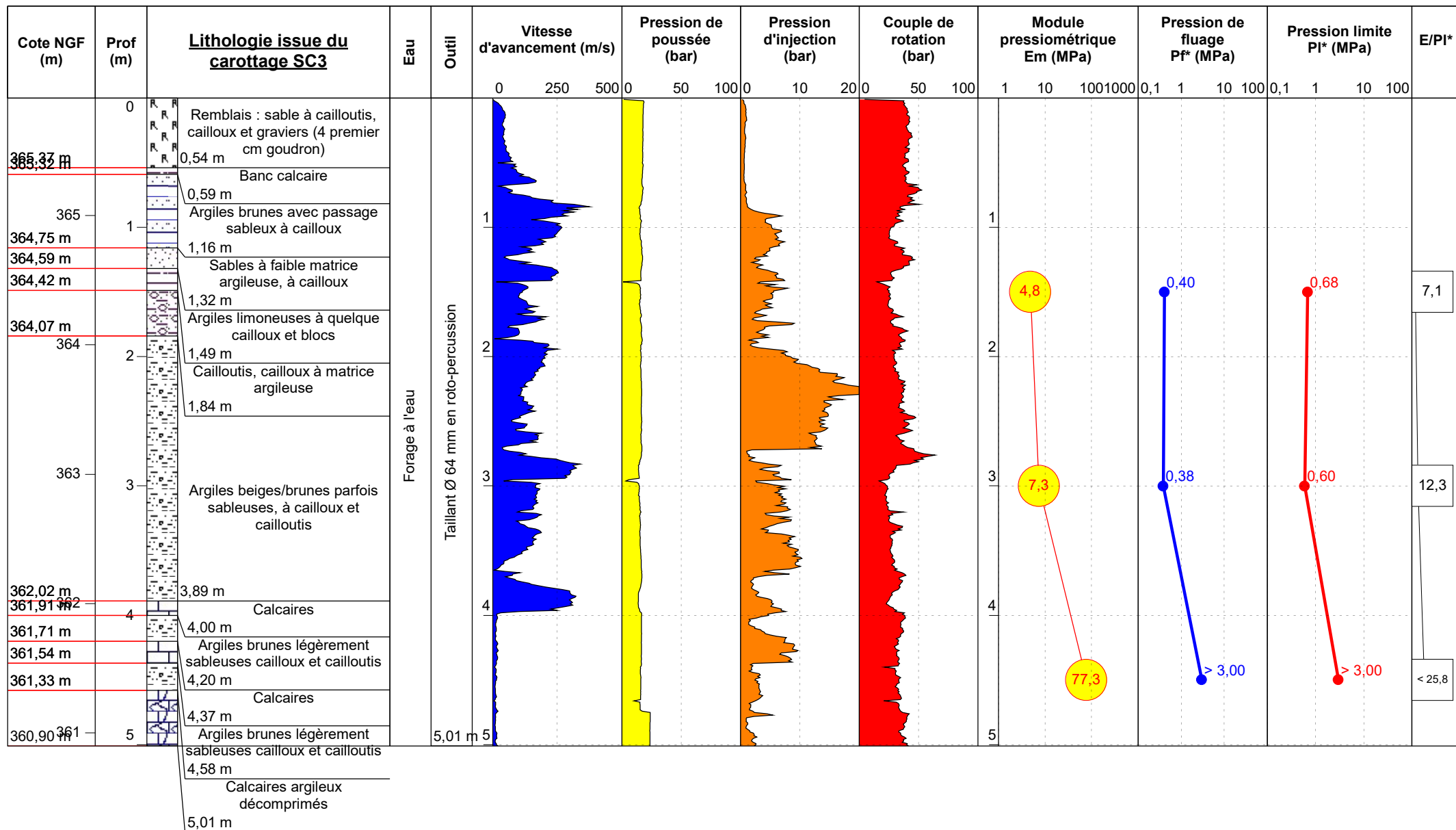
Profondeur : 0,00 - 5,01 m

Machine : Ecofore CE 302

1/40

Forage : SP3

EXGTE 3.20/LB2EPF580FR



Annexe 4

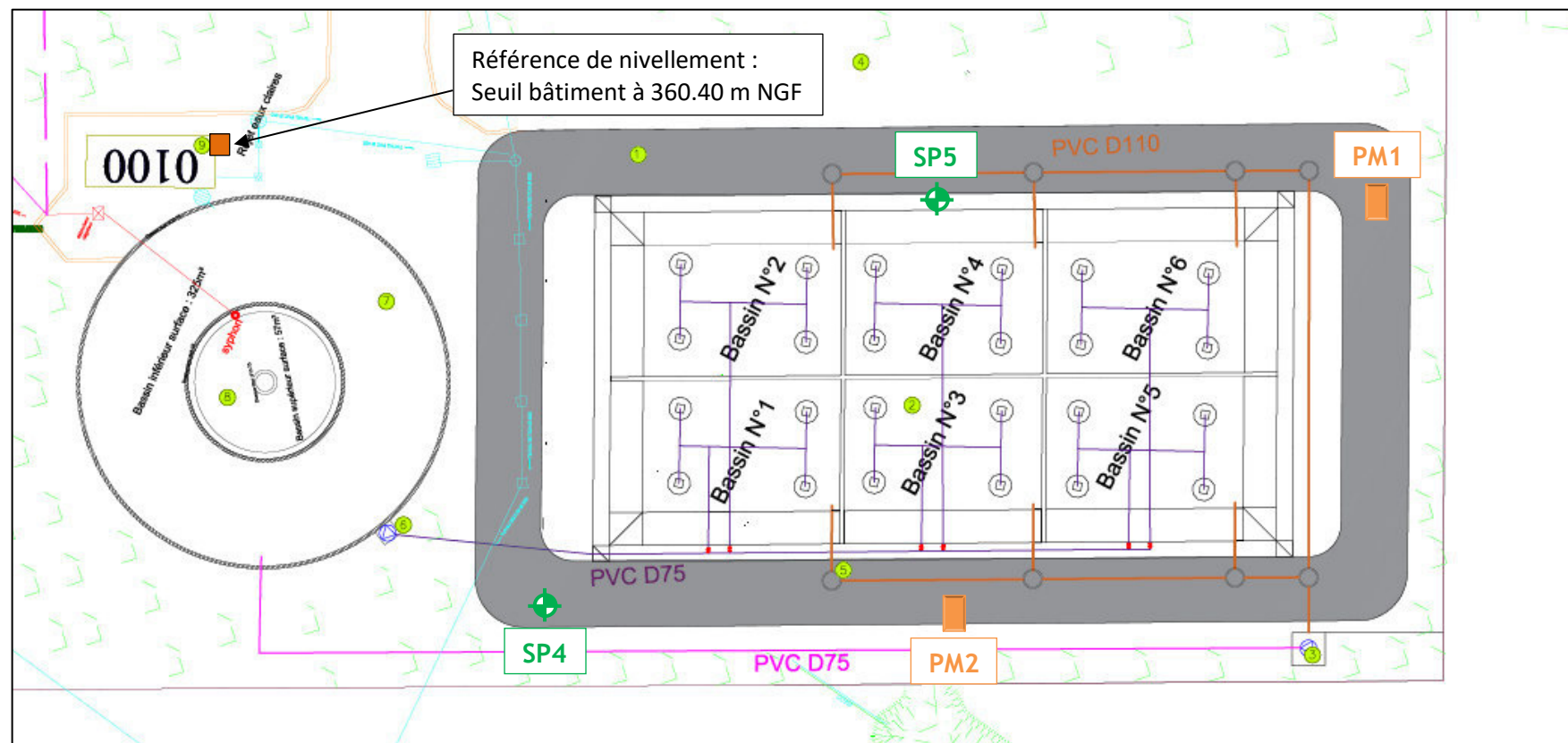
Coupes des sondages et résultats des essais in situ de Mars 2023

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

Affaire : BOUROGNE (90) – mise en conformité des réseaux des eaux usées

Client : ESID de Metz

N° Dossier : 2501148



Légende :

Sondages de reconnaissance géologiques à la pelle mécanique 8 tonnes (PM) : ■

Sondages pressiométriques (SP) : ⊕

Référence de nivellement : ■



BOUROGNE (90)
Mise en conformité du réseau EU
Ministère des armées

(Contrat 2501148)

Date : 07/03/2023

Cote NGF : 360.69 m



Profondeur : 0,00 - 2,80 m

Machine : Pelle mécanique

1/15

Forage : PM1

EXGTE 3.20/GTE

Cote NGF (m)	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Images
360	0	Argiles limono-sableuses brunes/marrons	Néant	Pelle mécanique 8 tonnes	
359	1				
358,59 m	2				
358		Blocs calcaires à matrice argileuse	Néant	Pelle mécanique 8 tonnes	
357,89 m		Refus sur calcaires à 2.8 m/TA.			



BOUROGNE (90)
Mise en conformité du réseau EU
Ministère des armées

(Contrat 2501148)

Date : 07/03/2023

Cote NGF : 359.51 m


Profondeur : 0,00 - 3,00 m

Machine : Pelle mécanique

1/15

Forage : PM2

EXGTE 3.20/GTE

Cote NGF (m)	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Images
359	0	Argiles limono-sableuses brunes/marrons	Néant	Pelle mécanique 8 tonnes	
358	1				
357,41 m	2				
357	2,10 m	Blocs calcaires à matrice argileuse	Néant	Pelle mécanique 8 tonnes	
		Refus sur calcaires à 3.0 m/TA.			
356,51 m	3	3,00 m			



BOUROGNE (90)
Mise en conformité du réseau EU
Ministère des armées

Contrat 2501148

Date : 29/03/2023

Cote NGF : 360.44 m

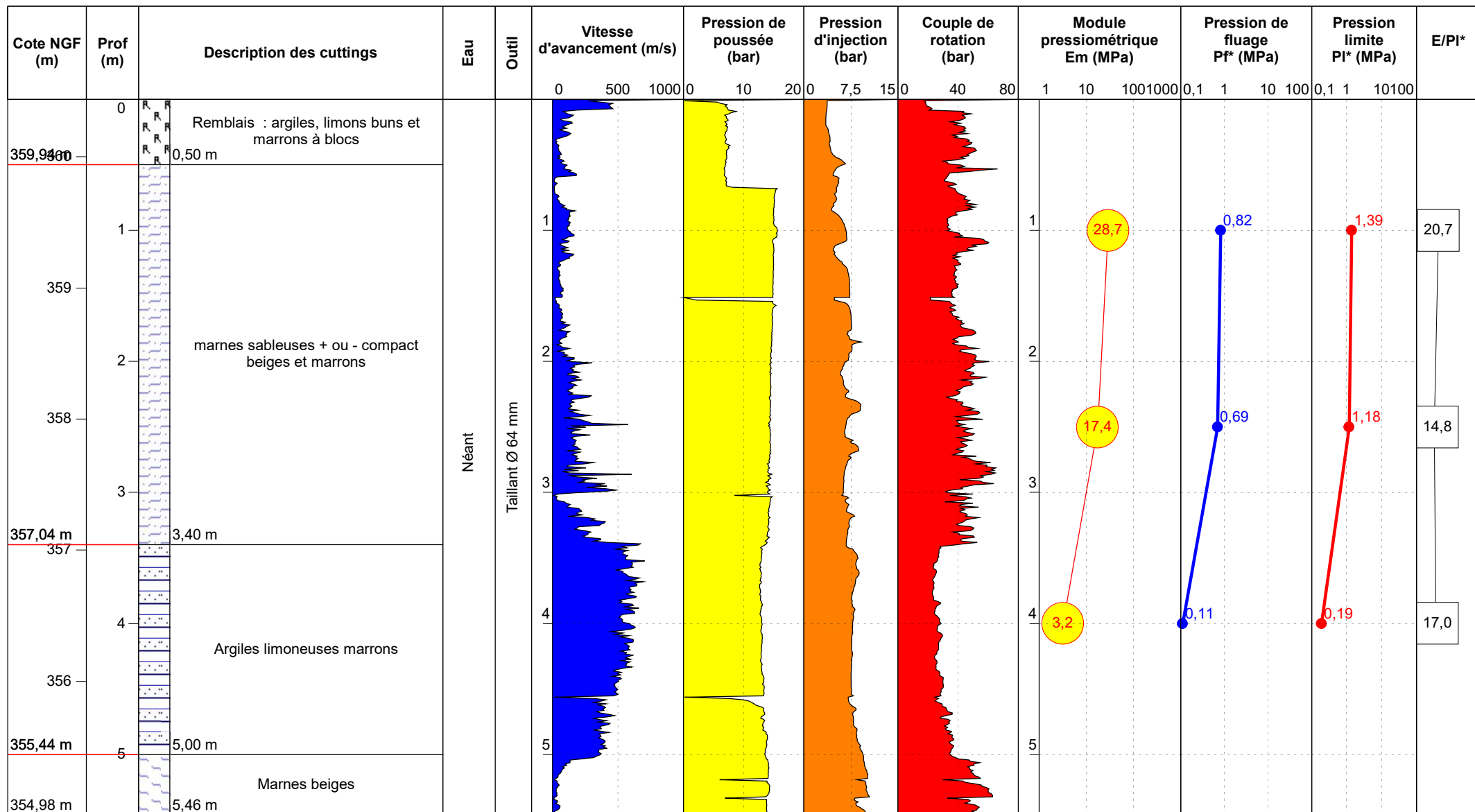
Profondeur : 0,00 - 5,46 m

Machine : ECOFORE CE 302

1/40

Forage : SP4

EXGTE 3.20/LB2EPF584FR





BOUROGNE (90)
Mise en conformité du réseau EU
Ministère des armées

Contrat 2501148

Date : 28/03/2023

Cote NGF : 360.42 m

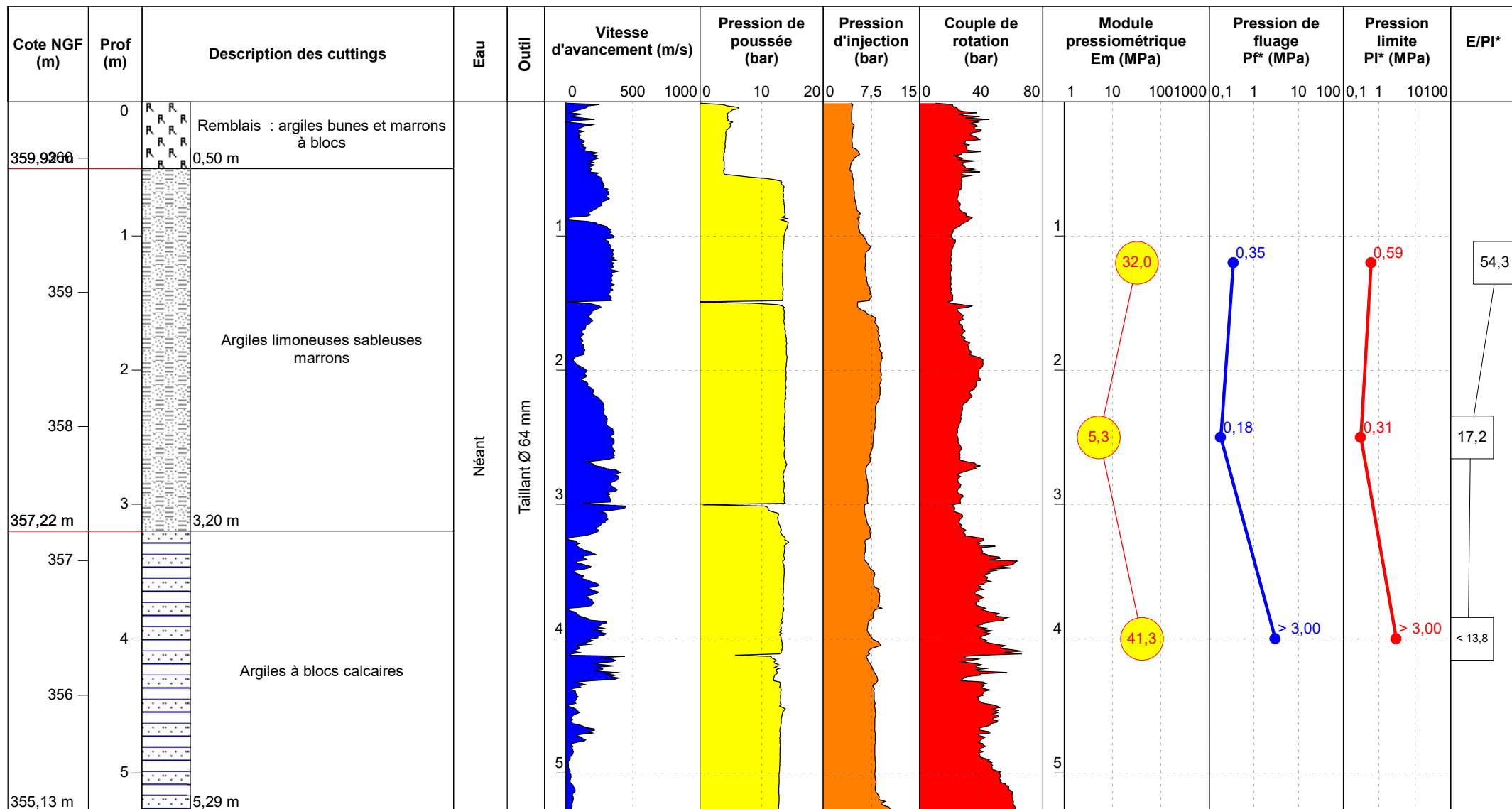
Profondeur : 0,00 - 5,29 m

Machine : ECOFORE CE 302

1/40

Forage : SP5

EXGTE 3.20/LB2EPF584FR



Annexe 5

Procès-verbaux des essais en laboratoire

Raison sociale: Laboratoire d'Analyse et de Contrôle des Sols
Nom commercial: L.A.C.S
T: 06 73 24 60 70
j.colovray@labolacs.com
5378 rue du Pou du ciel_01600_Reyrieux- France

Informations générales		Informations sur l'échantillon	
Dossier n°:	2501148	Mode de prélèvement:	CAROTTAGE
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement:	06/07/2021
		Mode de conservation :	SAC
client :	ECR environnement	N° d'identification :	1254
Ouvrage :	-	Date de réception :	27/07/2021
		Sondage n° :	SC1
		Profondeur :	0.77-1.84m
		Date d'essai :	27/07/2021
		Description :	visuelle
			calcaire

BOUROGNE

27/07/2021

Dossier n° 2501148



Le responsable des essais

M. Madelénat

La reproduction intégrale de ce procès verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée. Les essais faisant l'objet du présent procès verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle d'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée. En conséquence, le présent procès verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

MESURE DE LA TENEUR EN EAU

Essai par séchage à l'étuve

NF EN ISO 17892-1

Informations générales		Informations sur l'échantillon	
Dossier n° :	2501148	Mode de prélèvement :	CAROTTAGE
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement :	06/07/2021
		Mode de conservation :	SAC
client :	ECR environnement	N° d'identification :	1254
Ouvrage :	-	Date de réception :	27/07/2021
		Sondage n° :	SC1
		Profondeur :	0.77-1.84m
		Date d'essai :	27/07/2021
		Description :	calcaire
		visuelle	

Résultats obtenus suivant NF EN ISO 17892-1

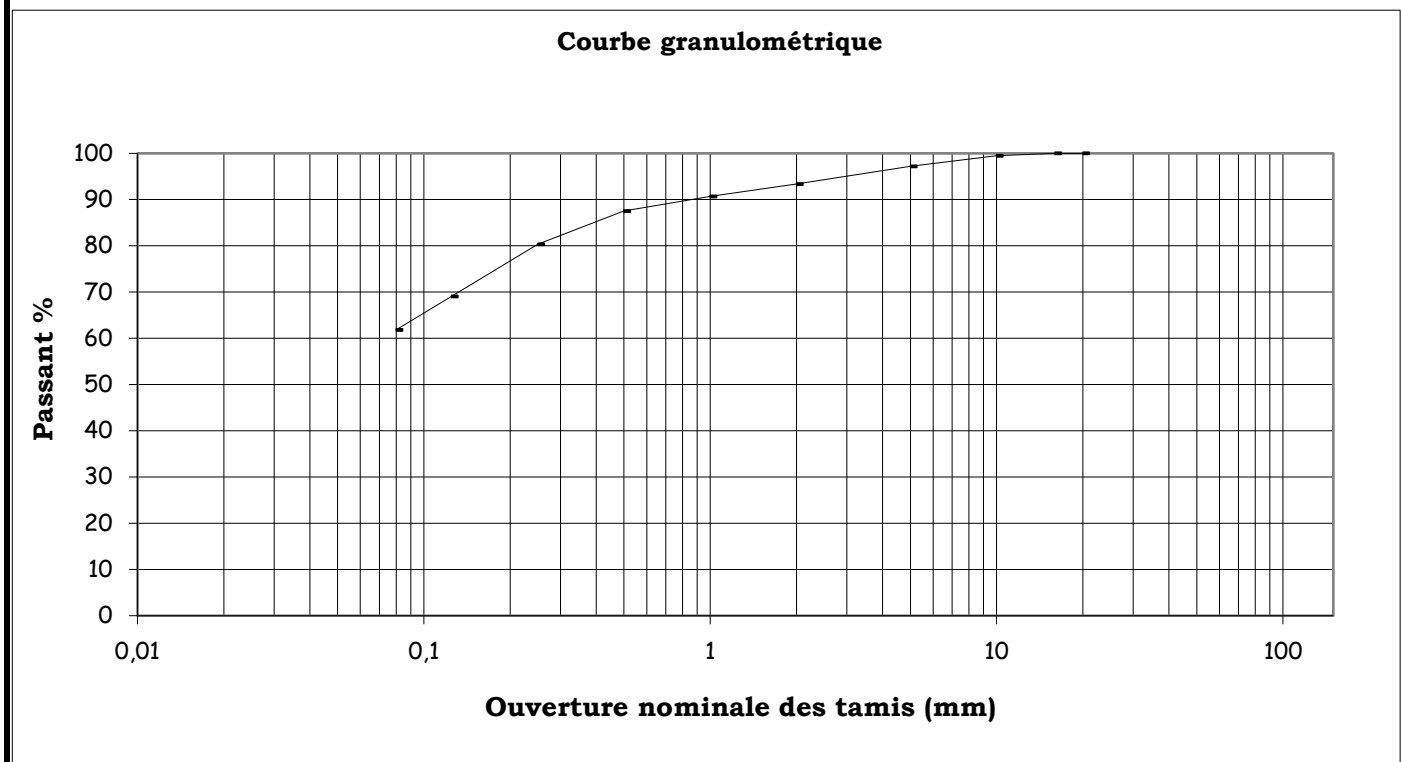
Ech	Prof. (m)	Lithologie	Wnat %
1	0.77-1.84m	calcaire	4,98

Observations

Informations générales		Informations sur l'échantillon			
Dossier n° :	2501148	Mode de prélèvement:	CAROTTAGE	Sondage n° :	SC1
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement:	06/07/2021	Profondeur :	0.77-1.84m
		Mode de conservation :	SAC	Date d'essai :	27/07/2021
client :	ECR environnement	N° d'identification :	1254	Description :	
Ouvrage :	-	Date de réception :	27/07/2021	visuelle	calcaire

Résultats de l'essai																
Ouverture tamis mm	120	100	80	63	50	31,5	20	16	10	5	2	1	0,5	0,25	0,125	0,08
% passant sur 0/D							100,0	100,0	99,5	97,2	93,4	90,7	87,6	80,4	69,1	61,8
% passant sur 0/50mm																

Ms (en g): 884,3



Mode de séchage des matériaux : étuve à 105 °C

Observations

Informations générales		Informations sur l'échantillon	
Dossier n°:	2501148	Mode de prélèvement:	CAROTTAGE
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement:	06/07/2021
client :	ECR environnement	Mode de conservation :	SAC
Ouvrage :	-	N° d'identification :	1254
		Date de réception :	27/07/2021
		Sondage n° :	SC1
		Profondeur :	0.77-1.84m
		Date d'essai :	27/07/2021
		Description :	visuelle
			calcaire

Informations sur l'échantillon		
Masse humide soumise à l'essai :	mh = 35,0	g
Proportion de la fraction 0/5mm dans la fraction 0/50mm du sol sec :	C = 97,2	%
Teneur en eau de la fraction 0/5 mm* :	W0/5 = 0,00	%
Masse sèche soumise à l'essai :	ms = 35,0	g
Volume de solution de bleu injecté :	Vb = 90	cm3

Résultat obtenu suivant NF EN ISO 17542-3	
Valeur au bleu de la fraction 0/50 du sol :	VBS = 2,50
g de bleu pour 100g de sol sec	

Observations

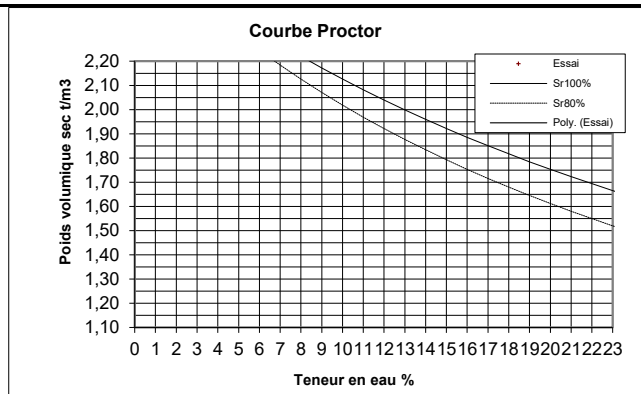
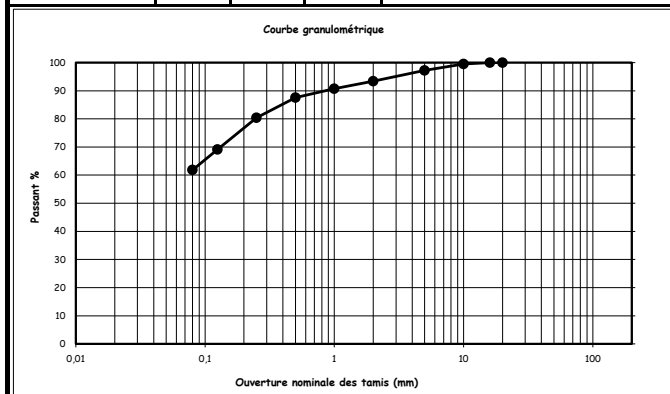
Informations générales			Informations sur l'échantillon		
Dossier n° :	2501148	Mode de prélèvement :	CAROTTAGE	Sondage n° :	SC1
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement :	06/07/2021	Profondeur :	0.77-1.84m
client :	ECR environnement	Mode de conservation :	SAC	Date d'essai :	27/07/2021
Ouvrage :	-	N° d'identification :	1254	Description :	calcaire
		Date de réception :	27/07/2021	visuelle	


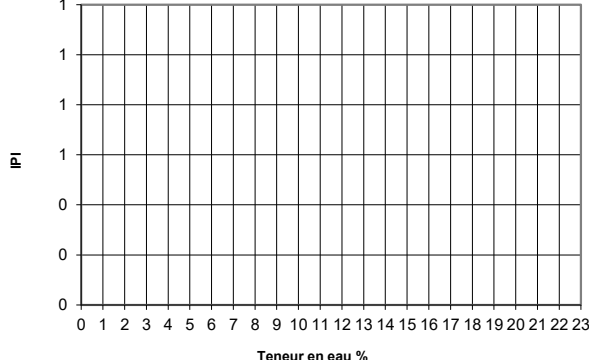
1 - Granulométrie suivant NF EN ISO 17892-4																
Ouverture tamis mm	120	100	80	63	50	31,5	20	16	10	5	2	1	0,5	0,25	0,125	0,08
% passant sur 0/D							100,0	100,0	99,5	97,2	93,4	90,7	87,6	80,4	69,1	61,8
% passant sur 0/50mm																

2 - Teneur en eau suivant NF EN ISO 17892-1			3 - Valeur au bleu suivant NF EN ISO 17542-3			4 - Limites d'Atterberg suivant NF EN ISO 17892-12		
W =	4,98	%	VBS =	2,50	g de bleu/100g sol	WI% =		
						Wp% =		
						IP =		
						Ic =		

5 - Teneur CaCO3 suivant NF-P 94-048			6 - Friabilité des sables suivant P 18-576			7 - LA/MDE suivant NF EN ISO 17542-1&2		
CaCO3		%	FS		%	LA =		%
						MDE		%

8- Essai Proctor normal suivant NF P 94-093 sur fraction 0/20							9- Portances suivant NF P 94-078							
		Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5			Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	
Teneur en eau	W%							Teneur en eau %						
Poids vol sec	ρ_d (t/m ³)							IPI						
<u>Résultats</u>		Brut	Corrigé*	proportion 20/D=				CBR immersion						
	W %			Masse vol des particules du sol				Gonflement G %						
	ρ_d (t/m ³)			$\rho_s =$ 2,7 t/m3 (estimé)										



Observations :	
<p>Le responsable des essais</p> <p>M. Madelénat</p> 	
<p>Classe du matériau</p> <p>A1</p>	
<p>Portance</p> 	

Raison sociale: Laboratoire d'Analyse et de Contrôle des Sols
Nom commercial: L.A.C.S
T: 06 73 24 60 70
j.colovray@labolacs.com
5378 rue du Pou du ciel_01600_Reyrieux- France

Informations générales		Informations sur l'échantillon	
Dossier n°:	2501148	Mode de prélèvement:	CAROTTAGE
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement:	06/07/2021
		Mode de conservation :	SAC
client :	ECR environnement	N° d'identification :	1255
Ouvrage :	-	Date de réception :	27/07/2021
		Sondage n° :	SC2
		Profondeur :	0.13-1.4m
		Date d'essai :	27/07/2021
		Description :	visuelle
			calcaire

BOUROGNE

27/07/2021

Dossier n° 2501148



Le responsable des essais

M. Madelénat

La reproduction intégrale de ce procès verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée. Les essais faisant l'objet du présent procès verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle d'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée. En conséquence, le présent procès verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

Informations générales		Informations sur l'échantillon	
Dossier n° :	2501148	Mode de prélèvement :	CAROTTAGE
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement :	06/07/2021
		Mode de conservation :	SAC
client :	ECR environnement	N° d'identification :	1255
Ouvrage :	-	Date de réception :	27/07/2021
		Sondage n° :	SC2
		Profondeur :	0.13-1.4m
		Date d'essai :	27/07/2021
		Description :	calcaire
		visuelle	

Résultats obtenus suivant NF EN ISO 17892-1

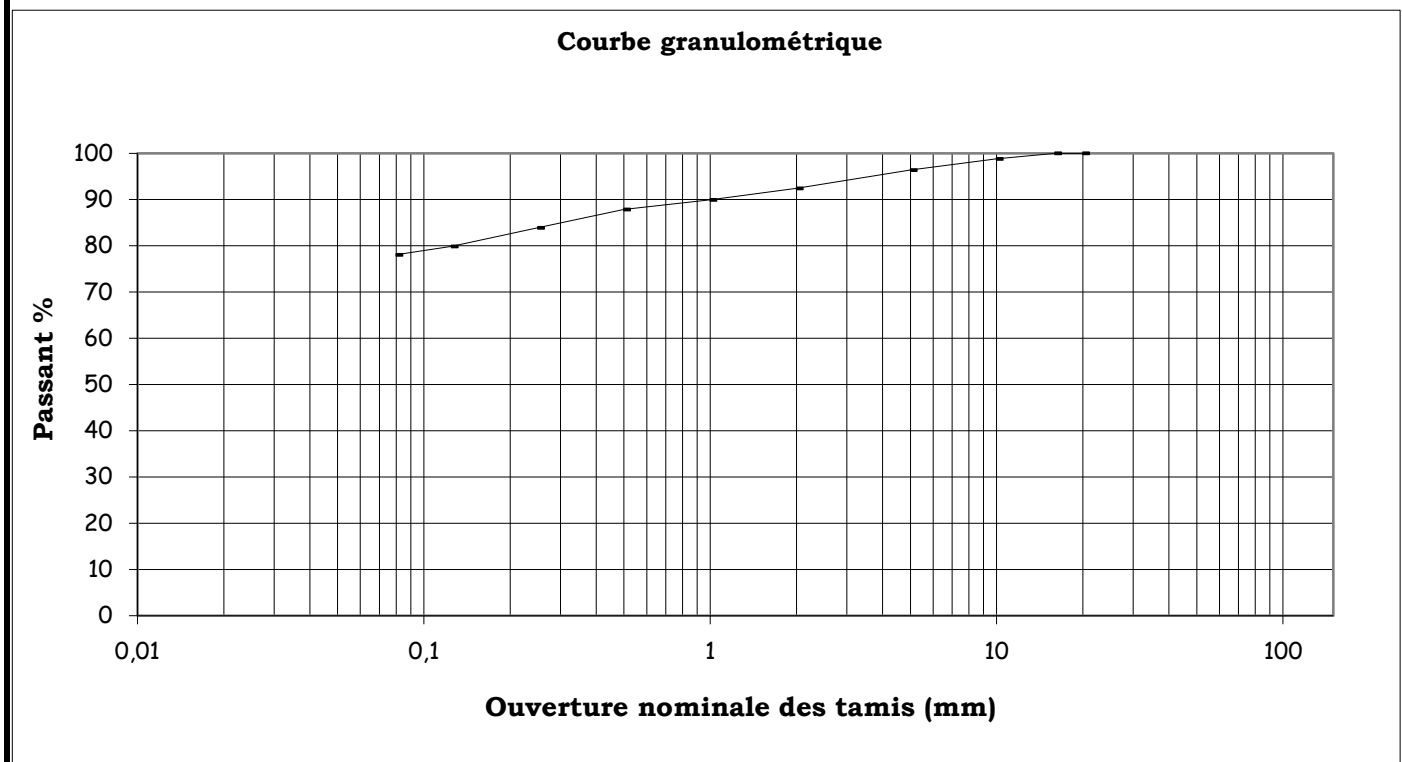
Ech	Prof. (m)	Lithologie	Wnat %
1	0.13-1.4m	calcaire	13,23

Observations

Informations générales		Informations sur l'échantillon			
Dossier n° :	2501148	Mode de prélèvement:	CAROTTAGE	Sondage n° :	SC2
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement:	06/07/2021	Profondeur :	0.13-1.4m
		Mode de conservation :	SAC	Date d'essai :	27/07/2021
client :	ECR environnement	N° d'identification :	1255	Description :	
Ouvrage :	-	Date de réception :	27/07/2021	visuelle	calcaire

Résultats de l'essai																
Ouverture tamis mm	120	100	80	63	50	31,5	20	16	10	5	2	1	0,5	0,25	0,125	0,08
% passant sur 0/D							100,0	100,0	98,8	96,4	92,5	90,0	87,9	83,9	79,9	78,1
% passant sur 0/50mm																

Ms (en g): 538,3



Mode de séchage des matériaux : étuve à 105 °C

Observations

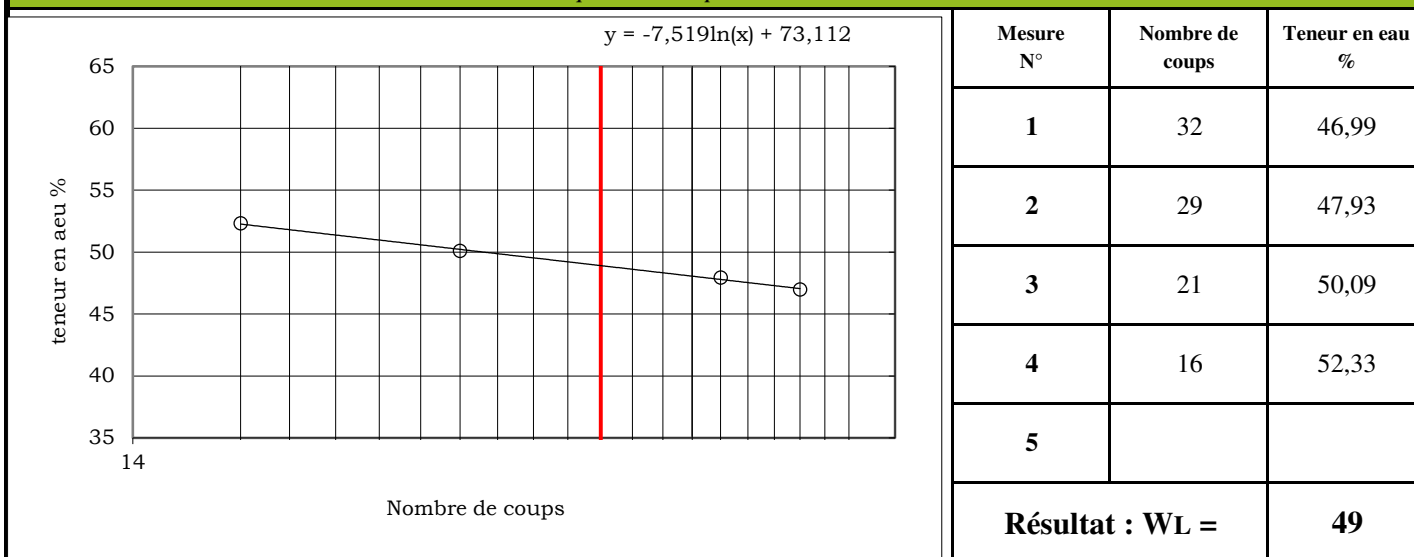
DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

Limite de liquidité à la coupelle - NF EN ISO 17892-12

Limite de plasticité au rouleau - NF EN ISO 17892-12

Informations générales	Informations sur l'échantillon		
Dossier n°: 2501148	Mode de prélèvement: CAROTTAGE	Sondage n°: SC2	
Chantier: BOUROGNE	Date de prélèvement: 06/07/2021	Profondeur: 0.13-1.4m	
	Mode de conservation: SAC	Date d'essai: 27/07/2021	
client: ECR environnement	N° d'identification: 1255	Description:	
Ouvrage: -	Date de réception: 27/07/2021	visuelle	calcaire

Limite de liquidité à la coupelle - NF EN ISO 17892-12



Limite de plasticité au rouleau - NF EN ISO 17892-12

Mesure	1	2	Résultat Wp =
Teneur en eau %	20,38	19,59	20

Observation

Séchage des matériaux à l'étuve à 105°C

Synthèse des résultats

Teneur en eau	Wnat =	13,2	%
Limite de liquidité	WL =	49,0	%
Limite de plasticité	WP =	20,0	%
Indice de plasticité	IP =	29,0	
Indice de consistance	IC =	1,2	

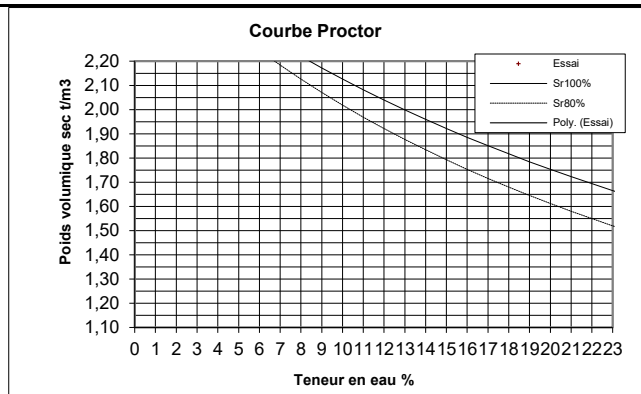
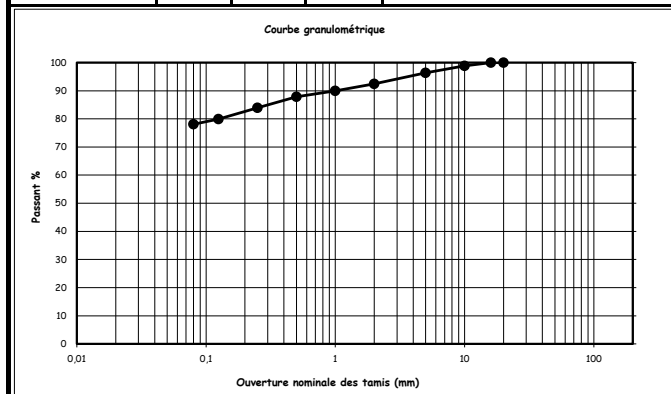
Informations générales		Informations sur l'échantillon			
Dossier n°:	2501148	Mode de prélèvement:	CAROTTAGE	Sondage n° :	SC2
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement:	06/07/2021	Profondeur :	0.13-1.4m
		Mode de conservation :	SAC	Date d'essai :	27/07/2021
client :	ECR environnement	N° d'identification :	1255	Description :	calcaire
Ouvrage :	-	Date de réception :	27/07/2021	visuelle	


1 - Granulométrie suivant NF EN ISO 17892-4																
Ouverture tamis mm	120	100	80	63	50	31,5	20	16	10	5	2	1	0,5	0,25	0,125	0,08
% passant sur 0/D							100,0	100,0	98,8	96,4	92,5	90,0	87,9	83,9	79,9	78,1
% passant sur 0/50mm																

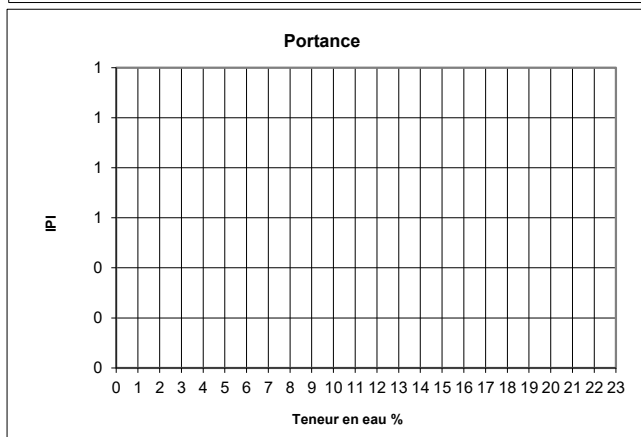
2 - Teneur en eau suivant NF EN ISO 17892-1			3 - Valeur au bleu suivant NF EN ISO 17542-3			4 - Limites d'Atterberg suivant NF EN ISO 17892-12							
W =	13,23	%	VBS =	g de bleu/100g sol		WI % =	49	Wp % =	20	IP =	29	Ic =	1,2

5 - Teneur CaCO3 suivant NF-P 94-048		6 - Friabilité des sables suivant P 18-576		7 - LA/MDE suivant NF EN ISO 17542-1&2				
CaCO3	%	FS	%	LA =	%	MDE		%

8- Essai Proctor normal suivant NF P 94-093 sur fraction 0/20							9- Portances suivant NF P 94-078								
		Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5				Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	
Teneur en eau	W%							Teneur en eau %							
Poids vol sec	ρ_d (t/m ³)							IPI							
<u>Résultats</u>		Brut	Corrigé*	proportion 20/D=				CBR immersion							
	W %			Masse vol des particules du sol				Gonflement G %							
	ρ_d (t/m ³)			$\rho_s = 2,7$ t/m3 (estimé)											



Observations :	
<p>Le responsable des essais</p> <p>M. Madelénat</p> 	
<p>Classe du matériau</p> <p>A3</p>	



Raison sociale: Laboratoire d'Analyse et de Contrôle des Sols
Nom commercial: L.A.C.S
T: 06 73 24 60 70
j.colovray@labolacs.com
5378 rue du Pou du ciel_01600_Reyrieux- France

Informations générales		Informations sur l'échantillon	
Dossier n°:	2501148	Mode de prélèvement:	CAROTTAGE
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement:	06/07/2021
		Mode de conservation :	SAC
client :	ECR environnement	N° d'identification :	1256
Ouvrage :	-	Date de réception :	27/07/2021
		Sondage n° :	SC3
		Profondeur :	0.59-1.16m
		Date d'essai :	27/07/2021
		Description :	visuelle
			calcaire induré

BOUROGNE

27/07/2021

Dossier n° 2501148



Le responsable des essais

M. Madelénat

La reproduction intégrale de ce procès verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée. Les essais faisant l'objet du présent procès verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle d'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée. En conséquence, le présent procès verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

Informations générales		Informations sur l'échantillon	
Dossier n° :	2501148	Mode de prélèvement :	CAROTTAGE
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement :	06/07/2021
		Mode de conservation :	SAC
client :	ECR environnement	N° d'identification :	1256
Ouvrage :	-	Date de réception :	27/07/2021
		Sondage n° :	SC3
		Profondeur :	0.59-1.16m
		Date d'essai :	27/07/2021
		Description :	calcaire induré
		visuelle	

Résultats obtenus suivant NF EN ISO 17892-1

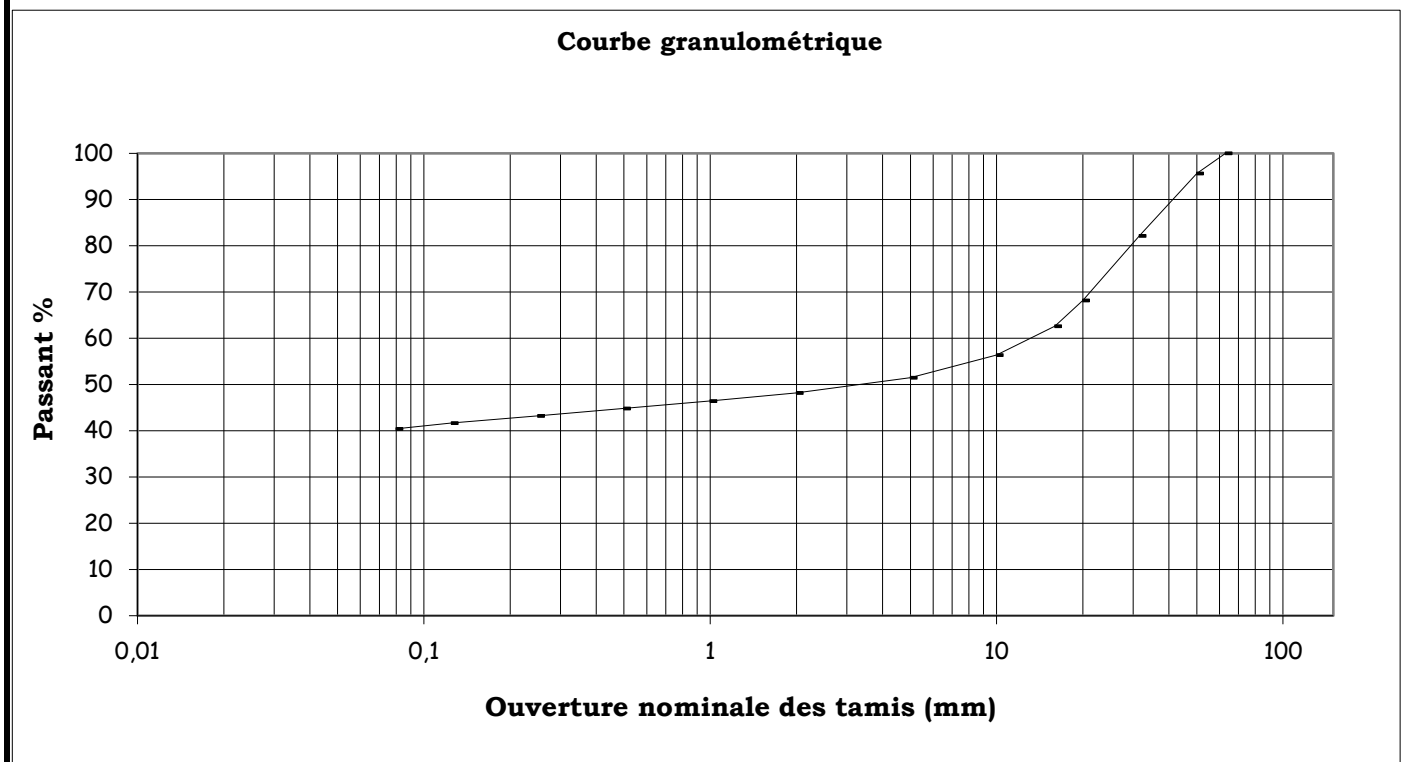
Ech	Prof. (m)	Lithologie	Wnat %
1	0.59-1.16m	calcaire induré	5,38

Observations

Informations générales		Informations sur l'échantillon			
Dossier n° :	2501148	Mode de prélèvement:	CAROTTAGE	Sondage n° :	SC3
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement:	06/07/2021	Profondeur :	0.59-1.16m
		Mode de conservation :	SAC	Date d'essai :	27/07/2021
client :	ECR environnement	N° d'identification :	1256	Description :	
Ouvrage :	-	Date de réception :	27/07/2021	visuelle	calcaire induré

Résultats de l'essai																
Ouverture tamis mm	120	100	80	63	50	31,5	20	16	10	5	2	1	0,5	0,25	0,125	0,08
% passant sur 0/D				100,0	95,7	82,2	68,2	62,6	56,4	51,5	48,2	46,5	44,9	43,2	41,7	40,4
% passant sur 0/50mm					100,0	85,9	71,3	65,5	58,9	53,8	50,4	48,6	46,9	45,2	43,6	42,3

Ms (en g): 3478



Mode de séchage des matériaux : étuve à 105 °C

Observations

-La quantité de matériaux fournie pour l'analyse granulométrique est insuffisante par rapport au Dmax. Cela peut induire une surreprésentation des éléments les plus volumétriques.

Informations générales		Informations sur l'échantillon	
Dossier n°:	2501148	Mode de prélèvement:	CAROTTAGE
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement:	06/07/2021
client :	ECR environnement	Mode de conservation :	SAC
Ouvrage :	-	N° d'identification :	1256
		Date de réception :	27/07/2021
		Sondage n° :	SC3
		Profondeur :	0.59-1.16m
		Date d'essai :	27/07/2021
		Description :	visuelle
			calcaire induré

Informations sur l'échantillon		
Masse humide soumise à l'essai :	mh = 31,6	g
Proportion de la fraction 0/5mm dans la fraction 0/50mm du sol sec :	C = 53,8	%
Teneur en eau de la fraction 0/5 mm* :	W0/5 = 0,00	%
Masse sèche soumise à l'essai :	ms = 31,6	g
Volume de solution de bleu injecté :	Vb = 80	cm3

Résultat obtenu suivant NF EN ISO 17542-3	
Valeur au bleu de la fraction 0/50 du sol :	VBS = 1,36
<small>g de bleu pour 100g de sol sec</small>	

Observations

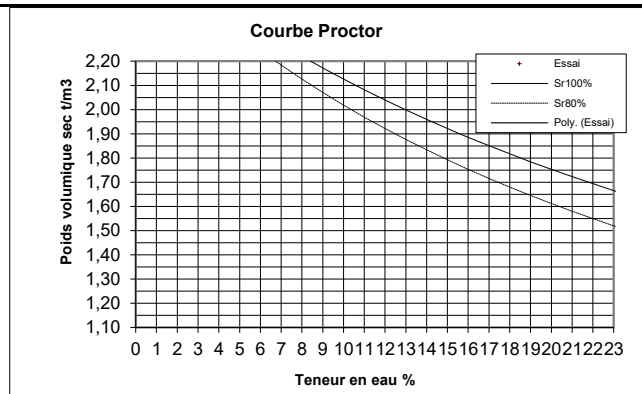
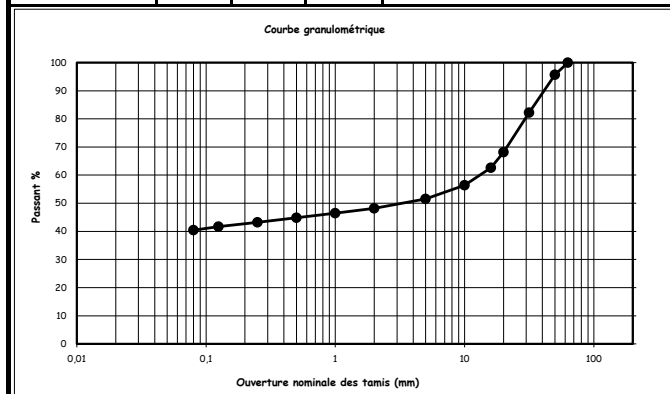
Informations générales		Informations sur l'échantillon			
Dossier n°:	2501148	Mode de prélèvement:	CAROTTAGE	Sondage n° :	SC3
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement:	06/07/2021	Profondeur :	0.59-1.16m
		Mode de conservation :	SAC	Date d'essai :	27/07/2021
client :	ECR environnement	N° d'identification :	1256	Description :	calcaire induré
Ouvrage :	-	Date de réception :	27/07/2021	visuelle	


1 - Granulométrie suivant NF EN ISO 17892-4																
Ouverture tamis mm	120	100	80	63	50	31,5	20	16	10	5	2	1	0,5	0,25	0,125	0,08
% passant sur 0/D				100,0	95,7	82,2	68,2	62,6	56,4	51,5	48,2	46,5	44,9	43,2	41,7	40,4
% passant sur 0/50mm					100,0	85,9	71,3	65,5	58,9	53,8	50,4	48,6	46,9	45,2	43,6	42,3

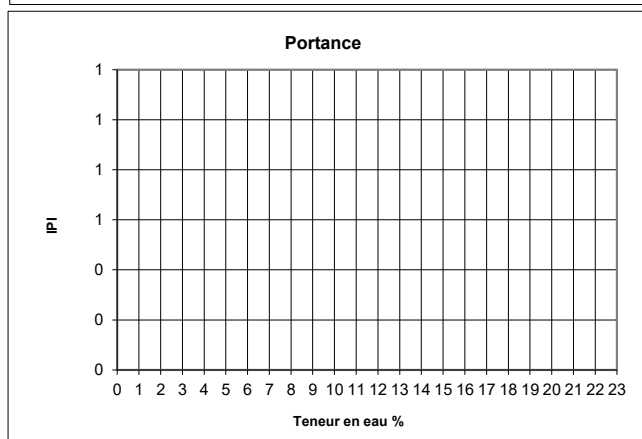
2 - Teneur en eau suivant NF EN ISO 17892-1			3 - Valeur au bleu suivant NF EN ISO 17542-3			4 - Limites d'Atterberg suivant NF EN ISO 17892-12		
W =	5,38	%	VBS =	1,36	g de bleu/100g sol	WI% =		
						Wp% =		
						IP =		
						Ic =		

5 - Teneur CaCO3 suivant NF-P 94-048			6 - Friabilité des sables suivant P 18-576			7 - LA/MDE suivant NF EN ISO 17542-1&2		
CaCO3	%		FS	%		LA =	%	
						MDE		%

8- Essai Proctor normal suivant NF P 94-093 sur fraction 0/20							9- Portances suivant NF P 94-078								
		Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5				Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	
Teneur en eau	W%							Teneur en eau %							
Poids vol sec	ρ_d (t/m ³)							IPI							
<u>Résultats</u>		Brut	Corrigé*	proportion 20/D=				CBR immersion							
	W %			Masse vol des particules du sol				Gonflement G %							
	ρ_d (t/m ³)			$\rho_s = 2,7$ t/m3 (estimé)											



Observations :	
<p>Le responsable des essais</p> <p>M. Madelénat</p> 	
<p>Classe du matériau</p> <p>C1A1</p>	



Raison sociale: Laboratoire d'Analyse et de Contrôle des Sols
Nom commercial: L.A.C.S
T: 06 73 24 60 70
j.colovray@labolacs.com
5378 rue du Pou du ciel_01600_Reyrieux- France

Informations générales		Informations sur l'échantillon	
Dossier n°:	2501148	Mode de prélèvement:	CAROTTAGE
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement:	06/07/2021
		Mode de conservation :	SAC
client :	ECR environnement	N° d'identification :	1257
Ouvrage :	-	Date de réception :	27/07/2021
		Sondage n° :	SC4
		Profondeur :	1-2m
		Date d'essai :	27/07/2021
		Description :	visuelle
			calcaire

BOUROGNE

27/07/2021

Dossier n° 2501148



Le responsable des essais

M. Madelénat

La reproduction intégrale de ce procès verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée. Les essais faisant l'objet du présent procès verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle d'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée. En conséquence, le présent procès verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

Informations générales		Informations sur l'échantillon	
Dossier n° :	2501148	Mode de prélèvement :	CAROTTAGE
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement :	06/07/2021
		Mode de conservation :	SAC
client :	ECR environnement	N° d'identification :	1257
Ouvrage :	-	Date de réception :	27/07/2021
		Sondage n° :	SC4
		Profondeur :	1-2m
		Date d'essai :	27/07/2021
		Description :	calcaire
		visuelle	

Résultats obtenus suivant NF EN ISO 17892-1

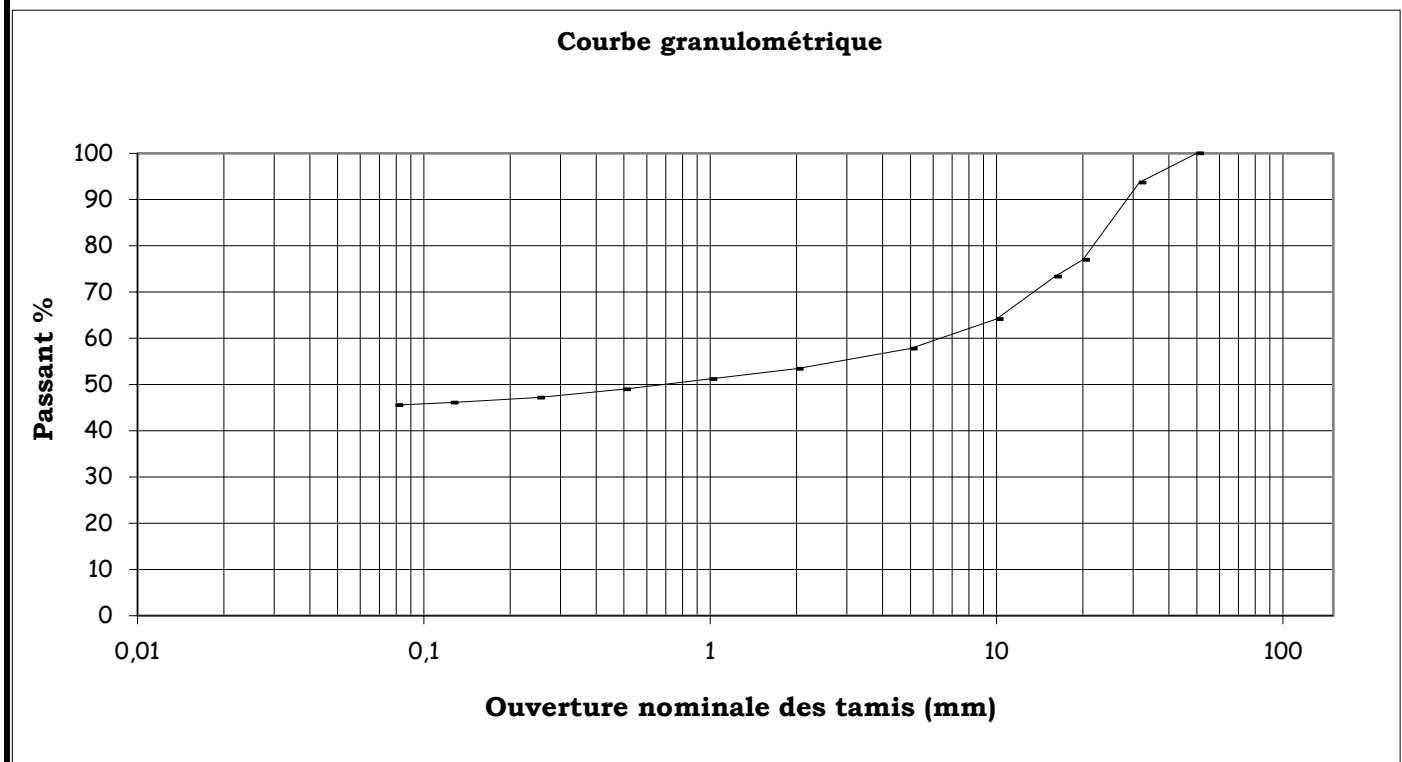
Ech	Prof. (m)	Lithologie	Wnat %
1	1-2m	calcaire	3,25

Observations

Informations générales		Informations sur l'échantillon			
Dossier n° :	2501148	Mode de prélèvement:	CAROTTAGE	Sondage n° :	SC4
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement:	06/07/2021	Profondeur :	1-2m
		Mode de conservation :	SAC	Date d'essai :	27/07/2021
client :	ECR environnement	N° d'identification :	1257	Description :	
Ouvrage :	-	Date de réception :	27/07/2021	visuelle	calcaire

Résultats de l'essai																
Ouverture tamis mm	120	100	80	63	50	31,5	20	16	10	5	2	1	0,5	0,25	0,125	0,08
% passant sur 0/D					100,0	93,7	77,0	73,3	64,2	57,8	53,5	51,2	49,0	47,2	46,1	45,6
% passant sur 0/50mm																

Ms (en g): 1106,3



Mode de séchage des matériaux : étuve à 105 °C

Observations

Calcaire plus ou moins induré et friable

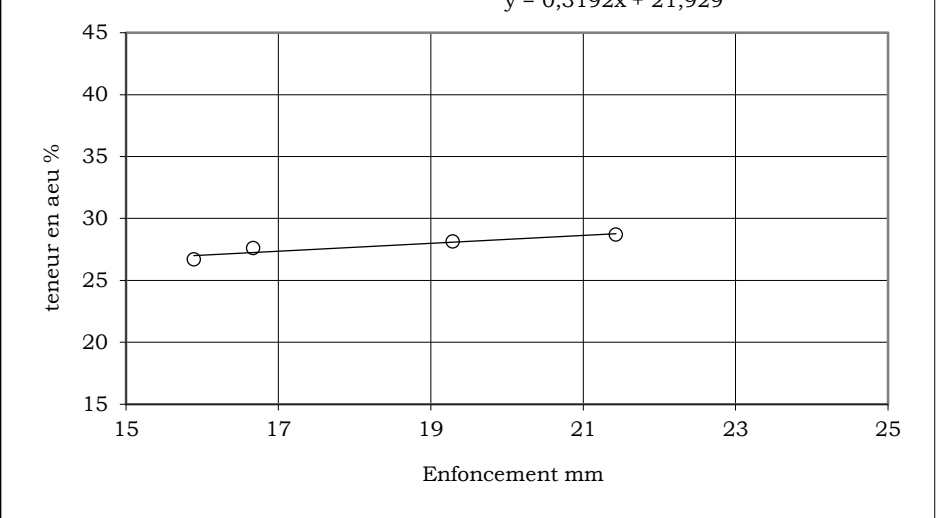
DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

Limite de liquidité au cône de pénétration - NF P 94-051-1

Limite de plasticité au rouleau - NF P 94-057

Informations générales	Informations sur l'échantillon		
Dossier n°: 2501148	Mode de prélèvement: CAROTTAGE	Sondage n°: SC4	
Chantier: BOUROGNE	Date de prélèvement: 06/07/2021	Profondeur: 1-2m	
	Mode de conservation: SAC	Date d'essai: 27/07/2021	
client: ECR environnement	N° d'identification: 1257	Description: visuelle	calcaire
Ouvrage: -	Date de réception: 27/07/2021		

Limite de liquidité au cône de pénétration - NF EN ISO 17892-12

$y = 0,3192x + 21,929$ 			Mesure N°	Enfoncement mm	Teneur en eau %
			1	21,43	28,70
			2	19,29	28,13
			3	16,67	27,60
			4	15,89	26,68
			Résultat : WL =		28

Limite de plasticité au rouleau - NF P 94-051 (03/93)

Mesure	1	2	Résultat Wp =
Teneur en eau %	18,57	18,89	19

Observation

Séchage des matériaux à l'étuve à 105°C

Synthèse des résultats

Teneur en eau	Wnat =	3,25	%
Limite de liquidité	WL =	28	%
Limite de plasticité	WP =	19	%
Indice de plasticité	IP =	9	
Indice de consistance	IC =	2,7	

Informations générales		Informations sur l'échantillon	
Dossier n°:	2501148	Mode de prélèvement:	CAROTTAGE
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement:	06/07/2021
client :	ECR environnement	Mode de conservation :	SAC
Ouvrage :	-	N° d'identification :	1257
		Date de réception :	27/07/2021
		Sondage n° :	SC4
		Profondeur :	1-2m
		Date d'essai :	27/07/2021
		Description :	visuelle
			calcaire

Informations sur l'échantillon		
Masse humide soumise à l'essai :	mh = 60,0	g
Proportion de la fraction 0/5mm dans la fraction 0/50mm du sol sec :	C = 57,8	%
Teneur en eau de la fraction 0/5 mm* :	W0/5 = 3,25	%
Masse sèche soumise à l'essai :	ms = 58,1	g
Volume de solution de bleu injecté :	Vb = 60	cm3

Résultat obtenu suivant NF EN ISO 17542-3	
Valeur au bleu de la fraction 0/50 du sol :	VBS = 0,60
<small>g de bleu pour 100g de sol sec</small>	

Observations

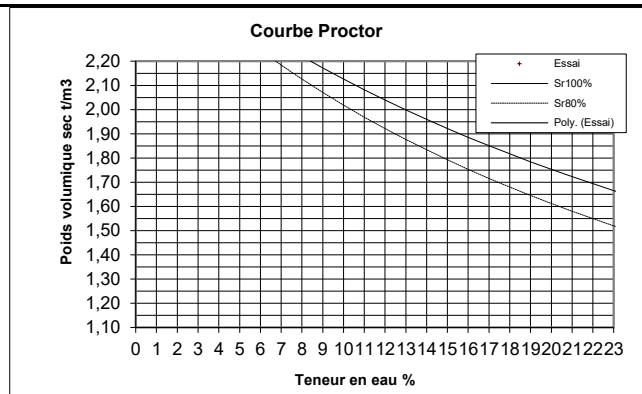
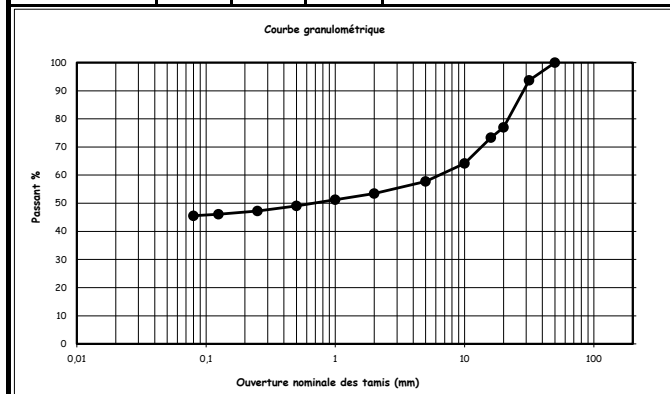
Informations générales			Informations sur l'échantillon		
Dossier n° :	2501148	Mode de prélèvement :	CAROTTAGE	Sondage n° :	SC4
Chantier :	BOUROGNE	Date de prélèvement :	06/07/2021	Profondeur :	1-2m
client :	ECR environnement	Mode de conservation :	SAC	Date d'essai :	27/07/2021
Ouvrage :	-	N° d'identification :	1257	Description :	calcaire
		Date de réception :	27/07/2021	visuelle	

1 - Granulométrie suivant NF EN ISO 17892-4																
Ouverture tamis mm	120	100	80	63	50	31,5	20	16	10	5	2	1	0,5	0,25	0,125	0,08
% passant sur 0/1					100,0	93,7	77,0	73,3	64,2	57,8	53,5	51,2	49,0	47,2	46,1	45,6
% passant sur 0/50mm																

2 - Teneur en eau suivant NF EN ISO 17892-1			3 - Valeur au bleu suivant NF EN ISO 17542-3			4 - Limites d'Atterberg suivant NF EN ISO 17892-12					
W =	3,25	%	VBS =	0,60	g de bleu/100g sol	WI% =	28	Wp% =	19	IP =	9
						Ic =	2,7				

5 - Teneur CaCO3 suivant NF-P 94-048			6 - Friabilité des sables suivant P 18-576			7 - LA/MDE suivant NF EN ISO 17542-1&2			
CaCO3	%		FS	%		LA =	%	MDE	%

8- Essai Proctor normal suivant NF P 94-093 sur fraction 0/20						9- Portances suivant NF P 94-078					
Teneur en eau	W%	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Teneur en eau %	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4
Poids vol sec	ρ_d (t/m ³)						IP				
Résultats		Brut	Corrigé*	proportion 20/D=			CBR immersion				
	W%			Masse vol des particules du sol			Gonflement G %				
	ρ_d (t/m ³)			$\rho_s = 2,7$ t/m ³ (estimé)							




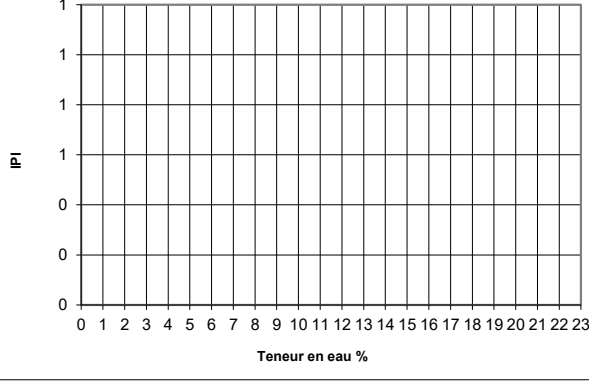
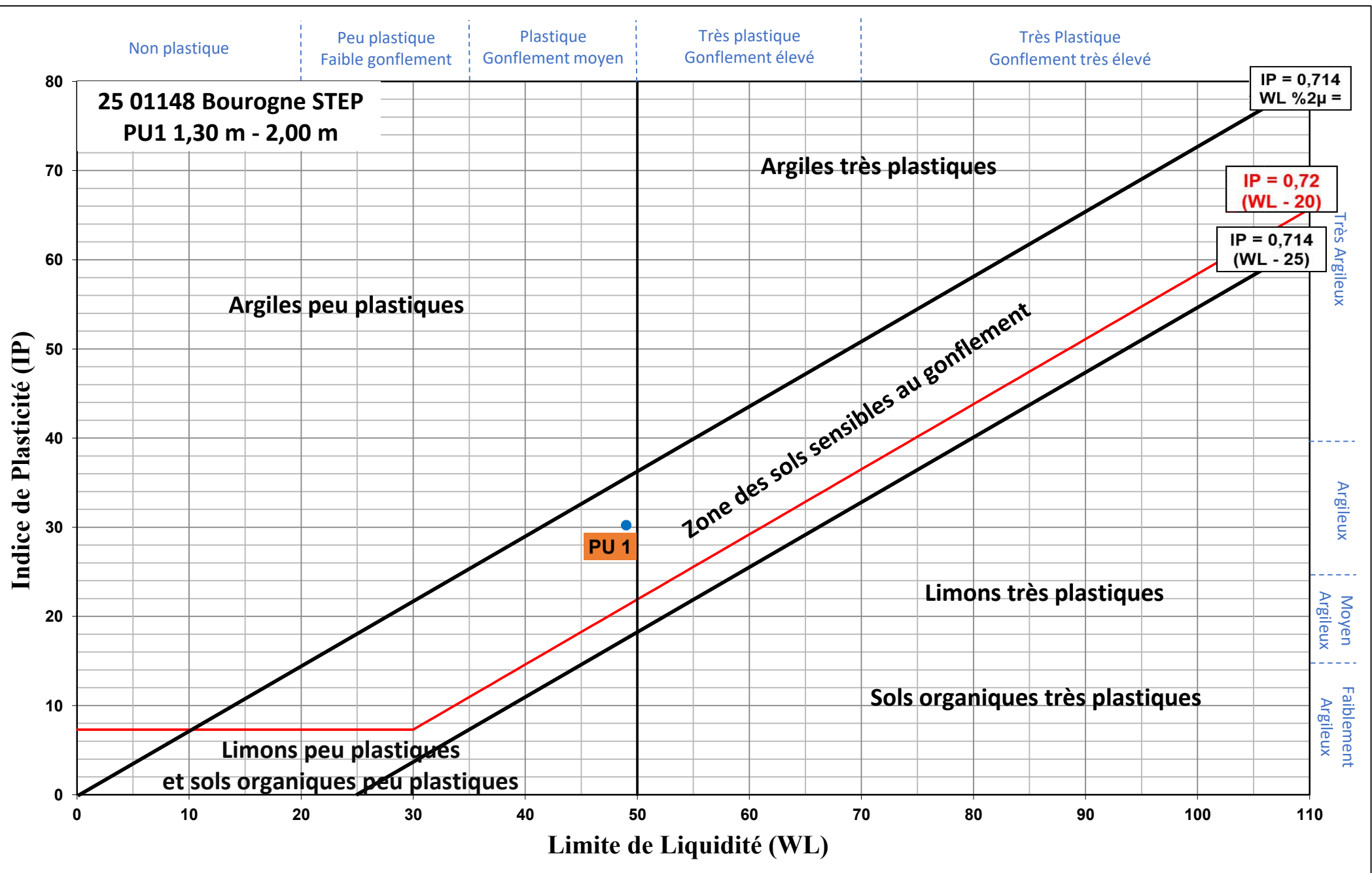
Observations :		Portance	
Le responsable des essais M. Madelénat 			
Classe du matériau A1			

DIAGRAMME DE PLASTICITE



PROCES-VERBAL D'ESSAI
CLASSIFICATION D'UN SOL
 NF P11-300



Température étuve 105°C

REFERENCES

N° affaire 2501148
Localisation Bourgogne STEP (90)

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON

Sondage PU 1
Profondeur 1,30 m - 2,00 m
Dmax 12 mm
Description argile marneuse bariolée
 jaune/orangée/marron

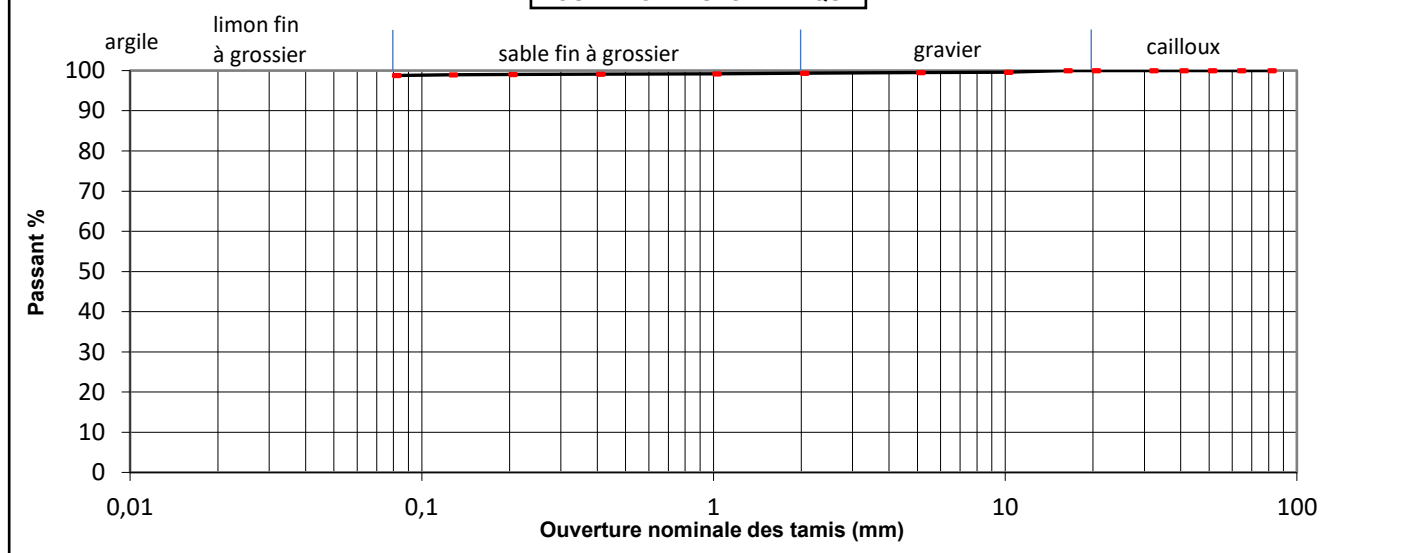
INFORMATIONS GENERALES

Date de prélèvement -
Réception labo 12/04/2023
Mode prélèvement pelle mécanique
Conservation sac

ANALYSE GRANULOMETRIQUE NF P 94-056

Ø Tamis (en mm)	80	63	50	40	31,5	20	16	10	5	2	1	0,4	0,2	0,125	0,08
% Passant	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	99,5	99,3	99,2	99,1	99,0	98,9	98,8
% Passant sur 0/50mm															

COURBE GRANULOMETRIQUE



TENEUR EN EAU NF P 94-050

$W_{nat} = 20,4 \%$

VALEUR AU BLEU NF P 98-068

$VBS = 4,83 \text{ g de bleu/100g sol}$

REMARQUES

Classe matériau

A2

L'opérateur des essais
 Pierre-Yves BOYER

PROCES-VERBAL D'ESSAI



Température étuve 105°C

TENEUR EN EAU NF P 94-050

$W_{nat} = 20,4 \%$

REFERENCES

N° affaire 2501148
Localisation Bourgne STEP (90)

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON

Sondage PU 1
Profondeur 1,30 m - 2,00 m
Description argile marneuse bariolée
jaune/orangée/marron

INFORMATIONS GENERALES

Date de prélèvement -
Réception labo 12/04/2023
Mode prélèvement pelle mécanique
Conservation sac

LIMITES D'ATTERBERG NF P 94-051

Limite de liquidité	$W_L =$	49,0	%
Limite de plasticité	$W_P =$	18,8	%
Indice de plasticité	$IP =$	30,2	
Indice de consistance	$IC =$	-	

LIMITE DE LIQUIDITE

Mesures N°	1	2	3	4	5
Nombre de coups N	15	19	23	27	32
Teneur en eau (%)	53,1	50,9	48,7	48,5	47,7

LIMITE DE PLASTICITE

Mesures N°	1	2	moyenne
Teneur en eau (%)	17,8	19,8	18,8

REMARQUES

Pas de granulométrie réalisée donc indice de consistance Ic sans objet

L'opérateur des essais
Pierre-Yves BOYER

Annexe 6

Extraits du GTR 2000 – conditions d'utilisation en remblais



CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

A₁ (états th, h, m)

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
A ₁ th	Sols normalement inutilisables en l'état La réduction de teneur en eau par une mise en dépôt provisoire ou drainage préalable (plusieurs mois) peut être envisageable après étude spécifique et permettrait de les ramener en A ₁ h				NON
A ₁ h	Ces sols sont difficiles à mettre en oeuvre en raison de leur portance faible Ils sont sujets au matelassage Le matelassage est à éviter au niveau de l'arase-terrassement	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 0 1 0 2 0
		-	évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de faible hauteur (≤ 5m)	0 0 0 0 0 3 1
				Solution 2 : aération E : extraction en couches minces W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)	1 0 1 0 1 2 2
				Solution 3 : traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 0 1 0 2 0
A ₁ m	Ces sols s'emploient facilement mais sont très sensibles aux conditions météorologiques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier à cause d'un excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec difficile à compacter	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)	2 0 0 0 0 2 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)	0 0 0 0 0 1 2
				Solution 3 : extraction frontale E : extraction frontale C : compactage intense	2 0 0 0 0 1 0

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

A₁ (états s et ts), A₂ (états th et h)

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
A ₁ s	Ces sols sont difficiles à compacter. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire.	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 0 0 1 2 2
		=	ni pluie ni évaporation importante	Solution 1 : humidification dans la masse W : humidification pour changement d'état R : régilage en couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
				Solution 2 : emploi en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2
		-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)	0 0 3 0 0 1 1
				Solution 2 : extraction avec arrosage superficiel E : extraction frontale W : arrosage superficiel C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 3 0 0 1 2
				Solution 3 : humidification dans la masse W : humidification pour changement d'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 4 0 1 1 2
A ₁ ts	Sols normalement inutilisables en l'état Leur humidification pour les ramener dans l'état s voire m peut être envisagée sous réserve d'une étude spécifique				NON
A ₂ th	Sols normalement inutilisables en l'état				NON
A ₂ h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible. La mise en dépôt provisoire et le drainage préalable ne sont habituellement pas des solutions envisageables dans le climat français moyen. Le matelassage est à éviter au niveau de l'arase-terrassement.	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : traitement T : traitement à la chaux C : compactage faible	0 0 0 2 0 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)	0 0 0 0 0 3 1
		-	évaporation importante	Solution 1 : aération E : extraction en couches W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 1 0 1 2 2
				Solution 2 : traitement T : traitement à la chaux C : compactage moyen	0 0 0 2 0 2 0

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

A₂ (états m, s et ts)

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H		
A _{2m}	Ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai sauf par pluie forte ou moyenne	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON		
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 0 0 0 2 2		
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0		
		–	évaporation importante	Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0		
				Solution 2 : emploi en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2		
				Solution 3 : extraction frontale E : extraction frontale C : compactage intense	2 0 0 0 0 1 0		
A _{2s}	La teneur en eau faible de ces sols oblige à un compactage intense. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire L'humidification dans la masse exige un malaxage soigné avec apport d'importantes quantités d'eau	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON		
		+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 0 0 1 1 2		
				Solution 1 : humidification dans la masse W : humidification pour changer l'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0		
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2		
				–	évaporation importante	Solution 1 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage intense	0 0 4 0 1 1 0
		Solution 2 : arrosage W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 3 0 0 1 1				
		Solution 3 : extraction frontale avec arrosage E : extraction frontale W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 3 0 0 1 2				
		A _{2s}	Sols normalement inutilisables en l'état				NON

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

A₃, A₄

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
A ₃ th	Sols normalement inutilisables en l'état				NON
A ₃ h	Sols difficiles à mettre en œuvre en raison : - de leur caractère collant ou glissant dû à leur grande plasticité et à leur faible perméabilité - de leur portance faible La mise en dépôt provisoire n'est pas une solution dans le climat français moyen. Le drainage préalable ne permet pas de réduire utilement la teneur en eau W.	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 0 0 0 3 1
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : traitement T : traitement à la chaux C : compactage moyen	0 0 0 2 0 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 0 0 0 3 1
		-	évaporation importante	Solution 1 : traitement T : traitement à la chaux C : compactage moyen	0 0 0 2 0 2 0
				Solution 2 : aération E : extraction en couches W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 1 0 1 2 2
A ₃ m	La plasticité de ces sols entraîne pour les remblais des risques de glissement d'autant plus grands que les remblais sont élevés, même dans les meilleures conditions (w, météo) de mise en œuvre	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 2 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 2 2
		-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 3 0 1 2 2
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 0 0 0 1 1
A ₃ s	Comme ci-dessus, la plasticité de ces sols, entraîne pour les remblais des risques de glissement d'autant plus grands que les remblais sont élevés. La forte cohésion de ces sols exige un fractionnement et un compactage énergétique en couches minces. La portance élevée ne doit pas faire illusion vis-à-vis des tassements ultérieurs possibles. Le changement d'état pour humidification dans la masse ne constitue pas une modalité réaliste	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)	1 0 0 0 1 1 1
		=	ni pluie, ni évaporation importante	W : arrosage superficiel pour maintien de l'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 3 0 1 1 1
		-	évaporation importante	E : extraction frontale W : arrosage superficiel pour maintien de l'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	2 0 3 0 1 1 1
A ₃ ts	Sols normalement inutilisables en l'état				NON
A ₄	Sols à la fois très difficiles à travailler et dont l'utilisation comporterait de grands risques de retrait gonflement et de stabilité	L'emploi de ces sols en remblai ne peut être envisagé qu'à l'appui d'une étude spécifique ayant défini les conditions d'état et de compactage à leur appliquer			NON

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

C₁A₁ et C₁B₅ (états th, h et m)

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
C₁A₁th C₁B₅th	Sols inutilisables en l'état La réduction de teneur en eau par une mise en dépôt provisoire ou un drainage préalable (plusieurs mois) peut être envisagée après étude spécifique			NON
C₁A₁h C₁B₅h	Ces sols sont très difficiles à mettre en œuvre en raison de leur faible portance ; ils peuvent conserver des pressions intersticielles après mise en œuvre La présence de blocs peut entraîner des difficultés lors de la réalisation des traitements	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes NON
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m) 0 0 0 0 0 3 1
				Solution 2 : traitement G : élimination des éléments supérieurs à 250 mm pour traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen 0 2 0 1 0 2 0
		-	évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m) 0 0 0 0 0 3 1
				Solution 2 : aération E : extraction en couches W : réduction de teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen 1 0 1 0 1 2 0
C₁A₁m C₁B₅m	Ces sols sont très sensibles aux conditions atmosphériques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier par excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un sol trop sec difficile à compacter	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes NON
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m) 2 0 0 0 0 2 2
				0 0 0 0 0 2 0
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen 0 0 0 0 0 2 0
				Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage intense 0 0 0 0 0 1 0
		-	évaporation importante	Solution 2 : maintien de l'état W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen 0 0 3 0 0 2 0

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

C₁A₁ et C₁B₅ (états s et ts) - C₁A₂, C₁A₃ et C₁B₆ (états th et h)

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
C₁A₁s C₁B₅s	Ces sols sont difficiles à compacter L'humidification pour changer d'état exigeant un malaxage au moins grossier du sol peut être rendue difficile par la présence des blocs. Si ce malaxage ne peut être réalisé il convient alors de laisser percoler l'eau à partir de la surface après avoir réalisé une scarification. Dans ce cas il convient d'observer un temps de percolation de plusieurs heures	++	pluie forte	Situation ne permettant pas de maîtriser l'humidification des sols nécessaire pour permettre leur utilisation et risquant de conduire rapidement à des excès de teneur en eau	NON
				+	pluie faible
		Solution 2 : extraction en couches E : extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 0 0 1 1 2		
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 1
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
		-	évaporation importante	Solution 1 : maintien de l'état W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne	0 0 3 0 0 1 2
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage intense	0 0 4 0 1 1 0
C₁A₁ts C₁B₅ts	Sols normalement inutilisables en l'état L'humidification de ces sols pour les ramener au moins à l'état (s) peut être envisagée à l'appui d'une étude spécifique				NON
C₁A₂th C₁A₃th C₁B₆th	Sols normalement inutilisables en l'état Le drainage préalable ou la mise en dépôt provisoire n'est pas une solution fiable sous le climat français pour ramener ces sols à l'état h				NON
C₁A₂h C₁A₃h C₁B₆h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur faible portance ; ils peuvent conserver des pressions intersticielles après mise en œuvre La fraction grossière n'est pas suffisante pour modifier sensiblement le comportement de la fraction argileuse Ces sols réagissent en général bien avec la chaux mais la présence de gros blocs peut rendre leur traitement difficile Leur emploi sans traitement comporte des risques de générer des pressions intersticielles sous l'effet d'un compactage lié notamment à la circulation des engins de transport	++	pluie moyenne ou forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
				+	pluie faible
		=	ni pluie, ni évaporation importante		
				Solution 2 : traitement G : élimination des éléments supérieurs à 250 mm T : traitement à la chaux seule C : compactage moyen	0 2 0 2 0 2 0
		-	évaporation importante	E : extraction en couches W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 1 0 1 2 2