22/01/2025

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
GRAND EST

A304 – Prolongement de l'autoroute A34 vers la Belgique

Mission G2-PRO

MOE Etudes de confortement de talus - OT R9-B

GEOS Ingénieurs Conseils – Groupe Ingérop
18, rue des Deux Gares – CS 70081 - 92563 Rueil-Malmaison Cedex – France
Tel : +33 1 49 04 68 10 – Fax : +33 1 49 04 57 01 – geos.contact@geos.fr – www.geos.fr
S.A.S. au capital de 40 000 € – R.C.S. Nanterre B 351 637 889 – N°Siret : 351 637 889 00053 APE 7112B – TVA FR 73 351 637 889

Versions du document :

B	22/01/2025	A. BEN YUSEF	M. MARNAS	S. KERFONTAIN	87 + 2 annexes	MAJ suite à l'avis du CEREMA émis sur l'indice A du rapport
A	24/06/2024	A. HEBERT M. MARNAS	M. MARNAS	S. KERFONTAIN	70 + 3 annexes	Ajout de l'étude d'un dispositif de confortement vis-à-vis d'une surface de rupture profonde
0	05/01/2024	A. BEN YUSEF	M. MARNAS	S. KERFONTAIN	63 + 2 annexes	Première diffusion
Indice	Date	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par	Nombre de pages	Observations
Document : GEOS_1440_RP 09_Ind B_A304-confortement-talus_R9b_G2-PRO_22.01.2025.docx						
Réf. projet :		Réf. document :				Date :
PP1440		PP1440 R9.B				22/01/2025

SOMMAIRE

1 OBJET 9

2 DONNEES DE REFERENCE 9

3 PRESENTATION DE L'OUVRAGE 11

3.1 LOCALISATION 11

3.2 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE L'OUVRAGE 12

3.2.1 Vue en plan – Récolement 12

3.2.2 Contexte topographique 13

3.2.3 Caractéristiques géométriques 14

3.2.4 Ouvrage annexe : OH 103 14

3.2.5 Composition du remblai 16

4 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE 17

4.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE 17

4.2 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE 18

4.3 PRINCIPAUX ALÉAS 18

4.3.1 Aléa sismique 18

4.3.2 Aléa retrait-gonflement des argiles 18

4.3.3 Mouvements de terrain 19

4.3.4 Présence d'explosifs au droit du remblai 20

5 ÉTUDES ANTERIEURES DE LA ZONE 20

5.1 ÉTUDES DE CONCEPTION 21

5.1.1 Phase d'Avant-Projet Sommaire (APS) 21

5.1.2 Dimensionnement d'une solution de confortement pour l'OT R9-A 21

5.2 CAMPAGNE DE RECONNAISSANCES GÉOTECHNIQUES DE GINGER (2022) 21

5.2.1 Analyse stratigraphique 22

5.2.2 Analyse pressiométrique 24

5.2.3 Essais en laboratoire 26

5.3 SUIVIS D'INSTRUMENTATION 35

5.3.1 Campagnes de suivi inclinométrique 35

5.3.2 Suivi des déformations affectant l'OH 103 38

6 DESORDRES CONSTATES AU SEIN DU REMBLAI R9-B 40

6.1 HISTORIQUE DES DÉFORMATIONS OBSERVÉES 40

6.2 DÉFAUTS DÉCELÉS LORS DE LA VISITE DE SITE DU 14/10/2020 40

6.3 ZONAGE DES DÉFAUTS AFFECTANT LES TALUS LORS DE LA VISITE DU 11/04/2023 41

6.3.1 Motivations de la visite 41

6.3.2 Talus du sens 1 – En direction de la Belgique 41

6.3.3 Talus du sens 2 – En direction de Reims 44

6.3.4 Synthèse des désordres 45

6.4 DÉSORDRES REPÉRÉS EN FÉVRIER 2024 46

7 ORIGINE DES DESORDRES 49

7.1 CAUSES DES MOUVEMENTS SUPERFICIELS 49

7.2 CAUSES DES MOUVEMENTS PROFONDS 51

8 PRINCIPE DE CONFORTEMENT SUPERFICIEL 53

8.1 NATURE DES TRAVAUX ENVISAGÉS 53

8.1.1 Reprise des désordres superficiels du remblai 53

8.1.2 Substitution par des matériaux drainants – Réalisation d'un masque 53

8.2 ZONE CONCERNÉE PAR LES TRAVAUX DE RÉPARATION 53

9 ETUDE DE STABILITE DU PAREMENT VIS-A-VIS DU GLISSEMENT SUPERFICIEL 54

10 ETUDE D'UNE SOLUTION DE CONFORTEMENT DE L'OUVRAGE VIS-A-VIS D'UN GLISSEMENT PROFOND 61

10.1 PRÉAMBULE 61

10.2 RECALAGE DU MODÈLE 61

10.2.1 Stratigraphie 61

10.2.2 Caractéristiques géomécaniques 62

10.2.3 Surcharge 63

10.2.4 Méthodologie et calculs mis en œuvre 63

10.2.5 Discussion sur le niveau d'eau modélisé 65

10.3 DIMENSIONNEMENT D'UNE SOLUTION DE CONFORTEMENT 66

10.3.1 Mise en œuvre d'une file de pieux 66

10.3.2 Mise en œuvre d'une butée de pied 69

10.3.3 Etude du cas de remontée de la nappe dans le corps du remblai 71

10.4 COMMENTAIRES SUR L'APPROCHE MENÉE 74

11 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES 75

11.1 REPRISES SUPERFICIELLES DES DÉSORDRES AFFECTANT LE TALUS AVAL 75

11.1.1 Caractéristiques mécaniques des matériaux des masques drainants 75

11.1.2 Terrassement par plots de linéaire réduit 75

11.1.3 Mise en œuvre des redans d'accrochage 76

11.1.4 Dispositions associées à la mise en place de la géomembrane 79

11.1.5 Conditions météorologiques de mise en œuvre 79

11.1.6 Gestion des eaux de ruissellement 80

11.1.7 Contrôles à prévoir 80

11.2 MISE EN PLACE D'UN/DE FOSSÉ(S) EN AMONT DU REMBLAI 80

12 SURVEILLANCE DE L'OUVRAGE EN TERRE 82

12.1 SUIVI INCLINOMÉTRIQUE 82

12.2 SUIVI PIÉZOMÉTRIQUE 83

12.3 SUIVI DES FISSUROMÈTRES ET DES CIBLES OPTIQUES DE L'OH 103 **83**

12.4 INSPECTION VISUELLE **83**

13 DETAIL QUALITATIF ESTIMATIF **84**

13.1 ESTIMATION DES QUANTITÉS NÉCESSAIRES POUR LE CONFORTEMENT SUPERFICIEL **84**

13.2 CHIFFRAGE DE PRESTATIONS EMBLÉMATIQUES DES TRAVAUX D'EXÉCUTION DE RÉFECTION/DU CONFORTEMENT DU R9-B **85**

14 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS **86**

15 RECOMMANDATIONS QUANT A L'EXPLOITATION DU RAPPORT GEOS **87**

ANNEXE A CONDITIONS GÉNÉRALES ET EXTRAITS DE LA NORME NF P 94-500 (9 PAGES)

ANNEXE B COMPTE-RENDU DES INVESTIGATIONS AU NIVEAU DU REMBLAI R9-B (132 PAGES)

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLEAU(X)

Tableau 1. Récapitulatif des documents de référence 11

Tableau 2. Caractéristiques géométriques du R9-B 14

Tableau 2. Stratigraphie mise en évidence par les sondages 24

Tableau 3. Synthèse des valeurs pressiométriques 25

Tableau 4. Synthèse des essais en laboratoire 27

Tableau 5. Synthèse des essais triaxiaux CU+u 28

Tableau 6. Synthèse des essais de cisaillement direct 29

Tableau 7. Synthèse des valeurs de cisaillement par formation 34

Tableau 8. Déplacements significatifs relevés au droit des inclinomètres SC212bis, 5.2 et 5.1 .. 36

Tableau 9. Exploitation de l'évolution des déplacements à la surface de rupture (cf. [17]) 37

Tableau 10. Caractéristiques de résistance au cisaillement retenus pour les matériaux constitutifs des remblais 49

Tableau 11. Stratigraphe retenue au droit du modèle identifié 61

Tableau 12. Paramètres de calcul 62

Tableau 13. Synthèse des facteurs de sécurité obtenus suivant la méthode de calcul appliquée 64

Tableau 14. Caractéristiques de la file d'inclusions modélisée sur GeoStab 66

Tableau 15. Caractéristiques pressiométriques et modules de réaction des sols 66

FIGURE(S)

Figure 1. Emplacement de l'OT (remblai R9-B) Echelle 1 : 50 000 – Source : Géoportail..... 11

Figure 2. Emplacement de l'OT (remblai R9-B) Echelle 1 : 10 000 – Source : Géoportail..... 12

Figure 3. Plan de récolement – R9-B – PK10+200 à PK10+630 Date de publication : 12/07/2018 12

Figure 4. Topographie du versant auquel est accroché le remblai R9-B 13

Figure 5. Topographie du versant en amont du remblai R9-B..... 13

Figure 6. Traversée de l'OH103 débouchant sur les talus du sens 2 14

Figure 7. Vue sur les voussoirs en béton et la clé de voûte de l'ouvrage hydraulique..... 15

Figure 8. R9-B en cours de mise en œuvre – Talus du sens 1 – Source : visualiseur 3D Géoportail 15

Figure 9. R9-B en cours de mise en œuvre – Talus du sens 2 – Source : visualiseur 3D Géoportail 16

Figure 10. R9-B en cours de travaux – vue d'ensemble avec déblai D9-B en arrière-plan – Source : visualiseur 3D Géoportail 16

Figure 11. Schéma montrant la composition du remblai R9-B 17

Figure 12. Extrait de la carte géologique au 1/50 000e – Feuille de RENWEZ – Source : BRGM (visualiseur InfoTerre)..... 17

Figure 13. Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles – source : Infoterre (BRGM) 19

Figure 14. Recensement des mouvements de terrain dans les environs de la zone d'étude – source : Infoterre (BRGM) 19

Figure 15. Zonage de la probabilité de présence d'obus 20

Figure 16. Plan d'implantation des sondages de la campagne géotechnique de 2022 [15] 22

Figure 17. Photo du sondage carotté SC4 entre les profondeurs 3,00 et 4,00 m/TN [15] 22

Figure 18. Photo du sondage carotté SC4 entre les profondeurs 15,50 et 17,00 m/TN [15] 23

Figure 19. Photo du sondage carotté SC3 entre les profondeurs 3,00 et 4,00 m/TN [15] 23

Figure 20. Photo du sondage carotté SC4 entre les profondeurs 17,00 et 18,50 m/TN [15] 23

Figure 21. Photo du sondage carotté SC4 entre les profondeurs 24,50 et 26,00 m/TN [15] 24

Figure 22. Superposition du profil en travers P413 et le sondage pressiométrique SP1 25

Figure 23. Présentation des valeurs pressiométriques en fonction de la profondeur 26

Figure 24. Analyse des essais triaxiaux au sein du noyau encagé des remblais 30

Figure 25. Analyse des essais triaxiaux au sein de la frange altérée du Pliensbachien 30

Figure 26. Analyse des essais triaxiaux au sein de la frange saine du Pliensbachien 31

Figure 27. Analyse des essais de cisaillement direct au sein du parement des remblais..... 32

Figure 28. Analyse des essais de cisaillement direct au sein du noyau encagé des remblais..... 32

Figure 29. Analyse des essais de cisaillement direct au sein de la base traitée des remblais..... 33

Figure 30. Analyse des essais de cisaillement direct au sein de la frange altérée du Pliensbachien 33

Figure 31. Analyse des essais de cisaillement direct au sein de la frange saine du Pliensbachien 34

Figure 32. Plan d'implantation des inclinomètres au niveau de l'OT R9-B 35

Figure 33. Coupe des vitesses de déplacement (cf. [17]) 37

Figure 34. Fissuromètre mis en place à l'interface entre deux voussoirs de l'OH 103 38

Figure 35. Positions des fissuromètres..... 39

Figure 36. Vue en plan synoptique des désordres repérés – visite du 14/10/2020 40

Figure 37. Limites approximatives d'un décrochement affectant les terrains sus-jacents au sommet de l'OH 103 (désordre **(1)**)..... 42

Figure 38. Repérage du décrochement métrique courant du PM = 10355 au PM - 10385..... 42

Figure 39. Décrochement observé au Nord de l'OH 103 sur le talus du sens 1 43

Figure 40. Fissuration..... 43

Figure 41. Vue en plan de repérage des désordres repérés lors de la visite du 11/04/2023 45

Figure 42. Vue en plan indiquant les traces des décrochements affectant le talus aval de l'OT R9-B (source : cf. [23]) 46

Figure 43. Aperçu des deux décrochements affectant le talus aval du R9-B – A gauche : glissement localisé au Sud de l'OH 103 – A droite : glissement localisé au Nord de l'OH 103..... 46

Figure 44. Représentation d'une zone dégradée du parement sur le profil P413..... 47

Figure 45. Représentation d'une zone dégradée du parement sur le profil P415 47

Figure 46. Venues d'eau en provenance du versant et s'écoulant vers le pied du talus amont de l'OT R9-B 47

Figure 47. Ecoulement d'eau le long du pied du talus amont du R9-B 48

Figure 48. Repérage des écoulements d'eau et des points de résurgence en amont du remblai R9-B (source : cf. [23]) 48

Figure 49. Evolution de la performance mécanique du traitement à la chaux dans le temps 50

Figure 50. Repérage du pan de talus du sens 1 au niveau duquel auront lieu les opérations de reprise des désordres superficiels 54

Figure 51. Coupe type du remblai R9-B retenue à l'état initial 55

Figure 52. Calcul de glissement superficiel au niveau du profil P413 à l'état initial 55

Figure 53. Calcul de glissement superficiel au niveau du profil P415 à l'état initial 56

Figure 54. Calcul de glissement "superficiel" au niveau du profil P413 après réalisation d'un masque drainant (c'=0 kPa) 57

Figure 55. Calcul de glissement superficiel au niveau du profil P413 après réalisation d'un masque drainant (c'=0,5 kPa) – Autres cercles de glissement 58

Figure 56. Calcul de glissement superficiel au niveau du profil P415 après réalisation d'un masque drainant (c'=0 kPa) 59

Figure 57. Calcul de glissement au niveau du profil P415 après réalisation d'un masque drainant (c'=0,5 kPa) – Autres cercles de rupture 60

Figure 58. Coupe type du remblai R9-B retenue à l'état initial 62

Figure 59. Principe de l'anisotropie concernant l'angle de frottement interne φ' prise en compte pour la modélisation de la frange altérée du Pliensbachien 63

Figure 60. Trames de rupture les plus défavorables, obtenues pour la situation initiale, avec une génération de surfaces de rupture planes 64

Figure 61. Niveau de nappe considéré pour le recalage du modèle 65

Figure 62. Niveau de nappe remontant dans la base/le corps du remblai 65

Figure 63. Disposition et géométrie des inclusions modélisées pour la solution de confortement 66

Figure 64. Surface de rupture, approchant la forme de celle obtenue lors du calage, avec modélisation de la file d'inclusions – M_{lim}= 500 kN.m 67

Figure 65. Surfaces de rupture obtenues pour le calcul avec modélisation de la file d'inclusions – M_{lim}= 500 kN.m 68

Figure 66. Dimensions de la butée de pied accolée au talus aval du remblai 69

Figure 67. Surface de rupture, approchant la forme de celle obtenue lors du calage, avec modélisation de la butée en pied 70

Figure 68. Surfaces de rupture obtenues pour le calcul avec modélisation de la butée en pied.. 70

Figure 69. Principe de l'anisotropie concernant l'angle de frottement interne φ' prise en compte pour la modélisation de la frange altérée du Pliensbachien – Cas de nappe remontant dans le corps du remblai 71

Figure 70. Trames de rupture les plus défavorables, obtenues pour la situation initiale, avec une génération de surfaces de rupture planes, en cas de remontée de la nappe 72

Figure 71. Surface de rupture, approchant la forme de celle obtenue lors du calage, avec modélisation de la butée en pied – Cas de remontée de nappe 72

Figure 72. Surfaces de rupture obtenues pour le calcul avec modélisation de la butée en pied.. 73

Figure 73. Schéma de principe illustrant l'emprise des matériaux drainants à mettre en œuvre via la réalisation préalable de redans 76

Figure 74. Coupes de principe de la mise en œuvre phasée d'un remblai au moyen de redans d'accrochage – Schéma du haut : redan mis à nu Schéma du bas : montage des couches successives de matériaux du remblai jusqu'au sommet du redan terrassé..... 78

Figure 75. Schéma de principe illustrant la géométrie des redans d'ancrage pour la substitution du remblai 78

Figure 76. Adaptation de la géométrie des redans sur la hauteur du masque 79

Figure 77. Coupe type de redans dont la partie subhorizontale présente une pente de 4%..... 80

Figure 78. Vue en plan illustrant le principe de fossé drainant à mettre en place au-delà du pied du talus amont..... 81

Figure 79. Evaluation de la surface d'emprise (en coupe) des matériaux d'apport correspondant à une section transversale de remblai 84

1 OBJET

A la demande de la DREAL Grand-Est, GEOS Ingénieurs Conseils a réalisé une étude géotechnique de conception (mission G2 – PRO au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013) consistant à proposer des solutions techniques de réparation et de confortement de l'ouvrage en terre R9-B. Les quantités de matériaux et fournitures nécessaires à leur mise en œuvre ainsi que les coûts associés sont estimées.

Cette mission fait suite à la phase d'avant-projet (mission G2 – AVP, cf. [21]) lors de laquelle les interprétations précédemment réalisées dans le rapport de diagnostic (mission G5, cf. [14]) avaient été reprises dans le but d'adapter les conclusions à la réalité de la situation retranscrite par les mesures issues du dispositif d'instrumentation.

Cette étude ciblée s'inscrit dans le cadre plus général du projet de réfection de l'autoroute A304 qui constitue le prolongement de l'A34 vers la Belgique.

Cette note s'articule comme suit :

- Description du site, définition des cadres géologique et hydrogéologique généraux, analyse des risques,
- Listing et synthèse des données géotechniques disponibles, établissement d'un/de modèle(s) géotechnique(s) emblématique(s) du site.

  Les données de la campagne de reconnaissances géotechniques réalisées en 2022 (cf. document de référence [15]), consistant en des coupes de sondages et en des résultats d'essais en laboratoire ont notamment été considérées dans cette section.
- Passage en revue des études antérieures menées sur cet ouvrage ;
- Présentation des solutions envisagées pour la réfection de l'ouvrage et des dispositions constructives associées ;
- Estimation des quantités et des coûts de mise en œuvre.

Objet de l'indice : Mise à jour du rapport effectuée vis-à-vis d'observations formulées par le CEREMA dans son avis concernant le précédent indice A du présent rapport.

2 DONNEES DE REFERENCE

Les documents utilisés pour réaliser cette étude sont répertoriés dans le tableau suivant :

Documents du marché			
Intitulé	**Emetteur**	**Référence**	**Date**
[1] Étude générale des contextes géologique et hydrogéologique, qualification et cartographie des aléas naturels	CETE Nord-Picardie	Dossier 2001-503 (affaire 10530)	04/02/2002
[2] Analyse des variantes du tracé de référence de l'A304	CETE Nord-Picardie	Dossier 2004 – 087 (affaire 20613.01)	10/03/2004
[3] Analyse des instabilités de versant par photo-interprétation – Secteur Belval-Haudrecy	CETE Lyon	Dossier H/36921	10/2004
[4] Étude géologique et géotechnique - Franchissement de la butte d'Haudrecy/Belval	FONDASOL	N° affaire : EGP-04-001 Rapport indice C	17/12/2004
[5] Remblai R9 : P144+60 – P151+50 Franchissement du ruisseau « Le Margouzy »	CETE Nord-Picardie	Dossier 2007 – 253 (affaire 41879)	26/10/2007
[6] Étude géotechnique des ouvrages d'art – OH ru du Margouzy	CETE Nord-Picardie	Dossier 2008 – 119 (affaire 45065.01)	31/03/2008

Documents du marché			
Intitulé	**Emetteur**	**Référence**	**Date**
[7] Essais de laboratoire sur les marnes du déblai D9-B	CETE Méditerranée	A304 D9B CR1	08/2013
[8] Autoroute A304 – Mission G5 : Confortement du glissement du remblai R9-A	GEOS Ingénieurs Conseils	PP 1078 00.R1.A	19/08/2013
[9] Section courante – REMBLAI R9-B – PK10+200 à PK10+630 – Récolement – Vue en plan	Entreprises du groupement chargé des terrassements	A304G – TER – RECO – R9-B – Pk 10200-10630 – VP1A02	12/07/2018
[10] Section courante – REMBLAI R9-B PK10+200 à PK10+630 – Récolement – Profils en travers	Entreprises du groupement chargé des terrassements	A304 – TER – RECO – R9-B – Pk 10200-10630 – PT1A02	12/07/2018
[11] Suivi inclinométrique – Révision du 27/09/2018 – Version B4	EGIS Géotechnique	G0716-05444	27/09/2018
[12] A304 – Ouvrages en terre D1 et R9B : synthèse des désordres	CEREMA Nord-Picardie		29/06/2020
[13] A304 – Suivi inclinométrique des ouvrages 2019 – Remblai R9B	CEREMA		22/07/2020
[14] A304 – Prolongement de l'autoroute A34 vers la Belgique MOE Etudes et suivis des travaux de confortement de talus OT R9-B – Belval – Haudrecy (08) Diagnostic géotechnique (mission G5)	GEOS Ingénieurs Conseils	PP 1440 00.R2.0	06/11/2020
[15] Compte-rendu des investigations géotechniques réalisées au niveau du talus du sens 1 de l'OT R9-B	GINGER CEBTP	NRE2.L.211-003	15/11/2022
[16] A304 – Suivi inclinométrique des ouvrages 2021 Remblai R9-B	CEREMA		06/05/2022
[17] A304 – Suivi inclinométrique des ouvrages 2022 Remblai R9-B	CEREMA		27/01/2023
[18] Observations de terrain – Représentation schématique des désordres observés lors de la visite du 11/04/2023	CEREMA	A304_FicR9B_230411	12/04/2023
[19] Procès-verbal de l'inspection détaillée initiale OH 103 A304/Ruisseau du Margouzy Commune de Haudrecy (08)	CEREMA	Dossier 2017 – 087 (affaire C16NR0078)	Juillet 2017
[20] A304 – Prolongement de l'autoroute A34 vers la Belgique MOE Etudes et suivis des travaux de confortement d'ouvrages en terre Remblai R9-B Compte rendu de visite n°2 – Ind. 0 – 14/10/2020 <u>Ouvrage inspecté :</u> Remblai R9-B	GEOS Ingénieurs Conseils	PP1440_PV02_Ind0_R9B_CR-visite_14.10.2020	14/10/2020
[21] A304 – Prolongement de l'autoroute A34 vers la Belgique MOE Etudes et suivis des travaux de confortement de talus OT R9-B – Belval – Haudrecy (08) Etude géotechnique d'Avant-Projet (mission G2-AVP)	GEOS Ingénieurs Conseils	PP1440_RP 08_Ind0_A304-confortement-talus_R9-B_G2-AVP_26.06.2023	26/06/2023
[22] A304 – Diagnostic des désordres sur R9B Avis n°5 : Etude G2PRO	CEREMA	240214_AMO G2PRO_avis_n°5	16/02/2024
[23] Fiche de contrôle de l'ouvrage en terre R9B	CEREMA	A304_FicR9B_240219	26/03/2024

Documents du marché			
Intitulé	**Emetteur**	**Référence**	**Date**
[24] Compte rendu Visite R9B du 19/02/2024	CEREMA	CR_R9B_240219	26/03/2024
[25] A304 – Diagnostic des désordres sur R9B Avis n°6 : Etude G2PRO	CEREMA	240829_AMO G2PRO_avis_n°6	Reçu le 02/10/2024

Tableau 1. Récapitulatif des documents de référence

3 PRESENTATION DE L'OUVRAGE

3.1 LOCALISATION

L'autoroute A304 traverse le Nord-Est du département des Ardennes (08). Elle relie les villes de Rocroi, située à proximité de la frontière avec la Belgique, et de Charleville-Mézières. Au Sud-Ouest de cette dernière, les voies de l'A304 se raccordent à celle de l'autoroute A34. Cette bifurcation forme le « Y » ardennais.

La présente note concerne l'ouvrage en terre R9-B. Il s'agit d'un remblai qui supporte les voies de l'A304 entre les points kilométriques PK10+200 et PK10+630 de cette autoroute. Cet ouvrage se situe notamment entre les communes de Belval et d'Haudrecy (08). Son emplacement est repéré sur la série de vues en plans suivantes extraites de cartes IGN (source : Géoportail). L'emprise de ce remblai est signalée par un quadrilatère à fond turquoise.

Figure 1. Emplacement de l'OT (remblai R9-B)
Echelle 1 : 50 000 – Source : Géoportail

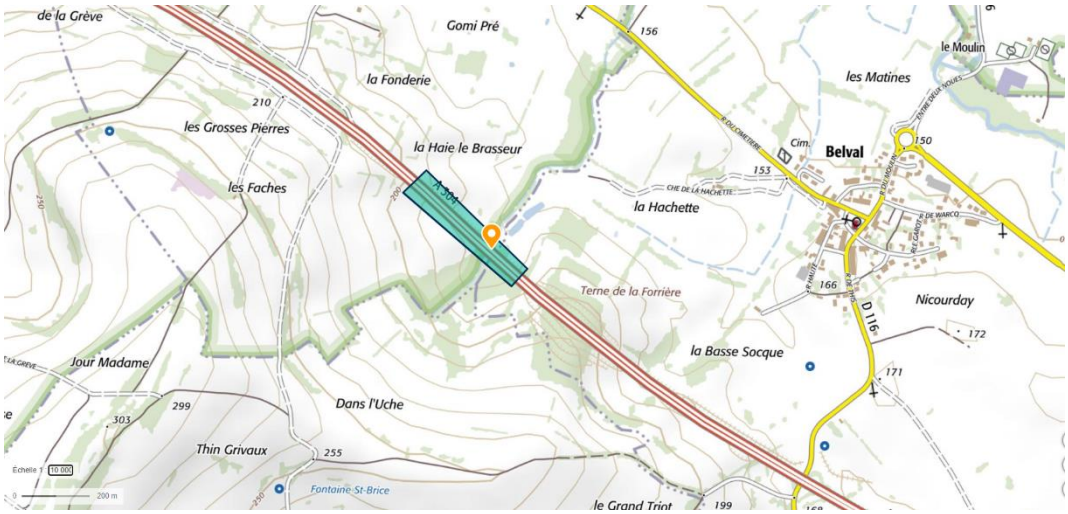


Figure 2. Emplacement de l'OT (remblai R9-B)
Echelle 1 : 10 000 – Source : Géoportail

3.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'OUVRAGE

3.2.1 VUE EN PLAN – RECOLEMENT

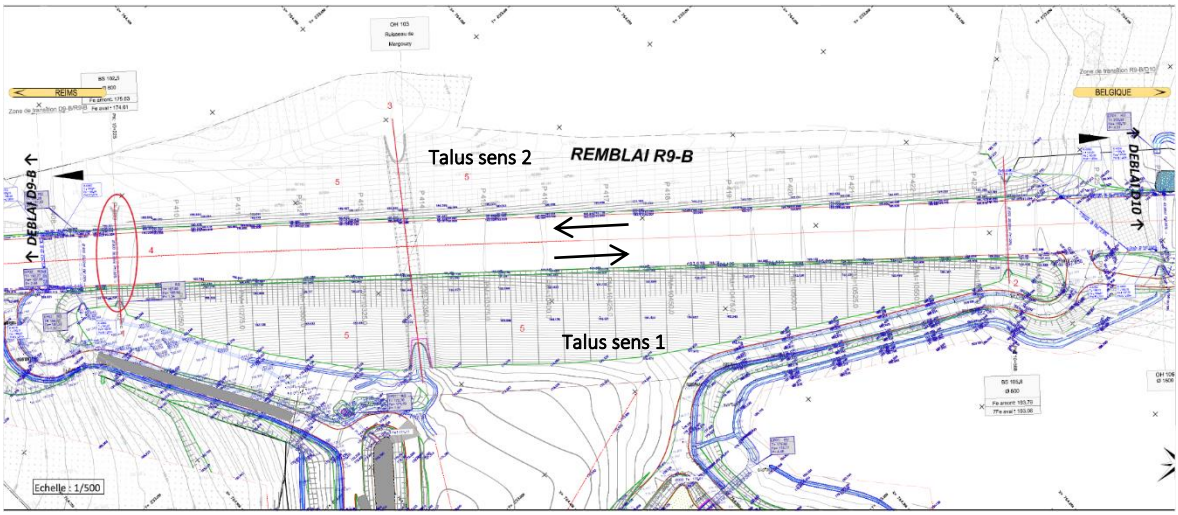


Figure 3. Plan de récolement – R9-B – PK10+200 à PK10+630
Date de publication : 12/07/2018

Par convention, les talus bordant les voies menant vers la Belgique sont nommés « talus du sens 1 » dans la suite de ce rapport. Les talus du sens 2 désignent quant à eux les talus situés du côté des voies dirigées vers Reims.

3.2.2 CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE

Le remblai R9-B a été mis en place sur un versant.

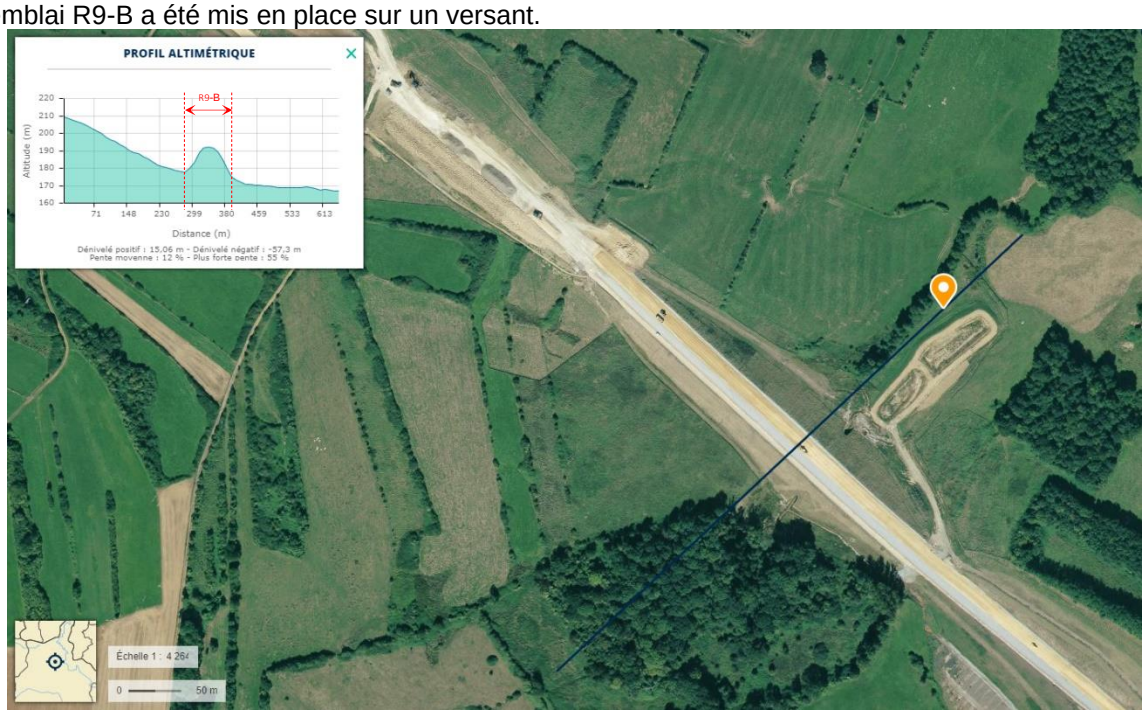


Figure 4. Topographie du versant auquel est accroché le remblai R9-B

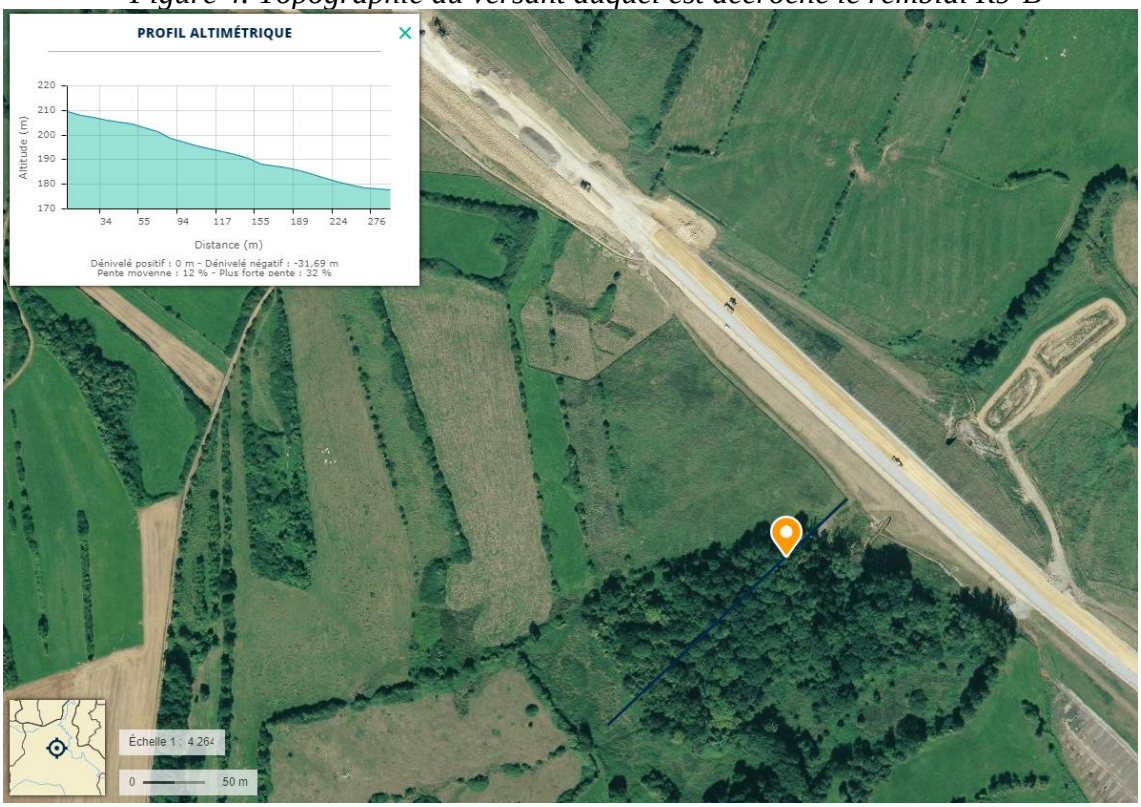


Figure 5. Topographie du versant en amont du remblai R9-B

La pente moyenne du versant en amont du remblai R9-B s'élève à environ 12%, soit une inclinaison de près de 7°.

3.2.3 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

Les principales caractéristiques géométriques de cet ouvrage en terre sont récapitulées dans le tableau suivant :

Largeur de la plateforme	~ 23,6 m
Hauteur maximale *Talus du sens 1*	~ 19,4 m
Longueur/linéaire	430 ml
Pente	~ 2(H)/1(V)
Épaisseur de la CDF *(couche de forme)*	1,1 m

Tableau 2. Caractéristiques géométriques du R9-B

3.2.4 OUVRAGE ANNEXE : OH 103

Le remblai est traversé par un ouvrage hydraulique perpendiculaire à la section courante de l'autoroute. Il s'agit de l'OH103 permettant l'écoulement du ruisseau de Margouzy sous les voies de l'A304. Cet OH s'apparente à une buse de grandes dimensions. Il est constitué de voussoirs en béton aux interfaces desquels ont été mis en place des joints d'étanchéité.

Figure 6. Traversée de l'OH103 débouchant sur les talus du sens 2

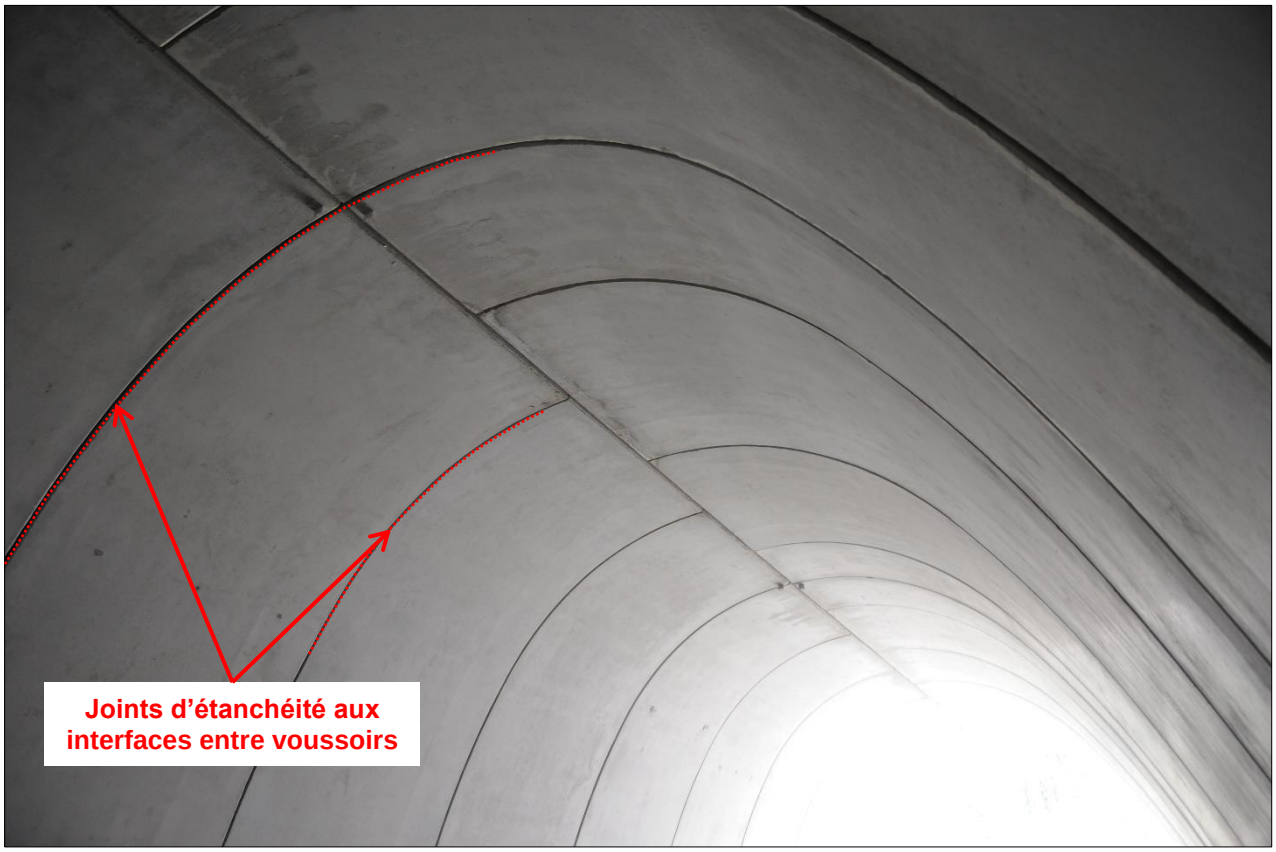


Figure 7. Vue sur les voussoirs en béton et la clé de voûte de l'ouvrage hydraulique

Des bassins de rétention se trouvent également à proximité du pied des talus du sens 1.

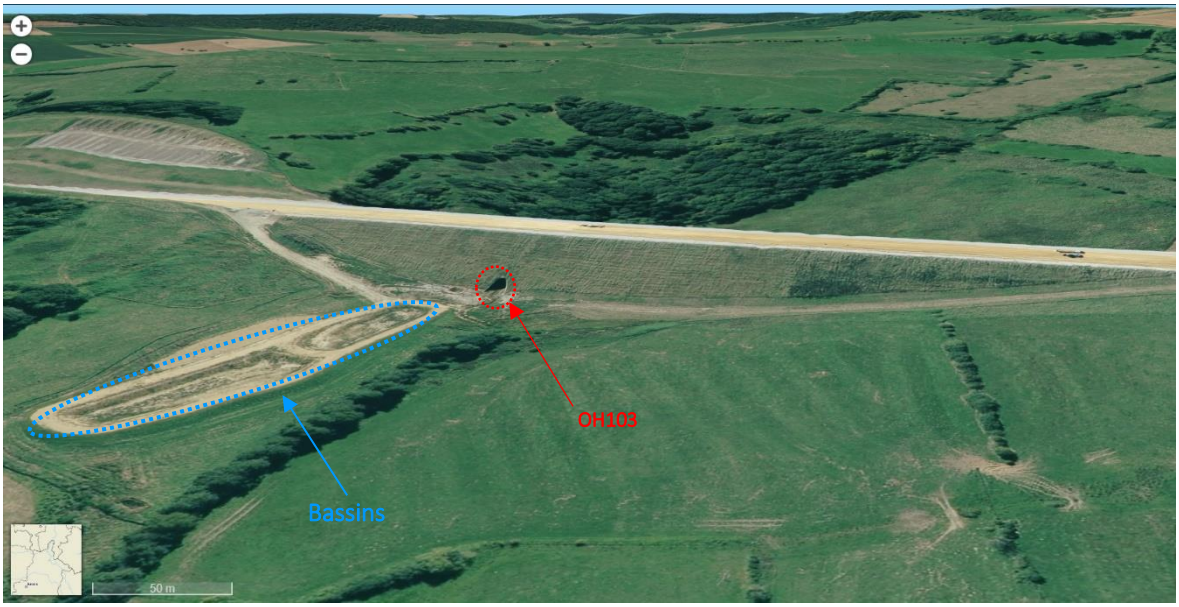


Figure 8. R9-B en cours de mise en œuvre – Talus du sens 1 – Source : visualiseur 3D Géoportail

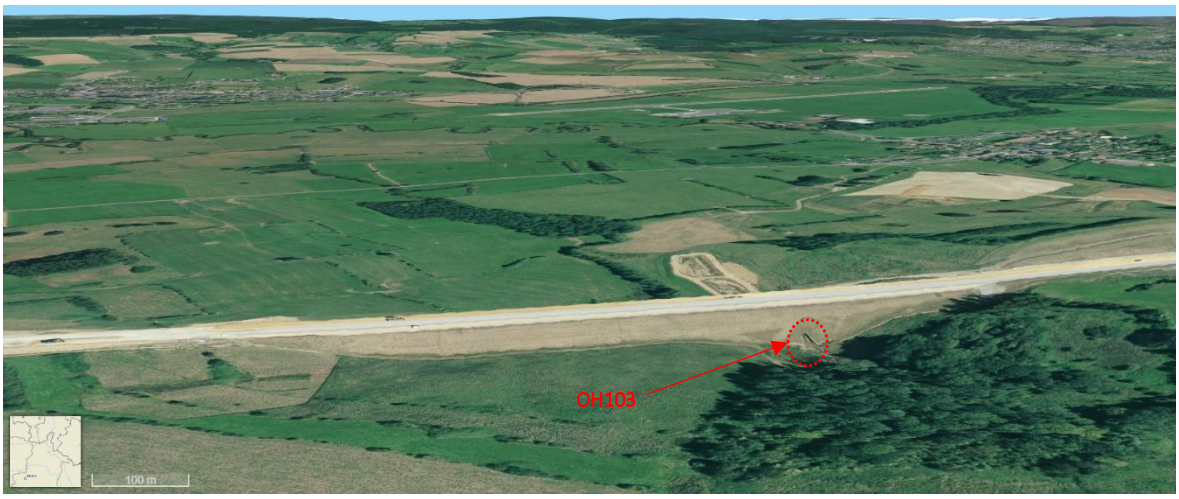


Figure 9. R9-B en cours de mise en œuvre – Talus du sens 2 – Source : visualiseur 3D Géoportail

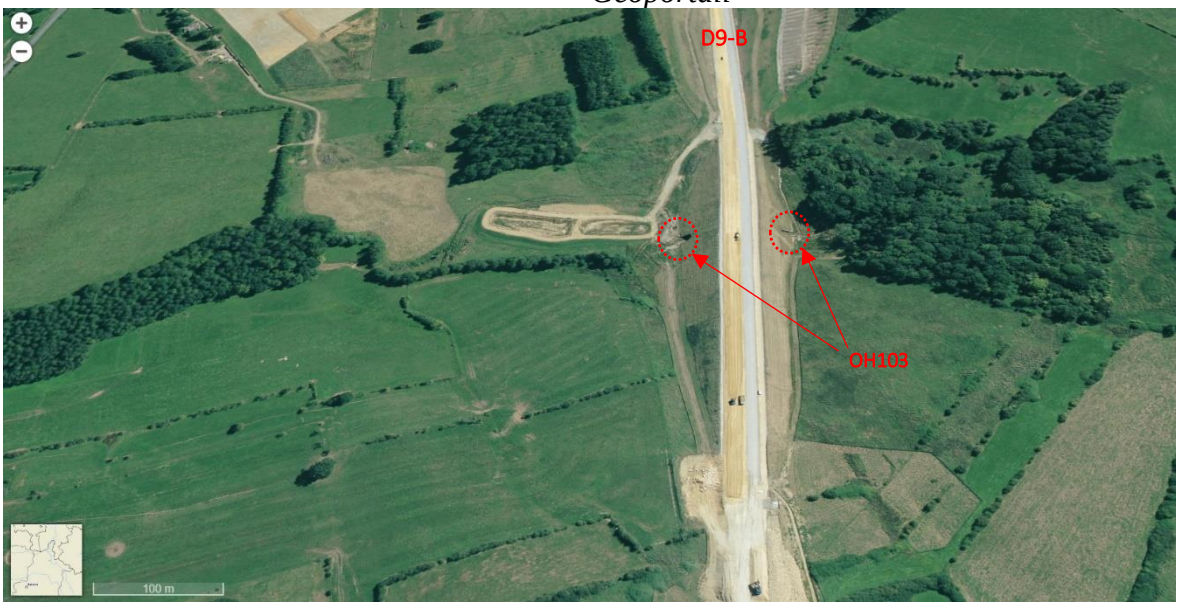


Figure 10. R9-B en cours de travaux – vue d'ensemble avec déblai D9-B en arrière-plan – Source : visualiseur 3D Géoportail

3.2.5 COMPOSITION DU REMBLAI

Les matériaux des remblais de l'OT R9-B sont composés par des marnes noires sensibles à l'eau. Elles sont issues du déblai D9-B : elles proviennent de l'excavation des terrains au droit de cet ouvrage adjacent. Elles sont non traitées, en raison de la présence de pyrite, entraînant une non-aptitude au traitement. Ces marnes sont encagées dans des marnes de même nature qui ont été traitées à 5% par un liant hydraulique routier (à savoir le LVTS). Les paramètres géométriques suivants caractérisent le parement :

- Hauteur du parement : 10 m ;
- Distance horizontale séparant le nu externe du parement et l'interface avec le noyau : 8 m ;
- Epaisseur du parement (correspondant à la distance normale entre le nu externe du parement (talus) et l'interface avec le noyau) : 3,5 m.

Les matériaux du noyau et du parement surmontent des marnes traitées dont l'épaisseur varie du fait de la topographie en pente du site : elle est maximale au niveau du talus du sens 1.

Ces marnes reposent sur une base drainante mise en place au niveau du sol d'assise des remblais. Celle-ci ne couvre pas toute l'emprise de l'ouvrage en terre. Elle n'est pas présente le long du linéaire s'étalant entre les points kilométriques PK10+550 et PK10+625.

La coupe transversale schématique ci-dessous décrit la composition du corps des remblais.

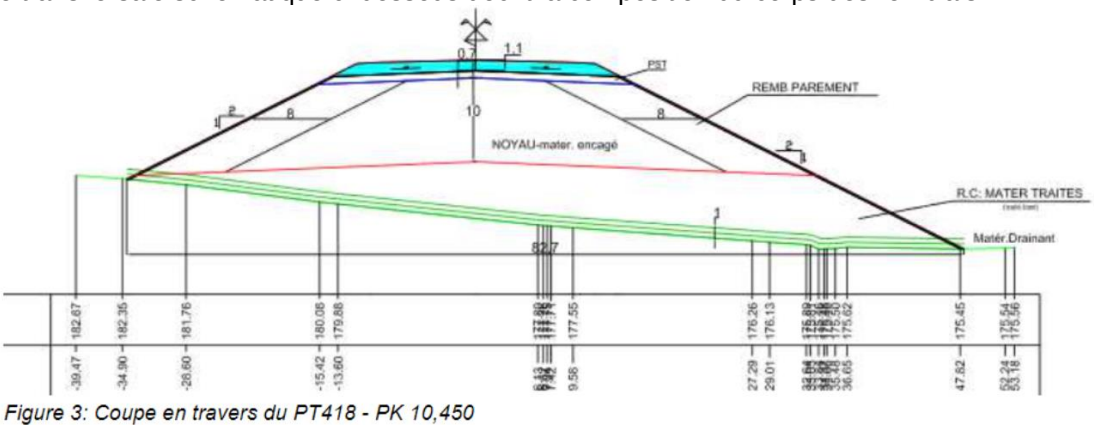


Figure 11. Schéma montrant la composition du remblai R9-B

La constitution des remblais ainsi que les paramètres géomécaniques des matériaux le composant sont précisés dans le paragraphe 5.2.3 qui présente la campagne de reconnaissances géotechniques réalisée par GINGER en 2022 (cf. [15]) au niveau du remblai R9-B.

4 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

4.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE

Un extrait de la carte géologique au 1/50000e du BRGM (feuille de RENWEZ) dans la zone de l'ouvrage est affiché ci-dessous. L'emprise du remblai R9-B est symbolisée par un quadrilatère au contour rouge.

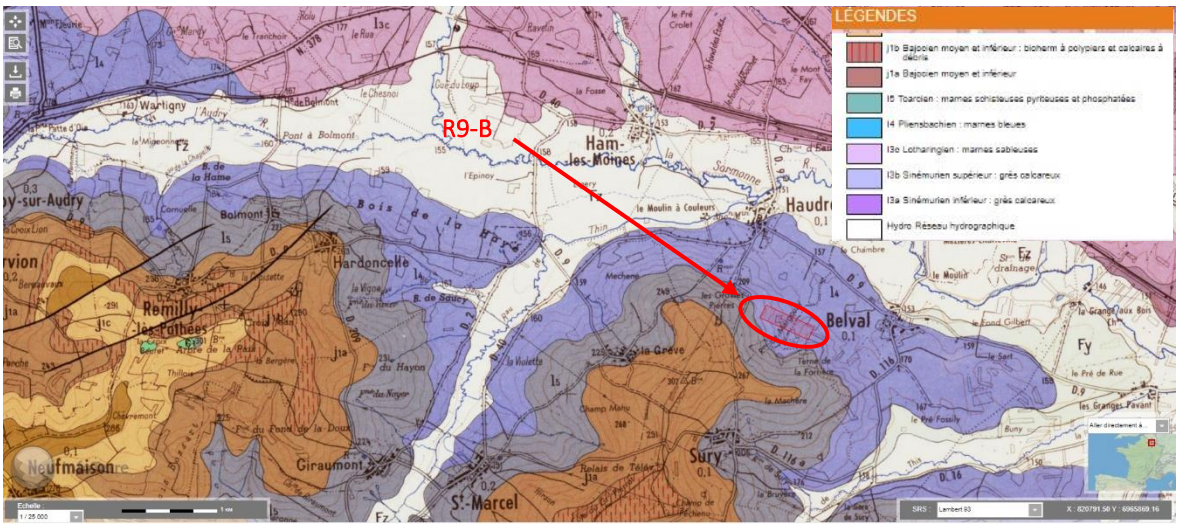


Figure 12. Extrait de la carte géologique au 1/50 000e – Feuille de RENWEZ – Source : BRGM (visualiseur InfoTerre)

D'après les informations figurant sur la carte géologique à l'échelle 1/50 000e du BRGM (feuille de RENWEZ), le remblai R9-B repose sur les marnes bleues du Pliensbachien.

L'étude spécifique du franchissement de la butte d'Haudrecy/Belval (cf. [4]) mentionne la présence de marnes très plastiques dénommées « marnes du Lias » et issues du complexe Toarcien – Domérien. Dans la description sommaire des étages établie dans la notice associée à la feuille de RENWEZ, la formation du Pliensbachien (l4) est intercalée entre le Toarcien (l5) et le Domérien. Nous précisons qu'il s'agit là d'un ordre de description des couches, il se peut que cet enchaînement stratigraphique (Toarcien – Pliensbachien – Domérien) n'ait pas lieu au droit du remblai.

Ces horizons argilo-marneux sont surmontés par la formation marno-calcaire du Bajocien.

L'enchaînement stratigraphique en vigueur au droit de l'assise du remblai ainsi que les caractéristiques géomécaniques des formations sont précisés dans le paragraphe 5.2, où les données de la campagne d'investigations géotechniques de 2022 (cf. [15]) sont exploitées.

4.2 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Le passage d'un ruisseau (« Le Margouzy ») à travers le remblai R9-B via l'OH 103 témoigne de la potentielle existence d'une nappe affleurante. Des circulations d'eau erratiques dans les couches superficielles sont du moins fortement probables, d'autant plus en cas d'épisodes météorologiques défavorables tels que des précipitations intenses.

Le diagnostic géotechnique établi par GEOS dans le cadre de l'étude du confortement du remblai R9-A (cf. [8]) situé à proximité fait état d'une nappe superficielle. Il est indiqué qu'un niveau d'eau avait été rencontré au sein de limons argileux du faciès d'altération argilo-marneux des marnes du Pliensbachien.

Par ailleurs, des venues d'eau sont à prévoir au sein des marnes en raison de la présence ponctuelle de bancs calcaires constituant des zones perméables dans l'horizon marneux dans lesquelles des écoulements peuvent se produire.

Du fait du caractère imperméable des argiles marneuses du Toarcien – Domérien, la présence d'une nappe perchée est à attendre au sein de l'horizon sus-jacent des calcaires du Bajocien.

4.3 PRINCIPAUX ALEAS

4.3.1 ALEA SISMIQUE

Le secteur étudié se trouve dans une zone de sismicité de catégorie 2 associée à un aléa sismique faible.

4.3.2 ALEA RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

L'ouvrage étudié se situe dans une zone d'aléa moyen vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles, comme le montre la figure suivante.

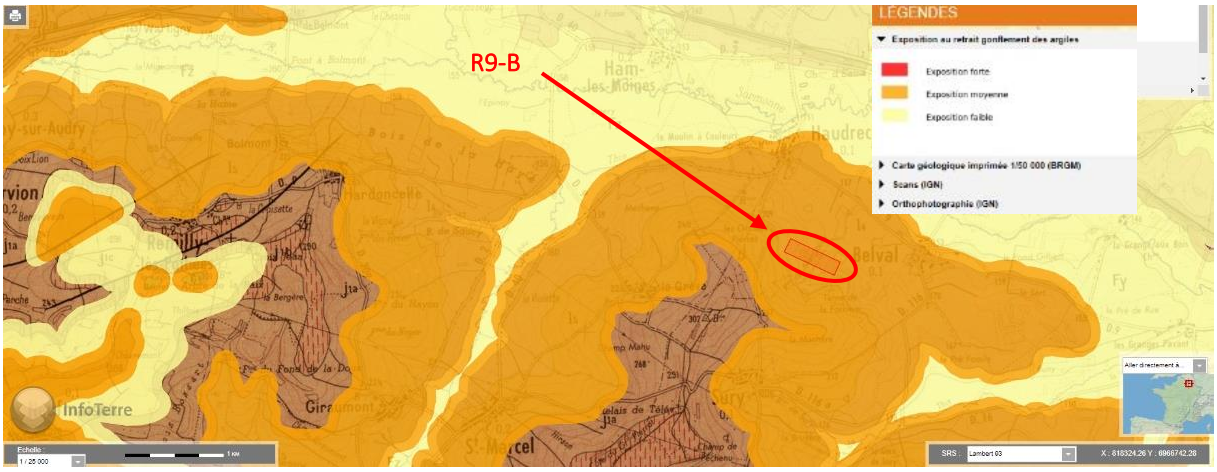


Figure 13. Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles – source : Infoterre (BRGM)

4.3.3 MOUVEMENTS DE TERRAIN

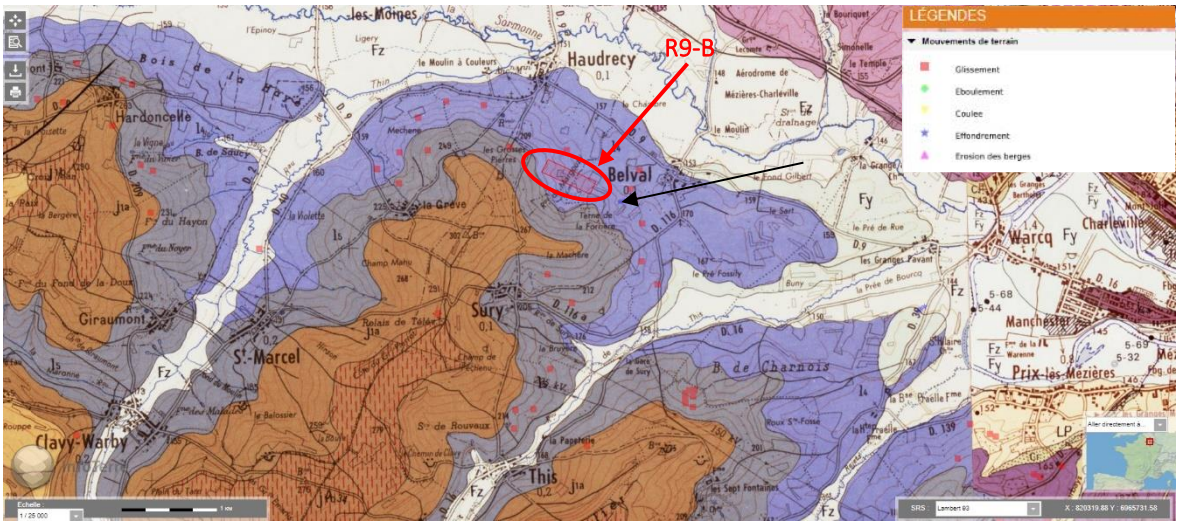


Figure 14. Recensement des mouvements de terrain dans les environs de la zone d'étude – source : Infoterre (BRGM)

De nombreux glissements de terrain, repérés par des carrés rouges sur la carte précédente, se sont produits dans les environs de la zone d'étude.

La reptation des terrains qui peut être observée est en partie due à des phénomènes de solifluxion (mouvement superficiel de sol induit par le ramollissement des matériaux causé par une augmentation de leur teneur en eau). Cela s'apparente à un écoulement.

Bien qu'ils ne soient pas survenus directement au droit de l'emprise du remblai, deux effondrements (indiqués par des figurés étoilés bleus et pointés par une flèche noire) ont eu lieu au Sud de la commune de Belval, à l'aplomb de cavités souterraines qui ne sont pas le résultat d'une activité minière. Celles-ci sont d'origine naturelle. Ces effondrements se sont produits à quelques centaines de mètres (environ 300 m) au Sud-Est de la zone couverte par l'OT R9-B.

4.3.4 PRESENCE D'EXPLOSIFS AU DROIT DU REMBLAI

La présence d'engins explosifs tels que des obus sous les remblais avait été soulignée par le CEREMA dans un rapport de suivi inclinométrique organisé au niveau de cet ouvrage (cf. [13]). La région des Ardennes ayant été le théâtre de batailles lors de la Première mais aussi de la Seconde Guerre Mondiale, ces explosifs datent probablement de cette période de conflits armés de la première moitié du XXème siècle. Le passage de blindés sur ces terres peut également expliquer le fait que de tels éléments pyrotechniques aient été perdus.

En cas de manœuvres incontrôlées lors de travaux impactant des sols dans lesquels se trouvent de tels objets, ceux-ci pourraient être réactivés et potentiellement exploser. Ils représentent un danger très important pour l'intégrité des personnes qui effectueront des travaux au droit de la zone du R9-B. L'ouvrage en terre pourrait également s'en retrouver dégradé.

Un zonage du risque lié à la présence d'entités explosives avait été réalisé au niveau de l'emprise de l'ouvrage.

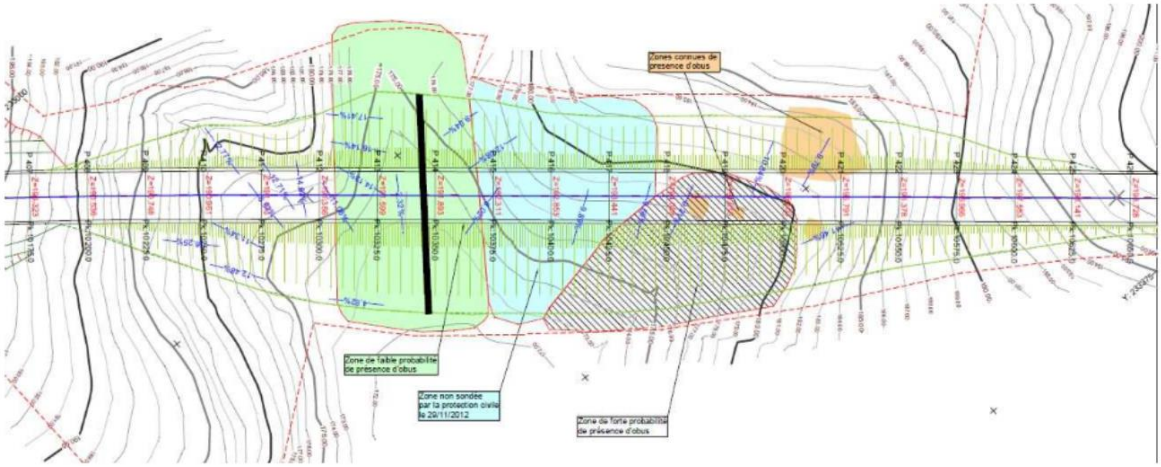


Figure 15. Zonage de la probabilité de présence d'obus

La figure ci-avant montre que certaines zones d'ombres subsistent. Le manque de connaissances sur la présence d'obus au droit de certains secteurs avait conduit à une adaptation du maillage d'implantation des drains verticaux nécessaires à l'accélération du processus de consolidation des remblais lors du montage de ces derniers.

Avant tout démarrage d'investigations ou de travaux de terrassements, il conviendra de se renseigner auprès d'un spécialiste pyrotechnique afin notamment d'évaluer les risques liés à la présence potentielle d'obus dans le secteur et d'alerter sur les zones proscrites en termes d'investigations et/ou travaux.

5 ÉTUDES ANTERIEURES DE LA ZONE

Plusieurs études géotechniques ont été réalisées sur le site du remblai R9-B, notamment dans le cadre du projet d'aménagement de l'autoroute A304. De multiples campagnes de reconnaissances ont été réalisées au cours des différentes phases d'études de conception et de suivi (instrumentation) de cet ouvrage en terre.

Le remblai R9-B a fait l'objet d'études lors de diverses phases dont certaines sont énumérées ci-dessous. On distingue les études de conception et les analyses de suivi d'instrumentation postérieures à la réalisation de l'ouvrage en terre. Les documents que nous avons à disposition sont listés dans les paragraphes qui suivent.

5.1 ÉTUDES DE CONCEPTION

5.1.1 PHASE D'AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS)

- Étude générale des contextes géologique et hydrogéologique, qualification et cartographie des aléas naturels. Elle a fait l'objet d'un rapport rédigé par le CETE Nord-Picardie à la date du 04/02/2002 (cf. document de référence [1]),
- Analyse des variantes du tracé de référence de l'A304 : étude menée par le CETE Nord-Picardie et relatée dans un rapport datant du 10/03/2004 (cf. [2]).
  Elle décrit en particulier les différentes options de tracé de l'autoroute A304 dans la zone des communes de Belval et d'Haudrecy. Ces variantes sont comparées les unes aux autres en fonction notamment des aléas/risques rencontrés le long de ces parcours,
- Analyse des instabilités de versant par photo-interprétation dans le secteur Belval-Haudrecy. Cette étude a été reportée dans un rapport publié par le CETE de Lyon au mois d'Octobre 2004 (cf. [3]),
- Étude géologique et géotechnique spécifique au franchissement de la butte d'Haudrecy/Belval. L'indice C de ce rapport rédigé par FONDASOL a été publié à le 17/12/2004 (cf. [4]),
- Étude du remblai R9 réalisée par le CETE Nord-Picardie. Le rapport associé date du 26/10/2007 (cf. [5]),
- Étude géotechnique des ouvrages d'art – OH ru du Margouzy. Ce rapport a été édité par le CETE Nord-Picardie à la date du 31/03/2008 (cf. [6]).
  Cette étude donne notamment des valeurs des paramètres pressiométriques de certaines formations rencontrées au droit ou à proximité de l'ouvrage hydraulique,
- Essais de laboratoire sur les marnes du déblai D9-B. Les résultats sont consignés dans un rapport qui fut établi par le CETE Méditerranée au mois d'Août 2013 (cf. [7]).
  Étant donné que les marnes composant le R9-B proviennent du déblai adjacent D9-B, leurs caractéristiques géologiques et géomécaniques ont pu en partie être déduites de cette étude.

5.1.2 DIMENSIONNEMENT D'UNE SOLUTION DE CONFORTEMENT POUR L'OT R9-A

Un diagnostic géotechnique (mission G5 au sens de la norme NF P94-500 de novembre 2013) des glissements de terrain recensés dans la zone du remblai R9-A avait été effectué par GEOS Ingénieurs Conseils au mois d'Août 2013 (cf. [8]).

Tout comme le présent rapport, il avait pour but de suggérer des techniques de confortement pour un ouvrage en terre (l'OT R9-A en l'occurrence) localisé dans un secteur impacté par des instabilités de pente. Le remblai R9-B étant situé à proximité, la stratigraphie, le contexte géotechnique ainsi que le régime hydrogéologique au droit de cet ouvrage sont probablement comparables à ceux rencontrés au niveau du R9-A. Les désordres observés sur le R9-B pourraient être potentiellement la cause de mouvements gravitaires similaires à ceux ayant affecté la zone du R9-A.

5.2 CAMPAGNE DE RECONNAISSANCES GEOTECHNIQUES DE GINGER (2022)

A la demande de la MOA, une campagne de reconnaissances géotechniques a été effectuée par GINGER en 2022 dans le but d'identifier la composition du remblai R9-B et de son sol support. Cette campagne comprenait la réalisation de :

- 2 sondages carottés SC1 et SC3, ainsi qu'un sondage pressiométrique SP2, réalisés en bas du talus et descendus à une profondeur de 20 m ;
- 2 sondages carottés SC2 et SC4, ainsi qu'un sondage pressiométrique SP1, réalisés au niveau de la Bande d'Arrêt d'Urgence (BAU) en haut du talus et descendus à une profondeur de 35 m ;
- Un piézomètre mis en place dans un forage de 19 m de profondeur au sein du talus, depuis le niveau de la BAU.

Le plan d'implantation de ces sondages est présenté sur la figure ci-après.

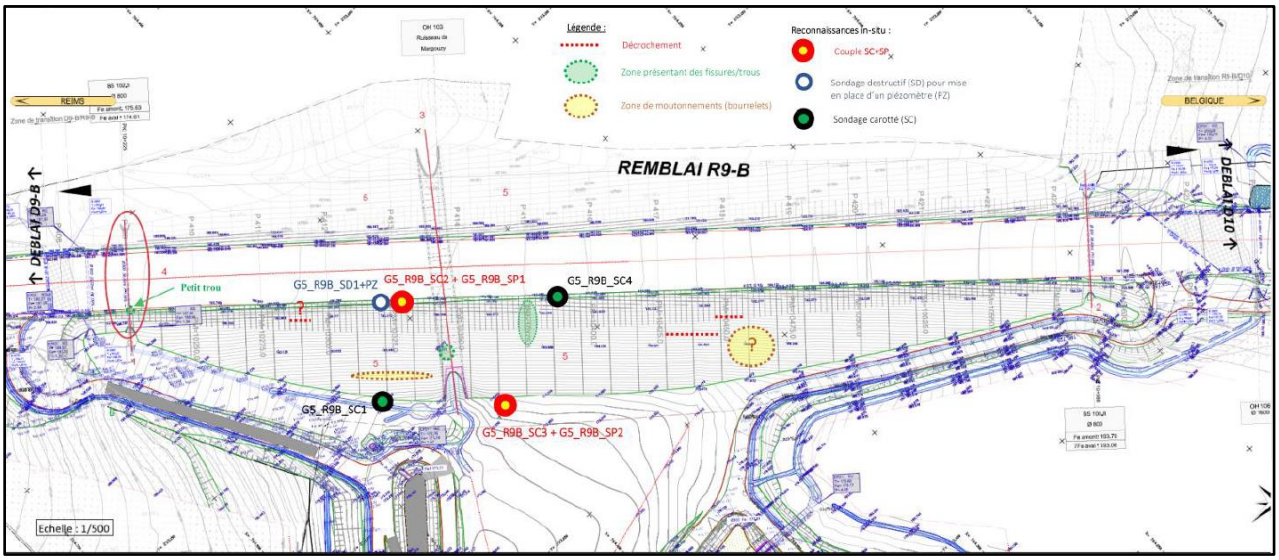


Figure 16. Plan d'implantation des sondages de la campagne géotechnique de 2022 [15]

5.2.1 ANALYSE STRATIGRAPHIQUE

Les sondages carottés mettent en évidence, sous une couche d'enrobés et de graves non-traitées, un remblai composé de marnes gris foncé avec des passages argileux ocres et de blocs schisteux, jusqu'à 16 m/TN au niveau du sondage SC4 et 20 m/TN au niveau du sondage SC2.

Sous le remblai, une épaisseur de 50 cm de matériaux drainants (graves) est mise en évidence, correspondant à la base de l'ouvrage.

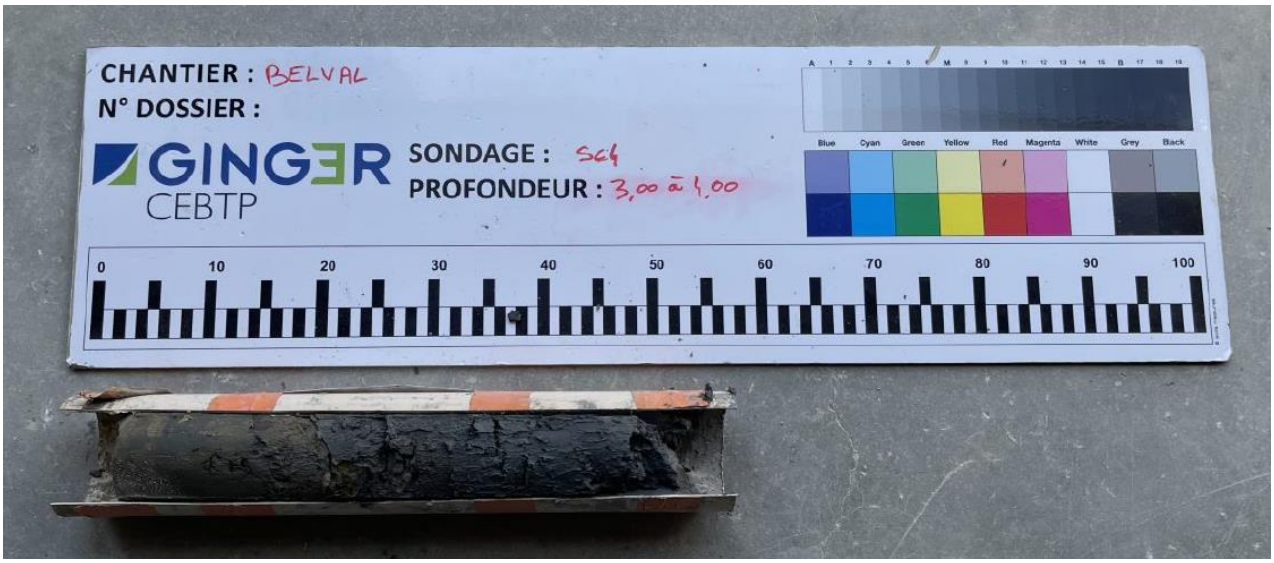


Figure 17. Photo du sondage carotté SC4 entre les profondeurs 3,00 et 4,00 m/TN [15]

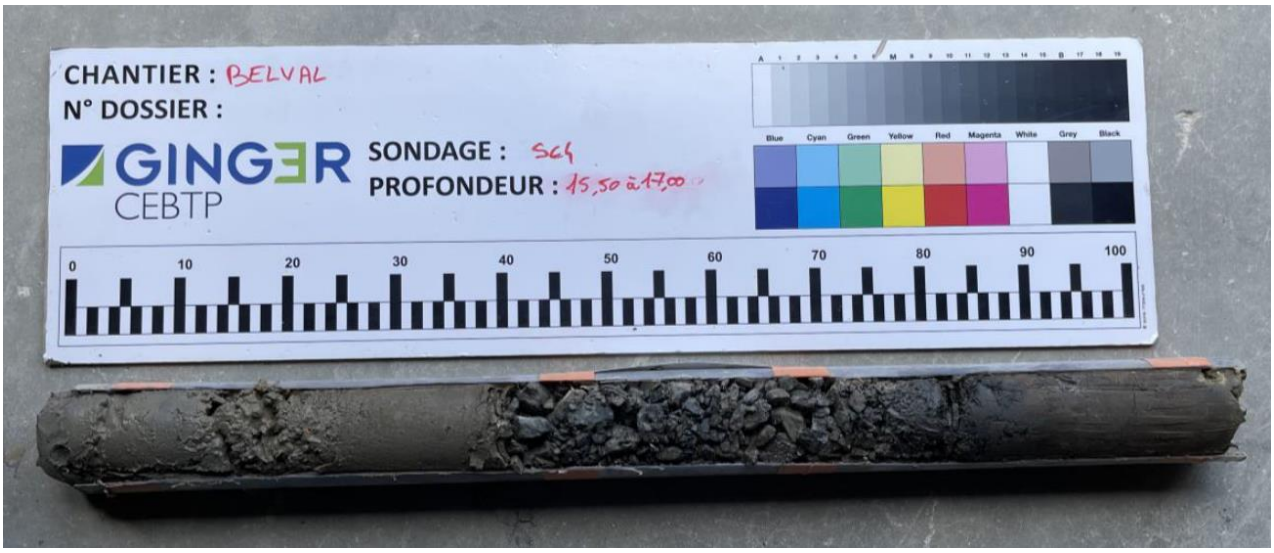


Figure 18. Photo du sondage carotté SC4 entre les profondeurs 15,50 et 17,00 m/TN [15]

Les remblais reposent sur un horizon de marnes argileuses grises identifiées au niveau du sondage SC2 réalisé au niveau de la BAU. Cette formation est également identifiée depuis le TN par les sondages SC1 et SC3 réalisés en bas du talus. Le sondage SC4 montre quant à lui une formation plutôt argileuse ocre à passages schisteux sous le remblai. Cet horizon serait rattaché à la formation altérée des marnes du Pliensbachien.

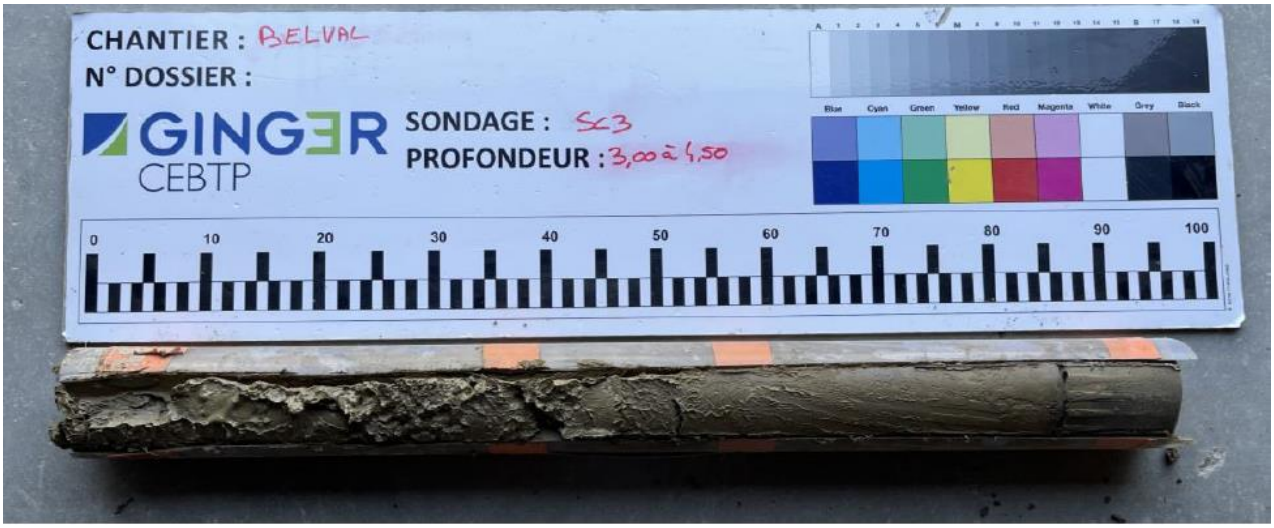


Figure 19. Photo du sondage carotté SC3 entre les profondeurs 3,00 et 4,00 m/TN [15]

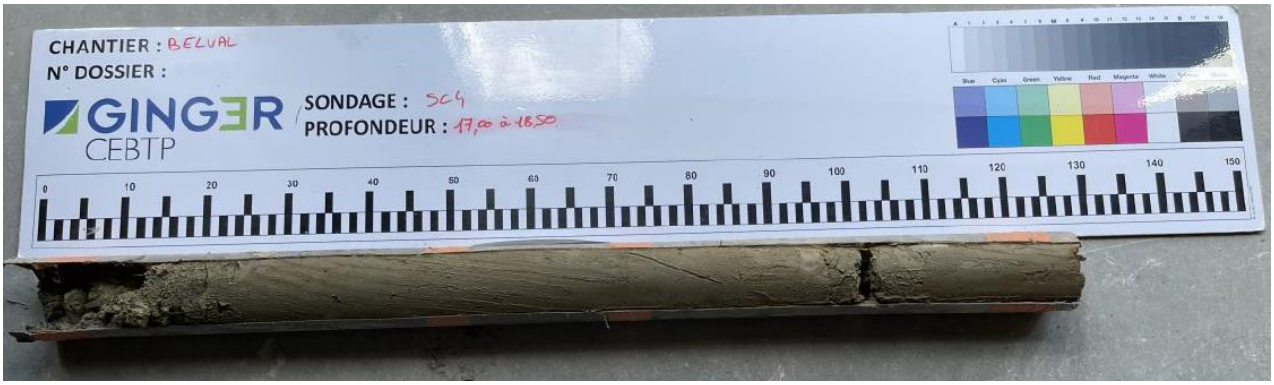


Figure 20. Photo du sondage carotté SC4 entre les profondeurs 17,00 et 18,50 m/TN [15]

On retrouve plus bas la formation de marnes calcaires gris foncé compactes, mise en évidence par tous les sondages. Elle est caractérisée par des paramètres mécaniques très élevés, comme le montrent les sondages pressiométriques. Cette formation correspond à la frange saine du Pliensbachien.

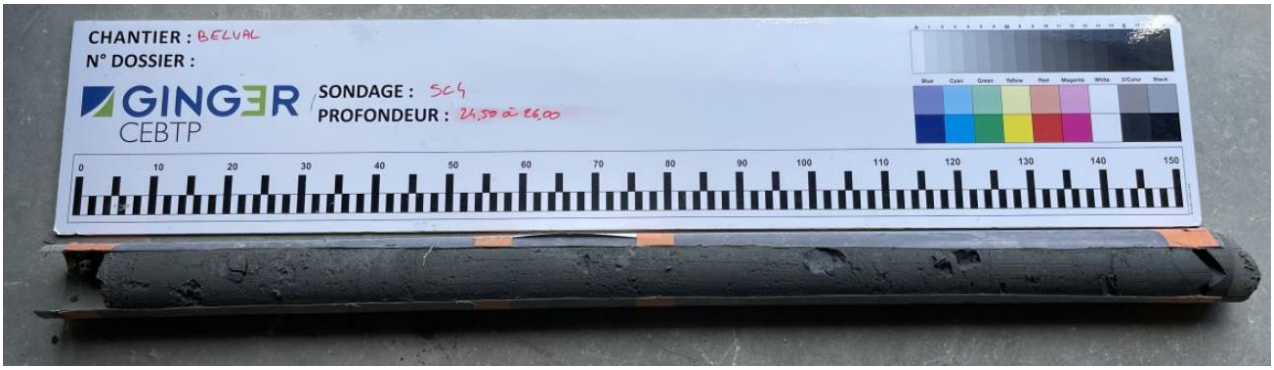


Figure 21. Photo du sondage carotté SC4 entre les profondeurs 24,50 et 26,00 m/TN [15]

La stratigraphie du site, telle que mise en évidence par les sondages carottés, est donnée dans le tableau ci-dessous.

Formation	SC1			SC2		
	Cote de toit (m NGF)	Cote de base (m NGF)	Epaisseur (m)	Cote de toit (m NGF)	Cote de base (m NGF)	Epaisseur (m)
Remblais	-	-	-	191,20	170,75	20,45
Pliensbachien (frange altérée)	172,60	165,60	7	170,75	164,20	6,55
Pliensbachien (frange saine)	165,60	<152,60	>13	164,20	<156,20	>8

Formation	SC3			SC4		
	Cote de toit (m NGF)	Cote de base (m NGF)	Epaisseur (m)	Cote de toit (m NGF)	Cote de base (m NGF)	Epaisseur (m)
Remblais	-	-	-	192,00	175,60	16,4
Pliensbachien (frange altérée)	172,20	165,50	6,7	175,60	173,00	2,6
Pliensbachien (frange saine)	165,50	<152,20	>13,3	173,00	<157,00	>16

Tableau 2. Stratigraphie mise en évidence par les sondages

Il est à noter que la formation d'argiles ocres identifiée au niveau du sondage SC4, et qui est associée à la frange altérée du Pliensbachien, a une épaisseur relativement faible, sous laquelle on retrouve les marnes calcaires saines à une cote nettement plus haute que celles indiquées sur les autres sondages.

5.2.2 ANALYSE PRESSIOMETRIQUE

Afin de pouvoir comparer le comportement mécanique des différentes composantes du remblai R9-B, nous subdivisons cette formation en trois sous-couches :

- Parement du remblai (traité) ;
- Noyau central du remblai (non traité et protégé par le parement et la base traitée l'entourant) ;
- Base traitée du remblai ;

Les sondages réalisés depuis la tête du remblai sont positionnés au niveau de la BAU de l'A304. Afin de définir l'épaisseur correspondante à chacune des sous-formations du remblai, nous superposons le sondage au profil transversal du remblai correspondant au point d'implantation. D'après la Figure 16, le sondage pressiométrique SP1 est positionné au niveau du profil P413.

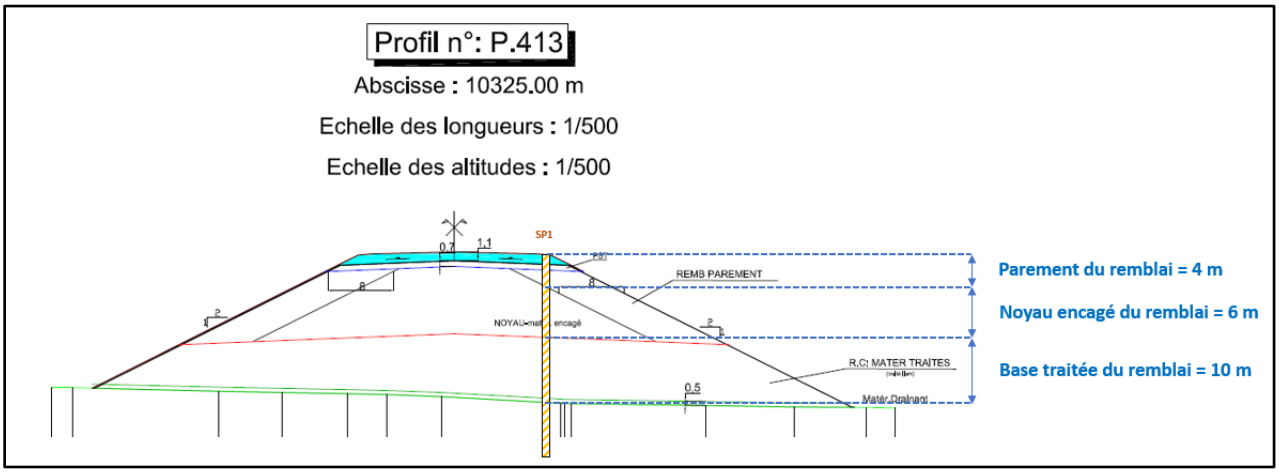


Figure 22. Superposition du profil en travers P413 et le sondage pressiométrique SP1

A partir des essais pressiométriques réalisés dans le cadre de cette campagne, une analyse statistique de ces données a été établie. Les valeurs moyennes, maximales, minimales, ainsi que l'écart type de chaque grandeur sont présentés dans le tableau ci-après.

Formation	Nombre de valeurs	E_M (MPa)				p_l* (MPa)				E_M/P_l*			
		Moyenne[1]	Ecart-type	Min	Max	Moyenne[1]	Ecart-type	Min	Max	Moyenne[1]	Ecart-type	Min	Max
Remblais (Parement)	3	**3,9**	27,4	1,4	56,1	**0,84**	1,52	0,12	3,15	**16**	3,8	11,7	18,5
Remblais (Noyau central)	7	**4,5**	1,5	2,4	7,1	**0,49**	0,12	0,33	0,69	**10**	1,4	7,3	11,6
Remblais (Base traitée)	10	**15,3**	21,4	7	62,4	**1,83**	0,92	0,97	3,64	**12,2**	5,4	5,3	21,1
Pliensbachien (frange altérée)	14	**5,8**	8	2,8	30,8	**0,74**	0,5	0,27	1,78	**10,2**	3,7	5,5	17,3
Pliensbachien (frange saine)	21	**47**	61,3	10,6	200	**3,34**	1,31	0,64	4,76	**22,1**	10,6	11,1	43,4

[1] les moyennes sont de type harmonique pour les modules pressiométriques, de type géométrique pour les pressions limites et de fluage et de type arithmétique pour les rapports E_M/P_l*.

Tableau 3. Synthèse des valeurs pressiométriques

La figure ci-après présente la variation du module pressiométrique et de la pression limite en fonction de la profondeur :

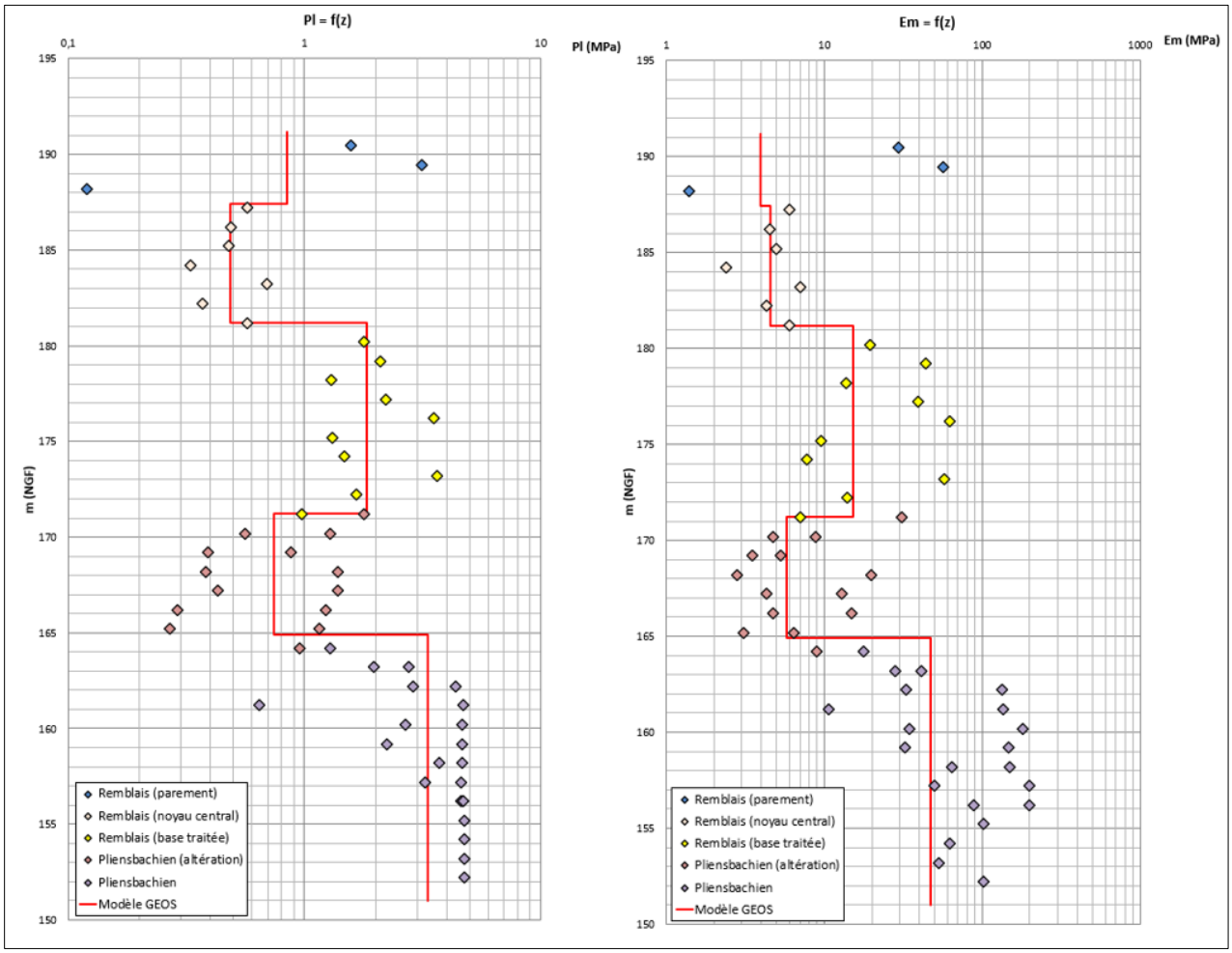


Figure 23. Présentation des valeurs pressiométriques en fonction de la profondeur

A partir du tableau et de la figure ci-avant, nous remarquons que :

- Le nombre de données pressiométriques associées aux matériaux constitutifs du parement du remblai n'est pas suffisant pour pouvoir évaluer leurs caractéristiques. En effet, on ne dispose que de 3 valeurs avec un écart-type très important. On note également la présence d'une mesure pressiométrique relativement très faible parmi les 3.
- Les résultats montrent des faibles caractéristiques pressiométriques au sein du noyau central du remblai, non traité, contrairement à celles de la base traitée.
- Les valeurs pressiométriques sont plutôt faibles au niveau de l'épaisseur altérée du Pliensbachien, comparées à celles de la formation saine, où les caractéristiques pressiométriques sont très bonnes. Le glissement profond dans le remblai, mis en évidence par les inclinomètres aux alentours de 165,5 m NGF (§5.3.1), a contribué à la dégradation des caractéristiques pressiométriques à l'interface avec la frange saine du substratum.

5.2.3 ESSAIS EN LABORATOIRE

La campagne de reconnaissances géotechnique comprenait également la réalisation d'essais en laboratoire en vue de la qualification des matériaux constituant le corps du remblai et le sol d'assise. Cela consistait en la réalisation de :

- 18 essais d'identification GTR avec classification de sol ;
- 4 essais triaxiaux CU+u ;

- 12 essais de cisaillement à la boite de Casagrande.

Les résultats des essais d'identification GTR sont regroupés par formation et présentés dans le tableau ci-après. S'agissant du remblai, une distinction entre les matériaux du parement, du noyau central et de la base traitée est effectuée.

Formation	Sondage	Profondeur (m)	Teneur en eau (%)	Passant à 80 µm (%)	VBS	IP	IC	Classe GTR
Remblais (Parement)	SC4	2,30 - 2,50	26,7	98,3	2,98	-	-	A2h
Remblais (Noyau central)	SC2	4,90 - 5,00	23	98,7	4,11	-	-	A2
	SC2	6,90 - 7,10	22	97	-	28	1,03	A3m
	SC4	6,30 - 6,50	23,8	96,7	-	23	0,97	A2m/A2h
	SC4	9,80 - 10,10	22,3	97,7	-	27	1,17	A3m
Remblais (Base traitée)	SC2	13,90 - 14,15	27,6	54,4	1,25	-	-	A1
	SC4	11,00 - 11,35	33,9	91,5	-	31	0,81	A3th
	SC4	12,00 - 12,50	27,8	92,1	3,05	-	-	A2th
	SC4	14,60 - 15,50	25,8	89,4	-	27	1,08	A3h
Pliensbachien (frange altérée)	SC1	1,20 - 1,40	31,5	92,5	-	22	1,12	A2th
	SC2	19,60 - 19,85	37,9	39,8	-	28	-	A3th
	SC2	21,90 - 22,10	26	98,1	4,24	-	-	A2h
	SC3	0,70 - 0,90	30,8	92,9	-	40	0,83	A3th
	SC4	17,40 - 17,60	25,5	97,3	-	33	0,99	A3h
	SC4	22,40 - 23,00	19,5	95,1	-	32	1,11	A3m
Pliensbachien (frange saine)	SC1	10,15 - 10,65	18	98,8	-	27	1,04	A3s/A3m
	SC2	25,00 - 25,35	25,8	96,7	-	31	0,97	A3m/A3h
	SC3	12,30 - 12,45	20,5	94,5	-	29	1,05	A3m

Tableau 4. Synthèse des essais en laboratoire

Les classes hydriques du sol proposées par GINGER ont été révisées, en tenant compte des informations suivantes :

- Les études préalables effectuées au niveau du déblai D9-B, et notamment les essais en laboratoire, montrent que la teneur en eau à l'Optimum Proctor se situe entre 20% et 24%,
- L'étude du traitement à 5% de liant hydraulique des marnes permet de se situer à une teneur en eau à l'Optimum Proctor de 21% pour les marnes de classe A2,
- Le traitement et immersion des marnes conduit à obtenir une teneur en eau située entre 23% et 26%.

On remarque à partir des résultats des essais en laboratoire :

- Au niveau du parement du remblai R9-B, les essais ont permis de retenir une classe GTR A2 (limons argileux et marnes peu plastiques). L'état hydrique varie d'humide (h) à très humide (th).
- Au niveau du noyau central du remblai R9-B, les essais ont permis de retenir une classe GTR A2 (limons argileux et marnes peu plastiques) ou A3 (argiles et argiles marneuses). L'état hydrique est moyen (m).
- Au niveau de la base traitée du remblai R9-B, les essais ont permis de retenir une classe GTR A1 (schiste altéré, arènes), A2 (limons argileux et marnes peu plastiques) ou A3 (argiles et argiles marneuses). L'état hydrique varie d'humide (h) à très humide (th).
- Dans la frange altérée du Pliensbachien, les essais ont permis de retenir une classe GTR A2 (limons argileux et marnes peu plastiques) ou A3 (argiles et argiles marneuses). L'état hydrique est moyen (m) à très humide (th).
- Dans la frange saine du Pliensbachien, les essais ont permis de retenir une classe GTR A3 (argiles et argiles marneuses). L'état hydrique varie de sec (s) à humide (h).

Les résultats obtenus mettent en évidence un sol à dominance marneuse et argileuse, conformément à la géologie attendue sur site et les informations disponibles sur le remblai R9-B, et en cohérence avec la description des coupes géologiques issues des sondages in-situ. L'état hydrique peut fortement varier d'un point de reconnaissance à un autre, en variant d'un état moyen à très humide. Il est à noter également que la teneur en eau du noyau central est plus faible par rapport aux autres composantes du remblai, comme le témoignent les valeurs des teneurs en eau et les états hydriques associés aux échantillons analysés.

On note également que l'état hydrique de la base traitée du remblai et de l'assise en formation altérée est humide à très humide, ce qui a priori favoriserait les glissements. En effet, la teneur en eau élevée favorise le phénomène de succion, qui implique une chute des caractéristiques intrinsèques de résistance au cisaillement du sol.

Les résultats des essais de cisaillement sont regroupés par formation et présentés dans le tableau ci-après. De même que pour les essais GTR, une distinction entre les matériaux du parement, du noyau central et de la base traitée du remblai est effectuée.

Essais triaxiaux CU+u – Critère σ1-σ3				
Formation	**Sondage**	**Profondeur (m)**	**Cohésion (kPa)**	**Angle de frottement (°)**
Remblais (Noyau central)	SC2	4,5 – 4,9	34	22
Pliensbachien (frange altérée)	SC1	1,4 – 1,8	15	32
	SC4	22 – 22,4	43	24
Pliensbachien (frange saine)	SC4	24,35 – 25	53	19

Tableau 5. Synthèse des essais triaxiaux CU+u

Essais de cisaillement à la boite de Casagrande						
Formation	**Sondage**	**Profondeur (m)**	**Cohésion (kPa)**		**Angle de frottement (°)**	
			C'p	**C'f**	**ϕ'p**	**ϕ'f**
Remblais (Parement)	SC4	2,5 – 2,75	23	-	26	-
	SC4	3 – 4	27	-	22	-
Remblais (Noyau central)	SC4	6,5 – 6,75	30	-	22	-

Essais de cisaillement à la boite de Casagrande						
Formation	**Sondage**	**Profondeur (m)**	**Cohésion (kPa)**		**Angle de frottement (°)**	
			C'p	**C'f**	**ϕ'p**	**ϕ'f**
	SC2	6,7 – 6,9	31	-	20	-
	SC4	9,6 – 9,8	28	-	27	-
Remblais (Base traitée)	SC4	11,35 – 11,95	21	-	30	-
	SC4	14,2 – 14,4	40	-	23	-
	SC2	16,55 – 16,7	-	37	-	26
	SC2	19,3 – 19,5	-	15	-	41
Pliensbachien (frange altérée)	SC3	0,5 – 0,7	25	-	24	-
Pliensbachien (frange saine)	SC3	12,45 – 12,8	59	-	40	-
	SC1	10 – 10,15	44	-	41	-

Tableau 6. Synthèse des essais de cisaillement direct

Les résultats des essais de cisaillement témoignent d'une cohésion assez élevée des marnes constituant les remblais et le sol d'assise, avec des valeurs allant jusqu'à 60 kPa dans la formation saine du Pliensbachien, et 40 kPa dans la base traitée des remblais. Les angles de frottement obtenus restent faibles à moyens (inférieurs à 30°), sauf pour une seule valeur dans la base traitée du remblai égale à 41° (ceci serait lié à la présence de schistes dans l'échantillon testé), et au sein de la formation saine du Pliensbachien avec des valeurs supérieures à 40° (qui pourraient se justifier par la présence de blocs calcaires).

Une analyse statistique des valeurs de cisaillement a été menée pour chaque formation et pour chaque type d'essai (cisaillement direct / triaxial), afin d'attribuer des valeurs de cohésion et d'angle de frottement à chaque formation.

<u>Essais triaxiaux :</u>

Au niveau du noyau encagé du remblai, les valeurs retenues sont c' = 34 kPa et ϕ' = 22°. Il est à noter que l'on dispose d'un seul essai triaxial dans cette formation.

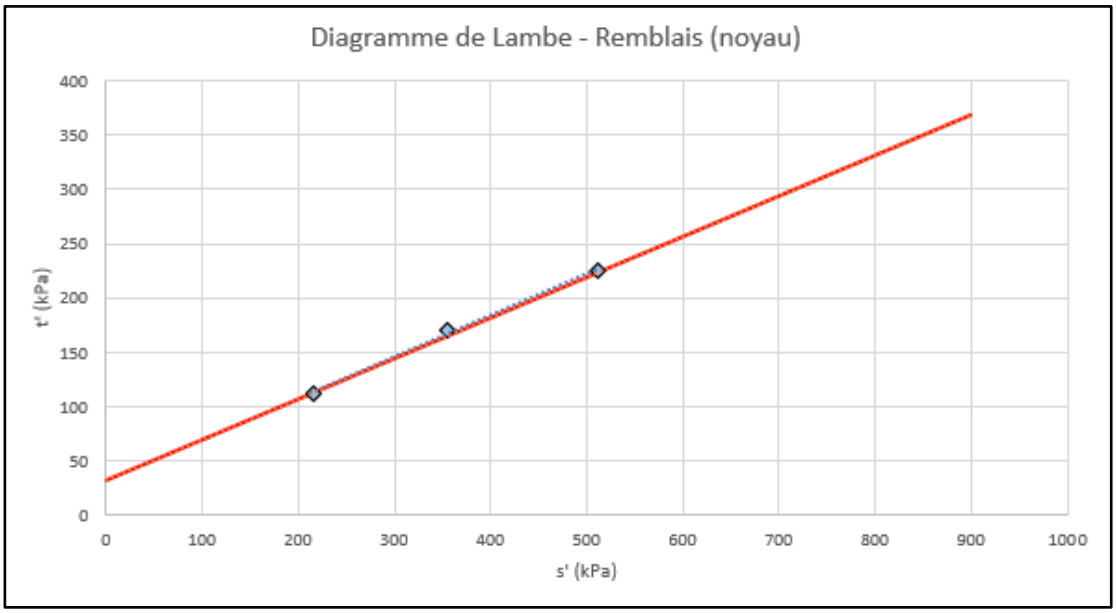


Figure 24. Analyse des essais triaxiaux au sein du noyau encagé des remblais

Au niveau de la formation altérée du Pliensbachien, les valeurs retenues sont c' = 15 kPa et ϕ' = 32°. Il est à noter que l'on dispose d'un seul essai triaxial dans cette formation.

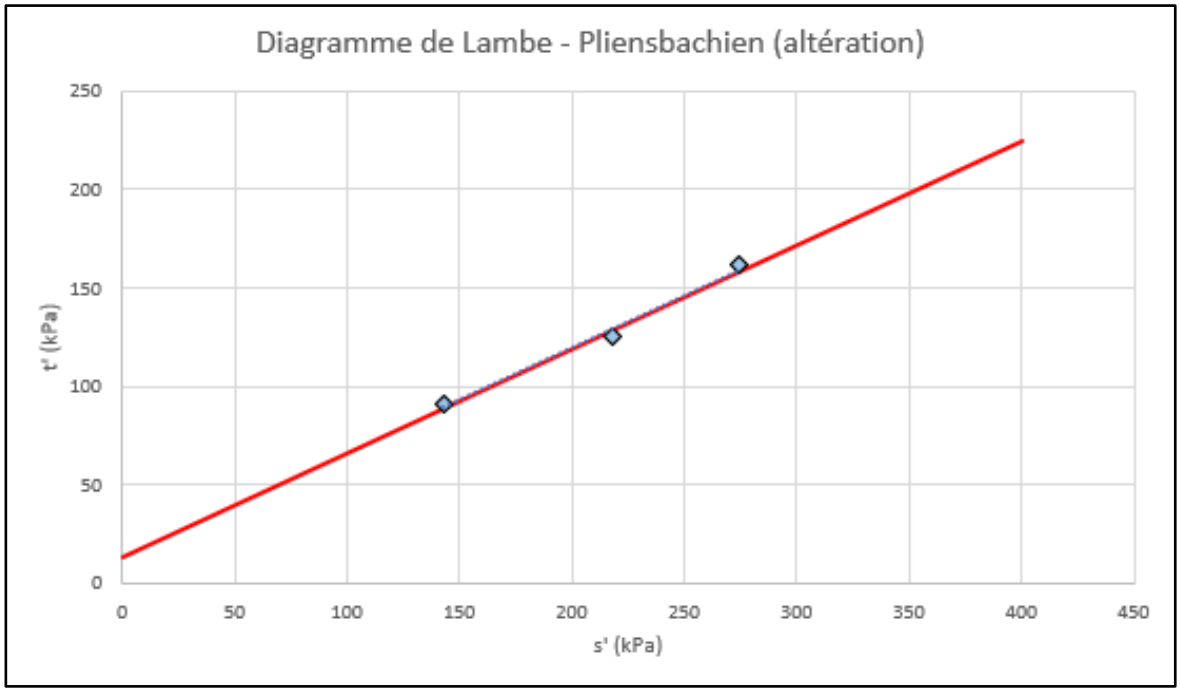


Figure 25. Analyse des essais triaxiaux au sein de la frange altérée du Pliensbachien

Au niveau de la formation saine du Pliensbachien, les valeurs retenues sont c' = 50 kPa et ϕ' = 21°.

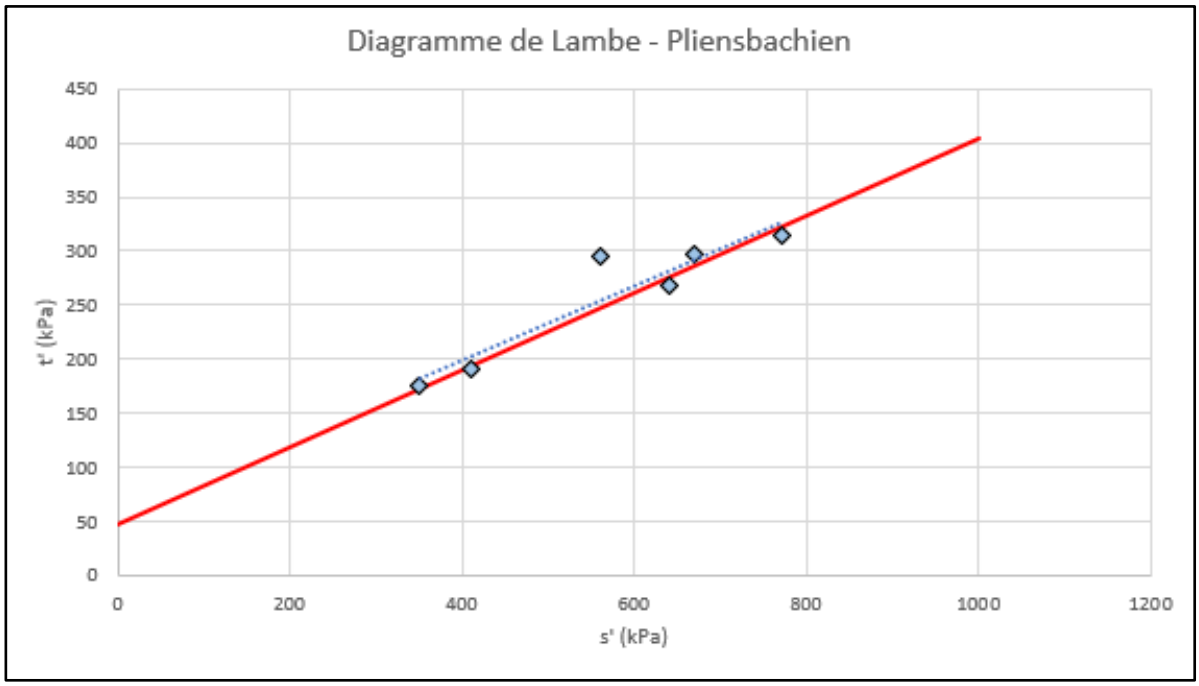


Figure 26. Analyse des essais triaxiaux au sein de la frange saine du Pliensbachien

Essais à la boite de Casagrande :

Au niveau du parement du remblai, les valeurs retenues sont c' = 25 kPa et ϕ' = 24°.

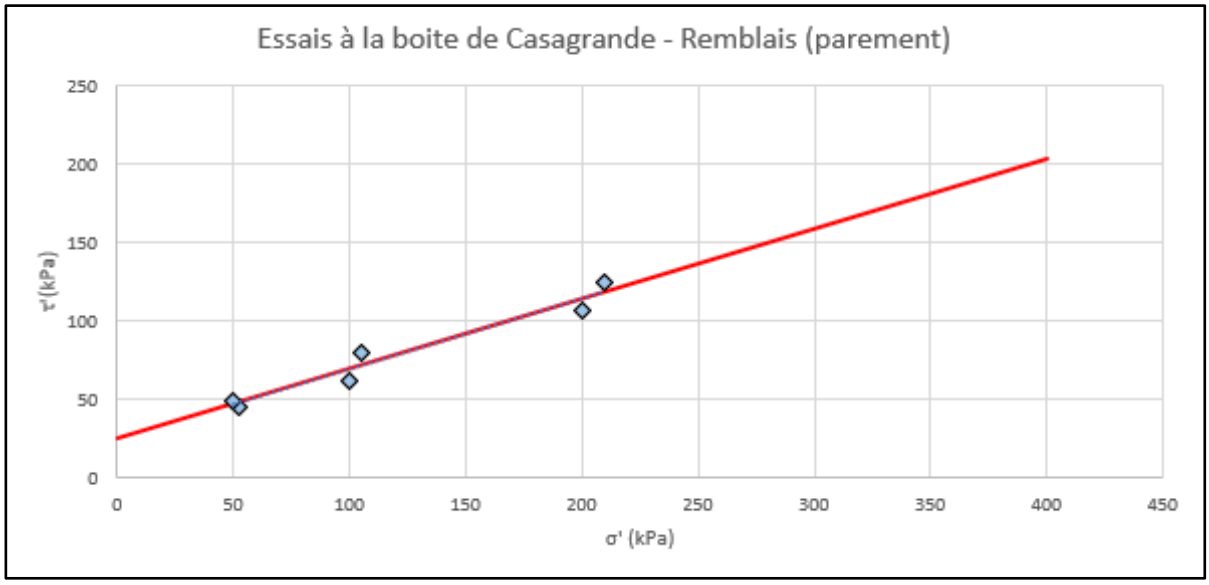


Figure 27. Analyse des essais de cisaillement direct au sein du parement des remblais

Au niveau du noyau encagé du remblai, les valeurs retenues sont c' = 30 kPa et ϕ' = 22°.

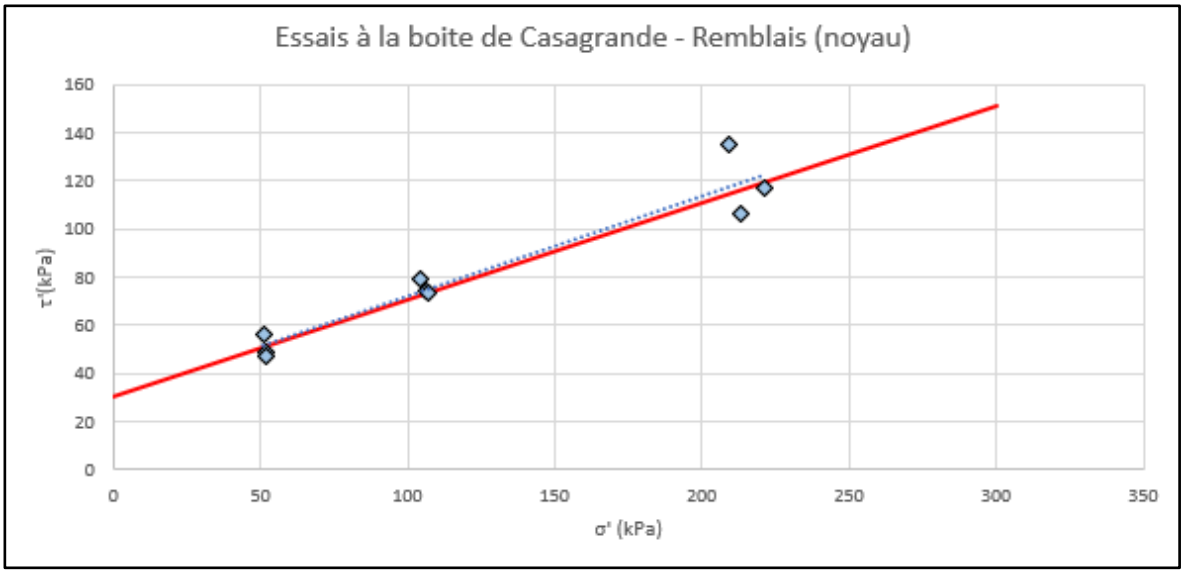


Figure 28. Analyse des essais de cisaillement direct au sein du noyau encagé des remblais

Au niveau de la base traitée du remblai, les valeurs retenues sont c' = 30 kPa et ϕ' = 30°.

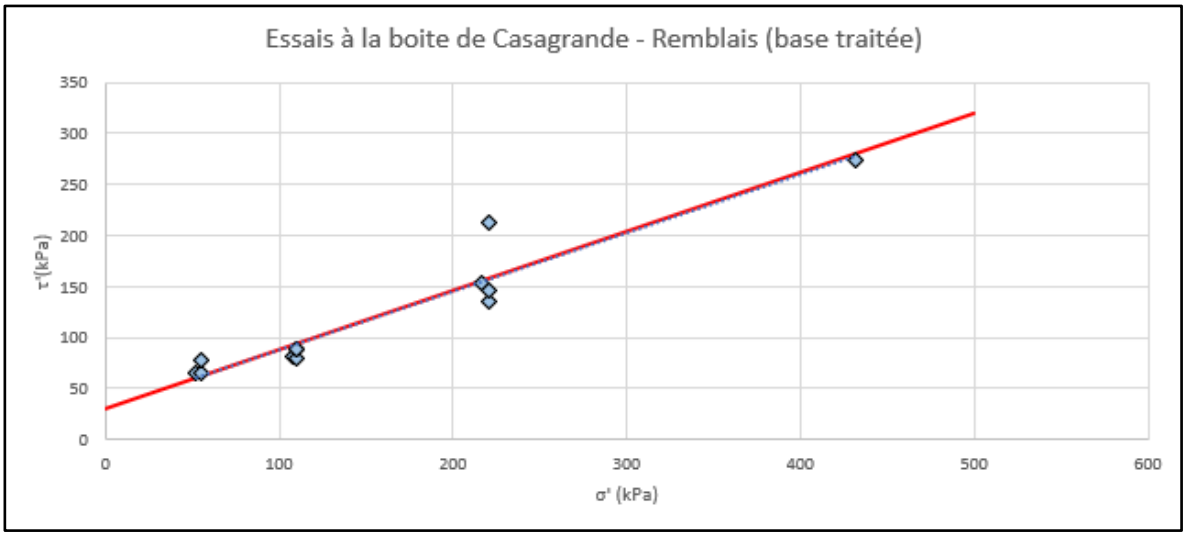


Figure 29. Analyse des essais de cisaillement direct au sein de la base traitée des remblais

Au niveau de la formation altérée du Pliensbachien, les valeurs retenues sont c' = 25 kPa et ϕ' = 24°. Il est à noter que l'on dispose d'un seul essai de cisaillement direct dans cette formation.

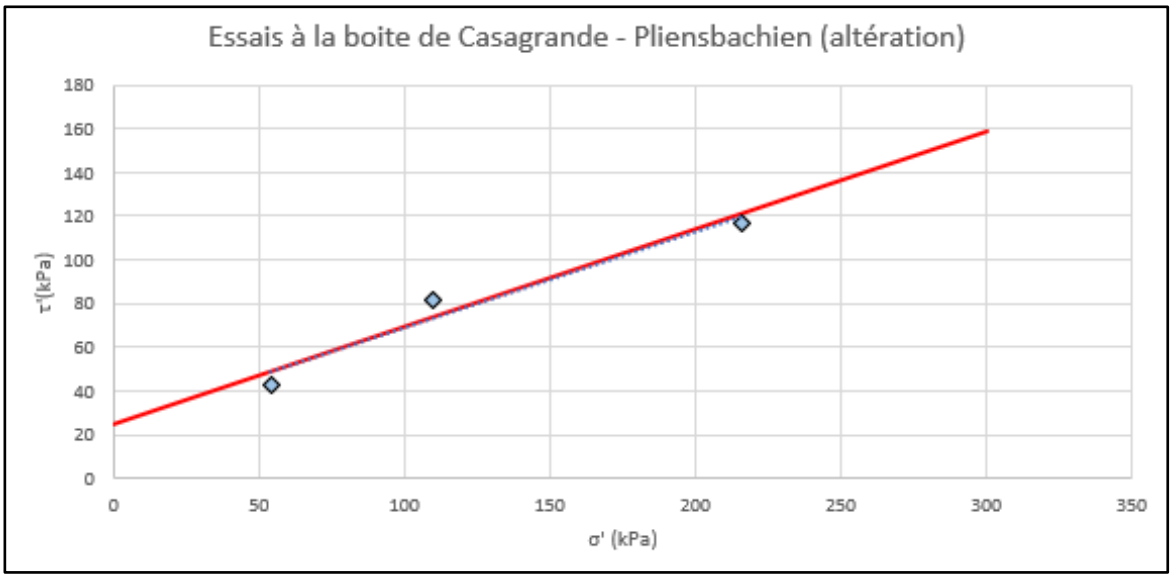


Figure 30. Analyse des essais de cisaillement direct au sein de la frange altérée du Pliensbachien

Au niveau de la formation saine du Pliensbachien, les valeurs retenues sont c' = 50 kPa et ϕ' = 40°.

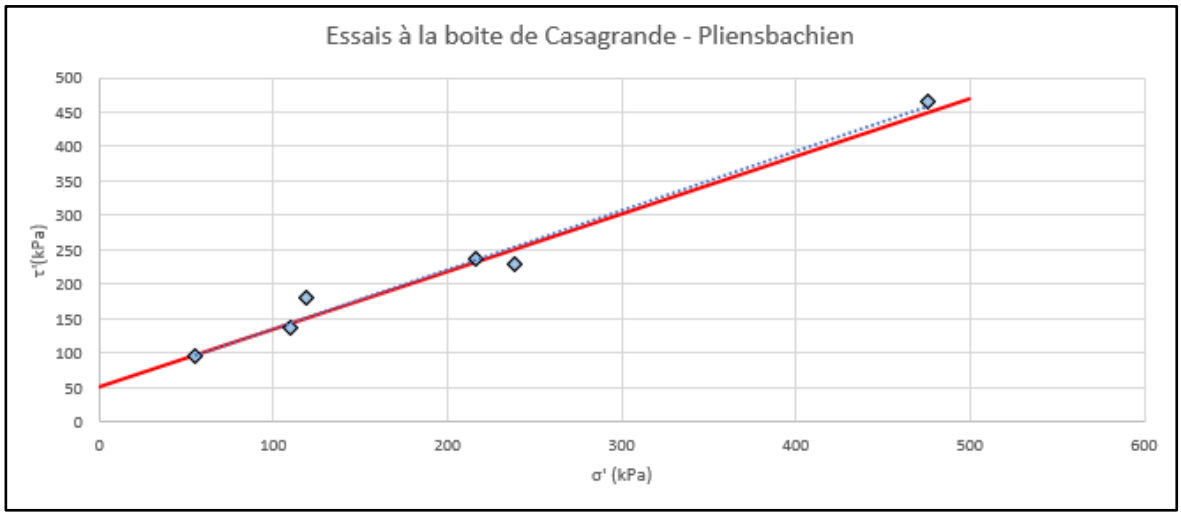


Figure 31. Analyse des essais de cisaillement direct au sein de la frange saine du Pliensbachien

A partir de cette analyse, nous retenons les valeurs suivantes pour chaque formation :

	Essais triaxiaux		Essais de cisaillement direct		Valeurs retenues	
Formation	**Cohésion (kPa)**	**Angle de frottement (°)**	**Cohésion (kPa)**	**Angle de frottement (°)**	**Cohésion (kPa)**	**Angle de frottement (°)**
Remblais (Parement)	-	-	25	24	15	24
Remblais (Noyau central)	34	22	30	22	32	22
Remblais (Base traitée)	-	-	30	30	15	24
Pliensbachien (frange altérée)	15	32	25	24	15	28
Pliensbachien (frange saine)	50	21	50	40	50	21

Tableau 7. Synthèse des valeurs de cisaillement par formation

Les valeurs de cisaillement retenues au sein des matériaux traités (parement et base traitée) ont été revues à la baisse. En effet, les résultats d'essais effectués sur les matériaux traités dans le cadre des études d'exécution ont donné les résultats suivants :

- Pour une marne traitée à 5% du LVTS : c' = 27 kPa et ϕ' = 25°
- Pour un limon traité à 5% du LVTS : c' = 17 kPa et ϕ' = 27°

On note par ailleurs un résultat curieux à partir de cette synthèse, s'agissant du fait que la cohésion obtenue au sein du noyau central (non traité, 32 kPa) des remblais est plus élevée que celle obtenue au sein du parement des remblais (traité, 25 kPa) et de la base des remblais (traitée, 30 kPa) à partir des essais de cisaillement direct.

5.3 SUIVIS D'INSTRUMENTATION

5.3.1 CAMPAGNES DE SUIVI INCLINOMETRIQUE

5.3.1.1 Implantation

Des suivis ont été orchestrés au droit d'inclinomètres implantés par EGIS Géotechnique au niveau du remblai R9-B. Ces contrôles ont été effectués par plusieurs acteurs :

- Dans un premier temps, EGIS Géotechnique a réalisé un suivi au droit de neuf inclinomètres (cf. plan d'implantation ci-dessous) du mois de Mars 2013 à Décembre 2016 (cf. document de référence [11]),
- Un prestataire assurant le contrôle extérieur a pris le relai à partir du mois d'Août 2017 et ce jusqu'à août 2018 (cf. [11]),
- Le CEREMA a ensuite effectué des mesures sur deux inclinomètres au droit desquels des mouvements significatifs avaient été détectés lors des précédents suivis. La campagne de suivi effectuée par le CEREMA avait débuté en 2019 (cf. [13]).

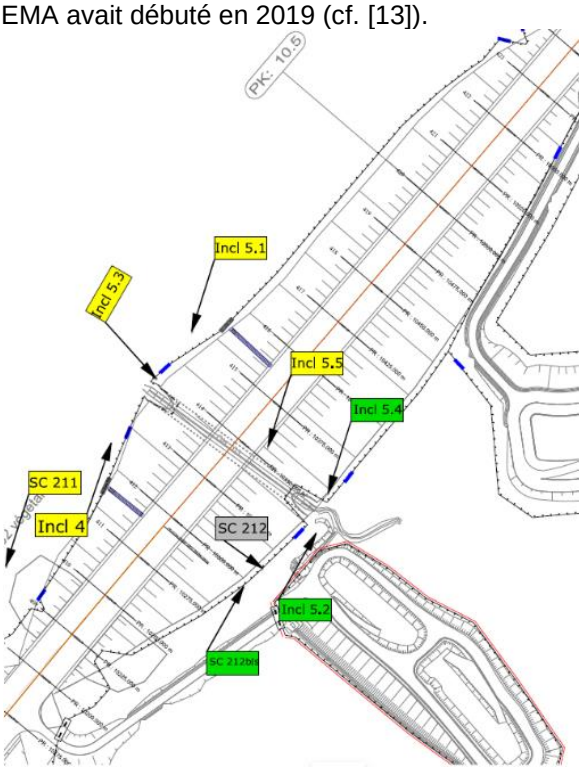


Figure 32. Plan d'implantation des inclinomètres au niveau de l'OT R9-B

Les emplacements repérés par des étiquettes jaunes correspondent aux positions des inclinomètres dont le suivi n'a pas été poursuivi après exploitation par EGIS Géotechnique puis par un prestataire externe.

Nous précisons que l'inclinomètre SC212 avait cisaillé à la date du 11/07/2014 aux alentours de 10 m de profondeur.

Les étiquettes vertes pointent vers les positions des inclinomètres suivis par le CEREMA. Le suivi a été perpétué au droit de ces emplacements car les inclinomètres avaient montré des déplacements significatifs. Ces inclinomètres sont tous situés en pied des talus du sens 1, de part et d'autre de l'ouverture avale de l'OH 103.

Le CEREMA avait par ailleurs sans succès tenté de reprendre les mesures au droit de l'inclinomètre 5.5 qui a été retrouvé cisaillé. Il a par ailleurs indiqué que le cisaillement a lieu à 4 m de profondeur.

5.3.1.2 Résultats des suivis assurés par EGIS Géotechnique puis par un prestataire extérieur

Les déplacements significatifs mesurés lors des campagnes successives réalisées par EGIS Géotechnique puis par un prestataire en charge du contrôle extérieur du suivi inclinométrique sont recensés dans le tableau suivant :

Inclinomètre	**Cote du TN au droit de l'inclinomètre** (m NGF)	**Date de la mesure**	**Relevé effectué par**	**Profondeur à laquelle a été effectué la mesure*** (m/TN)	**Cote associée** (m NGF)	**Amplitude Direction A**** (mm)	**Amplitude Direction B**** (mm)
SC212bis	175,61	14/11/2014	EGIS	11	164,61	2	2
		29/08/2017	Contrôle Extérieur (C.E.)	11,5	164,11	1,1	
		04/04/2018				1,7	
		16/08/2018				1,9	
Incl 5.2	172,96	26/07/2017	C.E.	7,5	165,46	9	
		29/08/2017				9,5	
		05/02/2018				11,5	
		04/04/2018				11,7	
		16/08/2018				13,1	
Incl 5.4	173,45	21/09/2017	C.E.	8	165,45	2,5	
		04/04/2018				3,2	
		16/08/2018				3,9	

** Il pourrait en fait s'agir de la profondeur mesurée par rapport à la tête de l'inclinomètre. Pour la plupart des inclinomètres, la cote de la tête est souvent relativement proche du TN : la distance entre les deux n'excède pas 60 centimètres. Cela n'introduit pas pour autant un biais trop important pour la détermination de la profondeur de la mesure. Qu'elle que soit la référence adoptée pour la profondeur de la mesure (TN ou tête de l'inclinomètre), l'écart entre les deux cotes NGF associées ne devrait pas être trop conséquent.*

***La plupart des valeurs ont été communiquées sans faire mention de la direction de la mesure.*

Tableau 8. Déplacements significatifs relevés au droit des inclinomètres SC212bis, 5.2 et 5.1

Les mouvements détectés ont lieu à des profondeurs relativement proches : ils se produisent entre 164,1 et 165,5 m NGF. Ces mesures indiquent la présence potentielle d'une surface de rupture à ces profondeurs.

Il est à noter qu'aucun déplacement significatif n'avait été mesuré au droit des inclinomètres positionnés en amont de l'ouvrage SC211, 4, 5.1 et 5.3. Cela montre que les surfaces de rupture dont la présence est supposée sur la base des relevés réalisés au droit des inclinomètres implantés en aval du remblai, ne couvrent pas toute la largeur de base de l'ouvrage.

On notera toutefois, qu'au droit de l'inclinomètre 5.5, les mesures effectuées par EGIS jusqu'en décembre 2018 ont montré :

- D'une part, un basculement de la tête du tube inclinométrique imputé à des tassements se produisant sur les 10 premiers mètres de hauteur.

  La présence au sein de cette frange de terrains d'une surface de cisaillement, localisée aux alentours de 6 m de profondeur où un déplacement absolu de 5 mm a été enregistré, est également supposée. Pour autant, l'allure de l'une des courbes des déplacements cumulés, évoquant une surface de cisaillement à cette cote, est davantage mise sur le compte du phénomène de tassements.

- D'autre part, la présence d'une surface de rupture profonde repérée à 26 m sous la tête de l'inclinomètre (soit à une cote de +164 m NGF). Cette dernière est qualifiée comme étant très peu active.

5.3.1.3 Résultats du suivi assuré par le CEREMA

Les résultats, jusqu'à l'année 2022, du suivi orchestré par le CEREMA au droit des inclinomètres 5.2 et 5.4 sont récapitulés ci-après.

			Vitesse annuelle (mm/an)					Déplacement absolu au niveau de la surface de rupture depuis la pose (mm)				
		Cote du mvt (m NGF)	2018	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	2018	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Profil	I5.4	165,88	2,9	▼ 1,3	▲ 4,9	▼ 2,0	▼ 2,1	7	11	12	16	16
PK 10.350	I5.2	165,7	3,1	▼ 2,7	▲ 3,1	▼ 3,0	▼ 2,0	15	17	21	21	26

Tableau 9. Exploitation de l'évolution des déplacements à la surface de rupture (cf. [17])

Les mesures ont été effectuées suivant une fréquence variable : la période écoulée entre deux mesures successives s'étale entre 1 et 11 mois. De nombreux relevés ont notamment été réalisés au cours de l'année 2020 (5 au total). Les déplacements se produisant entre deux relevés successifs peuvent être estimés par l'intermédiaire d'une interpolation linéaire.

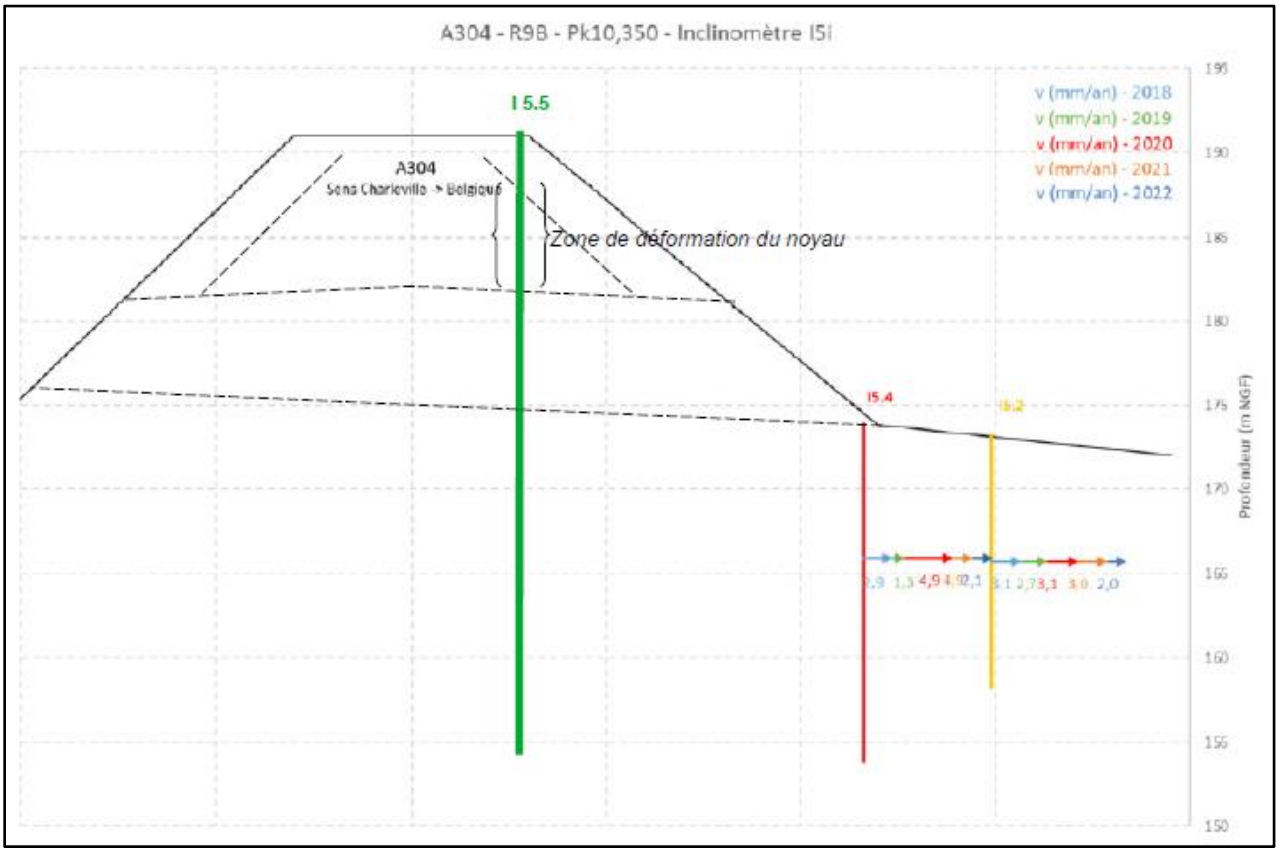


Figure 33. Coupe des vitesses de déplacement (cf. [17])

Les mouvements sont repérés aux alentours de la cote de 165,5 m NGF, soit environ 8,5 m de profondeur au droit du pied du remblai R9-B.

Si l'on se focalise sur l'évolution de la vitesse des déplacements ayant lieu au niveau de la surface de rupture présumée, localisée à +165 m NGF, on constate dans l'ensemble que, jusqu'en 2022, leur cinétique a diminué. Pour autant, les déplacements n'ont pas cessé.

Le bilan du suivi d'auscultation de 2023 effectué par le CEREMA (cf. [22]) vient cependant remettre en cause la tendance observée jusqu'en 2022 et met en exergue une reprise certaine de l'activité des mouvements mesurés en profondeur. Cette recrudescence des mouvements mesurés en profondeur

pourrait notamment être mise sur le dos d'une météo particulièrement pluvieuse : le comportement des matériaux composant le remblai ainsi que son assise pouvant être sensiblement modifié au contact de l'eau, une imbibition particulièrement prononcée de ces derniers, induite par des précipitations intenses et/ou continues, pourrait contribuer à la dégradation de leurs caractéristiques mécaniques engendrant ainsi la survenue de désordres superficiels comme profonds.

La détection de mouvements profonds incite de prime abord à proposer une solution de confortement qui permettra de garantir la stabilité du remblai vis-à-vis d'éventuelles surfaces de ruptures localisées sous l'ouvrage en terre si l'activité de ces dernières venait à perdurer et/ou s'intensifier.

Le suivi inclinométrique devra obligatoirement être perpétué afin de surveiller l'évolution des déplacements. En cas d'embellie de la tendance actuellement observée, des mesures adaptatives pourront être engagées. Elles consisteront par exemple en :

- L'**intensification des relevés** inclinométriques (augmentation de la fréquence des mesures) ;
- La **réalisation d'un confortement** visant à stabiliser l'ouvrage vis-à-vis du **glissement profond si l'activité de ce dernier empirait**.

5.3.2 SUIVI DES DEFORMATIONS AFFECTANT L'OH 103

5.3.2.1 Dispositif d'auscultation

Des fissuromètres ont été disposés horizontalement entre certains voussoirs de la coque béton enjambant le ruisseau du Margouzy de manière à pouvoir suivre les déformations induites par :

- Les mouvements des remblais sus-jacents ;
- Et/ou les déplacements horizontaux au sein des sols situés sous la base de l'ouvrage en terre, engendrés au niveau des zones d'inflexion de la cuvette des tassements.

Figure 34. Fissuromètre mis en place à l'interface entre deux voussoirs de l'OH 103

Leurs emplacements sont indiqués sur la coupe suivante :

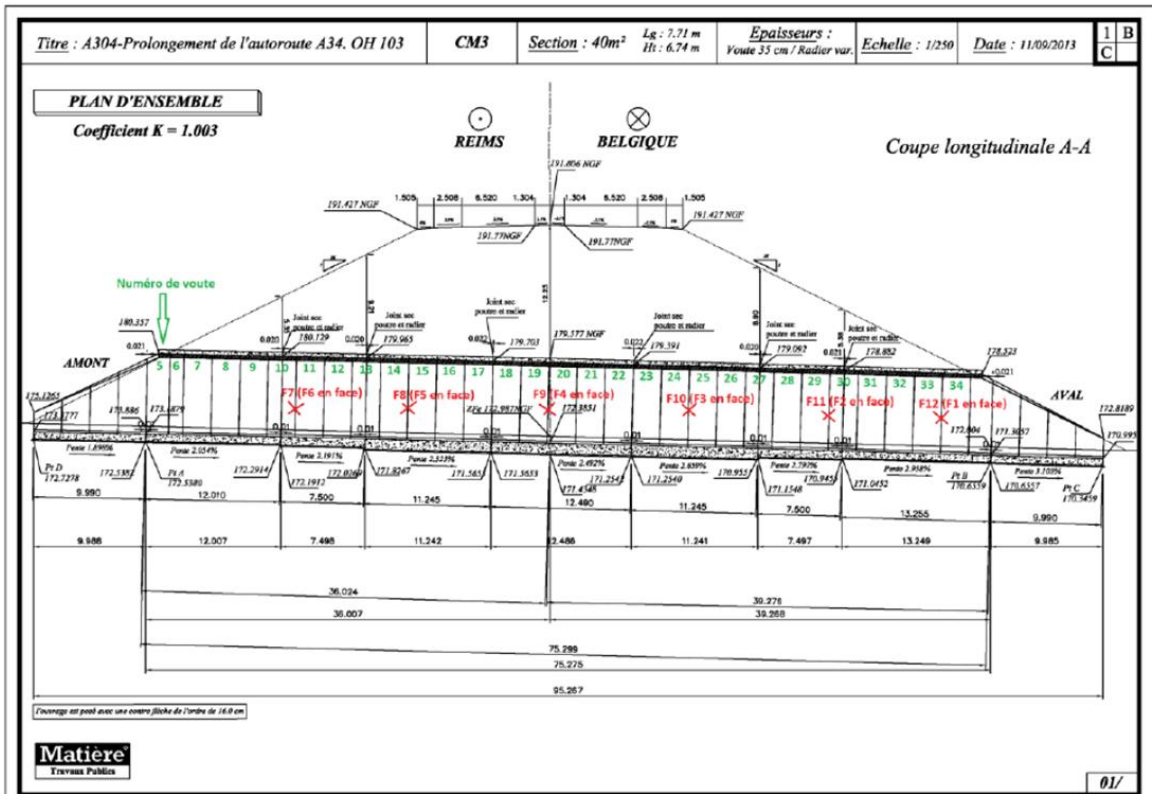


Figure 35. Positions des fissuromètres

Ces fissuromètres ont été relevés pour la première fois en septembre 2014.

Des cibles optiques mises en place en clef de voûte viennent compléter le dispositif d'auscultation. Le suivi topométrique a démarré au mois d'août 2016.

La surveillance de l'ouvrage a ainsi débuté avant la mise en service de l'A304.

5.3.2.2 Résultats du suivi des fissuromètres

Les différents relevés des fissuromètres mis en place entre certains arches/voussoirs constitutifs de l'OH 103 peuvent être consultés dans le bilan du suivi d'auscultation réalisé par le CEREMA pour cet ouvrage hydraulique traversant (cf. [22]).

Pour précision, les mesures effectuées ne permettent pas de déterminer les déplacements de chaque voussoir et le sens dans lequel ceux-ci ont lieu. Il n'est par ailleurs pas possible d'identifier lequel des deux voussoirs se déplace le plus au niveau de chaque fissuromètre.

Les fissuromètres faisant état des plus faibles augmentations de déplacements horizontaux entre voussoirs depuis le début du suivi sont F5, F6, F7 et F8 qui sont situés en amont de l'ouvrage, à proximité de l'ouverture donnant sur le talus du sens 2. Pour ces derniers, l'écart entre le dernier relevé effectué et la mesure initiale n'excède pas 4 mm. Cet écart se révèle en revanche plus conséquent voire bien plus grand pour les huit autres fissuromètres localisés à l'aval : il s'échelonne de 5 à 16 mm.

De ces observations, on en déduit que les déformations subies par l'OH 103 sont plus prononcées à l'aval qu'à l'amont. L'évolution de ces dernières pourrait notamment être liée à la cinétique de consommation des tassements engendrés par la montée des remblais.

Le dernier bilan présenté par le CEREMA (cf. [22]) indique que l'ouverture entre les voussoirs observerait une stabilisation. Cela n'est en revanche pas le cas pour les témoins F11 et F2, localisés au niveau de la

partie aval du remblai, faisant état d'un accroissement de l'écartement entre les voussoirs en ces emplacements.

Bien que l'ouvrage soit depuis sa mise en œuvre sujet à des déformations correspondant à des mouvements relatifs entre voussoirs, la visite du 11/04/2023 n'avait pas mis en évidence de désordres majeurs qui affecteraient les éléments bétonnés le composant.

6 DESORDRES CONSTATES AU SEIN DU REMBLAI R9-B

6.1 HISTORIQUE DES DEFORMATIONS OBSERVEES

Les dates auxquelles des déformations sont apparues ou ont été repérées sont listées ci-après :

- Mars 2013 : glissements de peau/superficiels impactant les marnes traitées. Ces mouvements ont eu lieu de part et d'autre de l'OH 103,
- Mars 2018 : glissements comparables à ceux observés au mois de mars 2013. En conséquence, des travaux de reprise/confortement du talus ont été exécutés. Ils ont consisté en la mise en œuvre de matériaux drainants,
- 2019 : apparition de nouvelles fissures à proximité de l'OH 103, à l'endroit où se sont produits les glissements datant de Mars 2013,
- Février 2024 : deux loupes de glissement affectent les terrains situés de part et d'autre de l'ouvrage hydraulique.

6.2 DEFAUTS DECELES LORS DE LA VISITE DE SITE DU 14/10/2020

Le compte-rendu de la visite du 14/10/2020 de l'OT R9-B (cf. [20]) détaille les désordres repérés sur les talus du remblai.

La vue en plan ci-après dresse un aperçu général de l'ensemble des défauts recensés lors de cette visite.

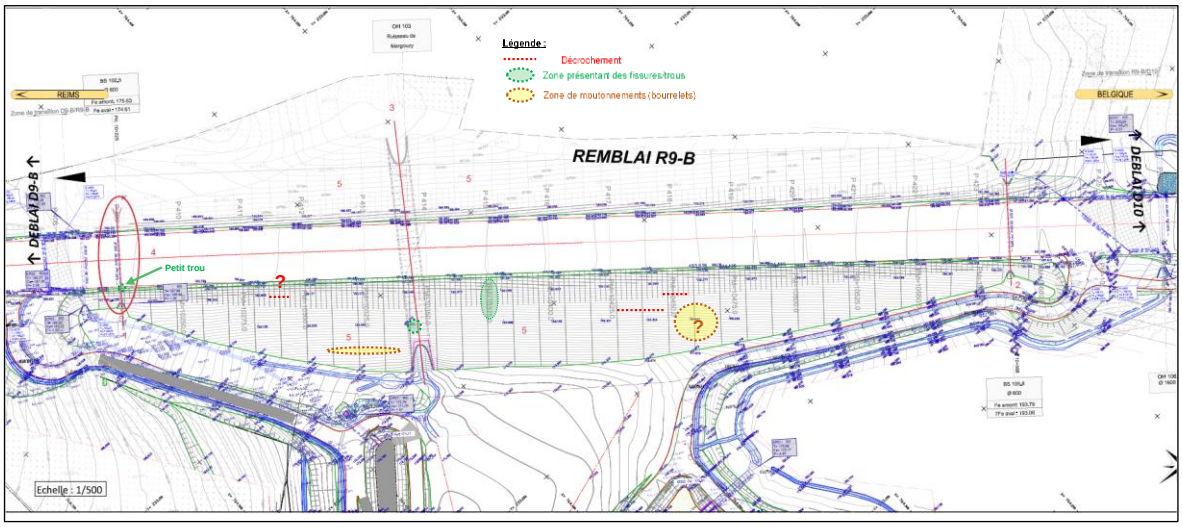


Figure 36. Vue en plan synoptique des désordres repérés – visite du 14/10/2020

6.3 ZONAGE DES DEFAUTS AFFECTANT LES TALUS LORS DE LA VISITE DU 11/04/2023

6.3.1 MOTIVATIONS DE LA VISITE

Compte tenu des évolutions observées concernant l'activité de la surface de glissement profond (cf. §5.3.1.3) et du temps écoulé (près de deux ans et demi) depuis la date de la dernière visite effectuée le 14/10/2020, une nouvelle inspection de l'ouvrage en terre a été organisée le 11/04/2023 dans le but de procéder à une mise à jour du repérage des défauts affectant les talus.

Les objectifs de cette inspection étaient les suivants :

- Constater l'évolution des désordres qui avaient été observés lors de la précédente visite ;
- Relever les défauts, apparus depuis la dernière inspection ou qui n'avaient pas été identifiés jusqu'alors ;
- Délimiter les zones au sein desquelles se concentrent les désordres sur le talus.

Il est à noter que la surface des talus du sens 2 a pu être observée pendant cette visite, contrairement à la fois précédente (le 14/10/2020) où la tonte/le débroussaillage de ce côté du remblai n'avait pas été réalisé(e) rendant compliqué voire impossible le repérage d'éventuels désordres.

6.3.2 TALUS DU SENS 1 – EN DIRECTION DE LA BELGIQUE

Les désordres constatés se concentrent au droit et au Nord de l'OH, approximativement entre les repères PM = 10335 (entre les profils en travers P413 et P414) et PM = 10440 (entre le P417 et le P418). Cette zone de défauts s'étend donc sur un linéaire d'environ 105 m.

La plupart des défauts sont localisés dans le tiers central de la hauteur du remblai.

Les principaux désordres relevés sont décrits ci-après. Ils sont numérotés et positionnés approximativement sur la Figure 41.

- **Décrochement des terrains localisés au-dessus de la voûte de l'OH (1)**, formant une marche/discontinuité de pente sus-jacente au sommet de cet ouvrage hydraulique. L'amplitude du décrochement (c'est-à-dire la distance séparant le haut et le bas de la zone glissée) est actuellement évaluée entre 1,5 et 2 m.

  Il est à noter la présence d'une végétation abondante dans cette zone dont les conditions humides facilitent la prolifération d'espèces végétales.

*Figure 37. Limites approximatives d'un décrochement affectant les terrains sus-jacents au sommet de l'OH 103 (désordre **(1)**)*

- **Décrochement métrique des terrains situés au Nord de l'OH (2)**, s'étendant sur près de 35 m de long selon une direction parallèle à celle des chaussées entre les repères PM = 10355 (P414) et PM = 10390 (entre les profils en travers P415 et P416).

  La ligne de niveau de laquelle a été initié ce glissement de peau superficiel est atteinte en parcourant une distance de 22 m depuis la crête de talus et dans une direction perpendiculaire aux voies de l'A304 (direction de plus grande pente). La pente correspondant approximativement à 2(H)/1(V), ce décrochement est localisé, dans un plan perpendiculaire aux voies de l'A304, près de 9,8 m sous le niveau de la crête, à une distance horizontale de 19,7 m de celle-ci.

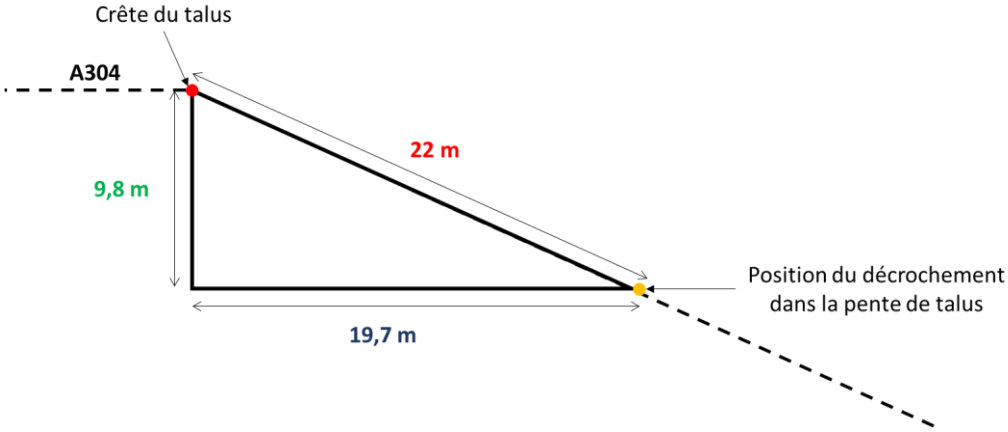


Figure 38. Repérage du décrochement métrique courant du PM = 10355 au PM - 10385

  Ce décrochement est accompagné de fissures dont l'ouverture permet de passer une main. Le pan de talus en contrebas présente un bombement.

- **Fissures (3)** courant selon une direction parallèle aux voies de l'A304 entre les repères PM = 10400 (P416) et PM = 10435 (entre les profils en travers P417 et P418).

Elles s'établissent à un niveau de peu supérieur à celui du décrochement constaté entre les repères PM = 10355 (P414) et PM = 10385 (entre les profils en travers P415 et P416).

- **Transitions de matériaux** entre épaisseurs de remblais montées successivement.

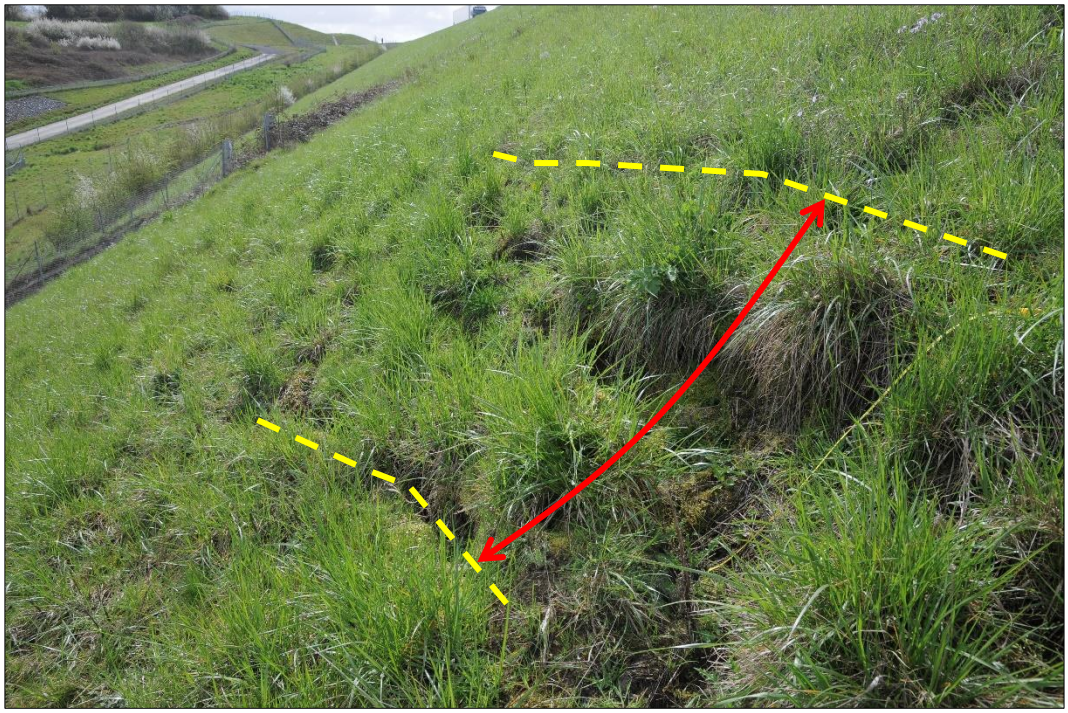


Figure 39. Décrochement observé au Nord de l'OH 103 sur le talus du sens 1

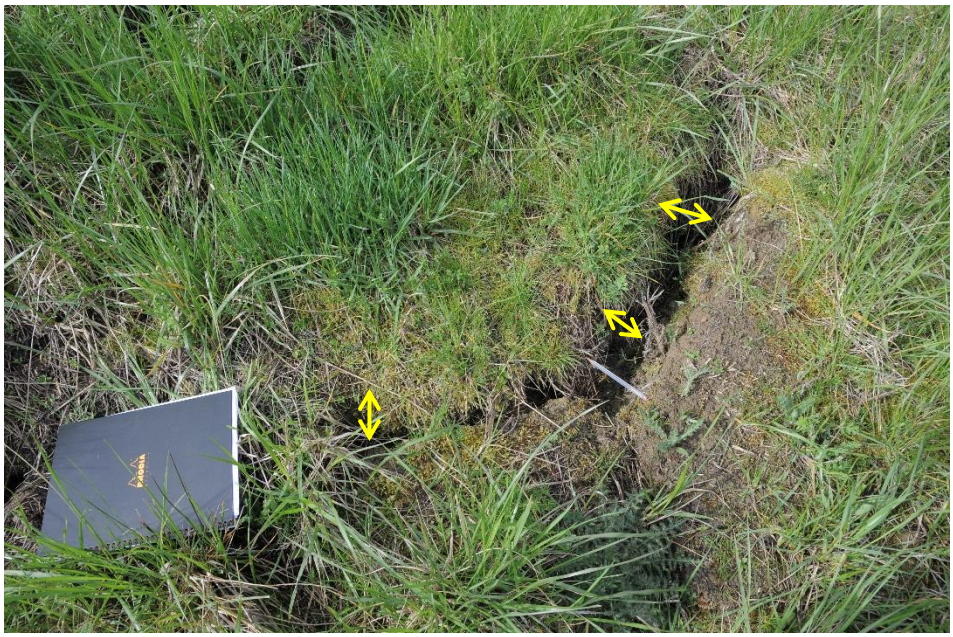


Figure 40. Fissuration

A noter qu'au-delà du PM = 10440, on retrouve une zone ayant apparemment fait l'objet d'une reprise (présence supposée d'un patch).

Un étroit replat **(4)**, sorte de minuscule risberme, visible au niveau du sommet de l'OH 103 s'étend au Sud de ce dernier.

6.3.3 TALUS DU SENS 2 – EN DIRECTION DE REIMS

Les désordres identifiés au niveau des talus du sens 2 sont moins importants que ceux relevés sur les talus du sens 1, au Nord de l'OH. Ils consistent essentiellement en des fissures **(5)** jonchant le remblai.

Au nord de l'OH 103, des fissures ont notamment été observées en partie haute du remblai, entre les repères PM = 10525 (P421) et PM = 10550 (P422), où les terrains sont morcelés et où des monticules de terre se forment **(6)**.

Des fissures ont également été aperçues à proximité de la buse de diamètre Ø800 **(7)**, située entre les profils en travers P423 et P424.

Une rupture de pente/un décrochement a par ailleurs été observée au Sud de l'OH 103 **(8)**. Elle/il est surmonté(e) de fissures dont l'ouverture permet de passer au moins la moitié d'une main.

Sans pour autant faire l'objet d'une reprise, l'évolution de ce défaut devra être attentivement surveillée lors de passages ultérieurs pendant desquels l'état des talus sera examiné visuellement. La fréquence de ces visites de contrôle pourra être adaptée au besoin.

Toujours au Sud de l'OH 103, une rupture de pente **(9)** a par ailleurs été constatée au niveau d'un talus du fossé situé au pied du remblai.

6.3.4 SYNTHESE DES DESORDRES

La vue en plan affichée ci-dessous indique les emplacements des défauts décrits dans les paragraphes 6.3.2 et 6.3.3.

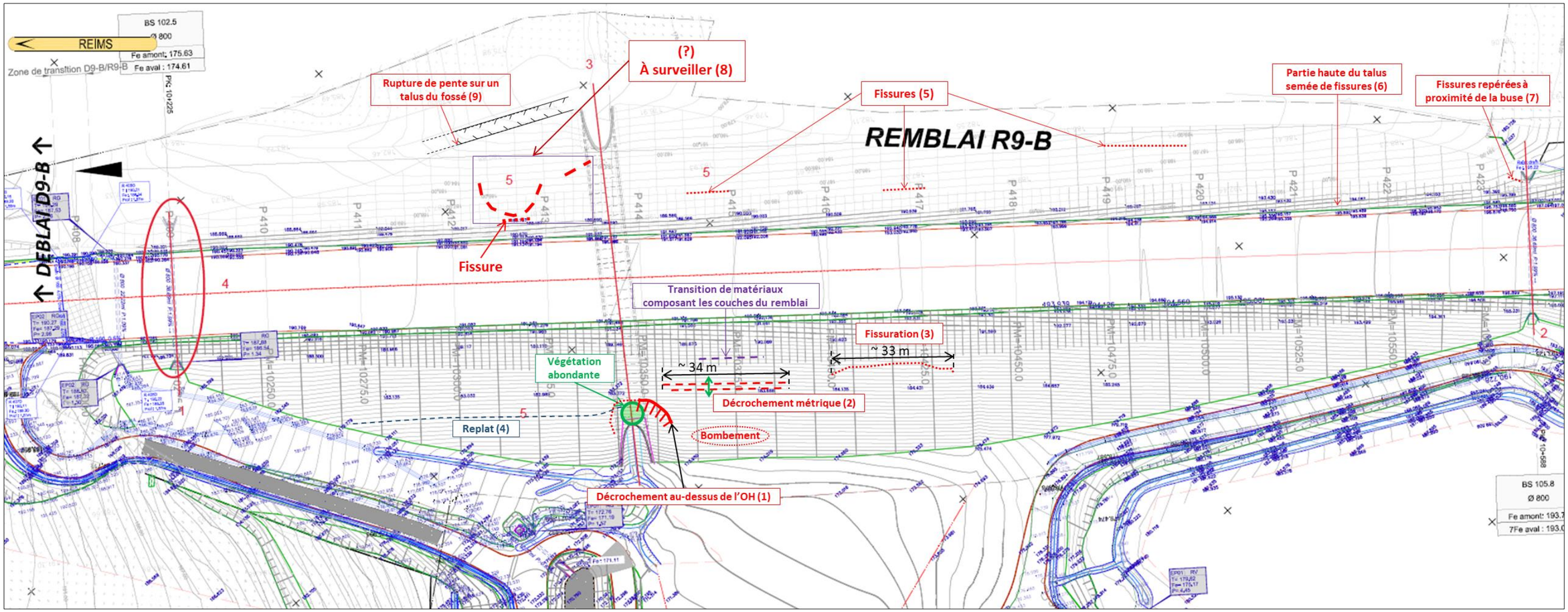


Figure 41. Vue en plan de repérage des désordres repérés lors de la visite du 11/04/2023

6.4 DESORDRES REPERES EN FEVRIER 2024

Deux décrochements saillants d'ordre métrique ont été relevés à la mi-février 2024. Ils s'étendent sur quelques (deux à trois) dizaines de mètres et sont localisés sur le talus aval, de part et d'autre de l'ouvrage hydraulique (OH 103) permettant le passage du ru du Margouzy au travers du remblai. Ils sont la conséquence de glissements affectant le parement de l'ouvrage en terre. Ces phénomènes gravitaires entraînant la descente de terrains, des bombements sous-jacents aux lignes de décrochement ont été engendrés.

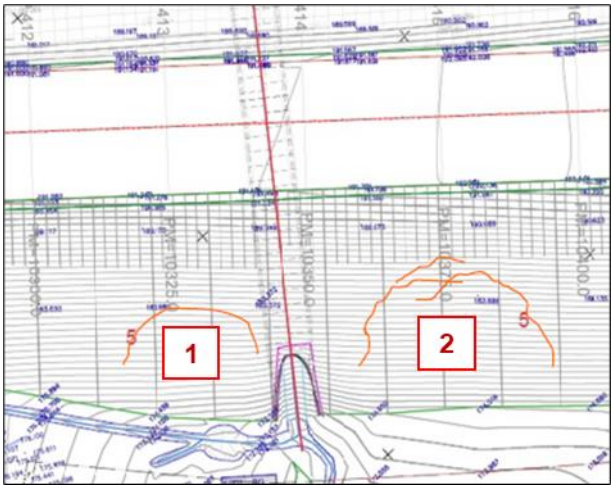


Figure 42. Vue en plan indiquant les traces des décrochements affectant le talus aval de l'OT R9-B (source : cf. [23])

Figure 43. Aperçu des deux décrochements affectant le talus aval du R9-B – A gauche : glissement localisé au Sud de l'OH 103 – A droite : glissement localisé au Nord de l'OH 103

Une description complète de ces désordres notables est donnée dans le compte rendu de visite de site établi par le CEREMA (cf. [24]). Les caractéristiques principales des glissements constatés sont présentées sur les figures ci-après :

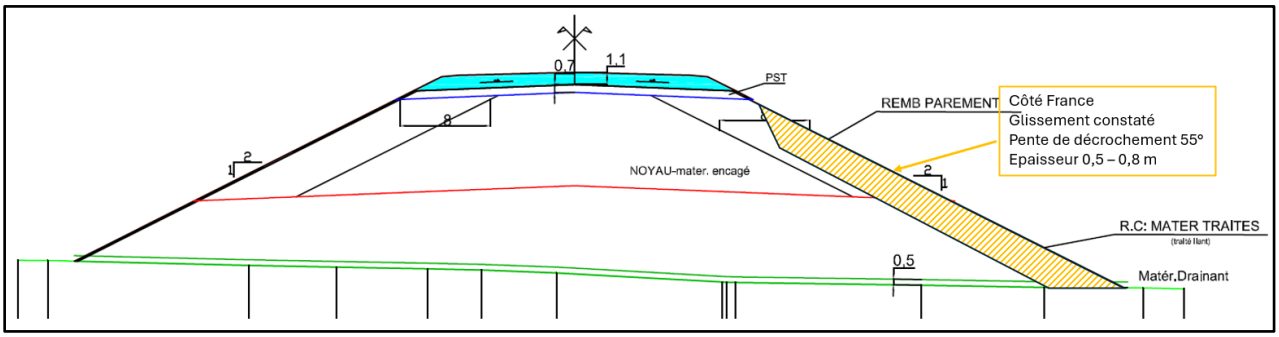


Figure 44. Représentation d'une zone dégradée du parement sur le profil P413

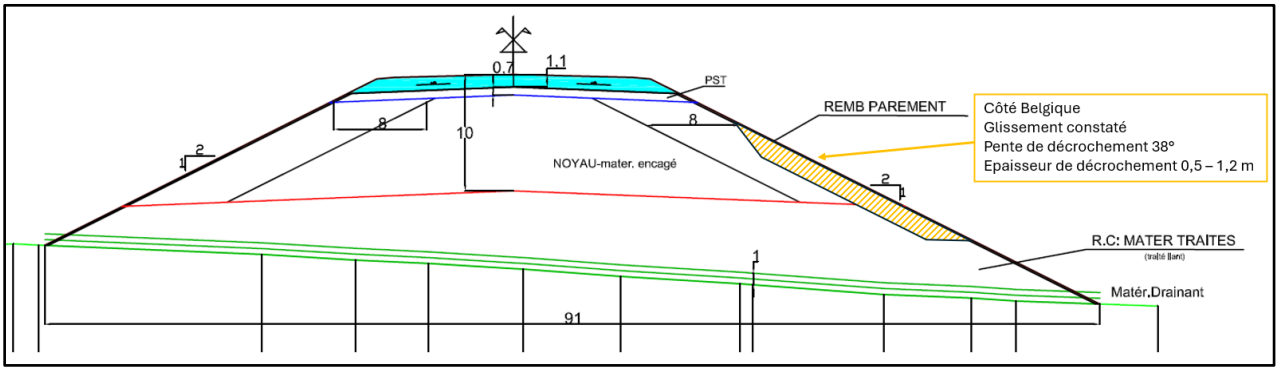


Figure 45. Représentation d'une zone dégradée du parement sur le profil P415

Parmi les autres désordres décelés lors de visites de site, effectuées par différents intervenants, qui se sont tenues au cours du mois de février, il a notamment été relevée une importante accumulation d'eau au niveau du pied du talus amont du remblai, au Nord de l'ouvrage hydraulique permettant le passage du ru du Margouzy au travers de l'ouvrage en terre. Ces eaux provenant du versant sur lequel siège le remblai, n'étant pas canalisées au moyen, par exemple d'un fossé drainant, s'écoulaient le long du pied de talus et infiltraient les terrains le long de la base du remblai. Elles semblaient rejoindre le cours du Margouzy. L'écoulement de ces eaux jusqu'à cet exutoire était rendu difficile en raison de la topographie du versant au niveau du pied du talus amont qui peut localement favoriser une stagnation.

Figure 46. Venues d'eau en provenance du versant et s'écoulant vers le pied du talus amont de l'OT R9-B

Figure 47. Ecoulement d'eau le long du pied du talus amont du R9-B

La figure affichée ci-après indique les écoulements et résurgences d'eau remarquées lors du passage du CEREMA sur site le 19/02/2024.

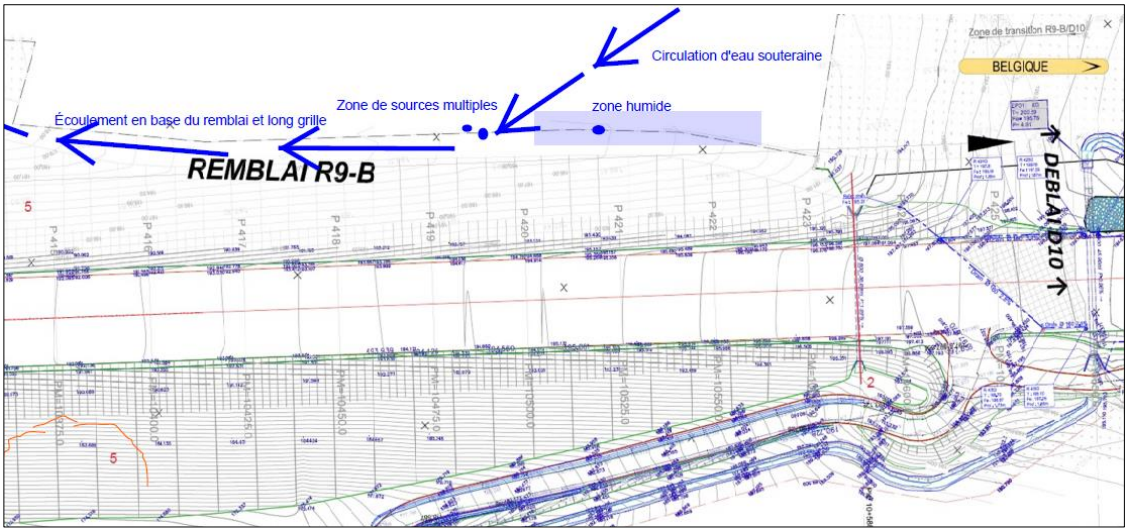


Figure 48. Repérage des écoulements d'eau et des points de résurgence en amont du remblai R9-B (source : cf. [23])

7 ORIGINE DES DESORDRES

La présente étude permet d'établir des hypothèses sur l'origine des désordres qui sont apparus sur les talus du remblai. Ces déformations peuvent être dues à de la reptation comme à des mouvements plus profonds ayant des répercussions sur tout le corps du remblai.

Dans les paragraphes suivants, les facteurs favorisant des glissements superficiels sont différenciés des causes pouvant engendrer des mouvements bien plus profonds.

7.1 CAUSES DES MOUVEMENTS SUPERFICIELS

- Nature et comportement des matériaux constituant le remblai R9-B :

Les matériaux composant le remblai sont des marnes.

Des jeux de paramètres de résistance au cisaillement (cohésion et angle de frottement interne) des matériaux des OT R9-B et R9-A, retenus pour les différentes études sont récapitulés dans le tableau suivant :

Document de référence	Provenance des valeurs des paramètres de cisaillement	Cohésion c' (kPa)	Angle de frottement interne φ' (°)
[5]	Détermination à l'issue d'essais de cisaillement accomplis sur un matériau de classe GTR A2 dans un état hydrique humide (ou de classe A3 et d'état hydrique moyen)	15	20
[4]	Annexes de calcul TALREN : analyse de la stabilité du versant avec remblais supposés traités (figures R1 à R3)	10	28
[8]	DCE – Matériaux du remblai du R9-A	5	25
	Études d'exécution (phase EXE, mission G3) Matériaux du remblai R9-A traités à la chaux	10	25
[25]	Etudes d'exécution – Marnes traitées à 5% du LVTS	27	25
	Etudes d'exécution – Limons traités à 5% du LVTS	15	25

Tableau 10. Caractéristiques de résistance au cisaillement retenus pour les matériaux constitutifs des remblais

Les valeurs des caractéristiques (cohésion non nulle et angle de frottement interne faible à moyen) montrent que les sols constituant les remblais ont un comportement mécanique qui se rapproche de celui des argiles.

Les effets sur les propriétés des marnes ayant été traitées à la chaux se manifestent principalement par un accroissement de la cohésion à long terme. Ce gain de performance mécanique peut être impacté par des facteurs extérieurs tels que les effets météorologiques, hygrométriques et climatiques (cf. figure ci-dessous). C'est plus particulièrement le cas pour les couches superficielles des talus de remblais plus exposées à ces facteurs environnementaux.

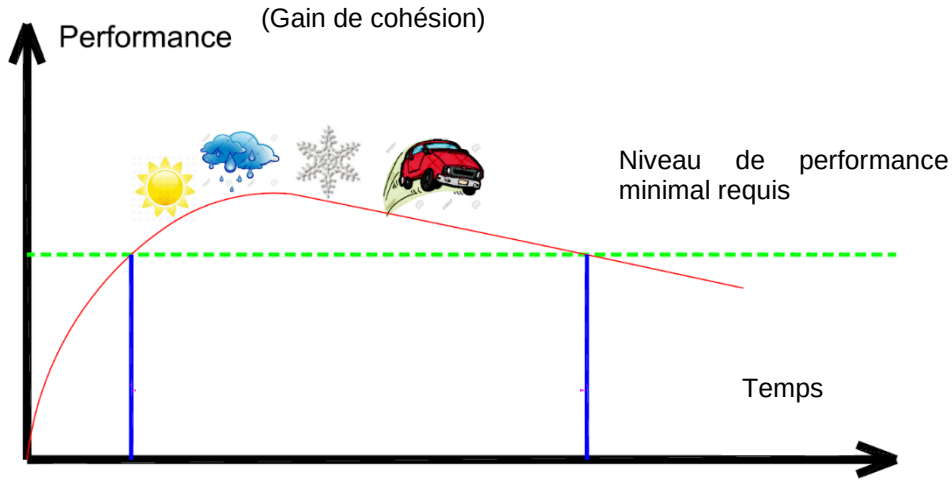


Figure 49. Evolution de la performance mécanique du traitement à la chaux dans le temps

Ainsi les performances mécaniques des marnes traitées superficiellement peuvent se dégrader dans le temps (baisse de la cohésion) et atteindre des niveaux de performance critiques, pouvant favoriser l'apparition des glissements de peau.

- <u>Dispositif de drainage des remblais défectueux :</u>

Des reconnaissances in-situ postérieures à des glissements superficiels des talus du sens 1 (talus aval) qui avaient eu lieu aux mois de mars 2013 et Mars 2018 ont révélé la présence d'eau au-dessus de la base des remblais ainsi que des défauts d'épaisseur de la base drainante.

L'accumulation d'eau au niveau des remblais situés au-dessus de la base drainante a pu provoquer une augmentation localisée de la pression interstitielle et ainsi mettre en charge les terrains sus-jacents à la base drainante. Cela a potentiellement pu provoquer des poussées à l'arrière des terrains proche de la surface des talus et ainsi générer des bombements. Ce phénomène a pu être amplifié par le caractère à priori imperméable ou très peu perméable des marnes composant le remblai.

Toutefois, lors des visites d'inspection sur site aucun désordre sur l'assainissement superficiel n'a pu être constaté. De plus, le noyau du remblai est relativement sec, associé à un état hydrique se situant près de son état naturel. Pour ces raisons, cette cause peut être écartée.

- <u>Infiltration d'eau :</u>

En partie sommitale des talus, l'absence de fossés bien marqués, de pentes suffisantes et la présence de points bas sans exutoires, favorisent l'accumulation d'eaux de pluie en partie haute de l'ouvrage en terre. Ces eaux pouvant ensuite s'infiltrer dans le talus.

Cette infiltration est par ailleurs inévitable aux niveaux des fissures présentant une ouverture suffisante. Elle est préjudiciable notamment si les eaux atteignent les marnes du noyau encagé.

Cela contribue à l'humidification des marnes qui, du fait de leur sensibilité à l'eau, ont tendance à gonfler engendrant ainsi des déformations internes à la masse du remblai pouvant se répercuter en surface.

En plus du phénomène de gonflement, l'imprégnation de ces matériaux contribue également à la dégradation de leurs caractéristiques mécaniques. Il est à noter que l'imbibition des matériaux et la dégradation des paramètres de résistance au cisaillement qui en résulterait ne sont pas des phénomènes immédiats mais plutôt lents.

Bien que les marnes composant le parement aient été traitées au liant hydraulique afin de réduire leur sensibilité à l'eau, elles restent tout de même sujettes aux effets mentionnés ci-dessus. L'intensité et les

conséquences de ces effets seront cependant moins importantes par rapport à celles affectant les marnes du noyau n'ayant pas subi de traitement.

- Canalisations des arrivées d'eau :

Les fissures déjà creusées dans le corps de talus favorisent non seulement l'infiltration mais peuvent aussi constituer des zones préférentielles d'écoulement pour les eaux ruisselant à la surface en canalisant ces dernières. Cela aurait pour effet d'accélérer et d'accentuer le développement de ces fissures et, par conséquent, l'érosion des talus en surface.

- Action du gel/dégel combinée à la solifluxion :

La solifluxion peut notamment se produire sur des couches de sol gelées. Ainsi le dégel rapide de l'épaisseur superficielle des talus peut être susceptible d'entraîner la solifluxion d'une couche de peau sur des couches de matériaux plus profondes encore gelées.

- Terriers :

Possible présence d'animaux fouisseurs contribuant à la dégradation de la couche superficielle et donc à la déstabilisation des pentes et créant aussi des chemins d'écoulement préférentiels ainsi que de l'érosion interne. Toutefois, aucun indice de présence de fouisseurs n'a été constaté lors des visites de site. De plus, les matériaux plutôt argileux du remblai n'attirent pas les fouisseurs.

- Circulation d'engins sur les talus :

Lors d'opérations d'entretien des talus telles que le débroussaillage, des machines sont amenées à circuler à la surface du remblai. Même si le passage de ces engins est transitoire, l'action du poids de ceux-ci peut engendrer des dégradations locales des talus et activer des surfaces de glissements superficielles.

- Solifluxion :

Le phénomène de solifluxion, consistant en le glissement de terrain de matériaux boueux ramollis par l'augmentation de leur teneur en eau, est ici un facteur aggravant des mouvements en surface, mais son impact est limité en profondeur.

- Mouvements du sol support des remblais :

Les traces de reptation des talus pourraient également être la conséquence de mouvements au sein du sol d'assise des remblais. Ces mouvements profonds affectant le versant seraient susceptibles de mouvoir et déstabiliser la masse des remblais causant entre autres des déformations à la surface des talus.

À ce sujet, le rapport de suivi des ouvrages, publié par le CEREMA Nord-Picardie au mois de Juillet 2020 (cf. [12]), concluait que les glissements de surface qui ont eu lieu au niveau des talus du R9-B n'ont à priori pas de lien avec les mouvements profonds suspectés au droit des inclinomètres examinés. Il est cependant fort probable que si des mouvements conséquents et brutaux surviennent au niveau d'une surface de rupture profonde, cela aura des répercussions sur l'ensemble de l'ouvrage en terre et notamment à sa surface.

7.2 CAUSES DES MOUVEMENTS PROFONDS

- (Ré)activation d'une surface de rupture consécutive à la mise en œuvre des remblais :

La surcharge apportée par le poids des remblais du R9-B a pu déstabiliser le versant et réactiver de potentielles surfaces de rupture au sein des formations sous-jacentes à l'ouvrage. Il est à noter que l'infiltration des eaux météoriques dans le corps de l'ouvrage en terre a pu contribuer à cela en humidifiant les marnes constitutives du remblai faisant ainsi augmenter leur poids volumique et induisant de fait une hausse de la surcharge au niveau de l'assise de l'ouvrage en terre.

La survenue de mouvements du sol support sera d'autant plus exacerbée si les remblais ont été montés sur des épaisseurs conséquentes d'éboulis et colluvions de versant faisant état de faibles caractéristiques de résistance au cisaillement. Le rétro-calcul mené par FONDASOL (cf. [4]), ayant permis de déterminer les paramètres de résistance résiduelle au cisaillement des éboulis de versant au niveau de la butte

d'Haudrecy/Belval considérée dans un état d'équilibre limite, attribuait des caractéristiques résiduelles faibles voire médiocres à ces éboulis (cohésion nulle et φ'=12,6°).

- Écoulements au sein des marnes et infiltration :

Les fissures déjà creusées dans le corps de talus favorisent l'infiltration des eaux ruisselant à la surface des talus.

Les eaux d'infiltration pourraient, à la faveur de zones de perméabilité accrue du fait notamment de la présence de maigres passages sableux, s'accumuler à certains niveaux et ainsi localement mettre en charge les marnes. Cela pourrait engendrer une perte de la résistance de cisaillement des matériaux aux endroits où la pression interstitielle est particulièrement forte et ainsi favoriser le développement d'une rupture.

Il est à noter que l'hypothèse de l'activation (voire la réactivation) d'un glissement profond a pu être contestée par le passé. Le rapport du CETE de Lyon (cf. [3]) précisait que la présence de bancs calcaires et de passages indurés au-delà de 6 m de profondeur marquait potentiellement l'absence d'horizons remaniés à ces niveaux. Le remaniement des terrains peut en particulier être interprété comme des signes de l'activité d'un glissement, c'est pourquoi l'absence de formations remaniées constituerait un argument en défaveur de l'existence d'un glissement profond.

Ce constat ayant été fait, il n'en reste pas moins que des déplacements ont été détectés en profondeur lors du suivi inclinométrique (cf. section §5.3). Ces déplacements sont des signes potentiels de mouvements le long d'une surface de rupture localisée aux alentours de la cote de 165,5 m NGF. Ce niveau correspondrait à la transition entre la frange altérée des argiles marneuses et les marnes. Compte-tenu de ces informations, la survenue d'un glissement profond ne peut être éludée.

- Tassements des sols support du remblai :

Les tassements à long terme des sols sous-jacents à la base du remblai ou les déplacements verticaux correspondant au fluage des sols d'assise de l'ouvrage en terre sont des mouvements se produisant en profondeur.

8 PRINCIPE DE CONFORTEMENT SUPERFICIEL

8.1 NATURE DES TRAVAUX ENVISAGES

8.1.1 REPRISE DES DESORDRES SUPERFICIELS DU REMBLAI

Compte tenu des désordres observés lors de la dernière inspection visuelle des talus au mois de février 2024, les travaux de confortement de l'ouvrage en terre R9-B consisteront notamment et avant tout en une réfection superficielle des talus.

Des dispositions constructives, associées aux ouvrages envisagés (masques drainants localisés sur les zones présentant des défauts) pour la réfection des désordres identifiés à la surface des talus, sont données dans le paragraphe 0.

8.1.2 SUBSTITUTION PAR DES MATERIAUX DRAINANTS – REALISATION D'UN MASQUE

Afin de réparer les zones superficielles du talus qui ont été sujettes à des mouvements de reptation, nous préconisons la réalisation de purges localisées préalables à la mise en place d'une géomembrane filtrante et étanche puis de matériaux drainants.

La généralisation de ces opérations de purges suivies de substitutions par un masque drainant à tout ou partie de la surface des talus permettra de limiter la survenue de glissements de peau et d'éviter la multiplication des travaux de réfection ultérieurs qui devraient être réitérés au niveau des zones qui n'auraient pas fait l'objet de la mise en œuvre d'une substitution par des matériaux drainants.

8.2 ZONE CONCERNEE PAR LES TRAVAUX DE REPARATION

Les désordres se concentrent sur le talus du sens 1, au droit de l'OH 103 ainsi que de part et d'autre de celui-ci.

Les opérations de réfection permettront la reprise des désordres localisés sur le **talus du sens 1**, entre le **PM = 10280** (entre les profils en travers P410 et P411) et le **PM = 10420** (entre le P416 et le P417) et couvriront un **linéaire d'environ 140 m**. On note que des masques ont déjà été réalisés au niveau du profil P417. Ce linéaire étant approximatif, les travaux se limiteront à la zone où les glissements ont été observés, avec une marge de 2 à 5 m autour.

Les **trois premiers quarts de la hauteur de l'ouvrage** seront concernés par ces reprises : les travaux seront réalisés du pied de talus jusqu'à un niveau inférieur à la crête de l'ouvrage en terre.

La zone concernée par les travaux est représentée par le polygone à fond bleu sur la vue en plan affichée ci-après :

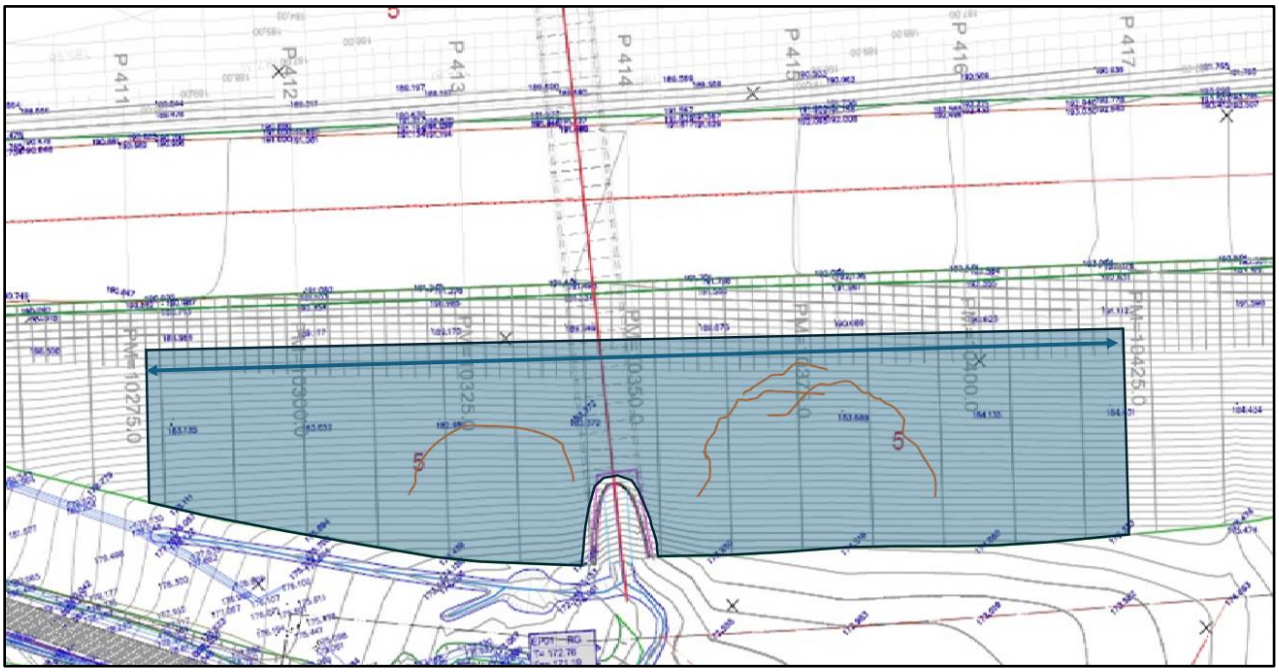


Figure 50. Repérage du pan de talus du sens 1 au niveau duquel auront lieu les opérations de reprise des désordres superficiels

La surface sur laquelle sera mise en œuvre le masque couvre les deux loupes de glissement dernièrement constatées sur site qui encadrent l'ouvrage hydraulique.

Une attention particulière sera faite au moment des travaux de réparation autour de l'ouvrage hydraulique. Afin de ne pas causer des dégradations sur ce dernier, il est proposé de ne pas terrasser les abords de l'OH en communication avec les remblais techniques.

9 ETUDE DE STABILITE DU PAREMENT VIS-A-VIS DU GLISSEMENT SUPERFICIEL

A partir des informations dont nous disposons quant aux mouvements de glissements survenus au niveau du parement du remblai R9-B au droit des profils P413 et P415, on présente un calcul de stabilité permettant de caler les paramètres de cisaillement des sols recoupés par les surfaces de rupture au niveau de ces deux profils, en tenant compte d'une dégradation de la résistance mécanique au cisaillement du parement traité, notamment justifiée par l'infiltration d'eau à travers des fissures apparues au niveau de ces deux profils. A cet effet, deux calculs de stabilité sont présentés :

- Le premier calcul correspond à l'état actuel du talus au niveau des deux profils P413 et P415, où les paramètres de cisaillement dégradés sont cherchés par rétro-analyse dans le but d'obtenir un facteur de sécurité avoisinant 1 et correspondant à un état de stabilité précaire,
- Ensuite, un second calcul correspond aux travaux de confortement superficiel du remblai R9-B au niveau de ces deux profils. Pour cela, on propose un masque ayant les caractéristiques mécaniques suivantes : γ = 22 kN.m^{-3}. c' = 0,5 kPa (cohésion nulle, une valeur de 0,5 kPa est toutefois retenue pour éviter la génération de cercles de peau) et ϕ' = 35°.

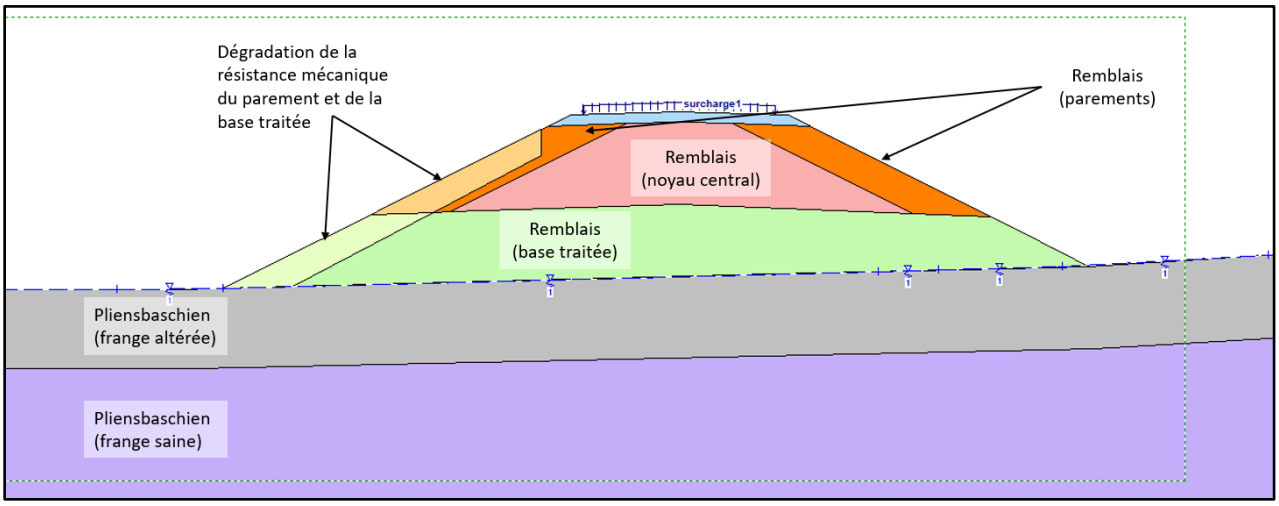


Figure 51. Coupe type du remblai R9-B retenue à l'état initial

A partir des caractéristiques des surfaces de glissement proposées par le CEREMA dans le document [24] :

- Pour le profil P413 : décrochement d'épaisseur 0,5 m à 0,8 m, présentant une pente de 55°, bourrelets présents en zone intermédiaire et en pied ;
- Pour le profil P415 : décrochement d'épaisseur 0,5 m à 1,2 m, présentant une pente de 38°, bourrelets présents en zone intermédiaire ;

Les surfaces de glissement ont été établies sur GeoStab.

La méthode de calcul proposée est celle de Bishop.

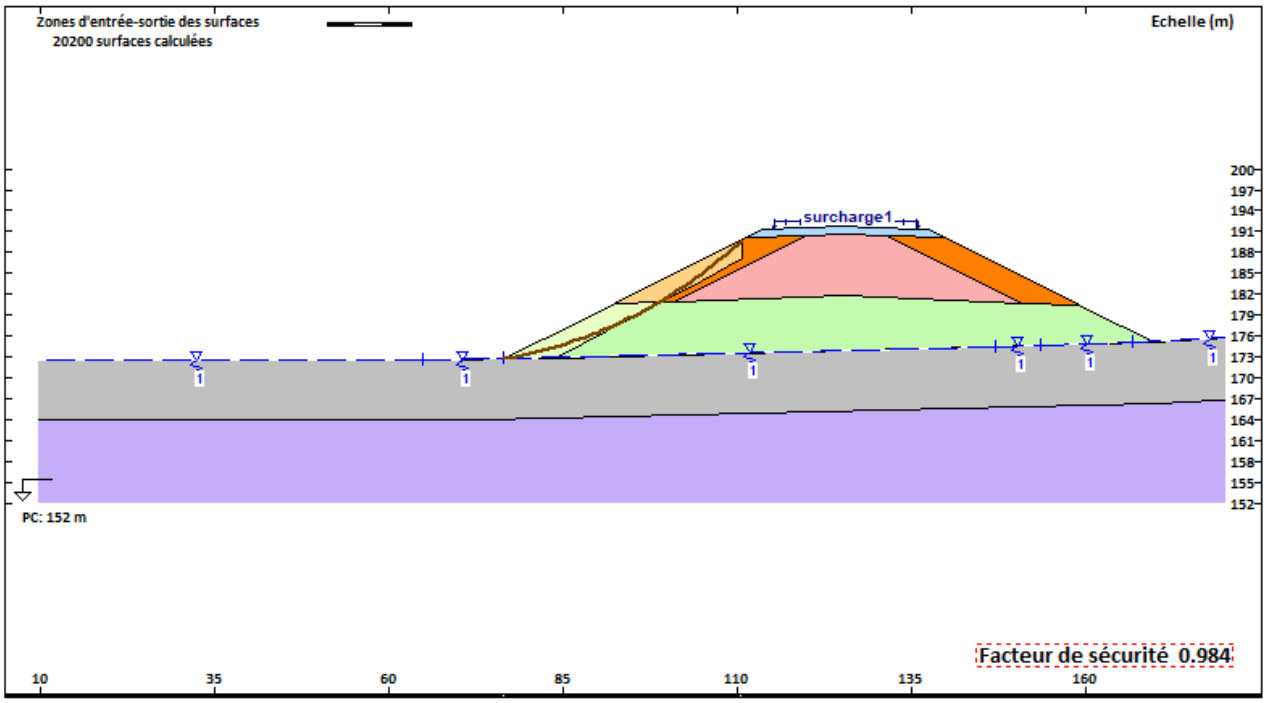


Figure 52. Calcul de glissement superficiel au niveau du profil P413 à l'état initial

Il est par ailleurs à noter que les paramètres de cisaillement retenus pour la couche de forme présente au sommet du remblai sont les suivantes : γ = 22 kN.m^{-3}, c' = 0 kPa et ϕ' = 32°.

Pour le profil P413, les paramètres dégradés proposés pour le parement et la base traitée sont c' = 4 kPa et ϕ' = 20°.

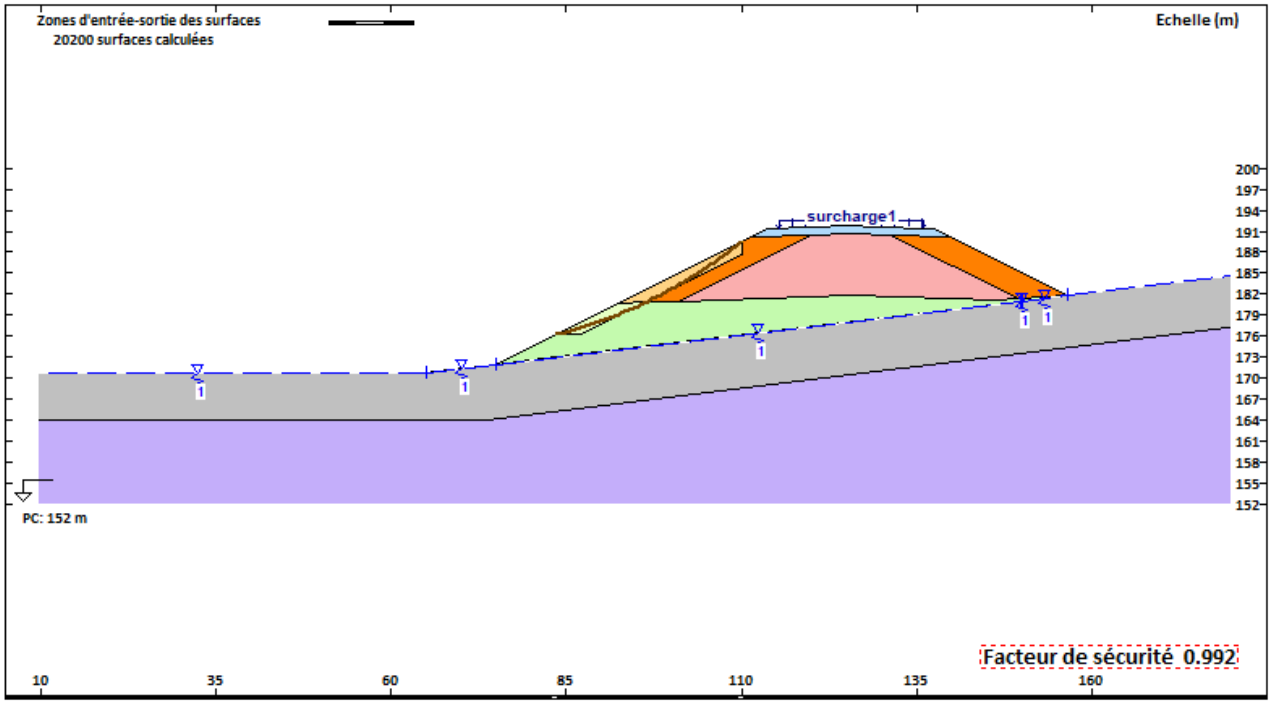


Figure 53. Calcul de glissement superficiel au niveau du profil P415 à l'état initial

Pour le profil P415, les paramètres dégradés proposés pour le parement et la base traitée sont c' = 3 kPa et ϕ' = 19°.

Après modélisation du masque drainant au niveau du parement et de la base traitée, deux situations sont étudiées pour chacun des deux profils considérés :

- Situation où la même surface de glissement que celle ayant provoqué la rupture initiale est prise en compte, cela afin de quantifier le gain de stabilité apporté pour cette trame de glissement spécifique par la réalisation du masque ;
- Situation où plusieurs cercles de glissement possibles sont étudiés, afin de déterminer le facteur de sécurité le plus défavorable parmi les surfaces générées une fois la réparation effectuée. Pour cette situation, la méthode de Bishop modifiée est utilisée pour générer les cercles de glissement.

Pour le profil P413, la mise en œuvre du masque permet de passer d'un FS = 0,984 à un FS = 1,46, ce qui représente une amélioration de 48%.

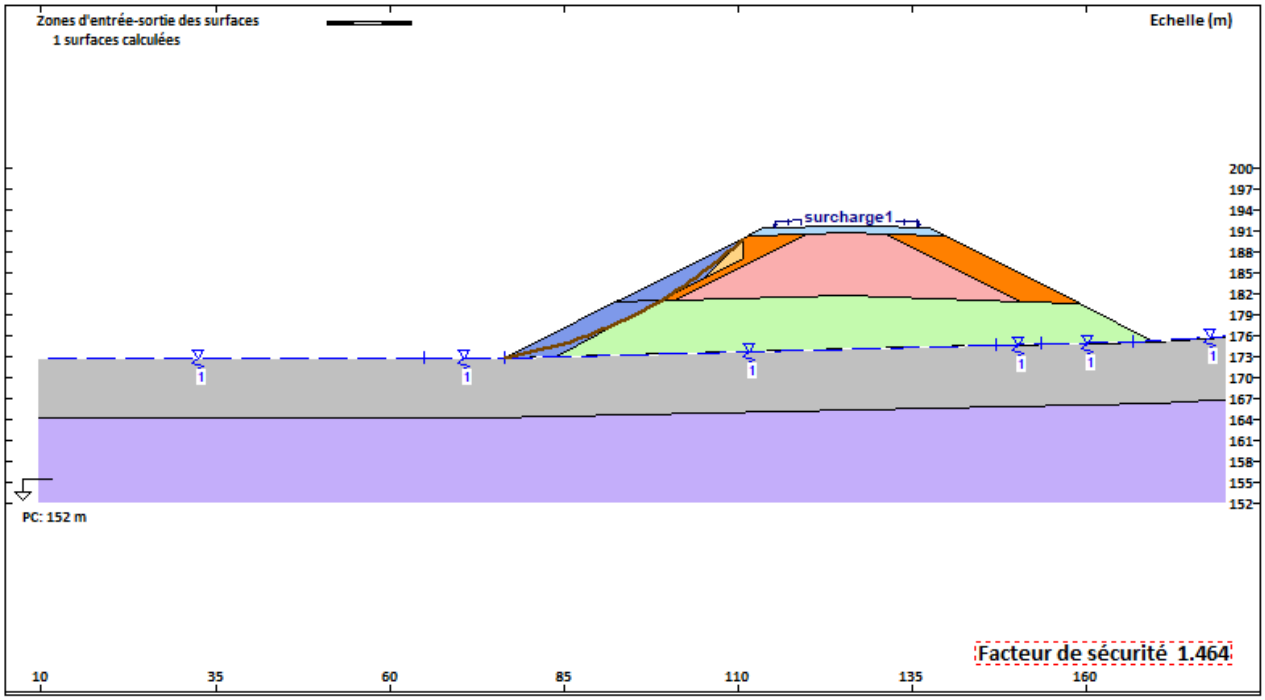


Figure 54. Calcul de glissement "superficiel" au niveau du profil P413 après réalisation d'un masque drainant (c'=0 kPa)

En étudiant d'autres cercles de glissement, le facteur de sécurité obtenu est FS = 1,44.

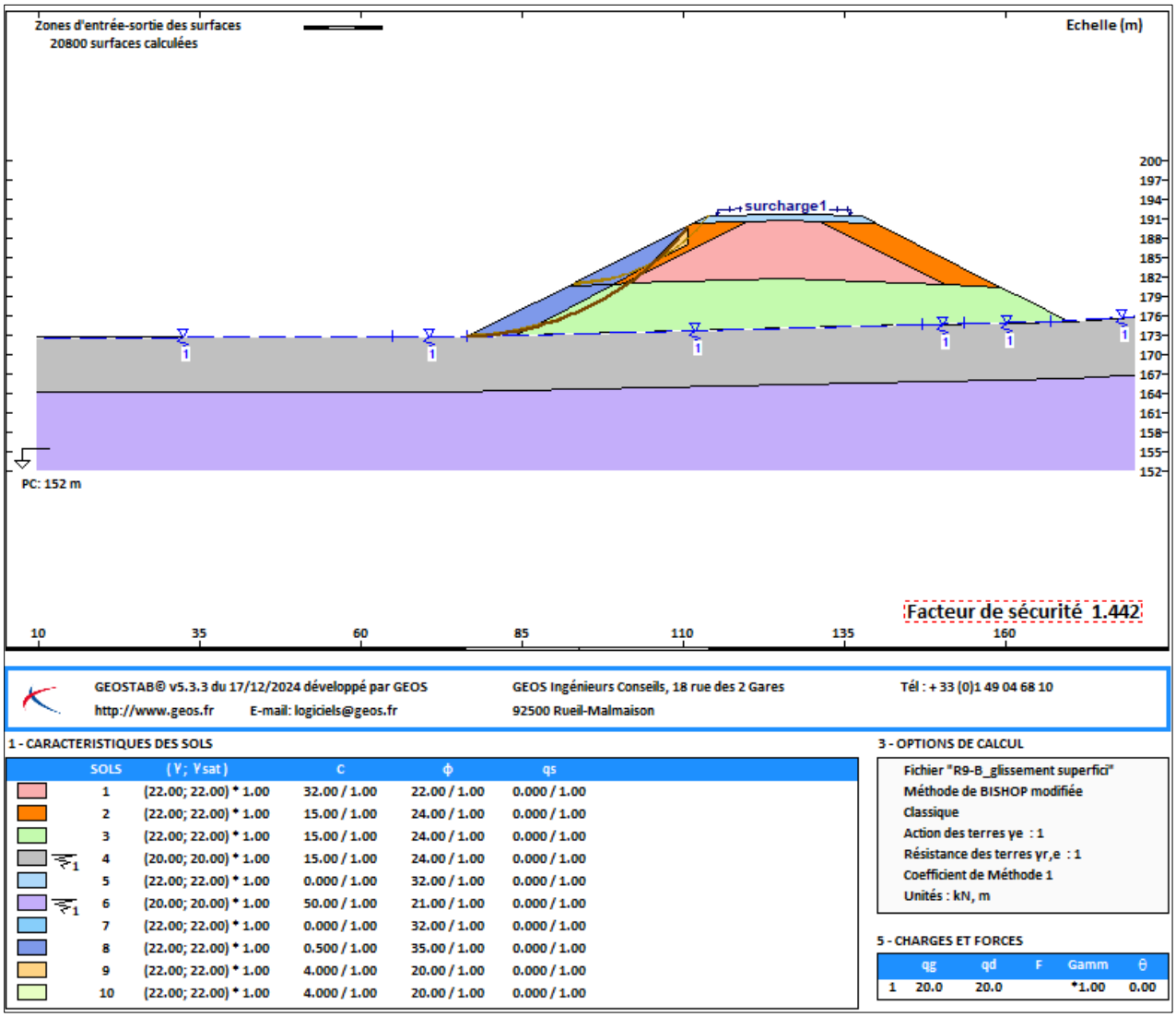


Figure 55. Calcul de glissement superficiel au niveau du profil P413 après réalisation d'un masque drainant (c'=0,5 kPa) – Autres cercles de glissement

Pour le profil P415, la mise en œuvre du masque permet de passer d'un FS = 0,992 à un FS = 1,43, ce qui représente une amélioration de 44%.

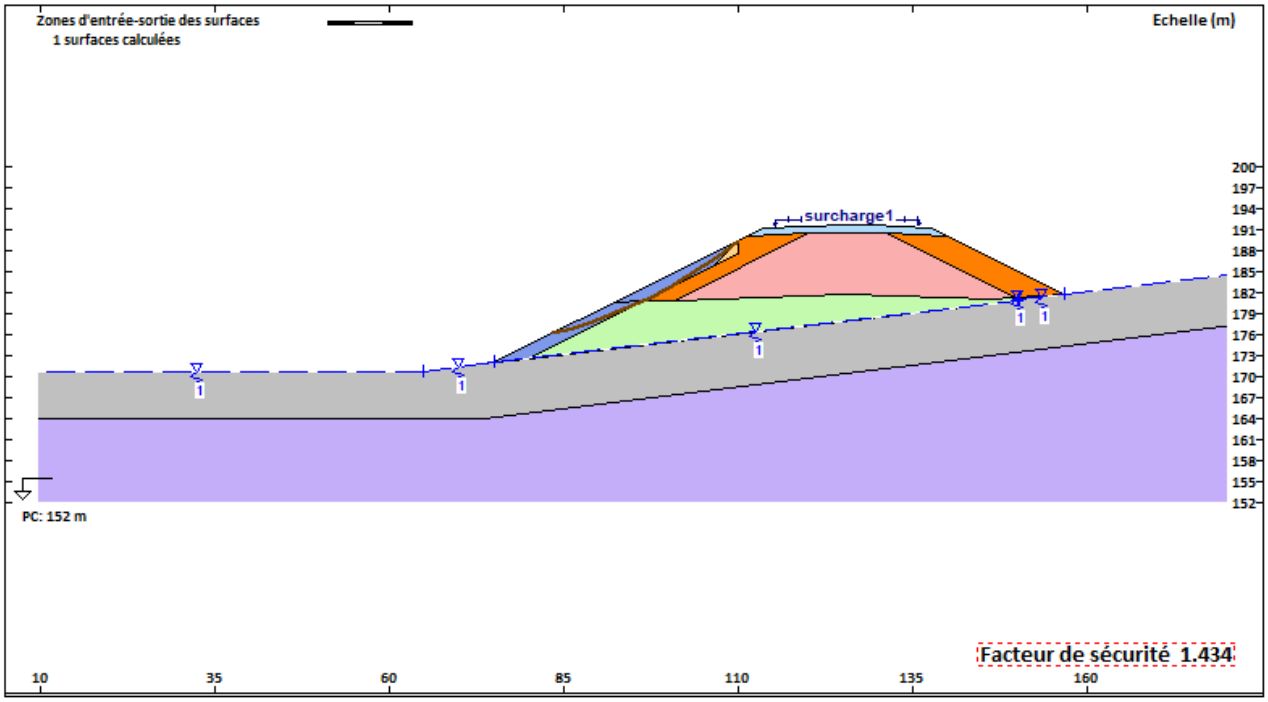


Figure 56. Calcul de glissement superficiel au niveau du profil P415 après réalisation d'un masque drainant (c'=0 kPa)

En étudiant plusieurs cercles de glissement, le facteur de sécurité obtenu est FS = 1,42.

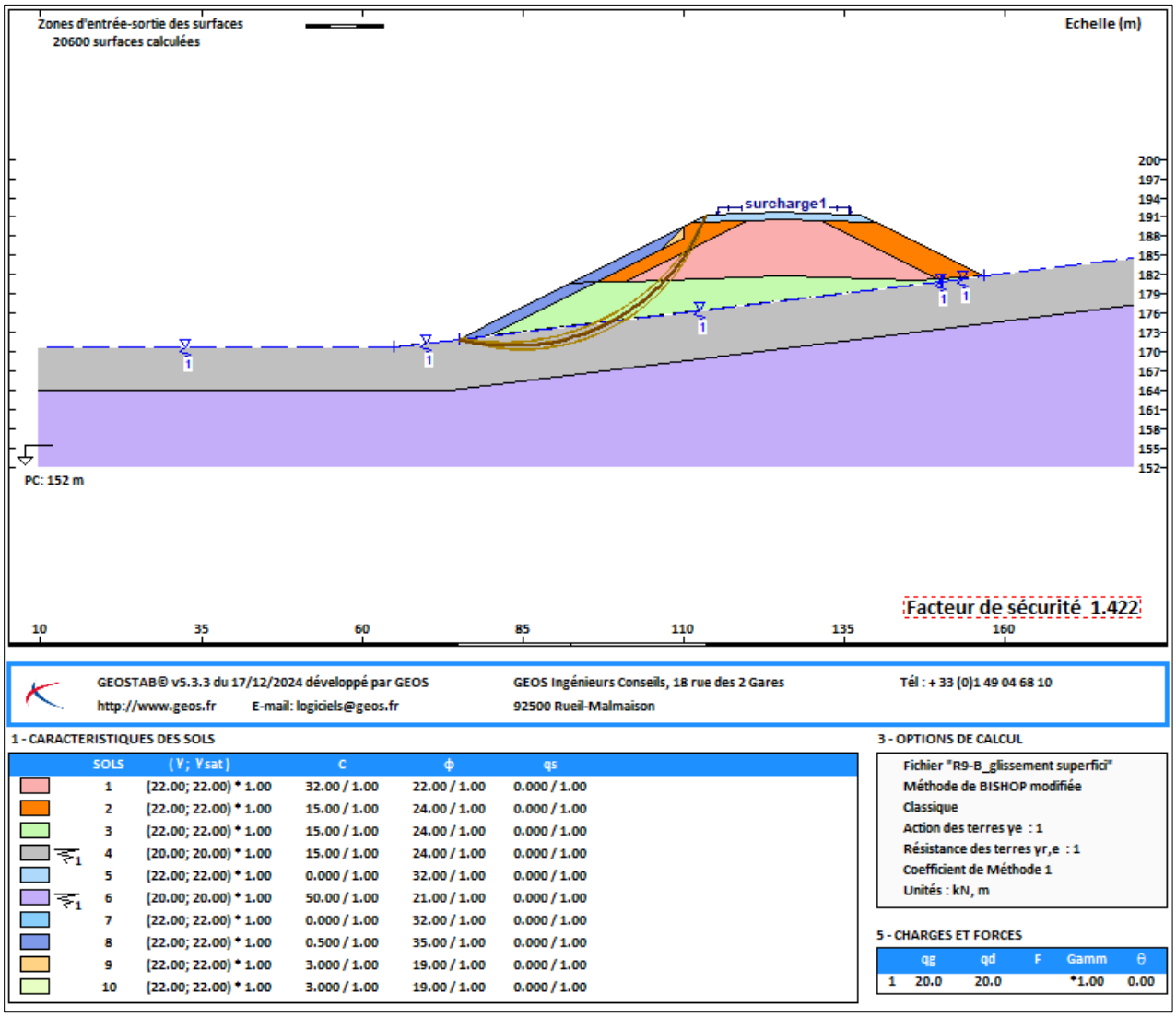


Figure 57. Calcul de glissement au niveau du profil P415 après réalisation d'un masque drainant (c'=0,5 kPa) – Autres cercles de rupture

Ces résultats confirment donc que la mise en place d'un masque possédant a minima les caractéristiques mécaniques c' = 0,5 kPa et ϕ' = 35° devra permettre d'écarter le risque d'un glissement superficiel au niveau des talus aval du remblai R9-B.

Les matériaux drainants des masques devront substituer la zone altérée du parement sur toute l'épaisseur de celle-ci. **Si la purge précédant la mise en œuvre des masques est arrêtée avant que ne soit recoupée l'interface entre les éléments dégradés du parement et ceux présentant de meilleures caractéristiques, il subsistera un risque de développement d'une surface de glissement à l'arrière des masques au sein de la frange dégradée** plus ou moins mince qui demeurera le cas échéant.

Ce confortement superficiel devra satisfaire un certain nombre de conditions de mise en œuvre énoncées au §11.1.

L'étude présentée dans le paragraphe suivant concerne la solution de confortement profond, dont la mise en œuvre n'aura lieu qu'après le confortement superficiel par la mise en œuvre du masque drainant. Afin de pouvoir modéliser le parement traité sur le logiciel GeoStab, un masque a été appliqué à la coupe affichée sur la Figure 58 qui fait l'objet du calcul de stabilité vis-à-vis du glissement profond.

10 ETUDE D'UNE SOLUTION DE CONFORTEMENT DE L'OUVRAGE VIS-A-VIS D'UN GLISSEMENT PROFOND

10.1 PREAMBULE

Deux solutions de confortement sont envisagées pour stabiliser le glissement profond :

1. La mise en œuvre d'une file de pieux à proximité du pied de remblai, visant à augmenter la résistance au cisaillement au niveau de la surface de glissement profond présumée (cf. §10.3.1),
2. La réalisation d'une butée de pied en aval du remblai, pour augmenter le poids stabilisateur du glissement (cf. §10.3.2).

Pour dimensionner ces deux solutions de confortement, les caractéristiques du modèle initial sont recalées afin d'obtenir une configuration assimilable à une situation critique caractérisée par un facteur de sécurité s'établissant aux alentours de 1. Cette démarche est détaillée dans les paragraphes suivants.

10.2 RECALAGE DU MODELE

10.2.1 STRATIGRAPHIE

La géométrie de la composition interne du remblai est modélisée conformément à celle représentée sur la Figure 11.

Le remblai repose sur un versant faisant état d'une pente de 12%. Sur la base des reconnaissances disponibles, la stratigraphie retenue sous la base du remblai R9-B est présentée dans le tableau suivant :

Faciès	Coupe type		
	Cote de toit de la formation selon les sondages	Cote de toit de la formation retenue dans le modèle en base de talus	Epaisseur de la formation
Pliensbachien (frange altérée)	170 à 175 m NGF	170,8 m NGF	6,7 m
Pliensbachien (frange saine)	164,2 à 173 m NGF	164,1 m NGF	> 20 m

Tableau 11. Stratigraphe retenue au droit du modèle identifié

La géométrie du modèle à l'état initial, ainsi que la stratigraphie sont représentées sur la figure suivante. Nous faisons l'hypothèse que la stratigraphie adoptée, interprétée localement sur la base de données de sondages, est homogène au niveau de l'emprise de ce dernier ainsi qu'au-delà. L'enchaînement stratigraphique proposé suit la topographie du TN.

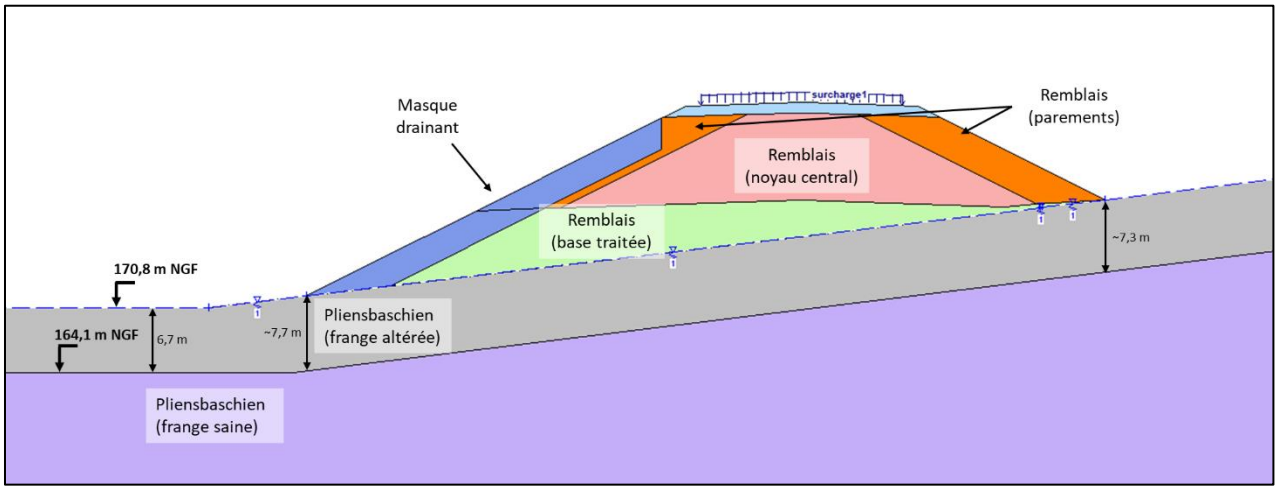


Figure 58. Coupe type du remblai R9-B retenue à l'état initial

10.2.2 CARACTERISTIQUES GEOMECANIQUES

Les caractéristiques retenues sont présentées dans le tableau ci-après :

Formation	γ (kN/m³)	C' (kPa)	Φ (°)
Remblais (Parement)	22	15	24
Remblais (Noyau central)	22	32	22
Remblais (Base traitée)	22	15	24
Pliensbachien (frange altérée)	20	Déterminé par rétro calcul	
Pliensbachien (frange saine)	20	50	21

Tableau 12. Paramètres de calcul

Les paramètres mécaniques retenus pour le remblai sont ceux mesurés lors des essais réalisés en laboratoire, et présentés dans le Tableau 7.

Dans le cadre de l'analyse du glissement au droit du R9-B, il n'est pas jugé pertinent de modéliser la frange altérée du substratum avec les paramètres mesurés en laboratoire (à savoir c' = 15 kPa et ϕ' = 28°). Ces caractéristiques ne permettent pas de retrouver un facteur de sécurité inférieur à 1 associé à un état de stabilité critique pour la surface de rupture investiguée ce qui pourrait expliquer les déplacements mesurés au droit des tubes inclinométriques implantés au niveau du remblai R9-B.

Les caractéristiques mécaniques au droit de la surface de rupture/au sein de la frange altérée du Pliensbachien doivent être dégradées par rapport à celles évaluées en laboratoire, notamment pour les deux raisons suivantes :

- Une surface de rupture est déjà existante, comme en témoignent les mouvements observés dans les inclinomètres I5.5 et I5.2. Le long de cette surface de rupture, le sol est déjà cisaillé, les liaisons à l'origine de la cohésion du sol sont donc rompues, et la cohésion le long de la surface de rupture est nulle.

- La frange altérée du substratum Pliensbachien correspond à des colluvions de pentes, mises en place par un processus d'altération progressive du versant avec des mouvements de reptation du sol en surface. Le processus géologique de mise en place de cette formation est à l'origine d'une

anisotropie des paramètres mécaniques de la frange altérée. Le processus de formation de la frange altérée induit des plans de faiblesse dont l'inclinaison est proche de celle du versant, soit 12% (correspondant à une inclinaison par rapport à l'horizontale de 7°).

Ce phénomène est modélisé via le logiciel GeoStab en considérant une anisotropie au sein de la frange altérée, avec des caractéristiques dégradées dans un plan compris entre 0 et 20°. Les caractéristiques dégradées sont déterminées par rétro-calcul. La figure suivante représente les caractéristiques prises en compte pour modéliser l'anisotropie en vigueur au sein de la frange altérée.

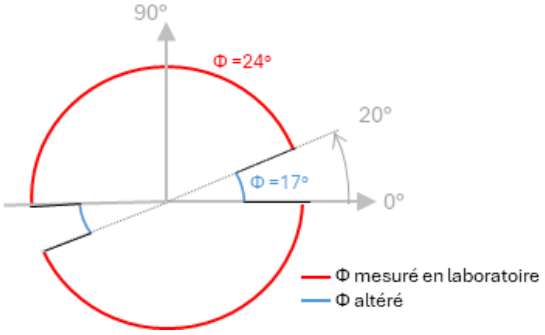


Figure 59. Principe de l'anisotropie concernant l'angle de frottement interne φ' prise en compte pour la modélisation de la frange altérée du Pliensbachien

10.2.3 SURCHARGE

La charge d'exploitation induite par la circulation routière de l'A304 est modélisée par une surcharge de 20 kPa appliquée en tête de remblai, à une distance de 1,5 m à l'arrière de la crête du talus.

10.2.4 METHODOLOGIE ET CALCULS MIS EN ŒUVRE

Un premier calcul de stabilité est réalisé afin de vérifier le bon calage de la géométrie du modèle, et des caractéristiques mécaniques.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour la génération des cercles de rupture afin de trouver la trame bidimensionnelle de glissement faisant état de la géométrie qui serait la plus proche de celle interprétée sur la base de mesures inclinométriques.

La surface de glissement considérée correspond à une rupture présentant une partie plane. Elle est représentée sur la figure suivante. La géométrie de cette trame de rupture passe à des altitudes/points proches de celles/ceux au niveau desquel(le)s ont été relevés les déplacements les plus significatifs au droit des inclinomètres I5.5 et I5.2.

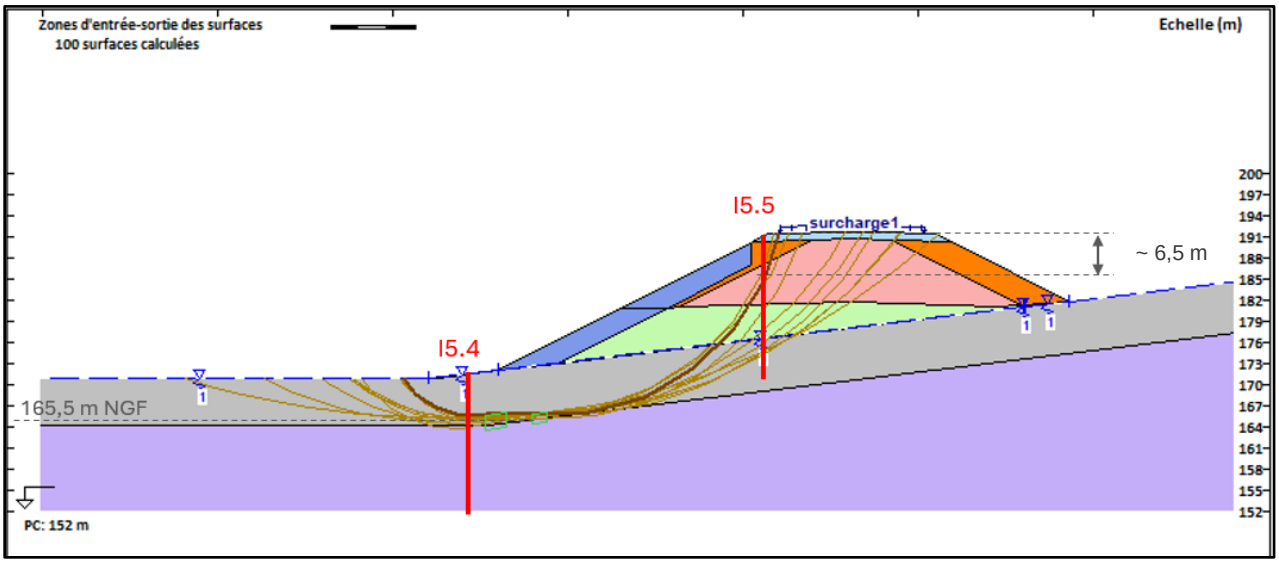


Figure 60. Trames de rupture les plus défavorables, obtenues pour la situation initiale, avec une génération de surfaces de rupture planes

Il est également réalisé un test de sensibilité vis-à-vis de la méthode de calcul employée. Le tableau suivant présente le facteur de sécurité obtenu pour 3 méthodes de calculs différentes utilisées pour les surfaces de rupture faisant état d'une partie plane (la méthode des perturbations, la méthode de Carter, et Carter étendu).

	Carter simple	Carter étendu	Perturbations
Facteur de sécurité	0,92	0,99	0,95

Tableau 13. Synthèse des facteurs de sécurité obtenus suivant la méthode de calcul appliquée

Le facteur de sécurité varie peu selon la méthode utilisée (de l'ordre de quelques centièmes). La méthode de Carter étendu permet d'obtenir le facteur de sécurité le plus proche de 1. Pour les autres méthodes de calcul, il faudrait légèrement augmenter les caractéristiques mécaniques de la frange altérée pour s'approcher de 1. Cela aboutirait ainsi à la fixation de meilleurs paramètres géotechniques préalablement au dimensionnement d'un dispositif de confortement.

La méthode de Carter étendue est basée sur la méthode de Bishop, légèrement modifiée pour être appliquée aux surfaces de rupture quelconques. Cette méthode donne généralement des facteurs de sécurité conservatifs par rapport à d'autres méthodes de calcul.

La méthode de Carter simple constitue une simplification calculatoire de la méthode de Carter étendue, permettant d'accélérer la vitesse des calculs. Elle donne des facteurs de sécurité qui sont plus conservatifs que la méthode de Carter étendue.

Pour les calculs suivants, c'est la méthode de Carter étendue qui est retenue afin d'estimer l'augmentation du facteur de sécurité induite par chaque méthode de confortement étudiée.

Le facteur de sécurité obtenu par application de la méthode de Carter étendue est proche de 1, confirmant la situation critique qui permettrait d'expliquer l'origine des mouvements mesurés par le dispositif d'auscultation.

10.2.5 DISCUSSION SUR LE NIVEAU D'EAU MODELISE

L'hypothèse considérée pour la modélisation du niveau d'eau dans le versant a un impact conséquent sur le facteur de sécurité obtenu lors de l'analyse à rebours de la stabilité initiale du modèle.

Dans la configuration décrite dans les paragraphes ci-dessus, il est pris en compte un niveau de nappe proche du terrain naturel, sur toute la hauteur du versant. Cela semble cohérent avec les observations faites sur site, et les niveaux d'eau relevés à proximité du remblai R9-B. La figure suivante indique le niveau de nappe pris en compte.

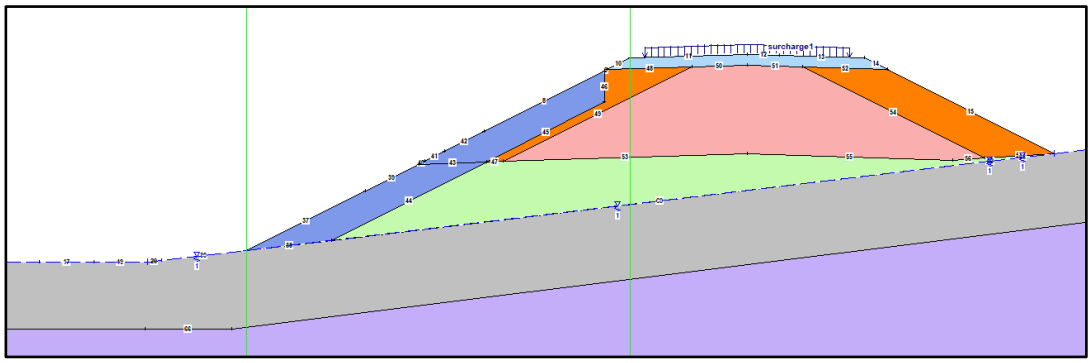


Figure 61. Niveau de nappe considéré pour le recalage du modèle

Une hypothèse plus défavorable consiste à considérer que le niveau de la nappe remonte dans le corps du remblai en dépit de la présence localisée (à défaut de généralisée) d'une base drainante. Ce dernier est représenté sur la figure suivante. Il est à noter que nous faisons le choix d'associer la nappe, pénétrant dans le corps du remblai et retrouvant le TN au niveau du pied du masque, aux éléments de ce dernier et ce bien qu'ils soient drainants. Le facteur de sécurité obtenu pour une surface de rupture présentant une partie plane descend à 0,93, ce qui correspond à une diminution de près de 6% par rapport à la situation détaillée dans les paragraphes précédents.

Il est à noter que le facteur de sécurité tombe à 0,84 dans le cas de l'analyse de la stabilité de surfaces de glissement circulaires affectant le talus du sens 1 sur l'ensemble de sa hauteur. Dans la mesure où des facteurs de sécurité proches de 0,96 sont obtenus dans un cadre similaire caractérisé toutefois par une nappe flirtant avec le TN, cela montre que la stabilité de surfaces de glissement circulaires est bien plus sensible vis-à-vis d'une élévation du niveau d'eau que ne le sont les trames de rupture présentant une partie plane.

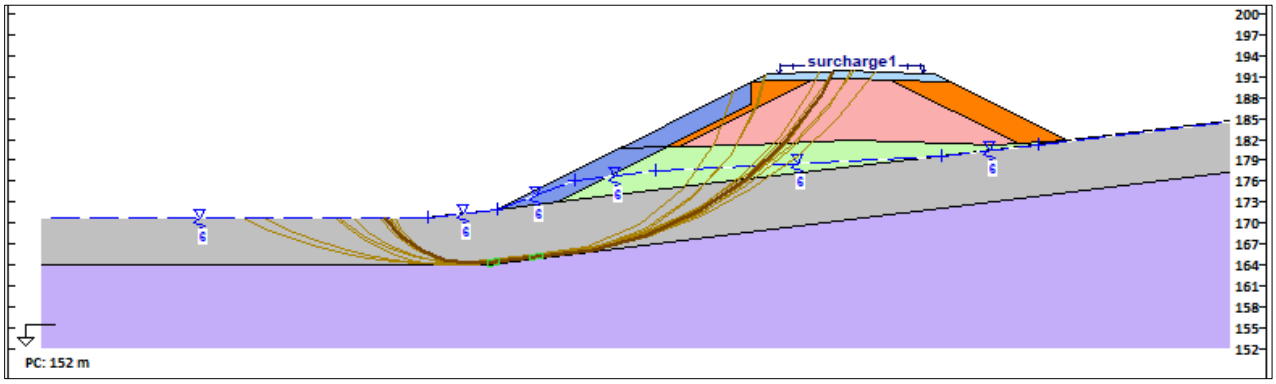


Figure 62. Niveau de nappe remontant dans la base/le corps du remblai

Cette hypothèse consistant en un rehaussement du niveau de nappe consécutif à la pénétration des eaux dans le corps du remblai, conduirait à augmenter les paramètres mécaniques du modèle pour obtenir un facteur de sécurité approchant 1. Cela aboutira de nouveau à la définition de meilleurs paramètres géotechniques avant de procéder au dimensionnement des dispositifs de confortement. Ce cas est exposé au §10.3.3.

10.3 DIMENSIONNEMENT D'UNE SOLUTION DE CONFORTEMENT

10.3.1 MISE EN ŒUVRE D'UNE FILE DE PIEUX

La première solution de confortement qui a été envisagée pour contrer ce glissement est la mise en œuvre d'une file de pieux en base de remblai.

Du fait de l'état induré des marnes du Pliensbachien à des profondeurs inférieures à +162 m NGF, caractérisées par une pression limite nette p_l* très élevée dont la plupart des valeurs s'établissent entre 4 et 5 MPa (cf. Figure 23), l'exécution de palplanches mises en œuvre par vibrofonçage ou/puis par battage est exclue. Dans ce contexte, la mise en œuvre de pieux par forage est adaptée.

Une file de pieu a été modélisée sur GeoStab. Les caractéristiques suivantes sont considérées pour les inclusions assimilées à des pieux circulaires pleins :

Diamètre (m)	Longueur (m)	Espacement horizontal (m)	Traction limite armature (kN)	Résistance au cisaillement* (kN)	EI (kN/m²)	Moment limite armature (kN.m)
1	11	0,8	2000	1000	$4{,}9.10^5$	500

**Par défaut, dans GeoStab, la résistance au cisaillement de l'armature est prise égale à la traction limite divisée par 2.*

Tableau 14. Caractéristiques de la file d'inclusions modélisée sur GeoStab

L'espacement horizontal est plus petit que le diamètre des pieux. **En pratique**, il sera donc nécessaire de réaliser deux files de pieux en quinconce pour que la configuration soit la même que celle modélisée sur GeoStab. Les pieux devront être disposés selon le principe affiché sur la figure suivante :

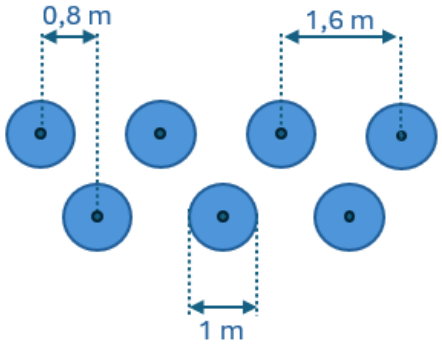


Figure 63. Disposition et géométrie des inclusions modélisées pour la solution de confortement

Les caractéristiques pressiométriques et les modules de réaction K des couches de sols traversées par les inclusions verticales sont données dans le tableau ci-dessous :

	E_M (kPa)	P_l (MPa)	α	K (kPa/m)	Comportement du sol
Frange altérée du substratum	5,8	0,7	0,5	15 898	Cisaillement pur
Substratum sain	47	3,3	0,5	129 144	Traction/cisaillement

Tableau 15. Caractéristiques pressiométriques et modules de réaction des sols

Le module de réaction du sol K est calculé selon la formule suivante :

$$K = \frac{12.E_M}{\frac{4}{3}.\frac{B_0}{B}\left(2{,}65.\frac{B}{B_0}\right)^{\alpha} + \alpha} \times \frac{1}{2}$$

Où B le diamètre des inclusions verticales et B_0 = 0,60 m.

Pour ce calcul, nous présentons d'abord les résultats obtenus pour la surface de rupture plane fixée lors du calage du modèle, afin de déterminer le gain de sécurité associé à la mise en place des pieux.

Nous présentons ensuite le calcul montrant la surface de rupture la plus défavorable selon le cadre défini pour la génération des trames de glissement.

La surface de rupture dont la géométrie approche celle définie lors du calage du modèle, et le facteur de sécurité associé, sont indiqués sur la figure suivante :

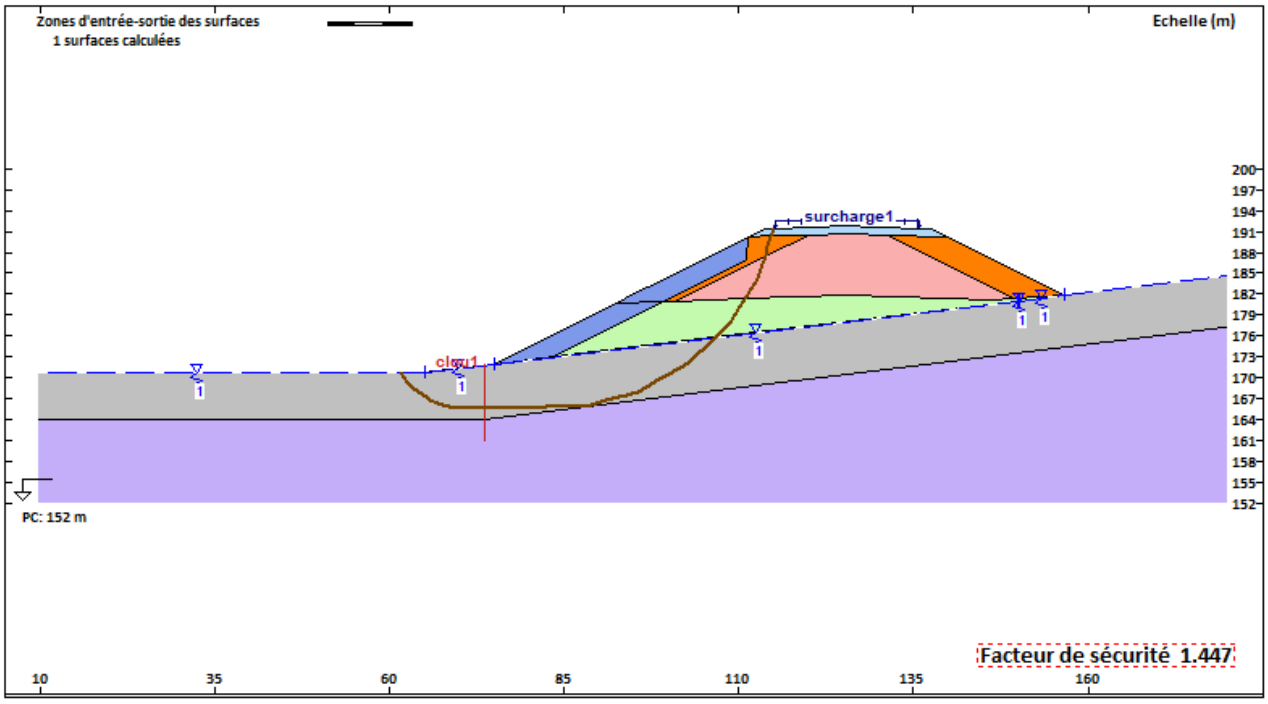


Figure 64. Surface de rupture, approchant la forme de celle obtenue lors du calage, avec modélisation de la file d'inclusions – M_{lim}= 500 kN.m

Le facteur de sécurité obtenu après confortement est de 1,44. Le pourcentage d'amélioration du facteur de sécurité est donc de 45% vis-à-vis de la situation initiale en prenant en compte un tel dispositif de confortement.

La surface de rupture la plus défavorable, et le facteur de sécurité associé, sont représentés sur la figure suivante :

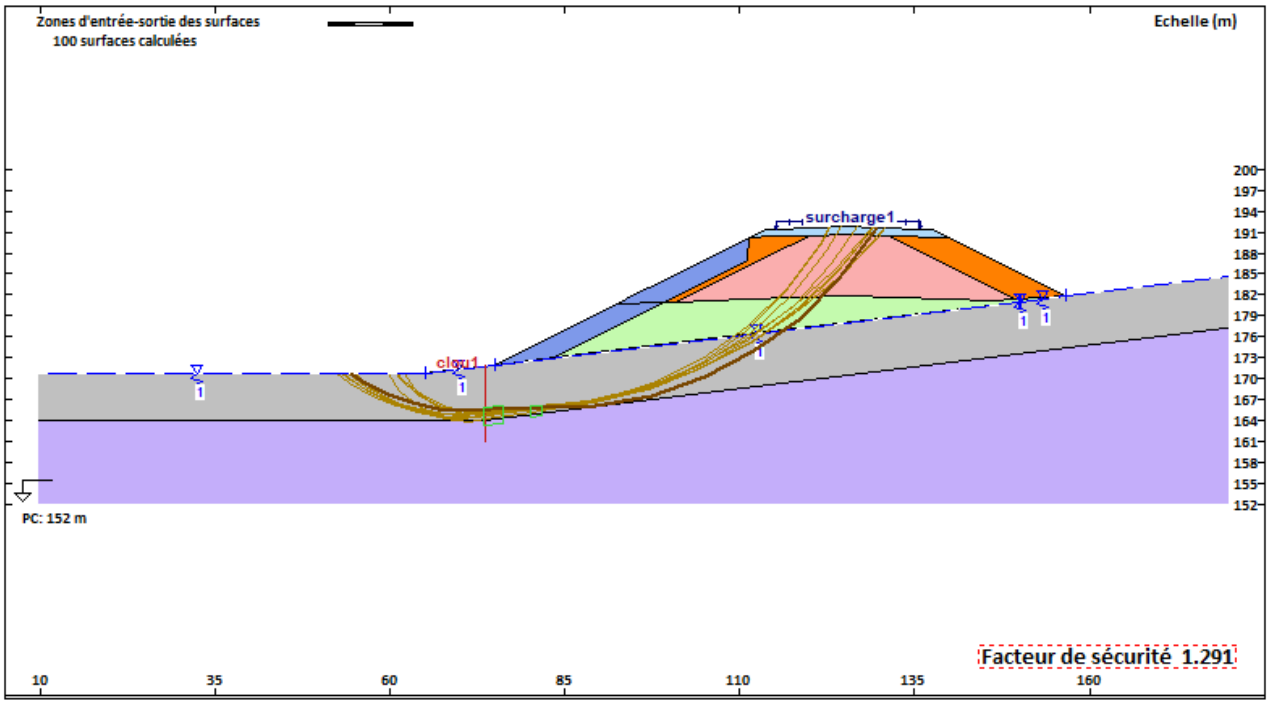


Figure 65. Surfaces de rupture obtenues pour le calcul avec modélisation de la file d'inclusions – M_{lim}= 500 kN.m

Le facteur de sécurité obtenu après confortement est de 1,29 en considérant des surfaces de rupture passant, au niveau du pied du talus aval, dans des emprises de sols proches de celles traversées par les trames de glissement les plus critiques déterminées lors du calcul initial ne prenant pas en compte la présence de pieux.

Le pourcentage d'amélioration du facteur de sécurité est donc de l'ordre de 30% vis-à-vis de la situation initiale en prenant en compte un tel dispositif de confortement.

En pratique, la mise en œuvre d'une file de pieux ne permet pas d'arrêter totalement les déplacements mesurés à court et moyen terme. En effet, pour que les pieux puissent reprendre les efforts pour lesquels ils sont dimensionnés, il est nécessaire qu'ils soient assujettis à des déplacements jusqu'à atteindre des taux de déformations suffisants pour pouvoir mobiliser le sol en butée et convoquer la résistance au cisaillement des inclusions. Le glissement peut donc continuer à évoluer pendant plusieurs années après la mise en œuvre des pieux : des mouvements pourront toujours être amenés à se produire en profondeur pendant un certain temps après la réalisation des pieux avant que des déplacements suffisants n'engendrent leur mise en butée. C'est seulement à compter de cette mise en butée du rideau de pieux qu'une possibilité de ralentissement voire, dans le meilleur des cas, d'arrêt, des mouvements mesurés par les inclinomètres pourra être entrevue.

D'autre part, cette solution de confortement présente quelques désavantages :

- Tout d'abord, il s'agit d'une solution de prime abord assez onéreuse.

  Pour que la solution soit rendue efficace, il est nécessaire de réaliser des pieux de gros diamètre, avec des cages d'armatures très résistantes au cisaillement ;

- Il s'agit d'une solution de confortement qui permettra d'obtenir un gain de sécurité pour différents cercles de rupture recoupant les pieux. **Il faut garder à l'esprit qu'il n'est cependant pas exclu que d'autres cercles de rupture faisant état de facteurs de sécurité qui ne soient pas satisfaisants apparaissent/se développent en amont des pieux ;**

- La mise en œuvre de pieux est une **technique intrusive pour les sols alors même que le risque de découverte d'engins pyrotechniques est latent** dans certaines zones de l'ouvrage en terre (cf. Figure 15). Si ce dernier n'est pas levé à l'issue d'investigations complémentaires ou ne peut-être mitigé, cela empêchera l'exécution de forages au droit ou à proximité du pied du talus aval.

10.3.2 MISE EN ŒUVRE D'UNE BUTEE DE PIED

Une deuxième solution de confortement a été étudiée. Elle consiste en la mise en œuvre d'une butée de pied en aval du remblai.

Cette technique consiste à ajouter un volume de matériau sur la partie aval de la masse du glissement, de manière à augmenter le poids stabilisateur, et ainsi accroître le facteur de sécurité des surfaces de glissement investiguées.

Le confortement proposé consiste à mettre en œuvre une butée de pied ayant une largeur de 21 mètres à sa base, et une hauteur d'environ 10 m. La configuration géométrique du confortement envisagé est représentée sur la figure suivante :

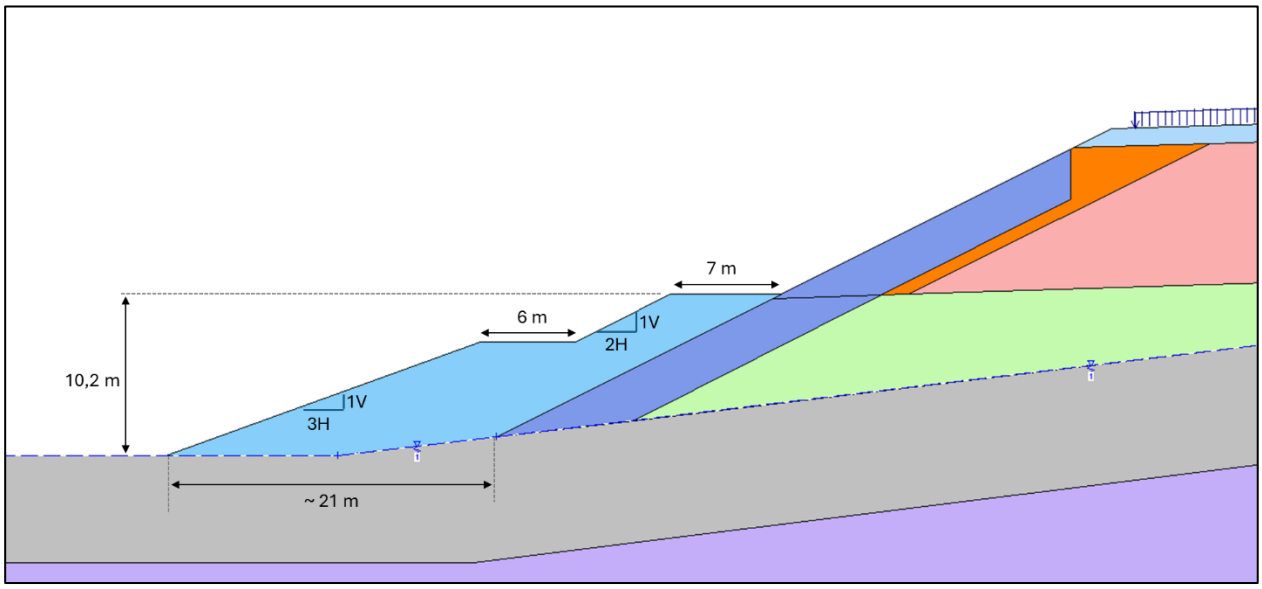


Figure 66. Dimensions de la butée de pied accolée au talus aval du remblai

De même pour ce calcul, nous présentons d'abord les résultats obtenus pour une surface de rupture plane approchant la forme de celle fixée lors du calage du modèle, afin de déterminer le gain de sécurité associé à la mise en place de la butée en pied.

Nous présentons ensuite le calcul montrant la surface de rupture la plus défavorable selon le cadre défini pour la génération des trames de glissement.

La surface de rupture définie lors du calage du modèle, et le facteur de sécurité associé, sont indiqués sur la figure suivante. Nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que la trame de rupture en question a été prolongée au niveau du pied de la butée de façon à émerger jusqu'à la surface. Ce n'est donc pas exactement la même surface de glissement qui a été considérée entre l'état initial et la configuration confortée.

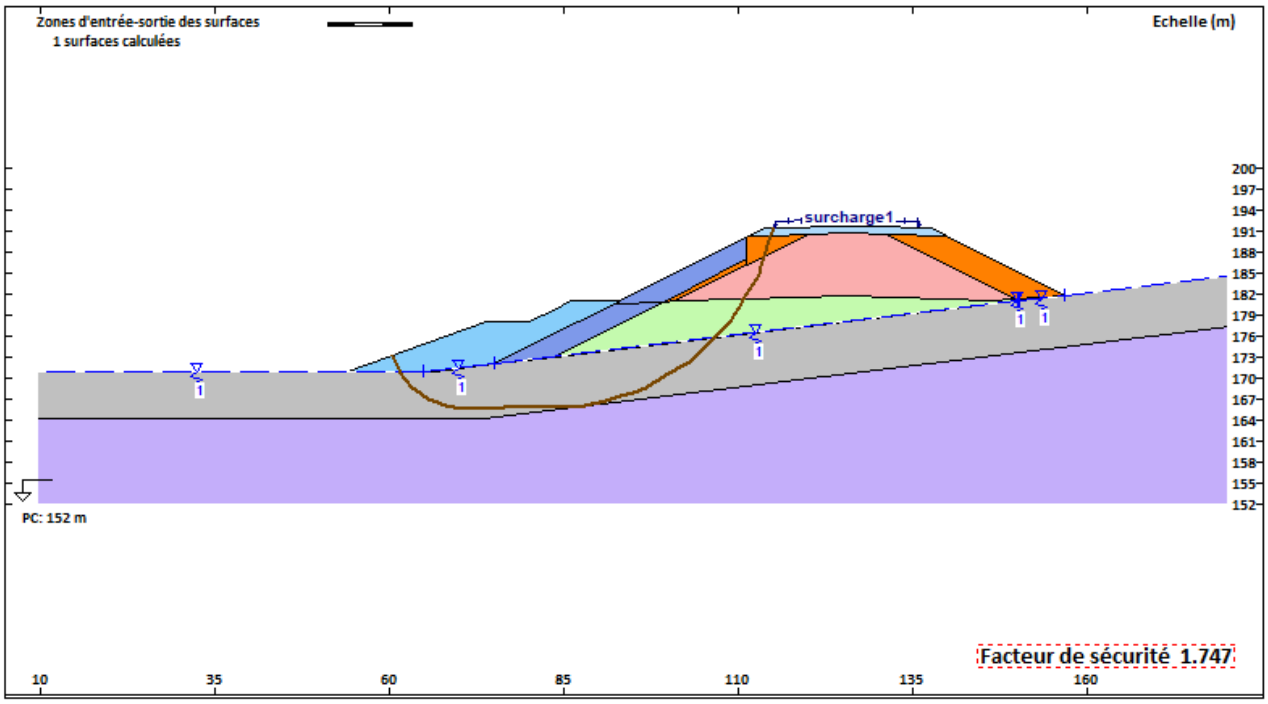


Figure 67. Surface de rupture, approchant la forme de celle obtenue lors du calage, avec modélisation de la butée en pied

Le facteur de sécurité obtenu après confortement est de près de 1,75. Le pourcentage d'amélioration du facteur de sécurité est donc de l'ordre de 75% vis-à-vis de la situation initiale en prenant en compte un tel dispositif de confortement.

La surface de rupture la plus défavorable, et le facteur de sécurité associé, sont représentés sur la figure suivante :

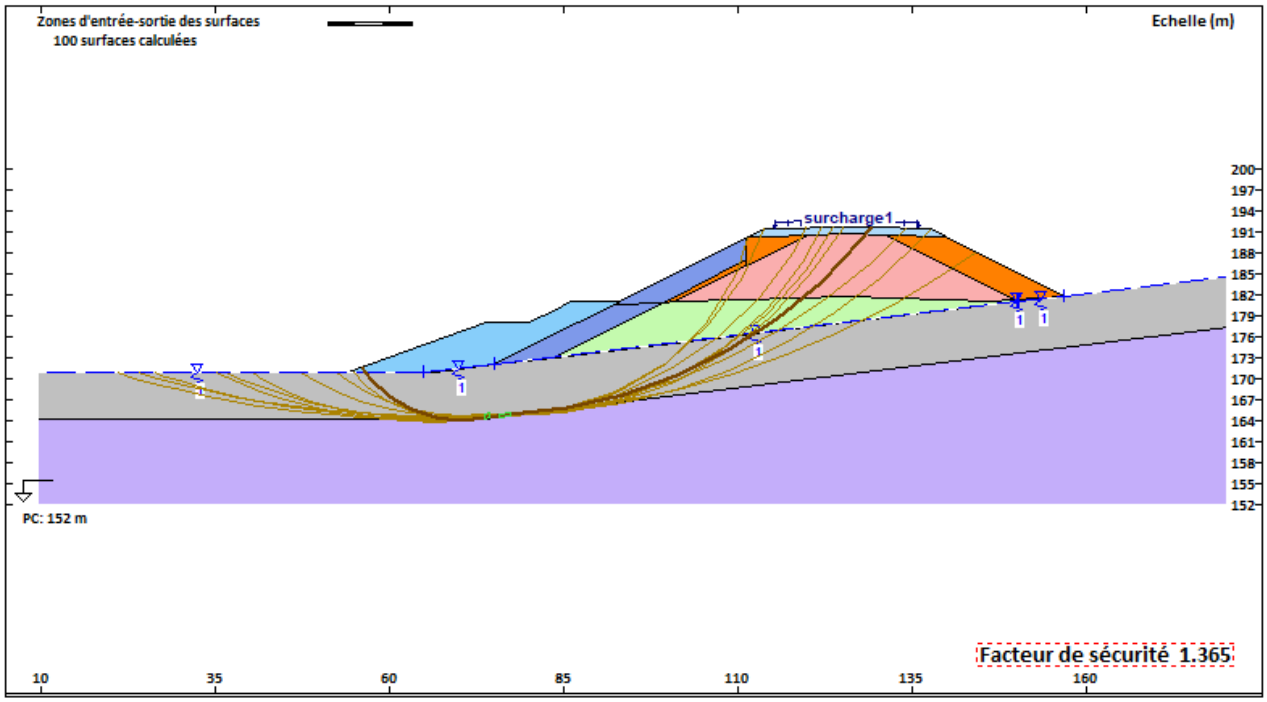


Figure 68. Surfaces de rupture obtenues pour le calcul avec modélisation de la butée en pied

Le facteur de sécurité obtenu après confortement est de 1,36 en considérant des surfaces de rupture passant, au niveau du pied du talus aval initial, c'est-à-dire avant apparition de la butée, dans des emprises de sols proches de celles traversées par les trames de glissement les plus critiques déterminées lors du calcul initial ne prenant pas en compte la présence de la butée.

Le pourcentage d'amélioration du facteur de sécurité est donc d'environ 35% vis-à-vis de la situation initiale en prenant en compte un tel dispositif de confortement.

Cette technique présente l'avantage d'être facile à mettre en œuvre. Suivant la quantité de matériaux à apporter pour constituer la butée, la mise en œuvre de cette dernière sera plus ou moins onéreuse.

En revanche, l'exécution de cette butée de pied sera largement conditionnée par les emprises disponibles à l'aval du pied de talus dans la mesure où cet ouvrage de confortement s'étendra bien au-delà de la base du remblai actuel, à une distance horizontale de 21 m de celui-ci selon la configuration présentée dans ce rapport et suivant laquelle la butée a été dimensionnée au présent stade, et pourrait ainsi empiéter sur des surfaces déjà occupées ou ne pouvant pas l'être.

Il se pose notamment la question de la gestion du confortement du remblai au droit d'un profil centré sur l'ouvrage hydraulique enjambant le ru du Margouzy. La butée de pied ne pourra être mise en œuvre que de part et d'autre de cet OH.

10.3.3 ETUDE DU CAS DE REMONTEE DE LA NAPPE DANS LE CORPS DU REMBLAI

Comme indiqué au §10.2.5, l'hypothèse liée à la modélisation du niveau d'eau a un impact sur le niveau de sécurité obtenu lors de l'analyse de la stabilité initiale du talus. La supposition d'une nappe remontant dans le corps du remblai fait diminuer le facteur de sécurité dans le modèle de calcul à paramètres de sol équivalents.

Dans ce paragraphe, on propose de reconduire l'analyse par rétro-calage de la stabilité initiale du talus étudié, en supposant une nappe remontant dans le corps du remblai. Ceci conduit à l'attribution de meilleures caractéristiques de cisaillement pour la couche altérée du substratum, impactée par le glissement de terrain.

Il est à noter que, en dépit de leur caractère drainant, les éléments du masque ont été associés à la nappe, pénétrant dans le corps du remblai et retrouvant la topographie du TN au niveau de la base du masque, dans les calculs présentés ci-dessous.

Le calcul de rétro-analyse effectué sur GeoStab indique qu'il faut retenir l'angle de frottement suivant pour la formation altérée pour parvenir à un facteur de sécurité proche de 1 :

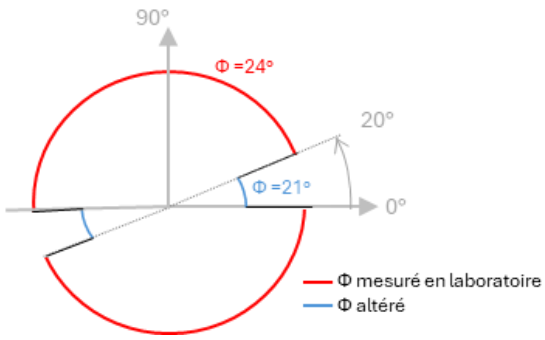


Figure 69. Principe de l'anisotropie concernant l'angle de frottement interne φ' prise en compte pour la modélisation de la frange altérée du Pliensbachien – Cas de nappe remontant dans le corps du remblai

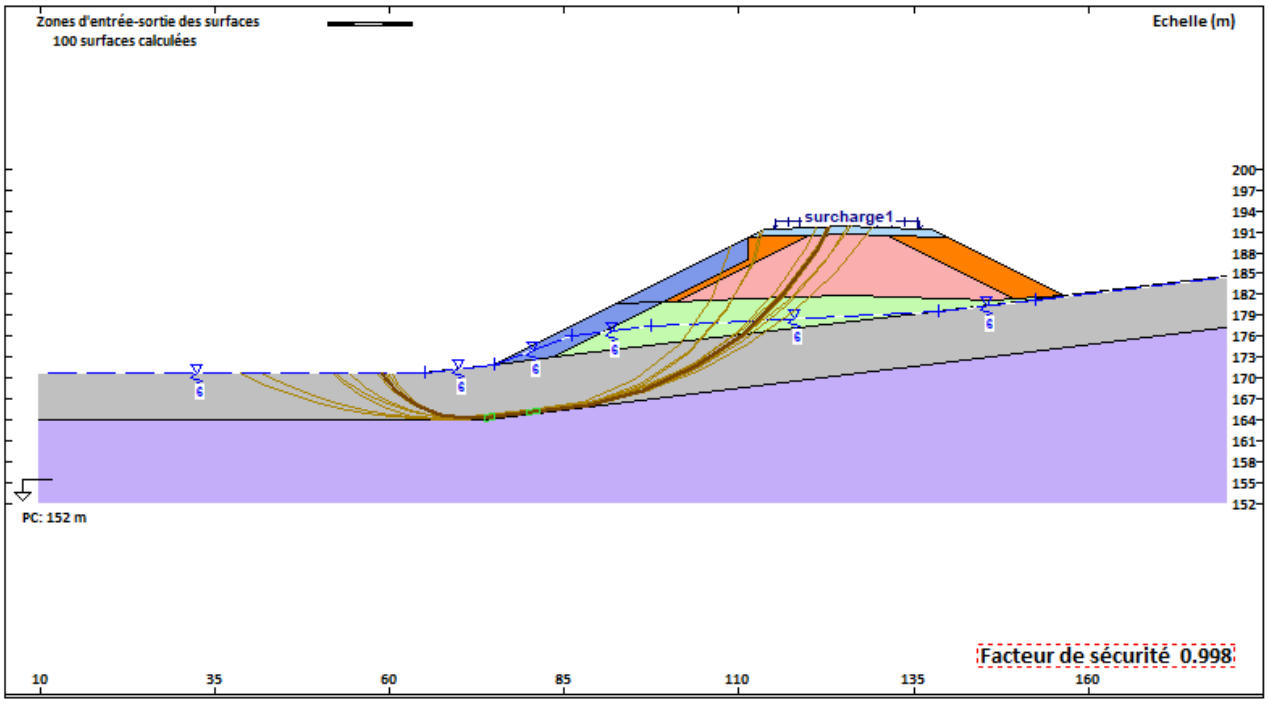


Figure 70. Trames de rupture les plus défavorables, obtenues pour la situation initiale, avec une génération de surfaces de rupture planes, en cas de remontée de la nappe

L'étude de la solution de confortement en cas de remontée de la nappe sera conduite exclusivement pour la solution de butée en pied, étant donné les inconvénients que présente la solution de file de pieux que nous avons exposés au §10.3.1.

La surface de rupture approchant la forme de celle définie lors du calage du modèle, et le facteur de sécurité associé, sont indiqués sur la figure suivante :

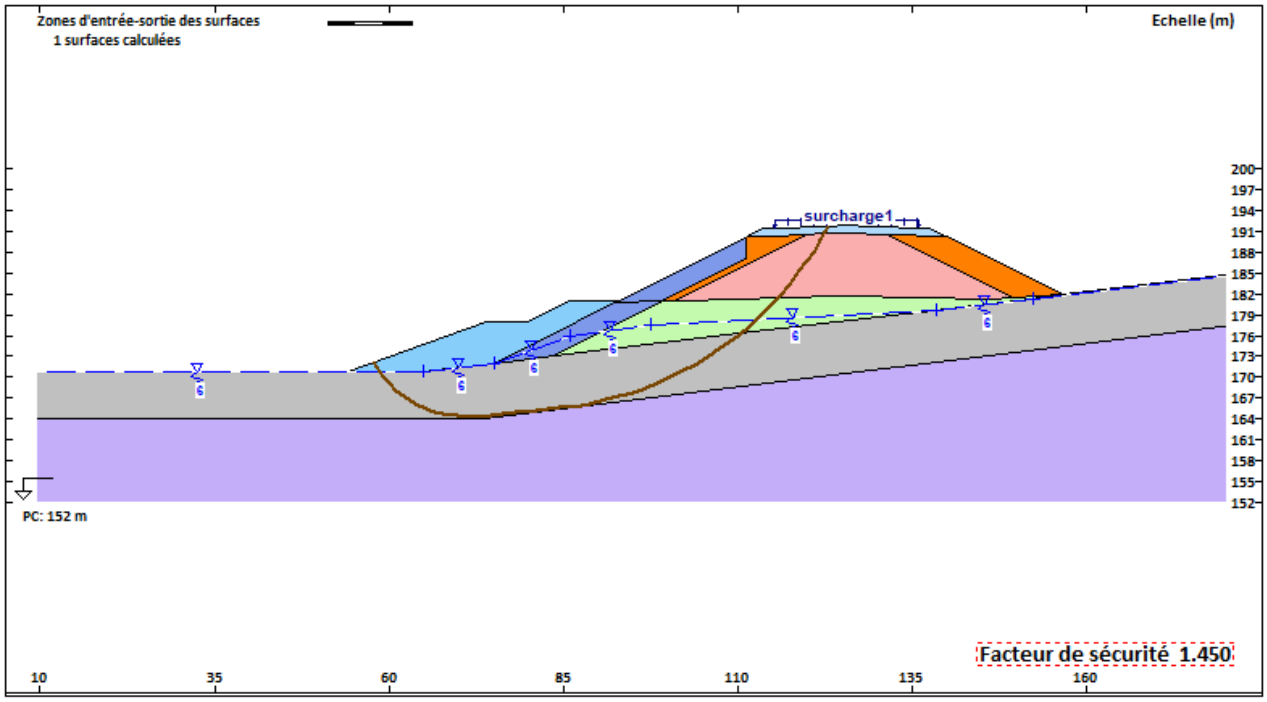


Figure 71. Surface de rupture, approchant la forme de celle obtenue lors du calage, avec modélisation de la butée en pied – Cas de remontée de nappe

Le facteur de sécurité obtenu après confortement est de 1,47. Le pourcentage d'amélioration du facteur de sécurité est donc supérieur à 40% vis-à-vis de la situation initiale en prenant en compte un tel dispositif de confortement.

La surface de rupture la plus défavorable, et le facteur de sécurité associé, sont représentés sur la figure suivante :

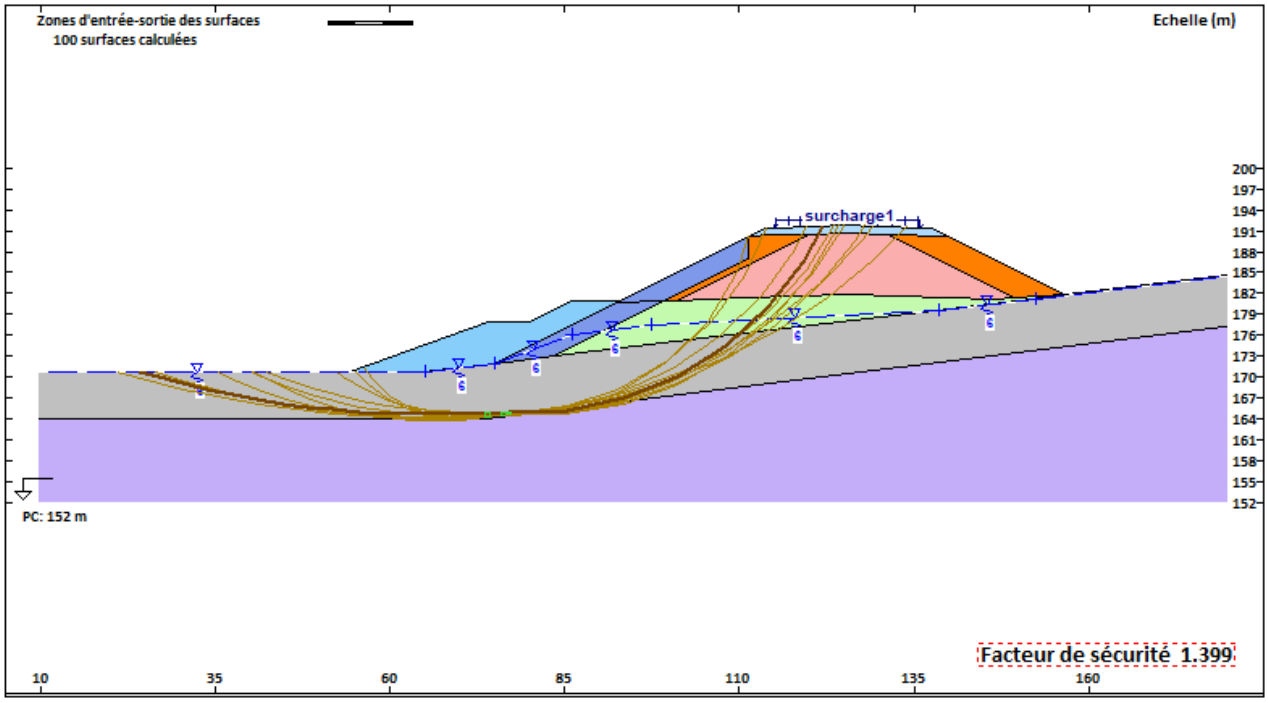


Figure 72. Surfaces de rupture obtenues pour le calcul avec modélisation de la butée en pied

Le facteur de sécurité obtenu après confortement est de l'ordre de 1,4 en considérant des surfaces de rupture passant, au niveau du pied du talus aval initial, c'est-à-dire avant apparition de la butée, dans des emprises de sols proches de celles traversées par les trames de glissement les plus critiques déterminées lors du calcul initial ne prenant pas en compte la présence de la butée.

Le pourcentage d'amélioration du facteur de sécurité est de l'ordre de 40% vis-à-vis de la situation initiale en prenant en compte un tel dispositif de confortement.

A noter que la reconduite de la rétro-analyse pour le cas de remontée de la nappe dans le corps du remblai, ce qui a conduit à une légère amélioration des caractéristiques de cisaillement pour présenter un cas de stabilité précaire (FS ≈ 1), permet d'obtenir une amélioration de l'état de stabilité (après mise en place de la butée en pied) proche de celle associée à la situation faisant état d'un niveau d'eau au TN <u>pour les surfaces de rupture les plus critiques</u>.

Si l'on avait voulu pallier d'autres éventualités au présent stade d'étude, il aurait pu être envisagé d'analyser une situation particulièrement défavorable pour le dimensionnement de la butée de pied. Cela aurait consisté en le calcul du gain de sécurité en considérant une nappe remontant dans la base du remblai après mise en œuvre de la butée de pied, en prenant toutefois en compte les caractéristiques de résistance au cisaillement issues du rétro-calage réalisé sur la base d'une nappe fixée au niveau du TN initial.

Nous nous sommes ici contentés d'étudier des situations semblables entre état initial et configuration projetée. D'une à l'autre, le profil de nappe retenu est identique.

En ce qui concerne la topographie de nappe remontant dans la base traitée ici prise en compte, celle-ci a été saisie forfaitairement. Il est difficile de fixer à ce stade l'altitude effectivement atteinte/avoisinée par la nappe. L'interprétation des mesures de niveaux d'eau au droit du piézomètre installé au niveau de la BAU

de l'A304 permettra de statuer sur ce sujet. Pour ce faire, il sera nécessaire de procéder régulièrement à des relevés piézométriques et ce sur l'ensemble des saisons de façon à couvrir l'ensemble des conditions météorologiques éprouvées par le site dans lequel est localisé l'ouvrage et constater les variations d'amplitudes des niveaux d'eau associés mesurés à l'aplomb du tube piézométrique.

10.4 COMMENTAIRES SUR L'APPROCHE MENEE

Il faut garder à l'esprit que les calculs présentés dans les paragraphes précédents ont été effectués sur la base d'un modèle présentant des écarts avec des données de terrain (cela concerne entre autres l'altimétrie du pied de remblai ou encore l'interprétation d'informations stratigraphiques). Les résultats affichés découlent de calculs effectués sur la base d'une coupe unique.

Le modèle établi demeure par ailleurs sujet aux incertitudes associées à la forme de la surface de rupture qui correspondrait à un glissement passant sous le pied du remblai et à partir de laquelle serait calibrée la solution de confortement. Comme indiqué par le CEREMA en conclusion de son avis portant sur la précédente version de ce rapport d'étude (cf. [25]), "*le phénomène profond concernant R9B est encore trop mal connu pour en associer le confortement*".

Compte tenu de cela, il n'est pas proposé d'aller plus loin à ce stade en testant par exemple l'influence de paramètres du modèle (altitude du pied du talus du sens 1, variations de l'épaisseur de la formation des marnes altérées, intervalles altimétriques de passage de la surface de rupture, etc.) sur la sensibilité des résultats dans la mesure où l'hypothèse associée à la géométrie de la surface est prépondérante pour le dimensionnement du dispositif de confortement. La démarche pourra être reprise une fois que les mouvements profonds auront pu être plus précisément caractérisés au moyen de l'interprétation de données issues d'un suivi inclinométrique renforcé (cf. §12.1).

Une nouvelle étude reprenant le pré-dimensionnement réalisé à ce stade pourra ainsi nous être confiée ultérieurement. Le cas échéant, la méthodologie fixée jusque-là sera de nouveau suivie. Les calculs s'appuieront sur des paramètres, tels que le niveau de la nappe au sein de l'assise ou même du corps du remblai, qui auront pu être ajustés ou consolidés d'ici là par l'intermédiaire de l'interprétation de données supplémentaires acquises par les dispositifs de suivi de l'ouvrage (relevés piézométriques et inclinométriques).

L'évaluation de la stabilité générale des talus sera réalisée au droit d'un à plusieurs profils issu(s) du dernier relevé topographique à avoir été réalisé pour les talus du remblai R9b et les emprises adjacentes.

Une telle étude devra être déclenchée en urgence dans le cas où une embellie des déplacements mesurés au droit des inclinomètres attestant effectivement de l'activité d'un glissement serait constatée. Les mesures piézométriques et inclinométriques qui auront pu être amassées jusqu'alors seront à prendre en compte.

11 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

11.1 REPRISES SUPERFICIELLES DES DESORDRES AFFECTANT LE TALUS AVAL

Les reprises localisées du remblai où sévissent des loupes de glissement consisteront en la mise en œuvre de masques drainants couvrant les emprises des décrochements observés sur site.

11.1.1 CARACTERISTIQUES MECANIQUES DES MATERIAUX DES MASQUES DRAINANTS

Les matériaux drainants qui seront utilisés pour réhabiliter les zones endommagées du remblai autoroutier devront faire état de caractéristiques de résistance au cisaillement suffisantes de manière à ce que la mise en œuvre des matériaux apportés ne dégradent pas voire améliorent la stabilité générale comme locale de l'ouvrage en terre (cf. chapitre 9).

Les matériaux drainants qui seront retenus devront de surcroît satisfaire les conditions énoncées dans les lignes ci-après qui constituent un cahier des charges pour le choix de ces éléments :

- Fuseau granulométrique des éléments : 0/300 ;
- Taux de fines inférieur à 1% ;
- Passant à 80 µm comprise entre 2 et 6% ;
- Passant à 50 mm compris entre 30 et 50% ;
- Valeur au bleu de méthylène : VBS > 0,1 ;
- Matériaux non gélifs et insensibles à l'eau ;
- Matériaux caractérisés par des valeurs des paramètres LA et MDE, déterminées lors d'essais en laboratoire, inférieures à 45.

Ces caractéristiques sont typiques de matériaux qualifiés d'autoplaçants. Leur emploi permettra ainsi d'éviter le recours à des matériaux dont la mise en œuvre nécessiterait obligatoirement un compactage. Par ce choix, on s'affranchit également de l'apport d'un surcroît de matériaux qui serait requis afin de constituer la surlargeur permettant un compactage en bonne et due forme des couches de matériaux successivement montées les unes sur les autres.

Les masques drainants seront descendus jusqu'en pied du talus, où ils rejoindront un fossé, existant ou à créer, de collecte des eaux de ruissellement afin de permettre le rejet de ces dernières dans le Margouzy. Ceci permettra d'éviter une ré-infiltration de l'eau dans les parties, sous-jacentes aux masques, du remblai qui seraient dépourvues d'éléments drainants si les masques venaient à être arrêtés à des niveaux intermédiaires. La topographie du/des fossé(s) existant(s) en pied du talus pourra faire l'objet d'un remodelage en cas de détection de pertes de continuité des écoulements.

11.1.2 TERRASSEMENT PAR PLOTS DE LINEAIRE REDUIT

Il conviendra d'enchaîner les différentes opérations de réparation détaillées dans les paragraphes suivants sur des plots de linéaire réduit. Ce dernier n'excédera pas 8 ml.

Le terrassement par plots distincts a pour but de ne pas déstabiliser les talus sur une longueur trop importante lors des terrassements.

Une planche d'essai à réaliser au préalable permettra de déterminer le linéaire permettant en pratique de garantir des conditions de stabilité satisfaisantes pour le tronçon de talus terrassé. Le linéaire de chaque plot

pourra également être adapté à l'avancement du chantier, en fonction des conditions de stabilité effectivement observées lors des travaux opérés sur les plots initiaux.

Plusieurs plots de travail pourront être ouverts en même temps à condition que ceux-ci ne soient pas successifs. Un "pianotage" de l'ouverture des plots pourra ainsi être observé. L'ouverture concomitante de plusieurs plots permettra de compenser une faible cadence d'exécution des travaux due au faible linéaire le long duquel le terrassement simultané des talus sera autorisé.

11.1.3 MISE EN ŒUVRE DES REDANS D'ACCROCHAGE

Afin de mettre en œuvre les matériaux qui viendront combler les zones érodées, des redans d'accrochage en forme de marches d'escalier devront être localement profilés au sein du corps de talus.

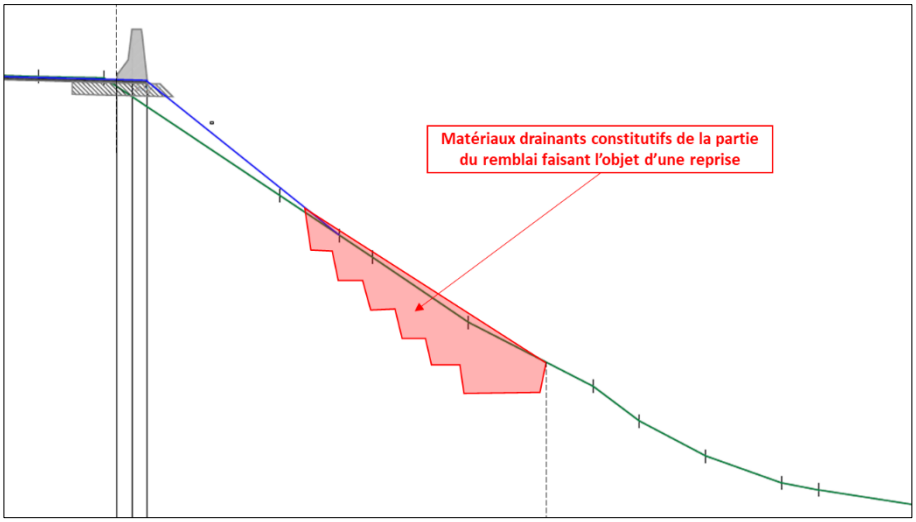


Figure 73. Schéma de principe illustrant l'emprise des matériaux drainants à mettre en œuvre via la réalisation préalable de redans

Les redans seront façonnés au fur et à mesure après une purge préalable des matériaux glissés, du bas vers le haut de la zone faisant l'objet d'une reprise. Le pied de celle-ci pourra être rendu accessible via l'aménagement d'une rampe pour les engins de chantier tels qu'une pelle mécanique.

Un nouveau redan sera excavé une fois que les matériaux constitutifs du remblai d'accrochage auront été convenablement mis en œuvre par couches successives jusqu'au haut du dernier redan à avoir été profilé.

La purge préalable doit uniquement concerner les matériaux glissés. Elle ne doit pas, dans la mesure du possible, recouper de manière trop conséquente les matériaux situés au-delà/à l'arrière des zones affectées par des loupes de glissement. Au moment des travaux, la distinction entre matériaux glissés et ceux demeurant en place devra être faite sur la base des observations effectuées sur site par un géotechnicien(ne) mandaté(e) spécialement par l'Entreprise et des interprétations en découlant.

Le phasage des travaux d'excavation des redans et de mise en place de matériaux est explicité ci-dessous. Il est illustré sur la Figure 74.

1) Excavation du redan d'accrochage N ;
2) Déploiement de la géomembrane appliquée sur les différentes faces du redan excavé.

   Ancrage de la géomembrane aux faces de ce redan ;
3) Mise en place d'une couche de matériaux jusqu'au sommet du dernier redan (N) à avoir été terrassé.

Cette série d'opérations est réitérée jusqu'à ce que les matériaux soient convenablement mis en place jusqu'au niveau de transition entre le masque drainant et les marnes du remblai.

On veillera à ce que les terrassements pour la réalisation des redans soient réalisés de façon à ce qu'une épaisseur minimale entre la limite interne du parement (interface parement/noyau) et la ligne des redans soit conservée. Cette mesure a vocation à limiter le risque d'hydratation des matériaux du noyau par des arrivées d'eau qui traverseraient l'épaisseur des marnes traitées entamée au cours des travaux.

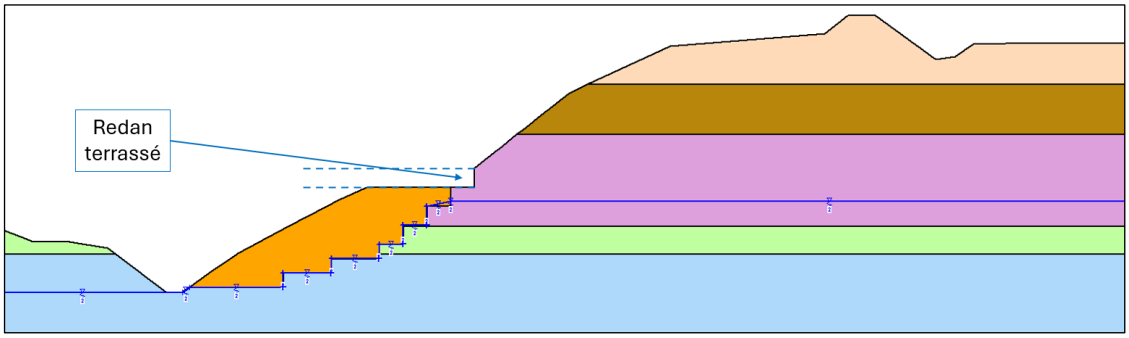
Le diagnostic réalisé par le CEREMA met en évidence un glissement plus profond au niveau du parement du profil P413 par rapport à celui du profil P415. La représentation de la partie du parement concernée par ce glissement sur le logiciel de calcul GEOSTAB (cf. Figure 44) sert de référence pour la définition des volumes de terres à substituer par un masque drainant. On estime ainsi que la distance entre la limite interne du parement et la ligne brisée des redans est de 0,5 m (cf. Figure 76).

Afin de présenter des quantités de substitution pour le remblai étudié, on appliquera cette distance à toutes les zones concernées par la réalisation de masques, même si la dégradation constatée lors des terrassements n'affecte pas des épaisseurs aussi importantes au niveau de tous les profils. Si toutefois les terrains apparaissent localement (ou même plus globalement) dégradés au sein de cette épaisseur devant séparer les redans du noyau, il conviendra en pratique de purger de tels matériaux et ainsi franchir la limite fixée.

L'application d'une distance de 0,5 m devra également être respectée entre la ligne brisée des redans taillés au sein de la base et une droite fictive qui correspondrait au prolongement du parement dans la partie basse du remblai. De même qu'au niveau du parement, si les matériaux constituant la base apparaissent localement (ou même plus globalement) dégradés dans cette épaisseur fictive, ces derniers seront à purger au sein voire au-delà de cette dernière.

Pour rappel, la largeur du parement du remblai est de 8 m d'après le carnet des coupes transversales du remblai (Figure 11).

Les redans ne devront pas rester pas à nu trop longtemps. Le terrassement de chaque redan devra obligatoirement être suivi de la mise en œuvre des matériaux drainants jusqu'au sommet du redan venant d'être excavé. Aucun redan ne pourra être "laissé nu" en fin de poste. Une géomembrane qui soit à la fois filtrante et étanche devra être déployée sur la surface de chaque redan mis à nu avant mise en place des éléments drainants. Les couches successives de matériaux devront être rapidement mises en place jusqu'au haut du dernier redan à avoir été profilé à la pelle mécanique.



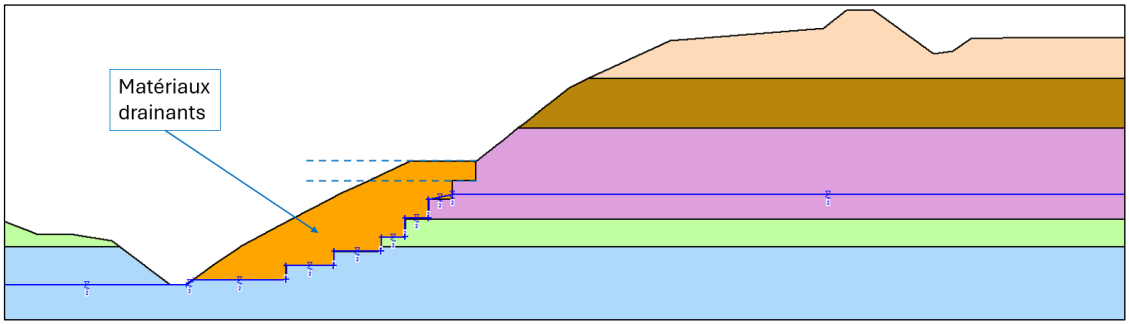


Figure 74. Coupes de principe de la mise en œuvre phasée d'un remblai au moyen de redans d'accrochage – Schéma du haut : redan mis à nu
Schéma du bas : montage des couches successives de matériaux du remblai jusqu'au sommet du redan terrassé.

La géométrie des redans d'ancrage doit suivre l'inclinaison du talus du remblai, à savoir 2(H)/1(V) (soit près de 27°) sur la majeure partie de la hauteur du masque. Le long de cette dernière, les redans doivent être réalisés avec une géométrie de banquettes faisant état d'une largeur de 2 m et d'une profondeur/hauteur de 1 m, comme cela apparaît sur la figure affichée ci-après :

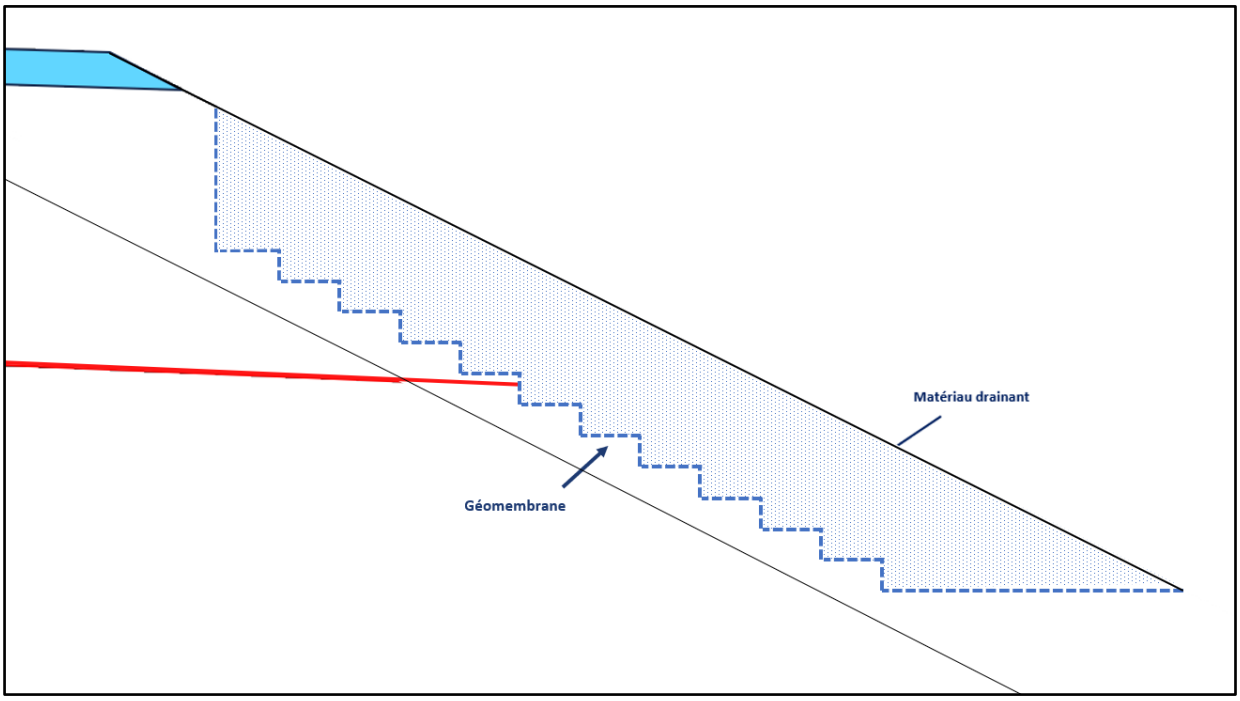


Figure 75. Schéma de principe illustrant la géométrie des redans d'ancrage pour la substitution du remblai

Si l'on se réfère à cette figure, il restera à terrasser une hauteur relativement importante de parement une fois les redans, faisant individuellement état de 2 m de largeur et d'1 m de hauteur, achevés. Cette hauteur ne pourra raisonnablement pas être excavée de façon verticale en raison d'une tenue précaire des terrains à prévoir dans ces conditions et à l'impossibilité de mettre en œuvre convenablement les matériaux drainants dans une telle situation.

C'est pourquoi les dimensions des redans doivent ainsi être adaptées de manière à ce que ces derniers "rattrapent" la pente du talus/"émergent" à la surface au niveau du talus. Pour ce faire, il convient de procéder à une diminution de la largeur de ces banquettes une fois franchie une certaine hauteur. Ce "raidissement" des redans est appréciable sur la figure ci-dessous. Concrètement, les dimensions des redans sont à ajuster à partir d'un point correspondant à la projection, sur la ligne d'interface entre les matériaux du parement

terrassé et du masque, du point de la surface du masque dont la hauteur correspond aux trois quarts de la hauteur du remblai (cf. Figure 76). Les redans créés au-delà de ce point de l'interface entre le parement et la masque seront façonnés de manière à présenter une largeur de 1 m et une hauteur de 1 m.

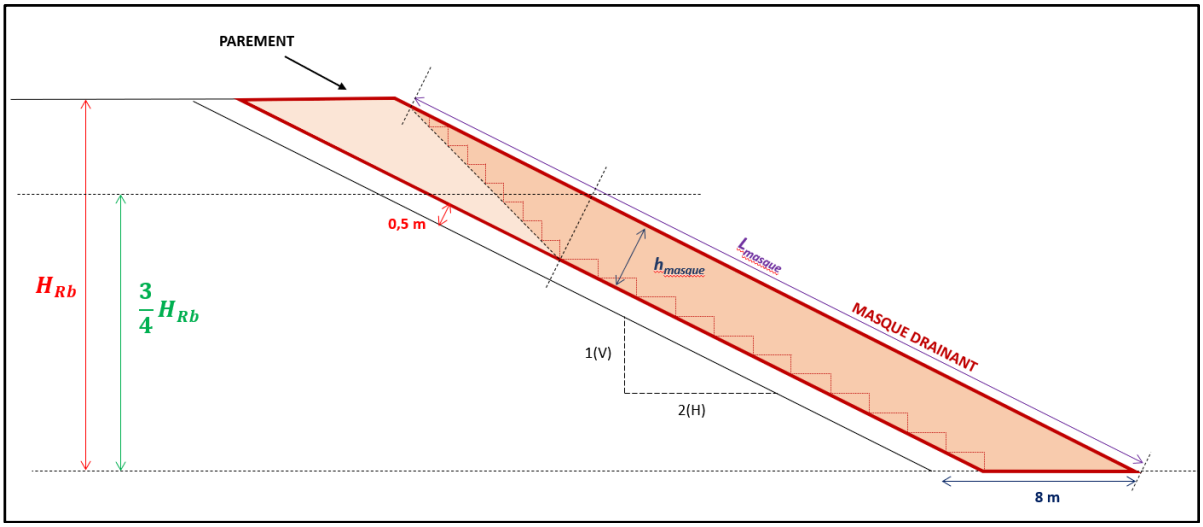


Figure 76. Adaptation de la géométrie des redans sur la hauteur du masque

11.1.4 DISPOSITIONS ASSOCIEES A LA MISE EN PLACE DE LA GEOMEMBRANE

La géomembrane mise en place à l'interface entre les matériaux constitutifs du parement et du masque assurera les fonctions suivantes :

- Filtration des matériaux / Empêcher la "contamination" des matériaux drainants par les éléments fins du parement qui, par transport, pourraient venir se loger dans les interstices du masque ;
- Préserver les marnes traitées du parement du contact avec les eaux circulant dans le masque drainant. La géomembrane à retenir devra être imperméable.

Il conviendra de prévoir des dispositifs d'ancrage définitifs de façon à accrocher la géomembrane aux redans excavés. Ces ancrages seront à disposer à la fois sur les parties plane et horizontale de chaque redan.

Les caractéristiques techniques de la géomembrane doivent satisfaire a minima :

- Une densité de 0,94 g/cm^3 ;
- Une épaisseur minimale de 1 mm ;
- Une résistance au poinçonnement supérieure à 290 N
- Une limite élastique supérieure à 15 MPa
- Une limite de rupture supérieure à 27 MPa
- Une perméabilité inférieure à 10^{-6} m^3/m^2/jr (par mètre carré de géomembrane et par jour)

11.1.5 CONDITIONS METEOROLOGIQUES DE MISE EN ŒUVRE

Comme pour l'ensemble des opérations de réparation du remblai, les terrassements devront préférentiellement avoir lieu lors d'une période favorable en termes de conditions météorologiques. Ces travaux devraient notamment être effectués durant une période pour laquelle la fréquence des épisodes pluvieux dans la région est relativement faible. En effet, ces évènements impactent négativement le déroulement de ce type de chantier. La tenue des talus provisoires, obtenus après purge des matériaux glissés et reprofilage du terrain naturel, puis la stabilité des redans terrassés au sein de ces talus reprofilés pourraient notamment être dégradées lors de conditions défavorables. Cela est d'autant plus vrai pour les sols sensibles à l'eau, dont les caractéristiques de cisaillement chutent (ou du moins diminuent) une fois les matériaux imbibés ce qui peut fortement détériorer l'état de stabilité de talus recoupant de telles formations.

11.1.6 GESTION DES EAUX DE RUISSELLEMENT

Les redans devront être taillés de manière à ce que le haut de chaque marche (replat) présente une très légère pente facilitant le ruissellement des eaux pendant et après les travaux jusqu'en pied de talus. Le haut de chaque redan devra être incliné vers l'extérieur du talus. Nous préconisons d'adopter une pente de 2 à 4%.

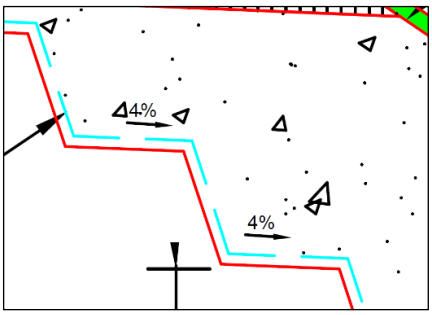


Figure 77. Coupe type de redans dont la partie subhorizontale présente une pente de 4%

Cette disposition constructive permettra l'évacuation des eaux pouvant stagner sur le haut de chaque redan et ainsi éviter des infiltrations dans le corps du talus. Les eaux seront collectées et évacuées par un fossé aménagé ou existant en pied du remblai.

Une fois le terrassement d'un redan au sein du parement achevé, ce dernier devra être recouvert par la géomembrane imperméable le plus rapidement possible afin de prémunir au mieux les marnes traitées d'une exposition à des eaux météoriques. Cela permettra au passage d'éviter que se creusent des chemins d'écoulement préférentiel d'eaux, d'origine météorique et se déversant en amont de l'emprise des terrassements, au sein des terrains excavés créant ainsi des ravines.

11.1.7 CONTROLES A PREVOIR

La géométrie de chaque redan mis à nu devra faire l'objet d'un relevé topographique qui devra être effectué par un géomètre. Ces relevés pourront constituer des points critiques à observer pour tracer l'exécution en bonne et due forme du remblai de reprise. Ces derniers devront être levés par l'acteur en charge de la mission G3 de suivi du chantier.

11.2 MISE EN PLACE D'UN/DE FOSSE(S) EN AMONT DU REMBLAI

Afin d'éviter l'accumulation d'eau en pied du talus amont du remblai et ainsi empêcher leur infiltration dans le corps du talus, il est nécessaire d'intercepter et de capter les venues d'eau issues d'une source erratique débouchant en veines multiples sur le versant sur lequel est assis le remblai.

Pour ce faire, il est prévu le creusement d'un fossé localisé en amont du pied du talus amont du remblai R9-B. Le fossé devra être suffisamment éloigné du pied du talus amont et recouper l'ensemble des veines d'eau.

Un fossé secondaire, "parallèle" au fossé principal sera aménagé directement en pied du talus amont qui en est actuellement démuni au Nord de l'OH.

Les eaux récupérées seront redirigées puis rejetées dans le ru du Margouzy.

Afin d'éviter un colmatage progressif des fossés sous l'action d'un transport de particules issues du versant ou encore de l'érosion des parois de ces ouvrages de canalisation des eaux, un lit granulaire constitué d'éléments grossiers devra être mis en place au niveau du fond de ces derniers. Aucun géosynthétique, qu'il s'agisse d'un géotextile ou d'une géomembrane, ne sera appliqué sur les parois, ni même en fond, de ces fossés dans la mesure où de tel dispositif pourrait faire obstacle aux écoulements des eaux provenant de l'amont.

Un schéma de principe permettant d'apprécier l'emprise prévisionnelle au niveau de laquelle le fossé reculé par rapport au pied de talus pourrait être déployé est affiché ci-après :

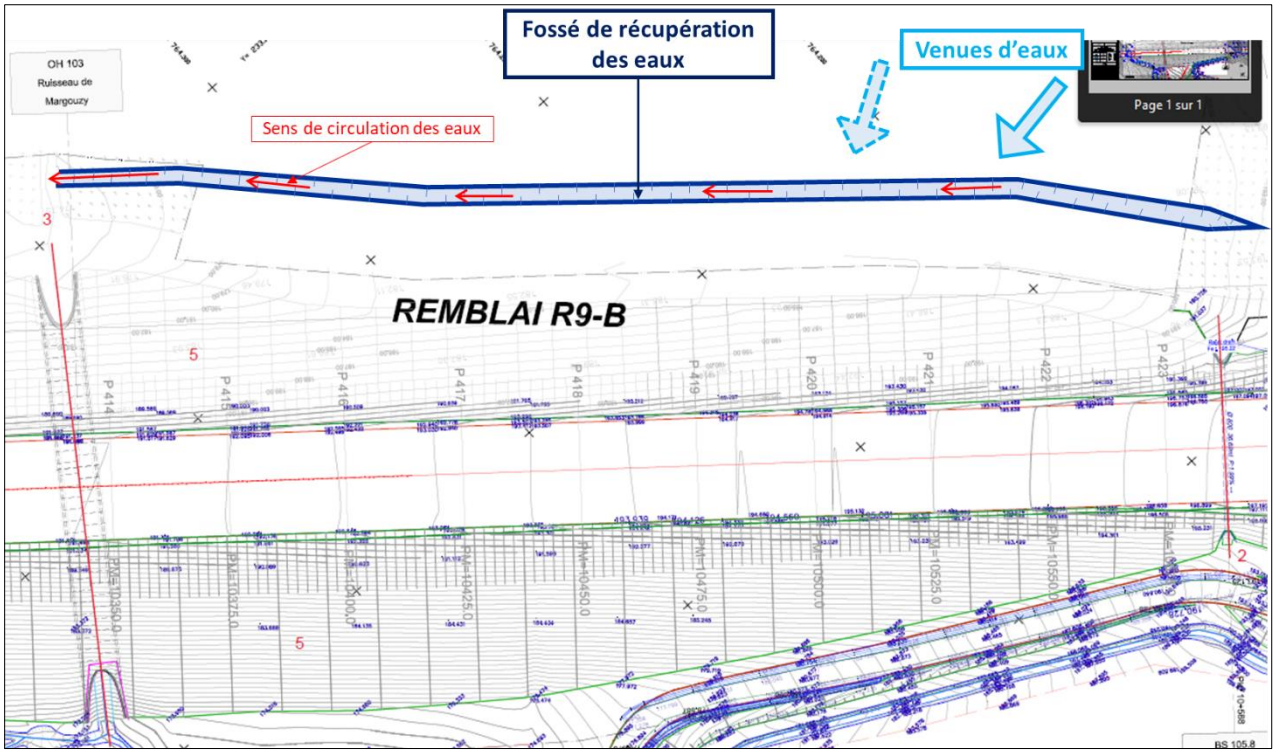


Figure 78. Vue en plan illustrant le principe de fossé drainant à mettre en place au-delà du pied du talus amont

12 SURVEILLANCE DE L'OUVRAGE EN TERRE

12.1 SUIVI INCLINOMETRIQUE

Les relevés inclinométriques devront être perpétués afin notamment de pouvoir suivre l'évolution des déplacements profonds se produisant au niveau des surfaces de rupture potentiellement identifiées.

Compte tenu des incertitudes en termes d'évolution des mouvements profonds et des enjeux associés, il conviendrait de renforcer le suivi. Cela consisterait en :

→ La **planification d'un suivi régulier**. La fréquence ou du nombre de mesures pourra être augmenté(e) si le besoin s'en fait sentir.

Jusqu'à maintenant, les relevés inclinométriques ont été effectués à une fréquence très variable. Il conviendrait ainsi d'assurer un suivi plus régulier caractérisé par une période constante d'acquisition des données. La fréquence à laquelle seront faites les mesures pourra être temporairement adaptée (c'est-à-dire accrue) dans les cas où une recrudescence des déplacements mesurés serait observée.

Des relevés devraient notamment être programmés lors des saisons/périodes caractérisées par des précipitations importantes. En première approche, nous suggérons d'exécuter **a minima trois mesures par an** au droit de chaque inclinomètre, à répartir sur les trois saisons associées aux conditions climatiques les plus défavorables pour la stabilité de l'ouvrage en terre, à savoir l'Automne, l'Hiver et le Printemps.

Les mesures seront effectuées au droit de l'ensemble des tubes inclinométriques implantés au niveau ou aux alentours du remblai R9-B, qu'ils soient localisés à l'aval ou à l'amont de ce dernier.

→ L'**implantation d'un à deux nouveaux tube inclinométrique** au sein du corps du remblai de manière à identifier et suivre les éventuels mouvements de déformation interne affectant l'ouvrage en terre.

Afin d'assurer un ancrage adéquat pour le(s) tube(s) inclinométrique(s), ce(s) dernier(s) devra/devront être descendu(s) à une profondeur suffisante. Pour ce faire, il conviendrait de le(s) sceller au-delà des franges sujettes à des mouvements. De ce fait, il(s) devra/devront recouper la cote à laquelle la présence d'une surface de rupture est suspectée (~ +165,5 m NGF) sur la base des relevés réalisés au droit de I5.2 et I5.4. Par conséquent, le(s) nouvel/nouveaux inclinomètre(s) permettra/permettront également de suivre les déplacements affectant les sols sous-jacents à la base du remblai.

Comme suggéré par le CEREMA dans son rapport de suivi inclinométrique effectué lors de l'année 2022 (cf. [17]), un nouvel inclinomètre devrait être positionné en priorité en lieu et place du I5.5 qui a été retrouvé cisaillé. Ce dernier présentait une hauteur de 37 m et était ainsi descendu jusqu'à +154,3 m NGF (tête à +191,3 m NGF).

De façon à évaluer l'envergure de la surface de glissement, il faudrait par ailleurs installer un second inclinomètre, qui soit symétrique à celui venant remplacer I5.5 par rapport à l'axe du remblai, en crête du talus du sens 2.

Si la mise en œuvre d'un confortement profond venait à être conditionnée par l'évolution de l'activité d'un glissement profond et n'était pas d'emblée réalisée lors de l'exécution des travaux de réfection globale du remblai, alors des mesures adaptatives devront être engagées si une recrudescence des déplacements mesurés en profondeur était décelée au cours de prochains relevés. Le protocole ci-après devrait ainsi être déclenché :

- L'**intensification des relevés** inclinométriques (augmentation de la fréquence des mesures) ;

- Dans le cas où le suivi inclinométrique intensifié ne montrerait pas d'accalmie au bout de plusieurs mesures, il faudra, suivant la fréquence à laquelle sont effectués les relevés :

  - Si la *cinétique d'évolution des mouvements est lente et l'activité d'un glissement en profondeur persiste voire empire (des déplacements continuent à être enregistrés)* → déclencher les travaux de mise en œuvre de confortement profond proposé sur la base **des études exposées au paragraphe 10 ;**

  - Si la *cinétique d'évolution des mouvements se révèle être rapide* (interprétée sur la base de relevés inclinométriques fréquents (scénario le plus pessimiste)) :

    → Mettre en place des **mesures de restrictions de circulation/de contournement du remblai R9-B** ;

    → **Déployer en urgence des dispositifs de confortement** permettant de **sécuriser l'ouvrage provisoirement vis-à-vis d'un glissement profond** ;

    → Procéder à la mise en œuvre des ouvrages de confortement profond dont un pré-dimensionnement a été étudié au paragraphe 10.

Il est à noter que **la mise en œuvre d'un dispositif de confortement permettant de stabiliser l'ouvrage vis-à-vis de mouvements en profondeur ne permettra pas de s'affranchir d'un suivi inclinométrique a posteriori**. L'auscultation devra être perpétuée même une fois de tels ouvrages de confortement achevés. Ce suivi est d'autant plus nécessaire qu'il doit permettre de constater l'effet de la réalisation du confortement envisagé sur l'activité d'une surface de glissement sévissant en profondeur.

Dans le cas où un rideau de pieux serait mis en œuvre à proximité du pied du talus aval, il faut garder en tête le fait que les premiers relevés ne sont pas susceptibles de montrer une amélioration vis-à-vis de l'activité d'un glissement profond dans la mesure où il est nécessaire que les inclusions mises en œuvre soient assujettis à des taux de déplacements suffisants pour être mises en butée et ainsi convoquer la résistance au cisaillement qui permettra d'endiguer à long terme les mouvements profonds se produisant sous la base du remblai. Cela justifie la pérennisation de relevés périodiques des mesures inclinométriques.

12.2 SUIVI PIEZOMETRIQUE

Afin de pouvoir statuer sur le fait que les matériaux du remblai et notamment ceux du noyau encagé sont "contaminés" ou non par une montée du niveau de nappe au sein du corps de l'ouvrage, qui serait en partie induite par un défaut de base drainante, un suivi piézométrique régulier est à mettre en œuvre.

Un suivi des niveaux d'eau peut dès à présent être entamé au droit du piézomètre mis en place par GINGER au droit de la BAU, du côté du talus aval.

12.3 SUIVI DES FISSUROMETRES ET DES CIBLES OPTIQUES DE L'OH 103

De même que le suivi inclinométrique, le relevé des fissuromètres et des cibles optiques disposées sur les éléments en béton de l'OH 103 traversant le remblai de part en part devra être perpétué et ce en respectant une périodicité d'au plus un an entre deux campagnes de mesures.

12.4 INSPECTION VISUELLE

L'inspection visuelle des talus de l'ouvrage en terre ainsi que des arcs/voussoirs de l'OH 103 est à réitérer au moins une fois par an.

Une attention particulière est à porter au talus amont. Si des désordres superficiels, similaires à ceux identifiés jusqu'à présent sur le talus aval, venaient à apparaître, alors ces défauts devraient à leur tour être repris selon le même principe que celui décrit au paragraphe 8.1.1.

14 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Le présent rapport consiste en une mise à jour du rapport d'étude de conception (mission G2-PRO). Cette révision tient compte des observations du CEREMA émises sur la note G2-PRO (cf. [25]). Elle intègre une étude du dimensionnement de deux dispositifs de confortement du remblai vis-à-vis de surfaces de glissement profondes passant sous la base de l'ouvrage en terre. Elles consistent en la réalisation d'une file de pieux et d'une butée de pied.

Les travaux proposés à ce stade prendront tout d'abord la forme d'opérations de reprises des désordres (purges des terrains abîmés et substitution par des matériaux granulaires : réalisation de masques drainants) identifiés à la surface des talus lors de la dernière visite de l'ouvrage en terre qui a eu lieu au mois de février 2024. Cette dernière a permis de localiser les défauts superficiels et de déterminer le secteur devant faire l'objet d'une réfection des pentes : il s'agit de la surface du talus 1 couvrant une zone comprenant l'OH 103 de franchissement du ruisseau du Margouzy, couvrant un linéaire d'environ 140 ml localisé entre le PM = 10280 (entre les profils en travers P410 et P411) et le PM = 10420 (entre le P416 et le P417).

Des préconisations géométriques pour le dimensionnement d'un masque drainant dans le but de réfectionner superficiellement l'ouvrage ont par ailleurs été proposées (cf. §11.1). Un chiffrage de certain(e)s postes/opérations qui seront incontournables lors des travaux a en outre été réalisé (cf. §13.2).

Afin de récupérer les eaux provenant de la partie du versant située en amont du remblai et ainsi empêcher la stagnation et l'infiltration de ces dernières dans les terrains et le corps du remblai, un à deux fossés parallèle(s) sera/seront aménagé(s) au-delà du pied du talus amont de l'ouvrage en terre (cf. §11.2).

L'hypothèse d'un glissement profond ne peut être écartée du fait des résultats des derniers relevés inclinométriques montrant que des déplacements continuent à être mesurés. Dans un premier temps, il conviendra de perpétuer le suivi inclinométrique de manière à surveiller l'activité des déformations se produisant à quelques/plusieurs mètres sous la base du remblai. Nous suggérons par ailleurs de renforcer la surveillance des inclinomètres selon la série de mesures détaillées dans le paragraphe 12.1 (planification d'un suivi régulier, augmentation de la fréquence des mesures, implantation d'un voire deux nouveaux inclinomètres, protocole à suivre en cas de recrudescence des mouvements mesurés sur un intervalle de temps raccourci).

En fonction de l'évolution de l'activité du glissement profond, la réalisation effective d'un confortement lourd pourrait être engagée, sur la base de ce qui a été étudié jusque-là dans la section §10, en cas d'embellie des déplacements mesurés au droit des inclinomètres localisés en pied du talus aval. Les travaux associés, déclenchés en urgence sur décision conjointe de la MOA, de son AMO (CEREMA) ainsi que de la MOE, consisteront le cas échéant en la mise en œuvre d'une butée de pied. Cela nécessitera toutefois de réaliser préalablement à l'exécution de nouveaux calculs de dimensionnement selon la méthodologie suivie pour l'ébauche de conception de la butée de pied en considérant les données du suivi de l'ouvrage qui auront pu être acquises jusque-là.

En outre, le suivi des fissuromètres positionnés au niveau de l'OH103 devra être poursuivi, de même que les inspections visuelles au cours desquelles les désordres identifiés lors de la précédente visite du site devront faire l'objet d'une attention particulière. Un relevé des niveaux d'eau au droit des tubes piézométriques mis en place au niveau de l'emprise du remblai R9-B devra par ailleurs être réalisé.

15 RECOMMANDATIONS QUANT A L'EXPLOITATION DU RAPPORT GEOS

1. Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite à la suite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager GEOS.
2. Des modifications dans l'implantation, la conception ou l'importance des constructions ainsi que dans les hypothèses prises en compte peuvent conduire à des remises en cause des prescriptions. Une nouvelle mission devra alors être confiée à GEOS afin de réadapter ces conclusions ou de valider par écrit le nouveau projet.
3. Compte tenu de la spécificité géotechnique des travaux proposés, nous recommandons au maitre d'ouvrage et au maitre d'œuvre d'associés GEOS à l'équipe d'ingénierie pour la conception et le suivi des travaux.
4. Nous rappelons qu'il est de la responsabilité du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire (maître d'œuvre) de faire appliquer l'enchaînement des missions géotechniques dans le cadre de l'étude, de la conception et de l'exécution des travaux en référence à la norme NFP 94-500 de novembre 2013 :
   - Mission G2 phase AVP
   - Mission G2 phase PROJET
   - Mission G2 phases DCE/ACT
   - Mission G3 : études d'exécution à la charge du constructeur
   - Mission G4 : supervision géotechnique d'exécution

   A cet effet, nous restons à la disposition du demandeur pour poursuivre ces missions.

-o—O—o-

ANNEXE A CONDITIONS GENERALES ET EXTRAITS DE LA NORME NF P 94-500 (9 PAGES)

CONDITIONS GENERALES DE PRESTATIONS DE SERVICES GROUPE INGEROP / GEOS

ARTICLE G1 - DEFINITIONS

''Conditions Générales'' ou ''CG'' désignent les présentes Conditions Générales dont les articles sont désignés par la lettre G suivie du numéro d'article.

''Conditions Particulières'' ou ''CP'' désignent les Conditions Particulières des présentes CG et/ou du contrat de prestations de services.

''Client'' désigne toute personne physique ou morale qui confie au Prestataire la réalisation des Prestations moyennant paiement d'une rémunération.

''Contrat'' désigne le(s) documents ou le(s) écrits signé(s) par les Parties. Il comprend non seulement les présentes Conditions Générales, mais également, les éventuelles Conditions Particulières, leurs annexes, les fiches modificatives, les avenants, la commande et la proposition, le tout ne formant qu'un seul contrat.

''Contrat principal'' désigne le contrat signé entre le Maître d'ouvrage et le Client, lorsque le Prestataire intervient en qualité de sous-traitant.

''Date de Commencement d'exécution des Prestations'' est la date à laquelle le Client a remis au Prestataire l'ensemble des pièces et documents nécessaires à l'exécution des Prestations et/ou des Missions.

''Jour'' désigne un jour calendaire à moins qu'il n'en soit disposé autrement dans le Contrat.

''LRAR'' désigne une Lettre Recommandée avec Accusé de Réception ou à défaut, pour les Prestations réalisées avec un Client étranger, un courrier rapide avec accusé de réception (type DHL).

''Maître d'ouvrage'' désigne la personne physique ou morale, désignée par ce terme dans le Contrat et pour le compte de qui les travaux ou ouvrages sont exécutés.

''Date d'achèvement'' désigne la date de remise par le Prestataire du dernier livrable prévu contractuellement adressé par le Prestataire au Client.

''Partie(s)'': désigne(nt) le Prestataire et/ou le Client.

''Prestataire'' désigne la société ou le groupement en charge des Prestations. Le Prestataire peut transférer librement le Contrat à toute société du même Groupe.

''Prestations'' désigne une activité d'ingénierie, de maîtrise d'œuvre ou de conseil telle que visée à l'article G2, tant matérielle qu'intellectuelle, effectuée par le Prestataire au profit du Client. Selon que le contexte l'exige, les Prestations peuvent être constituées d'une ou plusieurs missions successives (''Missions'') dont le contenu est détaillé dans le Contrat.

''Projet'' désigne la réalisation d'un ouvrage pour le compte du Client et/ou du Maître d'ouvrage. ''Proposition'' désigne l'offre faite par le Prestataire au Client présentée sous forme écrite.

ARTICLE G2 - DOMAINE D'APPLICATION

Les présentes CG s'appliquent à toutes les prestations de services d'Ingénierie et/ou de maîtrise d'œuvre et/ou de conseil ; le Prestataire ayant la qualité d'ingénieur, de consultant, de maître d'œuvre ou de sous-traitant.

ARTICLE G3 - DOCUMENTS CONTRACTUELS

1° Les CG s'appliquent de plein droit à toute Proposition, Contrat, CP, et/ou commande et plus généralement dès lors qu'une Prestation est confiée sous quelque forme que ce soit au Prestataire par le Client. Elles constituent un des éléments essentiels caractérisant l'engagement du Prestataire et ne sauraient être annulées par les dispositions d'autres documents émanant du Client sauf en cas de renonciation expresse aux présentes CG par le Prestataire, dans sa Proposition et/ou dans le Contrat. Par la signature du Contrat, le Client reconnait qu'elles ont été portées à sa connaissance et les accepte. Les conditions générales émanant du Client ne sont pas applicables au Prestataire.

2° Lorsque le Prestataire intervient en qualité de sous-traitant et que les Parties ont opté pour la transparence du Contrat principal en tout ou partie, les pièces du Contrat principal applicables au Contrat, doivent être expressément mentionnées et annexées au Contrat. A défaut les dispositions du Contrat principal ne lui seront pas opposables.

ARTICLE G4 - DUREE DE VALIDITE DE LA PROPOSITION

Sauf disposition contraire figurant dans la Proposition émise par le Prestataire, celui-ci n'est tenu par les termes et conditions figurant dans la Proposition que durant soixante (60) jours à compter de son émission.

ARTICLE G5 - ENTREE EN VIGUEUR DU CONTRAT – CONDITIONS DE DELIVRANCE DES PRESTATIONS

Sauf disposition contraire du Contrat, l'entrée en vigueur de celui-ci intervient après sa signature sans réserve par le Client et, lorsque le Prestataire est sous-traitant, par l'acceptation et l'agrément de ses conditions de paiement par le Maître d'ouvrage. La délivrance des Prestations et/ou des Missions est conditionnée par la délivrance au Prestataire agissant en qualité de sous-traitant, de la caution bancaire, sauf délégation de paiement à son profit conformément aux dispositions de la loi du 31/12/75.

CONDITIONS GENERALES DE PRESTATIONS DE SERVICES GROUPE INGEROP / GEOS

ARTICLE G6 – EXECUTION DES PRESTATIONS

1° L'exécution par le Prestataire des Prestations et/ou des Missions est subordonnée à la réception par le Prestataire de l'ensemble des pièces et documents nécessaires à ladite exécution tels que ceux-ci sont visés dans le Contrat (et selon le contexte, à son approbation, expresse ou tacite de la Mission précédente, dans les conditions prévues au Contrat).

2° L'étendue des Prestations du Prestataire, tenu à une obligation de moyens, est strictement limitée aux Prestations détaillées dans le Contrat. Toute modification :

(i) des Prestations définies dans le Contrat (contenu, étendue, complexité) et/ou
(ii) remettant en cause les documents déjà diffusés, en cours ou validés, et/ou
(iii) liée à l'évolution du programme et/ou de l'enveloppe financière prévisionnelle et/ou
(iv) résultant des aléas non imputables au Prestataire et/ou
(v) au stade de la consultation des entreprises, des variantes qui seraient acceptées par le Client et qui remettraient en cause la conception du Prestataire rendant ainsi nécessaire la reprise des études et/ou
(vi) de planning ou des délais de réalisation des études et/ou des travaux et/ou
(vii) liée à une évolution des normes applicables, de la législation ou de la règlementation

fera l'objet d'un devis du Prestataire précisant les incidences en résultant, notamment en termes de prix et de délai. L'accord du Client sur ce devis sera matérialisé préalablement à toute exécution, par la signature d'une fiche modificative et d'un avenant établi par le Prestataire. A défaut d'accord exprès du Client, les modifications seront réputées refusées. Toute prestation néanmoins réalisée par le Prestataire sur demande urgente du Client sera considérée comme prestation supplémentaire automatiquement acceptée par le Client, et chiffrée sur la base des prix du Contrat, révision et/ou actualisation comprise, ou à défaut par analogie avec ceux du Contrat.

ARTICLE G7 – DELAI DE REALISATION

1° Les Prestations trouvent leur origine et leur définition dans les instructions données par le Client. Les délais contractuels commencent à courir à compter de la Date de Commencement d'exécution des Prestations sauf dispositions contraires stipulées dans le Contrat.

2° Les Parties s'engagent à s'informer immédiatement de toute difficulté, retard ou incident susceptible d'affecter l'exécution des Prestations.

3°Tout événement non imputable au Prestataire tel que : (i) prestations supplémentaires ou modificatives (ii) toutes défaillances ou retards du Client et/ ou de ses cocontractants et/ou du Maître d'ouvrage et/ou d'un tiers, (iii) tout retard dans la délivrance des autorisations administratives, permis, agréments et licences de toute nature, (iv) la décision unilatérale du Client et/ou du Maître d'ouvrage de suspendre ou de résilier les Prestations, (v) la survenance d'un cas de Force Majeure ou tout autre événement exceptionnel qui ne peut être attribué au Prestataire, dégage ce dernier de son obligation de réalisation à la date convenue contractuellement avec le Client. Chacun de ces événements donnera lieu à renégociation du Planning et, à l'exception de la force majeure visée à l'article G22, à indemnisation du Prestataire par le Client, sur production des justificatifs correspondants.

ARTICLE G8 – RECEPTION DES PRESTATIONS

Il est expressément convenu entre les Parties que si le Client ne notifie pas par écrit sa décision de réception avec ou sans réserve et/ou de rejet des Prestations dans le délai d'un (1) mois à compter de la Date d'achèvement, les Prestations remises seront considérées comme reçues et acceptées sans réserve, avec effet à compter de l'expiration du délai susvisé. Lorsque la réception des Prestations est assortie de réserves, le Prestataire dispose, sauf stipulation contraire du Contrat, d'un délai de soixante (60) jours à compter de la date de réception pour les lever.

ARTICLE G9 - PRIX- REMUNERATION

Tous les prix indiqués, sont réputés HT et sont nets de tous escomptes, remises, ristournes et rabais. La rémunération est actualisable et/ou révisable selon la(les) formule(s) indiquée(s) dans le Contrat. La rémunération tient compte des sujétions normalement prévisibles par un homme de l'art placé dans les mêmes circonstances, ainsi que de la réglementation et des normes en vigueur au moment de la remise de la Proposition.

La rémunération est établie pour une exécution de Prestations hors heures supplémentaires ou de nuit. Toute exécution de Prestations obligeant le Prestataire à supporter de tels surcoûts, tant directs qu'indirects, donnera lieu à facturation supplémentaire sur la base des coûts de prestations de service en vigueur chez le Prestataire.

ARTICLE G10 - PAIEMENT

1° Sauf stipulation contraire du Contrat, les Prestations font l'objet d'une facturation mensuelle, au prorata temporis réel de l'exécution des Prestations. Les prix s'entendent paiement comptant, sous trente (30) jours à compter de l'émission de la facture.

2° L'exécution des prestations ne sera parfaite entre les Parties qu'après paiement du prix dans sa totalité.

CONDITIONS GENERALES DE PRESTATIONS DE SERVICES GROUPE INGEROP / GEOS

3° En cas de défaillance du Client notamment au regard du paiement et en application des articles 1219 et 1220 du Code Civil, le Prestataire pourra :

- suspendre immédiatement l'exécution du Contrat/des Prestations et notifier sa décision au Client dans les meilleurs délais, sans préjudice du bénéfice des intérêts moratoires et de tous dommages et intérêts à son profit.

  Les Parties procéderont, à la date d'effet de la suspension, à un constat contradictoire des Prestations réalisées ou si l'établissement d'un constat contradictoire n'est pas rendu possible, par un constat extra judiciaire aux frais du Client.

  En cas de reprise éventuelle des Prestations, il sera procédé à un nouveau constat dans les conditions susvisées, à l'évaluation des frais éventuels occasionnés (immobilisation du personnel, etc) et à l'établissement d'un nouveau Planning d'exécution.

et/ou

- résilier unilatéralement le Contrat aux torts exclusifs du Client conformément à l'article G14 ci-après. Dans ce cas, le Client devra restituer à ses frais au Prestataire l'intégralité des documents, notes et/ou études, sur quelque support que ce soit, fourni par le Prestataire au titre des Prestations.

  En sus de sa rémunération pour les Prestations exécutées, la rémunération des Prestations en cours est acquise au Prestataire. En outre, ce dernier percevra à titre d'indemnité en compensation du préjudice subi, une somme égale à 20 % du montant des prestations restant à exécuter.

4° Les pénalités pour retard de paiement par le Client sont exigibles le jour suivant la date d'échéance contractuelle. Les intérêts moratoires sont dus de plein droit au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne au moment de son opération de refinancement la plus récente majorée de dix points de pourcentage. En application de l'article L 441-6 du Code de Commerce, s'ajoutera automatiquement aux intérêts moratoires une indemnité forfaitaire minimum pour frais de recouvrement fixée à 40 €.

5° Un désaccord du Client sur une facture ne pourra empêcher le paiement de la partie des Prestations non contestée laquelle devra être intégralement payée.

6° Il est expressément stipulé qu'aucune retenue de garantie ne sera appliquée.

7° Conformément à l'article 1799-1 du Code civil, pour tout Contrat d'un montant supérieur à 12.000€, le Client garantit le paiement des sommes dues au Prestataire au moyen d'une caution personnelle et solidaire obtenue par lui auprès d'un établissement financier qualifié.

ARTICLE G11 - SOUS-TRAITANCE

Le Prestataire se réserve le droit de sous-traiter l'exécution de tout ou partie du Contrat. A défaut d'acceptation expresse du sous- traitant et d'agrément par le Maître d'ouvrage des conditions de paiement dans un délai de huit (8) jours à compter de la demande du Prestataire, sauf disposition légale ou conventionnelle contraire, le(s) sous-traitant(s) sera(ont) réputé(s) accepté(s) et ses (leurs) conditions de paiement agréées par le Maître d'ouvrage.

ARTICLE G12 - ASSURANCES

Le Prestataire possède (i) une police d'assurance couvrant les conséquences de sa responsabilité civile professionnelle et exploitation, (ii) ainsi qu'une police d'assurance responsabilité civile décennale pour les ouvrages entrant dans le champ d'application de l'assurance obligatoire en France, exclue pour les ouvrages situés à l'étranger, et couvrant sa responsabilité telle que définie par les articles 1792 à 1792-2 et 1792-4-1 du Code Civil.

ARTICLE G13 - GARANTIES ET RESPONSABILITES

1° Le Prestataire répond de la conformité des plans, études, notes de calculs et documents établis par ses soins sur la base des documents transmis par le Client et dans les limites de la Mission confiée.

2° Le Prestataire est soumis à la responsabilité décennale pour autant que les conditions prévues par les articles 1792 à 1792-2 du Code Civil se trouvent réunies, et qu'il n'agisse pas en qualité de sous-traitant, sauf disposition contraire du Contrat.

3° Le Client garantit l'exactitude de l'intégralité des informations transmises, nécessaires à la réalisation des Prestations demandées, ainsi que leur cohérence avec ces dernières.

4° Pour toutes les responsabilités, autres que décennale, le Prestataire ne peut être tenu, de quelque manière que ce soit, ni solidairement, ni in solidum, à raison des dommages imputables aux autres intervenants au projet.

Sauf stipulation contraire du Contrat, la responsabilité du Prestataire ne porte que sur la réparation des dommages corporels et matériels à l'exclusion des dommages immatériels (notamment perte de bénéfice, perte de chance, perte d'exploitation, perte de production, immobilisation des personnels, perte de jouissance, travaux supplémentaires) et des dommages indirects, causés à l'occasion de l'exécution du Contrat dans la limite du montant de sa rémunération HT et au maximum dans la limite de ses plafonds d'assurance tels que figurant sur les attestations d'assurances du Prestataire jointes au Contrat.

Au-delà de ces limites, le Client renonce expressément à tout recours à l'encontre du Prestataire. Les stipulations qui précèdent ne limitent pas la responsabilité du Prestataire (i) en cas de faute grave de celui-ci, ou (ii) dans le cas où une telle limitation de responsabilité est interdite par la loi (notamment les dommages matériels de nature décennale et les dommages corporels).

Le Client reconnait que la clause ci-dessus ne vide pas de sa substance une obligation essentielle du Prestataire et qu'elle établit un équilibre entre les droits et obligations de chaque Partie.

Le dommage direct découle directement du fait générateur, le dommage indirect résulte de l'aggravation du dommage initial ou de l'apparition d'un nouveau dommage rattaché à un dommage direct.

5° Le Client assume l'entière responsabilité de son personnel et des dommages pouvant résulter du fait de son personnel dans le cadre de l'exécution du Contrat.

ARTICLE G14 - DEFAILLANCE- RESILIATION – CADUCITE - CESSION

1° Sous réserve des dispositions de l'article G10 et du cas de force majeure visé à l'article G22, en cas d'inexécution par l'une des Parties de ses obligations contractuelles, et après mise en demeure par LRAR restée quinze (15) jours sans effet, le Contrat peut- être résilié de plein droit et sans aucune autre formalité par la Partie non défaillante, sans préjudice de dommages et intérêts au profit de la Partie non défaillante. Les Prestations réalisées devront être intégralement payées au Prestataire. La mise en œuvre de l'article 1223 Code Civil est, d'un commun accord, écartée du présent Contrat.

2° Le Client peut résilier le Contrat à tout moment, moyennant un préavis minimum de un (1) mois, par LRAR dans les conditions suivantes : (i) les Prestations/Missions commencées du Contrat seront réglées en totalité, (ii) le Client versera au Prestataire une indemnité forfaitaire égale à 20 % du montant des prestations restant à exécuter, calculée pour couvrir la totalité de ses frais et manques à gagner.

3° Lorsque le Prestataire intervient en qualité de sous-traitant, le Contrat étant indivisible du Contrat Principal au sens de l'article 1186 du Code Civil, la disparition de ce dernier pour quelque raison que ce soit donnera lieu à la caducité du Contrat de sous- traitance. La caducité sera notifiée par LRAR par le Client et prendra effet à la date de sa réception par le Prestataire ; elle donnera lieu au paiement, au profit du Prestataire, de l'intégralité des Prestations réalisées à la date d'effet de la caducité ainsi qu'à une indemnité forfaitaire égale à 20 % du montant des prestations restant à exécuter.

4° Le Contrat, ainsi que les droits ou obligations qu'il prévoit, ne pourra faire l'objet d'une cession de la part du Client, qu'elle soit totale ou partielle, à titre onéreux ou gratuit, qu'avec l'accord écrit préalable du Prestataire

ARTICLE G15 - DROIT APPLICABLE

Sauf disposition contraire, le Contrat est soumis au droit français.

ARTICLE G16 - REGLEMENT DES CONFLITS

Sauf stipulation contraire du Contrat, tout litige relatif à l'interprétation ou à l'exécution des présentes CG, et plus généralement du Contrat, et qui ne pourrait être résolu à l'amiable dans les vingt (20) jours à compter de la soumission du litige par la Partie la plus diligente à l'autre Partie par saisine de leurs directions générales respectives par LRAR, sera tranché par le Tribunal de Grande Instance de Nanterre, nonobstant la pluralité de défendeurs ou d'appels en garantie même pour les procédures en référé ou par requête.

ARTICLE G17- CONFORMITE – ETHIQUE

Le groupe **Ingérop** s'est doté d'un code d'intégrité qui peut être consulté sur le site internet www.ingerop.com visant à prévenir tout conflit d'intérêt. En cas de situation ou d'événement contraire à l'éthique, le Client est invité à contacter le « compliance officer » qui prendra les mesures nécessaires.

A compter de la date des présentes et pendant toute la durée d'exécution du Contrat et, le cas échéant, de la Convention de Groupement, conclu pour le Projet, chacune des Parties s'engage vis-à-vis de l'autre :

- à ne pas engager des actions commerciales qui pourraient être considérées comme constitutives d'un délit de favoritisme ou un délit de corruption active (art. L.433-1 du code pénal) ou passive (art. L.432-11 du code pénal) ;
- à ne pas solliciter, offrir ou donner directement ou indirectement un avantage indu aux personnes publiques ou privées participant au Projet ;
- à ne pas participer à des ententes (art. L.420-1 du code de commerce) et en particulier à ne pas :
  - discuter ou s'entendre sur les politiques de prix avec des sociétés participant à un groupement ou une société concurrente ou échanger avec elles des informations permettant de connaitre la composition des prix ;
  - se répartir des zones géographiques ou remettre des offres de couverture ;
- à adhérer sans réserve aux principes contenus dans le présent article et à prendre toute disposition pour en prévenir le non- respect auprès de leurs personnels, sous-traitants, fournisseurs et prestataires travaillant directement ou indirectement au Projet.

Le non-respect de ces dispositions par l'une des Parties engage sa responsabilité vis-à-vis de l'autre Partie et pourra entrainer la résiliation de plein droit du Contrat et, le cas échéant, de la Convention de Groupement aux torts de la Partie qui ne les aura pas respectées, sans préjudice du droit pour l'autre Partie d'obtenir réparation de l'ensemble du préjudice subi.

ARTICLE G18- PROPRIETE INTELLECTUELLE

Chaque Partie conservera la propriété pleine et entière des descriptifs, logiciels, plans, dessins et autres documents ainsi que des méthodes, du savoir-faire et des outils logiciels qui lui sont propres.

Tant que l'ensemble des sommes dues n'est pas payé (en principal, accessoires, les dommages et intérêts, les frais), les Prestations fournies, et donc les éléments les constituant (données ou résultat sous la forme de documents, données numériques, etc.), restent la propriété pleine et entière du Prestataire.

Les concepts, méthodes et moyens exposés dans les documents et études transmis au Client au cours de l'exécution des Prestations demeurent la propriété pleine et entière du Prestataire.

Après paiement intégral, seuls les droits de propriété attachés aux résultats des Prestations, y compris tous droits de propriété intellectuelle, seront transférés au Client, à l'exception du droit moral dont l'auteur des Prestations pourrait se prévaloir.

Le Client garantit que tous les documents reçus par le Prestataire, pour l'exécution du Contrat, sont libres de droits de diffusion pour le monde entier, quel que soit le support (matériaux, documents, données numériques, etc.), sauf mention écrite expresse du Client lors de leur première transmission. Dans tous les cas, le Client demeurera seul responsable de la divulgation desdits documents, notamment au regard d'éventuelles réclamations de la part de tiers, et indemnisera le Prestataire de toute somme que ce dernier pourrait être amené à verser à ce titre.

Le Client ne peut réutiliser d'une quelconque manière (reproduction, modification, etc.) les documents remis par le Prestataire pour les besoins du Contrat, sauf accord exprès de ce dernier.

Le Prestataire se réserve le droit de citer les Prestations réalisées comme référence de son activité.

ARTICLE G19 - CONFIDENTIALITE

1° Les Informations Confidentielles recouvrent toutes informations ou données de toute nature et notamment techniques, commerciales ou financières transmises par une Partie à l'autre Partie ou portées à la connaissance de l'autre Partie par écrit ou par oral ; la transmission des Informations Confidentielles pouvant être assurée par tout moyen incluant sans limitation tous documents, échantillons, modèles ou tout autre support de divulgation de l'information pouvant être choisi par les Parties pendant la période de validité du Contrat.

2° Les Parties s'engagent à ne pas exploiter à titre personnel les Informations Confidentielles et à ne les utiliser qu'avec pour seul objet de permettre les discussions sur le sujet défini dans le préambule du présent accord. Elles ne pourront être utilisées pour d'autres objectifs.

3° L'engagement de confidentialité ne s'applique pas (i) aux informations qui sont entrées dans le domaine public préalablement à la date de divulgation ou de communication ou qui tomberont dans le domaine public après leur communication et/ou divulgation sans que la cause ne soit imputable à l'autre Partie ; (ii) dont il peut être démontré qu'elles sont déjà connues de l'autre Partie avant leur transmission, (iii) qui auraient été développées indépendamment de l'autre Partie ; (iv) qui auront été reçues d'un tiers de manière licite, sans violation du présent accord; (v) que la loi, la réglementation applicable ou une décision de justice obligeraient à divulguer.

ARTICLE G20-IMPREVISION

1° Par dérogation à l'article 1195 du code civil, à défaut d'accord dans un délai raisonnable, les Parties renoncent à demander unilatéralement l'intervention du juge.

2° En cas de survenance d'un événement présentant les caractéristiques de l'imprévision au sens de l'article 1195 al.1 du Code Civil, conduisant à une variation de prix en-deçà de 8 % du montant du Contrat, les conséquences directes et indirectes sont supportées par le Client.

3° Au-delà, les Parties conviennent de se réunir dans le délai de 15 jours à compter de la survenance de l'événement à la demande de l'une d'elles.

Les Parties s'engagent à renégocier de bonne foi les conditions financières du Contrat en vue de se replacer dans une situation d'équilibre.

Pendant cette période qui ne pourra dépasser trente (30) jours, le Contrat continuera à s'appliquer aux conditions initiales, sous réserve de l'application de l'article G20.2.

A défaut d'accord à l'issue de la négociation, à la date d'expiration des trente (30) jours précités, et dans l'hypothèse où ce changement serait irrémédiable, le Contrat sera résilié de plein droit. Les modalités financières seront arrêtées conjointement par les Parties ou, à défaut d'accord dans les quinze (15) jours suivant la date de résolution, par un expert indépendant, qui sera chargé d'émettre un avis sur le différend. À défaut d'accord entre les Parties sur le nom de l'expert indépendant, ce dernier sera désigné par le Président du TGI de Nanterre, à la requête de la partie la plus diligente.

Les Parties déterminent conjointement, dans une lettre adressée à l'expert dès sa désignation, le délai dans lequel il doit rendre son avis.

Chacune des Parties est tenue de communiquer à l'expert dans les meilleurs délais tout document ou toute information nécessaire au règlement du différend. Les Parties supportent à parts égales les frais entraînés par l'expertise.

L'expert indépendant devra émettre son avis dans un délai maximum de trente (30) jours à compter de sa désignation.

CONDITIONS GENERALES DE PRESTATIONS DE SERVICES GROUPE INGEROP / GEOS

ARTICLE G21- NON SOLLICITATION

Sauf accord exprès contraire convenu entre les Parties, le Client s'interdit d'engager, ou de faire travailler d'aucune manière, directement ou indirectement par l'intermédiaire d'un tiers ou par une société filiale, tout collaborateur du groupe **Ingérop** ayant participé à l'exécution du Contrat. Cette renonciation est valable pour la durée de la Prestation prolongée d'une période de douze

(12) mois. En cas de non-respect de cette clause de non sollicitation, le Client s'engage à verser au Prestataire, une indemnité compensatoire égale à un (1) an de salaire brut du collaborateur, charges sociales y afférentes incluses et à indemniser le Prestataire de tout autre préjudice subi à ce titre.

ARTICLE G22- FORCE MAJEURE

La Force Majeure au sens de l'article 1218 du Code Civil s'entend notamment des événements suivants : foudre, séisme, raz de marée, épidémies, grèves autres que celles propres à l'une des Parties, acte de guerre, déclaré ou non, blocus, actes de terrorisme, guerre civile, insurrections, émeutes, ordres ou restrictions ou prohibitions édictés par les autorités gouvernementales ou par toute autorité publique, étant entendu qu'aucune des situations ci-dessus n'a été créée par la négligence ou la faute de la Partie qui invoque la Force Majeure. Le fait des préposés, agents, mandataires et/ou sous-traitants de l'une des Parties ne peut en aucun cas être constitutif de Force Majeure.

La Partie victime de circonstances de Force Majeure notifiera à l'autre Partie, par LRAR, dans les meilleurs délais, la survenance d'un tel événement et sera exonérée de sa responsabilité pour tout retard dans l'accomplissement de ses obligations tant que ces circonstances n'auront pas pris fin.

La Force Majeure ne pourra en aucun cas justifier l'absence de règlement des Prestations exécutées.

Pour tout cas de Force Majeure d'une durée inférieure à soixante (60) jours, le Contrat est suspendu ; au-delà, le Contrat est résilié de plein droit.

Toute décision de reprise des Prestations après suspension sera notifiée avec un préavis minimum de quinze (15) jours.

Le Prestataire sera rémunéré à concurrence de la totalité des honoraires fixés pour les Prestations exécutées ou commencées à la date de survenance du cas de Force Majeure.

ARTICLE G23 - COMMUNICATION

Les Parties acceptent que les informations qui sont adressées au cours de l'exécution du contrat soient transmises par courrier électronique sauf dans les hypothèses qui imposent un autre mode de communication et celles expressément visées aux CG. Les adresses électroniques de chaque Partie seront précisées au Contrat.

-o—O—o-

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (NFP 94-500)

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

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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.

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

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

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

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

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

Phase Suivi

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

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

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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

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

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

ANNEXE B COMPTE-RENDU DES INVESTIGATIONS AU NIVEAU DU REMBLAI R9-B (132 PAGES)

Agence de REIMS
27a Rue des Blancs Monts
51350 CORMONTREUIL
Téléphone : 03 26 87 86 00
Télécopie : 03 26 87 86 01
Email : cebtp.reims@groupe-cebtp.com

Dossier : NRE2.L.211-003
Reims, le 10 Novembre 2022

COMPTE RENDU

CHANTIER

Adresse : A304 – R9B
08090 Belval

Client : DREAL GRAND EST
1 rue du Parlement
BP 80556
51022 Châlons-en-Champagne CEDEX

ECHANTILLONS :

Partie de l'ouvrage : R9B - A304 entre Belval et Haudrecy.
Nature des matériaux : Marnes gris foncé à passages schisteux, argile ocre.
Origine : Sondages carottés SC1, SC2, SC3 et SC4.
Lieu du prélèvement : Haut et bas de talus, de part et d'autre de l'ouvrage hydraulique.
Réalisé : du 20/06/2022 au 13/07/2022.

NATURE DES ESSAIS :

- Classifications GTR avec limites d'Atterberg
- Essais triaxiaux consolidés non drainés avec mesure de la pression interstitielle (CU+U)
- Essais de cisaillement rectiligne sur échantillons intacts ou remaniés.

IMPLANTATION : voir schéma d'implantation annexe n°1.

RESULTATS DES ESSAIS IN-SITU :

Suite à l'observation d'un glissement de terrain dans le remblai du R9B de l'A304 entre Belval et Haudrecy, deux sondages carottés et un sondage pressiométrique ont été réalisés à 35.0 m de profondeur sur la Bande d'arrêt d'Urgence en haut de talus et deux sondages carottés ainsi qu'un sondage pressiométrique ont été réalisés à 20.0 m de profondeur en bas de talus. Des photographies sont visibles en annexes n°2 à 4.

Les sondages ont permis de mettre en évidence la coupe géotechnique schématique suivante, sous une couverture en enrobé et une couche de forme graveleuse d'épaisseur variable pour les sondages en haut de talus et sous une faible épaisseur de terre végétale pour les sondages en bas de talus :

Formation n°1 : **Remblai marneux gris foncé à passages argileux ocres et passages de blocs schisteux** (uniquement en SC4, SC2, SP1, PZ1).
Profondeur de la base : ~ 16.00 à 20.00 m/TA

Formation n°2 : **Argile ocre à passages schisteux** (uniquement en SC4)**.**
Profondeur de la base : ~ 19.00 m/TA

Formation n°3 : **Marnes grises à passages argileux ocres et parfois de blocs schisteux.**
Profondeur de la base : ~ 19.00 à 27.00 m/TA et 6.70 à 7.00 m/TN

Formation n°4 : **Marnes calcaires gris foncé.**
Profondeur de la base : ~ 35.00 m/TA et 20.00 m/TN (profondeurs maximales investiguées).

Le présent procès-verbal comporte 132 pages dont 129 annexes. Sauf autorisation préalable, il n'est utilisable, à des fins commerciales ou publicitaires, qu'en reproduction intégrale. Les résultats obtenus ne sont pas généralisables sans justification de la représentativité des échantillons et des essais. Sauf demande expresse, les échantillons ne pas conservés après l'envoi du procès-verbal.

La couche drainante mise en place entre le remblai du talus et le terrain naturel a été identifiée de 16.00 à 16.40 m de profondeur en SC4 et de 20.00 à 20.45 m de profondeur en SC2. Elle est constituée de matériaux graveleux de diamètre inférieur à 50 mm.

Il est à noter que la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain tel qu'il était au moment des reconnaissances en juillet 2022.

Remarque : nous rappelons qu'il n'est pas toujours évident de distinguer les variations horizontales et/ou verticales éventuelles, inhérentes au changement de faciès, compte-tenu de la surface investiguée par rapport à celle concernée par le projet. De ce fait, les caractéristiques indiquées précédemment ont un caractère représentatif mais non absolu.

Un piézomètre a été posé à 19.00 m de profondeur dans le talus, au niveau de la bande d'arrêt d'urgence.

Les photographies des carottes sont visibles en annexes 5 à 33 et les coupes de sondages en annexes 34 à 43.

RESULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE

Les procès-verbaux des essais en laboratoire sont insérés en annexes 44 à 129. Les différents résultats de ces essais sont synthétisés dans les tableaux suivants :

Caractéristiques mécaniques - essais triaxiaux CU+U:

Référence sondage	Nature	Prof. (m) échantillon	Cohésion (kPa)		Angle de frottement (°)	
			Critère 1	Critère 2	Critère 1	Critère 2
SC1	Formation n°3	1.40 à 1.80	15	11	32	33
SC2	Formation n°1	4.50 à 4.90	34	26	22	23
SC4	Formation n°4	22.00 à 22.40	43	43	24	24
SC4	Formation n°4	24.35 à 25.00	53	52	19	20

Caractéristiques mécaniques - essais de cisaillement rectiligne :

Référence sondage	Nature	Prof. (m) échantillon	Cohésion (kPa)		Angle de frottement (°)	
			C'p	C'f	φ'p	φ'f
SC2	Formation n°1	16.55 à 16.70	-	37	-	26
SC3	Formation n°4	12.45 à 12.80	59	-	40	-
SC4	Formation n°1	3.00 à 4.00	27	-	22	-
SC4	Formation n°1	11.35 à 11.95	21	-	30	-
SC1	Formation n°4	10.00 à 10.15	65	-	36	-
SC2	Formation n°1	6.70 à 6.90	31	-	20	-
SC2	Formation n°1	19.30 à 19.50	-	15	-	41
SC3	Formation n°3	0.50 à 0.70	25	-	24	-
SC4	Formation n°1	2.50 à 2.75	23	-	26	-
SC4	Formation n°1	6.50 à 6.75	30	-	22	-
SC4	Formation n°1	9.60 à 9.80	28	-	27	-
SC4	Formation n°1	14.20 à 14.40	40	-	23	-

Caractéristiques physiques :

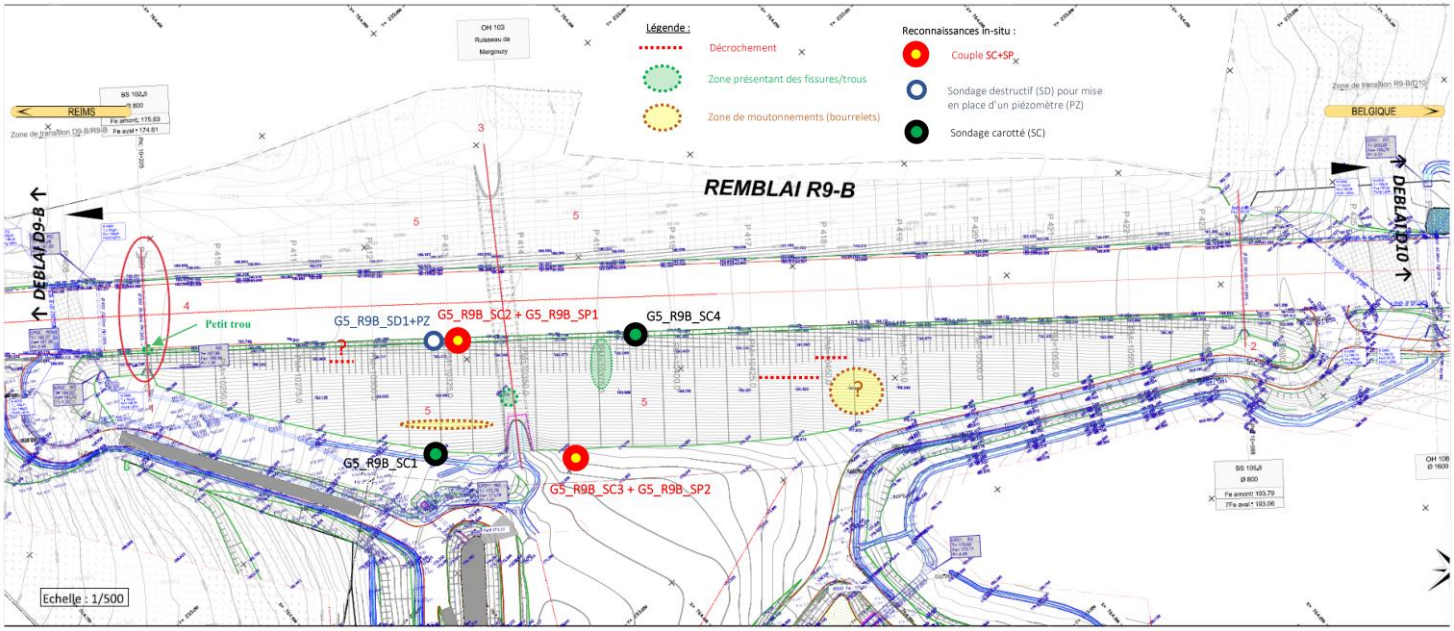
Référence sondage	Nature	Prof. (m) échantillon	Teneur en eau W (%)	Passant à 80 µm (%)	VBS	Indice Plasticité	Classification GTR
SC1	Formation n°3	1.20 à 1.40	31.5	92.5	-	22	A2 m
SC1	Formation n°4	10.15 à 10.65	18.0	98.8	-	27	A3 m
SC2	Formation n°1	4.90 à 5.00	23.0	98.7	4.11	-	A2
SC2	Formation n°1	6.90 à 7.10	22.0	97.0	-	28	A3 m
SC2	Formation n°1	13.90 à 14.15	27.6	54.4	1.25	-	A1
SC2	Formation n°1	19.60 à 19.85	37.9	39.8	-	28	A3 th
SC2	Formation n°3	21.90 à 22.10	26.0	98.1	4.24	-	A2
SC2	Formation n°3	25.00 à 25.35	25.8	96.7	-	31	A3 h
SC3	Formation n°3	0.70 à 0.90	30.8	92.9	-	40	A3 h
SC3	Formation n°4	12.30 à 12.45	20.5	94.5	-	29	A3 m
SC4	Formation n°1	2.30 à 2.50	26.70	98.3	2.98	-	A2
SC4	Formation n°1	6.30 à 6.50	23.8	96.7	-	23	A2 h
SC4	Formation n°1	9.80 à 10.10	22.3	97.7	-	27	A3 s
SC4	Formation n°1	11.00 à 11.35	33.9	91.5	-	31	A3 h
SC4	Formation n°1	12.00 à 12.50	27.8	92.1	3.05	-	A2
SC4	Formation n°1	14.60 à 15.50	25.8	89.4	-	27	A3 m
SC4	Formation n°2	17.40 à 17.60	25.5	97.3	-	33	A3 h
SC4	Formation n°4	22.40 à 23.00	19.5	95.1	-	32	A3 m

La chargée d'affaires

L. LEGEDZA

Le Responsable d'Agence

R. MOROY



Plan d'implantation des sondages

Photographie des points de sondage SC2, SP1 et PZ1 le 20/06/2022

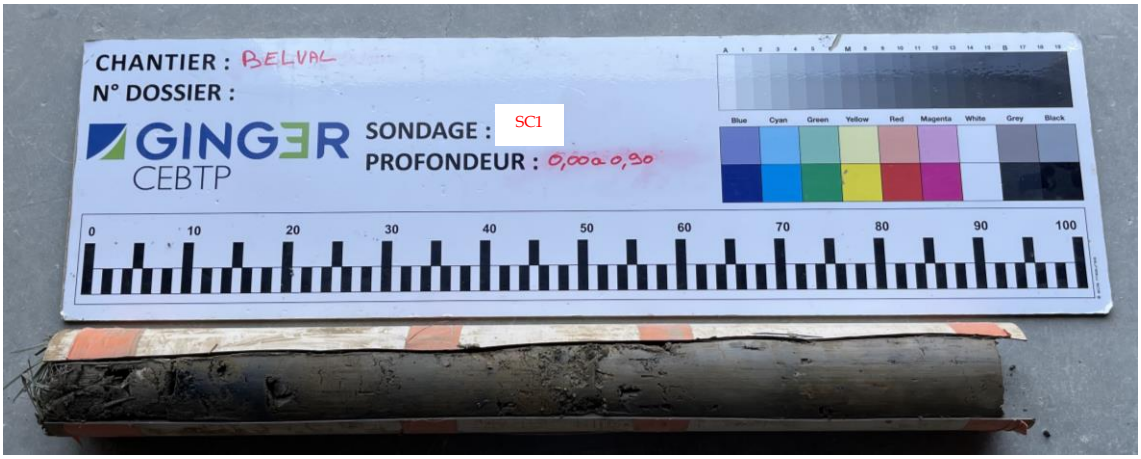
Photographie du point de sondage SC4 le 20/06/2022

Photographie des points de sondage SC3 et SP2 le 20/06/2022

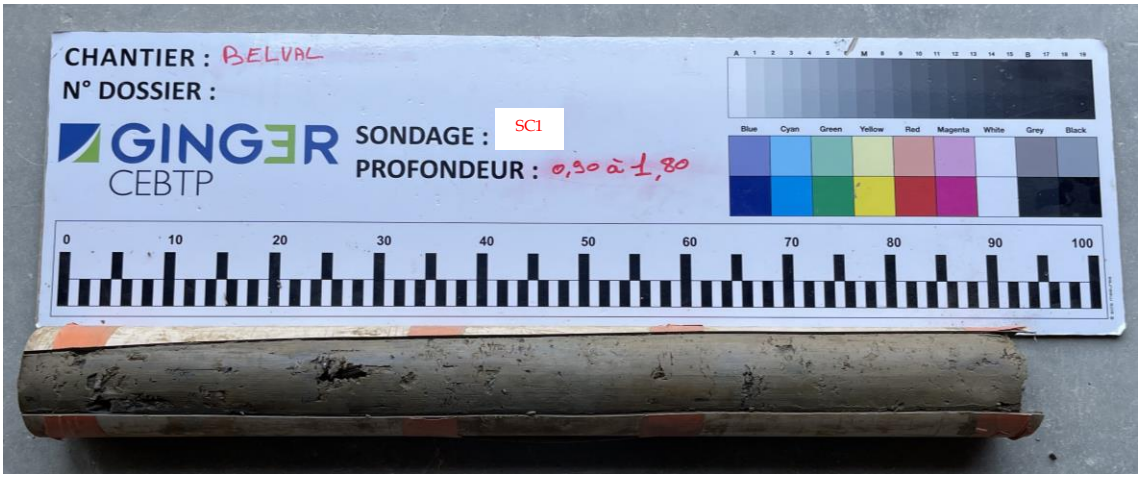
Photographie du point de sondage SC1 le 20/06/2022

Vue d'ensemble du talus le 20/06/2022

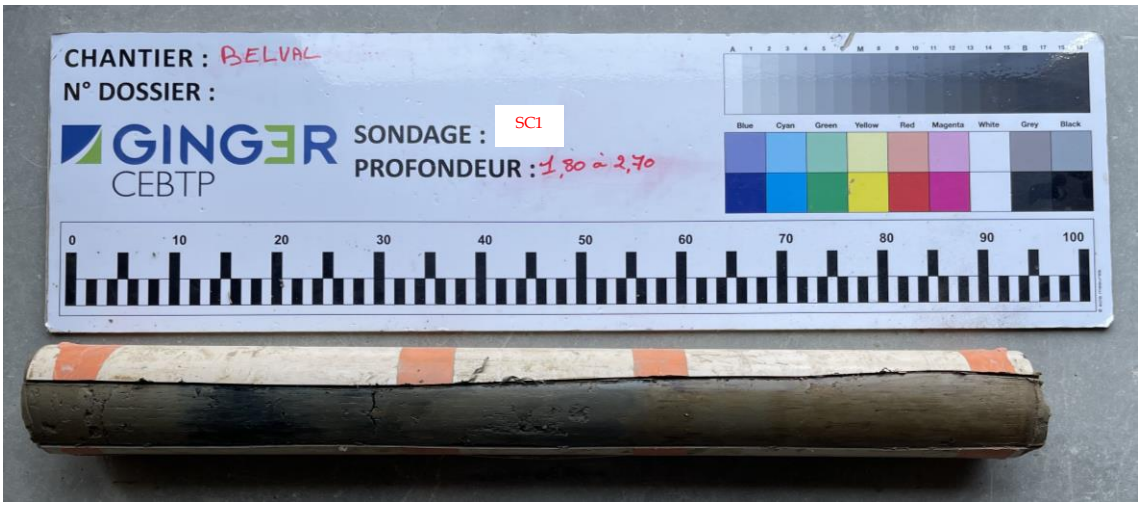
Vue d'ensemble du talus le 12/07/2022



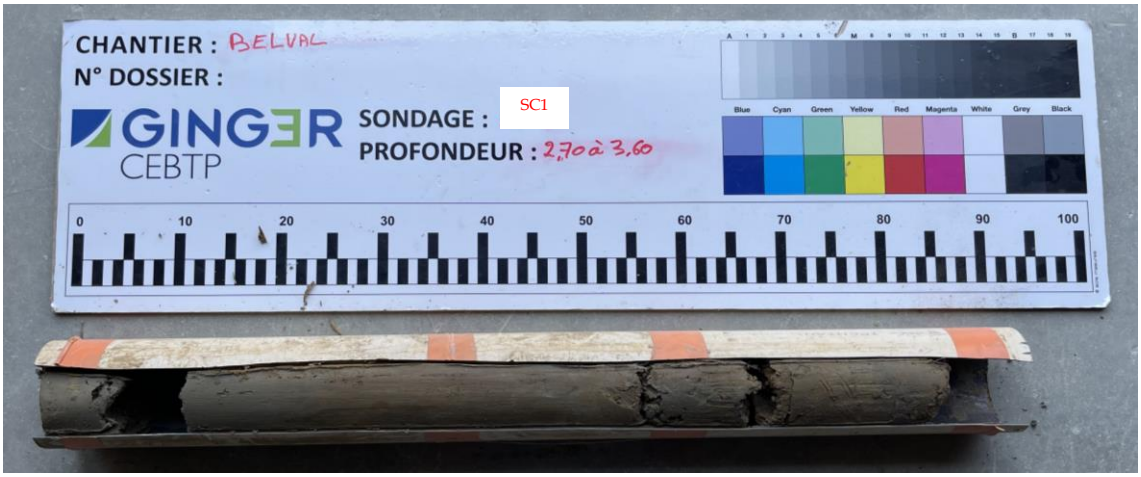
Sondage SC1 – 0 à 0.90 m



Sondage SC1 – 0.90 à 1.80 m

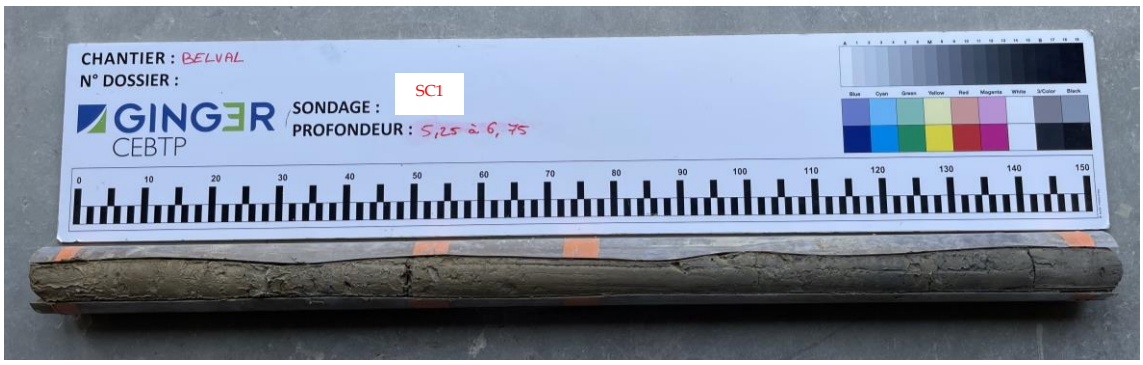


Sondage SC1 – 1.80 à 2.70 m



Sondage SC1 – 2.70 à 3.60 m

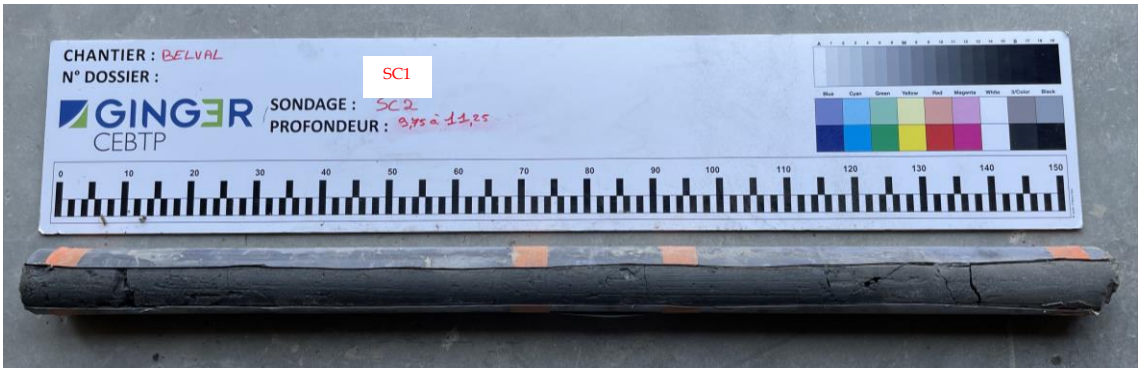
Sondage SC1 – 3.60 à 5.25 m



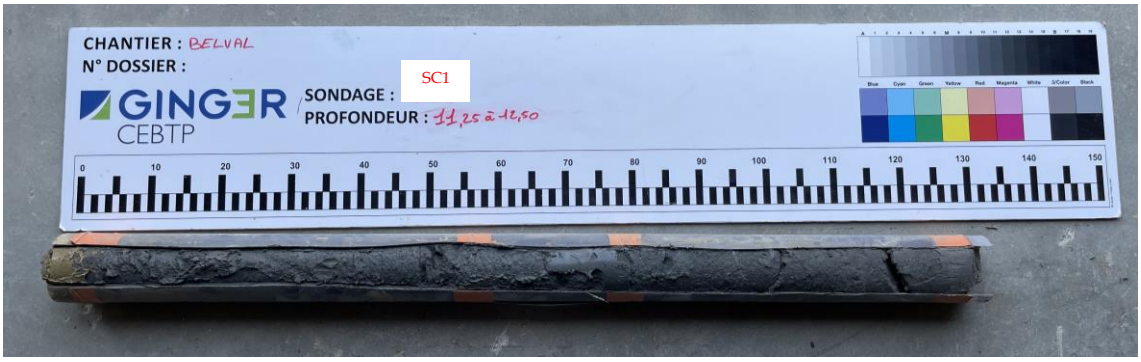
Sondage SC1 – 5.25 à 6.75 m

Sondage SC1 – 6.75 à 8.25 m

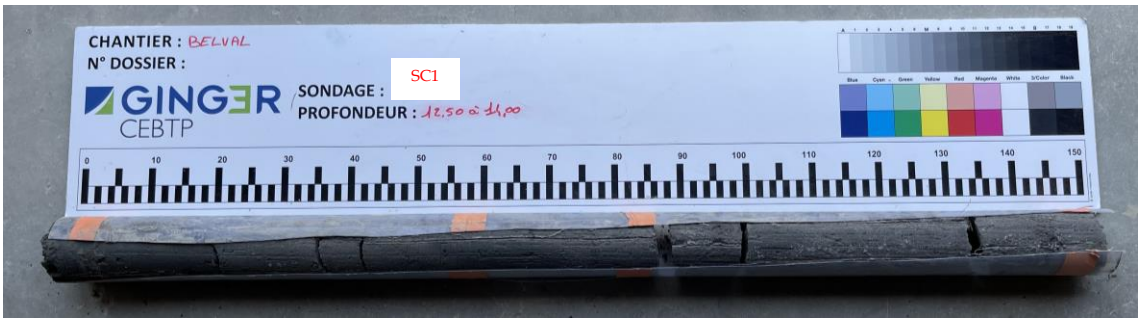
Sondage SC1 – 8.25 à 9.75 m



Sondage SC1 – 9.75 à 11.25 m



Sondage SC1 – 11.25 à 12.50 m



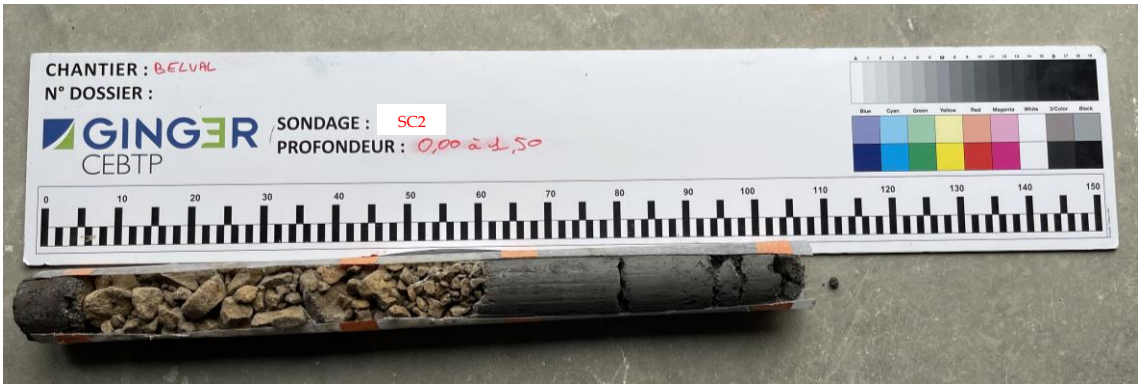
Sondage SC1 – 12.50 à 14.00 m

Sondage SC1 – 14.00 à 15.50 m

Sondage SC1 – 15.50 à 17.00 m

Sondage SC1 – 17.00 à 18.50 m

Sondage SC1 – 18.50 à 20.00 m

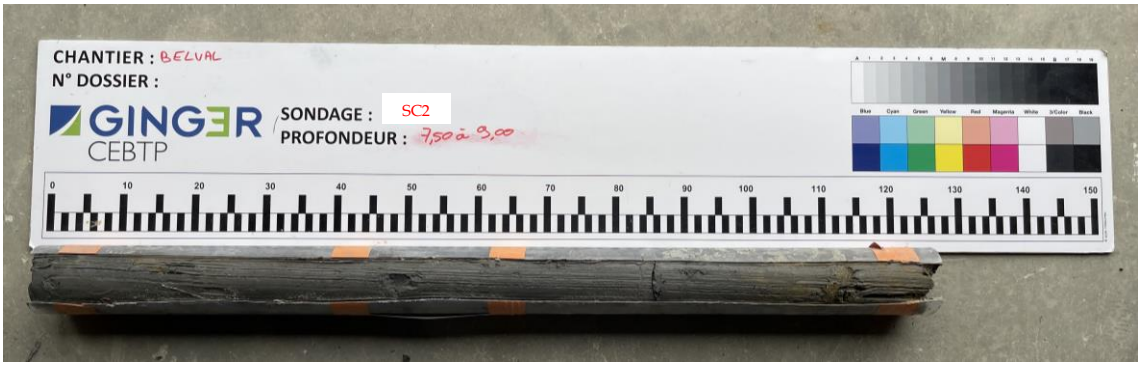


Sondage SC2 – 0 à 1.50 m

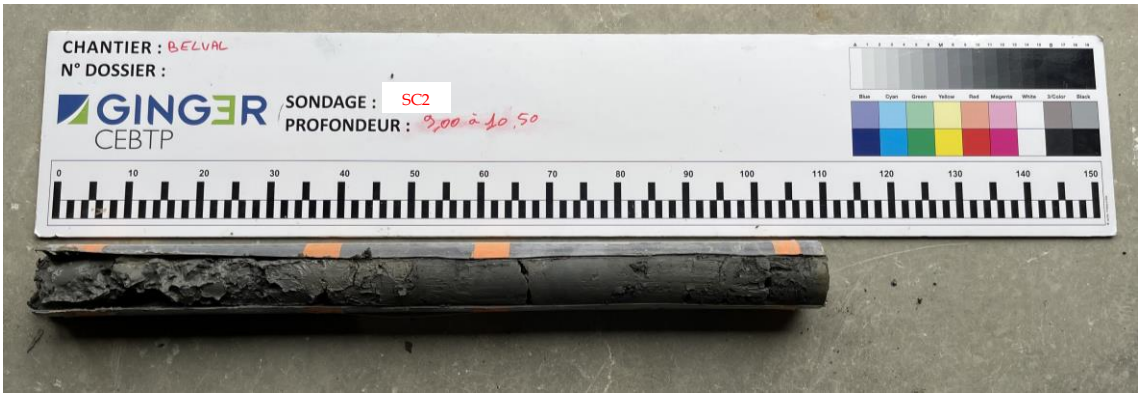
Sondage SC2 – 3.00 à 4.50 m

Sondage SC2 – 4.50 à 6.00 m

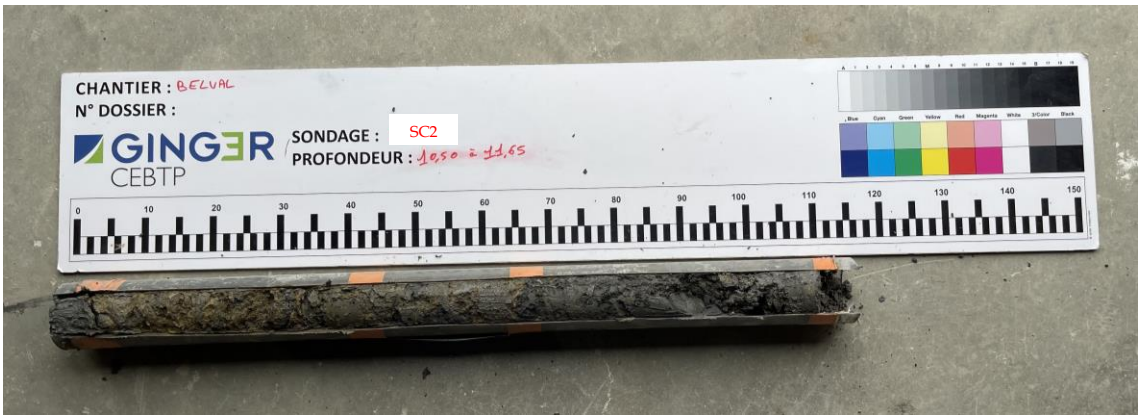
Sondage SC2 – 6.0 à 7.50 m



Sondage SC2 – 7.50 à 9.00 m

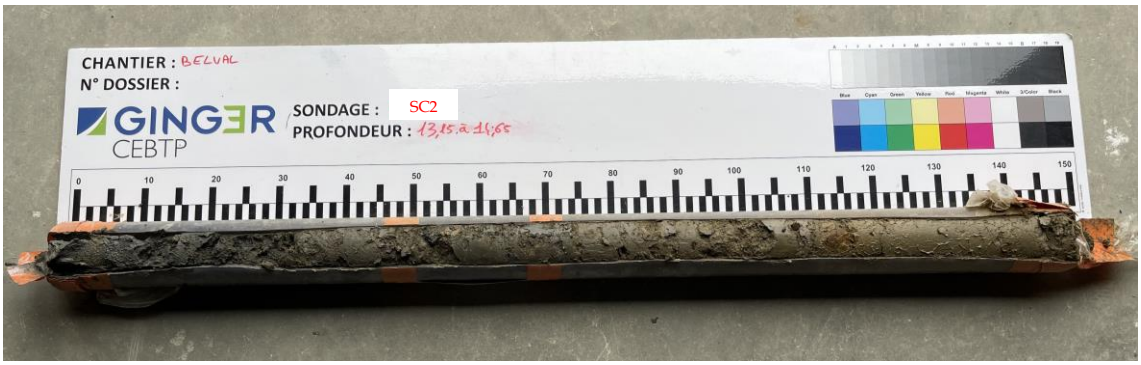


Sondage SC2 – 9.00 à 10.50 m



Sondage SC2 – 10.50 à 11.65 m

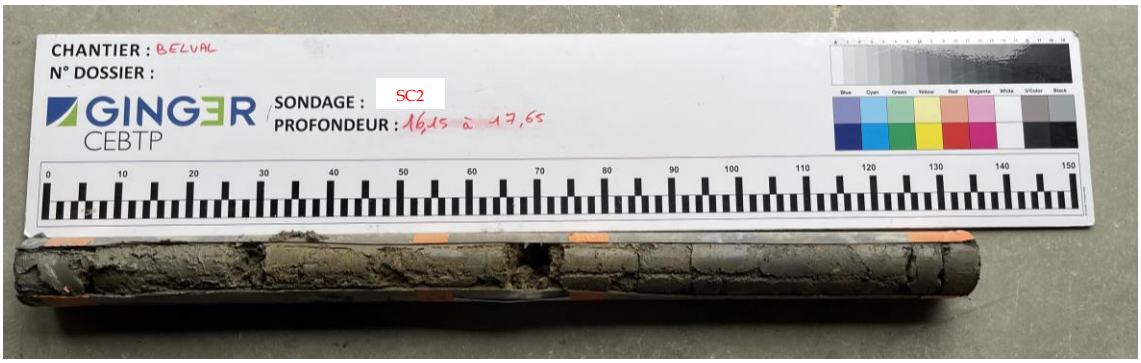
Sondage SC2 – 11.65 à 13.15 m



Sondage SC2 – 13.15 à 14.65 m

Sondage SC2 – 14.65 à 15.40 m

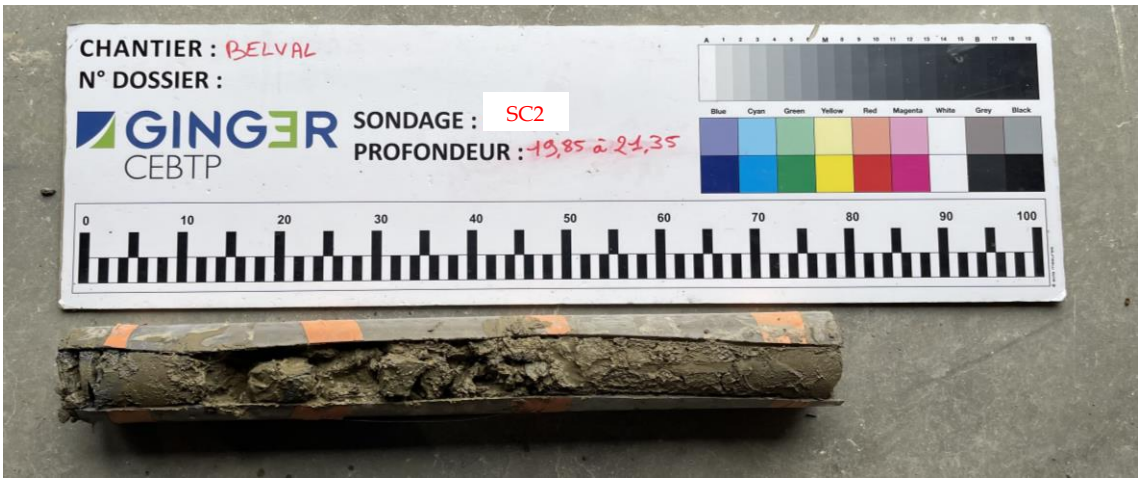
Sondage SC2 – 15.40 à 16.15 m



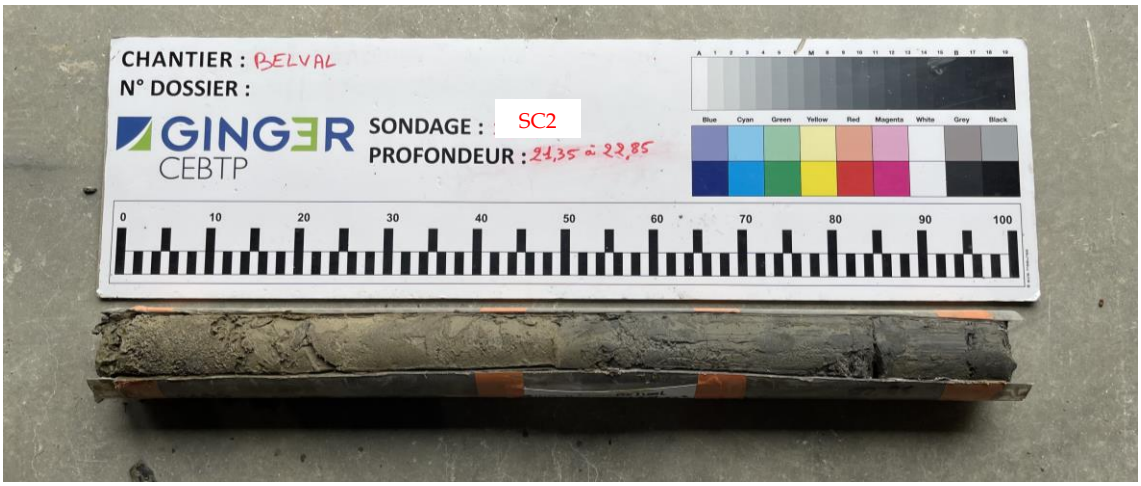
Sondage SC2 – 16.15 à 17.65 m

Sondage SC2 – 17.65 à 19.15 m

Sondage SC2 – 19.15 à 19.85 m



Sondage SC2 – 19.85 à 21.35 m



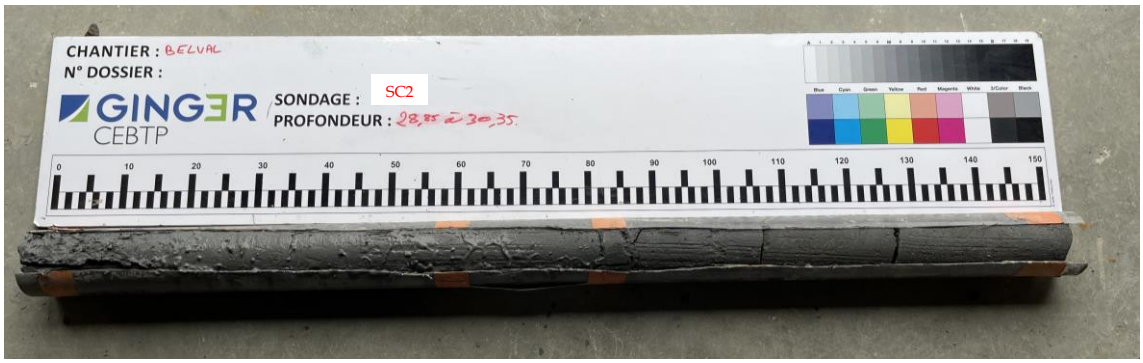
Sondage SC2 – 21.35 à 22.85 m

Sondage SC2 – 22.85 à 24.35 m

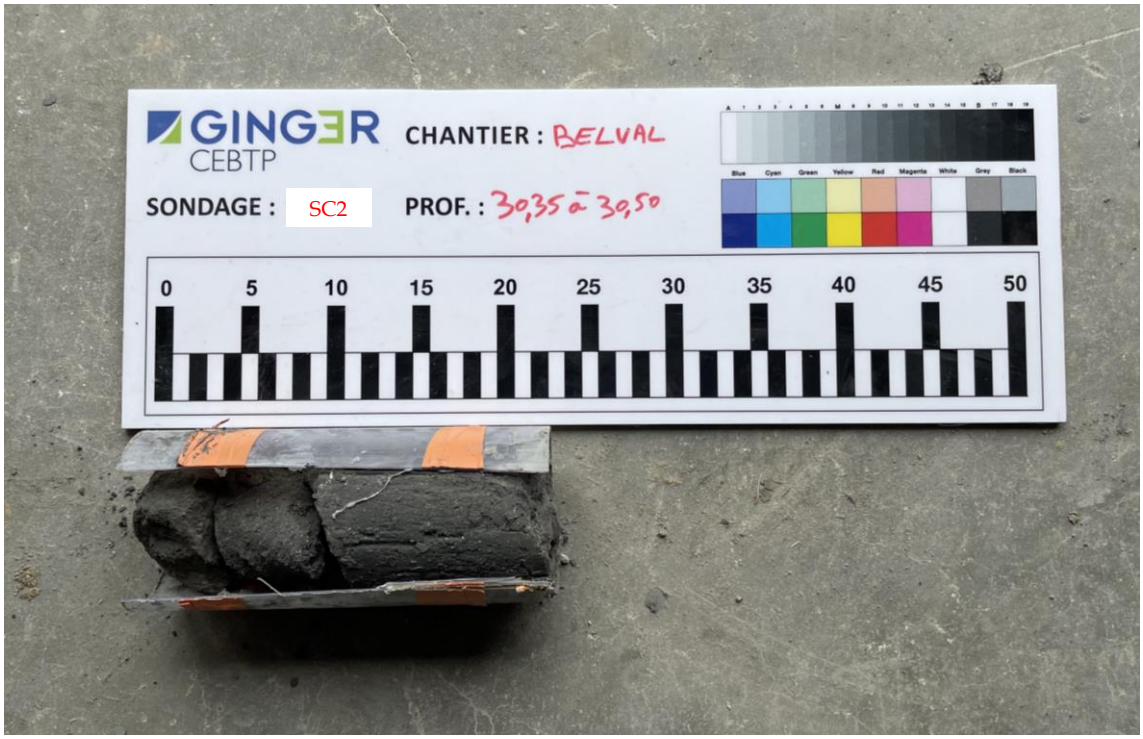
Sondage SC2 – 24.35 à 25.85 m

Sondage SC2 – 25.85 à 27.35 m

Sondage SC2 – 27.35 à 28.85 m

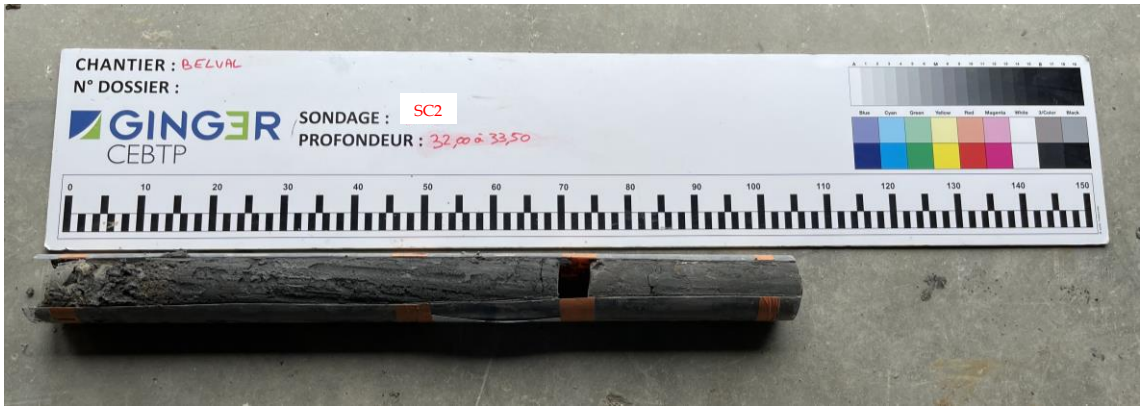


Sondage SC2 – 28.85 à 30.35 m



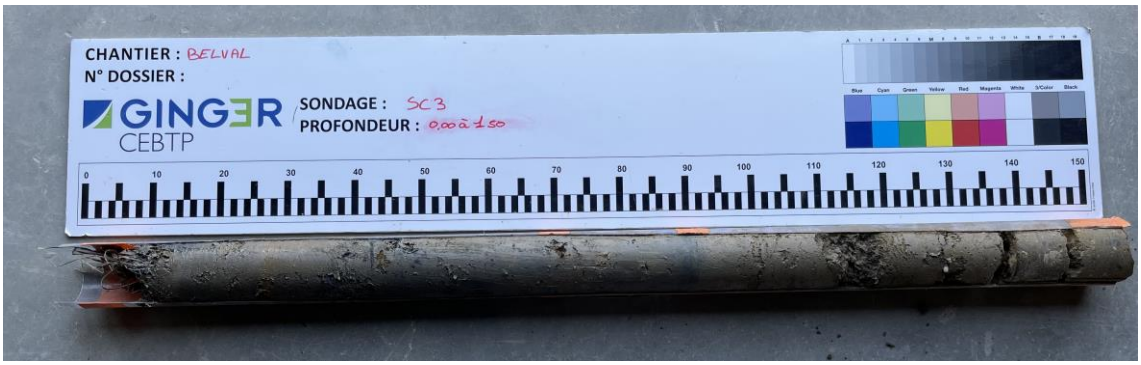
Sondage SC2 – 30.35 à 30.50 m

Sondage SC2 – 30.50 à 32.00 m

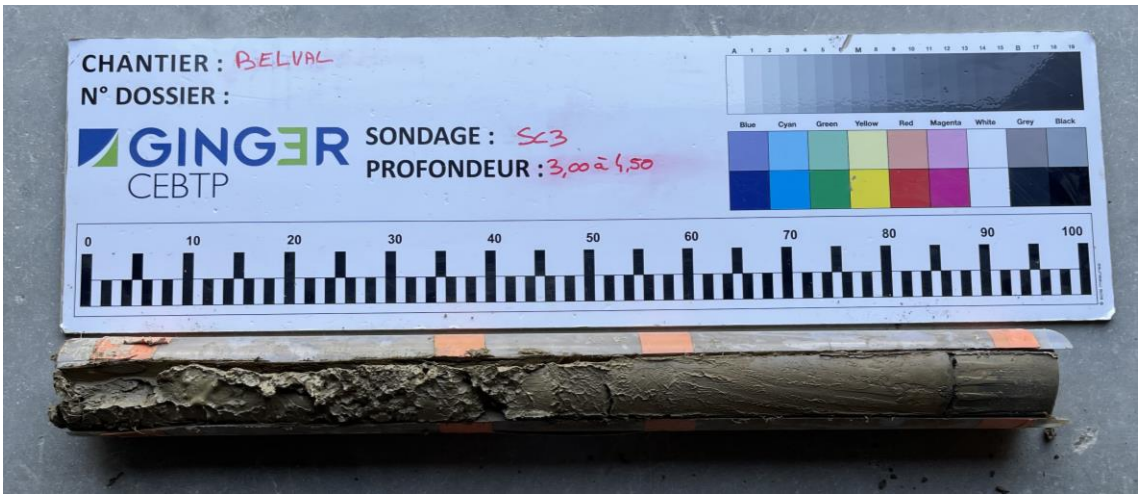


Sondage SC2 – 32.00 à 33.50 m

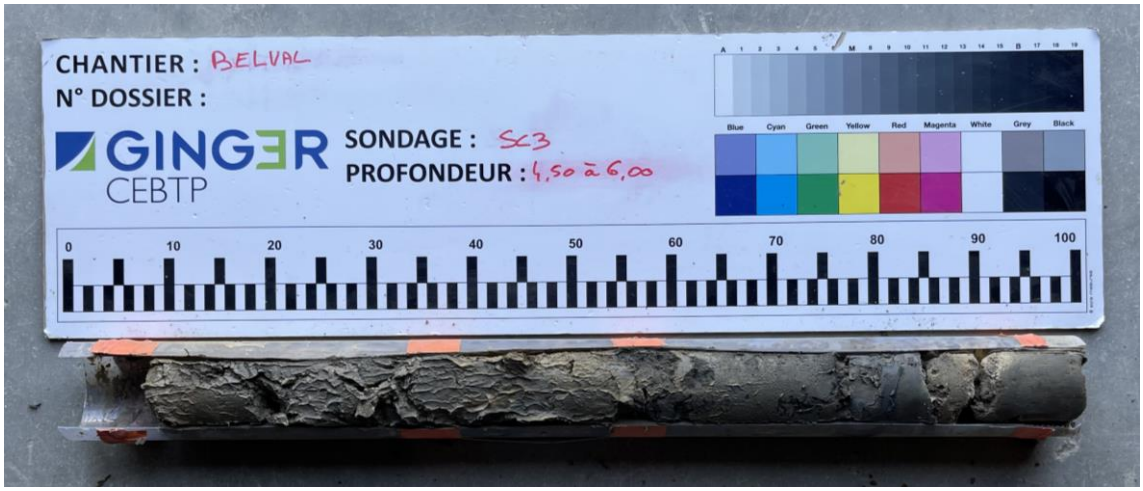
Sondage SC2 – 33.50 à 35.00 m



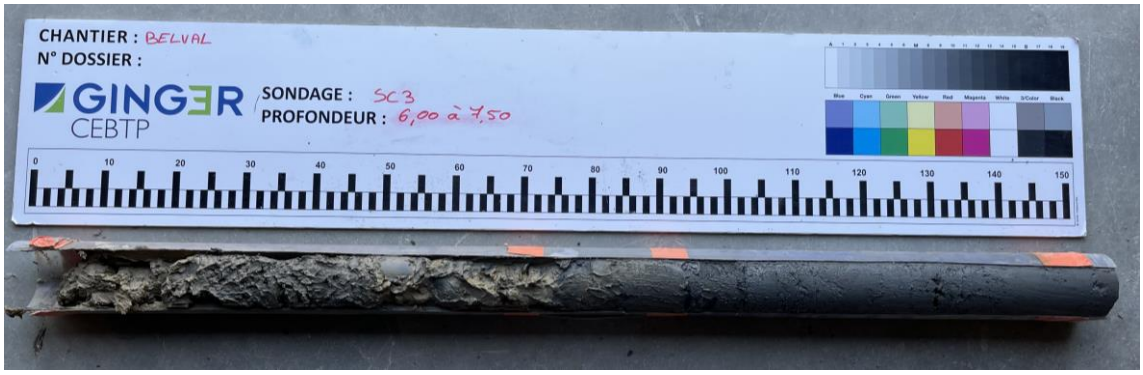
Sondage SC3 – 0 à 1.50 m



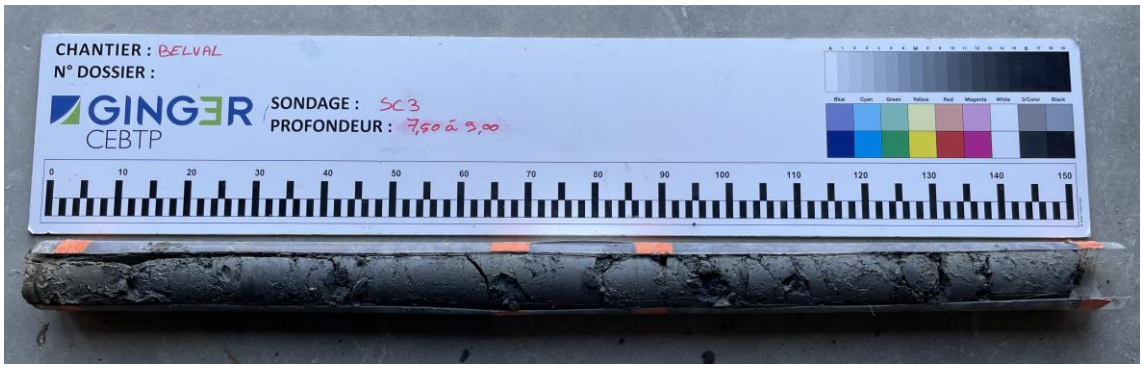
Sondage SC3 – 3.00 à 4.50 m



Sondage SC3 – 4.50 à 6.00 m



Sondage SC3 – 6.00 à 7.50 m



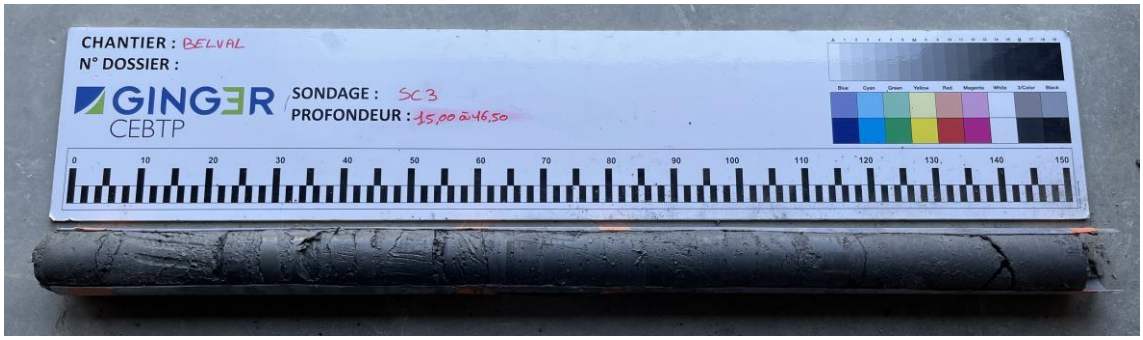
Sondage SC3 – 7.50 à 9.00 m

Sondage SC3 – 9.00 à 10.50 m

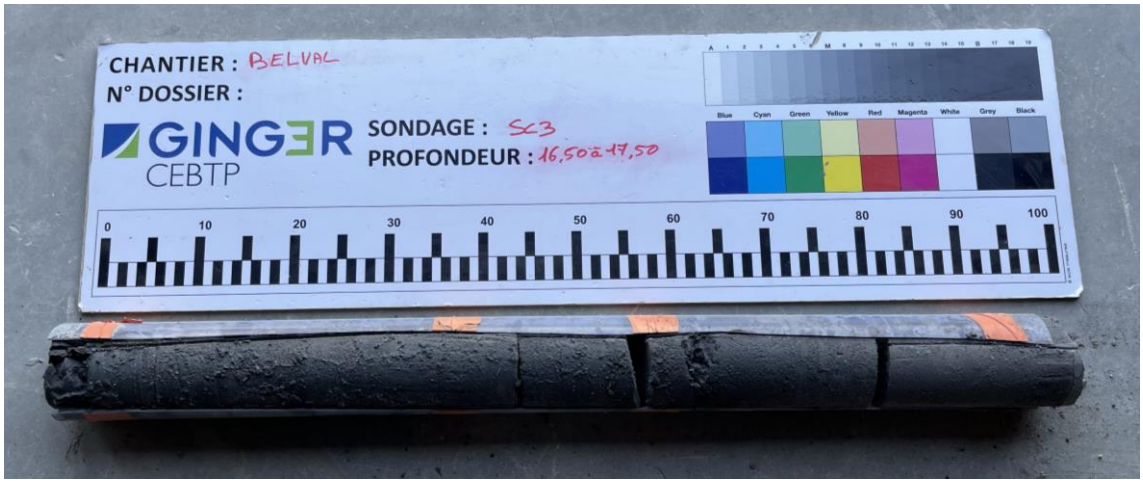
Sondage SC3 – 10.50 à 12.00 m

Sondage SC3 – 12.00 à 13.50 m

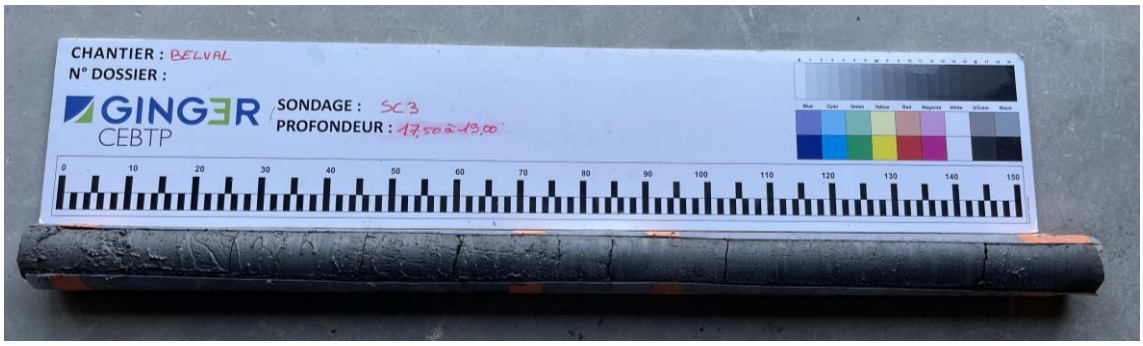
Sondage SC3 – 13.50 à 15.00 m



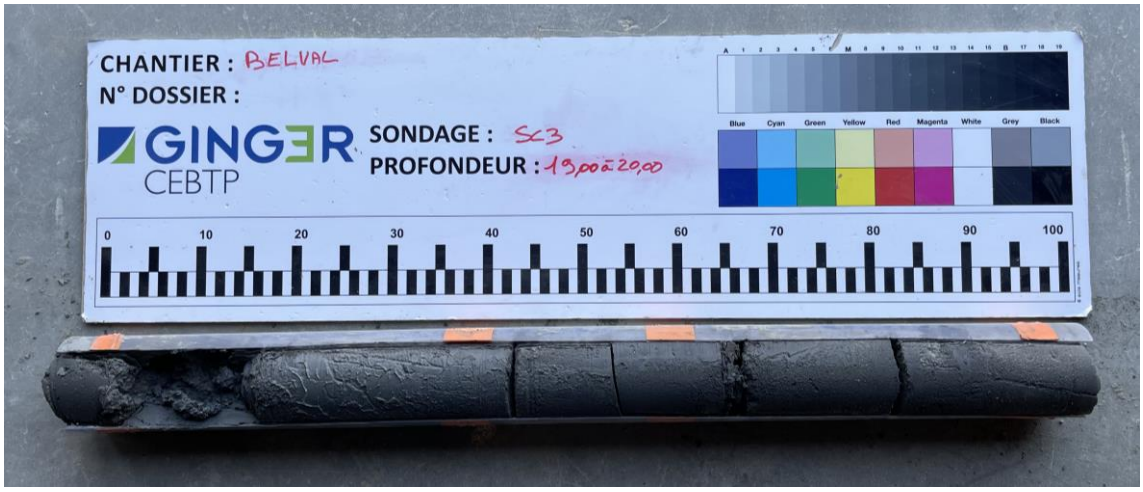
Sondage SC3 – 15.00 à 16.50 m



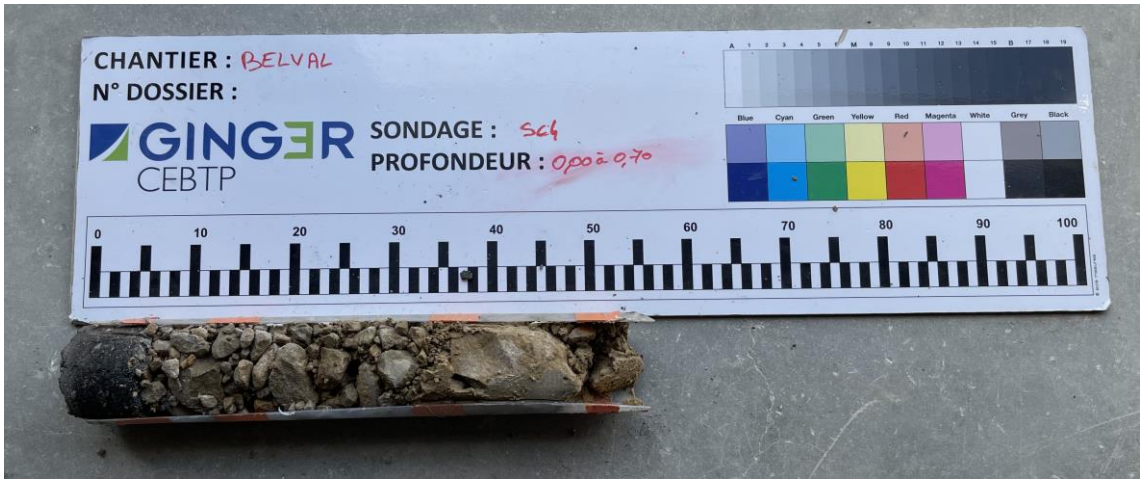
Sondage SC3 – 16.50 à 17.50 m



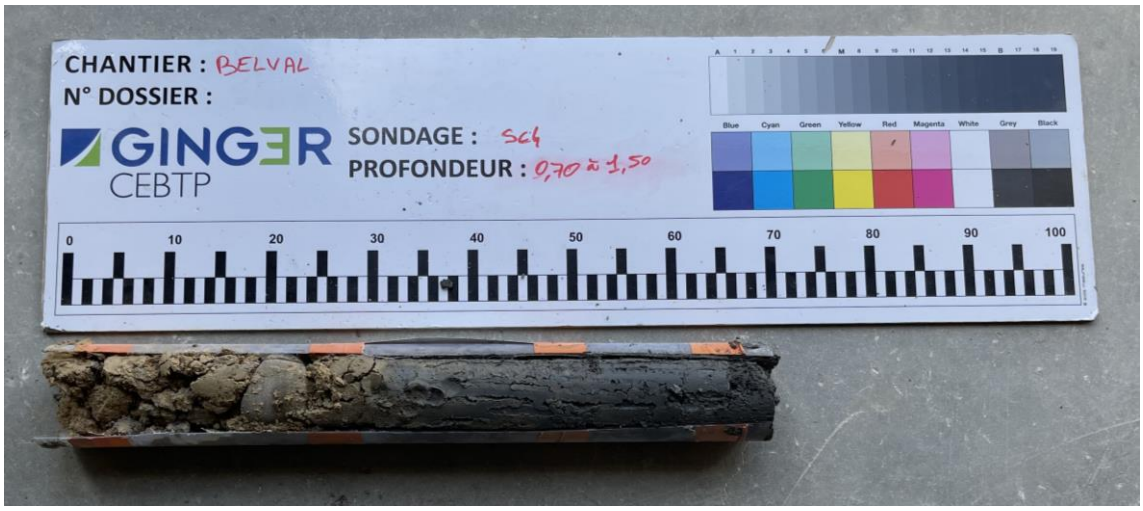
Sondage SC3 – 17.50 à 19.00 m



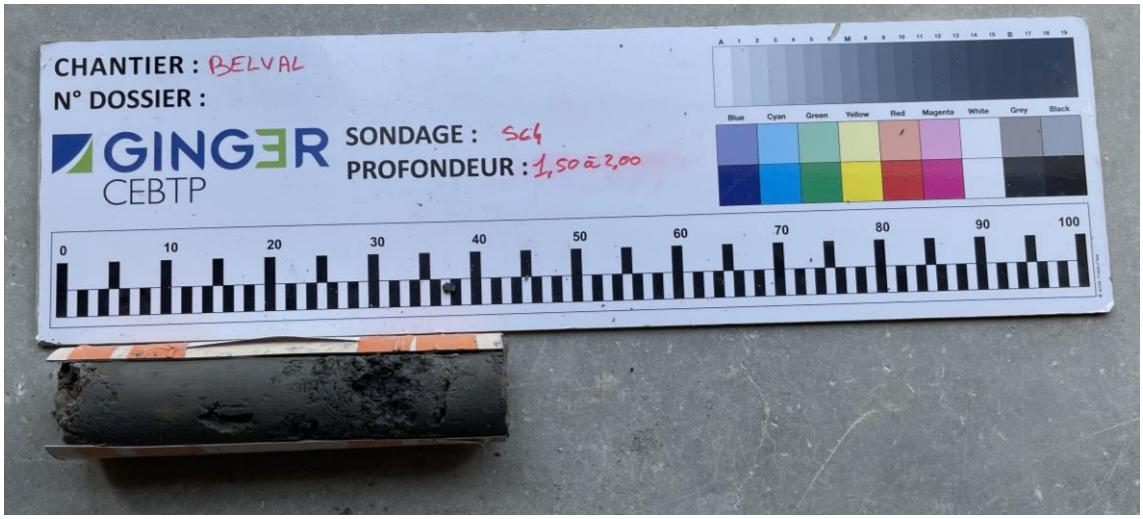
Sondage SC3 – 19.00 à 20.00 m



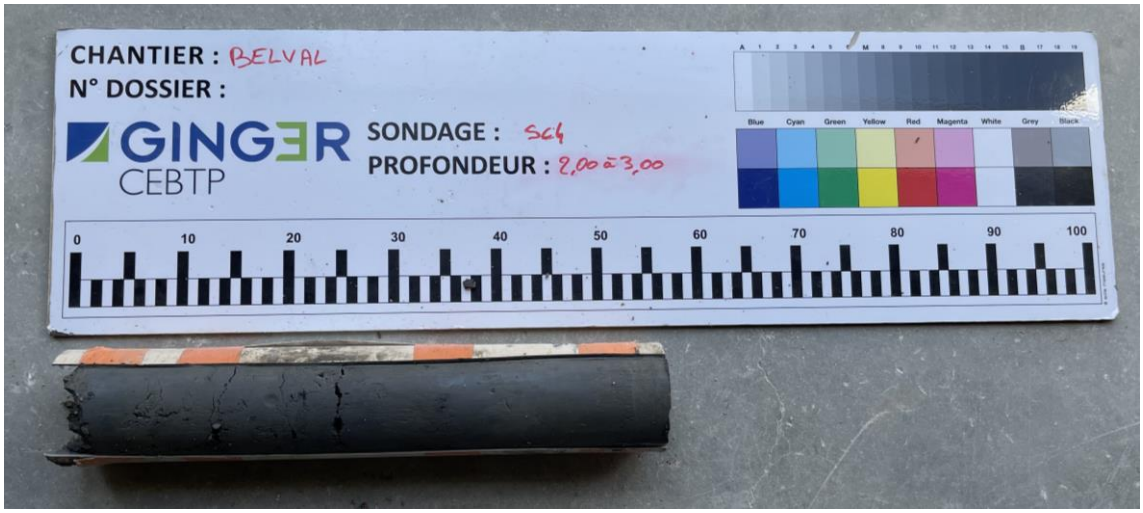
Sondage SC4 – 0 à 0.70 m



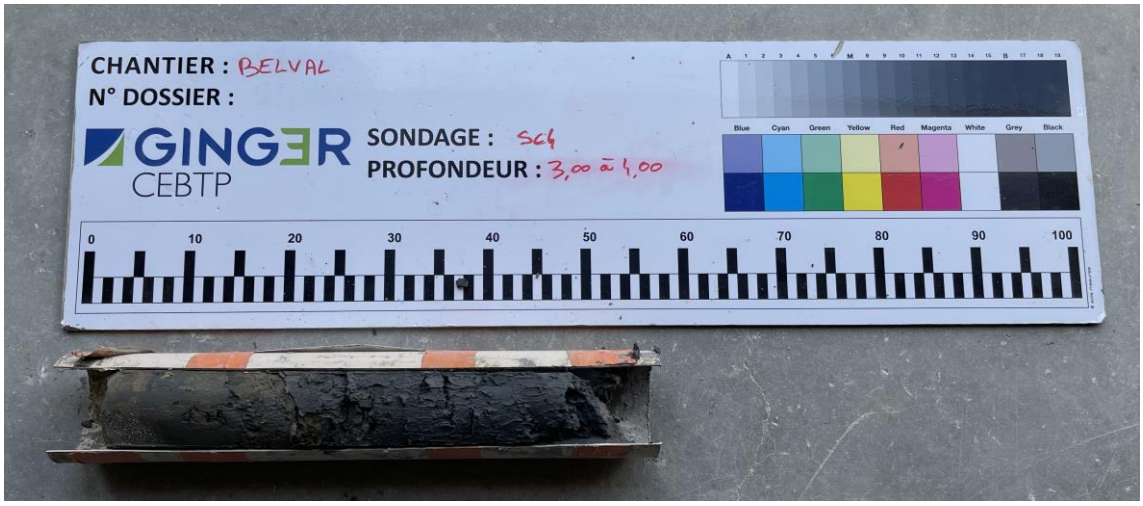
Sondage SC4 – 0.70 à 1.50 m



Sondage SC4 – 1.50 à 2.00 m

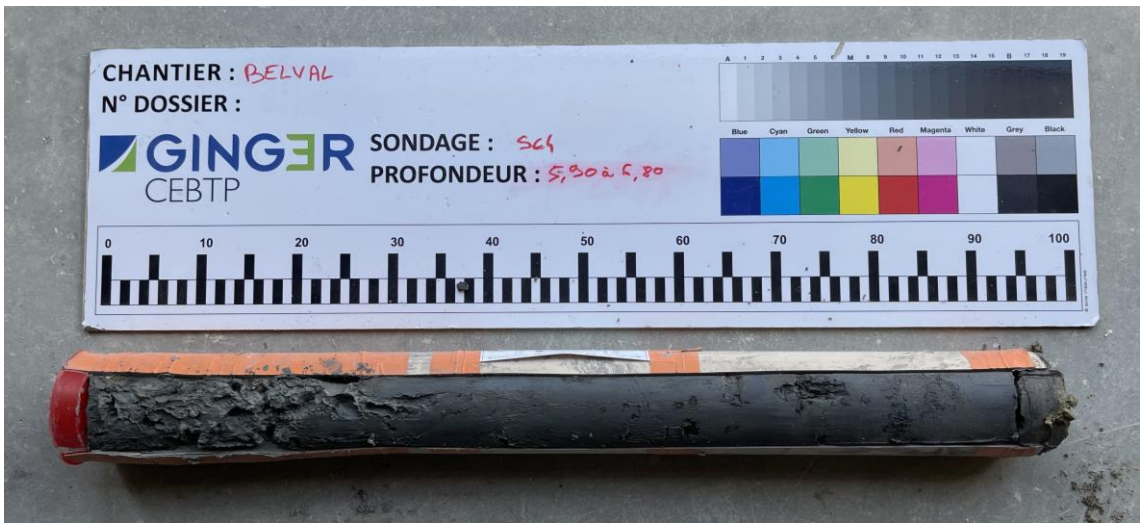


Sondage SC4 – 2.00 à 3.00 m

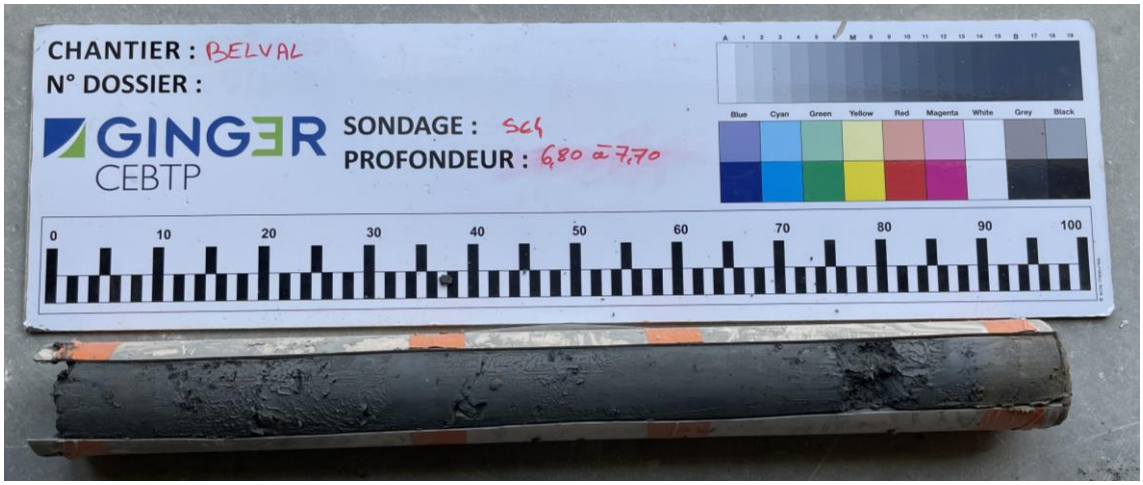


Sondage SC4 – 3.00 à 4.00 m

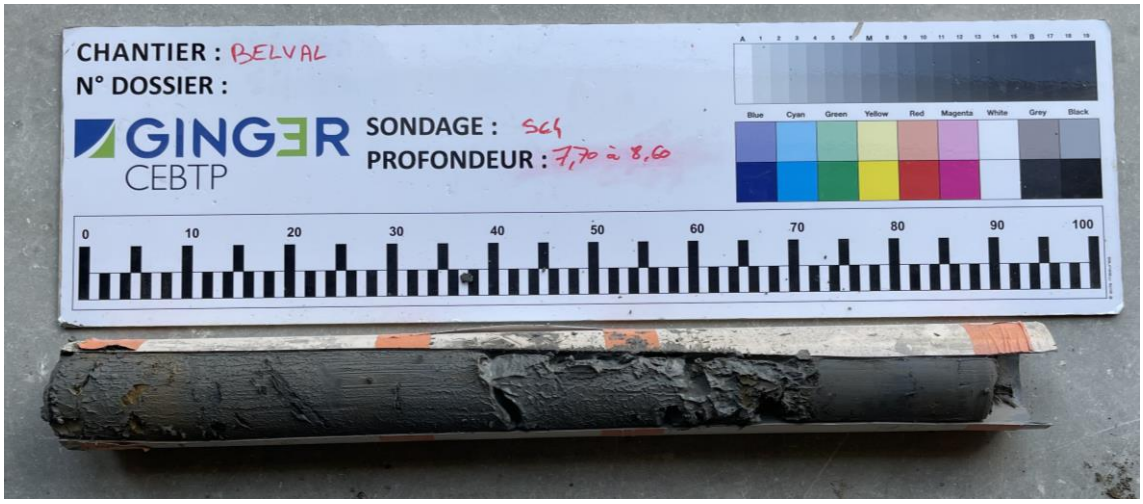
Sondage SC4 – 4.00 à 5.50 m



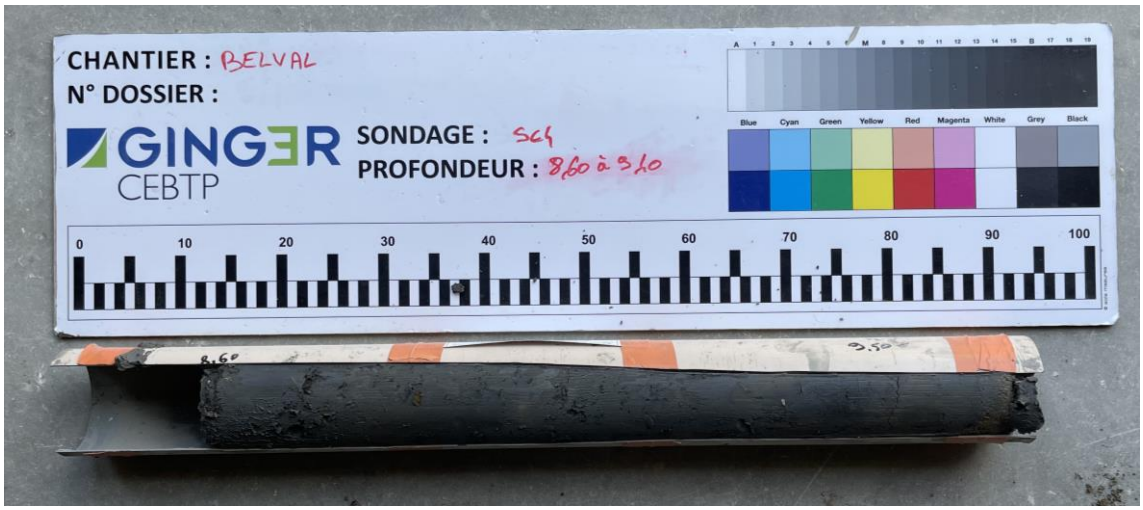
Sondage SC4 – 5.90 à 6.80 m



Sondage SC4 – 5.90 à 6.80 m

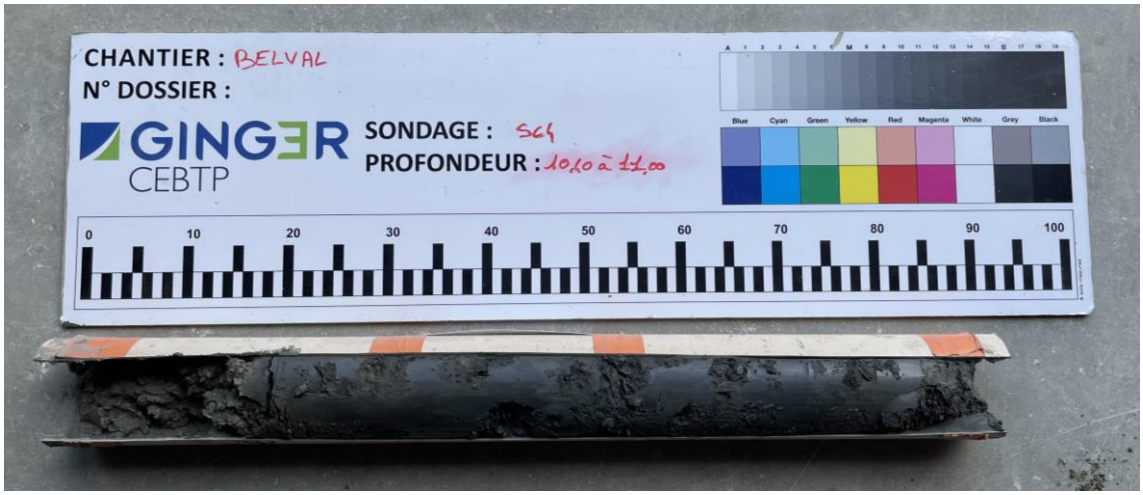


Sondage SC4 – 7.70 à 8.60 m



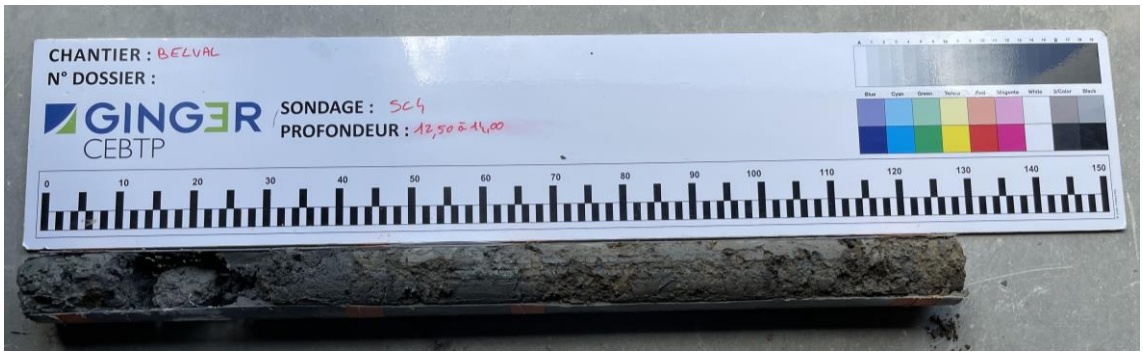
Sondage SC4 – 8.60 à 9.40 m

Sondage SC4 – 9.40 à 10.40 m

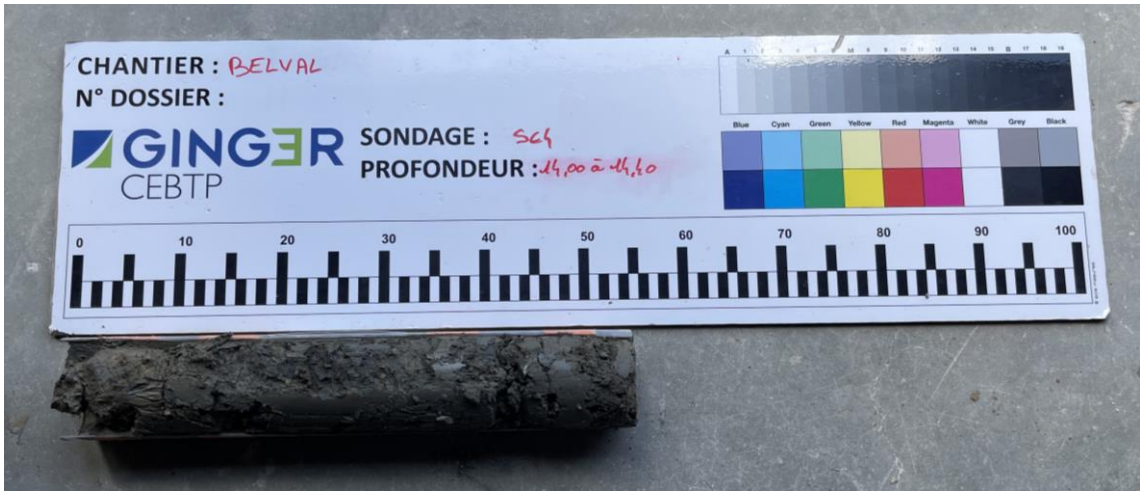


Sondage SC4 – 10.40 à 11.00 m

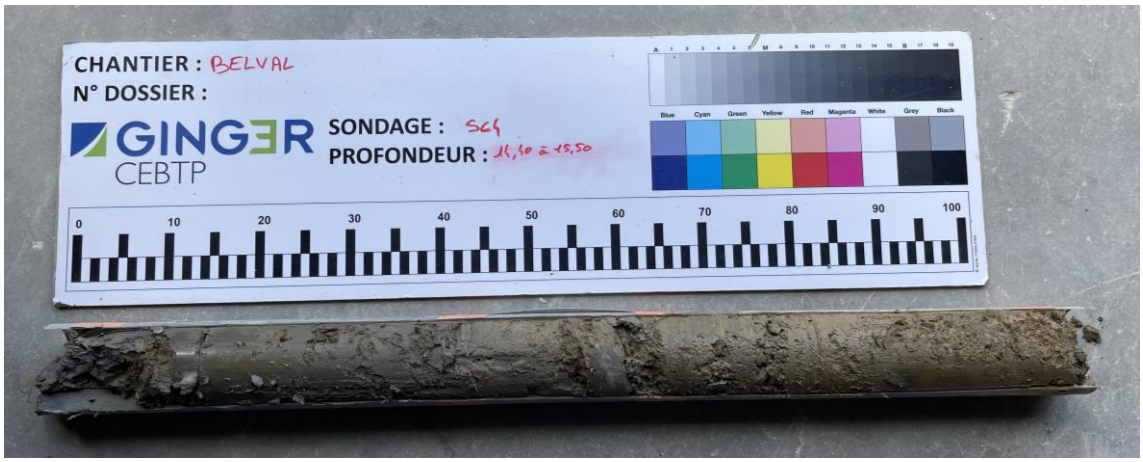
Sondage SC4 – 11.00 à 12.50 m



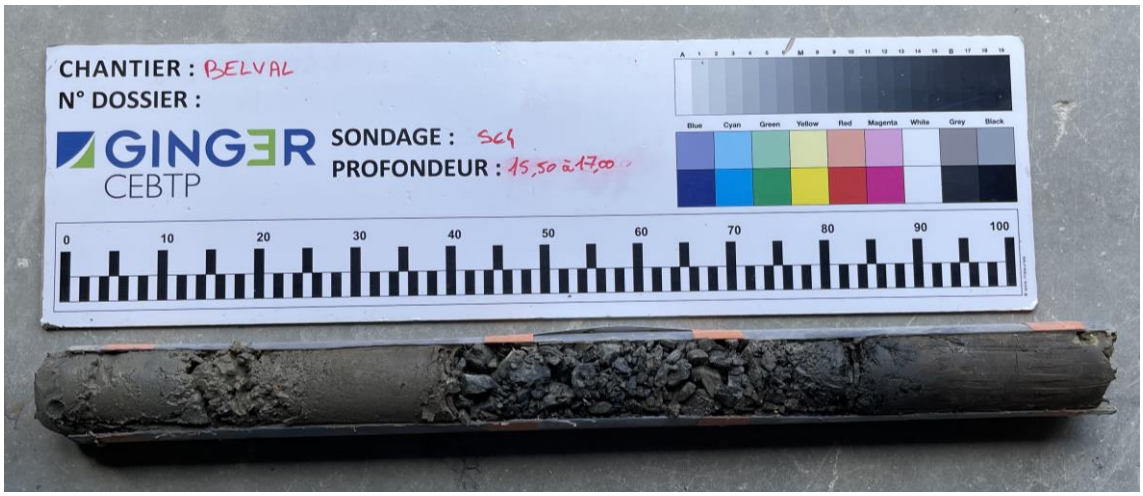
Sondage SC4 – 12.50 à 14.00 m



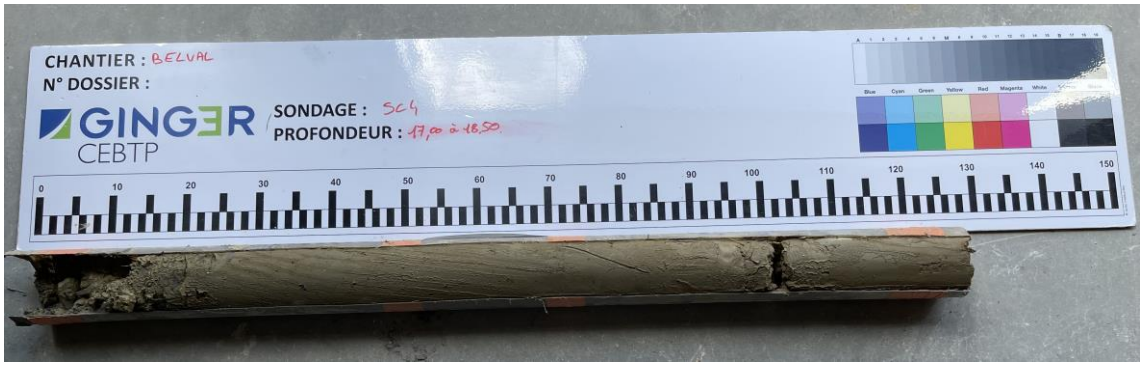
Sondage SC4 – 14.00 à 14.40 m



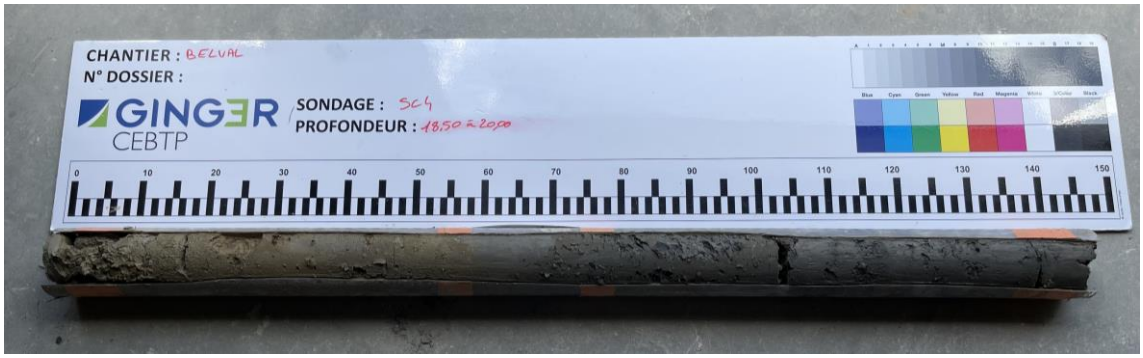
Sondage SC4 – 14.40 à 15.50 m



Sondage SC4 – 15.50 à 17.00 m

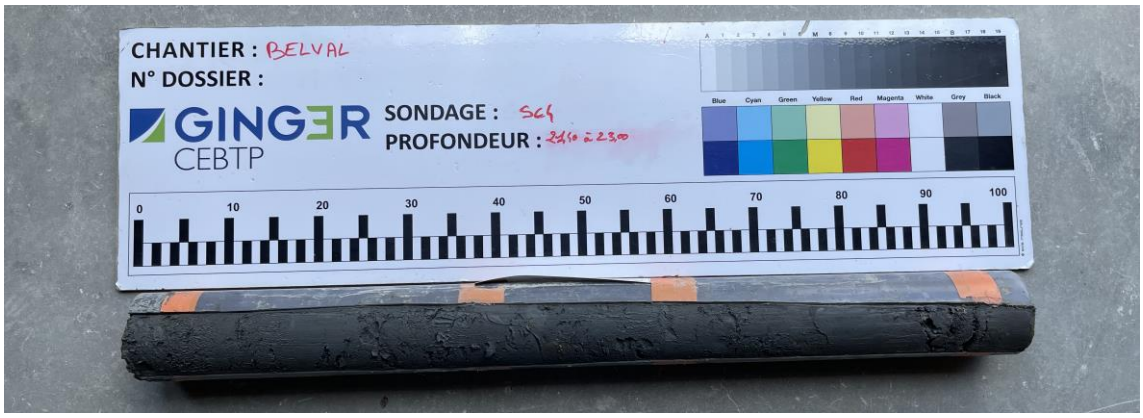


Sondage SC4 – 17.00 à 18.50 m



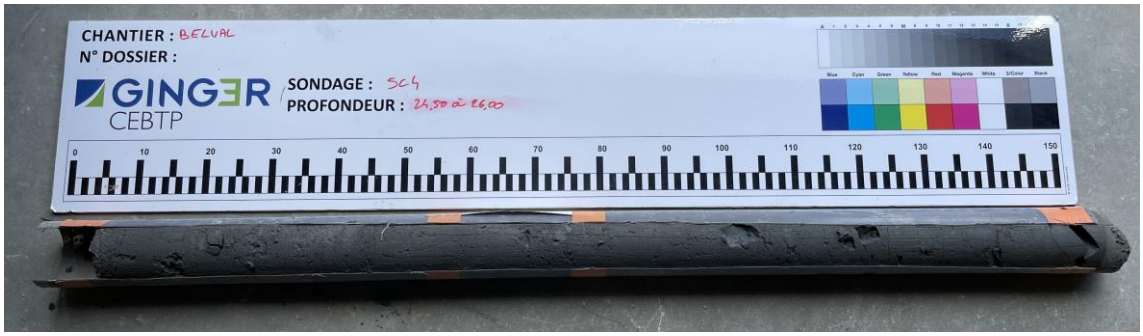
Sondage SC4 – 18.50 à 20.00 m

Sondage SC4 –20.00 à 21.40 m

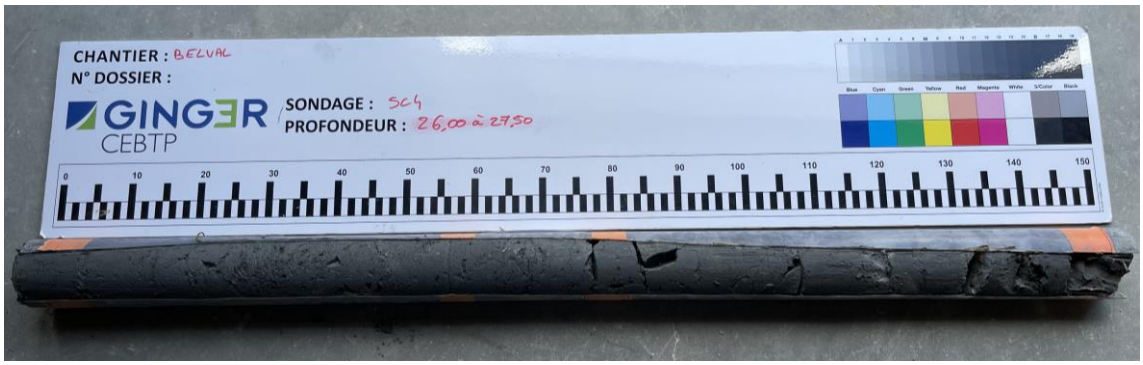


Sondage SC4 –21.40 à 23.00 m

Sondage SC4 –23.00 à 24.50 m

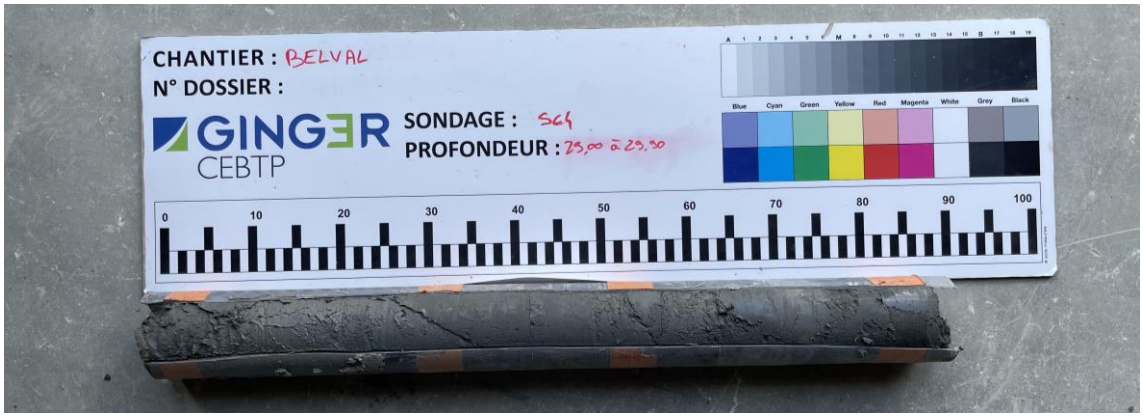


Sondage SC4 –24.50 à 26.00 m



Sondage SC4 –26.00 à 27.50 m

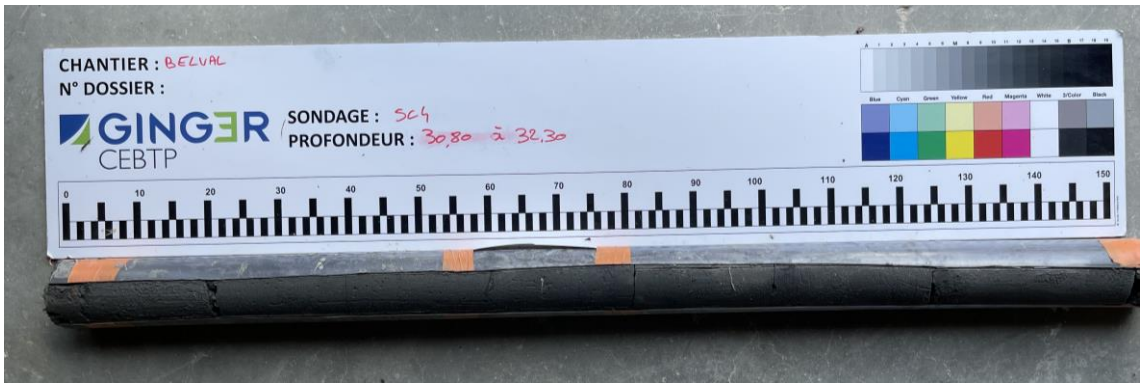
Sondage SC4 –27.50 à 29.00 m



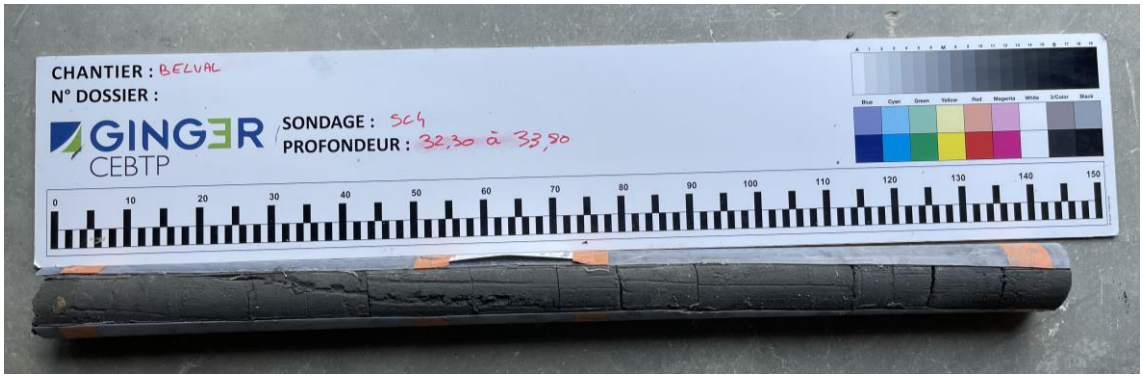
Sondage SC4 –29.00 à 29.90 m

Sondage SC4 –29.90 à 30.35 m

Sondage SC4 –30.35 à 30.80 m



Sondage SC4 –30.80 à 32.30 m



Sondage SC4 –32.30 à 33.80 m

Sondage SC4 –33.80 à 35.30 m

SONDAGE CAROTTÉ

SC1

Dossier : NRE2.L.211-003
Localité : A304 R9B Belval
Chantier : Investigations géotechniques

Client : DREAL Grand-Est
Echelle : 1/108
Machine : M321

Date début de forage : 27/06/2022
Date fin de forage : 30/06/2022
Profondeur de fin : 20.00m

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Matériel	Echantillons	Observations
0 – 7.00 m	Marnes argileuses grises à passages ocres	Non mesurable	Carottage à l'eau	Échantillons intacts	
7.00 m – 20.00 m	Marnes calcaires gris foncé compactes				

Observation :

EXGTE 3.23.3

Log pelle mécanique - E138 - V1 du 21/07/2016

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

SONDAGE CAROTTÉ — SC2

Dossier : NRE2.L.211-003
Localité : A304 R9B Belval
Chantier : Investigations géotechniques

Client : DREAL Grand-Est
Echelle : 1/189
Machine : M321

Date début de forage : 27/06/2022
Date fin de forage : 30/06/2022
Profondeur de fin : 35.00m

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Matériel	Echantillons	Observations
0 – 0.06 m	Enrobé		Carottage à l'eau	Échantillons intacts	
0.06 – 0.60 m	Grave Non Traitée				
0.60 – 20.00 m	Remblai de marnes gris foncé à passages argileux ocres et passages de blocs schisteux				
20.00 – 20.45 m	Grave D < 50 mm				Présence d'un échantillon de drain vertical à 19.70 m.
20.45 – 27.00 m	Marnes gris foncé à passages argileux ocres et passages de blocs schisteux				
27.00 – 35.00 m	Marnes calcaires gris foncé très compactes		35.00 m		

Observation :

EXGTE 3.23.3

Log pelle mécanique - E138 - V1 du 21/07/2016

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

SONDAGE CAROTTÉ

SC3

Dossier : NRE2.L.211-003
Localité : A304 R9B Belval
Chantier : Investigations géotechniques

Client : DREAL Grand-Est
Echelle : 1/108
Machine : M321

Date début de forage : 27/06/2022
Date fin de forage : 30/06/2022
Profondeur de fin : 20.00m

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Matériel	Echantillons	Observations
0 – 6.70 m	Marnes argileuses grises à passages ocres	Non mesurable	Carottage à l'eau	Échantillons intacts	
6.70 m – 20.00 m	Marnes calcaires gris foncé compactes				

Observation :

EXGTE 3.23.3

Log pelle mécanique - E138 - V1 du 21/07/2016

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

SONDAGE CAROTTÉ

SC4

Dossier : NRE2.L.211-003
Localité : A304 R9B Belval
Chantier : Investigations géotechniques

Client : DREAL Grand-Est
Echelle : 1/189
Machine : M321

Date début de forage : 20/06/2022
Date fin de forage : 23/06/2022
Profondeur de fin : 35.00m

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Matériel	Echantillons	Observations
0 – 0.08 m	Enrobé		Carottage à l'eau 1.50 m	Échantillons intacts	
0.08 – 0.76 m	Grave Non Traitée		Carottage battu 4.00 m		
0.76 – 16.00 m	Remblai de marnes gris foncé compactes à passages argileux ocres et passages de blocs schisteux		Carottage à l'eau 5.50 m; Carottage battu 12.50 m		
16.00 – 16.40 m	Grave D < 50 mm				
16.40 – 19.00 m	Argile ocre à passages schisteux				
19.00 – 35.00 m	Marnes calcaires gris foncé très compactes		Carottage à l'eau 35.00 m		

Observation :

EXGTE 3.23.3

Log pelle mécanique - E138 - V1 du 21/07/2016

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Contrat NRE2.L.211-003

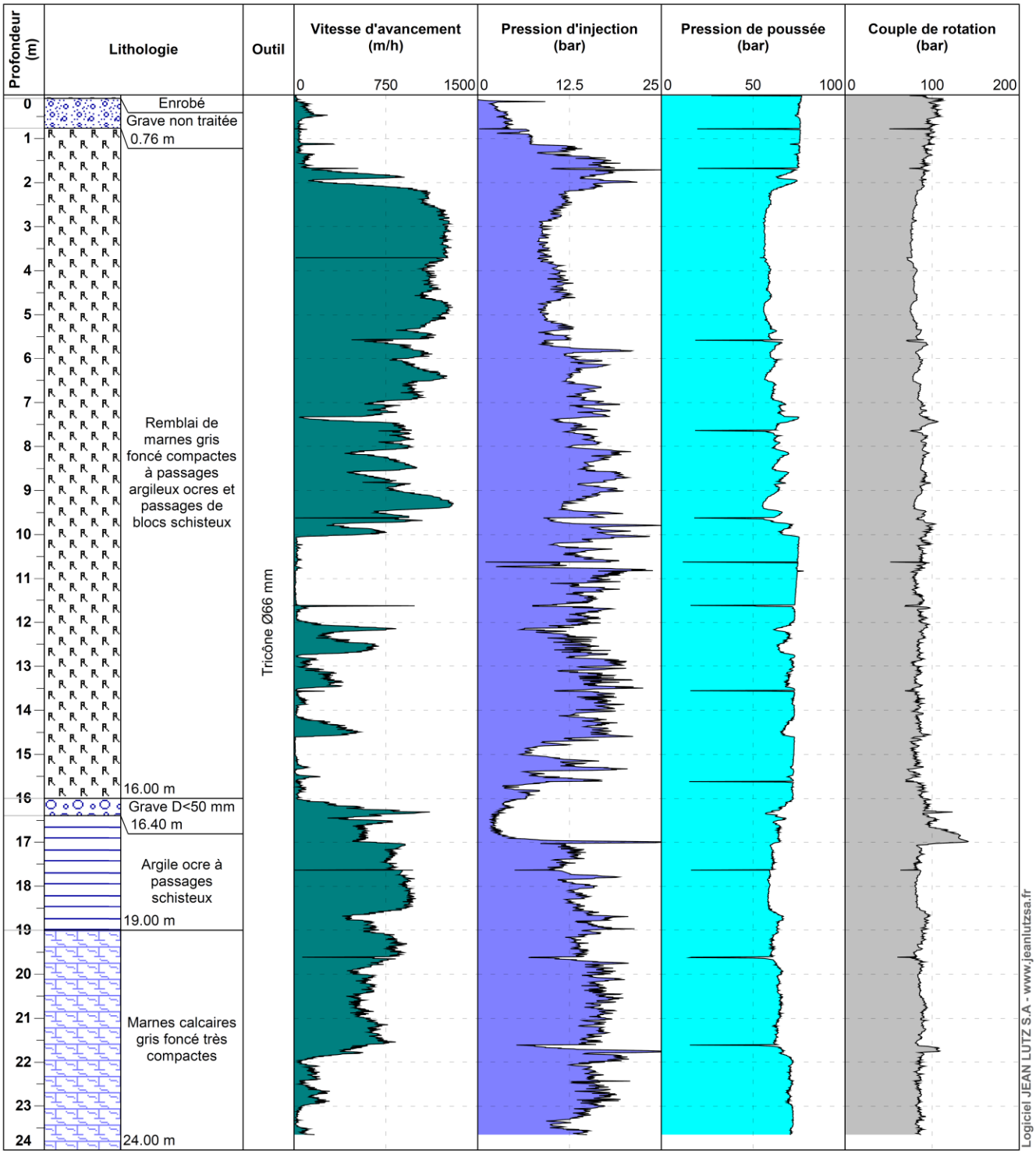
Belval

Date	: 12/07/2022	Cote NGF	: 192.12	Profondeur	: 0.00 - 24.00 m
Heure début	: 13:41	Machine	: M321	X	: E 4° 37.1351
Heure fin	: 14:12	Angle	: DREAL GRAND EST	Y	: N 49° 46.5494

1/116

Forage : SC4

EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

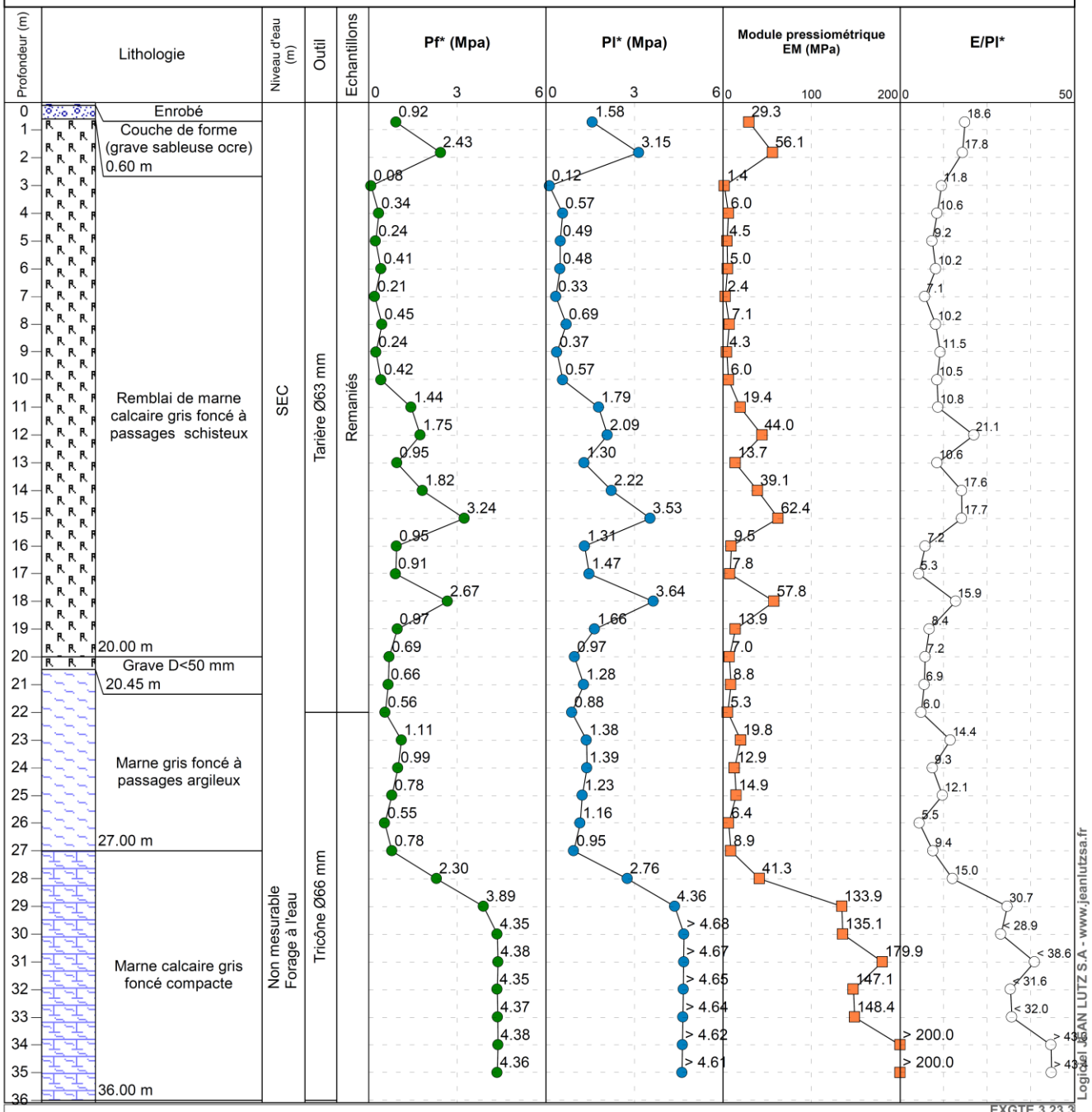


SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP1

Dossier : NRE2.L.211-003
Localité : A304 - Belval (08)
Chantier : Investigations géotechniques

Client : DREAL Grand-Est
Echelle : 1/194
Machine : M321

Date début de forage : 30/06/2022
Date fin de forage : 11/07/2022
Profondeur de fin : 36.00m



Observation :

Log pressiométrique - E158-1 V0 du 21/07/2016

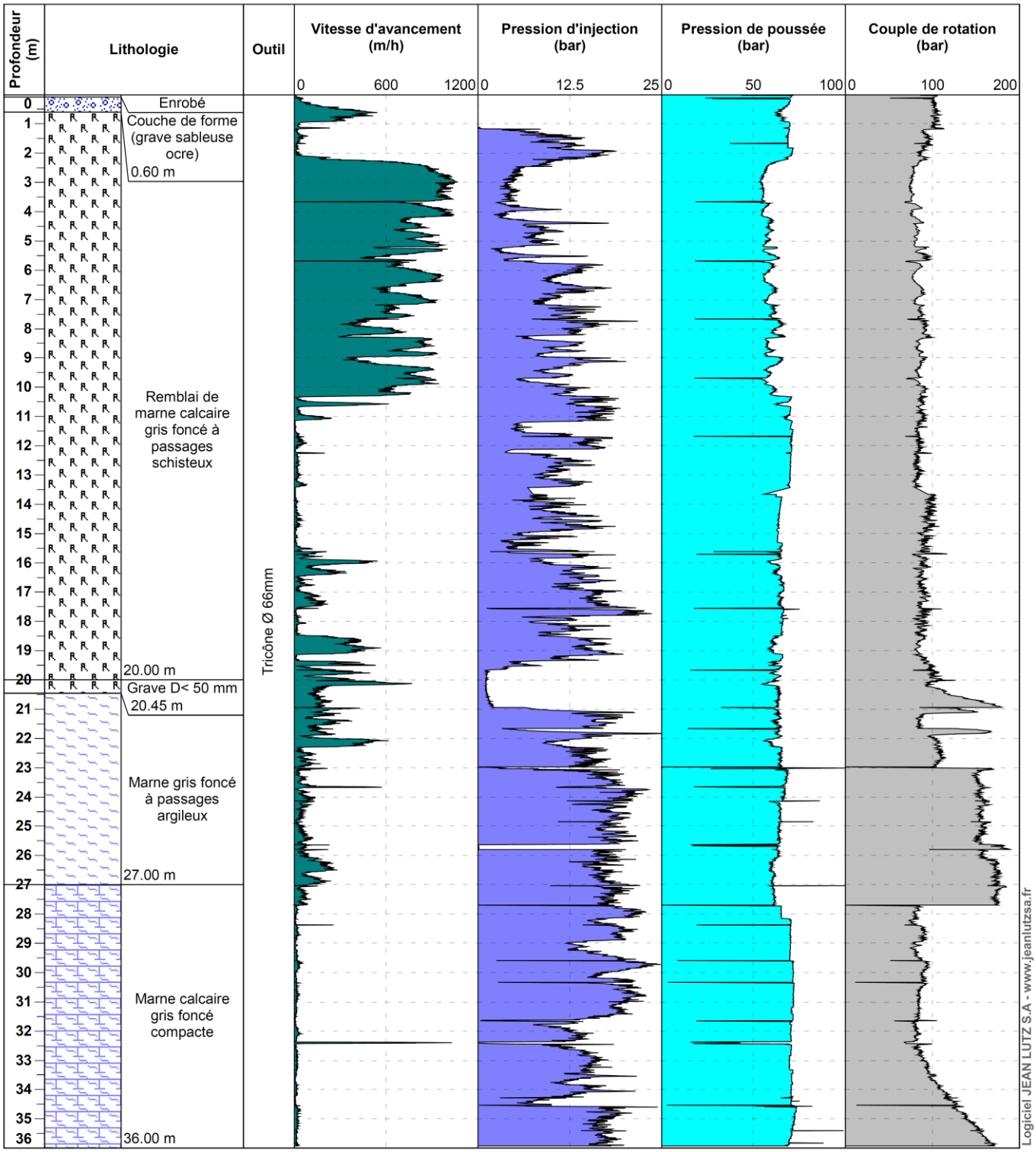
Contrat NRE2.L.211-003

Investigations géotechniques

Date	: 12/07/2022	Cote NGF	: 191.24	Profondeur	: 0.00 - 36.00 m
Heure début	: 10:59	Machine	: M321	X	: E 4° 37.1770
Heure fin	: 11:20	Angle	: DREAL GRAND EST	Y	: N 49° 46.5299

Forage : SP1

EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

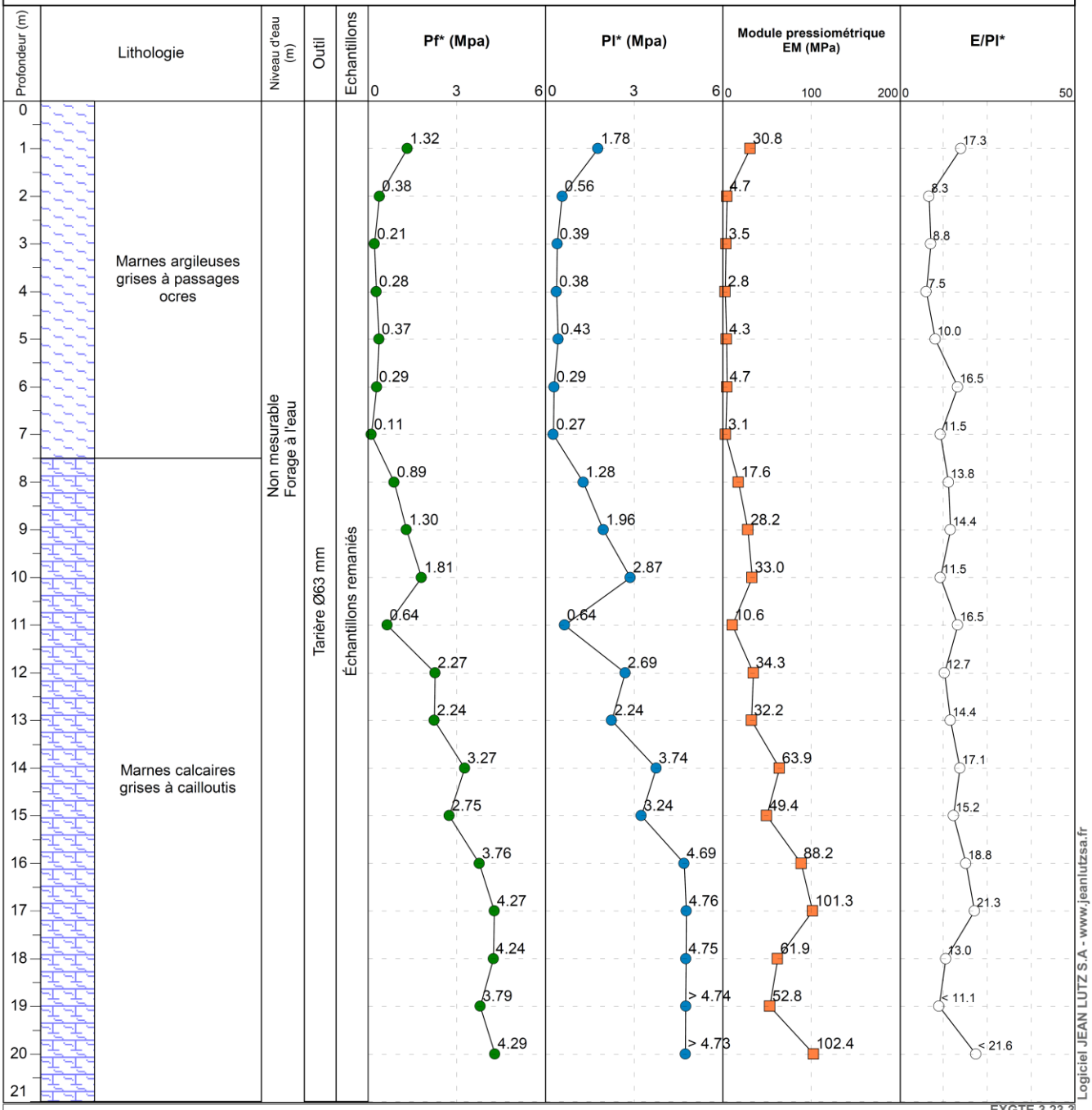


SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP2

Dossier : NRE2.L.211-03
Localité : A304 R9B - Belval (08)
Chantier : Investigations géotechniques

Client : DREAL Grand-Est
Echelle : 1/113
Machine : M249

Date début de forage : 22/06/2022
Date fin de forage : 24/06/2022
Profondeur de fin : 21.00m



Observation :

Log pressiométrique - E158-1 V0 du 21/07/2016

GINGER CEBTP

SONDAGE DESTRUCTIF PZ1

Chantier : BELVAL - R9B A304

Client : DREAL GRAND EST
Dossier : NRE2.L.211-003

annexe:

Ech.Prof: 1/100°

date travaux: 11/07/2022

Prof. (m)	Outils	Tubage	Etages	COUPE Prof	NGF	Description des sols	Piezomètre	Echant.	équipement Piezo et observations
				0.60		Couche de forme GNT			bouche à clé en tête sur massif de scellement.
1									bouchon étanche avec Coulis de ciment bentonite de 0.5 à 1.0 m.
2									gravillons drainants à partir de 1.00 m
3									début crépine à 1 m.
4									
5									
6									
7									
8									
9	Tricône Ø66 mm								
10						Remblai de marnes gris foncé à passages argileux ocres et passages de blocs schisteux			tube crépiné sur H=17.60 m
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									tube piezo PVC diamètre Int. 51 mm longueur 18.6 m.
18		PW							fin crépine à 18.6 m.
19				19.00		[Arrêt du sondage]			bouchon à la base
20									

Logiciel SONDAGE32 - Version 4.0 du 28-09-2016 -- [DQ.E137 - V.1 du 28/09/2016]

Sondeuse: M321

Observations : /

Nappe : /
à la date du sondage

Edité le 10/11/2022

Contrat NRE2.L.211-003

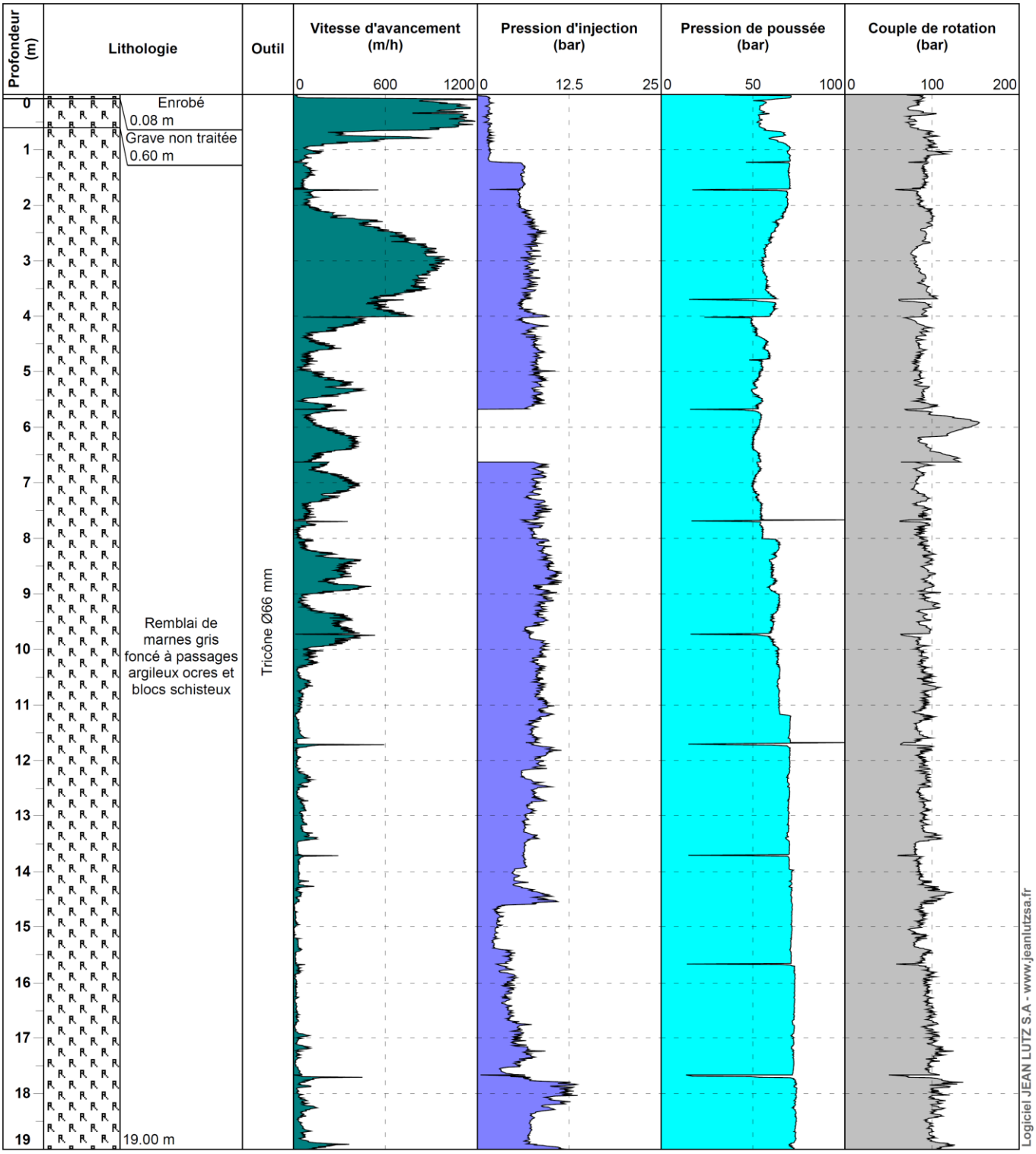
Belval

Date	: 12/07/2022	Cote NGF	: 191.22	Profondeur	: 0.00 - 19.00 m
Heure début	: 11:26	Machine	: M321	X	: E 4° 37.1779
Heure fin	: 12:16	Angle	: DREAL GRAND EST	Y	: N 49° 46.5298

1/92

Forage : PZ1

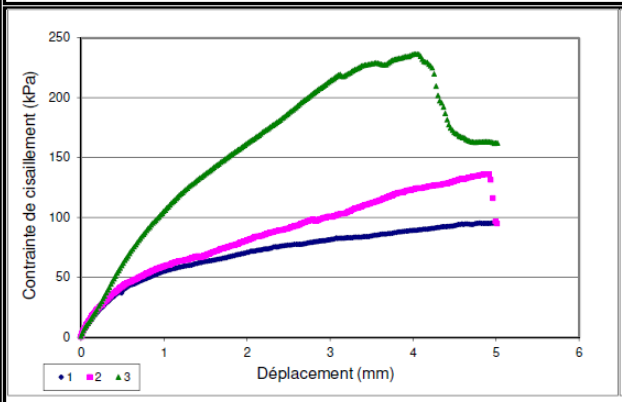
EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

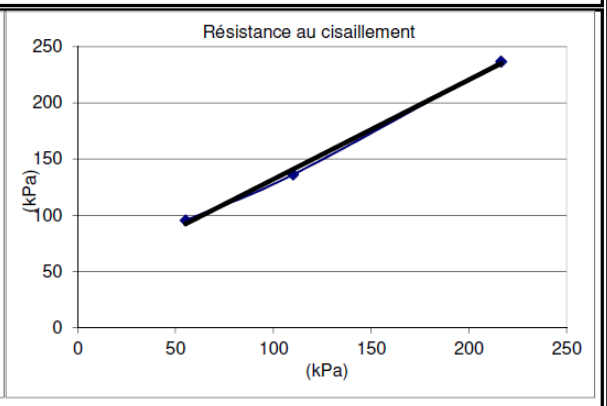


GINGER CEBTP	SERVICE GEOTECHNIQUE	**GINGER CEBTP REIMS**
	RAPPORT D'ESSAIS - CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT Contraintes effectives (lent consolidé drainé: C' et Φ')	REIMS-E60

Client :	DREAL GRAND EST		NF P 94-071-1
Chantier :	A304 - BELVAL		
Date d'essai :	31/08/2022	**Caractéristiques de l'éprouvette**	**N° Dossier interne :**
Echantillon :	Intact	Hauteur =30.6mm Diamètre=67.7mm	**N° Dossier client :** NRE2.L.211-3
N° sondage :	SC1		**Enregist. Laboratoire :** 22NRE-1021
Profondeur :	10.0 à 10.15 m	Vitesse de cisaillement : 0.0096 mm/min	
Date de réception :	13/07/2022		ρs
Description:	Argile grise en blocs		mesuré = / kg/m3
Identification des éprouvettes de sol			estimé = 2750 kg/m3

N°	Avant essai					Après consolidation		Après cisaillement	σ' (kPa)	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ (kg/m3)	ρd (kg/m3)	w (%)	e	SR	ρ (kg/m3)	T100 (mn)	w (%)		τf,p (kPa)	δl f,p (mm)	τf,f (kPa)	δl f,f (mm)
1	1836	1597	15.0%	0.72	0.57	1610	2	19.3%	55	95	5.0		
2	1667	1427	16.8%	0.93	0.50	1469	2	24.7%	110	136	4.9		
3	1767	1489	18.7%	0.85	0.61	1538	2	22.8%	216	237	4.1		





Résultats	C' (kPa)		ϕ' (°)	
	C'p	C'f	ϕ'p	ϕ'f
	44		41	

Observations : /	Responsable: G.GRISOT Signature:

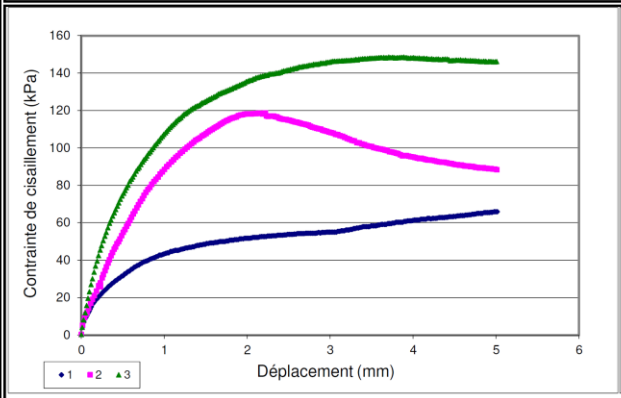
Version : 1 du 10/10/2016

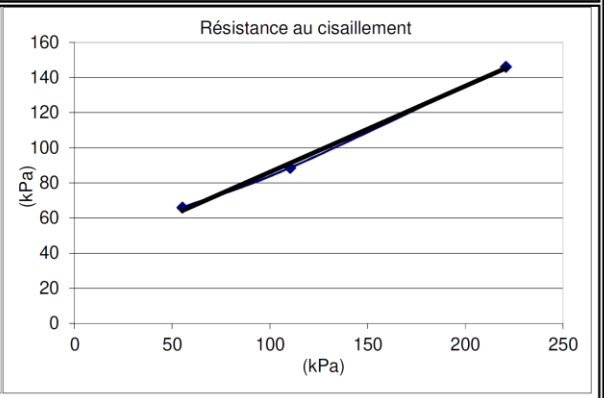
	SERVICE GEOTECHNIQUE	GINGER CEBTP REIMS
GINGER CEBTP	**RAPPORT D'ESSAIS - CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT** Contraintes effectives (lent consolidé drainé: C' et Φ')	REIMS-E60

Client :	DREAL GRAND EST		NF P 94-071-1
Chantier :	A304 - BELVAL		
Date d'essai :	01/09/2022	**Caractéristiques de l'éprouvette**	**N° Dossier client :** NRE2.L.211-3
Echantillon :	Intact	Hauteur =30.6mm Diamètre=67.7mm	**Enregist. Laboratoire :** 22NRE-1022
N° sondage :	SC2		
Profondeur :	16.55 à 16.70m	Vitesse de cisaillement : 0.0096 mm/min	ρs
Date de réception :	13/07/2022		mesuré = / kg/m3
Description:	Argile Marron		estimé = 2750 kg/m3

Identification des éprouvettes de sol

N°	Avant essai					Après consolidation		Après cisaillement	σ' (kPa)	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ (kg/m3)	ρd (kg/m3)	w (%)	e	SR	ρ (kg/m3)	T100 (mn)	w (%)		τf,p (kPa)	δl f,p (mm)	τf,f (kPa)	δl f,f (mm)
1	1514	1173	29.0%	1.34	0.59	1175	2	35.4%	55			66	5.0
2	1636	1270	28.8%	1.17	0.68	1275	2	31.4%	110			89	5.0
3	1563	1212	29.0%	1.27	0.63	1227	2	32.1%	221			146	5.0





Résultats	C' (kPa)		ϕ' (°)	
	C'p	C'f	ϕ'p	ϕ'f
		37		26

Observations : /

Responsable: G.GRISOT

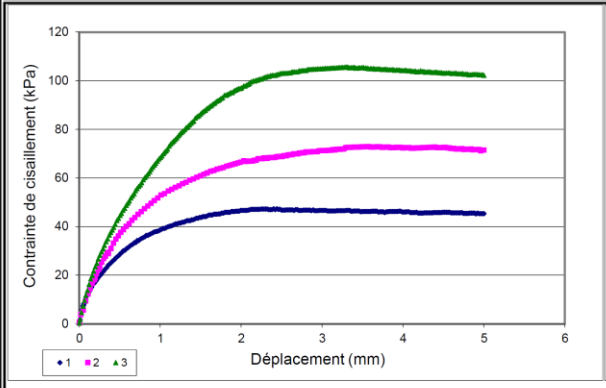
Signature:

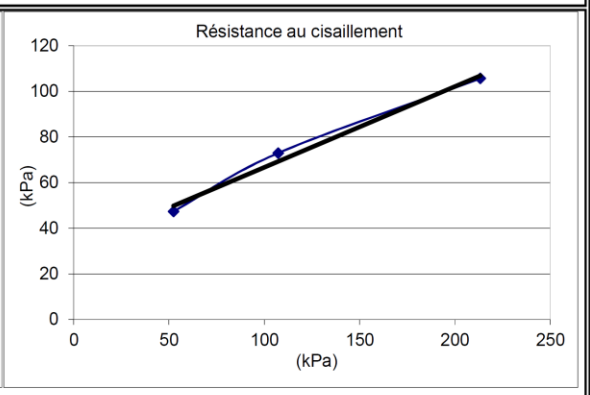
Version : 1 du 10/10/2016

	SERVICE GEOTECHNIQUE	GINGER CEBTP REIMS
GINGER CEBTP	**RAPPORT D'ESSAIS - CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT** Contraintes effectives (lent consolidé drainé: C' et Φ')	REIMS-E60

Client :	DREAL GRAND EST		NF P 94-071-1
Chantier :	A304 - BELVAL		
Date d'essai :	01/09/2022	**Caractéristiques de l'éprouvette**	**N° Dossier interne :**
Echantillon :	Intact	Hauteur =30.6mm Diamètre=67.7mm	**N° Dossier client :** NRE2.L.211-3
N° sondage :	SC2		**Enregist. Laboratoire :** 22NRE-1022
Profondeur :	6.7 à 6.9 m	Vitesse de cisaillement : 0.0096 mm/min	
Date de réception :	13/07/2022		ρs
Description:	Argile grise		mesuré = / kg/m3
Identification des éprouvettes de sol			estimé = 2750 kg/m3

N°	Avant essai					Après consolidation		Après cisaillement	σ' (kPa)	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ (kg/m3)	ρd (kg/m3)	w (%)	e	SR	ρ (kg/m3)	T100 (mn)	w (%)		τf,p (kPa)	δl f,p (mm)	τf,f (kPa)	δl f,f (mm)
1	1719	1405	22.4%	0.96	0.64	1421	2	26.8%	52	47	2.4		
2	1712	1399	22.4%	0.97	0.64	1459	10	25.4%	107	73	3.6		
3	1690	1375	23.0%	1.00	0.63	1429	>30	25.9%	213	106	3.3		





Résultats	C' (kPa)		ϕ' (°)	
	C'p	C'f	ϕ'p	ϕ'f
	31		20	

Observations : /

Responsable: G.GRISOT

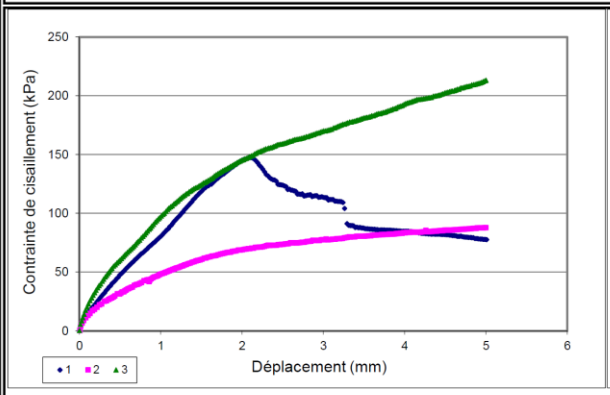
Signature:

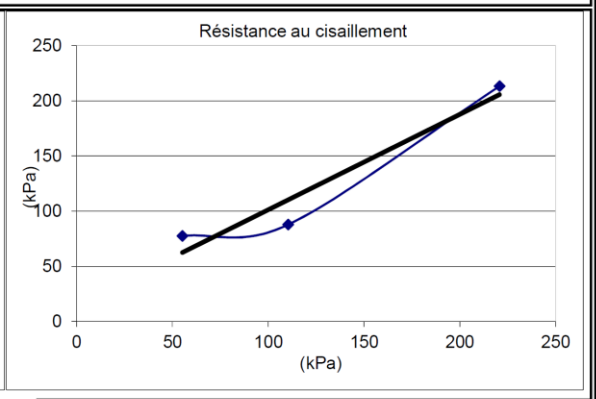
Version : 1 du 10/10/2016

GINGER CEBTP	SERVICE GEOTECHNIQUE	**GINGER CEBTP REIMS**
	RAPPORT D'ESSAIS - CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT Contraintes effectives (lent consolidé drainé: C' et Φ')	REIMS-E60

Client :	DREAL GRAND EST		NF P 94-071-1
Chantier :	A304 - BELVAL		
Date d'essai :	30/08/2022	**Caractéristiques de l'éprouvette**	**N° Dossier interne :**
Echantillon :	Intact	Hauteur =30.6mm Diamètre=67.7mm	**N° Dossier client :** NRE2.L.211-3
N° sondage :	SC2		**Enregist. Laboratoire :** 22NRE-1022
Profondeur :	19.3 à 19.5 m	Vitesse de cisaillement : 0.0096 mm/min	
Date de réception :	13/07/2022		ρs
Description:	Argile marron et schistes		mesuré = / kg/m3
Identification des éprouvettes de sol			estimé = 2750 kg/m3

N°	Avant essai					Après consolidation		Après cisaillement	σ' (kPa)	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ (kg/m3)	ρd (kg/m3)	w (%)	e	SR	ρ (kg/m3)	T100 (mn)	w (%)		τf,p (kPa)	δl f,p (mm)	τf,f (kPa)	δl f,f (mm)
1	1495	1151	29.9%	1.39	0.59	1167	2	34.2%	55			78	5.0
2	1512	1164	29.9%	1.36	0.60	1195	2	33.8%	110			88	5.0
3	1460	1130	29.2%	1.43	0.56	1172	2	33.8%	221			213	5.0





Résultats	C' (kPa)		ϕ' (°)	
	C'p	C'f	ϕ'p	ϕ'f
		15		41

Observations : /

Responsable: G.GRISOT

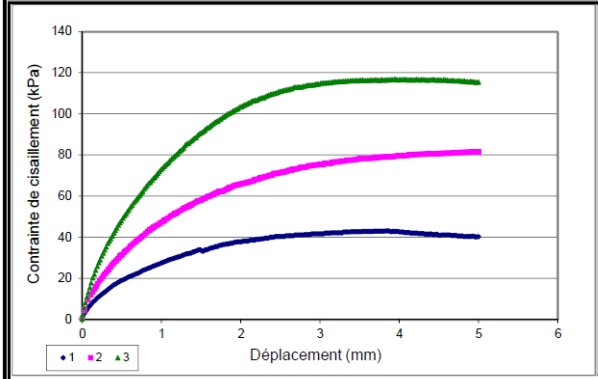
Signature:

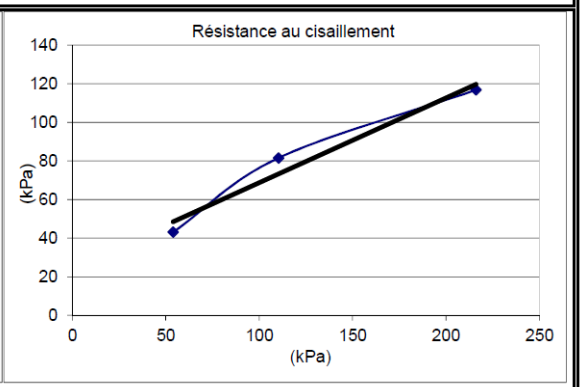
Version : 1 du 10/10/2016

	SERVICE GEOTECHNIQUE	GINGER CEBTP REIMS
GINGER CEBTP	**RAPPORT D'ESSAIS - CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT** Contraintes effectives (lent consolidé drainé: C' et Φ')	REIMS-E60

Client :	DREAL GRAND EST		NF P 94-071-1
Chantier :	A304 - BELVAL		
Date d'essai :	26/08/2022	**Caractéristiques de l'éprouvette**	**N° Dossier interne :**
Echantillon :	Intact	Hauteur =30.6mm Diamètre=67.7mm	**N° Dossier client :** NRE2.L.211-3
N° sondage :	SC3		**Enregist. Laboratoire :** 22NRE-1023
Profondeur :	0.5 à 0.7 m	Vitesse de cisaillement : 0.0096 mm/min	
Date de réception :	13/07/2022		ρs
Description:	Argile marron		mesuré = / kg/m3
Identification des éprouvettes de sol			estimé = 2750 kg/m3

N°	Avant essai					Après consolidation		Après cisaillement	σ' (kPa)	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ (kg/m3)	ρd (kg/m3)	w (%)	e	SR	ρ (kg/m3)	T100 (mn)	w (%)		τf,p (kPa)	δl f,p (mm)	τf,f (kPa)	δl f,f (mm)
1	1698	1318	28.8%	1.09	0.73	1335	10	30.1%	54	43	3.9		
2	1714	1325	29.4%	1.08	0.75	1363	10	28.4%	110	82	5.0		
3	1707	1332	28.1%	1.06	0.73	1392	25	26.9%	216	117	4.0		





Résultats	C' (kPa)		ϕ' (°)	
	C'p	C'f	ϕ'p	ϕ'f
	25		24	

Observations : /

Responsable: G.GRISOT

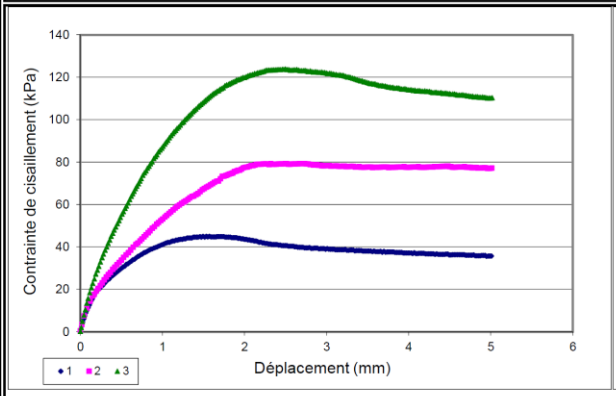
Signature:

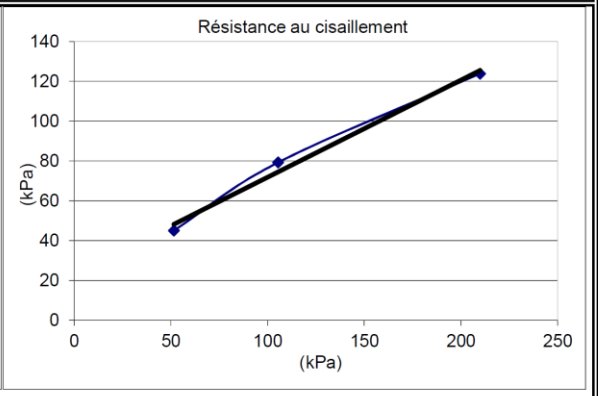
Version : 1 du 10/10/2016

	SERVICE GEOTECHNIQUE	GINGER CEBTP REIMS
GINGER CEBTP	**RAPPORT D'ESSAIS - CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT** Contraintes effectives (lent consolidé drainé: C' et Φ')	REIMS-E60

Client :	DREAL GRAND EST		NF P 94-071-1
Chantier :	A304 - BELVAL		
Date d'essai :	29/08/2022	**Caractéristiques de l'éprouvette**	**N° Dossier interne :**
Echantillon :	Intact	Hauteur =30.6mm Diamètre=67.7mm	**N° Dossier client :** NRE2.L.211-3
N° sondage :	SC4		**Enregist. Laboratoire :** 22NRE-1024
Profondeur :	2.5 à 2.75 m	Vitesse de cisaillement : 0.0096 mm/min	
Date de réception :	13/07/2022		ρs
Description:	Argile grise		mesuré = / kg/m3
Identification des éprouvettes de sol			estimé = 2750 kg/m3

N°	Avant essai					Après consolidation		Après cisaillement	σ' (kPa)	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ (kg/m3)	ρd (kg/m3)	w (%)	e	SR	ρ (kg/m3)	T100 (mn)	w (%)		τf,p (kPa)	δl f,p (mm)	τf,f (kPa)	δl f,f (mm)
1	1766	1420	24.3%	0.94	0.71	1439	10	26.3%	52	45	1.6		
2	1733	1407	23.2%	0.95	0.67	1449	10	25.4%	105	79	2.7		
3	1756	1427	23.0%	0.93	0.68	1460	25	24.2%	210	124	2.5		





Résultats	C' (kPa)		ϕ' (°)	
	C'p	C'f	ϕ'p	ϕ'f
	23		26	

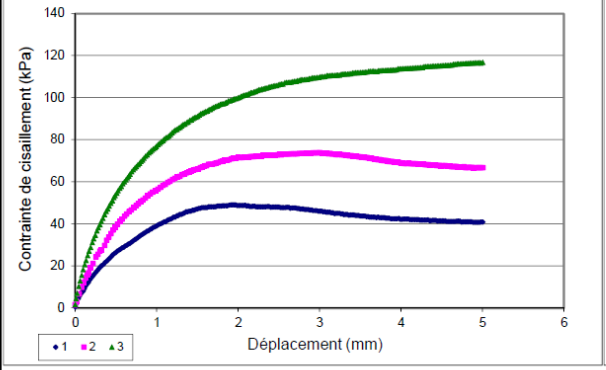
Observations : /	Responsable: G.GRISOT Signature:

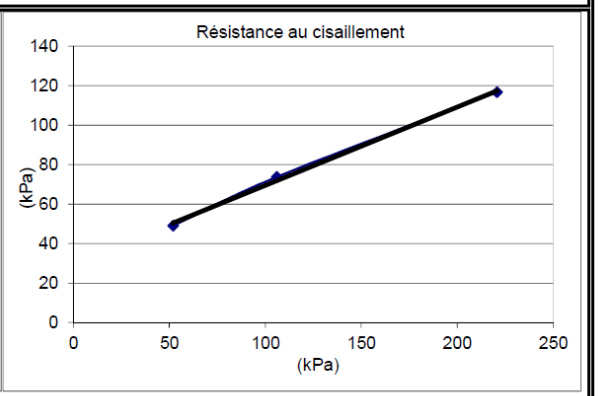
Version : 1 du 10/10/2016

GINGER CEBTP	SERVICE GEOTECHNIQUE	**GINGER CEBTP REIMS**
	RAPPORT D'ESSAIS - CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT Contraintes effectives (lent consolidé drainé: C' et Φ')	REIMS-E60

Client :	DREAL GRAND EST		NF P 94-071-1
Chantier :	A304 - BELVAL		
Date d'essai :	25/08/2022	**Caractéristiques de l'éprouvette**	**N° Dossier interne :**
Echantillon :	Intact	Hauteur =30.6mm Diamètre=67.7mm	**N° Dossier client :** NRE2.L.211-3
N° sondage :	SC4		**Enregist. Laboratoire :** 22NRE-1024
Profondeur :	6.5 à 6.75 m	Vitesse de cisaillement : 0.0096 mm/min	
Date de réception :	13/07/2022		ρs
Description:	Argile grise		mesuré = / kg/m3
Identification des éprouvettes de sol			estimé = 2750 kg/m3

N°	Avant essai					Après consolidation		Après cisaillement	σ' (kPa)	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ (kg/m3)	ρd (kg/m3)	w (%)	e	SR	ρ (kg/m3)	T100 (mn)	w (%)		τf,p (kPa)	δl f,p (mm)	τf,f (kPa)	δl f,f (mm)
1	1723	1435	20.1%	0.92	0.60	1472	10	25.5%	52	49	2.0		
2	1768	1463	20.8%	0.88	0.65	1503	10	24.9%	106	74	3.0		
3	1747	1436	21.6%	0.91	0.65	1522	>30	23.8%	221	117	5.0		





Résultats	C' (kPa)		ϕ' (°)	
	C'p	C'f	ϕ'p	ϕ'f
	30		22	

Observations : /

Responsable: G.GRISOT

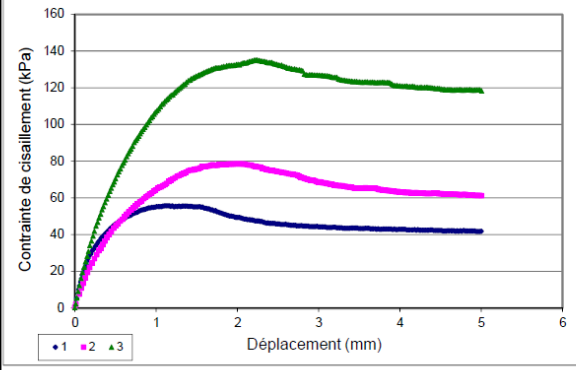
Signature:

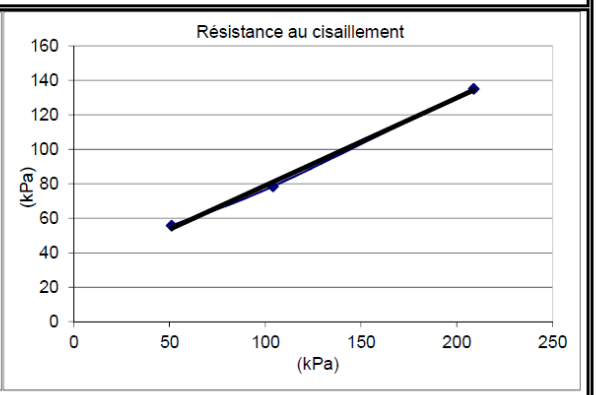
Version : 1 du 10/10/2016

GINGER CEBTP	SERVICE GEOTECHNIQUE	**GINGER CEBTP REIMS**
	RAPPORT D'ESSAIS - CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT Contraintes effectives (lent consolidé drainé: C' et Φ')	REIMS-E60

Client :	DREAL GRAND EST		NF P 94-071-1
Chantier :	A304 - BELVAL		
Date d'essai :	31/08/2022	**Caractéristiques de l'éprouvette**	**N° Dossier interne :**
Echantillon :	Intact	Hauteur =30.6mm Diamètre=67.7mm	**N° Dossier client :** NRE2.L.211-3
N° sondage :	SC4		**Enregist. Laboratoire :** 22NRE-1024
Profondeur :	9.6 à 9.8 m	Vitesse de cisaillement : 0.0096 mm/min	
Date de réception :	13/07/2022		ρs
Description:	Argile marron		mesuré = / kg/m3
Identification des éprouvettes de sol			estimé = 2750 kg/m3

N°	Avant essai					Après consolidation		Après cisaillement	σ' (kPa)	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ (kg/m3)	ρd (kg/m3)	w (%)	e	SR	ρ (kg/m3)	T100 (mn)	w (%)		τf,p (kPa)	δl f,p (mm)	τf,f (kPa)	δl f,f (mm)
1	1736	1412	23.0%	0.95	0.67	1422	2	27.0%	51	56	1.2		
2	1769	1444	22.5%	0.90	0.68	1461	2	25.6%	104	79	2.0		
3	1762	1436	22.7%	0.91	0.68	1467	5	25.1%	209	135	2.2		





Résultats	C' (kPa)		ϕ' (°)	
	C'p	C'f	ϕ'p	ϕ'f
	28		27	

Observations : /	Responsable: G.GRISOT Signature:

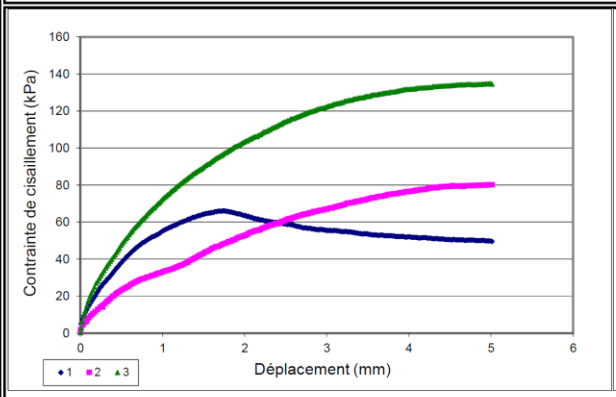
Version : 1 du 10/10/2016

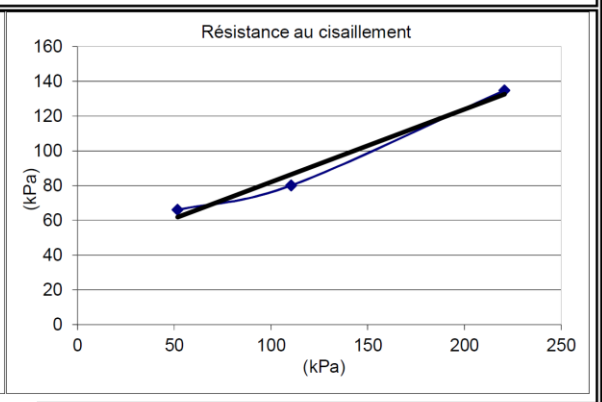
GINGER CEBTP	SERVICE GEOTECHNIQUE	**GINGER CEBTP REIMS**
	RAPPORT D'ESSAIS - CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT Contraintes effectives (lent consolidé drainé: C' et Φ')	REIMS-E60

Client :	DREAL GRAND EST		NF P 94-071-1
Chantier :	A304 - BELVAL		
Date d'essai :	25/08/2022	**Caractéristiques de l'éprouvette**	**N° Dossier interne :**
Echantillon :	Intact	Hauteur =30.6mm Diamètre=67.7mm	**N° Dossier client :** NRE2.L.211-3
N° sondage :	SC4		**Enregist. Laboratoire :** 22NRE-1024
Profondeur :	14.2 à 14.4 m	Vitesse de cisaillement : 0.0096 mm/min	
Date de réception :	13/07/2022		ρs
Description:	Argile marron		mesuré = / kg/m3
			estimé = 2750 kg/m3

Identification des éprouvettes de sol

N°	Avant essai					Après consolidation		Après cisaillement	σ' (kPa)	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ (kg/m3)	ρd (kg/m3)	w (%)	e	SR	ρ (kg/m3)	T100 (mn)	w (%)		τf,p (kPa)	δl f,p (mm)	τf,f (kPa)	δl f,f (mm)
1	1644	1302	26.3%	1.11	0.65	1307	2	32.8%	52	66	1.8		
2	1502	1189	26.4%	1.31	0.55	1218	2	32.8%	110	80	5.0		
3	1506	1193	26.2%	1.30	0.55	1285	2	32.5%	221	135	5.0		





Résultats	C' (kPa)		ϕ' (°)	
	C'p	C'f	ϕ'p	ϕ'f
	40		23	

Observations : /	Responsable: G.GRISOT Signature:

Version : 1 du 10/10/2016

GINGER CEBTP

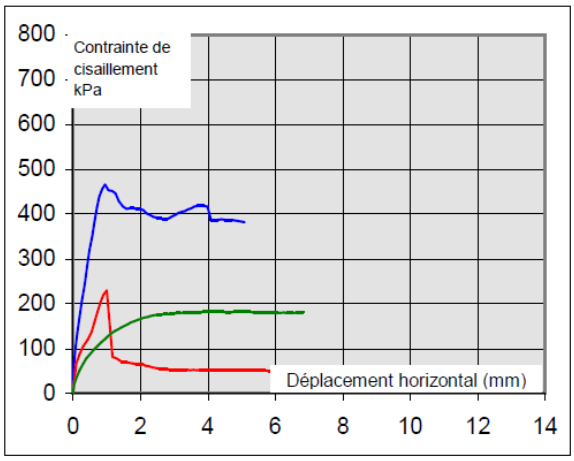
GINGER CEBTP Laboratoire Sols/Routes 12 avenue Gay Lussac 78990 ELANCOURT	**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - consolidé drainé** NF P 94-071-1	**ELAN-SOLS-E06-38** V1 du 21/06/2016

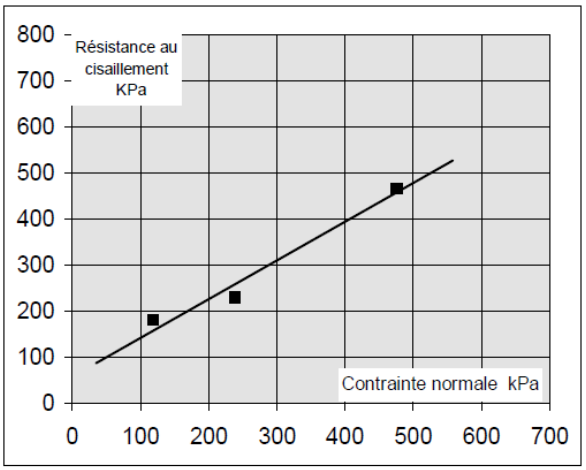
Client :		N° dossier : **BRO4.M.290** Date essai : oct.-22	
Chantier: **BELVAL**		Caractéristique de l'éprouvette Hauteur = 19 mm	Diamètre mm = 63.5
N° sondage : **SC3**	Profondeur : **12.45m-12.8m**	Profondeur de prélèvement : **12.5m**	Vitesse de cisaillement =0.02mm/min
Nature : **Argile raide cassante grise**			

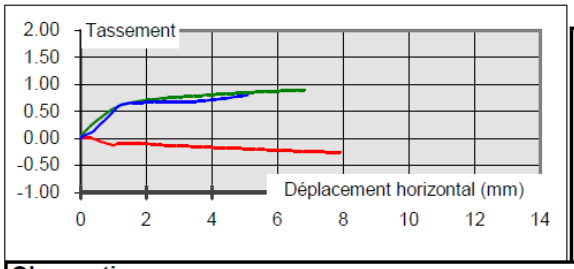
Identification des éprouvettes de sol

ρs
mesuré = Kg/m³
estimé = 2650 Kg/m³

N°	Avant essai ρ Kg/m³	Avant essai ρd Kg/m³	Avant essai W (%)	Avant essai e	Avant essai SR	Après cisaillement w (%)	σ' (Kpa)	Paramètres de résistance au cisaillement τ f,p (Kpa)	δl f,p (mm)	τ f,f (Kpa)	δl f,f (mm)
1	2001	1725	16.0	0.536	79	21.8	119	181.2	4.6		
2						26.1	238	230.0	1.0		
3						24.0	476	465.9	1.0		





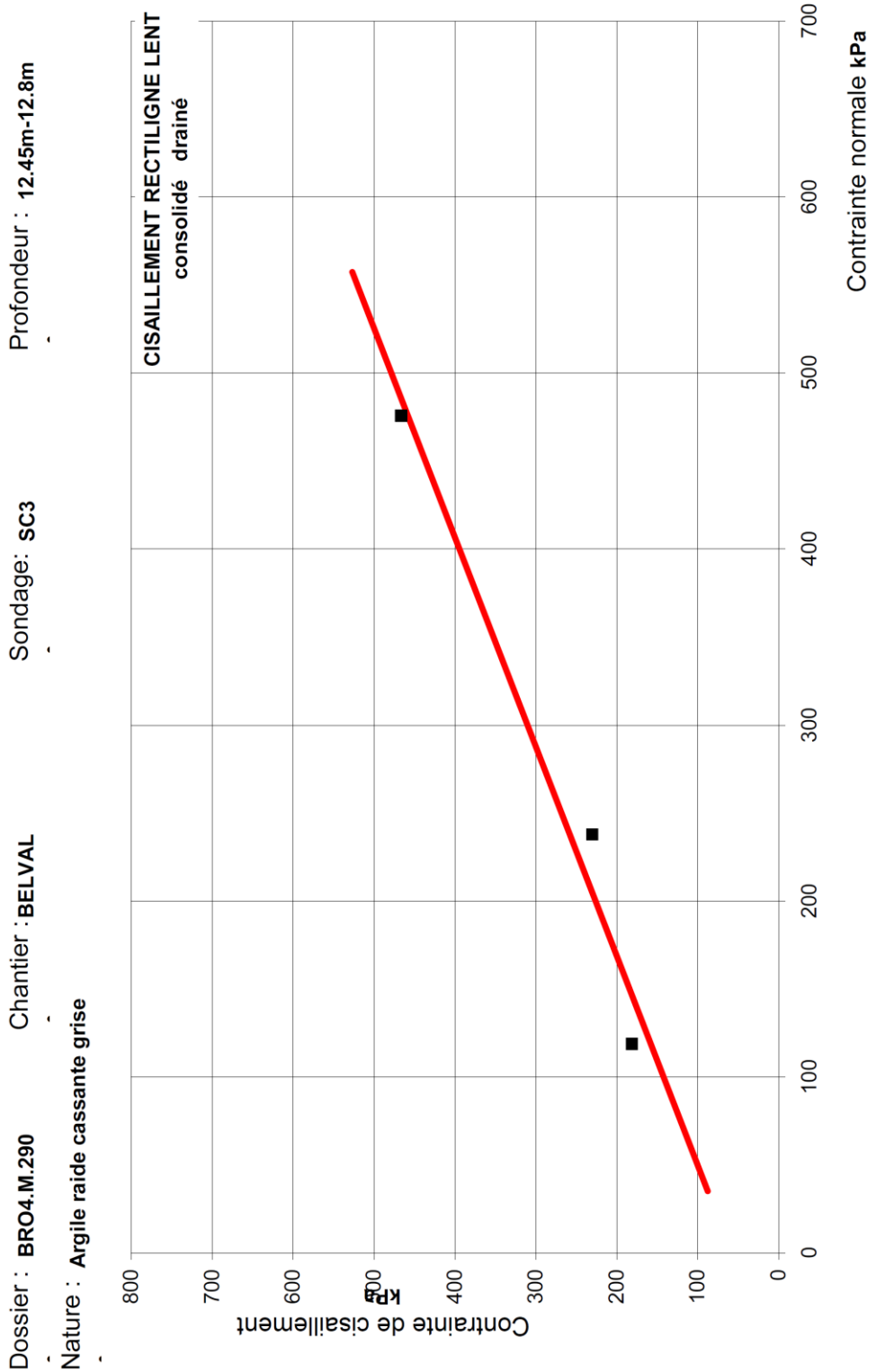


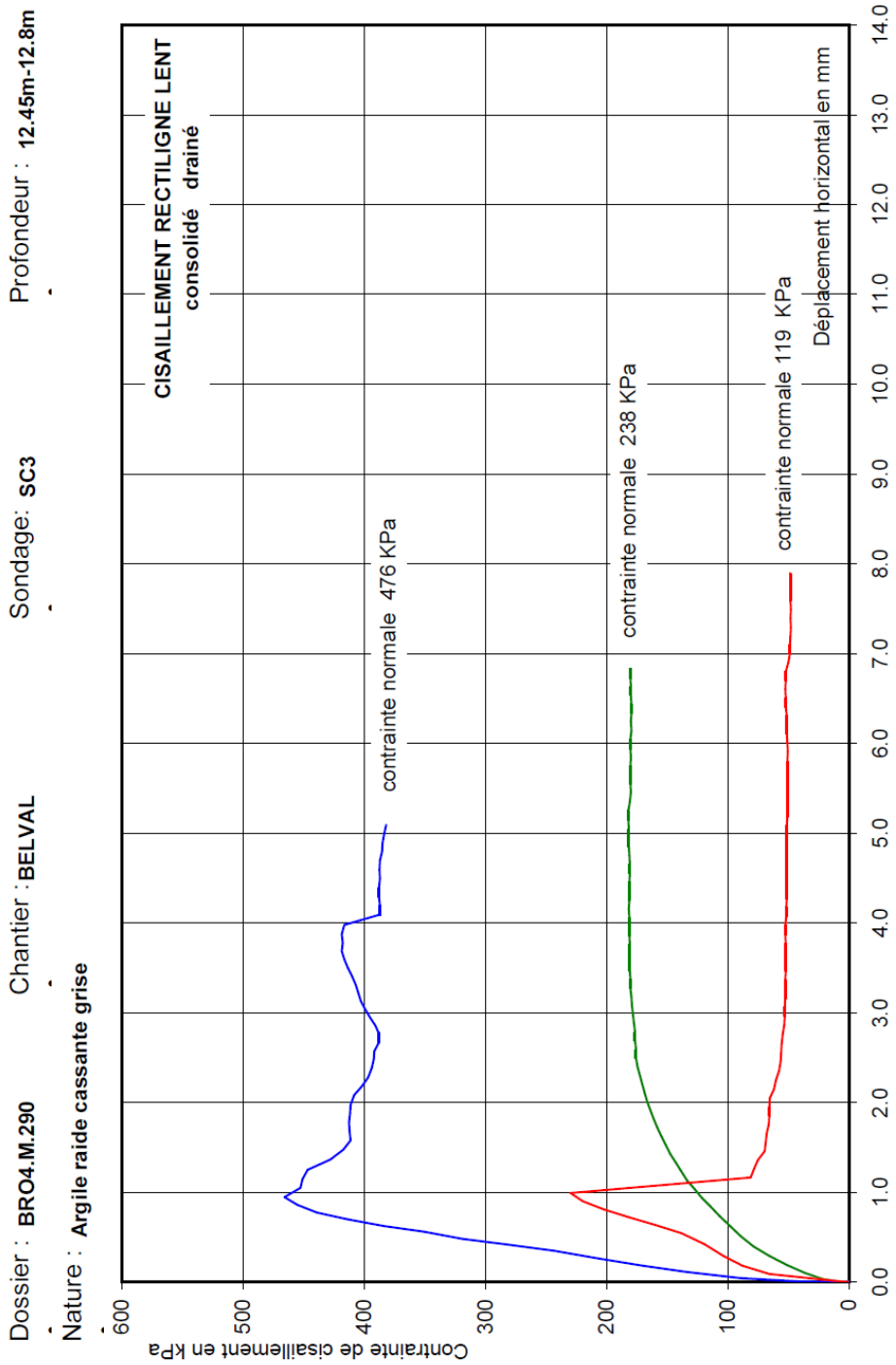
Résultats	C' (Kpa)		φ' (°)	
	C'p	C'f	φ'p	φ'f
	59		40	

Observations:

Elancourt, le: 09/11/2022

Technicien chargé de l'essai :	Technicien chargé du procès verbal :
Y.SANOGO	**Y.SANOGO**


Dossier : BRO4.M.290
Chantier : BELVAL
Sondage: SC3
Profondeur : 12.45m-12.8m
Nature : Argile raide cassante grise
CISAILLEMENT RECTILIGNE LENT
consolidé drainé
Contrainte de cisaillement
kPa
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
100
200
300
400
500
600
700
Contrainte normale kPa


Dossier : BRO4.M.290
Chantier : BELVAL
Sondage: SC3
Profondeur : 12.45m-12.8m
Nature : Argile raide cassante grise
CISAILLEMENT RECTILIGNE LENT
consolidé drainé
contrainte normale 476 KPa
contrainte normale 238 KPa
contrainte normale 119 KPa
Déplacement horizontal en mm
Contrainte de cisaillement en kPa
0
100
200
300
400
500
600
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0
13.0
14.0

GINGER CEBTP

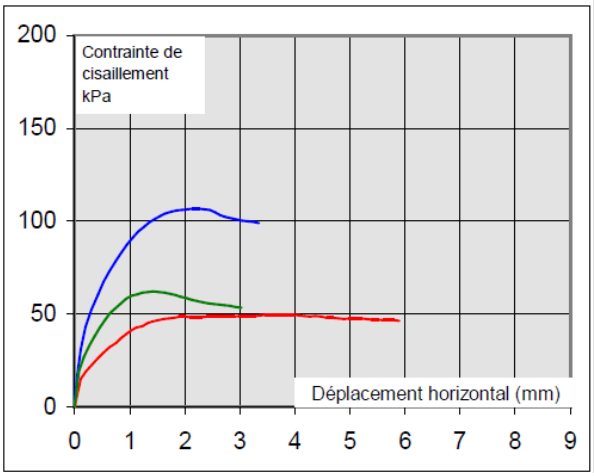
GINGER CEBTP Laboratoire Sols/Routes 12 avenue Gay Lussac 78990 ELANCOURT	**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - consolidé drainé** NF P 94-071-1	**ELAN-SOLS-E06-38** V1 du 21/06/2016

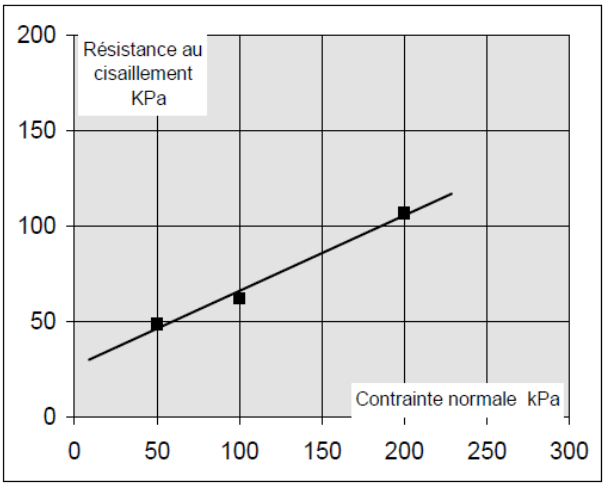
Client :	N° dossier : **BRO4.M.0290**	
	Date essai : oct.-22	
Chantier: **BELVAL**	Caractéristique de l'éprouvette Hauteur = 19 mm	Diamètre mm = 63.5
N°sondage : **SC4**	Profondeur : **3m-4m**	Profondeur de prélèvement : **3.4m**
Nature : **Argile grise compacte fissurée**		Vitesse de cisaillement =0.02mm/min

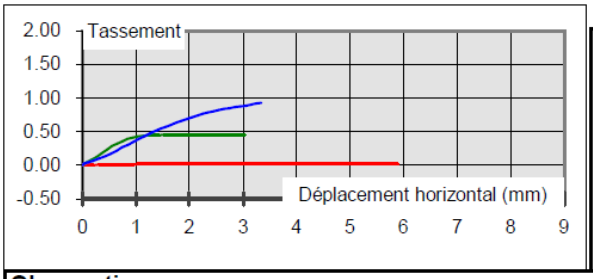
Identification des éprouvettes de sol

ρs
mesuré = Kg/m³
estimé = 2650 Kg/m³

N°	Avant essai ρ Kg/m³	ρd Kg/m³	W (%)	e	SR	Après cisaillement w (%)	σ' (Kpa)	Paramètres de résistance au cisaillement τ f,p (Kpa)	δl f,p (mm)	τ f,f (Kpa)	δl f,f (mm)
1	1994	1640	21.6	0.616	93	30.8	50	48.7	2.8		
2						29.8	100	62.1	1.3		
3						26.2	200	106.8	2.3		





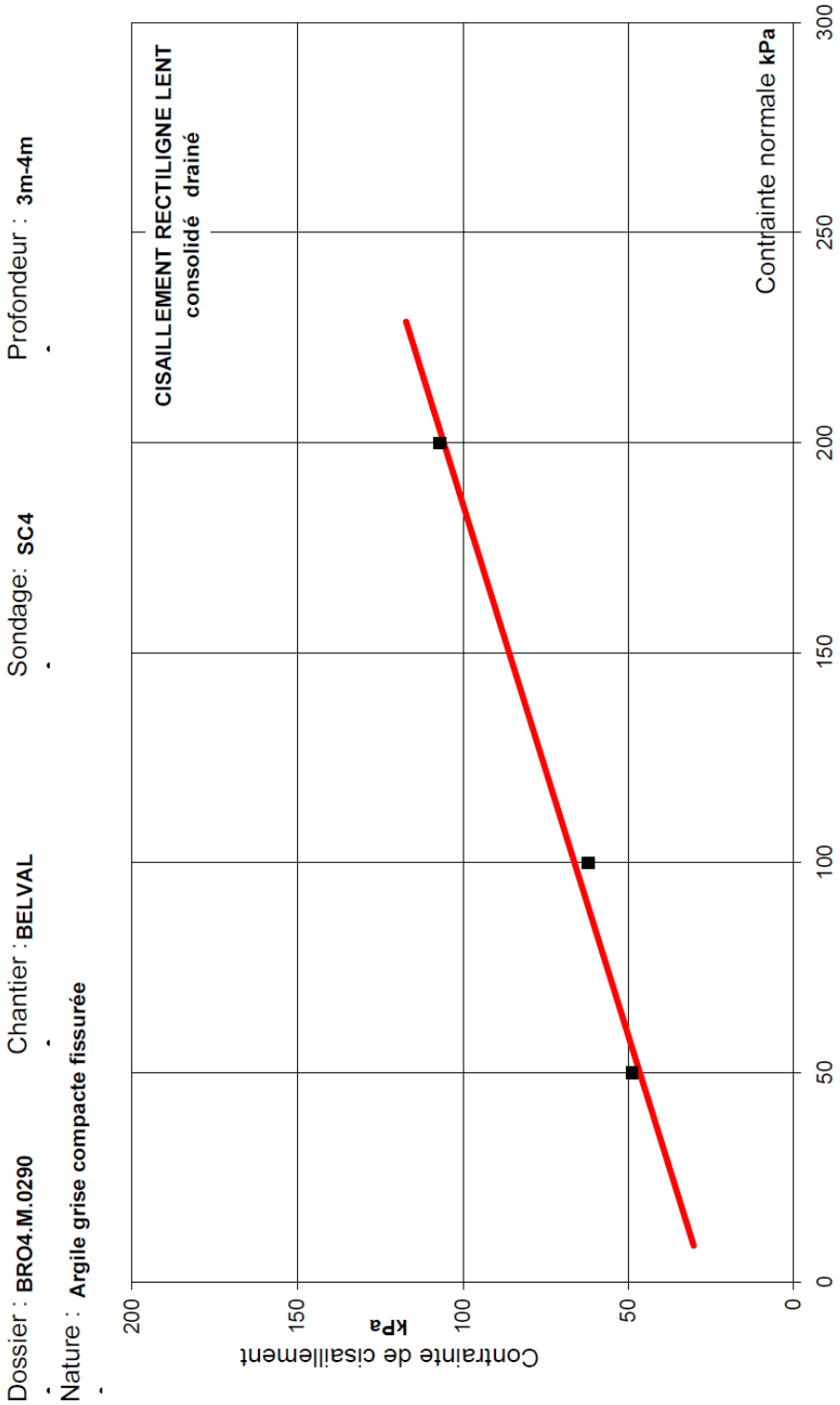


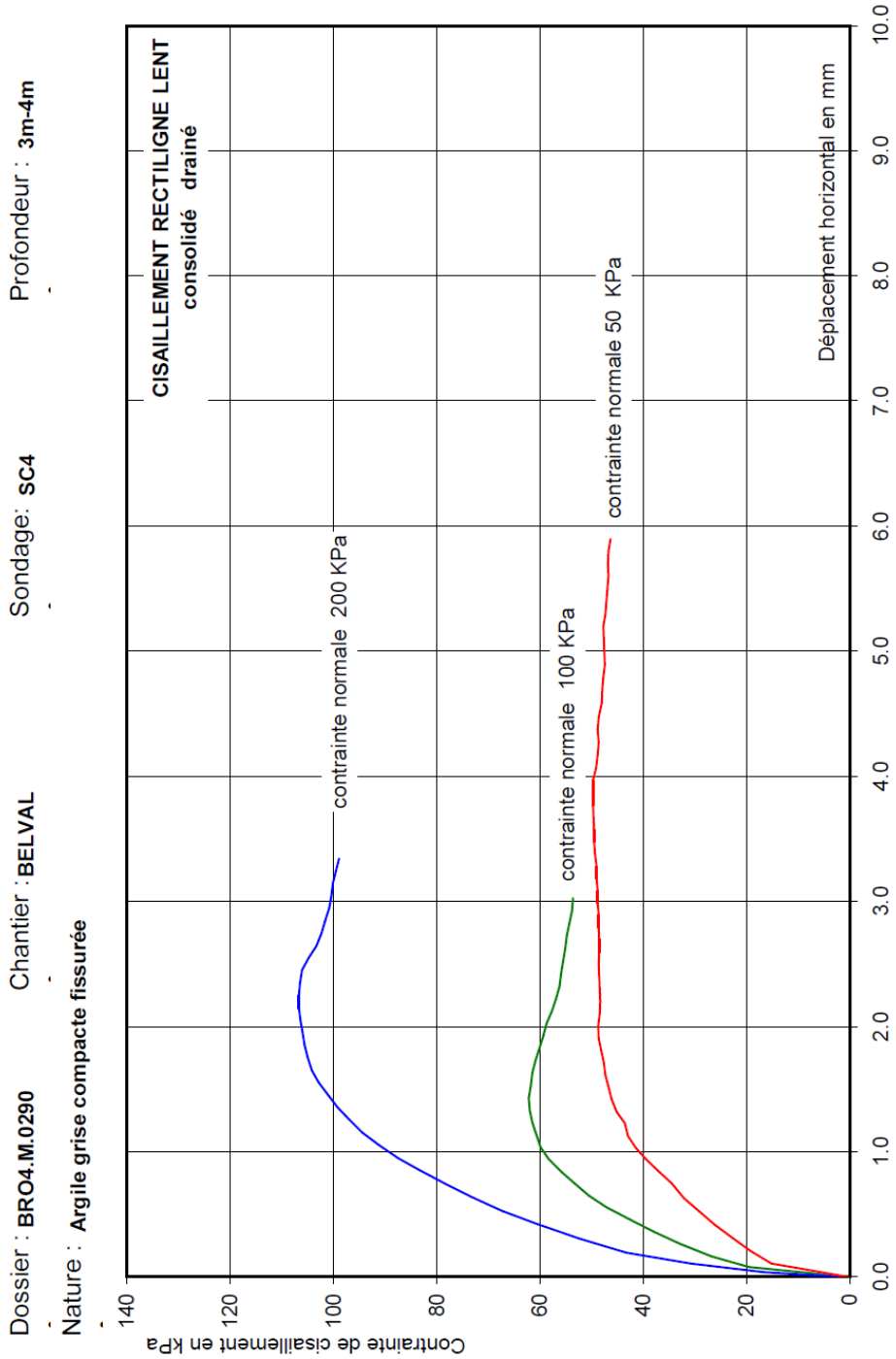
Résultats	C' (Kpa)		Φ' (°)	
	C'p	C'f	φ'p	φ'f
	27		22	

Observations:

Elancourt, le: 09/11/2022

Technicien chargé de l'essai :	Technicien chargé du procès verbal :
Y.SANOGO	**Y.SANOGO**


Dossier : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL
Sondage: SC4
Profondeur : 3m-4m
Nature : Argile grise compacte fissurée
CISAILLEMENT RECTILIGNE LENT
consolidé drainé
Contrainte de cisaillement
kPa
Contrainte normale kPa
0
50
100
150
200
250
300

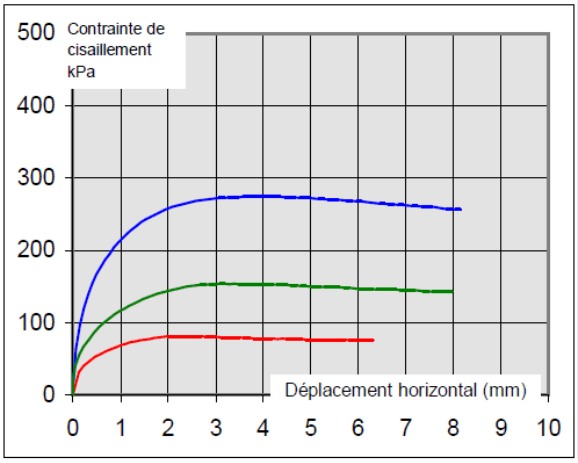

Dossier : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL
Sondage: SC4
Profondeur : 3m-4m
Nature : Argile grise compacte fissurée
CISAILLEMENT RECTILIGNE LENT
consolidé drainé
contrainte normale 200 KPa
contrainte normale 100 KPa
contrainte normale 50 KPa
Contrainte de cisaillement en KPa
Déplacement horizontal en mm
0
20
40
60
80
100
120
140
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0

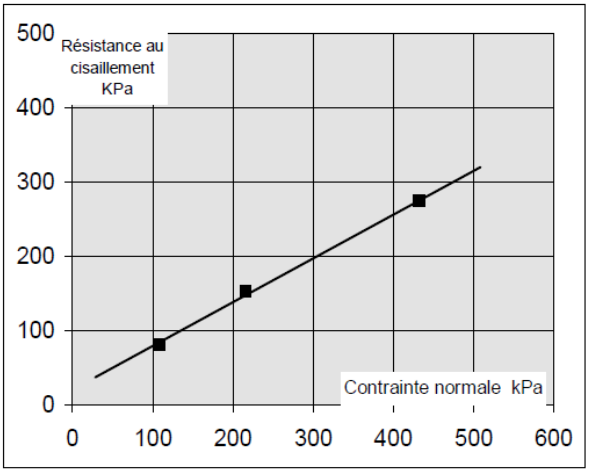
GINGER CEBTP

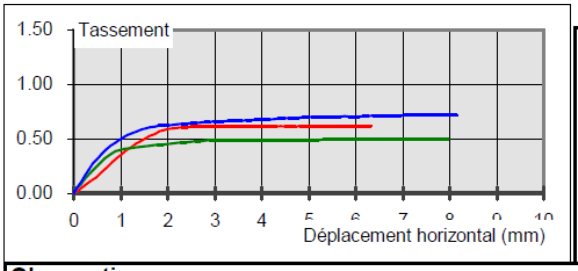
GINGER CEBTP Laboratoire Sols/Routes 12 avenue Gay Lussac 78990 ELANCOURT	**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - consolidé drainé** NF P 94-071-1	**ELAN-SOLS-E06-38** V1 du 21/06/2016

Client :	N° dossier : **BRO4.M.0290** Date essai : oct.-22	
Chantier: **BELVAL**	Caractéristique de l'éprouvette Hauteur = 19 mm	Diamètre mm = 63.5
N° sondage : **SC4**	Profondeur : **11.35m-11.95**	Profondeur de prélèvement : **-**
Vitesse de cisaillement =0.02mm/min		
Nature : **Calcaire en altération (argile, graves) marron**		
Identification des éprouvettes de sol		ρs mesuré = Kg/m³ estimé = 2650 Kg/m³

N°	Avant essai					Après cisaillement		Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ Kg/m³	ρd Kg/m³	W (%)	e	SR	w (%)	σ' (Kpa)	τ f,p (Kpa)	δl f,p (mm)	τ f,f (Kpa)	δl f,f (mm)
1	1947	1542	26.2	0.718	97	35.0	108	81.7	2.4		
2						32.7	216	153.2	4.0		
3						32.5	432	274.5	4.0		





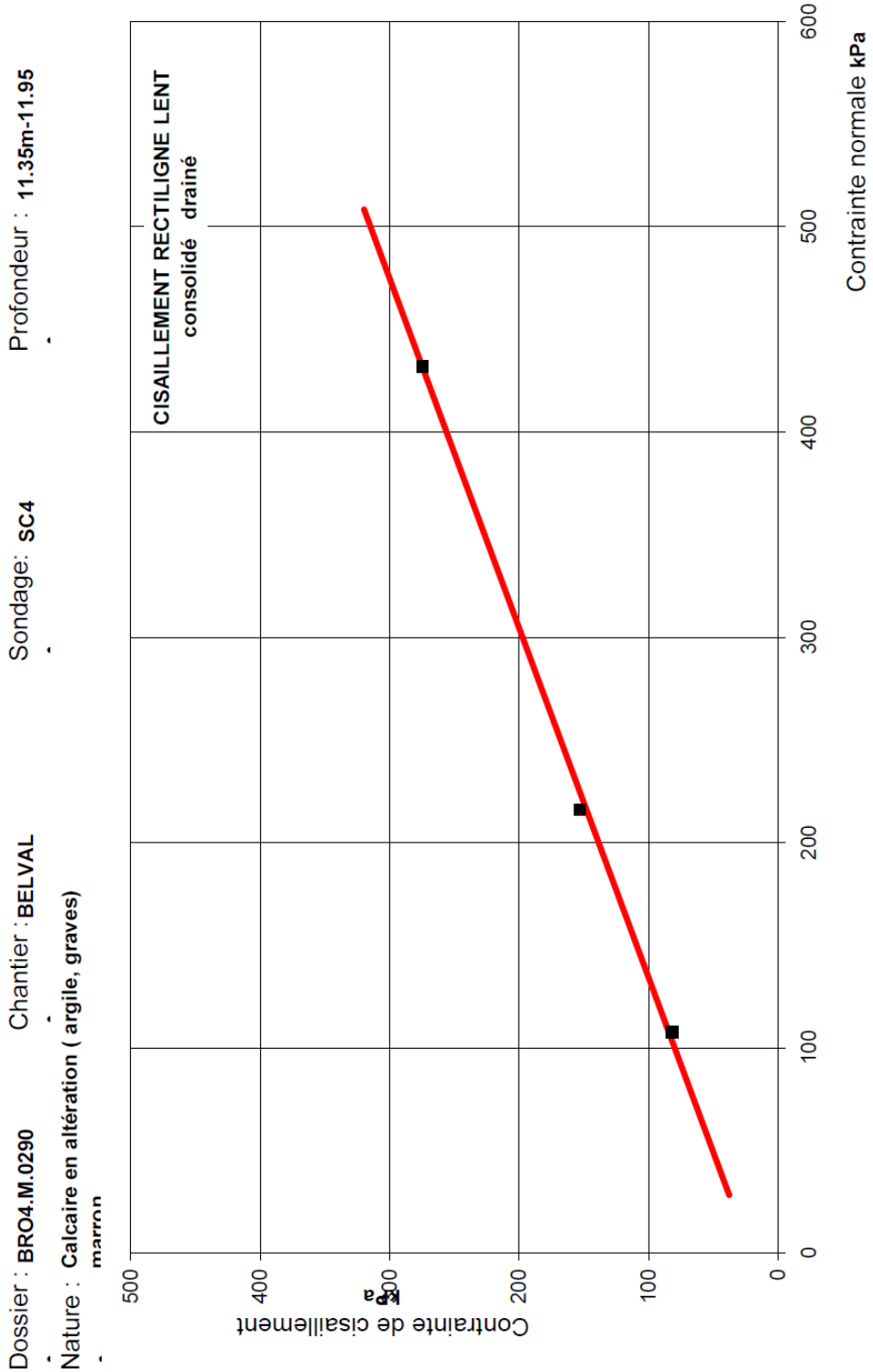


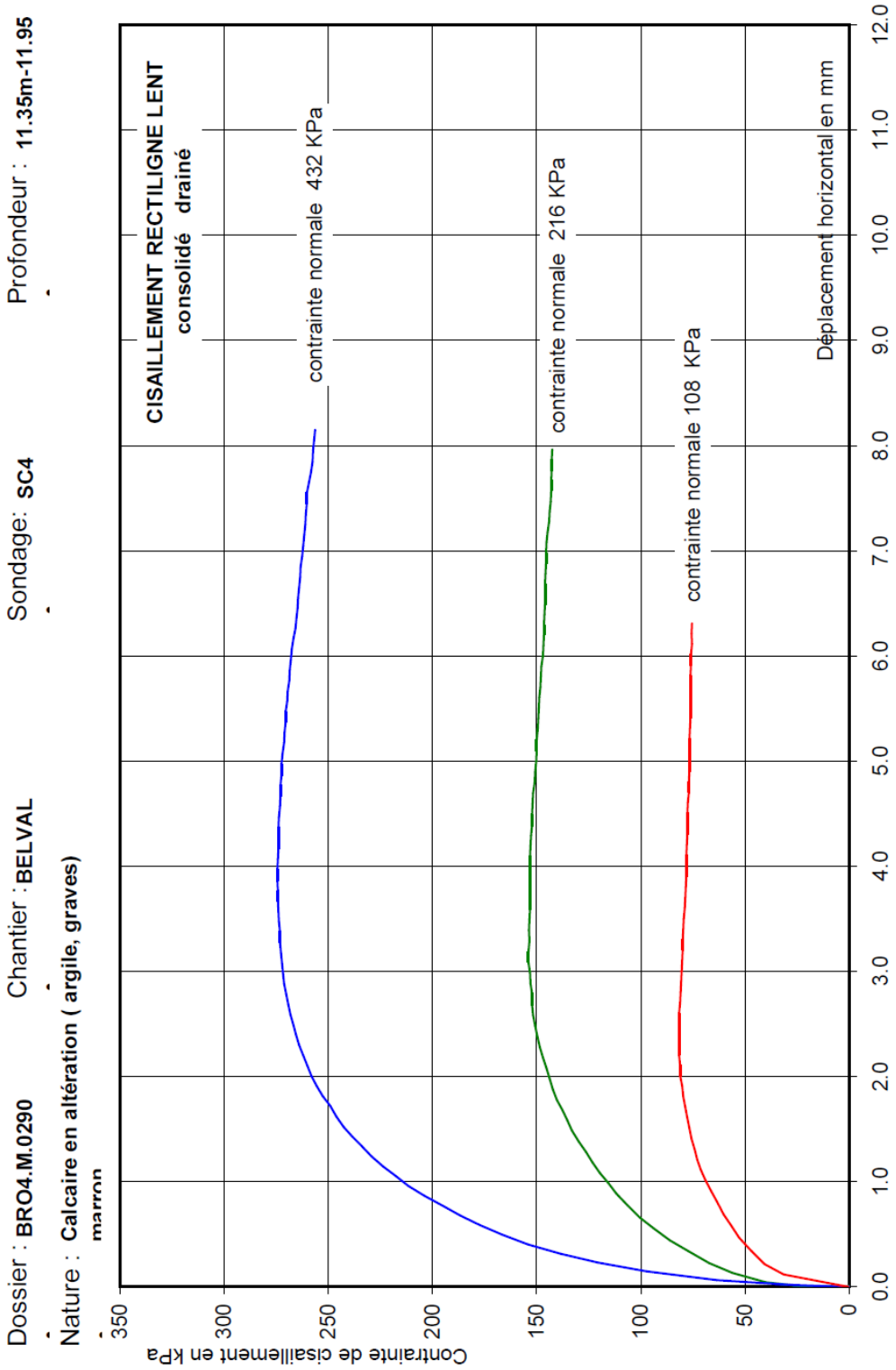
Résultats	C' (Kpa)		φ' (°)	
	C'p	C'f	φ'p	φ'f
	21		**30**	

Observations:
Echantillon tamisé à 5mm et recompacté à la densité initiale. Refus =43% et Passant = 57%

Elancourt, le: 20/12/2010

Technicien chargé de l'essai :	Technicien chargé du procès verbal :
Y.SANOGO	**Y.SANOGO**


Dossier : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL
Sondage: SC4
Profondeur : 11.35m-11.95
Nature : Calcaire en altération (argile, graves)
marron
CISAILLEMENT RECTILIGNE LENT
consolidé drainé
Contrainte de cisaillement
kPa
0
100
200
300
400
500
Contrainte normale kPa
0
100
200
300
400
500
600


Dossier : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL
Sondage: SC4
Profondeur : 11.35m-11.95
Nature : Calcaire en altération (argile, graves) marron
CISAILLEMENT RECTILIGNE LENT
consolidé drainé
contrainte normale 432 KPa
contrainte normale 216 KPa
contrainte normale 108 KPa
Contrainte de cisaillement en kPa
Deplacement horizontal en mm
0
50
100
150
200
250
300
350
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

Dossier N° : BRO4.M0290
Chantier : BELVAL
Client : -

Informations sur l'échantillon

Mode de prélèvement : Sondage carotté
Date de prélèvement :
Mode de conservation : Gaine PVC
Numéro de réception : -
Date de réception :
Description : Limon marron

Sondage N° : SC1
Profondeur : 1.4m-1.8m(1.5m)
σ_{v0} = 29 kPa
u_0 = 0 kPa
Date essai : 26/09/22

Caractéristiques initiales des éprouvettes

Valeurs	Unité	Ep 1	Ep 2	Ep 3	Ep 4
H_0	mm	68.8	69	68.8	
D_0	mm	35	35	35	
w	%	31.2	29.2	32.8	
ρ	Mg/m^3	1.862	1.883	1.835	
ρ_d	Mg/m^3	1.420	1.458	1.382	
Sr	%	95.3	94.5	94.6	
e		0.87	0.82	0.92	
ρ_s	Mg/m^3	2.65	Estimée suivant NF P 94-054		

Caractéristiques des éprouvettes après saturation

ΔV	cm^3	-	-	-	
B		0.92	0.98	0.95	
u_{cp}	kPa	800	800	800	
σ'c	kPa	50	150	250	

Caractéristiques des éprouvettes après consolidation

ΔH_s	mm	0.23	0.90	1.23	
ΔV_s	cm^3	0.7	2.6	3.5	
w_{sat}	%	32.0	28.2	30.8	
ρ	Mg/m^3	1.893	1.945	1.909	
ρ_d	Mg/m^3	1.434	1.517	1.460	
e	-	0.85	0.75	0.81	
t_{100}	min	2	11	8	

Vitesse d'écrasement - v = 0.020 mm/min

Caractéristiques finales des éprouvettes

w	%	32.2	28.4	31.4	

Photo ou schéma des éprouvettes après essais

Observations

Présentation du procès verbal d'essai

Le présent procès verbal d'essai comporte 6 pages :
- Page 1 : caractéristiques des éprouvettes et résultats c' et φ'
- Page 2 : 3 graphiques : $q = f(\varepsilon_1)$, $\sigma'_1/\sigma'_3 = f(\varepsilon_1)$ et $\Delta u = f(\varepsilon_1)$
- Page 3 : représentations Mohr - Coulomb selon CRITERE 1
- Page 4 : représentations Mohr - Coulomb selon CRITERE 2
- Page 5 : représentations Lambe / Cambridge selon CRITERE 1
- Page 6 : représentations Lambe / Cambridge selon CRITERE 2

Il ne concerne que les objets soumis aux essais. Sauf autorisation préalable, il n'est utilisable à des fins commerciales ou publicitaires qu'en reproduction intégrale.

Résultats

Définition des critères d'interprétation de rupture	φ' Degrés	c' kPa
□ CRITERE 1 = $q_{max} = (\sigma_1-\sigma_3)_{max}$	**32**	**15**
◇ CRITERE 2 = $(\sigma'_1 / \sigma'_3)_{max}$	**33**	**11**

Fait à Elancourt, le 06/10/2022

Le Technicien chargé de l'essai : **Y.SANOGO**

Le Responsable du Laboratoire
Tiphaine LE SOURD

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

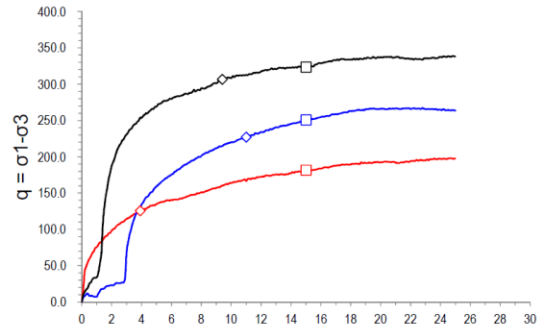
Dossier N° : BRO4.M0290
Chantier : BELVAL
Client : -

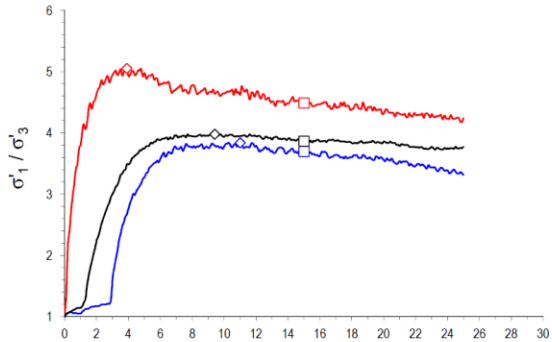
Informations sur l'échantillon

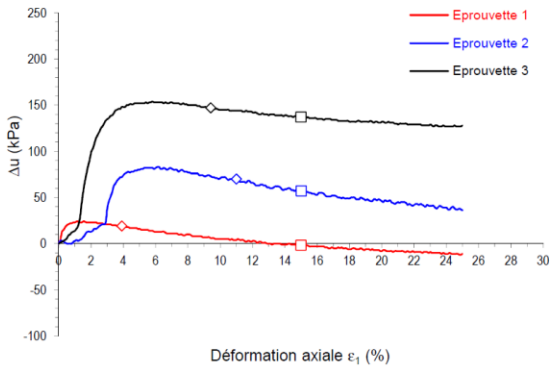
Sondage N° : SC1
Profondeur : 1.4m-1.8m(1.5m)
Description : Limon marron

σ_{v0} = 29 kPa
u_0 = 0 kPa

Représentation graphique et résultats







☐ CRITERE 1 = $q_{max} = (\sigma_1-\sigma_3)_{max}$

Ep N°	q kPa	σ'_1 / σ'_3	Δu kPa	ε %	A (1)	s' kPa	t kPa
1	181	4.49	-2.0	15.01	-0.011	142.7	90.7
2	251	3.69	57.0	15.01	0.227	218.3	125.3
3	323	3.86	137.0	15.01	0.424	274.7	161.7
4							

◇ CRITERE 2 = $(\sigma'_1 / \sigma'_3)_{max}$

Ep N°	q kPa	σ'_1 / σ'_3	Δu kPa	ε %	A (1)	s' kPa	t kPa
1	126	5.05	19.0	3.91	0.151	93.8	62.8
2	227	3.84	70.0	11.01	0.308	193.6	113.6
3	307	3.98	147.0	9.41	0.479	256.3	153.3
4							

(1) avec A = Δu / q = facteur de pression interstitielle.

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

Dossier N° : BRO4.M0290
Chantier : BELVAL
Client : -

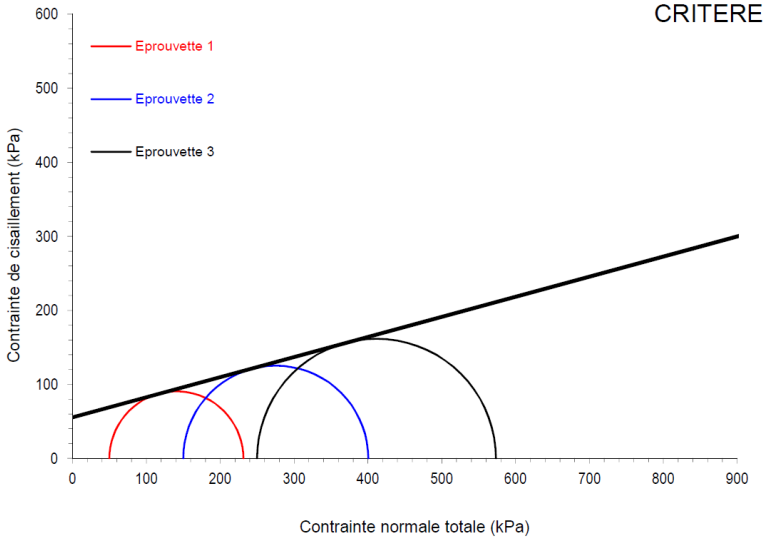
Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC1
Profondeur : 1.4m-1.8m(1.5m)
Description : Limon marron

σ_{v0} = 29 kPa
u_0 = 0 kPa

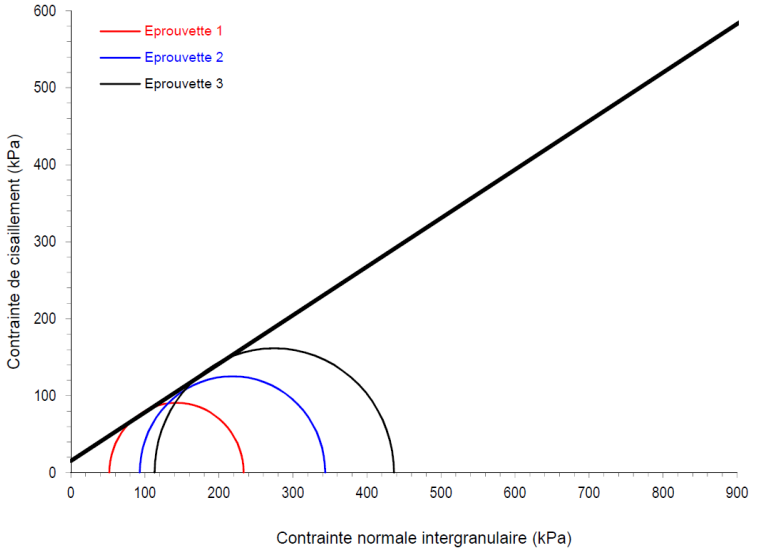
Représentation de MOHR - COULOMB selon CRITERE 1

CRITERE 1 = $q_{max} = (\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$



φ_{cu} = 15 Degrés
c_{cu} = 55 kPa

λcu = 0.35
C_{u0} = 73 kPa



φ' = 32 Degrés
c' = 15 kPa

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

Dossier N° : BRO4.M0290
Chantier : BELVAL

Client : -

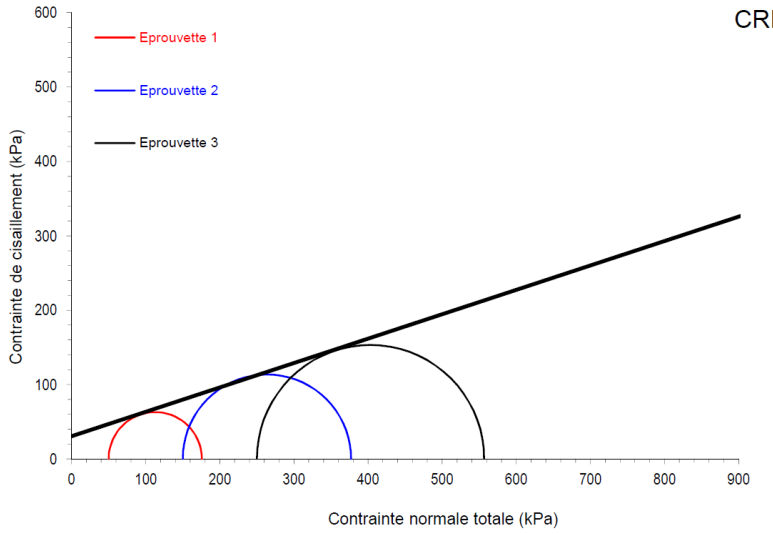
Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC1
Profondeur : 1.4m-1.8m(1.5m)
Description : Limon marron

σ_{v0} = 29 kPa
u_0 = 0 kPa

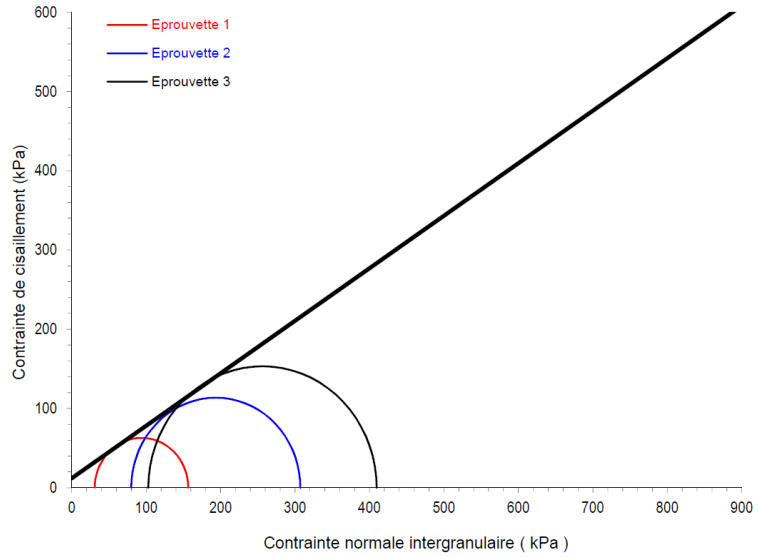
Représentation de MOHR - COULOMB selon CRITERE 2

CRITERE 2 = $(\sigma'_1 / \sigma'_3)_{max}$



φ_{cu} = 18 Degrés
c_{cu} = 30 kPa

λcu = 0.45
C_{u0} = 42 kPa



φ' = 33 Degrés
c' = 11 kPa

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

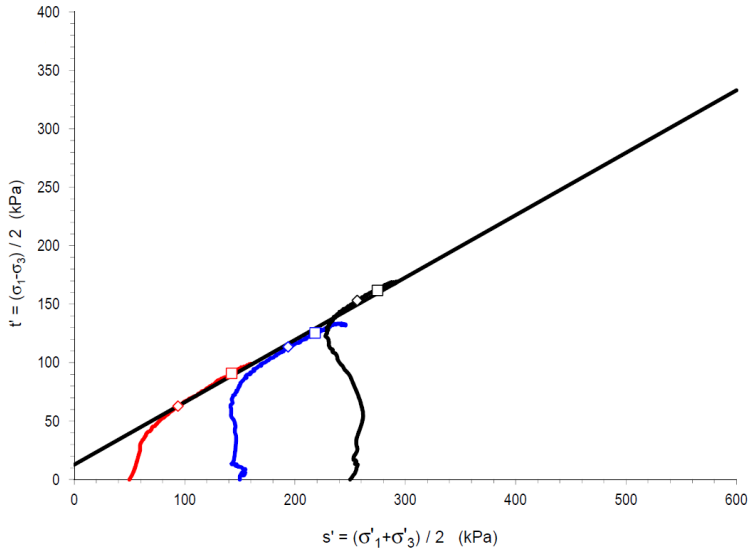
Dossier N° : BRO4.M0290
Chantier : BELVAL
Client : -

Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC1
Profondeur : 1.4m-1.8m(1.5m)
Description : Limon marron

σ_{v0} = 29 kPa
u_0 = 0 kPa

Représentation de Lambe et de Cambridge selon CRITERE 1



☐ CRITERE 1 = q_{max}

$q_{max} = (\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$

Diagramme de LAMBE

φ' = 32 Degrés
c' = 15 kPa

Eprouvette 1
Eprouvette 2
Eprouvette 3

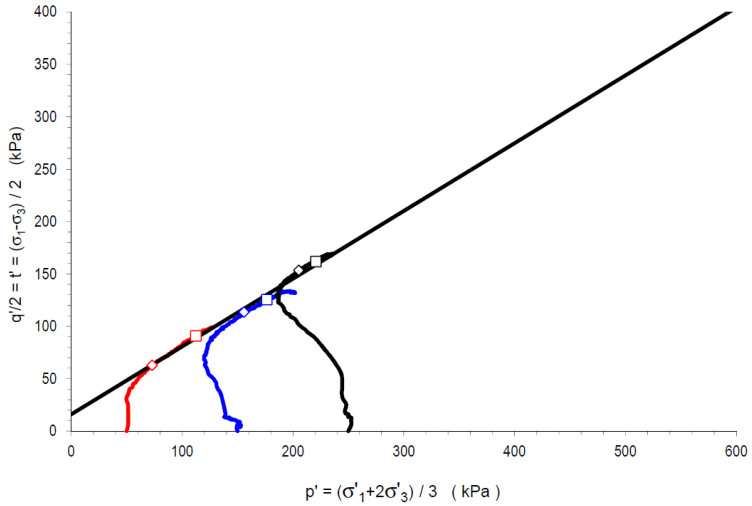


Diagramme de CAMBRIDGE

φ' = 32 Degrés
c' = 15 kPa

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

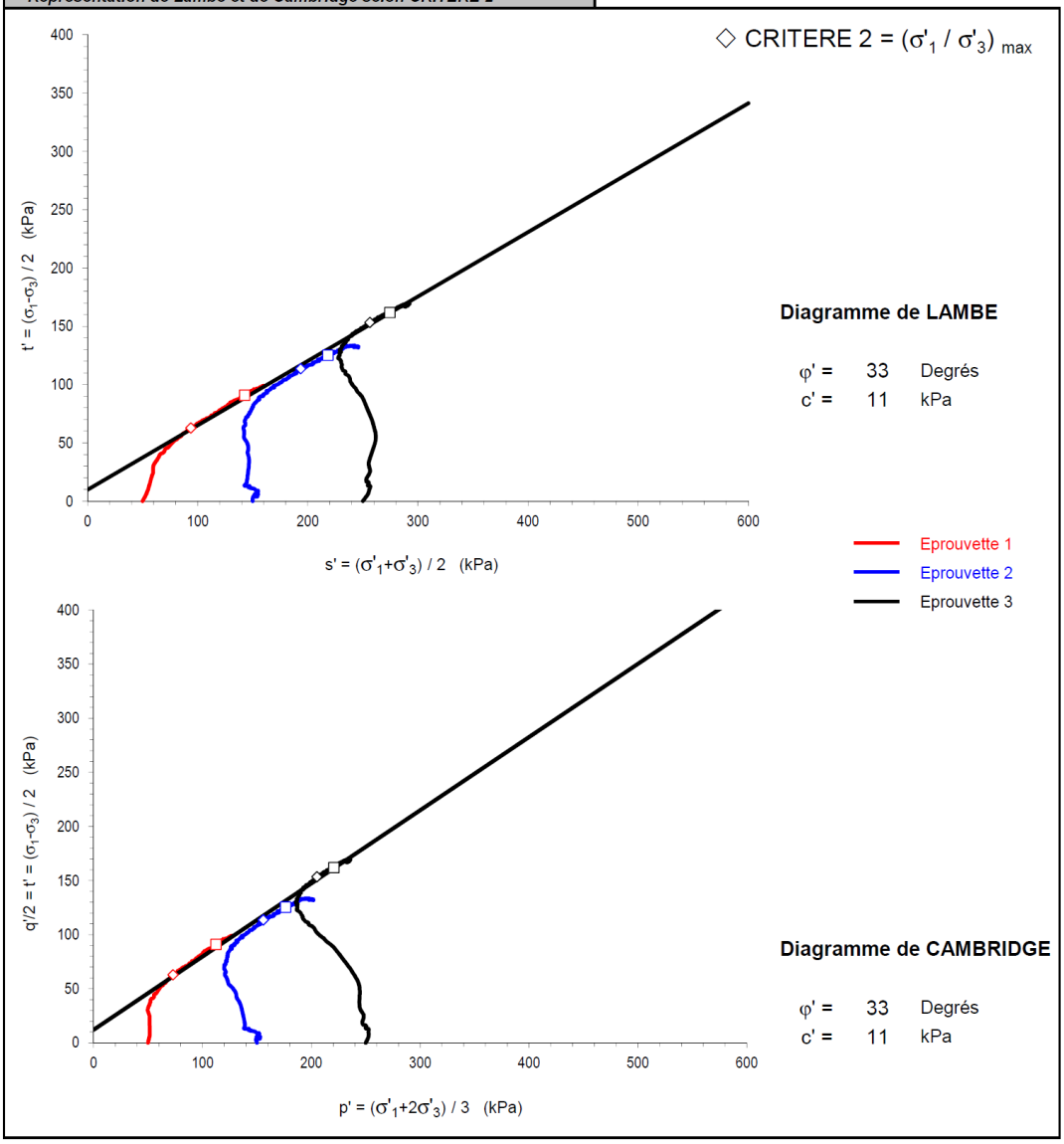
Dossier N° : BRO4.M0290
Chantier : BELVAL
Client : -

Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC1
Profondeur : 1.4m-1.8m(1.5m)
Description : Limon marron

σ_{v0} = 29 kPa
u_0 = 0 kPa

Représentation de Lambe et de Cambridge selon CRITERE 2



GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

Dossier N° : BRO4 M0290
Chantier : BELVAL
Client : -

Informations sur l'échantillon

Mode de prélèvement : Sondage carotté
Date de prélèvement :
Mode de conservation : Gaine PVC
Numéro de réception : -
Date de réception :
Sondage N° : SC2
Profondeur : 4.5m-4.9m 54.6m)
σ_{v0} = 87 kPa
u_0 = 0 kPa
Date essai : 26/09/22
Description : Argile très raide cassante grise avec des fissures

Caractéristiques initiales des éprouvettes

Valeurs	Unité	Ep 1	Ep 2	Ep 3	Ep 4
H_0	mm	68.8	69	68.8	
D_0	mm	35	35	35	
w	%	21.7	21.7	21.8	
ρ	Mg/m^3	1.997	1.986	2.019	
ρ_d	Mg/m^3	1.641	1.631	1.658	
Sr	%	90.7	89.6	93.5	
e		0.65	0.65	0.63	
ρ_s	Mg/m^3	2.70	Estimée ou Mesurée suivant NF P		

Photo ou schéma des éprouvettes après essais

Caractéristiques des éprouvettes après saturation

ΔV	cm^3	-	-	-	
B		0.95	0.95	0.97	
u_{cp}	kPa	800	800	800	
σ'c	kPa	60	210	360	

Observations

Caractéristiques des éprouvettes après consolidation

ΔH_s	mm	0.61	1.51	1.76	
ΔV_s	cm^3	1.8	4.4	5.1	
w_{sat}	%	22.3	20.2	18.7	
ρ	Mg/m^3	2.061	2.100	2.130	
ρ_d	Mg/m^3	1.686	1.746	1.795	
e	-	0.60	0.55	0.50	
t_{100}	min	80	56	128	

Vitesse d'écrasement - v = 0.006 mm/min

Présentation du procès verbal d'essai

Le présent procès verbal d'essai comporte 6 pages :
- Page 1 : caractéristiques des éprouvettes et résultats c' et φ'
- Page 2 : 3 graphiques : $q = f(\varepsilon_1)$, $\sigma'_1/\sigma'_3 = f(\varepsilon_1)$ et $\Delta u = f(\varepsilon_1)$
- Page 3 : représentations Mohr - Coulomb selon CRITERE 1
- Page 4 : représentations Mohr - Coulomb selon CRITERE 2
- Page 5 : représentations Lambe / Cambridge selon CRITERE 1
- Page 6 : représentations Lambe / Cambridge selon CRITERE 2

Il ne concerne que les objets soumis aux essais. Sauf autorisation préalable, il n'est utilisable à des fins commerciales ou publicitaires qu'en reproduction intégrale.

Caractéristiques finales des éprouvettes

w	%	25.7	25.5	22.7	

Résultats

Définition des critères d'interprétation de rupture	φ' Degrés	c' kPa
□ CRITERE 1 = $q_{max} = (\sigma_1-\sigma_3)_{max}$	**22**	**34**
◇ CRITERE 2 = $(\sigma'_1 / \sigma'_3)_{max}$	**23**	**26**

Fait à Elancourt, le 06/10/2022

Le Technicien chargé de l'essai

Le Responsable du Laboratoire
Tiphaine LE SOURD

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

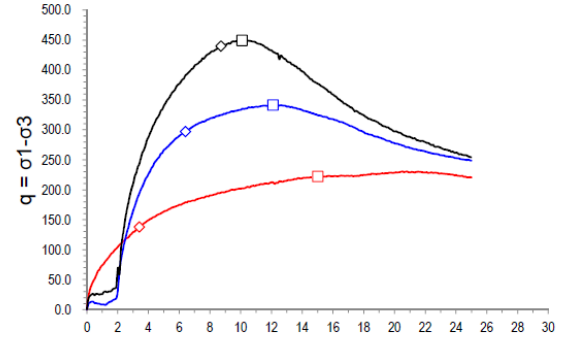
Dossier N° : BRO4 M0290
Chantier : BELVAL

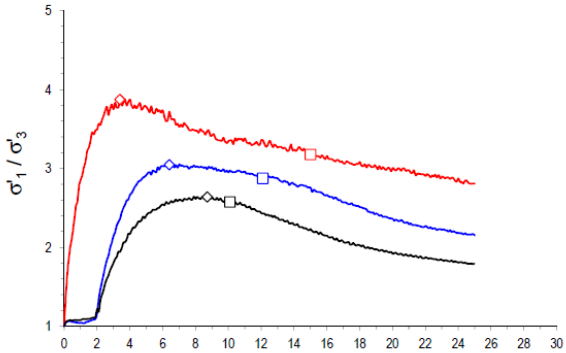
Client : -

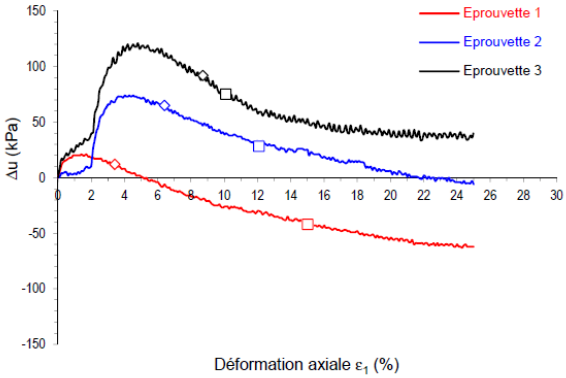
Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC2 — σ_{v0} = 87 kPa
Profondeur : 4.5m-4.9m 54.6m) — u_0 = 0 kPa
Description : Argile très raide cassante grise avec des fissures

Représentation graphique et résultats







☐ CRITERE 1 = $q_{max} = (\sigma_1-\sigma_3)_{max}$

Ep N°	q kPa	σ'_1 / σ'_3	Δu kPa	ε %	A (1)	s' kPa	t kPa
1	222	3.18	-42.0	15.02	-0.189	213.1	111.1
2	341	2.87	28.0	12.10	0.082	352.6	170.6
3	449	2.58	75.0	10.10	0.167	509.5	224.5
4							

◇ CRITERE 2 = $(\sigma'_1 / \sigma'_3)_{max}$

Ep N°	q kPa	σ'_1 / σ'_3	Δu kPa	ε %	A (1)	s' kPa	t kPa
1	138	3.87	12.0	3.40	0.087	117.0	69.0
2	297	3.05	65.0	6.41	0.219	293.6	148.6
3	440	2.64	92.0	8.71	0.209	488.0	220.0
4							

(1) avec A = Δu / q = facteur de pression interstitielle.

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

Dossier N° : BRO4 M0290
Chantier : BELVAL

Client : -

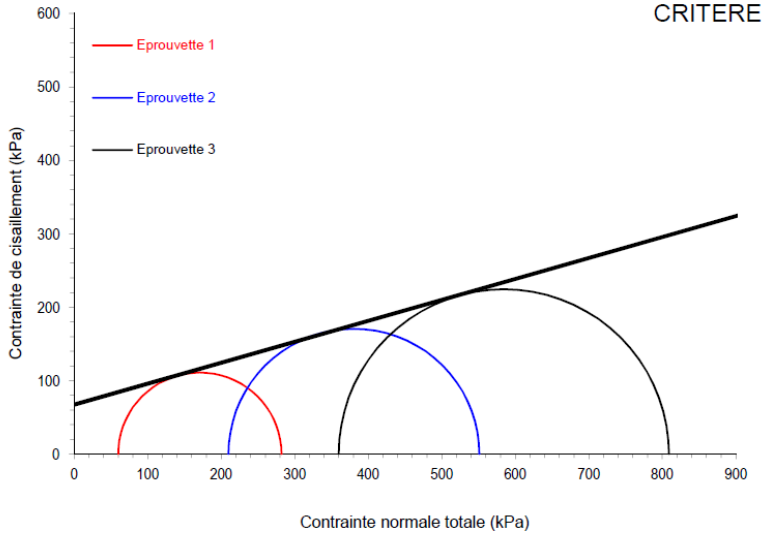
Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC2
Profondeur : 4.5m-4.9m 54.6m)
Description : Argile très raide cassante grise avec des fissures

σ_{v0} = 87 kPa
u_0 = 0 kPa

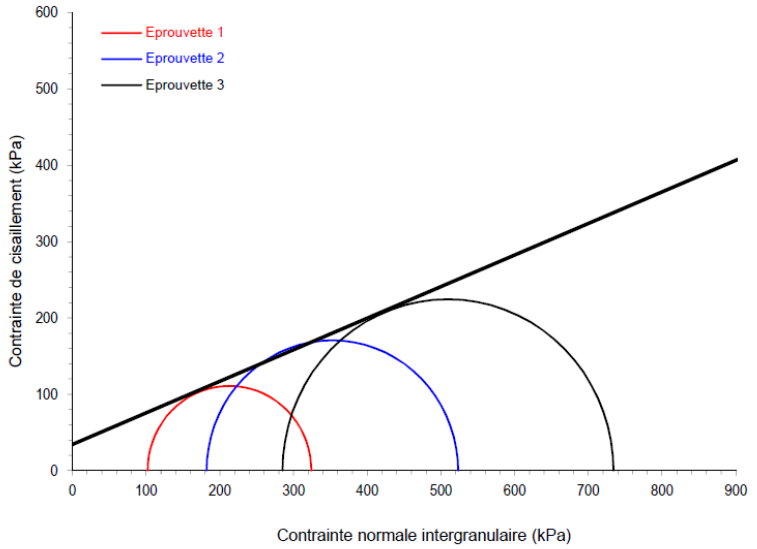
Représentation de MOHR - COULOMB selon CRITERE 1

CRITERE 1 = $q_{max} = (\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$



φ_{cu} = 15 Degrés
c_{cu} = 67 kPa

λcu = 0.38
C_{u0} = 89 kPa



φ' = 22 Degrés
c' = 34 kPa

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

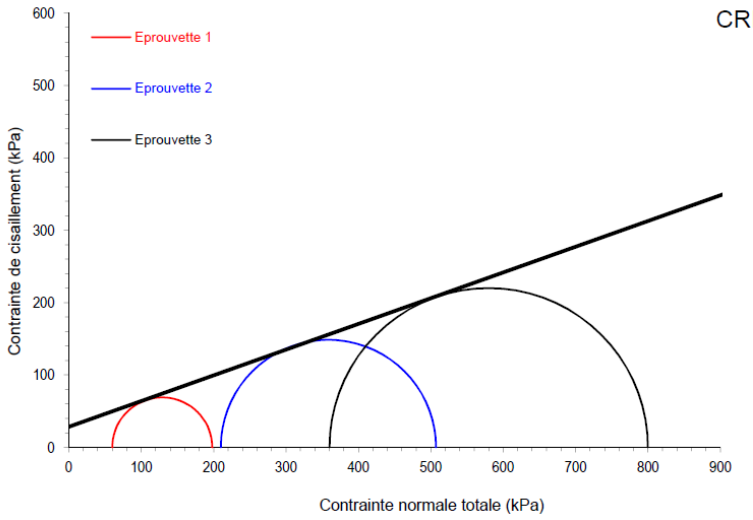
Dossier N° : BRO4 M0290
Chantier : BELVAL
Client : -

Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC2
Profondeur : 4.5m-4.9m 54.6m)
Description : Argile très raide cassante grise avec des fissures

σ_{v0} = 87 kPa
u_0 = 0 kPa

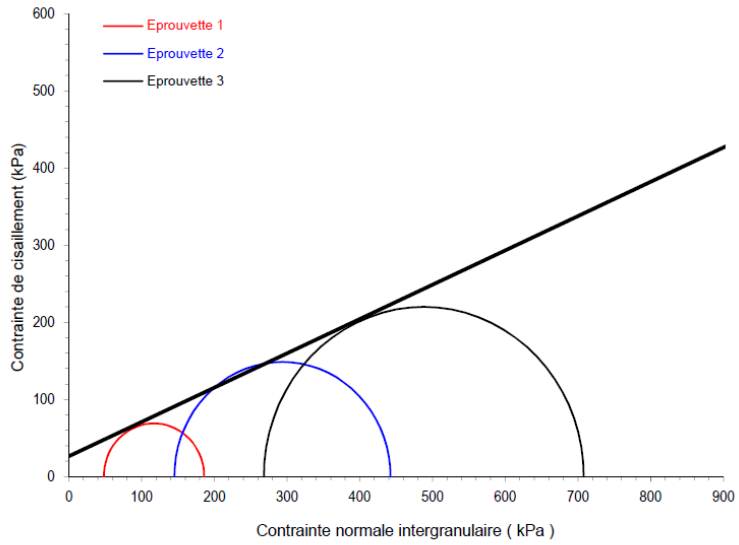
Représentation de MOHR - COULOMB selon CRITERE 2



CRITERE 2 = $(\sigma'_1 / \sigma'_3)_{max}$

φ_{cu} = 19 Degrés
c_{cu} = 28 kPa

λcu = 0.50
C_{u0} = 40 kPa



φ' = 23 Degrés
c' = 26 kPa

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

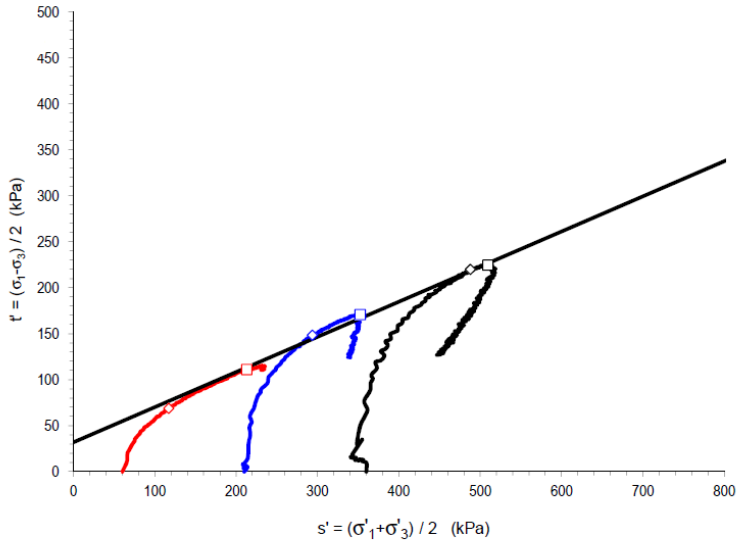
Dossier N° : BRO4 M0290
Chantier : BELVAL
Client : -

Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC2
Profondeur : 4.5m-4.9m 54.6m)
Description : Argile très raide cassante grise avec des fissures

σ_{v0} = 87 kPa
u_0 = 0 kPa

Représentation de Lambe et de Cambridge selon CRITERE 1



☐ CRITERE 1 = q_{max}

$q_{max} = (\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$

Diagramme de LAMBE

φ' = 22 Degrés
c' = 34 kPa

Eprouvette 1
Eprouvette 2
Eprouvette 3

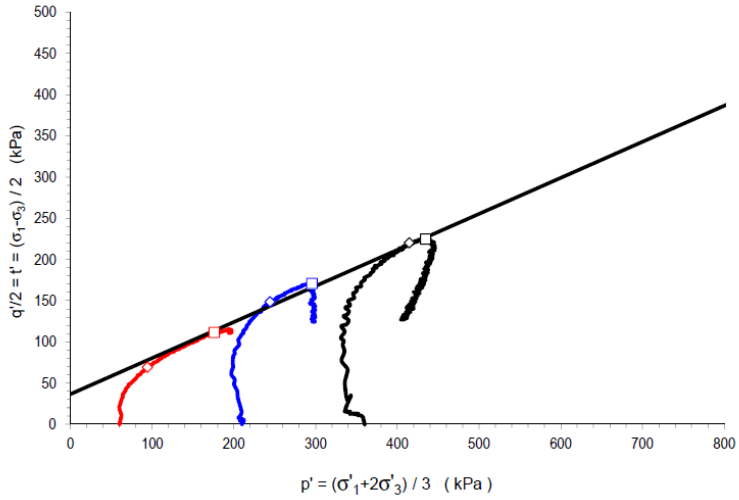


Diagramme de CAMBRIDGE

φ' = 22 Degrés
c' = 34 kPa

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

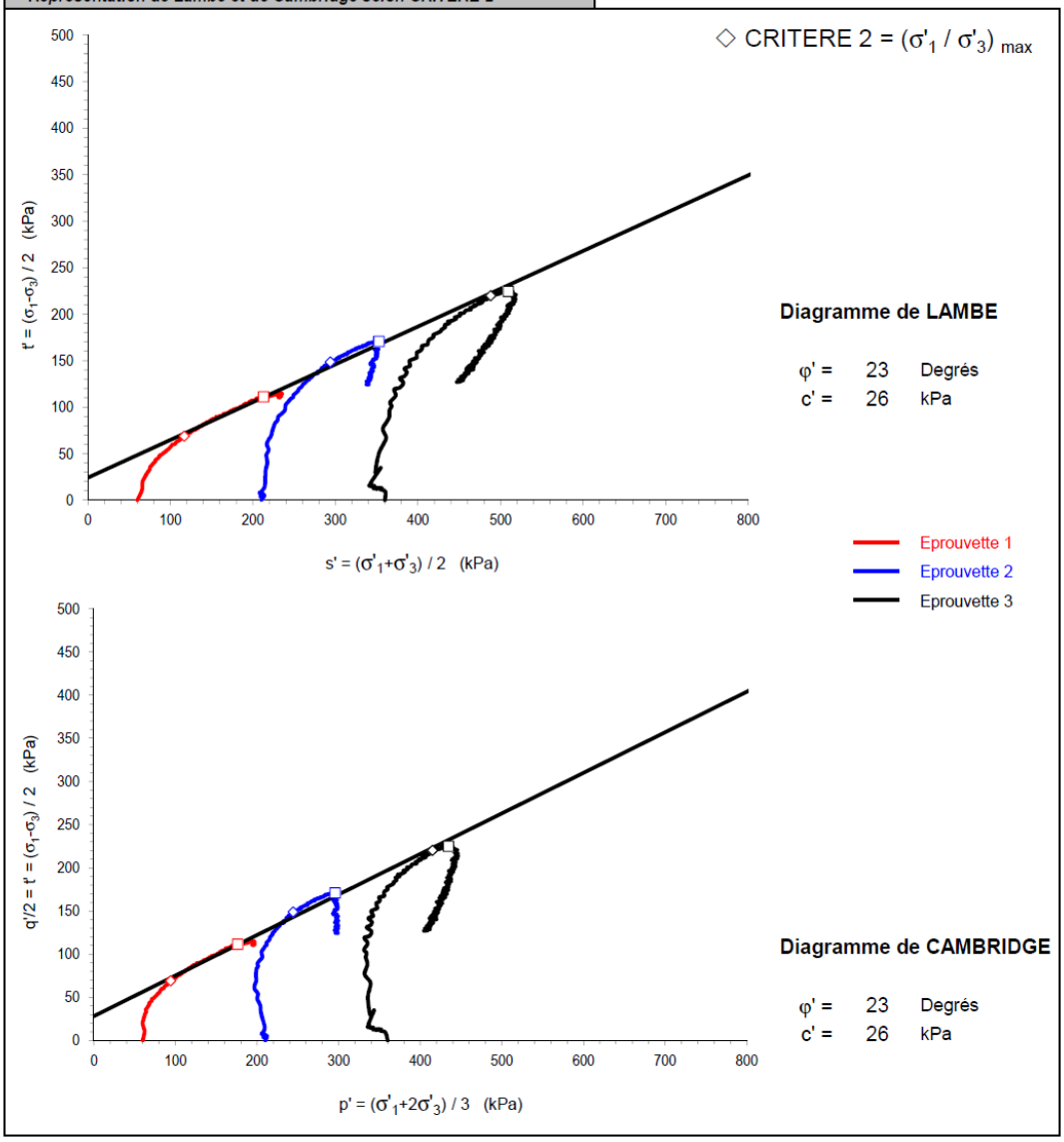
Dossier N° : BRO4 M0290
Chantier : BELVAL

Client : -

Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC2 — σ_{v0} = 87 kPa
Profondeur : 4.5m-4.9m 54.6m) — u_0 = 0 kPa
Description : Argile très raide cassante grise avec des fissures

Représentation de Lambe et de Cambridge selon CRITERE 2



GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

Dossier N° : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL
Client : -

Informations sur l'échantillon

Mode de prélèvement : Sondage carotté
Date de prélèvement :
Mode de conservation : Gaine PVC
Numéro de réception : -
Date de réception :
Description : Argile très raide grise cassante avec des fissures

Sondage N° : SC4
Profondeur : 22-22.4m(22.3m)
σ_{v0} = 424 kPa
u_0 = 0 kPa
Date essai : 26/09/22

Caractéristiques initiales des éprouvettes

Valeurs	Unité	Ep 1	Ep 2	Ep 3	Ep 4
H_0	mm	68.8	69	68.8	
D_0	mm	35	35	35	
w	%	22.0	21.1	22.3	
ρ	Mg/m^3	2.015	1.958	1.962	
ρ_d	Mg/m^3	1.651	1.617	1.605	
Sr	%	96.5	87.5	90.7	
e		0.61	0.64	0.65	
ρ_s	Mg/m^3	2.65	Estimée suivant NF P 94-054		

Photo ou schéma des éprouvettes après essais

Caractéristiques des éprouvettes après saturation

ΔV	cm^3	-	-	-	
B		0.91	0.92	0.94	
u_{cp}	kPa	800	800	800	
σ'c	kPa	280	430	580	

Observations

Caractéristiques des éprouvettes après consolidation

ΔH_s	mm	1.39	1.68	2.19	
ΔV_s	cm^3	4.0	4.9	6.3	
w_{sat}	%	19.2	19.6	18.6	
ρ	Mg/m^3	2.094	2.086	2.105	
ρ_d	Mg/m^3	1.757	1.745	1.774	
e	-	0.51	0.52	0.49	
t_{100}	min	69	49	131	
Vitesse d'écrasement - v =		0.006	mm/min		

Caractéristiques finales des éprouvettes

w	%	23.3	21.6	21.8	

Présentation du procès verbal d'essai

Le présent procès verbal d'essai comporte 6 pages :
- Page 1 : caractéristiques des éprouvettes et résultats c' et φ'
- Page 2 : 3 graphiques : $q = f(\varepsilon_1)$, $\sigma'_1/\sigma'_3 = f(\varepsilon_1)$ et $\Delta u = f(\varepsilon_1)$
- Page 3 : représentations Mohr - Coulomb selon CRITERE 1
- Page 4 : représentations Mohr - Coulomb selon CRITERE 2
- Page 5 : représentations Lambe / Cambridge selon CRITERE 1
- Page 6 : représentations Lambe / Cambridge selon CRITERE 2

Il ne concerne que les objets soumis aux essais. Sauf autorisation préalable, il n'est utilisable à des fins commerciales ou publicitaires qu'en reproduction intégrale.

Résultats

Définition des critères d'interprétation de rupture	φ' Degrés	c' kPa
□ CRITERE 1 = $q_{max} = (\sigma_1-\sigma_3)_{max}$	**24**	**43**
◇ CRITERE 2 = $(\sigma'_1 / \sigma'_3)_{max}$	**24**	**43**

Fait à Elancourt, le 12/10/2022

Le Technicien chargé de l'essai : **Y.SANOGO**

Le Responsable du Laboratoire
Tiphaine LE SOURD

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

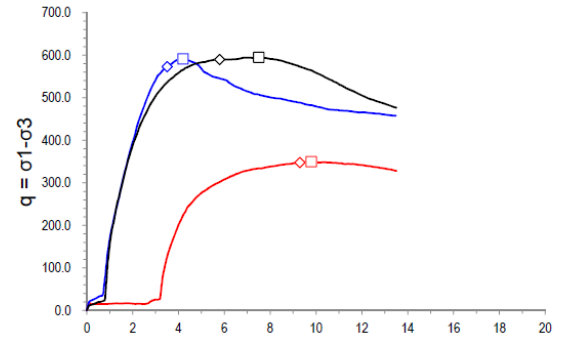
Dossier N° : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL

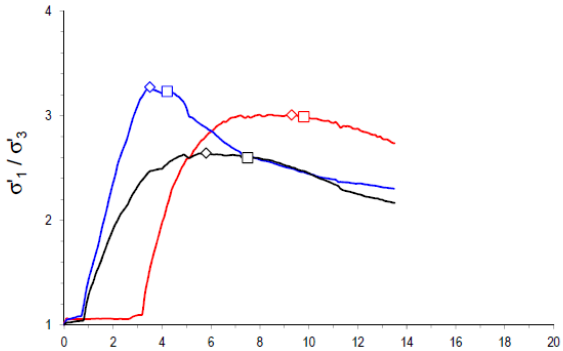
Client : -

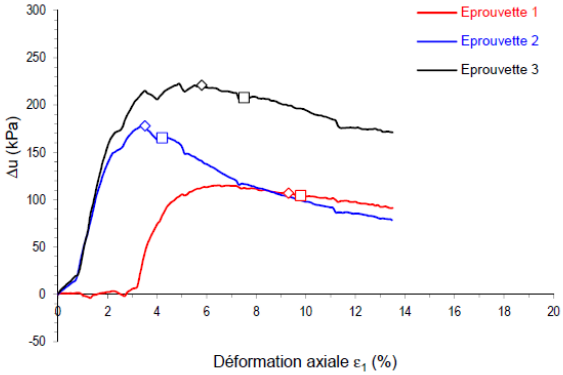
Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC4 — σ_{v0} = 424 kPa
Profondeur : 22-22.4m(22.3m) — u_0 = 0 kPa
Description : Argile très raide grise cassante avec des fissures

Représentation graphique et résultats







☐ CRITERE 1 = $q_{max} = (\sigma_1-\sigma_3)_{max}$

Ep N°	q kPa	σ'_1 / σ'_3	Δu kPa	ε %	A (1)	s' kPa	t kPa
1	350	2.99	104.3	9.80	0.298	350.5	174.8
2	591	3.23	165.2	4.21	0.279	560.5	295.7
3	595	2.60	207.6	7.51	0.349	669.9	297.5
4							

◇ CRITERE 2 = $(\sigma'_1 / \sigma'_3)_{max}$

Ep N°	q kPa	σ'_1 / σ'_3	Δu kPa	ε %	A (1)	s' kPa	t kPa
1	348	3.01	107.0	9.30	0.308	346.9	173.9
2	573	3.27	178.1	3.51	0.311	538.5	286.5
3	590	2.64	221.0	5.80	0.374	654.1	295.1
4							

(1) avec A = Δu / q = facteur de pression interstitielle.

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

Dossier N° : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL
Client : -

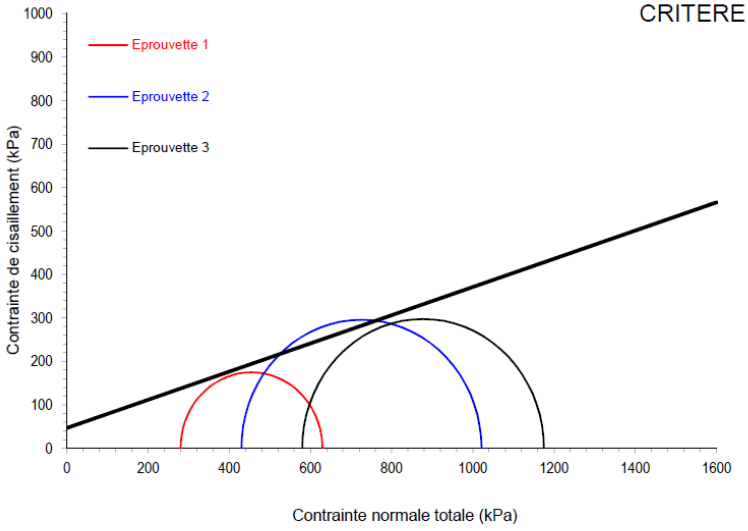
Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC4
Profondeur : 22-22.4m(22.3m)
Description : Argile très raide grise cassante avec des fissures

σ_{v0} = 424 kPa
u_0 = 0 kPa

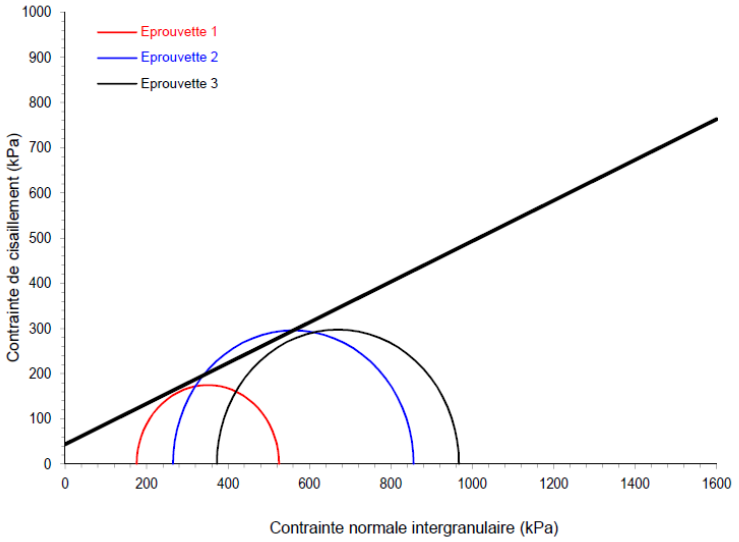
Représentation de MOHR - COULOMB selon CRITERE 1

CRITERE 1 = $q_{max} = (\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$



φ_{cu} = 17 Degrés
c_{cu} = 46 kPa

λcu = 0.41
C_{u0} = 80 kPa



φ' = 24 Degrés
c' = 43 kPa

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

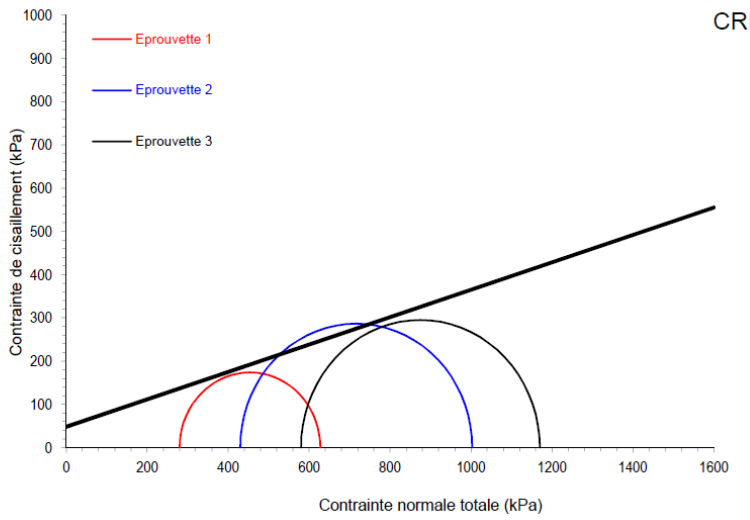
Informations générales

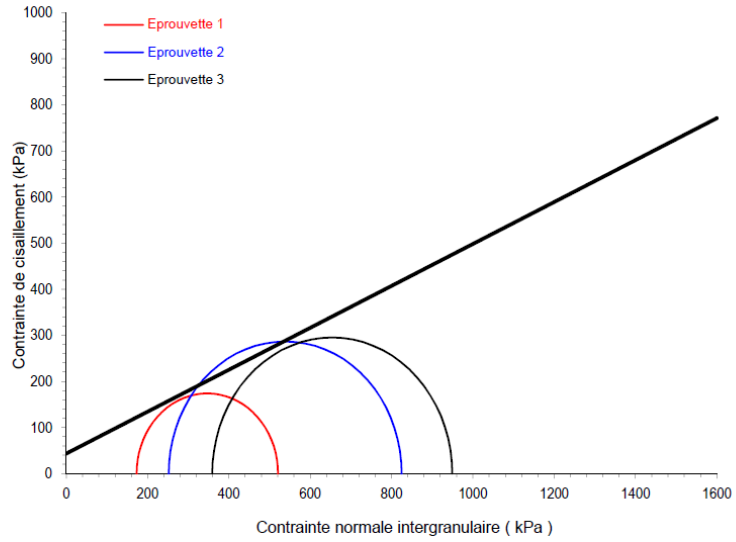
Dossier N° : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL
Client : -

Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC4 — σ_{v0} = 424 kPa
Profondeur : 22-22.4m(22.3m) — u_0 = 0 kPa
Description : Argile très raide grise cassante avec des fissures

Représentation de MOHR - COULOMB selon CRITERE 2





GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

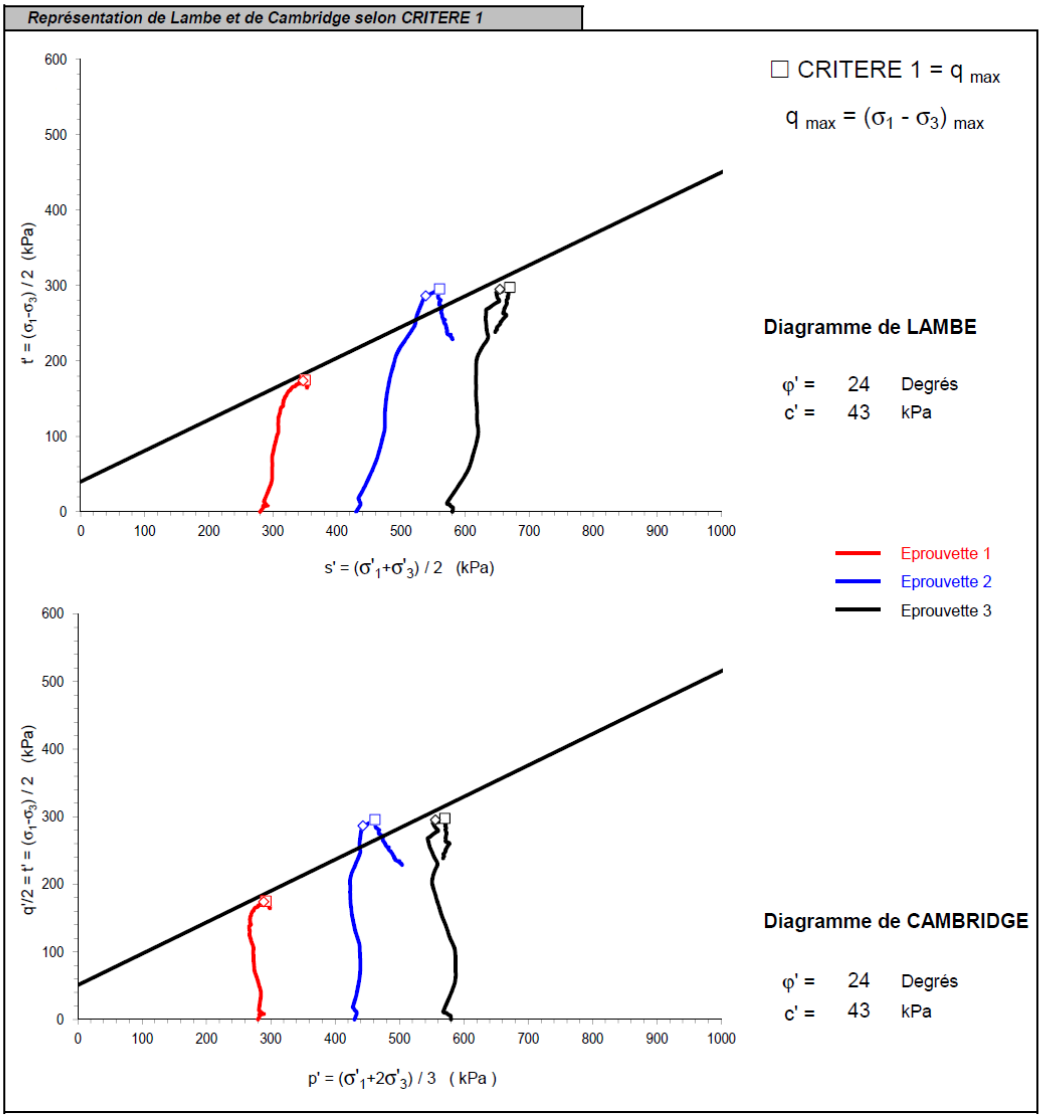
Informations générales

Dossier N° : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL
Client : -

Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC4 — σ_{v0} = 424 kPa
Profondeur : 22-22.4m(22.3m) — u_0 = 0 kPa
Description : Argile très raide grise cassante avec des fissures

Représentation de Lambe et de Cambridge selon CRITERE 1



GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

Dossier N° : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL

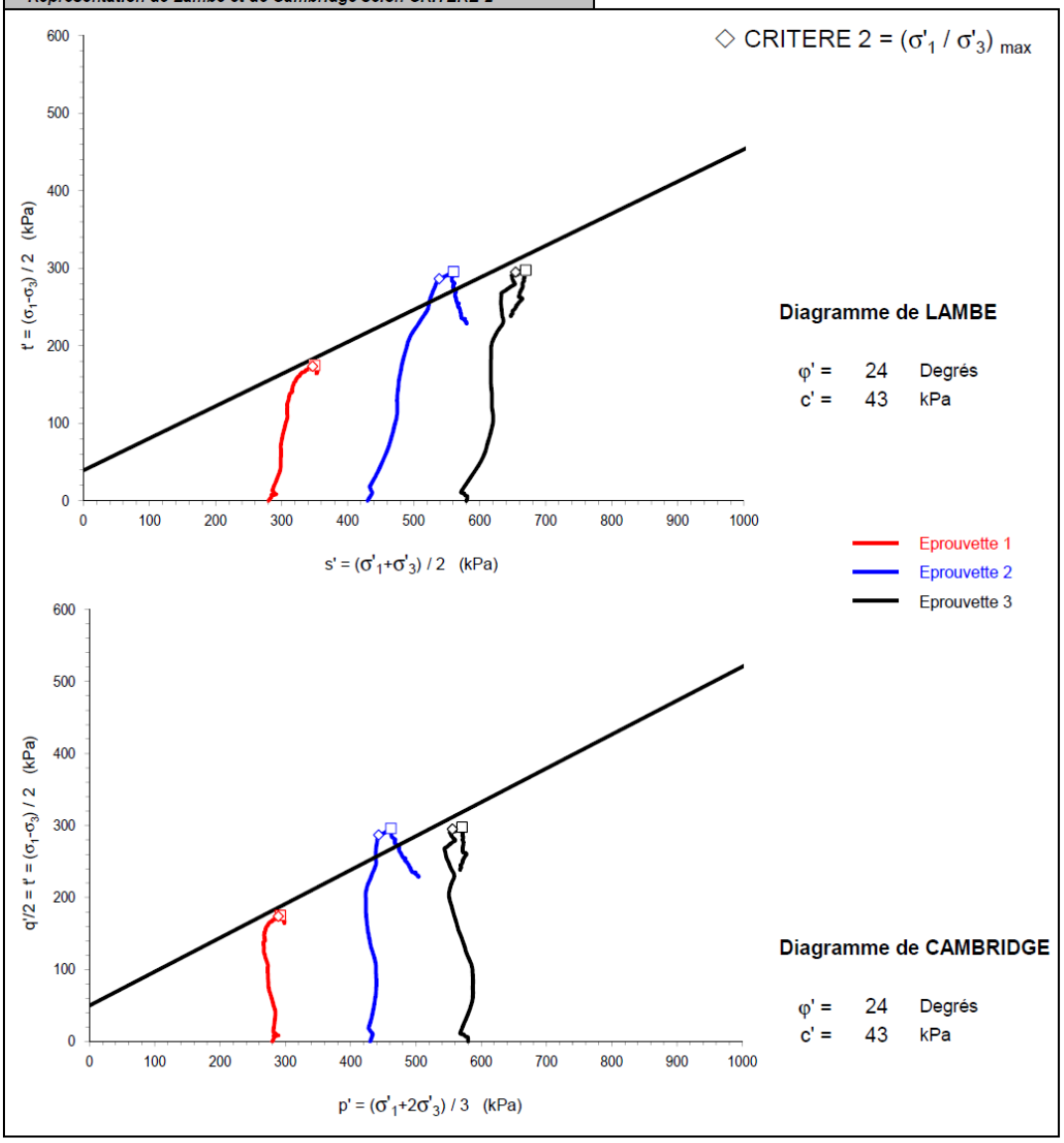
Client : -

Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC4
Profondeur : 22-22.4m(22.3m)
Description : Argile très raide grise cassante avec des fissures

σ_{v0} = 424 kPa
u_0 = 0 kPa

Représentation de Lambe et de Cambridge selon CRITERE 2



GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

Dossier N° : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL
Client : -

Informations sur l'échantillon

Mode de prélèvement : Sondage carotté
Date de prélèvement :
Mode de conservation : Gaine PVC
Numéro de réception : -
Date de réception :
Description : Argile grise (partie raide et molle)

Sondage N° : SC4
Profondeur : 24.35-25m(24.4m)
σ_{v0} = 483 kPa
u_0 = 0 kPa
Date essai : 26/07/22

Caractéristiques initiales des éprouvettes

Valeurs	Unité	Ep 1	Ep 2	Ep 3	Ep 4
H_0	mm	68.8	69	68.8	
D_0	mm	35	35	35	
w	%	24.0	24.1	24.6	
ρ	Mg/m^3	1.997	1.992	2.002	
ρ_d	Mg/m^3	1.610	1.605	1.607	
Sr	%	98.5	98.1	100.5	
e		0.65	0.65	0.65	
ρ_s	Mg/m^3	2.65	Estimée suivant NF P 94-054		

Caractéristiques des éprouvettes après saturation

ΔV	cm^3	-	-	-	
B		0.95	0.95	0.95	
u_{cp}	kPa	800	800	800	
σ'c	kPa	320	470	620	

Caractéristiques des éprouvettes après consolidation

ΔH_s	mm	1.87	2.25	2.56	
ΔV_s	cm^3	5.4	6.5	7.4	
w_{sat}	%	19.3	18.5	17.6	
ρ	Mg/m^3	2.092	2.108	2.126	
ρ_d	Mg/m^3	1.753	1.779	1.809	
e	-	0.51	0.49	0.47	
t_{100}	min	134	320	293	

Vitesse d'écrasement - v = 0.005 mm/min

Caractéristiques finales des éprouvettes

w	%	22.2	21.7	21.6	

Photo ou schéma des éprouvettes après essais

Observations

Présentation du procès verbal d'essai

Le présent procès verbal d'essai comporte 6 pages :
- Page 1 : caractéristiques des éprouvettes et résultats c' et φ'
- Page 2 : 3 graphiques : $q = f(\varepsilon_1)$, $\sigma'_1/\sigma'_3 = f(\varepsilon_1)$ et $\Delta u = f(\varepsilon_1)$
- Page 3 : représentations Mohr - Coulomb selon CRITERE 1
- Page 4 : représentations Mohr - Coulomb selon CRITERE 2
- Page 5 : représentations Lambe / Cambridge selon CRITERE 1
- Page 6 : représentations Lambe / Cambridge selon CRITERE 2

Il ne concerne que les objets soumis aux essais. Sauf autorisation préalable, il n'est utilisable à des fins commerciales ou publicitaires qu'en reproduction intégrale.

Résultats

Définition des critères d'interprétation de rupture	φ' Degrés	c' kPa
□ CRITERE 1 = $q_{max} = (\sigma_1-\sigma_3)_{max}$	**19**	**53**
◇ CRITERE 2 = $(\sigma'_1 / \sigma'_3)_{max}$	**20**	**52**

Fait à Elancourt, le 12/10/2022

Le Technicien chargé de l'essai : Y.SANOGO

Le Responsable du Laboratoire
Tiphaine LE SOURD

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

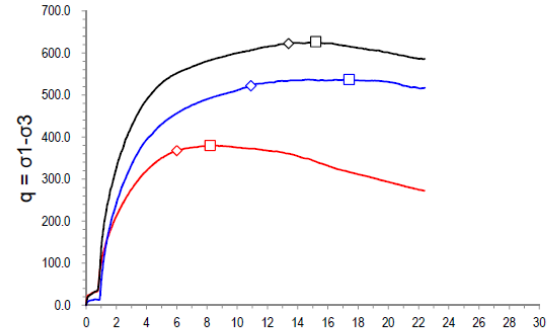
Dossier N° : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL
Client : -

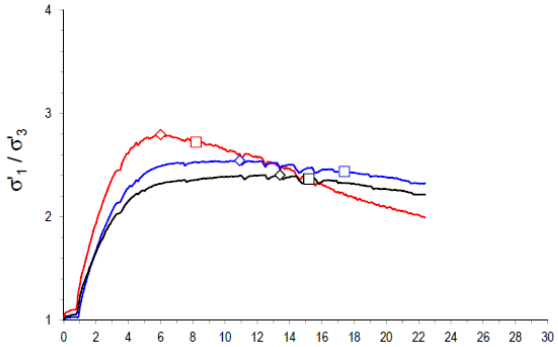
Informations sur l'échantillon

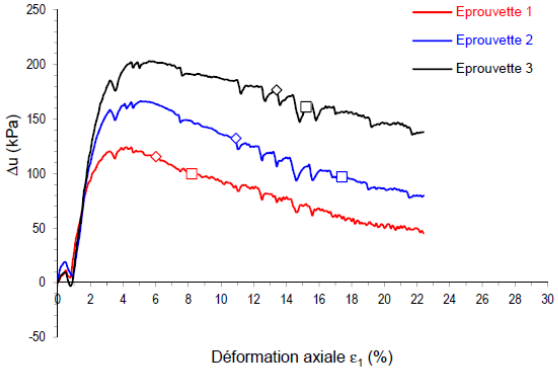
Sondage N° : SC4
Profondeur : 24.35-25m(24.4m)
Description : Argile grise (partie raide et molle)

σ_{v0} = 483 kPa
u_0 = 0 kPa

Représentation graphique et résultats







☐ CRITERE 1 = $q_{max} = (\sigma_1-\sigma_3)_{max}$

Ep N°	q kPa	σ'_1 / σ'_3	Δu kPa	ε %	A (1)	s' kPa	t kPa
1	380	2.72	99.7	8.21	0.263	410.2	189.8
2	537	2.44	96.9	17.41	0.180	641.5	268.4
3	627	2.37	160.9	15.21	0.257	772.6	313.5
4							

◇ CRITERE 2 = $(\sigma'_1 / \sigma'_3)_{max}$

Ep N°	q kPa	σ'_1 / σ'_3	Δu kPa	ε %	A (1)	s' kPa	t kPa
1	368	2.80	115.4	6.01	0.314	388.3	183.8
2	522	2.55	132.3	10.91	0.253	598.9	261.2
3	623	2.40	176.6	13.41	0.284	754.7	311.4
4							

(1) avec A = Δu / q = facteur de pression interstitielle.

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

Dossier N° : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL
Client : -

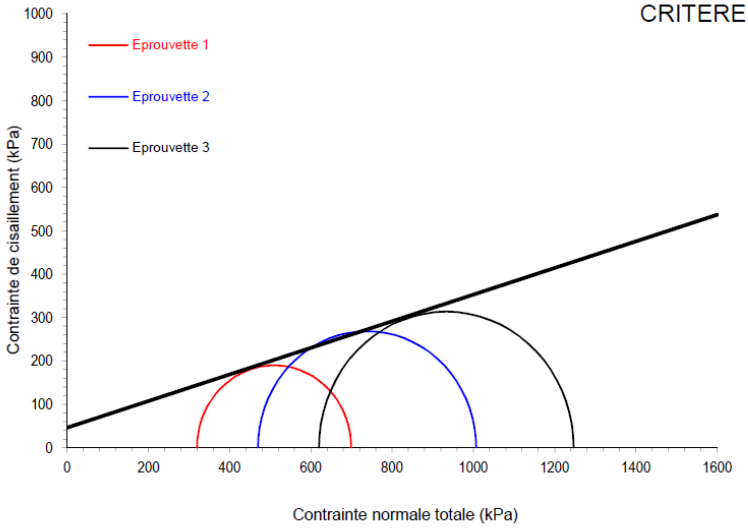
Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC4
Profondeur : 24.35-25m(24.4m)
Description : Argile grise (partie raide et molle)

σ_{v0} = 483 kPa
u_0 = 0 kPa

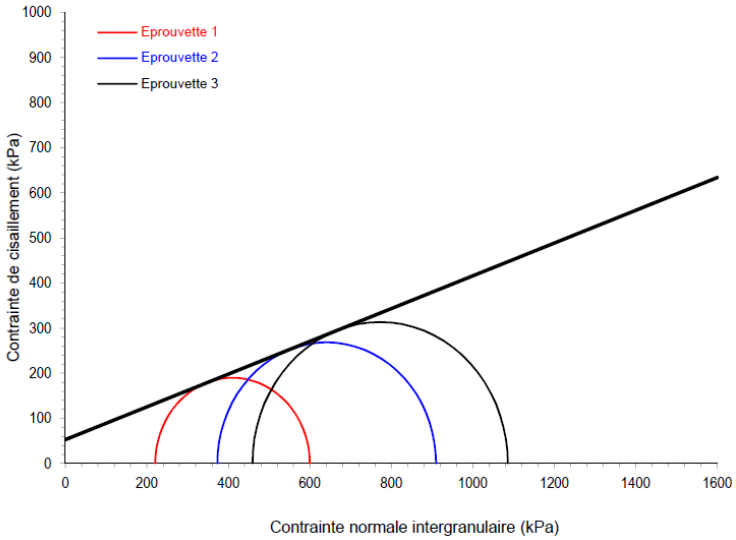
Représentation de MOHR - COULOMB selon CRITERE 1

CRITERE 1 = $q_{max} = (\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$



φ_{cu} = 17 Degrés
c_{cu} = 45 kPa

λcu = 0.41
C_{u0} = 63 kPa



φ' = 19 Degrés
c' = 53 kPa

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

Dossier N° : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL

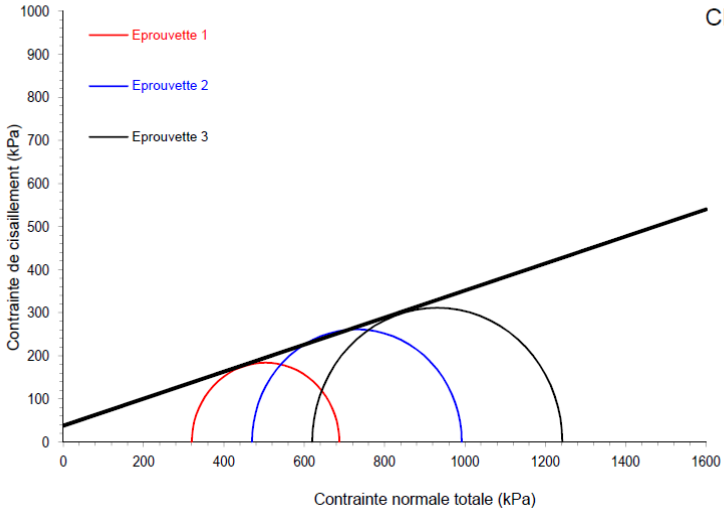
Client : -

Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC4
Profondeur : 24.35-25m(24.4m)
Description : Argile grise (partie raide et molle)

σ_{v0} = 483 kPa
u_0 = 0 kPa

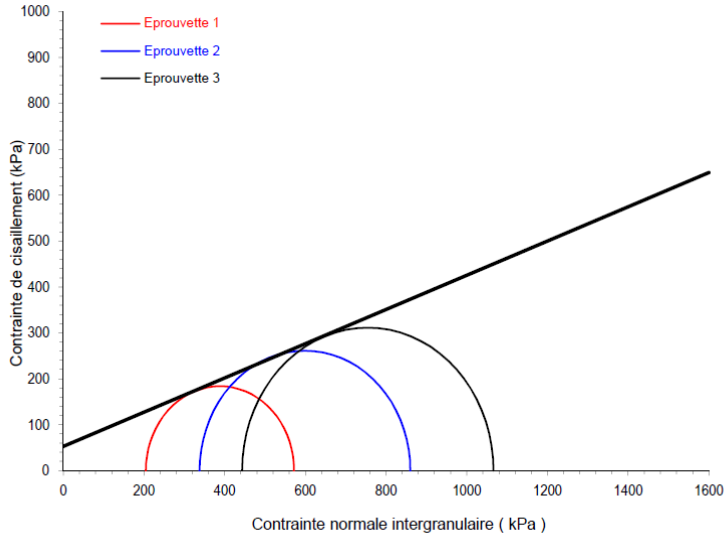
Représentation de MOHR - COULOMB selon CRITERE 2



CRITERE 2 = $(\sigma'_1 / \sigma'_3)_{max}$

φ_{cu} = 17 Degrés
c_{cu} = 37 kPa

λcu = 0.43
C_{u0} = 52 kPa



φ' = 20 Degrés
c' = 52 kPa

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

Dossier N° : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL

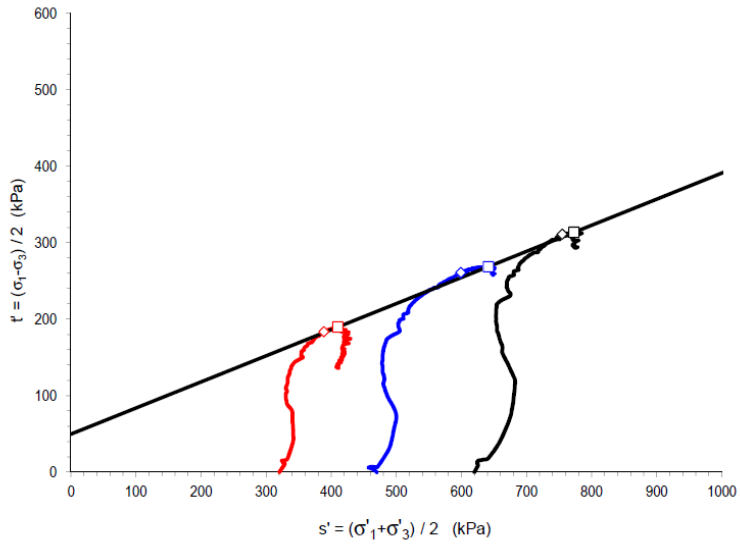
Client : -

Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC4
Profondeur : 24.35-25m(24.4m)
Description : Argile grise (partie raide et molle)

σ_{v0} = 483 kPa
u_0 = 0 kPa

Représentation de Lambe et de Cambridge selon CRITERE 1



☐ CRITERE 1 = q_{max}

$q_{max} = (\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$

Diagramme de LAMBE

φ' = 19 Degrés
c' = 53 kPa

Eprouvette 1
Eprouvette 2
Eprouvette 3

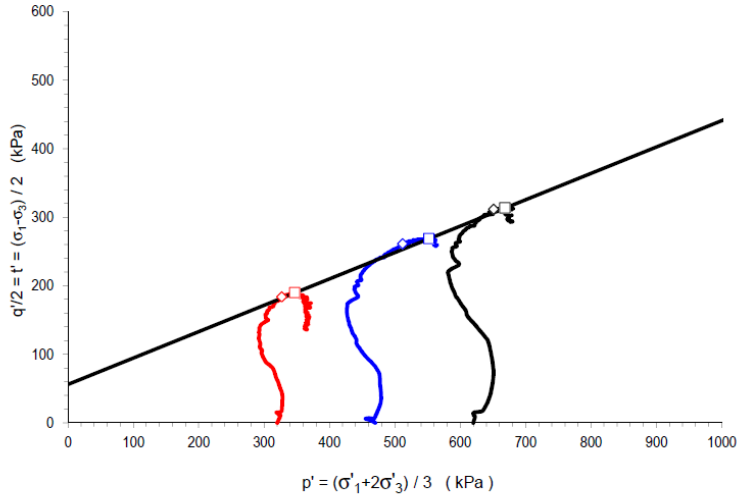


Diagramme de CAMBRIDGE

φ' = 19 Degrés
c' = 53 kPa

GINGER CEBTP

PROCES VERBAL D'ESSAI

ESSAIS À L'APPAREIL TRIAXIAL DE REVOLUTION

Essai consolidé non drainé (CU + u) avec mesure de la pression interstitielle

NF P 94-074

Agence d'Ile-de-France
Laboratoire Sols et Routes
12, avenue Gay Lussac
78990 ELANCOURT
Tél. : 01.30.85.20.48
cebtp.idf@gingergroupe.com

Informations générales

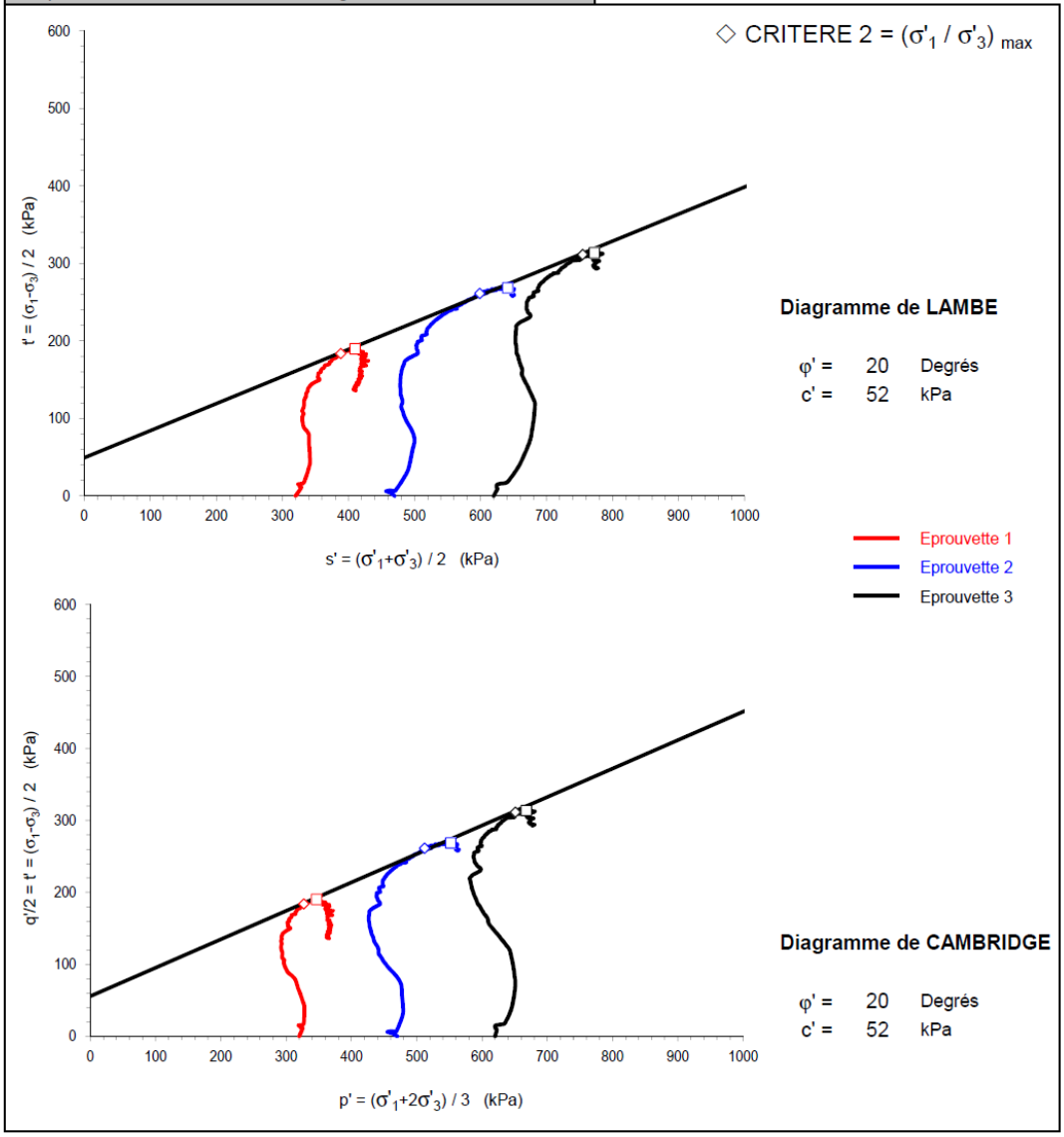
Dossier N° : BRO4.M.0290
Chantier : BELVAL
Client : -

Informations sur l'échantillon

Sondage N° : SC4
Profondeur : 24.35-25m(24.4m)
Description : Argile grise (partie raide et molle)

σ_{v0} = 483 kPa
u_0 = 0 kPa

Représentation de Lambe et de Cambridge selon CRITERE 2



GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1021

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC1
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	1.20/1.40 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Argile beige		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	20	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	95.6	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	92.5	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	ME selon NFP94-051	56	%
Limite de plasticité - W_P	ME selon NFP94-051	34	%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P	22	
VBS	NF P94-068		g de bleu pour 100 g

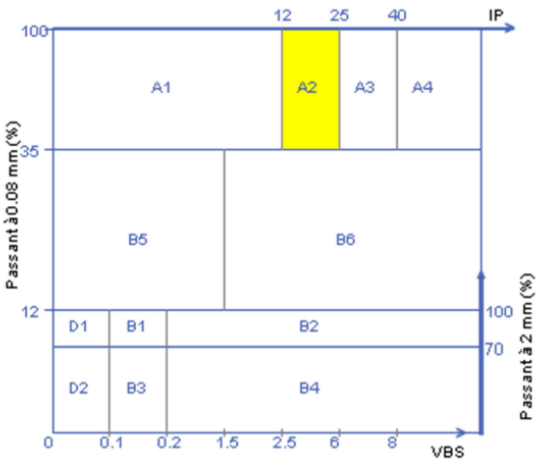
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	31.5	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(W_L - W_n) / I_P	1.12	
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A2 m



Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

Observations:

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018

1 / 1

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1021

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC1
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	1.20/1.40 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 31.5
Description :	Argile beige		

Informations sur l'essai

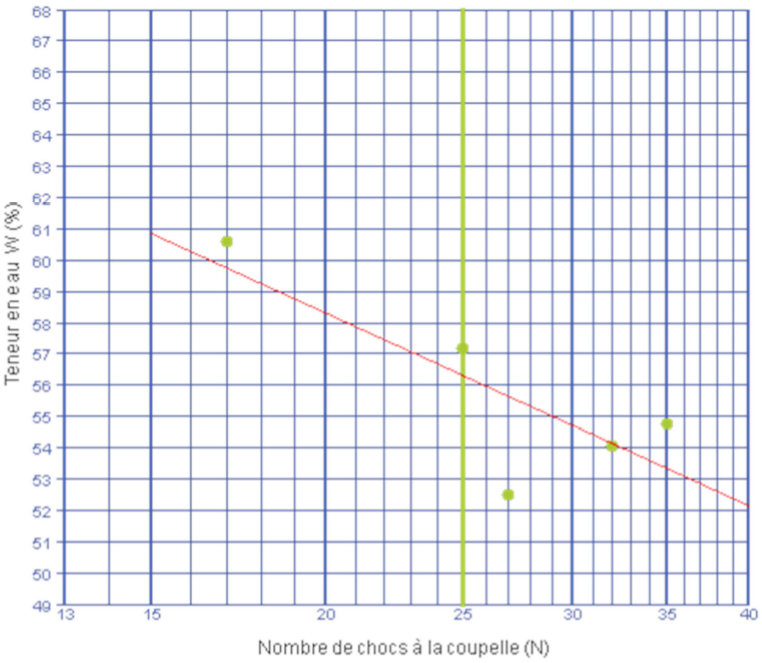
Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	16/08/22

Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	17	60.6
2	25	57.1
3	27	52.5
4	32	54.1
5	35	54.8

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	34.9
2	34.1
3	34.1

Limite de liquidité	W_L (%) =	56
Limite de plasticité	W_P (%) =	34
Indice de plasticité	I_P =	22
Indice de consistance	I_C =	1.12



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360 V1 du 01/09/2016

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1021

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC1
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	1.20/1.40 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 31.5
Description :	Argile beige		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	16/08/22

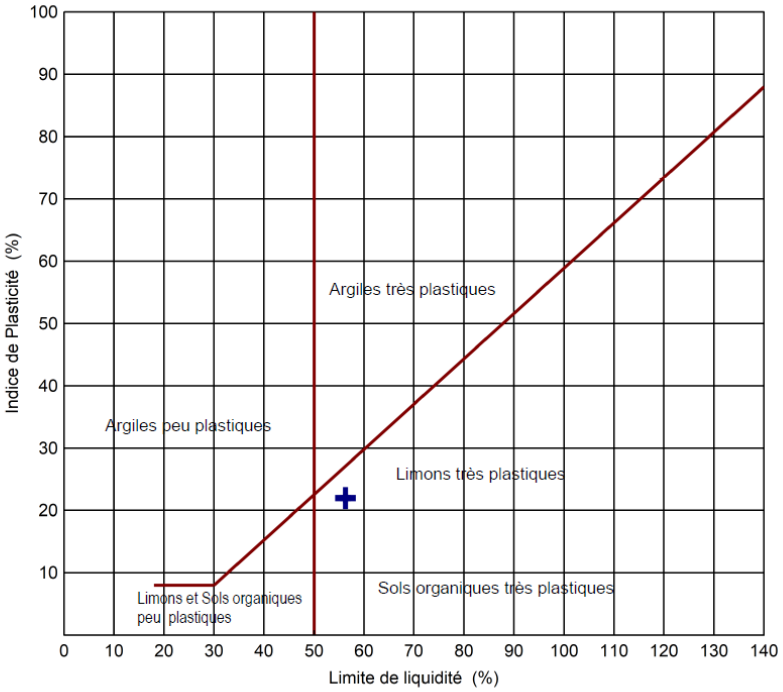
Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	17	60.6
2	25	57.1
3	27	52.5
4	32	54.1
5	35	54.8

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	34.9
2	34.1
3	34.1

Limite de liquidité	W_L (%) =	56
Limite de plasticité	W_P (%) =	34
Indice de plasticité	I_P =	22
Indice de consistance	I_C =	1.12

DIAGRAMME DE CASAGRANDE



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360-1 V1 du 01/09/2016 1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1021

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC1
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	10.15/10.65 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Schistes altérés		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	5	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	99.3	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	98.8	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	ME selon NFP94-051	46	%
Limite de plasticité - W_P	ME selon NFP94-051	19	%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P	27	
VBS	NF P94-068		g de bleu pour 100 g

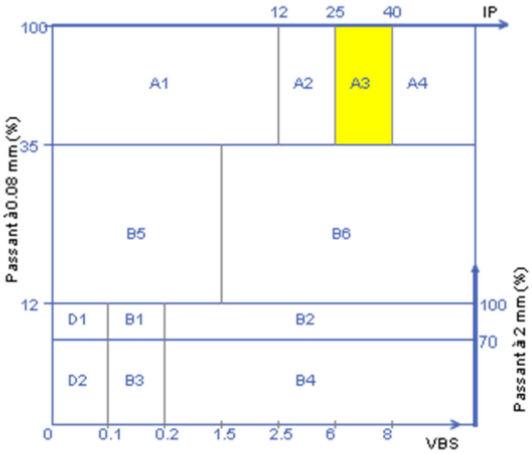
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	18.0	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(W_L - Wn) / I_P	1.04	
Wn / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A3 m



Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

Observations:

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1021

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC1
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	10.15/10.65 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 18.0
Description :	Schistes altérés		

Informations sur l'essai

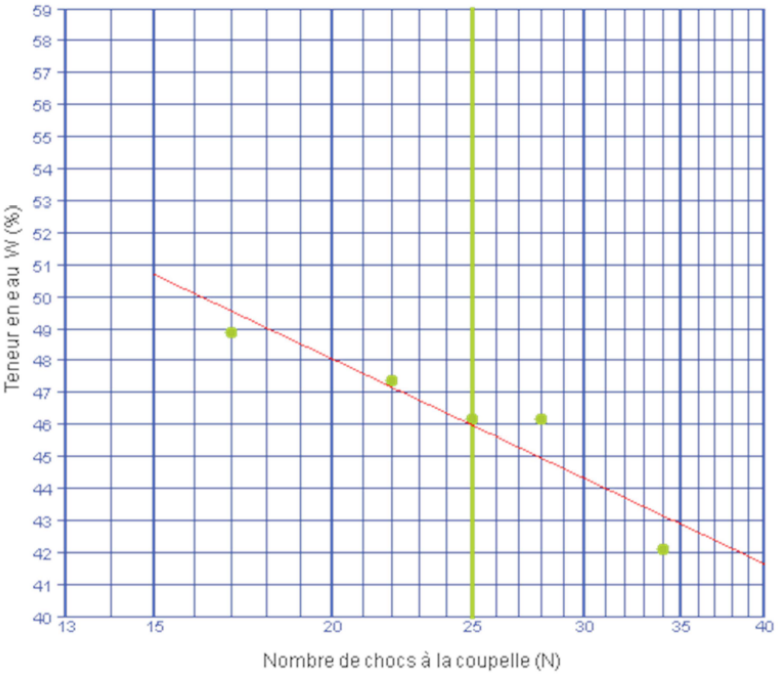
Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	18/08/22

Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	17	48.9
2	22	47.4
3	25	46.2
4	34	42.1
5	28	46.2

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	19.1
2	18.8

Limite de liquidité	W_L (%) =	46
Limite de plasticité	W_P (%) =	19
Indice de plasticité	I_P =	27
Indice de consistance	I_C =	1.04



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360 V1 du 01/09/2016

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1021

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC1
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	10.15/10.65 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 18.0
Description :	Schistes altérés		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	18/08/22

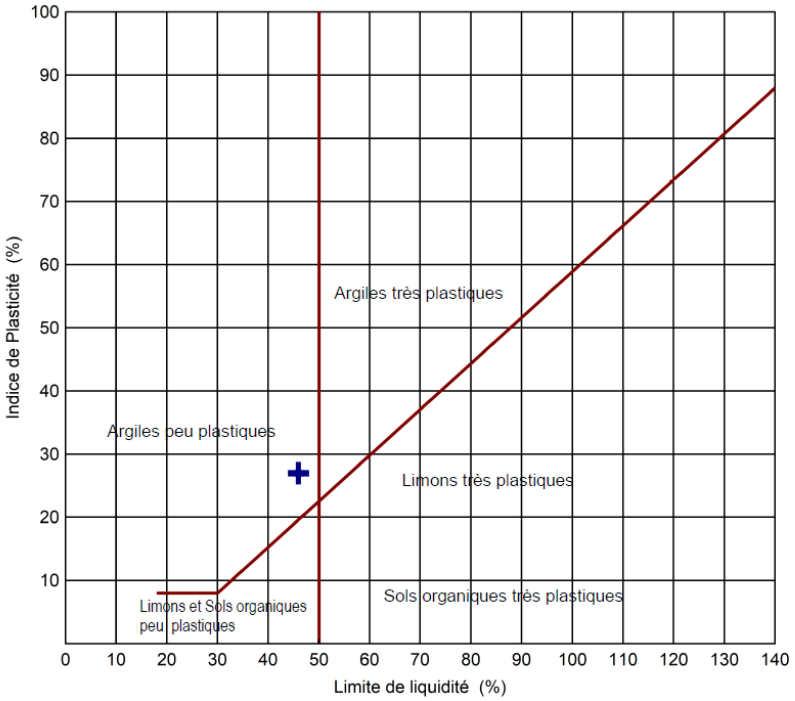
Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	17	48.9
2	22	47.4
3	25	46.2
4	34	42.1
5	28	46.2

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	19.1
2	18.8

Limite de liquidité	W_L (%) =	46
Limite de plasticité	W_P (%) =	19
Indice de plasticité	I_P =	27
Indice de consistance	I_C =	1.04

DIAGRAMME DE CASAGRANDE



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360-1 V1 du 01/09/2016 1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier : **NRE2.L211.0003**
Désignation : A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090
Localité : BELVAL
Chargé d'affaire : RAPHAEL MOROY

Client / MO : DREAL GRAND EST
Demandeur / MOE : DREAL GRAND EST

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1022

Mode de prélévement : Sondage carotté
Prélevé par : POLE SONDAGE
Date prélévement : 20/06/22
Mode de conservation : Ech. Intact en gaine PVC
Date de livraison : 13/07/22
Description : Argile grise

Sondage : SC2
Profondeur : 4.90/5.00 m

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	5	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	99.3	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	98.7	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	ME selon NFP94-051		%
Limite de plasticité - WP	ME selon NFP94-051		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF P94-068	4.11	g de bleu pour 100 g

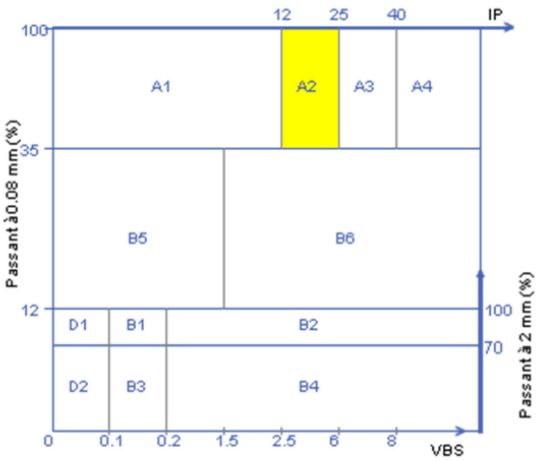
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	23.0	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(WL - Wn) / IP		
Wn / W OPN	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W OPN (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ OPN (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A2



Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

Observations:

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier : **NRE2.L211.0003**
Désignation : A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090
Localité : BELVAL
Chargé d'affaire : RAPHAEL MOROY

Client / MO : DREAL GRAND EST
Demandeur / MOE : DREAL GRAND EST

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1022

Mode de prélévement : Sondage carotté
Prélevé par : POLE SONDAGE
Date prélévement : 20/06/22
Mode de conservation : Ech. Intact en gaine PVC
Date de livraison : 13/07/22
Description : Argile grise

Sondage : SC2
Profondeur : 6.90/7.10 m

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	20	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	98.6	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	97.0	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	ME selon NFP94-051	51	%
Limite de plasticité - W_P	ME selon NFP94-051	23	%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P	28	
VBS	NF P94-068		g de bleu pour 100 g

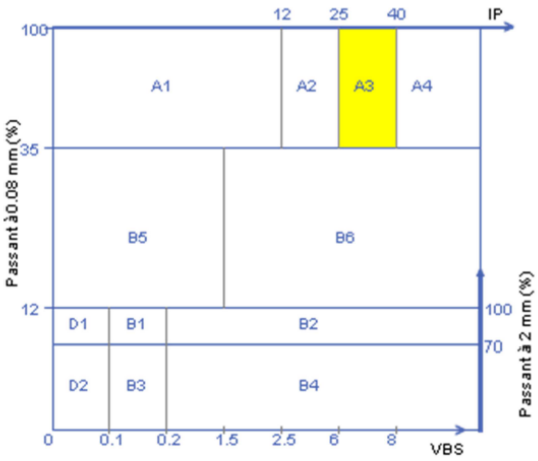
Paramètres d'état hydrique

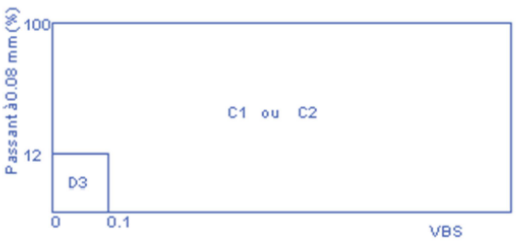
Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	22.0	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(W_L - Wn) / I_P	1.03	
Wn / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A3 m





Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

Observations:

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1022

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC2
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	6.90/7.10 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 22.0
Description :	Argile grise		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	23/08/22

Résultats de l'essai

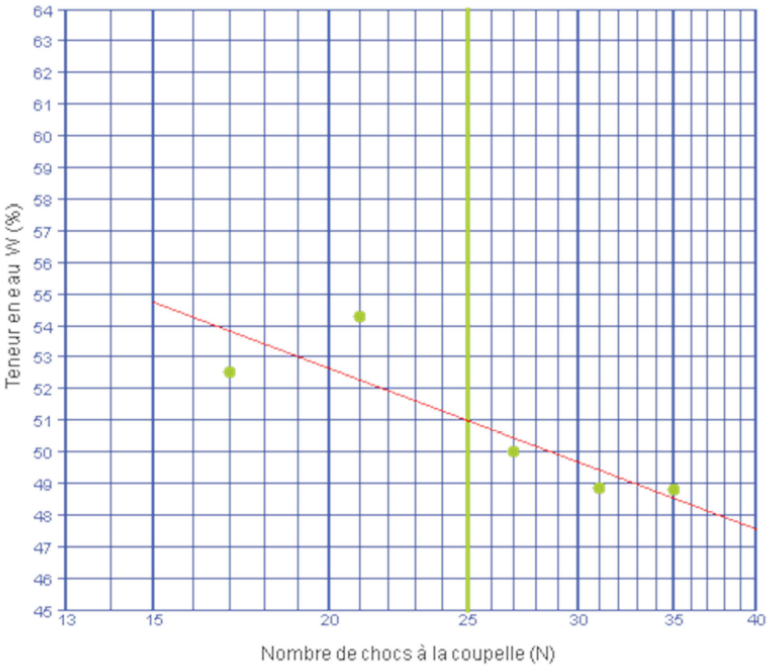
Limite de Liquidité W_L (%)

Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	17	52.5
2	21	54.3
3	27	50.0
4	31	48.8
5	35	48.8

Limite de Plasticité W_P (%)

Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	22.7
2	25.5
3	21.8

Limite de liquidité	W_L (%) =	51
Limite de plasticité	W_P (%) =	23
Indice de plasticité	I_P =	28
Indice de consistance	I_C =	1.03



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360 V1 du 01/09/2016

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1022

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC2
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	6.90/7.10 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 22.0
Description :	Argile grise		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	23/08/22

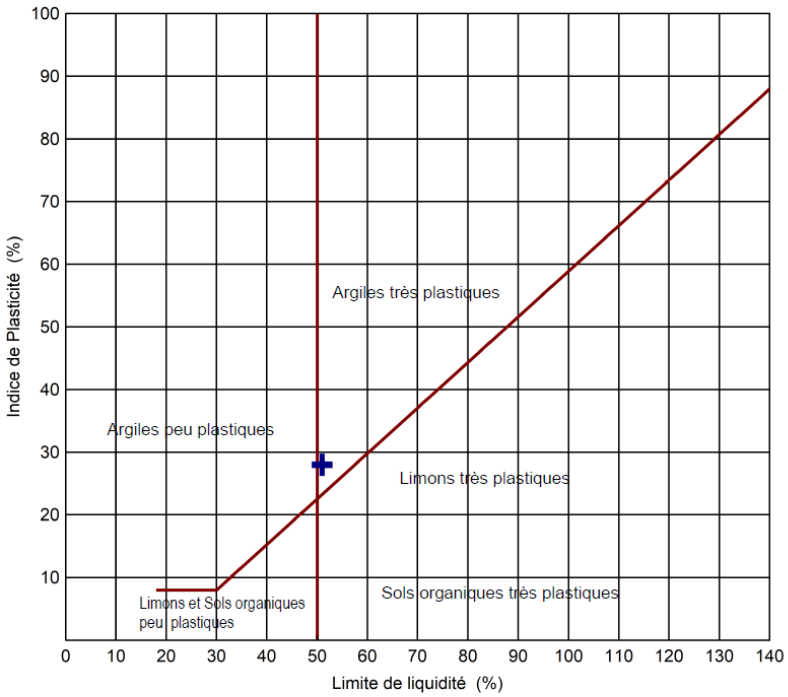
Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	17	52.5
2	21	54.3
3	27	50.0
4	31	48.8
5	35	48.8

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	22.7
2	25.5
3	21.8

Limite de liquidité	W_L (%) =	51
Limite de plasticité	W_P (%) =	23
Indice de plasticité	I_P =	28
Indice de consistance	I_C =	1.03

DIAGRAMME DE CASAGRANDE



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360-1 V1 du 01/09/2016 1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1022

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC2
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	13.90/14.15 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Schistes altérés marron		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	20	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	64.8	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	54.4	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	ME selon NFP94-051		%
Limite de plasticité - W_P	ME selon NFP94-051		%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P		
VBS	NF P94-068	1.25	g de bleu pour 100 g

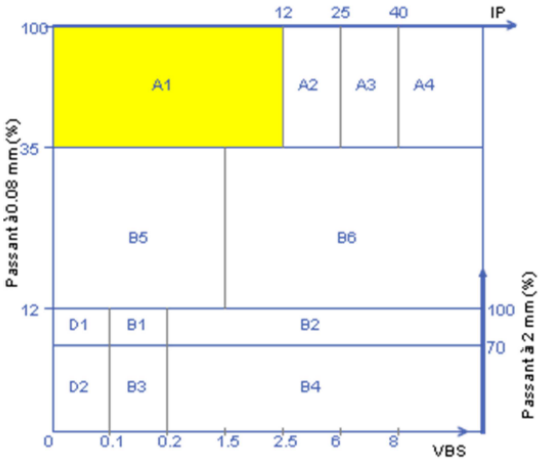
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	27.6	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(W_L - Wn) / I_P		
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A1



Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

Observations:

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1022

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC2
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	19.60/19.85 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Argile graveleuse marron		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	5	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	49.1	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	39.8	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	ME selon NFP94-051	57	%
Limite de plasticité - WP	ME selon NFP94-051	29	%
Indice de plasticité - IP	WL - WP	28	
VBS	NF P94-068		g de bleu pour 100 g

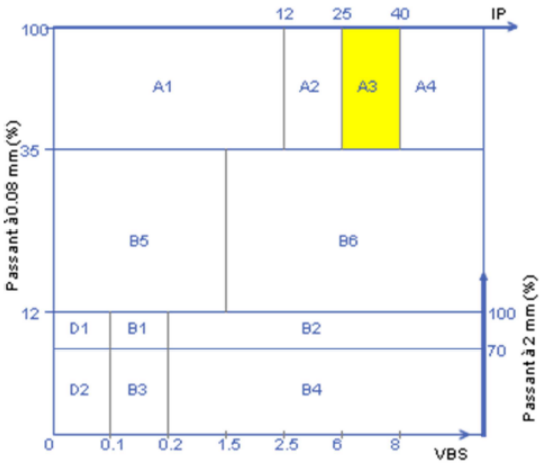
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	37.9	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(WL - Wn) / IP		
Wn / W OPN	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W OPN (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ OPN (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A3 th



Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

Observations:

SVN_DON-PRG V09-06-22

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1022

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC2
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	19.60/19.85 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 37.9
Description :	Argile graveleuse marron		

Informations sur l'essai

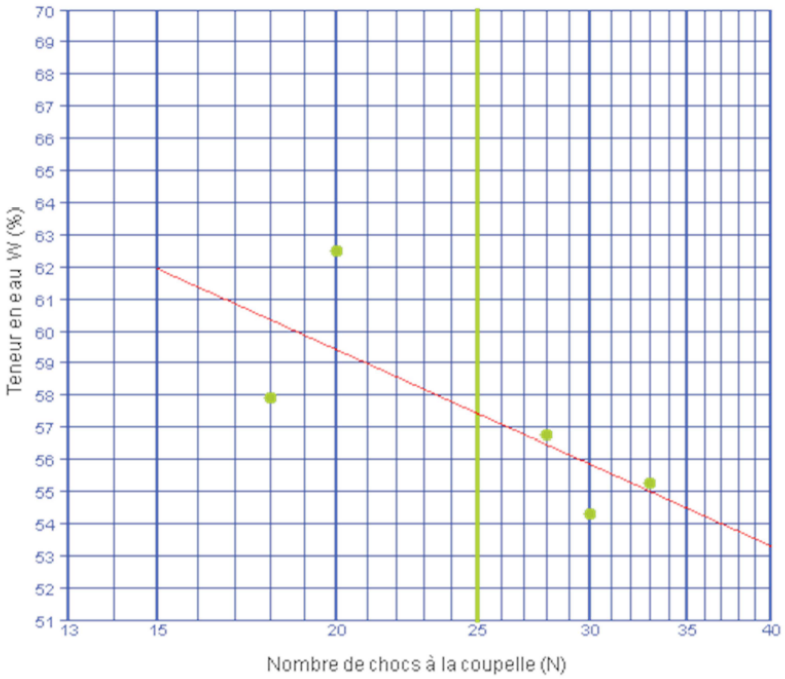
Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	30/08/22

Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	18	57.9
2	20	62.5
3	28	56.8
4	30	54.3
5	33	55.3

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	30.4
2	34.9
3	22.9

Limite de liquidité	W_L (%) =	57
Limite de plasticité	W_P (%) =	29
Indice de plasticité	I_P =	28



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360 V1 du 01/09/2016

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1022

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC2
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	19.60/19.85 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 37.9
Description :	Argile graveleuse marron		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	30/08/22

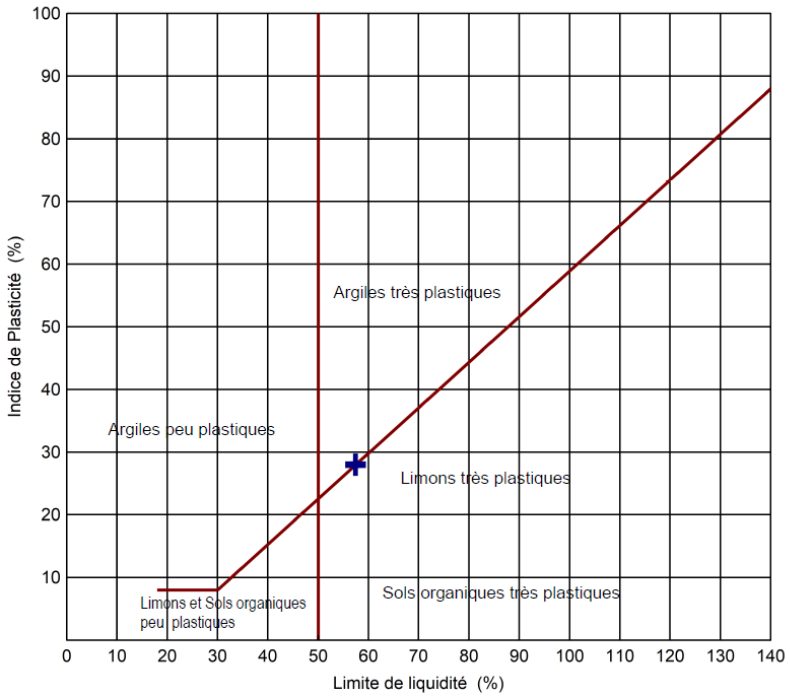
Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	18	57.9
2	20	62.5
3	28	56.8
4	30	54.3
5	33	55.3

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	30.4
2	34.9
3	22.9

Limite de liquidité	W_L (%) =	57
Limite de plasticité	W_P (%) =	29
Indice de plasticité	I_P =	28

DIAGRAMME DE CASAGRANDE



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360-1 V1 du 01/09/2016

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1022

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC2
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	21.90/22.10 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Argile marron		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	5	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	99.7	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	98.1	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	ME selon NFP94-051		%
Limite de plasticité - WP	ME selon NFP94-051		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF P94-068	4.24	g de bleu pour 100 g

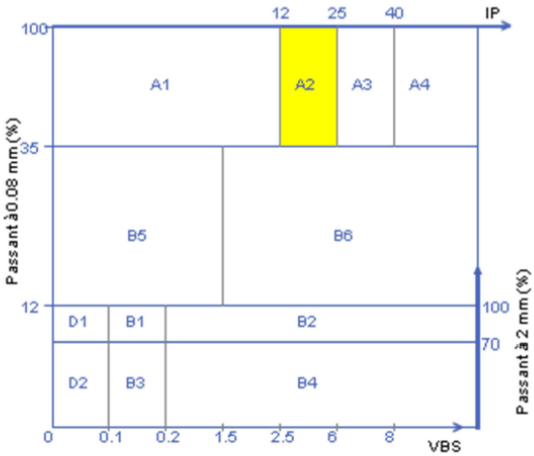
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	26.0	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(WL - Wn) / IP		
Wn / W OPN	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W OPN (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ OPN (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A2



Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

Observations:

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1022

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC2
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	25.00/25.35 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Argile grise		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	5	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	98.9	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	96.7	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	ME selon NFP94-051	56	%
Limite de plasticité - W_P	ME selon NFP94-051	25	%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P	31	
VBS	NF P94-068		g de bleu pour 100 g

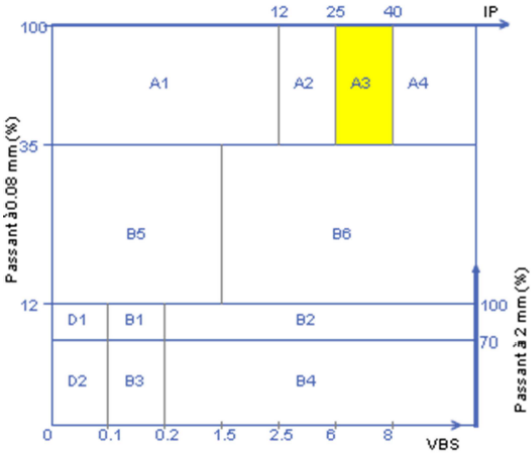
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	25.8	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(W_L - W_n) / I_P	0.97	
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A3 h



Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

Observations:

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1022

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC2
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	25.00/25.35 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 25.8
Description :	Argile grise		

Informations sur l'essai

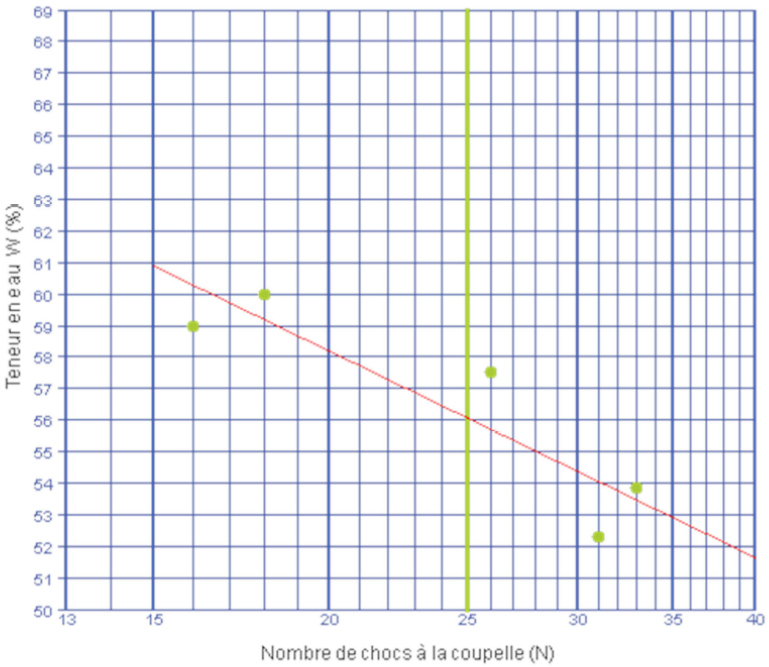
Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	29/08/22

Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	16	59.0
2	18	60.0
3	26	57.5
4	31	52.3
5	33	53.8

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	25.5
2	23.3
3	25.8

Limite de liquidité	W_L (%) =	56
Limite de plasticité	W_P (%) =	25
Indice de plasticité	I_P =	31
Indice de consistance	I_C =	0.97
Indice de liquidité	I_L =	0.03



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360 V1 du 01/09/2016

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1022

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC2
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	25.00/25.35 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 25.8
Description :	Argile grise		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	29/08/22

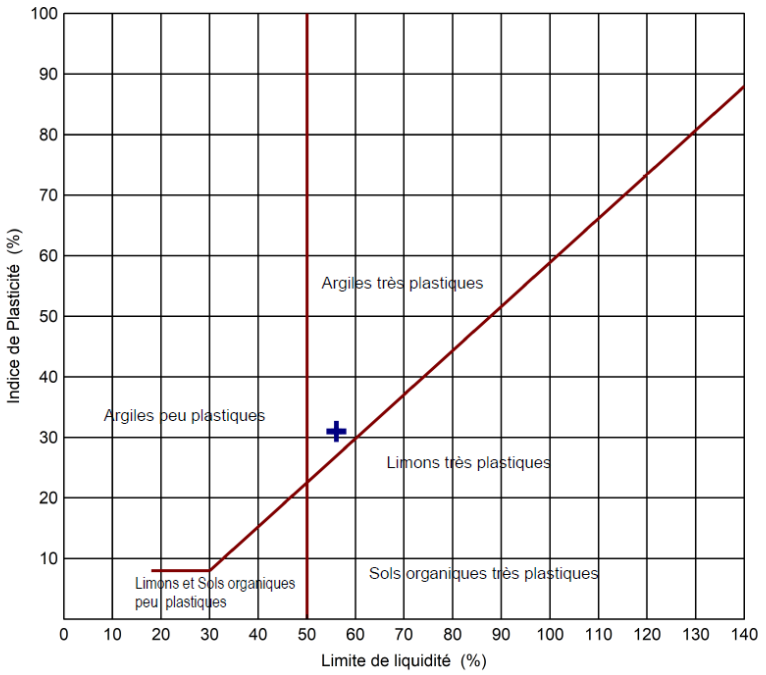
Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	16	59.0
2	18	60.0
3	26	57.5
4	31	52.3
5	33	53.8

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	25.5
2	23.3
3	25.8

Limite de liquidité	W_L (%) =	56
Limite de plasticité	W_P (%) =	25
Indice de plasticité	I_P =	31
Indice de consistance	I_C =	0.97
Indice de liquidité	I_L =	0.03

DIAGRAMME DE CASAGRANDE



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360-1 V1 du 01/09/2016 1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1023

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC3
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	0.70/0.90 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Argile gris et vert		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	20	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	94.6	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	92.9	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	ME selon NFP94-051	64	%
Limite de plasticité - W_P	ME selon NFP94-051	24	%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P	40	
VBS	NF P94-068		g de bleu pour 100 g

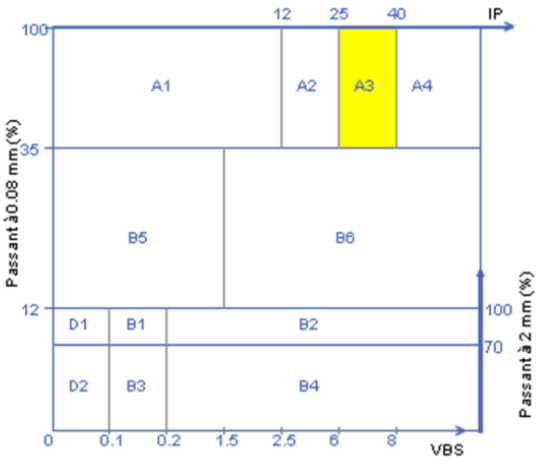
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	30.8	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(W_L - W_n) / I_P	0.83	
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A3 h



Observations:

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1023

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC3
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	0.70/0.90 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 30.8
Description :	Argile gris et vert		

Informations sur l'essai

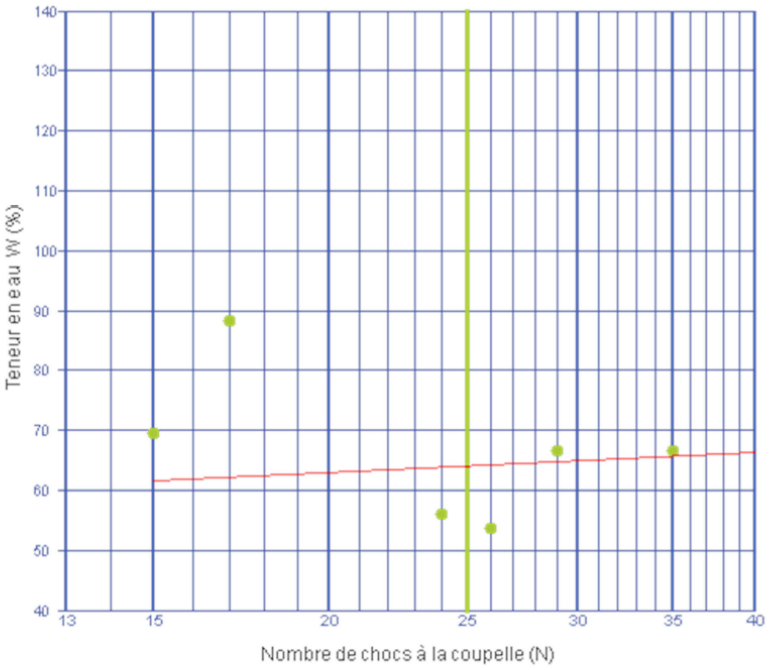
Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	16/08/22

Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	15	69.4
2	26	53.7
3	17	88.2
4	35	66.7
5	24	55.9
6	29	66.7

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	23.8
2	23.3
3	26.2

Limite de liquidité	W_L (%) =	64
Limite de plasticité	W_P (%) =	24
Indice de plasticité	I_P =	40
Indice de consistance	I_C =	0.83
Indice de liquidité	I_L =	0.17



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360 V1 du 01/09/2016

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1023

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC3
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	0.70/0.90 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 30.8
Description :	Argile gris et vert		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	16/08/22

Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)

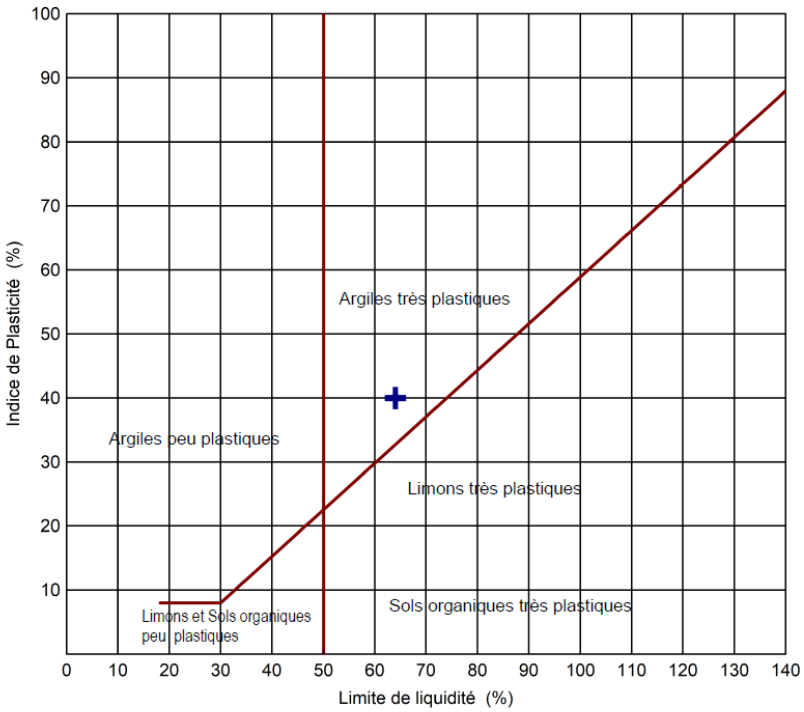
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	15	69.4
2	26	53.7
3	17	88.2
4	35	66.7
5	24	55.9
6	29	66.7

Limite de Plasticité W_P (%)

Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	23.8
2	23.3
3	26.2

Limite de liquidité	W_L (%) =	64
Limite de plasticité	W_P (%) =	24
Indice de plasticité	I_P =	40
Indice de consistance	I_C =	0.83
Indice de liquidité	I_L =	0.17

DIAGRAMME DE CASAGRANDE



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360-1 V1 du 01/09/2016

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1023

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC3
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	12.30/12.45 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Schistes altérés		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	5	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	96.9	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	94.5	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	ME selon NFP94-051	51	%
Limite de plasticité - W_P	ME selon NFP94-051	22	%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P	29	
VBS	NF P94-068		g de bleu pour 100 g

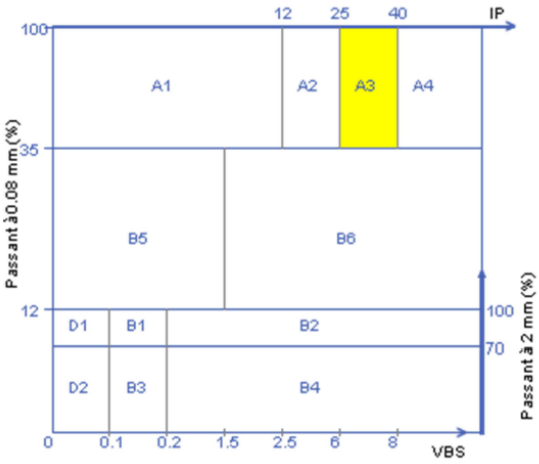
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	20.5	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - I_c	(W_L - W_n) / I_P	1.05	
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A3 m



Observations:

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018 1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1023

Mode de prélèvement :	Sondage carotté	Sondage :	SC3
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	12.30/12.45 m
Date prélèvement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 20.5
Description :	Schistes altérés		

Informations sur l'essai

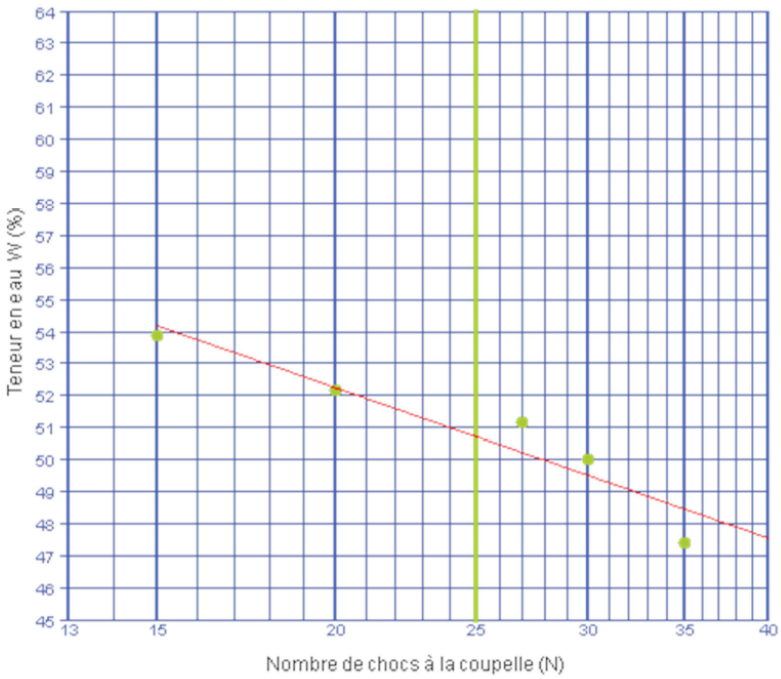
Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	09/08/22

Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	15	53.8
2	20	52.2
3	27	51.2
4	30	50.0
5	35	47.4

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	21.9
2	22.6
3	22.9

Limite de liquidité	W_L (%) =	51
Limite de plasticité	W_P (%) =	22
Indice de plasticité	I_P =	29
Indice de consistance	I_C =	1.05



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360 V1 du 01/09/2016

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	**NRE2.L211.0003**	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon **N° 22NRE-1023**

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC3
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	12.30/12.45 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 20.5
Description :	Schistes altérés		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	09/08/22

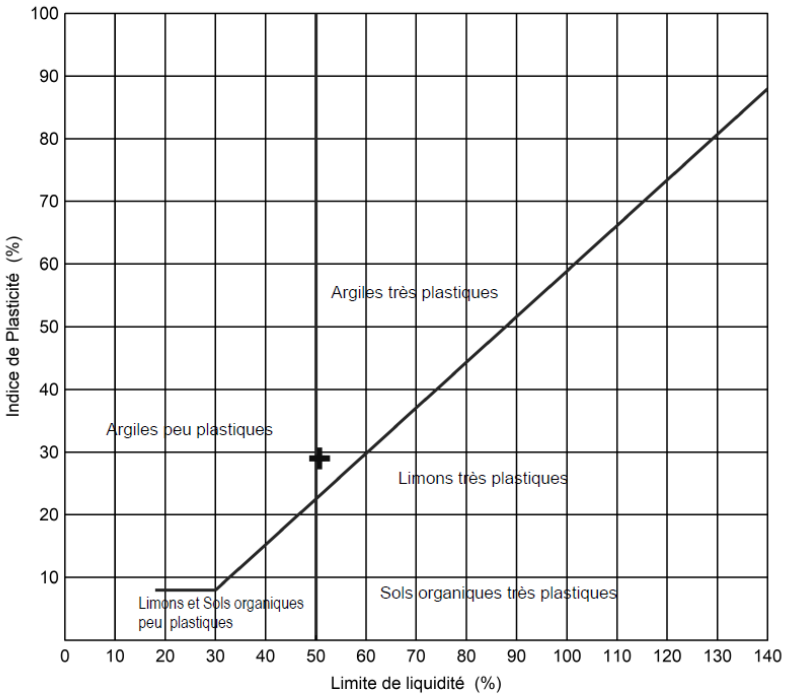
Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	15	53.8
2	20	52.2
3	27	51.2
4	30	50.0
5	35	47.4

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	21.9
2	22.6
3	22.9

Limite de liquidité	W_L (%) =	51
Limite de plasticité	W_P (%) =	22
Indice de plasticité	I_P =	29
Indice de consistance	I_C =	1.05

DIAGRAMME DE CASAGRANDE



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07~12-21

N° Qualité E360-1 V1 du 01/09/2016

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	2.30/2.50 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Argile grise		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	5	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	99.4	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	98.3	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	ME selon NFP94-051		%
Limite de plasticité - W_P	ME selon NFP94-051		%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P		
VBS	NF P94-068	2.98	g de bleu pour 100 g

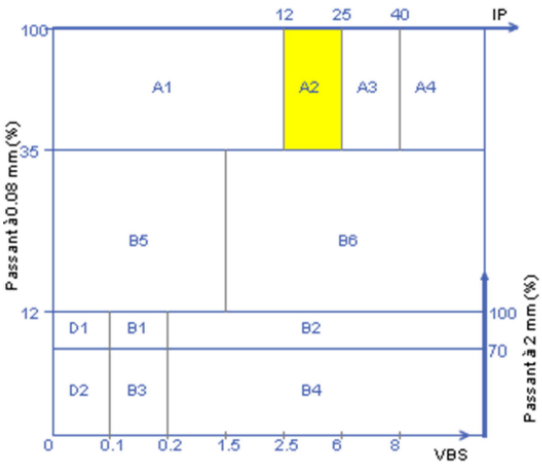
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P 94-050	26.7	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(WL - Wn) / IP		
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A2



Observations:

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	6.30/6.50 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Argile grise		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	20	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	98.4	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	96.7	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	ME selon NFP94-051	46	%
Limite de plasticité - W_P	ME selon NFP94-051	23	%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P	23	
VBS	NF P94-068		g de bleu pour 100 g

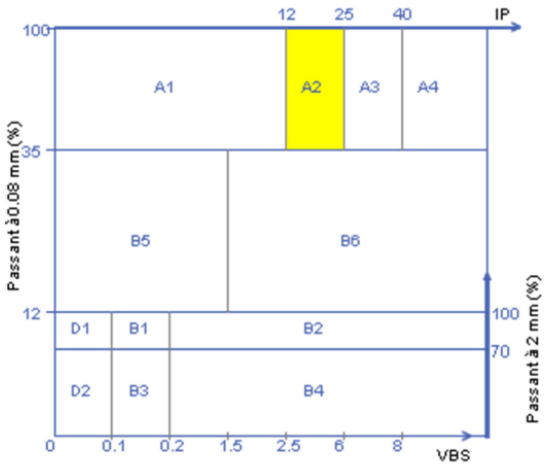
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	23.8	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(WL - Wn) / IP	0.97	
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A2 h



Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

Observations:

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	6.30/6.50 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 23.8
Description :	Argile grise		

Informations sur l'essai

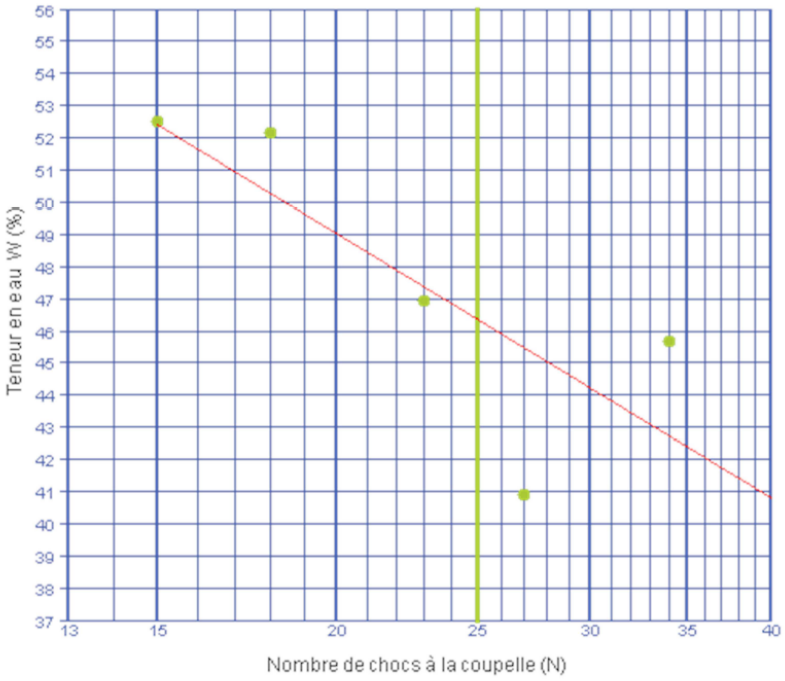
Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	24/08/22

Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	15	52.5
2	18	52.2
3	23	46.9
4	27	40.9
5	34	45.7

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	22.4
2	23.9
3	21.4

Limite de liquidité	W_L (%) =	46
Limite de plasticité	W_P (%) =	23
Indice de plasticité	I_P =	23
Indice de consistance	I_C =	0.97
Indice de liquidité	I_L =	0.03



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07~12-21

N° Qualité E360 V1 du 01/09/2016

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	6.30/6.50 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 23.8
Description :	Argile grise		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	24/08/22

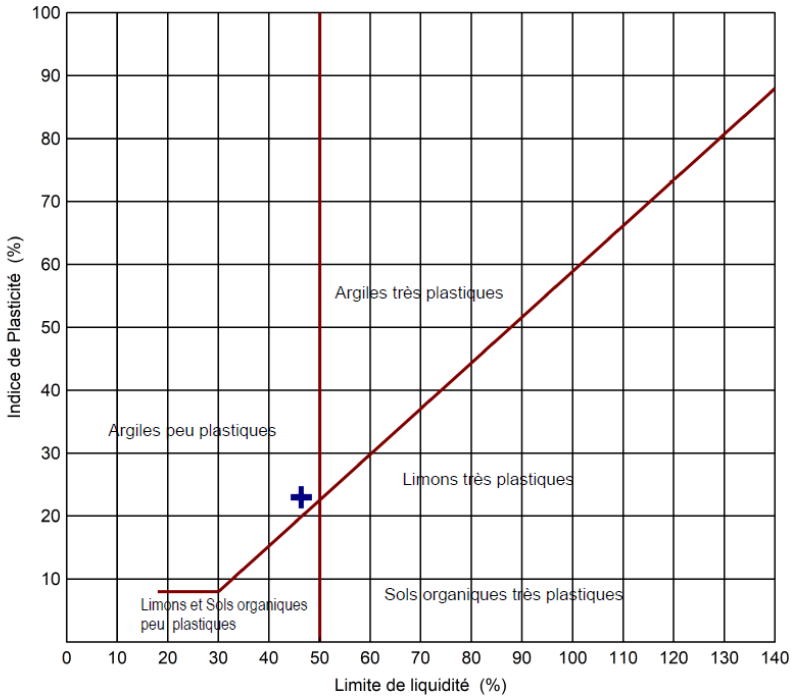
Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	15	52.5
2	18	52.2
3	23	46.9
4	27	40.9
5	34	45.7

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	22.4
2	23.9
3	21.4

Limite de liquidité	W_L (%) =	46
Limite de plasticité	W_P (%) =	23
Indice de plasticité	I_P =	23
Indice de consistance	I_C =	0.97
Indice de liquidité	I_L =	0.03

DIAGRAMME DE CASAGRANDE



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360-1 V1 du 01/09/2016 1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	9.80/10.10 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Argile grise		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	5	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	98.7	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	97.7	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	ME selon NFP94-051	54	%
Limite de plasticité - W_P	ME selon NFP94-051	27	%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P	27	
VBS	NF P94-068		g de bleu pour 100 g

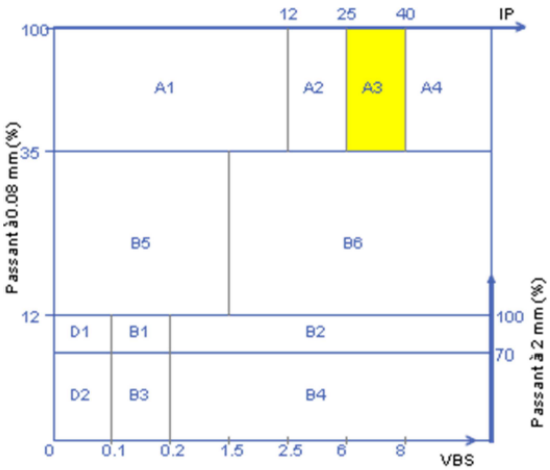
Paramètres d'état hydrique

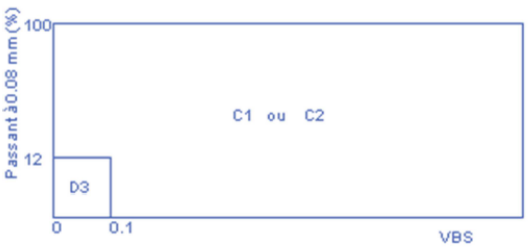
Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	22.3	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(W_L - W_n) / I_P	1.17	
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A3 s





Observations:

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018

1 / 1

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	9.80/10.10 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 22.3
Description :	Argile grise		

Informations sur l'essai

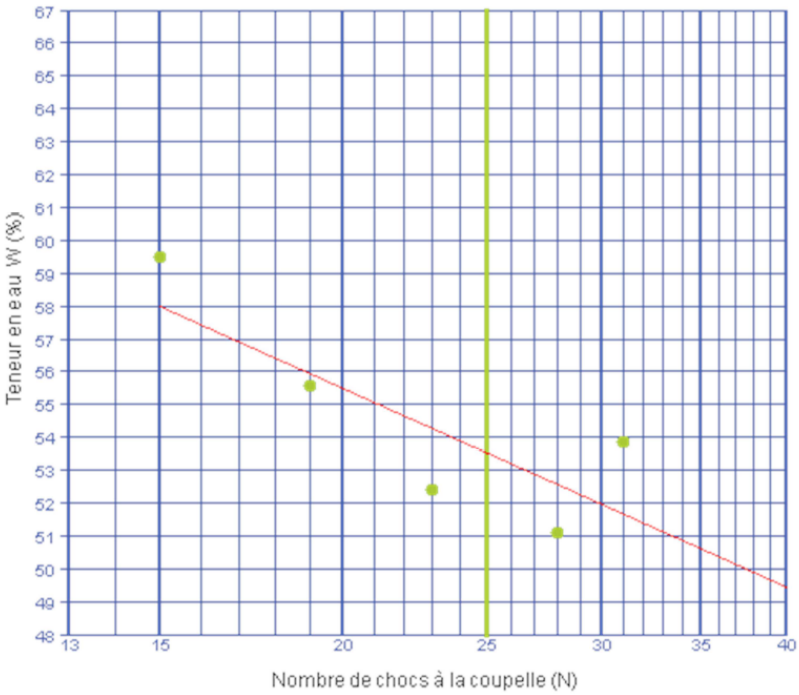
Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	22/08/22

Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	15	59.5
2	19	55.6
3	23	52.4
4	28	51.1
5	31	53.8

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	25.8
2	28.6
3	26.5

Limite de liquidité	W_L (%) =	54
Limite de plasticité	W_P (%) =	27
Indice de plasticité	I_P =	27
Indice de consistance	I_C =	1.17



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PKG V0/-12-21

N° Qualité E360 V1 du 01/09/2016

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	9.80/10.10 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 22.3
Description :	Argile grise		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	22/08/22

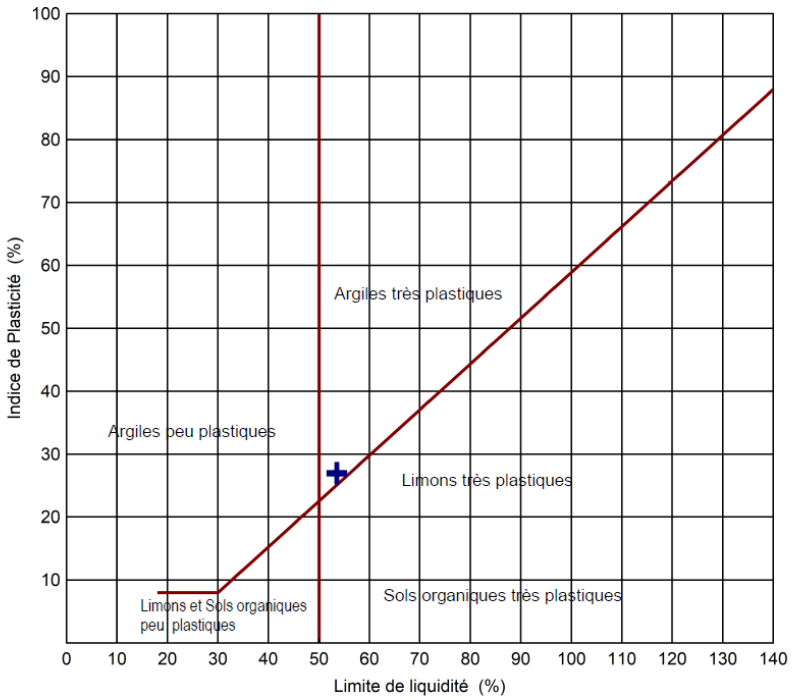
Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	15	59.5
2	19	55.6
3	23	52.4
4	28	51.1
5	31	53.8

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	25.8
2	28.6
3	26.5

Limite de liquidité	W_L (%) =	54
Limite de plasticité	W_P (%) =	27
Indice de plasticité	I_P =	27
Indice de consistance	I_C =	1.17

DIAGRAMME DE CASAGRANDE



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360-1 V1 du 01/09/2016

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	11.00/11.35 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Argile grise		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	20	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	96.7	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	91.5	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	ME selon NFP94-051	59	%
Limite de plasticité - W_P	ME selon NFP94-051	28	%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P	31	
VBS	NF P94-068		g de bleu pour 100 g

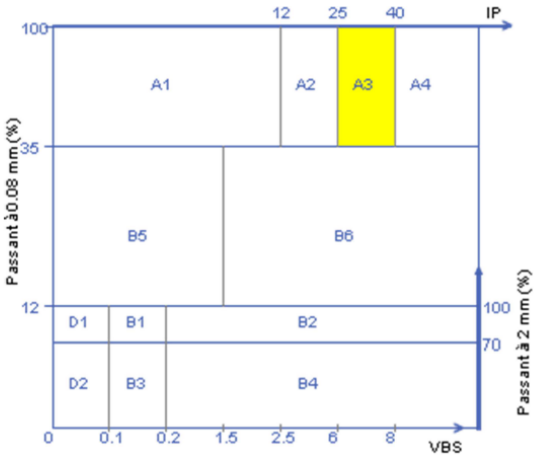
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	33.9	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(W_L - W_n) / I_P	0.81	
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A3 h



Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

Observations:

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018

1 / 1

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	11.00/11.35 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 33.9
Description :	Argile grise		

Informations sur l'essai

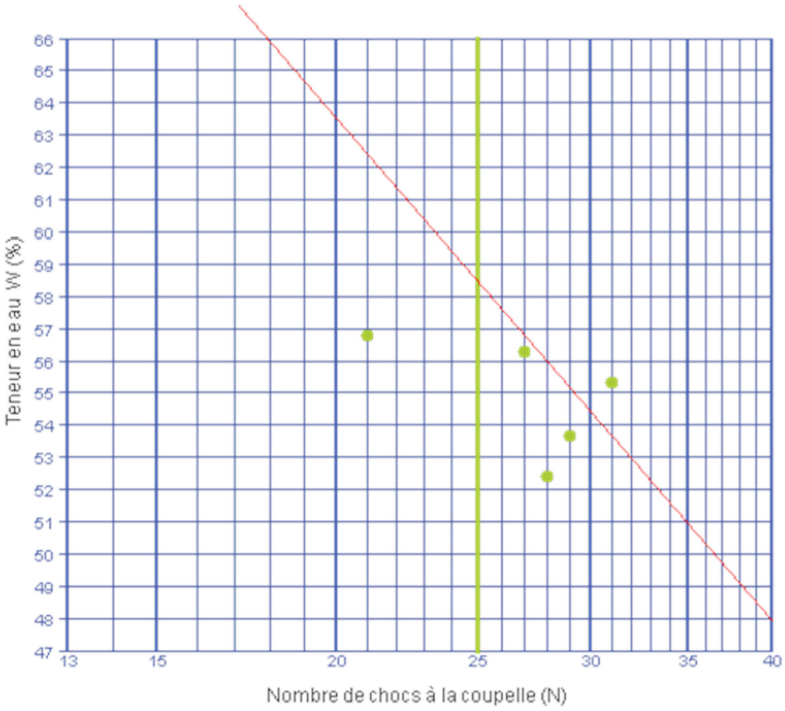
Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	19/08/22

Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	21	56.8
2	24	69.0
3	27	56.3
4	28	52.4
5	29	53.7
6	31	55.3

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	28.6
2	26.2
3	29.4

Limite de liquidité	W_L (%) =	59
Limite de plasticité	W_P (%) =	28
Indice de plasticité	I_P =	31
Indice de consistance	I_C =	0.81
Indice de liquidité	I_L =	0.19



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360 V1 du 01/09/2016

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	11.00/11.35 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 33.9
Description :	Argile grise		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	19/08/22

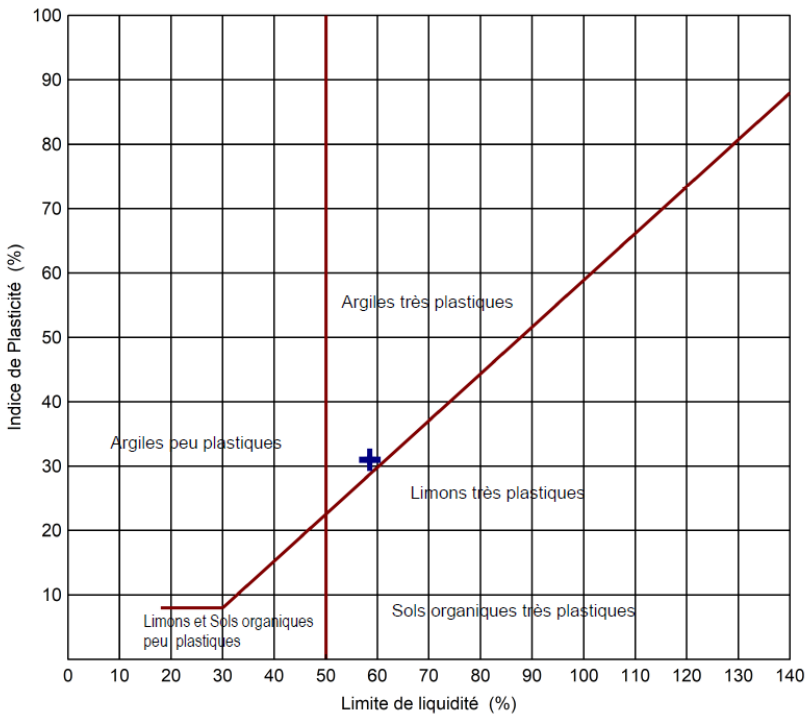
Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	21	56.8
2	24	69.0
3	27	56.3
4	28	52.4
5	29	53.7
6	31	55.3

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	28.6
2	26.2
3	29.4

Limite de liquidité	W_L (%) =	59
Limite de plasticité	W_P (%) =	28
Indice de plasticité	I_P =	31
Indice de consistance	I_C =	0.81
Indice de liquidité	I_L =	0.19

DIAGRAMME DE CASAGRANDE



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360-1 V1 du 01/09/2016 1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	12.00/12.50 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Argile marron		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	20	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	95.7	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	92.1	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	ME selon NFP94-051		%
Limite de plasticité - W_P	ME selon NFP94-051		%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P		
VBS	NF P94-068	3.05	g de bleu pour 100 g

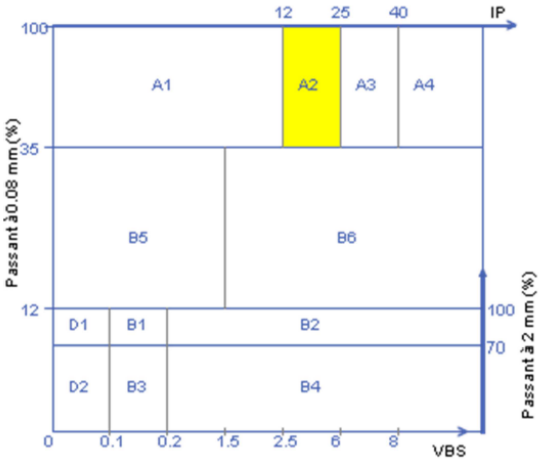
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	27.8	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(W_L - W_n) / I_P		
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A2



Observations:

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	14.60/15.50 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Argile marron à cailloux		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	20	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	95.6	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	89.4	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	ME selon NFP94-051	55	%
Limite de plasticité - W_P	ME selon NFP94-051	28	%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P	27	
VBS	NF P94-068		g de bleu pour 100 g

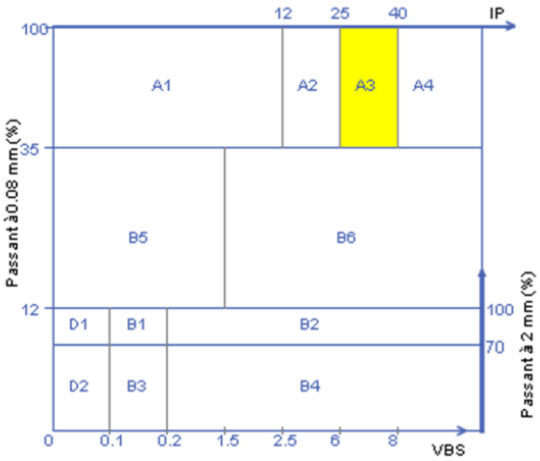
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	25.8	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(WL - Wn) / IP	1.08	
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A3 m



Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

Observations:

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018 1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	14.60/15.50 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 25.8
Description :	Argile marron à cailloux		

Informations sur l'essai

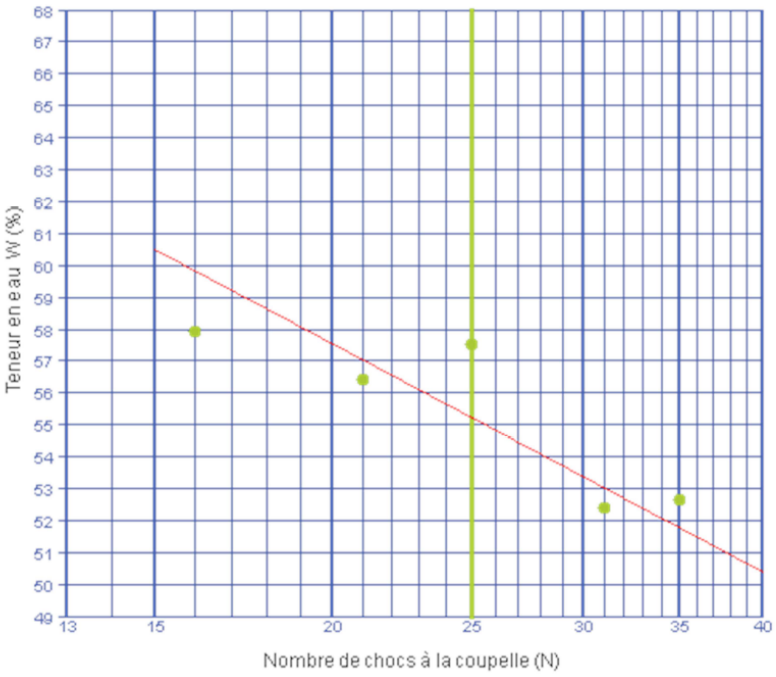
Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	22/08/22

Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	16	57.9
2	21	56.4
3	25	57.5
4	31	52.4
5	35	52.6

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	25.0
2	29.5
3	30.0

Limite de liquidité	W_L (%) =	55
Limite de plasticité	W_P (%) =	28
Indice de plasticité	I_P =	27
Indice de consistance	I_C =	1.08



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360 V1 du 01/09/2016

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	14.60/15.50 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 25.8
Description :	Argile marron à cailloux		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	22/08/22

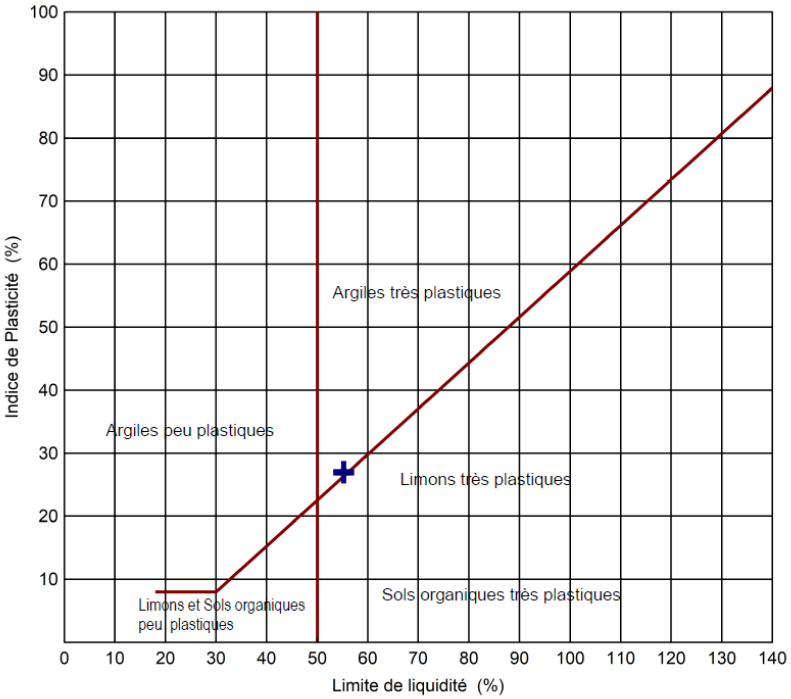
Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	16	57.9
2	21	56.4
3	25	57.5
4	31	52.4
5	35	52.6

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	25.0
2	29.5
3	30.0

Limite de liquidité	W_L (%) =	55
Limite de plasticité	W_P (%) =	28
Indice de plasticité	I_P =	27
Indice de consistance	I_C =	1.08

DIAGRAMME DE CASAGRANDE



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360-1 V1 du 01/09/2016

1 / 1

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	17.40/17.60 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Argile marron		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	5	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	99.7	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	97.3	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	ME selon NFP94-051	58	%
Limite de plasticité - W_P	ME selon NFP94-051	25	%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P	33	
VBS	NF P94-068		g de bleu pour 100 g

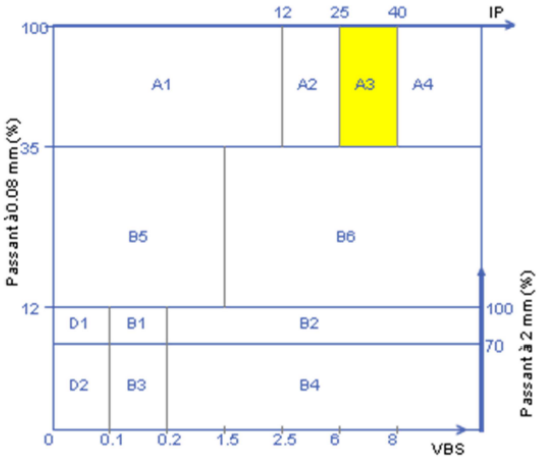
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	25.5	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(W_L - W_n) / I_P	0.99	
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A3 h



Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

Observations:

SYN_DON-PRG V08-12-21

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L.211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	17.40/17.60 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 25.5
Description :	Argile marron		

Informations sur l'essai

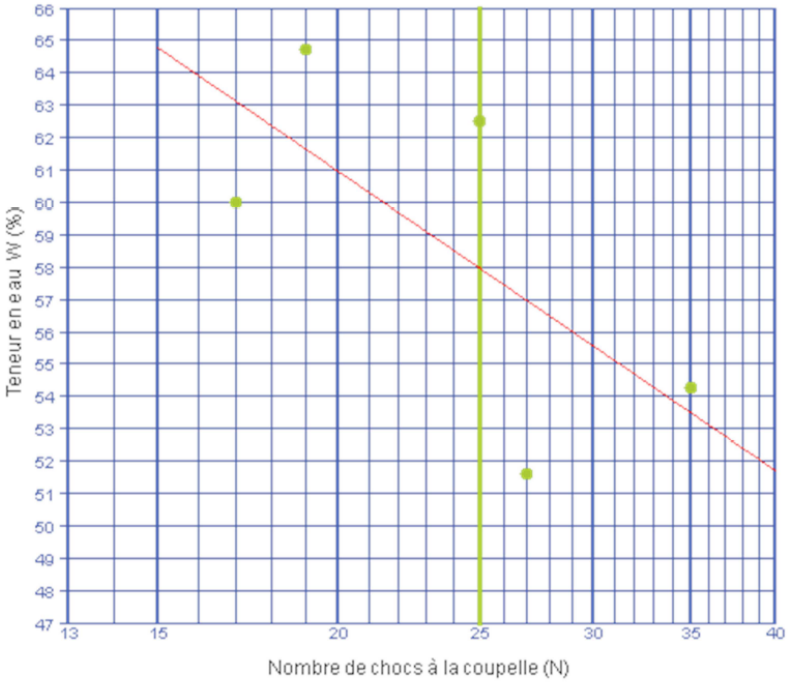
Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	23/08/22

Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	17	60.0
2	19	64.7
3	25	62.5
4	27	51.6
5	35	54.3

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	24.4
2	27.0
3	25.0

Limite de liquidité	W_L (%) =	58
Limite de plasticité	W_P (%) =	25
Indice de plasticité	I_P =	33
Indice de consistance	I_C =	0.99
Indice de liquidité	I_L =	0.01



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360 V1 du 01/09/2016

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	17.40/17.60 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 25.5
Description :	Argile marron		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	23/08/22

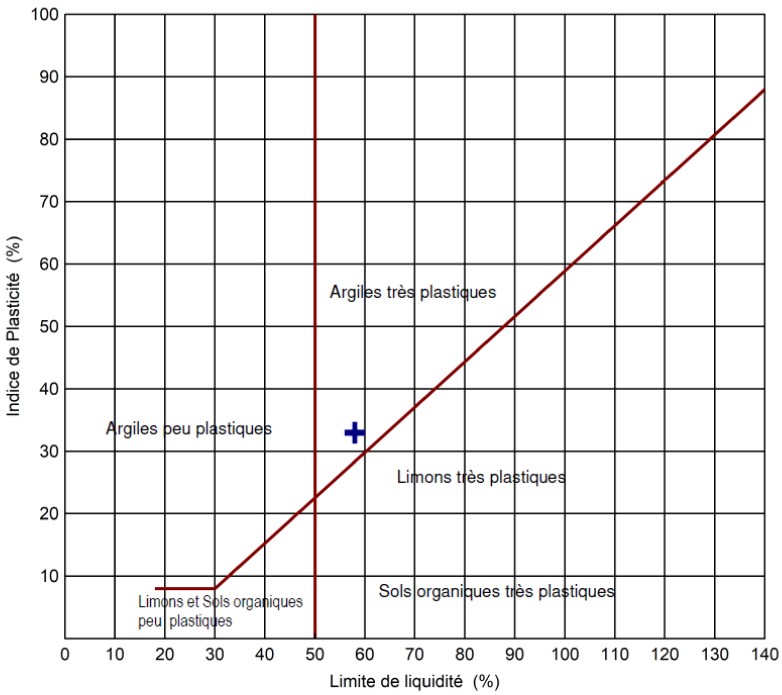
Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	17	60.0
2	19	64.7
3	25	62.5
4	27	51.6
5	35	54.3

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	24.4
2	27.0
3	25.0

Limite de liquidité	W_L (%) =	58
Limite de plasticité	W_P (%) =	25
Indice de plasticité	I_P =	33
Indice de consistance	I_C =	0.99
Indice de liquidité	I_L =	0.01

DIAGRAMME DE CASAGRANDE



Observations :

Chef de Service
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V08-06-22

N° Qualité E360-1 V1 du 01/09/2016 — 1 / 1 — PV édité le 09/11/2022 (version 0)

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client / MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	22.40/23.00 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22		
Description :	Argile grise		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	5	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	98.7	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	95.1	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	ME selon NFP94-051	55	%
Limite de plasticité - W_P	ME selon NFP94-051	23	%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P	32	
VBS	NF P94-068		g de bleu pour 100 g

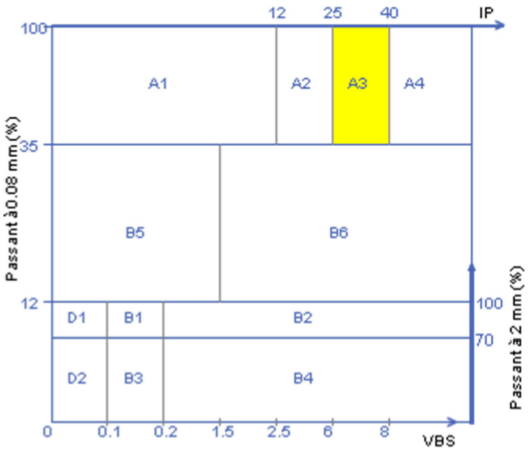
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	19.5	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(W_L - W_n) / I_P	1.11	
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

CLASSIFICATION NF P 11-300: A3 m



Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

Observations:

SYN_DON-PRG V08-12-21

N° Qualité E356-2 V2 du 06/08/2018

1 / 1

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	22.40/23.00 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 19.5
Description :	Argile grise		

Informations sur l'essai

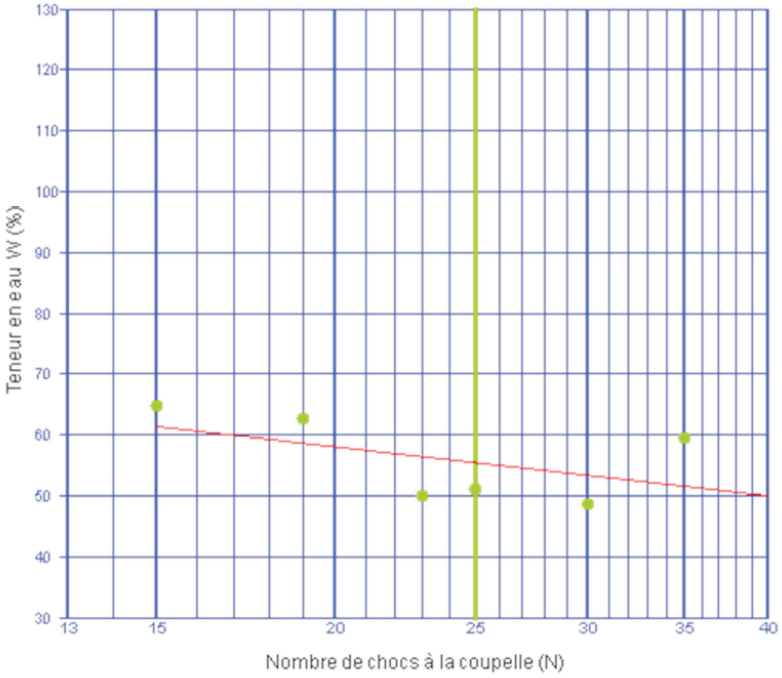
Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	29/08/22

Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	15	64.7
2	19	62.8
3	23	50.0
4	25	51.1
5	30	48.7
6	35	59.4

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	22.0
2	22.2
3	24.0

Limite de liquidité	W_L (%) =	55
Limite de plasticité	W_P (%) =	23
Indice de plasticité	I_P =	32
Indice de consistance	I_C =	1.11



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360 V1 du 01/09/2016

GINGER CEBTP Agence de REIMS - 27 A RUE DES BLANCS MONTS 51350 CORMONTREUIL Tél:03.26.87.86.00 Fax:03.26.87.86.01 Email:

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP

GINGER CEBTP REIMS
27 A RUE DES BLANCS MONTS
51350 CORMONTREUIL

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau
Méthode d'essai selon NF P 94-051 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	NRE2.L211.0003	Client /MO :	DREAL GRAND EST
Désignation :	A304 - BELVAL - MISSION INV GEOTECH. - R908090		
Localité :	BELVAL	Demandeur / MOE :	DREAL GRAND EST
Chargé d'affaire :	RAPHAEL MOROY		

Informations sur l'échantillon N° 22NRE-1024

Mode de prélévement :	Sondage carotté	Sondage :	SC4
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	22.40/23.00 m
Date prélévement :	20/06/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	13/07/22	dm (mm) :	w (%): 19.5
Description :	Argile grise		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Sandrine DAILLY
Température :	105°C	Date essai :	29/08/22

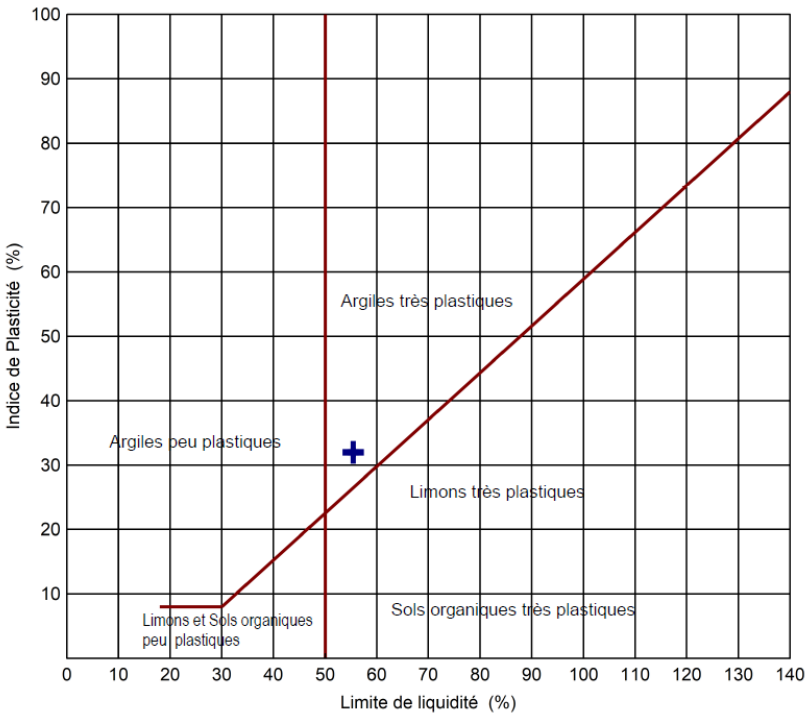
Résultats de l'essai

Limite de Liquidité W_L (%)		
Mesure N°	Nb de chocs N	Teneur en eau W (%)
1	15	64.7
2	19	62.8
3	23	50.0
4	25	51.1
5	30	48.7
6	35	59.4

Limite de Plasticité W_P (%)	
Mesure N°	Teneur en eau W (%)
1	22.0
2	22.2
3	24.0

Limite de liquidité	W_L (%) =	55
Limite de plasticité	W_P (%) =	23
Indice de plasticité	I_P =	32
Indice de consistance	I_C =	1.11

DIAGRAMME DE CASAGRANDE



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Grégory GRISOT

LA_COUPELLE-PRG V07-12-21

N° Qualité E360-1 V1 du 01/09/2016 1 / 1