

Stabilité du mur de soutènement TOULOUSE (31)

Diagnostic géotechnique (G5)
20/05/2022



Agence Toulouse • 2 route de Flourens, 31130 Balma
Tél. 33 (0) 5 62 71 80 00 • cebtp.toulouse@groupeginger.com



VNF STABILITE DU MUR DE SOUTENEMENT TOULOUSE (31) RAPPORT - Diagnostic géotechnique (G5) – phase AVP							
Dossier : STL2.L.0061.0001				Contrat : STL3.M.0010			
Indice	Date	Chargé d'affaire	Visa	Vérfié par	Visa	Contenu	Observations
1	20/05/22	JM.CASTOR		D.BENOIT	Po 	47 pages 7 annexes	

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.

Sommaire

1. Plans de situation	5
1.1. Extrait de carte IGN	5
1.2. Image aérienne	5
2. Contexte de l'étude.....	6
2.1. Données générales	6
2.1.1. Généralités	6
2.1.2. Documents communiqués.....	6
2.2. Description du site	6
2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants.....	6
2.2.2. Contexte géotechnique, hydrogéologique et sismique	8
2.3. Objectif de l'étude.....	10
2.4. Mission Ginger CEBTP	11
3. Investigations géotechniques.....	12
3.1. Implantation et nivellement.....	12
3.2. Sondages, essais et mesures in situ	12
3.3. Essais en laboratoire	14
4. Synthèse des investigations	15
4.1. Modèle géologique général.....	15
4.1.1. Lithologie.....	15
4.1.2. Caractérisation mécanique.....	16
4.1.3. Caractéristiques physiques des sols	17
4.2. Contexte hydrogéologique général	18
4.2.1. Piézométrie, niveaux d'eau	18
4.2.2. Inondabilité	19
4.3. Relevés du mur de soutènement	19
4.3.1. Profil SD1 à SD3	20
4.3.2. Profil SD4 à SD8	21
5. CALCUL DE STABILITE.....	22
5.1. Bilan des efforts et modèle géotechnique	22
5.1.1. Modèles géotechniques.....	22
5.1.2. Hypothèses de calcul.....	23

5.2. Calcul de stabilité du canal rempli	24
5.2.1. Calcul des poussées et moments déstabilisateurs.....	24
5.2.2. Calcul des poussées et moments stabilisateurs	24
5.2.3. Vérification du mur au renversement.....	25
5.2.4. Vérification du mur au glissement	25
5.2.5. Vérification du mur au poinçonnement	26
5.3. Calcul de la stabilité du canal vidangé.....	27
5.3.1. Calcul des poussées et moments déstabilisateurs.....	27
5.3.2. Calcul des poussées et moments stabilisateurs	27
5.3.3. Vérification du mur au renversement.....	27
5.3.4. Vérification du mur au glissement	28
5.3.5. Vérification du mur au poinçonnement	29
5.4. Conclusions.....	30
6. Module ES du dallage	31
7. Observations majeures	32

ANNEXES

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS

ANNEXE 3 – SONDAGES PRESSIOMETRIQUES

ANNEXE 4 – SONDAGES CAROTTES

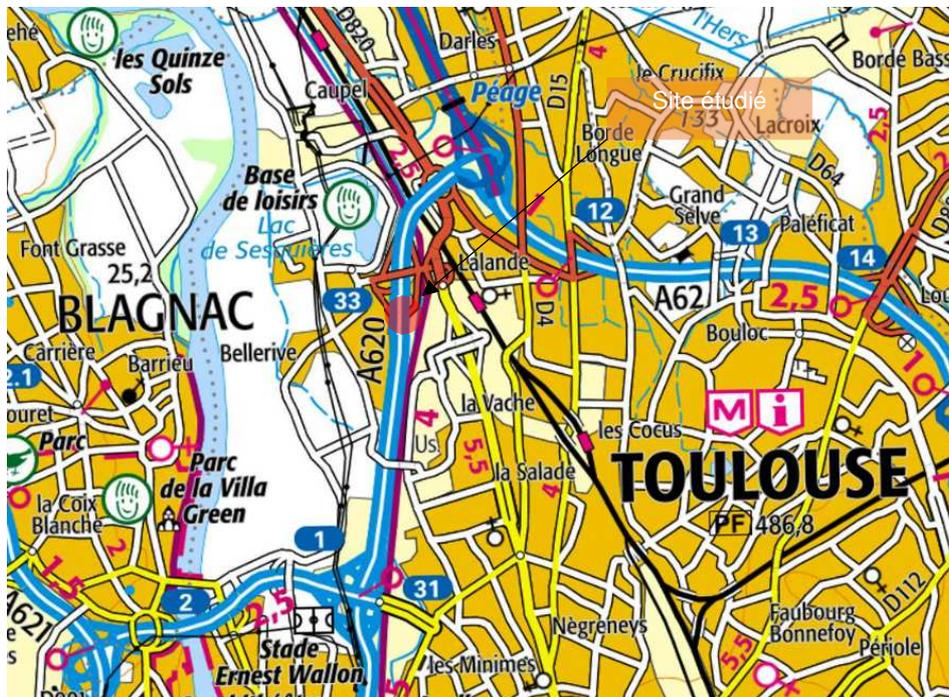
ANNEXE 5 – SONDAGES DESTRUCTIFS

ANNEXE 6 – ESSAIS DE PENETRATION DYNAMIQUE

ANNEXE 7 – ANALYSES DE LABORATOIRE

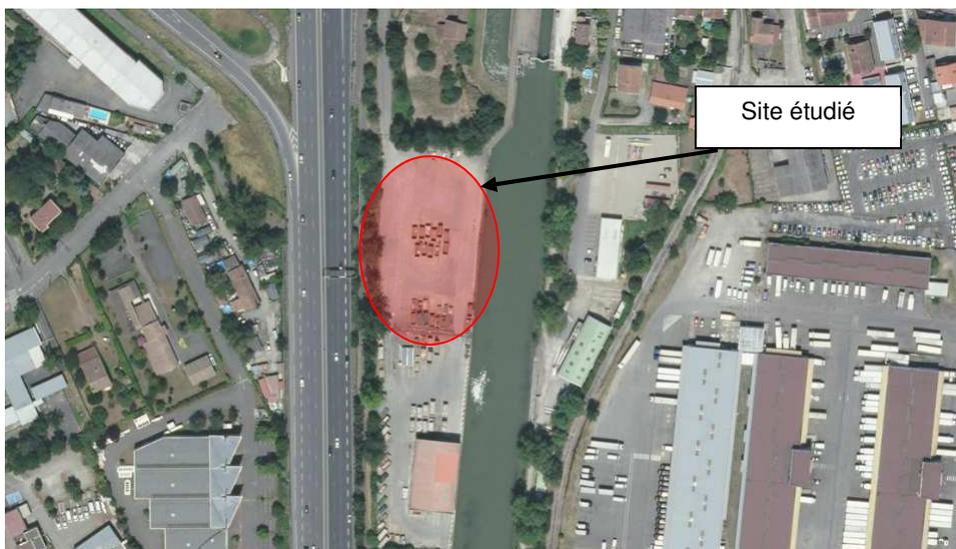
1. Plans de situation

1.1. Extrait de carte IGN



Source : <https://www.geoportail.gouv.fr>

1.2. Image aérienne



Source : <https://www.geoportail.gouv.fr>

2. Contexte de l'étude

2.1. Données générales

2.1.1. Généralités

Nom de l'opération :	Stabilité du mur de soutènement
Localisation / adresse :	Quai Lalande
Commune :	TOULOUSE (31)
Code postal :	31300
Client :	VNF

2.1.2. Documents communiqués

Aucun document et historique n'ont été communiqués dans le cadre de cette étude.

Nous rappelons que l'intervention de la présente étude a été groupée avec notre service diagnostic et Pathologies des Structures de GINGER CEBTP.

2.2. Description du site

2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants

Le site concerné par les investigations est localisé en rive gauche du Canal Latéral à la Garonne et porte sur le quai de Lalande sis 44 impasse de la Glacière, sur la commune de TOULOUSE (31). La présente étude correspondant à la moitié nord du quai.

Lors de notre intervention, l'ensemble du site est constitué d'une plateforme en dalle béton relativement plate, sa cote altimétrique moyenne est d'environ 134 NGF (+/- 0,3 m), d'après la carte IGN (www.geoportail.gouv.fr). Elle est occupée localement par des bennes de stockages et délimité vers le sud par des blocs (voir photographies ci-après).

Compte tenu de l'historique et de l'occupation du site, il n'est pas exclu de rencontrer des éléments de remblai ou des vestiges enterrés lors des terrassements.



Photographies du site étudié prises le 05/04/2022

2.2.2. Contexte géotechnique, hydrogéologique et sismique

D'après notre expérience locale et la carte géologique de TOULOUSE-OUEST à l'échelle 1/50000^{ème}, le site serait constitué des formations suivantes de haut en bas, sous les remblais d'aménagement et une faible épaisseur de dalle béton :

- Alluvions quaternaire et moderne issus de la basse plaine (FZ1) constituées de limons, de sables et de graves ;
- Substratum molassique (g2-3) constitués d'argile, de marne, parfois sableuses à bancs calcaireux.



Extrait de la carte géologique de TOULOUSE-OUEST au 1/50 000

(Source : <http://infoterre.brgm.fr>)

D'un point de vue hydrogéologique, compte tenu du contexte du site, la nappe alluvionnaire du « Canal Latéral à la Garonne » est à prévoir au droit du projet.

D'après les informations fournies par le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières sur <http://www.infoterre.brgm.fr>) et par <http://www.georisques.gouv.fr> , le site présente divers aléas, à savoir :

- Aucune cavité n'est recensée à moins de 500 m autour du site. Cependant il existe des cavités non localisées dans la commune.
- L'absence de mouvements de terrain connus à proximité immédiate du projet (le plus proche est à 2.7 km au nord-est du site). Cependant, la commune de TOULOUSE fait l'objet d'un Plan de Prévention des Risques Naturels mouvement de terrain approuvé ;
- Un aléa moyen vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles. De plus, la commune de TOULOUSE est soumise à un PPRN Retrait-gonflements des sols argileux, le site d'étude est situé en zone concernée par le PPRN mouvement de terrain par tassements différentiels liées aux argiles approuvé.
- La commune de TOULOUSE fait l'objet d'un Plan de Prévention du Risque Naturel Inondation (inondation par une crue à débordement lent de cours d'eau), le site est localisé dans une zone de risque important d'inondation et il se trouve en zone potentiellement sujette aux inondations de caves et de nappe. Il conviendra de se renseigner auprès des services compétents (préfecture) des précautions à prendre
- Le terrain situé sur la commune de TOULOUSE présente un potentiel radon de catégorie 1.

La commune de TOULOUSE fait état de 58 arrêtés portant reconnaissance d'état de catastrophe naturelle (<http://www.georisques.gouv.fr>). Les zones concernées ne sont pas précisées.

Selon le décret n°2010-1255 du 22/10/2010, modifié le 01/05/2011, et portant délimitation des zones de sismicité du territoire français, le site se trouve en zone de sismicité 1 (très faible).

Suivant les dispositions de l'arrêté du 22/10/2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », modifié le 09/07/2011, le 25/10/2012 et le 15/09/2014, l'étude de liquéfaction n'est pas requise.

2.3. Objectif de l'étude

Voies navigables de France souhaite un diagnostic géotechnique afin de définir la capacité portante du sol sous la semelle du mur de soutènement du quai, l'estimation de la profondeur, épaisseur et longueur de la semelle du mur (± 0.5 m), vérification de la stabilité externe du mur de soutènement.



Le mur de soutènement

2.4. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat n° STL3.M.0010.

Il s'agit d'un Diagnostic géotechnique (G5) selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique.

La mission comprend, conformément au contrat et à la Norme NF P 94-500 de Novembre 2013 les prestations suivantes :

- La réalisation d'une enquête géologique (et non historique) pour décrire le cadre géotechnique du site,
- La définition d'un programme d'investigations géotechniques spécifiques, sa réalisation ou son suivi technique, et l'exploitation des résultats ;
- Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques :
 - Capacité portante du sol sous la semelle du mur de soutènement du quai, l'estimation de la profondeur, épaisseur et longueur de la semelle du mur (+/- 0.5 m) (2 profils),
 - Vérification de la stabilité externe du mur de soutènement suivant la norme NF 94-281 « Glissement, renversement et poinçonnement » (1 profil).
A noter qu'aucun historique du mur de soutènement n'a été fourni lors de la consultation.
Le calcul sera réalisé au droit du mur de soutènement et non de la paroi moulée.
- Module ES (MPa) des sols sous la plateforme.

Cette mission ponctuelle vient préciser l'influence des éléments géotechniques diagnostiqués sur les risques géotechniques identifiés et leurs conséquences sur le projet ou l'ouvrage existant. Elle ne comprend pas de diagnostic sur la globalité du projet ou d'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

Il convient de rappeler que les aspects suivants ne font pas partie de la mission :

- Une estimation de la perméabilité des sols de surface.
- Le dimensionnement des ouvrages d'infiltration ;
- La recherche de cavités naturelles ou anthropiques ;
- Les études de pollutions ;
- La reconnaissance des anomalies géotechniques situées en dehors de l'emprise des investigations.

Cette mission G5 devra être complétée d'une mission G2, G3 et G4 dans l'hypothèse où le diagnostic conduit à modifier une partie du mur ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant.

3. Investigations géotechniques

3.1. Implantation et nivellement

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan d'implantation joint en annexe 2. Elle a été définie et réalisée par GINGER CEBTP en fonction du projet et en accord avec le client.

L'altitude des têtes de sondages correspond au niveau du terrain naturel au moment des investigations (11 à 19 /04/ 2022).

3.2. Sondages, essais et mesures in situ

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Type de sondage	Quantité	Noms	Prof. / TA (m)
Sondage destructif avec enregistrement des paramètres en continu et prélèvement de cuttings	2	PR1 PR2	10.0 10.0
	2 x 9		
Exécution d'essais pressiométriques Norme NF EN ISO 22476-4			
Sondage destructif avec enregistrement des paramètres en continu et prélèvement de cuttings	9	SD1	6.7
		SD2	6.9
		SD3	10.0
		SD4	7.03
		SD5	7.01
		SD7	6.91
		SD8	7.01
		SD9	6.97
		Sondage carotté en diamètre 100 /116 mm	2
SC2	3.9		
Essai au pénétromètre dynamique type DPSH-B Norme NF EN ISO 22476-2	8	PD1	5.2 (refus)
		PD2	5.2 (refus)
		PD3	0.6 (refus)
		PD4	5.8 (refus)
		PD5	0.60 (refus)
		PD6	0.60 (refus)
		PD7	5.80 (refus)
		PD8	5.2 (refus)

Les coupes des sondages et pénétrogrammes sont présentés en annexes 3 et 4 où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- **Sondages destructifs :**
 - coupe approximative des sols*,
 - diagraphie des paramètres de forage enregistrés :
 - V.A. : vitesse d'avancement instantanée (m/h),
 - P.O. : pression sur l'outil (bars),
 - P.I. : pression d'injection (bars),
 - C.R. : couple de rotation (bars).

- **Essais pressiométriques :**
 - Module pressiométrique : E_M (MPa),
 - Pression limite nette : p_l^* (MPa),
 - Pression de fluage nette p_f^* (MPa),
 - Rapport E_M/p_l^* .

- **Sondages carottés :**
 - coupe détaillée des sols,
 - prélèvement d'échantillons intacts sous gaine PVC translucide.

- **Essais au pénétromètre dynamique type DPSH-B **:**
 - diagramme donnant la résistance dynamique q_d en fonction de la profondeur et calculée selon la formule des Hollandais,

Ces paramètres sont portés directement sur les coupes de forage.

* l'interprétation des sols à partir des forages de type destructif est faite uniquement d'après l'examen des cuttings, des courbes de pénétration des sols et des diagraphies.

** l'interprétation des sols à partir des essais de pénétration dynamique est faite en fonction des courbes de pénétration et par extrapolation avec les autres investigations.

Nota 1 : les feuilles de sondages peuvent également contenir des informations complémentaires dont les niveaux d'eau éventuels, les pertes de fluide d'injection, les incidents de forage, etc...

Par ailleurs, les forages destructifs de cette campagne d'investigation étant réalisés à l'eau, les niveaux d'eau naturels ne sont pas toujours identifiables ou peuvent être biaisés en raison de leur interférences avec les fluides de forage injectés.

3.3. Essais en laboratoire

Les essais suivants sont en cours de réalisation :

Identification des sols	Nombre	Norme
Teneur en eau pondérale W	2	NF P94-050
Analyse granulométrique par tamisage	2	NF P94-056
Valeur au bleu du sol (VBS)	2	NF P 94-068
Classification des sols (GTR)	2	NF P11-300
Indice Portant Immédiat (IPI)	2	NF P 94-078

4. Synthèse des investigations

4.1. Modèle géologique général

4.1.1. Lithologie

A noter que la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain naturel tel qu'il était au moment de la reconnaissance en avril 2022.

Suite aux investigations sur la berge et dans le canal, il peut être établi la succession lithologique suivante :

Formation n°0 : **DALLE** en béton

Epaisseur : 0.12 à 0.16 m.

La dalle est associée à une couche de forme graveleuse jusqu'à 0.3 à 0.7 m de profondeur au droit des investigations.

Formation n°1 : **REMBLAIS** gravelo-limoneux marron à gris, limono-argileux localement

Profondeur du toit : 0.12 à 0.16 m / TA

Profondeur de la base : 4.45 à 5.0 m / TA

La nature de cette formation est majoritairement graveleuse mais reste hétérogène.

Formation n°1bis : **VASE** marron

Profondeur du toit : 4.40 m /TA (dans le canal uniquement)

Profondeur de la base : 5.4 m/TA (estimé par sondage manuel à la base du mur de soutènement).

Cette formation assure l'étanchéité du fond du canal.

Formation n°2 : **GRAVE** sableuse marron à grise (alluvions graveleuses)

Profondeur du toit : de 4.45 à 5.00 m / TA

Profondeur de la base : jusqu'à l'arrêt des sondages, soit > 10.0 m/TA en PR1 et PR2.

Remarque : Le toit du substratum molassique n'a pas reconnu jusqu'aux arrêts des sondages PR1 et PR2 à 10 m de profondeur.

Les essais de pénétration dynamique ne permettent pas d'identifier la lithologie. Toutefois, l'allure des pénétrogrammes montrent des caractéristiques mécaniques hétérogènes dans les remblais (formation n°1) jusqu'à 5.0 m de profondeur. Notons que les caractéristiques de cette formation sont médiocres à proximité du canal et deviennent bonnes en s'éloignant.

Au-delà, les caractéristiques mécaniques deviennent bonnes à très bonnes dans les graves sableuses denses (formation n°2).

Remarques :

- Nous rappelons qu'il n'est pas toujours évident de distinguer les variations horizontales et/ou verticales éventuelles, inhérentes aux changements 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 ;
- Les essais de pénétration dynamique des sols étant des sondages dits « aveugles », la géologie des terrains ainsi que les limites de couches sont interprétées ou extrapolées à partir des diagrammes et notamment des valeurs de compacité du sol. La nature des terrains et leur compacité devront, par conséquent, être confirmées lors des travaux.

4.1.2. Caractérisation mécanique

Les caractéristiques mécaniques des formations rencontrées sont synthétisées dans le tableau suivant :

Formation	Nature du sol	Prof. toit (m/TN)	Valeurs pressiométriques		Résistance de pointe qd (MPa)
			p_i (MPa)	E_M (MPa)	
n°1	Remblais gravelo-limoneux	0.12/0.16	0.25 à 0.96	2.4 à 6.9	1 à > 25
n°1bis	Vase	2.44	Formation non testée		
n°2	Grave sableuse	4.45 / 5.60	0.63 à 3.97	5.5 à 82.3	13 à > 25

Les remblais (formation n°1) ont des caractéristiques mécaniques hétérogènes jusqu'à 4.45/ 5.0 m/TA. Nous observons cependant des caractéristiques mécaniques plus élevées en s'écartant du canal (essais PD4 et PD7, sondages SC2 et PR2).

Les alluvions graveleuses (formation n°2) ont des caractéristiques mécaniques moyennes à très bonnes.

4.1.3. Caractéristiques physiques des sols

Les procès-verbaux des essais en laboratoire sont insérés en annexe 6. Les résultats de ces essais sont synthétisés ci-après.

Référence échantillon	Formation / type de sol	Prof. (m) échantillon	W (%)	VBS	Tamisé < 80 µm	IPI	Classe G.T.R.
SC1	1 – Remblai : Grave sableuse	0.3 – 1.2	7.1	0.3	13.4	35	C1B5
SC2	2 – Remblai : Grave sableuse	2.1 – 3.0	10.3	0.9	30.1	4	B5 th

Légende :

W : Teneur en eau pondérale,

VBS : Valeur au Bleu de Sol,

Passant 80 µm : Pourcentage d'éléments fins passant au tamis de 80 µm,

IPI : Indice Portant Immédiat,

Classe G.T.R. : Classe de sol selon la norme NF P 11-300.

Les échantillons analysés sont classés C1B5 et B5 selon la norme NF P 11300. Il s'agit de sol moyennement sensible aux variations hydriques.

Leur état hydrique très humide entre 2.1 et 3.0 m de profondeur indiquent vraisemblablement la proximité de la nappe phréatique.

4.2. Contexte hydrogéologique général

4.2.1. Piézométrie, niveaux d'eau

Des niveaux d'eau non stabilisés et des niveaux éboulés ont été relevés au droit des sondages aux profondeurs suivantes :

		Date de relevé			
		11/04/2022	12/04/2022	13/04/2022	19/04/2022
	Sondage	Prof./ TA (m)	Prof./ TA (m)	Prof./ TA (m)	Prof./ TA (m)
Nappe	PR2	-	-	3.5	-
	SD1	3.10	-	-	-
	SD2	3.10	-	-	-
	SD3	2.90	-	-	-
	SD7	-	Néant	-	-
	SD8	-	Néant	-	-
	SD9	-	Néant	-	-
	SC1	-	-	-	2.60
	SC2	-	-	-	3.10
Eboulé	PR1	-	3.00	-	-
	SD4	-	Entre 0.90 et 4.90	-	-
	SD5	-	Entre 0.70 et 4.97	-	-

Nous observons des niveaux d'eau derrière le mur de soutènement proche de celui relevé dans le canal en avril 2022. Par la suite, il est donc fait l'hypothèse d'un niveau d'eau constant de part et d'autre du mur de soutènement.

Compte tenu de la configuration hydrogéologique du site, il doit exister une nappe phréatique soumise à des fluctuations saisonnières.

Seule la pose d'un piézomètre et son suivi permettront de définir les niveaux de référence de la nappe (Haute Eaux, Eaux Fréquentes, Basse Eaux, Eaux exceptionnelles).

Cette prestation ne fait pas partie de notre mission.

4.2.2. Inondabilité

D'après les données de <http://www.georisques.gouv.fr>, la commune de TOULOUSE fait l'objet d'un Plan de Prévention du Risque Naturel Inondation (inondation par une crue à débordement lent de cours d'eau), le site est localisé dans une zone de risque important d'inondation.

Des informations précises sur le risque d'inondabilité peuvent être fournies dans les documents d'urbanisme (P.L.U.) et dépendent des travaux de protection réalisés, donc susceptibles de varier dans le temps. S'agissant de données d'aménagement hydraulique et non de données hydrogéologiques, elles ne font pas partie de notre mission d'étude.

4.3. Relevés du mur de soutènement

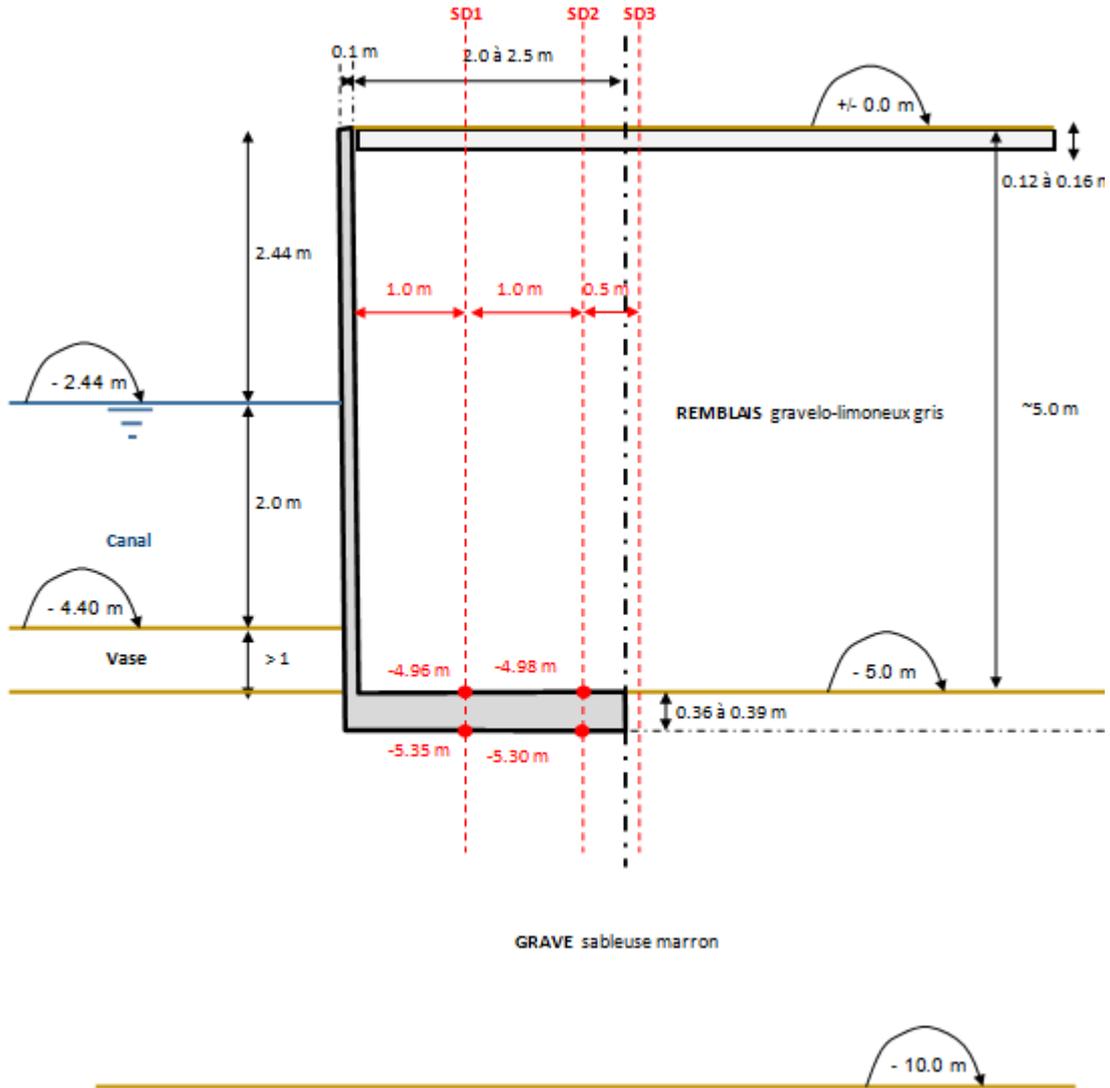
Les coupes des sondages destructifs (SD1 à SD8), des sondages pressiométriques (PR1 et PR2), des sondages carottés (SC1 et SC2) et des reconnaissances sous-marines ont permis de définir la géométrie et la nature des sols remblayés et d'assise suivant deux profils.



Localisation des profils

4.3.1. Profil SD1 à SD3

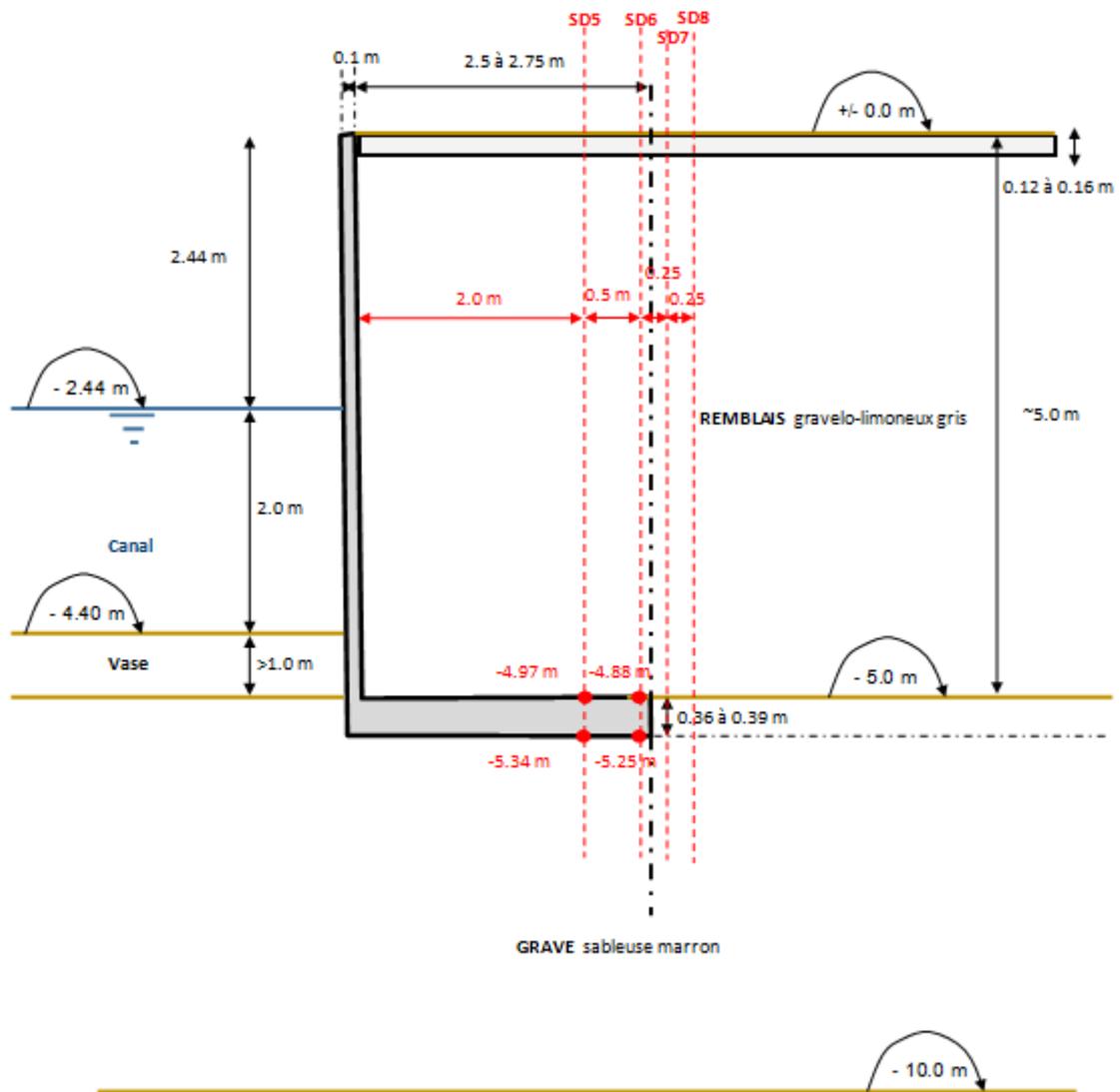
Ce profil a été réalisé au centre de la zone de reconnaissance. Il est représenté de la façon suivante :



Profil SD1 à SD3

4.3.2. Profil SD4 à SD8

Ce profil a été réalisé au Sud de la zone de reconnaissance. Il est représenté de la façon suivante :



Profil à SD4 à SD8

5. CALCUL DE STABILITE

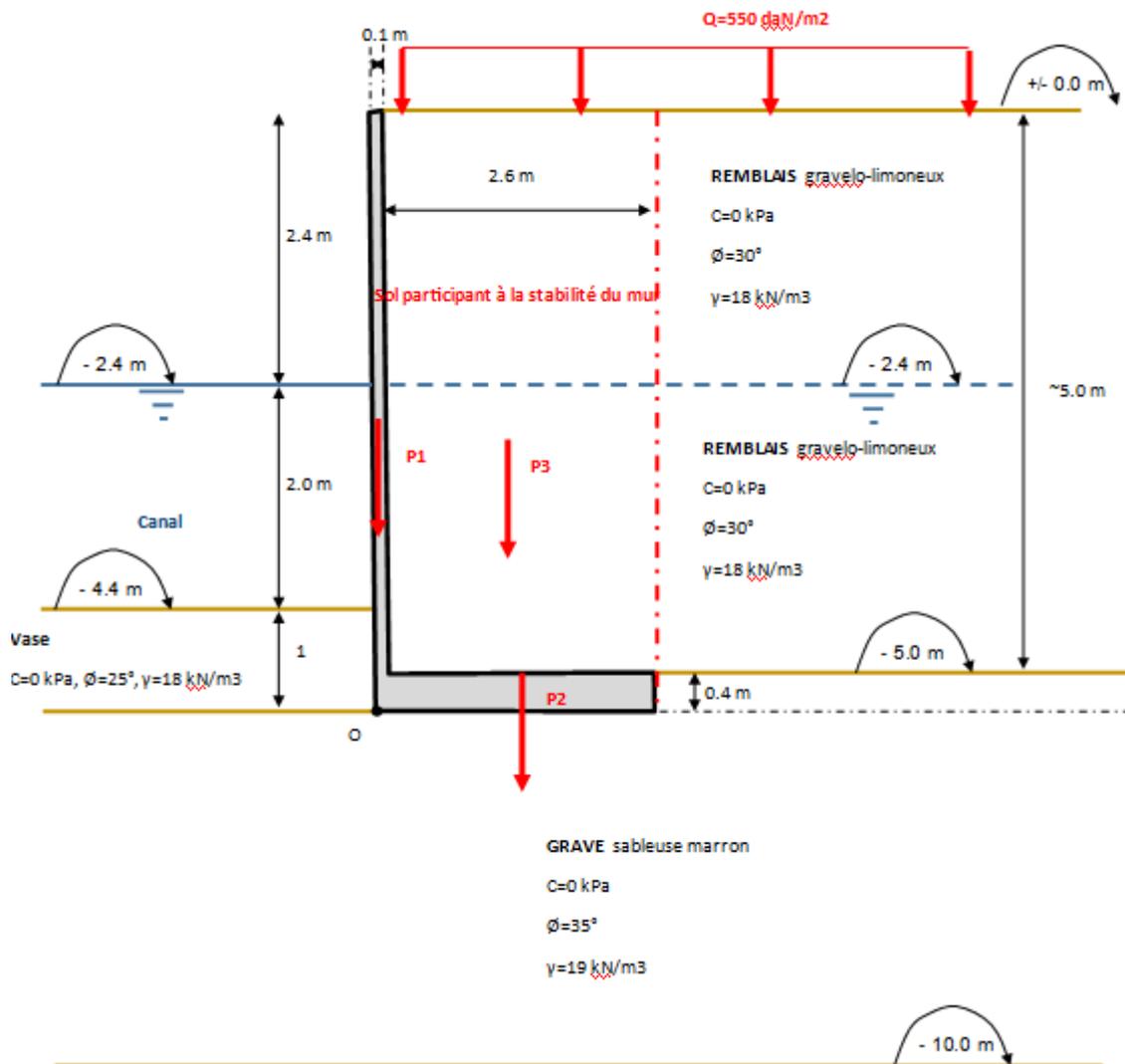
Par la suite, il conviendra de vérifier deux situations :

- Situation avec le canal rempli ;
- Situation après vidange du canal.

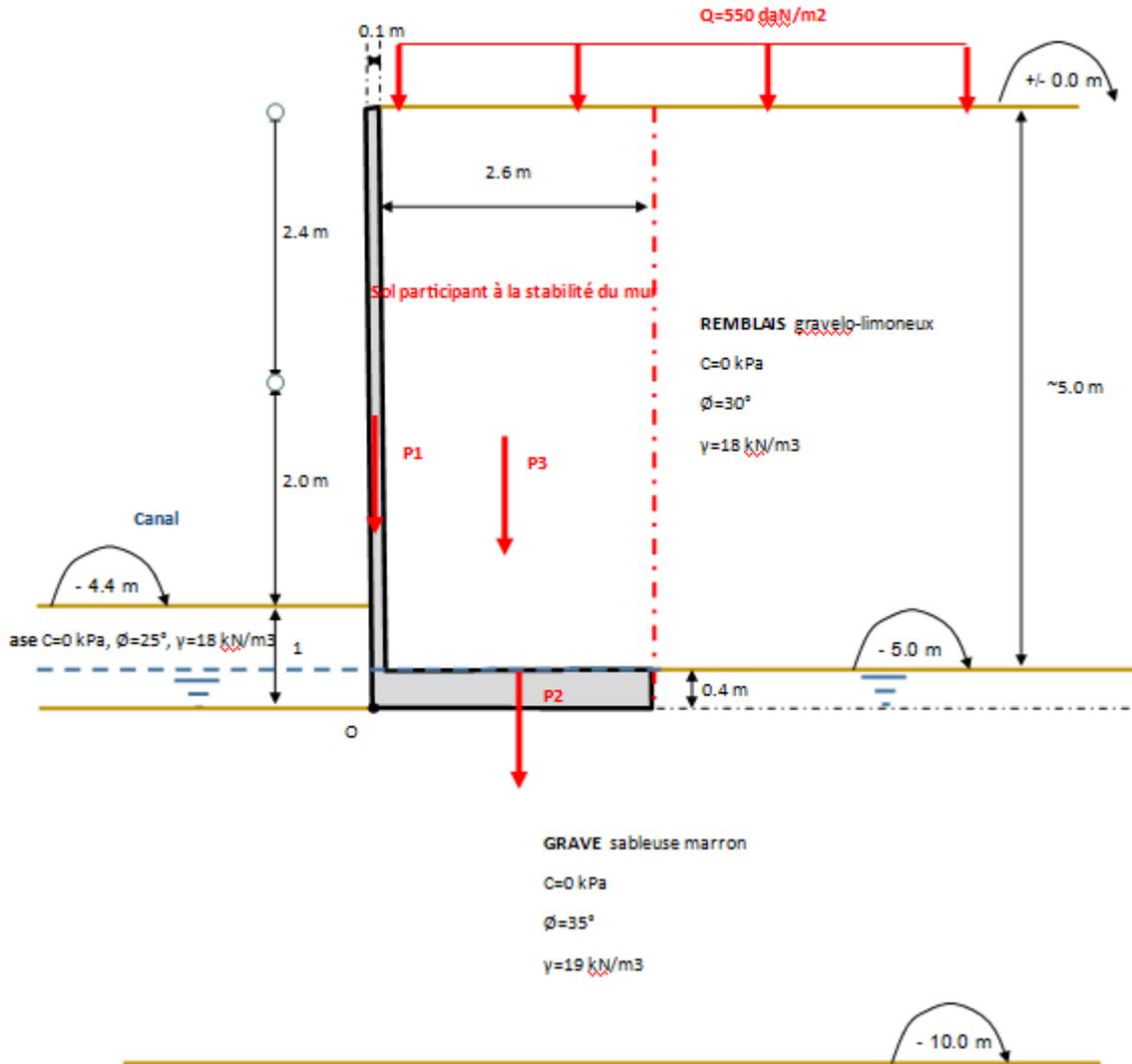
5.1. Bilan des efforts et modèle géotechnique

5.1.1. Modèles géotechniques

Les modèles suivants ont été retenus pour les calculs de stabilité du mur :



Situation 1 - le canal rempli



Situation 2 - le canal vidangé

5.1.2. Hypothèses de calcul

Il est considéré le mur de soutènement correctement armé et dans la vérification de la stabilité externe seulement.

La butée de pied a été négligée en présence de vase.

La surcharge Q a été estimée suite au diagnostic structurel du dallage réalisé conjointement. Elle a été estimée à 550 daN/m^2 .

Pour ce calcul la densité du béton armé est pris à 25 kN/m^3 .

Les forces mises en jeux sont les suivantes :

- Poids du mur de soutènement, forces P1 et P2 ;
- Poids du sol collaborant à la stabilité du mur, force P3 ;
- La poussée du sol remblayé, force $F1 = K_a \cdot \gamma \cdot H^2 / 2$;
- La poussée engendrée par la surcharge Q amenée par le dallage, force $F2 = K_a \cdot q \cdot H$

Il est fait l'hypothèse d'efforts de poussée F1 et F2 considérés comme horizontaux.
Les calculs des moments seront réalisés par rapport au point O (voir schémas précédents).

La poussée hydrostatique de l'eau est supposée équilibrée de part et autre du mur quelle que soit la situation. Quelles que soient les situations, les forces sous nappe sont déjàugées.

5.2. Calcul de stabilité du canal rempli

5.2.1. Calcul des poussées et moments déstabilisateurs

Pour le calcul de la poussée, nous avons considéré un sol à l'arrière du mur purement frottant d'angle de frottement 30° et de poids volumique 18 kN/m^2 . D'après les tables de Kerisel-Absi, $K_a = 0.333$.

On en déduit les forces suivantes :

$$F1a = 0.333 \cdot 18 \cdot 2.4 \cdot (2.4/2) = 17.26 \text{ kN/ml.}$$

$$F1a' = 0.333 \cdot 18 \cdot 2.4 \cdot 2.6 = 37.07 \text{ kN/ml}$$

$$F1b = 0.333 \cdot (18 - 10) \cdot (5.0^2/2 - 2.4^2/2) = 25.63 \text{ kN/ml}$$

$$F2 = 0.333 \cdot 5.5 \cdot 5 = 9.16 \text{ kN/ml.}$$

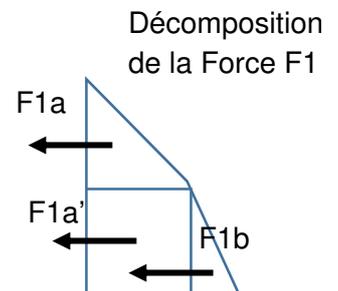
Les moments par rapport au point O sont les suivants :

$$MF1a = F1a \cdot (2.6 + 2.4/3 + 0.4) = 65.59 \text{ kN.m/ml}$$

$$MF1a' = F1a' \cdot (2.6/2 + 0.4) = 63.19 \text{ kN/ml}$$

$$MF1b = F1b \cdot (2.6/3 + 0.4) = 32.46 \text{ kN/ml}$$

$$MF2 = F2 \cdot (5/2 + 0.4) = 26.56 \text{ kN.m/ml}$$



5.2.2. Calcul des poussées et moments stabilisateurs

Le poids du mur est le suivant :

$$P1 = 25 \cdot 5.4 \cdot 0.1 = 13.77 \text{ kN.ml}$$

$$P2 = 25 \cdot 2.6 \cdot 0.4 = 26.0 \text{ kN.ml}$$

Les moments du poids du mur sont les suivants :

$$M1 = P1 \cdot 0.1/2 = 0.69 \text{ kN.m/ml}$$

$$M2 = P2 \cdot (0.1 + 2.6/2) = 1.40 \text{ kN.m/ml}$$

Le poids du sol stabilisateur est le suivant :

$$P3 = 18 \cdot 2.6 \cdot 5 = 234 \text{ kN/ml}$$

Le moment du poids du sol stabilisateur est le suivant :

$$M3 = P3 \cdot (2.6/2 + 0.1) = 327.6 \text{ kN.m/ml}$$

5.2.3. Vérification du mur au renversement

Le coefficient de sécurité au renversement est égal au rapport des moments stabilisateurs sur les moments déstabilisateurs.

$$F = (M1 + M2 + M3) / (MF1 + MF2) = (0.69 + 1.4 + 327.6) / (65.59 + 63.19 + 32.46 + 26.56) = 1.75$$

La stabilité au renversement du mur est assurée.

5.2.4. Vérification du mur au glissement

La stabilité du mur au glissement est assurée à condition de vérifier la condition suivante :

$$H \leq \frac{V \tan \phi}{1.2} + \frac{c' A'}{1.5}$$

Avec H = somme des efforts de poussée déstabilisateur = $F1 + F2$

V = somme des efforts de poussée stabilisateur = $P1 + P2 + P3$

Le sol d'assise du mur de soutènement est une grave sableuse ayant les caractéristiques mécaniques suivantes : $C' = 0 \text{ kPa}$; $\Phi' = 35^\circ$.

La vérification au glissement du mur devient :

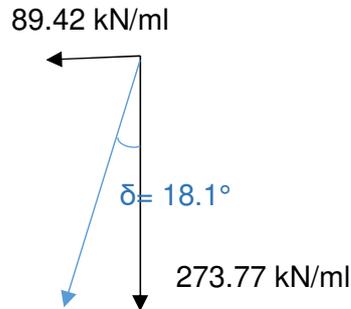
$$H = 89.42 \text{ kN/ml}$$

$$(V \tan \Phi) / 2 + C' A' / 1.5 = 159.75 \text{ kN/ml}$$

La stabilité du mur au glissement est vérifiée.

5.2.5. Vérification du mur au poinçonnement

Compte tenu des valeurs retenues, la valeur de l'inclinaison de la descente de charge est la suivante :



L'excentrement e se calcul de la façon suivante :

$$e = B/2 - (M_v - M_h)/V = (2.6 + 0.1)/2 - (0.69 + 1.40 + 327.6 - (65.59 + 63.19 + 32.46 + 26.56))/273.77 = 0.83$$

La contrainte induite est la suivante :

$$\sigma_{\text{ref}} = V / (B - 2e) = 273.77 / (2.7 - 2 \times 0.83) = 263.24 \text{ kPa}$$

La contrainte admissible ELS du terrain calculé à partir des essais pressiométriques est :

Avec

$$i_{\delta\beta} = \left(1 - \frac{\delta^\circ}{90}\right)^2$$

$$i_{\delta\beta} = (1 - 18.1/90)^2 = 0.64$$

$$\sigma_{\text{els}} = 1000 \times 0.64 = 640 \text{ kPa}$$

Le mur est stable vis-à-vis du poinçonnement.

5.3. Calcul de la stabilité du canal vidangé

5.3.1. Calcul des poussées et moments déstabilisateurs

Pour le calcul de la poussée, nous avons considéré un sol à l'arrière du mur purement frottant d'angle de frottement 30° et de poids volumique 18 kN/m^3 . D'après les tables de Kerisel-Absi, $K_a=0.333$.

On en déduit les forces suivantes (y compris la partie immergée) :

$$F1=0.333*18*5*(5/2)= 74.93 \text{ kN/ml.}$$

$$F2=0.333*5.5*5= 9.16 \text{ kN/ml.}$$

Les moments par rapport au point O sont les suivants :

$$MF1=F1*(5/3+0.4)= 154.85 \text{ kN.m/ml}$$

$$MF2= F2*(5/2+0.4)= 26.56 \text{ kN.m/ml}$$

5.3.2. Calcul des poussées et moments stabilisateurs

Le poids du mur est le suivant :

$$P1= 25*5.4*0.1 = 13.77 \text{ kN.ml}$$

$$P2= 25*2.6*0.4 = 26.0 \text{ kN.ml}$$

Les moments du poids du mur sont les suivants :

$$M1= P1*0.1/2 = 0.69 \text{ kN.m/ml}$$

$$M2= P2*(0.1+2.6/2) = 1.40 \text{ kN.m/ml}$$

Le poids du sol stabilisateur est le suivant :

$$P3= 18*2.6*5= 234 \text{ kN/ml}$$

Le moment du poids du sol stabilisateur est le suivant :

$$M3= P3*(2.6/2+0.1)= 327.6 \text{ kN.m/ml}$$

5.3.3. Vérification du mur au renversement

Le coefficient de sécurité au renversement est égal au rapport des moments stabilisateurs sur les moments déstabilisateurs.

$$F= (M1+M2+M3)/ (MF1+MF2)= (0.69+1.4+327.6)/(154.85+26.56)= 1.82$$

La stabilité au renversement du mur est assurée.

5.3.4. Vérification du mur au glissement

La stabilité du mur au glissement est assurée à condition de vérifier la condition suivante :

$$H \leq \frac{V \tan \varphi}{1.2} + \frac{c' A'}{1.5}$$

Avec H = somme des efforts de poussée déstabilisateur = F1+F2

V = somme des efforts de poussée stabilisateur = P1+P2+P3

Le sol d'assise du mur de soutènement est une grave sableuse ayant les caractéristiques mécaniques suivantes : C'=0 kPa ; Φ' = 35°.

La vérification au glissement du mur devient :

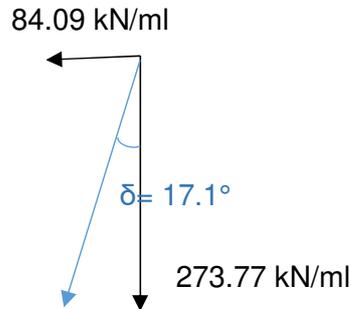
H= 84.09 kN/ml

$(V \tan \Phi)/2 + C'A'/1.5 = 159.75$ kN/ml

La stabilité du mur au glissement est vérifiée.

5.3.5. Vérification du mur au poinçonnement

Compte tenu des valeurs retenues, la valeur de l'inclinaison de la descente de charge est la suivante :



L'excentrement e se calcul de la façon suivante :

$$e = B/2 - (M_v - M_h)/V = (2.6 + 0.1)/2 - (0.69 + 1.40 + 327.6 - (154.85 + 26.56))/273.77 = 0.81$$

La contrainte induite est la suivante :

$$\sigma_{\text{ref}} = V / (B - 2e) = 273.77 / (2.7 - 2 \times 0.81) = 253.49 \text{ kPa}$$

La contrainte admissible ELS du terrain calculé à partir des essais pressiométriques est :

Avec

$$i_{\delta\beta} = \left(1 - \frac{\delta^\circ}{90}\right)^2$$

$$i_{\delta\beta} = (1 - 17.1/90)^2 = 0.65$$

$$\sigma_{\text{els}} = 1000 \times 0.65 = 650 \text{ kPa}$$

Le mur est stable vis-à-vis du poinçonnement.

5.4. Conclusions

D'après les éléments recueillis, la stabilité du mur de soutènement est assurée pour les cas calculés.

Pour rappel, la stabilité interne est supposée assurée. Ce calcul permet de vérifier juste la stabilité externe du mur.

Les dispositifs de drainage efficaces et pérenne sont à prévoir au moment des travaux car les niveaux de l'eau sont présents des deux côtés du mur.

6. Module ES du dallage

On peut retenir les valeurs suivantes pour le calcul du dallage.

Formation - Nature du sol	Prof. Base (m) / TA	Module E_M (MPa)	Coefficient rhéologique α	Module E_s (MPa)
1 – Remblais	5.0	3.0	1/3	9.0
2 – Alluvions graveleuses	> 10.0	15.0	1/4	60.0

7. Observations majeures

On s'assurera que la stabilité des ouvrages et des sols avoisinants le projet est assurée pendant et après la réalisation de ce dernier.

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des conditions générales des missions géotechniques de l'Union Syndicale Géotechnique fournies en annexe 1 (norme NF P94-500 de novembre 2013).

Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre d'une étude de conception G2 phase avant-projet (G2 AVP).

Conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, il est nécessaire d'enchaîner avec les phases suivantes :

- Etude géotechnique de conception phase projet (G2 PRO)
- Etude géotechnique de conception phase DCE/ACT (G2 DCE / ACT)
- Puis, au stade exécution les études géotechniques de réalisation G3 et G4.

Ginger CEBTP peut prendre en charge la réalisation des missions géotechniques à suivre, de conception et de réalisation.

De plus, Ginger CEBTP peut également assurer la maîtrise d'œuvre des ouvrages géotechniques.

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

- Classification des missions types d'ingénierie géotechnique,
- Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique.

4.2.4 Tableaux synthétiques

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.</p>
<p>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</p> <p>Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours. — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs. <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques. <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuls et une approche des quantités. <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). — Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

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

<p>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)</p> <p>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</p> <p>Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Étude</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de 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. <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude. — Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats). — Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO) <p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</p> <p>Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils. <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3). — donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.
<p>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</p> <p>Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant. — Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

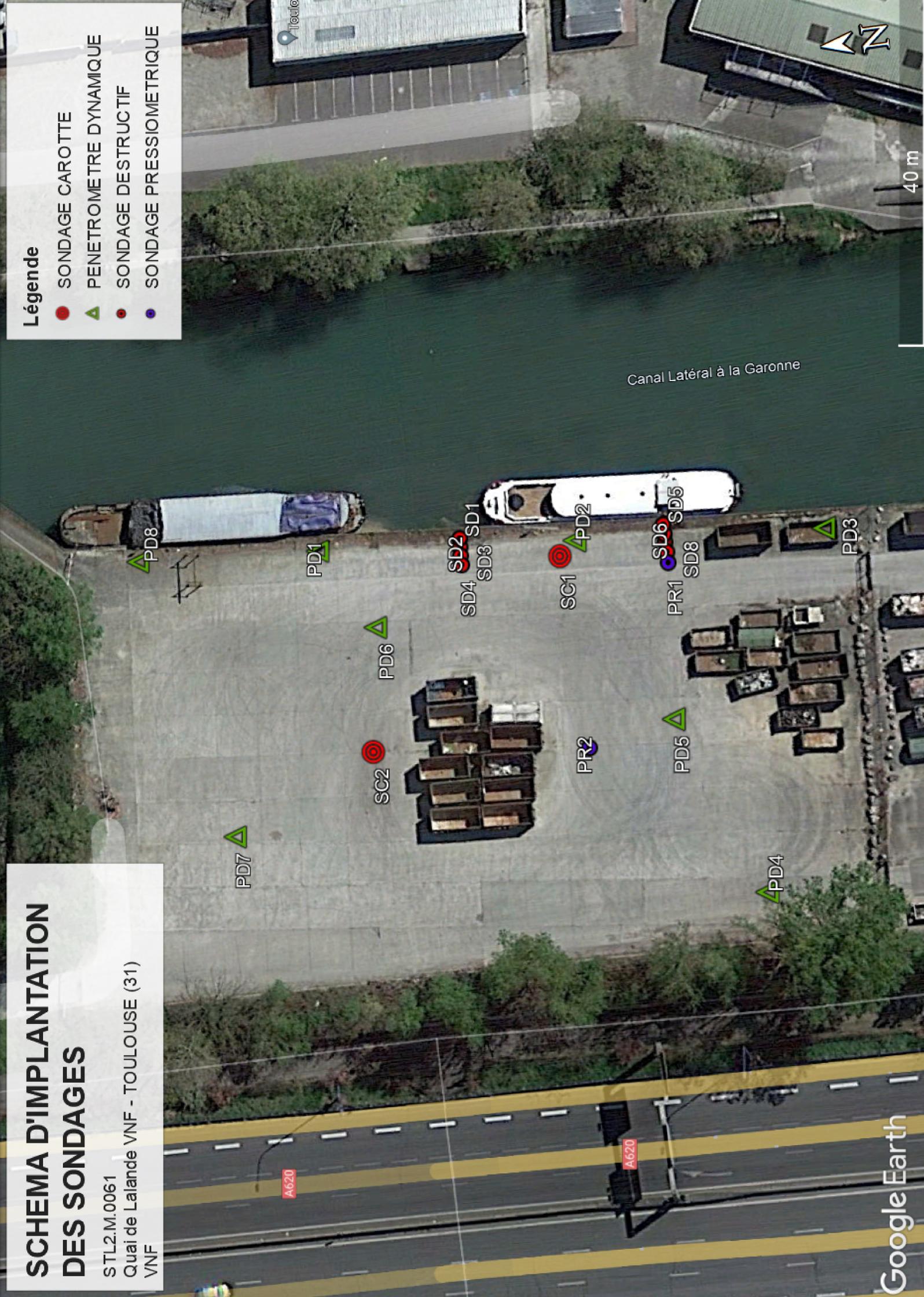
ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS

SCHEMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES

STL2.M.0061
Quai de Lalande VNF - TOULOUSE (31)
VNF

Légende

- SONDAGE CAROTTE
- ▲ PENETROMETRE DYNAMIQUE
- SONDAGE DESTRUCTIF
- SONDAGE PRESSIOMETRIQUE



Canal Latéral à la Garonne

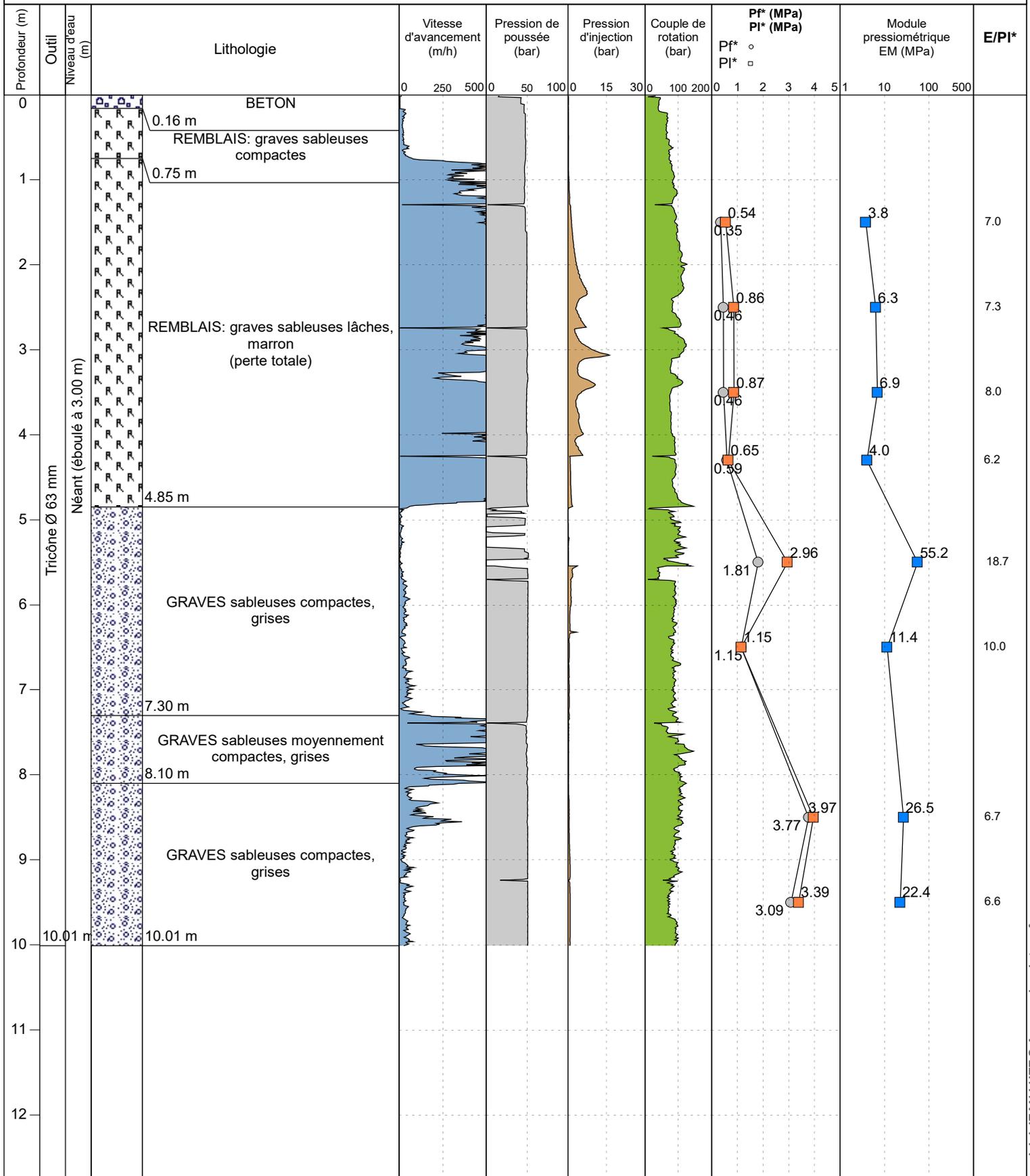
ANNEXE 3 – SONDAGES PRESSIOMETRIQUES

Echelle : 1/60

Machine : M396

Profondeur de fin : 10.01 m

Date d'exécution du forage : du 12/04/2022 au 12/04/2022



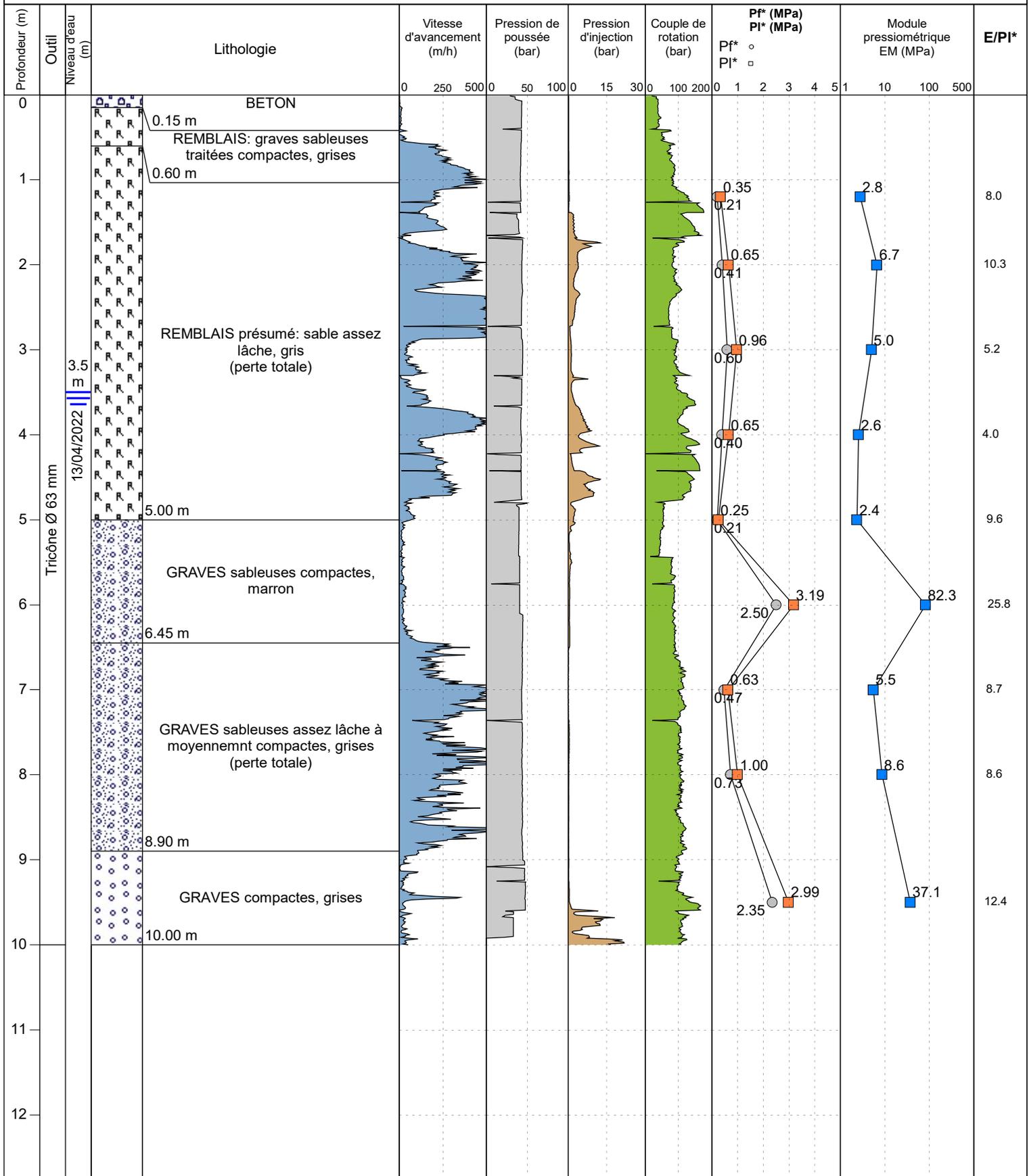
Observation : Eboulement à 3.00 m de profondeur

Echelle : 1/60

Machine : M396

Profondeur de fin : 10.00 m

Date d'exécution du forage : du 13/04/2022 au 13/04/2022



Observation :

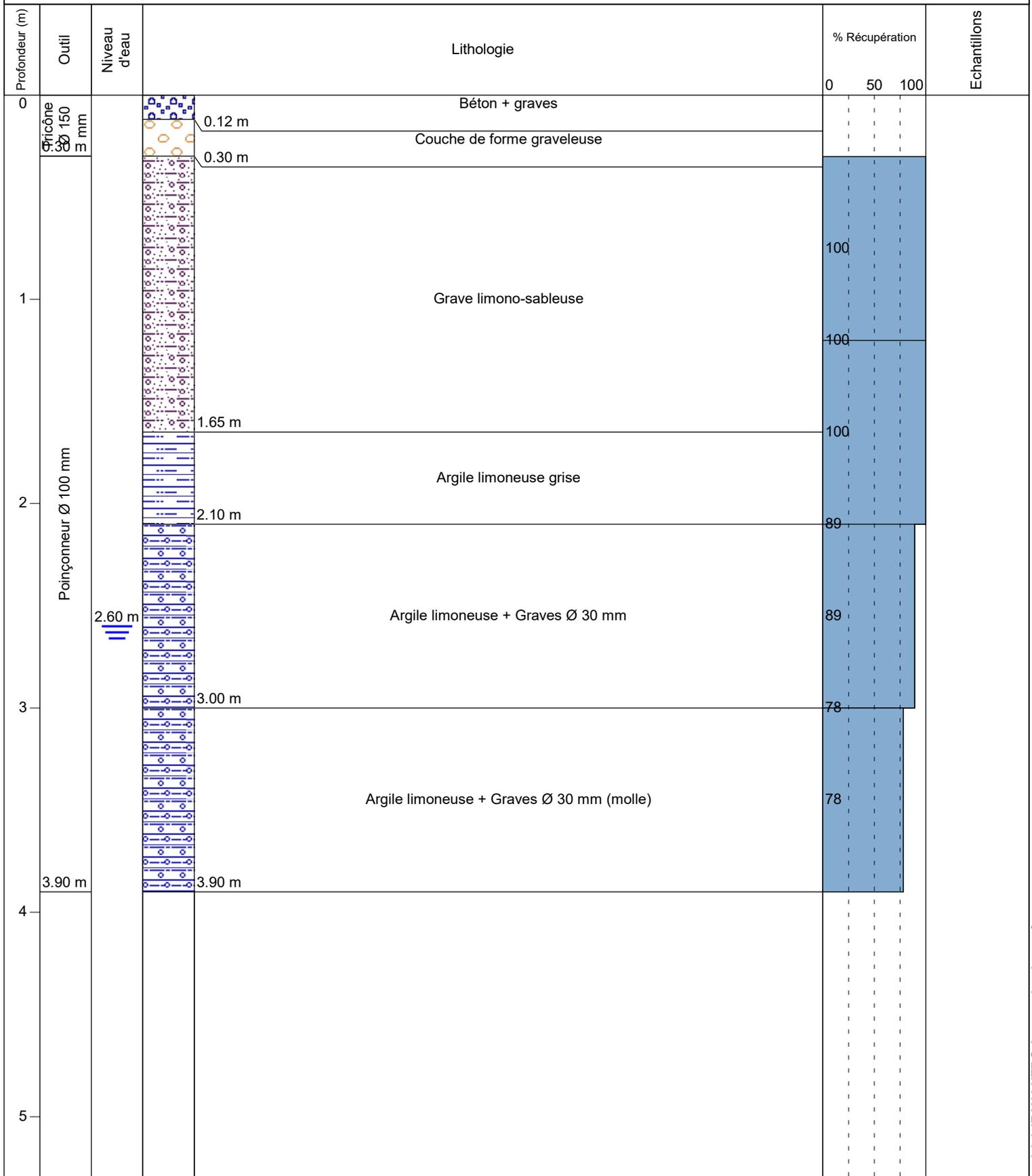
ANNEXE 4 – SONDAGES CAROTTES

Echelle : 1/25

Machine :

Profondeur de fin : 3.90 m

Date d'exécution du forage : du 19/04/2022 au 19/04/2022



Observation :

Echelle : 1/25

Machine :

Profondeur de fin : 3.90 m

Date d'exécution du forage : du 25/04/2022 au 28/04/2022

Profondeur (m)	Outil	Niveau d'eau	Lithologie	% Récupération			Echantillons
				0	50	100	
0	Tricône ø 150 mm		0.12 m Dalle béton				
			0.30 m Couche de forme graveleuse				
1	Poinçonneur ø 100 mm	3.10 m	0.90 m Remblais : graves sableuses	100			
2			2.10 m Argiles limoneuse grise et ferme	94			
3			3.00 m Argiles limoneuse grise + grave	94			
4			3.90 m Argile limoneuse sableuse + Grave	100			
5							

Observation :

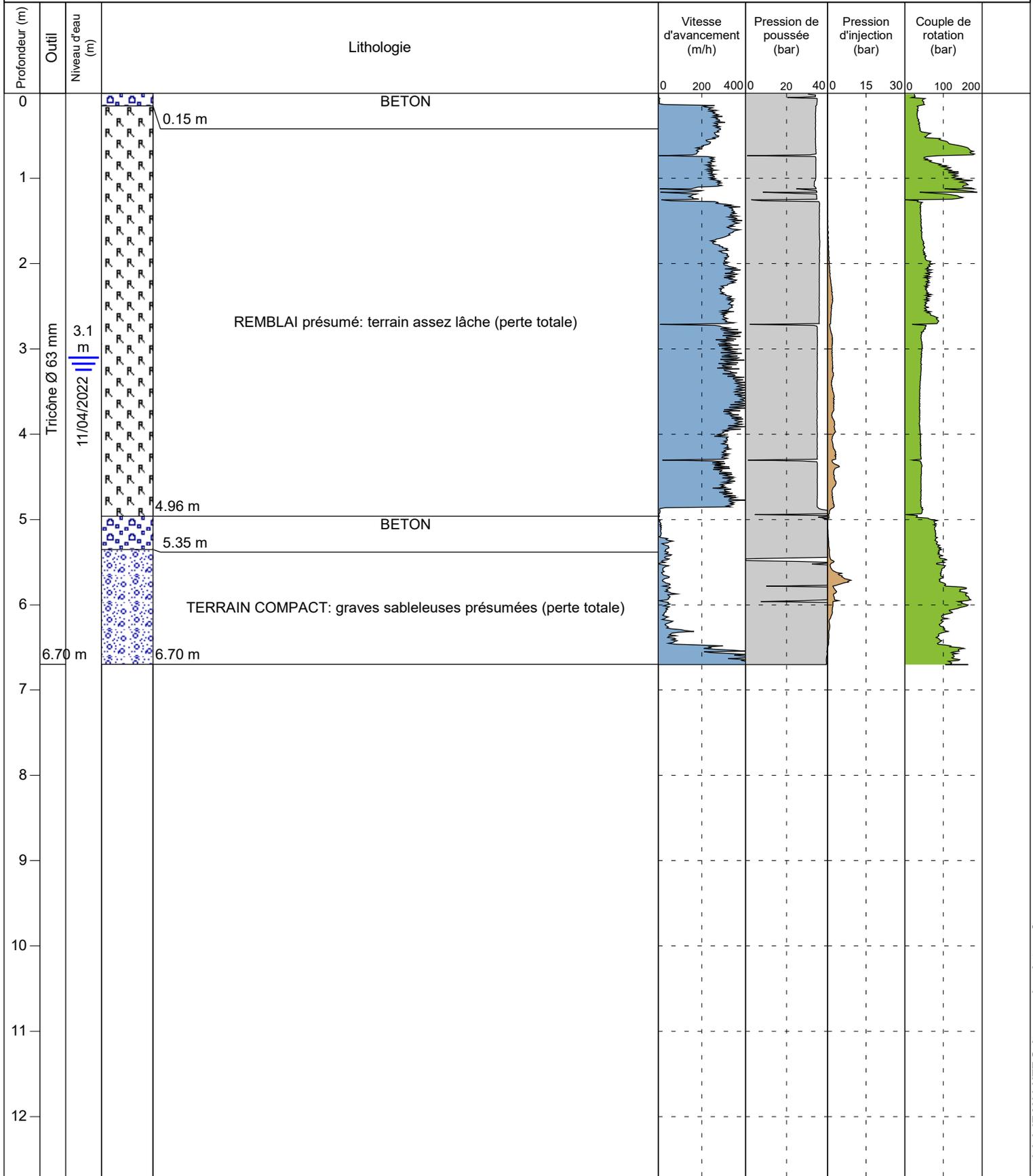
ANNEXE 5 – SONDAGES DESTRUCTIFS

Echelle : 1/60

Machine : M396

Profondeur de fin : 6.70 m

Date d'exécution du forage : du 11/04/2022 au 11/04/2022



Observation : Réalisé à 1 m de la paroi

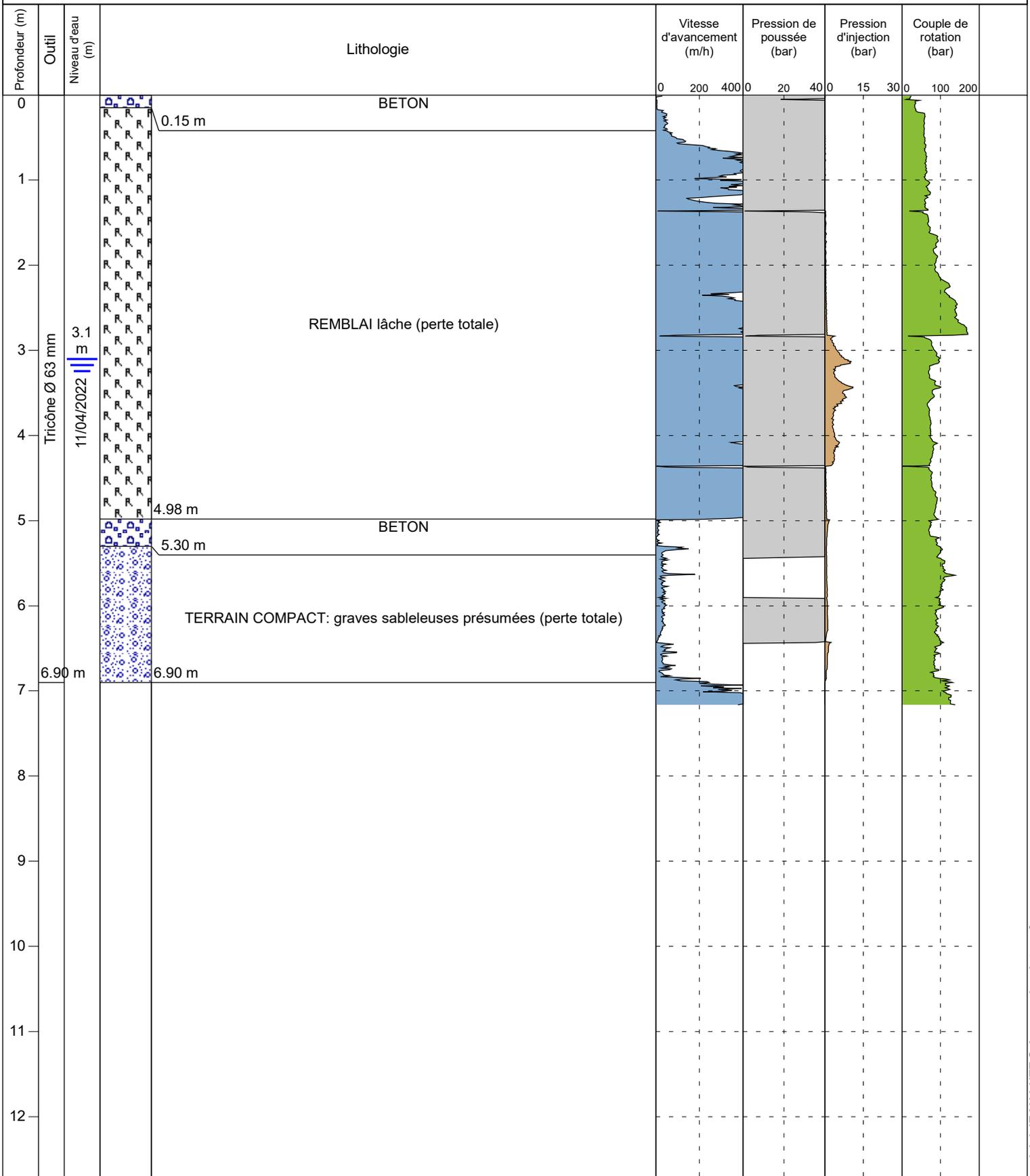
EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

Echelle : 1/60

Machine : M396

Profondeur de fin : 6.90 m

Date d'exécution du forage : du 11/04/2022 au 11/04/2022



Observation : à 2 m de la paroi

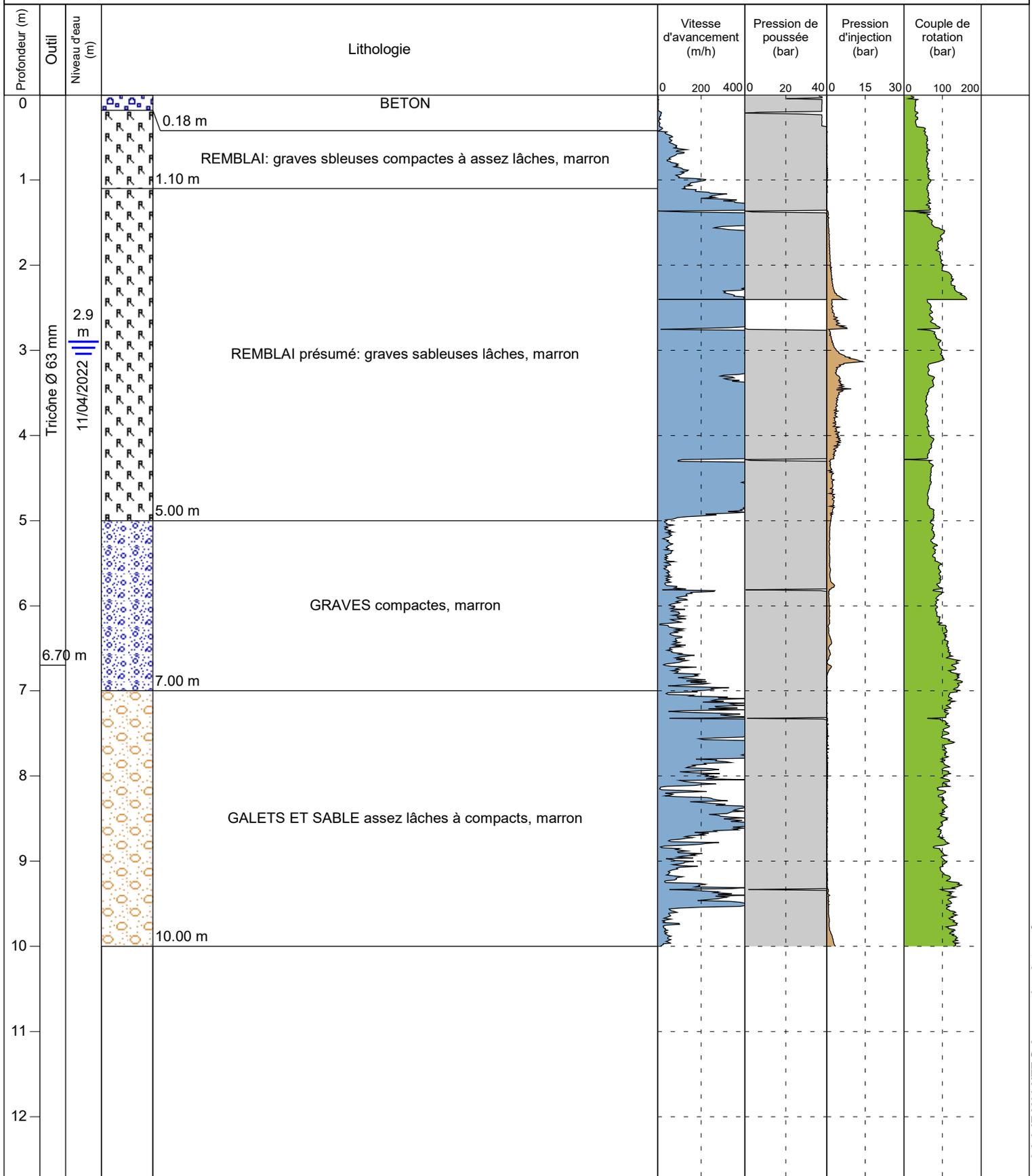
EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

Echelle : 1/60

Machine : M396

Profondeur de fin : 10.00 m

Date d'exécution du forage : du 11/04/2022 au 11/04/2022



Observation : Réalisé à 2.5 m de la paroi

EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

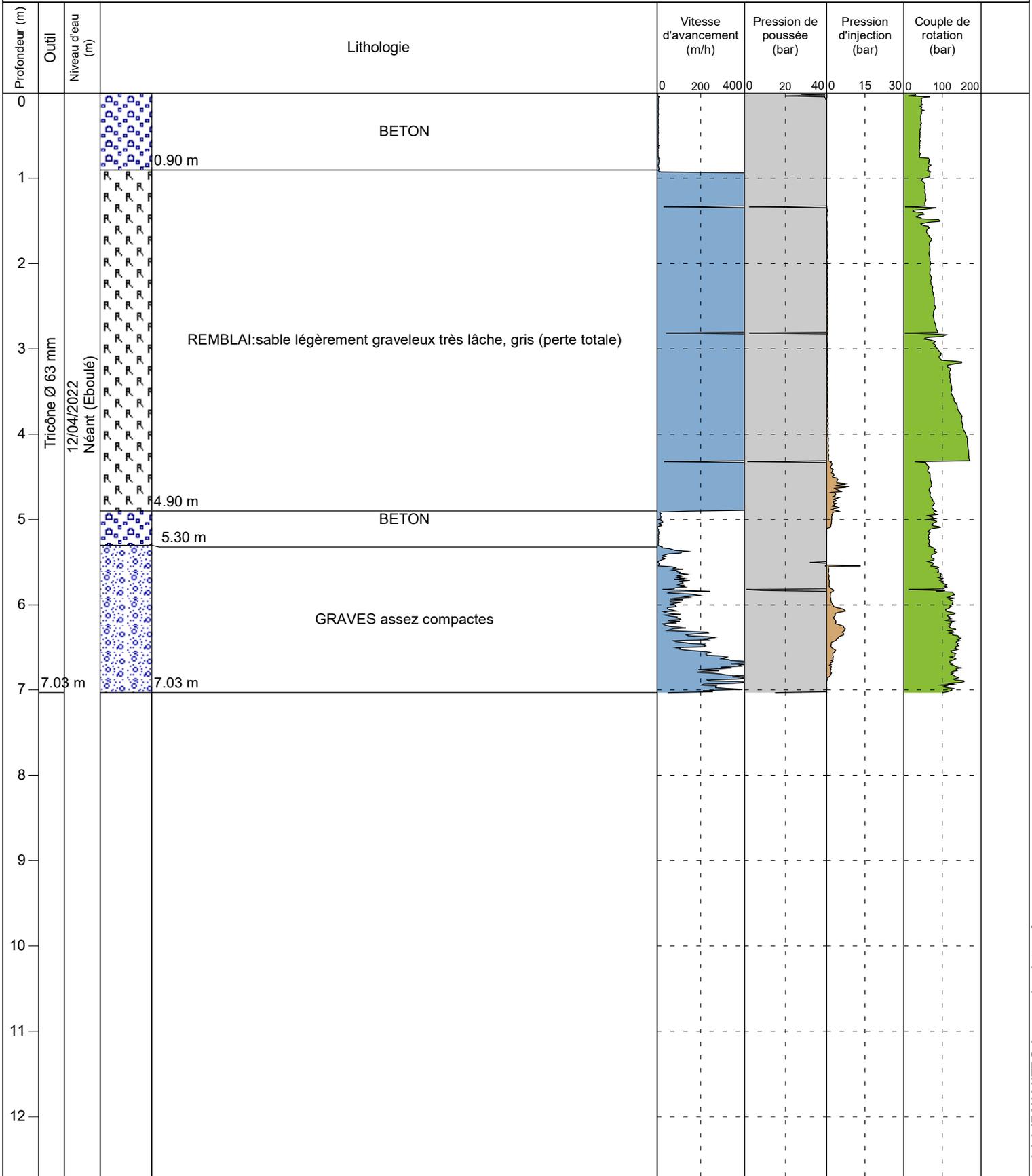
Log pressiométrique - E158 V2

Echelle : 1/60

Machine : M396

Profondeur de fin : 7.03 m

Date d'exécution du forage : du 12/04/2022 au 12/04/2022



Observation : Réalisé à 1 m du mur

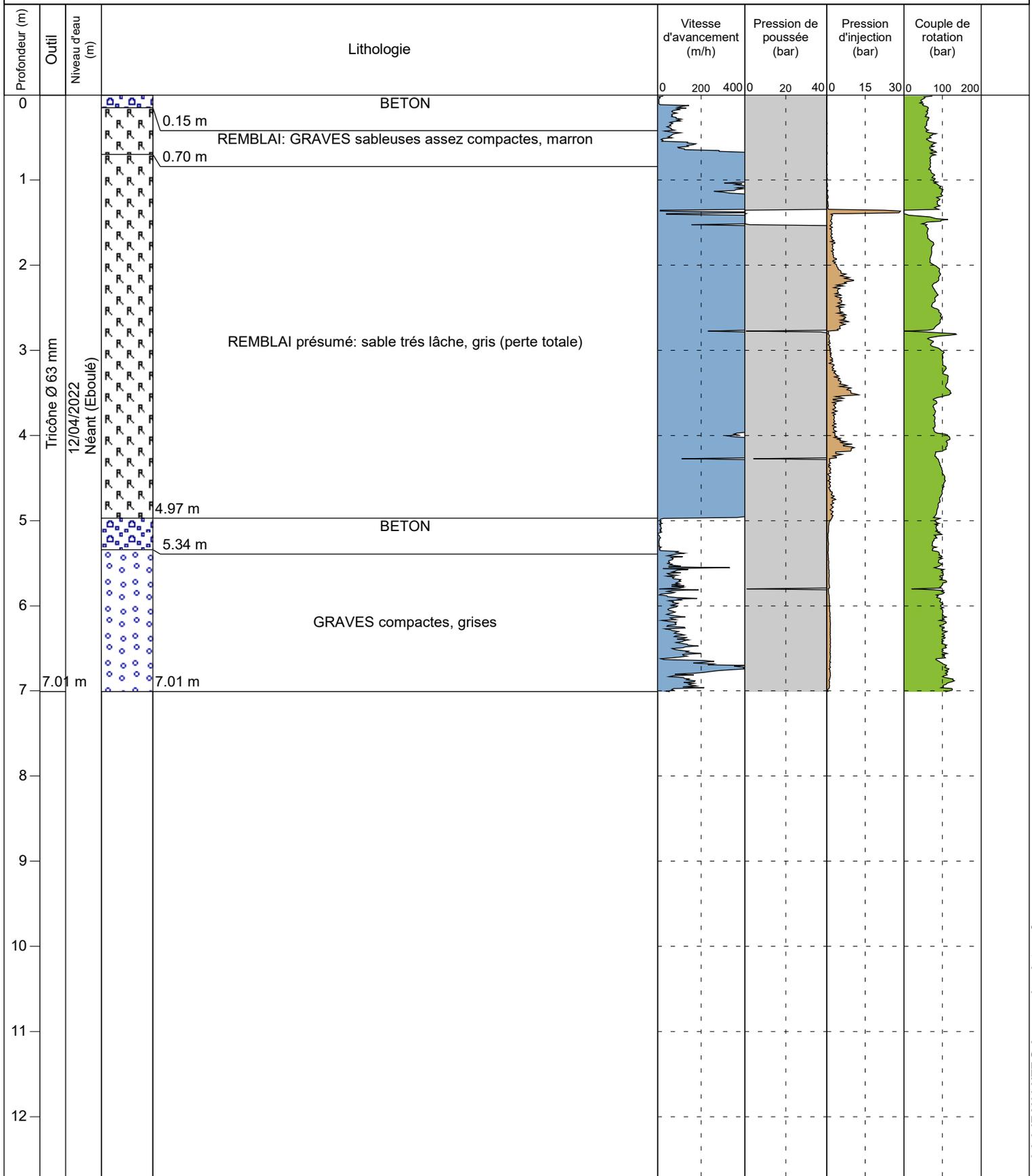
EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

Echelle : 1/60

Machine : M396

Profondeur de fin : 7.01 m

Date d'exécution du forage : du 12/04/2022 au 12/04/2022



Observation : Réalisé à 2 m de la paroi

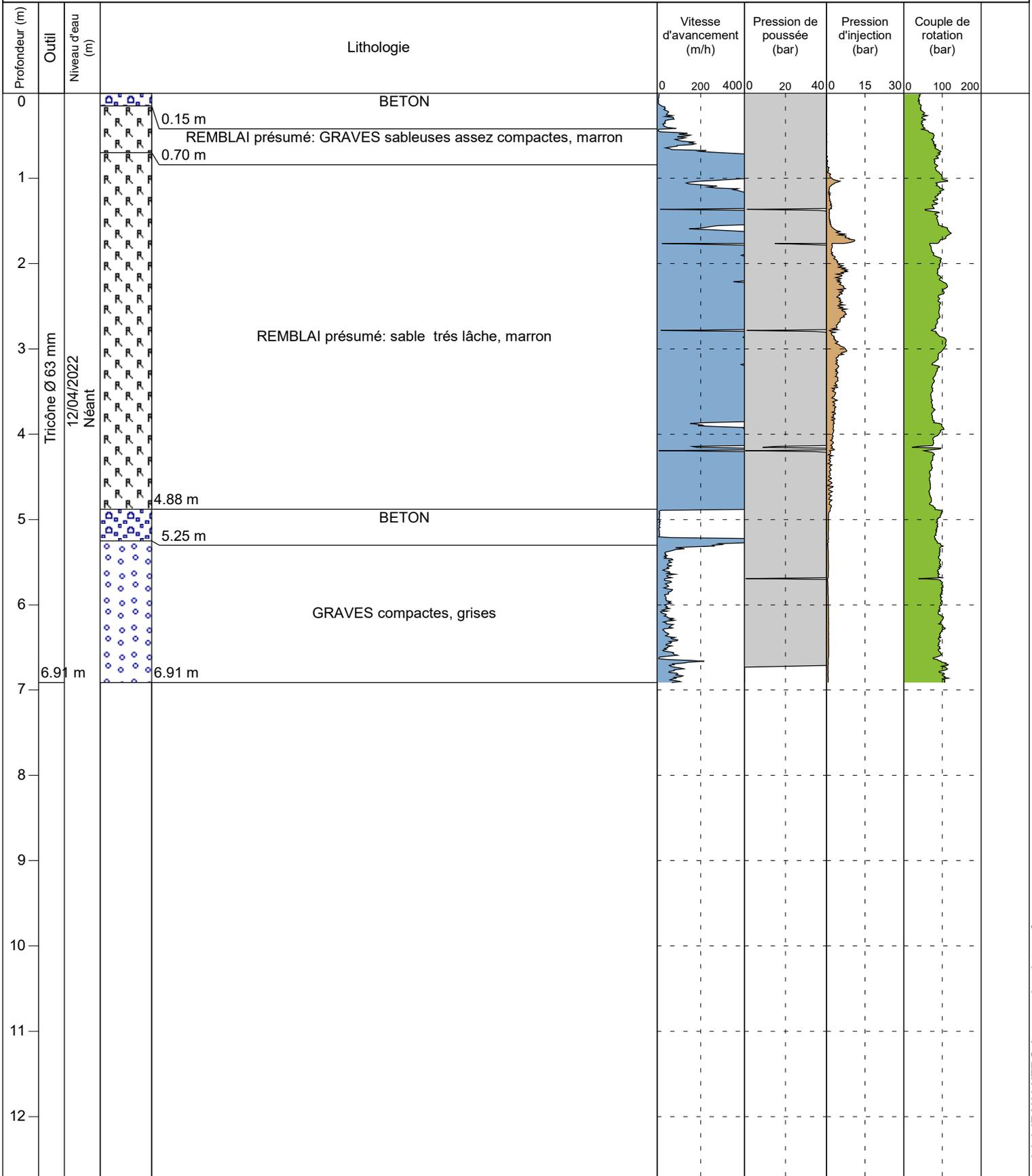
EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

Echelle : 1/60

Machine : M396

Profondeur de fin : 6.91 m

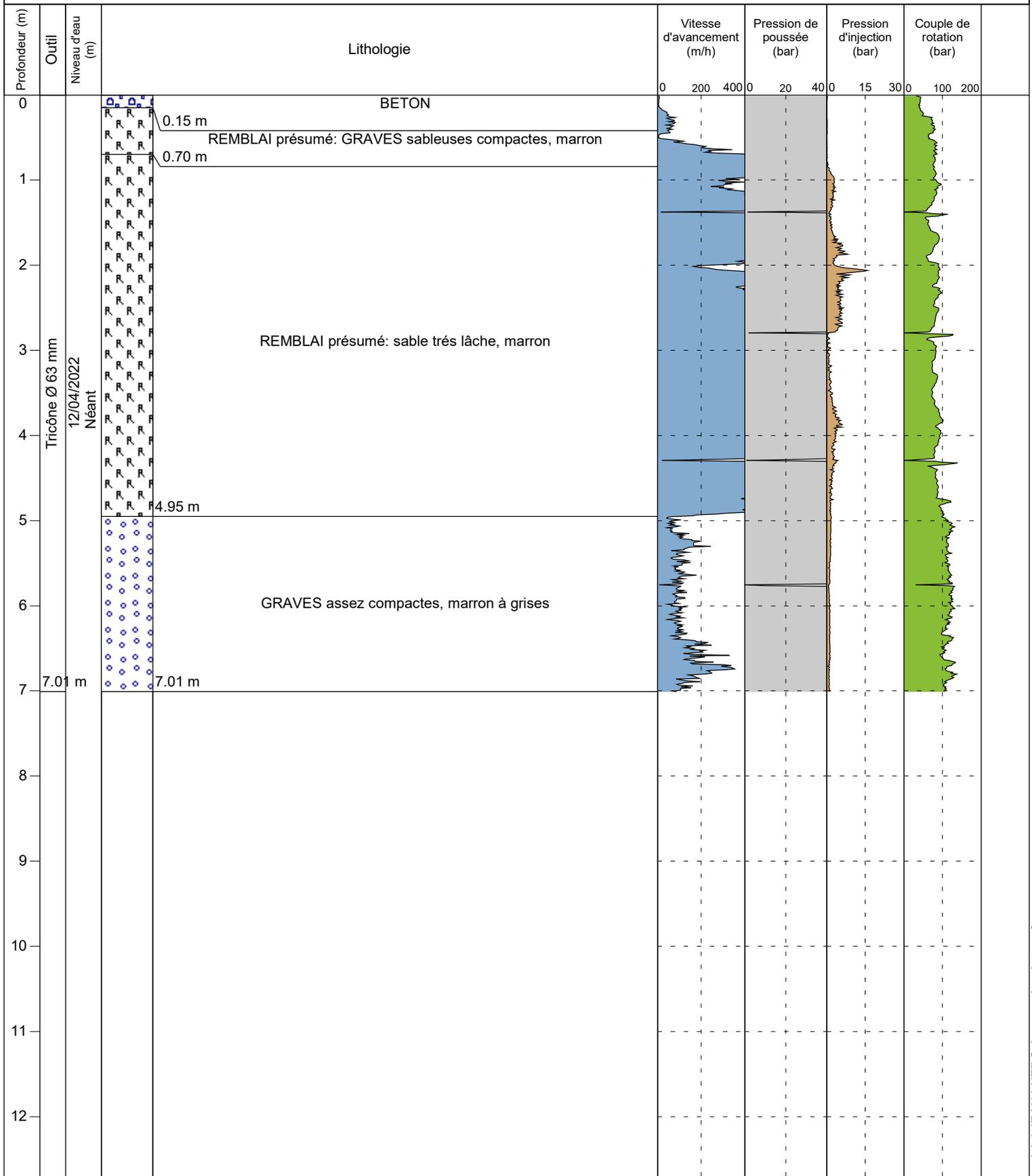
Date d'exécution du forage : du 12/04/2022 au 12/04/2022



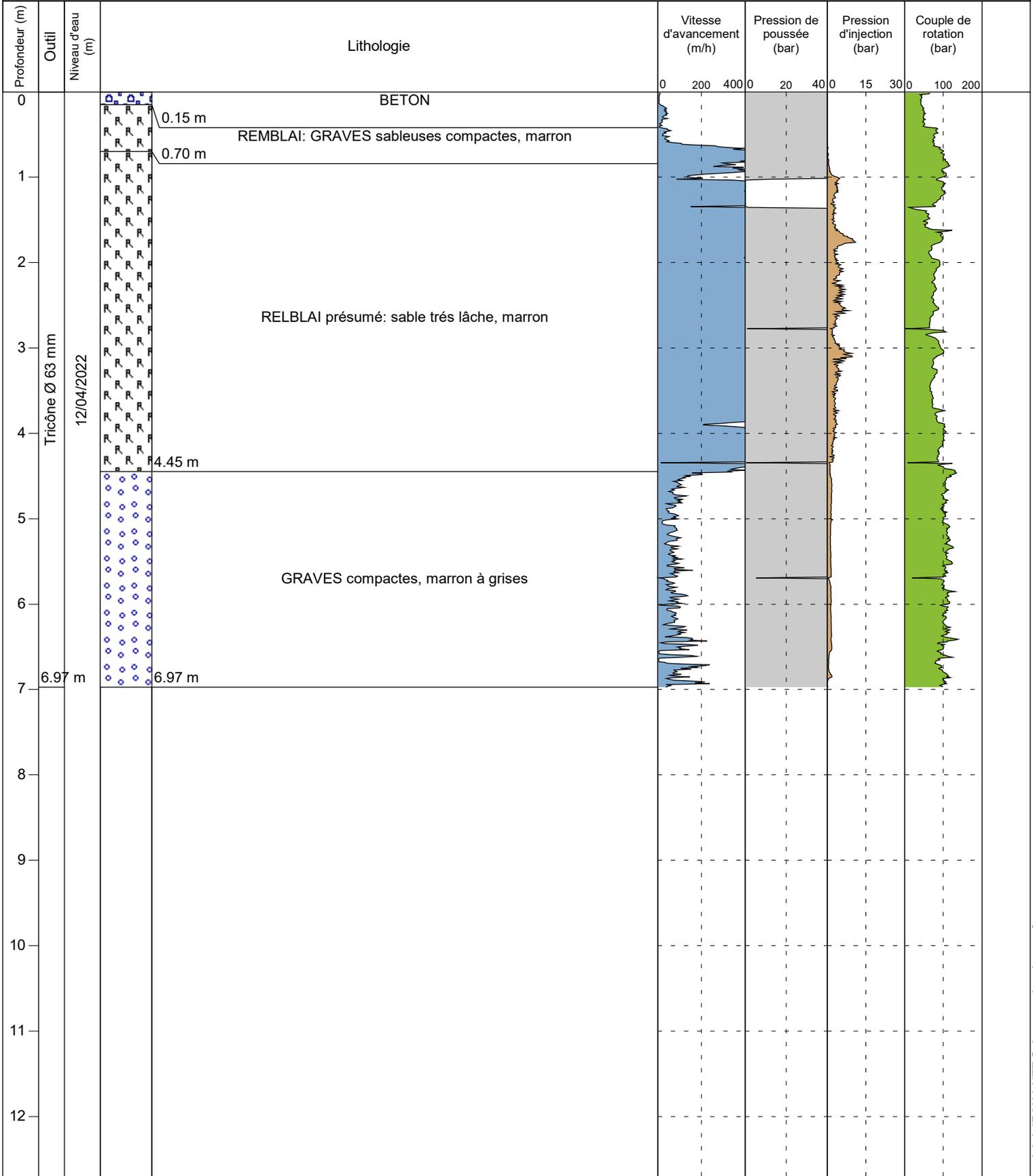
Observation : Réalisé à 2.5 m de la paroi

EXGTE 3.23.3/LB2GEO107FR

Log pressiométrique - E158 V2



Observation : Réalisé à 2.75 m de la paroi



Observation : Réalisé à 3.0 m de la paroi

ANNEXE 6 – ESSAIS DE PENETRATION DYNAMIQUE

Chantier : Quai de Lalande - TOULOUSE

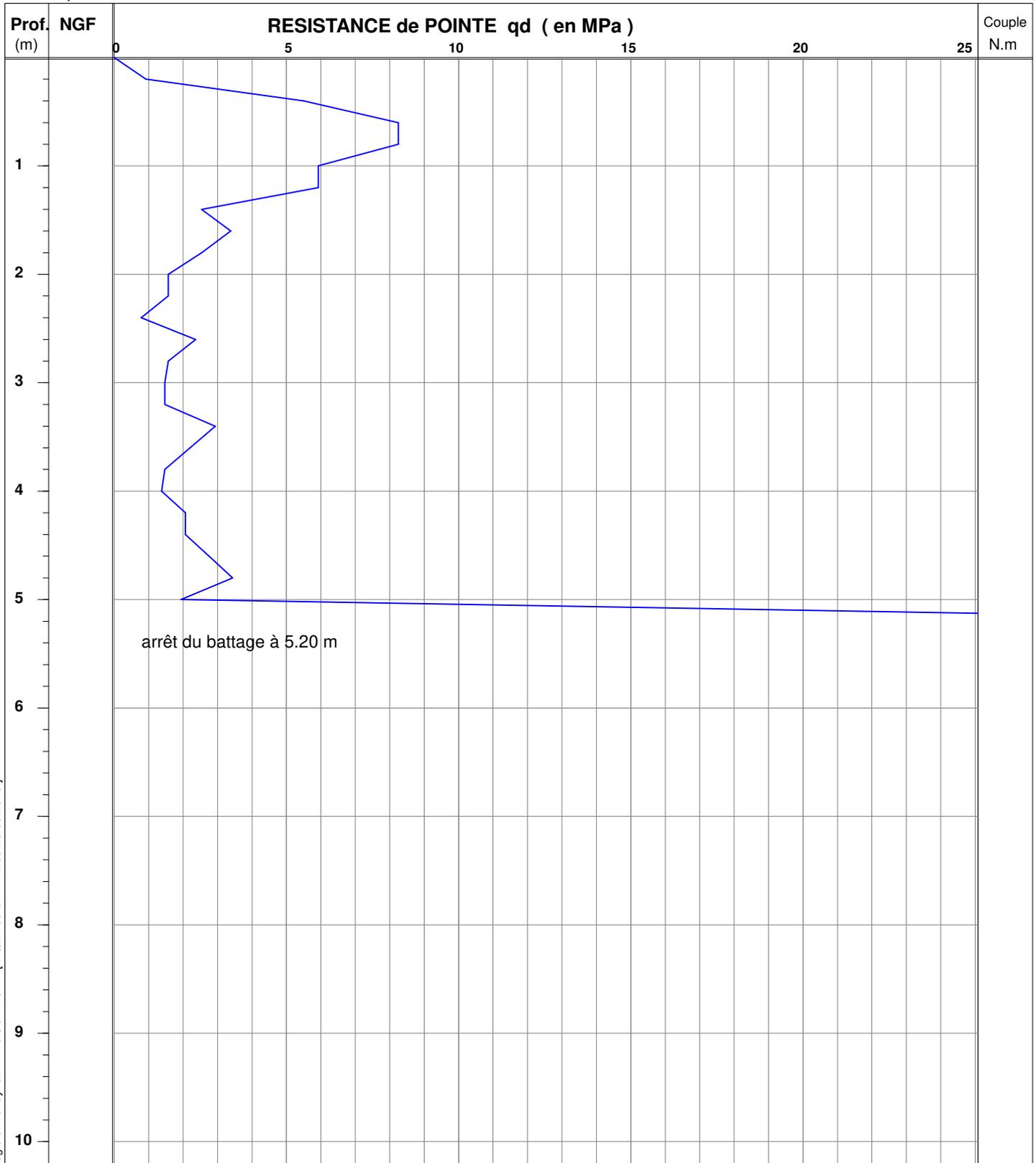
Client : VNF

Dossier : STL2.M0061.0001

Date essai : 13/04/22

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 4.0 -- [DO.E159-01 - V.2 du 28/09/2016]

MATERIEL UTILISE : M653 Georges

Etalonné le 20/01/2020 /réf.E191-5425 --- Coef.[Er] utilisé: 0.89

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipement mobile 4.88 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 18/05/2022

Chantier : Quai de Lalande - TOULOUSE

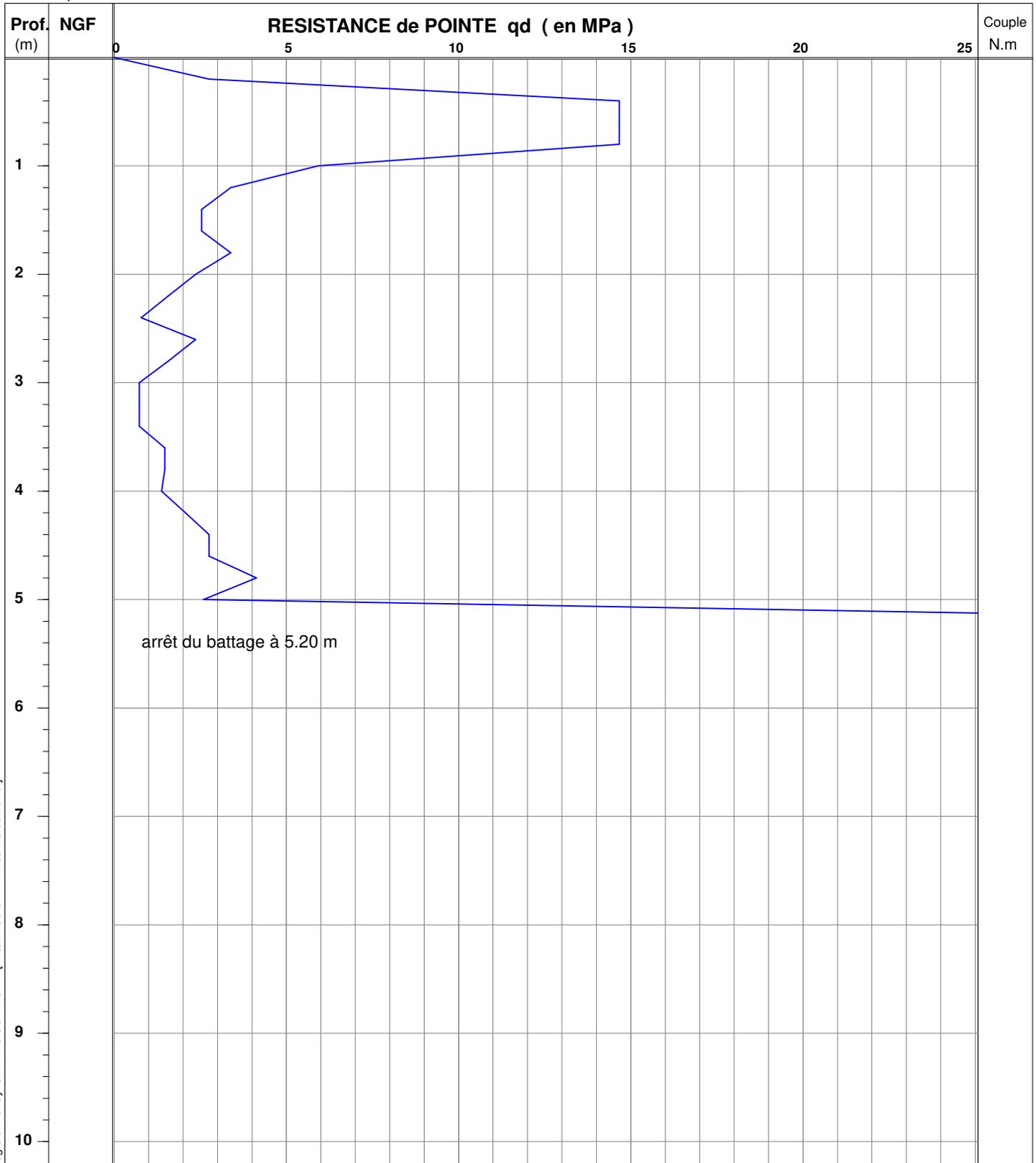
Client : VNF

Dossier : STL2.M0061.0001

Date essai : 13/04/22

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 4.0 -- [DO.E159-01 - V.2 du 28/09/2016]

MATERIEL UTILISE : M653 Georges

Etalonné le 20/01/2020 /réf.E191-5425 --- Coef.[Er] utilisé: 0.89

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipement mobile 4.88 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 18/05/2022

Chantier : Quai de Lalande - TOULOUSE

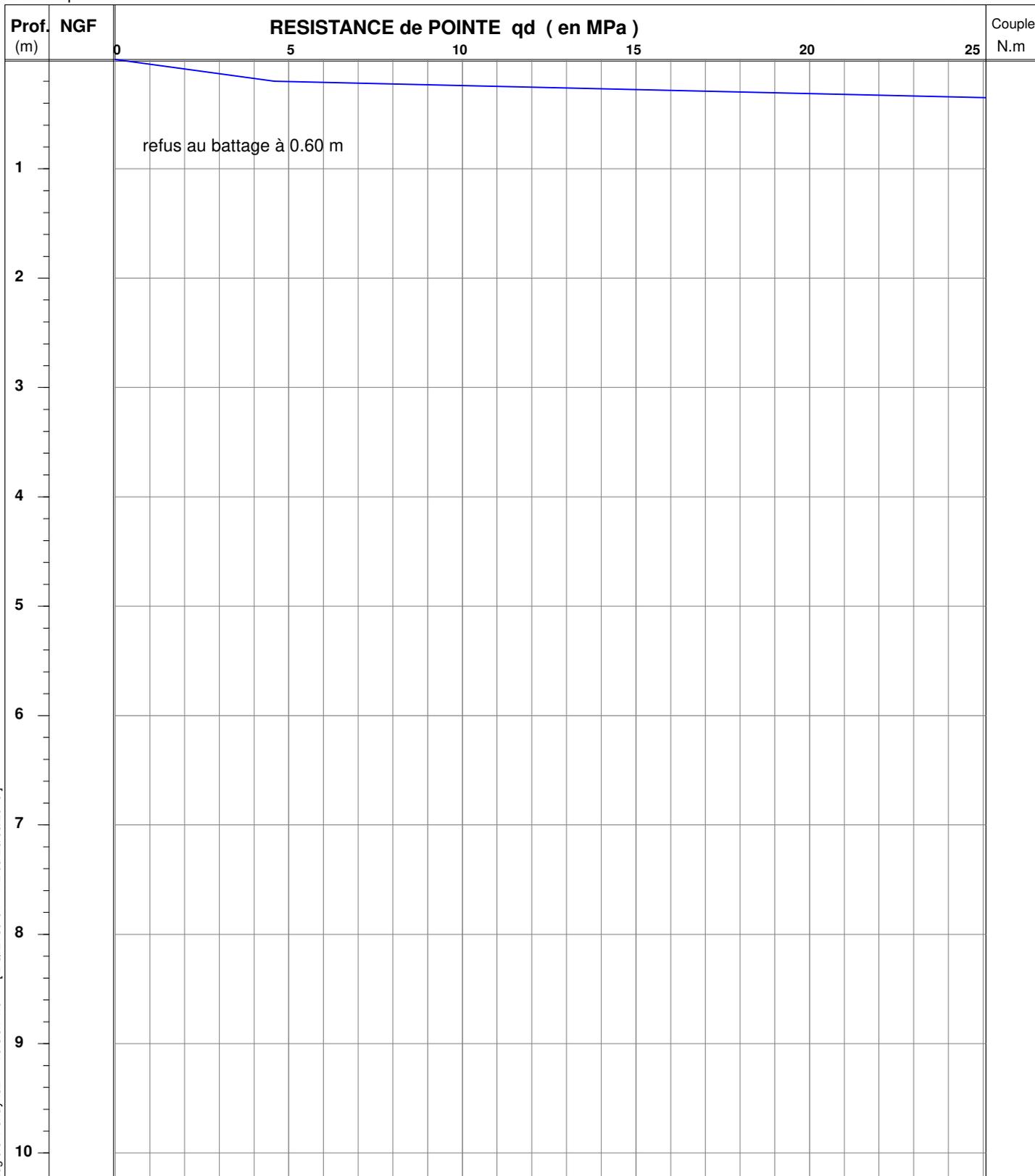
Client : VNF

Dossier : STL2.M0061.0001

Date essai : 13/04/22

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 4.0 -- [DO.E159-01 - V.2 du 28/09/2016]

MATERIEL UTILISE : M653 Georges

Etalonné le 20/01/2020 /réf.E191-5425 --- Coef.[Er] utilisé: 0.89

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipement mobile 4.88 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 18/05/2022

Chantier : Quai de Lalande - TOULOUSE

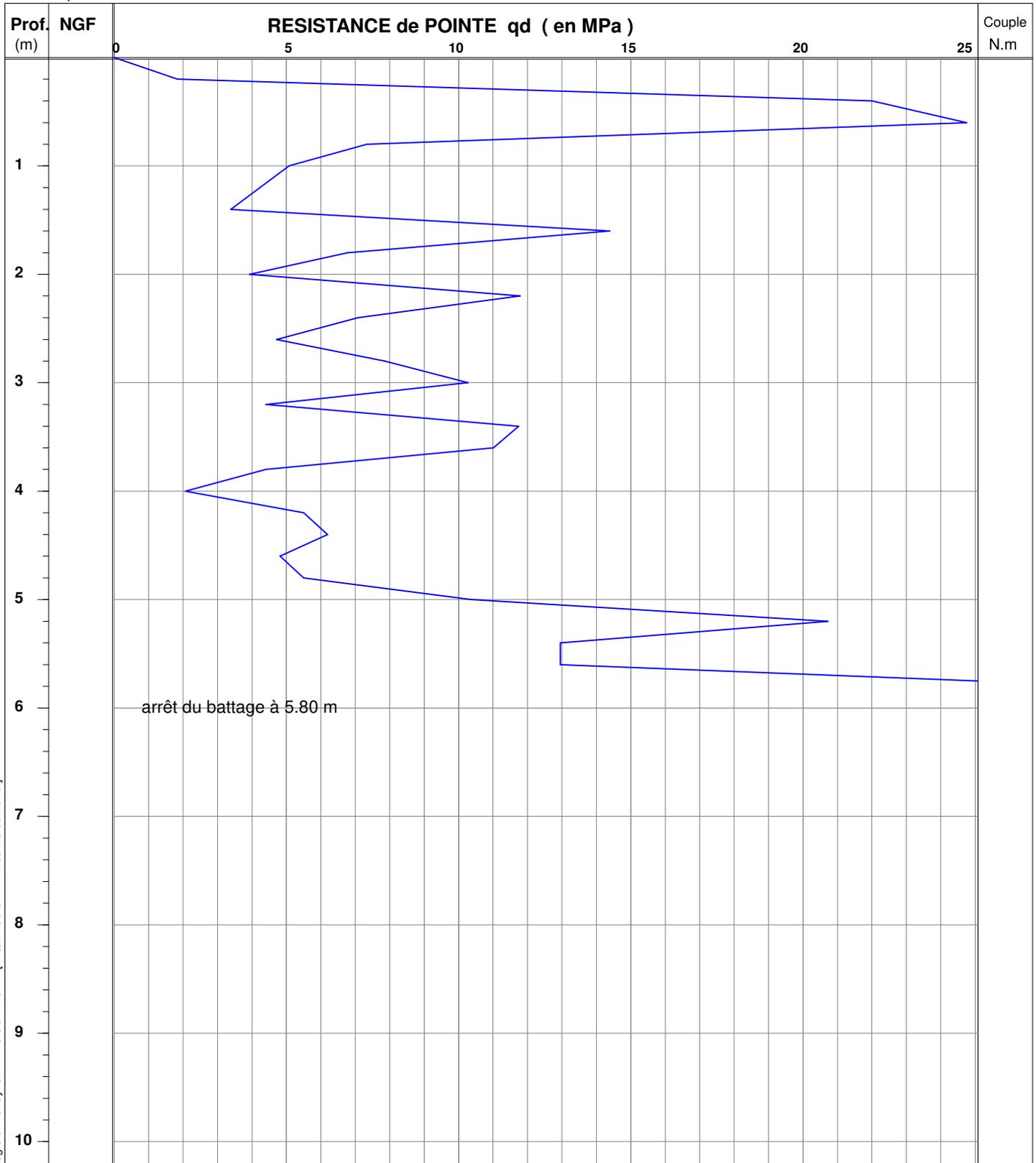
Client : VNF

Dossier : STL2.M0061.0001

Date essai : 13/04/22

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



MATERIEL UTILISE : M653 Georges

Etalonné le 20/01/2020 /réf.E191-5425 --- Coef.[Er] utilisé: 0.89

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipement mobile 4.88 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 18/05/2022

Chantier : Quai de Lalande - TOULOUSE

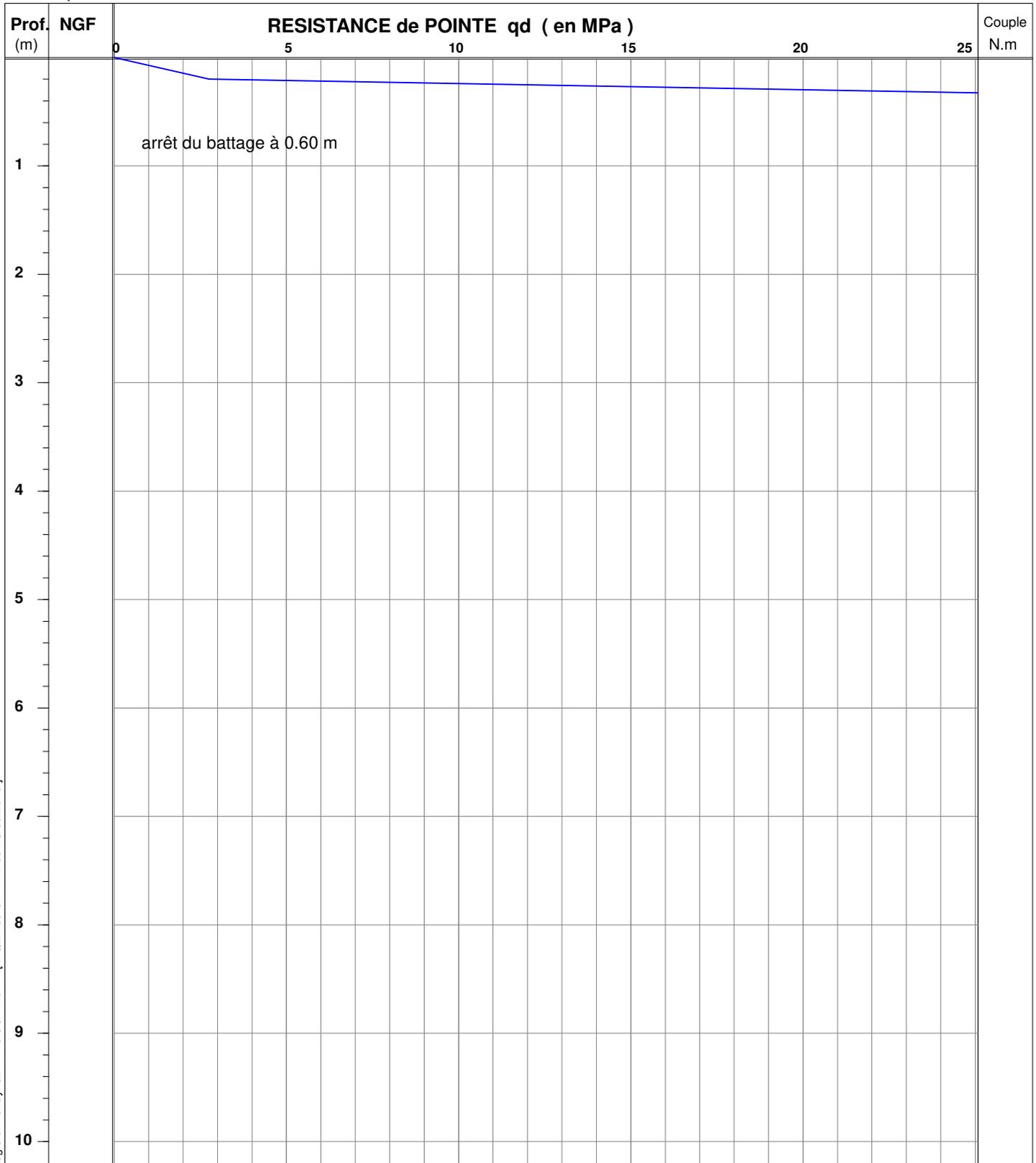
Client : VNF

Dossier : STL2.M0061.0001

Date essai : 13/04/22

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 4.0 -- [DO.E159-01 - V.2 du 28/09/2016]

MATERIEL UTILISE : M653 Georges

Etalonné le 20/01/2020 /réf.E191-5425 --- Coef.[Er] utilisé: 0.89

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipement mobile 4.88 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 18/05/2022

Chantier : Quai de Lalande - TOULOUSE

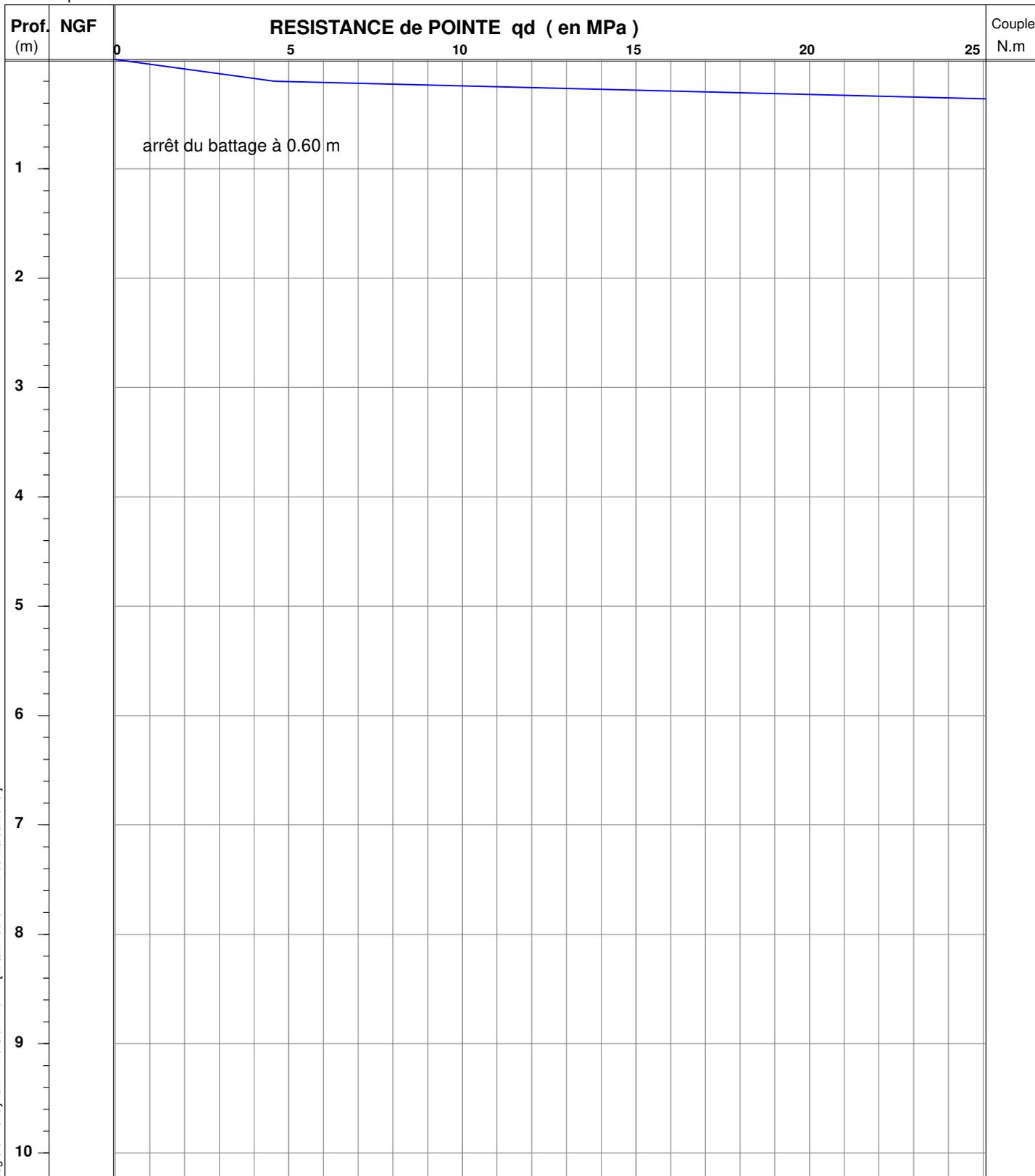
Client : VNF

Dossier : STL2.M0061.0001

Date essai : 13/04/22

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 4.0 -- [DO.E159-01 - V.2 du 28/09/2016]

MATERIEL UTILISE : M653 Georges

Etalonné le 20/01/2020 /réf.E191-5425 --- Coef.[Er] utilisé: 0.89

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipement mobile 4.88 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 18/05/2022

Chantier : Quai de Lalande - TOULOUSE

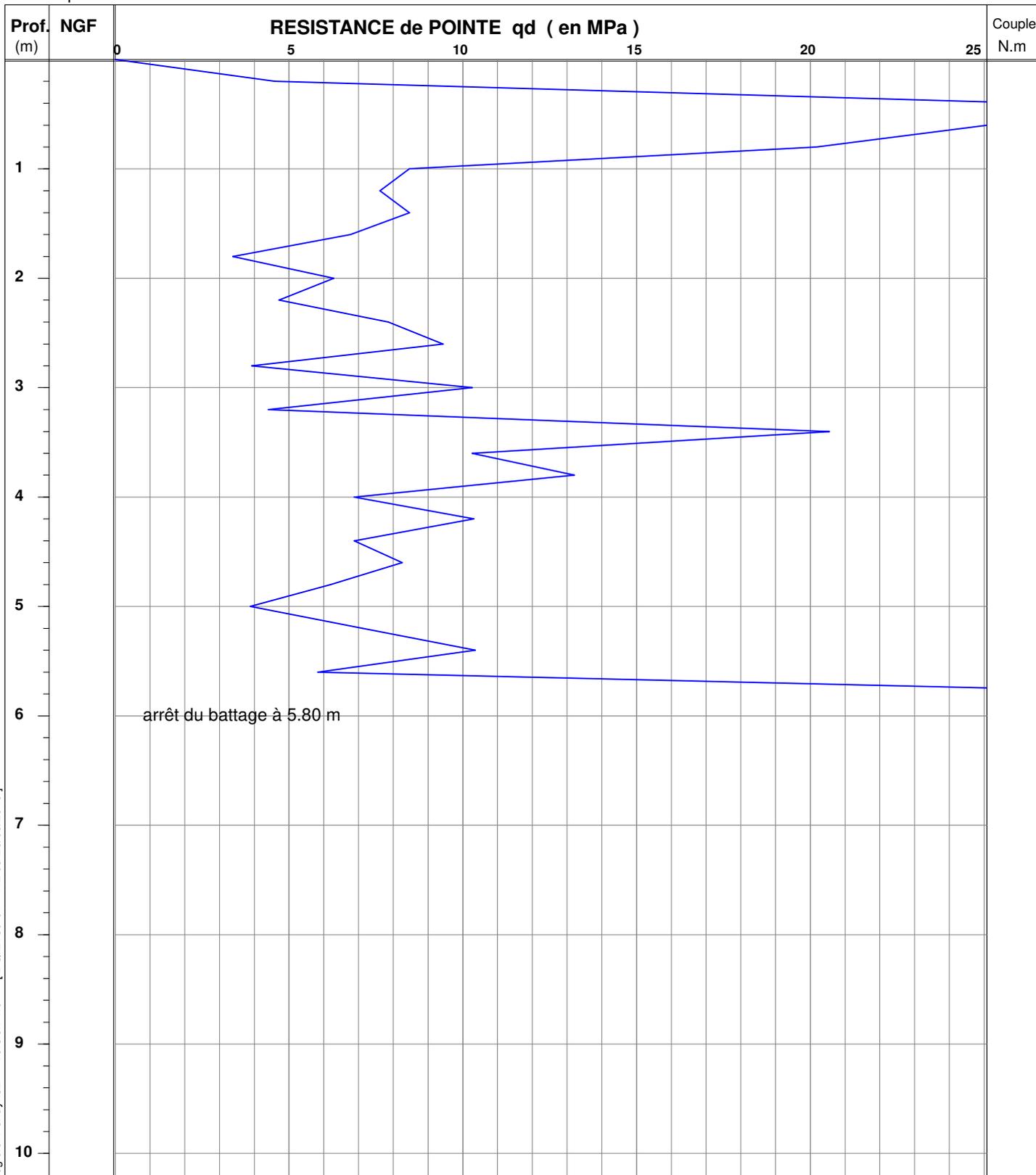
Client : VNF

Dossier : STL2.M0061.0001

Date essai : 13/04/22

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



MATERIEL UTILISE : M653 Georges

Etalonné le 20/01/2020 /réf.E191-5425 --- Coef.[Er] utilisé: 0.89

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipement mobile 4.88 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 18/05/2022

Chantier : Quai de Lalande - TOULOUSE

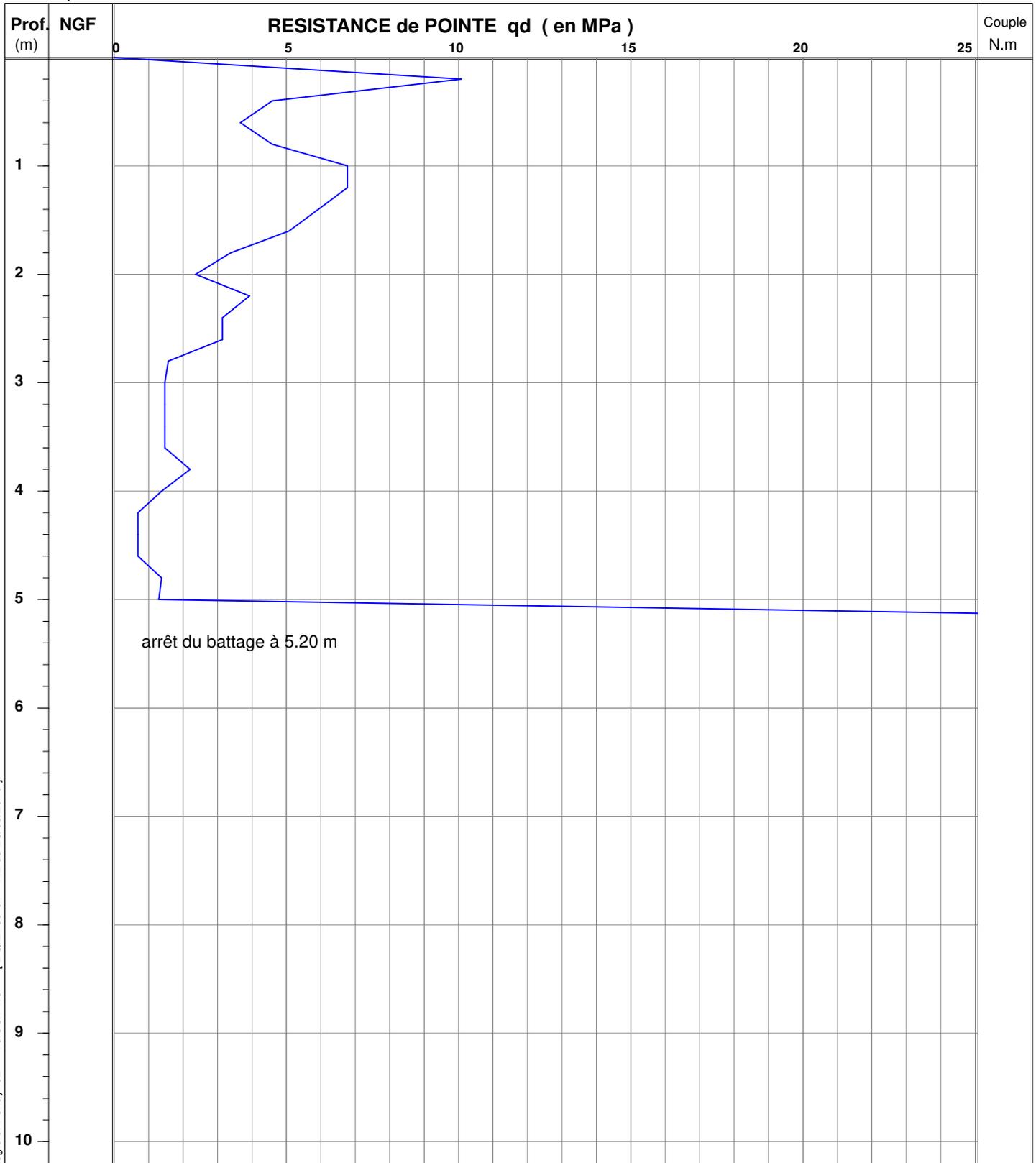
Client : VNF

Dossier : STL2.M0061.0001

Date essai : 13/04/22

Echelle prof. : 1/50°

Norme NF EN ISO 22476-2



Logiciel Pendyn32 - Version 4.0 -- [DO.E159-01 - V.2 du 28/09/2016]

MATERIEL UTILISE : M653 Georges

Etalonné le 20/01/2020 /réf.E191-5425 --- Coef.[Er] utilisé: 0.89

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipement mobile 4.88 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.62 cm²

OBSERVATIONS : /

Edité le 18/05/2022

ANNEXE 7 – ANALYSES DE LABORATOIRE

GINGER CEBTP TOULOUSE
 LABORATOIRE TOULOUSE
 2 AVENUE DE FLOURENS
 31130 BALMA

Informations générales

N° dossier : STL2.M0061.0001	Client /MO : GINGER CEBTP - STL3
Désignation : QUAI DE LALANDE - PARCELLE FLUVIALE - G5	
Localité : TOULOUSE	Demandeur / MOE : GINGER CEBTP - STL3
Chargé d'affaire : BERKANE DYHIA	

Sondage: SC1

Essai réalisé	Profondeur de prise d'essai	Nom du fichier PDF
Essai VBs	0.30_1.20 m	PV_Essai VBs~_STL2.M0061.0001_SC1_Prof_0.30_1.20 m.pdf
Granulométrie	0.30_1.20 m	PV_Granulométrie~_STL2.M0061.0001_SC1_Prof_0.30_1.20 m.pdf
Poinçonnement IPI - CBR	0.30_1.20 m	PV_IPI-No1_STL2.M0061.0001_SC1_Prof_0.30_1.20 m.pdf
Synthèse GTR	0.30_1.20 m	PV_Synthèse GTR~_STL2.M0061.0001_SC1_Prof_0.30_1.20 m.pdf

Sondage: SC2

Essai réalisé	Profondeur de prise d'essai	Nom du fichier PDF
Essai VBs	2.10_3.00 m	PV_Essai VBs~_STL2.M0061.0001_SC2_Prof_2.10_3.00 m.pdf
Granulométrie	2.10_3.00 m	PV_Granulométrie~_STL2.M0061.0001_SC2_Prof_2.10_3.00 m.pdf
Poinçonnement IPI - CBR	2.10_3.00 m	PV_IPI-No1_STL2.M0061.0001_SC2_Prof_2.10_3.00 m.pdf
Synthèse GTR	2.10_3.00 m	PV_Synthèse GTR~_STL2.M0061.0001_SC2_Prof_2.10_3.00 m.pdf

Essais	Quantitatif
Essai VBs	2
Granulométrie	2
Poinçonnement IPI - CBR	2
Synthèse GTR	2
Nombre total d'essais:	8

Chef de service
 Laetitia NEROT



CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

GINGER CEBTP TOULOUSE
LABORATOIRE TOULOUSE
2 AVENUE DE FLOURENS
31130 BALMA

Informations générales

N° dossier :	STL2.M0061.0001	Client / MO :	GINGER CEBTP - STL3
Désignation :	QUAI DE LALANDE - PARCELLE FLUVIALE - G5	Demandeur / MOE :	GINGER CEBTP - STL3
Localité :	TOULOUSE		
Chargé d'affaire :	BERKANE DYHIA		

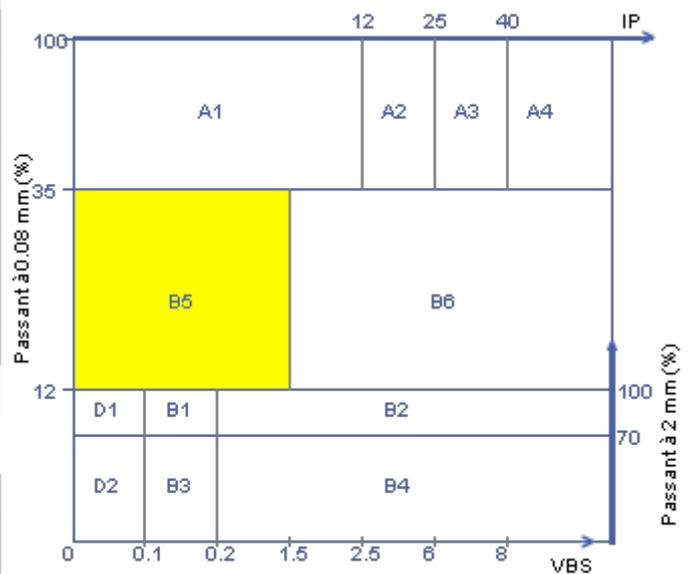
Informations sur l'échantillon N° 22TLS-1503

Mode de prélèvement :	Sondage carotté	Sondage :	SC1
Prélevé par :	GINGER CEBTP	Profondeur :	0.30/1.20 m
Date prélèvement :	19/04/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	19/04/22		
Description :	Grave sableuse légèrement limoneuse grise, dense		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	80	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	96.5	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	44.0	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	13.4	%
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	0.30	g de bleu pour 100

CLASSIFICATION NF P 11-300: C1B5

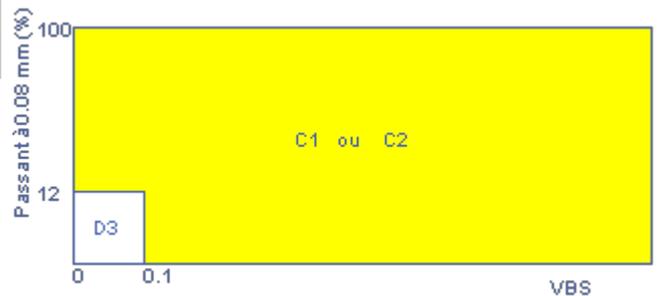


Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P 94-050	7.1	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078	35	
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) :	



Observations:

Chef de service
Laetitia NEROT

GINGER CEBTP TOULOUSE
LABORATOIRE TOULOUSE
2 AVENUE DE FLOURENS
31130 BALMA



N°08-87

Informations générales

N° dossier : STL2.M0061.0001	Client / MO : GINGER CEBTP - STL3
Désignation : QUAI DE LALANDE - PARCELLE FLUVIALE - G5	
Localité : TOULOUSE	Demandeur / MOE : GINGER CEBTP - STL3
Chargé d'affaire : BERKANE DYHIA	

Informations sur l'échantillon N° 22TLS-1503

Mode de prélèvement : Sondage carotté	Sondage : SC1
Prélevé par : GINGER CEBTP	Profondeur : 0.30/1.20 m
Date prélèvement : 19/04/22	
Mode de conservation : Ech. Intact en gaine PVC	
Date de livraison : 19/04/22	dm (mm) : 80 dc (mm) : 20
Description : Grave sableuse légèrement limoneuse grise, dense	

Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage	Technicien : ADAMA.
Température : 105°C	Date essai : 18/05/22

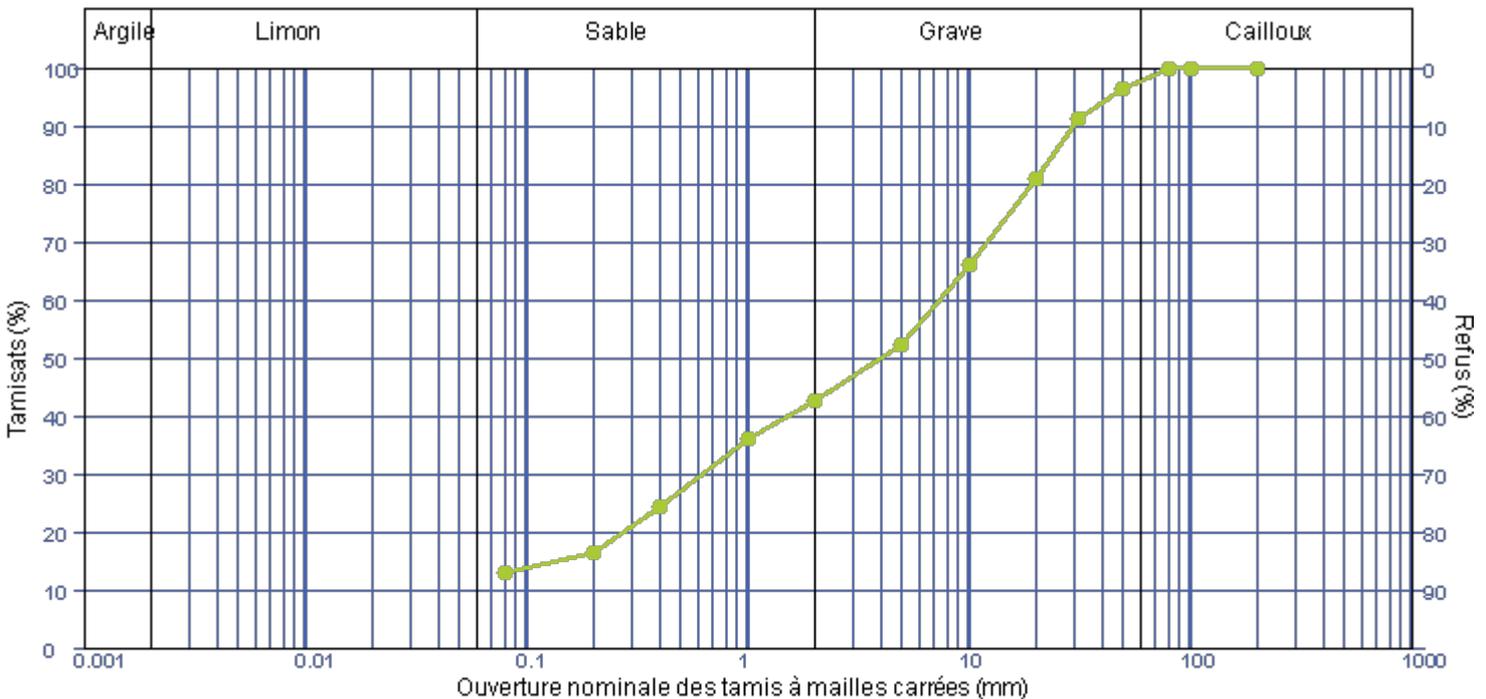
Analyse granulométrique sur 0/D mm

Tamis à mailles carrées (mm)	200 mm	100 mm	80 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	10 mm	5 mm	2 mm	1 mm	400 µm	200 µm	80 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	96.5	91.1	81.0	66.1	52.3	42.4	36.1	24.2	16.5	13.0

Facteur d'uniformité Cu = (N.D.)

Facteur de courbure Cc = (N.D.)

Facteur de symétrie Cs = (N.D.)



Observations :

Dérogation à la méthode d'essai: La fin du tamisage sur chaque tamis est déterminée visuellement

Chef de service
Laetitia NEROT

Mesure de la capacité d'adsorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériaux rocheux par l'essai à la tâche NF P 94-068

GINGER CEBTP TOULOUSE
LABORATOIRE TOULOUSE
2 AVENUE DE FLOURENS
31130 BALMA



N°08-87

Informations générales

N° dossier :	STL2.M0061.0001	Client / MO :	GINGER CEBTP - STL3
Désignation :	QUAI DE LALANDE - PARCELLE FLUVIALE - G5	Demandeur / MOE :	GINGER CEBTP - STL3
Localité :	TOULOUSE		
Chargé d'affaire :	BERKANE DYHIA		

Informations sur l'échantillon N° 22TLS-1503

Mode de prélèvement :	Sondage carotté	Sondage :	SC1
Prélevé par :	GINGER CEBTP	Profondeur :	0.30/1.20 m
Date prélèvement :	19/04/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	19/04/22	dm (mm) :	80
Description :	Grave sableuse légèrement limoneuse grise, dense		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	GONZALEZ T.
Température :	105°C	Date essai :	17/05/22

Résultats

VB =	0.55	g de bleu pour 100 g de matériaux sec	(Sans correction)		
VBs =	0.30	g de bleu pour 100 g de matériaux sec	C =	54.1	W (%) : 9.6

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%) - Si dm = 5 mm, alors C=100 %

Observations :

Chef de service
Laetitia NEROT



MESURE DES INDICES PORTANT IMMEDIATS (IPI - I.CBRimmédiat) Mesure sur échantillon compacté au moule CBR NF P 94-078

GINGER CEBTP TOULOUSE
LABORATOIRE TOULOUSE
2 AVENUE DE FLOURENS
31130 BALMA



N°08-87

Informations générales

N° dossier : STL2.M0061.0001	Client /MO : GINGER CEBTP - STL3
Désignation : QUAI DE LALANDE - PARCELLE FLUVIALE - G5	
Localité : TOULOUSE	Demandeur / MOE : GINGER CEBTP - STL3
Chargé d'affaire : BERKANE DYHIA	

Informations sur l'échantillon N° 22TLS-1503

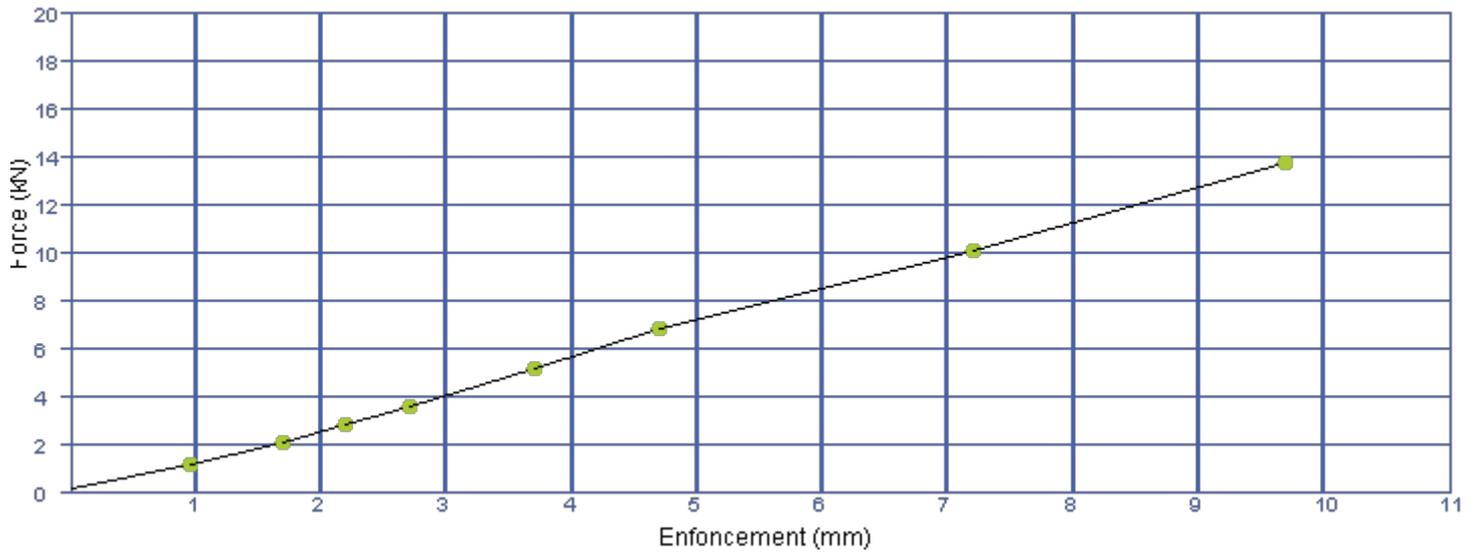
Mode de prélèvement : Sondage carotté	Sondage : SC1
Prélevé par : GINGER CEBTP	Profondeur : 0.30/1.20 m
Date prélèvement : 19/04/22	
Mode de conservation : Ech. Intact en gaine PVC	
Date de livraison : 19/04/22	
Description : Grave sableuse légèrement limoneuse grise, dense	

Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage	Température : 105°C	Technicien : ADAMA.
Type de moule : Moule CBR	Date essai : 18/05/2022	
Dame - Energie de compactage : A - Normale	Essai sur matériau : Non traité	
Fraction testée : 0/20 mm	Liant(s) et dosage(s) :	
Refus (%) sur 0/20 mm : 19.0	Préparation du matériau : Manuelle	

Essai IPI

Force anneau: 30 KN



Résultats sur la fraction 0/20 mm

Teneur en eau initiale	W (%)	=	7.9
Masse volumique sèche	ρd (Mg/m3)	=	2.18
(Indice corrigé)	IPI	=	35

Pourcentage par rapport à la référence optimale

W moulage CBR / W OPT (%)	=
ρd moulage CBR / ρd OPT (%)	=

Remarque:

Observations :

Chef de service
Laetitia NEROT

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

GINGER CEBTP TOULOUSE
LABORATOIRE TOULOUSE
2 AVENUE DE FLOURENS
31130 BALMA

Informations générales

N° dossier :	STL2.M0061.0001	Client / MO :	GINGER CEBTP - STL3
Désignation :	QUAI DE LALANDE - PARCELLE FLUVIALE - G5	Demandeur / MOE :	GINGER CEBTP - STL3
Localité :	TOULOUSE		
Chargé d'affaire :	BERKANE DYHIA		

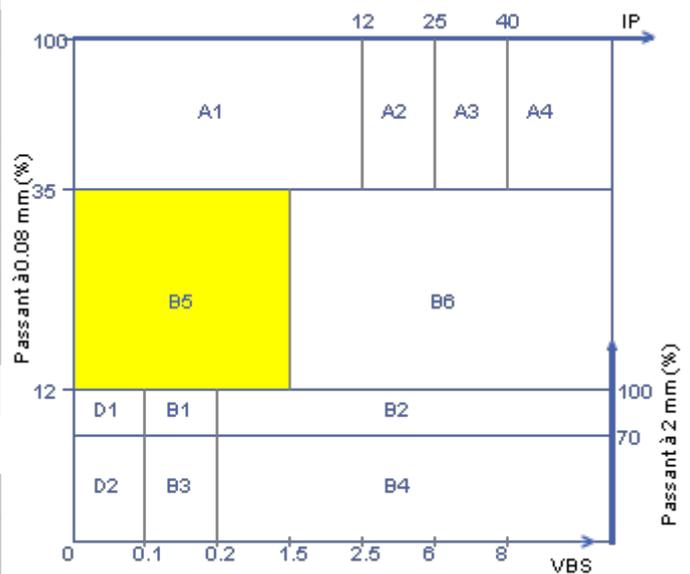
Informations sur l'échantillon N° 22TLS-1509

Mode de prélèvement :	Sondage carotté	Sondage :	SC2
Prélevé par :	GINGER CEBTP	Profondeur :	2.10/3.00 m
Date prélèvement :	19/04/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	19/04/22		
Description :	Grave limono-sableuse grise, dense		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	50	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	61.1	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	30.1	%
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	0.90	g de bleu pour 100

CLASSIFICATION NF P 11-300: B5 th



Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P 94-050	10.3	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078	4	
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) :	



Observations:

Chef de service
Laetitia NEROT

GINGER CEBTP TOULOUSE
LABORATOIRE TOULOUSE
2 AVENUE DE FLOURENS
31130 BALMA



N°08-87

Informations générales

N° dossier : STL2.M0061.0001	Client / MO : GINGER CEBTP - STL3
Désignation : QUAI DE LALANDE - PARCELLE FLUVIALE - G5	
Localité : TOULOUSE	Demandeur / MOE : GINGER CEBTP - STL3
Chargé d'affaire : BERKANE DYHIA	

Informations sur l'échantillon N° 22TLS-1509

Mode de prélèvement : Sondage carotté	Sondage : SC2
Prélevé par : GINGER CEBTP	Profondeur : 2.10/3.00 m
Date prélèvement : 19/04/22	
Mode de conservation : Ech. Intact en gaine PVC	
Date de livraison : 19/04/22	dm (mm) : 50 dc (mm) : 20
Description : Grave limono-sableuse grise, dense	

Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage	Technicien : ADAMA.
Température : 105°C	Date essai : 18/05/22

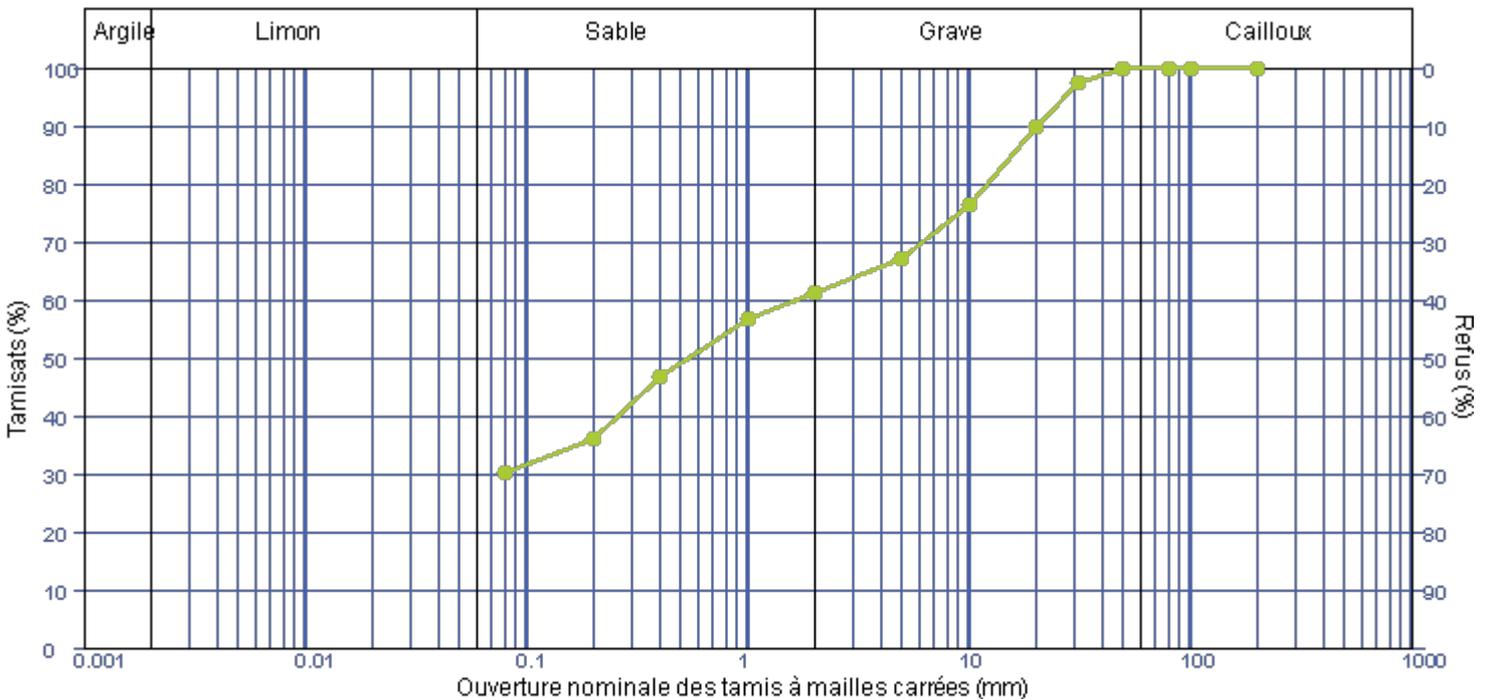
Analyse granulométrique sur 0/D mm

Tamis à mailles carrées (mm)	200 mm	100 mm	80 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	10 mm	5 mm	2 mm	1 mm	400 µm	200 µm	80 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	97.5	89.7	76.4	67.0	61.1	56.6	46.6	36.1	30.1

Facteur d'uniformité $C_u = (N.D.)$

Facteur de courbure $C_c = (N.D.)$

Facteur de symétrie $C_s = (N.D.)$



Observations :

Dérogation à la méthode d'essai: La fin du tamisage sur chaque tamis est déterminée visuellement

Chef de service
Laetitia NEROT

Mesure de la capacité d'adsorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériaux rocheux par l'essai à la tâche

NF P 94-068

GINGER CEBTP TOULOUSE
LABORATOIRE TOULOUSE
2 AVENUE DE FLOURENS
31130 BALMA



N°08-87

Informations générales

N° dossier :	STL2.M0061.0001	Client / MO :	GINGER CEBTP - STL3
Désignation :	QUAI DE LALANDE - PARCELLE FLUVIALE - G5	Demandeur / MOE :	GINGER CEBTP - STL3
Localité :	TOULOUSE		
Chargé d'affaire :	BERKANE DYHIA		

Informations sur l'échantillon N° 22TLS-1509

Mode de prélèvement :	Sondage carotté	Sondage :	SC2
Prélevé par :	GINGER CEBTP	Profondeur :	2.10/3.00 m
Date prélèvement :	19/04/22		
Mode de conservation :	Ech. Intact en gaine PVC		
Date de livraison :	19/04/22		
		dm (mm) :	50
Description :	Grave limono-sableuse grise, dense		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	GONZALEZ T.
Température :	105°C	Date essai :	17/05/22

Résultats

VB =	1.34	g de bleu pour 100 g de matériaux sec	(Sans correction)		
VBs =	0.90	g de bleu pour 100 g de matériaux sec	C =	67.0	W (%) : 13.5

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%) - Si dm = 5 mm, alors C=100 %

Observations :

Chef de service
Laetitia NEROT



MESURE DES INDICES PORTANT IMMEDIATS (IPI - I.CBRimmédiat) Mesure sur échantillon compacté au moule CBR NF P 94-078

GINGER CEBTP TOULOUSE
LABORATOIRE TOULOUSE
2 AVENUE DE FLOURENS
31130 BALMA



N°08-87

Informations générales

N° dossier : STL2.M0061.0001	Client /MO : GINGER CEBTP - STL3
Désignation : QUAI DE LALANDE - PARCELLE FLUVIALE - G5	
Localité : TOULOUSE	Demandeur / MOE : GINGER CEBTP - STL3
Chargé d'affaire : BERKANE DYHIA	

Informations sur l'échantillon N° 22TLS-1509

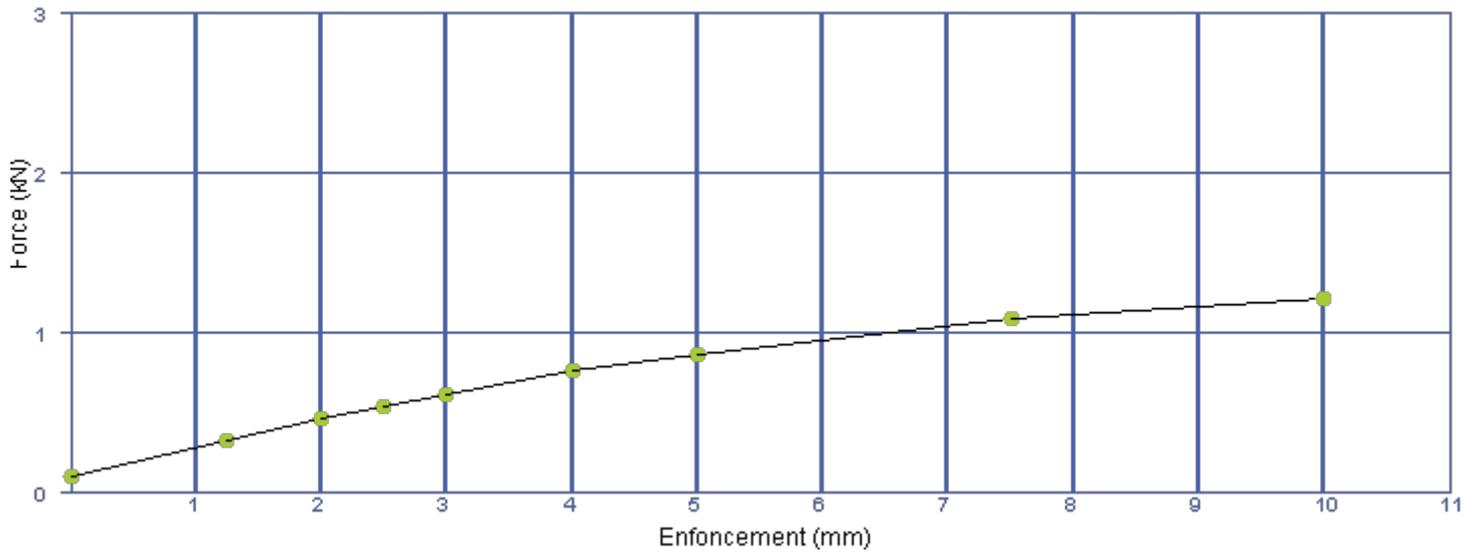
Mode de prélèvement : Sondage carotté	Sondage : SC2
Prélevé par : GINGER CEBTP	Profondeur : 2.10/3.00 m
Date prélèvement : 19/04/22	
Mode de conservation : Ech. Intact en gaine PVC	
Date de livraison : 19/04/22	
Description : Grave limono-sableuse grise, dense	

Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage	Température : 105°C	Technicien : ADAMA.
Type de moule : Moule CBR	Date essai : 18/05/2022	
Dame - Energie de compactage : A - Normale	Essai sur matériau : Non traité	
Fraction testée : 0/20 mm	Liant(s) et dosage(s) :	
Refus (%) sur 0/20 mm : 10.3	Préparation du matériau : Manuelle	

Essai IPI

Force anneau: 30 KN



Résultats sur la fraction 0/20 mm

Teneur en eau initiale	W (%)	=	11.3
Masse volumique sèche	ρd (Mg/m3)	=	2.05
	IPI	=	4

Pourcentage par rapport à la référence optimale

W moulage CBR / W OPT (%) =
ρd moulage CBR / ρd OPT (%) =

Remarque:

Observations :

Chef de service
Laetitia NEROT





www.groupe-cebtp.com

CONTACT

Agence de Toulouse

2 route de Florence, 31130 Balma

Tél. : +33 (0) 5 62 71 80 00

www.groupe-cebtp.com