

Maître d'ouvrage :



**PRÉFET
DE LA GIRONDE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Direction Interdépartementale
des Routes Atlantique (DIRA)
Mission maîtrise d'ouvrage (MiMO)**

Cité administrative – 2 rue Jules Ferry
33090 BORDEAUX Cedex
Tel : 05 57 81 65 59

RN10

**Mises aux normes en faveurs de la sécurité et de
l'environnement de la RN10 dans la Vienne :
Secteur de Ruffigny – Vivonne**

DCE

Dossier de Consultation des Entreprises

TOACES

***Travaux de terrassement, ouvrage d'art,
assainissement, chaussées et équipements de sécurité***

**2-4 Dossier Géotechnique
2-4-2 Ouvrage d'Art**

Maître d'Oeuvre :



**PRÉFET
DE LA GIRONDE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Direction Interdépartementale des
Routes Atlantique (DIRA)**

Service Ingénierie Routière (SIR)
Cité administrative – 2 rue Jules Ferry
33090 BORDEAUX Cedex
Tel : 05 57 81 65 59

AMÉNAGEMENT DE SÉCURITÉ DE LA RN10 DANS LA VIENNE

Ouvrage de la RD95 à Ruffigny (86)



RAPPORT D'ETUDE

Septembre 2024

N° NOVA 24-SO-0197

Produit conçu avec le système de management de la qualité certifié AFAQ ISO 9001

Le Cerema est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique, présent partout en métropole et dans les Outre-mer grâce à ses 26 implantations et ses 2 400 agents. Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport.

Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche incarné notamment par son institut Carnot Clim'adapt, le Cerema agit dans 6 domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

Site web : www.cerema.fr

RN10 – Aménagement de sécurité de la RN10 dans la Vienne– Ouvrage de la RD95 à Ruffigny (86240)

Étude géotechnique G2-PRO

Commanditaire : DIRA/SIR/EA – ANGOULEME (Monsieur FONTAINE)

Auteur : Jean FIXOT

Responsable du rapport : Gilles VALDEYRON

Tél. : +33(0)6 59 15 59 33
Courrier : jean.fixot@cerema.fr
Cerema Sud-Ouest – 24, rue Carton, CS41635 – 33073 Bordeaux Cedex

Historique des versions du document

N°	Date	Description
1	04/07/24	Version initiale
2	10/09/24	Indice 1 – Modification du nombre de pieux par appuis

Références

N° d'affaire : 14.86.G875

Nom	Poste	Rôle	Date	Version
Jean FIXOT	DterSO/DINF/GPG	Auteur principal	10/09/24	Indice 1
Gilles VALDEYRON	DterSO/DINF/GPG	Contributeur		
Laurent MORICEAU	DterSO/DINF/GPG	Relecteur		

Résumé de l'étude

Le présent rapport constitue une étude géotechnique G2-PRO de l'ouvrage de franchissement de Ruffigny (86240) réalisé dans le cadre de l'Aménagement de la sécurité de la RN10 dans la Vienne.

5 à 10 mots clés à retenir de l'étude

RN141

Fondation profonde

Statut de communication de l'étude

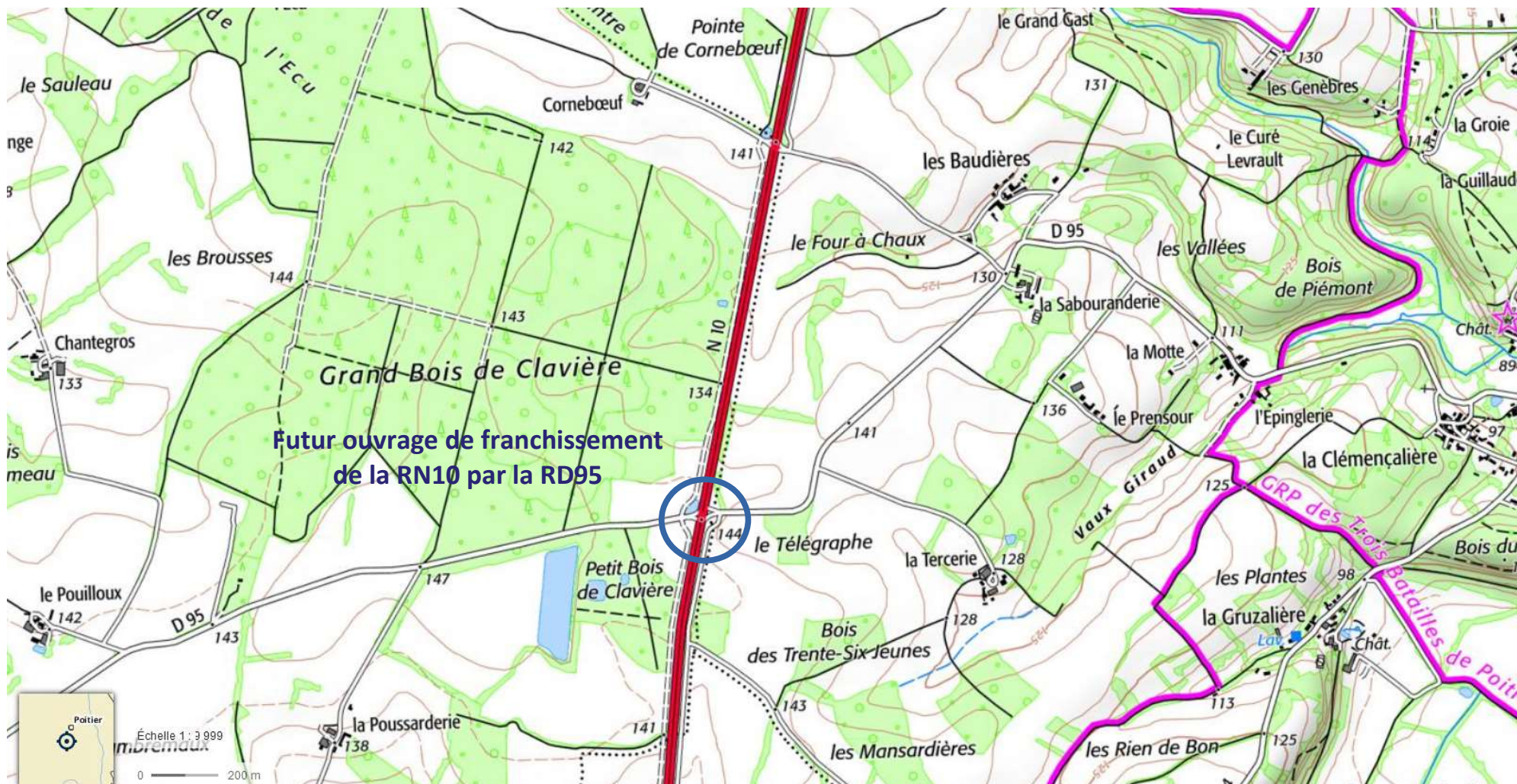
Les études réalisées par le Cerema sur sa subvention pour charge de service public sont par défaut indexées et accessibles sur le portail documentaire du Cerema. Toutefois, certaines études à caractère spécifique peuvent être en accès restreint ou confidentiel. Il est demandé de préciser ci-dessous le statut de communication de l'étude.

- ☐ Accès libre : document accessible au public sur internet
- ☒ Accès restreint : document accessible uniquement aux agents du Cerema
- ☐ Accès confidentiel : document non accessible

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire [CeremaDoc](https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx), via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx>

Sommaire

1	Données d'entrées.....	6
2	Contexte géologique, géotechnique et hydrogéologique de l'aire d'étude.....	6
2.1	Les reconnaissances géotechniques.....	6
2.2	Contexte géologique.....	6
2.3	Contexte géotechnique.....	8
2.4	Contexte hydrogéologique.....	10
2.5	Contexte sismique.....	11
3	Risques naturels et anthropiques.....	12
4	Modèle géotechnique.....	12
5	tassement des remblais d'accès.....	12
6	Dimensionnement des pieux.....	14
6.1	Descentes de charges de l'ouvrage d'INGEROP.....	14
6.2	Descentes de charges de l'ouvrage en tête de pieux.....	15
6.3	Principe de calcul pour la portance.....	17
6.4	Principe de calcul du frottement négatif.....	17
6.5	Principe de calcul du déplacement latéral des sols.....	18
6.6	Principe de calcul de la réaction frontale des sols.....	18
6.7	Portance des pieux de l'ouvrage.....	19
6.8	Efforts générés par les déplacements latéraux des sols.....	20
6.9	Synthèse des résultats.....	21
7	dispositions constructives pour les pieux.....	21
8	Conclusion.....	22
9	Annexes.....	23
9.1	Annexe 1 : Plan d'implantation des sondages.....	24
9.2	Annexe 2 : Profils géotechniques au droit des appuis.....	26
9.3	Annexe 3 : Coupes des sondages.....	30
9.4	Annexe 4 : fichiers de calcul FOXTA.....	48



CONTEXTE ET OBJET DE L'ÉTUDE

A la demande de la DIRA, le Cerema Sud-Ouest a été chargé d'étudier le dimensionnement des fondations de l'ouvrage permettant le franchissement de la RN10 par la RD95 au niveau de Ruffigny (86240). Cet ouvrage sera réalisé dans le cadre de l'aménagement de sécurité de la RN10 dans la Vienne. Il s'agit d'une mission G2-PRO au sens de la norme NF P94-500. L'ouvrage est repéré sur l'extrait du scan 25 du secteur.

1 DONNÉES D'ENTRÉES

Dans le cadre de cette étude, nous disposons des données suivantes :

- essais Cross-Hole pour la détermination des classes de sol sismiques, Investigations géophysiques, sites d'Iteuil et Vivonne - dossier GINGER CEBTP n°KAS4-N099 I
- étude géotechnique de conception G2-AVP - Aménagements de sécurité – fascicule 2 : OA RUFFIGNY - dossier GEOTEC n° 2017/09232/LARCH
- étude géotechnique de conception G2-PRO - Création d'un Echangeur à ITEUIL (86) - dossier GINGER CEBTP n°SNI2.M.0087-0002
- descentes de charges de niveau PRO reçu par mail le 06/06/2024
- plans de l'ouvrage INGEROP n°N10-PRO-OAC-069-IGP-PCO-201-B.
- Réunion de travail par visio le 07/07/2024 avec INGEROP et la DIRA

2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE, GÉOTECHNIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE DE L'AIRE D'ÉTUDE

2.1 Les reconnaissances géotechniques

Pour l'ouvrage faisant l'objet de la présente étude nous disposons des sondages suivants :

- Pz1, Pz2, SP1, SP2, SP3, SC1, SC2, SC3, SC4, SC5, Ps1, réalisés en décembre 2022 par GINGER CEBTP
- SD3, SD4 réalisés en novembre 2023 par GINGER CEBTP
- SC2-1, SP2-1, SP2-2, SP2-3 réalisés par GEOTEC en mars 2018.

Le plan d'implantation est fourni en annexe 1. Les coupes des sondages sont fournies en annexe 2.

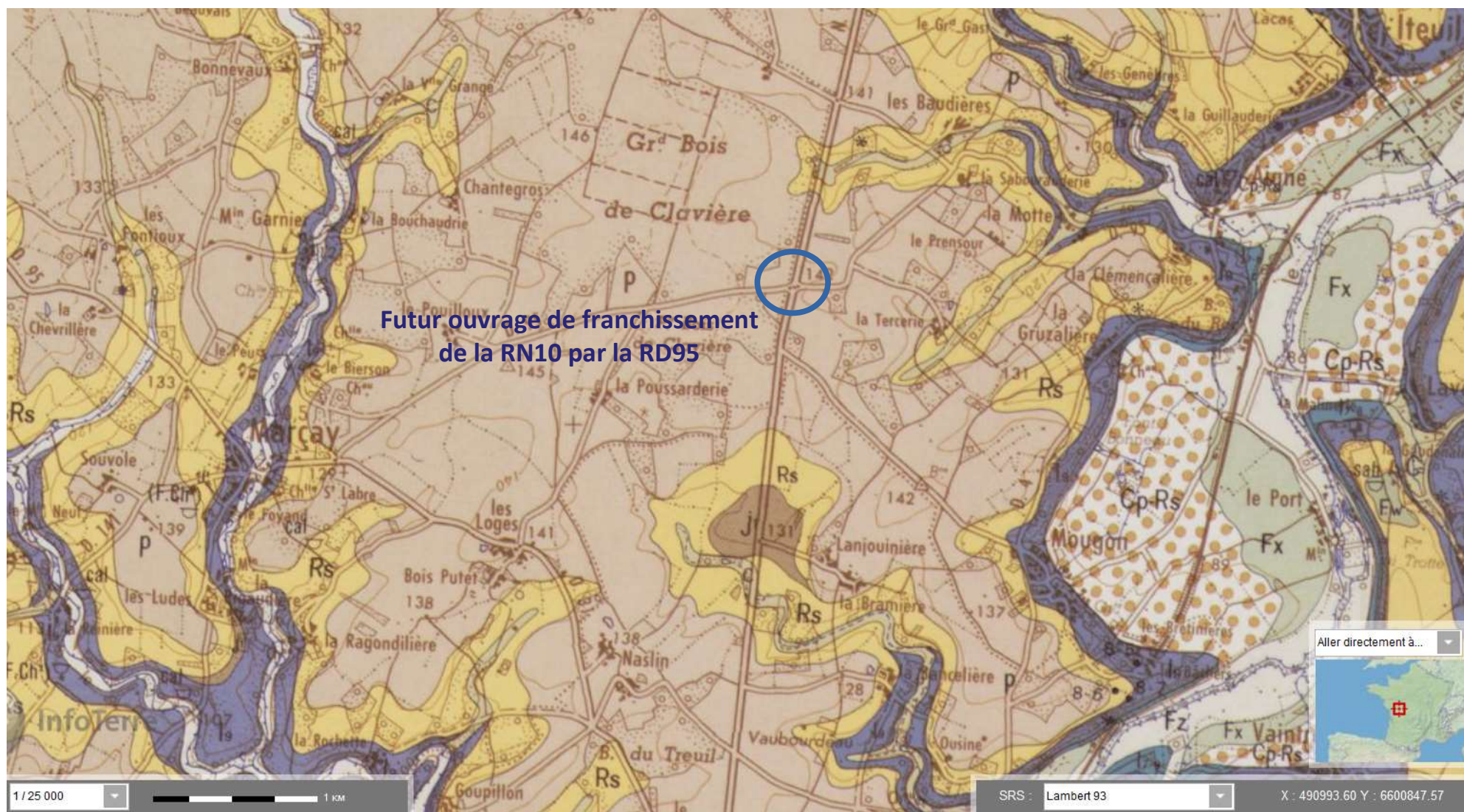
2.2 Contexte géologique

Au droit du futur ouvrage de franchissement de la RN10 par la RD95 à Ruffigny (86240), la carte géologique du secteur (n°589 de Poitiers) indique la succession géologique suivante :

- complexe des Bornais du quaternaire (noté p et en beige sur la carte géologique)
- les argiles à silex du Cénozoïque (notées R_s et en jaune sur la carte géologique)
- un calcaire graveleux à silex du Bajocien supérieur qui constitue le substratum de l'aire d'étude (noté j₁ et en marron foncé sur la carte géologique)

L'extrait de la carte géologique joint ci-après illustre ce qui vient d'être évoqué.

Extrait de la carte géologique du secteur



Aménagement de sécurité de la RN10 dans la Vienne— Ouvrage de la RD95 à Ruffigny
Étude géotechnique G2-PRO – Affaire 14.86.G875-Indice 1

Septembre 2024

2.3 Contexte géotechnique

Les sondages réalisés par GEOTEC et GINGER CEBTP ont mis en évidence :

- des argiles pouvant être sableuses marron ou bariolées rougeâtre à cailloutis calcaire et silex. Ce niveau présente des épaisseurs très variables en fonction des sondages
- un calcaire non altéré induré parfois très fracturé mis en évidence jusqu'à l'arrêt de l'ensemble des sondages réalisés.

Le complexe des Bornais du Quaternaire et les argiles à silex du Cénozoïque (formations distinctes d'un point de vue géologique) ne sont pas différenciables par les sondages réalisés. Sur cette base le modèle géotechnique proposé sera un bi-couche comportant :

- une formation «argile» associant le complexe des Bornais et les argiles à silex
- une formation «calcaire» correspondant au calcaire du Bajocien (substratum de l'aire d'étude)

Les coupes géotechniques fournies en annexe 3 complètent les informations de ce paragraphe.

2.3.1 Formation «Argile»

Les argiles ont été mises en évidence par l'ensemble des sondages sur des épaisseurs variant entre 10,6 m (SP1) et 17,6 m (SP2-3). Elles se présentent sous la forme d'une argile pouvant être sableuse marron à beige, parfois orangée ou rougeâtre. Elle comporte localement des bancs de calcaires et/ou de silex d'une très grande résistance comme au SP2-1 entre 5,5 m et 7,5 m, puis entre 9,5 m et 11,7 m, au SC1 entre 6,4 et 7,3 m et au SD4 entre 5,6 et 7,5 m. En profondeur, les argiles sont souvent très lâches mécaniquement (zone d'environ 5 m d'épaisseur juste au-dessus des calcaires). Cet aspect est mis en évidence par les sondages SP2-1, SP2, SP2-2 SP2-3 et Ps1. La mauvaise résistance mécanique de ce niveau a probablement pour origine des phénomènes de soutirages des argiles dans le calcaire sous-jacent et l'influence de la nappe phréatique (zone de battement). Les essais pressiométriques réalisés dans les argiles mettent en évidence une grande variation de sa résistance mécanique.

Les essais pressiométriques réalisés dans les argiles sont récapitulés dans le tableau suivant :

Argile	Minimum	Maximum	Moyenne*	Écart type	Nombre de valeurs
PI* (MPa)	0,19	2,49	0,98	0,5	74
Pf* (MPa)	0,05	2,22	0,56	0,3	74
E _M (MPa)	1,5	57	10	10,6	74

* : moyenne géométrique pour PI* et Pf* et harmonique pour E_M

Sur les 83 essais réalisés dans les argiles, 9 ont été écartés de l'analyse précédente car représentatifs d'essais sur blocs calcaires et/ou silex (PI* > 2,5 MPa).

2.3.2 Calcaire du Bajocien

Cette formation constitue le substratum de l'aire d'étude. Il se présente sous la forme d'un calcaire beige fin à silex. Cette formation est globalement massive, mais elle peut être localement très fracturée et/ou altérée comme mis en évidence par le sondage SP3 à 14 m de profondeur (1 essai sur les 42 réalisés dans la formation) ou SD3 entre 26 et 27 m de profondeur (vitesse d'avancement de l'ordre 500 m/h).

Le toit du calcaire étant une surface d'altération, sa profondeur varie significativement et il est tout à fait possible de rencontrer des profondeurs du toit du calcaire inférieures ou supérieures à celles mises en évidence par les sondages (entre 10,6 m et 17,6 m de profondeur).


Les essais pressiométriques réalisés dans les calcaires sont récapitulés dans le tableau suivant :

Calcaire	Minimum	Maximum	Moyenne*	Écart type	Nombre de valeurs
PI* (MPa)	3,7	4,9	4,7	0,27	42
Pf* (MPa)	3,7	4,9	4,7	0,27	42
E _M (MPa)	117	250	240	24,8	42

* : moyenne géométrique pour PI* et Pf* et harmonique pour E_M

On note que les pressions limites maximales mesurées dans les calcaires sont des valeurs par défaut (critère d'arrêt d'un essai pressiométrique à 5 MPa).

GINGER CEBTP a fait réaliser des essais de dureté et d'abrasivité dans les calcaires au niveau du sondage SC3 entre 10,2 et 10,3 m et entre 12,3 et 12,6 m. Au droit de ce sondage, le calcaire a été mis en évidence à 8,7 m de profondeur par rapport au TN.



ASGA
A.S.G.A.

Formulaire plateforme HGM FM-15

BORDEREAU D'ESSAI MECANIQUE
DURETE ET ABRASIVITE (METHODE CERCHAR)

DATE DE RECEPTION : 17/03/2023

N° ETUDE : 23.0149.A

DEMANDEUR : GINGER

OPERATEUR : HENRY-JACQUOT G

DATE DES ESSAIS : 17/03/2023

REFERENCE MODE OPERATOIRE :
établi selon la norme : XP P94-412 (dureté)
et NF P94-430-1 (abrasivité)

	Références	Dureté (D _{IN})				Abrasivité (A _{IN})		
1.	SC3 "10.20 - 10.30 " m	24	29	39		0.6	1.0	
2.	SC3 "12.30 - 12.60 " m	25	25	55		0.4	1.0	
3.								

Les duretés mesurées permettent de classer le calcaire en DU4 soit une roche moyennement dur au sens de l'AFTES (valeur de dureté entre 20 et 40). Localement est classé dur (D_{IN} de 55)

Les abrasivités mesurées permettent de classer le calcaire en roche peu Abrasive (A_{IN} compris entre 0,5 et 1)

2.4 Contexte hydrogéologique

L'injection d'eau utilisée pour réaliser les sondages n'a pas permis d'observer d'éventuels niveaux d'eau. Toutefois, l'observation de niveaux de moindre résistance mécanique au droit des sondages conduit à penser qu'il existe des circulations d'eau au sein des niveaux plus perméables des argiles à silex. Ces circulations d'eau sont erratiques et ne correspondent pas à une nappe phréatique.

Deux piézomètres ont été mis en place par GINGER CEBTP (Pz1 et Pz2). On ne dispose pas de données concernant leur suivi piézométrique mais un relevé de janvier 2023 a permis de mesurer un niveau à :

- 128,1 m NGF au droit de Pz1 (16 m de profondeur)
- 125,9 m NGF au droit de Pz2 (16,6 m de profondeur).

Selon les coupes lithologiques des deux piézomètres, ces niveaux de la nappe phréatique sont localisés approximativement au toit du calcaire massif. Les circulations d'eau au toit des calcaires sont probablement à l'origine des niveaux plus lâches des argiles en profondeur (SP2-1, SP2, SP2-3).

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 23E028627		Version du : 23/02/2023	
N° de rapport d'analyse : AR-23-LK-036351-01		Date de réception technique : 17/02/2023	
Référence Dossier :		Première date de réception physique : 17/02/2023	
Référence Commande : SNI2.N.0063-S			
N° Echantillon		001	002
Référence client :		PZ1	PZ2
Matrice :		ESO	ESO
Date de prélèvement :			
Date de début d'analyse :		17/02/2023	17/02/2023
Température de l'air de l'enceinte :		15.6°C	15.6°C
Préparation Physico-Chimique			
LS025 : Filtration 0.45 µm		Effectuée	Effectuée
Analyses immédiates			
LS001 : Mesure du pH			
pH	*	7.4	* 8.00
Température de mesure du pH	°C	19.5	19.4
J1020 : Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	° f	* 24.8	* 17.3
LS028 : Anhydride carbonique (CO2) agressif	mg/l	0.00	0.00
Indices de pollution			
LS02L : Azote Nitrique / Nitrates (NO3)			
Nitrates	mg NO3/l	* 11.7	* 30.3
Azote nitrique	mg N-NO3/l	* 2.64	* 6.84
LS02I : Chlorures (Cl)	mg/l	* 13.6	* 16.2
LS02R : Ammonium	mg NH4/l	* 0.20	* 0.13
LS02Z : Sulfates (SO4)	mg/l	* 16.1	* 33.9
LS8DB : Classe d'agressivité selon NF EN 206		<XA1	<XA1
Métaux			
LS206 : Magnésium (Mg) dissous	mg/l	* 7.51	* 12.5
LS204 : Calcium (Ca) dissous	mg/l	* 90.4	* 96.6
LS207 : Potassium (K) dissous	mg/l	* 1.59	* 0.89
LS208 : Sodium (Na) dissous	mg/l	* 9.81	* 10.1

GINGER CEBTP a fait réaliser par Eurofins des analyses des eaux prélevés dans les piézomètres Pz1 et Pz2. Les résultats sont les suivants : Les résultats montrent que la classe d'agressivité de l'eau de la nappe phréatique vis-à-vis des bétons est XA1 (faible agressivité chimique).

2.5 Contexte sismique

Les données ci-après sont issues du paragraphe 4.5 du rapport n°KAS4-N099 émis par GINGER CEBTP : «Pour le site d'Iteuil, le profil de vitesse Vs conduit à une valeur de Vs30 égale à 548 m/s. Selon la réglementation Eurocode 8, le type de sol et la Vs30 correspondraient à un site de classe B».

En application de l'Eurocode 8 et du décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 applicable au 1er mai 2011, le secteur d'étude se situe en zone d'aléa faible vis-à-vis du risque sismique (zone de sismicité 3). Les hypothèses à considérer sont les suivantes :

- l'accélération maximale de référence, a_{gr} , à considérer est $1,1 \text{ m/s}^2$
- les ouvrages sont de catégorie III soit un coefficient d'importance γ_i de 1.2
- le sol est de classe B selon l'Eurocode 8 - art 3.1.2 soit un coefficient S de 1,35.

Compte tenu de la zone de sismicité du projet (3), une évaluation de la susceptibilité à la liquéfaction du sol est à réaliser. Dans le cadre de ce projet, les sols reconnus ne présentent pas de risque de liquéfaction (absences de sables lâches sous nappe).

Compte tenu de la classe de conséquence de l'ouvrage (III) et d'après le cahier technique n°38 de l'AFPS, le calcul de fondation est à réaliser en tenant compte des effets inertiels mais en négligeant les effets cinématiques.

3 RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES

Le substratum calcaire du bajocien peut être localement très altéré et/ou fracturé comme mis en évidence par sondage SP3 à 14 m de profondeur (1 essai sur les 42 réalisés dans la formation) ou SD3 entre 26 et 27 m de profondeur (vitesse d'avancement de l'ordre 500 m/h).

Le toit du calcaire correspond à une surface d'altération. Par conséquent, il sera toujours possible de rencontrer des sur-profondeurs ou des remontées du toit du calcaire plus importantes que celles observées dans les sondages. À ce titre le tracé du toit du calcaire sur les coupes géotechniques de l'annexe 3 est à considérer uniquement à titre indicatif.

Lors des interventions, aucun indice évident de pollution n'a été détecté dans les sondages réalisés (c'est-à-dire sous une forme détectable visuellement ou olfactivement).

4 MODÈLE GÉOTECHNIQUE

Les valeurs caractéristiques mécaniques retenues sont issues des essais réalisés sur la base des moyennes harmoniques (E_M) et géométriques (P_f^* , P_i^*) diminuées du demi écart type.

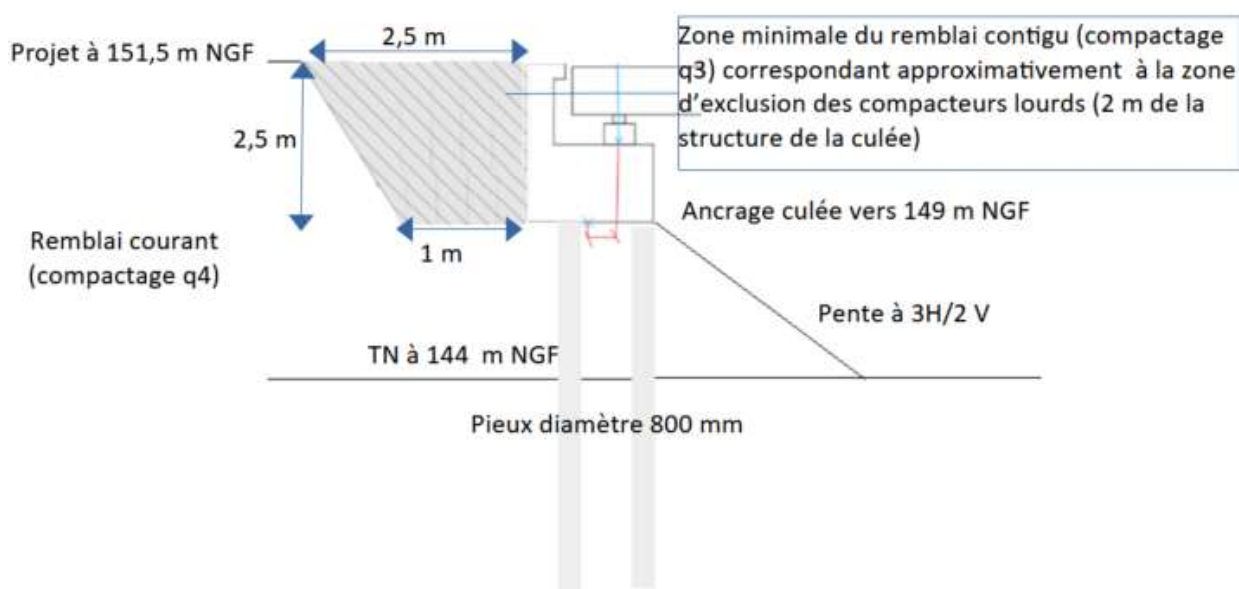
Nature du sol	Poids volumique	Caractéristiques pressiométriques			Coefficient rhéologique
	γ_h (kN/m ³)	E_M (MPa)	P_f^* (MPa)	P_i^* (MPa)	α
Remblai Ouvrage	20	25	1.5	2.50	1/2
Argile	20	10	0,4	0,75	2/3
Calcaire	20	240	4	4,5	2/3

Le niveau de la nappe est considéré vers 127 m NGF (moyenne des niveaux des piézomètres en janvier 2023). Il existe également des circulations d'eau au sein des argiles à la faveur de niveaux plus perméables.

5 TASSEMENT DES REMBLAIS D'ACCÈS

Les remblais contigus à l'ouvrage seront réalisés conformément aux préconisations de la note du SETRA de 2012 - construire des remblais contigus aux OA. Les remblais courants seront réalisés conformément au guide du GTR. L'ensemble des remblais pourra être penté à 3H/2V.

Sur la base de ces recommandations, la configuration du remblai au niveau de C0 devra à minima respecter la géométrie schématique suivante :



Au niveau de C0, les remblais d'accès à l'ouvrage de franchissement de la RN10 sont d'une hauteur de 7,5 m environ (TN vers 144 m NGF et cote projet à 151,5 m NGF).

Au niveau de C2, les remblais d'accès à l'ouvrage de franchissement de la RN10 sont d'une hauteur de 6 m environ (TN vers 144 m NGF et cote projet à 150,1 m NGF).

La construction des remblais de l'ouvrage est prévue selon le phasage suivant :

- construction des remblais jusqu'à 149 m NGF au droit de C0 et 147,5 m NGF au droit de C2 (2,5 m sous la cote projet)
- réalisation des pieux
- réalisation du chevêtre
- mise en œuvre de 2,5 m de remblais et de structure de chaussée pour atteindre la cote projet

Nous considérons que les tassements du sol correspondent uniquement au tassement instantané et qu'il n'y aura pas de tassements de consolidation (pas de nappe phréatique dans les argiles) ni de tassements de fluage (pas de niveaux organiques identifiés). Le tassement instantané a été calculé à l'aide du module Tasseldo du logiciel FOXTA en modélisant une surcharge de type trapézoïdale de 50 kPa correspondant à la hauteur résiduelle de 2,5 m de remblai à mettre en œuvre pour atteindre la cote projet (calcul valable pour les deux culées) et selon une loi élastique non linéaire.

Le sol support de cette surcharge a été modélisé avec un comportement élastique non linéaire selon la coupe suivante :

- remblai technique de 149 à 144 m NGF (cas de C0 mais applicable à C2)
- argile avec deux épaisseurs distinctes pour représenter la variabilité mise en évidence par les sondages :
 - cas 1 : 10,5 m d'argile correspondant à la moyenne de l'épaisseur d'argile des sondages SP1, SC1, SD3, SP3, SC3 et SC2 (variant entre 8,7 et 13,1 m)
 - cas 2 : 16,9 m d'argile correspondant à la moyenne de l'épaisseur d'argile des sondages SP2-1, SD4, SP2, SP2-2 et SP2-3 (variant entre 15,8 et 17,8 m)
- calcaire massif comme substratum (mis en évidence jusqu'à au moins 110 m NGF).

Le point de calcul du tassement des remblais et du sol support après réalisation des pieux est approximativement situé au centre du futur chevêtre.

Le calcul montre un tassement du sol après réalisation des 2,5 m de remblai et de structure de chaussée de :

- 8 mm dans le cas 1 (10,5 m d'argile)
- 10 mm dans le cas 2 (16,9 m d'argile).

La forte variation d'épaisseur d'argile impacte peu le tassement compte-tenu de la faible contrainte apportée (environ 50 kPa).

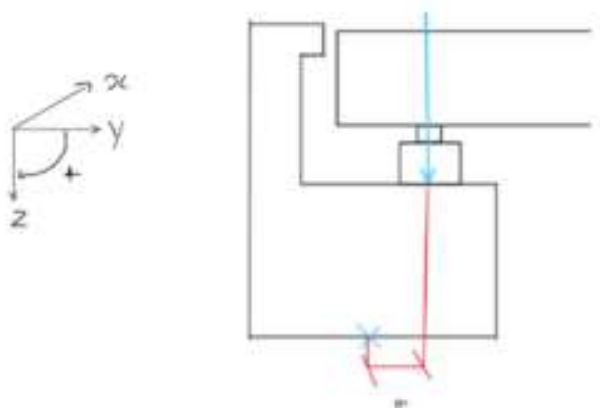
6 DIMENSIONNEMENT DES PIEUX

6.1 Descentes de charges de l'ouvrage d'INGEROP

L'ouvrage sera fondé sur pieux du fait de la présence d'une épaisseur importante d'argile médiocre mécaniquement (pl^* diminué du demi-écart type de l'ordre de 0,75 MPa). Suite à l'envoi du premier indice du présent rapport, INGEROP a proposé d'étudier la géométrie suivante

- ancrage de C0 vers 149 m NGF sur une file 4 deux pieux en diamètre 800 mm
- ancrage de P1 à 143,3 m NGF sur deux files de 3 pieux de diamètre 800 mm
- ancrage de C2 à 147,5 m NGF sur une file de 4 deux pieux en diamètre 800 mm

Le schéma d'orientation des efforts retenu par INGEROP est le suivant :



Les charges projetées au centre de la sous-face du chevêtre avec un excentrement de 5 cm pour les culées C0 et C2 ont été calculées par INGEROP dans le tableau suivant :

	Efforts verticaux Tz (kN)	Mx (kN.m)	Efforts horizontaux Ty (kN)	My (kN.m)
ELS QP max	3955,44	213,41	183,44	0,00
ELS QP min	3634,89	525,49	292,16	0,00
ELS CARA max	5902,46	850,97	483,21	817,85
ELS CARA min	3365,42	450,94	354,78	-110,55
ELU FOND max	7968,32	1148,81	652,33	1104,09
ELU FOND min	4543,32	608,77	478,95	-149,24
ELU SEIS_1	4753,21	805,38	360,81	-
ELU SEIS_2	4753,21	-245,53	-218,13	-
ELU SEIS_3	2837,13	289,74	360,81	-
ELU SEIS_4	2837,13	-761,18	-218,13	-
ELU SEIS_5	1425,96	2027,28	1202,71	-
ELU SEIS_6	1425,96	-1475,78	-727,11	-
ELU SEIS_7	851,14	1872,58	1202,71	-
ELU SEIS_8	851,14	-1630,48	-727,11	-

Les charges projetées au centre de la sous-face de la semelle de la pile P1 avec un excentrement de 5 cm ont été calculées par INGEROP dans le tableau suivant :

	Efforts verticaux Tz (kN)	Mx (kN.m)	Efforts horizontaux Ty (kN)	My (kN.m)
ELS QP max	10990,10	-549,51	0,00	0,00
ELS QP min	10659,51	-532,98	0,00	0,00
ELS CARA max	14094,75	258,25	139,56	1493,43
ELS CARA min	10717,09	-1498,84	-139,56	14,87
ELU FOND max	19027,91	348,63	188,41	2016,13
ELU FOND min	14468,08	-2023,43	-188,41	20,07
ELU SEIS_1	13280,46	433,62	164,32	-
ELU SEIS_2	13280,46	-1761,67	-164,32	-
ELU SEIS_3	8369,16	679,19	164,32	-
ELU SEIS_4	8369,16	-1516,10	-164,32	-
ELU SEIS_5	3984,14	3459,61	547,73	-
ELU SEIS_6	3984,14	-3858,03	-547,73	-
ELU SEIS_7	2510,75	3533,28	547,73	-
ELU SEIS_8	2510,75	-3784,36	-547,73	-

6.2 Descentes de charges de l'ouvrage en tête de pieux

Dans le module Groupie de FOXTA nous avons intégré les descentes de charges d'INGEROP données en centre de cheville (culées) ou de semelle (pile) en considérant une condition de tête d'encastrement, une longueur de pieu de 25 m (ancrage de 3 diamètres dans le calcaire selon la coupe de sol du cas 2), 1 de file de 4 pieux au niveau des culées et de deux files de 3 pieux au niveau de la pile. Pour l'ensemble des appuis les pieux sont espacés de 3 diamètres (3 m) pour s'affranchir des effets de groupe. Le référentiel XYZ retenu est le même que celui d'INGEROP.

Les résultats obtenus sont présentés dans les deux tableaux suivants :

Valeurs maximales parmi les 4 pieux de la culée	Effort dans les pieux des culées			
	Mx (kN.m)	Efforts horizontaux Ty (kN)	My (kN.m)	Efforts verticaux Tz (kN)
ELS QP max	0	46	53	989
ELS QP min	0	73	131	909
ELS CARA max	-14	121	213	1571
ELS CARA min	2	89	113	854
ELU FOND max	-20	163	287	2120
ELU FOND min	3	120	152	1153
ELU SEIS_1	0	90	201	1188
ELU SEIS_2	0	-55	-61	1188
ELU SEIS_3	0	90	73	709
ELU SEIS_4	0	-55	-190	709
ELU SEIS_5	0	301	507	357
ELU SEIS_6	0	-182	-369	357
ELU SEIS_7	0	301	468	213
ELU SEIS_8	0	-182	-408	213

Valeurs maximales parmi les 6 pieux de la pile	Effort dans les pieux de la pile			
	Mx (kN.m)	Efforts horizontaux Ty (kN)	My (kN.m)	Efforts verticaux Tz (kN)
ELS QP max	0	0	-17	1894
ELS QP min	0	0	-16	1837
ELS CARA max	-20	23	-16	2540
ELS CARA min	0	-23	-21	1978
ELU FOND max	-29	31	-20	3428
ELU FOND min	0	-31	-32	2667
ELU SEIS_1	0	27	11	2265
ELU SEIS_2	0	-27	-80	2392
ELU SEIS_3	0	27	22	1471
ELU SEIS_4	0	-27	-64	1552
ELU SEIS_5	0	91	124	1041
ELU SEIS_6	0	-91	-143	1080
ELU SEIS_7	0	91	125	805
ELU SEIS_8	0	-91	-137	830

6.3 Principe de calcul pour la portance

Nous utiliserons ci-après la procédure «modèle de terrain» qui consiste à déduire d'un modèle géotechnique du site les valeurs caractéristiques de la résistance de pointe et du frottement axial unitaire dans les différentes couches de sol.

Selon la norme NFP 94-262 (Eurocodes 7 – Fondations profondes), il convient de vérifier que :

- la valeur de calcul à l'ELS de la charge axiale F_d transmise par un pieu est inférieure ou égale à la valeur de calcul de la charge de fluage de compression $R_{c;cr;d}$ telle que :

$$F_d \leq R_{c;cr;d}$$

- la valeur de calcul à l'ELU de la charge de compression axiale $F_{c;d}$ est inférieure ou égale à la valeur de calcul de la portance $R_{c;d}$ telle que :

$$F_{c;d} \leq R_{c;d}$$

Selon les termes de la NF P94-262, les charges admissibles en compression sont données par les formules :

$$\begin{aligned} R &= \Gamma_1 R_s + \Gamma_2 R_b \\ R_b &= A \cdot k_p \cdot p_{le} \\ R_s &= \pi \cdot D \sum_0^D h_i q_{si} \end{aligned}$$

Avec :

- $R = R_{c;cr;d}$ à l'ELS
- $R = R_{c;d}$ à l'ELU
- R_b : résistance limite de pointe
- R_s : résistance limite en frottement latéral
- Γ_1 et Γ_2 : coefficients de sécurité dépendant du type de pieu et de sa façon de travailler
- A : section du pieu
- D : diamètre du pieu
- k_p : facteur de portance
- p_{le}^* : pression limite nette équivalente
- q_{si} : frottement latéral limite dans la couche i
- h_i : épaisseur de la couche i

6.4 Principe de calcul du frottement négatif

Les 2,5 m de remblais mis en œuvre après la réalisation des pieux génèrent un tassement de l'ordre de 1 cm qui peut être à l'origine d'un phénomène de frottement négatif sur les pieux. Ce frottement négatif, F_n , est calculé conformément à l'annexe H de la norme NFP94-262 avec la relation suivante :

$$F_n = \pi \cdot D \int_0^{h_c} K \cdot \tan \delta \cdot \sigma'_v(z) \cdot dz$$

Avec :

- D : diamètre du pieu
- h_c : hauteur du pieu sur laquelle un frottement négatif
- $K \cdot \tan \delta$: paramètre donné par le tableau H.2.2.1 de l'annexe H de la norme NF P 94
- $\sigma'_v(z)$: contrainte verticale effective régnant au contact du sol et du fût du pieu à la cote z

Ce phénomène sera étudié avec le module TASPIE de FOXTA qui calcule selon un calcul du déplacement relatif pieu/sol en plafonnant le frottement négatif à $K \tan \delta$.

6.5 Principe de calcul du déplacement latéral des sols

L'annexe K de la norme NF P 94 262 propose une méthode empirique pour évaluer la fonction $g(z)$ à court et à long terme pour des fondations situées à proximité du pied d'un remblai. Dans le cadre de cette méthode empirique, le déplacement libre du sol est défini comme le produit de deux termes :

$$g(z) = g_{\max} G(Z) \text{ avec } Z = z/D$$

Avec :
 z profondeur comptée depuis le toit de la couche compressible
 D épaisseur de la couche compressible ;
 g_{\max} déplacement horizontal maximal du sol compressible
 $G(Z)$ déformée adimensionnelle supposée indépendante du temps et de la position du pieu

6.6 Principe de calcul de la réaction frontale des sols

Suivant les recommandations de l'annexe I de la norme NF P 94 262, la loi de mobilisation du sol pour des efforts horizontaux de longue durée d'application (poussée générée par le déplacement latéral des sols) est définie par :

- un segment de droite passant par l'origine et de pente K_f
- un palier r_1 atteint pour un certain déplacement δ

Ces deux paramètres sont définis par les relations suivantes :

$$K_f = \frac{12 E_M}{\frac{4 B_0}{3 B} \left[2.65 \frac{B}{B_0} \right]^\alpha + \alpha}$$

$$r_1 = p_f^* B$$

Avec :
 K_f : module linéique de mobilisation de la pression frontale
 E_M : module pressiométrique du sol
 B : largeur du pieu
 B_0 : largeur de référence prise égale à 0,6 m
 α : coefficient rhéologique du sol
 p_f^* : pression de fluage nette
 r_1 : palier plastique

Pour les ELS et ELU, nous avons retenu une valeur de $K_f/2$. Pour les combinaisons sismiques, nous avons retenu une valeur de $3K_f$.

6.7 Portance des pieux de l'ouvrage

Afin de vérifier la portance des pieux en y intégrant les éventuels frottements négatifs, les calculs sont menés à l'aide du logiciel FOXTA modules Taspie et Fond Prof. Nous considérons que les pieux seront tubés perdus sur toute la hauteur des argiles et foré simple dans le calcaire. Le tableau suivant récapitule les hypothèses retenues :

	PI* (kPa)	qs (kPa)		Kp max	Ktanδ
		Pour le frottement négatif	Pour la portance		
Remblai technique	2500	48	0,1	1,1	1
Argile	750	27	0,1	1.15	0.15
Calcaire	4500	200	200	1.45	1.0

Du fait de la mise en évidence d'un phénomène de frottement négatif dans le remblai et les argiles, le frottement mobilisable dans ces formations est négligé dans le calcul de la portance.

6.7.1 Portance des pieux au droit des culées

Nous avons réalisé un premier calcul Taspie en y intégrant le calcul de tassement de l'ordre du centimètre généré par les 2,5 m de remblai mis en œuvre après la réalisation des pieux. L'épaisseur de remblai retenue est celle de C0 (5 m) afin de maximiser les frottements négatifs par rapport à C2 (3,5 m de remblai). Nous avons fait des calculs en considérant un diamètre de pieux de 0,8 m. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Pieux de 0,8 m de diamètre	Effort vertical dans l'axe d'un pieu (kN)	Cas 1 (10,5 m d'argile)		Cas 2 (16,9 m d'argile)	
		Frottement négatif sur un pieu (kN)	Effort total à reprendre par pieu (kN)	Frottement négatif sur un pieu (kN)	Effort total à reprendre par pieu (kN)
ELS Quasi Permanent	989	554	1543	734	1723
ELS caractéristique	1571	316	1887	489	2060
ELU Fondamental	2120	20	2140	210	2330

Le module Fond Prof de Foxta nous a permis de calculer une longueur de pieux pour reprendre ces efforts.

Les calculs fournis en annexe 4 montrent qu'un ancrage de l'ordre de 3 m dans le calcaire est suffisant pour reprendre les efforts verticaux des culées. En l'absence de sondage au droit des futurs pieux des culées, il n'est pas possible de définir précisément le linéaire de pieux à réaliser. A défaut, nous préconisons de retenir un linéaire maximal de 25 m par pieux soit 200 mètres linéaire de pieux pour les culées.

La longueur des pieux d'un même appui ne devra pas varier trop significativement. Au droit de C2, le seul critère de la portance pourrait conduire selon la coupe géotechnique à une culée fondée sur un pieu de 17 m et un autre de 25 m. Un tel différentiel de longueur de pieu n'est pas acceptable. Ces aspects devront être étudiés en phase G3 et G4 en fonction de la coupe de sol réelle au droit de chaque pieu. C'est pourquoi nous préconisons de réaliser en phase de préparation des sondages destructifs de 30 m de profondeur au droit de chacun des futurs pieux (soit 14 sondages). Ils permettront de définir précisément l'épaisseur d'argile et la qualité du massif calcaire. Ces données serviront de base à la réalisation de l'étude G3 par l'entreprise mandataire.

6.7.2 Portance des pieux au droit de P1

Les calculs fournis en annexe 4 montrent qu'un ancrage de 4 m dans le calcaire (pieux entre 13,5 et 20 m de longueur en fonction de l'épaisseur d'argile) permet de reprendre largement les efforts verticaux de la pile. En fonction des résultats des sondages destructifs préconisés précédemment, l'étude G3 permettra de définir la longueur réelle des pieux de la pile tout en gardant à l'esprit qu'une trop grande variation de la longueur des pieux sera à proscrire.

6.8 Efforts générés par les déplacements latéraux des sols

Au regard de l'ampleur des tassements des sols après réalisation des pieux (de l'ordre du centimètre), nous considérons que les efforts générés par le déplacement latéral du sol sont négligeables.

Les efforts générés dans les pieux et la réaction latérale du sol a été définie sur la base du module GROUPIE de FOXTA en considérant une valeur de $K_f/2$ à l'ELS et à l'ELU une valeur de $3K_f$ pour les combinaisons sismiques. Seul le cas 2 (épaisseur maximale d'agrigle) jugé plus pénalisant a été étudié.

Les tableaux suivants présentent les résultats obtenus :

Culées C0 et C2			
Enveloppe des efforts pour les 4 pieux	Mx (kN.m)	My (kN.m)	Ty (kN)
ELS QP max	-	[-2 ;69]	[-24 ;46]
ELS QP min	-	[-4 ;151]	[-52 ;73]
ELS CARA max	[0 ; -14]	[-7 ;246]	[-85 ;121]
ELS CARA min	[0 ;2]	[-4 ;143]	[-49 ;89]
ELU FOND max	[-1 ;20]	[-9 ;332]	[-115 ;163]
ELU FOND min	[0 ;3]	[-5 ;193]	[-67 ;120]
ELU SEIS_1	-	[-9 ;212]	[-113 ;90]
ELU SEIS_2	-	[-71 ;3]	[-55 ;38]
ELU SEIS_3	-	[-4 ;92]	[-49 ;90]
ELU SEIS_4	-	[-194 ;8]	[-55 ;103]
ELU SEIS_5	-	[-23 ;549]	[0 ;301]
ELU SEIS_6	-	[-392 ;16]	[-182 ;209]
ELU SEIS_7	-	[-21 ;511]	[-274 ;301]
ELU SEIS_8	-	[-429 ;18]	[-182 ;229]

Le déplacement maximal théorique d'un pieu en tête est de l'ordre de 2 mm (ELS QP).

Pile			
Enveloppe des efforts pour les 6 pieux	Mx (kN.m)	My (kN.m)	Ty (kN)
ELS QP max	-	[-17 ;1]	[0 ;4]
ELS QP min	-	[-16 ;1]	[0 ;4]
ELS CARA max	[-20 ;1]	[-16 ;10]	[-3 ;23]
ELS CARA min	-	[-35 ;2]	[-23 ;9]
ELU FOND max	[-29 ;1]	[-20 ;14]	[-4 ;31]
ELU FOND min	-	[-49 ;2]	[-31 ;13]
ELU SEIS_1	-	[-1 ;19]	[-10 ;27]
ELU SEIS_2	-	[-83 ;4]	[-27 ;42]
ELU SEIS_3	-	[-1 ;28]	[-14 ;27]
ELU SEIS_4	-	[-67 ;3]	[-27 ;34]
ELU SEIS_5	-	[-6 ;140]	[-71 ;91]
ELU SEIS_6	-	[-157 ;7]	[-91 ;79]
ELU SEIS_7	-	[-6 ;141]	[-71 ;91]
ELU SEIS_8	-	[-151 ;7]	[-91 ;77]

Le déplacement maximal théorique en tête des pieux est inférieur au millimètre.

Les tableaux précédents synthétisent de façon enveloppe les résultats obtenus avec le module Groupie de Foxta. Les résultats ne sont pas présentés en annexe du fait de leur grand nombre (136 pages qui correspondent à 14 combinaisons pour chacun des 4 pieux des culées et 14 combinaisons pour chacun des 6 pieux de la pile). Ils seront à la disposition du mandataire des travaux sous forme excel si ce dernier le juge nécessaire pour ses études G3.

6.9 Synthèse des résultats

Le tableau suivant récapitule les fondations profondes à réaliser au droit des appuis de l'ouvrage de franchissement de la RN10 par la RD95 :

	Pieux forés tubés perdus dans les argiles et forés simple dans le calcaire			
	Tête pieu (m NGF)	Longueur pieu (m)	Nombre de pieux par appui	Diamètre pieu (m)
Culée C0	149	25	4	0,8
Pile P1	143,3	20	6	0,8
Culée C2	147,5	25	4	0,8

Pour fonder les appuis de l'ouvrage, nous préconisons de prévoir un linéaire de 320 m de pieux de 0,8 m de diamètre foré tubé perdu dans les remblais/argiles (280 ml) et foré simple dans le calcaire (40 ml). Il s'agit d'une estimation qui pourra être affinée en phase G3 par la réalisation de sondage destructifs au droit des futurs pieux.

7 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POUR LES PIEUX

En phase préparatoire, nous préconisons de réaliser un sondage destructif au centre de chaque pieu des différents appuis (Cf. tableau suivant) :

	Nombre de sondages destructif	Profondeur des sondages (m)
Culée C0	4	30
Pile P1	6	30
Culée C2	4	30

Ces profondeurs pourront être localement modifiées en fonction de la profondeur réelle du toit du calcaire au droit des sondages. Ils permettront de définir :

- l'épaisseur exacte des argiles
- la présence de bancs calcaire et/ou de blocs au sein des argiles
- le niveau de fracturation et la présence de karst au niveau du fût des pieux
- l'absence de karst sous la pointe des futurs pieux sur une profondeur d'au moins 8 m

La réalisation de ces sondages avant la réalisation des pieux, permettra d'appréhender au mieux les aléas de leur réalisation et de définir précisément le linéaire de pieux à réaliser (pouvant être très variable d'un pieu à l'autre du fait de la variation potentiellement forte du toit du calcaire).

En présence d'un réseau dense de fissures moyennes à fines, si les pertes de béton ne sont pas excessives, un procédé foré simple comme proposé dans le présent rapport pourra être maintenu.

Dans le cas de vide franc ou de fracturation très importante, on se prémunira des surconsommations de béton par un chemisage des pieux ou un colmatage préalable des vides. Ce dernier pourra se faire par remplissage des vides (coulis ou matériaux sablo-graveleux) avant de poursuivre le forage et le tubage de ce terrain reconstitué.

Pour traverser tous les terrains de forte consistance (niveaux conglomératiques ou bancs calcaires dans les argiles) et atteindre l'ancrage nécessaire, l'entreprise devra mettre en œuvre le matériel adapté, ce qui pourra conduire à l'utilisation du trépan ou de carottage. Ces moyens seront tels qu'ils ne provoquent pas de désordres aux avoisinants (voiries, réseaux, bâtiments ...).

8 CONCLUSION

Le présent rapport constitue une mission G2-PRO au sens de la norme NF P 94 500 de l'ouvrage de franchissement de la RN10 par la RD95.

Sur la base des descentes de charges transmises par INGEROP, il a été réalisé le dimensionnement des pieux sous les appuis de l'ouvrage

Le tableau suivant récapitule les résultats obtenus :

	Pieux forés tubés perdus dans les argiles et forés simple dans le calcaire			
	Tête pieu (m NGF)	Longueur pieu (m)	Nombre de pieux par appui	Diamètre pieu (m)
Culée C0	149	25	4	0,8
Pile P1	143,3	20	6	0,8
Culée C2	147,5	25	4	0,8

La longueur réelle des pieux variera probablement par rapport à celle définies précédemment (le calcaire est une surface d'altération). Toutefois au droit d'un même appui, la longueur des pieux d'un même appui ne devra pas varier trop significativement. Cet aspect devra être étudié en phase G3 et G4 sur la base de la coupe de sol réelle au droit de chaque pieu.

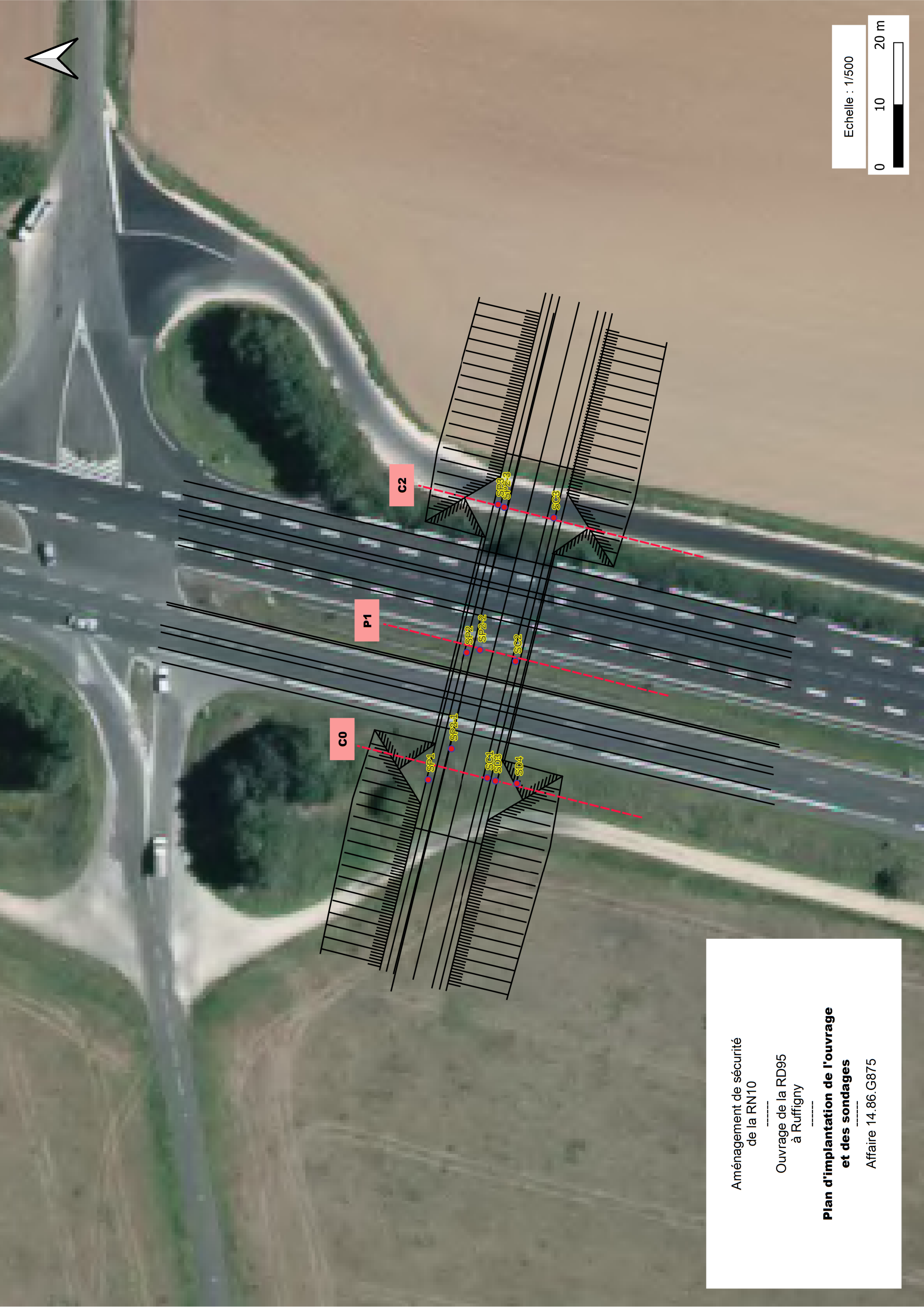
Afin de limiter le risque de sous-tirage des argiles dans les calcaires, il faut prévoir une étanchéification des réseaux d'assainissement et éviter de concentrer les infiltrations à proximité de l'ouvrage.

En phase préparatoire dans le cadre de la G3 de l'entreprise, nous préconisons de réaliser la campagne définie précédemment. La réalisation de ces sondages avant la réalisation des pieux, permettra le traitement préalable d'une éventuelle anomalie dans le calcaire.

Le Cerema Sud-Ouest / Département Infrastructures se tient à la disposition du Maître d'œuvre et du Maître d'ouvrage pour tout renseignement complémentaire et dans le cadre de la future mission G4 du projet.

9 ANNEXES

9.1 Annexe 1 : Plan d'implantation des sondages



Aménagement de sécurité
de la RN10

Ouvrage de la RD95
à Ruffigny

**Plan d'implantation de l'ouvrage
et des sondages**

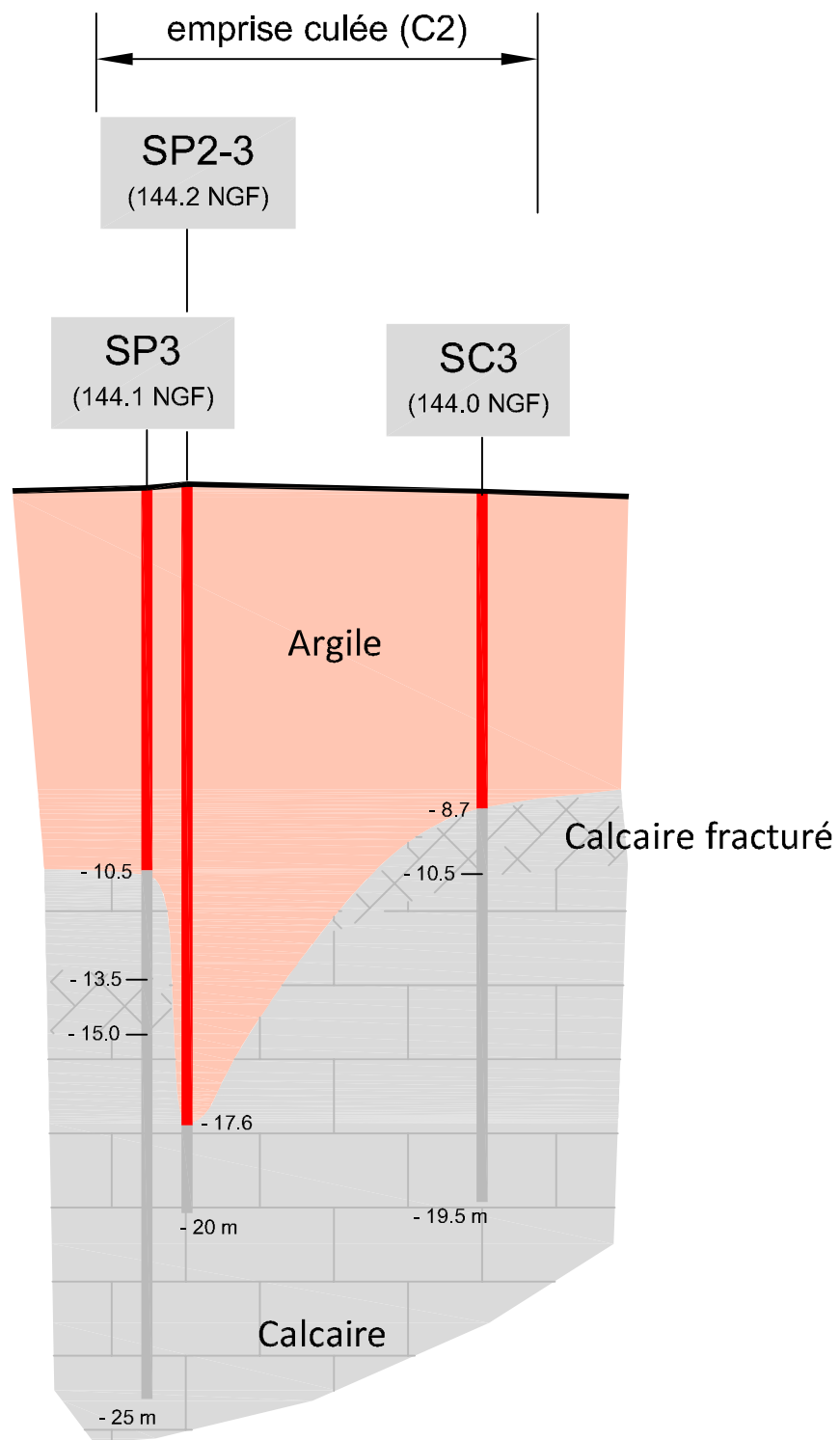
Affaire 14.86.G875

Echelle : 1/500

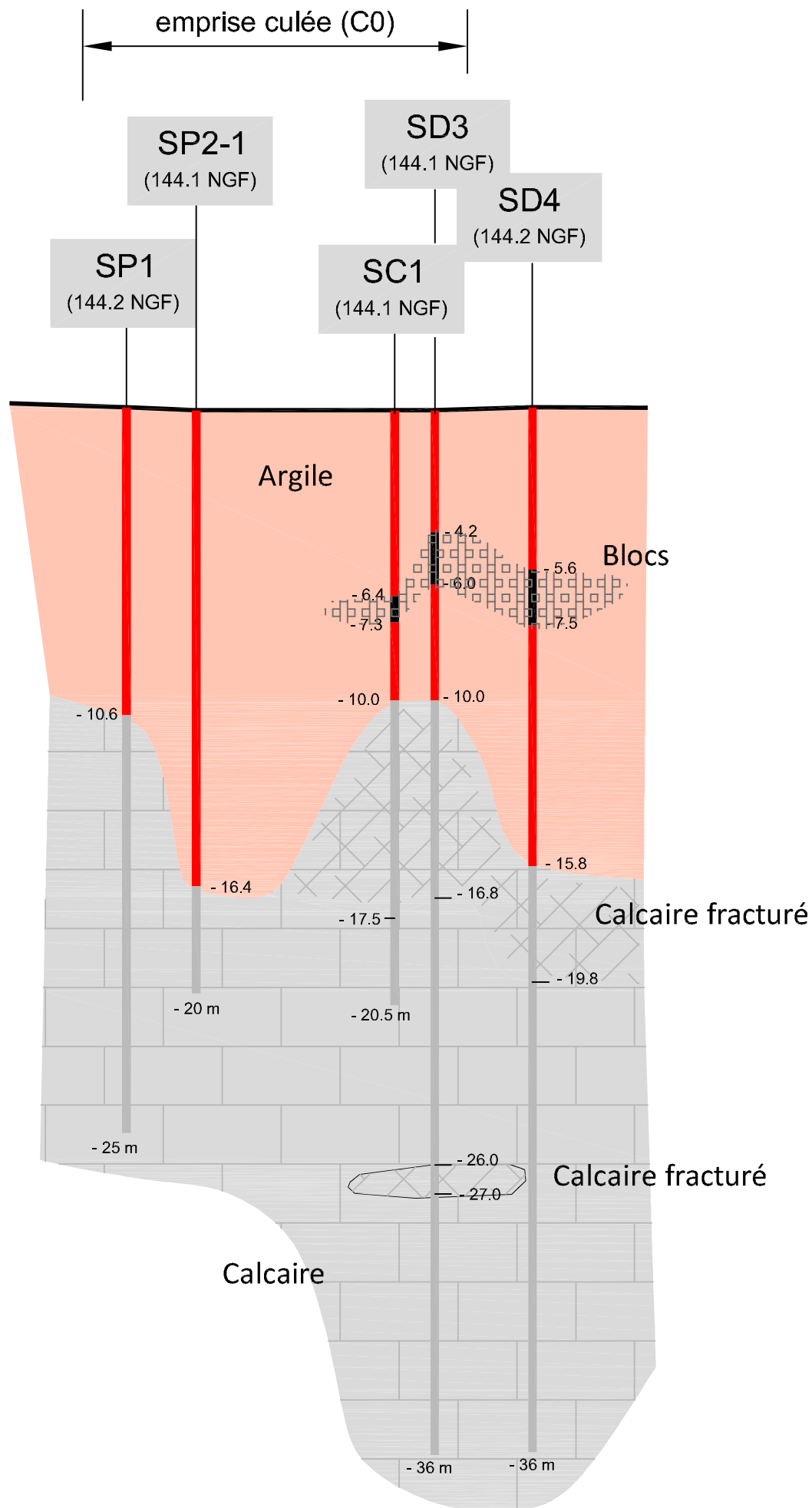
0 10 20 m



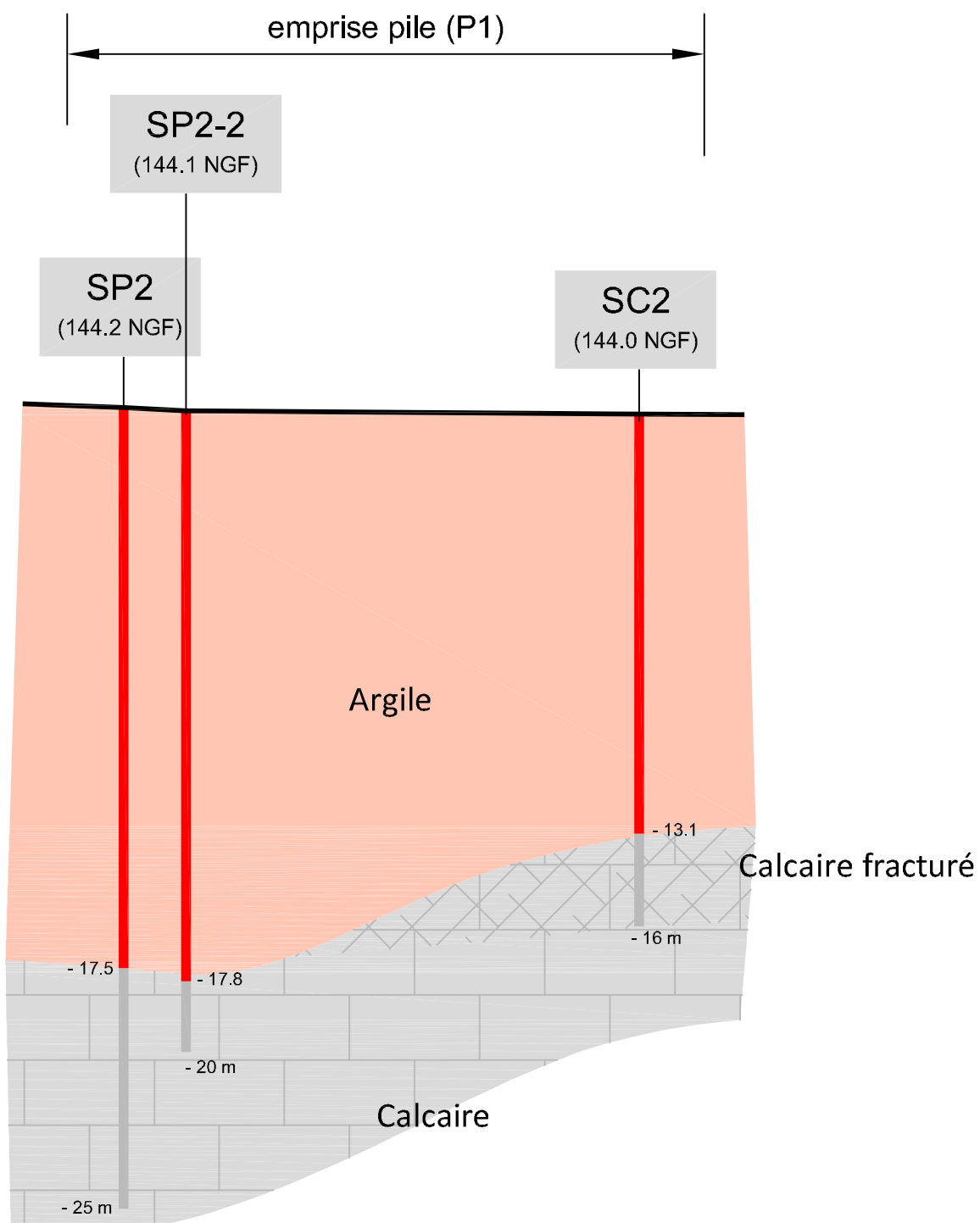
9.2 Annexe 2 : Profils géotechniques au droit des appuis



Profil C2
Echelle = 1/200



Profil C0
Echelle = 1/200



Profil P1
Echelle = 1/200

9.3 Annexe 3 : Coupes des sondages

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP1

Dossier : SNI2.M.0087- 0002

Localité : Ruffigny / Iteuil

Chantier : Création d'un Echangeur

Client : DIRA

X : 490480,670

Date début de forage : 07/12/2022

Echelle : 1/135

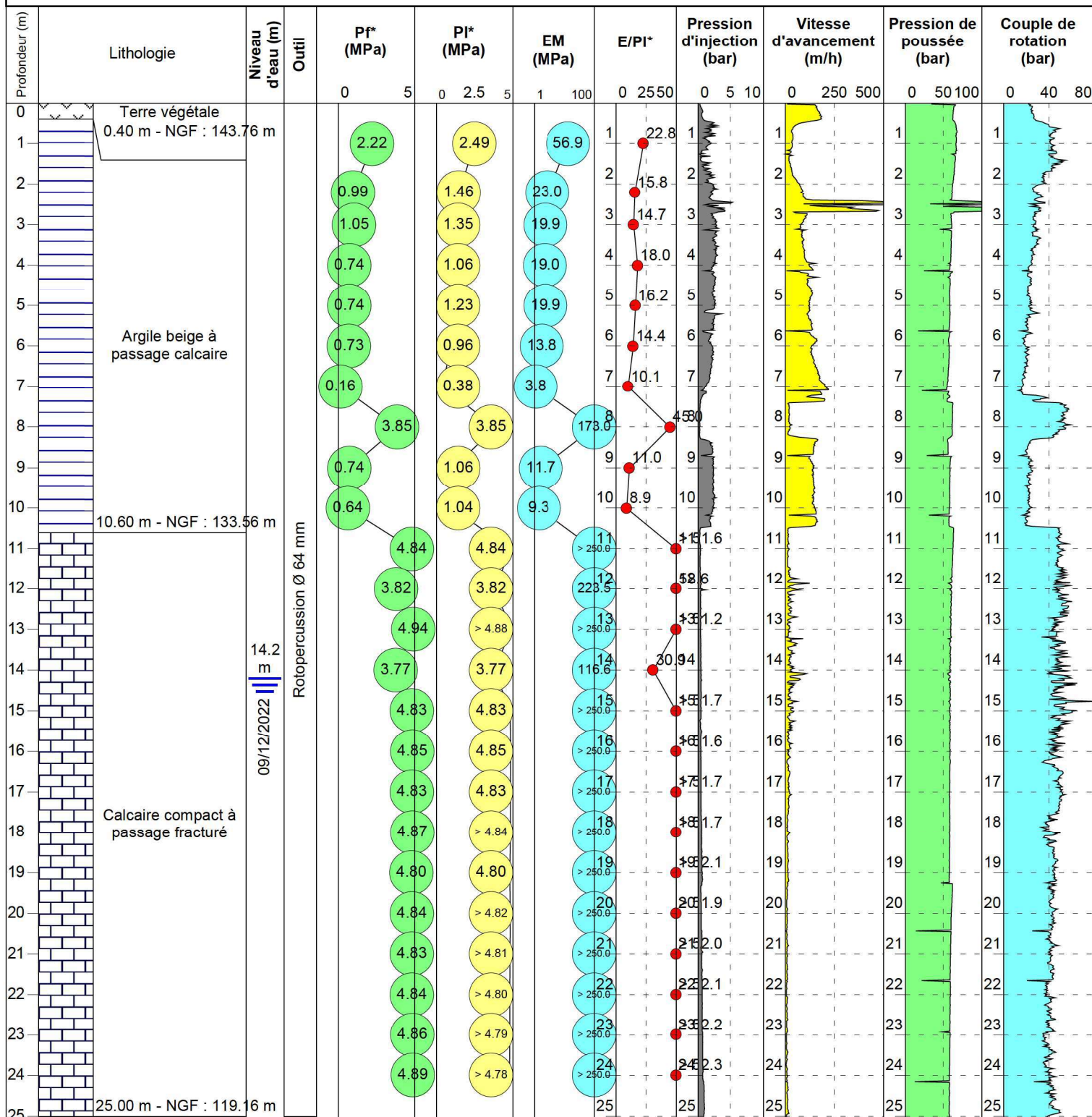
Y : 6600629,321

Date fin de forage : 09/12/2022

Machine : M255

Z : +144,16 m NGF

Profondeur de fin : 25.00m



Observation : Arrêt volontaire à 25.0 m

EXGTE 3.23.3/LB2GEO107/FR

Log pressiométrique - E158 V2

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP2

Dossier : **SNI2.M.0087- 0002**

Localité : **Ruffigny / Iteuil**

Chantier : **Création d'un Echangeur**

Client : **DIRA**

X : **490501,102**

Date début de forage : **21/12/2022**

Echelle : **1/135**

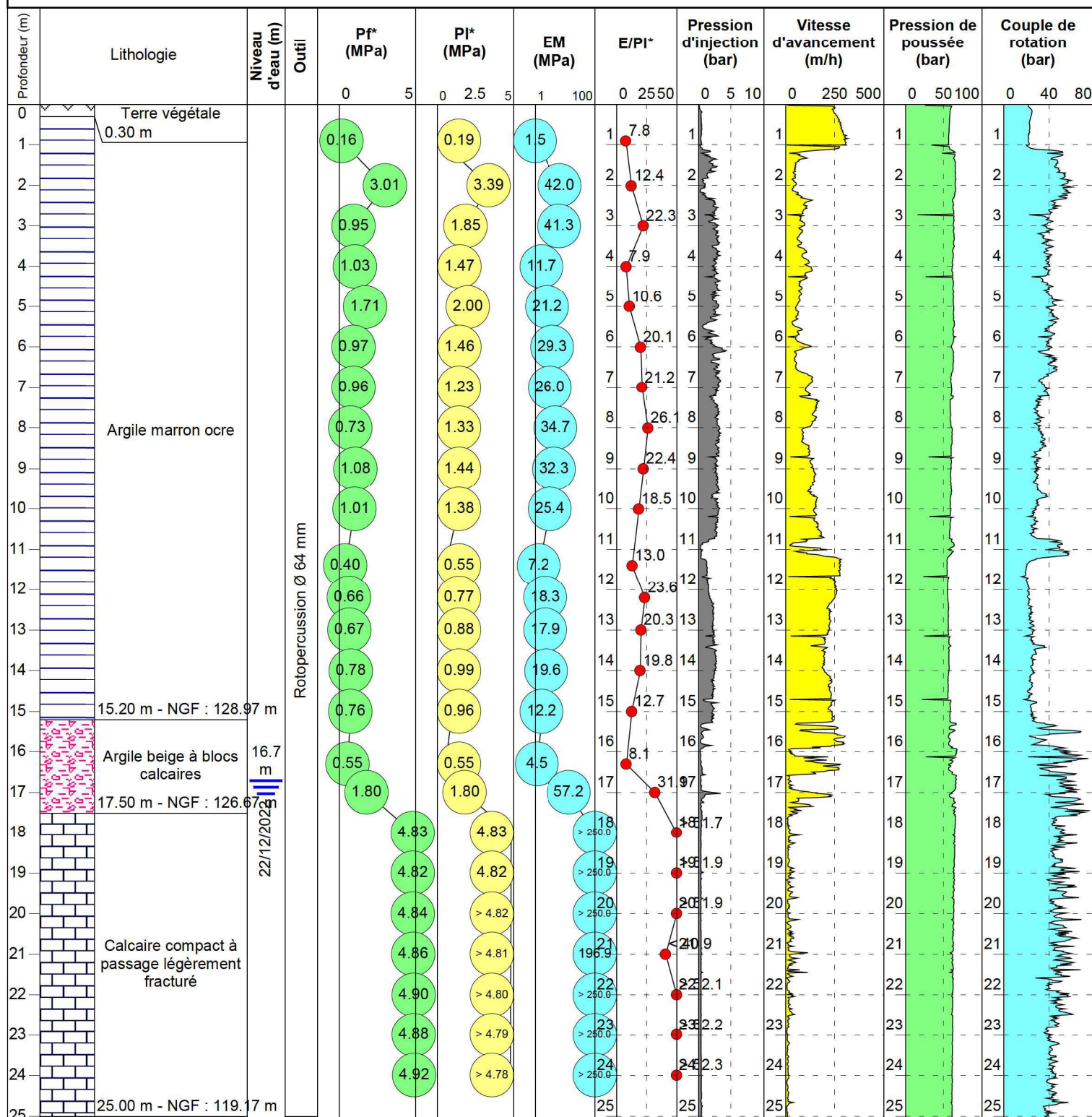
Y : **6600623,084**

Date fin de forage : **22/12/2022**

Machine : **M255**

Z : **+144,17 m NGF**

Profondeur de fin : **25.00m**



Observation : Arrêt volontaire à 25.0 m

EXGTE 3.23.3/LB2GEO107/FR

Log pressiométrique - E158 V2

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP3

Dossier : **SNI2.M.0087**

Localité : **Ruffigny / Itteuil**

Chantier : **Création d'un échangeur**

Client : **DIRA**

X : **490524,869**

Date début de forage : **12/12/2022**

Echelle : **1/135**

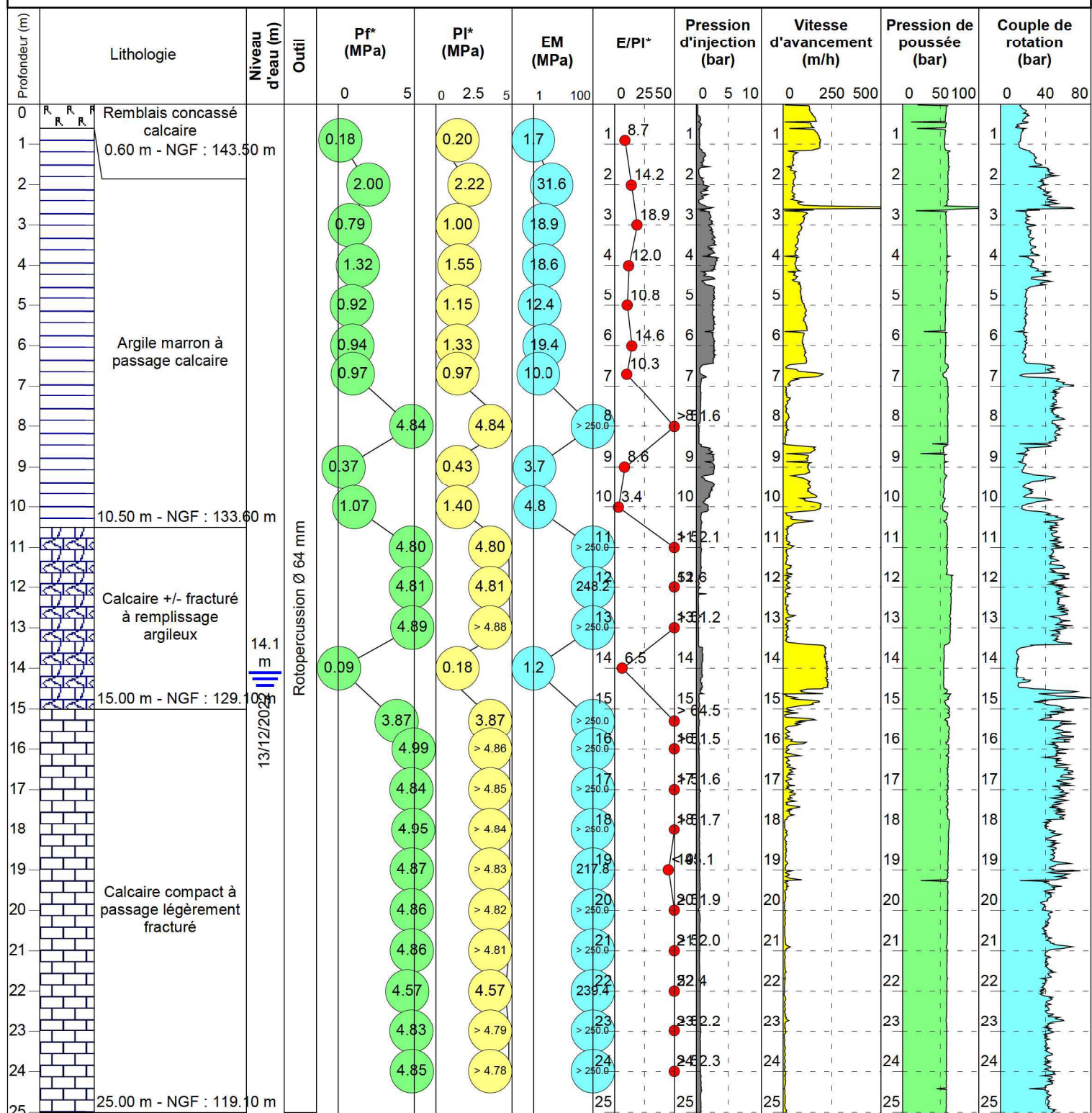
Y : **6600617,981**

Date fin de forage : **13/12/2022**

Machine : **M255**

Z : **+144.1 m NGF**

Profondeur de fin : **25.00m**



Observation : Arrêt volontaire à 25.0 m

EXGTE 3.23.3/LB2GEO107/FR

Log pressiométrique - E158 V2

Dossier : **SNI2.M.0087-0002**

Localité : **Ruffigny - Iteuil (86)**

Chantier : **Construction d'un échangeur à Ruffigny**

Client : **DIRA**

X : **490480,956**

Date début de forage : **29/12/2022**

Echelle : **1/111**

Y : **6600619,721**

Date fin de forage : **02/01/2023**

Machine : **M397**

Z : **+144.14 m NGF**

Profondeur de fin : **20.50m**

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	RQD (%)			Récupération (%)			Observations
			0	50	100	0	50	100	
0		Battu Ø 114 mm	1			1			
1			2	0		2	100		
2			3	0		3	100		
3	Argile limoneuse marron à cailloutis calcaires		4	0		4	100		
4			5	0		5	100		
5			6	0		6	100		
6	6.40 m - NGF : 137.74 m		7	17		7	100		
7	Calcaire très fracturé blanc à gris à remplissage argilo-sableux		8	0		8	73		
8	7.30 m - NGF : 136.84 m		9	0		9	100		
9	Remblissage argilo-sableux marron à rare passage calcaires		10	0		10	100		
10	10.00 m - NGF : 134.14 m		11	0		11	70		
11			12	41		12	100		
12			13	32		13	66		
13	Calcaire blanc à gris +/- fracturé à remplissage argilo-sableux		14	21		14	66		
14			15	27		15	45		
15			16	59		16	100		
16			17	76		17	100		
17	17.50 m - NGF : 126.64 m		18			18			
18			19			19			
19	Calcaire gris légèrement fracturé		20			20			
20	20.50 m - NGF : 123.64 m	20.50 m							

Observation : arrêt volontaire à 20.5 m

EXGTE 3.23.3

Dossier : **SNI2.M.0087-0002**

Localité : **Ruffigny - Iteuil (86)**

Chantier : **Construction d'un échangeur à Ruffigny**

Client : **DIRA**

X : **490499,679**

Date début de forage : **22/12/2022**

Echelle : **1/111**

Y : **6600615,219**

Date fin de forage : **26/12/2022**

Machine : **M397**

Z : **+144.01 m NGF**

Profondeur de fin : **16.00m**

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	RQD (%)			Récupération (%)			Observations
			0	50	100	0	50	100	
0	Argile limoneuse à sableuse marron orangé à cailloutis calcaires et rares veines grises	Battu Ø 114 mm	0			100			
1			1			90			
2			2			100			
3		Carottier rotatif Ø 116 mm	3			100			
4			4			90			
5			5			100			
6			6			66			
7			7			100			
8			8			100			
9			9			65			
10			10			80			
11			11			80			
12			12			90			
13			13						
14	Calcaire blanc à gris +/- fracturé à remplissage argilo-sableux	14	38			80			
15		15	55			80			
16		16	38			90			
17			17						
18	18								
19	19								
20	20								

Observation : arrêt volontaire à 16.0 m

EXGTE 3.23.3

Dossier : **SNI2.M.0087-0002**

Localité : **Ruffigny - Iteuil (86)**

Chantier : **Construction d'un échangeur à Ruffigny**

Client : **DIRA**

X : **490522,738**

Date début de forage : **22/12/2022**

Echelle : **1/111**

Y : **6600609,008**

Date fin de forage : **26/12/2022**

Machine : **M397**

Z : **+144.0 m NGF**

Profondeur de fin : **19.50m**

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	RQD (%)			Récupération (%)			Observations
			0	50	100	0	50	100	
0	Argile marron à cailloutis calcaires beiges								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8	Calcaire gris à beige +/- fracturé à passage à silex								
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

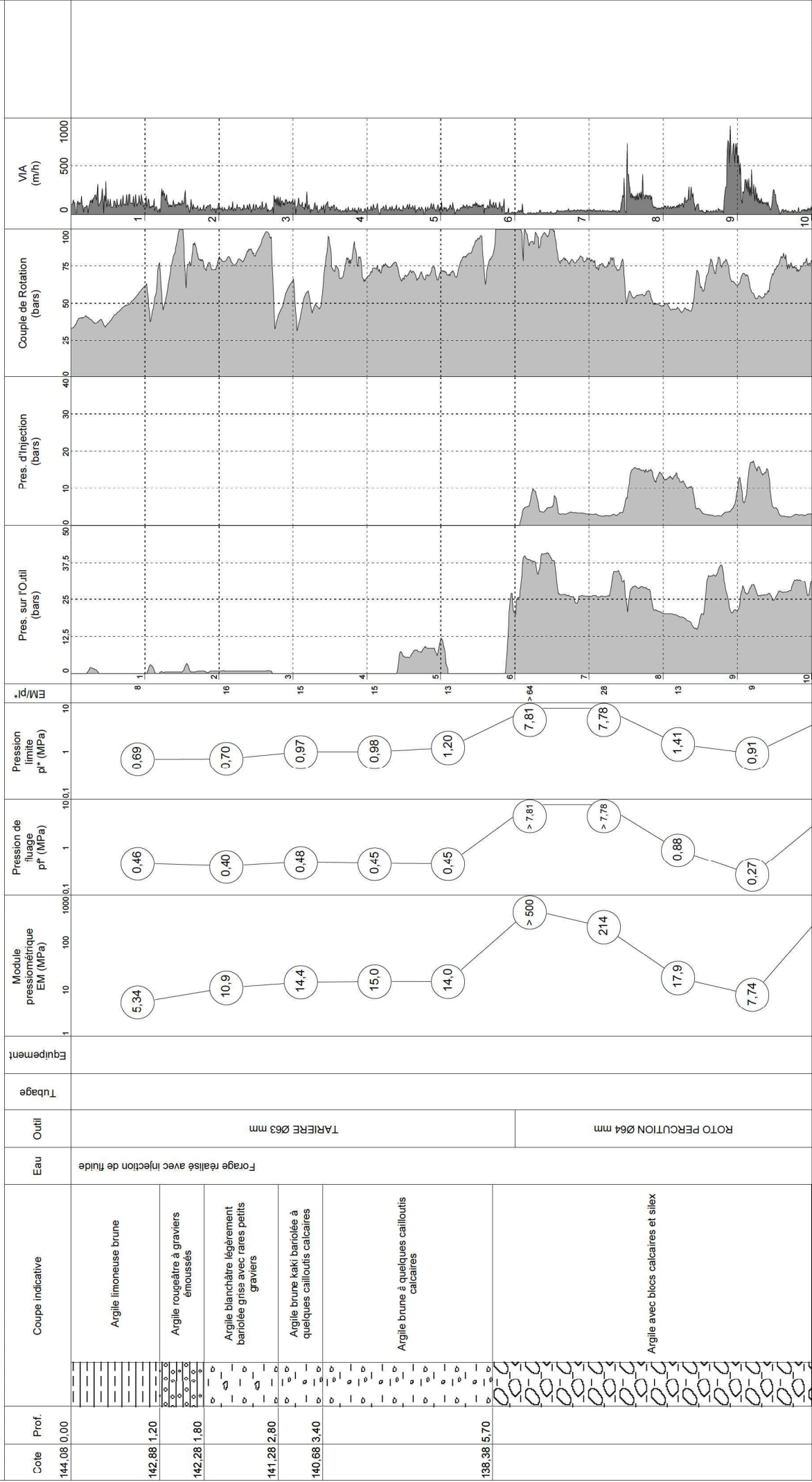
Observation : arrêt volontaire à 19.5 m

EXGTE 3.23.3

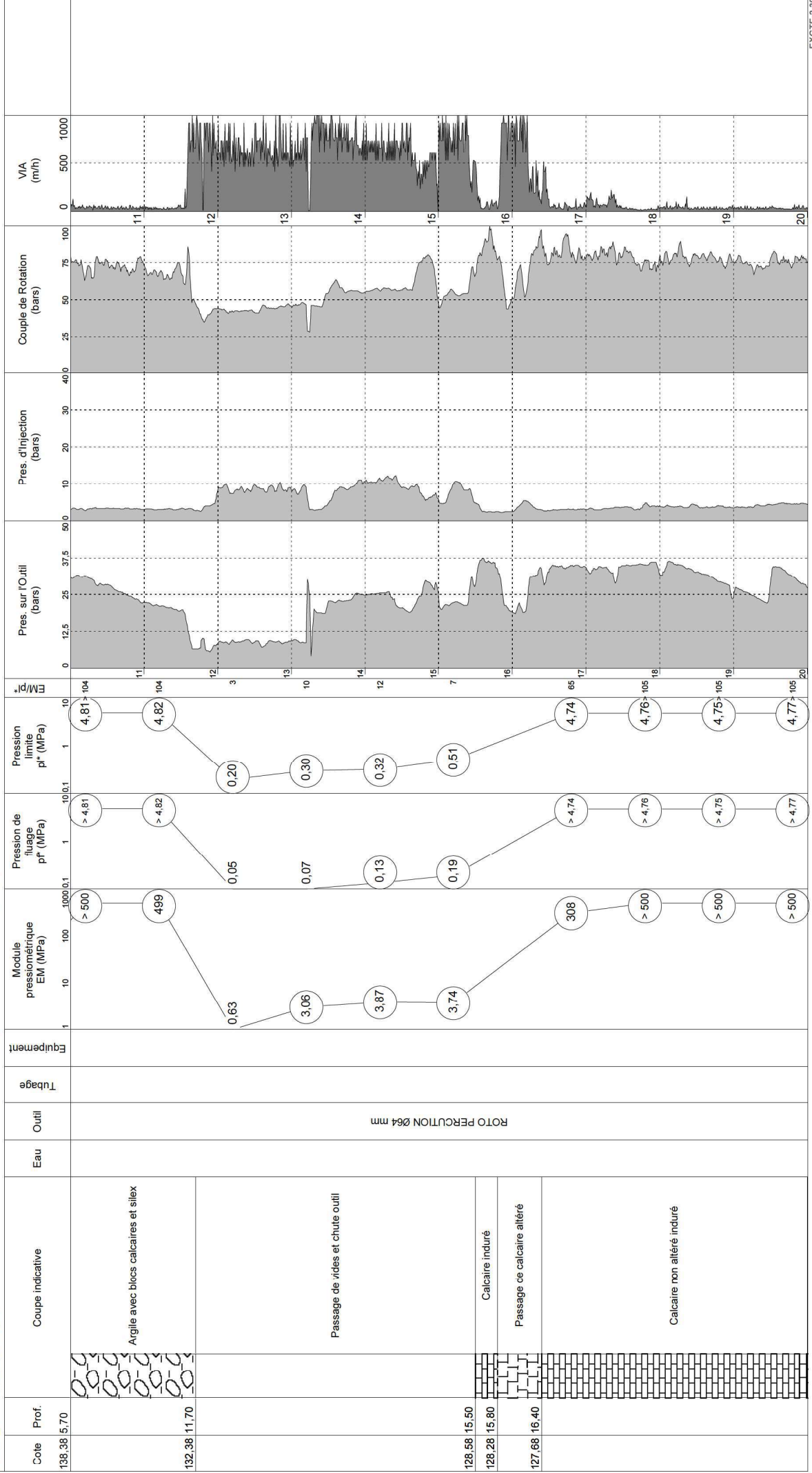
Date : 20/02/2018
Echelle : 1/50

Site : CROUTELLE (86)
Reconnaissance géotechnique - OA RUFFIGNY
Affaire : 17/09232/LARCH
X :
Y :
Z : +144.08 NGF

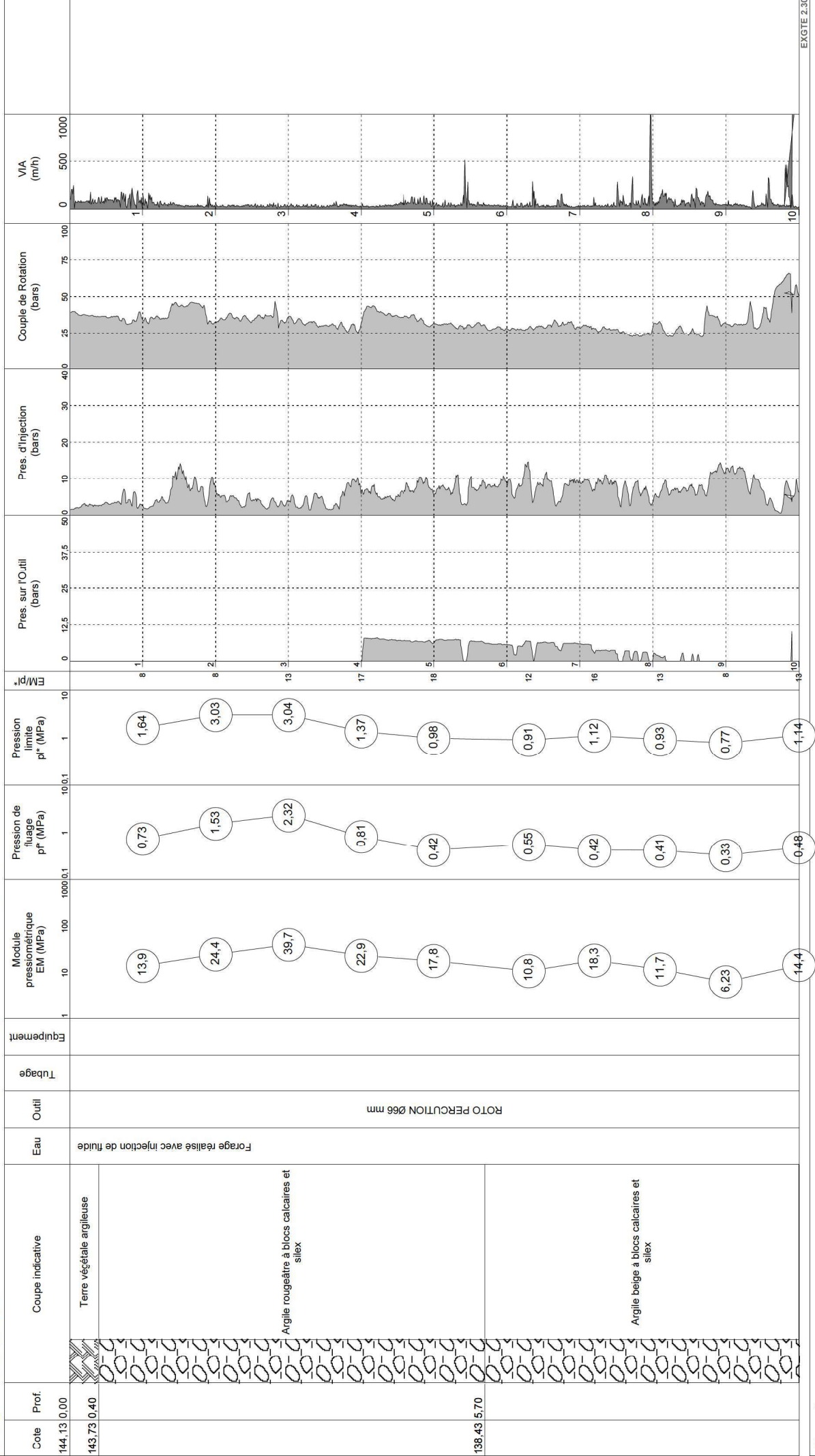
Page : 1/3



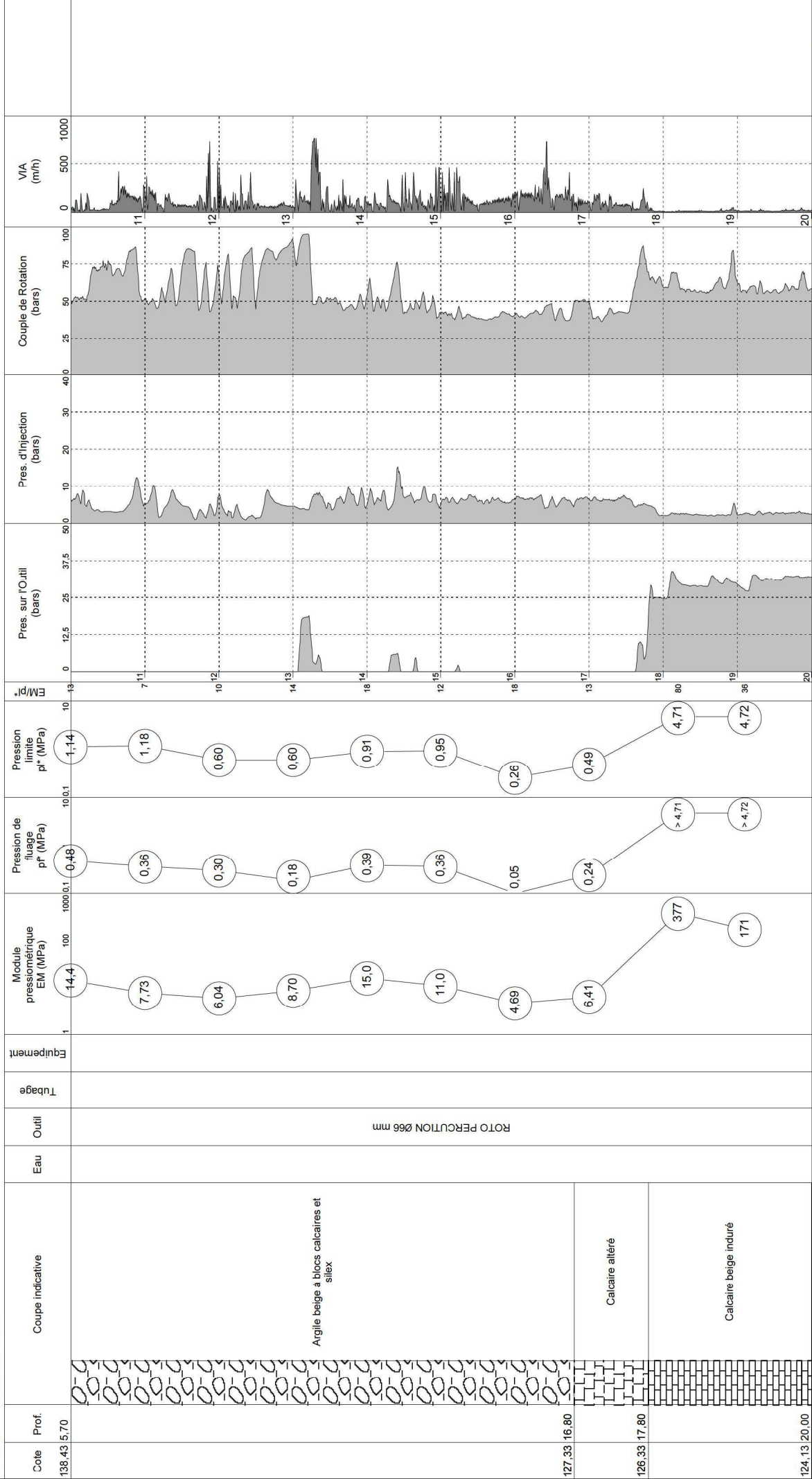
Observations :
Arrêt à 21 m/TA.
Perte d'injection à 11,7 m/TA, pas de retour



Observations :
Arrêt à 21 m/TA.
Perte d'injection à 11.7 m/TA, pas de retour



Observations :
Arrêt à 20 m/TA.



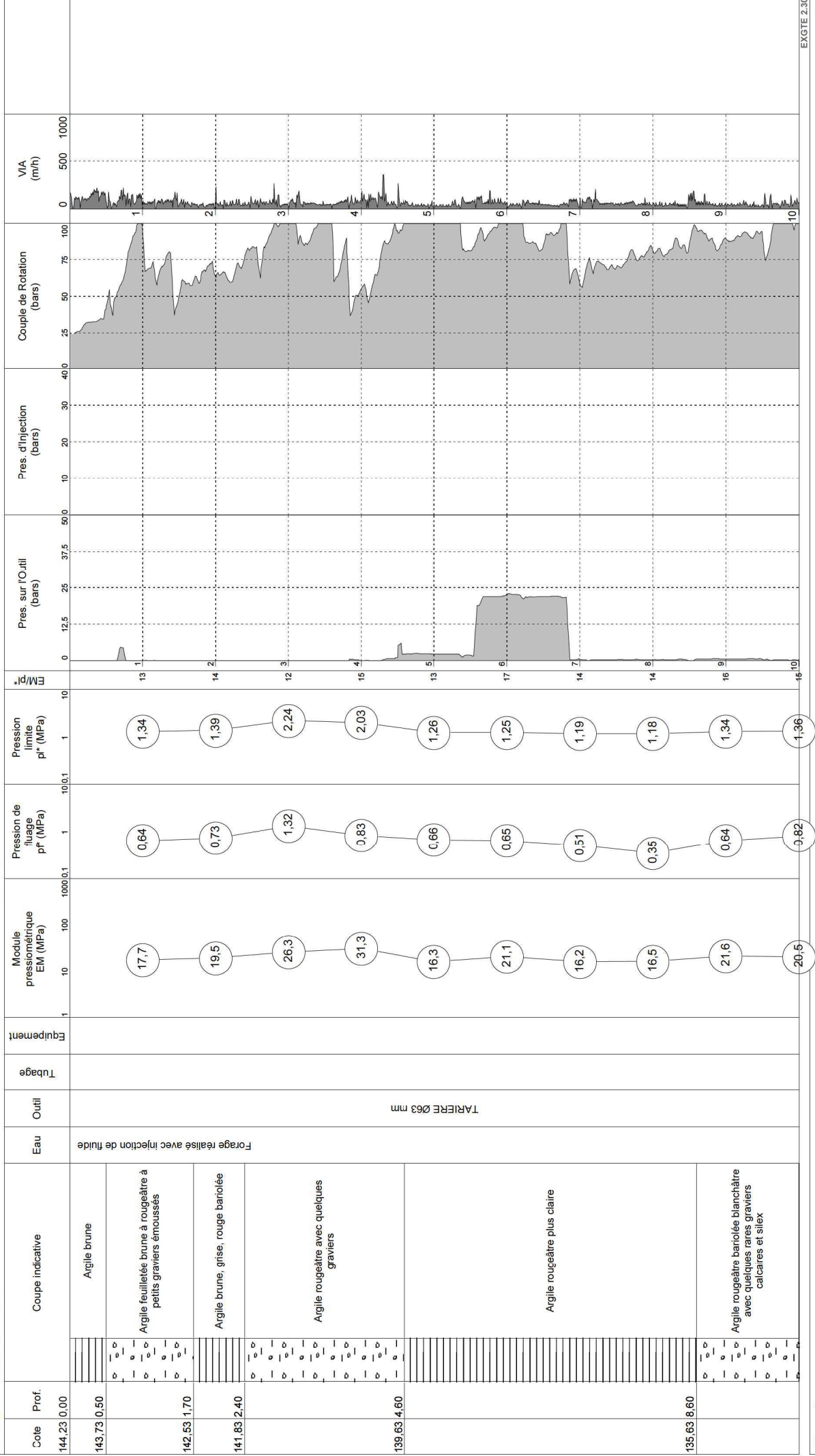
Observations :
Arrêt à 20 m/TA.

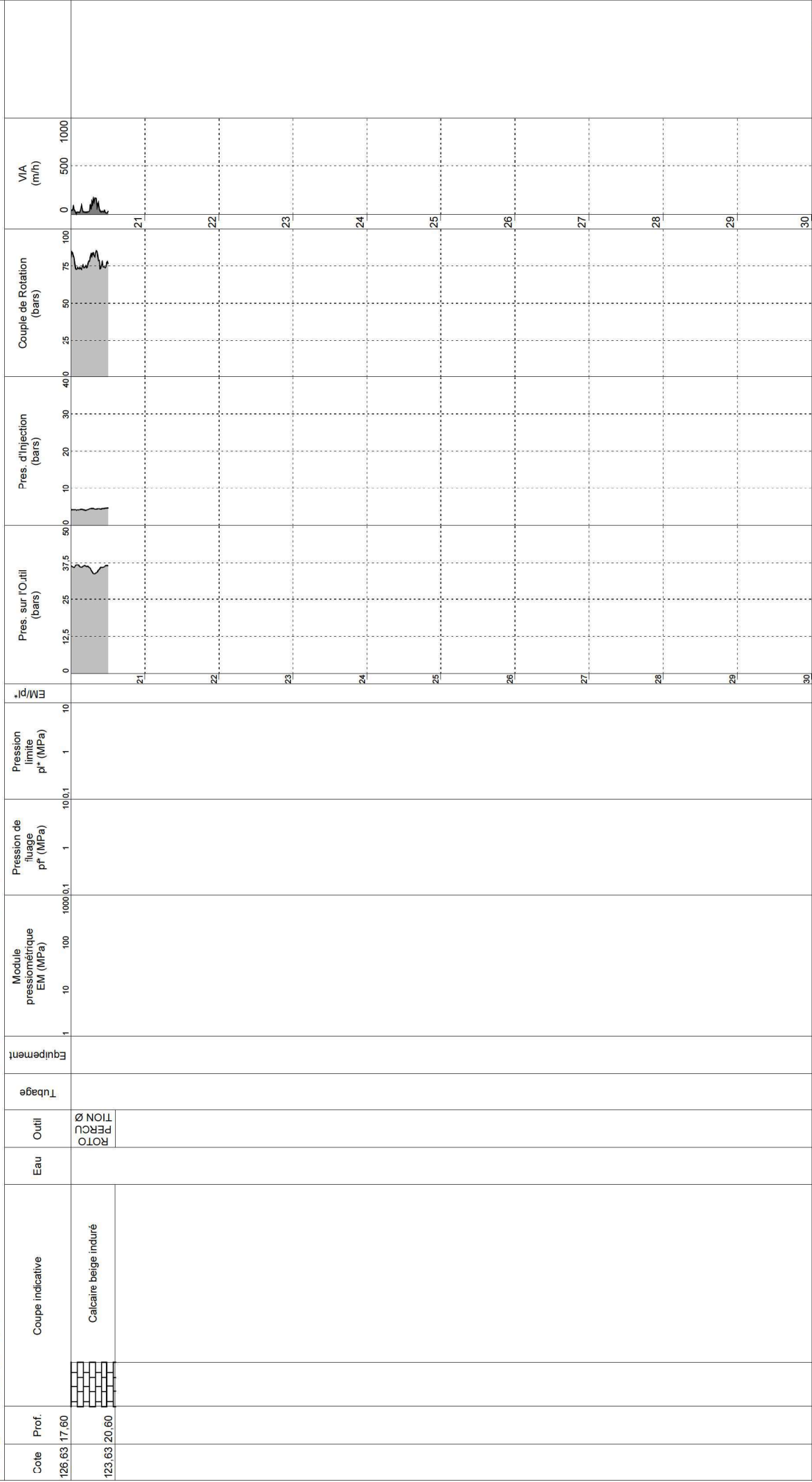
Date : 21/02/2018
Echelle : 1/50

Site : CROUTELE (86)
Reconnaissance géotechnique - OA RUFFIGNY
X :
Y :
Z : +144,23 NGF

Page : 1/3

Affaire : 17/09232/LARCH





SD3 ITEUIL-RUF	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Niveau d'eau		
	0,2687699	46,4729375	WGS 84		<input type="checkbox"/> Néant	<input type="checkbox"/> Non mesuré	<input type="checkbox"/> En cours de forage
	Élévation	Nivellement	Angle	Prof. atteinte	<input type="checkbox"/> Stabilisé	<input type="checkbox"/> Non stabilisé	<input type="checkbox"/> Sec
	+144,11 m	NGF	0,0°	36,0 m			

Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
DPR-SD3 Iteuil-Ruf	Paramètres destructifs	30/10/2023	31/10/2023	—	—

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Tubages	Equipements	Prof.	Vitesse d'avancement [m/h]	Pression de poussée [bar]	Pression d'injection [bar]	Couple de rotation [bar]
144,11	0						0	0	0	0	0
	1		Argile marron à brune à blocs calcaires	Tarière Ø 150 mm			1				
	2						2				
	3						3				
	4						4				
	5		5,2 m				5				
138,91			Calcaire	6 m			6				
138,11	6		Argile marron à brune à blocs calcaires				6				
	7						7				
	8						8				
	9		10 m				9				
134,11	10		Calcaire beige				10				
	11						11				
	12		12,4 m				12				
131,71			Calcaire +/- fracturé beige à blanc à passage sablo-argileux				13				
	13						14				
	14						15				
	15						16				
	16		16,8 m				17				
127,31	17		Calcaire beige à gris	18 m	18 m		18				
	18						19				
	19						20				
	20						21				
	21						22				
	22						23				
	23						24				
	24						25				
	25						26				
	26		26,00 - 27,00m: Vide ou passage décomprimé				27				
	27		27,00 - 28,00m: Passage humide				28				
	28						29				
	29						30				
	30		30,00 - 36,00m: Quelques passages humides				31				
	31						32				
	32						33				
	33						34				
	34						35				
	35						36				
108,11	36		36 m				36				

Commentaires MTF Ø 150 mm = Roto-percussion Ø 150 mm (Marteau fond de trou)
ODEX Ø150 = Roto-percussion Ø 150 mm à l'ODEX

SD4 ITEUIL-RUF	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Niveau d'eau		
	0,2687662	46,4729061	WGS 84		<input type="checkbox"/> Néant	<input type="checkbox"/> Non mesuré	<input checked="" type="checkbox"/> En cours de forage
	Élévation	Nivellement	Angle	Prof. atteinte	<input type="checkbox"/> Stabilisé	<input type="checkbox"/> Non stabilisé	<input type="checkbox"/> Sec

Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
DPR-SD4 Iteuil-Ruf	Paramètres destructifs	01/11/2023	01/11/2023	M414	—

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Tubages	Equipements	Prof.	Vitesse d'avancement [m/h]	Pression de poussée [bar]	Pression d'injection [bar]	Couple de rotation [bar]
144,2	0						0	0	0	0	0
	1		Argile marron à brune à blocs calcaires				1				
	2						2				
	3						3				
	4						4				
	5		5,6 m				5				
138,6	6		Banc calcaire beige				6				
	7		7,5 m				7				
136,7	8		Argile marron à brune à blocs calcaires				8				
	9						9				
	10						10				
	11						11				
	12						12				
	13						13				
	14						14				
	15		15,8 m				15				
128,4	16		Calcaire +/- fracturé à remplissage argilo-sableux				16				
	17						17				
	18						18				
	19		19,8 m				19				
124,4	20		Calcaire silicifié grisâtre				20				
	21						21				
	22						22				
	23						23				
	24						24				
	25						25				
	26						26				
	27		27,00 - 28,00m: Passage humide				27				
	28						28				
	29						29				
	30						30				
	31						31				
	32						32				
	33						33				
	34						34				
	35						35				
108,2	36						36				

Commentaires MTF Ø 150 mm = Roto-percussion Ø 150 mm (Marteau fond de trou)
ODEX Ø150 = Roto-percussion Ø 150 mm à l'ODEX

9.4 Annexe 4 : fichiers de calcul FOXTA

Données

Titre du projet : Ruffigny
Numéro d'affaire : 14.86.G875
Commentaires : N/A
Titre du calcul : Pieux pile cas 2 (Cas4)
Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)
Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques
Traitement des données : Traitement par couches
Pas du calcul (m) : 0,50
Section de calcul : Section de calcul circulaire
Diamètre de calcul (m) : 0,80
Classe du pieu : 1 - Pieu/micropieu foré
Catégorie du pieu : 3 [FTP] - Foré tubé (virole perdue)
Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,455	0,556	0,909	1,000

Cote de référence (m) : 143,30

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1×γR,d2
1	argile		Argile, limons	127,30	750,00	0,10	1,10	1,265
2	calcaire		Roche altérée et fragmentée	120,00	4500,00	200,00	1,45	1,265

Critère de calcul : Longueur imposée
Longueur du pieu (m) : 20,00
Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non
Contrôle de la résistance structurale de la section : Non



FoXta v4
v4.1.16

Imprimé le : 10/09/2024 - 16:19:57
Calcul réalisé par : CEREMA

Projet : G2-PRO_ruffigny_V3e
Module : Fondprof (Cas 4/4)
Titre du calcul : Pieux pile cas 2

File : C:\Users\JEAN-1.FIX\AppData\Local\Temp\Terrasol\FoXta v4\12256\FP.4.resu

Calcul réalisé le : 10/09/2024 à 12h33

par : CEREMA

- Options du calcul :
- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
 - calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
 - profil de pression limite pl* défini par couche
 - pour pieu de catégorie : 3
 - pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.636	0.778	0.909	1.000
Pointe	0.455	0.556	0.909	1.000

Cote de référence : 143.300

Section du pieu : 0.503

Périmètre : 2.513

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	127.30	750.0	0.10	1.00	1.10	1.26
02	120.00	4500.0	200.00	1.00	1.45	1.26

Pas du calcul : 0.50

SOLUTION

Calcul à longueur imposée : L = 20.00

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	143.30	0.10	750.0	1.000	0.0	377.0	135.6	165.7	270.9	298.0
01	142.80	0.10	750.0	1.013	0.1	381.7	137.4	167.8	274.4	301.8
01	142.30	0.10	750.0	1.025	0.3	386.4	139.1	170.0	277.9	305.7
01	141.80	0.10	750.0	1.038	0.4	391.1	140.9	172.1	281.3	309.5
01	141.30	0.10	750.0	1.050	0.5	395.8	142.6	174.3	284.8	313.3
01	140.80	0.10	750.0	1.063	0.6	400.6	144.4	176.4	288.3	317.1
01	140.30	0.10	750.0	1.075	0.8	405.3	146.1	178.6	291.8	321.0
01	139.80	0.10	750.0	1.088	0.9	410.0	147.9	180.7	295.2	324.8
01	139.30	0.10	750.0	1.100	1.0	414.7	149.7	182.9	298.7	328.6
01	138.80	0.10	750.0	1.100	1.1	414.7	149.7	183.0	298.8	328.7
01	138.30	0.10	750.0	1.100	1.3	414.7	149.8	183.0	298.9	328.8
01	137.80	0.10	750.0	1.100	1.4	414.7	149.9	183.1	299.0	328.9
01	137.30	0.10	750.0	1.100	1.5	414.7	149.9	183.2	299.1	329.0
01	136.80	0.10	750.0	1.100	1.6	414.7	150.0	183.3	299.2	329.1
01	136.30	0.10	750.0	1.100	1.8	414.7	150.0	183.3	299.3	329.2
01	135.80	0.10	750.0	1.100	1.9	414.7	150.1	183.4	299.3	329.3
01	135.30	0.10	750.0	1.100	2.0	414.7	150.2	183.5	299.4	329.4
01	134.80	0.10	750.0	1.100	2.1	414.7	150.2	183.6	299.5	329.5
01	134.30	0.10	750.0	1.100	2.3	414.7	150.3	183.7	299.6	329.6
01	133.80	0.10	750.0	1.100	2.4	414.7	150.4	183.7	299.7	329.7
01	133.30	0.10	750.0	1.100	2.5	414.7	150.4	183.8	299.8	329.8
01	132.80	0.10	750.0	1.100	2.6	414.7	150.5	183.9	299.9	329.9
01	132.30	0.10	750.0	1.100	2.8	414.7	150.5	184.0	300.0	330.0

01	131.80	0.10	750.0	1.100	2.9	414.7	150.6	184.0	300.1	330.1
01	131.30	0.10	750.0	1.100	3.0	414.7	150.7	184.1	300.2	330.2
01	130.80	0.10	750.0	1.100	3.1	414.7	150.7	184.2	300.2	330.3
01	130.30	0.10	750.0	1.100	3.3	414.7	150.8	184.3	300.3	330.4
01	129.80	0.10	750.0	1.100	3.4	414.7	150.9	184.4	300.4	330.5
01	129.30	0.10	750.0	1.100	3.5	414.7	150.9	184.4	300.5	330.6
01	128.80	0.10	750.0	1.100	3.6	414.7	151.0	184.5	300.6	330.7
01	128.30	0.10	1687.5	1.089	3.8	923.6	334.1	408.3	666.4	733.1
01	127.80	0.10	2625.0	1.057	3.9	1394.9	503.7	615.5	1005.1	1105.7
01	127.30	0.10	3562.5	1.042	4.0	1866.1	673.2	822.7	1343.8	1478.4
01	127.30	0.10	3562.5	1.042	4.0	1866.1	673.2	822.7	1343.8	1478.4
02	127.30	200.00	4500.0	1.150	4.0	2601.2	937.6	1145.8	1872.1	2059.5
02	126.80	200.00	4500.0	1.197	255.3	2707.3	1102.1	1347.0	2128.9	2342.0
02	126.30	200.00	4500.0	1.244	506.7	2813.3	1266.6	1548.1	2385.7	2624.5
02	125.80	200.00	4500.0	1.291	758.0	2919.3	1431.1	1749.3	2642.4	2907.0
02	125.30	200.00	4500.0	1.338	1009.3	3025.4	1595.6	1950.5	2899.2	3189.5
02	124.80	200.00	4500.0	1.384	1260.7	3131.4	1760.1	2151.7	3156.0	3472.0
02	124.30	200.00	4500.0	1.431	1512.0	3237.4	1924.6	2352.8	3412.8	3754.5
02	123.80	200.00	4500.0	1.450	1763.3	3279.8	2066.2	2526.0	3623.9	3986.7
02	123.30	200.00	4500.0	1.450	2014.6	3279.8	2192.6	2680.6	3804.5	4185.3

Données

Titre du projet : Ruffigny

Numéro d'affaire : 14.86.G875

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Pieux culées cas 2 (Cas3)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas du calcul (m) : 0,50

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,80

Classe du pieu : 1 - Pieu/micropieu foré

Catégorie du pieu : 3 [FTP] - Foré tubé (virole perdue)

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,455	0,556	0,909	1,000

Cote de référence (m) : 149,00

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1×γR,d2
1	remblai		Sables, graves	144,00	2500,00	0,10	1,10	1,265
2	argile		Argile, limons	127,30	750,00	0,10	1,15	1,265
3	calcaire		Roche altérée et fragmentée	110,00	4500,00	200,00	1,45	1,265

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 25,00

Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non



FoXta v4
v4.1.16

Imprimé le : 10/09/2024 - 16:19:13
Calcul réalisé par : CEREMA

Projet : G2-PRO_ruffigny_V3e
Module : Fondprof (Cas 3/4)
Titre du calcul : Pieux culées cas 2

File : C:\Users\JEAN-1.FIX\AppData\Local\Temp\Terrasol\FoXta v4\15772\FP.1.resu
Calcul réalisé le : 10/09/2024 à 16h16
par : CEREMA

- Options du calcul :
- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
 - calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
 - profil de pression limite pl* défini par couche
 - pour pieu de catégorie : 3
 - pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.636	0.778	0.909	1.000
Pointe	0.455	0.556	0.909	1.000

Cote de référence : 149.000
Section du pieu : 0.503
Périmètre : 2.513

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	144.00	2500.0	0.10	1.00	1.10	1.26
02	127.30	750.0	0.10	1.00	1.15	1.26
03	110.00	4500.0	200.00	1.00	1.45	1.26

Pas du calcul : 0.50

SOLUTION

Calcul à longueur imposée : L = 25.00

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	149.00	0.10	2500.0	1.000	0.0	1256.6	452.0	552.3	903.0	993.4
01	148.50	0.10	2500.0	1.013	0.1	1272.3	457.7	559.3	914.4	1005.9
01	148.00	0.10	2500.0	1.025	0.3	1288.1	463.4	566.3	925.7	1018.4
01	147.50	0.10	2500.0	1.038	0.4	1303.8	469.1	573.3	937.1	1030.9
01	147.00	0.10	2500.0	1.050	0.5	1319.5	474.8	580.2	948.5	1043.5
01	146.50	0.10	2500.0	1.063	0.6	1335.2	480.6	587.2	959.9	1056.0
01	146.00	0.10	2500.0	1.075	0.8	1350.9	486.3	594.2	971.3	1068.5
01	145.50	0.10	2500.0	1.088	0.9	1366.6	492.0	601.2	982.6	1081.0
01	145.00	0.10	2062.5	1.100	1.0	1140.4	410.7	501.9	820.2	902.3
01	144.50	0.10	1625.0	1.100	1.1	898.5	323.7	395.6	646.5	711.2
01	144.00	0.10	1187.5	1.100	1.3	656.6	236.8	289.4	472.7	520.0
01	144.00	0.10	1187.5	1.100	1.3	656.6	236.8	289.4	472.7	520.0
02	144.00	0.10	750.0	1.150	1.3	433.5	156.6	191.3	312.4	343.7
02	143.50	0.10	750.0	1.150	1.4	433.5	156.6	191.4	312.5	343.8
02	143.00	0.10	750.0	1.150	1.5	433.5	156.7	191.5	312.6	343.9
02	142.50	0.10	750.0	1.150	1.6	433.5	156.8	191.6	312.7	344.0
02	142.00	0.10	750.0	1.150	1.8	433.5	156.8	191.6	312.8	344.1
02	141.50	0.10	750.0	1.150	1.9	433.5	156.9	191.7	312.9	344.2
02	141.00	0.10	750.0	1.150	2.0	433.5	156.9	191.8	313.0	344.3
02	140.50	0.10	750.0	1.150	2.1	433.5	157.0	191.9	313.1	344.4
02	140.00	0.10	750.0	1.150	2.3	433.5	157.1	191.9	313.2	344.5
02	139.50	0.10	750.0	1.150	2.4	433.5	157.1	192.0	313.2	344.6



FoXta v4
v4.1.16

Imprimé le : 10/09/2024 - 16:19:13
Calcul réalisé par : CEREMA
Projet : G2-PRO_ruffigny_V3e
Module : Fondprof (Cas 3/4)
Titre du calcul : Pieux culées cas 2

02	139.00	0.10	750.0	1.150	2.5	433.5	157.2	192.1	313.3	344.7
02	138.50	0.10	750.0	1.150	2.6	433.5	157.3	192.2	313.4	344.8
02	138.00	0.10	750.0	1.150	2.8	433.5	157.3	192.3	313.5	344.9
02	137.50	0.10	750.0	1.150	2.9	433.5	157.4	192.3	313.6	345.0
02	137.00	0.10	750.0	1.150	3.0	433.5	157.5	192.4	313.7	345.1
02	136.50	0.10	750.0	1.150	3.1	433.5	157.5	192.5	313.8	345.2
02	136.00	0.10	750.0	1.150	3.3	433.5	157.6	192.6	313.9	345.3
02	135.50	0.10	750.0	1.150	3.4	433.5	157.6	192.6	314.0	345.4
02	135.00	0.10	750.0	1.150	3.5	433.5	157.7	192.7	314.1	345.5
02	134.50	0.10	750.0	1.150	3.6	433.5	157.8	192.8	314.2	345.6
02	134.00	0.10	750.0	1.150	3.8	433.5	157.8	192.9	314.2	345.7
02	133.50	0.10	750.0	1.150	3.9	433.5	157.9	192.9	314.3	345.8
02	133.00	0.10	750.0	1.150	4.0	433.5	158.0	193.0	314.4	345.9
02	132.50	0.10	750.0	1.150	4.1	433.5	158.0	193.1	314.5	346.0
02	132.00	0.10	750.0	1.150	4.3	433.5	158.1	193.2	314.6	346.1
02	131.50	0.10	750.0	1.150	4.4	433.5	158.1	193.3	314.7	346.2
02	131.00	0.10	750.0	1.150	4.5	433.5	158.2	193.3	314.8	346.3
02	130.50	0.10	750.0	1.150	4.6	433.5	158.3	193.4	314.9	346.4
02	130.00	0.10	750.0	1.150	4.8	433.5	158.3	193.5	315.0	346.5
02	129.50	0.10	750.0	1.150	4.9	433.5	158.4	193.6	315.1	346.6
02	129.00	0.10	750.0	1.150	5.0	433.5	158.5	193.6	315.1	346.7
02	128.50	0.10	1312.5	1.150	5.2	758.7	275.5	336.6	548.9	603.8
02	128.00	0.10	2250.0	1.100	5.3	1244.1	450.1	550.0	897.8	987.6
02	127.50	0.10	3187.5	1.071	5.4	1715.3	619.7	757.2	1236.5	1360.2
02	127.30	0.10	3562.5	1.063	5.5	1903.8	687.5	840.1	1371.9	1509.3
03	127.30	200.00	4500.0	1.150	5.5	2601.2	938.4	1146.7	1873.1	2060.6
03	126.80	200.00	4500.0	1.197	256.8	2707.3	1102.9	1347.8	2129.9	2343.1
03	126.30	200.00	4500.0	1.244	508.1	2813.3	1267.4	1549.0	2386.7	2625.6
03	125.80	200.00	4500.0	1.291	759.4	2919.3	1431.9	1750.2	2643.5	2908.1
03	125.30	200.00	4500.0	1.338	1010.8	3025.4	1596.3	1951.4	2900.3	3190.6
03	124.80	200.00	4500.0	1.384	1262.1	3131.4	1760.8	2152.5	3157.0	3473.1
03	124.30	200.00	4500.0	1.431	1513.4	3237.4	1925.3	2353.7	3413.8	3755.6
03	124.00	200.00	4500.0	1.442	1664.2	3262.9	2010.3	2457.6	3540.5	3894.9



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN