

**Décision n° DRIEAT-SCDD-2023-149 du 31 août 2023  
Portant obligation de réaliser une évaluation environnementale  
en application de l'article R.122-3-1 du code de l'environnement**

**LE PRÉFET DE LA RÉGION D'ÎLE-DE-FRANCE  
PRÉFET DE PARIS  
OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR  
OFFICIER DE L'ORDRE NATIONAL DU MÉRITE**

**VU** la directive 2011/92/UE du Parlement européen et du Conseil du 13 décembre 2011 concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement, notamment son anexe III ;

**VU** le code de l'environnement, notamment ses articles L.122-1, R.122-2, R.122-3 et R.122-3-1 ;

**VU** le décret n° 2020-844 du 3 juillet 2020 relatif à l'autorité environnementale et à l'autorité chargée de l'examen au cas par cas ;

**VU** le décret du 22 juillet 2020 portant nomination de Monsieur Marc GUILLAUME en qualité de préfet de la région d'Île-de-France, préfet de Paris ;

**VU** l'arrêté n° IDF-2022-07-19-00005 du 19 juillet 2022 portant délégation de signature à Madame Emmanuelle GAY, directrice régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports d'Île-de-France en matière administrative ;

**VU** la décision DRIEAT-IDF n° 2023-0658 du 28 juillet 2023 portant subdélégation de signature en matière administrative de Madame Emmanuelle GAY, directrice régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports d'Île-de-France, à ses collaborateurs ;

**VU** l'arrêté de la ministre de l'environnement, de l'énergie et de la mer, chargée des relations internationales sur le climat du 12 janvier 2017 fixant le modèle du formulaire de la « demande d'examen au cas par cas » en application de l'article R.122-3 du code de l'environnement ;

**VU** la demande d'examen au cas par cas n° F01123P0128 relative au projet de requalification du pôle gare situé au niveau de la gare ferroviaire et routière à Sainte-Geneviève-des-Bois dans le département de l'Essonne, reçue complète le 26 juillet 2023 ;

**VU** l'avis de l'agence régionale de la santé d'Île-de-France daté du 7 août 2023 ;

Considérant que le projet de requalification du pôle gare (98 824 m<sup>2</sup> d'emprise) consiste en :

- l'aménagement d'un carrefour entre la RD 25 et la RD 35 et un réaménagement viaire global ;
- le déplacement et l'aménagement de la gare routière ;

- la construction d'un parc de stationnement en silo sur quatre niveaux pour 950 places ;
- la création d'un parking paysager de 100 places ;
- la création d'un espace vert de 7 200 m<sup>2</sup> ;

Considérant que le projet crée une surface de plancher au sens de l'article R.111-22 du code de l'urbanisme supérieure à 10 000 m<sup>2</sup>, et qu'il relève donc de la rubrique 39° a), « Projets soumis à examen au cas par cas », du tableau annexé à l'article R. 122-2 du code de l'environnement ;

Considérant que le projet, prévoit la création d'une aire de stationnement ouverte au public, et susceptible d'accueillir plus de 50 unités, et qu'il relève donc de la rubrique 41°a), « Projets soumis à examen au cas par cas » du tableau annexé à l'article R.122-2 du code de l'environnement ;

Considérant que le pôle gare se situe dans une zone sensible pour la qualité de l'air et que la phase chantier comprendra une phase de démolition puis une phase de construction qui seront sources d'impacts paysagers et sanitaires potentiellement importants : pollution de l'air, bruit, déblais de déchets inertes ou dangereux pouvant contenir de l'amiante ;

Considérant que le pôle gare se situe dans une zone sensible pour la qualité de l'air et que la requalification du pôle gare va entraîner la création de 1050 places de stationnement automobile susceptible d'accroître le trafic sur la zone et qu'il convient d'évaluer les impacts de cette augmentation sur la qualité de l'air et l'ambiance sonore ;

Considérant que le diagnostic écologique annexé au formulaire d'examen au cas par cas, relève la présence sur le site d'espèces protégées et/ou patrimoniales et que la création du parking paysager va entraîner la coupe d'un grand nombre d'arbres constitutifs d'un habitat pour les populations de chiroptères et que le dossier ne prévoit à cet égard aucune mesure de nature à éviter, réduire ou compenser ces incidences ;

Considérant que le projet conduira, dans un secteur urbanisé, à la destruction d'un espace arboré ancien susceptible de présenter un intérêt pour l'écoulement des eaux pluviales, les continuités écologiques, le climat, et le paysage et que le dossier n'évalue pas la perte de ces éléments ;

Considérant que l'étude pédologique annexé au formulaire d'examen au cas par cas, relève la présence sur le site d'une zone humide de 540 m<sup>2</sup> et que le dossier mentionne un potentiel rabattement de nappe en phase travaux, le dossier n'évalue pas l'influence de ce rabattement sur la zone humide ;

Considérant que le projet pourrait conduire à la production d'un volume de déblais excédentaires issus des opérations de démolition en quantités notables et que le maître d'ouvrage est tenu d'en assurer ou d'en faire assurer la gestion, en privilégiant la réutilisation, le réemploi et le recyclage (articles L.541-1 II-2° et L.541-2 du code de l'environnement) ;

Considérant que le dossier juge nécessaire la réalisation d'une évaluation environnementale compte tenu du fait qu'un certain nombre de points relatifs à la conception du projet restent à éclaircir ;

Considérant qu'au regard de l'ensemble des éléments fournis par le maître d'ouvrage, le projet est susceptible d'avoir des impacts notables sur l'environnement ou sur la santé ;

## DÉCIDE

**Article 1 :** Le projet de requalification du pôle gare sur la commune de Sainte-Geneviève-des-Bois dans le département de l'Essonne nécessite la réalisation d'une évaluation environnementale, devant se conformer aux dispositions des articles L.122-1, R.122-1 et R.122-5 à R.122-8 du code de l'environnement.

Les objectifs spécifiques poursuivis par la réalisation de l'évaluation environnementale du projet sont explicités dans la motivation de la présente décision. Ces derniers s'expriment sans préjudice de l'obligation pour le maître d'ouvrage de respecter le contenu de l'étude d'impact, tel que prévu par l'article R.122-5 du code de l'environnement.

Ils concernent notamment :

- l'analyse des effets du projet sur la qualité de l'air, dans un contexte de sensibilité de la zone ;
- l'évaluation des impacts sur les milieux naturels, y compris les zones humides ;
- l'évaluation des impacts sur la santé humaine ;
- l'élaboration de mesures visant à éviter, réduire ou compenser les incidences négatives attachées à la destruction d'habitats naturels et aux atteintes portés à la biodiversité ;
- les précisions à apporter sur l'emplacement des infrastructures ;
- la gestion des impacts liés aux travaux ;

**Article 2 :** La présente décision, délivrée en application de l'article R.122-3-1 du code de l'environnement, ne dispense pas des autorisations administratives auxquelles le projet peut être soumis.

**Article 3 :** En application de l'article R.122-3-1 (IV) précité, la présente décision sera publiée sur le site Internet de la préfecture de région et de la direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports d'Île-de-France. Elle devra également figurer dans les dossiers soumis à enquête publique ou mis à disposition du public conformément à l'article L.122-1-1.

Pour le préfet de la région d'Île-de-France, préfet de Paris, et  
par délégation,  
La directrice régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports d'Île-de-France  
p/o  
France  
La directrice adjointe

## Voies et délais de recours

La présente décision peut faire l'objet d'un recours gracieux formé dans un délai de deux mois à compter de sa notification ou de sa mise en ligne sur internet.

Lorsqu'elle soumet un projet à évaluation environnementale, la présente décision peut également faire l'objet d'un recours contentieux formé dans les mêmes conditions. Sous peine d'irrecevabilité de ce recours, un recours administratif préalable est obligatoire (RAPO) conformément aux dispositions du VII de l'article R. 122-3-1 du code de l'environnement. Ce recours suspend le délai du recours contentieux.

**Le recours gracieux ou le recours administratif préalable obligatoire (RAPO) doit être adressé à :**

Monsieur le préfet de la région d'Île-de-France

Adresse postale : DRIEAT IF – SCDD/DEE – 12 Cours Louis Lumière – CS 70027 – 94307 VINCENNES CEDEX

Le recours doit être formé dans le délai de 2 mois à compter de la notification ou publication de la décision.

**Le recours hiérarchique**, qui peut être formé auprès du ministre de la transition écologique et de la cohésion des territoires, dans le délai de deux mois à compter de la notification ou publication de la décision, n'a pas pour effet de suspendre et proroger le délai du recours contentieux.

Le recours est adressé à :

Monsieur le ministre de la transition écologique et de la cohésion des territoires

Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires

92055 Paris La Défense Cedex

**Le recours contentieux** doit être formé dans un délai de deux mois à compter du rejet du RAPO auprès du tribunal administratif compétent.

La décision dispensant d'évaluation environnementale rendue au titre de l'examen au cas par cas ne constitue pas une décision faisant grief mais un acte préparatoire ; elle ne peut faire l'objet d'un recours contentieux direct. Comme tout acte préparatoire, elle est susceptible d'être contestée à l'occasion d'un recours dirigé contre la décision ou l'acte autorisant le projet.



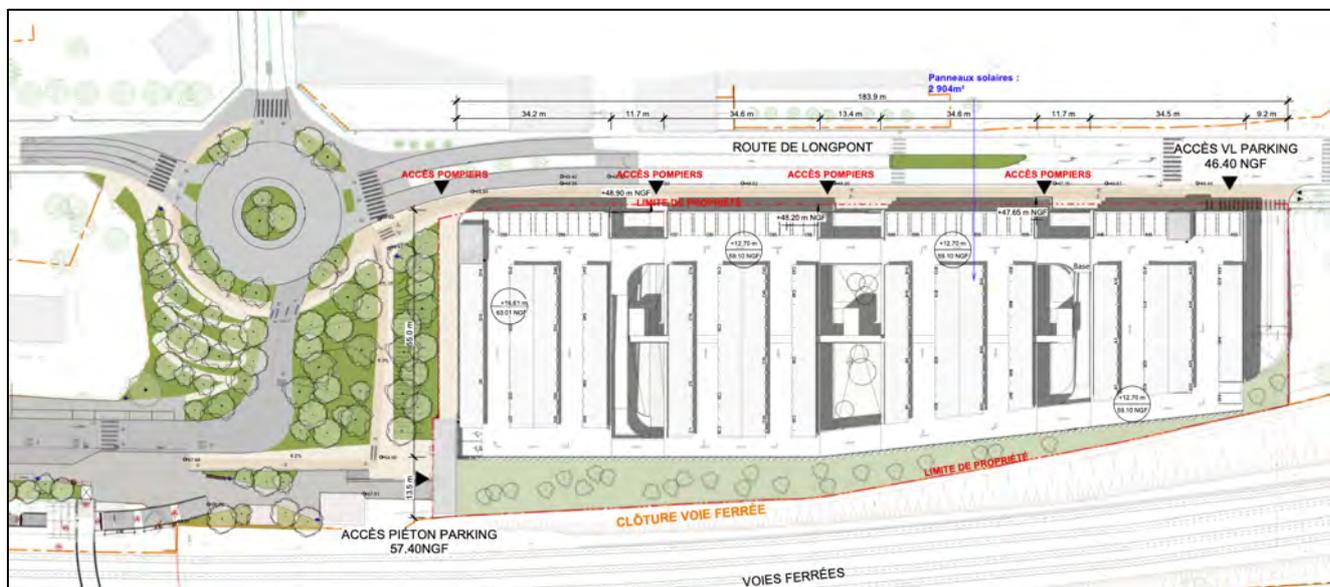
# ÉTUDE GÉOTECHNIQUE G2 AVP

## CONSTRUCTION D'UN PARKING SILO

Place de la Gare  
91700 SAINTE GENEVIEVE DES BOIS

CLIENT : CŒUR D'ESSONNE AGGLOMÉRATION

Référence de la Proposition : N°118017 SC MAS 09 a  
Rédacteur : Simon COUTAZ



Agence	N° Dossier	N° pièce	Mission	Rédigé par	Validé par	Date	Commentaires / version
SC MAS	118017	3	G2 AVP	SC	CC	29/11/2024	Rapport initial
SC MAS	118017	1	G1 PGC	CC	SC	24/01/2023	Rapport G1 PGC « Parking Silo »

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. SYNTHÈSE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. MISSIONS – GÉNÉRALITÉS - TRAVAUX ENGAGÉS .....</b>	<b>4</b>
2.1. MISSION - GÉNÉRALITÉS .....	4
2.2. DOCUMENTS EN NOTRE POSSESSION POUR LA RÉDACTION DE L'ÉTUDE .....	6
2.3. TRAVAUX EXÉCUTÉS – LIMITES DES MÉTHODES.....	6
2.4. NIVELLEMENT DES TÊTES DE SONDAGES .....	7
2.5. SCHÉMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES .....	7
<b>3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE .....</b>	<b>8</b>
3.1. ÉTUDE DE SITE / SENSIBILITÉ .....	8
3.2. BILAN DE SENSIBILITÉ.....	10
3.3. NATURE DES SOLS / PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES .....	10
3.4. ESSAIS LABORATOIRE .....	13
3.5. EAU PHRÉATIQUE.....	14
3.6. AGRESSIVITÉ DU MILIEU VIS-À-VIS DES BÉTONS.....	15
3.7. SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE .....	16
<b>4. PROJET.....</b>	<b>18</b>
4.1. CONSTRUCTIONS ENVISAGÉES .....	18
4.2. APPROCHE DE LA Z.I.G. - MITOYENS.....	19
<b>5. GÉOTECHNIQUE DES FONDATIONS.....</b>	<b>20</b>
5.1. CHOIX D'UN MODE DE FONDATION PAR PIEUX.....	20
5.2. DIMENSIONNEMENT GÉOTECHNIQUE DES PIEUX.....	21
5.3. SOLlicitATIONS LATÉRALES SUR LES PIEUX.....	24
5.4. PRÉCONISATIONS D'EXÉCUTION ET DE CONCEPTION .....	24
<b>6. SOUTÈNEMENTS .....</b>	<b>25</b>
6.1. CONFIGURATION DES SOUTÈNEMENTS / CHOIX DES TECHNIQUES .....	25
6.2. MODÈLE DE TERRAIN .....	25
6.3. PRÉ-DIMENSIONNEMENT DE LA PAROI COMPOSITE.....	26
<b>7. PROTECTION CONTRE LES EAUX.....</b>	<b>28</b>
7.1. GÉNÉRALITÉS.....	28
7.2. NIVEAUX D'EAU CONNUS À CE STADE .....	28
7.3. PRÉCONISATIONS EN PHASE PROVISoire DE CHANTIER.....	28
7.4. PRÉCONISATIONS EN PHASE SERVICE .....	29
<b>8. NIVEAU BAS .....</b>	<b>30</b>
<b>9. ANNEXES.....</b>	<b>31</b>
9.1. MISSIONS GÉOTECHNIQUES.....	32
9.2. INTERPRÉTATION DES REMONTÉES DE CUTTINGS .....	34
<b>10. ANNEXES NON NUMÉROTÉES .....</b>	<b>47</b>

## 1. SYNTHÈSE

*Il s'agit d'une synthèse non technique résumant les informations à notre disposition actuellement (qui pourront évoluer avec les éventuelles reconnaissances complémentaires). Il s'agit d'un résumé et d'une aide à la lecture. Seul le rapport et ses annexes peut nous être opposable.*

<b>Client</b>	<b>CŒUR D'ESSONNE AGGLOMÉRATION</b> 1 Place Saint Exupéry La Maréchaussée 91700 SAINTE GENEVIEVE DES BOIS
<b>Mission</b>	Étude géotechnique G2 AVP
<b>Projet</b>	Construction d'un parking silo de 3 niveaux de superstructure, semi enterré sur 1 à 2 niveaux du côté de la voie SNCF.
<b>Contexte Géologique</b>	Contexte général de coteau caractérisé par la succession géologique suivante : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Éboulis de pente argilo-marneux ;</li> <li>- Substratum Ludien (faciès de transition entre les Masses et Marnes du Gypse et le Calcaire de Champigny).</li> </ul>
<b>Aléas recherchés</b>	Coupe lithologique du terrain ; Caractéristiques mécaniques des horizons géologiques ; Niveau de la nappe phréatique ; Agressivité des sols vis-à-vis des bétons.
<b>Aléas résiduels (non limitatif)</b>	Intensité des écoulements collinaires de surface (fouilles de reconnaissances à prévoir) Variations latérales des horizons géologiques, notamment épaisseur et nature des Éboulis;
<b>Fondations</b>	Fondations profondes de type pieux
<b>Soutènements</b>	Paroi composite
<b>Protection contre les eaux</b>	Phase chantier : Drainage des écoulements collinaires Phase service : Cuvelage des verticaux
<b>Niveau bas</b>	Plancher porté sur vide technique

## 2. MISSIONS – GÉNÉRALITÉS - TRAVAUX ENGAGÉS

### 2.1. MISSION - GÉNÉRALITÉS

Nous fournissons quelques éléments ci-après pour aider les lecteurs de ce présent rapport à comprendre quelles sont les limites liées aux missions géotechniques et donc à ce présent rapport. Bien entendu on se référera à la norme **NF P 94.500** novembre 2013 pour avoir une vision plus exhaustive.

Les missions géotechniques ont pour but d’appréhender le milieu naturel et de diminuer les aléas y afférant. Cette réduction de l’aléa se fait par étapes successives, allant du général au particulier, de la reconnaissance globale à la reconnaissance locale, en adaptant les investigations et les études à la sensibilité réelle du projet.

On trouve dans le tableau ci-dessous l'enchaînement des différentes missions, leurs objectifs et le niveau de management des risques attendus.

Enchaînement des missions G1 à G4	Mission d'ingénierie géotechnique et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendus
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
	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
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	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
	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet	
	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		
	Étude géotechnique d'exécution (G3) Phase Étude (indissociable de la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude d'exécution (indissociable de 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)
	Suivi géotechnique d'exécution (G3) Phase Suivi (indissociable de la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi d'exécution (indissociable de la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage	
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	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

Par ailleurs, la révision de la norme 94-500 permet aujourd'hui une correspondance simple entre les missions d'ingénierie généraliste et les missions géotechniques (voir page suivante).

Cette étude s'inscrit dans le cadre des missions géotechniques normalisées (NF P 94-500 – novembre 2013) comme une mission de type **G2 « phase avant-projet »** (le détail des missions est repris en annexe).

INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE NFP 94-500 version 2013			INGÉNIERIE GÉNÉRALISTE	MISSION CONFIEE	
Étape 1	Étude géotechnique préalable	G1	Phase étude de site <b>ES</b>	<b>ESQUISSE</b>	
			Phase Principes généraux de constructions <b>PGC</b>	<b>APS</b>	
Étape 2	Étude géotechnique de conception	G2	Phase avant-projet ( <b>AVP</b> )	<b>APD</b>	<b>X</b>
			Phase <b>projet*</b>	<b>AVP</b>	
			Phase <b>DCE/ACT</b>	<b>PROJET</b>	
				<b>DCE</b>	
Étape 3	Suivi géotechnique d'exécution	G3	Étude géotechnique d'exécution	<b>ACT</b>	
			Suivi géotechnique d'exécution	<b>EXE</b>	
	Supervision géotechnique d'exécution	G4	Supervision de l'étude d'exécution	<b>DET/AOR</b>	
			Supervision du suivi d'exécution	<b>VISA</b>	
-	Diagnostic géotechnique	G5	Étude d'un élément particulier	<b>DET/AOR</b>	
-				-	

\* Les missions G2 PRO ne comprennent pas ICI l'approche des coûts des ouvrages, des délais de réalisation ni l'établissement de plans de fondations ou de soutènement, ces prestations n'entrant pas dans le champ de compétence d'un BET Géotechnique stricto sensu. Si besoin, ces prestations seront confiées à un économiste de la construction et un BET Structures de Conception.

## Réponses aux questions fréquemment posées :

### Peut-on reprocher au géotechnicien un dépassement de délais, de quantités, de coût sur la base d'une mission G1 ?

La norme 94.500 indique que les missions de type G1 excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages qui entrent dans le cadre exclusif d'une mission d'étude géotechnique de conception phase projet.

### Le respect de la norme est-il obligatoire ?

Le respect d'une norme NF n'est pas obligatoire. En revanche signer un contrat avec un prestataire qui la respecte revient tacitement à la respecter sauf à dégager le prestataire de ces engagements et responsabilités contractuelles.

### Toutes les missions sont-elles obligatoires ?

La norme indique que toutes les missions doivent être réalisées, ce qui dans les faits est d'ailleurs toujours le cas, mais pas toujours par le géotechnicien. Ainsi, si ce n'est pas le géotechnicien qui rédige les pièces écrites, approuve les plans de l'entreprise et suit les travaux par exemple, ce sont ceux qui se sont substitués à lui qui ont de fait réalisé les missions correspondantes. Il appartient donc de vérifier dans ce cas que ces intervenants ont la compétence et les assurances pour réaliser ces missions.

Nous sommes à la disposition du lecteur pour apporter toutes les précisions nécessaires pour la bonne compréhension de ces missions. Un extrait des missions est fourni en annexe.

## CONDITIONS D'EXPLOITATIONS DU PRÉSENT RAPPORT

Il s'agit d'investigations géotechniques qui ne peuvent, en aucun cas, détecter d'éventuelles pollutions des sols.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les "conditions d'exploitation et de validité des études de sols" décrites en annexe.

Le maître d'ouvrage devra nous informer de la DROC (date réelle d'ouverture de chantier), et faire réactualiser le présent rapport en cas de modification du projet ou d'ouverture du chantier plus de 2 ans après la date du présent rapport.

## 2.2. DOCUMENTS EN NOTRE POSSESSION POUR LA RÉDACTION DE L'ÉTUDE

Nature du document	Date	Échelle
Coupe IMP Talus SNCF – APS	07/05/2024	1/200
Carnet Graphique comprenant le plan masse, les plans de niveaux, les plans de façades et les plans de coupes du projet – APS	17/07/2024	-
Plan topographique Pôle Gare – Indice B	19/06/2022	1/200

## 2.3. TRAVAUX EXÉCUTÉS – LIMITES DES MÉTHODES

*Le relevé des coupes des sondages pressiométriques (de type destructif) a été réalisé en observant les remontées de cuttings (terrain détruit par l'outil de perforation et remonté en surface par la circulation de la boue de forage). Cette méthode est imprécise et ne permet pas une finesse de relevé d'un carottage. Le relevé des remontées de cuttings et les diagraphies instantanées correspondantes sont fournis en annexe.*

Campagne réalisée pour la mission G1 PGC

TYPE DE SONDRAGE ET D'ESSAIS IN SITU OU EN LABORATOIRE	RÉFÉRENCE	PROFONDEUR
Sondages pressiométriques Ø 63 mm (forage à la tarière en tête)	SP1 à SP5	30,0 m
Essais pressiométriques	Nombre total : 125	Répartis dans les sondages pressiométriques
Sondage carotté	SC1	11,4 m
Piézomètre (dans SC1)	Pz	10,0 m
Tests d'agressivité du sol sur les bétons	Nombre : 4	Répartis dans le sondage carotté
<b>DATE DE RÉALISATION DE LA CAMPAGNE IN SITU : du 03 au 18 janvier 2023</b>		

Campagne réalisée pour la mission G2 AVP

TYPE DE SONDRAGE ET D'ESSAIS IN SITU	RÉFÉRENCE	PROFONDEUR
Sondages pressiométriques Ø 63 mm	SP24 à SP30	25 m
Essais pressiométriques	Nombre total : 96	Répartis dans les sondages pressiométriques
Sondage carotté Ø 100 mm	SC21 à SC23	15,0 m + 2 x 12 m
<b>DATE DE RÉALISATION DE LA CAMPAGNE IN SITU : du 28 octobre au 7 novembre 2024</b>		

Conformément à la normalisation en vigueur, les sondages ont tous été rebouchés en fin de campagne.

**Remarque relative aux relevés piézométriques :** Lorsque des piézomètres sont disponibles sur chantier (par exemple, dans le cadre d'un suivi piézométrique), nous prenons en compte ces mesures si elles nous sont communiquées. Dans le cas contraire, des mesures ponctuelles de niveau d'eau sont effectuées directement dans les trous de forage, avant leur obturation en fin de chantier. Sauf demande spécifique de la part du Maître de l'Ouvrage, qui doit alors faire la déclaration correspondante auprès de la Police de l'Eau, nous ne posons pas de piézomètre au sens strict du terme.

**Remarque relative aux limites d'exploitation de cette étude :**

- Ce rapport ne traite pas des VRD au sens large, ces études spécifiques restent du ressort de BET Spécialisés.
- Ce rapport ne traite pas de l'étude des grues de chantier et des grues mobiles qui devra être réalisée par un bureau d'étude spécialisé.

## 2.4. NIVELLEMENT DES TÊTES DE SONDAGES

Les altimétries des têtes de sondages sont données à titre indicatif. Elles sont extrapolées à partir du plan géométrique communiqué et seul un levé de géomètre peut fournir un calage précis des têtes de sondages. Si ce relevé montre des différences, le rapport devra être revu en conséquence :

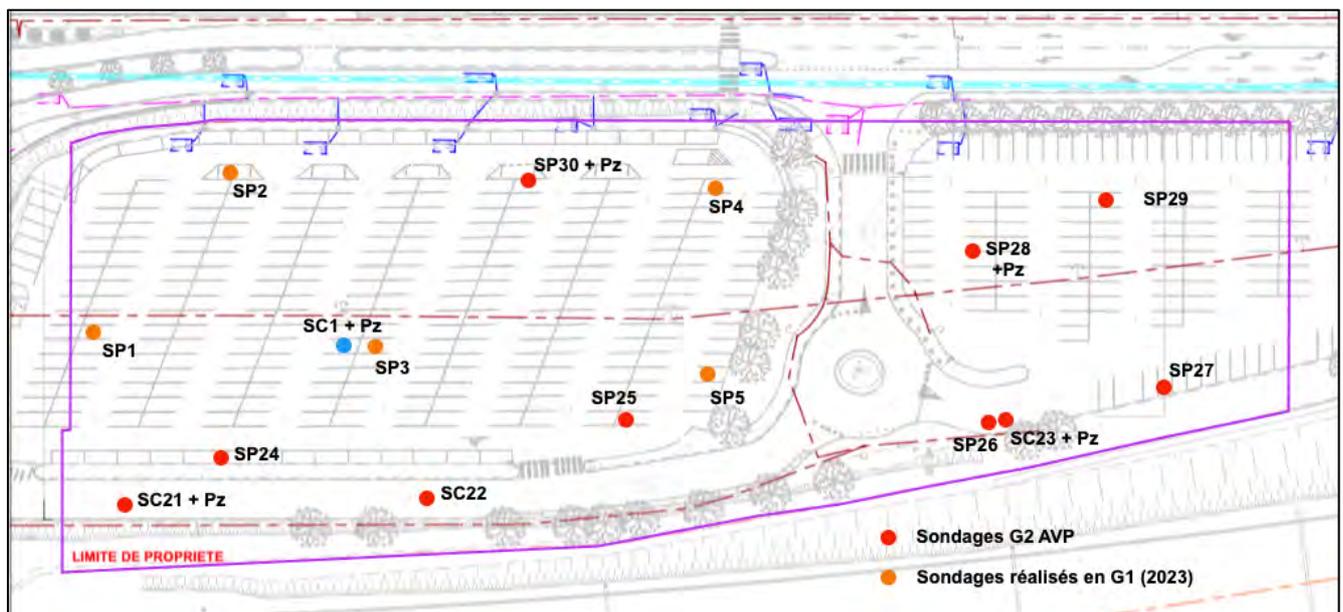
Sondage	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SC1
NGF extrapolé	# 54,2	# 52,1	# 53,0	# 50,0	# 52,5	# 53,0

Sondage	SP24	SP25	SP26	SP27	SP28	SP29	SP30
NGF extrapolé	# 54,6	# 53,7	# 51,3	# 50,4	# 49,1	# 48,4	# 50,9

Sondage	SC21	SC22	SC23
NGF extrapolé	# 55,3	# 54,6	# 51,3

## 2.5. SCHÉMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES

L'implantation fournie sur ce schéma peut présenter des imprécisions. Si une implantation précise est requise, un relevé de géomètre sera alors nécessaire.



### 3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE

#### 3.1. ÉTUDE DE SITE / SENSIBILITÉ



#### SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le terrain se situe en contexte de coteau, sur le versant Sud-Est de la vallée de l'Orge et de la Boële.

Du fait de ce contexte, le site s'inscrit dans une pente générale orientée vers le Nord-Ouest, c'est-à-dire vers les cours d'eau de l'Orge et de la Boële située respectivement à environ 400 m et 300 m du site.



D'après le plan topographie communiqué nous retiendront une altimétrie du site comprise entre 56,0 NGF et 49,5 NGF.



#### HISTORIQUE DU SITE

D'après les anciennes photographies aériennes disponibles sur « remonterletemps.ign.fr » le site a semble t'il toujours été occupé par des parcelles agricoles ou végétalisées avant devenir vers 1973 un parking.



#### SITUATION GÉOLOGIQUE

D'après la carte géologique à l'échelle 1/50.000 de CORBEIL-ESSONNES, la suite lithologique attendue au droit du site, sous les remblais urbains, est la suivante :

- des Éboulis de coteau (EC) ;
- des Marnes Supragypseuses (e<sub>7c</sub>) ;
- des Masses et Marnes du Gypse / Calcaire de Champigny (e<sub>7b</sub>).

#### Remarque :

La géologie du secteur est marquée par la présence d'un faciès de transition (en vert) entre les Masses et Marnes du Gypse (plutôt au N-O du territoire : en jaune) et le Calcaire de Champigny (plutôt au S-E du territoire : en bleu)

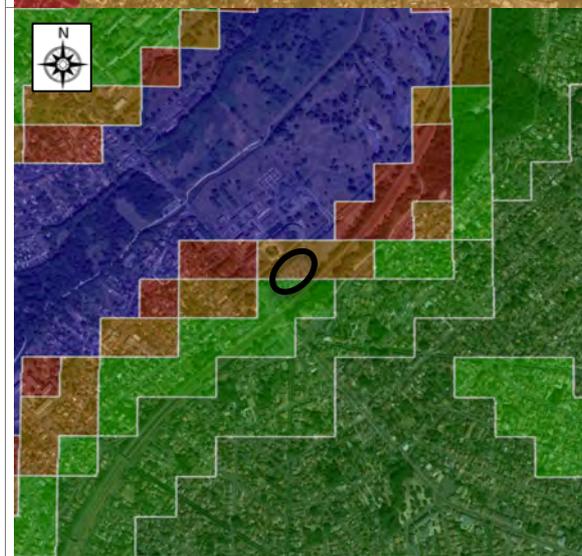




### RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

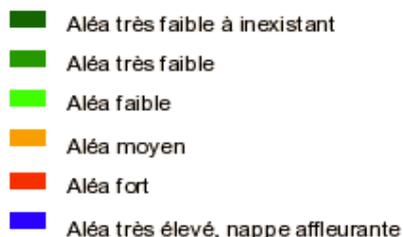
La parcelle étudiée se situe en zone d'exposition forte vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles.

Cette exposition, définie par le BRGM est lié à la sensibilité des sols présents en surface mais aussi à la sinistralité enregistrée.



### SENSIBILITÉ AUX REMONTÉES DE NAPPE

D'après la carte de sensibilité aux « remontées de nappes et crues », le projet se situe en zone d'aléa faible à moyen.



### RISQUE INONDATION PAR DÉBORDEMENT DE COURS D'EAU

D'après le Plan de Prévention des Risques d'Inondation des vallées de l'Orge et de la Sallemouille (*planche 13 de la cartographie réglementaire*), le site se localise hors zone inondable.

#### Zonage réglementaire



#### Élément de repérage



### 3.2. BILAN DE SENSIBILITÉ

Type d'aléa	Niveau de risque
Retrait / gonflement des sols argileux	Aléa fort d'après le BRGM
Inondation par débordement d'un cours d'eau	Hors zone inondable d'après le PPRI
Mouvement de terrain.	Hors zone d'aléa
Extraction souterraine de matériaux	Aléa faible. Pas d'exploitation de matériaux connue
Extraction à ciel ouvert de matériaux.	Aléa faible. Pas d'exploitation de matériaux connue
Sismicité	Zone I très faible.

### 3.3. NATURE DES SOLS / PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES

La campagne de reconnaissance effectuée a permis de mettre en évidence la suite lithologique suivante, au droit de nos sondages :

Remblais	
<p>En tête de forage, sous la couche d'enrobé, les terrains sont composés de remblais correspondant certainement en partie à la couche de forme du parking (sablon). Rencontrés sur des épaisseurs variant de 0,7 à 1,5 m.</p> <p>Rappelons que par nature, ces terrains peuvent présenter des variations brutales d'épaisseur et/ou de nature ou des sur-profondeurs localisées ; en particulier :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• à proximité des bâtiments mitoyens (<i>fondations, structures enterrées</i>),</li> <li>• au niveau des réseaux, fosses ou cuves enterrés (<i>démolis ou existants</i>),</li> <li>• au droit d'anciennes constructions,</li> <li>• au voisinage des sous-sols actuels où l'on ne peut exclure des zones talutées par endroits.</li> </ul>	
<p><b>Caractéristiques mécaniques</b></p> <p>Les 4 essais pressiométriques réalisés dans les remblais chacun vers 1 m de profondeur, montrent de faibles caractéristiques mécaniques, avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3,7 Bar &lt; PI &lt; 5,6 Bar</li> <li>- 25 Bar &lt; Em &lt; 68 Bar</li> </ul>	<p><b>Synthèse des valeurs pénétrométriques (courbes données en annexe)</b></p> <p>Dans les Remblais, la résistance dynamique dans les 30 premiers centimètres est très élevée dû à la présence de l'enrobé. Dans les remblais en dessous de l'enrobé, les résistance dynamique sont médiocres avec <u>20 Bar &lt; Rd &lt; 40 Bar</u>.</p>

## Éboulis de coteau

### Description lithologique

Sous le revêtement et la couche de forme du parking, les terrains sont représentés par un ensemble comprenant des argiles plastiques vertes, des marnes plus ou moins argileuses beiges à blanchâtres et des marnes argileuses grises.

Cet ensemble traversé jusqu'à 7,5 m à 12,0 m de profondeur environ (soit jusqu'à 43/45 NGF en partie haute du site et jusqu'à 40/41 NGF en partie basse du site) correspond aux faciès des Argiles Vertes du Sannoisien et des Marnes Supragypseuses (*Marnes de Pantin et Marnes d'Argenteuil*) remaniés sous forme d'éboulis du fait de la déclivité générale du site.

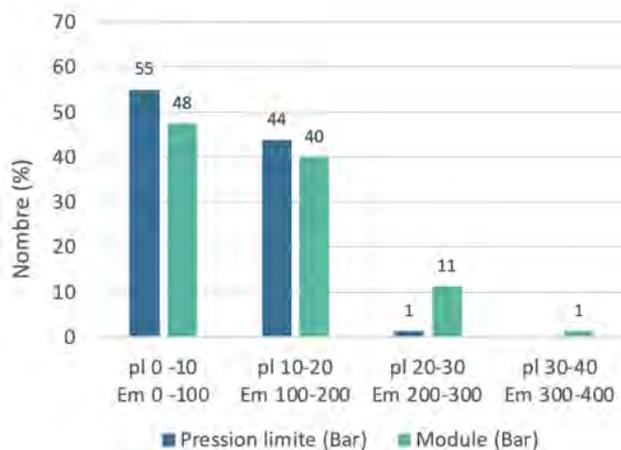
Les différences de faciès sont nettement représentées dans les sondages carottés en annexe.

Du fait de leur caractéristiques pressiométriques semblables, nous avons choisi de les regrouper dans un horizon commun.

Remarque : le mode de dépôt des Éboulis fait qu'ils peuvent présenter des variations brutales de puissance.

### Caractéristiques pressiométriques

Répartition des valeurs pressiométriques :



Les éboulis présentent de faibles à moyennes caractéristiques pressiométriques ; ils correspondent à des « argiles moues à fermes » selon les normes d'application de l'Eurocode (4 Bar < pression limite < 12 Bar)

### Statistiques pressiométriques

Nombre de valeurs			80		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne – $\frac{1}{2} \sigma$
<b>Pl (Bar)</b>	3,3	21,6	9,1	3,4	7,4
<b>Em (Bar)</b>	8	321	93	69	58

## Formations Ludiennes

### Description lithologique

Sous les Éboulis, les terrains sont composés de marnes beiges crèmes à grisâtres avec parfois des passages de gypse et de calcaire.

Par corrélation avec les données bibliographiques, nous rattachons ces terrains aux formations Ludiennes correspondant d'après la notice de la carte géologique de CORBEIL-ESSONNES au faciès de transition entre les Masses et Marnes du Gypse et le Calcaire de Champigny.

Cet ensemble a été traversé jusqu'à la base de nos sondages, soit jusqu'à 30 m de profondeur/TN.

Remarque : systématiquement, vers 27/29 m de profondeur/TN, des pics d'avancement rapides sont constatés. Au droit de SP1 et de SP4 ces anomalies sont plus importantes : 1,3 m d'épaisseur en SP1 et 0,5 m d'épaisseur en SP4. Bien que la vitesse d'avancement dans le vide soit quasiment atteinte dans les deux cas, aucune chute d'outil n'a été signalée par l'opérateur. Nous pouvons supposer que ces anomalies en tréfonds sont liées à des phénomènes de dissolution de gypse ou à des fractures de bancs calcaires.

### Caractéristiques pressiométriques

Vis-à-vis des caractéristiques pressiométriques mesurées dans l'ensemble de cette formation, nous distinguons 3 couches :

- Couche 1 correspond à des marnes raides : jusqu'à 17/20 m de profondeur/TN (soit jusqu'à environ 36 NGF).
- Couche 2 correspond à des marnes tendres : jusqu'à 21/23 m de profondeur/TN (soit jusqu'à 30NGF).
- Couche 3 correspond à des marnes raides : jusqu'à la base de nos sondages, soit jusqu'à environ 30 m de profondeur/TN.

Des bancs indurés sont attendus dans cette formation (bancs de gypse et bancs de calcaire). Plusieurs modules pressiométriques supérieures à 500 Bar ont été mesurés dans les sondages.

#### Statistiques pressiométriques dans la couche 1

Nombre de valeurs			72		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne – $\frac{1}{2} \sigma$
Pl (Bar)	16,0	69,2	35,8	12,2	29,7
Em (Bar)	117	1768	414	326	251

#### Statistiques pressiométriques dans la couche 2

Nombre de valeurs			35		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne – $\frac{1}{2} \sigma$
Pl (Bar)	4,7	38,4	17,6	7,1	14,1
Em (Bar)	29	786	157	131	92

#### Statistiques pressiométriques dans la couche 3

Nombre de valeurs			38		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne – $\frac{1}{2} \sigma$
Pl (Bar)	14,2	70,0	35,2	13,2	28,6
Em (Bar)	81	2000	446	584	154

### 3.4. ESSAIS LABORATOIRE

6 essais de cisaillement à la boîte de Casagrande ont été réalisés sur des échantillons issus des sondages carottés. Le tableau ci-après résume les résultats obtenus. Les PV complets des essais sont annexés au rapport.

Échantillons	Profondeur (m)	Formation géologique	C' (kPa)	$\phi'$ (°)
SC22 – E1	1,5	Éboulis	37	20
SC22 – E2	4,5	Éboulis	20	30
SC22 – E3	8,5	Éboulis	16	24
SC23 – E4	2,5	Éboulis	19	18
SC23 – E5	4,5	Éboulis	26	23
SC23 – E6	9,0	Marnes Ludiennes – couche 1	25	41

#### Commentaires sur ces essais :

Les essais réalisés dans les Éboulis sont relativement homogènes et caractéristiques de sols hétérogènes à tendance argileuse, avec des angles de frottements modestes à bons et des cohésions moyennes.

L'essai réalisé dans le « substratum Ludien » fait apparaître un contraste mécanique entre les deux horizons, avec une bonne résistance au cisaillement de l'échantillon testé.

### 3.5. EAU PHRÉATIQUE

#### 3.5.1. NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE

Dans le cadre des différentes campagnes de reconnaissances plusieurs piézomètres ont été posés sur site.

Les caractéristiques des ouvrages et le niveau d'eau mesuré sont présentés dans le tableau suivant :

Piézomètre	Altimétrie tête ouvrage	Profondeur ouvrage	Crépines (m/TN)	Date de relevé	Niveau d'eau	
	NGF	m/TN			m/TN	NGF
SC21 + pz	55,3	10	1,0 à 9,0	8/11/24	1,4	53,9
Pz - T1	#53,0	5,0	De 1,0 à 4,0	12/07/24	0,7	52,3
				12/08/24	0,7	52,3
				11/09/24	0,5	52,5
				16/10/24	0,4	52,6
				14/11/24	0,6	52,4
Pz (SC1)	#53,0	10,0	De 1,0 à 9,0	18/01/2023	3,2	# 49,8
SC23 + pz	51,3	6	1,0 à 5,0	-	-	-
SP30+Pz	50,9	6	1,0 à 5,0	7/11/24	1,7	49,2

Les niveaux d'eau mesurés indiquent la présence de rétentions d'eau dans les terrains de couverture et de circulations d'eau dans les Éboulis. Ces phénomènes s'expliquent :

- Par la présence d'Argile verte dans les éboulis, faciès quasi imperméable, présent à faible profondeur et qui limite l'infiltration des eaux de pluie en profondeur ;
- Par le contexte de pente du site qui favorise le développement d'écoulements au sein des passages plus perméables des éboulis (bancs marneux).

Ces circulations sont tributaires des infiltrations et des aléas climatiques ; elles peuvent être particulièrement importantes pendant les périodes climatiques défavorables ou hivernales.

Un suivi piézométrique est en cours et permettra de mesurer les fluctuations de ces niveaux dans le temps (étude NPHE en cours de réalisation par SOLER IDE).

**Remarque :** Les formations Ludiennes rencontrées sous les Éboulis vers 40 à 45 NGF peuvent renfermer également une nappe phréatique qui peut être en charge ou non (nappe non mesurée à ce stade des études).

### 3.6. AGRESSIVITÉ DU MILIEU VIS-À-VIS DES BÉTONS

**Généralités**

Les classes d'exposition des bétons vis-à-vis de leur environnement sont définies dans la norme NF EN 206 de novembre 2014. La norme définit les classes d'exposition correspondant aux attaques chimiques par les eaux souterraines et les sols de la façon suivante :

Classe d'exposition	XA 1	XA 2	XA 3
<b>Pour les sols</b>			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/kg)	> 2000 et < 3000	> 3000 et < 12000	> 12000 et < 24000
Acidité (ml/kg)	> 200	Non rencontré en pratique	
<b>Pour les eaux</b>			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	> 200 et < 600	> 600 et < 3000	> 3000 et < 6000
pH	5,5 à 6,5	4,5 à 5,5	4,0 à 4,5
CO <sub>2</sub> agressif (mg/l)	> 15 et < 40	> 40 et < 100	> 100
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	> 15 et < 30	> 30 et < 60	> 60 et < 100
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	> 300 et < 1000	> 1000 et < 3000	> 3000

La définition de la seule exposition aux attaques chimiques ne permet pas de déterminer l'enrobage au sens de la norme EN 1992-1-1. Il convient aussi de déterminer la classe d'exposition vis-à-vis du risque de corrosion des armatures (XS ou XD). Quelques recommandations relatives à la composition des bétons en fonction des classes d'exposition sont résumées dans le tableau ci-dessous, extrait de la Norme :

Classes d'exposition	MARINS		CHLORES		CHIMIQUES		
	XS2/XS1	XS3	XD2	XD3	XA1	XA2	XA3
<b>E<sub>lim</sub>/Liant équivalent maximale</b>	0,55	0,50	0,55	0,50	0,55	0,50	0,45
<b>Classe de résistance minimale</b>	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45	C40/50
<b>Teneur minimale en liant équivalent (kg/m<sup>3</sup>)</b>	330	350	330	350	330	350	385

**Remarques :**

Pour des ouvrages géotechniques spéciaux (pieu, paroi moulée,...), des exigences complémentaires sont données en annexe D de la norme.

Les dispositions à prendre pour prémunir les ouvrages de l'agressivité du milieu ne relèvent pas de la compétence du BET Géotechnique.

De même, le BET Géotechnique n'a pas compétence dans le domaine de la fabrication des bétons. Il indique simplement la classe d'agressivité du milieu en fonction des analyses effectuées (voir ci-dessus).

La formulation des bétons la plus appropriée pour le chantier incombe au BET structure et à l'entreprise. Ces derniers définissent la classe à prendre en compte en fonction de l'exposition des ouvrages. L'entreprise est libre d'effectuer un nouvel échantillonnage du milieu si elle le juge nécessaire afin d'affiner les paramètres d'agressivité et optimiser ses formulations.

- **Agressivité du sol vis-à-vis des bétons**

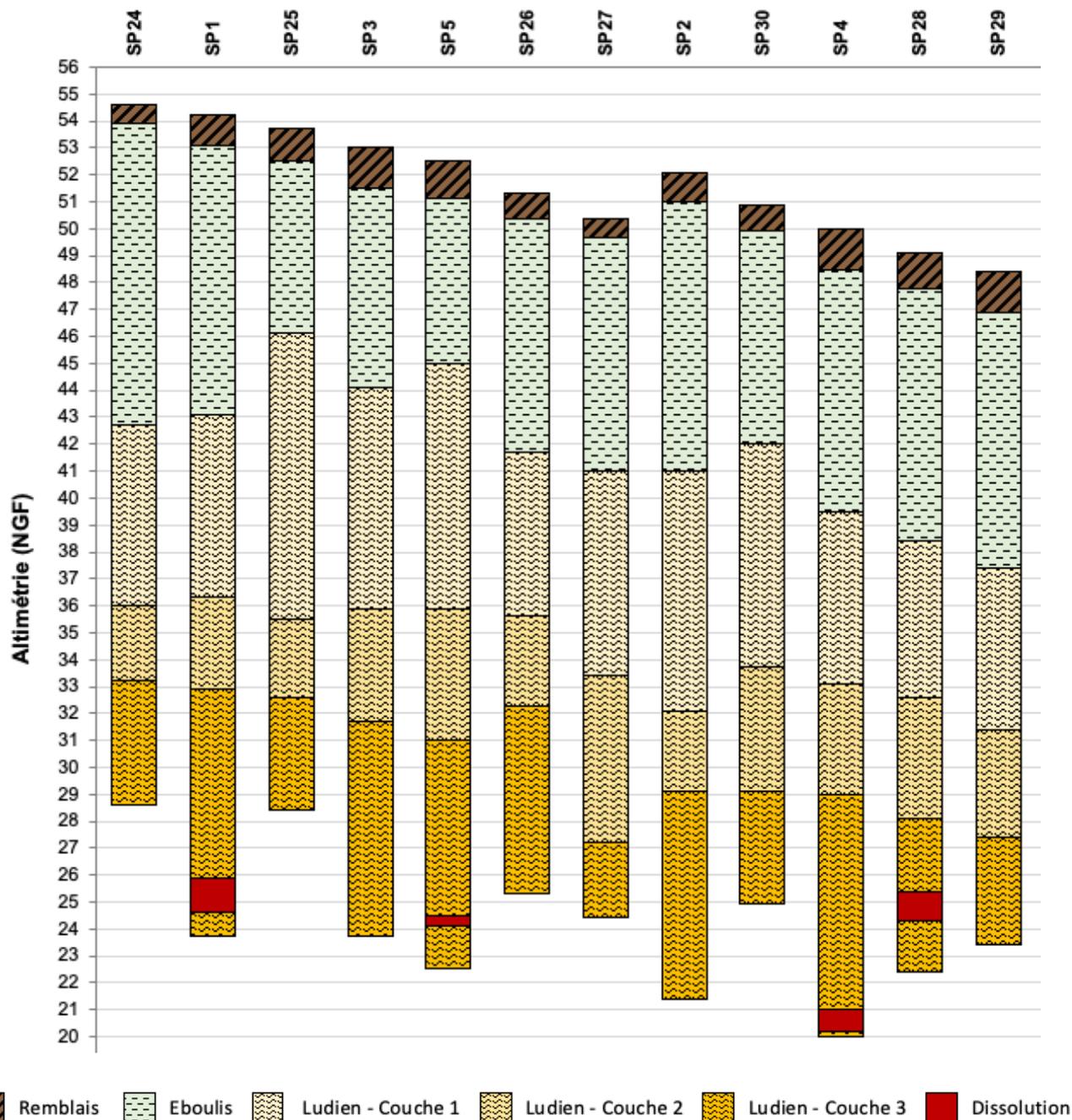
Des essais d'agressivité des sols suivant la norme NF EN 206-1 ont été réalisés sur des échantillons issus du sondage carotté SC1 lors de la première campagne d'investigation (Mission G1 PGC). Les résultats complets sont disponibles en annexe. Le tableau ci-dessous résume les classes d'exposition des sols :

Échantillons	Profondeur (m/TN)	Nature	Classe d'exposition
E1	# 1,0	Argile verte	<XA1
E2	# 3,0	Marne blanchâtre	XA1
E3	# 6,0	Argile beige verdâtre	XA1
E4	# 10,0	Marne argileuse grise	<XA1

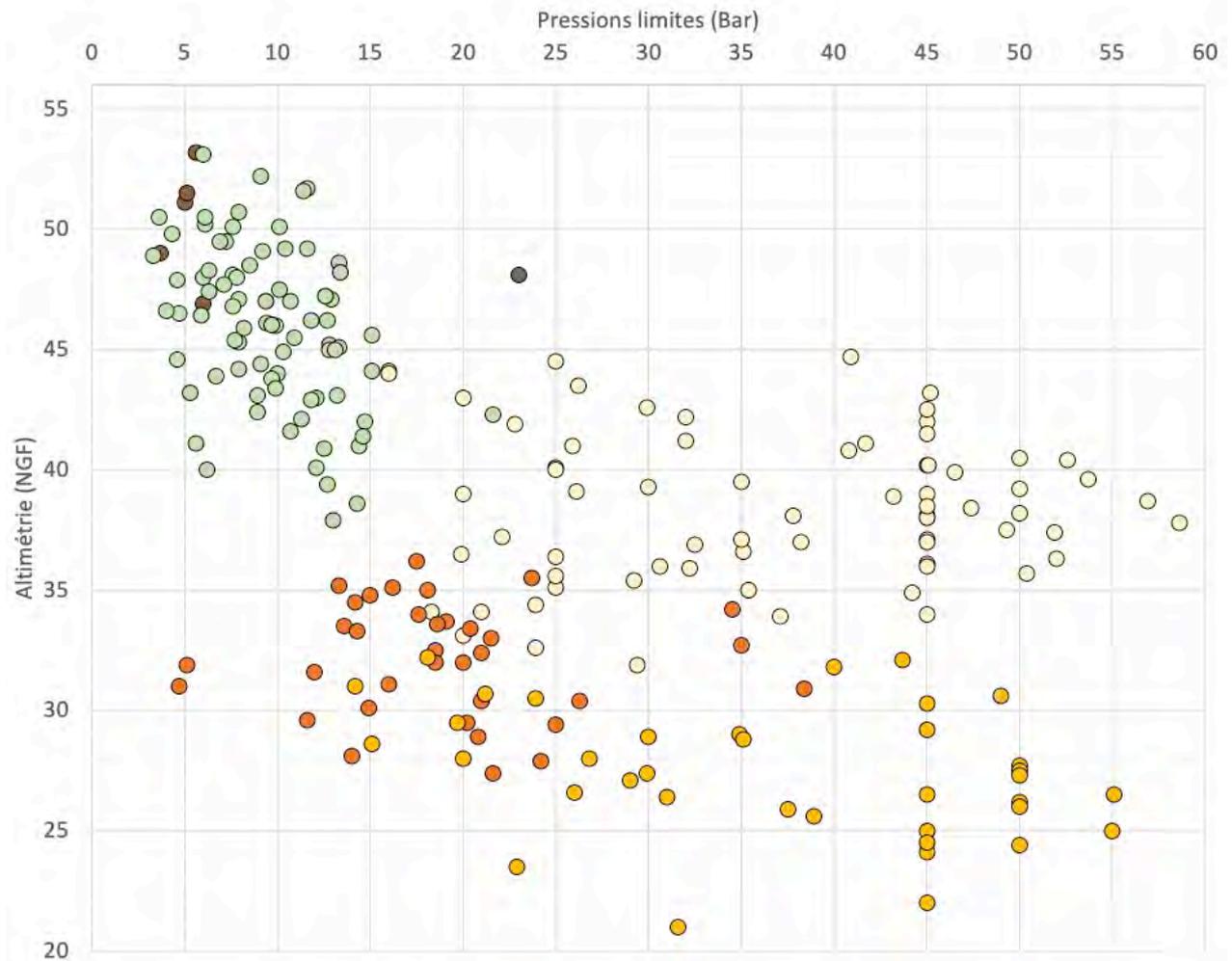
### 3.7. SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE

#### 3.7.1. MODÈLE STRATIGRAPHIQUE INTERPRÉTÉ ET RÉPARTITION DES RÉSULTATS PRESSIOMÉTRIQUES

Les figures ci-dessous indiquent les logs stratigraphiques interprétés au droit de chaque sondage et la répartition des pressions limites de rupture avec la profondeur.



*Logs stratigraphiques interprétés*



Répartition des pressions limites en profondeur

### 3.7.2. MODÈLE GÉOMÉCANIQUE

Le tableau ci-dessous indique le modèle géomécanique à retenir à ce stade pour le dimensionnement des ouvrages géotechniques.

Couche de sol	Base (NGF)	Rd (Bar)	Pl (Bar)	Em (Bar)	$\alpha$
Remblais	≈ 50	≈ 30,0	-	-	0,66
Éboulis	≈ 42/38	≈ 50,0	7,5	60	0,66
Ludien – Couche 1	≈ 36/33	-	30,0	300	0,5
Ludien – Couche 2	≈ 30	-	14,0	100	0,66
Ludien – Couche 3	-	-	25	200	0,5

## 4. PROJET

### 4.1. CONSTRUCTIONS ENVISAGÉES

#### 4.1.1. CATÉGORIE D'OUVRAGE

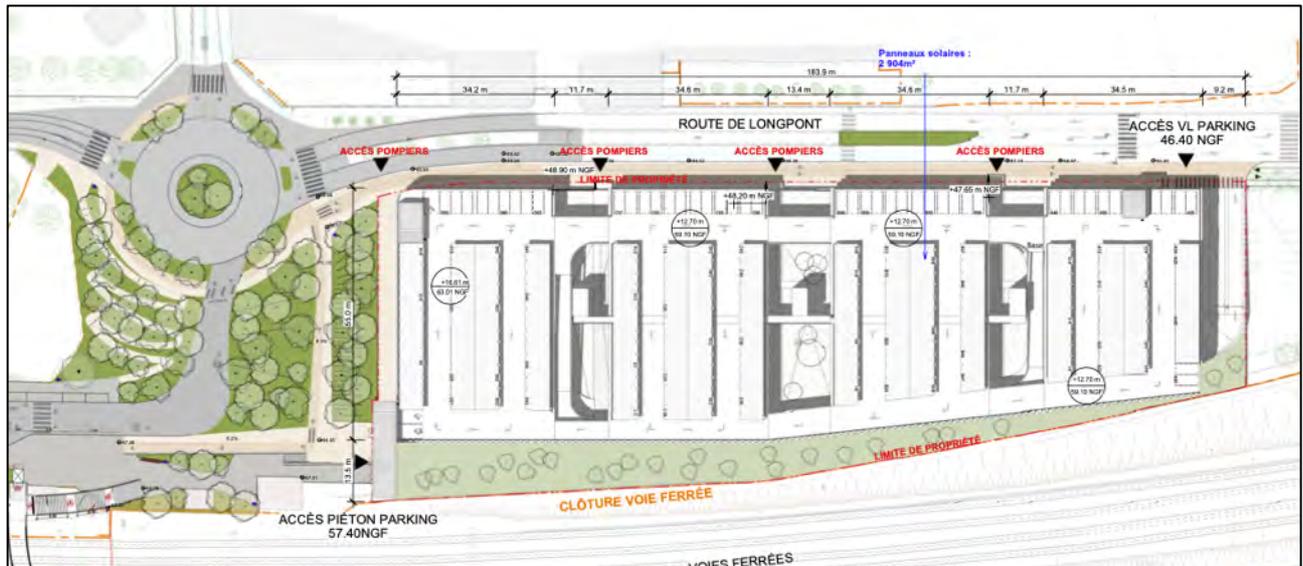
Le projet pourrait être classé selon l'Eurocode 7 et l'Eurocode 0 dans les catégories suivantes :

Catégorie géotechnique	2	Ouvrages et fondations classiques Absence de conditions de terrain ou de chargements difficiles
Classe de conséquence	CC2	Conséquence moyenne sur les personnes Conséquences économiques, sociales ou d'environnement considérables
Catégorie de durée d'utilisation	4	50 ans : structure courante de génie civil et de bâtiment

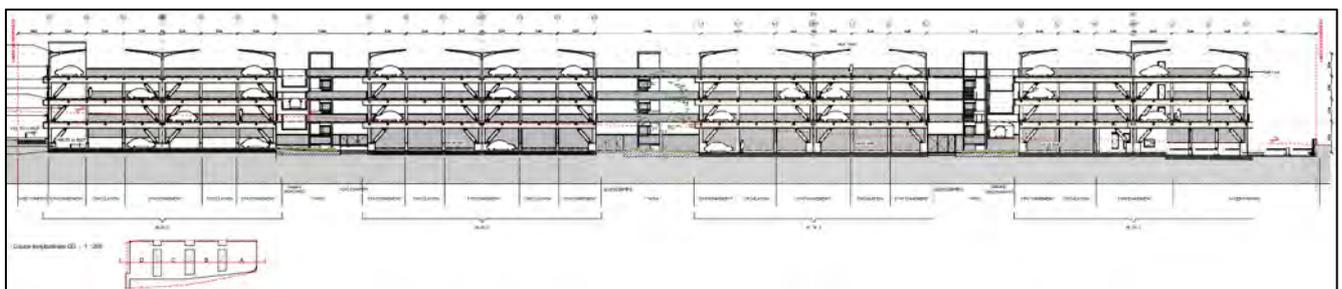
La complexité d'un projet est à fixer par le Maître d'ouvrage ou son représentant avant le début des études. Elle est à préciser le cas échéant au fur et à mesure de leur avancement.

#### 4.1.2. CONTENU ARCHITECTURAL

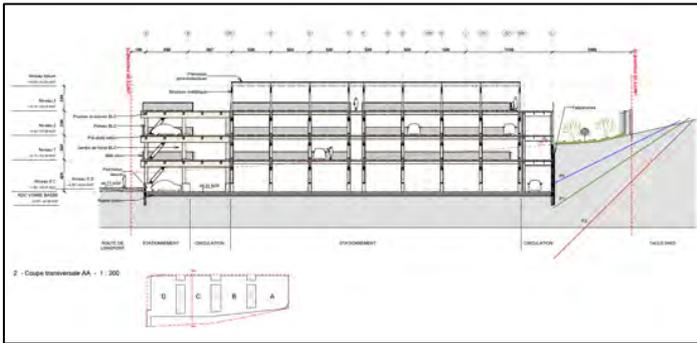
Le projet prévoit la construction d'un parking silo de 4 niveaux. Du fait du contexte de pente du site, les niveaux en amont sont encastrés dans le coteau sur 1 à 2 niveaux côté voie SNCF.



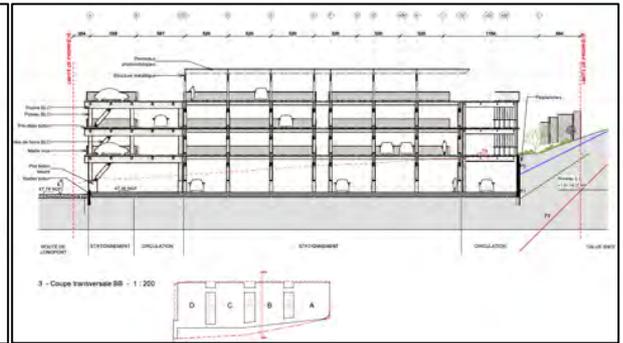
Extrait du plan de masse APS du 17 Juillet 2024



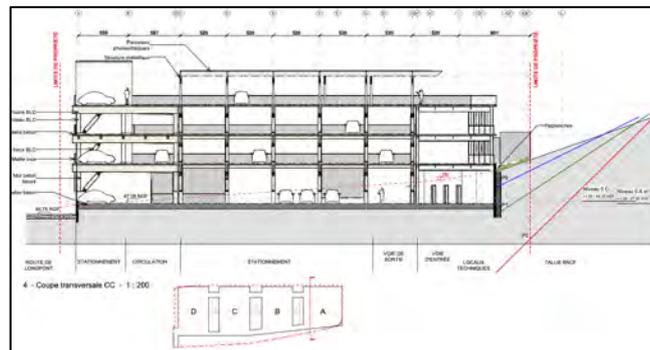
Plan de coupe DD APS du 17 Juillet 2024



Plan de coupe AA APS du 17 Juillet 2024



Plan de coupe BB APS du 17 Juillet 2024



Plan de coupe CC APS du 17 Juillet 2024

La cote du niveau bas prévu est fixée entre **47,98 NGF et 48,60 NGF** soit un fond de fouille vers 47,7 / 48,3 NGF et **des hauteurs de terrassements pouvant atteindre 7/8 m.**

Niveaux	Cotes (NGF)
RDC	47,98 / 48,60
Fond de fouille	≈ 47,5 / 48,1

Remarque : localement, au niveau de la rampe d'accès du futur parking, le niveau bas descend à 46,4 NGF afin de rattraper le niveau de la rue.

#### 4.1.3. DESCENTE DE CHARGES

La descente de charges du projet n'est pas établie à ce stade. En première approche, nous retiendrons comme hypothèse la gamme de charges ELS (G+Q) suivante :

- Appuis isolés : 150 t à 400 t

#### 4.2. APPROCHE DE LA Z.I.G. - MITOYENS

Le projet ne comporte pas de mitoyens immédiats à l'exception des voiries et réseaux enterrés. En revanche, la voie SNCF du RER C située en amont du site se situe dans la ZIG du projet et aura des impacts sur le dimensionnement des soutènements (voir chapitre 6).

## 5. GÉOTECHNIQUE DES FONDATIONS

### 5.1. CHOIX D'UN MODE DE FONDATION PAR PIEUX

Le fond de fouille sera ici constitué par les Éboulis de coteau, de nature hétérogène et argileuse. Du fait de cette hétérogénéité et du caractère gonflant des argiles vertes présentes dans les Éboulis, un système de fondation par **pieux** sera ici proposé.

Pour la justification des fondations, on devra respecter la norme d'application nationale de l'Eurocode 7 - **NF P 94-262** « Fondations profondes » (Juillet 2012 + Amendement A1 juillet 2018).

#### 5.1.1. PRÉPARATION DES PLATEFORMES

Pour la circulation de la machine de forage, la mise en œuvre d'une **plateforme de travail** sera nécessaire. L'épaisseur de la couche à réaliser et les conditions de réception seront définies par l'entreprise de pieux en fonction des besoins liés à la machine utilisée (*critère de réception  $E_{v2}$  généralement calé à 50 MPa*). Les anciennes infrastructures, réseaux... seront correctement remblayées pour assurer le passage des machines en toute sécurité (*le présent rapport et tous les essais réalisés ne permettent pas d'apprécier ce risque*).

La plateforme sera correctement assainie et entretenue pour maintenir sa portance quelles que soient les conditions climatiques.

#### 5.1.2. TYPES DE PIEUX PROPOSÉS

Étant donné la nature des sols traversés (marnes sous nappe), la réalisation de pieux « forés simples » n'est pas envisageable (voir DTU « Fondations profondes » partie 4.1). On devra donc s'orienter vers des techniques de pieux adaptés à la présence d'une nappe ; par exemple des pieux tarière creuse ou des pieux forés boue.

Étant donné la nature des terrains en présence, l'environnement du projet, le niveau phréatique et l'intensité des charges, les techniques de forage envisageables sont, a priori :

- Pieux tarière creuse.
- Pieux forés tubés
- Pieux forés boue

Dans la suite du rapport, nous avons retenu des pieux forés Tarière Creuse mais, in fine, le choix de la technique de forage et du type de pieu incombe uniquement à l'entreprise spécialisée. Cette dernière doit avoir une bonne expérience des terrains de la région car elle doit s'engager à assurer la traversée des Éboulis, pour assurer un ancrage dans la formation Ludienne avec la présence de bancs calcaires indurés (faciès de transition du Calcaire de Champigny). Dans la pratique, les entreprises locales les mettent en œuvre fréquemment dans ce même contexte en utilisant du matériel puissant et en acceptant en cas de difficultés de forage, des baisses de cadence significatives.

**Remarque :** La technique des tarières creuses dépend grandement de l'expérience de l'entreprise et du matériel dont elle dispose. Le présent rapport ne permet pas d'envisager tous les cas de figure. Le choix final de l'entreprise et de la technique proposée incombe à la mission géotechnique G2 ACT nécessaire pour engager notre responsabilité sur ce type de technique. Cela pourra conduire le cas échéant à la réalisation de sondages carottés et des essais spécifiques complémentaires.

## 5.2. DIMENSIONNEMENT GÉOTECHNIQUE DES PIEUX

### 5.2.1. GÉNÉRALITÉS

#### Généralités sur le principe de dimensionnement

Pour la justification des fondations, il convient de respecter la norme d'application nationale de l'Eurocode 7 - **NF P 94-262** « Fondations Profondes » (Juillet 2012 + Amendement A1 de Juillet 2018). Nous présentons ci-après un pré-dimensionnement issu de la norme d'application Eurocode 7.

La portance d'un pieu en compression axiale aux ELU est considérée comme étant la somme de deux termes : Résistance de Pointe et Frottement latéral mobilisé :

$$R_b (= Kp * Ple * Ab) + R_s (= P \sum_i q_{si} h_i)$$

Deux types de dimensionnement peuvent être menés : la procédure « Modèle de Terrain et la procédure « Pieu Modèle ».

- Dans la procédure « Modèle de Terrain » :

$$F_{cd} < \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s,k}}{\gamma_s}$$

avec  $R_{b,k} = \frac{R_b}{\gamma_{R,d1} \gamma_{R,d2}}$  et  $R_{s,k} = \frac{R_s}{\gamma_{R,d1} \gamma_{R,d2}}$

- Dans le cas de la traction :

$$F_{cd} < \frac{R_{s,k}}{\gamma_{s,t}}$$

- La charge de fluage en compression aux ELS (Fd) est définie comme :

$$F_d < \frac{0,5 R_{b,k}}{\gamma_{cr}} + \frac{0,7 R_{s,k}}{\gamma_{cr}}$$

Dans le cas de la traction :

$$F_{dn} < \frac{0,7 R_{s,k}}{\gamma_{s,cr}}$$

Avec :

**F<sub>c,d</sub>** : valeur de calcul de la charge en compression axiale.

**Ab** : surface de la pointe du pieu

**Ple** : pression limite nette équivalente sous la pointe du pieu

**P** : périmètre du pieu

**Kp** : facteur de portance (méthode pressiométrique)

**q<sub>si</sub>** : frottement latéral unitaire limite de la couche « i »

**h<sub>i</sub>** : hauteur de la couche « i »

Détail des coefficients partiels de résistance (procédure Terrain Modèle)

MODÈLE DE TERRAIN	γ <sub>R,d1</sub>	γ <sub>R,d2</sub>	
Compression	1,15	1,1	
Traction	1,4	1,1	
	γ <sub>b</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>s,t</sub>
ELU durable sismique	1,1	1,1	1,15
ELU Accidental	1	1	1,05
	γ <sub>cr</sub>	γ <sub>s,cr</sub>	
ELS Caractéristiques	0,90	1,1	
ELS quasi permanent	1,1	1,5	

Dans la procédure « Pieu Modèle », chaque sondage sert de modèle pour un pieu unique. La portance est déterminée par l'intermédiaire d'une comparaison avec la portance minimale obtenue et la moyenne des résultats, chaque terme étant minoré à l'aide de jeux de coefficients partiels dépendant de la densité des investigations réalisées.

#### Justification EC7

ELU STR : admissibilité de la compression du béton. Vérification du moment de flexion dans les pieux.

ELU GEO : vérification portance : terme de pointe et frottement latéral

ELS GEO : si besoin vérification des tassements

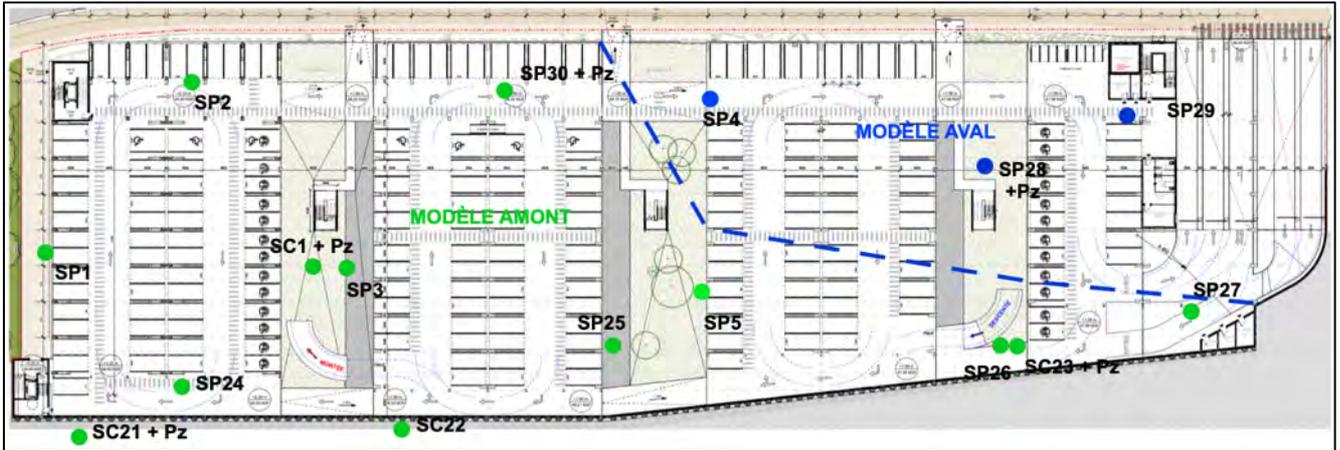
### 5.2.2. PROPOSITION D'UNE PROCÉDURE MODÈLE DE TERRAIN

Dans la démarche « modèle de terrain », nous présentons ci-dessous les schémas de calcul à prendre en compte pour les fondations profondes de type pieu foré à la tarière creuse.

Pour tout changement de méthode, les coefficients de frottements seront réévalués conformément aux documents normatifs.

Conformément à la norme NF P 94-262, l'encastrement effectif dans la couche porteuse devra au minimum être pris égal à 3 diamètres ou 1,5 m pour des pieux de diamètres supérieurs à 0,5 m.

Du fait du contexte de coteau du site et des valeurs fluctuantes de base d'éboulis, nous proposons de retenir à ce stade des études deux modèles de terrains pour le dimensionnement des pieux, dont le zonage est donné ci-après :



Repérage des zonages des modèles de terrain proposés

MODÈLE AMONT / Pieux FTC Classe 2 - Catégorie 6							
Formation	Base	Catégorie sol	Frottement latéral			Pointe	
			$\alpha$ pieu/sol	pl*	qs	ple*	Kp max
-	NGF	-	-	Bar	kPa	Bar	-
Mort terrain	45	1	Négligé	Négligé	Négligé	Négligé	Négligé
Eboulis	42	1	1,50	7,5	59	7,5	1,30
Ludien couche 1	36	4	1,60	30,0	166	30,0	1,60
Ludien couche 2	29	4	1,60	14,0	144	14,0	1,60
Ludien couche 3	-	4	1,60	25,0		Négligé	

MODÈLE AVAL / Pieux FTC Classe 2 - Catégorie 6							
Formation	Base	Catégorie sol	Frottement latéral			Pointe	
			$\alpha$ pieu/sol	pl*	qs	ple*	Kp max
-	NGF	-	-	Bar	kPa	Bar	-
Mort terrain	45,0	1	Négligé	Négligé	Négligé	Négligé	Négligé
Eboulis	38	1	1,50	7,5	59	7,5	1,30
Ludien couche 1	33	4	1,60	30,0	166	30,0	1,60
Ludien couche 2	29	4	1,60	14,0	144	14,0	1,60
Ludien couche 3	-	4	1,60	25,0	160	Négligé	

**Remarque importante :** La présence d'anomalies de types fractures / ou bien poches de dissolution de Gypse ne permet pas de mobiliser un terme de pointe pour le calcul des pieux dans la couche 3 du Ludien.

### 5.2.3. EXEMPLES DE CAPACITÉS PORTANTES

À titre d'exemple, pour des fondations profondes avec ancrage dans la première couche de la Formation Ludienne, sans effet de groupe, les fiches et les charges portantes seront voisines des valeurs suivantes :

MODÈLE AMONT / Pieux FTC Classe 2 - Catégorie 6							
Diamètre pieu	Arase sup. pieu	Arase inf. pieu	Longueur pieu	Charge ELS Caractéristique	Portance ELU Fondamentale	σELS compr. béton	σlim compr. Béton*
m	NGF	NGF	m	t	t	MPa	MPa
0,52	47,5	38	9,5	129	172	6,09	6,41
0,62	47,5	36,5	11,0	177	229	5,88	6,67
0,72	47,5	36,5	11,0	215	280	5,27	6,67
0,82	47,5	33,0	14,5	306	382	5,80	6,67
1,02	47,5	31,0	16,5	453	568	5,55	6,67

MODÈLE AVAL / Pieux FTC Classe 2 - Catégorie 6							
Diamètre pieu	Arase sup. pieu	Arase inf. pieu	Longueur pieu	Charge ELS Caractéristique	Portance ELU Fondamentale	σELS compr. béton	σlim compr. Béton*
m	NGF	NGF	m	t	t	MPa	MPa
0,52	47,5	35,5	12,0	128	170	6,02	6,41
0,62	47,5	33,5	14,0	186	239	6,15	6,67
0,72	47,5	31	16,5	253	314	6,21	6,67
0,82	47,5	30	17,5	317	395	6,01	6,67
1,02	47,5	29	18,5	439	550	5,37	6,67

### 5.2.4. REMARQUES SUR LE BÉTON ARMÉ

Le pré-dimensionnement des pieux est volontairement adapté afin de respecter dans le béton une contrainte en compression moyenne admissible.

Conformément à la norme NF P 94-262 (EC7), la contrainte limite maximale de calcul des pieux forés à l'état limite de service (ELS) est égale à :  $\sigma < 0,3 \times k_3 \times f_{ck}^*$

La valeur du coefficient k3 peut être optimisée à 1,2 dans le cas d'un contrôle renforcé de la qualité et de la continuité du fût par des contrôles détaillés dans le tableau 6.4.1.2 de la norme NF P 94-262 (*auscultation par transparence, impédance, etc...*).

Conformément à l'EC7, la résistance de calcul conventionnelle du béton vaut :

$$f_{ck}^* = \inf(f_{ck}(t); C_{max}; f_{ck}) \frac{1}{k_1 k_2}$$

Avec :

$f_{ck}$  : Résistance caractéristique du béton ;

$C_{max}$  : Valeur tenant compte des sujétions de mise en œuvre du béton, coulis ou mortier suivant la technologie utilisée (tableau 6.4.1.1 de NF P94-262) ;

$k_1$  et  $k_2$  : coefficient tenant compte des conditions de mise en œuvre.

Concernant les armatures des pieux, les règles de l'art suivantes sont à prendre en compte :

- **Cas de pieux sollicités en traction** (reprise des sous-pressions hydrostatiques) : les frottements donnés précédemment restent applicables mais avec des jeux de coefficients de sécurité adaptés. De plus, une vérification type « cônes de terre », analogue à celle décrite dans le T.A. 2020, sera effectuée. De tels pieux doivent être armés toute hauteur.
- **Cas des pieux soumis à des efforts de flexion** : Si les efforts provenant de la construction ne produisent pas que des compressions centrées sur l'axe du pieu", alors les pieux devront être armés en conséquence.
- **Armatures minimales** : Elles seront prévues conformément aux normes en vigueur : 0,5% de la section du pieu si  $\phi_{\text{pieux}} < 800 \text{ mm}$  ; Min [0,25% Section pieux ; 25 cm<sup>2</sup>] si  $\phi_{\text{pieux}} > 800 \text{ mm}$ .  
Rappelons par ailleurs, qu'en cas d'arase basse de recépage supérieure à 2 m sous le niveau de la plateforme de travail, les pieux doivent être armés.

### 5.3. SOLLICITATIONS LATÉRALES SUR LES PIEUX

Du fait de la dissymétrie des niveaux enterrés, les fondations seront sollicitées latéralement afin de reprendre une poussée des terres. **Dans la partie du projet la plus encastree, ces efforts seront importants.**

Le comportement des pieux sous sollicitations latérales (déplacement, moment de flexion) sera étudié en phase projet (G2 PRO). Des augmentations de diamètres ne sont pas exclues afin de justifier les cages d'armatures des pieux permettant la reprise des moments de flexion induits. En première approche, on pourra estimer les efforts à reprendre par les pieux en considérant **une poussée de l'ordre de 30 t/ml sur le linéaire amont** (poussée des terres + poussée d'eau). Cet effort sera affiné au stade PRO en fonction des différentes coupes de calcul des soutènements.

### 5.4. PRÉCONISATIONS D'EXÉCUTION ET DE CONCEPTION

- En fonction des descentes de charge et des diamètres de pieux, on devra s'assurer que la reconnaissance des sols investit le terrain sur au moins 5  $\emptyset$  sous la base des fondations profondes.
- L'encastrement minimum dans la couche porteuse sera d'au moins 3 diamètres ou de 1,5m minimum pour les pieux de diamètre supérieur à 0,5 m. Voir paragraphe F 4.2.5 (note 1) de la norme d'application.
- En cas de pieux rapprochés ( $d < 3\emptyset$ ), il conviendra de prendre en compte un effet de groupe en calculant le coefficient d'efficacité  $C_e$  du groupe, fonction de sa géométrie.
- Même si les démolitions sont censées purger toutes les structures enterrées, il n'est pas exclu de trouver d'anciennes fondations « oubliées » sur le site, ce qui nécessitera d'éventuelles démolitions complémentaires.
- La présence de blocs ou autres points durs au sein des remblais / terrains remaniés / Faciès de transition du Calcaire de Champigny induira des difficultés de forage. Nous conseillons de purger au maximum ces blocs préalablement aux forages (utilisation de pelle mécanique dans le cas où les faux refus sont obtenus à proximité de la plate-forme de travail). Par ailleurs, des outils de forages adaptés sont à prévoir (trépan, carottage, marteau fond de trou...). D'une façon générale, l'entreprise spécialisée ne proposera la mise en œuvre d'une technique de pieu que si cette dernière est susceptible d'être réalisable et adaptée aux conditions du site. En cas de doute, elle doit réaliser toute investigation complémentaire ou forage d'essai qu'elle juge utile afin de conforter son offre ou mettre au point sa méthodologie.
- Des surconsommations de béton sont à prévoir au droit des passages altérés et des éventuelles surépaisseurs de remblais à traverser, en l'absence de tubages.
- Les pieux vont s'ancre dans les horizons contenant du gypse, ainsi, comme il est de règle, les ciments employés devront être résistants aux sulfates.
- Pour le contrôle renforcé de la qualité et de la continuité du fût (coefficient  $k_3$ ), on se reportera au paragraphe 6.4.1 (8) de la norme d'application et au tableau 6.4.1.2. Pour mémoire, la méthode C impose de tester au minimum un pieu sur quatre en impédance. La méthode d'impédance mécanique est déconseillée si l'élancement du pieu est supérieur à 20.

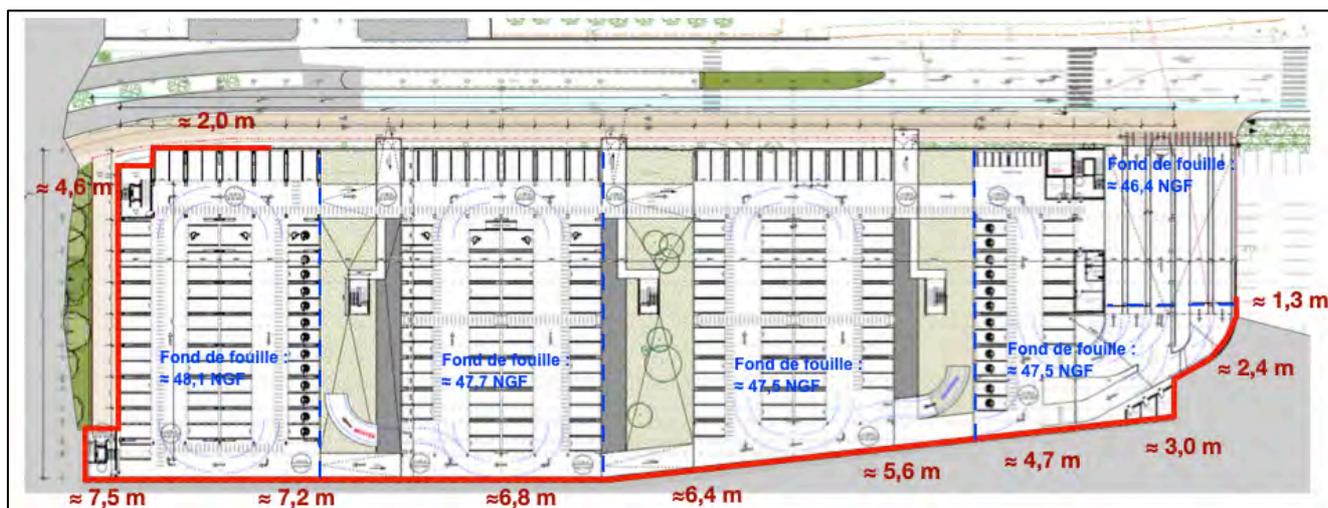
## 6. SOUTÈNEMENTS

### 6.1. CONFIGURATION DES SOUTÈNEMENTS / CHOIX DES TECHNIQUES

L'encastrement du projet dans le coteau va engendrer la réalisation de soutènements qui atteindront 7,5 m environ en partie amont du site. Le soutènement principal amont se situera sous la ligne ferroviaire du RER C.

Au vu des sols argileux en présence, de la position des futurs fonds de fouille entre les plans réglementaires P0 et P1 de la SNCF (IN 033, fouilles de catégorie 1) et des circulations d'eau collinaires attendues, la réalisation d'une paroi composite Lutetienne sera nécessaire.

Pour les linéaires de soutènement perpendiculaires à la paroi principale, des optimisations en VPP seront étudiées pour les hauteurs inférieures à 4 m.



### 6.2. MODÈLE DE TERRAIN

#### 6.2.1. CARACTÉRISTIQUES DES SOLS

Les paramètres de sol à retenir pour les calculs de soutènement sont résumés dans le tableau ci-après :

Couche de sol	Base	$\gamma$	$\varphi'$	$C'$	$\delta/\varphi$ poussée	$\delta/\varphi$ butée	Em	$\alpha$
-	-	kN/m <sup>3</sup>	°	kPa	-	-	Bar	-
Remblais	1,5 m /TN	20	30	0	0,33	-0,33	40	0,66
Éboulis	42 NGF	20	20	10			60	0,66
Ludien couche 1	36 NGF	20	35	15			300	0,50

#### 6.2.2. PRISE EN COMPTE DE L'EAU EN PHASE PROVISOIRE

La fouille recoupera des écoulements collinaires. Nous considérons que ces eaux d'infiltration seront drainées en phase chantier par la mise en place d'un géocomposite vertical de drainage relié à des barbacanes. Le géocomposite devra être compatible avec la méthodologie du béton projeté et devra nécessairement présenter une couche filtrante sur chacune des deux faces. On se reportera au chapitre 7 pour plus de détail.

#### 6.2.3. SURCHARGES

Une surcharge chantier de 10 kPa est considérée en tête de voile (surcharge chantier).

### 6.3. PRÉ-DIMENSIONNEMENT DE LA PAROI COMPOSITE

#### 6.3.1. GÉNÉRALITÉS – LOGICIEL DE CALCUL

Les calculs sont réalisés dans le respect de la norme NF P 94-282 pour les écrans de soutènement (Mars 2009 + Amendement A1 de Février 2015).

Le pré-dimensionnement de la paroi a été effectué sous le logiciel Terrasol K-Réa V4, par une méthode élasto-plastique aux coefficients de réaction.

Les coefficients de réaction horizontal Kh ont été déterminés à partir de la formule de Schmitt (*voir norme NF P 94-282 « Ouvrages de soutènement » Annexe F3*).

Nous proposons de retenir pour la paroi un déplacement maximal de 20 mm pour les zones en pleine terre.

La coupe étudiée se situe sur la zone défavorable avec la hauteur de soutènement la plus importante, soit un TN vers 55,6 NGF et un fond de fouille à 48,1 NGF, soit une hauteur à soutenir de 7,5 m.

#### 6.3.2. CONSTITUTION DE LA PAROI

Le pré-dimensionnement a été effectué avec l'écran défini ci-dessous :

Tête de la paroi	Pied de la paroi	Fond de fouille	Diamètre des pieux	Entraxe des pieux
NGF	NGF	NGF	m	m
55,6	40,5	48,0	0,82	2,5

#### Rappel sur l'exécution des pieux de paroi :

La présence de bancs calcaires dans les Marnes Ludiennes devra être prise en compte dans l'exécution des pieux de la Lutétienne ; l'usage du trépan, en particulier, devra faire l'objet, de la part de l'entreprise, d'une étude appropriée en fonction de l'environnement du projet. Si cette technique n'est pas possible d'utilisation, la traversée des bancs indurés devra être assurée par un autre moyen (carottage si possible, marteau fond de trou...).

#### 6.3.3. SYSTÈME DE BUTONNAGE

Afin de reprendre les efforts de poussée des terres, nous avons considéré la mise en œuvre de deux lits de butons inclinés définitifs. Leurs caractéristiques prises en compte sont résumées ci-après :

N° Lit	Cote altimétrique	Nature	Angle / horizontal	Raideur Axiale
-	NGF	-	°	kN/m/ml
1	53,6	Rondin ou HeB	45	10000
2	50,0	Rondin ou HeB	45	15000

**A ce stade, les raideurs considérées sont forfaitaires et feront l'objet de calculs plus précis en phase projet.**

Des liernes ou bandes noyées sont à prévoir afin de permettre la transmission correcte des poussées de terre aux batteries de butons.

Dans les angles du projet, les butons obliques seront remplacés par des butons d'angles horizontaux.

Les butons obliques seront fondés sur des semelles dimensionnées avec un taux de contrainte ELS de 1,5 bar.

### 6.3.4. PHASAGE DES CALCULS

Le phasage des calculs est donné en annexe.

Il s'agit d'un phasage théorique qui sera confirmé dans le cadre de l'étude géotechnique G3 à la charge de l'Entreprise. La phase définitive sera étudiée en phase projet (G2 PRO).

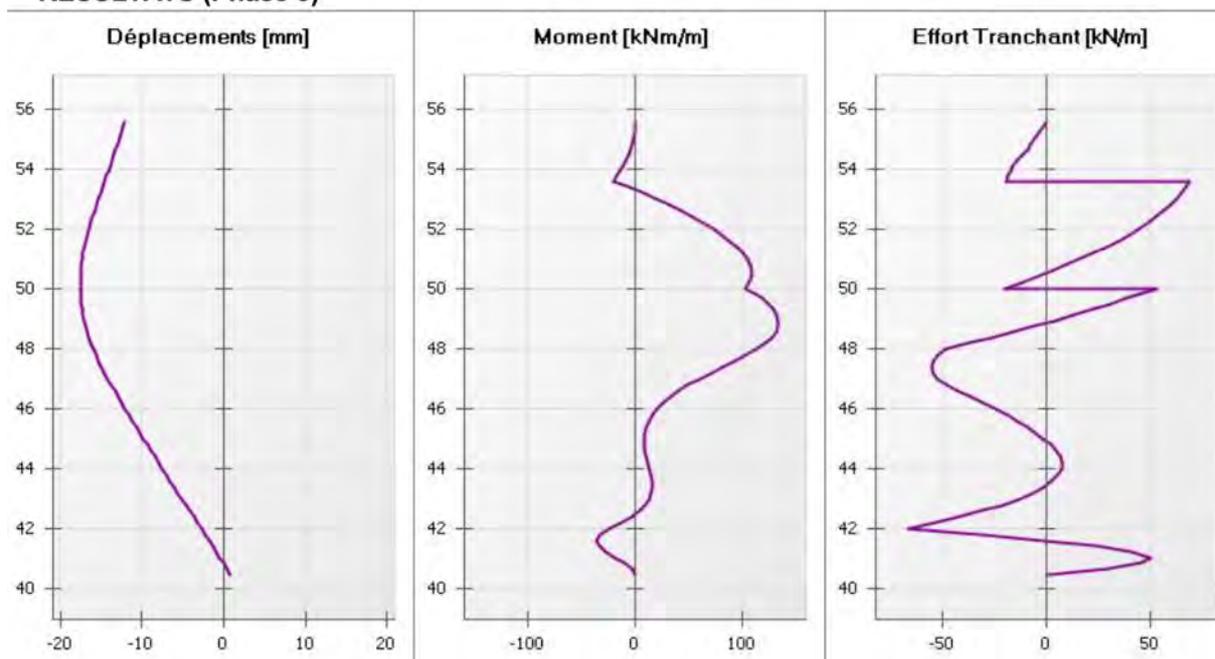
### 6.3.5. RÉSULTATS PRINCIPAUX DES CALCULS

- Résultats ELS

Le détail des calculs est fourni en annexe. En résumé on obtient :

PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max kNm/m	Tranch. max kN/m	Rapport butées	Buton 1 kN/m	Buton 2 kN/m
1	-7,73	-7,73	-43,67	-40,35	4,386	-	-
2	-13,22	-13,69	89,07	-64,90	3,370	78,58	-
3	-12,05	-17,54	134,71	69,33	2,928	89,05	73,25
Extrema	-13,22	-17,54	134,71	69,33	2,928	89,05	73,25

#### RESULTATS (Phase 3)



Résultats graphiques – Phase fond de fouille

Les valeurs de déplacements de 13 mm en tête et 17 mm en ventre nous paraissent compatibles avec l'environnement du linéaire considéré.

Le moment de flexion obtenu dans les pieux de 336 kN.m apparaît compatible avec le diamètre de pieux considéré dans les calculs.

## 7. PROTECTION CONTRE LES EAUX

### 7.1. GÉNÉRALITÉS

#### Quelques rappels

Dans la pratique, toutes les infrastructures des ouvrages enterrés sont potentiellement exposées à des venues d'eau :

- Soit par l'action d'une nappe phréatique dont le niveau fluctue dans le temps.
- Soit par d'autres mécanismes : débordement d'un fleuve, eaux d'infiltrations diverses : pluies, réseau enterré...

L'action de l'eau dépend de son niveau, on distingue selon l'Eurocode 0 et le DTU 14.1 (P11- 221 de novembre 2020) :

- Le niveau des plus basses eaux « **EB** » ou niveau quasi-permanent, correspond au niveau d'être dépassé pendant 50% du temps de référence,
- Le niveau des eaux fréquentes « **EF** », correspond au niveau d'être dépassé pendant 1 % du temps de référence,
- Le niveau des hautes eaux « **EH** », ou niveau caractéristique correspondant à la période de retour de 50 ans,
- Le niveau exceptionnel et conventionnel de l'eau « **EE** », correspondant aux plus hautes eaux prévisibles ou niveau retenu pour l'inondation et qui donne les actions accidentelles.

Le calcul des pressions d'eau est réalisé sur la base du niveau de l'eau E retenue par le maître d'ouvrage + 50 cm.

Pour les ouvrages non concernés par la nappe, soumis aux aléas d'infiltration, et où la pénétration d'eau ne compromet pas leur utilisation (*stationnement de véhicule par exemple*), un système de drainage est à prévoir (*géocomposite + barbacanes + cunettes par exemple*).

Pour les situations nécessitant une protection supplémentaire (*ouvrage recoupé par la nappe ou n'admettant pas de pénétration d'eau*) la mise en œuvre d'un cuvelage est nécessaire. Le DTU cuvelage définit trois techniques :

- Ouvrages à **structure relativement étanche** pour lesquels il est admis un **léger passage d'eau** (*moyenne annuelle < 0,5L/j/m<sup>2</sup>*) à débit contrôlé et éventuellement récupéré. Dans ce cas, c'est le béton par sa compacité et sa résistance qui s'oppose au passage de l'eau. On adjoint alors dans la masse du béton un adjuvant hydrofuge qui diminue la porosité du béton et limite les arrivées d'eau.
- Ouvrages étanchés par un revêtement intérieur **d'imperméabilisation** (*crystallisation...*) ou **d'étanchéité** (*résines spéciales encore peu courantes...*). Dans les deux cas, et si le support ne se fissure pas, le revêtement empêche le passage de l'eau liquide mais seule l'étanchéité dispose d'un pare vapeur.
- Ouvrages étanchés par un **revêtement extérieur d'étanchéité** (*cuvelage par extrados*), à base de produits plastiques, élastiques-plastiques ou élastiques.

Dans tous les cas, la qualité du béton, le ferrailage et la reprise des joints sont conformes au DTU 14.1.

### 7.2. NIVEAUX D'EAU CONNUS À CE STADE

D'après les informations disponibles à ce stade, le site est concerné par la présence d'écoulements collinaires à faible profondeur dans les terrains de couverture et dans les Éboulis (entre 0,5 et 3,0 m selon les piézomètres).

Ces premières données seront complétées par les suivis piézométriques en cours.

### 7.3. PRÉCONISATIONS EN PHASE PROVISOIRE DE CHANTIER

La mise en place d'un système de captage des écoulements collinaires sera donc nécessaire en phase chantier.

Dans ce contexte particulier (terrain encaissant peu perméable, hétérogène, hauteur d'eau réduite), la difficulté est de réussir à capter l'eau compte tenu du faible rayon d'action que peuvent avoir des points de pompages.

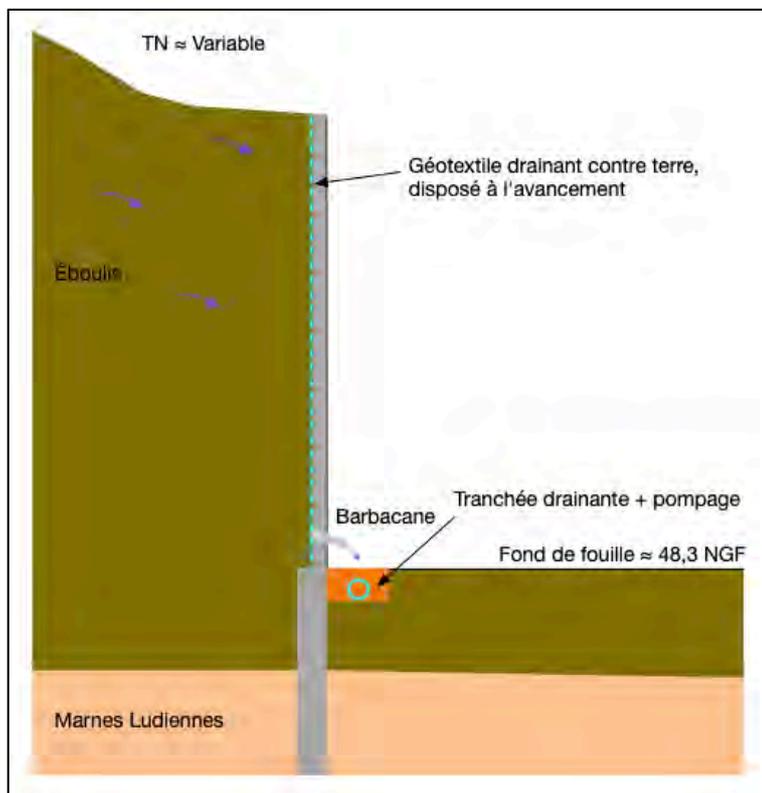
Par exemple, l'efficacité d'un rabattement par pointes filtrantes se heurte à la difficulté de mise en place du dispositif : la cote d'installation des pompages doit parfaitement coïncider avec la hauteur mouillée (ici anarchique). A défaut, les pointes se fichent dans l'argile (horizon imperméable et improductif) et sont donc inopérantes.

La gestion de l'eau en phase chantier peut se gérer efficacement par un drainage périmétrique rigoureux : mise en place de bandes drainantes contre terre et de barbacanes à l'avancement de façon à capter et canaliser les venues d'eau qui sont ensuite évacuées par des pompages ponctuels ou un réseau de tranchées drainantes en fond de fouille.

Les colluvions étant peu perméables et peu productives, les arrivées d'eau devraient être limitées à l'ouverture d'une passe et devraient permettre la projection du béton.

Si des couches plus productives (horizon sableux au sein des éboulis par exemple) sont recoupées lors des terrassements, et remettent en cause la faisabilité du drainage proposé, la mise en place de dispositifs de pompes supplémentaires (rangée de pointes filtrantes en amont du voile par exemple) seront nécessaires sur le temps de réalisation du soutènement à ces endroits. Une fois le soutènement créé avec son dispositif drainant, les pompes peuvent être interrompus.

**Nous conseillons vivement la réalisation de fouilles « tests » en amont du chantier de paroi pour visualiser les quantités d'eau en jeu et la nécessité de recourir ou non à ces dispositifs de pompes supplémentaires.**



*Schéma de principe du système à mettre en place (phase chantier – configuration fond de fouille)*

L'efficacité du système d'assainissement devra être suffisante pour assurer un niveau de terrassement général hors d'eau afin de réaliser la totalité des ouvrages géotechniques (*têtes de pieux, longrines, fosses...*) dans les meilleures conditions.

#### 7.4. PRÉCONISATIONS EN PHASE SERVICE

Le sous-sol étant concerné par les écoulements collinaires la mise en place d'un cuvelage est ici préconisée (*les types de protection sont définis dans les « Généralités » paragraphe 6.1*).

La conception et la réalisation du cuvelage seront conformes aux DTU 14.1.

Le cuvelage doit avoir une structure support (*voiles contre-terre...*).

Nous proposons donc d'adapter le cuvelage au contexte particulier du site en distinguant deux protections différentes pour les voiles périmétriques et pour le niveau bas :

- **Voiles verticaux périmétriques** : cuvelage de l'intégralité des voiles périmétriques. Le cuvelage des verticaux contre terre pourra être arrêté au niveau du TN projet.
- **Plancher bas** : En considérant que les voiles périmétriques constituent une « barrière », coupant les circulations d'eau collinaires, seule une faible quantité d'eau pourrait contourner les voiles et arriver en sous-face du plancher. Afin d'éviter une mise sous pression du plancher bas, la réalisation d'un tapis drainant ou d'un réseau de tranchées drainantes relié à une exhaure adaptée sera nécessaire.

Si aucune exhaure n'est possible au système drainant, une solution de cuvelage du plancher bas serait à étudier.

## 8. NIVEAU BAS

Du fait de la nature argileuse des sols attendus en fond de fouille, nous préconisons la mise en place d'un **plancher porté**.

Pour se prémunir des phénomènes de retrait/gonflement des terrains argileux, ce plancher sera sur vide technique d'une épaisseur minimale de 10 cm. Ce vide peut être obtenu par mise en place d'un coffrage biodégradable, d'un coffrage perdu ou par l'intermédiaire d'un plancher pré-fabriqués décollé du sol de la même hauteur.

---

*Nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage pour tous renseignements complémentaires.*

Le Contrôle interne,  
**Simon COUTAZ**

Le Responsable de l'étude,  
**Clément CHALMIN**

## 9. ANNEXES

### DANS LE CORPS DU RAPPORT - NUMÉROTÉES

- MISSIONS GÉOTECHNIQUES selon la norme NF P 94-500
  
- RELEVÉS DES REMONTÉES DE CUTTINGS
  
- RELEVÉS DE CAROTTAGE

### PIÈCES JOINTES – NON NUMÉROTÉES

- LOGS PRESSIOMÉTRIQUES ET DIAGRAPHIES
  
- CALCULS KREA
  
- PV DES ESSAIS LABORATOIRE
  
- LIMITE D'EXPLOITATION DU RAPPORT

## 9.1. MISSIONS GÉOTECHNIQUES

L'enchaînement de chacune de ces 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 pertinentes issues d'investigations géotechniques appropriées.

### ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission, comprenant deux phases, 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.

#### Phase Étude de Site (ES)

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

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

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse ou d'APS et permet de réduire les conséquences sur les futurs ouvrages des risques géotechniques majeurs identifiés en cas de survenance. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques pertinentes.

- 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 une synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, modes de fondations possibles, contraintes pour les terrassements et la création d'ouvrages enterrés, améliorations de sols possibles) ainsi que certains principes généraux de construction envisageables.

### ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission, comprenant trois phases, permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés en cas de survenance. 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.

#### Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet global. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques pertinentes.

- 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 avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

#### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet global. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques pertinentes et suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier comprenant la 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 avoisnants), certaines notes de calcul de dimensionnement, une approche des quantités et des valeurs seuils.

#### Phase DCE / ACT

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

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

### ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

#### ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)

Se déroulant en deux phases interactives et indissociables, 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.

##### Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

##### Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

#### SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)

Se déroulant en deux phases indissociables, 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.

##### Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

##### Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

#### DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

## 9.2. INTERPRÉTATION DES REMONTÉES DE CUTTINGS

Les coupes des sondages destructifs données ci-après sont fournies à titre indicatif. Compte tenu de la méthode de relevé (*observation des remontées de cuttings*), ces coupes sont imprécises et ne pourront nous être opposables dans le cadre d'un marché forfaitaire de fondations, même si les quantités estimées par l'entreprise venaient à être différentes de celles réellement mises en place.

Seul un criblage par carottage ou puits à la pelle, réalisé dans le cadre des missions G2/G3/G4, permettrait d'engager notre responsabilité sur les quantités et coût relatifs aux fondations.

- Sondage SP1 # 54,2 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 0,05	Enrobé ( <i>avant-trou carotté</i> )
0,05 à 0,1	Grave ciment
0,1 à 0,6	Sablon
0,6 à 1,0	Limon argileux marron
1,0 à 1,1	Dalle béton
1,1 à 1,6	Argile marron clair
1,6 à 4,5	Argile verte
4,5 à 5,2	Marne argileuse crème
5,2 à 8,7	Argile verte à veines marron
8,7 à 11,5	Argile verte
11,5 à 13,8	Marne argileuse crème
13,8 à 15,0	Marne crème compacte
15,0 à 18,6	Marne crème beige
18,6 à 20,0	<i>Perte d'injection</i>
20,0 à 22,5	Marne argileuse crème à veines grises
22,5 à 27,0	Marne gypseuse compacte avec des blocs
27,0 à 30,6	<i>Perte d'injection</i>

▪ Sondage SP2 # 52,1 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 0,1	Enrobé ( <i>avant-trou carotté</i> )
0,1 à 0,2	Béton
0,2 à 0,8	Sablon
0,8 à 1,0	Limon argileux gris à veines noires
1,0 à 1,1	Dalle béton
1,1 à 2,5	Limon marron argileux
2,5 à 5,0	Marne crème blanche argileuse
5,0 à 5,3	Marne crème avec des veines vertes
5,3 à 8,7	Argile verte à grise foncée
8,7 à 11,9	Argile verte ( <i>faible remontée</i> )
11,9 à 18,0	Marne blanche gypseuse avec des veines argileuses grises
18,0 à 19,0	Marne argileuse crème beige à veines grises
19,0 à 23,0	Marne crème argileuse
23,0 à 25,0	Marne et gypse
25,0 à 30,7	Marne argileuse beige grisâtre avec de nombreux blocs

▪ Sondage SP3 # 53,0 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 0,05	Enrobé ( <i>avant-trou carotté</i> )
0,05 à 1,5	<i>Avant trou</i>
1,5 à 4,5	Argile verte
4,5 à 5,0	Marne blanchâtre
5,0 à 9,0	Argile verte avec des veines marneuses
9,0 à 13,4	Marne crème blanche
13,4 à 16,5	Marne beige crème
16,5 à 18,0	Marne blanche à veines grises
18,0 à 21,3	Marne très argileuse crème à grise
21,3 à 24,2	Marne argileuse crème à grise
24,2 à 27,8	Marne blanche avec des blocs gypseux
27,8 à 29,2	<i>Perte d'injection</i>

▪ Sondage SP4 # 50,0 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 0,05	Enrobé ( <i>avant-trou carotté</i> )
0,05 à 0,4	Sablon
0,4 à 1,5	Remblai limoneux grisâtre avec des blocs béton
1,5 à 4,3	Argile limoneuse
4,3 à 10,5	Marne argileuse crème à verdâtre
10,5 à 14,0	Marne crème compacte
14,0 à 17,0	Marne blanche crème
17,0 à 19,6	Marne argileuse grise à blanchâtre ( <i>faible remontée</i> )
19,6 à 22,0	Marne crème beige
22,0 à 26,0	Marne crème grisâtre avec des blocs gypseux
26,0 à 27,2	Argile grise beige blanchâtre avec du gypse
27,2 à 30,0	<i>Perte d'injection mais nombreux blocs</i>

▪ Sondage SP5 # 52,5 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 0,05	Enrobé ( <i>avant-trou carotté</i> )
0,05 à 0,8	Sablon
0,8 à 1,4	Limon argileux grisâtre
1,4 à 2,5	Argile verte
2,5 à 7,3	Marne argileuse blanchâtre
7,3 à 9,7	Marne légèrement calcaire
9,7 à 17,2	Marne calcaireuse crème compacte avec du gypse
17,2 à 22,9	Marne argileuse beige grisâtre
22,9 à 27,0	Marne crème beige avec des blocs
27,0 à 30,0	<i>Perte d'injection</i>

▪ Sondage SP24 # 54,6 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 0,2	Enrobé et remblais sableux
0,2 à 0,6	Remblais sableux avec petit blocs de meulière
0,6 à 1,1	Pas de retour d'injection
1,1 à 3,4	Marne Argileuse crème avec grains
3,4 à 4,0	Idem plus argileux
4,0 à 8,0	Pas de retour d'injection
8,0 à 9,0	Argiles beige crèmes
9,0 à 11,2	Argiles grisâtres
11,2 à 11,8	Idem plus clair
11,8 à 16,0	Redevient crème Marnes et grains, puis beige
16,0 à 18,6	Marnes beige crèmes
18,6 à 20,0	Deviens grisâtre argileux
20,0 à 22,5	Argileux marron, beige, orangé
22,5 à 26,0	Marne crème grisâtres

▪ Sondage SP25 # 53,7 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 0,3	Enrobé et dalle de béton
0,3 à 1,2	Sable argileux jaune orangé
1,2 à 3,0	Remblais sableux beige grisâtre
3,0 à 7,01	Argile verte beigeâtre
7,01 à 7,30	Argile verte beigeâtre
7,30 à 9,30	Marne beige blanchâtre leur verdâtre
9,30 à 11,50	Marnes beiges blanches
11,50 à 17,20	Marnes beige blanchâtres très fermes
17,20 à 18,10	Marnes beige grisâtres
18,10 à 21,30	Marnes grisâtres bleuté
21,30 à 25,0	Marnes grisâtres avec leur verdâtres, alterne avec des passages gris bleuté et des passages gris clair.

▪ Sondage SP30 # 50,9 NGF

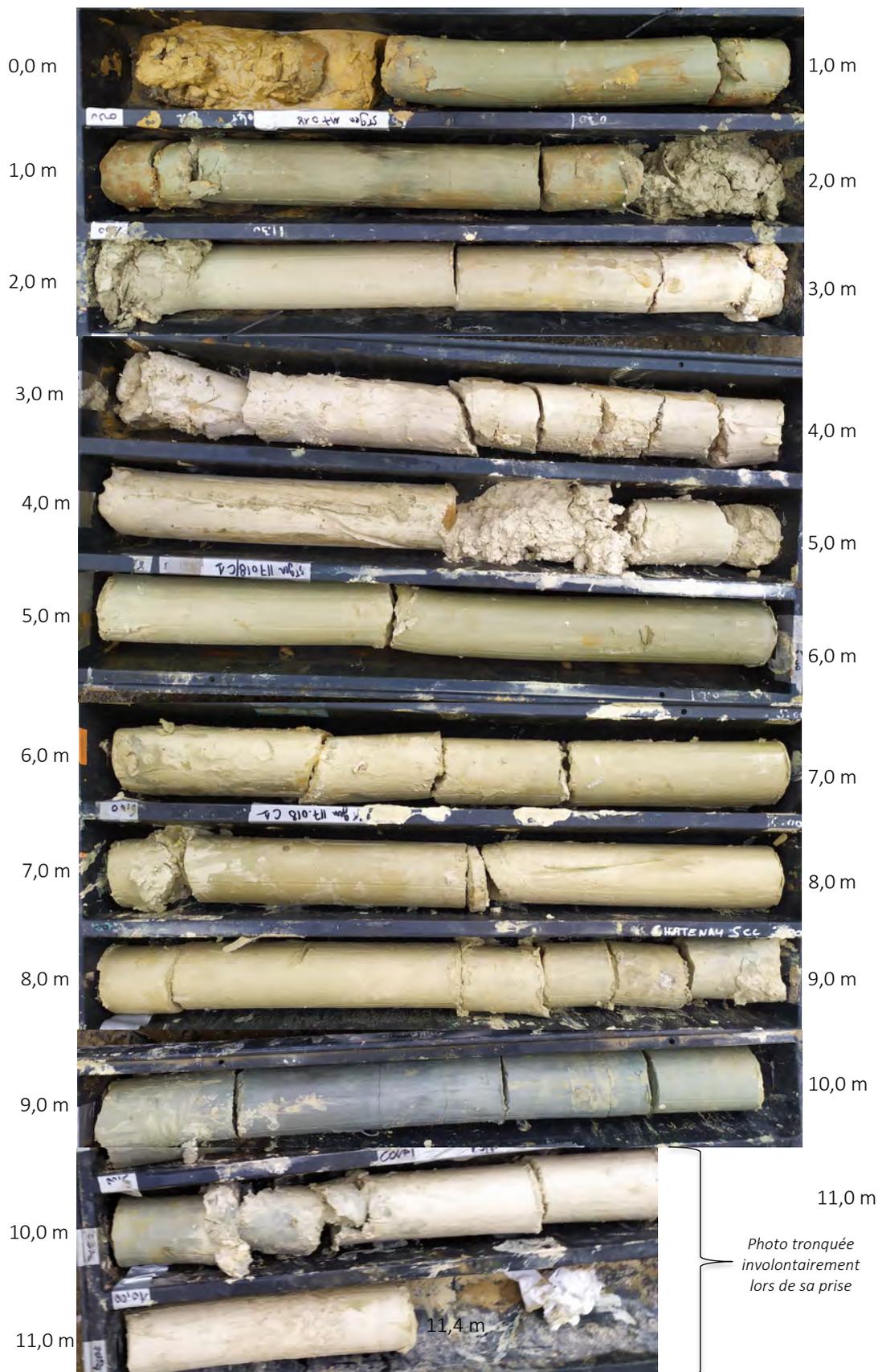
Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 0,2	Enrobé et Remblais
0,2 à 1,0	Remblais sableux
1,0 à 10,0	Blocs puis pertes d'injections
2,5 à 5,0	Devient légèrement argileux
5,0 à 8,8	Plus argileux
8,8 à 10,0	Plus dur et plus argileux
10,0 à 14,4	Pas de retour
14,4 à 17,0	Marne beige crème jaunâtre
17,0 à 18,0	Marne argileuses grisâtres
18,0 à 20,0	Marnes argileuses beige grisâtre
20,0 à 21,8	Marnes beige
21,8 à 25,1	Marnes crème grisâtres
25,1 à 26,0	Perte d'injection dans petites fractures

## RELEVÉ DU SONDAGE CAROTTÉ

Seul un criblage par carottage ou puits à la pelle, réalisé dans le cadre des missions G2/G3/G4, permettrait d'engager notre responsabilité sur les quantités et coût relatifs aux fondations.

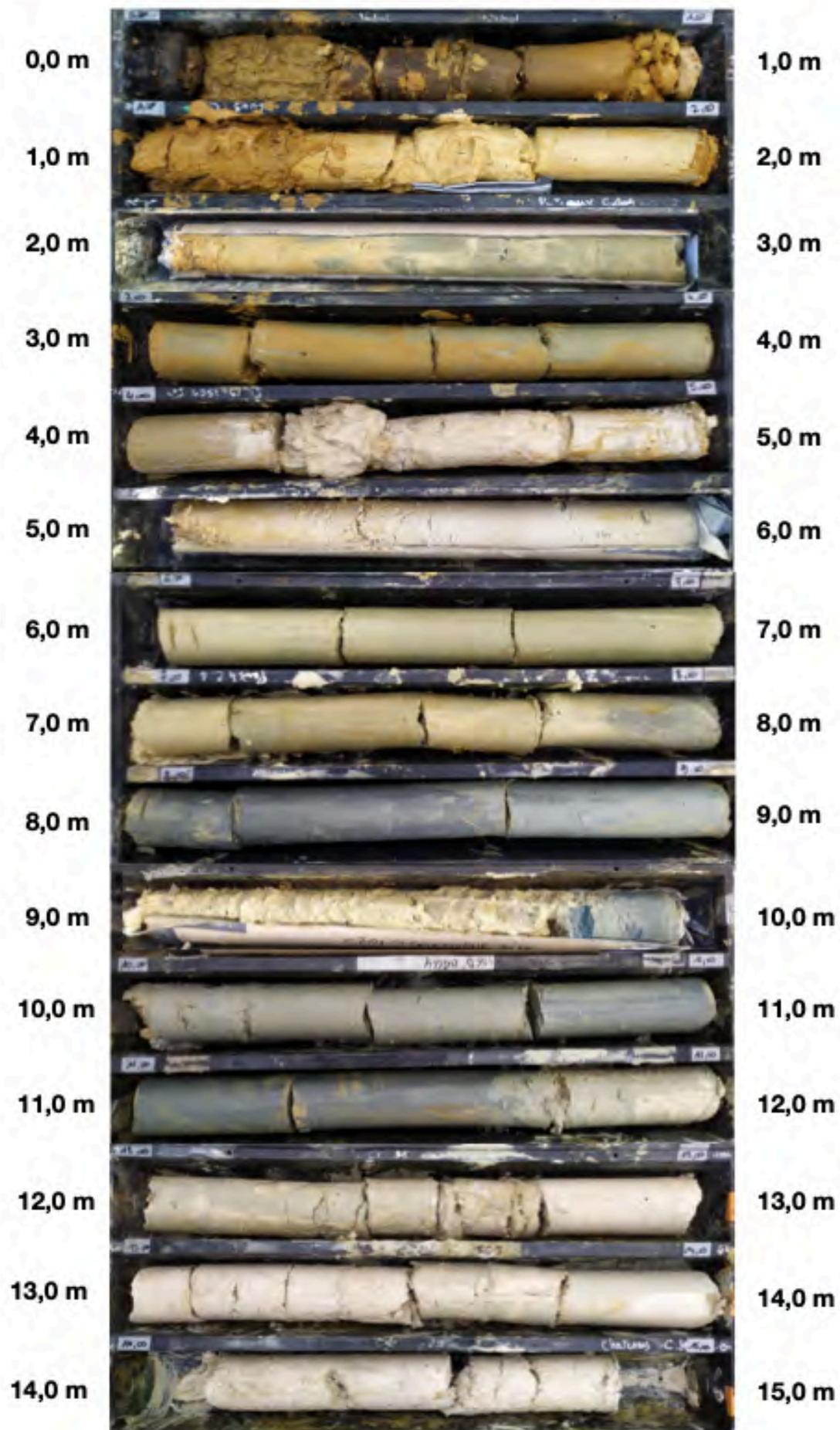
- Sondage SC1 # 53,0 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 0,40	Sablon jaune orangé
0,40 à 0,45	Mélange de sablon et d'argile verte
0,45 à 1,80	Argile verte avec des petits nodules calcaires
1,80 à 2,70	Argile verdâtre clair avec des veines beiges
2,70 à 4,00	Marne blanchâtre avec des passages altérés rouilles
4,00 à 5,00	Marne argileuse beige blanchâtre
5,00 à 6,00	Argile beige verdâtre
6,00 à 8,70	Argile beige marron clair à passage verdâtre
8,70 à 9,10	Marne beige grisâtre
9,10 à 10,30	Marne argileuse gris à gris foncé
10,30 à 11,40	Marno-calcaire beige



▪ Sondage SC21 # # 55,3NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 0,06	Enrobé
0,06 à 0,40	Remblais sableux limoneux avec graviers silex, beige à marron clair.
0,40 à 0,60	Remblais sableux, marron à beige avec quelques graviers
0,60 à 0,70	Remblais sableux noirâtres (hydrocarbures) avec graviers
0,70 à 0,95	Argiles sableuses marron rougeâtre
0,95 à 1,0	Bloc de meulière
1,0 à 1,3	Sable grossier argileux marron rougeâtre
1,3 à 2,0	Marnes calcaire beige (bloc de calcaire à 1,4m)
2,0 à 2,2	Marnes calcaire beige grisâtre
2,2 à 3,0	Argile verdâtres avec passages calcaireux blanchâtre (graviers de calcaire plus ou moins indurés)
3,0 à 4,05	Argile verdâtres avec passages calcaireux blanchâtre (graviers de calcaire plus ou moins indurés) avec des passages très argileux.
4,05 à 5,0	Marnes blanchâtres avec nodules calcaires
5,0 à 6,0	Marnes beige blanche avec blocs de calcaires
6,0 à 6,5	Marnes argileuses beige verdâtres
6,5 à 7,2	Marnes argileuses beige verdâtres avec des passages de nodules plus ou moins indurés
7,2 à 7,7	Marnes argileuses beiges marron clair grisâtre verdâtre
7,70 à 9,0	Marnes argileuses grises foncés
9,0 à 9,9	Marne argileuses beige grisâtres avec des blocs calcaires
9,9 à 10,0	Marnes argileuses grises foncés
10,0 à 10,4	Marnes argileuses grises foncés avec nodules calcaire par endroit
10,4 à 11,70	Marnes argileuses grises foncés
11,7 à 15,0	Marnes blanchâtres rosé



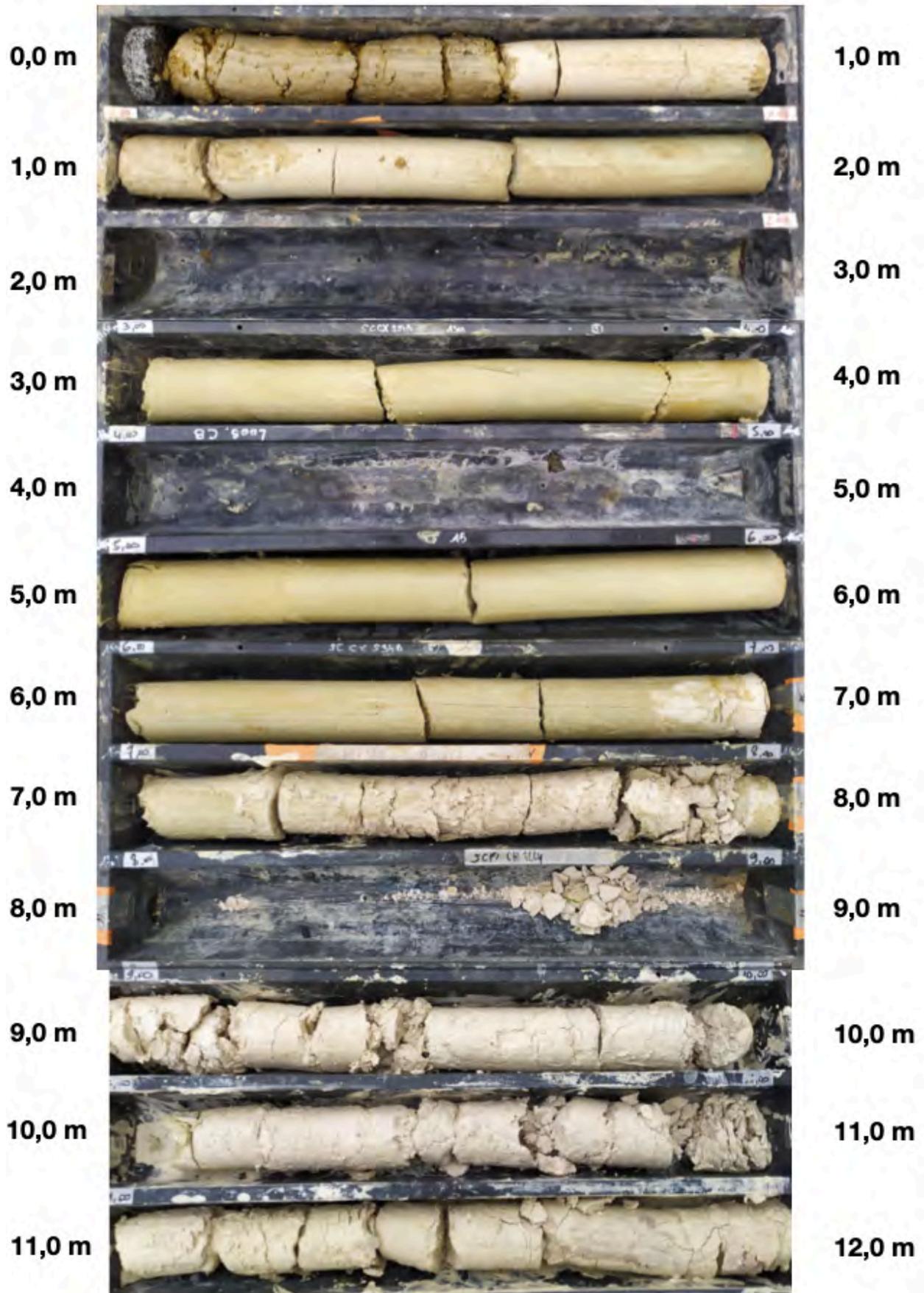
▪ Sondage SC22 # 54,6NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 0,1	Remblais enrobé et couche de forme
0,1 à 0,2	Remblais sableux graveleux marron
0,2 à 0,7	Manque
0,7 à 1,0	Argile verte avec nombreux nodules calcaire
1,0 à 2,0	Échantillon intact
2,0 à 3,2	Argile verdâtre avec quelques passages calcaireux
3,2 à 4,0	Marnes blanchâtre (passage de rouilles : trace d'oxydation)
4,0 à 5,0	Échantillon intact
5,0 à 7,5	Marnes argileuses beige verdâtre
7,5 à 8,0	Argile verdâtre, beige, grise
8,0 à 9,0	Échantillon intact
9,0 à 10,0	Argile marneuses grises foncés
10,0 à 11,1	Argile beige verdâtre, marron, avec passages oxydés
11,1 à 12,0	Marnes blanches rosés

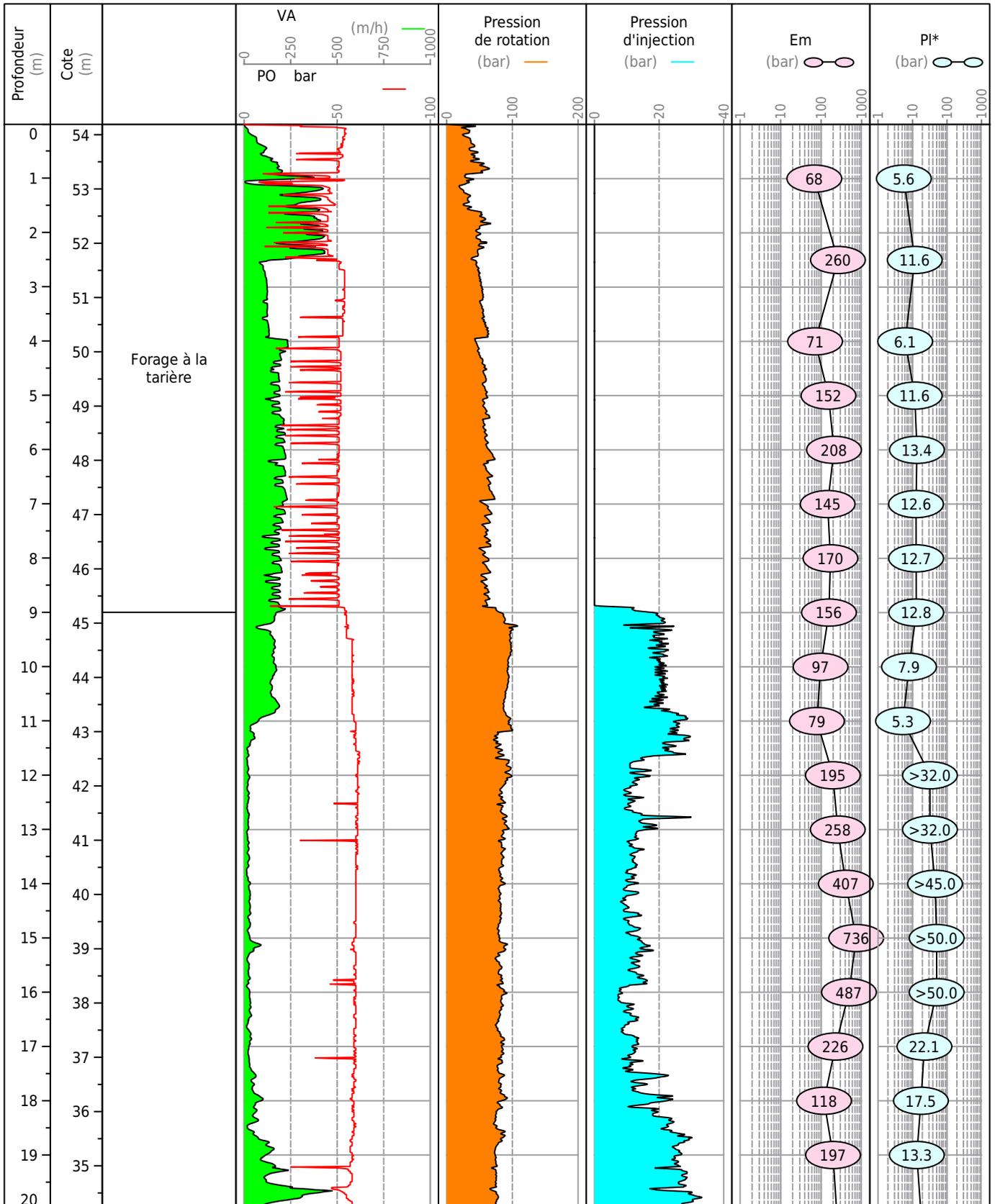


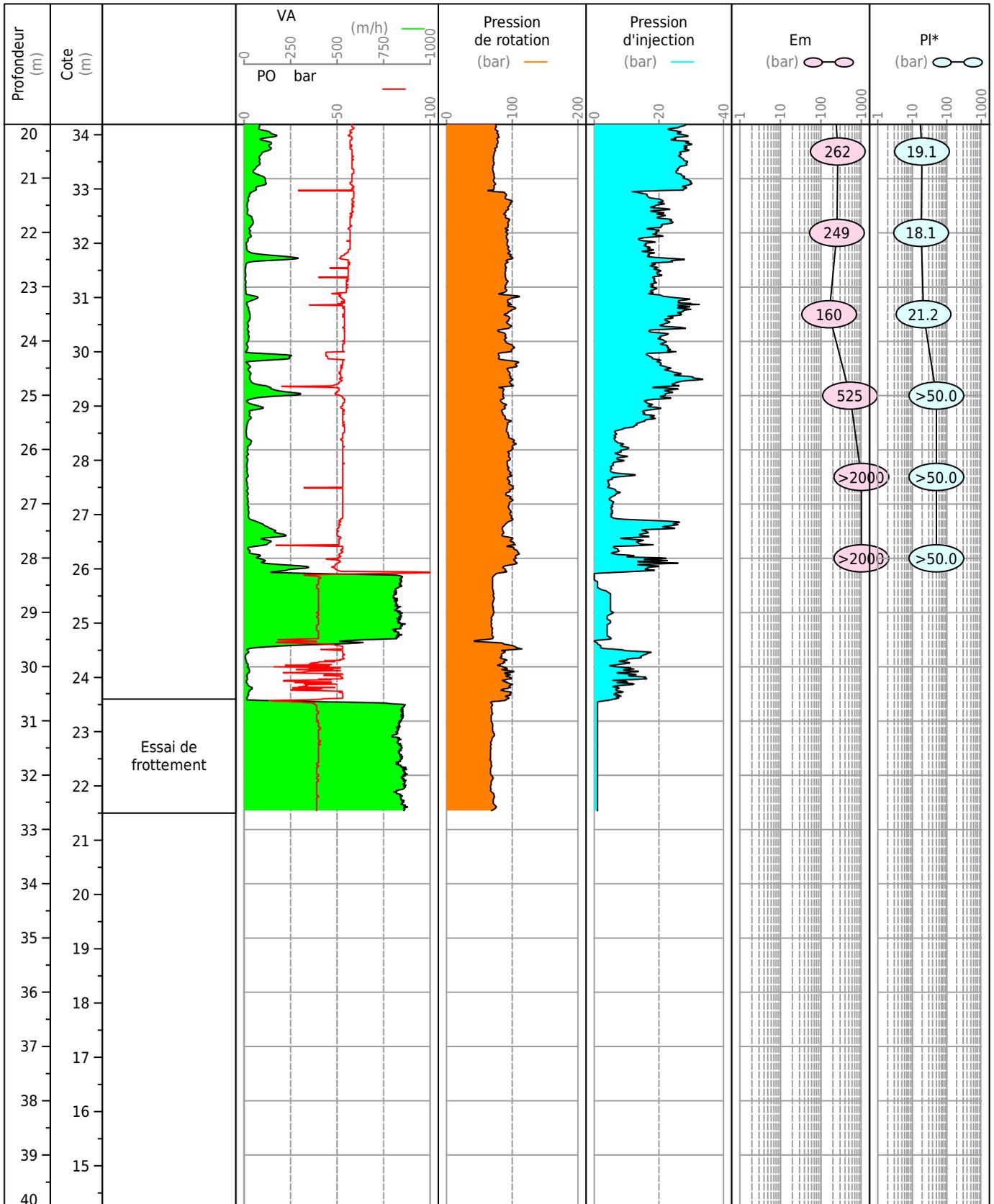
▪ Sondage SC23 # 51,3NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 0,0,5	Enrobé
0,05 à 0,6	Remblais de sable fin marron
0,6 à 1,2	Marne beige crèmes
1,2 à 1,6	Marnes argileuses beige crème
1,6 à 2,0	Argile beige verdâtre
2,0 à 3,0	Échantillon intact
3,0 à 3,5	Argile verdâtre avec de nombreux rognons calcaire
3,5 à 3,8	Argile verdâtre avec peu de rognons calcaire
3,8 à 4,0	Argile marron verdâtre avec rognons
4,0 à 5,0	Échantillon intact
5,0 à 6,0	Argile beige verdâtre
6,0 à 6,8	Argiles beige verdâtre marneuses avec des passages oxydé (couleur rouille) et quelques rognons calcaire
6,8 à 8,0	Marnes beige rosé
8,0 à 9,0	Échantillon intact
9,0 à 11,7	Marnes beige rosé
11,7 à 12,0	Marnes marrons rosé

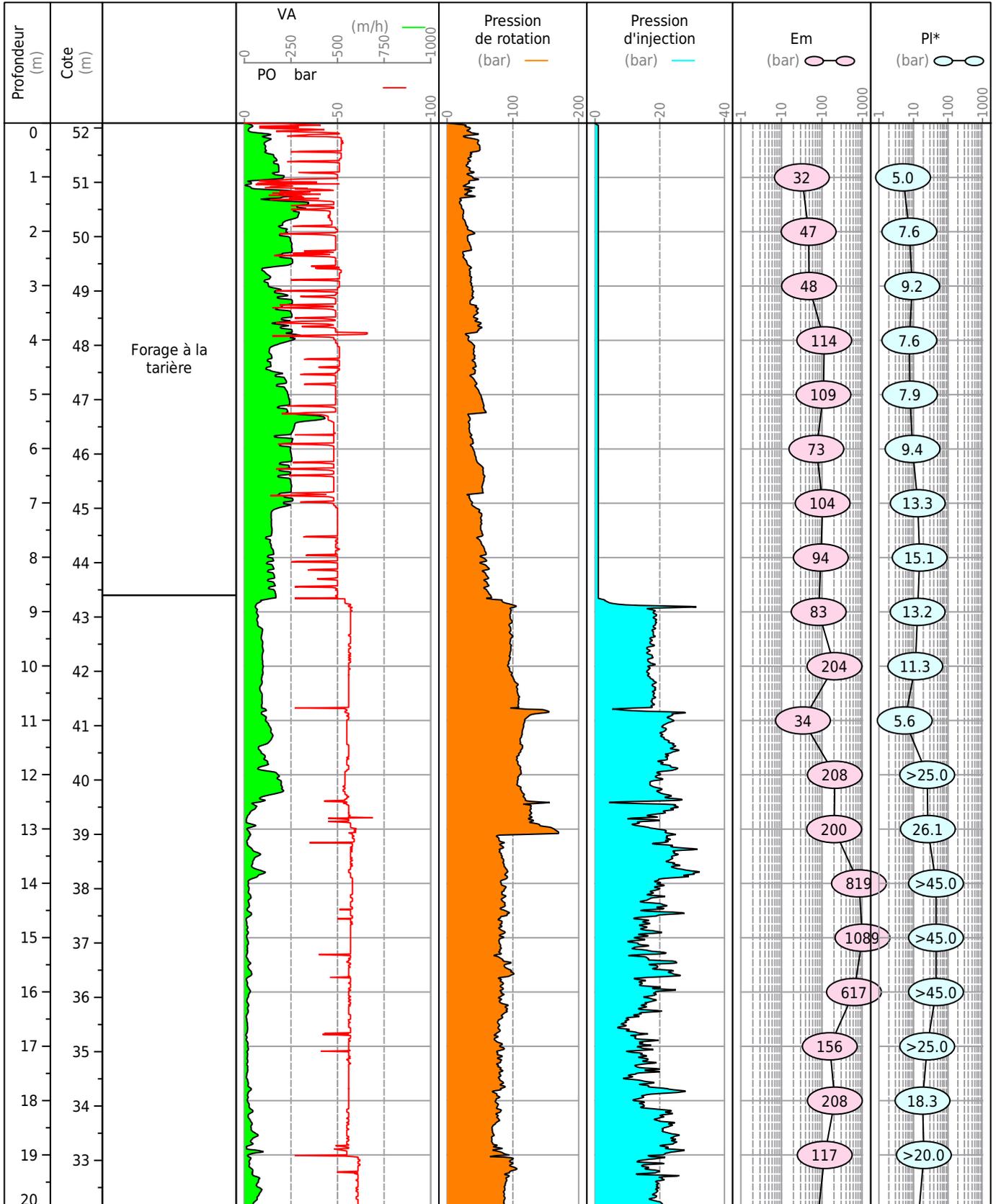


## 10. ANNEXES NON NUMÉROTÉES



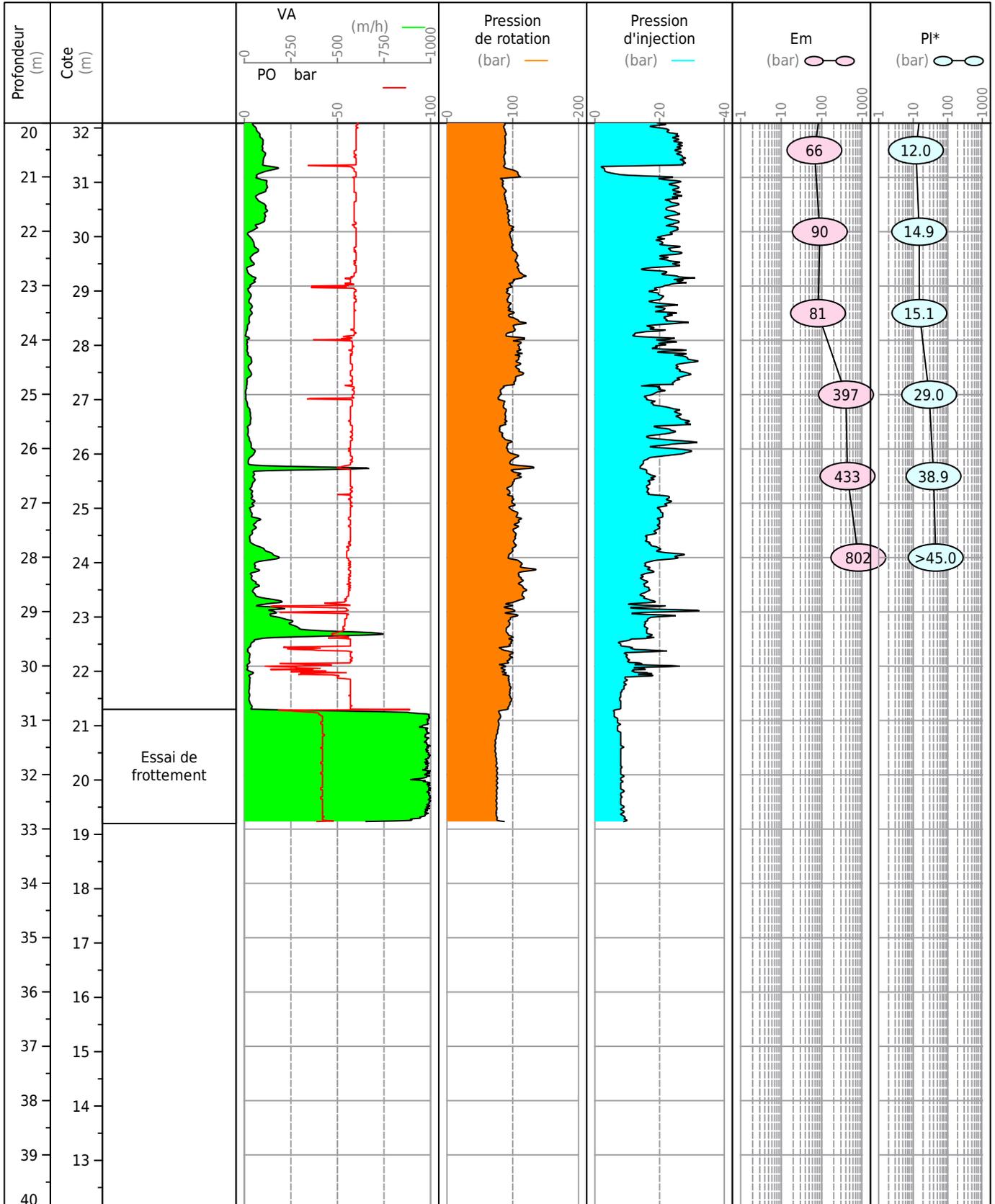


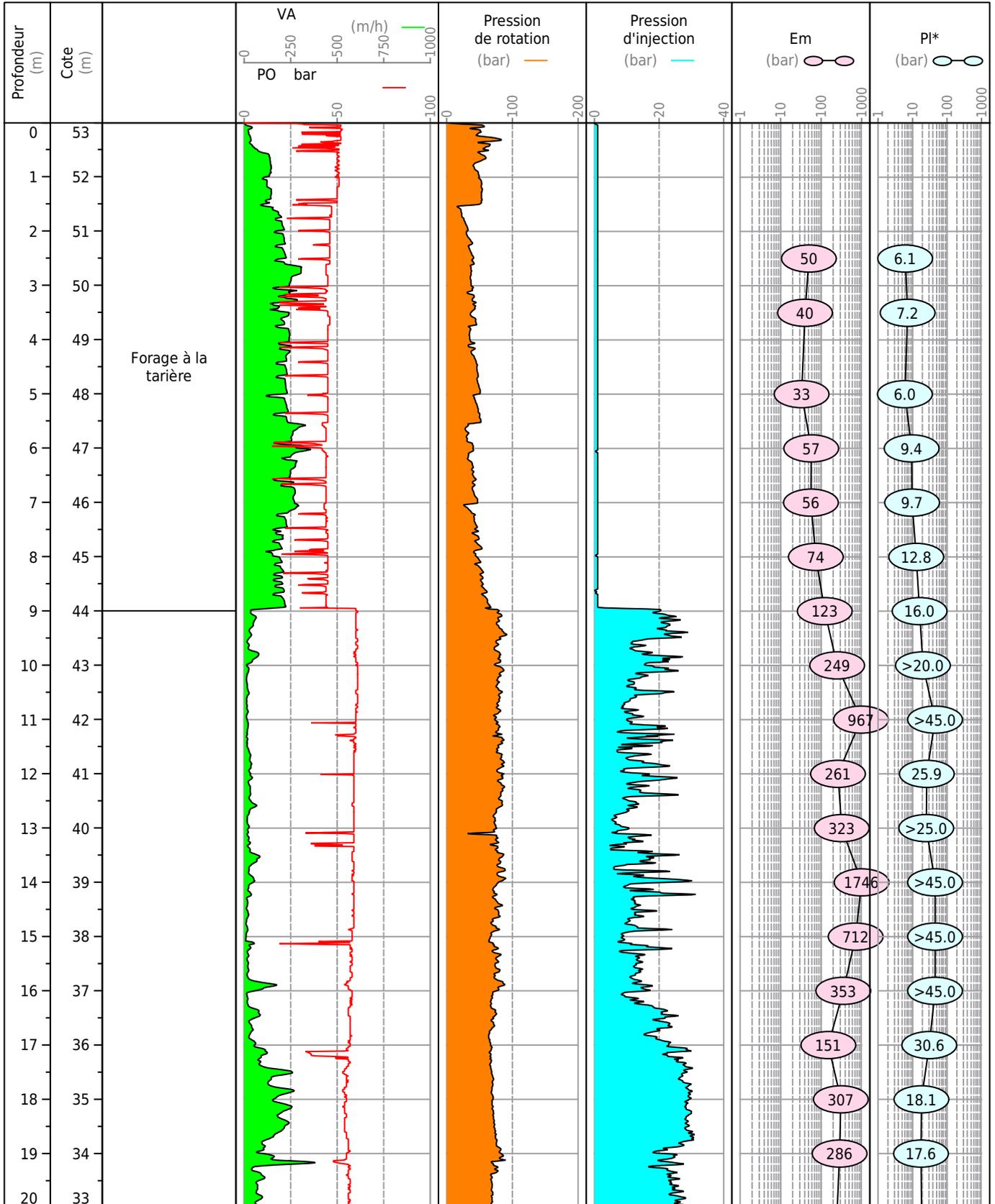
Z : 52.10 m

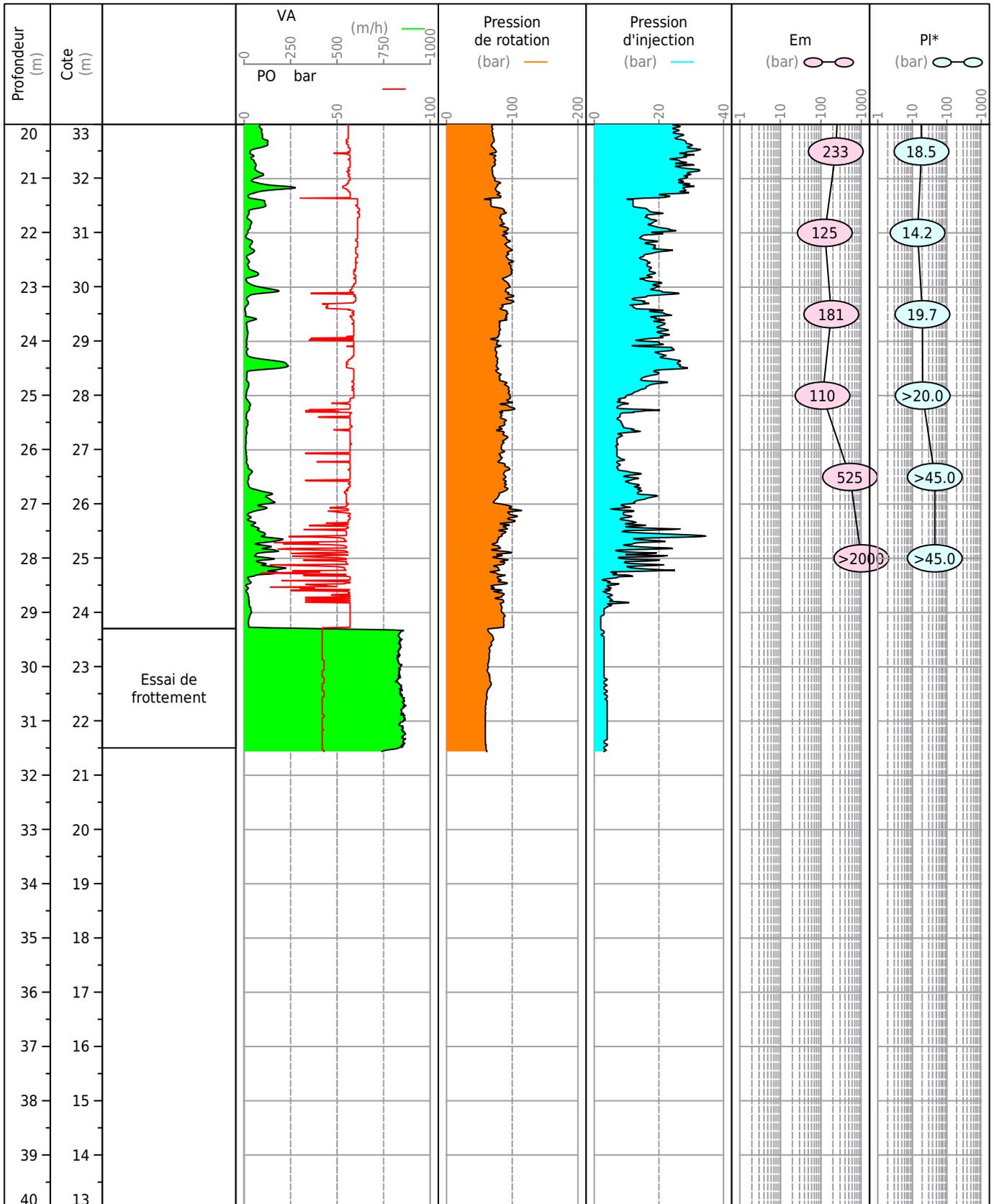


**SONDAGE SP2**

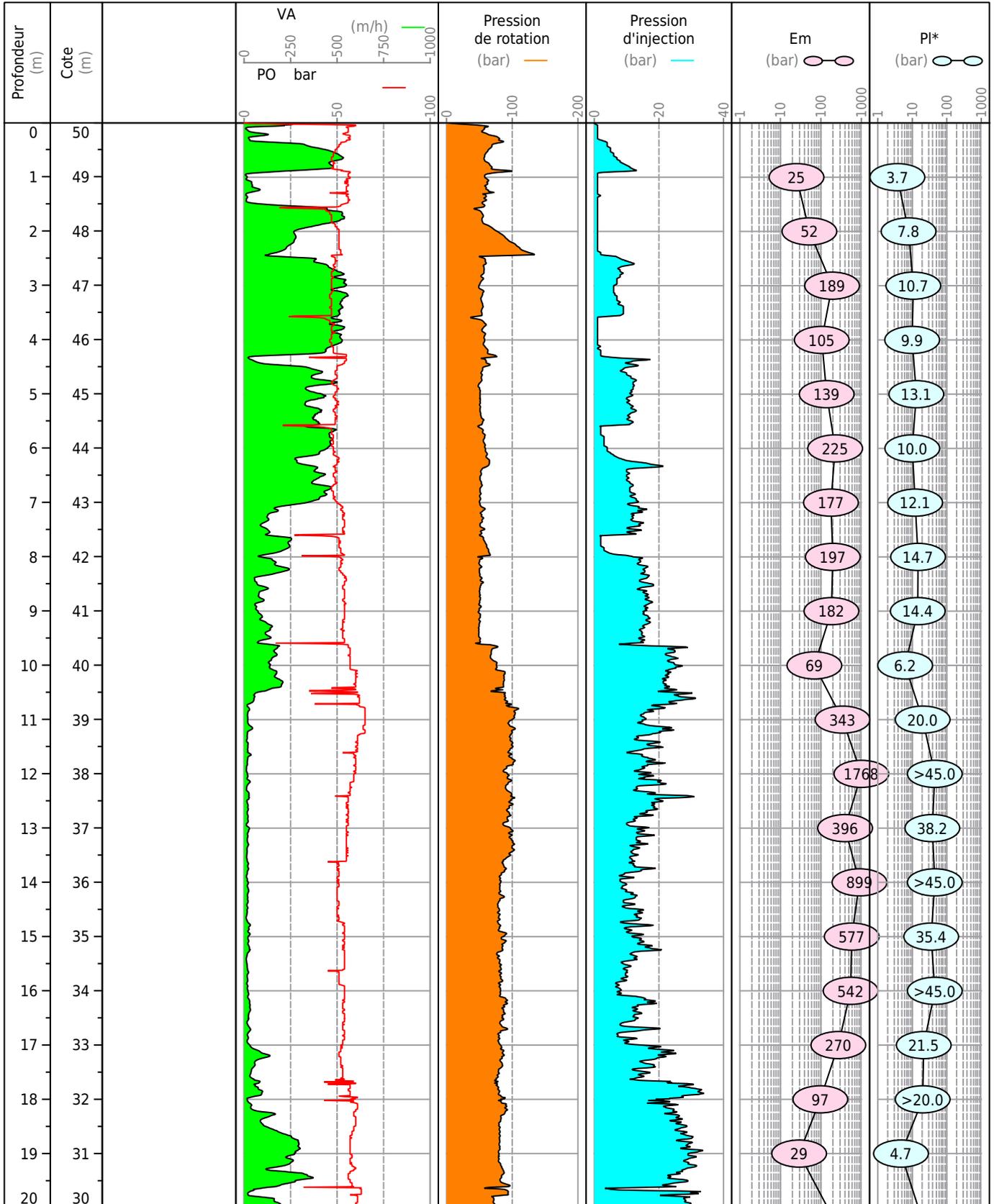
Z : 52.10 m





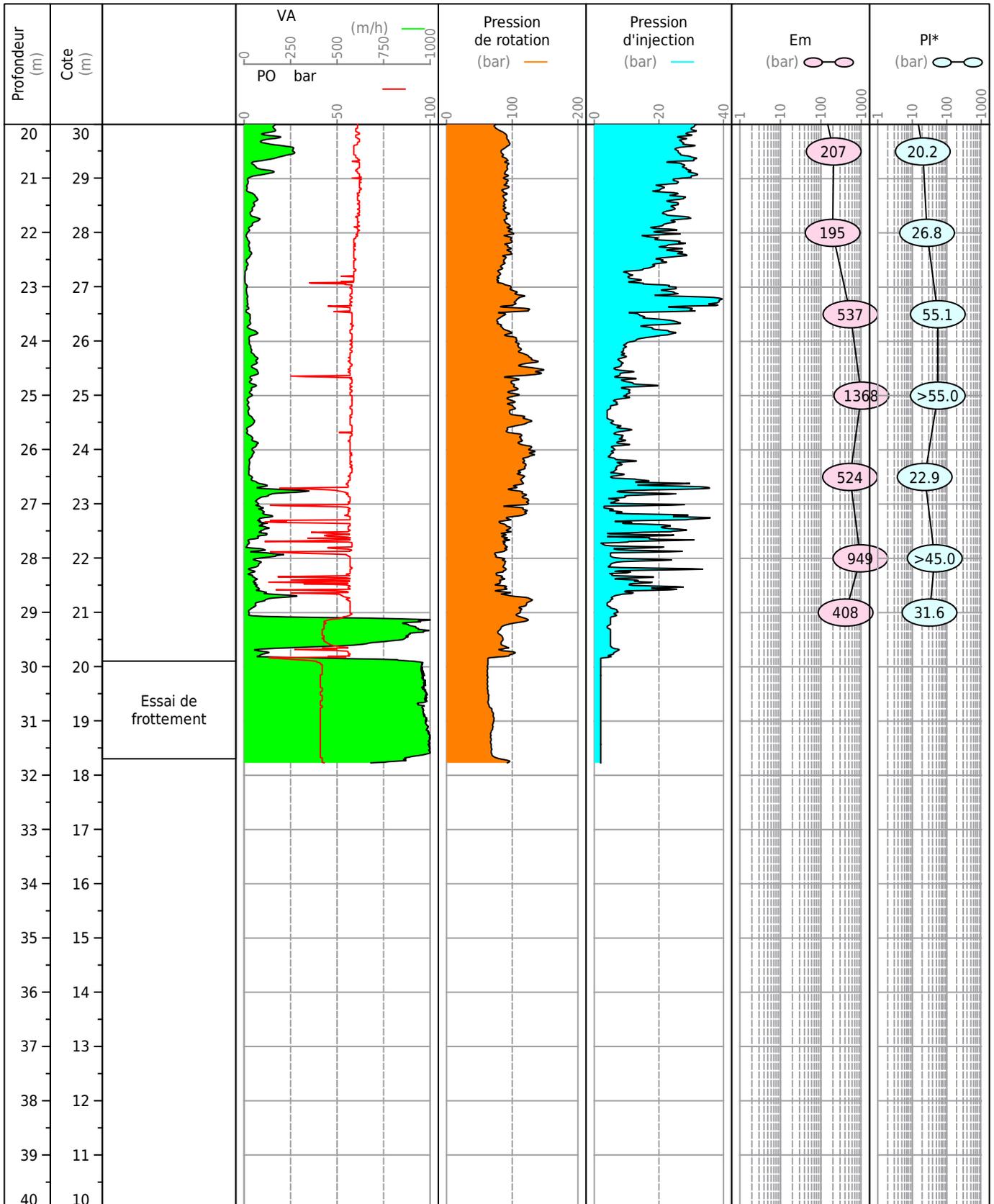


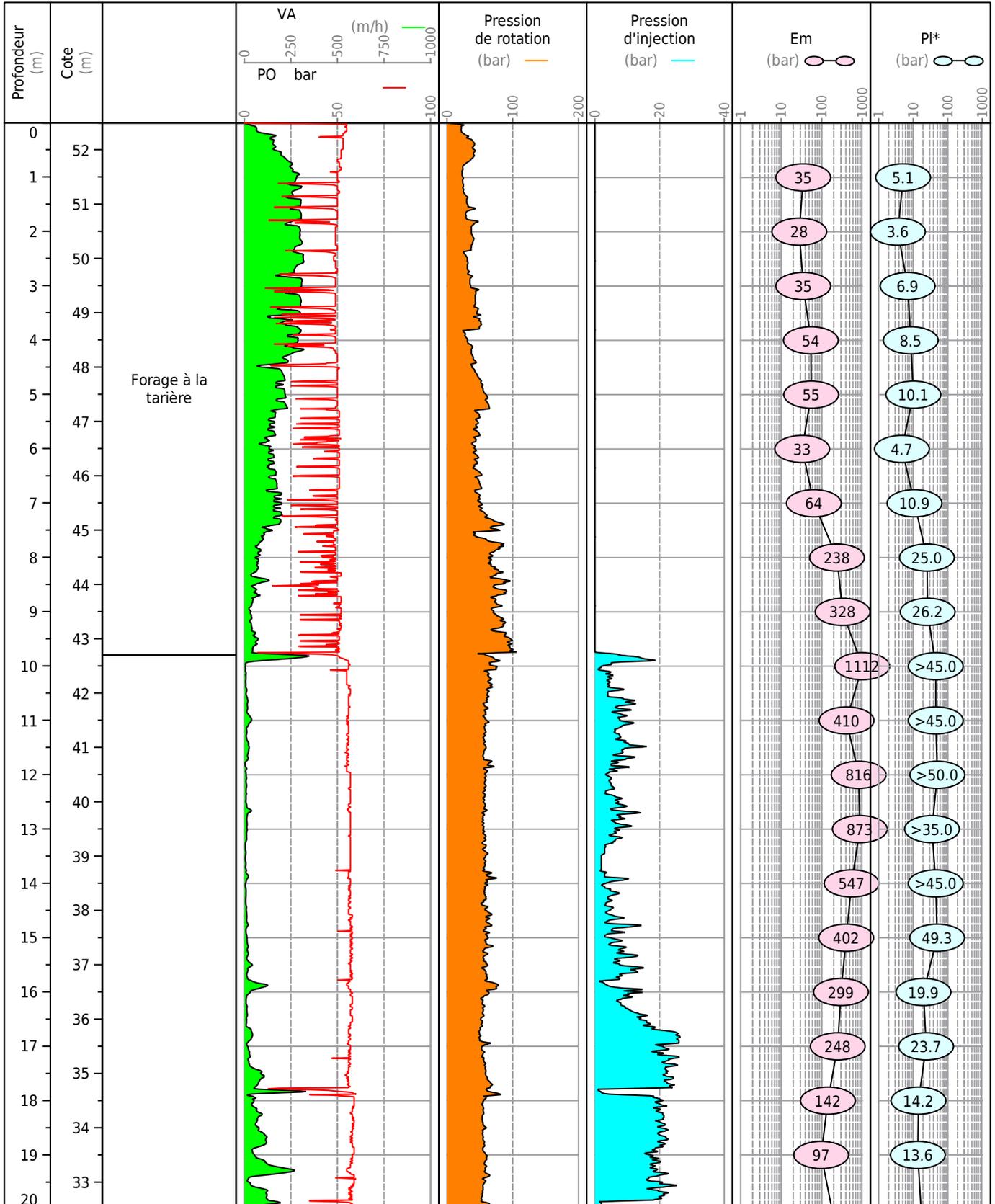
Z : 50.00 m

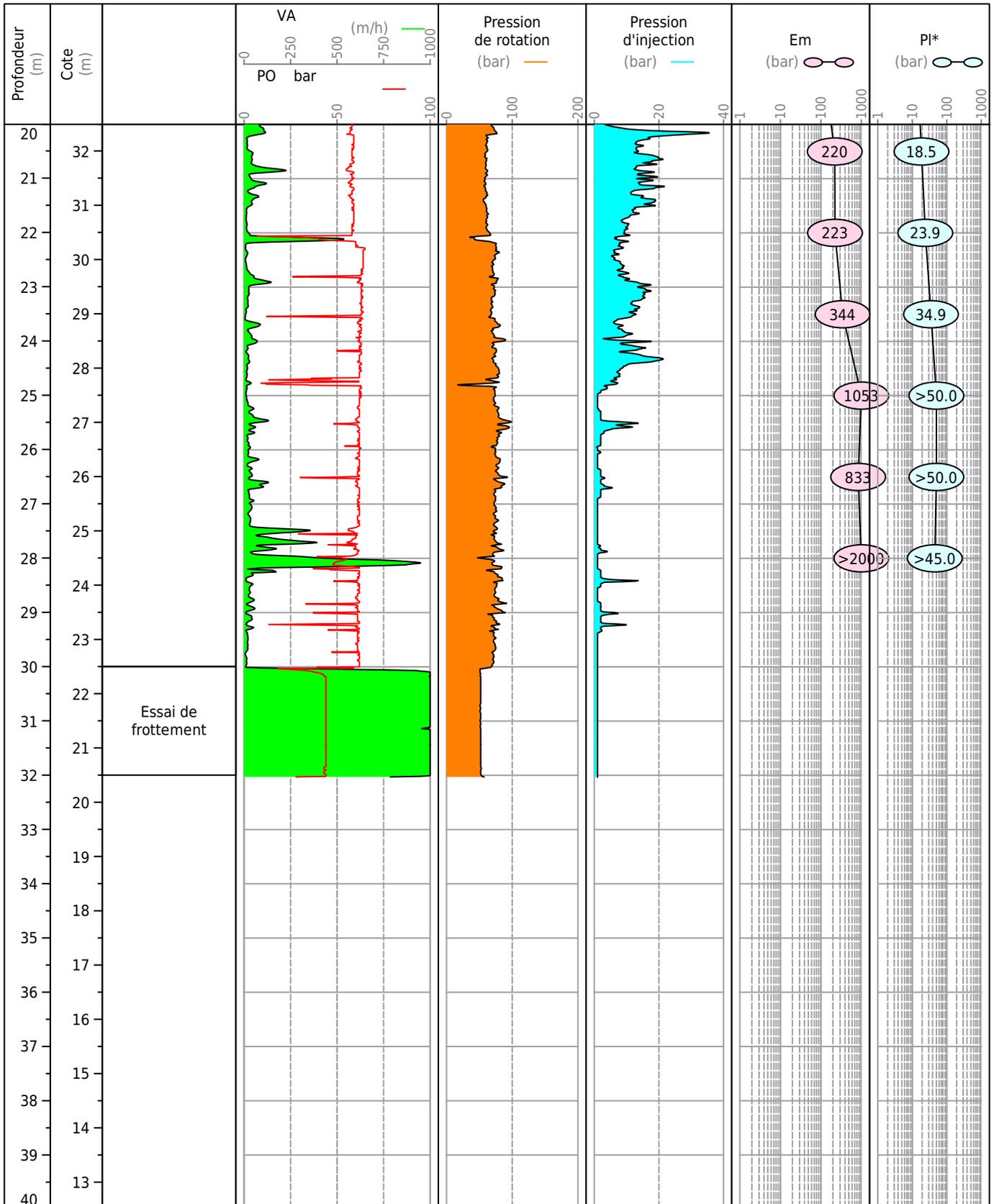


**SONDAGE SP4**

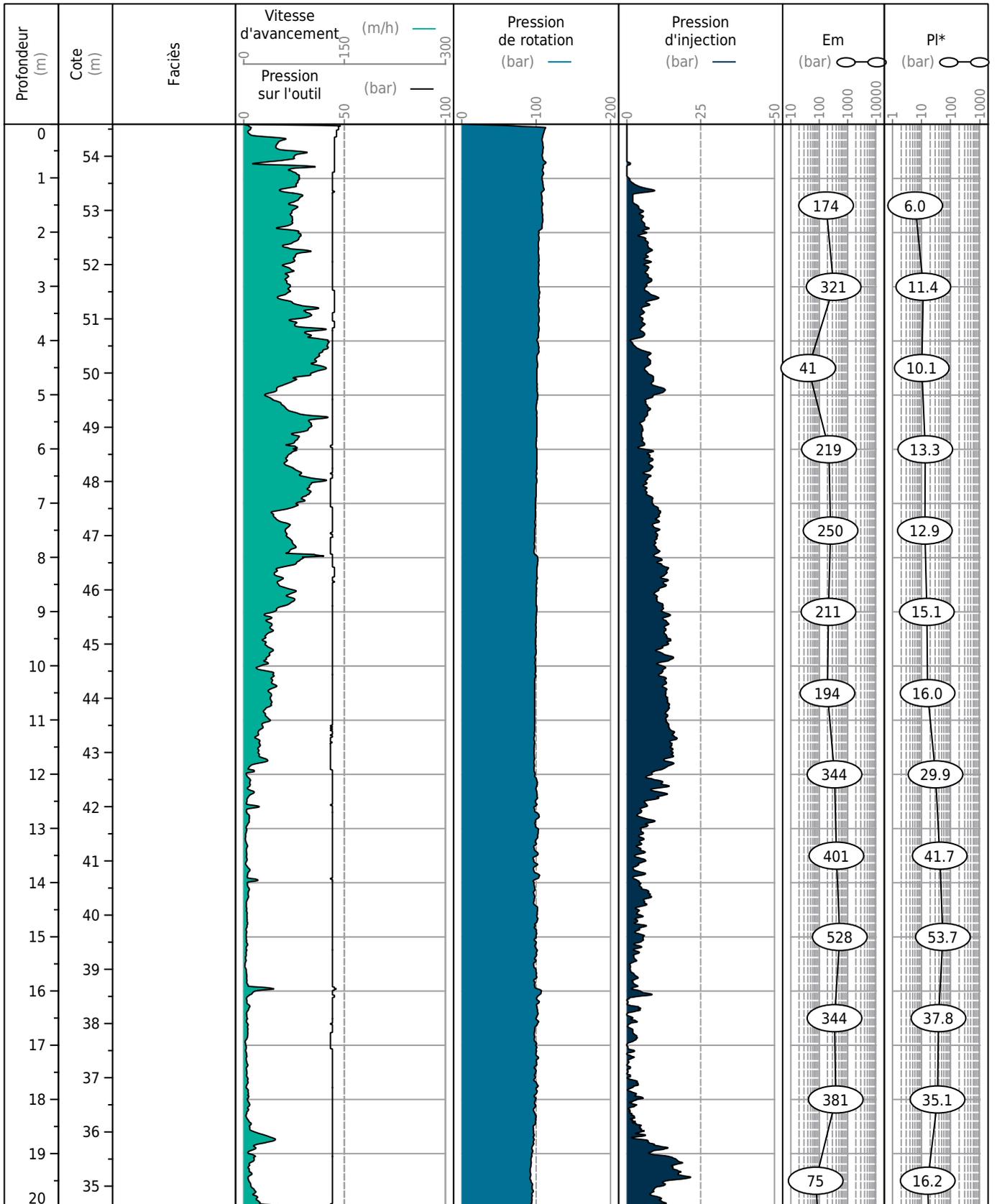
Z : 50.00 m





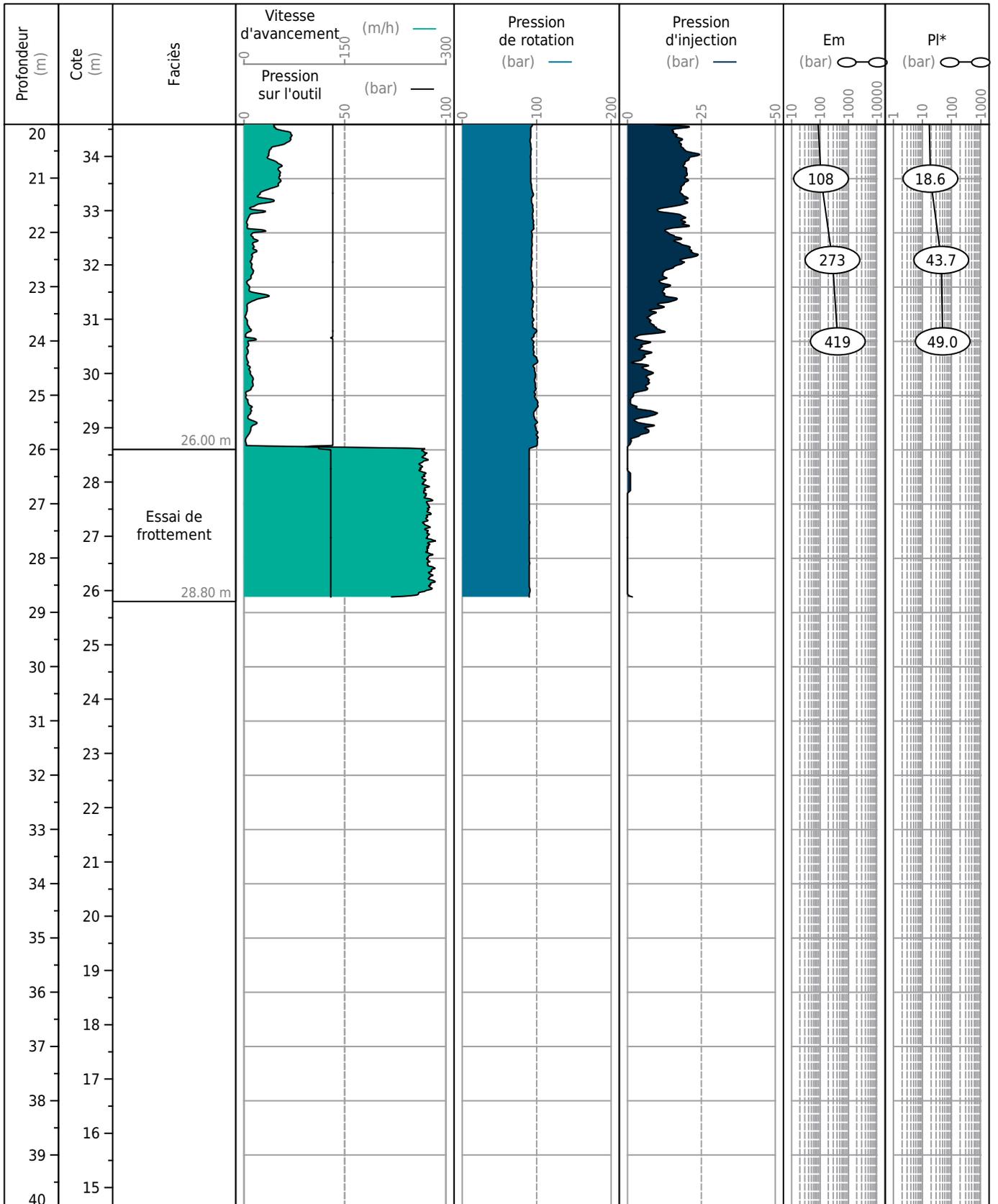


**SONDAGE SP24**



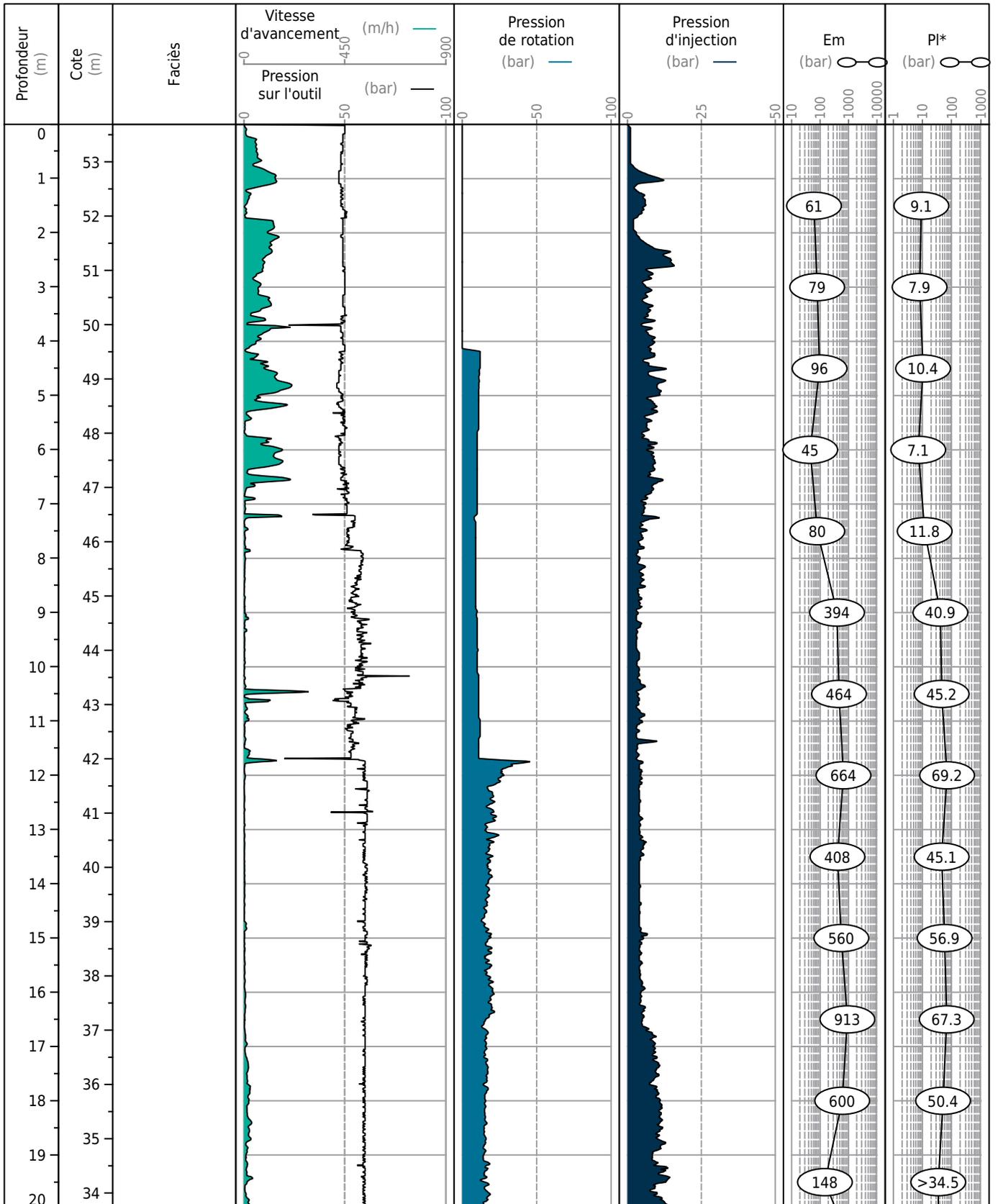
Obs. :

**SONDAGE SP24**



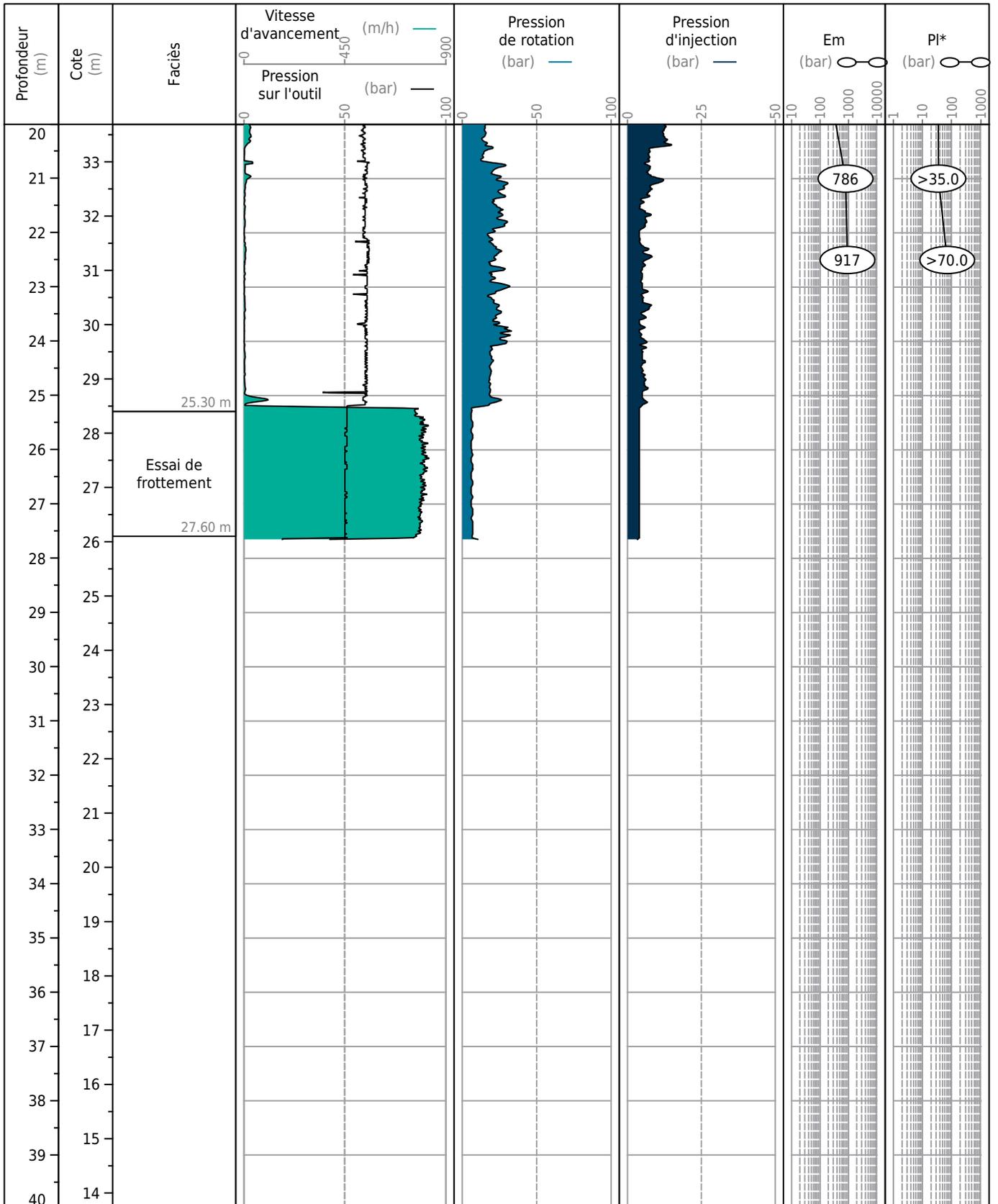
Obs. :

**SONDAGE SP25**



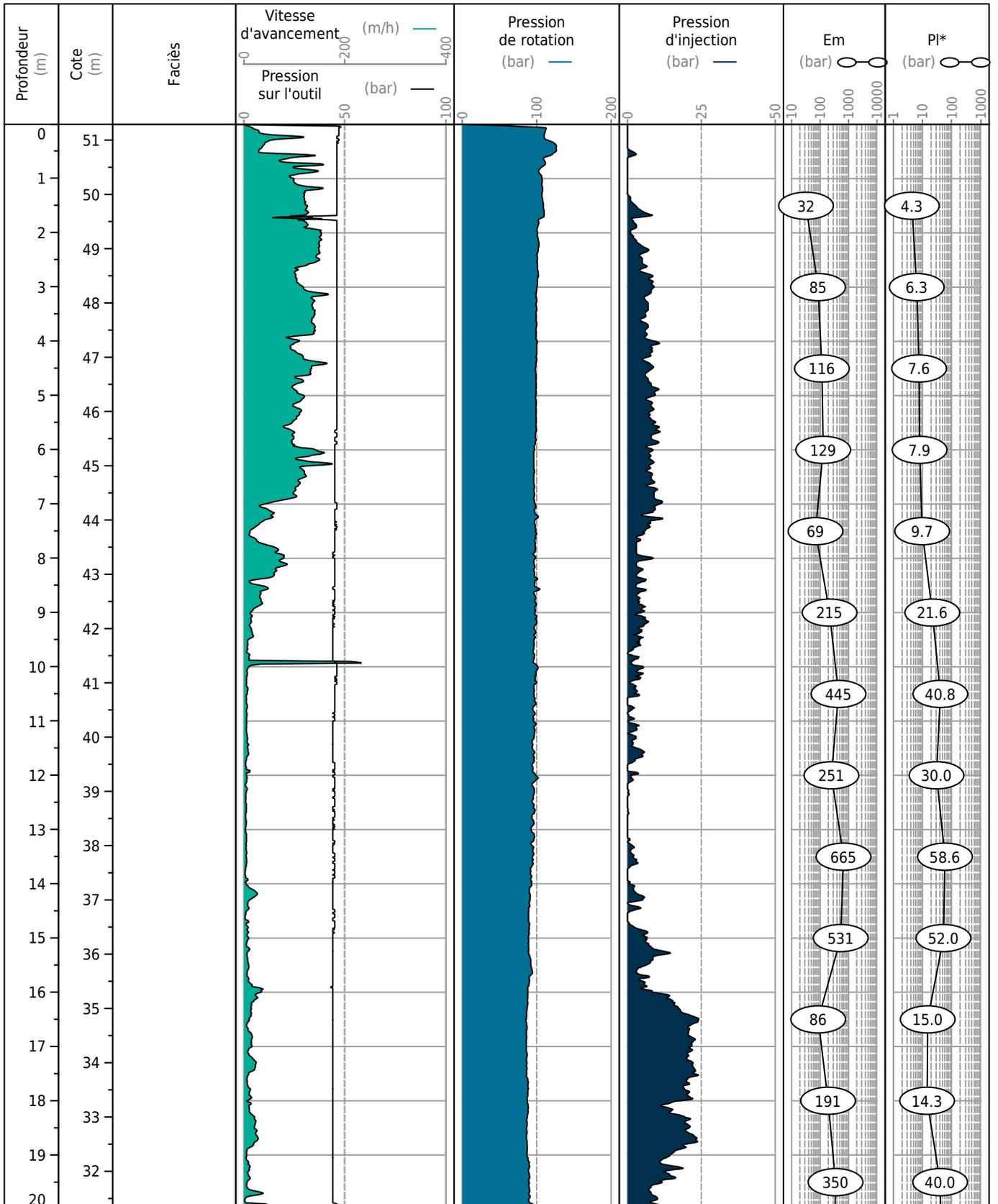
Obs. :

**SONDAGE SP25**



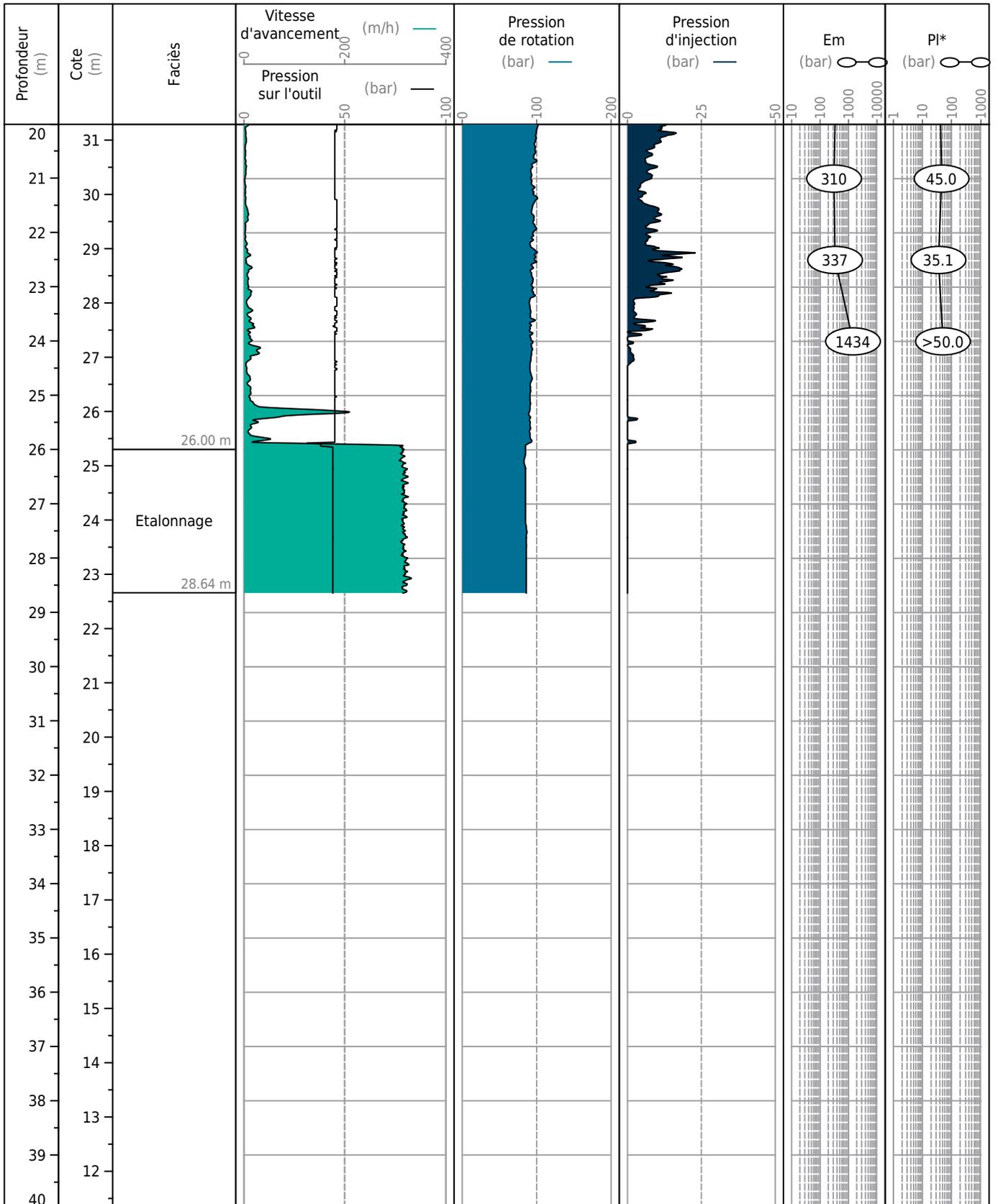
Obs. :

**SONDAGE SP26**



Obs. :

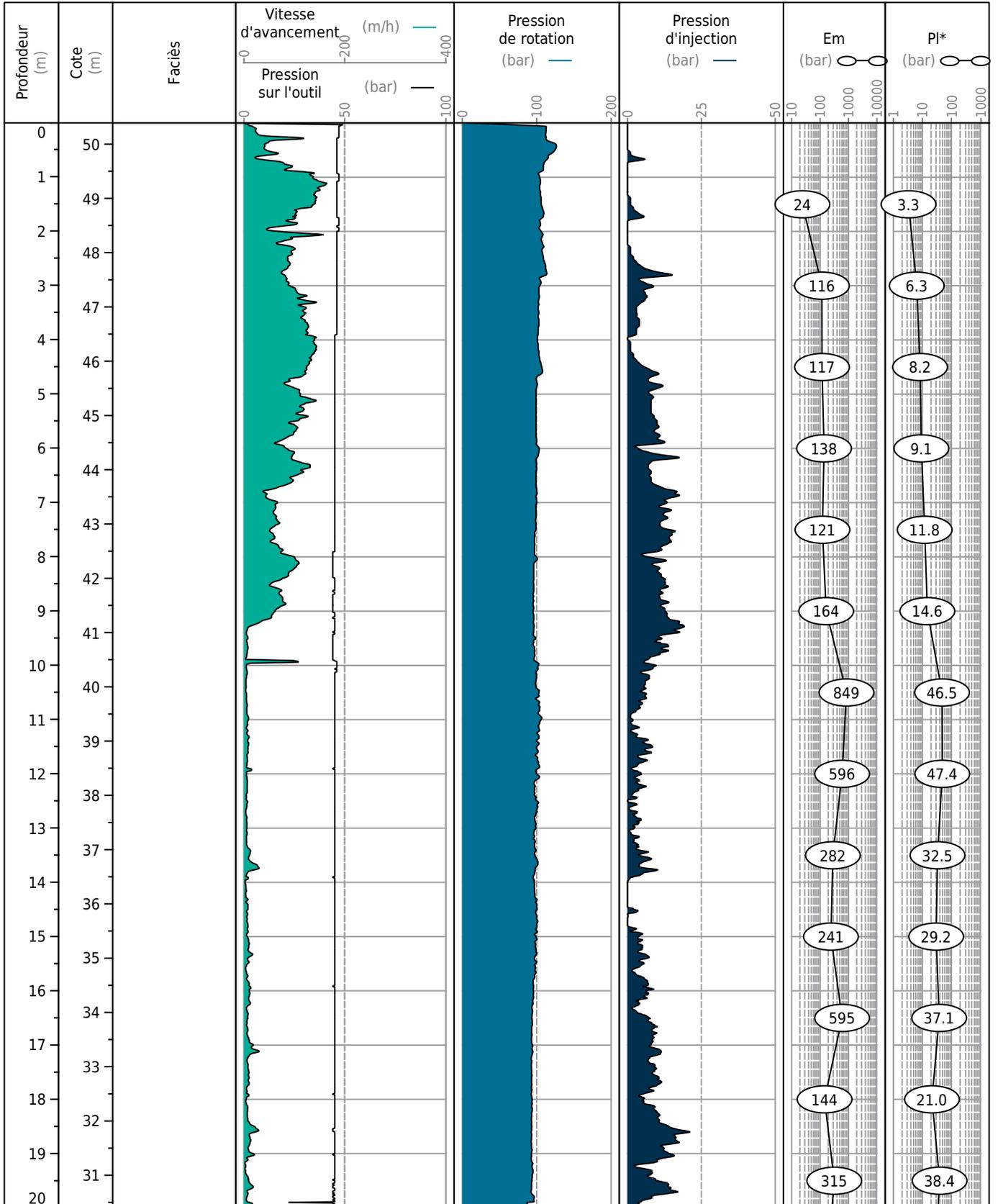
**SONDAGE SP26**



Obs. :

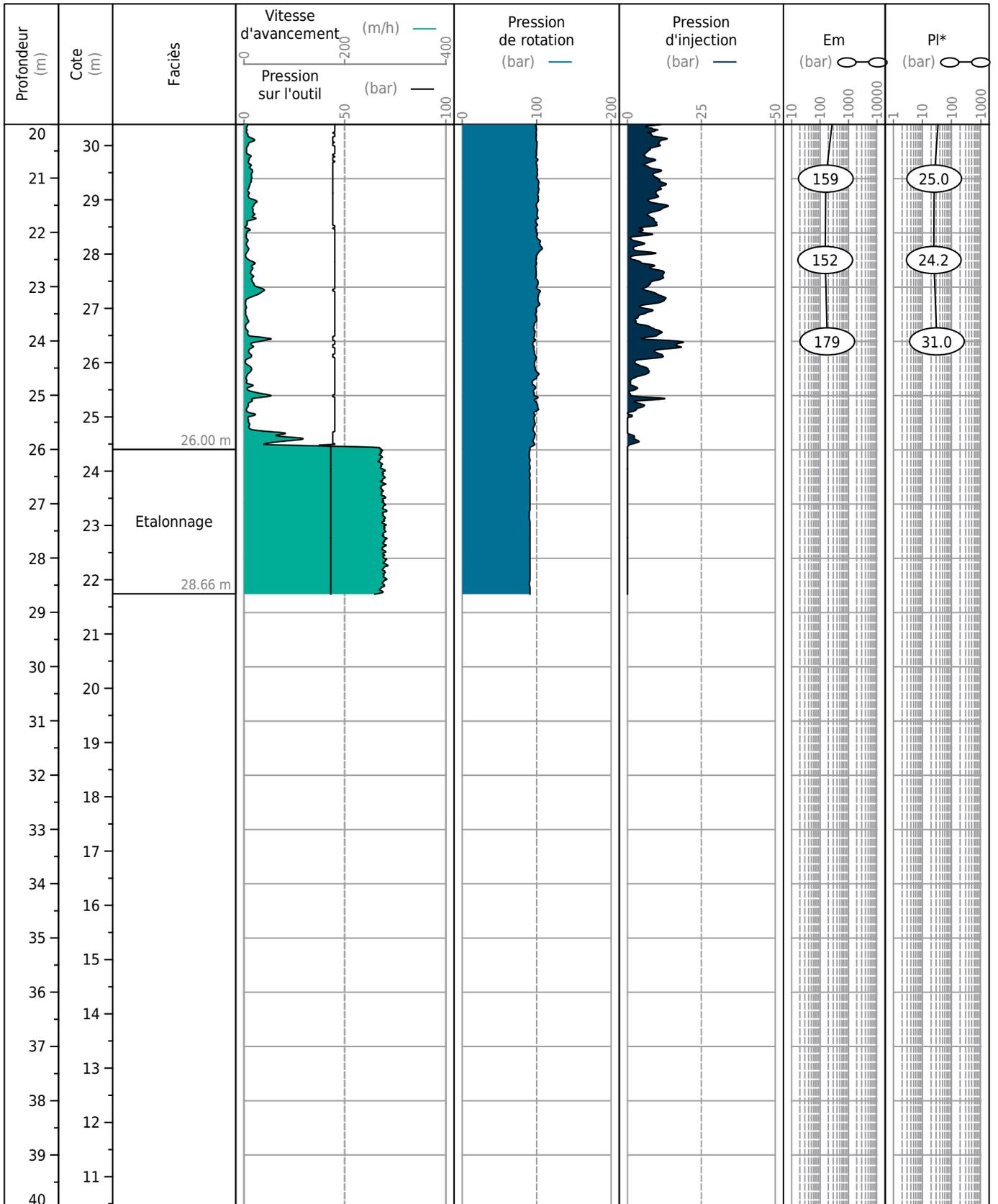


**SONDAGE SP27**



Obs. :

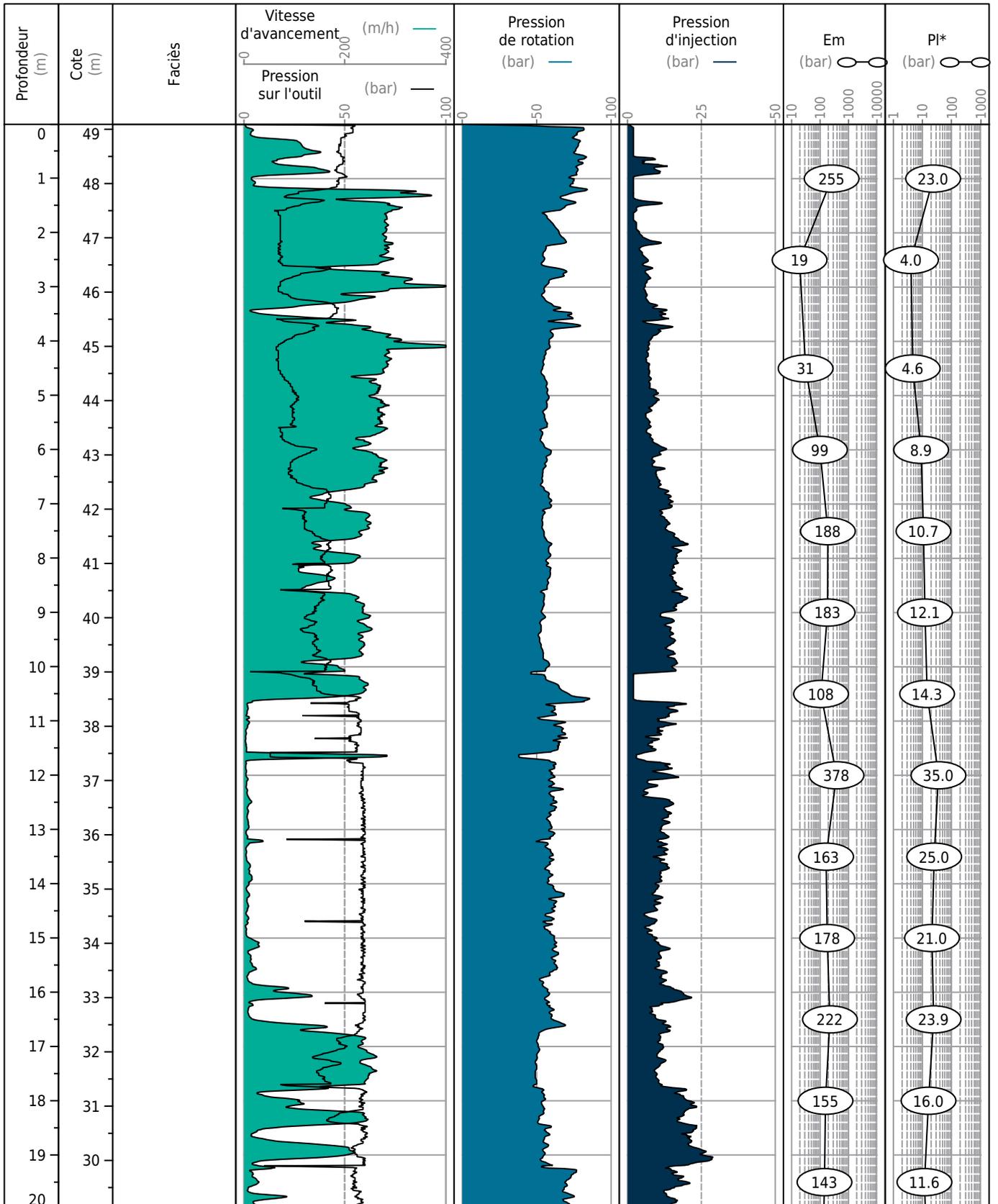
**SONDAGE SP27**



Obs. :



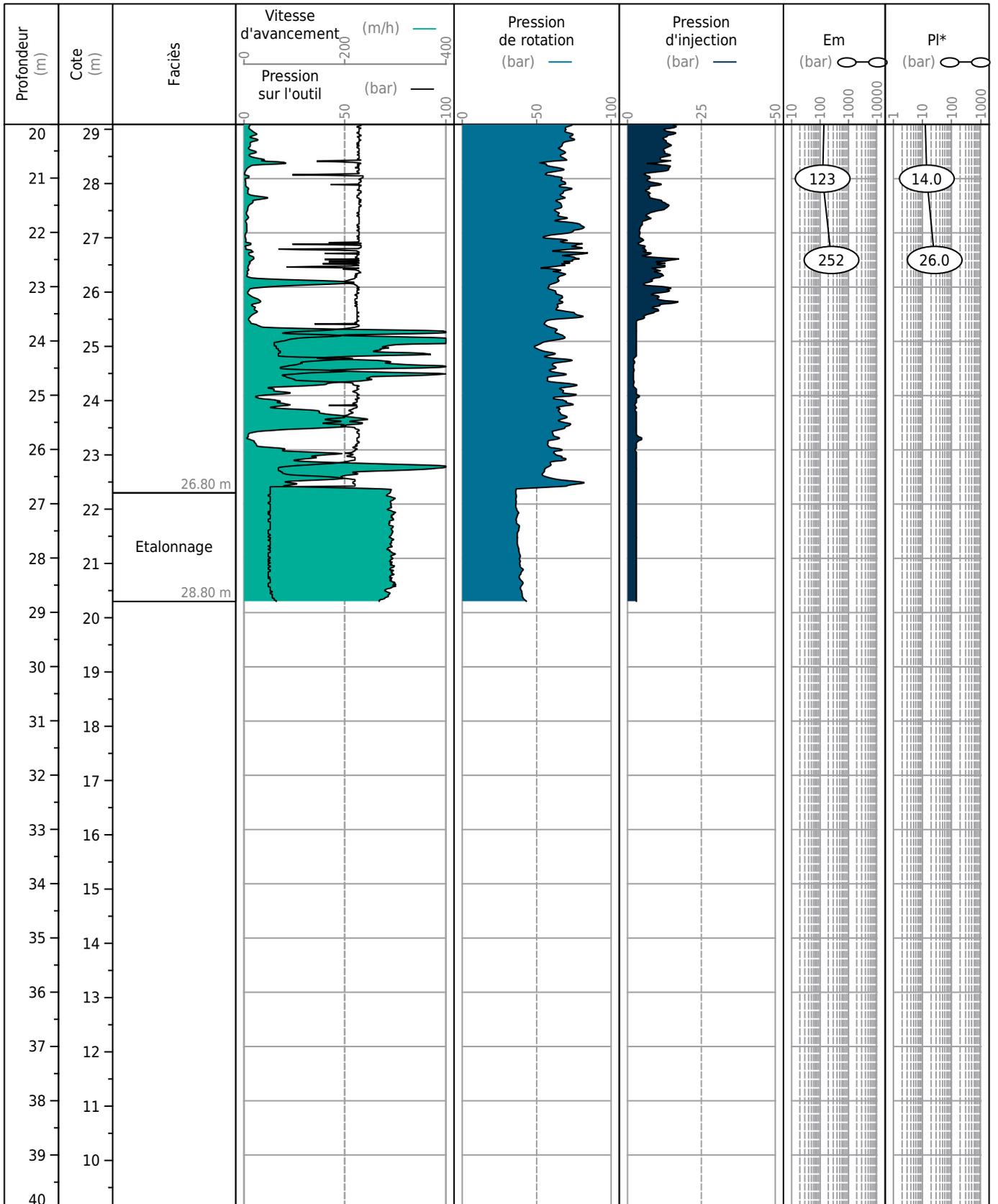
SONDAGE SP28



Obs. :



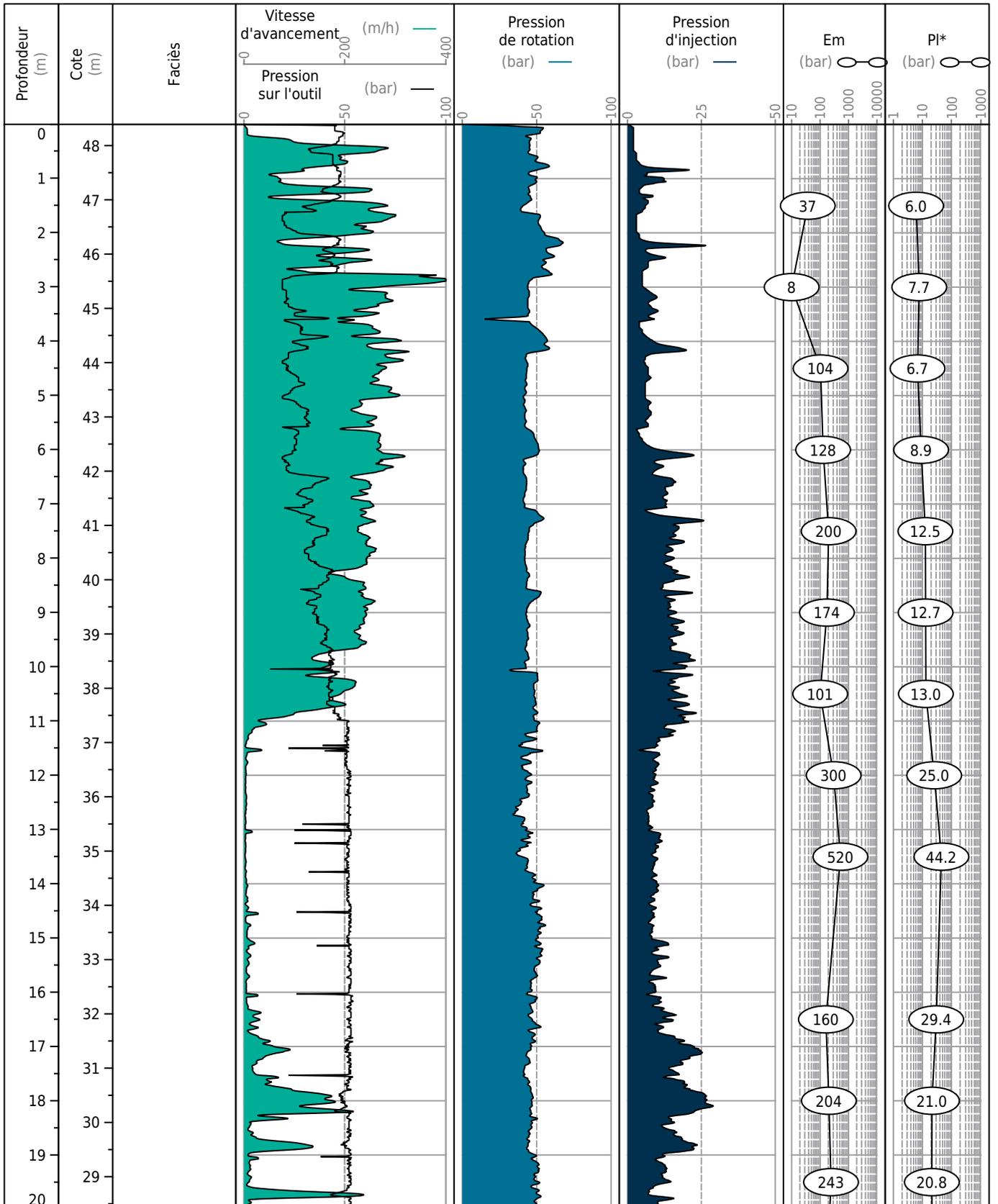
**SONDAGE SP28**



Obs. :

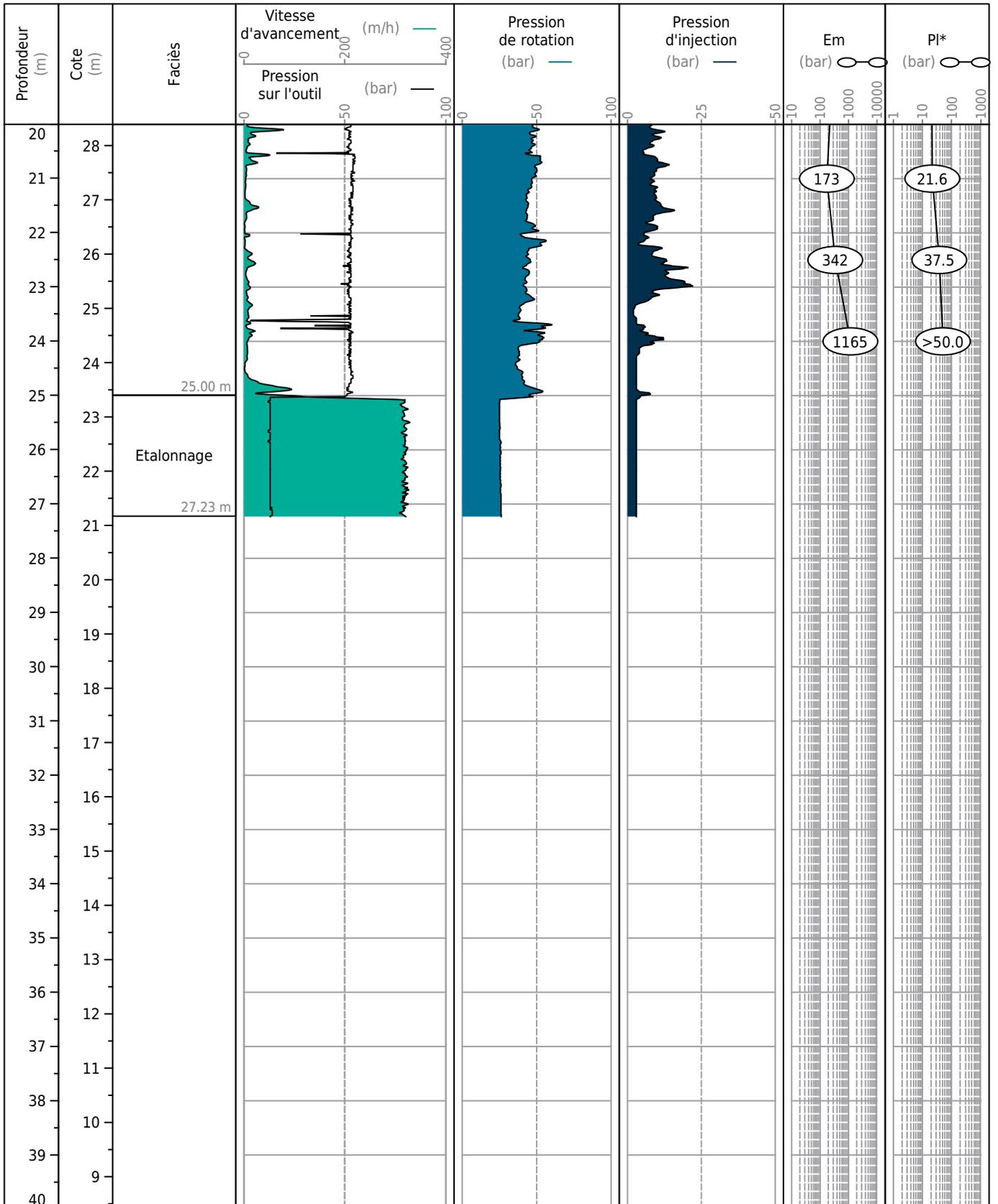


**SONDAGE SP29**



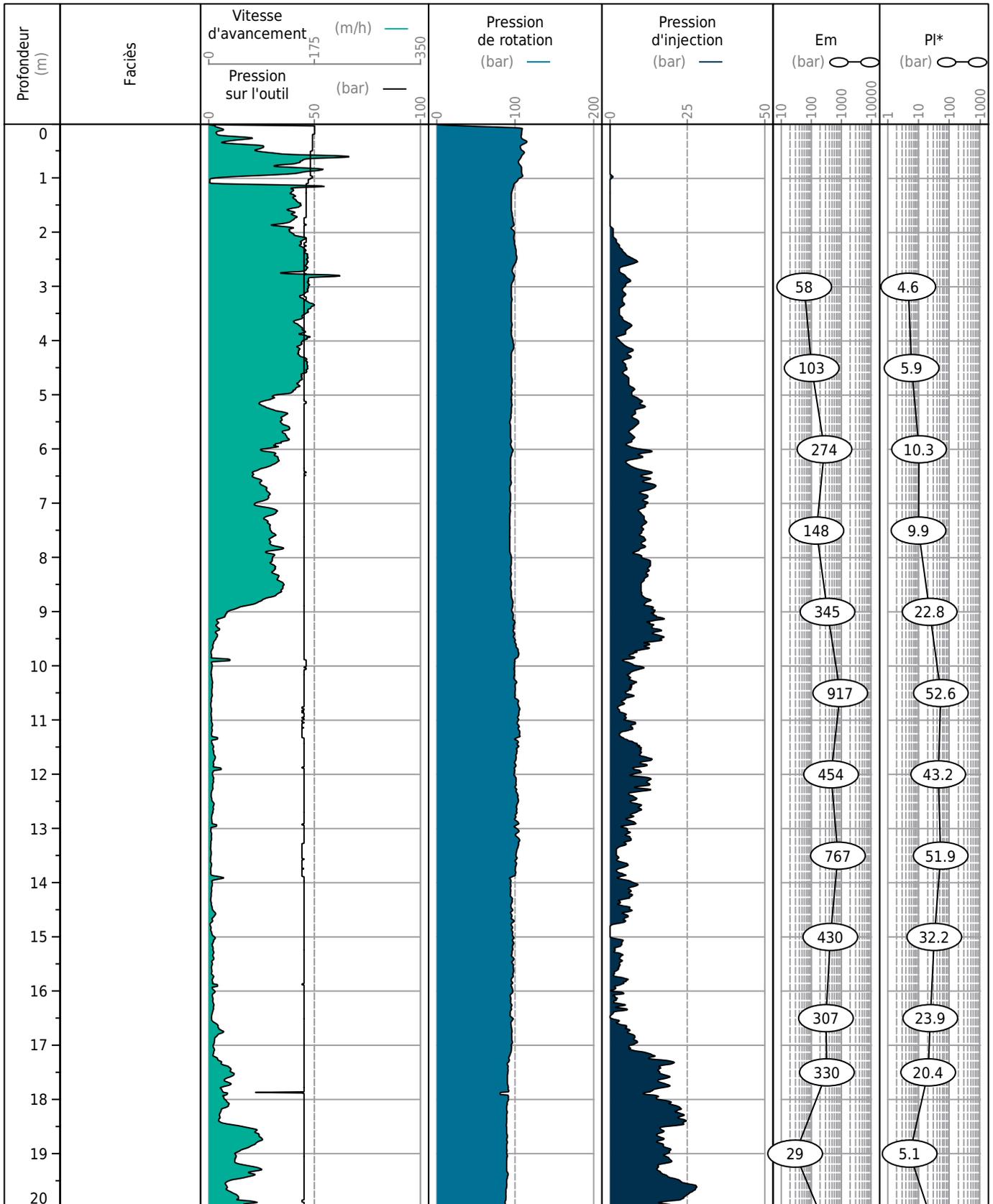
Obs. :

**SONDAGE SP29**



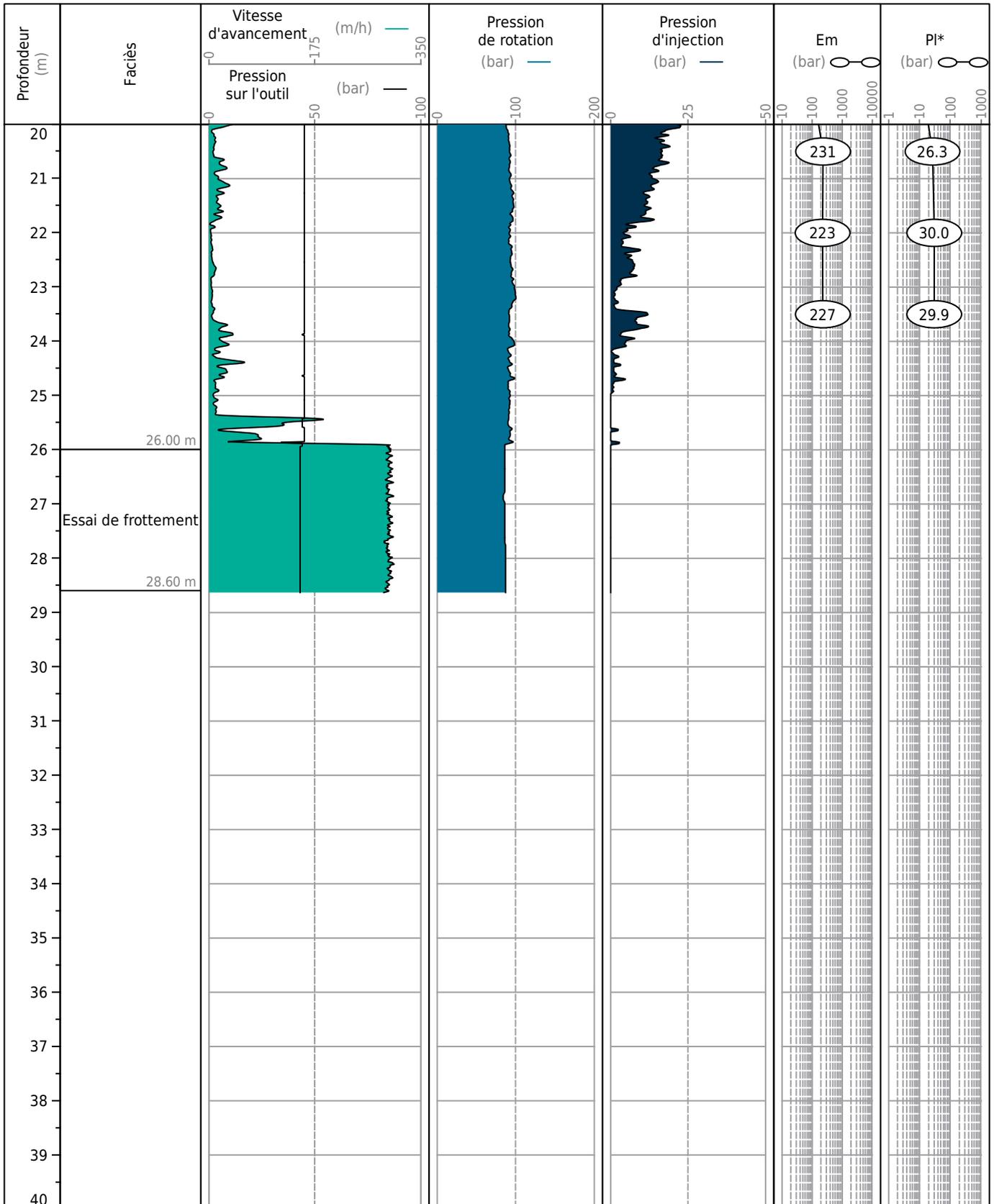
Obs. :

**SONDAGE SP30**



Obs. :

**SONDAGE SP30**



Obs. :



## BORDEREAU D' ENVOI

Destinataire :

SOL CONSEIL

Date : 19/11/2024

A l'attention de Monsieur CHALMIN

Courriel : [chalmin@solconseil.fr](mailto:chalmin@solconseil.fr)

Chantier	Désignation	Nombre de pages
24.3685 SAINT GENEVIEVE DES BOIS	Essai en laboratoire :  6 Ouvertures et descriptions EI 6 Cisaillements à la boîte CD	1 + 14

Chargé d'affaire :

Thien Tran 06.81.62.34.76

### **SAS TRANLABOGEO – GEOTECHNIQUE & GEOMECHANIQUE**

<http://www.tranlabogeo.fr>

N° Siret : 814 776 837 00019 - APE : 7120B

Siège social : 36 rue Jules Ferry – 45400 Fleury les Aubrais

Tél/Fax : 02.38.81.70.49 – 06.81.62.34.76



Marne argileuse beige-verdâtre



Marne argileuse à élément calcaire beige-blanc



Marne argileuse beige-gris, bleu-gris vers le bas



Marne argileuse beige-verdâtre



Marne argileuse beige-jaune



Marne argileuse à élément calcaire beige-blanc

**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CONSOLIDE DRAINE NFP 94-071.1**

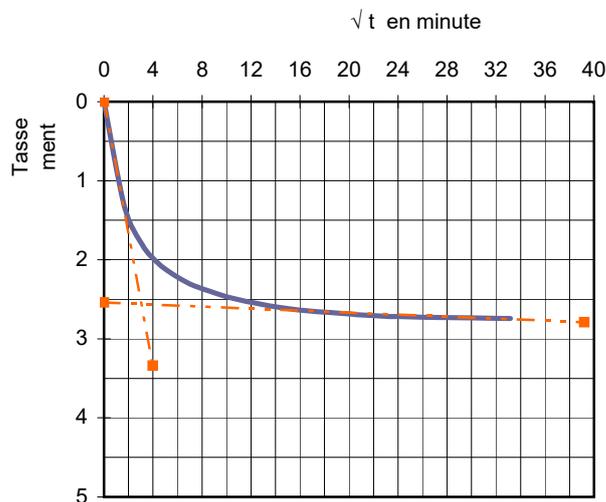
N° du dossier : 24.3685	N° Sondage : <b>SC22</b>
Client : SOL CONSEIL	Profondeur (m) : <b>1.00/2.00</b>
Nom du chantier : SAINT GENEVIEVE DES BOIS	Prélevé (m) : 1.45/1.65
Nature : Marne argileuse beige-verdâtre	$\sigma'_{vo}$ (KPa) = 40

Diamètre des éprouvettes =	60 mm	Hauteur :	20 mm	Vitesse =	12 $\mu$ /min
----------------------------	-------	-----------	-------	-----------	---------------

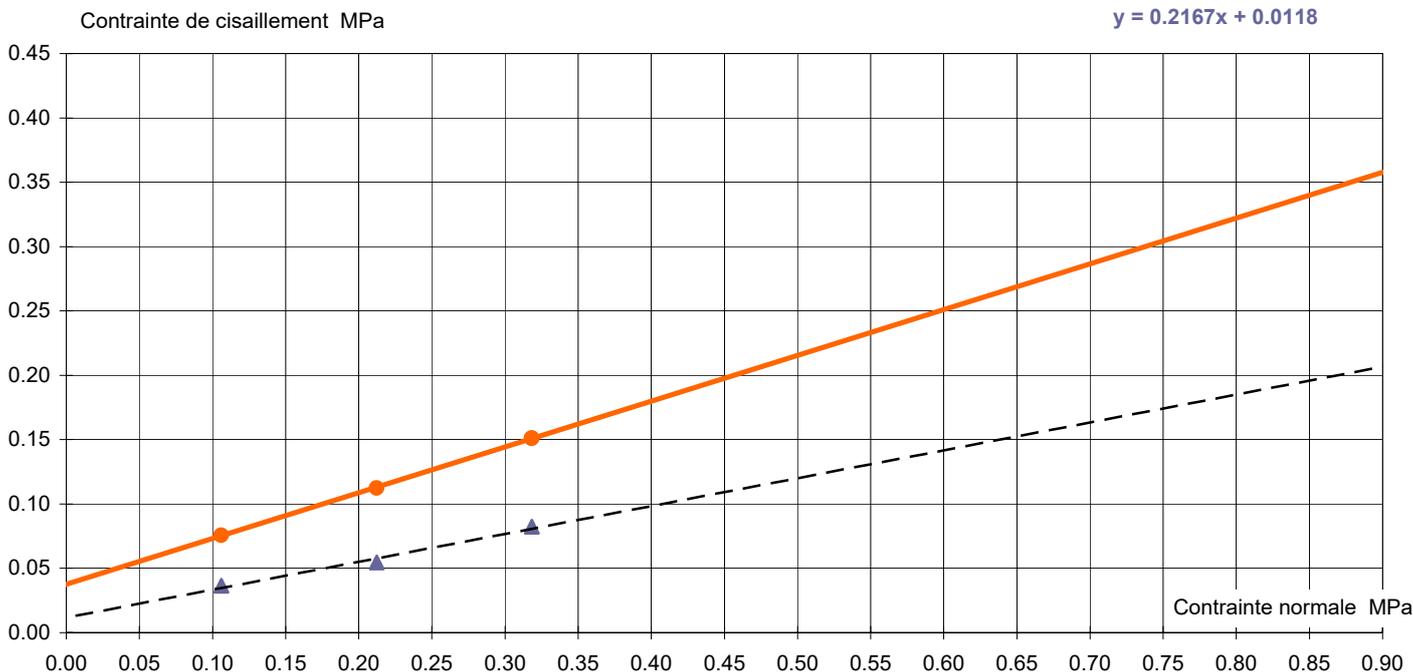
Eprouvettes	N°	1	2	3
$\sigma$ de consolidation	MPa	0.106	0.212	0.318
$\sigma$ de cis.	MPa	0.106	0.212	0.318
$t_{f,p}$	MPa	0.076	0.112	0.151
$\Delta t_{f,p}$	mm	1.66	1.66	1.66
$t_{f,f}$	MPa	0.036	0.054	0.082
$\Delta t_{f,f}$	mm	9.03	9.03	9.05
$H_0$	mm	20.00	20.00	20.00
$\Delta_h$ de consolidation	mm	1.19	2.14	2.74
$H$ consolidée	mm	18.81	17.86	17.26
$\rho$ initiale	$g/cm^3$	1.934	1.939	1.944
$\rho_d$ initiale	$g/cm^3$	1.528	1.527	1.539
$W$ initiale	%	26.6	27.0	26.3
$e$ initial		0.77	0.77	0.75
$S_r$ initial	%	93.6	94.9	94.2
$\rho_d$ consolidée	$g/cm^3$	1.625	1.709	1.784
$t_{100}$	min			9.4
$W$ finale	%	24.5	21.5	19.0
$\rho_s$ estimée	$g/cm^3$	2.70	2.70	2.70
$\rho_s$ mesurée	$g/cm^3$			

GRAPHE DE CONSOLIDATION  
 $T_{100}$  et CALCUL DE VITESSE DE CISAILLEMENT DRAINE

Hauteur initiale :	20.0 mm
Charges de consolidation :	9 Kg
$T_{100}$ =	9.4 min
Diamètre initiale (mm) :	60.0
Vitesse max de cisaillement =	13.3 $\mu$ /min.



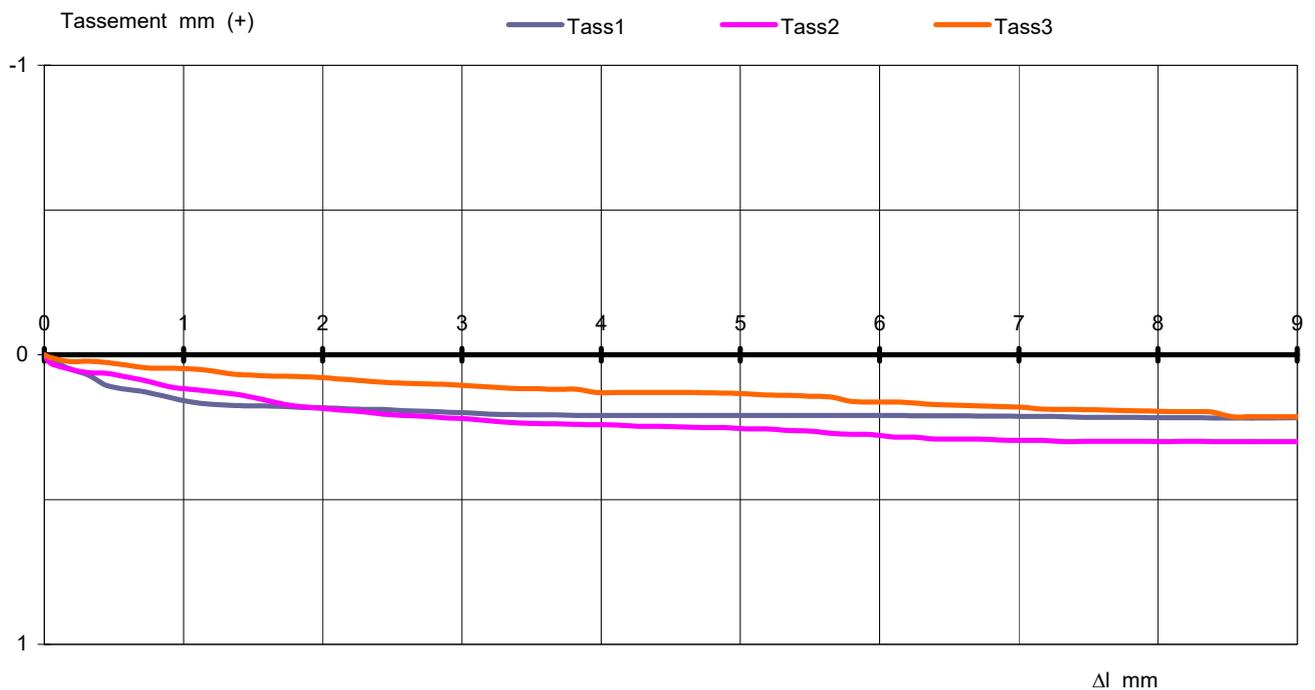
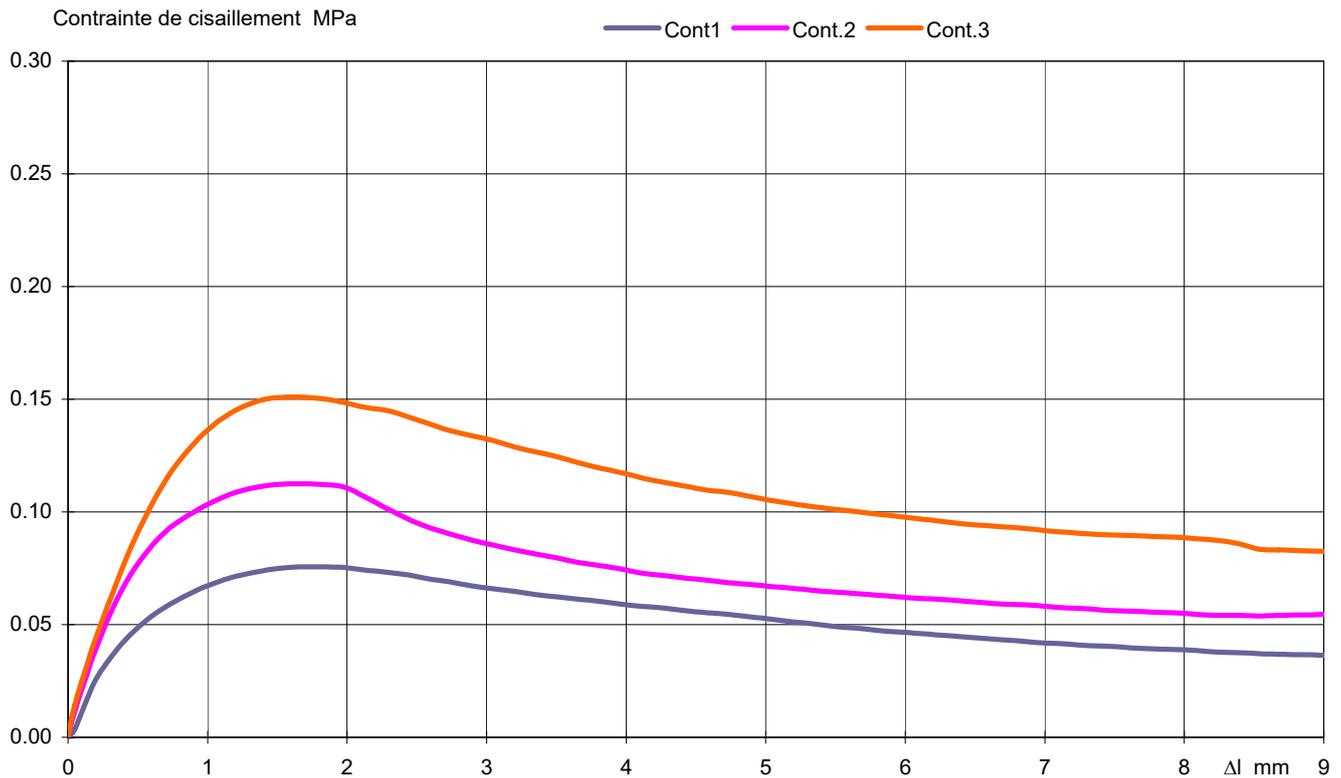
<span style="color: orange;">●</span> pics	$C_p$ (KPa)	$\phi_p$ (°)	$C_f$ (KPa)	$\phi_f$ (°)
<span style="color: blue;">▲</span> résiduels	<b>37.6</b>	<b>19.6</b>	<b>11.8</b>	<b>12.2</b>



ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CONSOLIDE DRAINE NFP 94-071.1

N° du dossier : 24.3685  
 Client : SOL CONSEIL  
 Nom du chantier : SAINT GENEVIEVE DES BOIS  
 Nature : Marne argileuse beige-verdâtre

N° Sondage : **SC22**  
 Profondeur (m) : **1.00/2.00**  
 Prélévé (m) : 1.45/1.65  
 $\sigma'_{vo}$  (KPa) = 40



**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CONSOLIDE DRAINE NFP 94-071.1**

N° du dossier : 24.3685

N° Sondage : **SC22**

Client : SOL CONSEIL

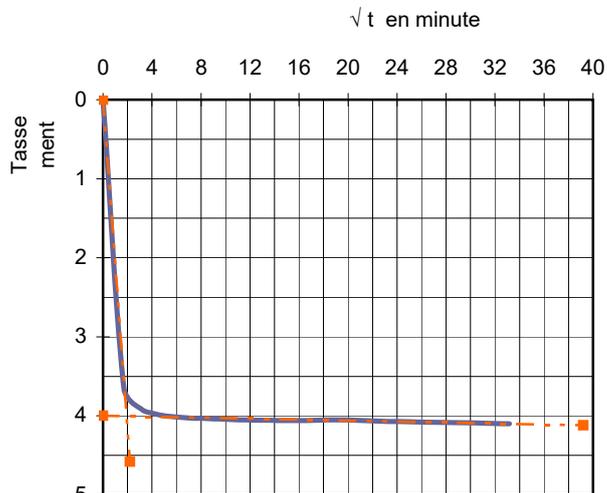
Profondeur (m) : **4.00/5.00**

Nom du chantier : SAINT GENEVIEVE DES BOIS

Prélevé (m) : 4.50/4.70

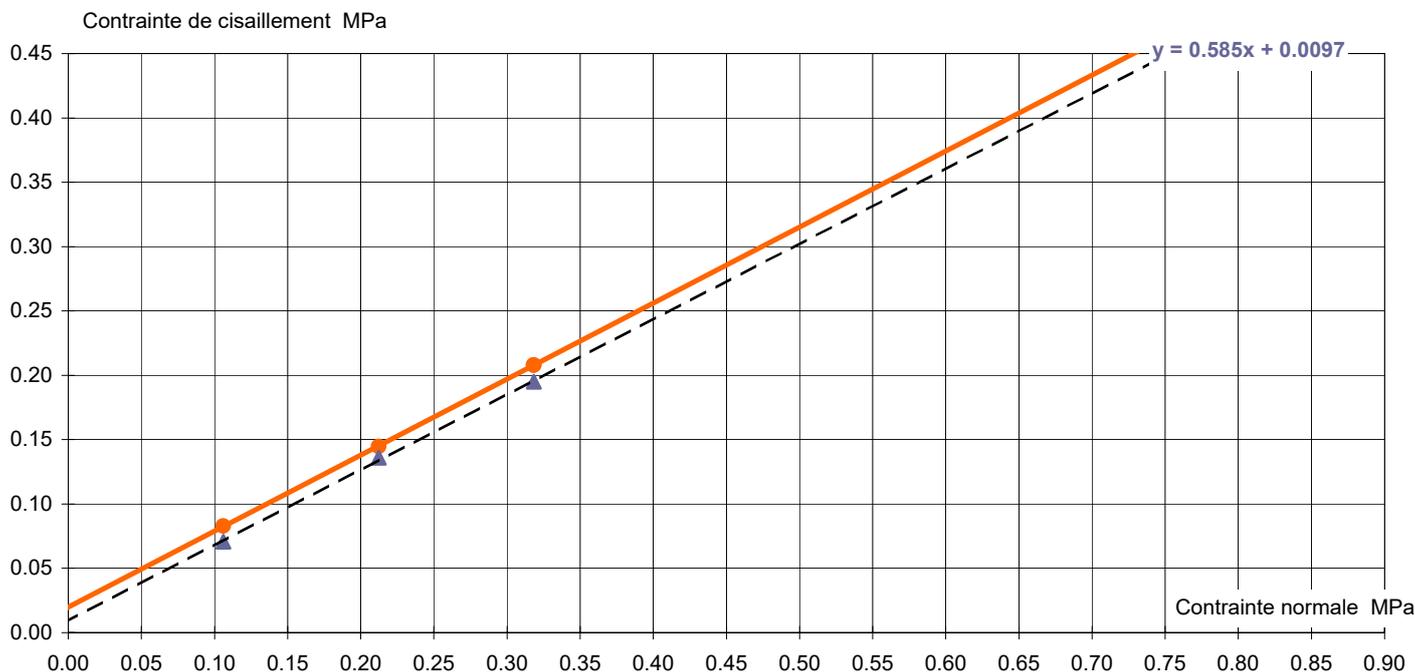
Nature : Marne argileuse à élément calcaire beige-blanc

$\sigma'_{vo}$  (KPa) = 100

Diamètre des éprouvettes =		60 mm			Hauteur : 20 mm		Vitesse = 25 $\mu$ /min	
Eprouvettes	N°	1	2	3	GRAPHE DE CONSOLIDATION			
$\sigma$ de consolidation	MPa	0.106	0.212	0.318	T <sub>100</sub> et CALCUL DE VITESSE DE CISAILLEMENT DRAINE			
$\sigma$ de cis.	MPa	0.106	0.212	0.318	Hauteur initiale : 20.0 mm			
t <sub>f,p</sub>	MPa	0.083	0.145	0.208	Charges de consolidation : 9 Kg			
$\Delta t_{f,p}$	mm	3.82	4.27	7.32	T <sub>100</sub> = 3.7 min			
t <sub>f,f</sub>	MPa	0.071	0.136	0.195	Diamètre initiale (mm) : 60.0			
$\Delta t_{f,f}$	mm	9.01	9.04	9.03	Vitesse max de cisaillement = 33.8 $\mu$ /min.			
H <sub>0</sub>	mm	20.00	20.00	20.00				
$\Delta h$ de consolidation	mm	2.04	3.26	4.10				
H consolidée	mm	17.96	16.74	15.90				
$\rho$ initiale	g/cm <sup>3</sup>	1.938	1.954	1.979				
$\rho_d$ initiale	g/cm <sup>3</sup>	1.581	1.586	1.620				
W initiale	%	22.6	23.2	22.2				
e initial		0.71	0.70	0.67				
S <sub>r</sub> initial	%	86.2	89.2	89.9				
$\rho_d$ consolidée	g/cm <sup>3</sup>	1.761	1.895	2.037				
t <sub>100</sub>	min			3.7				
W finale	%	19.8	15.7	12.0				
$\rho_s$ estimée	g/cm <sup>3</sup>	2.70	2.70	2.70				
$\rho_s$ mesurée	g/cm <sup>3</sup>							

● pics  
 ▲ résiduels

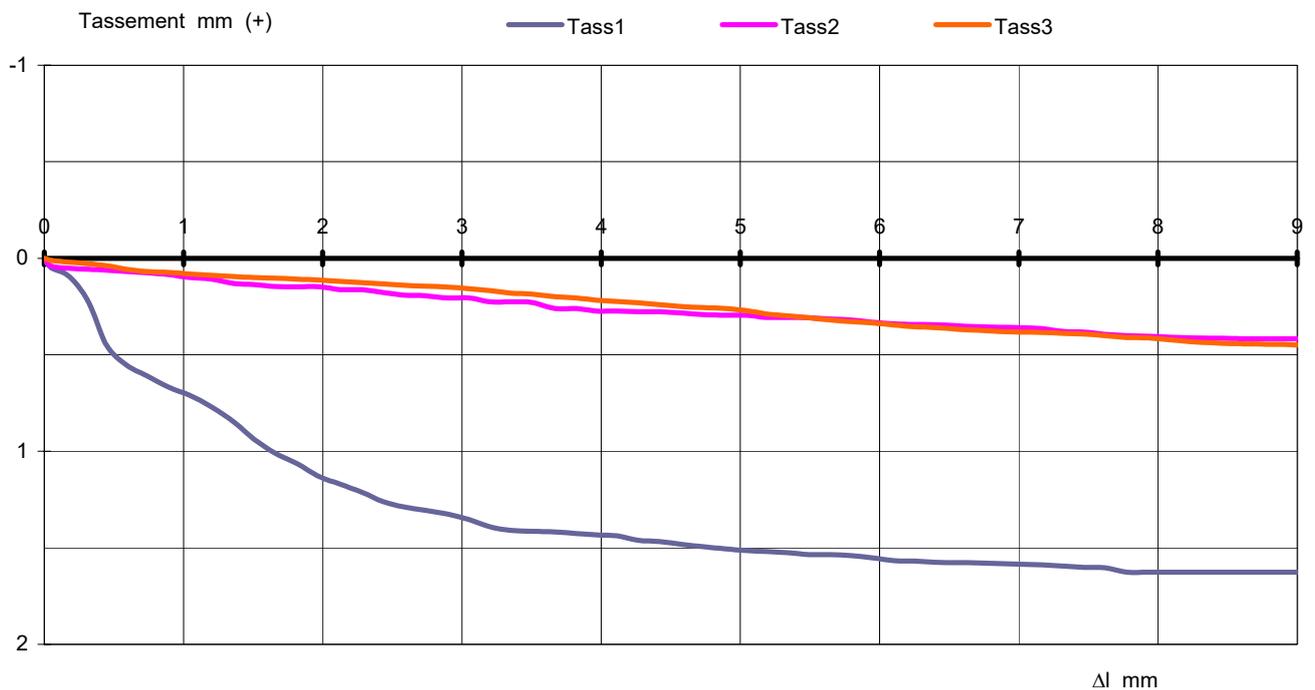
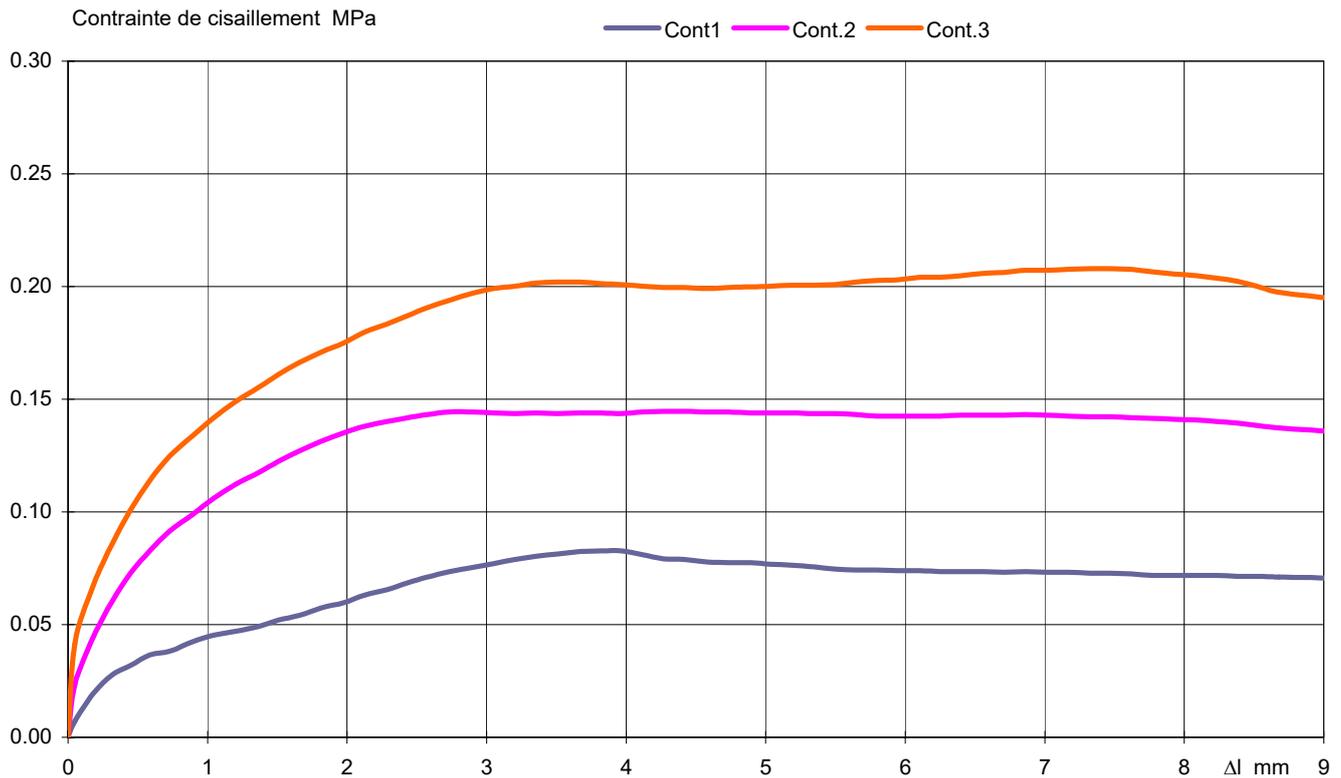
Cp (KPa)	$\phi_p$ (°)	Cf (KPa)	$\phi_f$ (°)
19.8	30.6	9.7	30.3



ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CONSOLIDE DRAINE NFP 94-071.1

N° du dossier : 24.3685  
 Client : SOL CONSEIL  
 Nom du chantier : SAINT GENEVIEVE DES BOIS  
 Nature : Marne argileuse à élément calcaire beige-blanc

N° Sondage : **SC22**  
 Profondeur (m) : **4.00/5.00**  
 Prélévé (m) : 4.50/4.70  
 $\sigma'_{vo}$  (KPa) = 100



**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CONSOLIDE DRAINE NFP 94-071.1**

N° du dossier : 24.3685

N° Sondage : **SC22**

Client : SOL CONSEIL

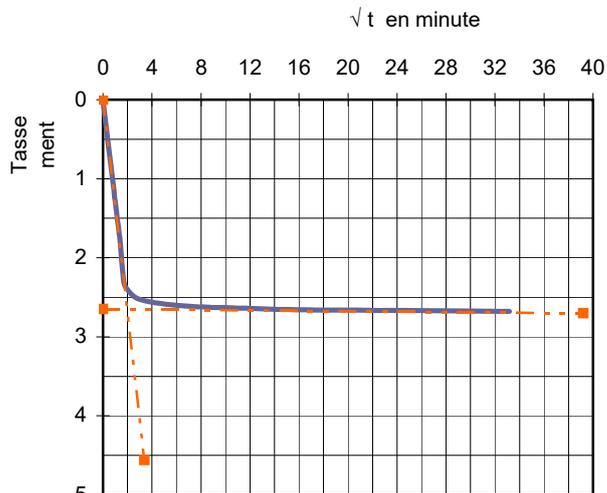
Profondeur (m) : **8.00/9.00**

Nom du chantier : SAINT GENEVIEVE DES BOIS

Prélevé (m) : 8.50/8.70

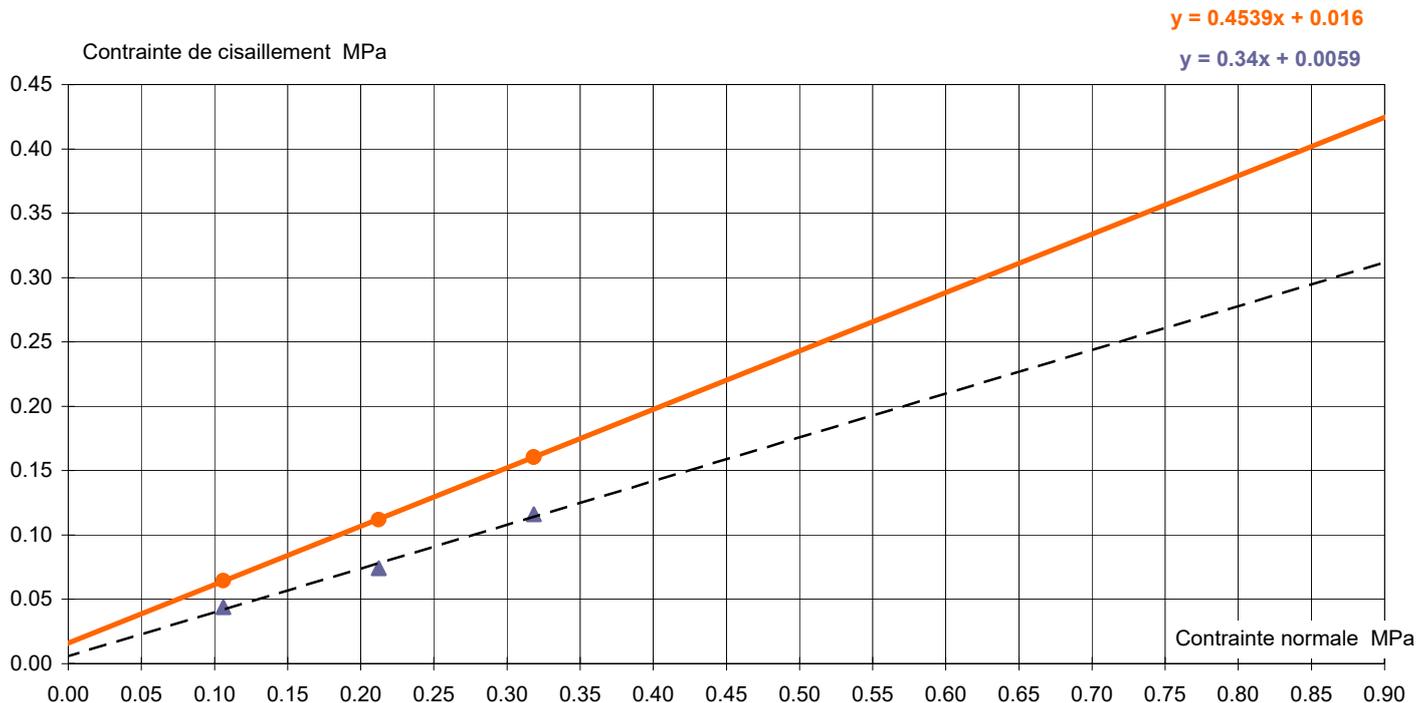
Nature : Marne argileuse beige-gris, bleu-gris

$\sigma'_{vo}$  (KPa) = 180

Diamètre des éprouvettes =		60 mm			Hauteur : 20 mm		Vitesse = 25 $\mu$ /min	
Eprouvettes	N°	1	2	3	GRAPHE DE CONSOLIDATION			
$\sigma$ de consolidation	MPa	0.106	0.212	0.318	T <sub>100</sub> et CALCUL DE VITESSE DE CISAILLEMENT DRAINE			
$\sigma$ de cis.	MPa	0.106	0.212	0.318	Hauteur initiale : 20.0 mm			
t <sub>f,p</sub>	MPa	0.064	0.112	0.161	Charges de consolidation : 9 Kg			
$\Delta t_{f,p}$	mm	1.51	1.37	1.81	T <sub>100</sub> = 3.9 min			
t <sub>f,f</sub>	MPa	0.044	0.074	0.116	Diamètre initiale (mm) : 60.0			
$\Delta t_{f,f}$	mm	9.04	9.02	9.03	Vitesse max de cisaillement = 32.0 $\mu$ /min.			
H <sub>0</sub>	mm	20.00	20.00	20.00				
$\Delta h$ de consolidation	mm	1.84	2.40	2.68				
H consolidée	mm	18.16	17.60	17.32				
$\rho$ initiale	g/cm <sup>3</sup>	1.773	1.784	1.785				
$\rho_d$ initiale	g/cm <sup>3</sup>	1.317	1.321	1.330				
W initiale	%	34.6	35.1	34.2				
e initial		1.05	1.04	1.03				
S <sub>r</sub> initial	%	89.0	90.7	89.7				
$\rho_d$ consolidée	g/cm <sup>3</sup>	1.451	1.501	1.536				
t <sub>100</sub>	min			3.9				
W finale	%	31.9	29.6	28.1				
$\rho_s$ estimée	g/cm <sup>3</sup>	2.70	2.70	2.70				
$\rho_s$ mesurée	g/cm <sup>3</sup>							

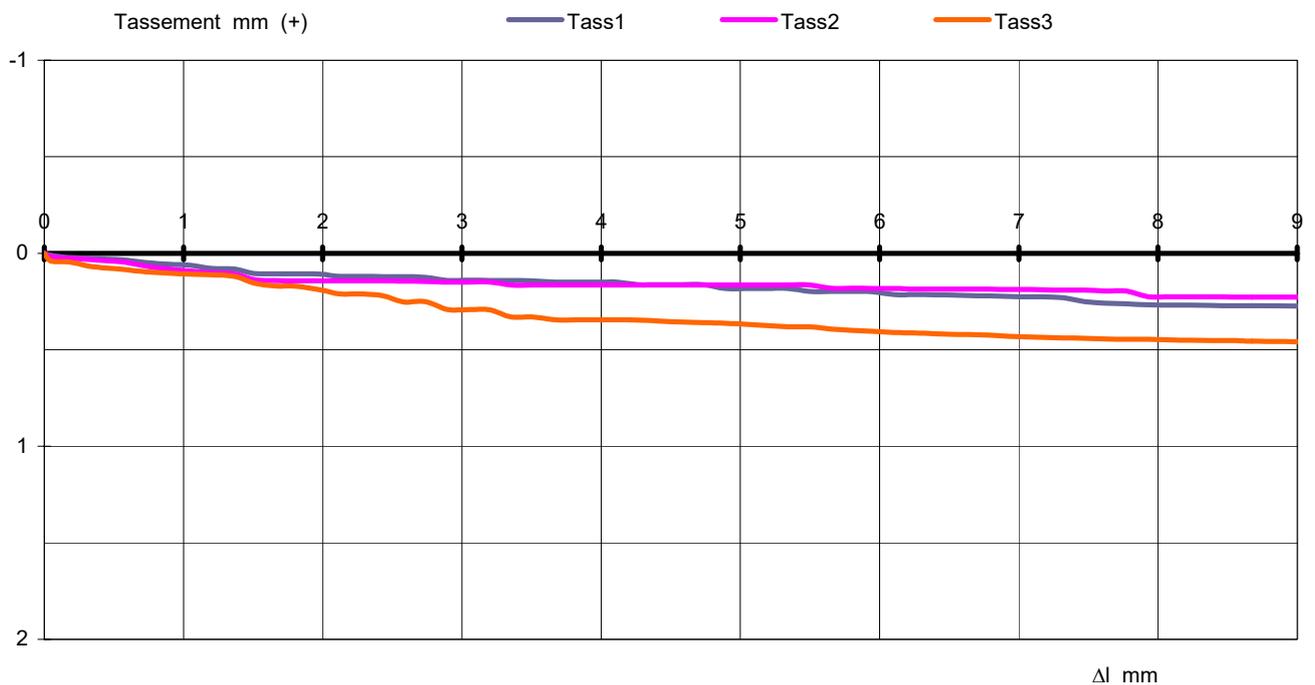
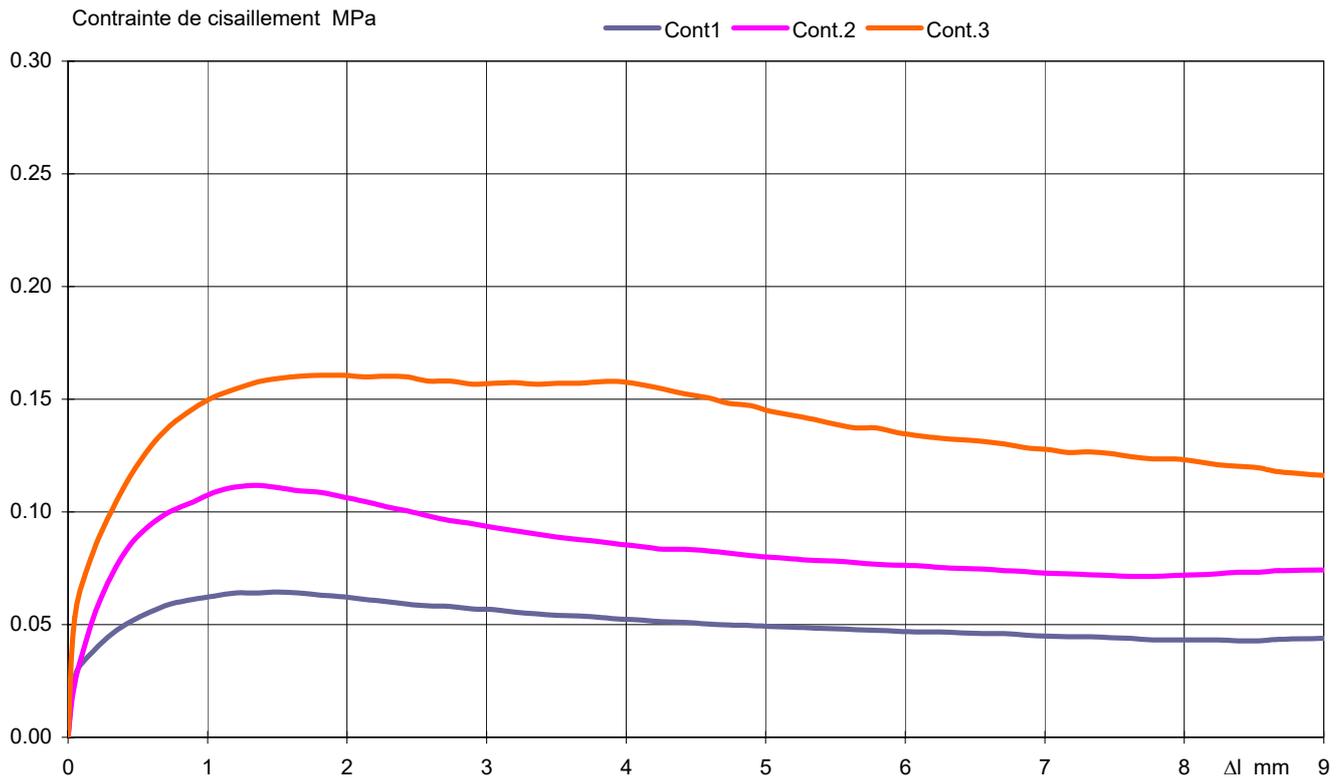
- pics
- ▲ résiduels

Cp (KPa)	$\phi_p$ (°)	Cf (KPa)	$\phi_f$ (°)
16.0	24.4	5.9	18.8



ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CONSOLIDE DRAINE NFP 94-071.1

N° du dossier : 24.3685	N° Sondage : <b>SC22</b>
Client : SOL CONSEIL	Profondeur (m) : <b>8.00/9.00</b>
Nom du chantier : SAINT GENEVIEVE DES BOIS	Prélevé (m) : 8.50/8.70
Nature : Marne argileuse beige-gris, bleu-gris	$\sigma'_{vo}$ (KPa) = 180



**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CONSOLIDE DRAINE NFP 94-071.1**

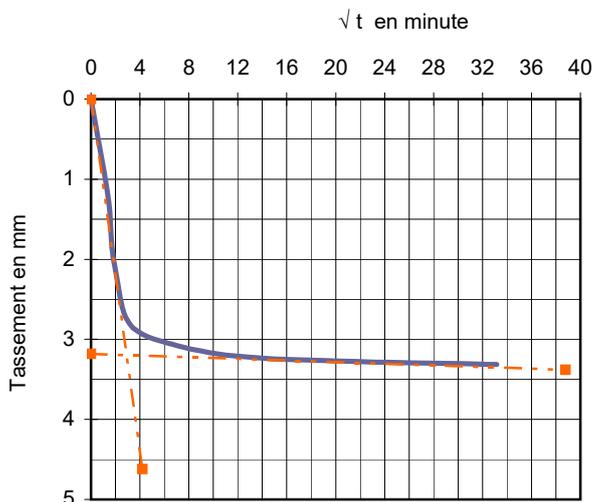
N° du dossier : 24.3685	N° Sondage : <b>SC23</b>
Client : SOL CONSEIL	Profondeur (m) : <b>2.00/3.00</b>
Nom du chantier : SAINT GENEVIEVE DES BOIS	Prélevé (m) : 2.45/2.60
Nature : Marne argileuse beige-verdâtre	$\sigma'_{vo}$ (KPa) = 60

Diamètre des éprouvettes =	60 mm	Hauteur :	20 mm	Vitesse =	14 $\mu$ /min
----------------------------	-------	-----------	-------	-----------	---------------

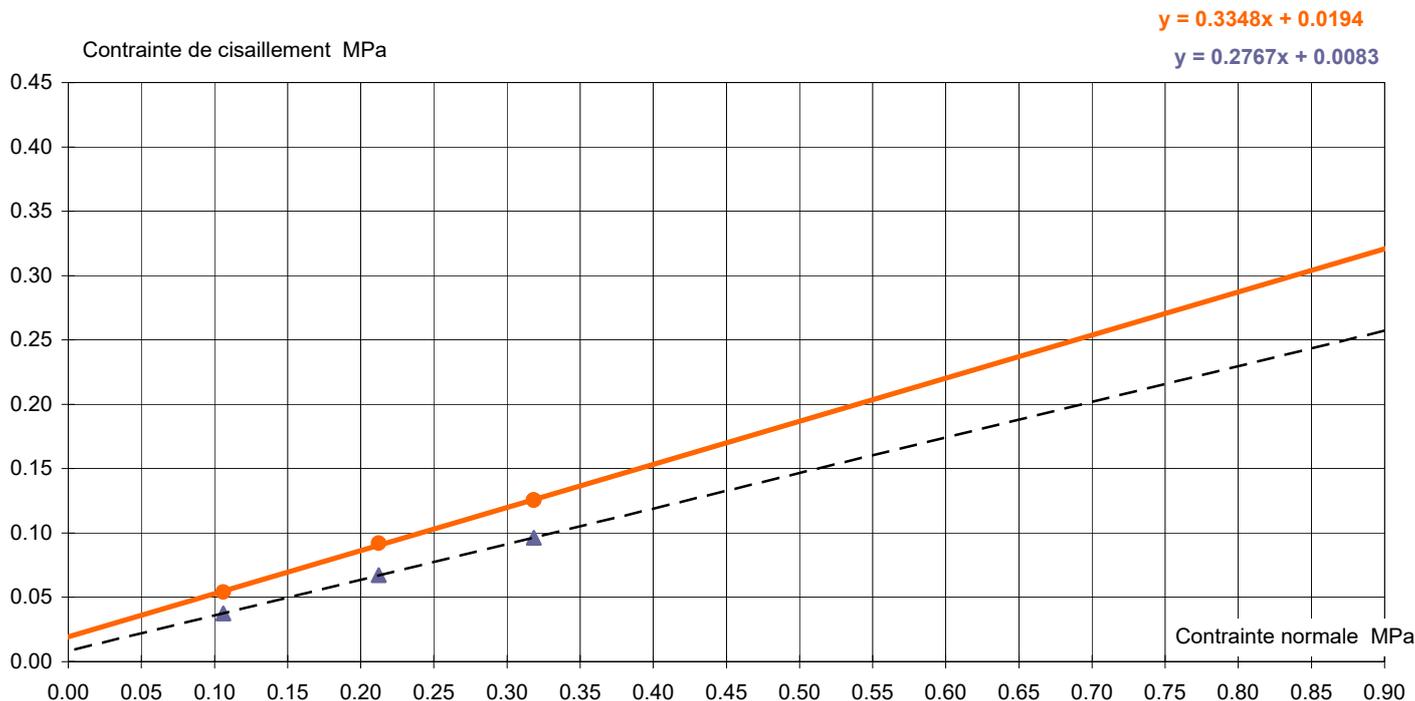
Eprouvettes	N°	1	2	3
$\sigma$ de consolidation	MPa	0.106	0.212	0.318
$\sigma$ de cis.	MPa	0.106	0.212	0.318
$t_{f,p}$	MPa	0.054	0.092	0.126
$\Delta t_{f,p}$	mm	1.05	2.28	1.98
$t_{f,f}$	MPa	0.037	0.067	0.096
$\Delta t_{f,f}$	mm	9.02	9.06	9.03
$H_0$	mm	20.00	20.00	20.00
$\Delta_h$ de consolidation	mm	2.08	2.87	3.31
$H$ consolidée	mm	17.92	17.13	16.69
$\rho$ initiale	$g/cm^3$	1.763	1.775	1.786
$\rho_d$ initiale	$g/cm^3$	1.257	1.275	1.277
$W$ initiale	%	40.3	39.2	39.9
$e$ initial		1.15	1.12	1.11
$S_r$ initial	%	94.8	94.7	96.6
$\rho_d$ consolidée	$g/cm^3$	1.403	1.489	1.530
$t_{100}$	min			8.4
$W$ finale	%	34.3	30.1	28.3
$\rho_s$ estimée	$g/cm^3$	2.70	2.70	2.70
$\rho_s$ mesurée	$g/cm^3$			

GRAPHE DE CONSOLIDATION  
 $T_{100}$  et CALCUL DE VITESSE DE CISAILLEMENT DRAINE

Hauteur initiale : 20.0 mm  
 Charges de consolidation : 9 Kg  
 $T_{100}$  = 8.4 min  
 Diamètre initiale (mm) : 60.0  
 Vitesse max de cisaillement = 14.8  $\mu$ /min.



<b>● pics</b>	$C_p$ (KPa)	$\phi_p$ (°)	$C_f$ (KPa)	$\phi_f$ (°)
<b>▲ résiduels</b>	<b>19.4</b>	<b>18.5</b>	<b>8.3</b>	<b>15.5</b>



ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CONSOLIDE DRAINE NFP 94-071.1

N° du dossier : 24.3685

Client : SOL CONSEIL

Nom du chantier : SAINT GENEVIEVE DES BOIS

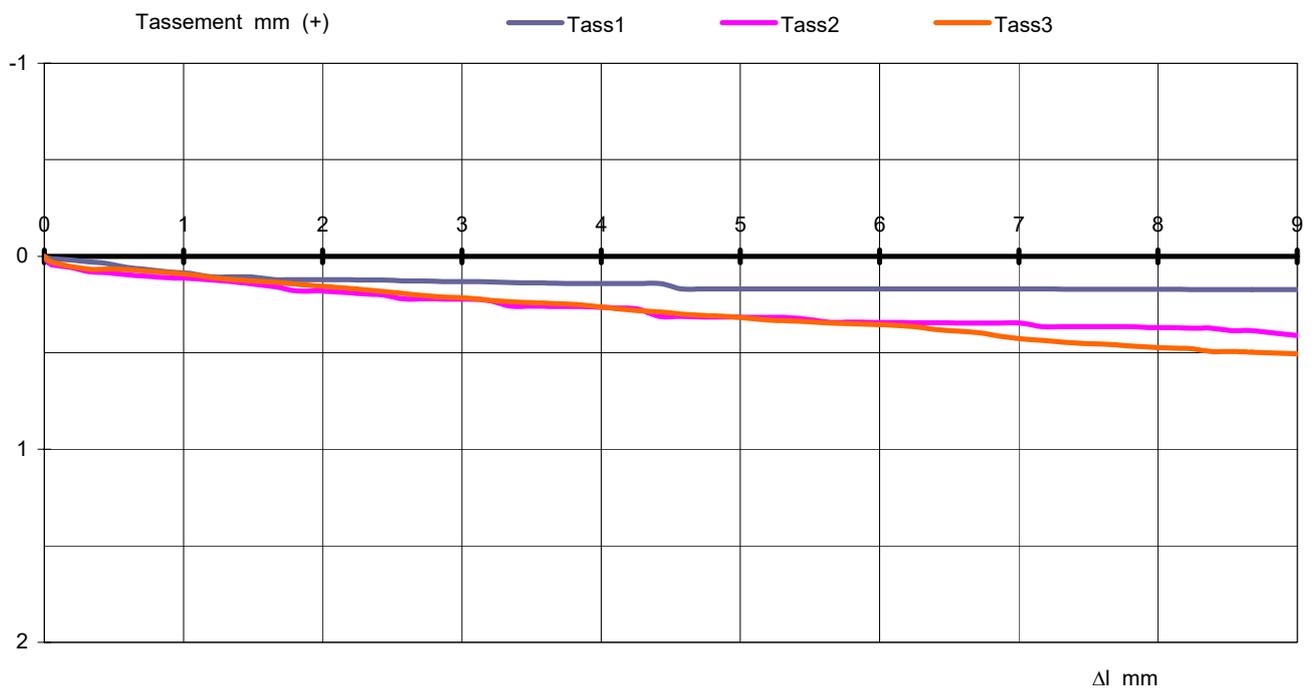
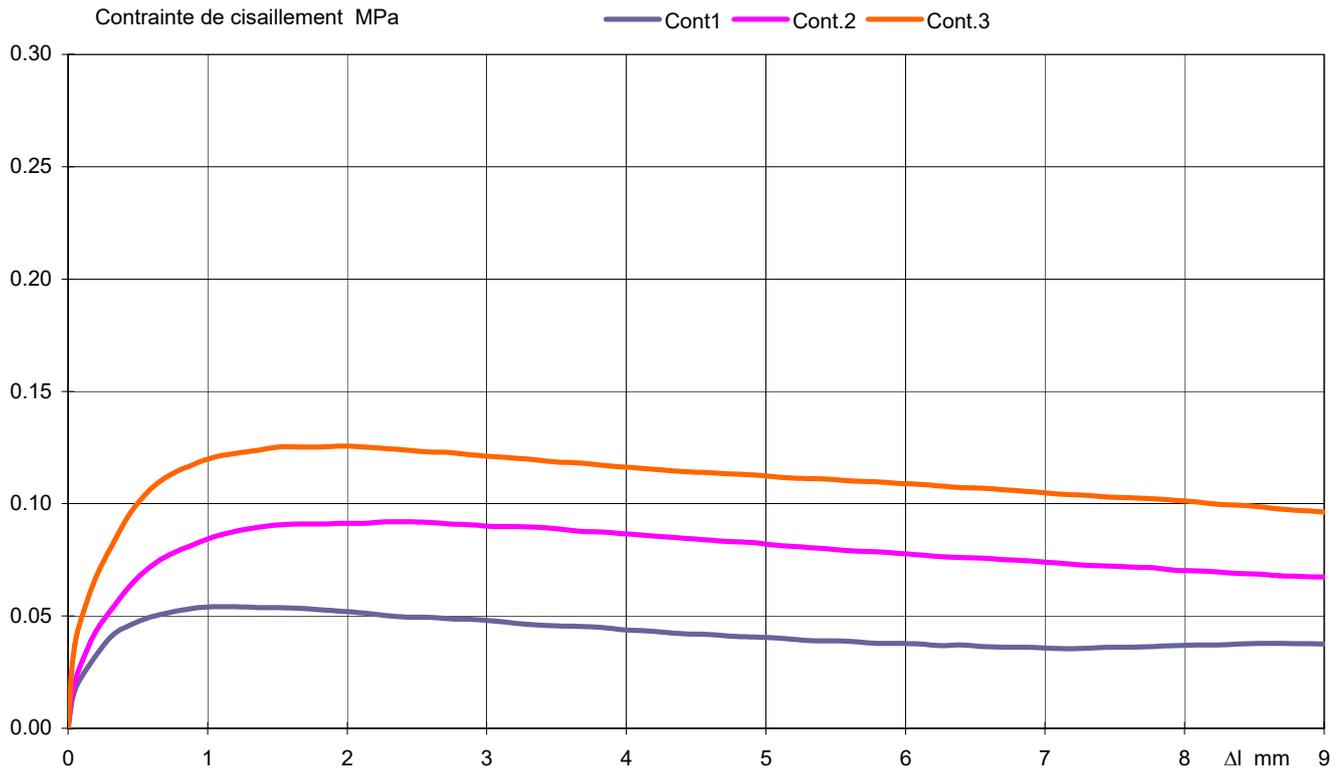
Nature : Marne argileuse beige-verdâtre

N° Sondage : **SC23**

Profondeur (m) : **2.00/3.00**

Prélevé (m) : 2.45/2.60

$\sigma'_{vo}$  (KPa) = 60



**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CONSOLIDE DRAINE NFP 94-071.1**

N° du dossier : 24.3685

N° Sondage : **SC23**

Client : SOL CONSEIL

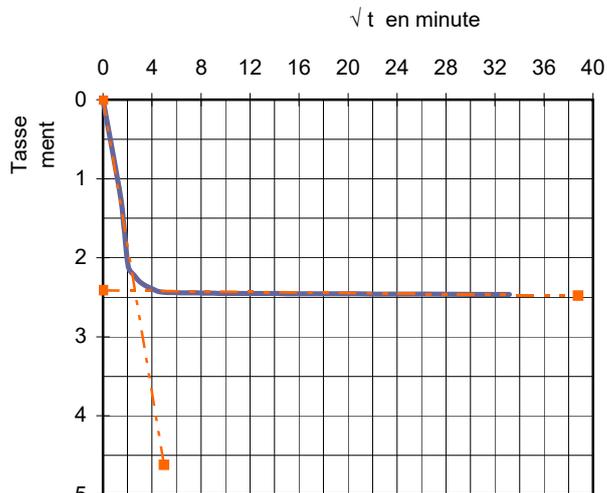
Profondeur (m) : **4.00/5.00**

Nom du chantier : SAINT GENEVIEVE DES BOIS

Prélevé (m) : 4.30/4.45

Nature : Marne argileuse beige-jaune

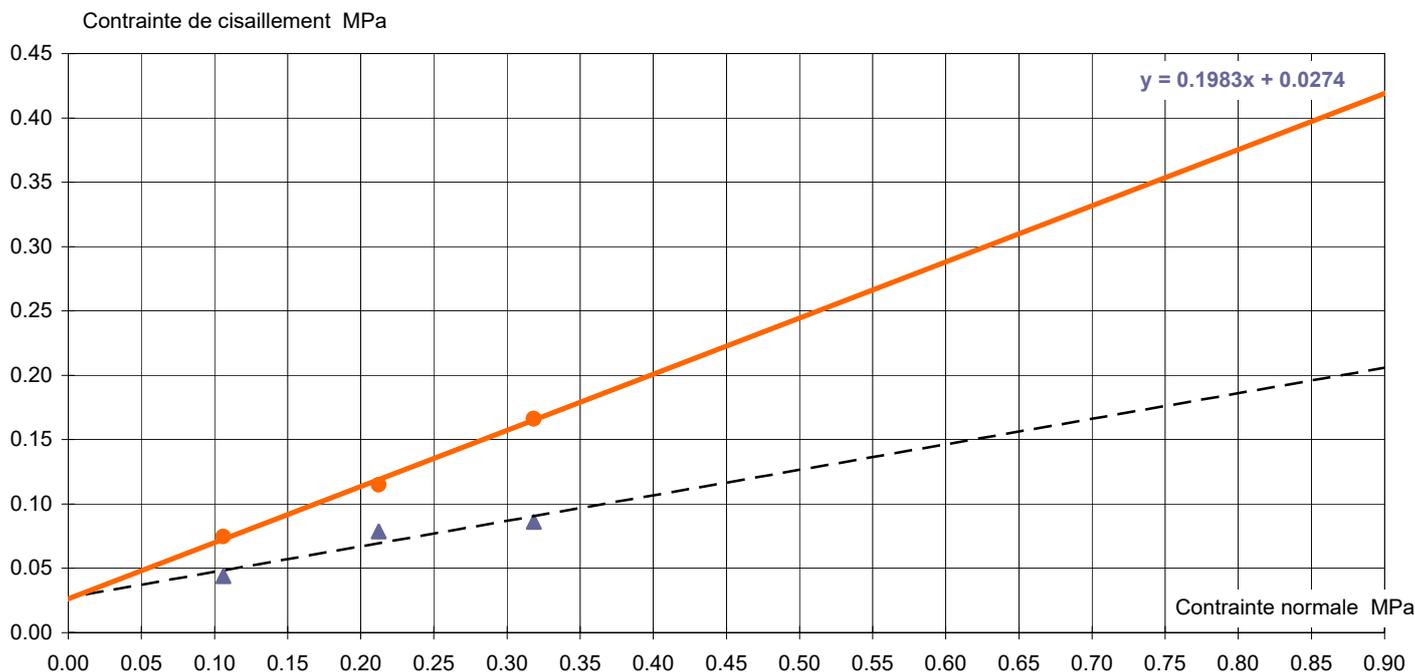
$\sigma'_{vo}$  (KPa) = 100

Diamètre des éprouvettes =		60 mm			Hauteur : 20 mm		Vitesse = 18 $\mu$ /min	
Eprouvettes	N°	1	2	3	GRAPHE DE CONSOLIDATION			
$\sigma$ de consolidation	MPa	0.106	0.212	0.318	T <sub>100</sub> et CALCUL DE VITESSE DE CISAILLEMENT DRAINE			
$\sigma$ de cis.	MPa	0.106	0.212	0.318	Hauteur initiale : 20.0 mm			
t <sub>f,p</sub>	MPa	0.075	0.115	0.166	Charges de consolidation : 9 Kg			
$\Delta t_{f,p}$	mm	3.05	1.81	1.81	T <sub>100</sub> = 6.8 min			
t <sub>f,f</sub>	MPa	0.044	0.079	0.086	Diamètre initiale (mm) : 60.0			
$\Delta t_{f,f}$	mm	9.02	9.04	9.06	Vitesse max de cisaillement = 18.3 $\mu$ /min.			
H <sub>0</sub>	mm	20.00	20.00	20.00				
$\Delta_h$ de consolidation	mm	2.08	2.87	3.31				
H consolidée	mm	17.92	17.13	16.69				
$\rho$ initiale	g/cm <sup>3</sup>	1.839	1.843	1.863				
$\rho_d$ initiale	g/cm <sup>3</sup>	1.386	1.398	1.398				
W initiale	%	32.7	31.9	33.2				
e initial		0.95	0.93	0.93				
S <sub>r</sub> initial	%	93.1	92.4	96.3				
$\rho_d$ consolidée	g/cm <sup>3</sup>	1.547	1.632	1.676				
t <sub>100</sub>	min			6.8				
W finale	%	27.6	24.2	22.6				
$\rho_s$ estimée	g/cm <sup>3</sup>	2.70	2.70	2.70				
$\rho_s$ mesurée	g/cm <sup>3</sup>							

● pics  
 ▲ résiduels

Cp (KPa)	$\phi_p$ (°)	Cf (KPa)	$\phi_f$ (°)
<b>26.3</b>	<b>23.6</b>	<b>27.4</b>	<b>11.2</b>

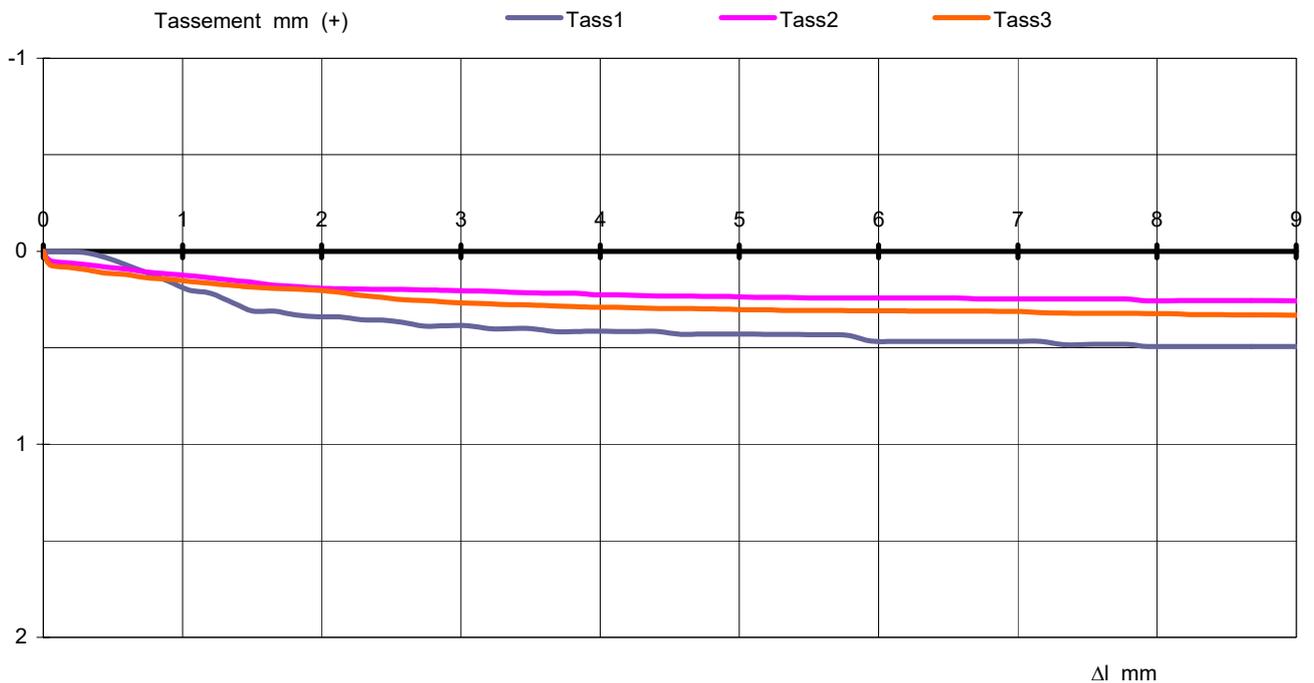
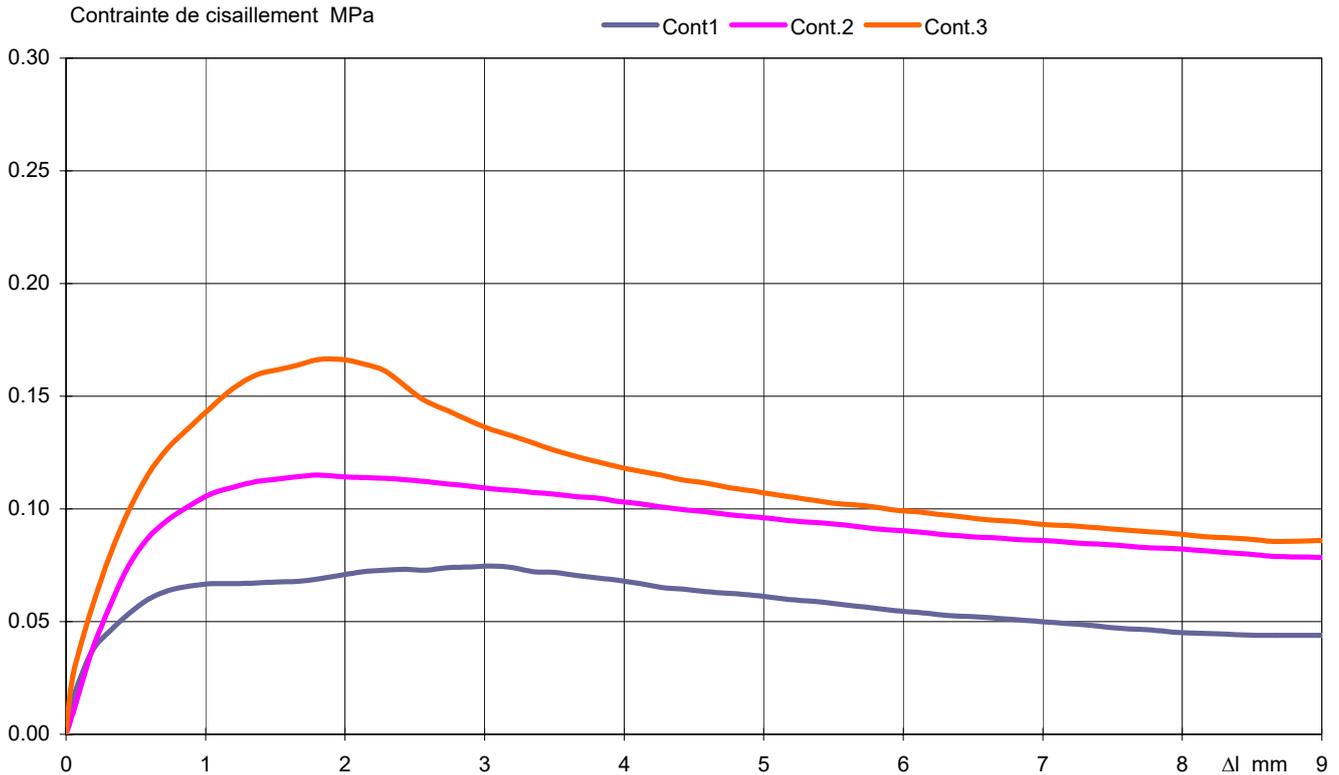
$y = 0.4364x + 0.0263$



ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CONSOLIDE DRAINE NFP 94-071.1

N° du dossier : 24.3685  
 Client : SOL CONSEIL  
 Nom du chantier : SAINT GENEVIEVE DES BOIS  
 Nature : Marne argileuse beige-jaune

N° Sondage : **SC23**  
 Profondeur (m) : **4.00/5.00**  
 Prélévé (m) : 4.30/4.45  
 $\sigma'_{vo}$  (KPa) = 100



**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CONSOLIDE DRAINE NFP 94-071.1**

N° du dossier : 24.3685

N° Sondage : **SC23**

Client : SOL CONSEIL

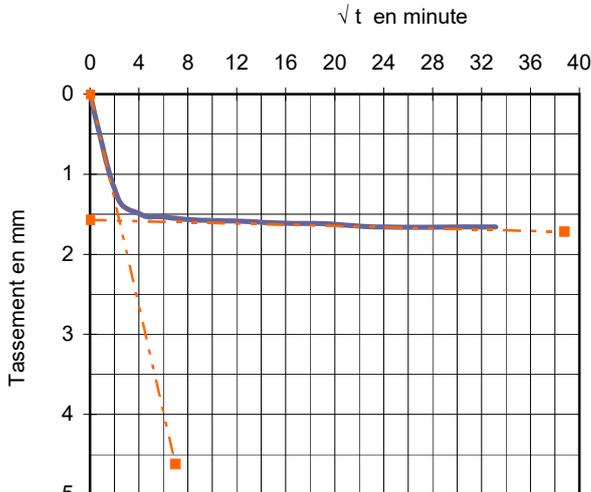
Profondeur (m) : **8.00/8.70**

Nom du chantier : SAINT GENEVIEVE DES BOIS

Prélevé (m) : 8.40/8.55

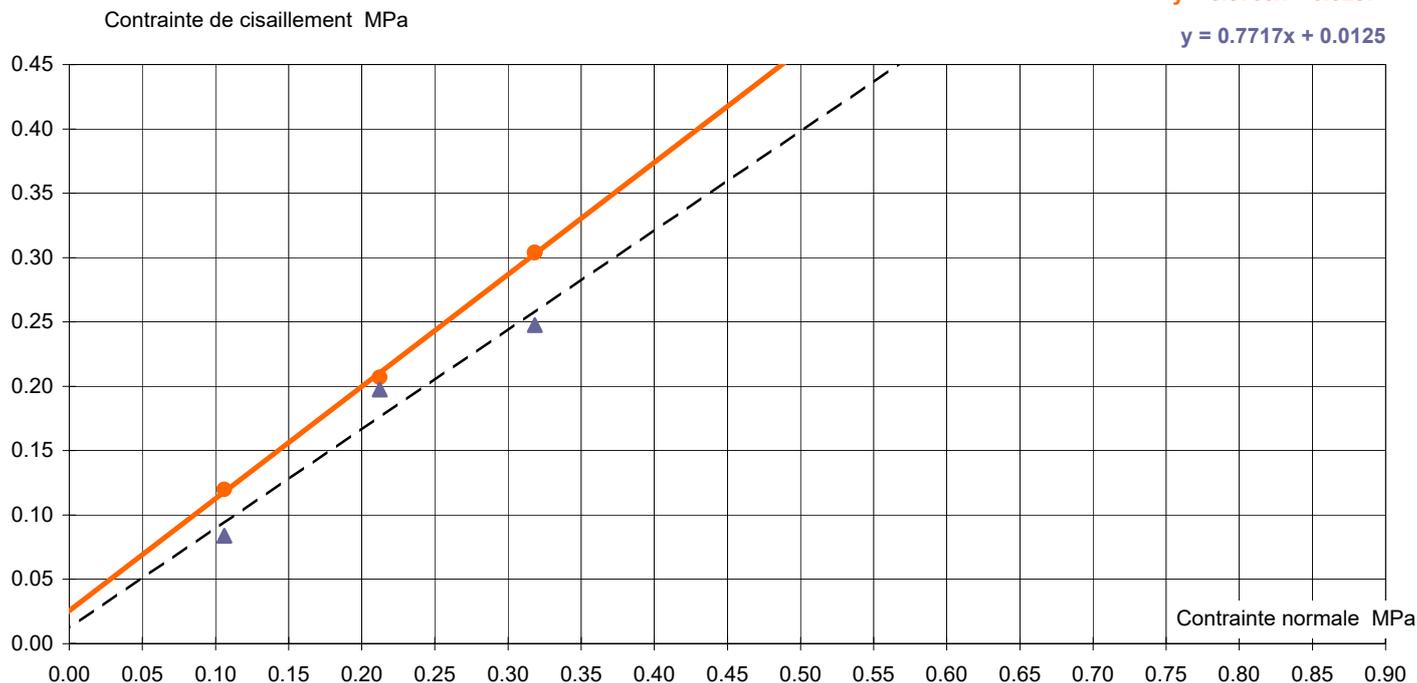
Nature : Marne argileuse à élément calcaire beige-blanc

$\sigma'_{vo}$  (KPa) = 174

Diamètre des éprouvettes =		60 mm			Hauteur : 20 mm		Vitesse = 21 $\mu$ /min	
Eprouvettes	N°	1	2	3	GRAPHE DE CONSOLIDATION			
$\sigma$ de consolidation	MPa	0.106	0.212	0.318	T <sub>100</sub> et CALCUL DE VITESSE DE CISAILLEMENT DRAINE			
$\sigma$ de cis.	MPa	0.106	0.212	0.318	Hauteur initiale : 20.0 mm			
t <sub>f,p</sub>	MPa	0.120	0.207	0.304	Charges de consolidation : 9 Kg			
$\Delta t_{f,p}$	mm	2.28	4.58	4.89	T <sub>100</sub> = 5.7 min			
t <sub>f,f</sub>	MPa	0.084	0.197	0.248	Diamètre initiale (mm) : 60.0			
$\Delta t_{f,f}$	mm	9.01	9.04	9.08	Vitesse max de cisaillement = 21.8 $\mu$ /min.			
H <sub>0</sub>	mm	20.00	20.00	20.00				
$\Delta h$ de consolidation	mm	0.88	0.95	1.66				
H consolidée	mm	19.12	19.05	18.34				
$\rho$ initiale	g/cm <sup>3</sup>	1.659	1.662	1.669				
$\rho_d$ initiale	g/cm <sup>3</sup>	1.168	1.175	1.171				
W initiale	%	42.0	41.5	42.6				
e initial		1.31	1.30	1.31				
S <sub>r</sub> initial	%	86.5	86.3	88.0				
$\rho_d$ consolidée	g/cm <sup>3</sup>	1.222	1.233	1.277				
t <sub>100</sub>	min			5.7				
W finale	%	44.8	44.0	41.3				
$\rho_s$ estimée	g/cm <sup>3</sup>	2.70	2.70	2.70				
$\rho_s$ mesurée	g/cm <sup>3</sup>							

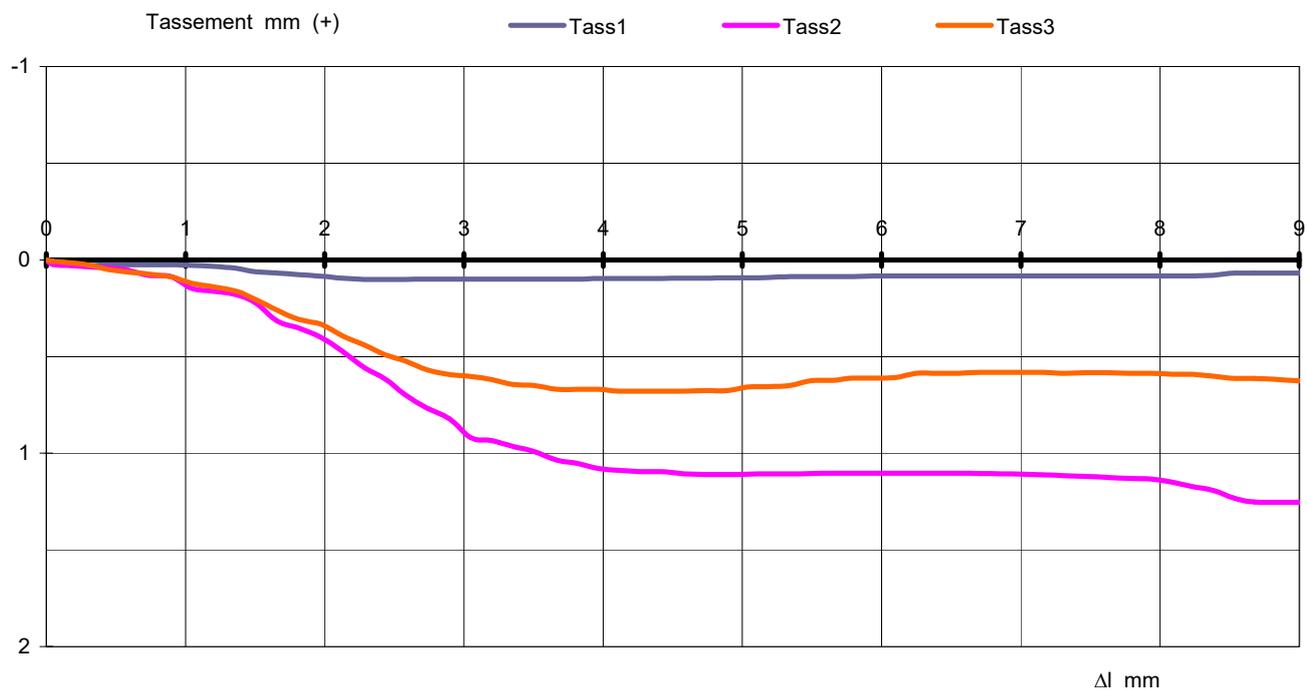
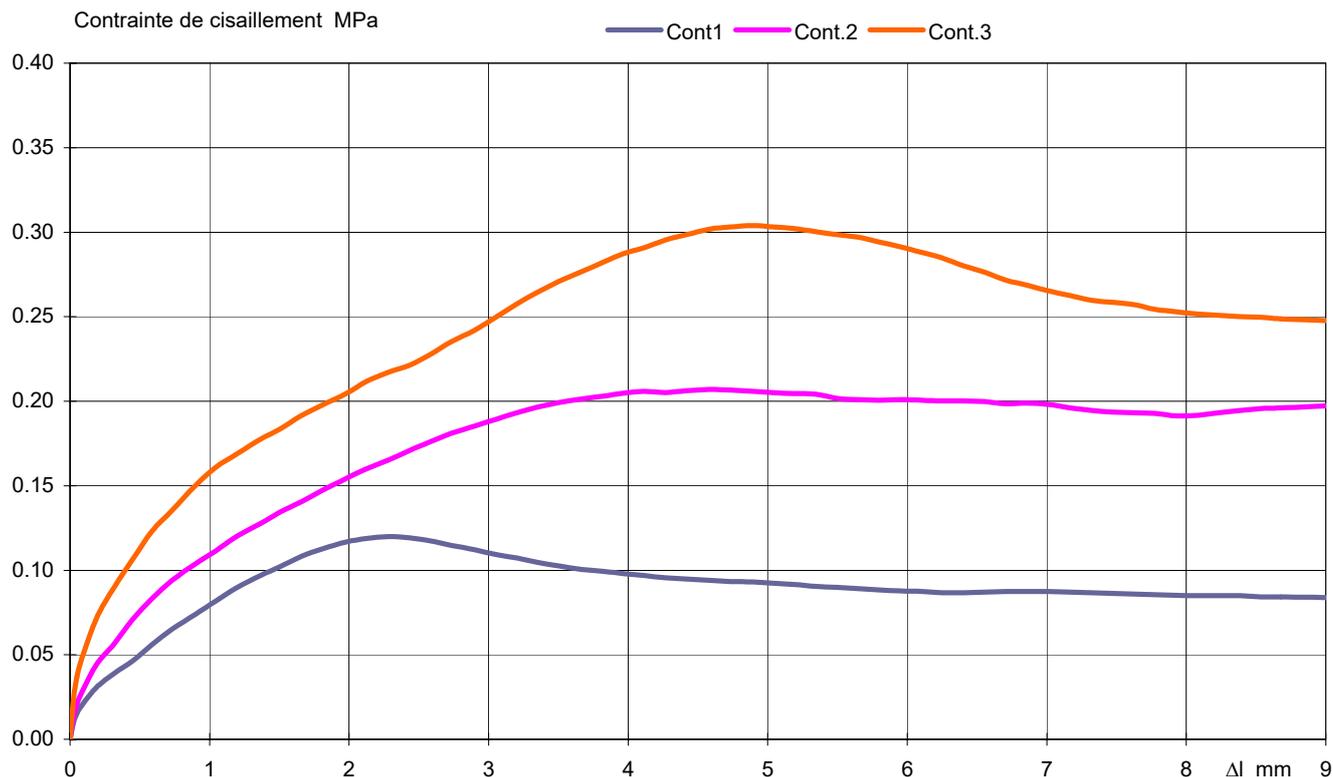
- pics
- ▲ résiduels

Cp (KPa)	$\phi_p$ (°)	Cf (KPa)	$\phi_f$ (°)
<b>25.7</b>	<b>41.1</b>	<b>12.5</b>	<b>37.7</b>



ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CONSOLIDE DRAINE NFP 94-071.1

N° du dossier : 24.3685	N° Sondage : <b>SC23</b>
Client : SOL CONSEIL	Profondeur (m) : <b>8.00/8.70</b>
Nom du chantier : SAINT GENEVIEVE DES BOIS	Prélevé (m) : 8.40/8.55
Nature : Marne argileuse à élément calcaire beige-blanc	$\sigma'_{vo}$ (KPa) = 174



Suivi par :

WESSLING France, 3 Avenue de Norvège, ZA de Courtaboeuf, 91140 Villebon-Sur-Yvette

SOL CONSEIL

Monsieur Clément CHALMIN

ZA de l'Europe

12 rue René Cassin

91300 MASSY

N° rapport d'essai	UPA23-003126-1
N° commande	UPA-00910-23
Interlocuteur (interne)	D. Cardon
Téléphone	+33 164 471 475
Courrier électronique	<a href="mailto:David.Cardon@wessling.fr">David.Cardon@wessling.fr</a>
Date	26.01.2023

## Rapport d'essai

**117018 - SAINTE GENEVIEVE DES BOIS**



Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai et tels qu'ils ont été reçus.

Les résultats des paramètres couverts par l'accréditation EN ISO/CEI 17025 sont marqués d'un (A).

La portée d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais du laboratoire WESSLING de Lyon (St Quentin Fallavier) est disponible sur le site [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr) pour les résultats accrédités par ce laboratoire.

Le COFRAC est signataire des accords de reconnaissance mutuels de l'ILAC et de l'IEA pour les activités d'essai.

Les organismes d'accréditation signataires de ces accords pour les activités d'essai reconnaissent comme dignes de confiance les rapports couverts par l'accréditation des autres organismes d'accréditation signataires des accords des activités d'essai.

Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING.

Les laboratoires WESSLING autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données sans faire allusion à l'accréditation des résultats d'essai.

Les données fournies par le client sont sous sa responsabilité et identifiées en italique.

Le 26.01.2023

N° d'échantillon		23-009204-01	23-009204-02	23-009204-03	23-009204-04
Désignation d'échantillon	Unité	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4

### Analyse physique

Matières sèches - NF ISO 11465 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Matière sèche	% masse MB	84,9 (A)	73,1 (A)	74,4 (A)	70,2 (A)
---------------	------------	----------	----------	----------	----------

### Paramètres globaux / Indices

Degré d'acidité Baumann-Gully - DIN EN 16502 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Degré d'acidité	ml/kg MS	20 (A)	26 (A)	25 (A)	27 (A)
-----------------	----------	--------	--------	--------	--------

### Préparation d'échantillon

Minéralisation à l'acide chlorhydrique (agressivité vis-à-vis des bétons) - DIN 4030-2 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Minéralisé à l'acide chlorhydrique		25/01/2023 (A)	25/01/2023 (A)	25/01/2023 (A)	25/01/2023 (A)
------------------------------------	--	----------------	----------------	----------------	----------------

### Cations, anions et éléments non métalliques

Sulfates (SO4) - Méthode interne : SO4-IC-Agressivité béton - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Sulfates (SO4)	mg/kg MS	710 (A)	2300 (A)	2900 (A)	450 (A)
----------------	----------	---------	----------	----------	---------

MS : Matières sèches

MB : Matières brutes

### Informations sur les échantillons

Date de réception :	20.01.2023	20.01.2023	20.01.2023	20.01.2023
Type d'échantillon :	Sol	Sol	Sol	Sol
Date de prélèvement :	18.01.2023	18.01.2023	18.01.2023	18.01.2023
Heure de prélèvement :	00:00	00:00	00:00	00:00
Récipient :	1VB	1VB	1VB	1VB
Température à réception (C°) :	9	9	9	9
Début des analyses :	20.01.2023	20.01.2023	20.01.2023	20.01.2023
Fin des analyses :	26.01.2023	26.01.2023	26.01.2023	26.01.2023
Préleveur :	client	client	client	client

**Le 26.01.2023**

**Informations sur vos résultats d'analyses :**

Les seuils de quantification fournis n'ont pas été recalculés d'après la matière sèche de l'échantillon.

Les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice.

Les résultats des échantillons reçus à une température supérieure à 8°C, sont rendus avec réserve pour les analyses réalisées par WESSLING Lyon.

Approuvé par :

Alexandra GUTTIN

Responsable Qualité et Sécurité

Le 26 janvier 2023

## DONNEES

### GENERALITES :

Système d'unités :	Métrique, kN, kN/m <sup>2</sup>	Niveau phréatique :	10,00 m
Poids volumique de l'eau :	10,00 kN/m <sup>3</sup>	Nombre d'itérations par phase de calcul :	100
Pas de calcul :	0,20 m	Prise en compte moments 2 ordre :	non
Définition du projet :	Cotes		

### CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

Couche	z [ m ]	γ [ kN/m <sup>3</sup> ]	γ' [ kN/m <sup>3</sup> ]	φ [ ° ]	c [ kN/m <sup>2</sup> ]	dc [ kN/m <sup>2</sup> /m ]	k0	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [ kN/m <sup>2</sup> /m ]	dkh [ kN/m <sup>2</sup> /m/m ]	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max [ kN/m/m ]
Remblais	55,60	20,00	10,00	25,00	0,00	0,000	0,577	0,381	3,062	0,577	0,577	0,000	0,000	3932	0	0,330	-0,330	0,100	10000,00
Eboulis	54,10	20,00	10,00	20,00	10,00	0,000	0,658	0,463	2,381	0,658	0,658	1,491	3,699	6752	0	0,330	-0,330	0,100	10000,00
Marnes Ludiennes	42,00	20,00	10,00	35,00	15,00	0,000	0,426	0,254	5,276	0,426	0,426	1,075	5,931	83585	0	0,330	-0,330	0,100	10000,00

### CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [ m ]	EI [ kNm <sup>2</sup> /m ]	W [ kN/m/m ]
1	40,50	177548	0,00

Cote de la tête de l'écran : z0 = 55,60 m

**DONNEES**

BUTON	Phase	za [ m ]	K [ kN/m/m ]	P [ kN/m ]	$\alpha$ [ ° ]
1	2	53,60	10000	0,00	0,00
2	3	50,00	15000	0,00	0,00

SURCHARGE CAQUOT	Phase	Côté	z [ m ]	q [ kN/m/m ]
1	0	Droite	55,60	10,00
2	0	Gauche	55,60	10,00

**ASSISTANTS**

**Assistant K0 :**

Action	Nom Couche	$\varphi$ [ ° ]	$\beta$ [ ° ]	Roc	K0
Sol initial	Remblais	25,00	0,00	1,000	0,577
Sol initial	Eboulis	20,00	0,00	1,000	0,658
Sol initial	Marnes Ludiennes	35,00	0,00	1,000	0,426

**Assistant Kerisel & Absi, milieu pesant :**

Action	Nom Couche	Coefficient	$\lambda$ [ ° ]	$\varphi$ [ ° ]	$\delta/\varphi$	$\beta/\varphi$	Valeur
Sol initial	Remblais	kay	0,00	25,00	0,330	0,000	0,381
Sol initial	Remblais	kpy	0,00	25,00	-0,330	0,000	3,062
Sol initial	Eboulis	kay	0,00	20,00	0,330	0,000	0,463
Sol initial	Eboulis	kpy	0,00	20,00	-0,330	0,000	2,381
Sol initial	Marnes Ludiennes	kay	0,00	35,00	0,330	0,000	0,254
Sol initial	Marnes Ludiennes	kpy	0,00	35,00	-0,330	0,000	5,276

**Assistant kac/kpc :**

Action	Nom Couche	Coefficient	$\varphi$ [ ° ]	$\delta/\varphi$	Valeur
Sol initial	Eboulis	kac	20,00	0,330	1,491
Sol initial	Eboulis	kpc	20,00	-0,330	3,699
Sol initial	Marnes Ludiennes	kac	35,00	0,330	1,075
Sol initial	Marnes Ludiennes	kpc	35,00	-0,330	5,931

**Assistant kh, Schmitt :**

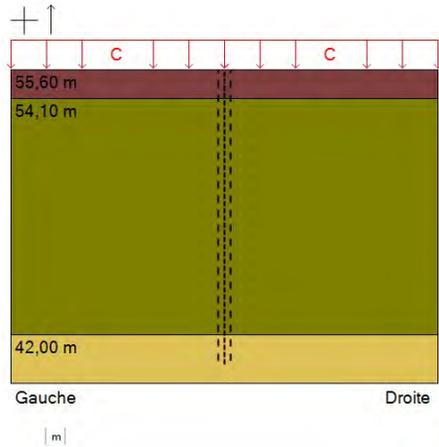
Action	Nom Couche	Em [ kN/m <sup>2</sup> ]	$\alpha$	EI [ kNm <sup>2</sup> /m ]	kh [ kN/m <sup>2</sup> /m ]
Sol initial	Remblais	4000	0,660	177548	3932
Sol initial	Eboulis	6000	0,660	177548	6752
Sol initial	Marnes Ludiennes	30000	0,500	177548	83585

**Assistant paroi composite, Pieux circulaire :**

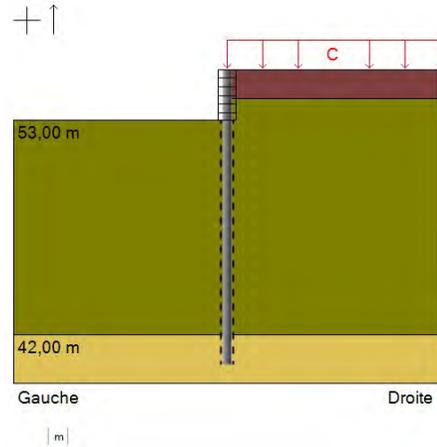
Action	[1],E [ kN/m <sup>2</sup> ]	[1],eh [ m ]	[1],d [ mm ]	[2],E [ kN/m <sup>2</sup> ]	[2],e [ mm ]	EI [ kNm <sup>2</sup> /m ]
Ecran initial	2E+007	2,50	820,00	-	-	177548

**SYNTHESE PHASAGE**

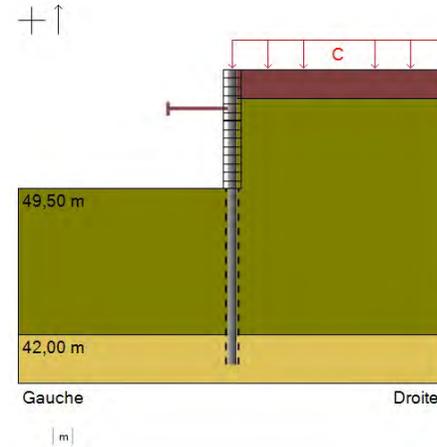
Phase initiale



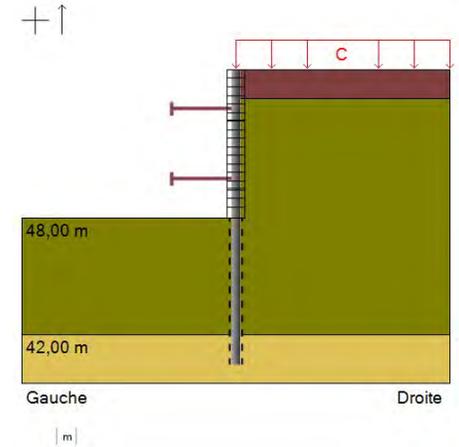
Phase 1 : Phase transitoire



Phase 2 : Phase transitoire



Phase 3 : Phase transitoire



- Surcharge de Caquot : (côté droit) :  
z [m] = 55,60  
q [kN/m/m] = 10,00
- Surcharge de Caquot : (côté gauche) :  
z [m] = 55,60  
q [kN/m/m] = 10,00
- Poussée réduite :  
zt [m] = 55,60  
zb [m] = 40,50  
R = 0,984  
C = 1,000

- Excavation (côté gauche) :  
zh [m] = 53,00
- Pose de blindage (Berlinoise) :  
z [m] = 53,00

- Mise en place du buton (côté gauche) : n°1  
za [m] = 53,60  
K [kN/m/m] = 10000  
 $\alpha$  [°] = 0,00  
P [kN/m] = 0,00
- Excavation (côté gauche) :  
zh [m] = 49,50
- Pose de blindage (Berlinoise) :  
z [m] = 49,50

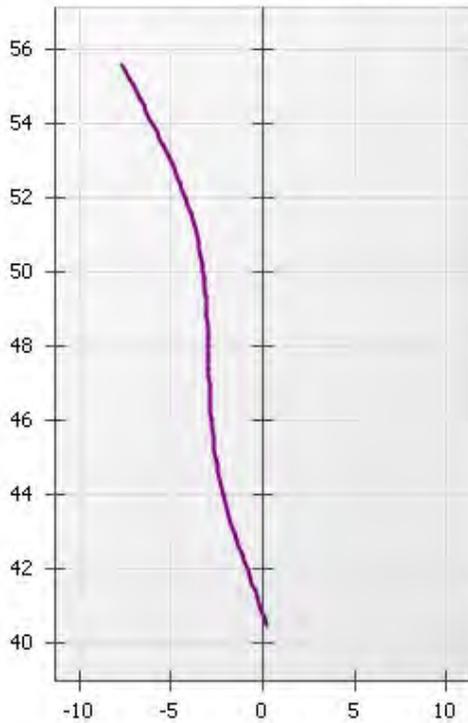
- Mise en place du buton (côté gauche) : n°2  
za [m] = 50,00  
K [kN/m/m] = 15000  
 $\alpha$  [°] = 0,00  
P [kN/m] = 0,00
- Excavation (côté gauche) :  
zh [m] = 48,00
- Pose de blindage (Berlinoise) :  
z [m] = 48,00



Calcul réalisé par : SOL CONSEIL

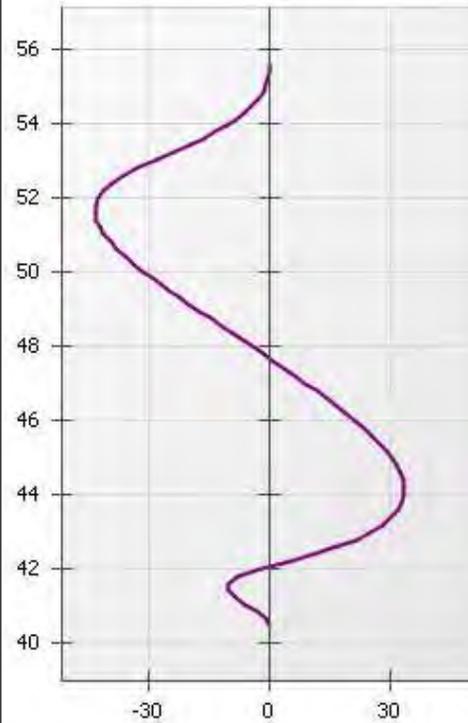
RESULTATS (Phase 1)

Déplacements [mm]



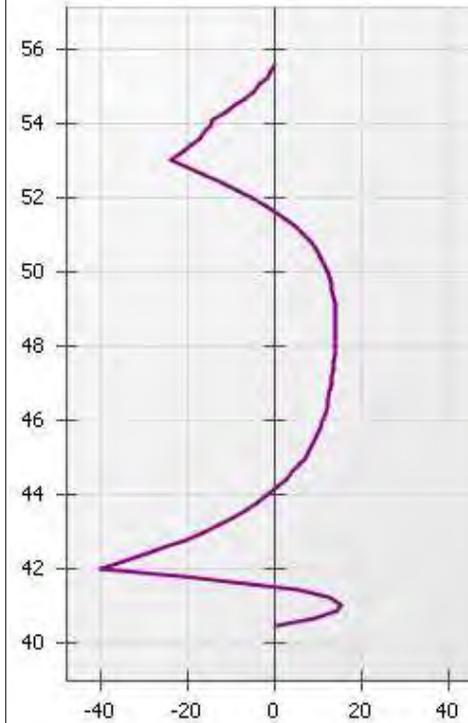
Dmin = -7,73 - Dmax = 0,20

Moment [kNm/m]



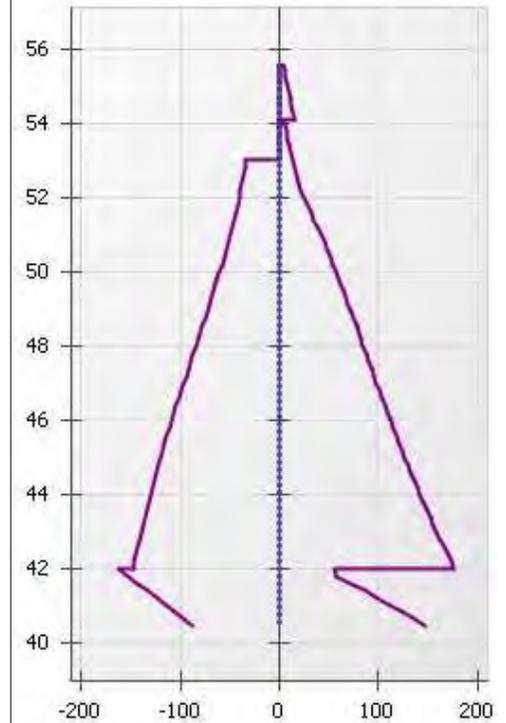
M.k min = -43,67 - M.k max = 33,76

Effort Tranchant [kN/m]



V.k min = -40,35 - V.k max = 15,46

Pressions terre/eau [kN/m/m]



P.k min = -163,32 - P.k max = 176,84  
Pw.k min = 0,00 - Pw.k max = 0,00

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

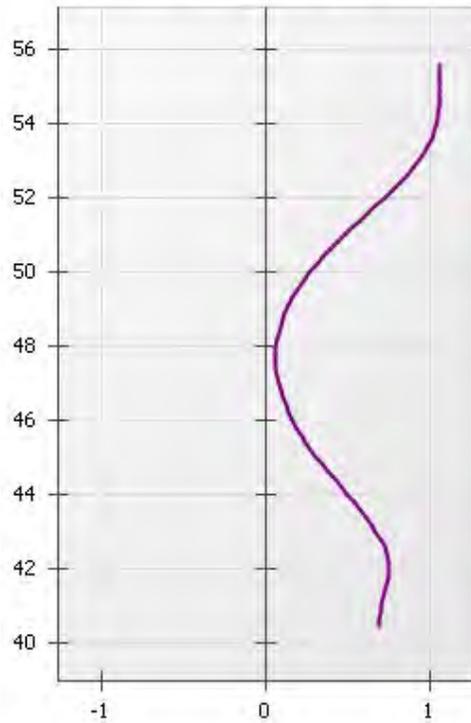
--- Eau



Calcul réalisé par : SOL CONSEIL

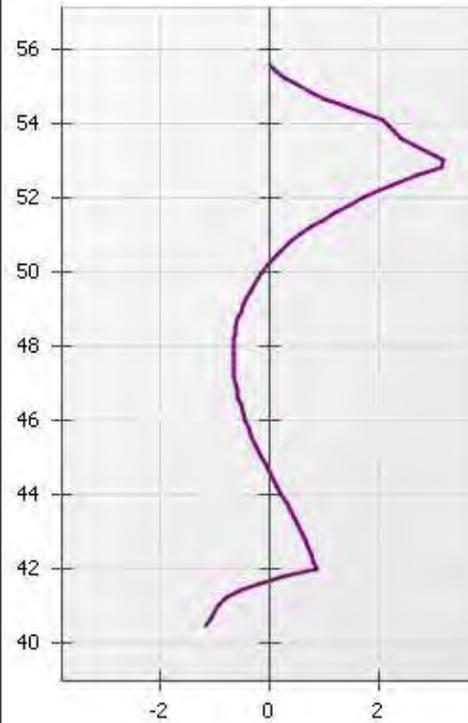
RESULTATS (Phase 1)

Rotation [x0.001 rad]



Rmin = 0,05880 - Rmax = 1,05885

Effort Normal [kN/m]



N.k min = -1,18 - N.k max = 3,18

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

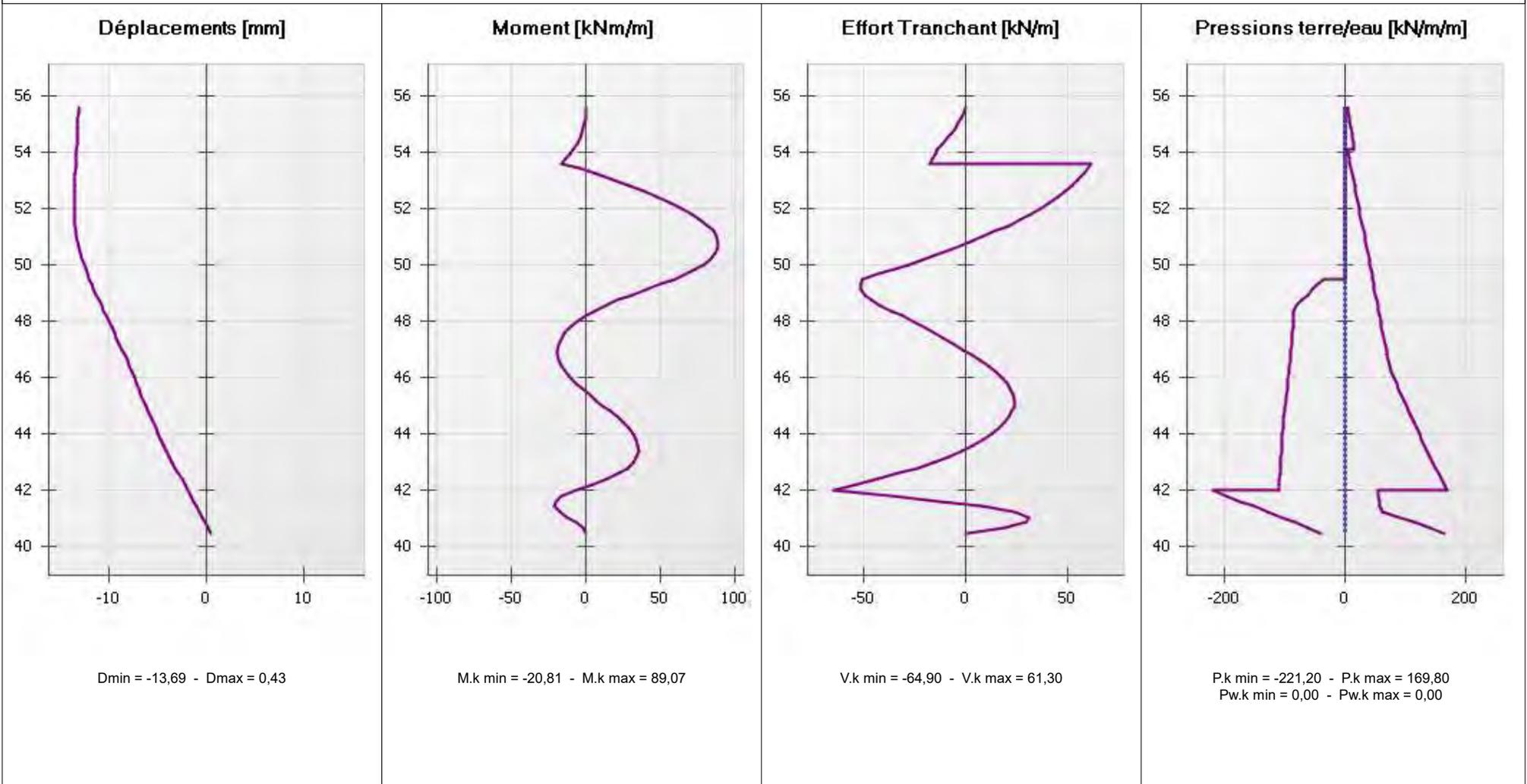
--- Valeurs ELU

--- Eau



Calcul réalisé par : SOL CONSEIL

RESULTATS (Phase 2)



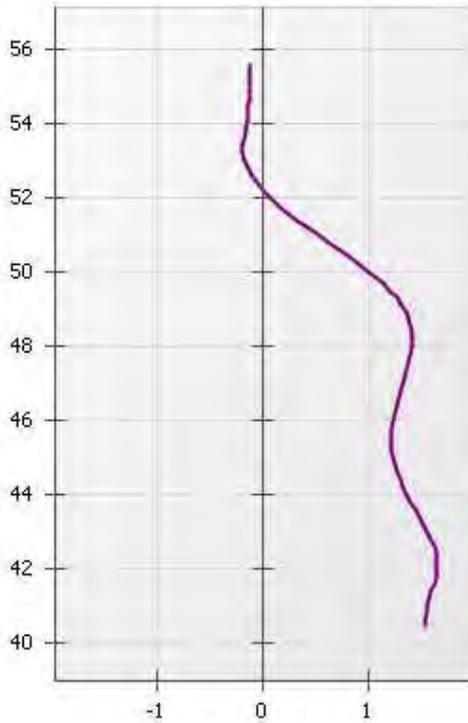
Légende des graphiques : --- Valeurs ELS --- Valeurs ELU --- Eau



Calcul réalisé par : SOL CONSEIL

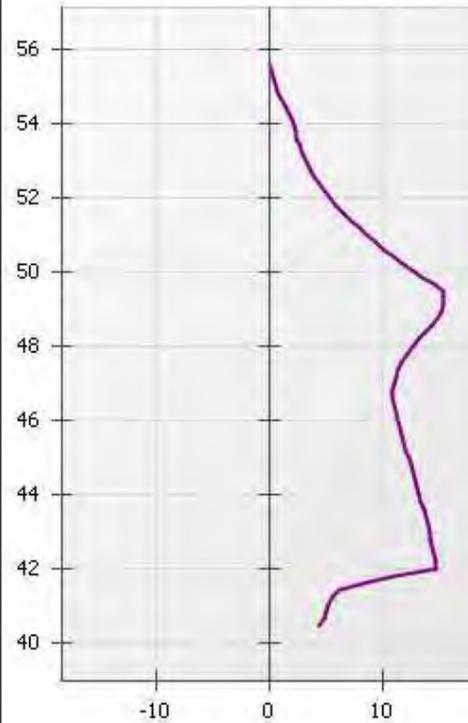
**RESULTATS (Phase 2)**

**Rotation [x0.001 rad]**



Rmin = -0,19298 - Rmax = 1,63670

**Effort Normal [kN/m]**



N.k min = 0,00 - N.k max = 15,45

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

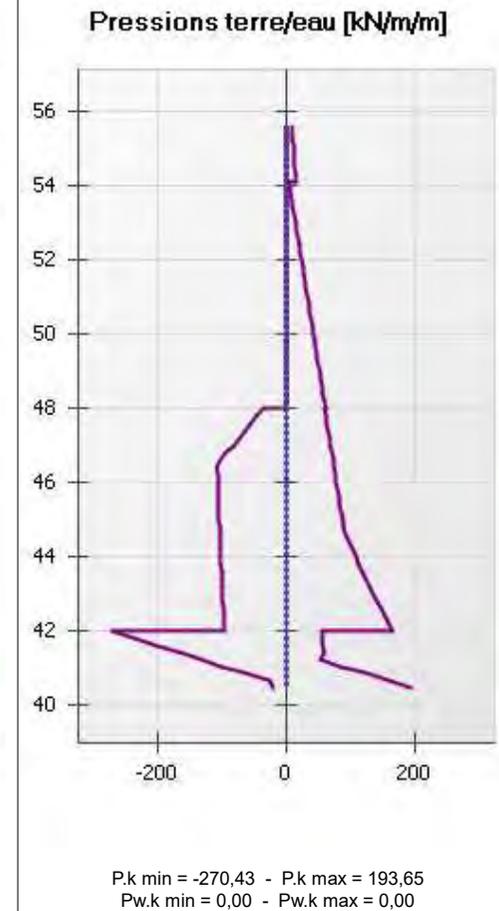
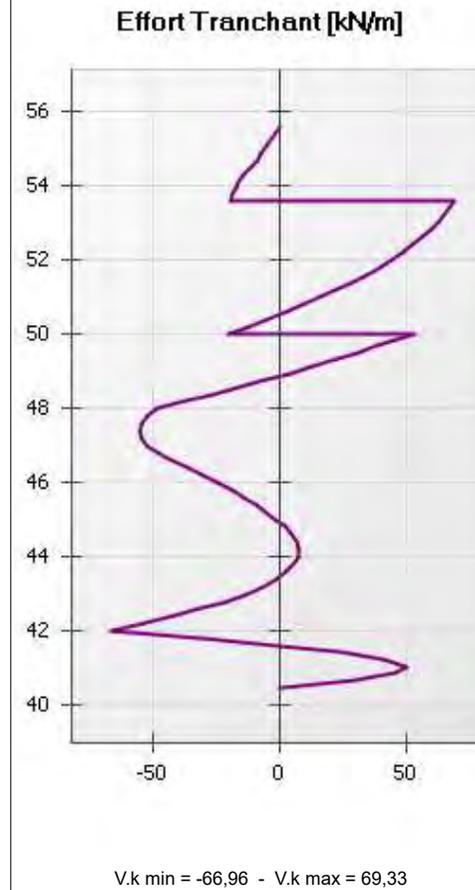
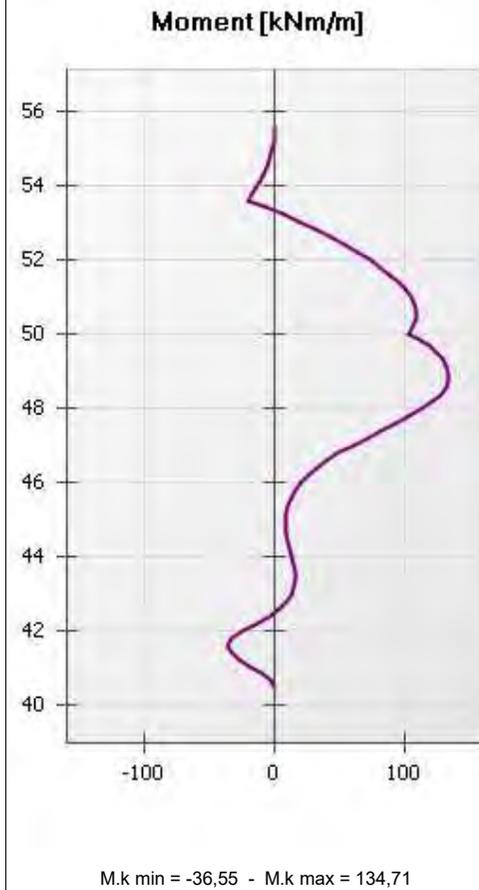
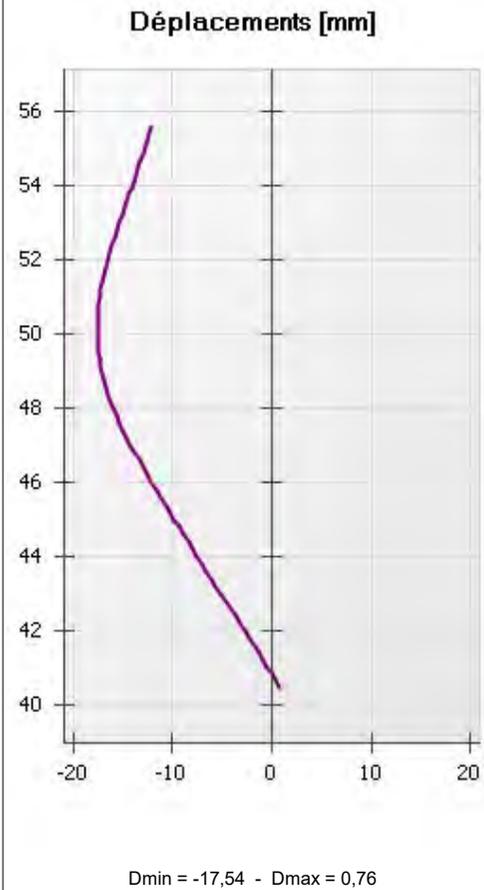
--- Valeurs ELU

--- Eau



Calcul réalisé par : SOL CONSEIL

RESULTATS (Phase 3)



Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

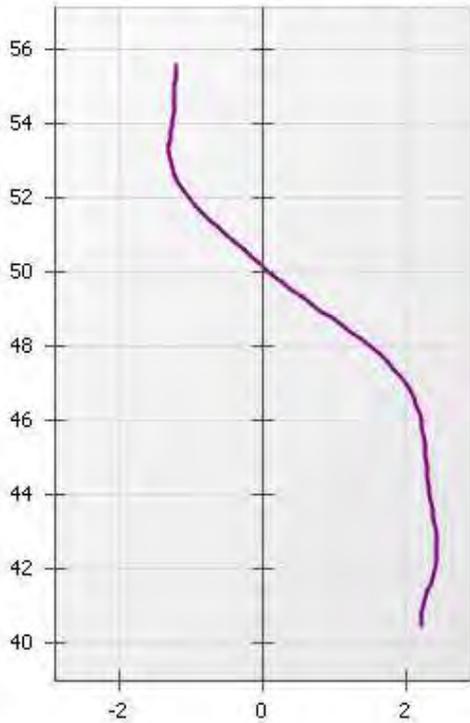
--- Eau



Calcul réalisé par : SOL CONSEIL

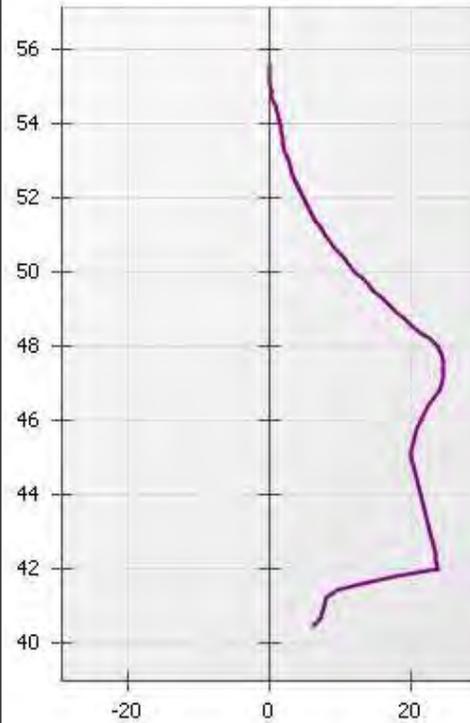
**RESULTATS (Phase 3)**

**Rotation [x0.001 rad]**



Rmin = -1,31939 - Rmax = 2,44589

**Effort Normal [kN/m]**



N.k min = -0,07 - N.k max = 24,71

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



Calcul réalisé par : SOL CONSEIL

**RESULTATS (Synthèse)**

PHASE	Déplac. en tête mm	Déplac. max mm	Moment max kNm/m	Tranch. max kN/m	Rapport butées	Buton 1 kN/m	Buton 2 kN/m
1	-7,73	-7,73	-43,67	-40,35	4,386	-	-
2	-13,22	-13,69	89,07	-64,90	3,370	78,58	-
3	-12,05	-17,54	134,71	69,33	2,928	89,05	73,25
Extrema	-13,22	-17,54	134,71	69,33	2,928	89,05	73,25

## CONDITIONS D'EXPLOITATION ET DE VALIDITÉ DES ETUDES DE SOLS.

Les recommandations et indications ci-après ont pour but d'éviter tout sinistre au cours et à la suite de la réalisation des ouvrages et consécutifs à une exploitation défectueuse du rapport d'étude de sol.

**Le non respect de ces recommandations et indications dégagerait contractuellement la responsabilité du bureau d'étude de sols.**

Les différents intervenants dans les projets et travaux liés aux sols doivent passer en revue les recommandations et indications ci-après afin de vérifier qu'elles sont effectivement prises en compte.

### **RECOMMANDATIONS ESSENTIELLES :**

1/ Ce **RAPPORT** et toutes ces annexes identifiées constitue **un ensemble indissociable.**

Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés un par le client et le second par notre Société.

Ce rapport ne devient la **propriété du client qu'après paiement** intégral du prix de la prestation. Le client est responsable de son usage et de sa diffusion. Dans ce cadre, toute utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction **partielle** ne saurait engager la responsabilité de notre Société.

En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un **autre Maître d'Ouvrage** ou par un autre Maître d'œuvre ou pour tout autre ouvrage que celui de la présente mission ne pourra en **aucun cas engager la responsabilité de notre Société** et pourra faire l'objet de poursuites judiciaires à l'encontre du contrevenant.

Dans le cas d'un **nouveau Maître d'Ouvrage** sur le même projet, un **nouveau contrat de louage d'ouvrage** (pour satisfaire l'article 1792-1°) doit être établi avec mise à jour du rapport d'étude et de nos assurances.

### **2/ RECONNAISSANCE PAR POINTS :**

Cette étude est basée sur un **nombre limité de sondages et de mesures.**

Il est précisé que cette étude repose sur une reconnaissance par points dont la maille **ne permet pas de lever la totalité des aléas**, toujours possibles dans le milieu naturel.

En effet des hétérogénéités, discontinuités et aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles sont limitées en extension.

De ce fait, sauf précision contraire dans ce rapport, les conclusions de ce rapport ne peuvent être utilisées pour une forfaitisation.

Les éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution de ces travaux pouvant avoir une influence sur les conclusions du présent rapport, doivent immédiatement être signalés au géotechnicien chargé du **suivi géotechnique d'exécution (mission G4).**

### **3/ DURÉE LIMITÉE DE VALIDITÉ DU RAPPORT :**

La modification naturelle ou artificielle de facteurs déterminants pour la construction peut rendre caduc tout ou partie des résultats et conclusions précisées dans ce rapport d'étude.

#### **3.1 : Éléments géologiques, hydrogéologiques et géotechniques :**

De nombreux éléments liés à la géologie, l'hydrogéologie et à la géotechnique de l'ouvrage ont **un caractère évolutif :**

- glissement – érosion – dissolution – remblais évolutif (physique ou chimique) – tourbe – niveau d'eau fluctuant et hygrométrie correspondante – variation climatique exceptionnelle : gel, dessiccation, inondation – évolution sismique ou volcaniques – etc.

#### **3.2 : Environnement, voisinage, topographie :**

Les modifications de l'environnement, du voisinage et de la topographie, changent l'hydrogéotechnique du site et souvent les dispositions constructives :

- sous-sol proches ou mitoyens – parois étanches – drainage – pompage permanent ou provisoire – collecteur souterrains – tunnel et tunnelier – remblaiement ou excavation du site, etc.

### 3.3 : Conditions juridiques :

De nouvelles Lois ou Jurisprudences peuvent modifier les obligations et responsabilités. Les conditions juridiques des contrats et des assurances sont modifiées en conséquence. On notera en particulier les nouvelles missions géotechniques en cours de normalisation.

### 3.4 : Connaissances techniques et technologiques :

L'évolution des connaissances techniques et scientifiques, ainsi que les modifications des technologies de constructions peuvent rendre périmées nos conclusions.

**Aussi les conclusions de ce rapport d'étude sont valables pour un chantier ouvert (DROC) dans un délai de 2 ANS à compter de la date d'émission.**

Au delà de ce délai, il est indispensable que nous soyons consultés par le Maître d'Ouvrage et le Maître d'œuvre afin de **réactualiser le rapport**, après vérification des divers facteurs. L'exploitation des conclusions au delà du délais de 2 ans, en l'absence de réactualisation ne pourra contractuellement engager notre responsabilité.

## 4) MODIFICATION DU PROJET :

Ce rapport est établi pour un projet donné à la date de l'étude, à partir de plans, esquisses et renseignements transmis.

**Toute modification apportée au projet**, soit pour des raisons techniques, soit pour des raisons économiques, implantation, forme, niveaux altimétriques, nombre d'étages ou de sous-sol (etc...) **doit être communiquée au BET de sols** rédacteur de l'étude. Lui seul pourra déterminer les conséquences de ces changements sur ses conclusions de l'étude de sol.

Ces modifications pourront faire l'objet d'une **note complémentaire** ou d'un nouveau rapport, éventuellement après un complément de reconnaissance.

Nous ne saurions être tenus responsables des modifications intervenues après cette étude qu'après avoir donné notre avis écrit sur les dites modifications, que celles-ci portent sur les dimensionnements et dispositifs préconisés dans le présent rapport ou sur l'ouvrage lui-même.

Le Maître d'Ouvrage doit nous informer officiellement de **l'ouverture réelle du chantier**, afin que les couvertures d'assurances soient effectives :

Assurances décennales à la **Date Réelle d'Ouverture du Chantier (D.R.O.C)**  
Assurance Responsabilité Civile Professionnelle lors **d'un sinistre à partir de l'ouverture du chantier.**

L'absence de cette information risque d'entraîner la non couverture par une compagnie d'assurances.

Le présent rapport constitue le compte rendu de la mission géotechnique normalisée définie par la lettre de commande, visée et acceptée par notre société, au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête du présent document.

Selon le projet de normalisation de ces missions, chacune ne couvre qu'un domaine spécifique de la conception ou de la construction.

Il appartient au Maître d'Ouvrage et à son Maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions géotechniques utiles au bon achèvement de l'ouvrage soient engagées avec les moyens et délais opportuns, et confiées à des hommes de l'art.

A défaut d'autres positions contractuelles, la remise du rapport fixe la fin de la mission.



## ÉTUDE GÉOTECHNIQUE G2 AVP

### CONSTRUCTION D'UN ENSEMBLE DE 2 BÂTIMENTS À USAGE DE HALLE DE MARCHÉ ET DE BUREAUX

Place du Président Franklin Roosevelt  
91700 SAINTE GENEVIEVE DES BOIS

**Maître d'Ouvrage : CŒUR D'ESSONNE AGGLOMÉRATION**

Référence de la Proposition : N°118017 SC MAS 10 a

Rédacteur : Clément CHALMIN



Agence	N° Dossier	N° pièce	Mission	Rédigé par	Vérifié par	Date	Commentaires / version
SC MAS	118017	4	G2 AVP	CC	SC	29/11/24	Version initiale
SC MAS	118017	2	G1 PGC	CC	SC	23/03/23	Rapport G1 PGC « Halle de Marché »

## TABLE DES MATIÈRES

1.	SYNTHÈSE .....	4
2.	MISSIONS GÉNÉRALITÉS TRAVAUX ENGAGÉS .....	5
2.1.	MISSION - GÉNÉRALITÉS .....	5
2.2.	DOCUMENTS UTILISÉS POUR LA RÉDACTION DE L'ÉTUDE.....	7
2.3.	TRAVAUX EXÉCUTÉS – LIMITES DES MÉTHODES.....	7
2.4.	NIVELLEMENT DES TÊTES DE SONDAGES .....	8
2.5.	SCHÉMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES .....	8
3.	CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE.....	9
3.1.	ÉTUDE DE SITE / SENSIBILITÉ .....	9
3.2.	BILAN DE SENSIBILITÉ.....	11
3.3.	NATURE DES SOLS / PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES .....	11
3.4.	EAU PHRÉATIQUE.....	14
3.5.	AGRESSIVITÉ DU MILIEU VIS-À-VIS DES BÉTONS .....	15
3.6.	SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE.....	16
4.	PROJET .....	17
4.1.	CONSTRUCTIONS ENVISAGÉES .....	17
4.2.	DESCENTE DE CHARGE.....	18
4.3.	APPROCHE DE LA Z.I.G – MITOYENS.....	18
5.	GÉOTECHNIQUE DES FONDATIONS .....	19
5.1.	CHOIX D'UN MODE DE FONDATIONS PAR PIEUX.....	19
5.2.	DIMENSIONNEMENT GÉOTECHNIQUE DES PIEUX .....	20
5.3.	PRÉCONISATIONS D'EXÉCUTION ET DE CONCEPTION .....	22

6.	PROTECTION CONTRE LES EAUX.....	23
6.1.	NIVEAUX D'EAU CONNUS À CE STADE.....	23
6.2.	PRÉCONISATIONS EN PHASE PROVISoire DE CHANTIER.....	24
6.3.	PRÉCONSATION EN PHASE SERVICE .....	
7.	TERRASSEMENTS PAR TALUTAGE .....	26
7.1.	GÉNÉRALITÉS.....	26
7.2.	REMBLAIS TECHNIQUES.....	26
8.	TRAITEMENT DES NIVEAUX BAS .....	28
9.	REMARQUE SUR LES REMBLAIS TECHNIQUES.....	28
10.	ANNEXES.....	29
11.	ANNEXES NON NUMÉROTÉES.....	36

## 1. SYNTHÈSE

*Il s'agit d'une synthèse non technique résumant les informations à notre disposition actuellement (qui pourront évoluer avec les éventuelles reconnaissances complémentaires). Il s'agit d'un résumé et d'une aide à la lecture. Seul le rapport et ses annexes peut nous être opposable.*

<b>Clients</b>	<b>CŒUR D'ESSONNE AGGLOMERATION</b> 1 Place Saint Exupéry La Maréchaussée 91700 SAINTE GENEVIEVE DES BOIS
<b>Mission</b>	Étude géotechnique G2 AVP
<b>Projet</b>	Construction d'un ensemble de 2 bâtiments à usage de Halle de marché et de bureaux
<b>Contexte Géologique</b>	Contexte général de coteau caractérisé par la succession géologique suivante : - Complexe de Brie ; - Argile Verte ; - Substratum Ludien.
<b>Aléas recherchés</b>	Coupe lithologique du terrain ; Caractéristiques mécaniques des horizons géologiques ; Niveau de la nappe phréatique ; Agressivité des sols vis-à-vis des bétons.
<b>Aléas résiduels (non limitatif)</b>	Variations latérales des horizons géologiques ; Perméabilité des terrains de surface et quantité d'eau lors des terrassements
<b>Proposition de fondations</b>	Fondations profondes de type pieux
<b>Protection contre les eaux</b>	<b>Phase provisoire</b> : Assainissement de la fouille à prévoir (tranchées drainantes) <b>Phase définitive</b> : Cuvelage des verticaux à prévoir
<b>Terrassements</b>	Talutage
<b>Traitement du niveau bas</b>	Plancher porté

## 2. MISSIONS GÉNÉRALITÉS TRAVAUX ENGAGÉS

### 2.1. MISSION - GÉNÉRALITÉS

Nous fournissons quelques éléments ci-après pour aider les lecteurs de ce présent rapport à comprendre quelles sont les limites liées aux missions géotechniques et donc à ce présent rapport. Bien entendu on se référera à la norme **NF P 94.500** novembre 2013 pour avoir une vision plus exhaustive.

Les missions géotechniques ont pour but d'appréhender le milieu naturel et de diminuer les aléas y afférant. Cette réduction de l'aléa se fait par étapes successives, allant du général au particulier, de la reconnaissance globale à la reconnaissance locale, en adaptant les investigations et les études à la sensibilité réelle du projet.

On trouve dans le tableau ci-dessous l'enchaînement des différentes missions, leurs objectifs et le niveau de management des risques attendus.

Enchaînement des missions G1 à G4	Mission d'ingénierie géotechnique et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendus
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
	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
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	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
	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet	
	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		Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)
	Étude géotechnique d'exécution (G3) Phase Étude (indissociable de la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude d'exécution (indissociable de la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	
	Suivi géotechnique d'exécution (G3) Phase Suivi (indissociable de la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi d'exécution (indissociable de la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage	
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	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

Par ailleurs, la révision de la norme 94-500 permet aujourd'hui une correspondance simple entre les missions d'ingénierie généraliste et les missions géotechniques (voir page suivante).

Cette étude s'inscrit dans le cadre des missions géotechniques normalisées (NF P 94-500 – novembre 2013) comme une mission de type **G2 « Phase Avant-Projet »** (le détail des missions est repris en annexe).

INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE			INGÉNIERIE GÉNÉRALISTE	MISSION CONFIEE	
NFP 94-500 version 2013					
Étape 1	Étude géotechnique préalable	G1	Phase étude de site <b>ES</b>	<b>ESQUISSE</b>	
			Phase Principes généraux de constructions <b>PGC</b>	<b>APS</b>	
Étape 2	Étude géotechnique de conception	G2	Phase avant-projet ( <b>AVP</b> )	<b>APD</b>	<b>X</b>
			Phase <b>projet*</b>	<b>AVP</b>	
			Phase <b>DCE/ACT</b>	<b>PROJET</b>	
				<b>DCE</b>	
Étape 3	Suivi géotechnique d'exécution	G3	Étude géotechnique d'exécution	<b>EXE</b>	
			Suivi géotechnique d'exécution	<b>DET/AOR</b>	
	Supervision géotechnique d'exécution	G4	Supervision de l'étude d'exécution	<b>VISA</b>	
			Supervision du suivi d'exécution	<b>DET/AOR</b>	
-	Diagnostic géotechnique	G5	Étude d'un élément particulier	-	

\* Les missions G2 PRO ne comprennent pas ICI l'approche des coûts des ouvrages, des délais de réalisation ni l'établissement de plans de fondations ou de soutènement, ces prestations n'entrant pas dans le champ de compétence d'un BET Géotechnique stricto sensu. Si besoin, ces prestations seront confiées à un économiste de la construction et un BET Structures de Conception.

## Réponses aux questions fréquemment posées :

### Peut-on reprocher au géotechnicien un dépassement de délais, de quantités, de coût sur la base d'une mission G1 ?

La norme 94.500 indique que les missions de type G1 excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages qui entrent dans le cadre exclusif d'une mission d'étude géotechnique de conception phase projet.

### Le respect de la norme est-il obligatoire ?

Le respect d'une norme NF n'est pas obligatoire. En revanche signer un contrat avec un prestataire qui la respecte revient tacitement à la respecter sauf à dégager le prestataire de ces engagements et responsabilités contractuelles.

### Toutes les missions sont-elles obligatoires ?

La norme indique que toutes les missions doivent être réalisées, ce qui dans les faits est d'ailleurs toujours le cas, mais pas toujours par le géotechnicien. Ainsi, si ce n'est pas le géotechnicien qui rédige les pièces écrites, approuve les plans de l'entreprise et suit les travaux par exemple, ce sont ceux qui se sont substitués à lui qui ont de fait réalisé les missions correspondantes. Il appartient donc de vérifier dans ce cas que ces intervenants ont la compétence et les assurances pour réaliser ces missions.

Nous sommes à la disposition du lecteur pour apporter toutes les précisions nécessaires pour la bonne compréhension de ces missions. Un extrait des missions est fourni en annexe.

## CONDITIONS D'EXPLOITATIONS DU PRÉSENT RAPPORT

Il s'agit d'investigations géotechniques qui ne peuvent, en aucun cas, détecter d'éventuelles pollutions des sols.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les "conditions d'exploitation et de validité des études de sols" décrites en annexe.

Le maître d'ouvrage devra nous informer de la DROC (date réelle d'ouverture de chantier), et faire réactualiser le présent rapport en cas de modification du projet ou d'ouverture du chantier plus de 2 ans après la date du présent rapport.

## 2.2. DOCUMENTS UTILISÉS POUR LA RÉDACTION DE L'ÉTUDE

Nature du document	Date	Échelle
Plan de réseaux – Indice A (Folio 2/4)	31/01/2023	1/200
Plan de masse général de l'ensemble du projet « Pôle Gare » (phase APS)	17/07/2024	1/500
Plans des niveaux RDQ et RDV de la Halle marché (phase APD)	26/11/2024	1/200
Coupe transversale de la Halle marché	-	-
Rapport Provisoire – Etude Hydrogéologique NPHE établie par SOLER IDE	22/11/2024	-

## 2.3. TRAVAUX EXÉCUTÉS – LIMITES DES MÉTHODES

*Le relevé des coupes des sondages pressiométriques (de type destructif) a été réalisé en observant les remontées de cuttings (terrain détruit par l'outil de perforation et remonté en surface par la circulation de la boue de forage). Cette méthode est imprécise et ne permet pas une finesse de relevé d'un carottage. Le relevé des remontées de cuttings et les diagraphies instantanées correspondantes sont fournis en annexe.*

### Campagne réalisée pour la mission G1 PGC :

TYPE DE SONDRAGE ET D'ESSAIS IN SITU OU EN LABORATOIRE	RÉFÉRENCE	PROFONDEUR
Sondages pressiométriques Ø 63 mm (forage à la tarière en tête)	SP1 SP2	30,3 m 30,0 m
Essais pressiométriques	Nombre total : 50	Répartis dans les sondages pressiométriques
Sondage carotté	SC1	10,0 m
Piézomètre (dans SC1)	Pz	10,0 m
Tests d'agressivité du sol sur les bétons	Nombre : 4	Répartis dans le sondage carotté
<b>DATE DE RÉALISATION DE LA CAMPAGNE IN SITU : du 20 au 27 février 2023</b>		

### Campagne réalisée pour la mission G2 AVP :

TYPE DE SONDRAGE ET D'ESSAIS IN SITU OU EN LABORATOIRE	RÉFÉRENCE	PROFONDEUR
Sondages pressiométriques Ø 63 mm	SP21 SP22	26,0 m 25,8 m
Essais pressiométriques	Nombre total : 32	Répartis dans les sondages pressiométriques
<b>DATE DE RÉALISATION DE LA CAMPAGNE IN SITU : du 12 au 15 novembre 2024</b>		

Conformément à la normalisation en vigueur, les sondages ont tous été rebouchés en fin de campagne.

**Remarque relative aux relevés piézométriques :** Lorsque des piézomètres sont disponibles sur chantier (par exemple, dans le cadre d'un suivi piézométrique), nous prenons en compte ces mesures si elles nous sont communiquées. Dans le cas contraire, des mesures ponctuelles de niveau d'eau sont effectuées directement dans les trous de forage, avant leur obturation en fin de chantier. Sauf demande spécifique de la part du Maître de l'Ouvrage, qui doit alors faire la déclaration correspondante auprès de la Police de l'Eau, nous ne posons pas de piézomètre au sens strict du terme.

### Remarque relative aux limites d'exploitation de cette étude :

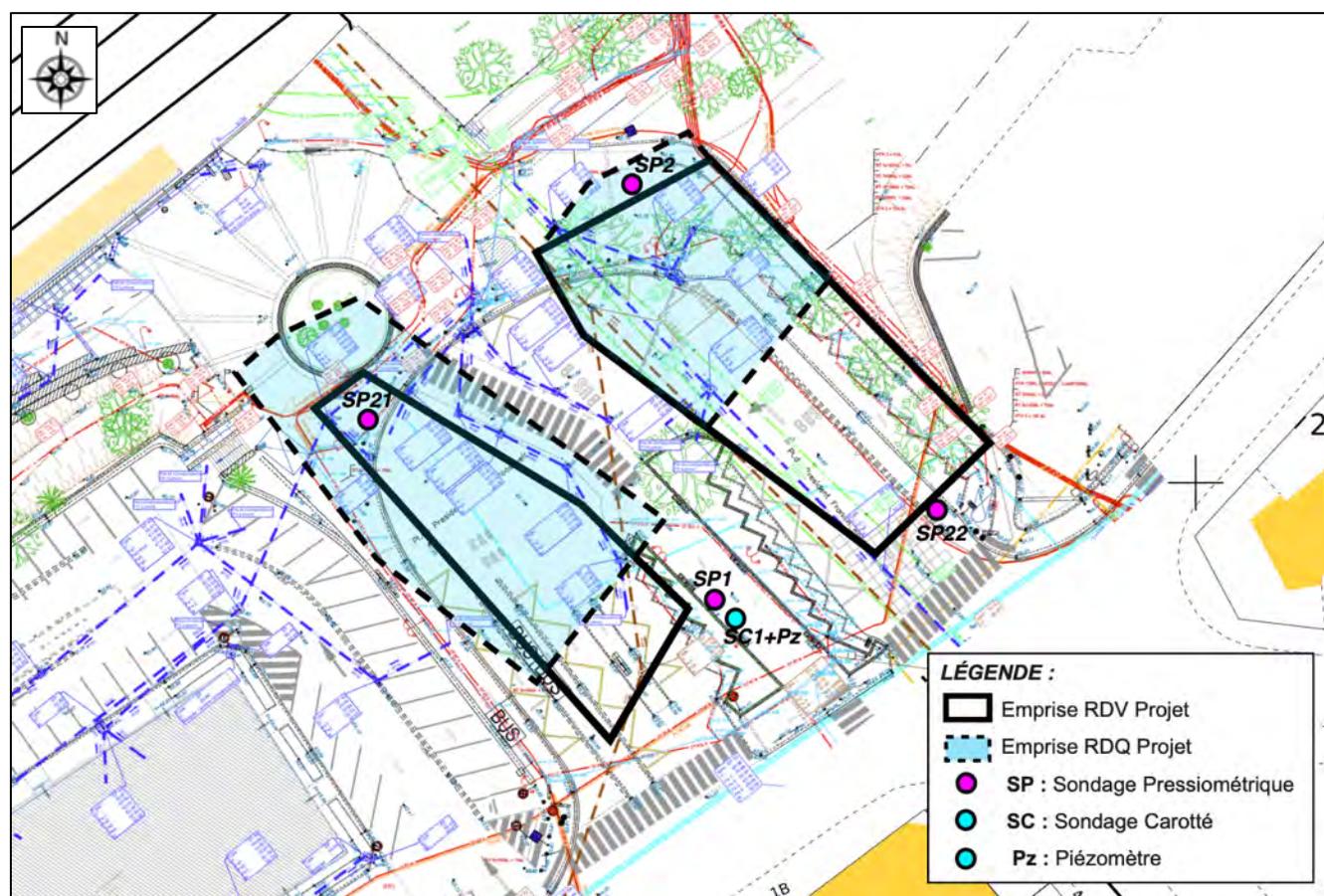
- Ce rapport ne traite pas des VRD au sens large, ces études spécifiques restent du ressort de BET Spécialisés.
- Ce rapport ne traite pas de l'étude des grues de chantier et des grues mobiles qui devra être réalisée par un bureau d'étude spécialisé.

## 2.4. NIVELLEMENT DES TÊTES DE SONDAGES

Les altimétries des têtes de sondages sont données à titre indicatif. Elles sont extrapolées à partir du plan géométrique communiqué et seul un levé de géomètre peut fournir un calage précis des têtes de sondages. Si ce relevé montre des différences, le rapport devra être revu en conséquence :

Sondage	SP1	SP2	SC1 / Pz	SP21	SP22
NGF extrapolé	# 63,2	# 61,0	# 63,2	# 61,2	# 63,6

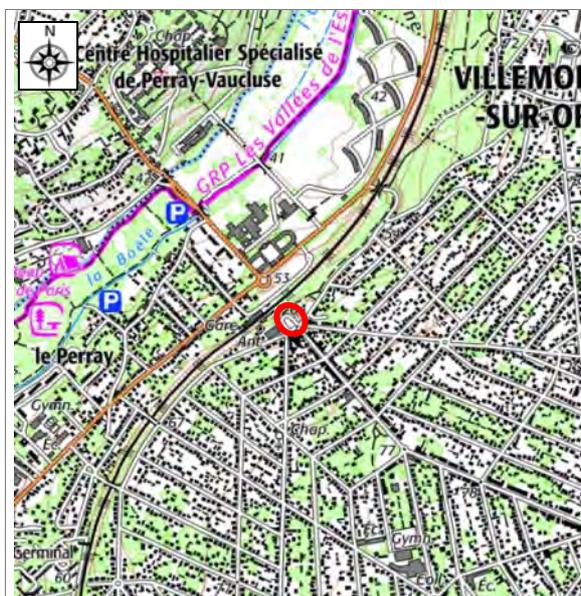
## 2.5. SCHÉMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES



**Remarque :** L'implantation de nos sondages a été fortement contrainte par la grande concentration de réseaux enterrés dans la zone. Préalablement à la réalisation de nos sondages, des avant-trous ont été réalisés afin de se prémunir du risque liés aux réseaux enterrés.

### 3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE

#### 3.1. ÉTUDE DE SITE / SENSIBILITÉ



#### SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le terrain se situe en contexte de coteau, sur le versant Sud-Est de la vallée de l'Orge et de la Boële.

Du fait de ce contexte, le site s'inscrit dans une pente générale orientée vers le Nord-Ouest, c'est-à-dire vers les cours d'eau de l'Orge et de la Boële située respectivement à environ 580 m et 420 m du site.



D'après le plan topographique communiqué nous retiendront une altimétrie du site comprise entre environ 60 NGF et 64 NGF.



#### HISTORIQUE DU SITE

Aussi loin que permet de montrer les anciennes photographies aériennes disponibles sur « remonterletemps.ign.fr », c'est à dire depuis les années 30, le site semble toujours avoir eu un usage de « Place ». On remarquera néanmoins que son architecture a changé avec le temps jusqu'à obtenir une géométrie proche de l'actuel dans les années 70.

On notera également la construction de l'actuelle halle de marché (vouée à la démolition) à l'Ouest de la Place dans les années 30/40 et la construction du parking à l'Est de la Place au début des années 60.



#### SITUATION GÉOLOGIQUE

D'après la carte géologique à l'échelle 1/50.000 de CORBEIL-ESSONNES, la suite lithologique attendue au droit du site, sous les remblais urbains, est la suivante :

- du Complexe de Brie (g<sub>1b</sub>) ;
- des Argiles Vertes (g<sub>1a</sub>) ;
- des Marnes Supragypseuses (e<sub>7c</sub>) ;
- des Masses et Marnes du Gypse / Calcaire de Champigny (e<sub>7b</sub>).

#### Remarque :

La géologie du secteur est marquée par la présence d'un faciès de transition (en vert) entre les Masses et Marnes du Gypse (plutôt au N-O du territoire : en jaune) et le Calcaire de Champigny (plutôt au S-E du territoire : en bleu)



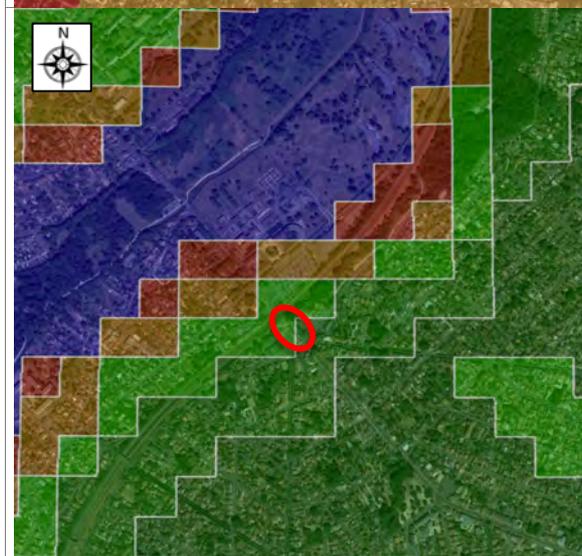


### RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

La parcelle étudiée se situe à cheval entre une zone d'exposition forte et une zone d'exposition moyenne vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles.

Cette exposition, définie par le BRGM est lié à la sensibilité des sols présents en surface mais aussi à la sinistralité enregistrée.

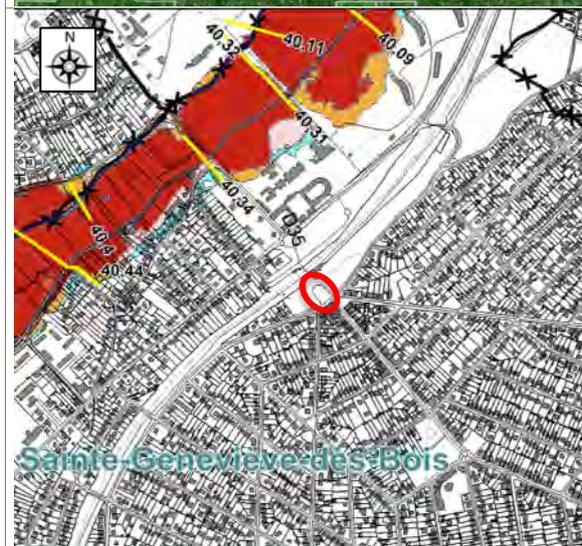
- Exposition forte
- Exposition moyenne
- Exposition faible



### SENSIBILITÉ AUX REMONTÉES DE NAPPE

D'après la carte de sensibilité aux « remontées de nappes et crues », le projet se situe en zone d'aléa faible à très faible.

- Aléa très faible à inexistant
- Aléa très faible
- Aléa faible
- Aléa moyen
- Aléa fort
- Aléa très élevé, nappe affleurante



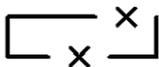
### RISQUE INONDATION PAR DÉBORDEMENT DE COURS D'EAU

D'après le Plan de Prévention des Risques d'Inondation des vallées de l'Orge et de la Sallemouille (*planche 13 de la cartographie réglementaire*), le site se localise hors zone inondable.

#### Zonage réglementaire

- Zone rouge
- Zone orange
- Zone saumon
- Zone ciel
- Zone verte

#### Élément de repérage

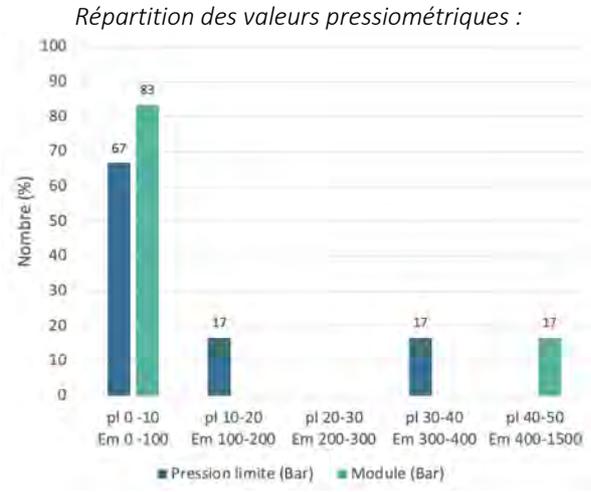
-  Limites communales
-  Lit mineur et plan d'eau
-  Cote de la ligne d'eau pour la crue de référence

### 3.2. BILAN DE SENSIBILITÉ

Type d'aléa	Niveau de risque
Retrait / gonflement des sols argileux	Exposition moyenne à forte d'après le BRGM
Inondation par débordement d'un cours d'eau	Hors zone inondable d'après le PPRI
Mouvement de terrain.	Hors zone d'aléa
Extraction souterraine de matériaux	Aléa faible. Pas d'exploitation de matériaux connue
Extraction à ciel ouvert de matériaux.	Aléa faible. Pas d'exploitation de matériaux connue
Sismicité	Zone I très faible.

### 3.3. NATURE DES SOLS / PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES

Les campagnes de reconnaissances effectuées ont permis d'interpréter la suite lithologique suivante, au droit de nos sondages :

Complexe de Brie					
<b>Description stratigraphique</b> En tête de forage, sous la couche d'enrobé et la couche de forme, les terrains sont composés d'abord d'argile marron rougeâtre parfois sableuse et comportant une proportion importante de cailloux calcaires et de blocs de meulière. Sous ce faciès sont rencontrés des marnes calcaires jaunâtres à beige crème et ce jusqu'à environ 3 m de profondeur/TN.  Nous rattachons ces terrains au Complexe de Brie puisque qu'en effet cette formation est composée d'après la bibliographie de la succession : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Argile à Meulière de Brie, c'est dire un faciès d'altération du Calcaire de Brie proprement dit.</li> <li>- Marno-calcaire de Brie.</li> </ul> Au droit du carottage SC1, cette transition de faciès est bien identifiée à 2,1 m de profondeur/TN.			<b>Caractéristiques mécaniques</b> Malgré une ou deux valeurs élevées très certainement liés à présence de blocs de meulière, la moyenne des valeurs mesurées dans la formation reste faible :		
<b>Remarques :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les argiles à Meulière de Brie sont très inégalement réparties et peuvent donc être absentes ou en empochements dans le marno-calcaire de Brie. De plus les éléments de meulière peuvent être de taille variée (caillou, bloc, entablement,...).</li> <li>- Le Calcaire de Brie peut présenter des bancs plus ou moins épais de calcaire Rocheux, parfois silicifiés et très durs.</li> </ul>			<b>Répartition des valeurs pressiométriques :</b> 		
Statistiques sur les valeurs pressiométriques					
Nombre de valeurs			6		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne – $\frac{1}{2} \sigma$
PI (Bar)	5,9	38,0	10,5	12,2	4,4
Em (Bar)	34	574	76	213	-

## Argile Verte

### Description stratigraphique

Sous le Complexe de Brie, nos sondages ont traversé la formation des Argiles Vertes et ce jusqu'à environ 6,5/7,5 m de profondeur/TN.

#### Rappels sur le retrait-gonflement :

Les Argiles Vertes sont susceptibles de connaître des mouvements du fait de :

- **La variation de la teneur en eau du milieu.**

Ces mouvements sont liés à la structure interne des minéraux argileux (la fraction argileuse étant, par convention, constituée des éléments dont la taille est inférieure à 2  $\mu\text{m}$ ). Ces minéraux argileux présentent en effet une structure en feuillets, à la surface desquels les molécules d'eau peuvent s'adsorber, sous l'effet de différents phénomènes physico-chimiques, provoquant alors un gonflement du matériau.

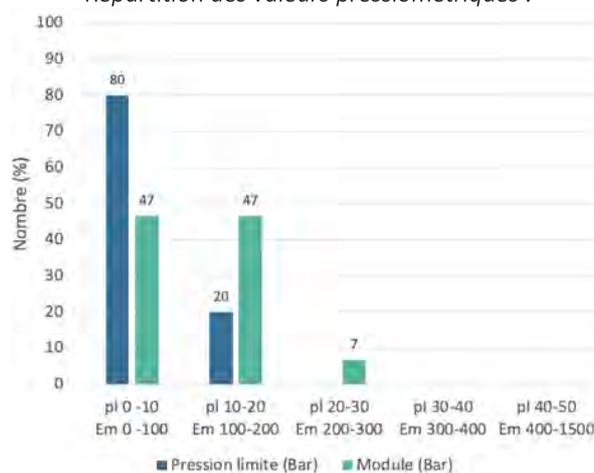
La tranche superficielle de sol est soumise à l'évaporation. Il en résulte alors un retrait des argiles, qui se manifeste verticalement par un tassement. L'amplitude de ce tassement est d'autant plus importante que la couche de sol argileux concernée est épaisse. Par ailleurs, la présence de drains et d'arbres (dont les racines pompent l'eau du sol jusqu'à 5 m de profondeur) accentue l'ampleur du phénomène en augmentant l'épaisseur de sol asséché.

Ces terrains sont extrêmement sensibles aux remaniements de fonds de fouille (intempérie, circulation...).

### Caractéristiques mécaniques

L'ensemble des essais réalisés dans les Argiles Vertes montrent globalement d'assez faibles caractéristiques mécaniques et sont particulièrement homogènes :

Répartition des valeurs pressiométriques :



### Statistiques sur les valeurs pressiométriques

Nombre de valeurs			15		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne - $\frac{1}{2} \sigma$
<b>PI (Bar)</b>	7,6	14,5	9,5	1,7	8,6
<b>Em (Bar)</b>	49	206	104	39	85

### Formations Ludiennes

#### Description stratigraphique

Sous les Argiles Vertes, les terrains sont composés de marnes beiges crème parfois légèrement verdâtres à grisâtres. Ces marnes sont d'abord plutôt argileuses en tête jusqu'à environ 16,5/17 m de profondeur, puis compactes jusqu'à environ 25/26,5 m de profondeur, pour redevenir plus tendre en fond de forage.

Par corrélation avec les données bibliographiques, nous rattachons ces terrains aux formations Ludiennes correspondant ainsi aux Marnes Supragypseuses (Marne de Pantin et Marnes d'Argenteuil) et au faciès de transition entre les Masses et Marnes du Gypse et le Calcaire de Champigny.

#### Caractéristiques pressiométriques

Vis-à-vis des caractéristiques pressiométriques mesurées dans l'ensemble de cette formation, nous distinguons donc 3 couches :

- **Couche 1 Tendre, (marne argileuse)** : jusqu'à environ 16,5/17 m de profondeur/TN.
- **Couche 2 Raide (marne calcaire)** : jusqu'à 25/26,5 m de profondeur/TN.
- **Couche 3 Tendre (marne argileuse)** : jusqu'à la base de nos sondages, soit jusqu'à environ 30 m de profondeur/TN.

Des bancs indurés sont attendus dans cette formation (bancs calcaire). En effet, plusieurs modules pressiométriques supérieures à 500 Bar ont été mesurés dans les sondages (couche 2).

#### Statistiques sur les valeurs pressiométriques de la couche 1

Nombre de valeurs			32		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne – $\frac{1}{2} \sigma$
Pl (Bar)	6,7	16,5	11,1	2,9	9,6
Em (Bar)	40	334	130	71	94

#### Statistiques sur les valeurs pressiométriques de la couche 2

Nombre de valeurs			23		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne – $\frac{1}{2} \sigma$
Pl (Bar)	8,5	>60	36,4	12,0	30,4
Em (Bar)	44	>1500	455	291	310

#### Statistiques sur les valeurs pressiométriques de la couche 3

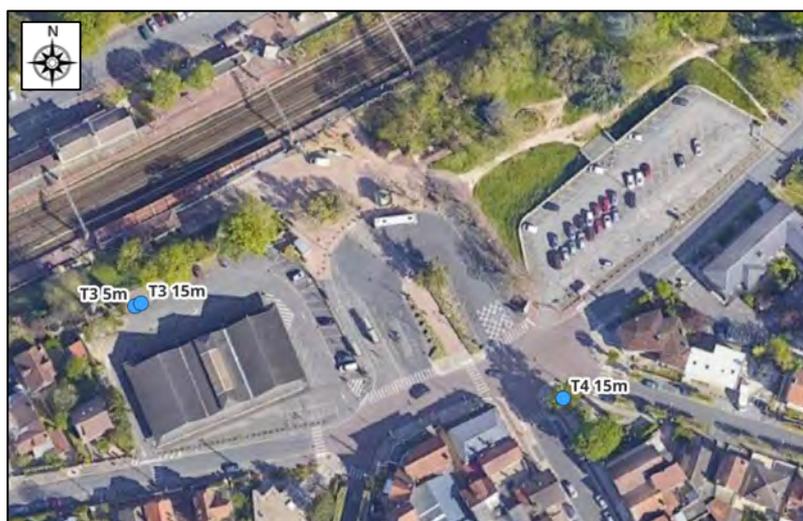
Nombre de valeurs			4		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne – $\frac{1}{2} \sigma$
Pl (Bar)	4,5	21,0	10,3	-	-
Em (Bar)	45	146	81	-	-

### 3.4. EAU PHRÉATIQUE

Lors de notre intervention de 2023, nous avons posé sur site un ouvrage piézométrique dans le sondage carotté **SC1** (voir plan d'implantation en page 7). Les caractéristiques de l'ouvrage et le niveau d'eau mesuré en 2023 sont présentés dans le tableau suivant :

Ouvrage	Cote TN (NGF)	Repère	Diamètre (mm)	Profondeur (m/TN)	Crépines (m/TN)	Mesure du 24/02/2023	
						(m/TN)	(NGF)
SC1+PZ	#63,2	Bouche à clé à 0,0 m/TN	51/60	10,0	De 1,0 à 9,0	7,3	# 55,9

De plus, dans le cadre des études voiries des piézomètres ont également été posés sur site en juillet 2024, à proximité du projet (voir plan d'implantation ci-dessous) :



Les caractéristiques de ces ouvrages complémentaires ainsi que résultats de quelques mesures prises lors de leurs suivis sont données dans le tableau ci-dessous :

Ouvrage	Cote TN (NGF)	Repère	Diamètre (mm)	Profondeur (m/TN)	Mesure du 12/07/24		Mesure du 12/08/24		Mesure du 11/09/24		Mesure du 10/10/24		Mesure du 14/11/24	
					(m/TN)	(NGF)								
T3-5m	63,94	Bouche à clé à 0,0 m/TN	51/60	5,0	3,80	<b>60,14</b>	3,71	<b>60,23</b>	3,74	<b>60,20</b>	3,21	<b>60,73</b>	3,68	<b>60,26</b>
T4-15m	65,94	Bouche à clé à 0,0 m/TN	51/60	15,0	7,80	<b>58,14</b>	7,83	<b>58,11</b>	7,85	<b>58,09</b>	7,65	<b>58,29</b>	7,74	<b>58,20</b>

**Remarque :** bien que le plan d'implantation ci-dessus présente l'ouvrage **T3-15m**, nous avons fait le choix de ne pas le considérer dans notre étude. En effet, celui-ci montre des fluctuations du niveau d'eau très importantes et anormales, ce qui laisse supposer un problème d'étanchéité (ouvrage alimenté par le dessus lors des épisodes pluvieux).

Ainsi, les niveaux mesurés dans les ouvrages présents sur site montrent la présence de 2 « nappes » :

- Une « **nappe superficielle** » captée par l'ouvrage T3-5m vers 60,0/60,5 NGF. Celle-ci circule dans le complexe de Brie sur une faible épaisseur, soutenue par la formation des Argiles Vertes sous-jacentes (considérée comme imperméable). Cette nappe est tributaire des infiltrations consécutives aux aléas climatiques et peut être sujette à des fluctuations non négligeables ; notamment pendant les périodes climatiques défavorables.
- Une « **nappe à priori captive** » mesurée au droit des ouvrages SC1+PZ et T4-15m. Il s'agit ici de la nappe des Marnes Supragypseuses mesurée vers 58,0/58,3 NGF (période de juillet à novembre 2024) en T4 et vers 56 NGF en (février 2023).

A noter qu'un suivi piézométrique est en cours sur les différents ouvrages posés sur site. L'intégralité de ce suivi provisoire à date est présenté dans le rapport d'étude hydrogéologique NPHE rédigé par SOLER IDE (référéncé N°118017 SC MAS 08a)

### 3.5. AGRESSIVITÉ DU MILIEU VIS-À-VIS DES BÉTONS

**Généralités**

Les classes d'exposition des bétons vis-à-vis de leur environnement sont définies dans la norme NF EN 206 de novembre 2014. La norme définit les classes d'exposition correspondant aux attaques chimiques par les eaux souterraines et les sols de la façon suivante :

Classe d'exposition	XA 1	XA 2	XA 3
<b>Pour les sols</b>			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/kg)	> 2000 et < 3000	> 3000 et < 12000	> 12000 et < 24000
Acidité (ml/kg)	> 200	Non rencontré en pratique	
<b>Pour les eaux</b>			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	> 200 et < 600	> 600 et < 3000	> 3000 et < 6000
pH	5,5 à 6,5	4,5 à 5,5	4,0 à 4,5
CO <sub>2</sub> agressif (mg/l)	> 15 et < 40	> 40 et < 100	> 100
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	> 15 et < 30	> 30 et < 60	> 60 et < 100
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	> 300 et < 1000	> 1000 et < 3000	> 3000

La définition de la seule exposition aux attaques chimiques ne permet pas de déterminer l'enrobage au sens de la norme EN 1992-1-1. Il convient aussi de déterminer la classe d'exposition vis-à-vis du risque de corrosion des armatures (XS ou XD). Quelques recommandations relatives à la composition des bétons en fonction des classes d'exposition sont résumées dans le tableau ci-dessous, extrait de la Norme :

Classes d'exposition	MARINS		CHLORES		CHIMIQUES		
	XS2/XS1	XS3	XD2	XD3	XA1	XA2	XA3
<b>E<sub>EFF</sub>/Liant équivalent maximale</b>	0,55	0,50	0,55	0,50	0,55	0,50	0,45
<b>Classe de résistance minimale</b>	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45	C40/50
<b>Teneur minimale en liant équivalent (kg/m<sup>3</sup>)</b>	330	350	330	350	330	350	385

**Remarques :**

Pour des ouvrages géotechniques spéciaux (pieu, paroi moulée,...), des exigences complémentaires sont données en annexe D de la norme.

Les dispositions à prendre pour prémunir les ouvrages de l'agressivité du milieu ne relèvent pas de la compétence du BET Géotechnique.

De même, le BET Géotechnique n'a pas compétence dans le domaine de la fabrication des bétons. Il indique simplement la classe d'agressivité du milieu en fonction des analyses effectuées (*voir ci-dessus*).

La formulation des bétons la plus appropriée pour le chantier incombe au BET structure et à l'entreprise. Ces derniers définissent la classe à prendre en compte en fonction de l'exposition des ouvrages. L'entreprise est libre d'effectuer un nouvel échantillonnage du milieu si elle le juge nécessaire afin d'affiner les paramètres d'agressivité et optimiser ses formulations.

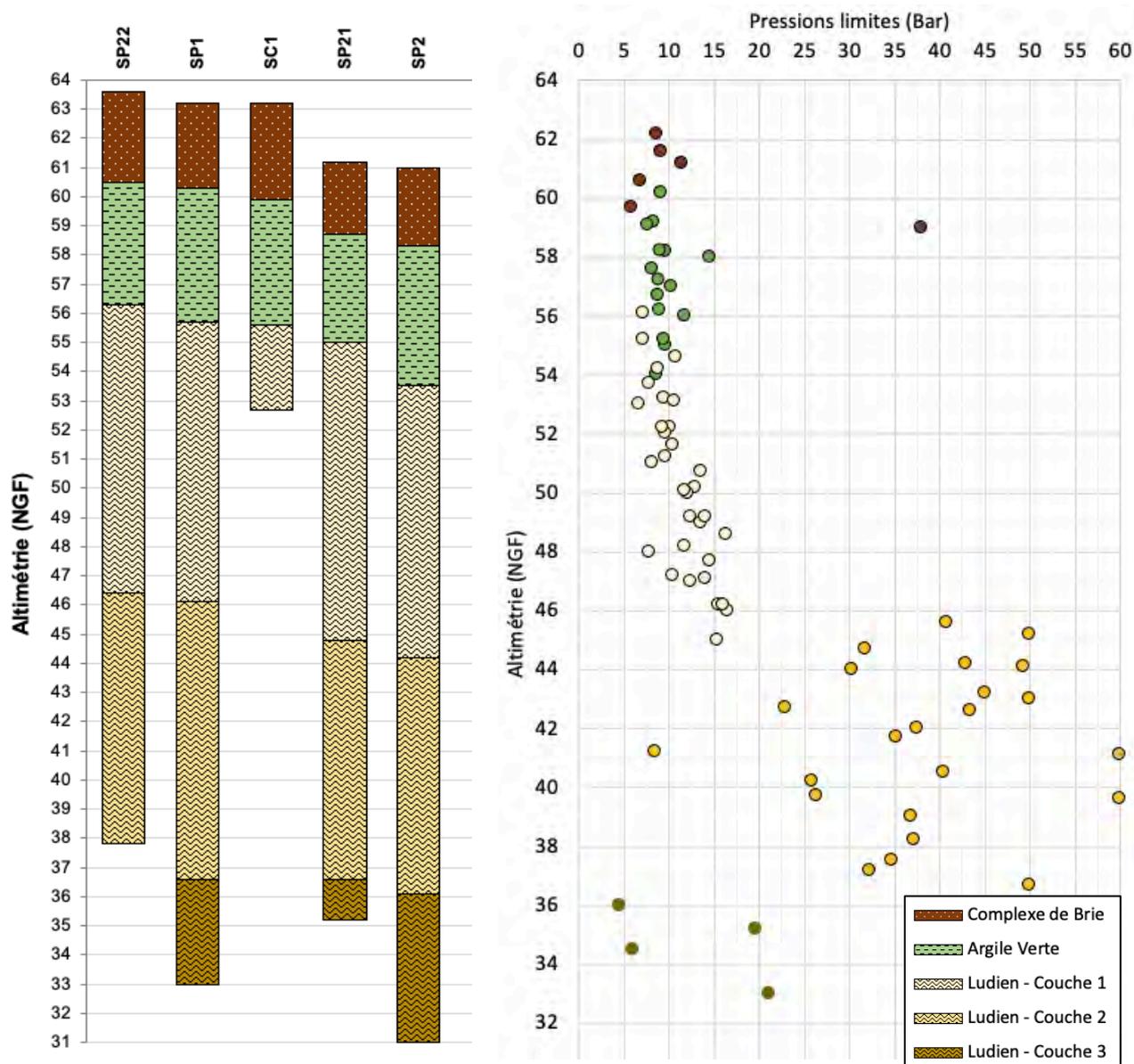
- **Agressivité du sol vis-à-vis des bétons**

Des essais d'agressivité des sols, suivant la norme NF EN 206-1, ont été réalisés sur des échantillons issus du sondage carotté **SC1** réalisé en 2023. Les résultats complets sont disponibles en annexe (*PV WESSLING*). Le tableau ci-après indique les résultats des relevés :

Sondage	Échantillons	Profondeur (m/TN)	Nature des terrains	Classe d'exposition
SC1	E1	# 0,5	Argile marron rougeâtre sableuse avec cailloux et rognons	<XA1
	E2	# 2,5	Marno-calcaire jaunâtre	<XA1
	E3	# 4,0	Argile verte	<XA1
	E4	# 6,0	Argile verte	<XA1

### 3.6. SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE

Les figures ci-dessous indiquent les logs stratigraphiques interprétés au droit de chaque sondage en fonction de l'altimétrie ainsi que la répartition des Pressions Limites mesurés en fonction de l'altimétrie :



Le tableau ci-dessous indique le modèle géomécanique à retenir pour le dimensionnement des ouvrages géotechniques :

Couche de sol	Base (NGF)	PI (Bar)	Em (Bar)	$\alpha$
Complexe de Brie	# 58 à 60	7	70	0,66
Argile Verte	# 53,5 à 56	9	90	0,66
Ludien - Couche 1	# 44 à 46,5	10	100	0,5
Ludien – Couche 2	# 36 à 36,5	35	400	0,5
Ludien – Couche 3	< 31	8	80	0,5

## 4. PROJET

### 4.1. CONSTRUCTIONS ENVISAGÉES

#### 4.1.1. CATÉGORIE D'OUVRAGE

Le projet pourrait être classé selon l'Eurocode 7 dans les catégories suivantes :

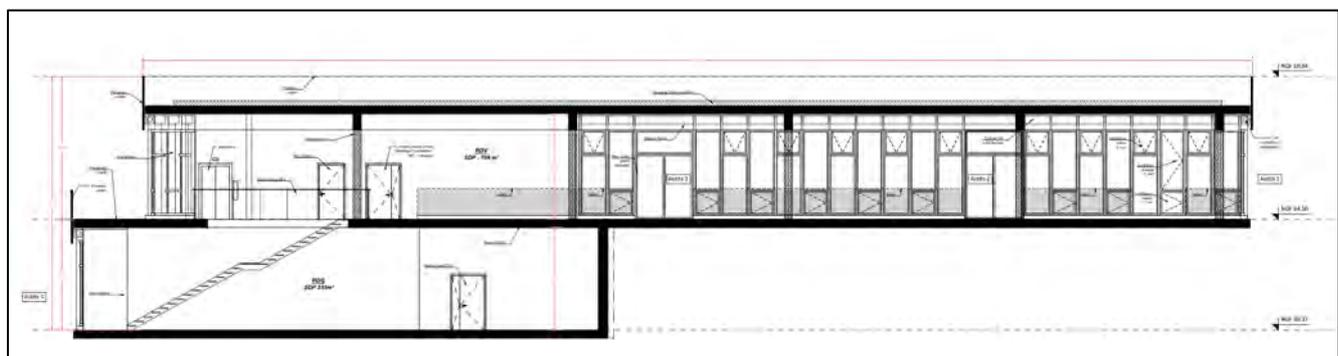
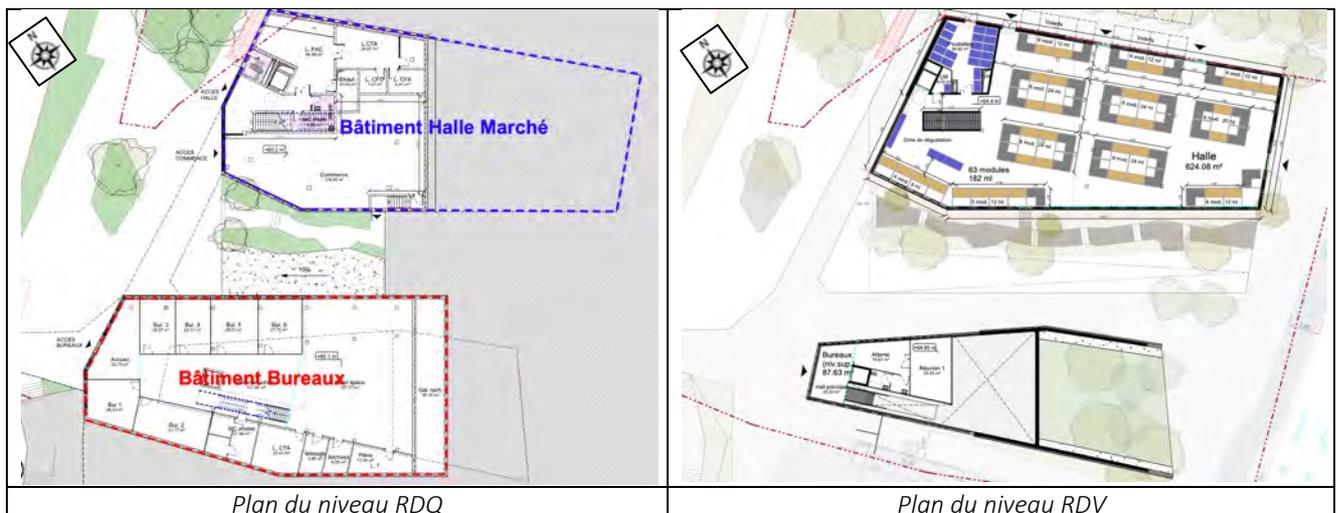
Catégorie géotechnique	2	Ouvrages classiques et fondations sans risque, condition de terrain et chargements exceptionnels
Classe de conséquence	CC2	Effets modérés sur les personnes ou les constructions avoisinantes
Catégorie de durée d'utilisation	4	50 ans : structure courante de génie civil et de bâtiment

La complexité d'un projet est à fixer par le Maître d'ouvrage ou son représentant avant le début des études. Elle est à préciser le cas échéant au fur et à mesure de leur avancement.

#### 4.1.2. CONTENU ARCHITECTURAL

Le projet prévoit la construction d'un ensemble de 2 bâtiments à usage de Halle de marché et de bureaux. Ces 2 bâtiments seront conçus en 2 niveaux : un niveau haut appelé Rez-de-Ville (RDV) et un niveau bas appelé Rez-de-Quai (RDQ).

Du fait de la pente générale, le niveau RDQ sera en partie enterré. Entre les 2 bâtiments un talus avec cheminement piéton sera créé afin de permettre le rattrapage entre les 2 niveaux RDV et RDQ (pente à 10% d'après les plans).



Coupe transversale Nord-Ouest – Sud-Est du bâtiment Halle marché

D'après les plans en notre possession les cotes du projet seront les suivantes :

Niveau	Halle marché	Bureaux
Plancher RDV (NGF)	# 64,4 (niveau en partie sur terre-plein)	# 64,95 (équivalent à un R+1)
Plancher RDQ (NGF)	# 60,2	# 60,1

## 4.2. DESCENTE DE CHARGE

La descente de charges du projet n'est pas établie à ce stade. En première approche et étant donné la nature du projet, nous retiendrons comme hypothèse la gamme de charges ELS (G+Q) suivante :

- Appuis isolés : 30 t à 70 t
- Appuis filants : 5 t/ml à 12 t/ml

## 4.3. APPROCHE DE LA Z.I.G – MITOYENS

### 4.3.1. ZONE D'INFLUENCE GÉOTECHNIQUE

Pour un projet qui prévoit des terrassements de l'ordre de 3 m maximum, la Zone d'Influence Géotechnique (Z.I.G) sera de l'ordre de 3 fois la hauteur de la fouille, soit un périmètre maximum d'environ 9 m autour de la fouille.

### 4.3.2. MITOYENS

Le projet ne comporte pas de mitoyens immédiats à l'exception des voiries et des nombreux réseaux enterrés.

## 5. GÉOTECHNIQUE DES FONDATIONS

### 5.1. CHOIX D'UN MODE DE FONDATIONS PAR PIEUX

#### 5.1.1. PRINCIPE DE CONCEPTION

Pour un projet dont les niveaux bas seront situés vers la cote 64,4 NGF (niveau RDV) et 60 NGF (niveau RDQ), les sols d'assises seront constitués :

- Soit par des remblais techniques d'apport : cas du niveau RDV du bâtiment Halle marché (TN actuel compris entre 62,5 NGF et 64,0 NGF pour un niveau bas à la cote 64,4 NGF).
- Soit par le Complexe de Brie résiduel voire par les Argiles Vertes sous-jacentes : cas du niveau RDQ vers 60 NGF.

Du fait du caractère très hétérogène et en parti dégradé du Complexe de Brie et du caractère sensible aux phénomènes de retrait gonflement des Argiles Vertes reconnues à partir de 3 m de profondeur/TN, ces terrains ne peuvent servir d'horizon porteur au projet.

De même, les remblais d'apport servant d'assise à la zone RDV sur terre-plein de la Halle marché ne pourront servir également d'horizon porteur.

Les charges du projet devront être reportées plus en profondeur dans les formations Ludiennes et par l'intermédiaire de **fondations profondes de type pieux**. Ce mode de fondation permettra également de gérer simplement la problématique des rattrapages de niveaux entre le RDV et le RDQ de chaque bâtiment.

Pour la justification des fondations, on devra respecter la norme d'application nationale de l'Eurocode 7 - **NF P 94-262** « Fondations profondes » (*Juillet 2012 + Amendement A1 juillet 2018*).

#### 5.1.2. PRÉPARATION DES PLATEFORMES

Pour la circulation de la machine de forage, la mise en œuvre d'une **plateforme de travail** sera nécessaire. L'épaisseur de la couche à réaliser et les conditions de réception seront définies par l'entreprise de pieux en fonction des besoins liés à la machine utilisée (*critère de réception  $E_{v2}$  généralement calé à 50 MPa*). Les anciennes infrastructures, réseaux... seront correctement remblayées pour assurer le passage des machines en toute sécurité (*le présent rapport et tous les essais réalisés ne permettent pas d'apprécier ce risque*).

La plateforme sera correctement assainie et entretenue pour maintenir sa portance quelles que soient les conditions climatiques.

#### 5.1.3. TYPES DE PIEUX PROPOSÉS

Étant donné la nature des terrains en présence, l'environnement du projet, le niveau phréatique et l'intensité des charges, les techniques de forage envisageables sont, a priori :

Technique de mise en œuvre	Classe	Catégorie	Abréviation	Norme de référence
Pieu foré boue	1	2	FB	NF EN 1536
Pieu foré tubé (virole récupérée)	1	4	FTR	NF EN 1536
Pieu foré à la tarière creuse	2	6	FTC, FTCD	NF EN 1536

Dans la suite du rapport, nous avons retenu des **pieux forés Tarière Creuse** mais, in fine, le choix de la technique de forage et du type de pieu incombe uniquement à l'entreprise spécialisée. Cette dernière doit avoir une bonne expérience des terrains de la région car elle doit s'engager à assurer la traversée du Complexe de Brie et l'ancrage prévu au travers des formations Ludiennes. Dans la pratique, les entreprises locales les mettent en œuvre fréquemment dans ce même contexte en utilisant du matériel puissant et en acceptant en cas de difficultés de forage, des baisses de cadence significatives.

**Remarque :** La technique des tarières creuses dépend grandement de l'expérience de l'entreprise et du matériel dont elle dispose. Le présent rapport ne permet pas d'envisager tous les cas de figure. Le choix final de l'entreprise et de la technique proposée incombe à la mission géotechnique G2 ACT nécessaire pour engager notre responsabilité sur ce type de technique. Cela pourra conduire le cas échéant à la réalisation de sondages carottés et des essais spécifiques complémentaires.

## 5.2. DIMENSIONNEMENT GÉOTECHNIQUE DES PIEUX

### 5.2.1. GÉNÉRALITÉS

Généralités sur le principe de dimensionnement																																							
<p>Pour la justification des fondations, il convient de respecter la norme d'application nationale de l'Eurocode 7 - <b>NF P 94-262</b> « Fondations Profondes » (Juillet 2012 + Amendement A1 de Juillet 2018). Nous présentons ci-après un pré-dimensionnement issu de la norme d'application Eurocode 7.</p> <p>La portance d'un pieu en compression axiale aux ELU est considérée comme étant la somme de deux termes : Résistance de Pointe et Frottement latéral mobilisé :</p> $R_b (= K_p * P_{le} * A_b) + R_s (= P \sum_i q_{si} h_i)$ <p>Deux types de dimensionnement peuvent être menés : la procédure « Modèle de Terrain et la procédure « Pieu Modèle ».</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dans la procédure « Modèle de Terrain » :                             <math display="block">F_{cd} &lt; \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s,k}}{\gamma_s}</math> <p>avec <math>R_{b,k} = \frac{R_b}{\gamma_{R,d1} \gamma_{R,d2}}</math> et <math>R_{s,k} = \frac{R_s}{\gamma_{R,d1} \gamma_{Rd2}}</math></p> </li> <li>Dans le cas de la traction :                             <math display="block">F_{cd} &lt; \frac{R_{s,k}}{\gamma_{s,t}}</math> </li> <li>La charge de fluage en compression aux ELS (Fd) est définie comme :                             <math display="block">F_d &lt; \frac{0,5 R_{b,k}}{\gamma_{cr}} + \frac{0,7 R_{s,k}}{\gamma_{cr}}</math> </li> </ul>		<p>Dans le cas de la traction :</p> $F_{dn} < \frac{0,7 R_{s,k}}{\gamma_{s,cr}}$ <p>Avec :</p> <p><b>F<sub>cd</sub></b> : valeur de calcul de la charge en compression axiale.  <b>A<sub>b</sub></b> : surface de la pointe du pieu  <b>P<sub>le</sub></b> : pression limite nette équivalente sous la pointe du pieu  <b>P</b> : périmètre du pieu  <b>K<sub>p</sub></b> : facteur de portance (méthode pressiométrique)  <b>q<sub>si</sub></b> : frottement latéral unitaire limite de la couche « i »  <b>h<sub>i</sub></b> : hauteur de la couche « i »</p> <p><i>Détail des coefficients partiels de résistance (procédure Terrain Modèle)</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>MODÈLE DE TERRAIN</th> <th>γ<sub>R,d1</sub></th> <th>γ<sub>R,d2</sub></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Compression</td> <td>1,15</td> <td>1,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Traction</td> <td>1,4</td> <td>1,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <th>γ<sub>b</sub></th> <th>γ<sub>s</sub></th> <th>γ<sub>s,t</sub></th> </tr> <tr> <td>ELU durable sismique</td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> <td>1,15</td> </tr> <tr> <td>ELU Accidentel</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1,05</td> </tr> <tr> <td></td> <th>γ<sub>cr</sub></th> <th>γ<sub>s,cr</sub></th> <td></td> </tr> <tr> <td>ELS Caractéristiques</td> <td>0,90</td> <td>1,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ELS quasi permanent</td> <td>1,1</td> <td>1,5</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Dans la procédure « Pieu Modèle », chaque sondage sert de modèle pour un pieu unique. La portance est déterminée par l'intermédiaire d'une comparaison avec la portance minimale obtenue et la moyenne des résultats, chaque terme étant minoré à l'aide de jeux de coefficients partiels dépendant de la densité des investigations réalisées.</p>		MODÈLE DE TERRAIN	γ <sub>R,d1</sub>	γ <sub>R,d2</sub>		Compression	1,15	1,1		Traction	1,4	1,1			γ <sub>b</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>s,t</sub>	ELU durable sismique	1,1	1,1	1,15	ELU Accidentel	1	1	1,05		γ <sub>cr</sub>	γ <sub>s,cr</sub>		ELS Caractéristiques	0,90	1,1		ELS quasi permanent	1,1	1,5	
MODÈLE DE TERRAIN	γ <sub>R,d1</sub>	γ <sub>R,d2</sub>																																					
Compression	1,15	1,1																																					
Traction	1,4	1,1																																					
	γ <sub>b</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>s,t</sub>																																				
ELU durable sismique	1,1	1,1	1,15																																				
ELU Accidentel	1	1	1,05																																				
	γ <sub>cr</sub>	γ <sub>s,cr</sub>																																					
ELS Caractéristiques	0,90	1,1																																					
ELS quasi permanent	1,1	1,5																																					
Justification EC7																																							
ELU STR : admissibilité de la compression du béton. Vérification du moment de flexion dans les pieux. ELU GEO : vérification portance : terme de pointe et frottement latéral ELS GEO : si besoin vérification des tassements																																							

### 5.2.2. PROPOSITION D'UNE PROCÉDURE MODÈLE DE TERRAIN

Dans la démarche « modèle de terrain », nous présentons ci-dessous le schéma de calcul à prendre en compte pour les fondations profondes de type **Pieu Foré Tarière Creuse**.

Pour tout changement de méthode, les coefficients de frottements seront réévalués conformément aux documents normatifs.

Conformément à la norme NF P 94-262, l'encastrement effectif dans la couche porteuse devra au minimum être pris égal à 3 diamètres ou 1,5 m pour des pieux de diamètres supérieurs à 0,5 m :

Pieux FTC FTCD - Classe 2 - Catégorie 6							
Formation	Base	Catégorie sol	Frottement latéral			Pointe	
			α pieu/sol	pl*	qs	ple*	Kp max
-	NGF	-	-	Bar	kPa	Bar	-
Mort Terrain	54,0	-	Négligé			Ancrage interdit	
Ludien – Couche 1	44,0	4	1,6	10	134	10	1,6
Ludien – Couche 2	36,5	4	1,6	35	173	35	1,6
Ludien – Couche 3	31,0	4	1,6	8	126	8	1,6

### 5.2.1. EXEMPLES DE CAPACITÉS PORTANTES

À titre d'exemple, pour des fondations profondes avec **neutralisation des frottements jusqu'à 54 NGF**, sans effet de groupe, les fiches et les charges portantes seront voisines des valeurs suivantes :

Pieux FTC FTCD - Classe 2 - Catégorie 6 - Hors effet de groupe							
Diamètre pieu	Cote plateforme	Arase inf. pieu	Longueur forage	Portance ELS Caractéristique	Portance ELU Fondamentale	$\sigma$ ELS compr. béton	$\sigma$ lim compr. béton
m	NGF	NGF	m	t	t	MPa	MPa
0,42	64	52	12,0	31	41	2,26	5,85
0,42	64	50	14,0	53	67	3,84	5,85
0,42	64	48	16,0	75	92	5,40	5,85
0,52	64	52	12,0	41	54	1,91	6,12
0,52	64	50	14,0	69	87	3,23	6,12
0,52	64	48	16,0	96	119	4,50	6,12

### 5.2.2. REMARQUES SUR LE BÉTON ARMÉ

Le pré-dimensionnement des pieux est volontairement adapté afin de respecter dans le béton une contrainte en compression moyenne admissible.

Conformément à la norme NF P 94-262 (EC7), la contrainte limite maximale de calcul des pieux forés à l'état limite de service (ELS) est égale à :  $\sigma < 0,3 \times k_3 \times f_{ck}^*$

La valeur du coefficient  $k_3$  peut être optimisée à 1,2 dans le cas d'un contrôle renforcé de la qualité et de la continuité du fût par des contrôles détaillés dans le tableau 6.4.1.2 de la norme NF P 94-262 (*auscultation par transparence, impédance, etc...*).

Conformément à l'EC7, la résistance de calcul conventionnelle du béton vaut :

$$f_{ck}^* = \inf(f_{ck}(t); C_{max}; f_{ck}) \frac{1}{k_1 k_2}$$

Avec :

$f_{ck}$  : Résistance caractéristique du béton ;

$C_{max}$  : Valeur tenant compte des sujétions de mise en œuvre du béton, coulis ou mortier suivant la technologie utilisée (tableau 6.4.1.1 de NF P94-262) ;

$k_1$  et  $k_2$  : coefficient tenant compte des conditions de mise en œuvre.

Concernant les armatures des pieux, les règles de l'art suivantes sont à prendre en compte :

- **Cas de pieux sollicités en traction** (reprise des sous-pressions hydrostatiques) : les frottements donnés précédemment restent applicables mais avec des jeux de coefficients de sécurité adaptés. De plus, une vérification type « cônes de terre », analogue à celle décrite dans le T.A. 2020, sera effectuée. De tels pieux doivent être armés toute hauteur.
- **Cas des pieux soumis à des efforts de flexion** : Si les efforts provenant de la construction ne produisent pas que des compressions centrées sur l'axe du pieu", alors les pieux devront être armés en conséquence (*voir paragraphe 5.2.3*).
- **Armatures minimales** : Elles seront prévues conformément aux normes en vigueur : 0,5% de la section du pieu si  $\phi_{\text{pieux}} < 800$  mm ; Min [0,25% Section pieux ; 25 cm<sup>2</sup>] si  $\phi_{\text{pieux}} > 800$  mm.

Rappelons par ailleurs, qu'en cas d'arase de recépage supérieure à 2 m sous le niveau de la plateforme de travail, les pieux doivent être armés.

### 5.2.3. SOLICITATIONS LATÉRALES SUR LES PIEUX

Du fait de la dissymétrie des niveaux enterrés (niveau RDQ enterré sur les faces amont), les fondations seront sollicitées latéralement afin de reprendre une poussée des terres. Dans la partie du projet encastree, ces efforts seront non négligeables.

Le comportement du pieu sous sollicitations latérales (déplacement, moment de flexion) sera étudié en phase projet (G2 PRO). Des augmentations de diamètres ne sont pas exclues afin de justifier les cages d'armatures des pieux permettant la reprise des moments de flexion induits.

Les efforts de horizontaux dans les pieux pourront être déterminés en prenant en compte la poussée en phase service calculée au chapitre 7 sur toute la largeur des parties enterrées.

### 5.3. PRÉCONISATIONS D'EXÉCUTION ET DE CONCEPTION

- En fonction des descentes de charge et des diamètres de pieux, on devra s'assurer que la reconnaissance des sols investit le terrain sur au moins  $5 \varnothing$  sous la base des fondations profondes.
- L'encastrement minimum dans la couche porteuse sera d'au moins 3 diamètres ou de 1,5m minimum pour les pieux de diamètre supérieur à 0,5 m. Voir paragraphe F 4.2.5 (note 1) de la norme d'application.
- Les pieux seront dimensionnés en fonction des charges réelles apportées par la structure et de la nature réelle des terrains rencontrés en forage. Les fiches seront à adapter suivant les descentes de charges exactes à reprendre pour chaque appui et en fonction des épaisseurs de terrains réellement rencontrées. Les ancrages minimaux devront être respectés.
- En cas de pieux rapprochés ( $d < 3\varnothing$ ), il conviendra de prendre en compte un effet de groupe en calculant le coefficient d'efficacité  $C_e$  du groupe, fonction de sa géométrie.
- Même si les démolitions sont censées purger toutes les structures enterrées, il n'est pas exclu de trouver d'anciennes fondations « oubliées » sur le site, ce qui nécessitera d'éventuelles démolitions complémentaires.
- La présence de blocs ou autres points durs au sein des remblais / terrains remaniés / Complexe de Brie (blocs de meulières ; Travertin de Brie) pourra induire des difficultés de forage. Nous conseillons de purger au maximum ces blocs préalablement aux forages (utilisation de pelle mécanique dans le cas où les faux refus sont obtenus à proximité de la plate-forme de travail). Par ailleurs, des outils de forages adaptés sont à prévoir (trépan, carottage, marteau fond de trou...). D'une façon générale, l'entreprise spécialisée ne proposera la mise en œuvre d'une technique de pieu que si cette dernière est susceptible d'être réalisable et adaptée aux conditions du site. En cas de doute, elle doit réaliser toute investigation complémentaire ou forage d'essai qu'elle juge utile afin de conforter son offre ou mettre au point sa méthodologie.
- Des surconsommations de béton sont à prévoir au droit des passages altérés et des éventuelles surépaisseurs de remblais à traverser, en l'absence de tubages.
- Les pieux vont s'ancrer dans les horizons pouvant contenir du gypse, ainsi, comme il est de règle, les ciments employés devront être résistants aux sulfates.
- Pour le contrôle renforcé de la qualité et de la continuité du fût (coefficient  $k_3$ ), on se reportera au paragraphe 6.4.1 (8) de la norme d'application et au tableau 6.4.1.2. Pour mémoire, la méthode C impose de tester au minimum un pieu sur quatre en impédance. La méthode d'impédance mécanique est déconseillée si l'élanement du pieu est supérieur à 20.
- Les types de pieux sortant du cadre normatif (pieux faisant l'objet d'un cahier des charges) devront être soumis à l'agrément du contrôleur technique. De plus, le Maître d'Œuvre sera informé de cette particularité (partie de l'ouvrage réalisée hors respect des normes de construction).

## 6. PROTECTION CONTRE LES EAUX

### 6.1. NIVEAUX D'EAU CONNUS À CE STADE

D'après les informations disponibles à ce stade, le site est concerné par la présence :

- D'une « **nappe superficielle** » qui circule dans le complexe de Brie et qui est soutenue par la formation des Argiles Vertes sous-jacentes (considérée comme imperméable).
- D'une « **nappe captive** » mesurée vers 58,0/58,3 NGF sur une période de juillet à novembre 2024. Il s'agit ici de la nappe des Marnes Supragypseuses.

L'étude hydrogéologique provisoire établie par SOLER IDE à l'échelle du quartier (document du 22/11/2024) a permis à ce stade de définir les niveaux caractéristiques suivant :

	Remontées (m)	Cotes amont (m NGF)	Cotes aval (m NGF)
Niveau d'eau moyen	/	62,3	60,4
Hauteur d'eau basse caractéristique Eh	/	< 61,9	< 60
Battement Régional Br	Erreur ! Source du renvoi introuvable.	63,3	61,4
Battement Local Bl décennal	Erreur ! Source du renvoi introuvable.	64,1	62,2
Battement Local Bl cinquantennal	Erreur ! Source du renvoi introuvable.	EH = 64,5	62,6
Battement Local Bl centennal	Erreur ! Source du renvoi introuvable.	64,7	62,8

#### Remarques :

- Ces niveaux d'eau caractéristiques sont liés à la nappe superficielle qui circule au toit des Argiles Verte et ne tiennent pas compte de la nappe captive des Marnes Supragypseuses.
- Les cotes amont n'ont pas été réellement mesurés sur site. C'est pourquoi l'hydrogéologue précise dans son rapport NPHE Provisoire que :  
*« A ce jour, compte tenu de la représentativité des piézomètres du projet « Halle », nous ne disposons pas d'informations sur l'amont hydraulique du projet. Dans l'attente de la réalisation d'un piézomètre supplémentaire, nous appliquerons une hypothèse de gradient hydraulique à la valeur moyenne de l'aval, permettant d'approcher la valeur moyenne à l'amont hydraulique du projet. En s'appuyant sur la pente topographique globale, nous estimons un gradient hydraulique à l'échelle du projet d'environ 1,6%. Nous en déduisons un niveau moyen à l'amont hydraulique à **62,3 m NGF** ».*

## 6.2. PRÉCONISATIONS EN PHASE PROVISOIRE DE CHANTIER

En phase provisoire, les terrassements généraux prévus pour la construction du niveau RDQ (fond fouille supposé vers la cote 59,8 NGF) rencontreront des venues d'eau liées a priori à nappe superficielle du Brie.

Dans ce contexte, un système d'assainissement de la fouille est donc à prévoir. Cette opération sera encadrée par un contexte administratif strict (réalisation d'un Dossier Loi sur l'Eau).

Le Dossier Loi sur l'Eau précisera également la faisabilité du rabattement, l'ordre de grandeur des débits attendus et les possibilités d'exhaure.

### Présentation technique de la solution « tranchée drainantes » :

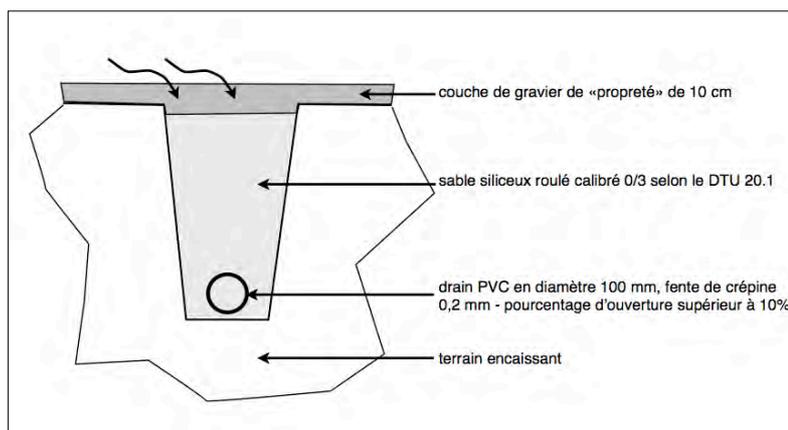
Bien qu'à ce stade nous ne connaissons pas la valeur de perméabilité des terrains, celle-ci devrait à priori être modeste (à confirmer pour les conclusions d'une étude d'infiltration). De fait, un assainissement de la fouille par un réseau de tranchées drainantes pourra être envisagé. Le cas échéant et en cas de défaillance du procédé, ce système pourra s'accompagner de la mise en place de pointes filtrantes (voire de puits filtrants) mais, dans tous les cas, le rejet des eaux de pompage dans les réseaux extérieurs nécessite une autorisation administrative.

Les tranchées drainantes ont pour objectif de drainer le fond de fouille et d'abaisser le niveau d'eau sous le fond de fouille (gain de portance à court terme pour les engins de chantier). Elles doivent être associées à un exutoire gravitaire compte tenu de la déclivité de la parcelle.

Nous rappelons que toute solution comportant un système drainant ne peut fonctionner correctement que si les travaux suivants sont correctement exécutés :

- Respect des épaisseurs et de la qualité des matériaux drainants,
- Protection contre l'entraînement des fines : choix de la granulométrie, des conditions de filtre et de la mise en place de textile filtre adapté,
- Possibilité de contrôle et de nettoyage de tous les drains,
- Évacuation possible et réelle.

Les tranchées seront remplies d'un matériau drainant dont la perméabilité sera supérieure à celle du fond de fouille constitué par le Complexe de Brie. A sa base sera positionné un drain reposant sur le fond de tranchée correctement réglé, de façon à ne pas entraîner de fines :



*Schémas type de tranchée drainante*

Le recours à des géotextiles drainants est également envisageable (Norme ISO 10 318 + emploi des géotextiles NF G 38 060).

Les tranchées seront implantées sur le plan de fondation en phase chantier afin d'éviter les interactions avec les fondations de l'ouvrage.

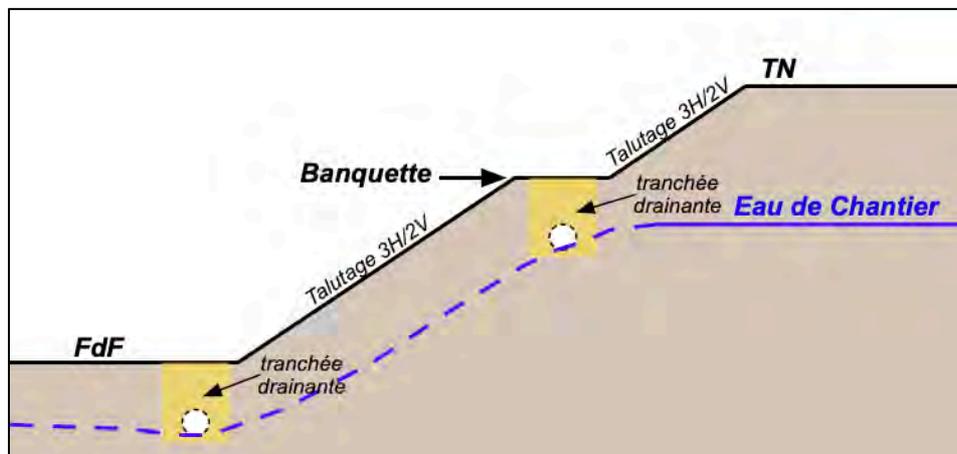


Schéma de principe d'implantation des tranchées drainantes par rapport à la fouille et au talus

En cas d'insuffisance du procédé, la réalisation d'éperons drainants dans le talus pourra être envisagé.

### 6.3. PRÉCONSATION EN PHASE SERVICE

Le niveau RDQ étant concerné par la nappe superficielle de Brie et ses remontées potentielles (voir paragraphe 6.1), la mise en place d'un cuvelage est ici préconisée.

La conception et la réalisation du cuvelage seront conformes aux DTU 14.1. Le cuvelage doit avoir une structure support (plancher béton, voiles contre-terre...).

#### Protection verticale :

La destination noble des locaux au niveau RDQ (commerce, bureaux, etc...) imposera de **cuveler les voiles périmétriques sur toute leur hauteur enterrée**. Dans ce cas les solutions courantes sont :

- Imperméabilisation par cristallisation (suppose d'accepter le passage de l'eau sous forme gazeuse) ; En cas de locaux nobles, la cristallisation doit être associée à des contres cloisons ventilées.
- Étanchéification extrados (seulement si la méthode de terrassement rend accessible le voile par l'extérieur : talutage) ;
- Étanchéification intrados (mise en place d'une résine).

#### Protection du niveau bas :

Les niveaux RDQ seront situés sous le niveau de la nappe superficielle et devraient être cuvelés. Toutefois la nature de cette nappe et la configuration de pente du site rend délicate la gestion de la sous-pression :

- En théorie, il conviendrait d'appliquer sous les niveaux bas RDQ la sous pression correspondant à la côte de protection choisie par le Maître d'Ouvrage. Ceci risque d'engendrer des efforts de traction dans les pieux ce qui impliquera de devoir les ferrailer en conséquence. Cette côte de sous-pression reste fictive puisque en réalité en aval du site, celle-ci se situera au dessus du TN...
- Une solution alternative au cuvelage pourrait consister en la réalisation d'une couche drainante sous le niveau bas, équipé de drains reliés à une exhaure adaptée et pérenne. Les quantités d'eau drainées devraient rester modestes du fait de la faible perméabilité du complexe de Brie, de la faible épaisseur de la nappe. Le rejet dans le réseau EP ou EU de la ville nécessiterait une dérogation des autorités administratives.

## 7. TERRASSEMENTS PAR TALUTAGE

### 7.1. GÉNÉRALITÉS

L'espace autour du projet étant suffisant, les terrassements pourront se faire par talutage. Les talus présenteront des hauteurs de l'ordre de 2 m et seront dressés selon une pente de **3H pour 2V. Cette solution est plus adaptée que des voiles par passes à la gestion de l'eau en phase chantier par un système de tranchées drainantes.**

Les parements de talus seront protégés par un polyane solidement cloué en tête et pied de talus.

Le stockage de matériaux et matériels et la circulation de PL en crête de talus sont interdits.

Dans les secteurs de terrains boullants (remblais, terrains remaniés), la pente sera adaptée pour assurer la sécurité des ouvriers et éviter les phénomènes d'instabilité. Dans tous les cas, les dispositions concernant les talus seront validées définitivement dans le cadre des missions de suivi géotechnique G3 ou de supervision géotechnique G4 en fonction du plan d'installation de chantier et du comportement des parements de talus à l'ouverture.

La base du talus sera marquée par une banquette horizontale d'au moins 1,0 m permettant la stabilité du matériel de coffrage ainsi que la circulation des ouvriers autour du matériel en toute sécurité. **De plus, une banquette intermédiaire sera à prévoir pour la mise en œuvre d'une tranchée drainante (voire paragraphe 6.2).**

### 7.2. REMBLAIS TECHNIQUES DERRIÈRE LES VOILES

Une fois les infrastructures réalisées, d'importants travaux de remblaiement seront nécessaires pour obtenir les niveaux finis de terrain autour du projet. Nous estimons que les hauteurs maximales de remblais techniques pourront atteindre environ **4/4,5 m** (niveau RDV fini calé à 64,4 NGF, soit entre 0,5 m et 2,0 m au-dessus du terrain naturel).

Une fois les voiles réalisés et butonnés par les planchers, les remblais techniques seront mis en place par couches successives compactées à l'Optimum Proctor.

Pour la mise en œuvre des remblais, on devra respecter les préconisations de la note SETRA « Construire des remblais contigus aux ouvrages d'art / Murs de soutènement et culées de pont » (janvier 2012).

Pour les « remblais contigus », il est préconisé la mise en place de matériaux d'apport granulaires non évolutifs, insensibles à l'eau, non érodables et non agressifs vis-à-vis des bétons.

D'après ce guide (paragraphe 2.6 « Matériaux à exclure »), les argiles et limons sont à exclure sans traitement préalable.

**Le réemploi des matériaux du site est donc à proscrire** (terre végétale, remblais, Argiles).

Les remblais seront contrôlés avec un pénétro-densitographe conformément à la norme NF P 94-063 « Contrôle de la qualité du compactage - Méthode au pénétromètre dynamique à énergie constante » (objectif q4) ou au pénétromètre dynamique léger selon la norme NF P 94-105 (type PANDA, accès difficiles).

▪ **Poussée des terres**

Dans le cas où les voiles périmétriques sont coffrés deux faces (talutage), la poussée des terres dépendra de la nature et du mode de mise en œuvre des remblais d’apport.

Pour le calcul des poussées sur les voiles périmétriques, nous proposons en première approche les caractéristiques intrinsèques suivantes :

Formation	Base	$\gamma$	$\phi$	Coefficient K0
-	NGF	kN/m <sup>3</sup>	°	-
Remblai technique	Fond de fouille ≈ 60 NGF	20	35*	0,426

\* Cette valeur est donnée par défaut et sera à adapter en phase exécution en fonction de la nature et du mode de mise en œuvre des remblais d’apport.

**Hypothèses :**

Tête de voile : 64,4 NGF (RDV fini bâtiment Halle marché)

Base de semelle du voile : # 60 NGF (fond de fouille)

Hauteur soutenue : 4,4 m

Prise en compte d’une surcharge uniforme : 10,0 KPa

Prise en compte d’une poussée hydrostatique : **non prise en compte**

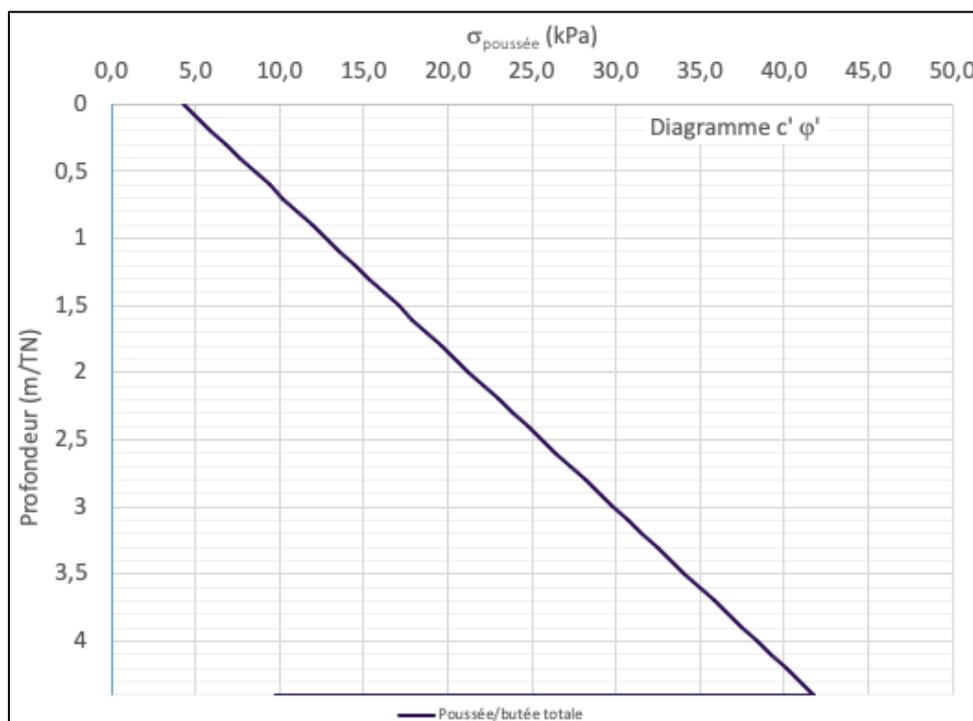


Diagramme de poussée des terres – phase service

Poussée totale ELS : 102 KN/ml

Du fait de la mise en œuvre d’un cuvelage des verticaux, il conviendra de prendre en complément la poussée hydrostatique jusqu’à la cote du TN futur.

## 8. TRAITEMENT DES NIVEAUX BAS

Du fait de l'usage noble des locaux, à la fois au niveau bas RDQ et à la fois au niveau RDV sur terre-plein (pour le bâtiment Halle marché), nous préconisons la mise en place d'un plancher porté.

Que ce soit pour la partie sur terre-plein du niveau RDV du bâtiment Halle marché, ou pour le niveau bas RDQ et du fait de l'usage noble des locaux, nous préconisons la mise en place de planchers portés pour les 2 bâtiments. Ceux-ci permettront de maîtriser les déformations.

Nous préconisons de prévoir ces planchers portés sur vide technique d'une épaisseur minimale de 10 cm. Ce vide peut être obtenu par la mise en place d'un coffrage biodégradable (type BIOCOFRA), d'un coffrage perdu ou par l'intermédiaire d'un plancher préfabriqué, décollé du sol de la même hauteur.

### Cas particulier de la zone remblayée au droit du RDV du bâtiment Halle marché :

Pour rappel, le plancher bas RDV sur terre-plein de la Halle marché sera situé à environ +0,5m à +2m par rapport au niveau du terrain au moment de nos sondages. Dans ces conditions, le niveau bas pourra être traité en planchers coulés sur les remblais techniques de plateforme selon le phasage retenu vis-à-vis des travaux de remblaiements.

## 9. REMARQUE SUR LES REMBLAIS TECHNIQUES

Le présent rapport ne traite pas des VRD au sens large. Aussi, les travaux de remblaiements techniques, dans la zone où la plateforme du projet se trouve au-dessus des côtes du TN actuel, devra faire l'objet d'une étude spécifique.

---

*Nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage pour tous renseignements complémentaires.*

Le Contrôle interne,  
*Simon COUTAZ*

Le Responsable de l'étude  
***Clément CHALMIN***

## 10. ANNEXES

### DANS LE CORPS DU RAPPORT - NUMÉROTÉES

- MISSIONS
  
- RELEVÉS DES REMONTÉES DE CUTTINGS
  
- RELEVÉS ET PHOTOGRAPHIES DU SONDAGE CAROTTÉ

### PIÈCES JOINTES – NON NUMÉROTÉES

- LOGS PRESSIOMÉTRIQUES ET DIAGRAPHIES
  
- ESSAIS EN LABORATOIRE : PV DES ESSAIS D'AGRESSIVITÉ DES SOLS
  
- LIMITE D'EXPLOITATION DU RAPPORT

## MISSIONS

L'enchaînement de chacune de ces 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 pertinentes issues d'investigations géotechniques appropriées.

### ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission, comprenant deux phases, 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.

#### Phase Étude de Site (ES)

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

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

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse ou d'APS et permet de réduire les conséquences sur les futurs ouvrages des risques géotechniques majeurs identifiés en cas de survenance. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques pertinentes.

- 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 une synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, modes de fondations possibles, contraintes pour les terrassements et la création d'ouvrages enterrés, améliorations de sols possibles) ainsi que certains principes généraux de construction envisageables.

### ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission, comprenant trois phases, permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés en cas de survenance. 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.

#### Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet global. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques pertinentes.

- 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 avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

#### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet global. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques pertinentes et suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier comprenant la 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 avoisnants), certaines notes de calcul de dimensionnement, une approche des quantités et des valeurs seuils.

#### Phase DCE / ACT

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

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

### ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

#### ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)

Se déroulant en deux phases interactives et indissociables, 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.

##### Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

##### Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

#### SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)

Se déroulant en deux phases indissociables, 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.

##### Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

##### Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

#### DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

## REMONTÉES DE CUTTINGS

Les coupes des sondages données ci-après sont fournies à titre indicatif. Compte tenu de la méthode de relevé (*observation des remontées de cuttings*), ces coupes sont imprécises et ne pourront nous être opposables dans le cadre d'un marché forfaitaire de fondations, même si les quantités estimées par l'entreprise venaient à être différentes de celles réellement mises en place.

Seul un criblage par carottage ou puits à la pelle, réalisé dans le cadre des missions G2/G3/G4, permettrait d'engager notre responsabilité sur les quantités et coût relatifs aux fondations.

- Sondage SP1 # 63,2 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0 à 1	<i>Avant-trou</i>
1 à 5	Argile orangé marron avec des blocs
5 à 12	Argile verte
12 à 16	Marne blanche
16 à 24	Calcaire blanc beige
24 à 30,2	Marne grisâtre

- Sondage SP2 # 61,0 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0 à 1,3	<i>Avant-trou</i>
1,3 à 2,7	Argile avec meulière
2,7 à 10	Marne beige verte argileuse
10 à 14	Marne beige argileuse
14 à 15	Marne gris bleuté légèrement verdâtre
15 à 25	Marne blanche
25 à 30	Marne bleuté grisâtre argileuse

▪ Sondage SP21 # 61,2 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0 à 1,3	<i>Avant-trou</i>
1,3 à 2,5	Argile marron orangé avec blocs de meulières
2,5 à 4,4	Argile marneuse jaunâtre
4,4 à 6,2	Argile crème verdâtre
6,2 à 7,0	Argilo-marneux beige rosé
7,0 à 13,5	<i>Perte d'injection</i>
13,5 à 14,0	Marne argileuse beige
14,0 à 20,5	Marne argileuse grisâtre plus ou moins foncé
20,5 à 24,1	Marne argileuse crème
24,1 à 26,0	Argile marron clair

▪ Sondage SP22 # 63,6 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0 à 1,3	<i>Avant-trou</i>
1,3 à 3,1	Argile marron orangé avec blocs de meulières
3,1 à 7,8	Argilo-marneux beige verdâtre
7,8 à 12,6	<i>Perte d'injection</i>
12,6 à 14,8	Marno-argileux beige verdâtre
14,8 à 25,8	Marne argileuse grisâtre

## RELEVÉ DU SONDAGE CAROTTÉ

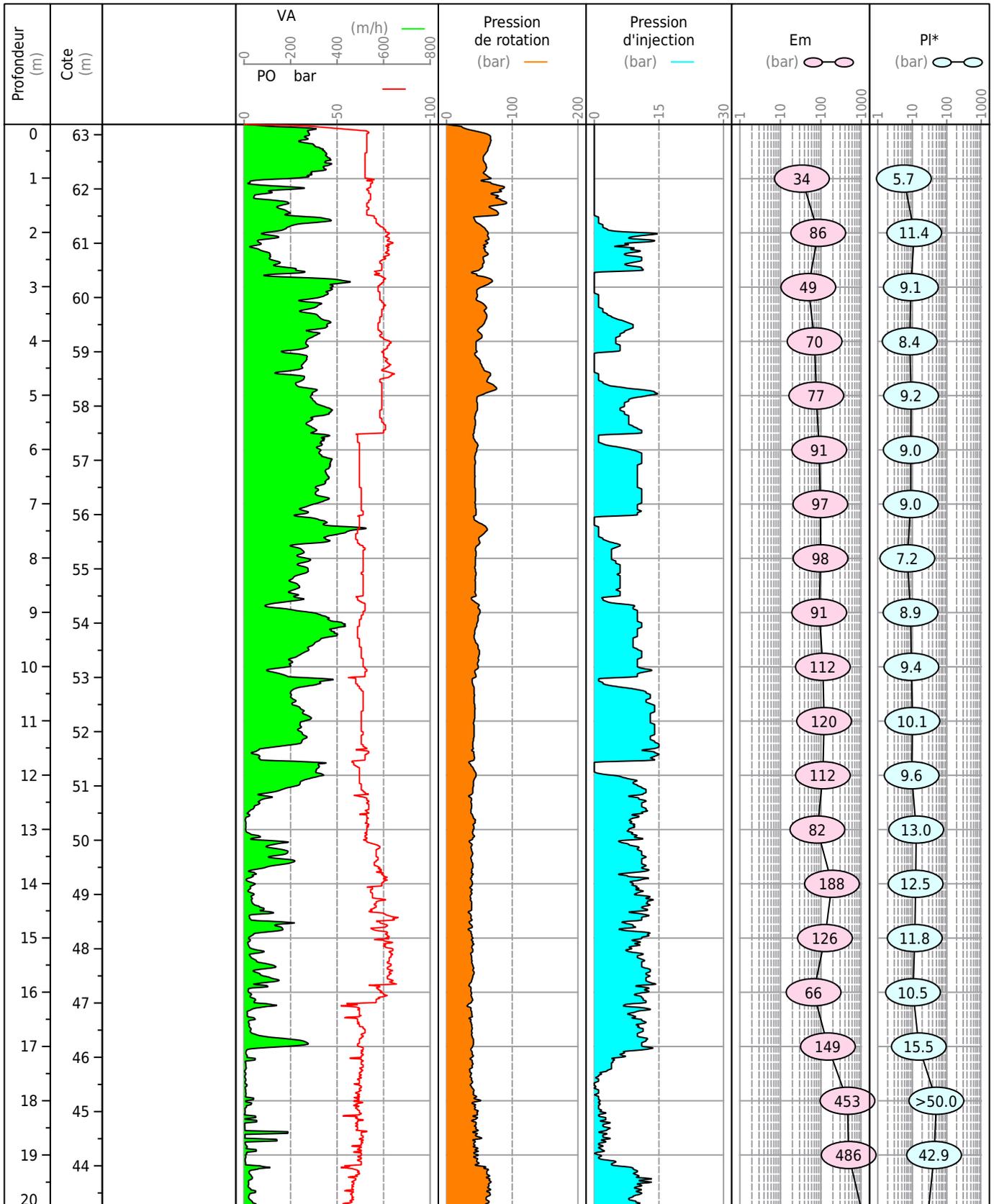
Seul un criblage par carottage ou puits à la pelle, réalisé dans le cadre des missions G2/G3/G4, permettrait d'engager notre responsabilité sur les quantités et coût relatifs aux fondations.

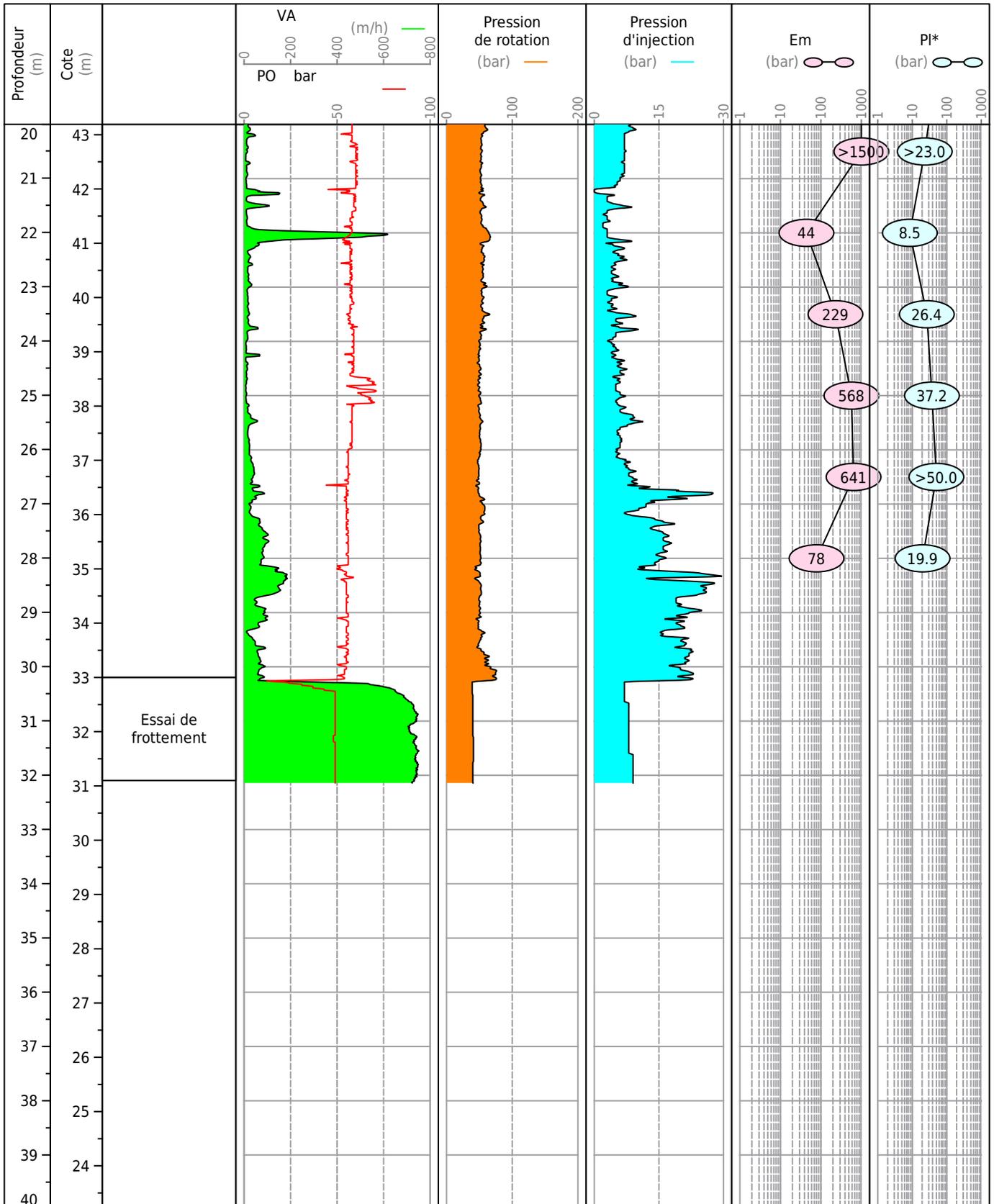
- Sondage SC1 # 63,2 NGF

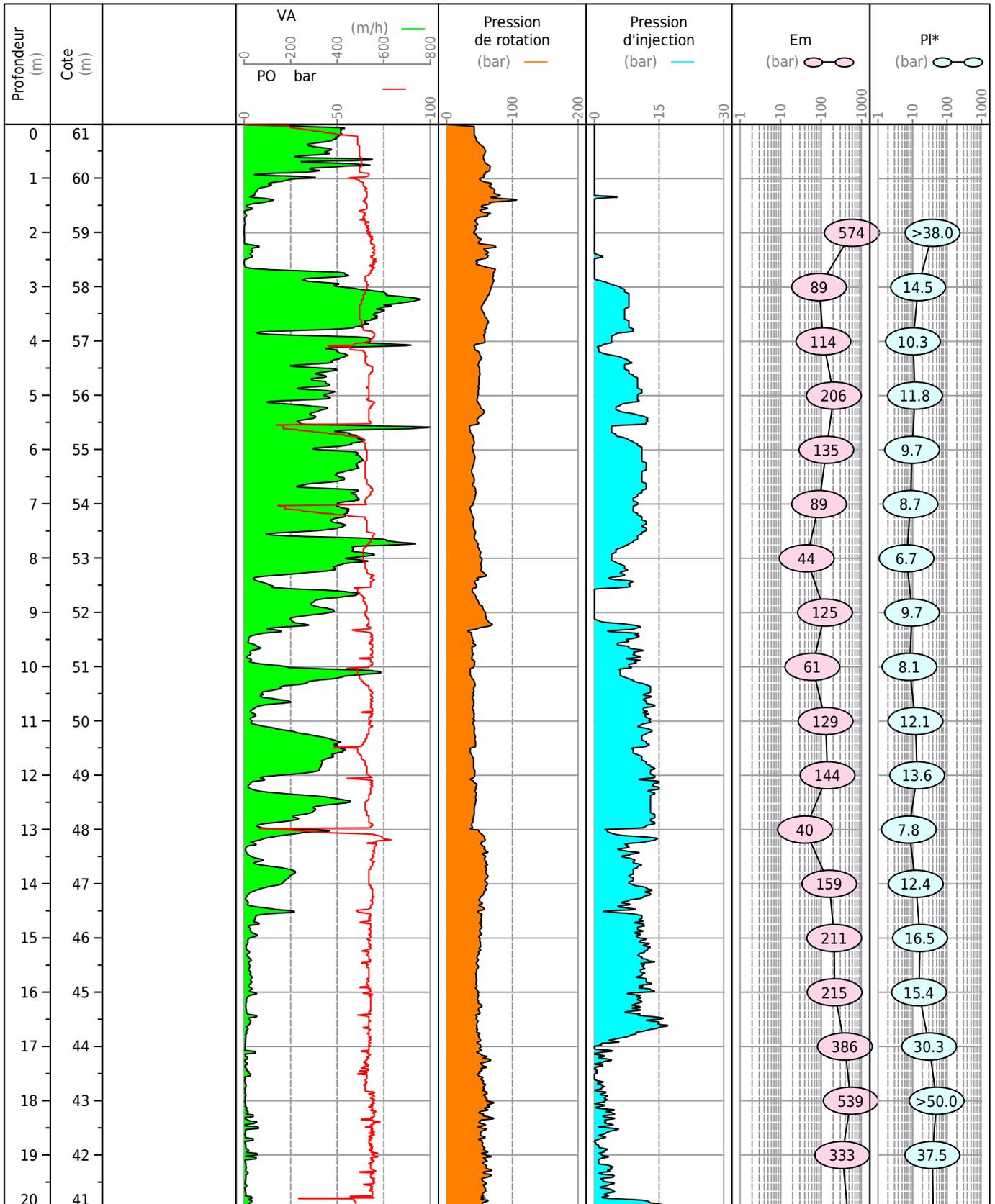
Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 0,5	Argile marron rougeâtre avec des cailloux calcaires et des blocs de meulières
0,5 à 1,0	Sable argileux beige grisâtre avec des silex, des cailloux calcaires et des rognons de meulières
1,0 à 1,5	Argile marron avec des cailloux calcaires et des rognons de meulières
1,5 à 1,75	<i>Manque</i>
1,75 à 2,1	Argile marron clair avec des cailloux calcaires et des rognons des blocs de meulières
2,1 à 2,6	Marne jaunâtre
2,6 à 3,3	Marno-calcaire beige crème
3,3 à 4,3	Argile vert foncé
4,3 à 4,6	Passage brouillé d'argile verte mélangé avec une argile marron
4,6 à 6,7	Argile vert foncé
6,7 à 7,2	Argile vert plus pâle et devenant plus grisâtre à la base
7,2 à 7,6	Marne marron légèrement violacé
7,6 à 8,3	Marne crème grisâtre légèrement verdâtre
8,3 à 9,1	Marne crème grisâtre
9,1 à 10,5	Marne argileuse verdâtre pâle

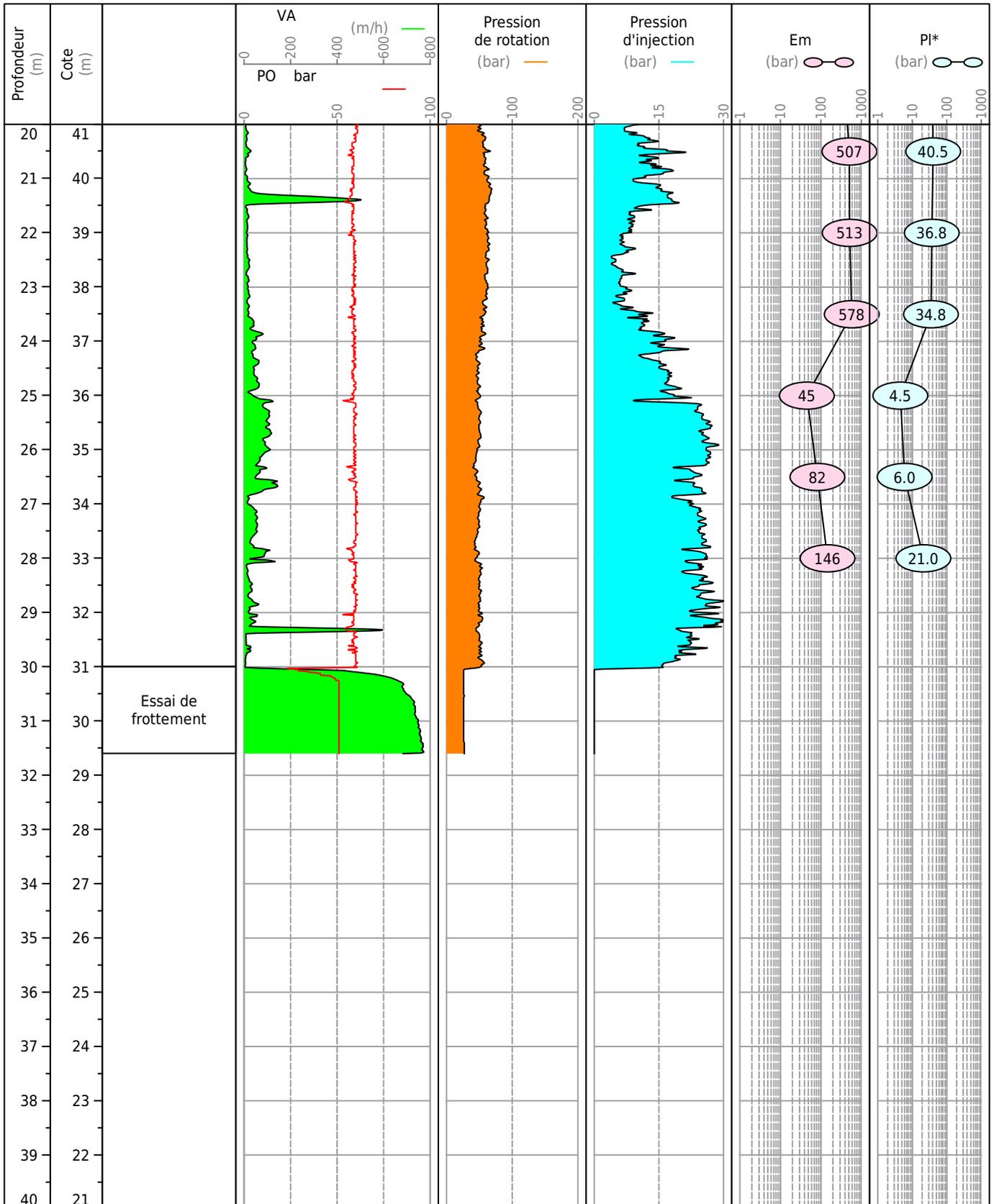


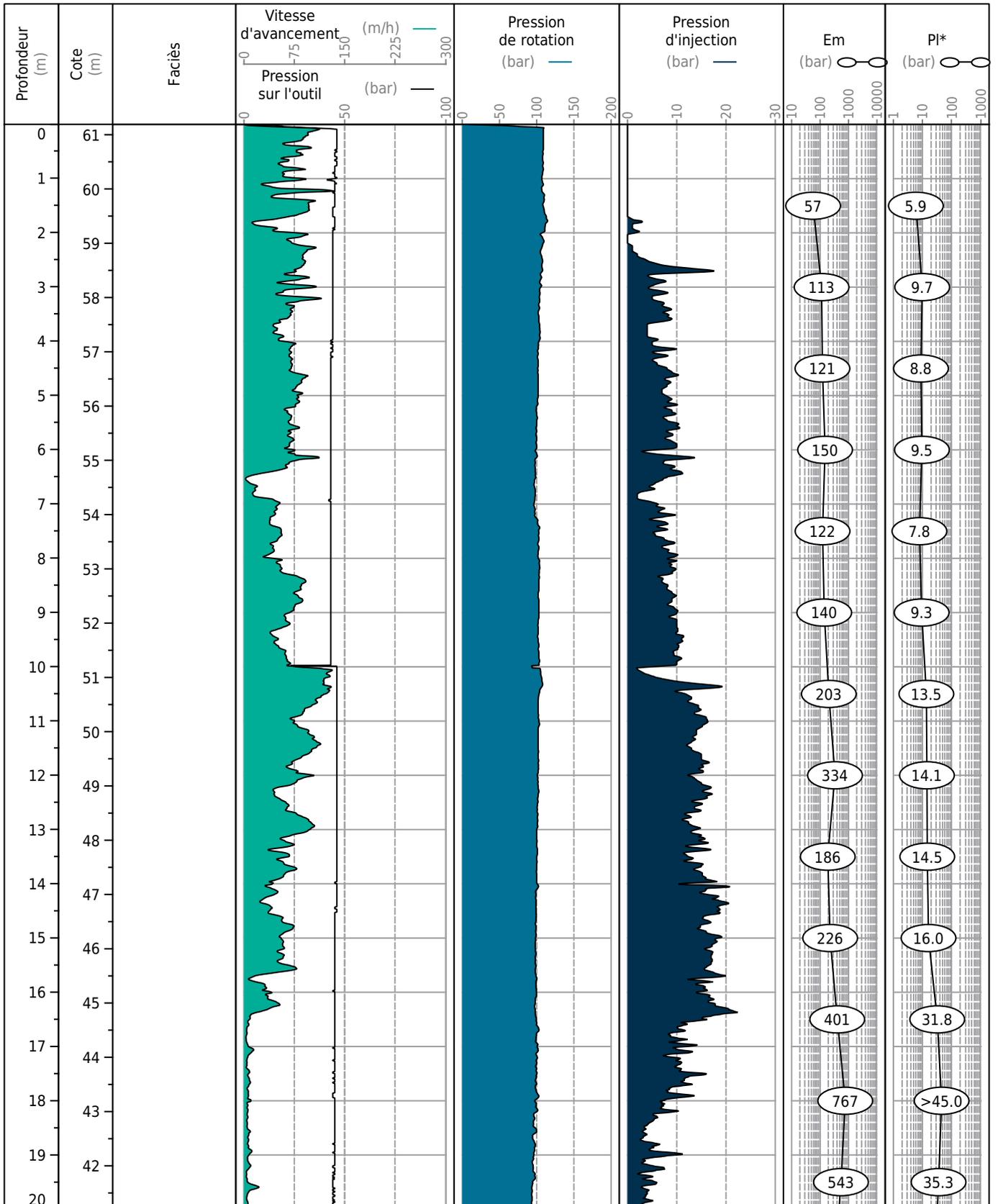
## 11. ANNEXES NON NUMÉROTÉES



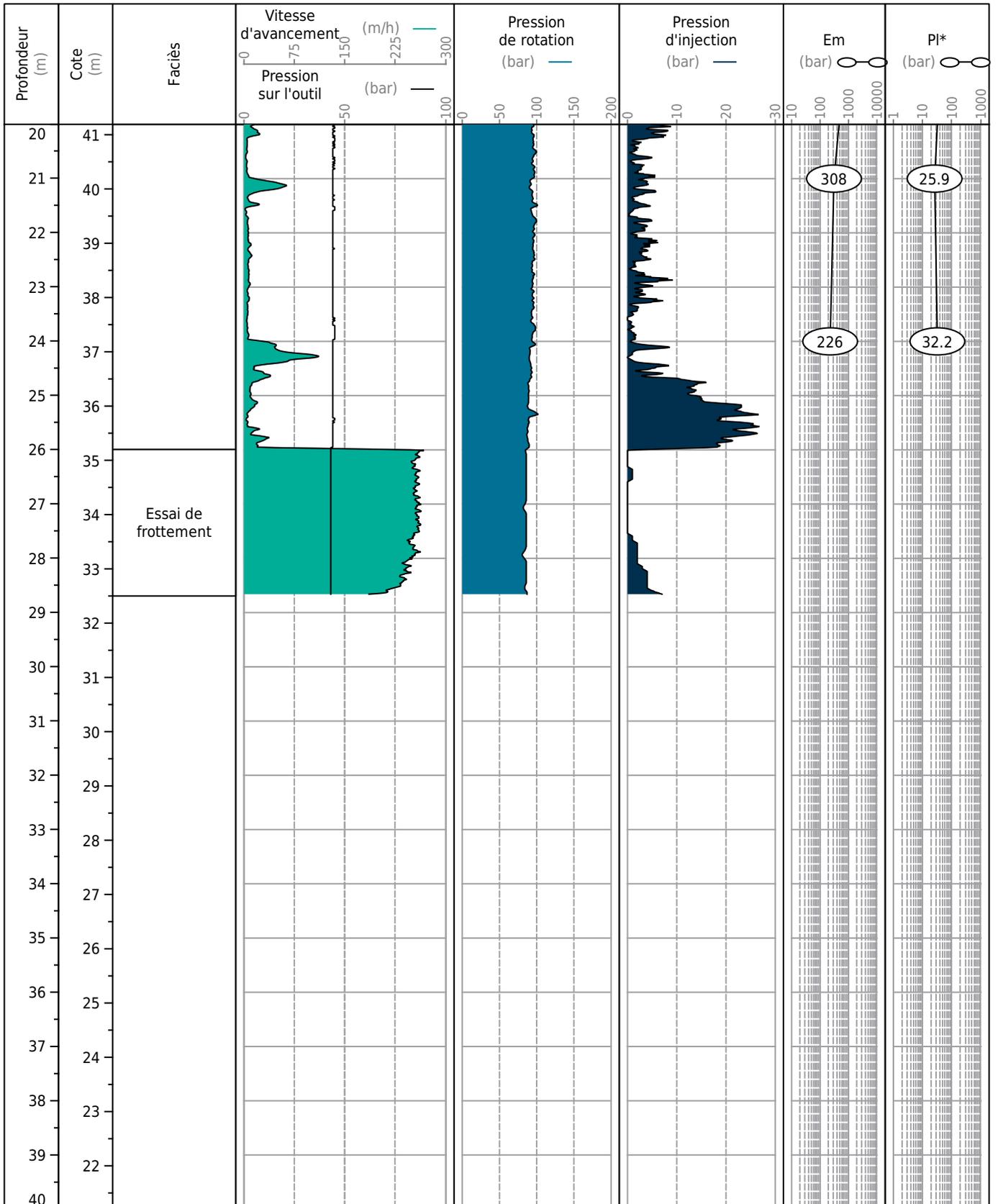








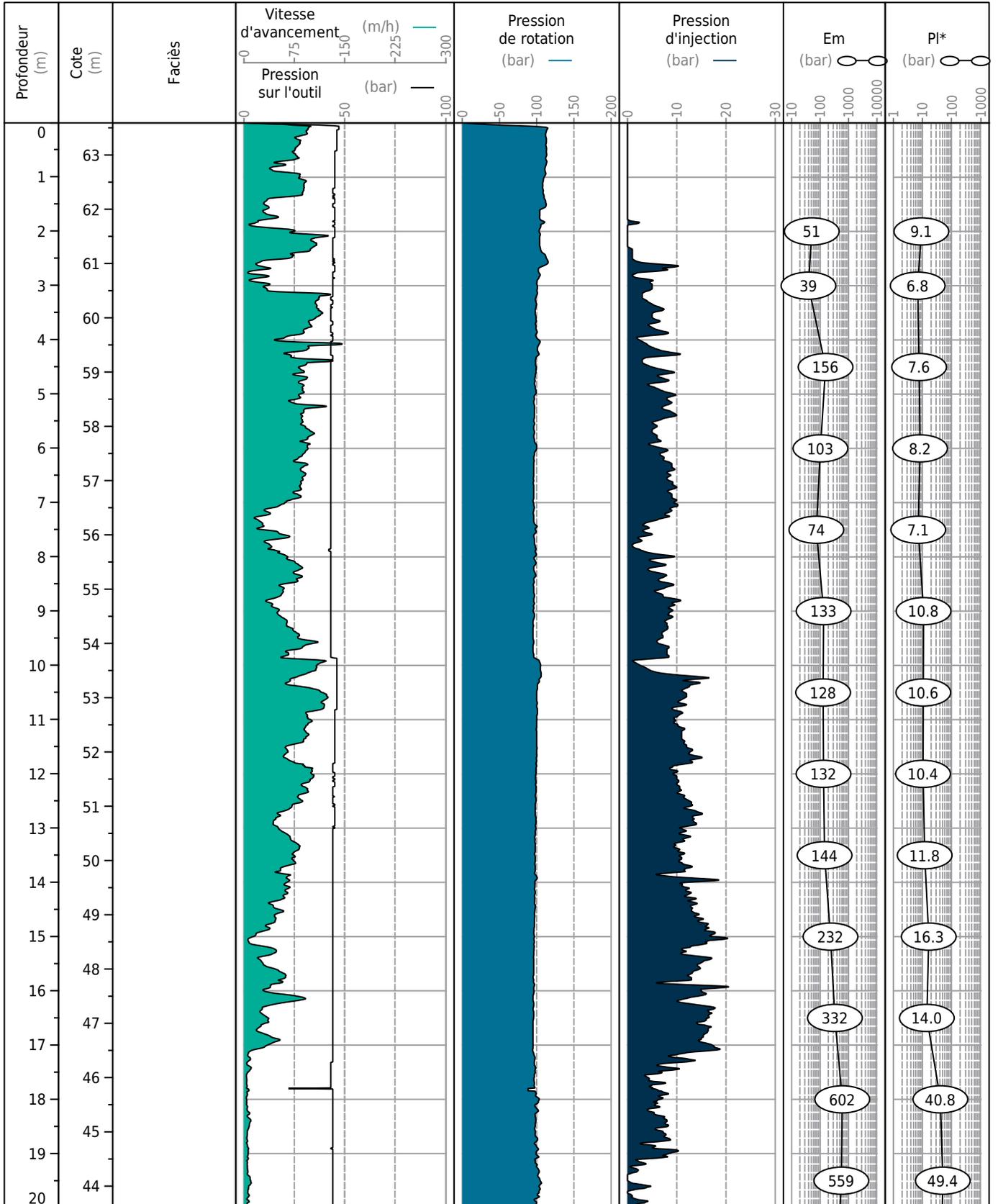
Obs. :



Obs. :

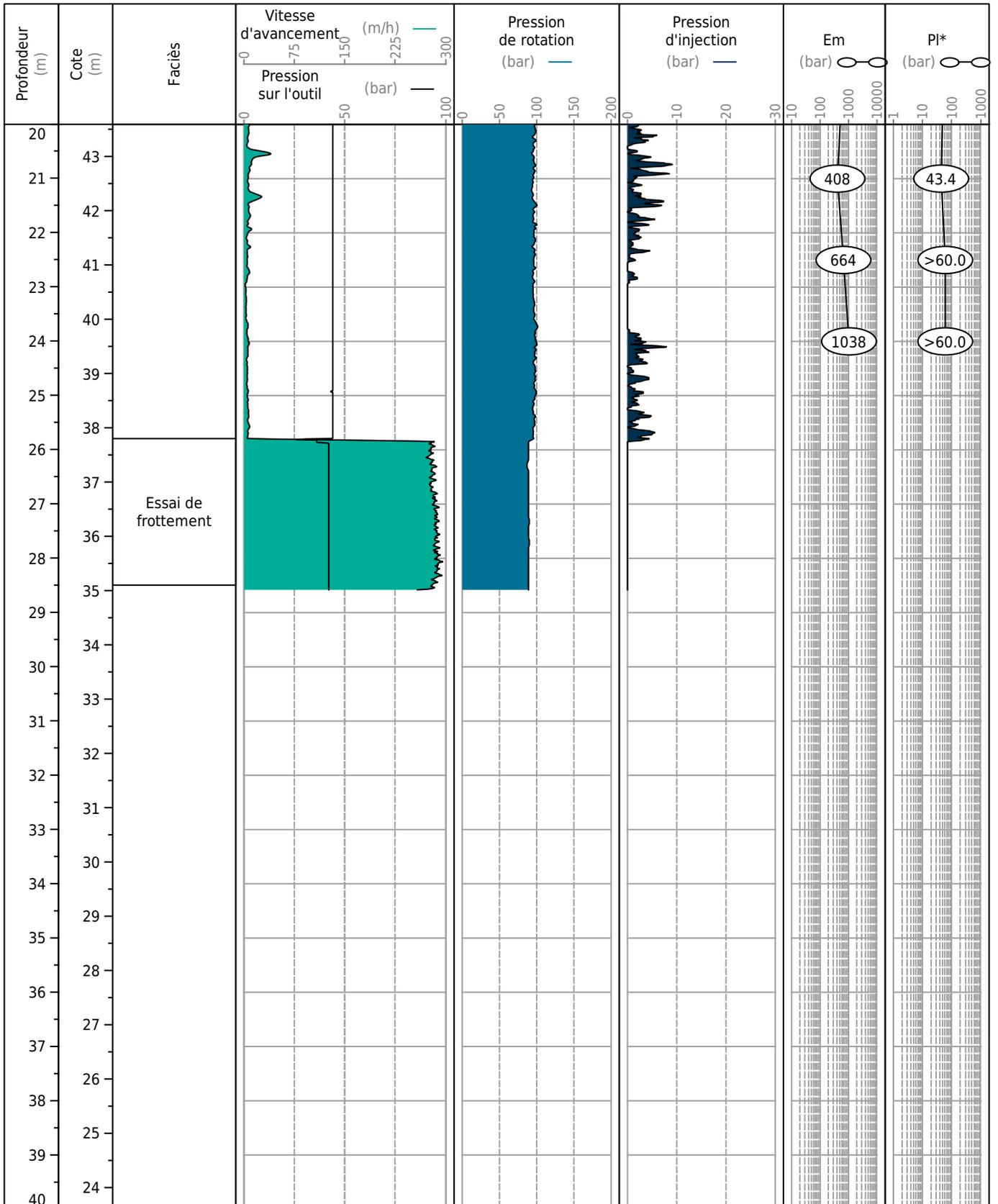


**SONDAGE SP22**



Obs. :

**SONDAGE SP22**



Obs. :

Suivi par :

WESSLING France, 3 Avenue de Norvège, ZA de Courtaboeuf, 91140 Villebon-Sur-Yvette

SOL CONSEIL

Monsieur Clément CHALMIN

ZA de l'Europe

12 rue René Cassin

91300 MASSY

N° rapport d'essai	UPA23-012495-1
N° commande	UPA-04171-23
Interlocuteur (interne)	D. Cardon
Téléphone	+33 164 471 475
Courrier électronique	<a href="mailto:David.Cardon@wessling.fr">David.Cardon@wessling.fr</a>
Date	29.03.2023

## Rapport d'essai

**118017 - STE GENEVIEVE DES BOIS**



Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai et tels qu'ils ont été reçus.

Les résultats des paramètres couverts par l'accréditation EN ISO/CEI 17025 sont marqués d'un (A).

La portée d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais du laboratoire WESSLING de Lyon (St Quentin Fallavier) est disponible sur le site [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr) pour les résultats accrédités par ce laboratoire.

Le COFRAC est signataire des accords de reconnaissance mutuels de l'ILAC et de l'IEA pour les activités d'essai.

Les organismes d'accréditation signataires de ces accords pour les activités d'essai reconnaissent comme dignes de confiance les rapports couverts par l'accréditation des autres organismes d'accréditation signataires des accords des activités d'essai.

Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING.

Les laboratoires WESSLING autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données sans faire allusion à l'accréditation des résultats d'essai.

Les données fournies par le client sont sous sa responsabilité et identifiées en italique.

Le 29.03.2023

N° d'échantillon		23-041825-01	23-041825-02	23-041825-03	23-041825-04
Désignation d'échantillon	Unité	SC1-E1	SC1-E2	SC1-E3	SC1-E4

### Analyse physique

Matières sèches - NF ISO 11465 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Matière sèche	% masse MB	78,4 (A)	81,4 (A)	74,6 (A)	74,6 (A)
---------------	------------	----------	----------	----------	----------

### Paramètres globaux / Indices

Degré d'acidité Baumann-Gully - DIN EN 16502 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Degré d'acidité	ml/kg MS	19 (A)	<5 (A)	19 (A)	64 (A)
-----------------	----------	--------	--------	--------	--------

### Préparation d'échantillon

Minéralisation à l'acide chlorhydrique (agressivité vis-à-vis des bétons) - DIN 4030-2 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Minéralisé à l'acide chlorhydrique		28/03/2023 (A)	28/03/2023 (A)	28/03/2023 (A)	28/03/2023 (A)
------------------------------------	--	----------------	----------------	----------------	----------------

### Cations, anions et éléments non métalliques

Sulfates (SO4) - Méthode interne : SO4-IC-Agressivité béton - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Sulfates (SO4)	mg/kg MS	<450 (A)	1200 (A)	770 (A)	1100 (A)
----------------	----------	----------	----------	---------	----------

MS : Matières sèches

MB : Matières brutes

< : résultat inférieur à la limite de quantification

### Informations sur les échantillons

Date de réception :	22.03.2023	22.03.2023	22.03.2023	22.03.2023
Type d'échantillon :	Sol	Sol	Sol	Sol
Date de prélèvement :	21.03.2023	21.03.2023	21.03.2023	21.03.2023
Heure de prélèvement :	00:00	00:00	00:00	00:00
Récipient :	250ml VBrun WES002	250ml VBrun WES002	250ml VBrun WES002	250ml VBrun WES002
Température à réception (C°) :	16°C	16°C	16°C	16°C
Début des analyses :	22.03.2023	22.03.2023	22.03.2023	22.03.2023
Fin des analyses :	29.03.2023	29.03.2023	29.03.2023	29.03.2023
Préleveur :	client	client	client	client

**Le 29.03.2023**

**Informations sur vos résultats d'analyses :**

Les seuils de quantification fournis n'ont pas été recalculés d'après la matière sèche de l'échantillon.  
Les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice.

Approuvé par :

Sabrina SLIMANI

Responsable de laboratoire environnement

Le 29 mars 2023

## **CONDITIONS D'EXPLOITATION ET DE VALIDITÉ DES ETUDES DE SOLS.**

Les recommandations et indications ci-après ont pour but d'éviter tout sinistre au cours et à la suite de la réalisation des ouvrages et consécutifs à une exploitation défectueuse du rapport d'étude de sol.

**Le non respect de ces recommandations et indications dégagerait contractuellement la responsabilité du bureau d'étude de sols.**

Les différents intervenants dans les projets et travaux liés aux sols doivent passer en revue les recommandations et indications ci-après afin de vérifier qu'elles sont effectivement prises en compte.

### **RECOMMANDATIONS ESSENTIELLES :**

1/ Ce **RAPPORT** et toutes ces annexes identifiées constitue **un ensemble indissociable.**

Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés un par le client et le second par notre Société.

Ce rapport ne devient la **propriété du client qu'après paiement** intégral du prix de la prestation. Le client est responsable de son usage et de sa diffusion. Dans ce cadre, toute utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction **partielle** ne saurait engager la responsabilité de notre Société.

En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un **autre Maître d'Ouvrage** ou par un autre Maître d'œuvre ou pour tout autre ouvrage que celui de la présente mission ne pourra en **aucun cas engager la responsabilité de notre Société** et pourra faire l'objet de poursuites judiciaires à l'encontre du contrevenant.

Dans le cas d'un **nouveau Maître d'Ouvrage** sur le même projet, un **nouveau contrat de louage d'ouvrage** (pour satisfaire l'article 1792-1°) doit être établi avec mise à jour du rapport d'étude et de nos assurances.

### **2/ RECONNAISSANCE PAR POINTS :**

Cette étude est basée sur un **nombre limité de sondages et de mesures.**

Il est précisé que cette étude repose sur une reconnaissance par points dont la maille **ne permet pas de lever la totalité des aléas**, toujours possibles dans le milieu naturel.

En effet des hétérogénéités, discontinuités et aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles sont limitées en extension.

De ce fait, sauf précision contraire dans ce rapport, les conclusions de ce rapport ne peuvent être utilisées pour une forfaitisation.

Les éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution de ces travaux pouvant avoir une influence sur les conclusions du présent rapport, doivent immédiatement être signalés au géotechnicien chargé du **suivi géotechnique d'exécution (mission G4).**

### **3/ DURÉE LIMITÉE DE VALIDITÉ DU RAPPORT :**

La modification naturelle ou artificielle de facteurs déterminants pour la construction peut rendre caduc tout ou partie des résultats et conclusions précisées dans ce rapport d'étude.

#### **3.1 : Éléments géologiques, hydrogéologiques et géotechniques :**

De nombreux éléments liés à la géologie, l'hydrogéologie et à la géotechnique de l'ouvrage ont **un caractère évolutif :**

- glissement – érosion – dissolution – remblais évolutif (physique ou chimique) – tourbe – niveau d'eau fluctuant et hygrométrie correspondante – variation climatique exceptionnelle : gel, dessiccation, inondation – évolution sismique ou volcaniques – etc.

#### **3.2 : Environnement, voisinage, topographie :**

Les modifications de l'environnement, du voisinage et de la topographie, changent l'hydrogéotechnique du site et souvent les dispositions constructives :

- sous-sol proches ou mitoyens – parois étanches – drainage – pompage permanent ou provisoire – collecteur souterrains – tunnel et tunnelier – remblaiement ou excavation du site, etc.

### 3.3 : Conditions juridiques :

De nouvelles Lois ou Jurisprudences peuvent modifier les obligations et responsabilités. Les conditions juridiques des contrats et des assurances sont modifiées en conséquence. On notera en particulier les nouvelles missions géotechniques en cours de normalisation.

### 3.4 : Connaissances techniques et technologiques :

L'évolution des connaissances techniques et scientifiques, ainsi que les modifications des technologies de constructions peuvent rendre périmées nos conclusions.

**Aussi les conclusions de ce rapport d'étude sont valables pour un chantier ouvert (DROC) dans un délai de 2 ANS à compter de la date d'émission.**

Au delà de ce délai, il est indispensable que nous soyons consultés par le Maître d'Ouvrage et le Maître d'œuvre afin de **réactualiser le rapport**, après vérification des divers facteurs. L'exploitation des conclusions au delà du délais de 2 ans, en l'absence de réactualisation ne pourra contractuellement engager notre responsabilité.

## 4) MODIFICATION DU PROJET :

Ce rapport est établi pour un projet donné à la date de l'étude, à partir de plans, esquisses et renseignements transmis.

**Toute modification apportée au projet**, soit pour des raisons techniques, soit pour des raisons économiques, implantation, forme, niveaux altimétriques, nombre d'étages ou de sous-sol (etc...) **doit être communiquée au BET de sols** rédacteur de l'étude. Lui seul pourra déterminer les conséquences de ces changements sur ses conclusions de l'étude de sol.

Ces modifications pourront faire l'objet d'une **note complémentaire** ou d'un nouveau rapport, éventuellement après un complément de reconnaissance.

Nous ne saurions être tenus responsables des modifications intervenues après cette étude qu'après avoir donné notre avis écrit sur les dites modifications, que celles-ci portent sur les dimensionnements et dispositifs préconisés dans le présent rapport ou sur l'ouvrage lui-même.

Le Maître d'Ouvrage doit nous informer officiellement de **l'ouverture réelle du chantier**, afin que les couvertures d'assurances soient effectives :

Assurances décennales à la **Date Réelle d'Ouverture du Chantier (D.R.O.C)**  
Assurance Responsabilité Civile Professionnelle lors **d'un sinistre à partir de l'ouverture du chantier.**

L'absence de cette information risque d'entraîner la non couverture par une compagnie d'assurances.

Le présent rapport constitue le compte rendu de la mission géotechnique normalisée définie par la lettre de commande, visée et acceptée par notre société, au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête du présent document.

Selon le projet de normalisation de ces missions, chacune ne couvre qu'un domaine spécifique de la conception ou de la construction.

Il appartient au Maître d'Ouvrage et à son Maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions géotechniques utiles au bon achèvement de l'ouvrage soient engagées avec les moyens et délais opportuns, et confiées à des hommes de l'art.

A défaut d'autres positions contractuelles, la remise du rapport fixe la fin de la mission.



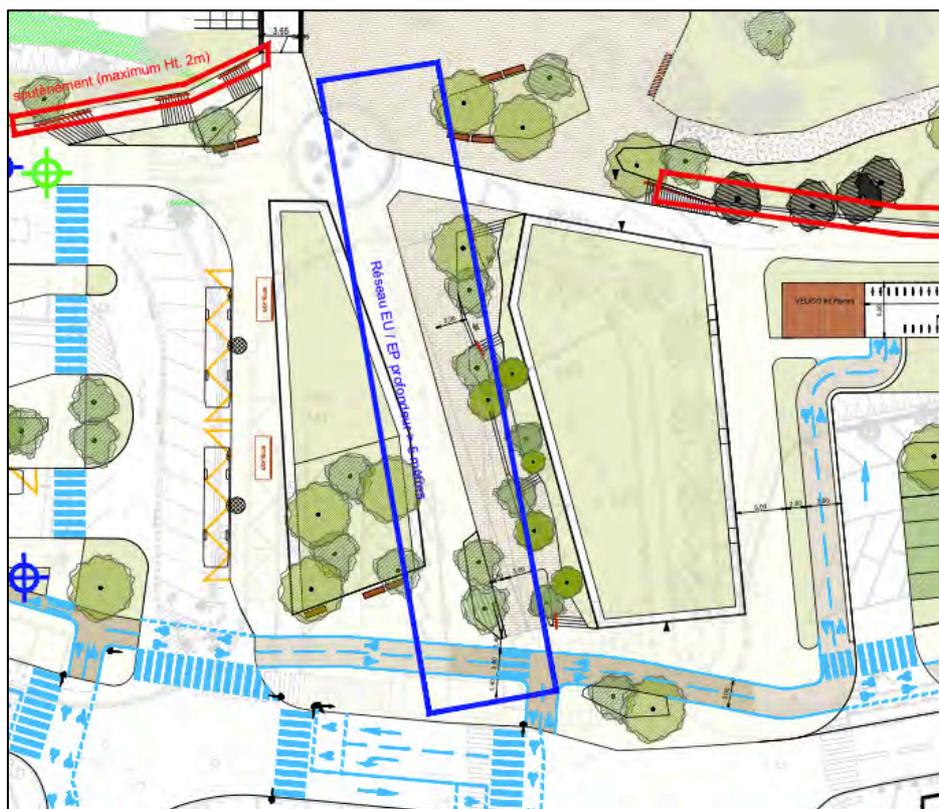
# ÉTUDE GÉOTECHNIQUE G2 AVP

## DÉVOIEMENT D'UN RÉSEAU EU / EP

Place du Président Franklin Roosevelt  
91700 SAINTE GENEVIEVE DES BOIS

### Maître d'Ouvrage : CŒUR D'ESSONNE AGGLOMÉRATION

Référence de la Proposition : N°118017 SC MAS 11 a  
Rédacteur : Clément CHALMIN



Agence	N° Dossier	N° pièce	Mission	Rédigé par	Vérifié par	Date	Commentaires / version
SC MAS	118017	5	G2 AVP	CC	SC	29/11/24	Version Provisoire

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1.</b>	<b>SYNTHÈSE</b> .....	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>MISSIONS GÉNÉRALITÉS TRAVAUX ENGAGÉS</b> .....	<b>4</b>
2.1.	MISSION - GÉNÉRALITÉS.....	4
2.2.	DOCUMENTS UTILISÉS POUR LA RÉDACTION DE L'ÉTUDE.....	6
2.3.	TRAVAUX EXÉCUTÉS – LIMITES DES MÉTHODES.....	6
2.4.	NIVELLEMENT DES TÊTES DE SONDAGES.....	7
2.5.	SCHÉMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES.....	7
<b>3.</b>	<b>CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE</b> .....	<b>8</b>
3.1.	ÉTUDE DE SITE / SENSIBILITÉ.....	8
3.2.	BILAN DE SENSIBILITÉ.....	10
3.3.	NATURE DES SOLS / PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES.....	10
3.4.	EAU PHRÉATIQUE.....	13
3.5.	ESSAIS DE CISAILLEMENT CD.....	14
3.6.	SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE.....	15
<b>4.</b>	<b>OBJET DES TRAVAUX</b> .....	<b>16</b>
4.1.	PRÉSENTATION DES TRAVAUX.....	16
4.2.	APPROCHE DE LA Z.I.G – MITOYENS.....	16
<b>5.</b>	<b>GÉOTECHNIQUE DES TERRASSEMENTS</b> .....	<b>17</b>
5.1.	PRÉCONISATION DE FOUILLE BLINDÉE.....	17
5.2.	CARACTÉRISTIQUES DES TERRAINS.....	17
5.3.	PRÉ-DIMENSIONNEMENT.....	18
<b>6.</b>	<b>GESTION DE L'EAU PHRÉATIQUE</b> .....	<b>19</b>
6.1.	NIVEAUX D'EAU CONNUS À CE STADE.....	19
6.2.	PRÉCONISATIONS GÉNÉRALES.....	19
<b>7.</b>	<b>LIT DE POSE - REMBLAIS TECHNIQUES</b> .....	<b>20</b>
7.1.	ZONE D'ENROBAGE.....	20
7.2.	PARTIE INFÉRIEURE DE REMBLAI (PIR).....	21
7.3.	PARTIE SUPÉRIEURE DE REMBLAI (PSR).....	21
<b>8.</b>	<b>ANNEXES</b> .....	<b>22</b>
<b>9.</b>	<b>ANNEXES NON NUMÉROTÉES</b> .....	<b>31</b>

## 1. SYNTHÈSE

*Il s'agit d'une synthèse non technique résumant les informations à notre disposition actuellement (qui pourront évoluer avec les éventuelles reconnaissances complémentaires). Il s'agit d'un résumé et d'une aide à la lecture. Seul le rapport et ses annexes peut nous être opposable.*

<b>Clients</b>	<b>CŒUR D'ESSONNE AGGLOMERATION</b> 1 Place Saint Exupéry La Maréchaussée 91700 SAINTE GENEVIEVE DES BOIS
<b>Mission</b>	Étude géotechnique G2 AVP
<b>Projet</b>	Dévoisement d'un réseau EU/EP
<b>Contexte Géologique</b>	Contexte général de coteau caractérisé par la succession géologique suivante : - Complexe de Brie ; - Argile Verte ; - Substratum Ludien.
<b>Aléas recherchés</b>	Coupe lithologique du terrain ; Caractéristiques mécaniques des horizons géologiques ; Niveau de la nappe phréatique ; Agressivité des sols vis-à-vis des bétons.
<b>Aléas résiduels (non limitatif)</b>	Variations latérales des horizons géologiques ; Perméabilité des terrains de surface et quantité d'eau lors des terrassements
<b>Terrassements</b>	Tranchée blindée

## 2. MISSIONS GÉNÉRALITÉS TRAVAUX ENGAGÉS

### 2.1. MISSION - GÉNÉRALITÉS

Nous fournissons quelques éléments ci-après pour aider les lecteurs de ce présent rapport à comprendre quelles sont les limites liées aux missions géotechniques et donc à ce présent rapport. Bien entendu on se référera à la norme **NF P 94.500** novembre 2013 pour avoir une vision plus exhaustive.

Les missions géotechniques ont pour but d'appréhender le milieu naturel et de diminuer les aléas y afférant. Cette réduction de l'aléa se fait par étapes successives, allant du général au particulier, de la reconnaissance globale à la reconnaissance locale, en adaptant les investigations et les études à la sensibilité réelle du projet.

On trouve dans le tableau ci-dessous l'enchaînement des différentes missions, leurs objectifs et le niveau de management des risques attendus.

Enchaînement des missions G1 à G4	Mission d'ingénierie géotechnique et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendus
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
	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
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	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
	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet	
	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		Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)
	Étude géotechnique d'exécution (G3) Phase Étude (indissociable de la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude d'exécution (indissociable de la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	
	Suivi géotechnique d'exécution (G3) Phase Suivi (indissociable de la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi d'exécution (indissociable de la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage	
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	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

Par ailleurs, la révision de la norme 94-500 permet aujourd'hui une correspondance simple entre les missions d'ingénierie généraliste et les missions géotechniques (voir page suivante).

Cette étude s'inscrit dans le cadre des missions géotechniques normalisées (NF P 94-500 – novembre 2013) comme une mission de type **G2 « Phase Avant-Projet »** (le détail des missions est repris en annexe).

INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE			INGÉNIERIE GÉNÉRALISTE	MISSION CONFIÉE	
NFP 94-500 version 2013					
Étape 1	Étude géotechnique préalable	G1	Phase étude de site <b>ES</b>	<b>ESQUISSE</b>	
			Phase Principes généraux de constructions <b>PGC</b>	<b>APS</b>	
Étape 2	Étude géotechnique de conception	G2	Phase avant-projet ( <b>AVP</b> )	<b>APD</b>	<b>X</b>
			Phase <b>projet*</b>	<b>AVP</b>	
			Phase <b>DCE/ACT</b>	<b>PROJET</b>	
				<b>DCE</b>	
Étape 3	Suivi géotechnique d'exécution	G3	Étude géotechnique d'exécution	<b>DCE</b>	
			Suivi géotechnique d'exécution	<b>ACT</b>	
	Supervision géotechnique d'exécution	G4	Supervision de l'étude d'exécution	<b>EXE</b>	
			Supervision du suivi d'exécution	<b>DET/AOR</b>	
-	Diagnostic géotechnique	G5	Étude d'un élément particulier	<b>VISA</b>	
-	-	-	-	<b>DET/AOR</b>	
-	-	-	-	-	

\* Les missions G2 PRO ne comprennent pas ICI l'approche des coûts des ouvrages, des délais de réalisation ni l'établissement de plans de fondations ou de soutènement, ces prestations n'entrant pas dans le champ de compétence d'un BET Géotechnique stricto sensu. Si besoin, ces prestations seront confiées à un économiste de la construction et un BET Structures de Conception.

## Réponses aux questions fréquemment posées :

### Peut-on reprocher au géotechnicien un dépassement de délais, de quantités, de coût sur la base d'une mission G1 ?

La norme 94.500 indique que les missions de type G1 excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages qui entrent dans le cadre exclusif d'une mission d'étude géotechnique de conception phase projet.

### Le respect de la norme est-il obligatoire ?

Le respect d'une norme NF n'est pas obligatoire. En revanche signer un contrat avec un prestataire qui la respecte revient tacitement à la respecter sauf à dégager le prestataire de ces engagements et responsabilités contractuelles.

### Toutes les missions sont-elles obligatoires ?

La norme indique que toutes les missions doivent être réalisées, ce qui dans les faits est d'ailleurs toujours le cas, mais pas toujours par le géotechnicien. Ainsi, si ce n'est pas le géotechnicien qui rédige les pièces écrites, approuve les plans de l'entreprise et suit les travaux par exemple, ce sont ceux qui se sont substitués à lui qui ont de fait réalisé les missions correspondantes. Il appartient donc de vérifier dans ce cas que ces intervenants ont la compétence et les assurances pour réaliser ces missions.

Nous sommes à la disposition du lecteur pour apporter toutes les précisions nécessaires pour la bonne compréhension de ces missions. Un extrait des missions est fourni en annexe.

## CONDITIONS D'EXPLOITATIONS DU PRÉSENT RAPPORT

Il s'agit d'investigations géotechniques qui ne peuvent, en aucun cas, détecter d'éventuelles pollutions des sols.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les "conditions d'exploitation et de validité des études de sols" décrites en annexe.

Le maître d'ouvrage devra nous informer de la DROC (date réelle d'ouverture de chantier), et faire réactualiser le présent rapport en cas de modification du projet ou d'ouverture du chantier plus de 2 ans après la date du présent rapport.

## 2.2. DOCUMENTS UTILISÉS POUR LA RÉDACTION DE L'ÉTUDE

Nature du document	Date	Échelle
Plan de réseaux – Indice A (Folio 2/4)	31/01/2023	1/200
Plan de localisation approximative de fouille prévue (plan d'aménagement)	-	1/500

## 2.3. TRAVAUX EXÉCUTÉS – LIMITES DES MÉTHODES

*Le relevé des coupes des sondages pressiométriques (de type destructif) a été réalisé en observant les remontées de cuttings (terrain détruit par l'outil de perforation et remonté en surface par la circulation de la boue de forage). Cette méthode est imprécise et ne permet pas une finesse de relevé d'un carottage. Le relevé des remontées de cuttings et les diagraphies instantanées correspondantes sont fournis en annexe.*

Campagne réalisée pour la mission G1 PGC (pour la Halle Marché) :

TYPE DE SONDRAGE ET D'ESSAIS IN SITU OU EN LABORATOIRE	RÉFÉRENCE	PROFONDEUR
Sondages pressiométriques Ø 63 mm (forage à la tarière en tête)	SP1 SP2	30,3 m 30,0 m
Essais pressiométriques	Nombre total : 50	Répartis dans les sondages pressiométriques
Sondage carotté	SC1	10,0 m
Piézomètre (dans SC1)	Pz	10,0 m
DATE DE RÉALISATION DE LA CAMPAGNE IN SITU : du 20 au 27 février 2023		

Campagne réalisée pour la mission G2 AVP (en commun avec le projet Halle Marché) :

TYPE DE SONDRAGE ET D'ESSAIS IN SITU OU EN LABORATOIRE	RÉFÉRENCE	PROFONDEUR
Sondages pressiométriques Ø 63 mm	SP21 SP22	26,0 m 25,8 m
Essais pressiométriques	Nombre total : 32	Répartis dans les sondages pressiométriques
Sondage carotté	SC11 SC12	6,0 m 5,5 m
Essais de cisaillement CD	Nombre : 4	Répartis dans les sondages carottés
DATE DE RÉALISATION DE LA CAMPAGNE IN SITU : du 12 au 15 novembre 2024		

Conformément à la normalisation en vigueur, les sondages ont tous été rebouchés en fin de campagne.

**Remarque relative aux relevés piézométriques :** Lorsque des piézomètres sont disponibles sur chantier (par exemple, dans le cadre d'un suivi piézométrique), nous prenons en compte ces mesures si elles nous sont communiquées. Dans le cas contraire, des mesures ponctuelles de niveau d'eau sont effectuées directement dans les trous de forage, avant leur obturation en fin de chantier. Sauf demande spécifique de la part du Maître de l'Ouvrage, qui doit alors faire la déclaration correspondante auprès de la Police de l'Eau, nous ne posons pas de piézomètre au sens strict du terme.

**Remarque relative aux limites d'exploitation de cette étude :**

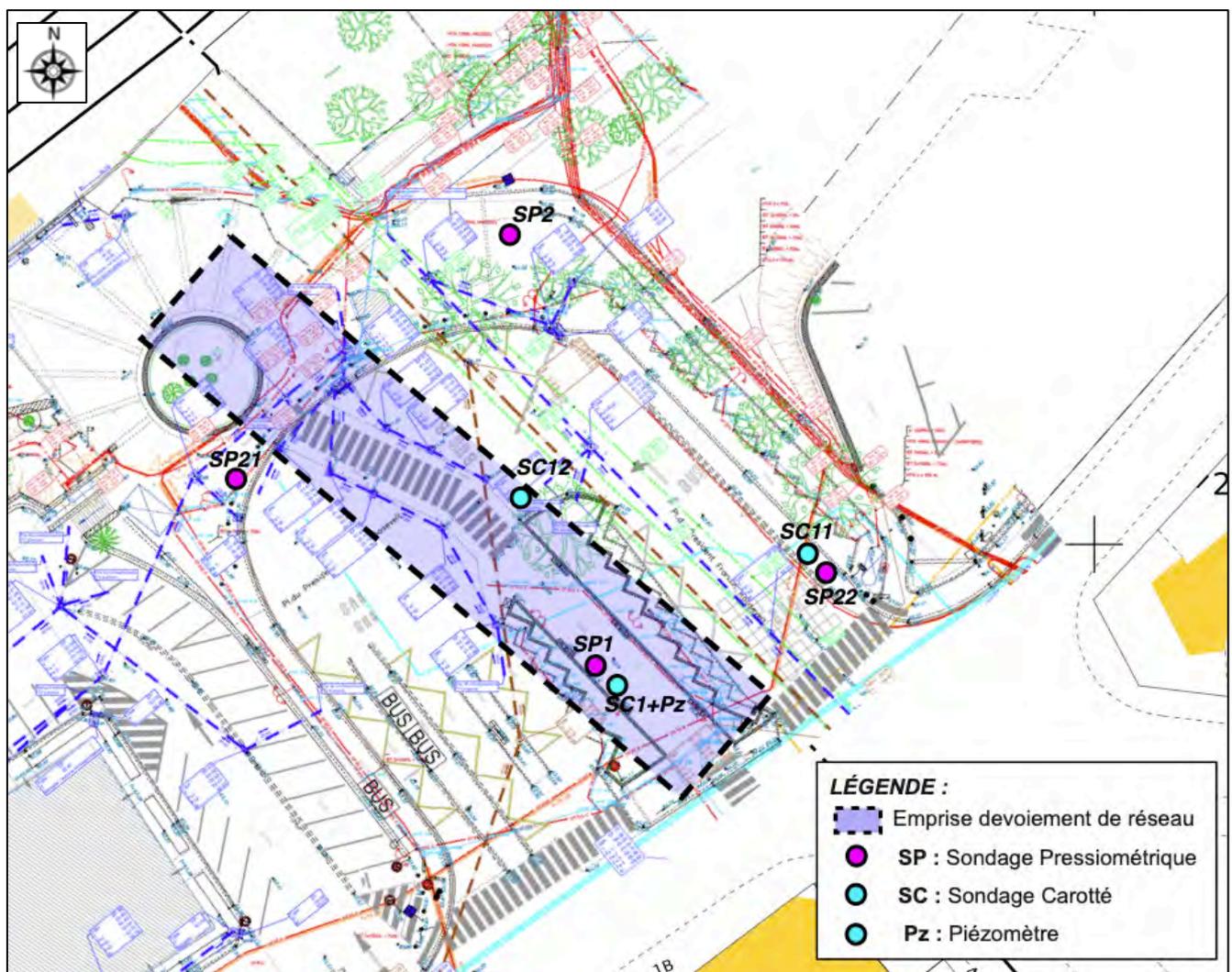
- Ce rapport ne traite pas des VRD au sens large, ces études spécifiques restent du ressort de BET Spécialisés.
- Ce rapport ne traite pas de l'étude des grues de chantier et des grues mobiles qui devra être réalisée par un bureau d'étude spécialisé.

## 2.4. NIVELLEMENT DES TÊTES DE SONDAGES

Les altimétries des têtes de sondages sont données à titre indicatif. Elles sont extrapolées à partir du plan géométrique communiqué et seul un levé de géomètre peut fournir un calage précis des têtes de sondages. Si ce relevé montre des différences, le rapport devra être revu en conséquence :

Sondage	SP1	SP2	SC1 / Pz	SP21	SP22	SC11	SC12
NGF extrapolé	# 63,2	# 61,0	# 63,2	# 61,2	# 63,6	# 63,6	# 62,3

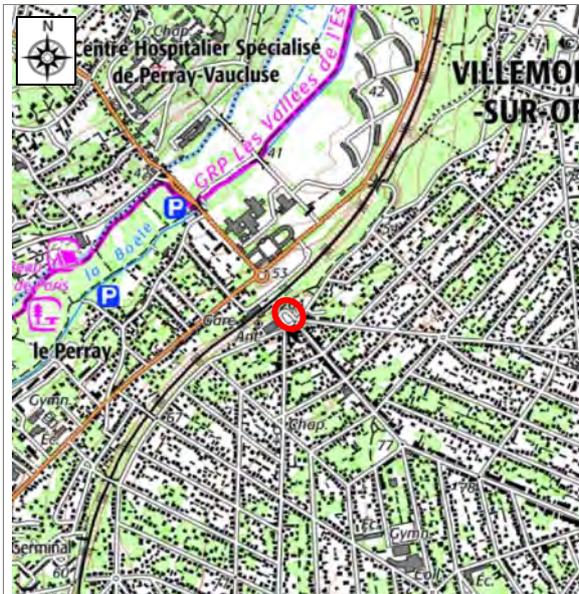
## 2.5. SCHÉMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES



**Remarque :** L'implantation de nos sondages a été fortement contrainte par la grande concentration de réseaux enterrés dans la zone. Préalablement à la réalisation de nos sondages, des avant-trous ont été réalisés afin de se prémunir du risque liés aux réseaux enterrés.

### 3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE

#### 3.1. ÉTUDE DE SITE / SENSIBILITÉ



#### SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le terrain se situe en contexte de coteau, sur le versant Sud-Est de la vallée de l'Orge et de la Boële.

Du fait de ce contexte, le site s'inscrit dans une pente générale orientée vers le Nord-Ouest, c'est-à-dire vers les cours d'eau de l'Orge et de la Boële située respectivement à environ 580 m et 420 m du site.



D'après le plan topographique communiqué nous retiendront une altimétrie du site comprise entre environ 60 NGF et 64 NGF.



#### HISTORIQUE DU SITE

Aussi loin que permet de montrer les anciennes photographies aériennes disponibles sur « remonterletemps.ign.fr », c'est à dire depuis les années 30, le site semble toujours avoir eu un usage de « Place ». On remarquera néanmoins que son architecture a changé avec le temps jusqu'à obtenir une géométrie proche de l'actuel dans les années 70.

On notera également la construction de l'actuelle halle de marché (vouée à la démolition) à l'Ouest de la Place dans les années 30/40 et la construction du parking à l'Est de la Place au début des années 60.



#### SITUATION GÉOLOGIQUE

D'après la carte géologique à l'échelle 1/50.000 de CORBEIL-ESSONNES, la suite lithologique attendue au droit du site, sous les remblais urbains, est la suivante :

- du Complexe de Brie (g<sub>1b</sub>) ;
- des Argiles Vertes (g<sub>1a</sub>) ;
- des Marnes Supragypseuses (e<sub>7c</sub>) ;
- des Masses et Marnes du Gypse / Calcaire de Champigny (e<sub>7b</sub>).

#### Remarque :

La géologie du secteur est marquée par la présence d'un faciès de transition (en vert) entre les Masses et Marnes du Gypse (plutôt au N-O du territoire : en jaune) et le Calcaire de Champigny (plutôt au S-E du territoire : en bleu)



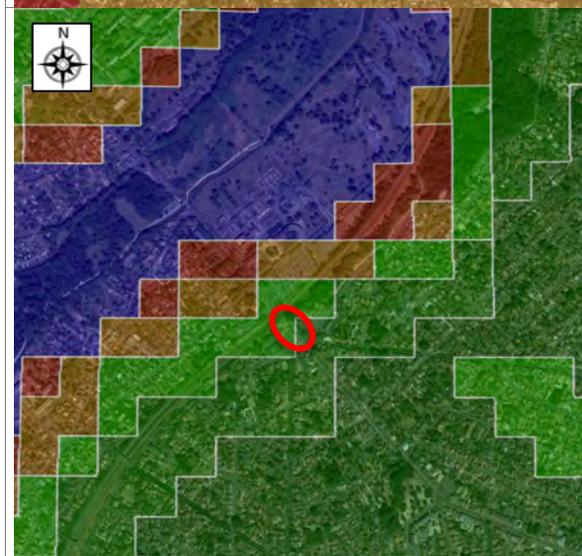


### RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

La parcelle étudiée se situe à cheval entre une zone d'exposition forte et une zone d'exposition moyenne vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles.

Cette exposition, définie par le BRGM est lié à la sensibilité des sols présents en surface mais aussi à la sinistralité enregistrée.

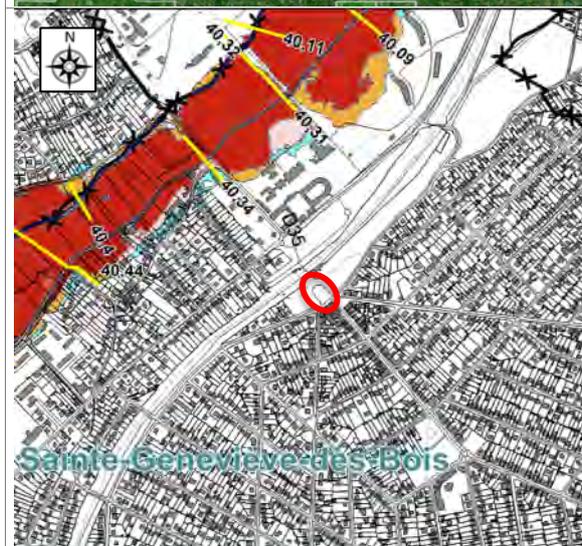
- Exposition forte
- Exposition moyenne
- Exposition faible



### SENSIBILITÉ AUX REMONTÉES DE NAPPE

D'après la carte de sensibilité aux « remontées de nappes et crues », le projet se situe en zone d'aléa faible à très faible.

- Aléa très faible à inexistant
- Aléa très faible
- Aléa faible
- Aléa moyen
- Aléa fort
- Aléa très élevé, nappe affleurante



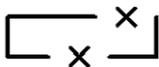
### RISQUE INONDATION PAR DÉBORDEMENT DE COURS D'EAU

D'après le Plan de Prévention des Risques d'Inondation des vallées de l'Orge et de la Sallemouille (*planche 13 de la cartographie réglementaire*), le site se localise hors zone inondable.

#### Zonage réglementaire

- Zone rouge
- Zone orange
- Zone saumon
- Zone ciel
- Zone verte

#### Élément de repérage

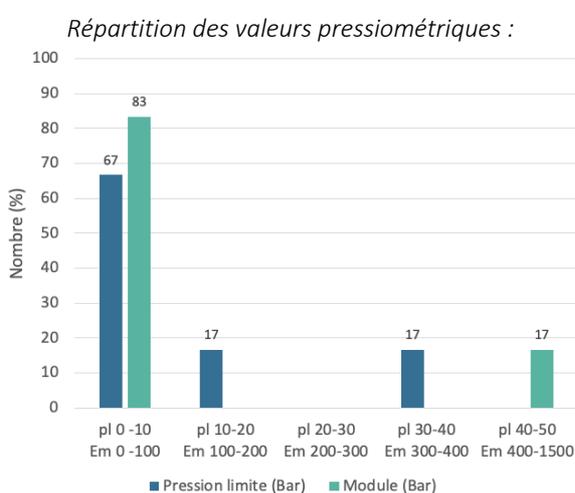
-  Limites communales
-  Lit mineur et plan d'eau
-  Cote de la ligne d'eau pour la crue de référence

### 3.2. BILAN DE SENSIBILITÉ

Type d'aléa	Niveau de risque
Retrait / gonflement des sols argileux	Exposition moyenne à forte d'après le BRGM
Inondation par débordement d'un cours d'eau	Hors zone inondable d'après le PPRI
Mouvement de terrain.	Hors zone d'aléa
Extraction souterraine de matériaux	Aléa faible. Pas d'exploitation de matériaux connue
Extraction à ciel ouvert de matériaux.	Aléa faible. Pas d'exploitation de matériaux connue
Sismicité	Zone I très faible.

### 3.3. NATURE DES SOLS / PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES

Les campagnes de reconnaissances effectuées dans les cadres des études de conception de la Halle marché ont permis d'interpréter la suite lithologique suivante, au droit de nos sondages :

Complexe de Brie																							
<b>Description stratigraphique</b> En tête de forage, sous la couche d'enrobé et la couche de forme, les terrains sont composés d'abord d'argile marron rougeâtre parfois sableuse et comportant une proportion importante de cailloux calcaires et de blocs de meulières. Sous ce faciès sont rencontré des marnes calcaireuses jaunâtres à beige crème et ce jusqu'à environ 3 m de profondeur/TN.  Nous rattachons ces terrains au Complexe de Brie puisque qu'en effet cette formation est composée d'après la bibliographie de la succession : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Argile à Meulières de Brie, c'est dire un faciès d'altération du Calcaire de Brie proprement dit.</li> <li>- Marno-calcaire de Brie.</li> </ul> Au droit du carottage SC1, cette transition de faciès est bien identifiée à 2,1 m de profondeur/TN.			<b>Caractéristiques mécaniques</b> Malgré une ou deux valeurs élevées très certainement liés à présence de blocs de meulières, la moyenne des valeurs mesurée dans la formation reste faible :																				
			Répartition des valeurs pressiométriques :																				
			 <table border="1"> <caption>Répartition des valeurs pressiométriques</caption> <thead> <tr> <th>Pl / Em (Bar)</th> <th>Pression limite (Bar) (%)</th> <th>Module (Bar) (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>pl 0 -10 / Em 0 -100</td> <td>67</td> <td>83</td> </tr> <tr> <td>pl 10-20 / Em 100-200</td> <td>17</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>pl 20-30 / Em 200-300</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>pl 30-40 / Em 300-400</td> <td>17</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>pl 40-50 / Em 400-1500</td> <td>0</td> <td>17</td> </tr> </tbody> </table>			Pl / Em (Bar)	Pression limite (Bar) (%)	Module (Bar) (%)	pl 0 -10 / Em 0 -100	67	83	pl 10-20 / Em 100-200	17	0	pl 20-30 / Em 200-300	0	0	pl 30-40 / Em 300-400	17	0	pl 40-50 / Em 400-1500	0	17
Pl / Em (Bar)	Pression limite (Bar) (%)	Module (Bar) (%)																					
pl 0 -10 / Em 0 -100	67	83																					
pl 10-20 / Em 100-200	17	0																					
pl 20-30 / Em 200-300	0	0																					
pl 30-40 / Em 300-400	17	0																					
pl 40-50 / Em 400-1500	0	17																					
<b>Remarques :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les argiles à Meulières de Brie sont très inégalement réparties et peuvent donc être absentes ou en empochements dans le marno-calcaire de Brie. De plus les éléments de meulières peuvent être de taille variée (caillou, bloc, entablement,...).</li> <li>- Le Calcaire de Brie peut présenter des bancs plus ou moins épais de calcaire Rocheux, parfois silicifiés et très durs.</li> </ul>																							
Statistiques sur les valeurs pressiométriques																							
Nombre de valeurs			6																				
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne – $\frac{1}{2} \sigma$																		
PI (Bar)	5,9	38,0	10,5	12,2	4,4																		
Em (Bar)	34	574	76	213	-																		

## Argile Verte

### Description stratigraphique

Sous le Complexe de Brie, nos sondages ont traversé la formation des Argiles Vertes et ce jusqu'à environ 6,5/7,5 m de profondeur/TN.

#### Rappels sur le retrait-gonflement :

Les Argiles Vertes sont susceptibles de connaître des mouvements du fait de :

**- La variation de la teneur en eau du milieu.**

Ces mouvements sont liés à la structure interne des minéraux argileux (la fraction argileuse étant, par convention, constituée des éléments dont la taille est inférieure à 2  $\mu\text{m}$ ). Ces minéraux argileux présentent en effet une structure en feuillets, à la surface desquels les molécules d'eau peuvent s'adsorber, sous l'effet de différents phénomènes physico-chimiques, provoquant alors un gonflement du matériau.

La tranche superficielle de sol est soumise à l'évaporation. Il en résulte alors un retrait des argiles, qui se manifeste verticalement par un tassement. L'amplitude de ce tassement est d'autant plus importante que la couche de sol argileux concernée est épaisse. Par ailleurs, la présence de drains et d'arbres (dont les racines pompent l'eau du sol jusqu'à 5 m de profondeur) accentue l'ampleur du phénomène en augmentant l'épaisseur de sol asséché.

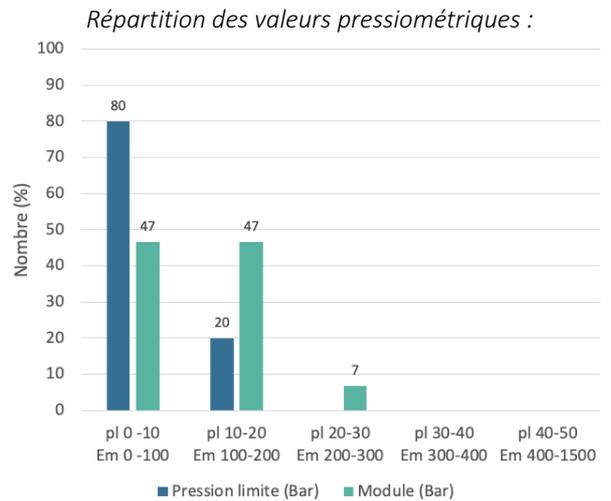
Ces terrains sont extrêmement sensibles aux remaniements de fonds de fouille (intempérie, circulation...).

**- La détente élastique.**

On peut assimiler l'argile à un ressort qui se détend lors des terrassements. Ce phénomène est d'autant plus important que la décharge est importante.

### Caractéristiques mécaniques

L'ensemble des essais réalisés dans les Argiles Vertes montrent globalement d'assez faibles caractéristiques mécaniques et sont particulièrement homogènes :



### Statistiques sur les valeurs pressiométriques

Nombre de valeurs			15		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne - $\frac{1}{2} \sigma$
<b>Pl (Bar)</b>	7,6	14,5	9,5	1,7	8,6
<b>Em (Bar)</b>	49	206	104	39	85

### Formations Ludiennes

#### Description stratigraphique

Sous les Argiles Vertes, les terrains sont composés de marnes beiges crème parfois légèrement verdâtres à grisâtres. Ces marnes sont d'abord plutôt argileuses en tête jusqu'à environ 16,5/17 m de profondeur, puis compactes jusqu'à environ 25/26,5 m de profondeur, pour redevenir plus tendre en fond de forage.

Par corrélation avec les données bibliographiques, nous rattachons ces terrains aux formations Ludiennes correspondant ainsi aux Marnes Supragypseuses (Marne de Pantin et Marnes d'Argenteuil) et au faciès de transition entre les Masses et Marnes du Gypse et le Calcaire de Champigny.

#### Caractéristiques pressiométriques

Vis-à-vis des caractéristiques pressiométriques mesurées dans l'ensemble de cette formation, nous distinguons donc 3 couches :

- **Couche 1 Tendre, (marne argileuse)** : jusqu'à environ 16,5/17 m de profondeur/TN.
- **Couche 2 Raide (marne calcaire)** : jusqu'à 25/26,5 m de profondeur/TN.
- **Couche 3 Tendre (marne argileuse)** : jusqu'à la base de nos sondages, soit jusqu'à environ 30 m de profondeur/TN.

Des bancs indurés sont attendus dans cette formation (bancs calcaire). En effet, plusieurs modules pressiométriques supérieures à 500 Bar ont été mesurés dans les sondages (couche 2).

#### Statistiques sur les valeurs pressiométriques de la couche 1

Nombre de valeurs			32		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne – $\frac{1}{2} \sigma$
Pl (Bar)	6,7	16,5	11,1	2,9	9,6
Em (Bar)	40	334	130	71	94

#### Statistiques sur les valeurs pressiométriques de la couche 2

Nombre de valeurs			23		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne – $\frac{1}{2} \sigma$
Pl (Bar)	8,5	>60	36,4	12,0	30,4
Em (Bar)	44	>1500	455	291	310

#### Statistiques sur les valeurs pressiométriques de la couche 3

Nombre de valeurs			4		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne – $\frac{1}{2} \sigma$
Pl (Bar)	4,5	21,0	10,3	-	-
Em (Bar)	45	146	81	-	-

### 3.4. EAU PHRÉATIQUE

Lors de notre intervention de 2023 dans le cadre de la conception de la Halle marché, nous avons posé sur site un ouvrage piézométrique dans le sondage carotté **SC1** (voir plan d'implantation en page 7). Les caractéristiques de l'ouvrage et le niveau d'eau mesuré en 2023 sont présentés dans le tableau suivant :

Ouvrage	Cote TN (NGF)	Repère	Diamètre (mm)	Profondeur (m/TN)	Crépines (m/TN)	Mesure du 24/02/2023	
						(m/TN)	(NGF)
SC1+PZ	#63,2	Bouche à clé à 0,0 m/TN	51/60	10,0	De 1,0 à 9,0	7,3	# 55,9

De plus, dans le cadre des études voiries des piézomètres ont également été posés sur site en juillet 2024 (voir plan d'implantation ci-dessous) :



Les caractéristiques de ces ouvrages complémentaires ainsi que résultats de quelques mesures prises lors de leurs suivis sont données dans le tableau ci-dessous :

Ouvrage	Cote TN (NGF)	Repère	Diamètre (mm)	Profondeur (m/TN)	Mesure du 12/07/24		Mesure du 12/08/24		Mesure du 11/09/24		Mesure du 10/10/24		Mesure du 14/11/24	
					(m/TN)	(NGF)								
T3-5m	63,94	Bouche à clé à 0,0 m/TN	51/60	5,0	3,80	<b>60,14</b>	3,71	<b>60,23</b>	3,74	<b>60,20</b>	3,21	<b>60,73</b>	3,68	<b>60,26</b>
T4-15m	65,94	Bouche à clé à 0,0 m/TN	51/60	15,0	7,80	<b>58,14</b>	7,83	<b>58,11</b>	7,85	<b>58,09</b>	7,65	<b>58,29</b>	7,74	<b>58,20</b>

**Remarque :** bien que le plan d'implantation ci-dessus présente l'ouvrage **T3-15m**, nous avons fait le choix de ne pas le considérer dans notre étude. En effet, celui-ci montre des fluctuations du niveau d'eau très importantes et anormales, ce qui laisse supposer un problème d'étanchéité (ouvrage alimenté par le dessus lors des épisodes pluvieux).

Ainsi, les niveaux mesurés dans les ouvrages présents sur site montrent la présence de 2 « nappes » :

- Une « **nappe superficielle** » captée par l'ouvrage T3-5m vers 60,0/60,5 NGF. Celle-ci circule dans le complexe de Brie sur une faible épaisseur et est soutenue par la formation des Argiles Vertes sous-jacentes (considérée comme imperméable). Cette nappe est tributaire des infiltrations consécutives aux aléas climatiques et peut être sujette à des fluctuations non négligeables ; notamment pendant les périodes climatiques défavorables.
- Une « **nappe à priori captive** » mesurée au droit des ouvrages SC1+PZ et T4-15m. Il s'agit ici de la nappe des Marnes Supragypseuses mesurée vers 58,0/58,3 NGF (période de juillet à novembre 2024) en T4 et vers 56 NGF en (février 2023).

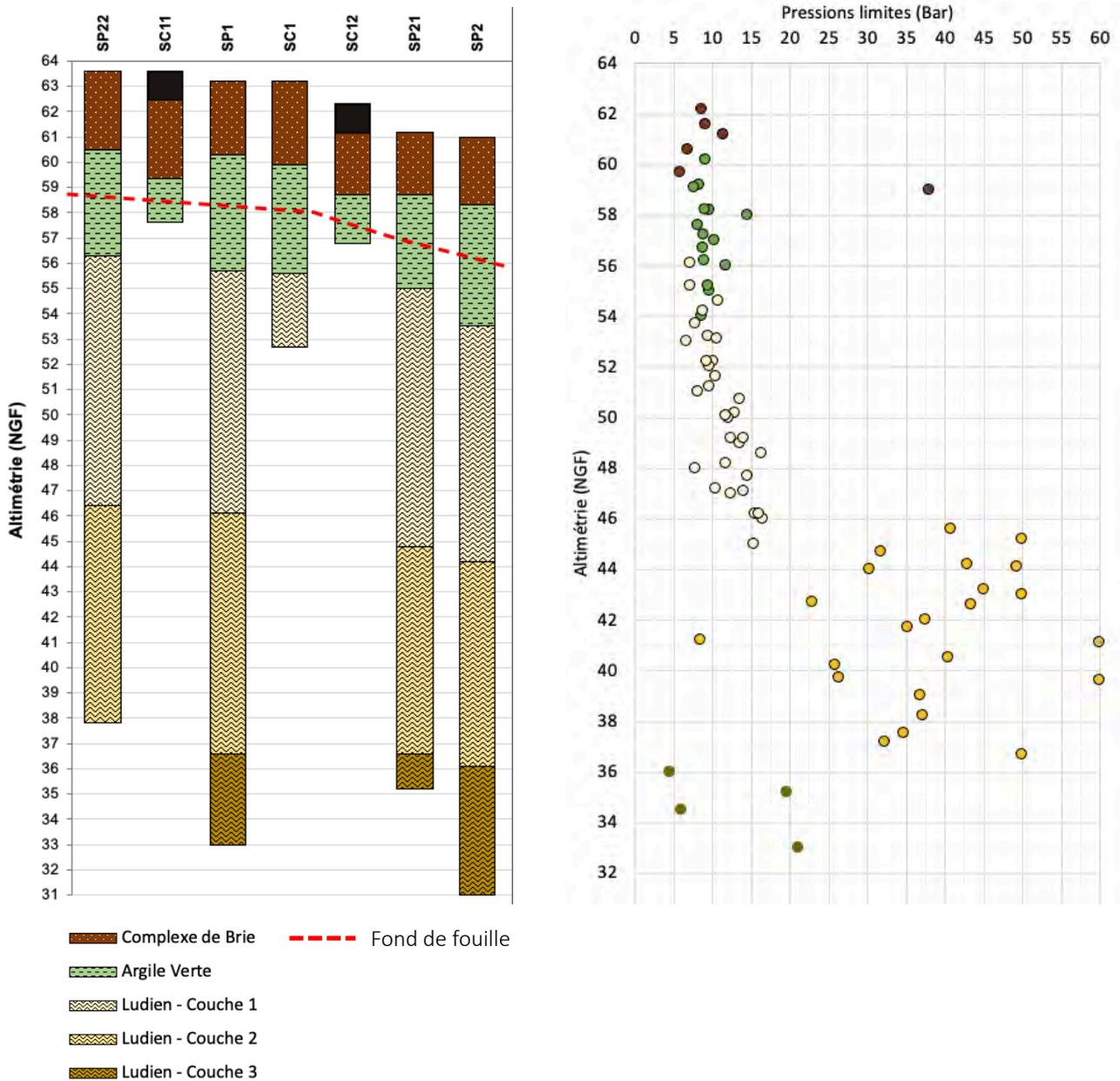
A noter qu'un suivi piézométrique est en cours sur les différents ouvrages posés sur site. L'intégralité de ce suivi provisoire à date est présenté dans le rapport d'étude hydrogéologique NPHE rédigé par SOLER IDE (référéncé N°118017 SC MAS 08a)

### 3.5. ESSAIS DE CISAILLEMENT CD

Les 2 sondages carottés SC11 et SC12 ont permis la réalisation de 4 essais de cisaillement Consolidés et Drainés. Ces essais en laboratoire sont en cours. **Leurs résultats seront intégrés dans le rapport définitif.**

### 3.6. SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE

Les figures ci-dessous indiquent les logs stratigraphiques interprétés au droit de chaque sondage en fonction de l’altimétrie ainsi que la répartition des Pressions Limites mesurés en fonction de l’altimétrie :



Le tableau ci-dessous indique le modèle géomécanique à retenir pour le dimensionnement des ouvrages géotechniques :

Couche de sol	Base (NGF)	PI (Bar)	Em (Bar)	$\alpha$
Complexe de Brie	# 58 à 60	7	70	0,66
Argile Verte	# 53,5 à 56	9	90	0,66
Ludien - Couche 1	# 44 à 46,5	10	100	0,5
Ludien – Couche 2	# 36 à 36,5	35	400	0,5
Ludien – Couche 3	< 31	8	80	0,5

## 4. OBJET DES TRAVAUX

### 4.1. PRÉSENTATION DES TRAVAUX

Dans le cadre du vaste projet de réhabilitation du quartier de la gare de Sainte-Geneviève des Bois, il est prévu de dévier un réseau EU / EP. Pour ce faire, il est prévu la réalisation d'une fouille/tranchée d'environ 5 m de profondeur pour la pose du nouveau réseau. L'emprise supposée de la future tranchée est matérialisée ci-après :



*Emprise approximative de la fouille prévue*

### 4.2. APPROCHE DE LA Z.I.G – MITOYENS

#### 4.2.1. ZONE D'INFLUENCE GÉOTECHNIQUE

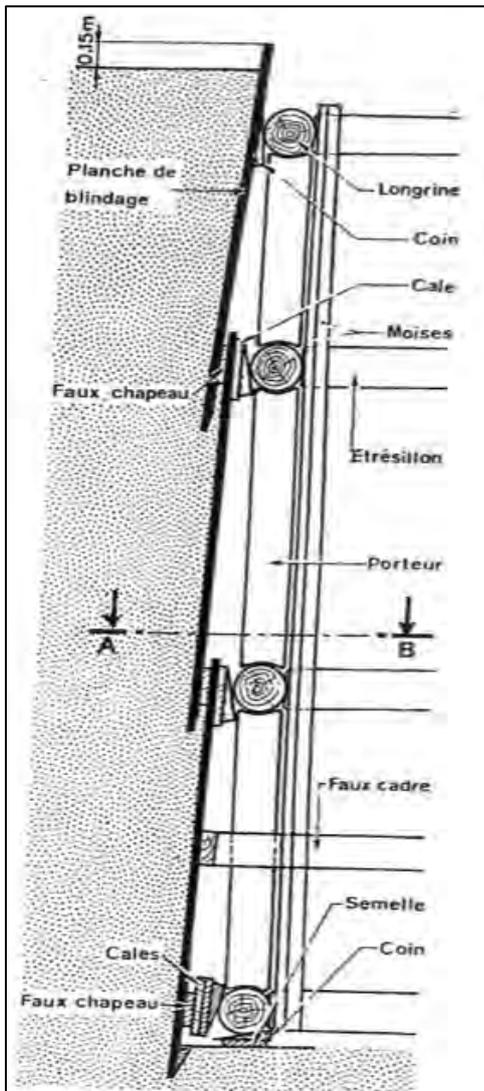
Pour une fouille d'une profondeur d'environ 5 m, la Zone d'Influence Géotechnique (Z.I.G) sera de l'ordre de 3 fois la hauteur de la fouille, soit un périmètre maximum d'environ 15 m autour de la fouille.

#### 4.2.2. MITOYENS

Les travaux de terrassements envisagés ne comportent pas de mitoyens immédiats à l'exception des voiries et des nombreux réseaux enterrés.

## 5. GÉOTECHNIQUE DES TERRASSEMENTS

### 5.1. PRÉCONISATION DE FOUILLE BLINDÉE



Pour une fouille de faible largeur (tranchée) et compte-tenu du contexte et de la profondeur à atteindre (environ 5 m), les terrassements devront se faire à l'abri d'un dispositif de blindage. Ce dernier permettra d'éviter les phénomènes de décompression des sols.

Le dimensionnement des blindages devra tenir compte du modèle de terrain défini ci-après.

#### Préconisations générales d'exécution :

Les blindages seront à disposer à l'avancement de l'ouverture de la tranchée. Les longueurs d'excavation avant pose des blindages seront limitées :

- à 4,0 m de longueur pour des excavations < 1,5 m de hauteur
- à 3,0 m de longueur pour des excavations comprises entre 1,5 et 2,0 m de hauteur

Une méthodologie de pose des blindages sera à fournir par l'entreprise réalisant ces travaux.

#### Remarque :

La présence d'éléments durs au sein du Complexe de Brie (blocs de meulières / blocs de calcaires indurés et ou silicifiés) pourra nécessiter l'usage d'engins de terrassement adaptés (piqueur ou BRH).

Schéma de principe illustrant le blindage d'un puits avec planches verticales

### 5.2. CARACTÉRISTIQUES DES TERRAINS

Les paramètres de sol à retenir pour les calculs des blindages sont résumés dans le tableau ci-dessous :

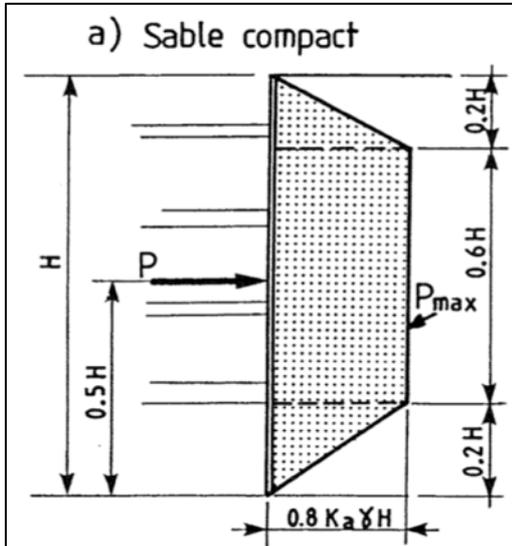
Couche de sol	Base	$\gamma$	$\phi'$	$C'$
-	m/TN	kN/m <sup>3</sup>	°	kPa
Complexe de Brie	3,0	20	25	0
Argile Verte	5,0 (fond de fouille)	20	15	5

Remarque : Dans l'attente des résultats des essais en laboratoire (essais de cisaillement) nous considérons à ce stade des valeurs de caractéristiques intrinsèques ( $C'$  et  $\phi'$ ) usuelles pour ce type de formations géologiques.

En l'absence de bâtiment mitoyen immédiat aux terrassements, on considérera simplement une surcharge de chantier de 10 kPa en tête des soutènements.

## 5.3. PRÉ-DIMENSIONNEMENT

### 5.3.1. POUSSÉE DES TERRES SUR PUIITS/TRANCHÉES BLINDÉS



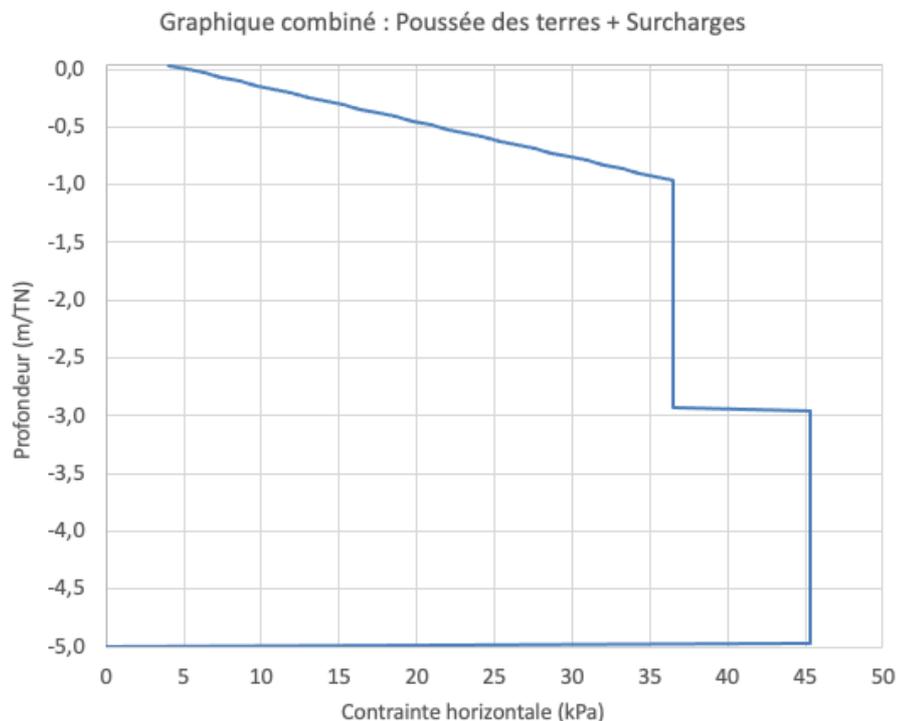
Pour les ouvrages blindés, on retiendra le diagramme proposé pour les sables compacts selon TERZAGHI (*diagramme ELS sans pondération retenu par défaut sur toute la hauteur de la fouille*).

Le diagramme ci-dessous illustre la poussée des terres ELS sur puits blindé en considérant :

- le modèle géotechnique défini au paragraphe 5.2.
- une **surcharge uniforme de 10 kPa** sur la surface libre simulant les circulations de chantier ou les circulations routières.
- une hauteur de puits de **5 m** ;

Dans ce cas de figure :

- **Pmax : 45 kPa** ;
- **Résultante P = 185 kN/ml**



## 6. GESTION DE L'EAU PHRÉATIQUE

### 6.1. NIVEAUX D'EAU CONNUS À CE STADE

D'après les informations disponibles à ce stade, le site concerné par la présence d'une « **nappe superficielle** » qui circule dans le complexe de Brie et qui est soutenue par la formation des Argiles Vertes sous-jacentes (considérée comme imperméable).

L'étude hydrogéologique provisoire établie par SOLER IDE dans le cadre du projet Halle marché (document du 22/11/2024) a permis à ce stade de définir les niveaux caractéristiques suivant :

	Remontées (m)	Cotes amont (m NGF)	Cotes aval (m NGF)
Niveau d'eau moyen	/	62,3	60,4
Hauteur d'eau basse caractéristique Eh	/	< 61,9	< 60
Battement Régional Br	Erreur ! Source du renvoi introuvable.	63,3	61,4

### 6.2. PRÉCONISATIONS GÉNÉRALES

Les terrassements généraux prévus rencontreront des venues d'eau liées à nappe superficielle du Brie.

Dans ce contexte, un dispositif de pompage est donc à prévoir afin d'assainir la tranchée et permettre la mise en œuvre du lit de pose de la canalisation dans de bonnes conditions.

Il pourra s'agir de petits puits busés régulièrement espacés dans la tranchée (l'espacement sera adapté aux quantités d'eau recoupées). Les fouilles seront dressées avec une légère pente dirigée vers les puits de collectes.

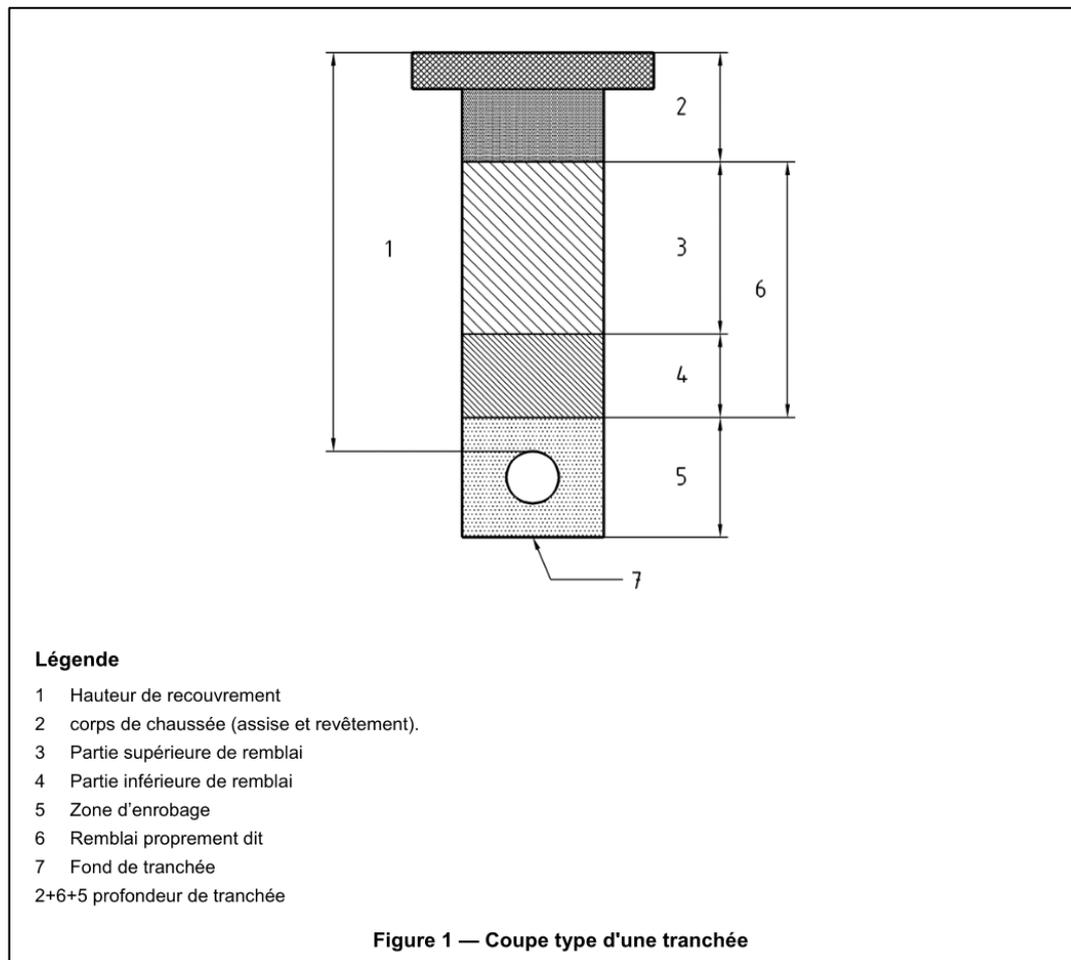
Afin d'assurer la praticabilité du fond de tranchée, et faciliter le drainage, la mise en œuvre d'une couche de forme en matériaux granulaires, insensibles à l'eau est conseillée à l'avancement du réglage du fond de tranchée (graves concassées par exemple).

Les opérations de pompages sont encadrées par un contexte administratif strict. Un dossier Loi sur l'Eau devra être établie. Il précisera la faisabilité du rabattement, l'ordre de grandeur des débits attendus et les possibilités d'exhaure.

## 7. LIT DE POSE - REMBLAIS TECHNIQUES

Les remblais de tranchée sont encadrés par la norme NF P 98-331 de 2020. Des précautions particulières doivent être prises en compte.

La coupe type du remblai de tranchée est rappelée ci-dessous :



### 7.1. ZONE D'ENROBAGE

Le réseau à poser n'est pas encore définie, ni les profondeurs de fil d'eau. Toutefois une fouille de 5 m de hauteur est attendue pour la mise en place du réseau.

La fouille sera nécessairement supérieure à 1,30 m de profondeur ; la mise en place d'un blindage adapté est obligatoire.

#### 7.1.1. LIT DE POSE

Les résultats des essais pressiométriques exécutés laissent présager d'un module d'élasticité dans l'Argile verte de l'ordre de  $E = 15 \text{ MPa}$ .

Le fond de fouille devra être purgée des zones remaniées. Comme indiqué en page 20, la mise en œuvre d'une couche de matériaux granulaires à l'avancement du réglage du fond de tranchée est conseillée au vue de la nature argileuse des sols en fond de fouille et de la présence d'eau.

Il pourra s'agir d'une Grave non traitée de calibre 0/20, compactée en qualité **q4**, sur une épaisseur de 20 cm minimum.

### 7.1.2. ENROBAGE

Le Dmax du matériau constitutif de l'enrobage devra être choisie en conformité avec le DN du réseau à poser, non connu à ce jour.

L'enrobage de la canalisation prévoira une hauteur de recouvrement de 10 cm.

L'objectif de densification recherché sera **q4** ; **q5** sera toléré pour une hauteur de recouvrement supérieure à 1,30 m, ou si la densité de réseaux en place l'exige.

### 7.2. PARTIE INFÉRIEURE DE REMBLAI (PIR)

La partie inférieure de remblai sera compactée en qualité **q4**. Elle sera constituée de matériaux graveleux d'apport insensibles à l'eau. Les classes **D2** ou **B3** seront acceptées. L'épaisseur du remblai de la PIR sera à adapter en fonction de la profondeur de la zone d'enrobage et la cote de la Partie Supérieure de Remblai (PSR).

Le compactage de la PIR sera exécuté par couches unitaires suivant le guide de remblayage des tranchées (Ed SETRA / LCPC de 1994).

### 7.3. PARTIE SUPÉRIEURE DE REMBLAI (PSR)

La partie supérieure de remblai sera compactée en qualité **q3**. Elle sera constituée de matériaux graveleux d'apport insensibles à l'eau. Les classes **D2** ou **B3** seront acceptées. L'épaisseur de la PSR sera de 0,50 m.

Le compactage de la PSR sera exécuté par couches unitaires suivant le guide de remblayage des tranchées (Ed SETRA / LCPC de 1994).

Une portance de 50 MPa (Plaque statique LCPC suivant NF P 94-117-1 ou Dynaplaque II selon NF P 94-117-2) est exigée en surface de la PSR.

---

*Nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage pour tous renseignements complémentaires.*

Le Contrôle interne,  
*Simon COUTAZ*

Le Responsable de l'étude  
***Clément CHALMIN***

## 8. ANNEXES

### DANS LE CORPS DU RAPPORT - NUMÉROTÉES

- MISSIONS
  
- RELEVÉS DES REMONTÉES DE CUTTINGS
  
- RELEVÉS ET PHOTOGRAPHIES DU SONDAGE CAROTTÉ

### PIÈCES JOINTES – NON NUMÉROTÉES

- LOGS PRESSIOMÉTRIQUES ET DIAGRAPHIES
  
- ESSAIS EN LABORATOIRE : PV DES ESSAIS D'AGRESSIVITÉ DES SOLS
  
- LIMITE D'EXPLOITATION DU RAPPORT

## MISSIONS

L'enchaînement de chacune de ces 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 pertinentes issues d'investigations géotechniques appropriées.

### ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission, comprenant deux phases, 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.

#### Phase Étude de Site (ES)

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

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

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse ou d'APS et permet de réduire les conséquences sur les futurs ouvrages des risques géotechniques majeurs identifiés en cas de survenance. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques pertinentes.

- 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 une synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, modes de fondations possibles, contraintes pour les terrassements et la création d'ouvrages enterrés, améliorations de sols possibles) ainsi que certains principes généraux de construction envisageables.

### ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission, comprenant trois phases, permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés en cas de survenance. 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.

#### Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet global. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques pertinentes.

- 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 avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

#### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet global. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques pertinentes et suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier comprenant la 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 avoisnants), certaines notes de calcul de dimensionnement, une approche des quantités et des valeurs seuils.

#### Phase DCE / ACT

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

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

### ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

#### ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)

Se déroulant en deux phases interactives et indissociables, 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.

##### Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

##### Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

#### SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)

Se déroulant en deux phases indissociables, 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.

##### Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

##### Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

#### DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

## REMONTÉES DE CUTTINGS

Les coupes des sondages données ci-après sont fournies à titre indicatif. Compte tenu de la méthode de relevé (*observation des remontées de cuttings*), ces coupes sont imprécises et ne pourront nous être opposables dans le cadre d'un marché forfaitaire de fondations, même si les quantités estimées par l'entreprise venaient à être différentes de celles réellement mises en place.

Seul un criblage par carottage ou puits à la pelle, réalisé dans le cadre des missions G2/G3/G4, permettrait d'engager notre responsabilité sur les quantités et coût relatifs aux fondations.

- Sondage SP1 # 63,2 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0 à 1	<i>Avant-trou</i>
1 à 5	Argile orangé marron avec des blocs
5 à 12	Argile verte
12 à 16	Marne blanche
16 à 24	Calcaire blanc beige
24 à 30,2	Marne grisâtre

- Sondage SP2 # 61,0 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0 à 1,3	<i>Avant-trou</i>
1,3 à 2,7	Argile avec meulière
2,7 à 10	Marne beige verte argileuse
10 à 14	Marne beige argileuse
14 à 15	Marne gris bleuté légèrement verdâtre
15 à 25	Marne blanche
25 à 30	Marne bleuté grisâtre argileuse

▪ Sondage SP21 # 61,2 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0 à 1,3	<i>Avant-trou</i>
1,3 à 2,5	Argile marron orangé avec blocs de meulière
2,5 à 4,4	Argile marneuse jaunâtre
4,4 à 6,2	Argile crème verdâtre
6,2 à 7,0	Argilo-marneux beige rosé
7,0 à 13,5	<i>Perte d'injection</i>
13,5 à 14,0	Marne argileuse beige
14,0 à 20,5	Marne argileuse grisâtre plus ou moins foncé
20,5 à 24,1	Marne argileuse crème
24,1 à 26,0	Argile marron clair

▪ Sondage SP22 # 63,6 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0 à 1,3	<i>Avant-trou</i>
1,3 à 3,1	Argile marron orangé avec blocs de meulière
3,1 à 7,8	Argilo-marneux beige verdâtre
7,8 à 12,6	<i>Perte d'injection</i>
12,6 à 14,8	Marno-argileux beige verdâtre
14,8 à 25,8	Marne argileuse grisâtre

## RELEVÉ DU SONDAGE CAROTTÉ

Seul un criblage par carottage ou puits à la pelle, réalisé dans le cadre des missions G2/G3/G4, permettrait d'engager notre responsabilité sur les quantités et coût relatifs aux fondations.

- Sondage SC1 # 63,2 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 0,5	Argile marron rougeâtre avec des cailloux calcaires et des blocs de meulières
0,5 à 1,0	Sable argileux beige grisâtre avec des silex, des cailloux calcaires et des rognons de meulières
1,0 à 1,5	Argile marron avec des cailloux calcaires et des rognons de meulières
1,5 à 1,75	<i>Manque</i>
1,75 à 2,1	Argile marron clair avec des cailloux calcaires et des rognons des blocs de meulières
2,1 à 2,6	Marne jaunâtre
2,6 à 3,3	Marno-calcaire beige crème
3,3 à 4,3	Argile vert foncé
4,3 à 4,6	Passage brouillé d'argile verte mélangé avec une argile marron
4,6 à 6,7	Argile vert foncé
6,7 à 7,2	Argile vert plus pâle et devenant plus grisâtre à la base
7,2 à 7,6	Marne marron légèrement violacé
7,6 à 8,3	Marne crème grisâtre légèrement verdâtre
8,3 à 9,1	Marne crème grisâtre
9,1 à 10,5	Marne argileuse verdâtre pâle



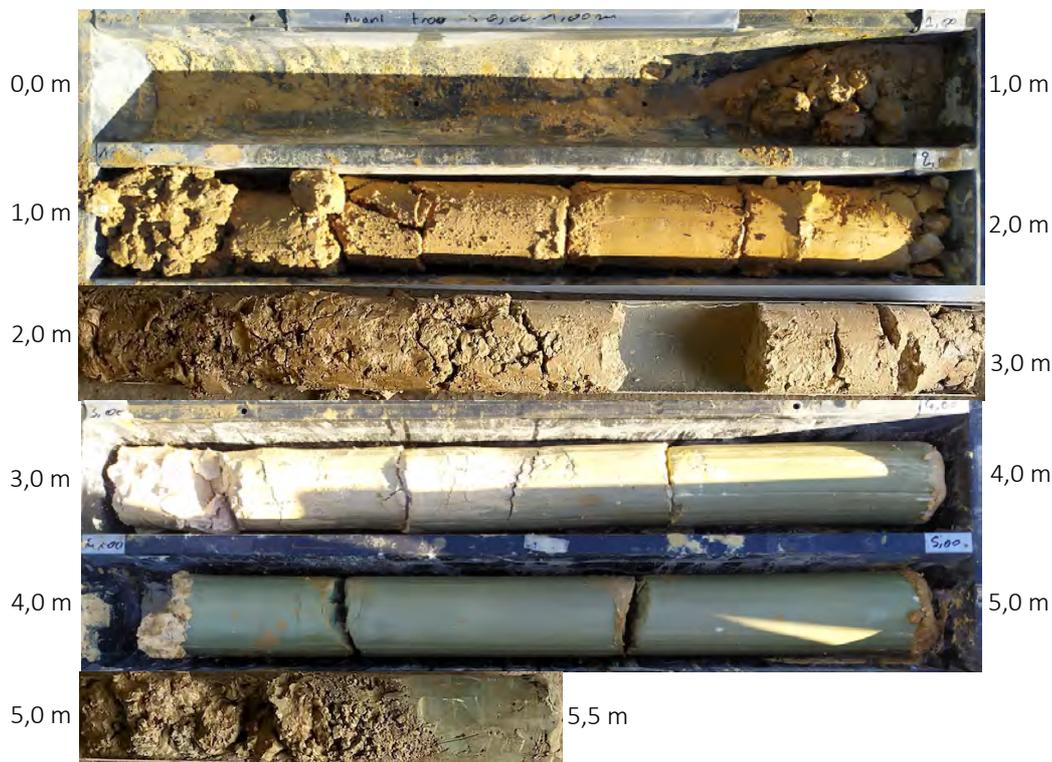
▪ Sondage SC11 # 63,6 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 1,0	<i>Absence de remontée (avant-trou)</i>
1,0 à 1,8	Argile marron clair orangé avec des cailloux et des blocs calcaires et des rognons de meulière
1,8 à 2,1	Argile marron rougeâtre avec des cailloux calcaires
2,1 à 2,8	Argile marron clair avec des cailloux et des blocs calcaires
2,8 à 3,0	Marno-calcaire beige marron clair
3,0 à 3,7	<i>Manque</i>
3,7 à 3,75	Bloc calcaire silicifié beige-ocre à tendance meulière
3,75 à 4,25	Marne argileuse beige brunâtre à veines grisâtres à fragments calcaires
4,25 à 6,0	Argile plastique verte à veines marrons et quelques nodules calcaires

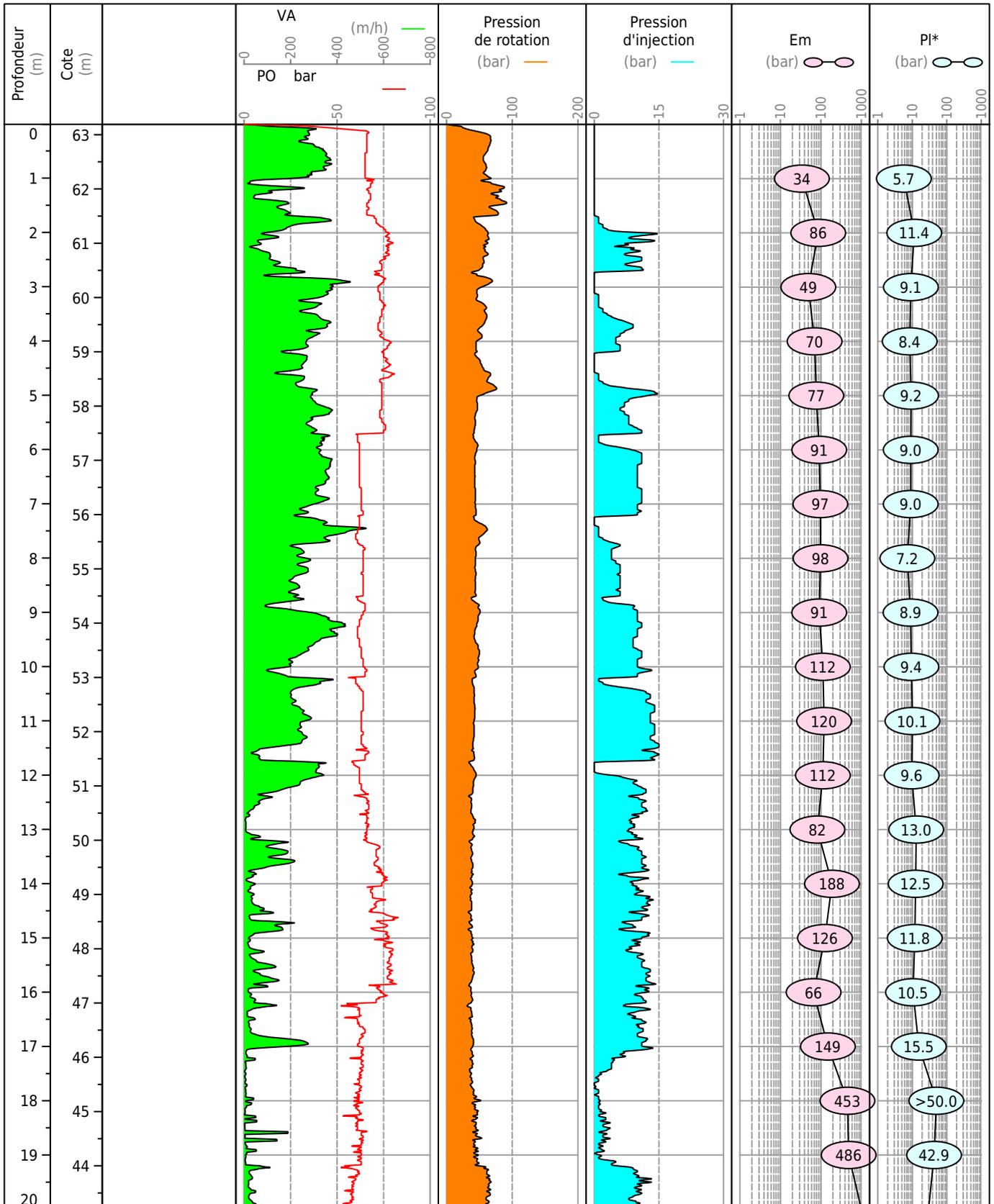


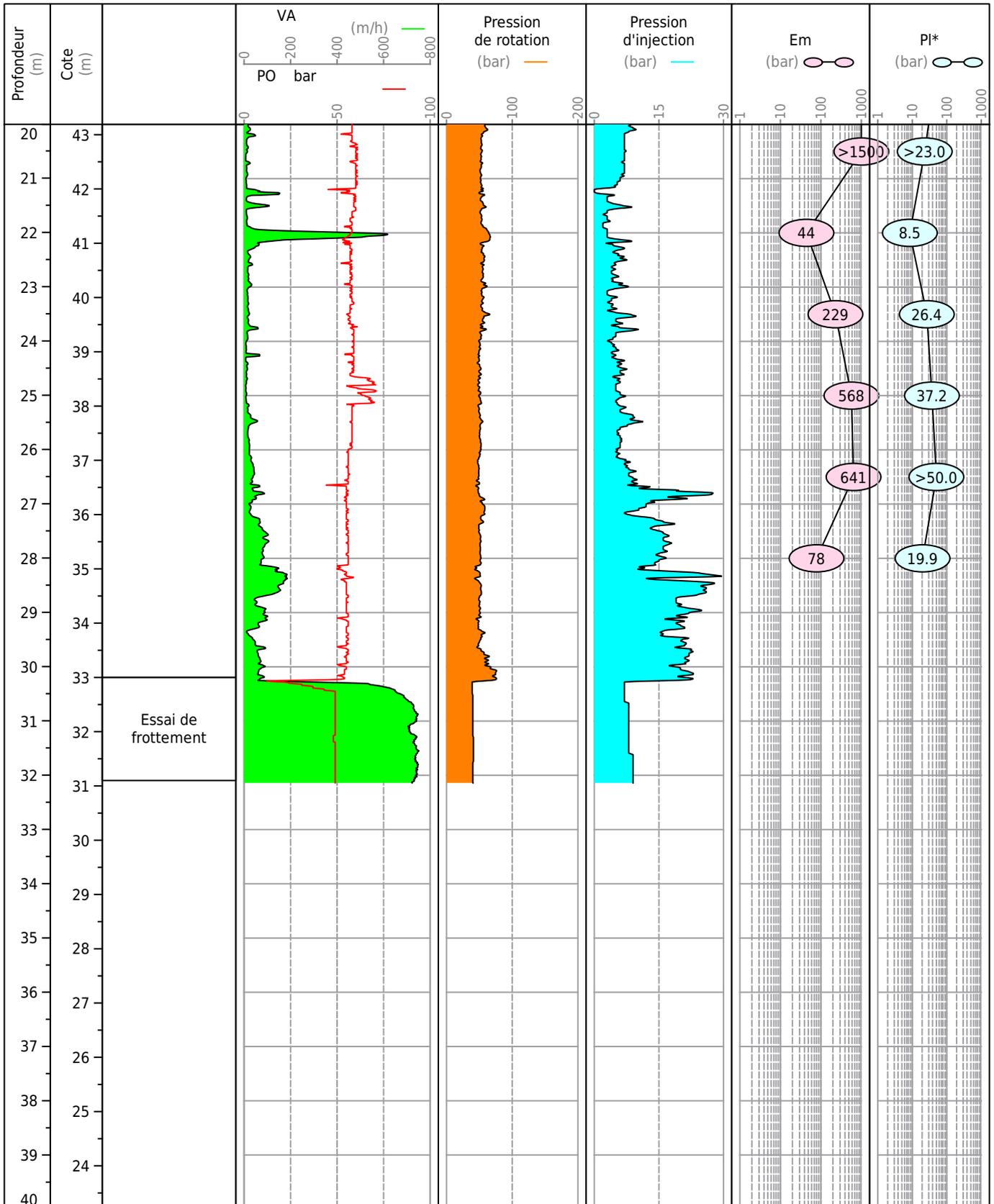
▪ Sondage SC12 # 62,3 NGF

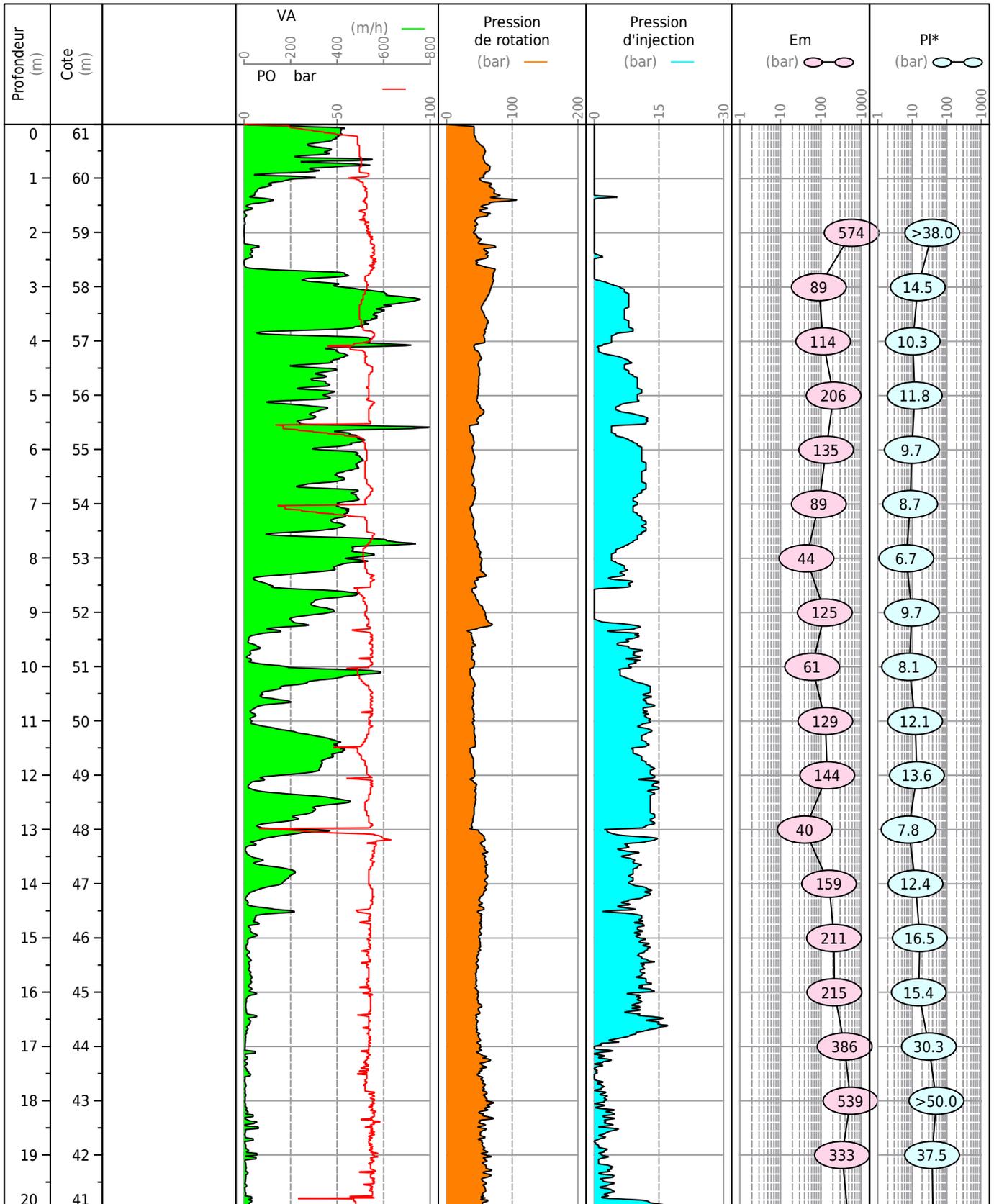
Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 1,0	<i>Absence de remontée (avant-trou)</i>
1,0 à 2,0	Argile sableuse marron rougeâtre avec des cailloux et des blocs calcaires et des rognons de meulière
2,0 à 2,25	Mélange sablo-marne-graveleux brunâtre
2,25 à 2,4	Marne beige à taches ocres avec des graviers et des fragments calcaires
2,4 à 2,65	Marne beige crème à veines marron avec des graviers et des fragments calcaires
2,65 à 2,8	<i>Manque</i>
2,8 à 3,0	Marne beige crème à veines marron avec des graviers et des fragments calcaires
3,0 à 3,6	Marne blanchâtre à grisâtre avec quelques graviers calcaires
3,6 à 5,0	Argile plastique verte avec quelques nodules calcaires
5,0 à 5,4	Graves et graviers calcaires à faible matrice argilo-marneuse verdâtre <i>(retombée du haut du forage)</i>
5,4 à 5,5	Argile plastique verte à veines et taches marron, avec quelques nodules calcaires

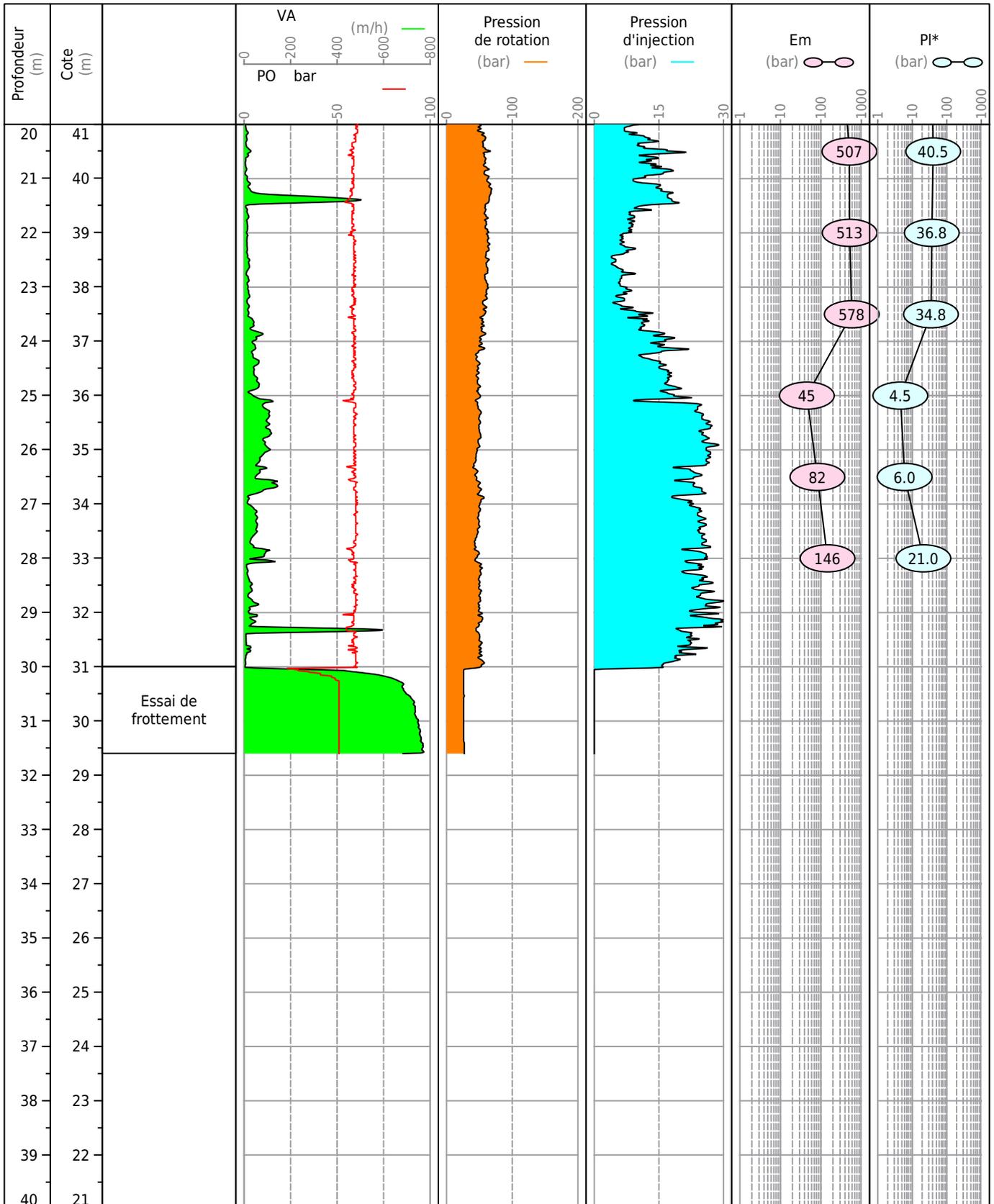


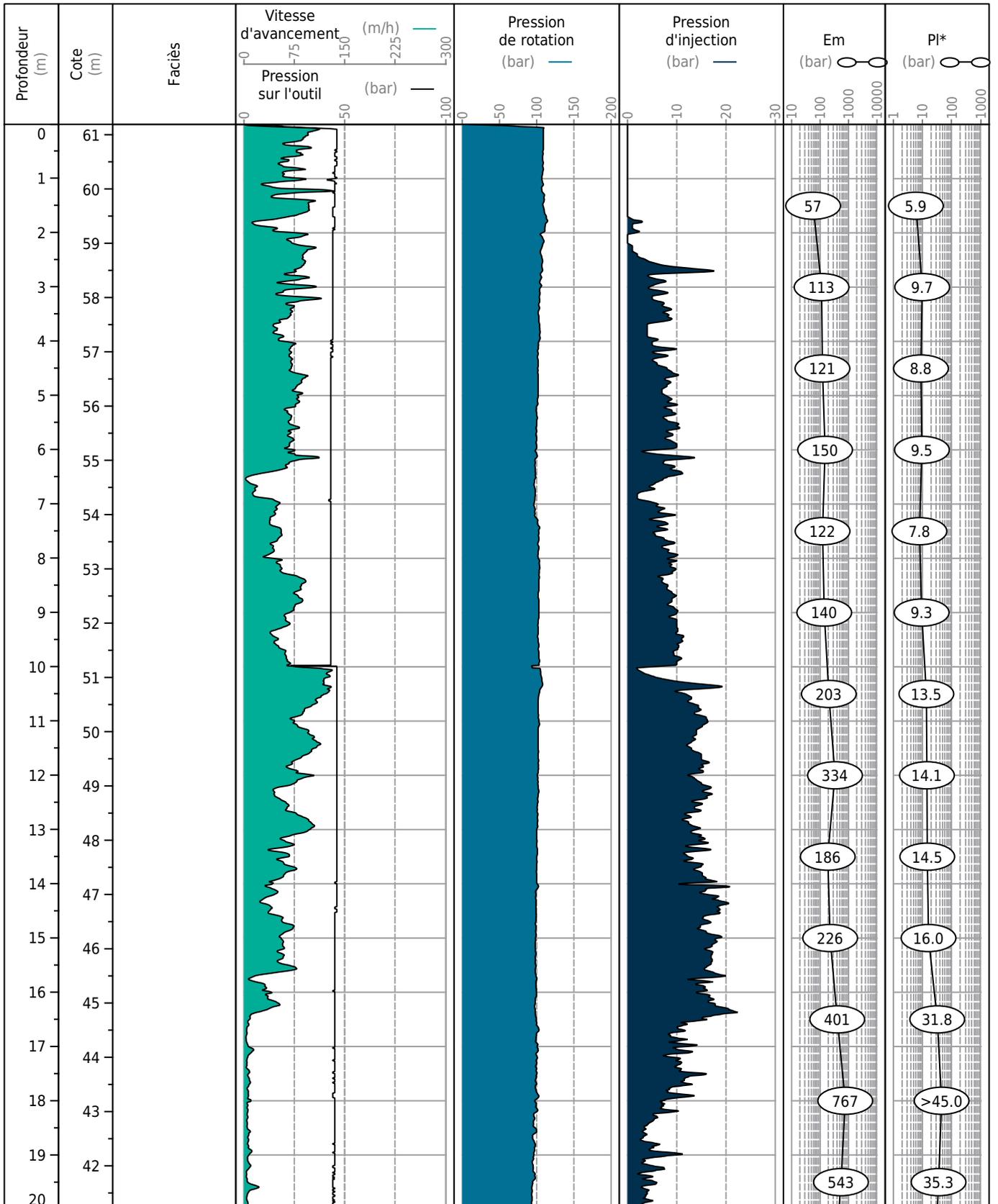
## 9. ANNEXES NON NUMÉROTÉES



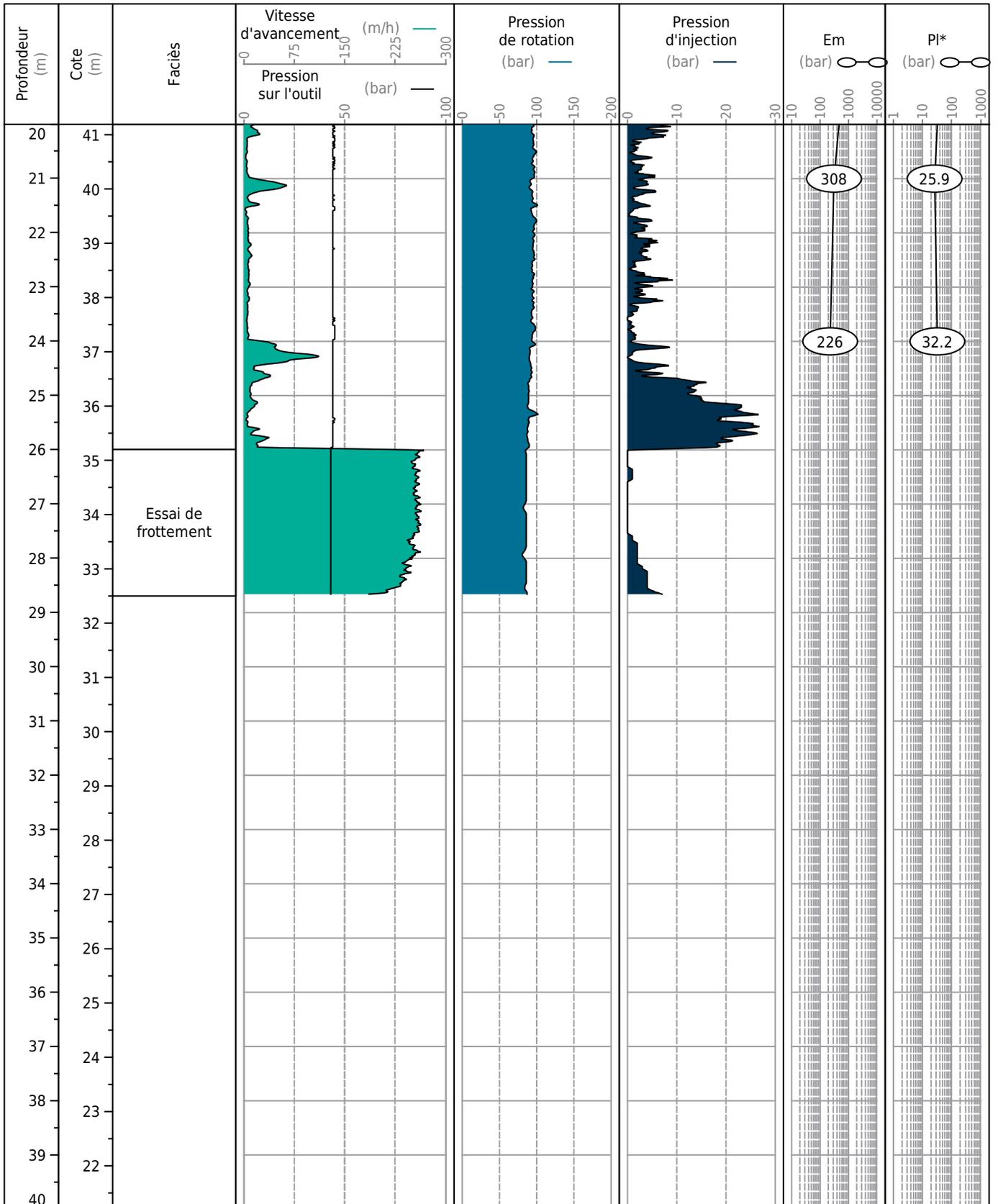








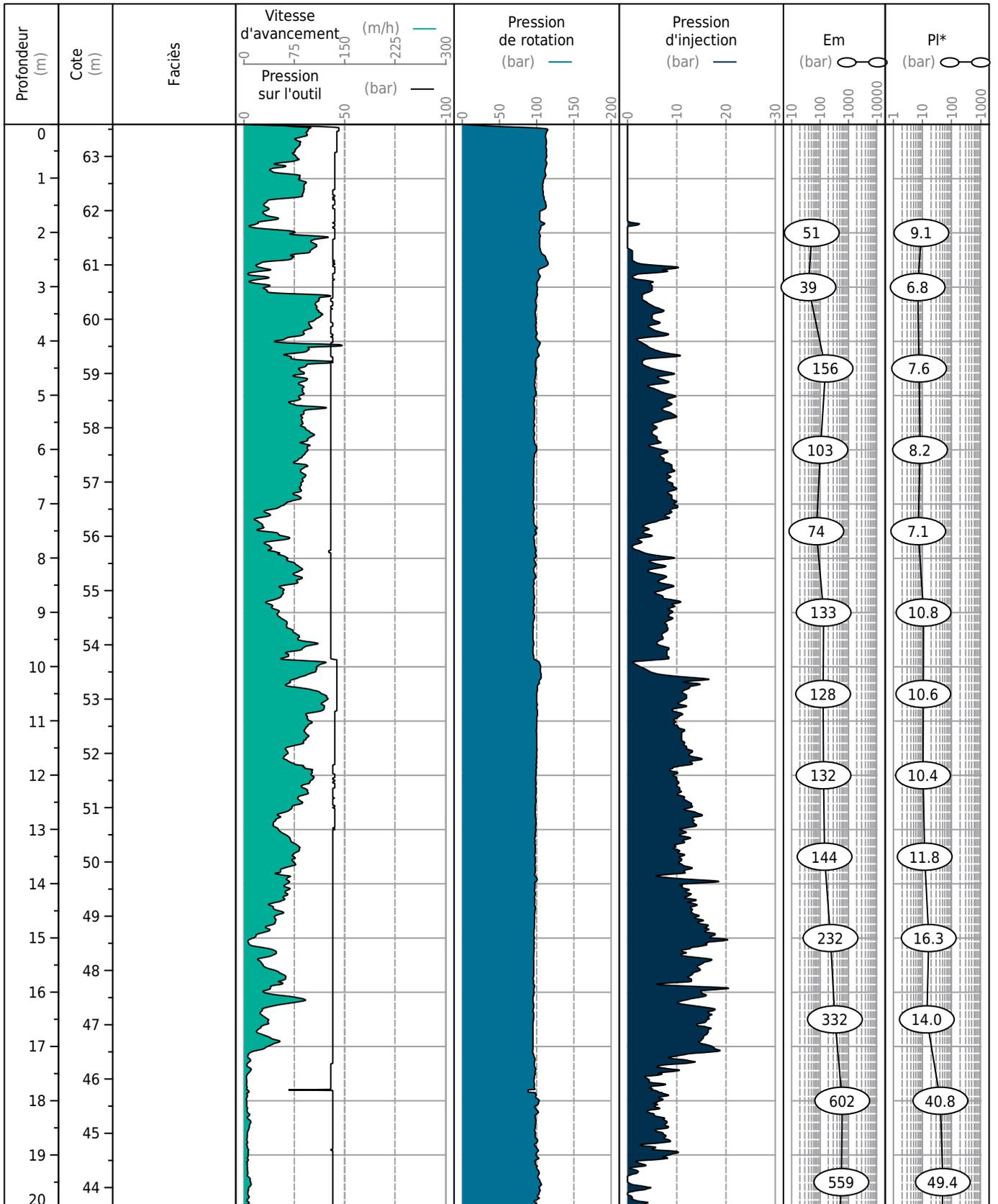
Obs. :



Obs. :

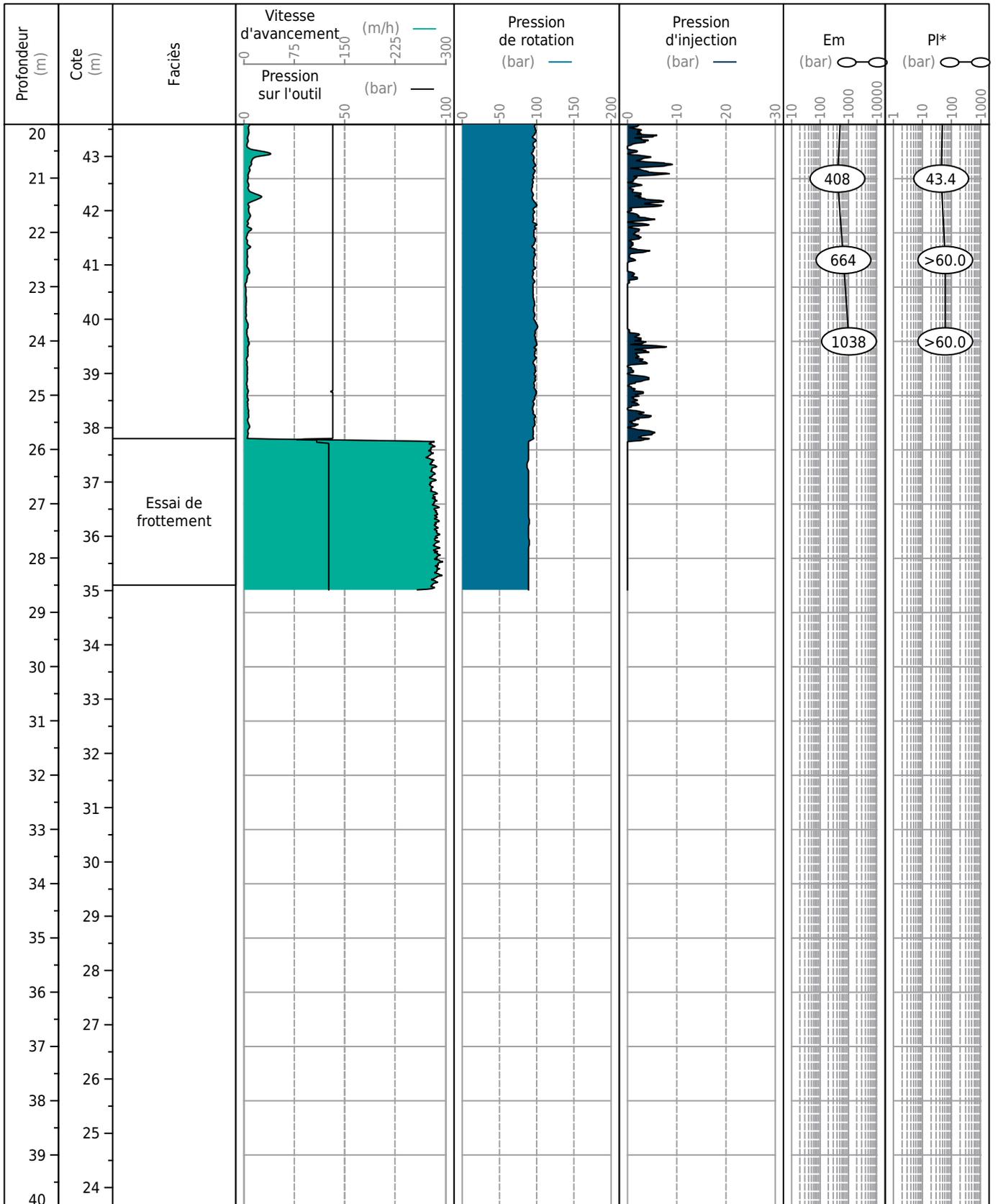


**SONDAGE SP22**



Obs. :

**SONDAGE SP22**



Obs. :

## CONDITIONS D'EXPLOITATION ET DE VALIDITÉ DES ETUDES DE SOLS.

Les recommandations et indications ci-après ont pour but d'éviter tout sinistre au cours et à la suite de la réalisation des ouvrages et consécutifs à une exploitation défectueuse du rapport d'étude de sol.

**Le non respect de ces recommandations et indications dégagerait contractuellement la responsabilité du bureau d'étude de sols.**

Les différents intervenants dans les projets et travaux liés aux sols doivent passer en revue les recommandations et indications ci-après afin de vérifier qu'elles sont effectivement prises en compte.

### **RECOMMANDATIONS ESSENTIELLES :**

1/ Ce **RAPPORT** et toutes ces annexes identifiées constitue **un ensemble indissociable.**

Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés un par le client et le second par notre Société.

Ce rapport ne devient la **propriété du client qu'après paiement** intégral du prix de la prestation. Le client est responsable de son usage et de sa diffusion. Dans ce cadre, toute utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction **partielle** ne saurait engager la responsabilité de notre Société.

En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un **autre Maître d'Ouvrage** ou par un autre Maître d'œuvre ou pour tout autre ouvrage que celui de la présente mission ne pourra en **aucun cas engager la responsabilité de notre Société** et pourra faire l'objet de poursuites judiciaires à l'encontre du contrevenant.

Dans le cas d'un **nouveau Maître d'Ouvrage** sur le même projet, un **nouveau contrat de louage d'ouvrage** (pour satisfaire l'article 1792-1°) doit être établi avec mise à jour du rapport d'étude et de nos assurances.

### **2/ RECONNAISSANCE PAR POINTS :**

Cette étude est basée sur un **nombre limité de sondages et de mesures.**

Il est précisé que cette étude repose sur une reconnaissance par points dont la maille **ne permet pas de lever la totalité des aléas**, toujours possibles dans le milieu naturel.

En effet des hétérogénéités, discontinuités et aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles sont limitées en extension.

De ce fait, sauf précision contraire dans ce rapport, les conclusions de ce rapport ne peuvent être utilisées pour une forfaitisation.

Les éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution de ces travaux pouvant avoir une influence sur les conclusions du présent rapport, doivent immédiatement être signalés au géotechnicien chargé du **suivi géotechnique d'exécution (mission G4).**

### **3/ DURÉE LIMITÉE DE VALIDITÉ DU RAPPORT :**

La modification naturelle ou artificielle de facteurs déterminants pour la construction peut rendre caduc tout ou partie des résultats et conclusions précisées dans ce rapport d'étude.

#### **3.1 : Éléments géologiques, hydrogéologiques et géotechniques :**

De nombreux éléments liés à la géologie, l'hydrogéologie et à la géotechnique de l'ouvrage ont **un caractère évolutif :**

- glissement – érosion – dissolution – remblais évolutif (physique ou chimique) – tourbe – niveau d'eau fluctuant et hygrométrie correspondante – variation climatique exceptionnelle : gel, dessiccation, inondation – évolution sismique ou volcaniques – etc.

#### **3.2 : Environnement, voisinage, topographie :**

Les modifications de l'environnement, du voisinage et de la topographie, changent l'hydrogéotechnique du site et souvent les dispositions constructives :

- sous-sol proches ou mitoyens – parois étanches – drainage – pompage permanent ou provisoire – collecteur souterrains – tunnel et tunnelier – remblaiement ou excavation du site, etc.

### 3.3 : Conditions juridiques :

De nouvelles Lois ou Jurisprudences peuvent modifier les obligations et responsabilités. Les conditions juridiques des contrats et des assurances sont modifiées en conséquence. On notera en particulier les nouvelles missions géotechniques en cours de normalisation.

### 3.4 : Connaissances techniques et technologiques :

L'évolution des connaissances techniques et scientifiques, ainsi que les modifications des technologies de constructions peuvent rendre périmées nos conclusions.

**Aussi les conclusions de ce rapport d'étude sont valables pour un chantier ouvert (DROC) dans un délai de 2 ANS à compter de la date d'émission.**

Au delà de ce délai, il est indispensable que nous soyons consultés par le Maître d'Ouvrage et le Maître d'œuvre afin de **réactualiser le rapport**, après vérification des divers facteurs. L'exploitation des conclusions au delà du délais de 2 ans, en l'absence de réactualisation ne pourra contractuellement engager notre responsabilité.

## 4) MODIFICATION DU PROJET :

Ce rapport est établi pour un projet donné à la date de l'étude, à partir de plans, esquisses et renseignements transmis.

**Toute modification apportée au projet**, soit pour des raisons techniques, soit pour des raisons économiques, implantation, forme, niveaux altimétriques, nombre d'étages ou de sous-sol (etc...) **doit être communiquée au BET de sols** rédacteur de l'étude. Lui seul pourra déterminer les conséquences de ces changements sur ses conclusions de l'étude de sol.

Ces modifications pourront faire l'objet d'une **note complémentaire** ou d'un nouveau rapport, éventuellement après un complément de reconnaissance.

Nous ne saurions être tenus responsables des modifications intervenues après cette étude qu'après avoir donné notre avis écrit sur les dites modifications, que celles-ci portent sur les dimensionnements et dispositifs préconisés dans le présent rapport ou sur l'ouvrage lui-même.

Le Maître d'Ouvrage doit nous informer officiellement de **l'ouverture réelle du chantier**, afin que les couvertures d'assurances soient effectives :

Assurances décennales à la **Date Réelle d'Ouverture du Chantier (D.R.O.C)**  
Assurance Responsabilité Civile Professionnelle lors **d'un sinistre à partir de l'ouverture du chantier.**

L'absence de cette information risque d'entraîner la non couverture par une compagnie d'assurances.

Le présent rapport constitue le compte rendu de la mission géotechnique normalisée définie par la lettre de commande, visée et acceptée par notre société, au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête du présent document.

Selon le projet de normalisation de ces missions, chacune ne couvre qu'un domaine spécifique de la conception ou de la construction.

Il appartient au Maître d'Ouvrage et à son Maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions géotechniques utiles au bon achèvement de l'ouvrage soient engagées avec les moyens et délais opportuns, et confiées à des hommes de l'art.

A défaut d'autres positions contractuelles, la remise du rapport fixe la fin de la mission.



# ÉTUDE GÉOTECHNIQUE G2 AVP

## CONSTRUCTION DE MURS DE SOUTÈNEMENTS

Place du Président Franklin Roosevelt / Place de Gare  
91700 SAINTE GENEVIEVE DES BOIS

CLIENT: COEUR D'ESSONNE AGGLOMÉRATION

Référence de la Proposition : 118017 SC MAS 04 a  
Rédactrice : Morgane PASTEUR



Agence	N° Dossier	N° pièce	Mission	Rédigé par	Validé par	Date	Commentaires / version
SC MAS	118017	6	G2 AVP	MP	SC	04/12/24	Rapport G2 AVP « Soutènements »

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1.</b>	<b>SYNTHÈSE.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>MISSIONS – GÉNÉRALITÉS - TRAVAUX ENGAGÉS .....</b>	<b>4</b>
2.1.	MISSION - GÉNÉRALITÉS.....	4
2.2.	DOCUMENTS UTILISÉS POUR LA RÉDACTION DE L'ÉTUDE .....	6
2.3.	TRAVAUX EXÉCUTÉS – LIMITES DES MÉTHODES .....	6
2.4.	NIVELLEMENT DES TÊTES DE SONDAGES .....	7
2.5.	SCHÉMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES .....	7
<b>3.</b>	<b>CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE .....</b>	<b>8</b>
3.1.	ÉTUDE DE SITE / SENSIBILITÉ .....	8
3.2.	BILAN SENSIBILITÉ.....	10
3.3.	ZONE SUD EN AMONT : NATURE DES SOLS / PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES .....	11
3.4.	ZONE NORD EN AVAL : NATURE DES SOL / PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES .....	14
3.5.	EAU PHRÉATIQUE .....	15
3.6.	AGRESSIVITÉ DU MILIEU VIS-À-VIS DES BÉTONS .....	16
3.7.	SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE .....	17
<b>4.</b>	<b>PROJET.....</b>	<b>19</b>
4.1.	CONSTRUCTIONS ENVISAGÉES .....	19
4.2.	APPROCHE DE LA Z.I.G. - MITOYENS.....	21
<b>5.</b>	<b>SOUTÈNEMENTS ZONE SUD .....</b>	<b>22</b>
5.1.	Soutènements n°1 : coupes K-K' et L-L' .....	22
5.2.	Soutènements n°2 : proche coupe J-J'.....	26
5.3.	Préconisations d'exécutions des murs en L.....	30
5.1.	Talus : Coupe J-J'.....	31
<b>6.</b>	<b>SOUTÈNEMENTS ZONE NORD .....</b>	<b>32</b>
6.1.	Soutènements n°3 : coupe G-G' .....	32
6.2.	Soutènement n°4 : coupes B-B' et C-C' .....	34
<b>7.</b>	<b>ANNEXES.....</b>	<b>36</b>
7.1.	MISSIONS GÉOTECHNIQUES.....	37
7.2.	INTERPRÉTATION DES REMONTÉES DE CUTTINGS .....	39
7.3.	ESSAIS DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE TYPE B.....	40
<b>8.</b>	<b>ANNEXES NON NUMÉROTÉES .....</b>	<b>50</b>

## 1. SYNTHÈSE

*Il s'agit d'une synthèse non technique résumant les informations à notre disposition actuellement (qui pourront évoluer avec les éventuelles reconnaissances complémentaires). Il s'agit d'un résumé et d'une aide à la lecture. Seul le rapport et ses annexes peut nous être opposable.*

<b>Client</b>	<b>CŒUR D'ESSONNE AGGLOMERATION</b> 1 Place Saint Exupéry La Maréchaussée 91700 SAINTE GENEVIEVE DES BOIS
<b>Mission</b>	Étude géotechnique G2 AVP
<b>Projet</b>	Construction de 4 murs de soutènements
<b>Contexte Géologique</b>	Contexte général de coteau caractérisé par la succession géologique suivante : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Complexe de Brie</li> <li>- Argile Verte</li> <li>- Substratum Ludien</li> </ul>
<b>Aléas recherchés</b>	Coupe lithologique du terrain Caractéristiques mécaniques des horizons géologiques Niveau de la nappe phréatique Agressivité des sols vis-à-vis des bétons
<b>Aléas résiduels</b>	Difficultés de terrassements Traficabilité des plateformes Variations latérales de faciès géologiques Circulations d'eau sur la hauteur des terrassements
<b>Soutènements</b>	Soutènement n°1 : mur en L Soutènement n°2 : mur en L Soutènement n°3 : mur en gabions Soutènement n°4 : mur en gabions

## 2. MISSIONS – GÉNÉRALITÉS - TRAVAUX ENGAGÉS

### 2.1. MISSION - GÉNÉRALITÉS

Nous fournissons quelques éléments ci-après pour aider les lecteurs de ce présent rapport à comprendre quelles sont les limites liées aux missions géotechniques et donc à ce présent rapport. Bien entendu on se référera à la norme **NF P 94.500** novembre 2013 pour avoir une vision plus exhaustive.

Les missions géotechniques ont pour but d'appréhender le milieu naturel et de diminuer les aléas y afférant. Cette réduction de l'aléa se fait par étapes successives, allant du général au particulier, de la reconnaissance globale à la reconnaissance locale, en adaptant les investigations et les études à la sensibilité réelle du projet.

On trouve dans le tableau ci-dessous l'enchaînement des différentes missions, leurs objectifs et le niveau de management des risques attendus.

Enchaînement des missions G1 à G4	Mission d'ingénierie géotechnique et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendus
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
	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
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	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
	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet	
	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		
	Étude géotechnique d'exécution (G3) Phase Étude (indissociable de la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude d'exécution (indissociable de 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)
	Suivi géotechnique d'exécution (G3) Phase Suivi (indissociable de la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi d'exécution (indissociable de la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage	
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	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

Par ailleurs, la révision de la norme 94-500 permet aujourd'hui une correspondance simple entre les missions d'ingénierie généraliste et les missions géotechniques (voir page suivante).

Cette étude s'inscrit dans le cadre des missions géotechniques normalisées (NF P 94-500 – novembre 2013) comme une mission de type **G2** « phase avant-projet » (le détail des missions est repris en annexe).

INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE			INGÉNIERIE GÉNÉRALISTE	MISSION CONFIEE	
NFP 94-500 version 2013					
Étape 1	Étude géotechnique préalable	G1	Phase étude de site <b>ES</b>	<b>ESQUISSE</b>	
			Phase Principes généraux de constructions <b>PGC</b>	<b>APS</b>	
Étape 2	Étude géotechnique de conception	G2	Phase avant-projet ( <b>AVP</b> )	<b>APD</b>	<b>X</b>
			Phase <b>projet*</b>	<b>AVP</b>	
			Phase <b>DCE/ACT</b>	<b>PROJET</b>	
				<b>DCE</b>	
Étape 3	Suivi géotechnique d'exécution	G3	Étude géotechnique d'exécution	<b>EXE</b>	
			Suivi géotechnique d'exécution	<b>DET/AOR</b>	
	Supervision géotechnique d'exécution	G4	Supervision de l'étude d'exécution	<b>VISA</b>	
			Supervision du suivi d'exécution	<b>DET/AOR</b>	
-	Diagnostic géotechnique	G5	Étude d'un élément particulier	-	

\* Les missions G2 PRO ne comprennent pas ICI l'approche des coûts des ouvrages, des délais de réalisation ni l'établissement de plans de fondations ou de soutènement, ces prestations n'entrant pas dans le champ de compétence d'un BET Géotechnique stricto sensu. Si besoin, ces prestations seront confiées à un économiste de la construction et un BET Structures de Conception.

## Réponses aux questions fréquemment posées :

### Peut-on reprocher au géotechnicien un dépassement de délais, de quantités, de coût sur la base d'une mission G1 ?

La norme 94.500 indique que les missions de type G1 excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages qui entrent dans le cadre exclusif d'une mission d'étude géotechnique de conception phase projet.

### Le respect de la norme est-il obligatoire ?

Le respect d'une norme NF n'est pas obligatoire. En revanche signer un contrat avec un prestataire qui la respecte revient tacitement à la respecter sauf à dégager le prestataire de ces engagements et responsabilités contractuelles.

### Toutes les missions sont-elles obligatoires ?

La norme indique que toutes les missions doivent être réalisées, ce qui dans les faits est d'ailleurs toujours le cas, mais pas toujours par le géotechnicien. Ainsi, si ce n'est pas le géotechnicien qui rédige les pièces écrites, approuve les plans de l'entreprise et suit les travaux par exemple, ce sont ceux qui se sont substitués à lui qui ont de fait réalisé les missions correspondantes. Il appartient donc de vérifier dans ce cas que ces intervenants ont la compétence et les assurances pour réaliser ces missions.

Nous sommes à la disposition du lecteur pour apporter toutes les précisions nécessaires pour la bonne compréhension de ces missions. Un extrait des missions est fourni en annexe.

## CONDITIONS D'EXPLOITATIONS DU PRÉSENT RAPPORT

Il s'agit d'investigations géotechniques qui ne peuvent, en aucun cas, détecter d'éventuelles pollutions des sols.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les "conditions d'exploitation et de validité des études de sols" décrites en annexe.

Le maître d'ouvrage devra nous informer de la DROC (date réelle d'ouverture de chantier), et faire réactualiser le présent rapport en cas de modification du projet ou d'ouverture du chantier plus de 2 ans après la date du présent rapport.

SC MAS	118017	6	G2 AVP	MP	04/12/2024	Provisoire
Agence	N° dossier	N° pièce	Mission	Rédacteur	Date	État

## 2.2. DOCUMENTS UTILISÉS POUR LA RÉDACTION DE L'ÉTUDE

Nature du document	Date	Remarques
Plan d'aménagement Pôle Gare SGDB	-	Localisation des 4 murs de soutènements
Plan complémentaire étude géotechnique	-	Localisation des murs et côte altimétrique de certains murs + hauteurs soutenues
Plans de réseaux – Folio 1 et 2	31/01/2023	Altimétrie du Terrain naturel
Coupes des soutènements : BB, CC, GG, JJ, KK, LL	-	Altimétries des murs de soutènements

## 2.3. TRAVAUX EXÉCUTÉS – LIMITES DES MÉTHODES

*Le relevé des coupes des sondages pressiométriques (de type destructif) a été réalisé en observant les remontées de cuttings (terrain détruit par l'outil de perforation et remonté en surface par la circulation de la boue de forage). Cette méthode est imprécise et ne permet pas une finesse de relevé d'un carottage. Le relevé des remontées de cuttings et les diagraphies instantanées correspondantes sont fournis en annexe.*

### Mission G1 PGC :

TYPE DE SONDRAGE ET D'ESSAIS IN SITU OU EN LABORATOIRE	RÉFÉRENCE	PROFONDEUR
Piézomètres	Pz-sud Pz-nord	10,0 m
Tests d'agressivité du sol sur les bétons	Nombre : 4	Répartis dans le sondage carotté
Sondage carotté	SC1	10,5 m
DATE DE RÉALISATION DE LA CAMPAGNE IN SITU : janvier / février 2023		

### Mission G2 AVP :

TYPE DE SONDRAGE ET D'ESSAIS IN SITU	RÉFÉRENCE	PROFONDEUR
Sondages pressiométriques Ø 63 mm	SP1 SP2	10,2m 10,3m
Essais pressiométriques	18	Répartis dans les sondages
Essais au pénétromètre dynamique	Pd1 à Pd10	1,4 à 5,0 m
DATE DE RÉALISATION DE LA CAMPAGNE IN SITU : du 14 au 15 novembre 2024		

Conformément à la normalisation en vigueur, les sondages ont tous été rebouchés en fin de campagne.

**Remarque relative aux relevés piézométriques :** Lorsque des piézomètres sont disponibles sur chantier (par exemple, dans le cadre d'un suivi piézométrique), nous prenons en compte ces mesures si elles nous sont communiquées. Dans le cas contraire, des mesures ponctuelles de niveau d'eau sont effectuées directement dans les trous de forage, avant leur obturation en fin de chantier. Sauf demande spécifique de la part du Maître de l'Ouvrage, qui doit alors faire la déclaration correspondante auprès de la Police de l'Eau, nous ne posons pas de piézomètre au sens strict du terme.

### **Remarque relative aux limites d'exploitation de cette étude :**

- Ce rapport ne traite pas des VRD au sens large, ces études spécifiques restent du ressort de BET Spécialisés.
- Ce rapport ne traite pas de l'étude des grues de chantier et des grues mobiles qui devra être réalisée par un bureau d'étude spécialisé.

## 2.4. NIVELLEMENT DES TÊTES DE SONDAGES

Les altimétries des têtes de sondages sont données à titre indicatif.

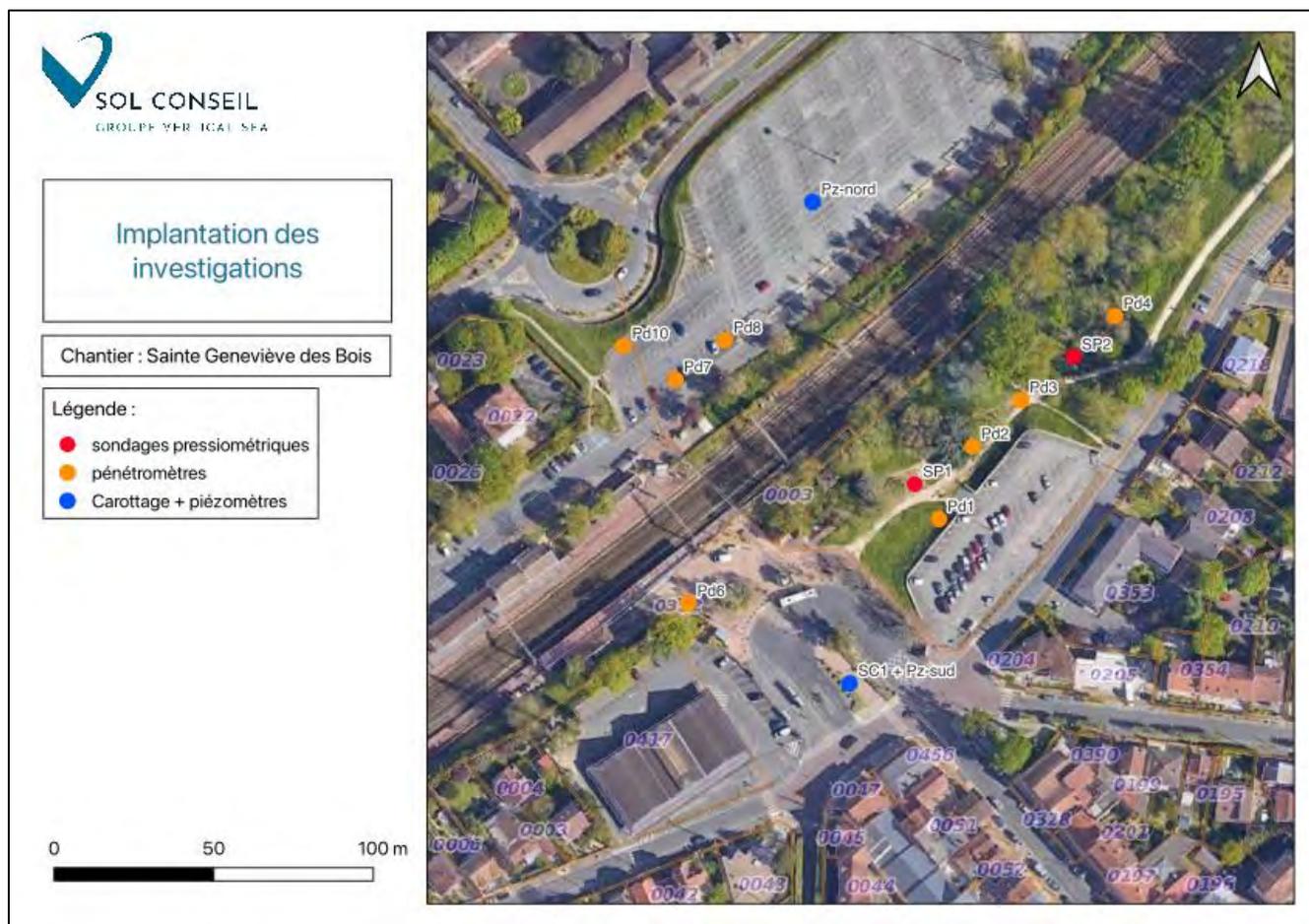
Elles sont extrapolées à partir d'un plan géométrique et devront être confirmées par un levé de géomètre. Si ce relevé montre des différences, le rapport devra être revu en conséquence.

Sondage	SP1	SP2	PD1	PD2	PD3
NGF extrapolé	61	60,3	61,3	60,8	60,1

Sondage	PD4	PD6	PD7	PD8	PD10
NGF extrapolé	60,7	60,8	56,6	55,7	54,9

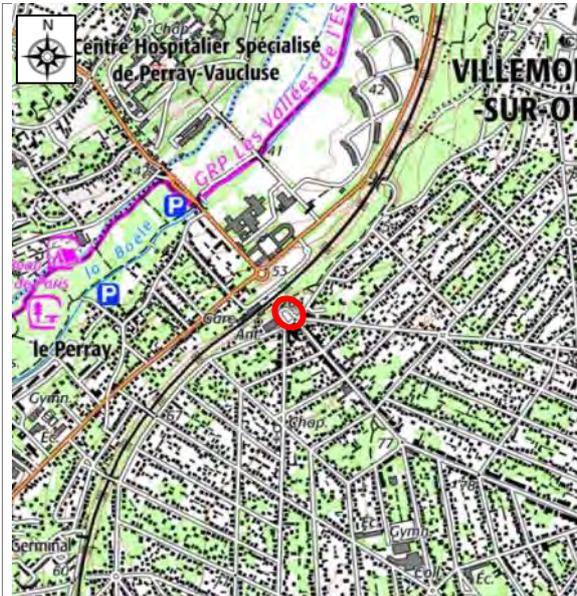
## 2.5. SCHÉMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES

L'implantation fournie sur ce schéma peut présenter des imprécisions. Si une implantation précise est requise, un relevé de géomètre sera alors nécessaire.



### 3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE

#### 3.1. ÉTUDE DE SITE / SENSIBILITÉ



#### SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le terrain se situe en contexte de coteau, sur le versant Sud-Est de la vallée de l'Orge et de la Boële.

Du fait de ce contexte, le site s'inscrit dans une pente générale orientée vers le Nord-Ouest, c'est-à-dire vers les cours d'eau de l'Orge et de la Boële située respectivement à environ 580 m et 420 m du site.



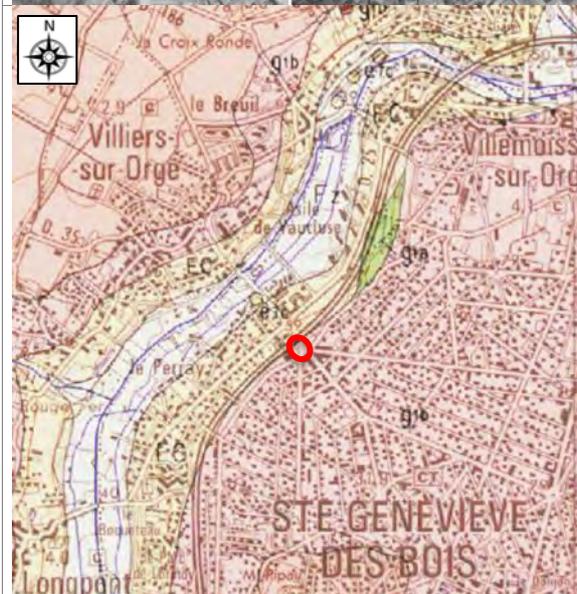
D'après le plan topographique communiqué nous retiendront une altimétrie du site comprise entre environ 60 NGF et 64 NGF.



#### HISTORIQUE DU SITE

Aussi loin que permet de montrer les anciennes photographies aériennes disponibles sur « remonterletemps.ign.fr », c'est à dire depuis les années 30, le site semble toujours avoir eu un usage de « Place ». On remarquera néanmoins que son architecture a changé avec le temps jusqu'à obtenir une géométrie proche de l'actuel dans les années 70.

On notera également la construction de l'actuelle halle de marché (vouée à la démolition) à l'Ouest de la Place dans les années 30/40 et la construction du parking à l'Est de la Place au début des années 60.



#### SITUATION GÉOLOGIQUE

D'après la carte géologique à l'échelle 1/50.000 de CORBEIL-ESSONNES, la suite lithologique attendue au droit du site, sous les remblais urbains, est la suivante :

- du Complexe de Brie (g<sub>1b</sub>) ;
- des Argiles Vertes (g<sub>1a</sub>) ;
- des Marnes Supragypseuses (e<sub>7c</sub>) ;
- des Masses et Marnes du Gypse / Calcaire de Champigny (e<sub>7b</sub>).

#### Remarque :

La géologie du secteur est marquée par la présence d'un faciès de transition (en vert) entre les Masses et Marnes du Gypse (plutôt au N-O du territoire : en jaune) et le Calcaire de Champigny (plutôt au S-E du territoire : en bleu)



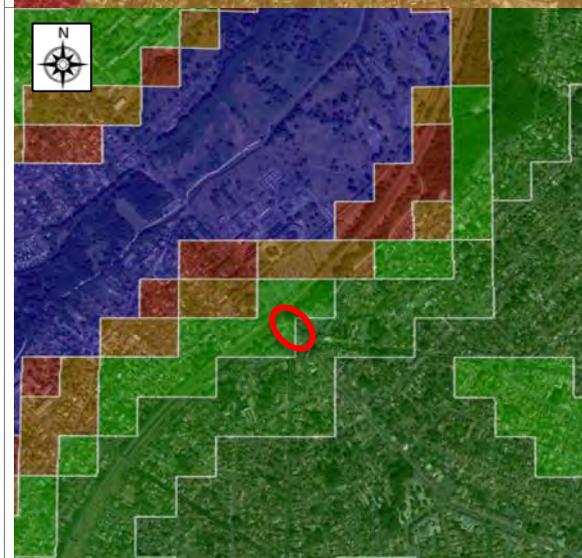


### RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

La parcelle étudiée se situe à cheval entre une zone d'exposition forte et une zone d'exposition moyenne vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles.

Cette exposition, définie par le BRGM est lié à la sensibilité des sols présents en surface mais aussi à la sinistralité enregistrée.

- Exposition forte
- Exposition moyenne
- Exposition faible



### SENSIBILITÉ AUX REMONTÉES DE NAPPE

D'après la carte de sensibilité aux « remontées de nappes et crues », le projet se situe en zone d'aléa faible à très faible.

- Aléa très faible à inexistant
- Aléa très faible
- Aléa faible
- Aléa moyen
- Aléa fort
- Aléa très élevé, nappe affleurante



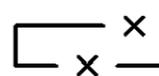
### RISQUE INONDATION PAR DÉBORDEMENT DE COURS D'EAU

D'après le Plan de Prévention des Risques d'Inondation des vallées de l'Orge et de la Sallemouille (*planche 13 de la cartographie réglementaire*), le site se localise hors zone inondable.

#### Zonage réglementaire

- Zone rouge
- Zone orange
- Zone saumon
- Zone ciel
- Zone verte

#### Élément de repérage

-  Limites communales
-  Lit mineur et plan d'eau
-  Cote de la ligne d'eau pour la crue de référence

### 3.2. BILAN SENSIBILITÉ

Type d'aléa	Niveau de risque
Retrait / gonflement des sols argileux	Exposition moyenne à forte d'après le BRGM
Inondation par débordement d'un fleuve	Hors zone inondable d'après le PPRI
Mouvement de terrain	Hors zone d'aléa
Extraction souterraine de matériaux	Aléa faible. Pas d'exploitation de matériaux connue
Extraction à ciel ouvert de matériaux	Aléa faible. Pas d'exploitation de matériaux connue
Sismicité	Zone I très faible.

### 3.3. ZONE SUD EN AMONT : NATURE DES SOLS / PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES

La campagne de reconnaissance effectuée a permis de mettre en évidence la suite lithologique suivante, au droit de nos sondages réalisés en amont des voies SNCF :

Complexe de Brie					
<b>Description lithologique</b>					
<p>En tête de forage, sous la couche de terre végétale, les terrains sont composés d'abord d'argile marron rougeâtre parfois sableuse et comportant une proportion importante de cailloux calcaires et de blocs de meulières. Sous ce faciès sont rencontré des marnes calcaireuses jaunâtres à beige crème et ce jusqu'à environ 3 m de profondeur/TN.</p> <p>Nous rattachons ces terrains au complexe de Brie puisqu'en effet cette formation est composée d'après la bibliographie de la succession :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Argile à Meulières de Brie, c'est-à-dire un faciès d'altération du Calcaire de Brie proprement dit.</li> <li>- Marno-calcaire de Brie.</li> </ul>					
<b>Remarques :</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Les argiles à Meulières de Brie sont très inégalement réparties et peuvent donc être absentes ou en empochements dans le marno-calcaire de Brie. De plus les éléments de meulières peuvent être de taille variée (caillou, bloc, entablement,...).</i></li> <li>- <i>Le Calcaire de Brie peut présenter des bancs plus ou moins épais de calcaire Rocheux, parfois silicifiés et très durs.</i></li> </ul>					
<b>Caractéristiques mécaniques</b>					
<p>Du fait des différences de faciès (argile, blocs de meulières, marne, calcaire), les 6 essais pressiométriques réalisés dans le complexe de Brie montrent des valeurs très hétérogènes avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En SP1 à 1m: PL = 19,7 Bar / Em = 141 Bar à 2m: PL = 20,7 Bar / Em = 141 Bar à 3m: PL = 6,1 Bar / Em = 41 Bar</li> <li>- En SP2 à 1m: PL = 32,7 Bar / Em = 445 Bar à 2m: PL = 16,6 Bar / Em = 205 Bar à 3m: PL = 4,7 Bar / Em = 57 Bar</li> </ul>					
<b>Synthèse des valeurs pénétrométriques (courbes données en annexe)</b>					
<p>Les pénétromètres 1, 2, 3, 4 et 6 ont été réalisés dans la zone sud.</p> <p>Globalement les essais ont montré des résistances dynamiques hétérogène dans ces terrains : <u>30 Bar &lt; Rd &lt; 100 Bar</u>. Les sondages Pd1 et Pd3 ont montré des valeurs allant à plus de 100 Bar entre 0,6m et quasiment 2,0m de profondeur. Tous les essais ont été portés jusqu'à la base de cette couche sauf l'essais Pd2 qui à montrer un refus à 1,4m de profondeur, probablement due à un bloc plus induré.</p>					
Statistiques pressiométriques					
Nombre de valeurs			6		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne – $\frac{1}{2} \sigma$
<b>Pl (Bar)</b>	4,7	32,7	13,6	10,4	8,4
<b>Em (Bar)</b>	41	445	127	146,9	54

## Argile Verte

### Description lithologique

Sous le Complexe de Brie, nos sondages ont traversé la formation des Argiles Vertes et ce jusqu'à environ 7,5 m de profondeur/TN.

#### Rappels sur le retrait-gonflement :

Les Argiles Vertes sont susceptibles de connaître des mouvements du fait de :

- **La variation de la teneur en eau du milieu.**

Ces mouvements sont liés à la structure interne des minéraux argileux (la fraction argileuse étant, par convention, constituée des éléments dont la taille est inférieure à 2 µm). Ces minéraux argileux présentent en effet une structure en feuillets, à la surface desquels les molécules d'eau peuvent s'adsorber, sous l'effet de différents phénomènes physico-chimiques, provoquant alors un gonflement du matériau.

La tranche superficielle de sol est soumise à l'évaporation. Il en résulte alors un retrait des argiles, qui se manifeste verticalement par un tassement. L'amplitude de ce tassement est d'autant plus importante que la couche de sol argileux concernée est épaisse. Par ailleurs, la présence de drains et d'arbres (dont les racines pompent l'eau du sol jusqu'à 5 m de profondeur) accentue l'ampleur du phénomène en augmentant l'épaisseur de sol asséché.

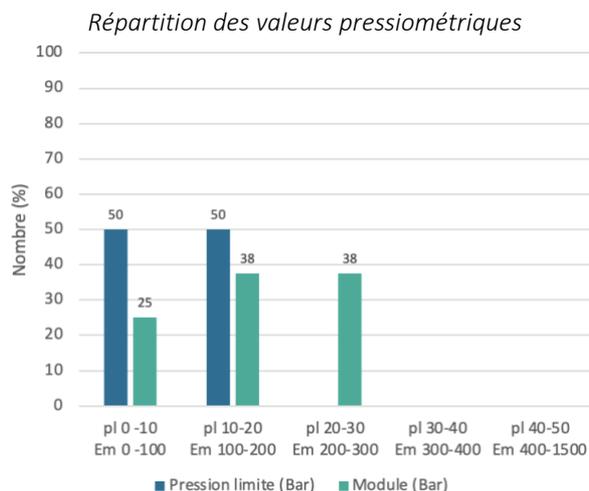
Ces terrains sont extrêmement sensibles aux remaniements de fonds de fouille (intempérie, circulation...).

- **La détente élastique.**

On peut assimiler l'argile à un ressort qui se détend lors des terrassements. Ce phénomène est d'autant plus important que la décharge est importante.

### Caractéristiques pressiométriques

L'ensemble des essais réalisés dans les Argiles Vertes montrent des caractéristiques pressiométriques modestes, particulièrement homogènes :



### Synthèse des valeurs pénétrométriques (courbes données en annexe)

Les résistances dynamiques mesurées dans les Argiles vertes sont faibles à moyennes : 40 bar < Rd < 90 Bar et sont assez bien corrélées aux valeurs pressiométriques

### Statistiques pressiométriques

Nombre de valeurs			8		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne - $\frac{1}{2} \sigma$
<b>Pl (Bar)</b>	7,9	12,5	10,0	1,6	9,2
<b>Em (Bar)</b>	66	273	169	71	134

### Marnes supragypseuses

#### Description lithologique

Sous les Argiles Vertes, les terrains sont composés de marnes beiges crème parfois légèrement verdâtres à grisâtres.

Ces marnes ont été rencontrés jusqu'à la fin de nos sondages (SP1 et SP2) vers 10m de profondeurs.

Par corrélation avec les données bibliographiques, nous rattachons ces terrains aux Marnes Supragypseuses (Marne de Pantin et Marnes d'Argenteuil).

#### Caractéristiques pressiométriques

Les quelques valeurs mesurées dans cet horizon indiquent une compacité faible de la formation.

### Statistiques pressiométriques

Nombre de valeurs			4		
	Min	Max	Moyenne	Écart type $\sigma$	Moyenne – $\frac{1}{2} \sigma$
<b>Pl (Bar)</b>	5,0	11,7	8,0	2,8	6,7
<b>Em (Bar)</b>	37	101	68	29	53

### 3.4. ZONE NORD EN AVAL : NATURE DES SOL / PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES

#### Remblais

##### Description lithologique

En tête de forage, sous la couche d'enrobé, les terrains sont composés de remblais correspondant certainement en partie à la couche de forme du parking.

##### Synthèse des valeurs pénétrométriques (courbes données en annexe)

Dans les remblais, la résistance dynamique dans les 30 premiers centimètres est très élevée dû à la présence de l'enrobé. Dans les remblais en dessous de l'enrobé, les résistances dynamiques sont médiocres avec 20 Bar < Rd < 40 Bar.

#### Éboulis de Coteau

##### Description lithologique

Sous le revêtement et la couche de forme du parking, les terrains sont représentés par un ensemble comprenant des argiles plastiques vertes, des marnes plus ou moins argileuses beiges à blanchâtres et des marnes argileuses grises.

Cet ensemble traversé lors de la mission G1 PGC jusqu'à 7,5m à 12,0 m de profondeur environ (soit jusqu'à 43/45 NGF en partie haute du site et jusqu'à 40/41 NGF en partie basse du site) correspond aux Argiles Vertes du Sannoisien et aux Marnes Supragypseuses remaniés sous forme d'éboulis du fait de la déclivité générale du site.

Remarque : le mode de dépôt des éboulis fait qu'ils peuvent présenter des variations brutales d'épaisseur.

##### Synthèse des valeurs pénétrométriques (courbes données en annexe)

Les résistances dynamiques mesurées localement dans les Éboulis sont faibles à moyennes : 30 Bar < Rd < 70 Bar.

### 3.5. EAU PHRÉATIQUE

#### 3.5.1. NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE

Des piézomètres ont été installés lors de la campagne de reconnaissance de sol dans le cadre de l'étude hydrogéologique de SOLER IDE.

Le tableau ci-après indique le résultat des relevés :

Piézomètre	Altimétrie tête ouvrage	Profondeur ouvrage	Date de relevé	Niveau d'eau	
	NGF			m/TN	m/TN
Pz-sud	63,2	10,0	24/02/23	7,3	55,9
Pz-nord	53,0	10,0	18/01/23	3,20	49,8

Le niveau d'eau mesuré à 7,3m de profondeur/TN soit vers 56 NGF, indique la présence d'eau phréatique sous la base des Argiles Vertes. Ce niveau d'eau indique la présence d'une nappe dans les formations Ludiennes.

Le niveau d'eau mesuré dans le Pz-nord indique la présence d'eau phréatique à 3,2m de profondeur /TN soit vers 49,8 NGF. Du fait du contexte de pente, il peut ici s'agir d'écoulements d'eau collinaire qui circule dans les horizons plus perméables (ici horizon marneux) présents dans les Éboulis.

Ces circulations ou rétentions dans les Éboulis sont tributaires des infiltrations et des aléas climatiques ; elles peuvent être particulièrement importantes pendant les périodes climatiques défavorables ou hivernales.

#### **Remarque importante :**

En zone Sud, des circulations d'eau ne sont pas à exclure au sein du Complexe de Brie. Ces circulations d'eau soutenues par les Argiles Vertes sous-jacentes (considérées comme imperméables) sont tributaires des infiltrations et des aléas climatiques ; elles peuvent être particulièrement importantes pendant les périodes climatiques défavorables ou hivernales.

#### 3.5.2. VARIATIONS PHRÉATIQUES

Nous rappelons que le niveau phréatique au droit d'un site est dépendant :

- Des conditions météorologiques,
- Des éventuelles relations avec le réseau hydrographique proche (onde de crue),
- Des prélèvements pérennes ou temporaires dans l'aquifère.

### 3.6. AGRESSIVITÉ DU MILIEU VIS-À-VIS DES BÉTONS

#### Généralités

Les classes d'exposition des bétons vis-à-vis de leur environnement sont définies dans la norme NF EN 206 de novembre 2014. La norme définit les classes d'exposition correspondant aux attaques chimiques par les eaux souterraines et les sols de la façon suivante :

Classe d'exposition	XA 1	XA 2	XA 3
<b>Pour les sols</b>			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/kg)	> 2000 et < 3000	> 3000 et < 12000	> 12000 et < 24000
Acidité (ml/kg)	> 200	Non rencontré en pratique	
<b>Pour les eaux</b>			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	> 200 et < 600	> 600 et < 3000	> 3000 et < 6000
pH	5,5 à 6,5	4,5 à 5,5	4,0 à 4,5
CO <sub>2</sub> agressif (mg/l)	> 15 et < 40	> 40 et < 100	> 100
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	> 15 et < 30	> 30 et < 60	> 60 et < 100
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	> 300 et < 1000	> 1000 et < 3000	> 3000

La définition de la seule exposition aux attaques chimiques ne permet pas de déterminer l'enrobage au sens de la norme EN 1992-1-1. Il convient aussi de déterminer la classe d'exposition vis-à-vis du risque de corrosion des armatures (XS ou XD). Quelques recommandations relatives à la composition des bétons en fonction des classes d'exposition sont résumées dans le tableau ci-dessous, extrait de la Norme :

Classes d'exposition	MARINS		CHLORES		CHIMIQUES		
	XS2/XS1	XS3	XD2	XD3	XA1	XA2	XA3
<b>E<sub>eff</sub>/Liant équivalent maximale</b>	0,55	0,50	0,55	0,50	0,55	0,50	0,45
<b>Classe de résistance minimale</b>	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45	C40/50
<b>Teneur minimale en liant équivalent (kg/m<sup>3</sup>)</b>	330	350	330	350	330	350	385

#### Remarques :

Pour des ouvrages géotechniques spéciaux (pieu, paroi moulée,...), des exigences complémentaires sont données en annexe D de la norme.

Les dispositions à prendre pour prémunir les ouvrages de l'agressivité du milieu ne relèvent pas de la compétence du BET Géotechnique.

De même, le BET Géotechnique n'a pas compétence dans le domaine de la fabrication des bétons. Il indique simplement la classe d'agressivité du milieu en fonction des analyses effectuées (voir ci-dessus).

La formulation des bétons la plus appropriée pour le chantier incombe au BET structure et à l'entreprise. Ces derniers définissent la classe à prendre en compte en fonction de l'exposition des ouvrages. L'entreprise est libre d'effectuer un nouvel échantillonnage du milieu si elle le juge nécessaire afin d'affiner les paramètres d'agressivité et optimiser ses formulations.

#### ▪ Agressivité du sol vis-à-vis des bétons

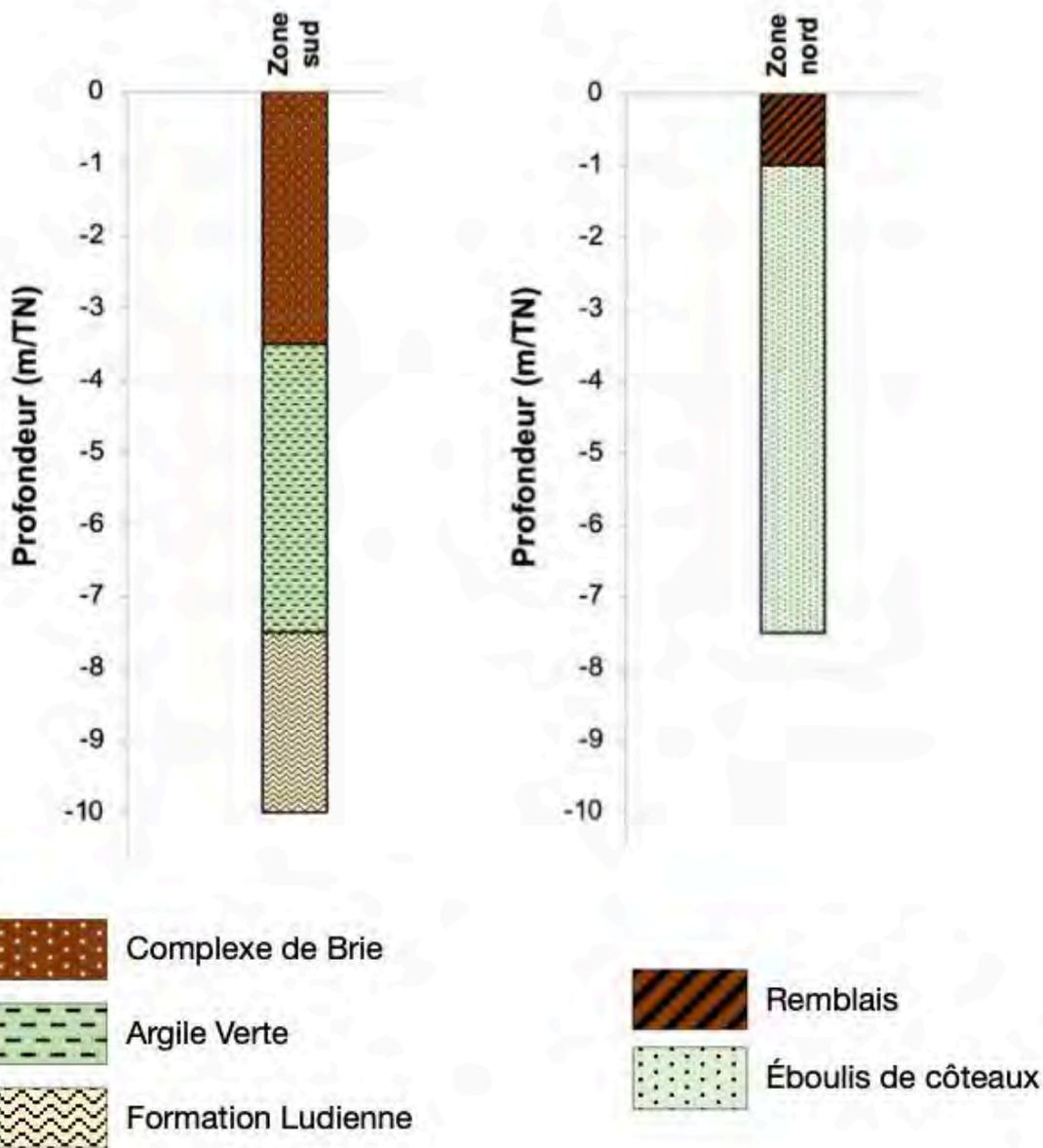
Des essais d'agressivité des sols suivant la norme NF EN 206-1 ont été réalisés sur des échantillons issus du sondage carotté SC1 lors de la première campagne d'investigation (Mission G1 PGC). Les résultats complets sont disponibles en annexe. Le tableau ci-dessous résume les classes d'exposition des sols :

Échantillons	Profondeur	Nature	Classe d'exposition
E1	# 0,5	Argile marron rougeâtre sableuse avec cailloux et rognons	<XA1
E2	# 2,5	Marno-Calcaire jaunâtre	<XA1
E3	# 4,0	Argile Verte	<XA1
E4	# 6,0	Argile Verte	<XA1

### 3.7. SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE

#### 3.7.1. MODÈLE STRATIGRAPHIQUE INTERPRÉTÉ ET RÉPARTITION DES RÉSULTATS PRESSIOMÉTRIQUES

Les figures ci-dessous indiquent les logs stratigraphiques de **la zone sud** interprétés au droit de chaque sondage et la répartition des pressions limites de rupture / modules pressiométriques avec la profondeur.



### 3.7.2. MODÈLE GÉOMÉCANIQUE

Le tableau ci-dessous indique le modèle géomécanique à retenir pour le dimensionnement des ouvrages géotechniques.

Zone Nord :

Couche de sol	Base (m/TN)	Rd (Bar)	$\alpha$
Remblais	1,0	$\approx 50$	0,66
Éboulis de Coteaux	> 7,5	$\approx 50$	0,66

Zone Sud :

Couche de sol	Base (m/TN)	Rd (Bar)	Pl (Bar)	Em (Bar)	$\alpha$
Complexe de Brie	3,5	$\approx 50$	13	130	0,5
Argile Verte	7,5	$\approx 40$	10	70	0,66
Formation Ludienne	> 10,0	-	9	70	0,66

## 4. PROJET

### 4.1. CONSTRUCTIONS ENVISAGÉES

#### 4.1.1. CATÉGORIE D'OUVRAGE

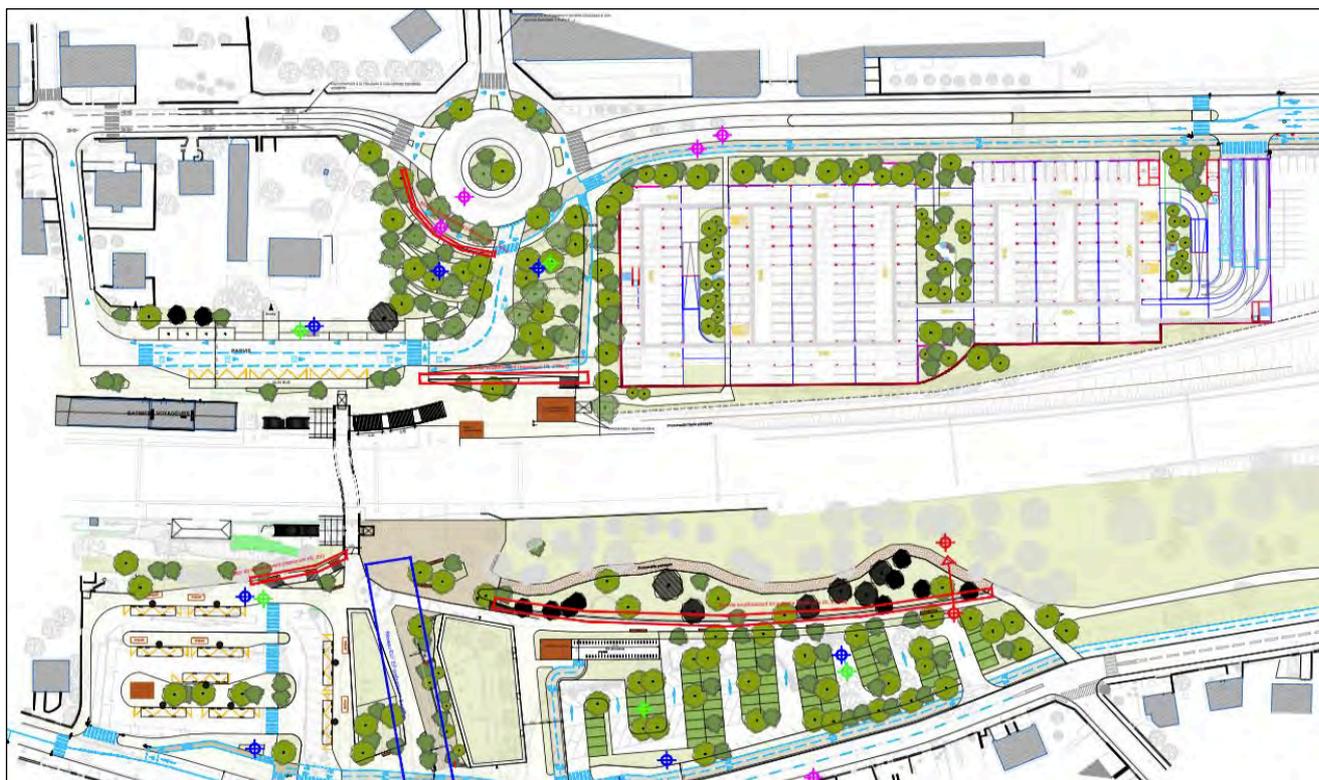
Le projet pourrait être classé selon l'Eurocode 7 et l'Eurocode 0 dans les catégories suivantes :

Catégorie géotechnique	2	Ouvrages et fondations classiques Absence de conditions de terrain ou de chargements difficiles
Classe de conséquence	CC2	Conséquence moyenne sur les personnes Conséquences économiques, sociales ou d'environnement considérables
Catégorie de durée d'utilisation	4	50 ans : structure courante de génie civil et de bâtiment

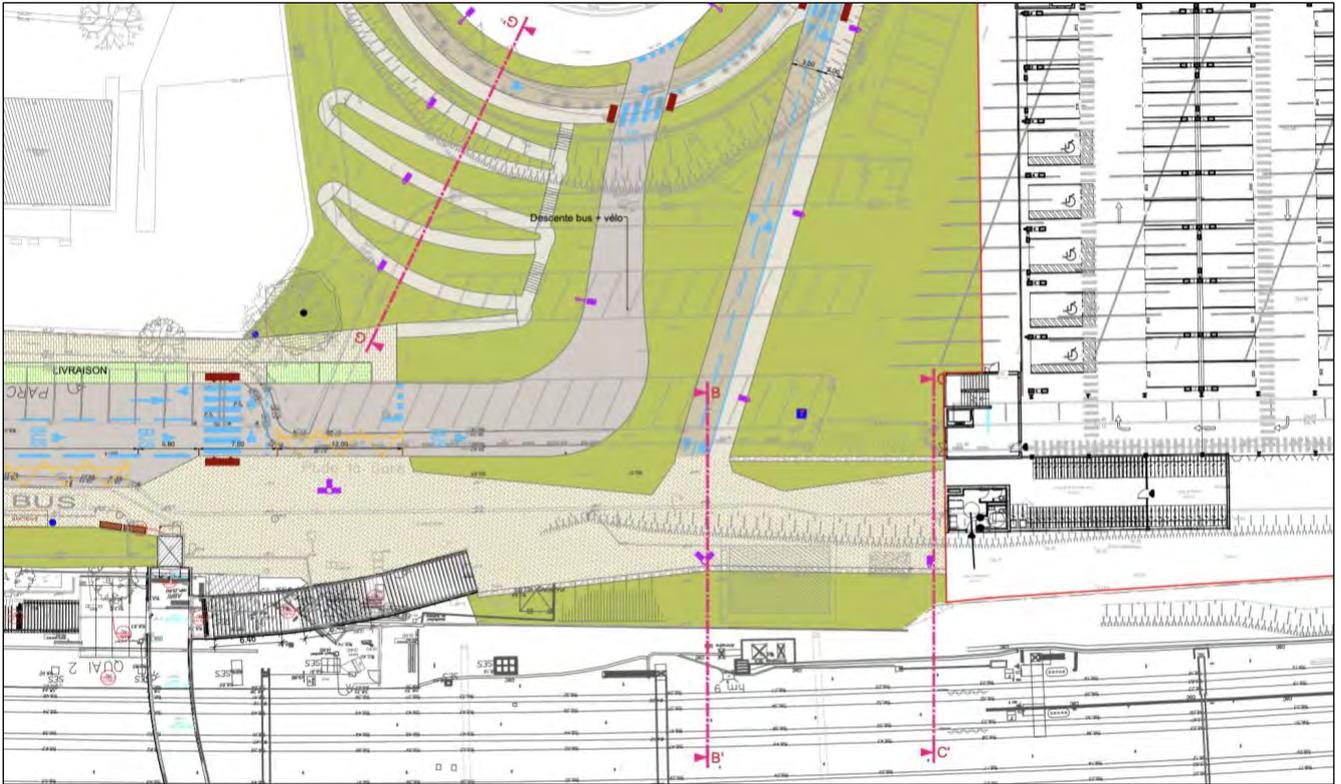
La complexité d'un projet est à fixer par le Maître d'ouvrage ou son représentant avant le début des études. Elle est à préciser le cas échéant au fur et à mesure de leur avancement.

#### 4.1.2. CONTENU ARCHITECTURAL

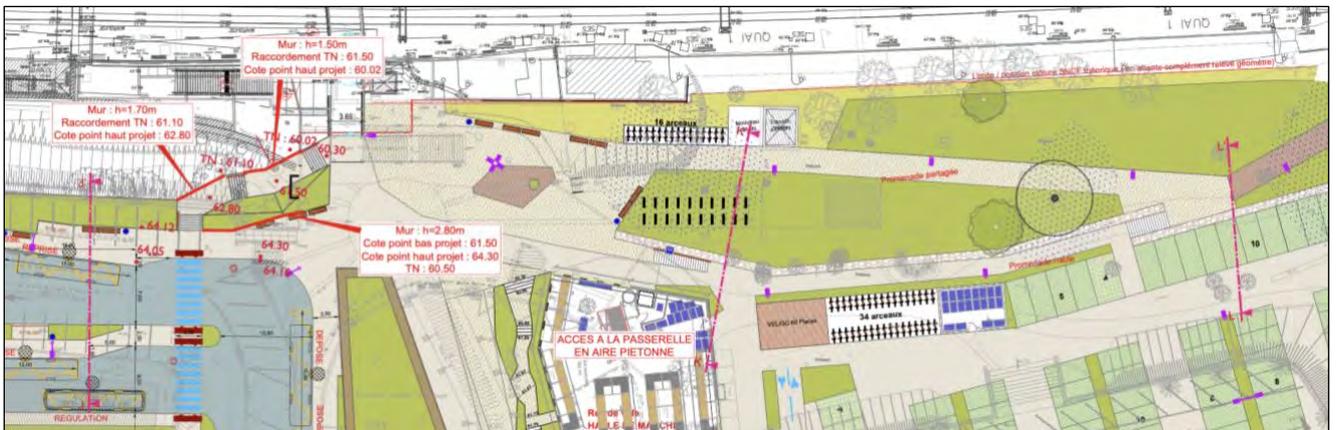
Le projet prévoit la construction de 4 murs de soutènements en gabions de part et d'autre de la voie SNCF à Sainte Geneviève des Bois.



Extrait du plan d'aménagement (solution de base)



Extrait du plan complémentaire étude (partie nord)

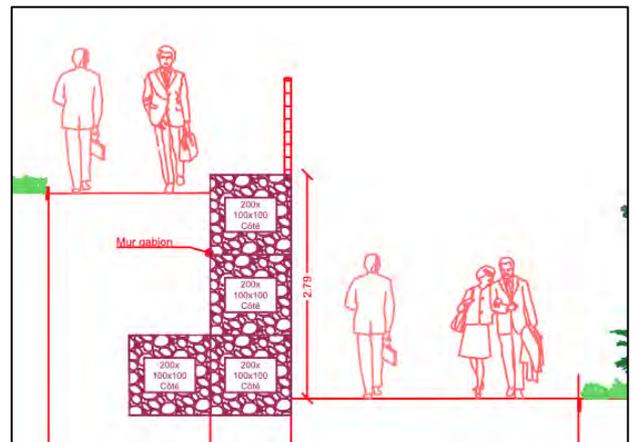


Extrait du plan complémentaire étude (partie sud)

Zone Sud :

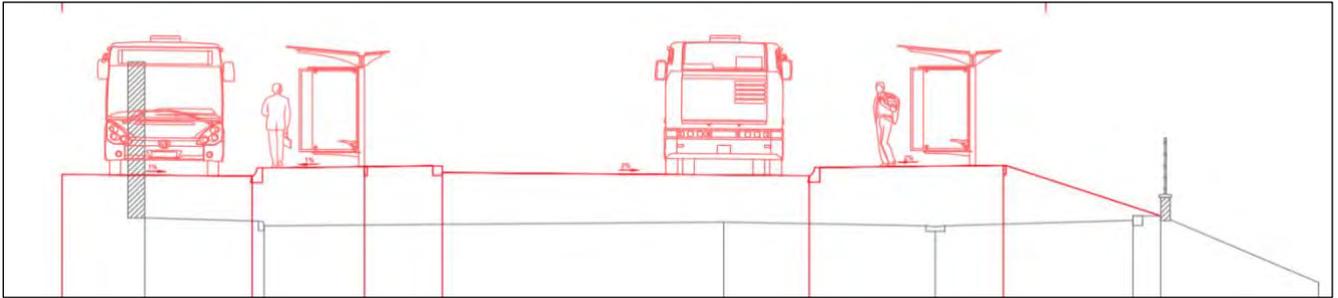


Extrait de la coupe K-K' (soutènement n°1 zone sud)



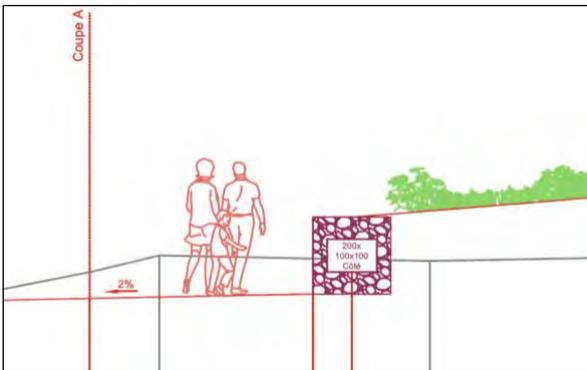
Extrait de la coupe L-L' (soutènement n°1 zone sud)

SC MAS	118017	6	G2 AVP	MP	04/12/2024	Provisoire
Agence	N° dossier	N° pièce	Mission	Rédacteur	Date	État

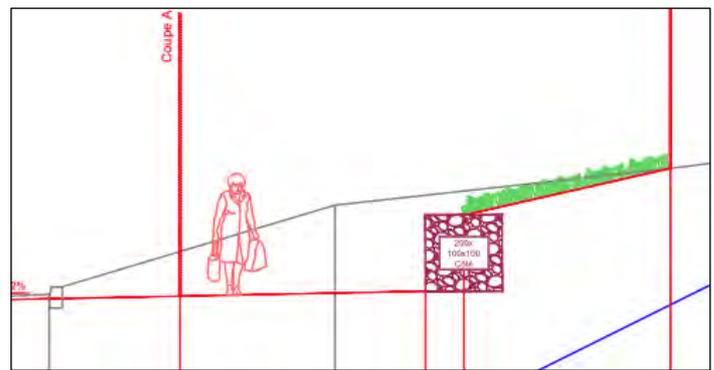


Extrait de la coupe J-J' (proche du soutènement n°2 de la zone sud)

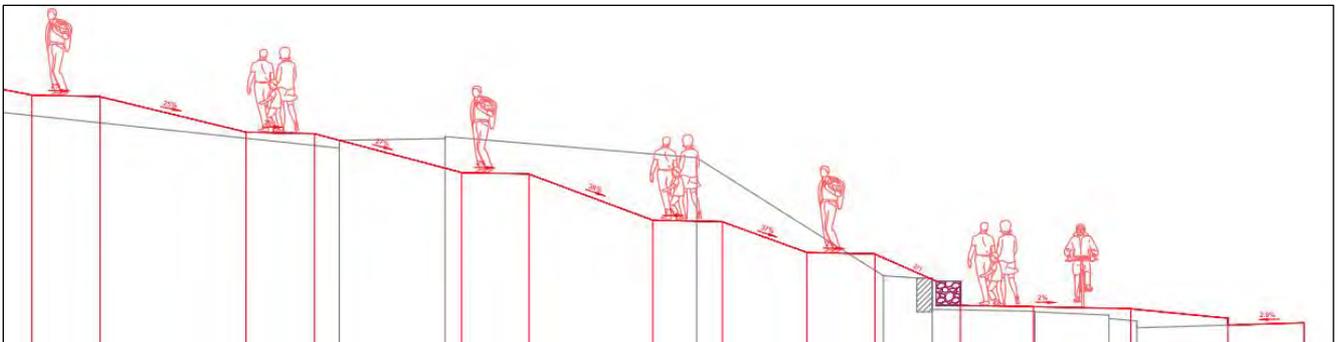
Zone Nord :



Extrait de la coupe B-B' (soutènement n°3 zone nord)



Extrait de la coupe C-C' (soutènement n°3 zone nord)



Extrait coupe G-G' (Soutènement n°4 zone nord)

## 4.2. APPROCHE DE LA Z.I.G. - MITOYENS

### 4.2.1. DÉFINITIONS DES DIFFÉRENTS LINÉAIRES MITOYENS

Le projet ne comporte pas de mitoyens immédiat à l'exception des voiries et réseaux enterrés.

## 5. SOUTÈNEMENTS ZONE SUD

### 5.1. Soutènements n°1 : coupes K-K' et L-L'

#### 5.1.1. Méthodes de calculs

##### Généralités sur le principe de dimensionnement

Pour la justification des murs, il convient de respecter la norme d'application nationale de l'Eurocode 7 - **NF P 94-281** « Murs » (Avril 2014).

##### Justification EC7

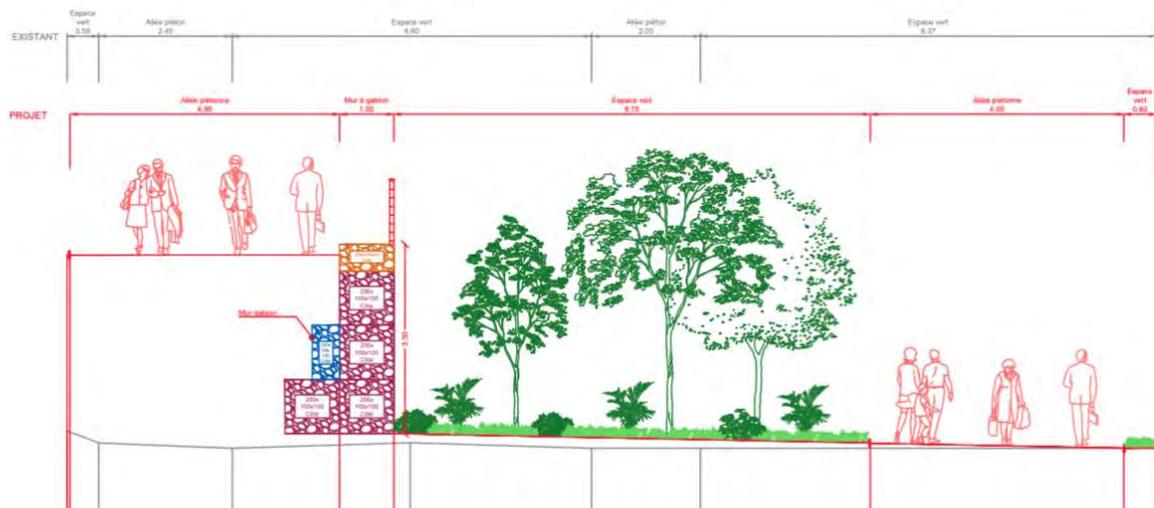
ELU GEO : Vérification au glissement pour les murs. Vérification du glissement généralisé.  
ELU GEO : Vérification au renversement.  
ELU GEO : Vérification de la portance si l'élément est porteur.

Les calculs pour la justification des murs sont menés avec le logiciel GÉOMUR v.2.10 pour les états limites de glissement, renversement et portance (*stabilité externe*).

La stabilité interne du mur de soutènement est à la charge du BET structure.

#### 5.1.2. Géométries / Coupes étudiées

Le projet prévoit un mur de soutènement en gabion sur des hauteurs allant jusqu'à 3,5m de terrain soutenu.



Extrait coupe K-K'



Plan du futur mur de soutènement

La solution du mur en gabion comme proposé dans les coupes a été étudié. Cependant, en raison du poids volumique modéré des gabions, cette solution conduirait à la mise en œuvre d’une quantité de gabions trop importante au vu de l’emprise disponible.

C’est pourquoi la solution étudiée dans la suite du rapport consiste en la réalisation d’un mur en L traditionnel.

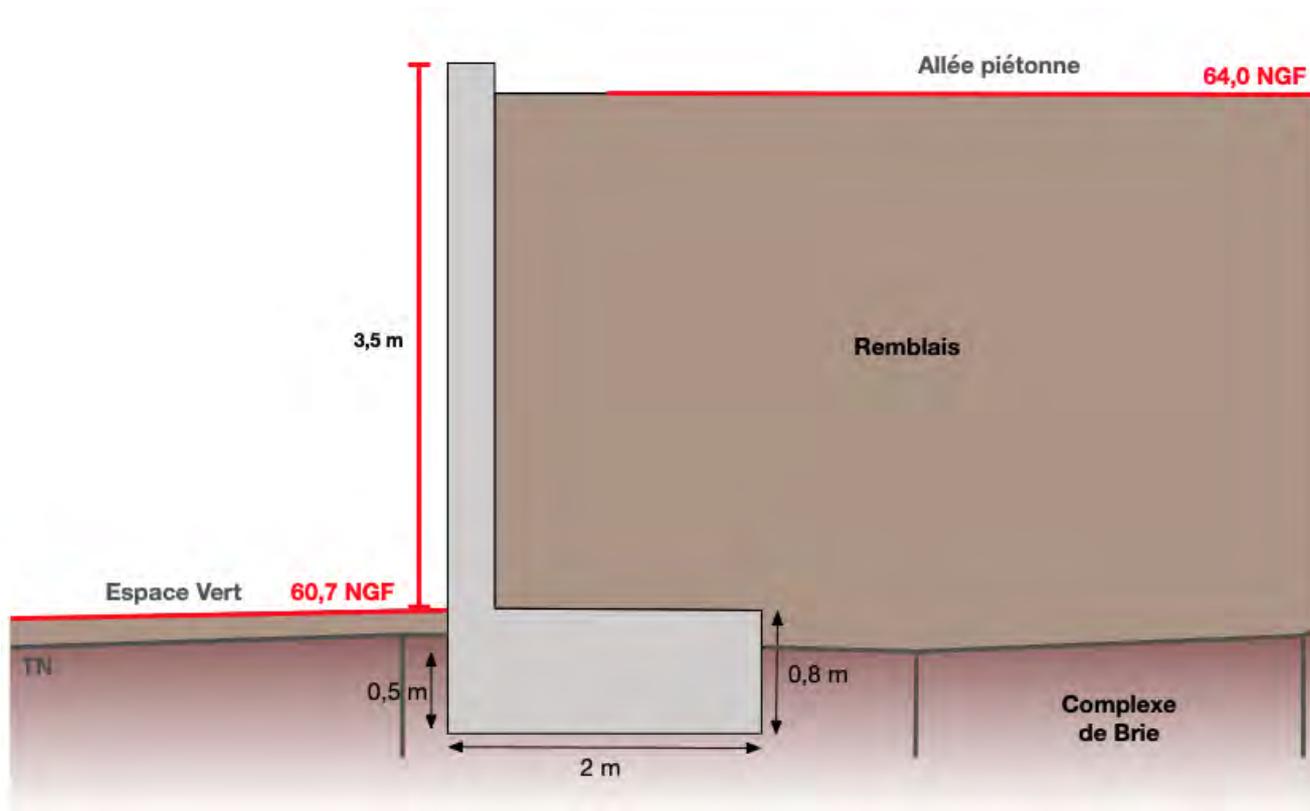


Schéma de principe de la solution étudiée

### 5.1.3. Hypothèses géotechniques

#### Modèle de terrain pour la poussée des terres :

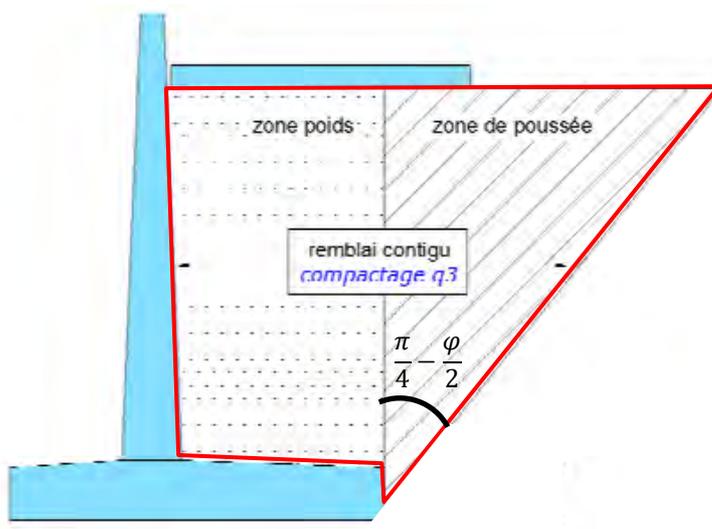
Les paramètres de sol à retenir pour les calculs du mur sont résumés dans le tableau ci-après :

	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\phi'$ (°)	C' kPa
Remblais contigu	20	35	0
Terrains d'accompagnement	20	30	5

Pour le mur en béton, il a été considéré un poids volumique de 25 kN/m<sup>3</sup>.

Aucune poussée hydrostatique n’est considérée dans le calcul. Un géocomposite de drainage associé à un lit de barbacanes en pied du mur doit être prévu.

L’inclinaison de poussée sur l’écran fictif est limitée à 10° dans les calculs qui suivent.



Définition du remblai contigu, de la zone poids et de la zone de poussée

Le remblai amont contigu correspond à la zone entourée en rouge. Un remblai contigu aval peut également exister. **Quelle que soit l'origine du remblai contigu, il devra impérativement respecter au minimum les caractéristiques intrinsèques définies dans les calculs ; notamment présenter un angle de frottement d'au moins 35° et une masse volumique limitée à 20 kN/m<sup>3</sup>.**

Aucune nappe n'a été considérée dans les calculs.

**Modèle de terrain pour la portance du sol d'assise du mur :**

Le mur sera fondé sur une semelle coulée en place de 0,8 m d'épaisseur, ancrée de 0,5 m au minimum dans le Complexe de Brie. Les vérifications concernant la portance du mur sont réalisées en tenant compte des paramètres suivants :

Terrain d'assise du mur (Complexe de Brie)				
Ple (kPa)	kp	q = kp x ple (kpa)	q0 (kPa)	Φ <sub>semelle/sol</sub> °
1300	1,0	1300*	16	30**

\*avant application de i<sub>δβ</sub>

\*\*Semelle coulée en place

**5.1.4. Résultats du calcul de stabilité externe**

Les principaux résultats des calculs de stabilité externe sont résumés ci-après. Le détail des calculs est fourni en annexe.

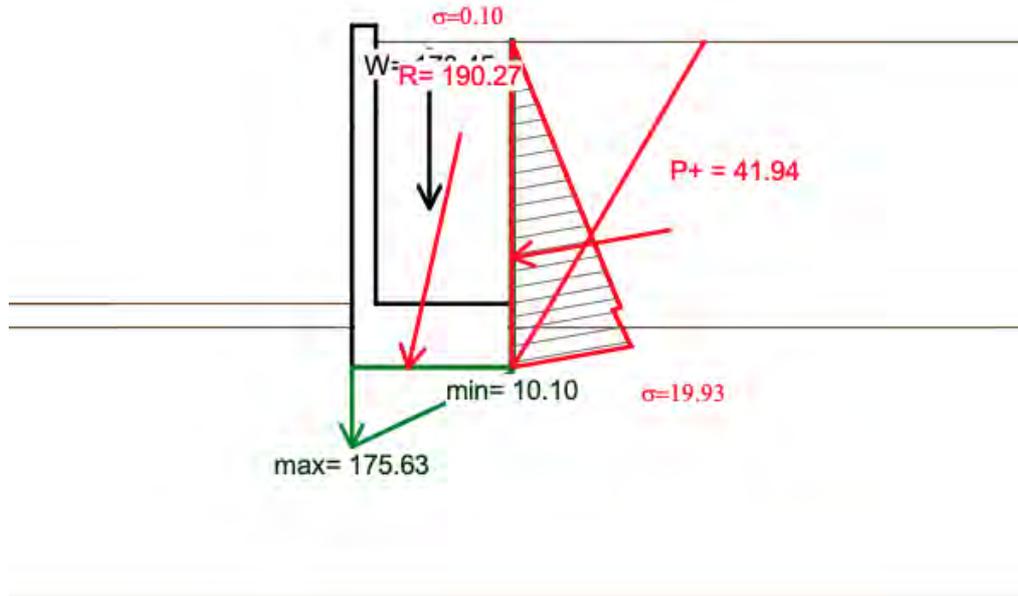


Diagramme des forces/contraintes (kN/kPa)

Facteurs de sécurité partiels	Critère	Statique
	<b>Eurocodes 7 : NF P 94-281</b>	
<b>Actions - ELU</b> permanentes défavorables $\gamma_g = 1.35$ variables défavorables $\gamma_q = 1.5$ permanentes favorables $\gamma_g = 1$ variables favorables $\gamma_q = 0$ Eau favorable $\gamma_w; \text{inf} = 1$ Eau défavorable $\gamma_w; \text{sup} = 1.35$  <b>Résistances</b> portance (ELU) $\gamma_R; v = 1.4$ portance (ELS) $\gamma_R; v = 2.3$ glissement $\gamma_R; h = 1.1$ butée $\gamma_R; e = 1.4$  <b>Methode</b> glissement $\gamma_R; d; h = 0.9$ portance $\gamma_R; d; v = 1$	<b>Approche 2 - ELU</b>  Glissement (ELU Article 9.3.1) Poussée défavorable-Poids favorable  Renversement (ELU Article 9.2.2) Poussée défavorable-Poids favorable  Poinçonnement (ELU Article 9.2.1) Poussée défavorable-Poids favorable	Rh;d = 109.8 kN/m Rp;d = 0 kN/m Hd = 55.755 kN/m Hd <= Rh;d + Rp;d  e = 0.385 m e < 7/15 * B = 0.933 m  R0=32 kN; iδβ=0.489 Rv;d = 557.95 kN/m Vd = 188.28 kN/m Vd <= Rv;d + R0
	<b>Approche 2 - ELS</b>  Renversement (ELS Article 12.3)  Poinçonnement (ELS Article 12.2)	e = 0.297 m e < 1/4 * B = 0.5 m  R0=32 kN; iδβ=0.593 Rv;d = 471.27 kN/m Vd = 185.73 kN/m Vd <= Rv;d + R0

Tableau synthétique des vérifications de stabilité externe

## 5.2. Soutènements n°2 : proche coupe J-J'

### 5.2.1. Méthodes de calculs

Généralités sur le principe de dimensionnement
Pour la justification des murs, il convient de respecter la norme d'application nationale de l'Eurocode 7 - <b>NF P 94-281</b> « Murs » (Avril 2014).
Justification EC7
ELU GEO : Vérification au glissement pour les murs. Vérification du glissement généralisé.
ELU GEO : Vérification au renversement.
ELU GEO : Vérification de la portance si l'élément est porteur.

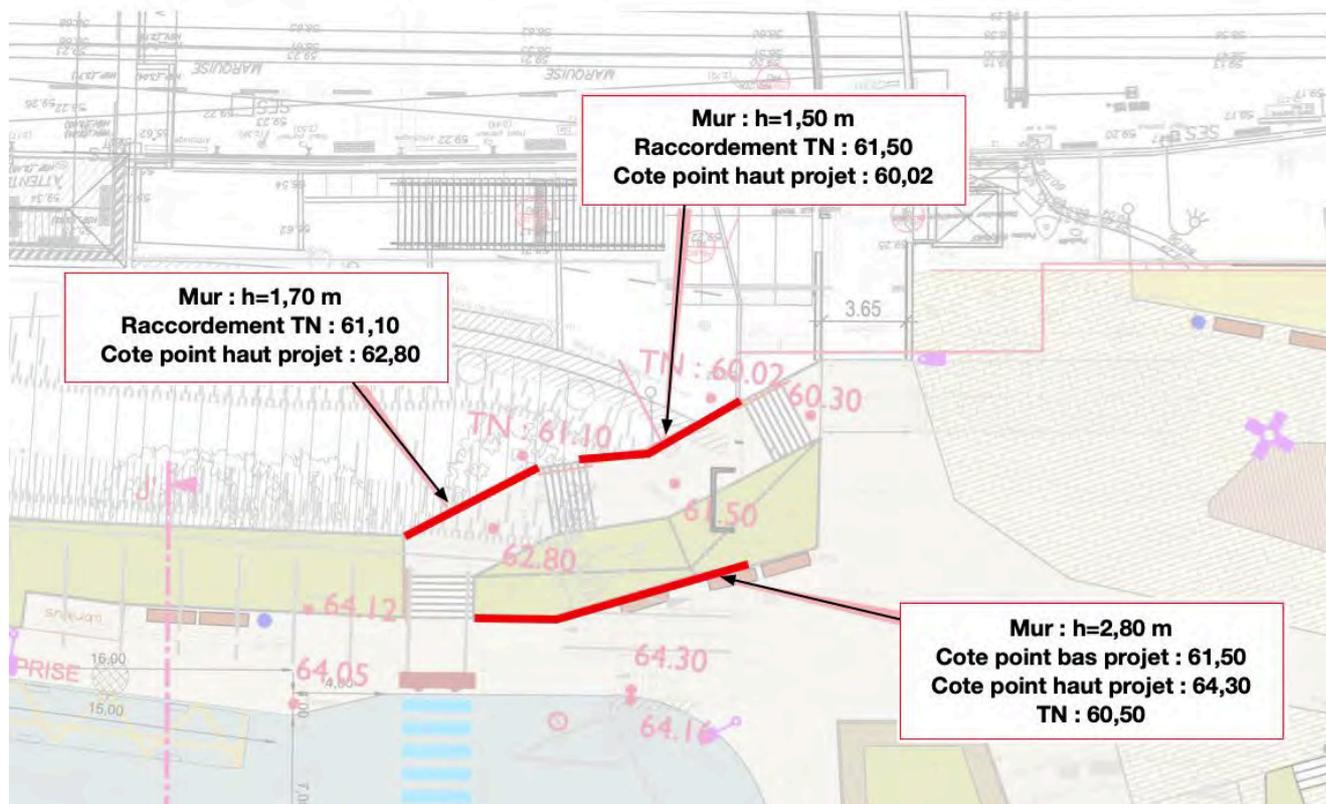
Les calculs pour la justification des murs sont menés avec le logiciel GÉOMUR v.2.10 pour les états limites de glissement, renversement et portance (*stabilité externe*).

La stabilité interne du mur de soutènement est à la charge du BET structure.

### 5.2.2. Géométries / Coupes étudiées

Le projet prévoit un mur de soutènement sur des hauteurs allant jusqu'à 2,8 m de terrain soutenu.

Aucune coupe de projet recoupant ce mur de soutènement ne nous a été donné.



Plan du futur mur de soutènement

La solution étudiée dans la suite du rapport consiste en la réalisation de murs en L.

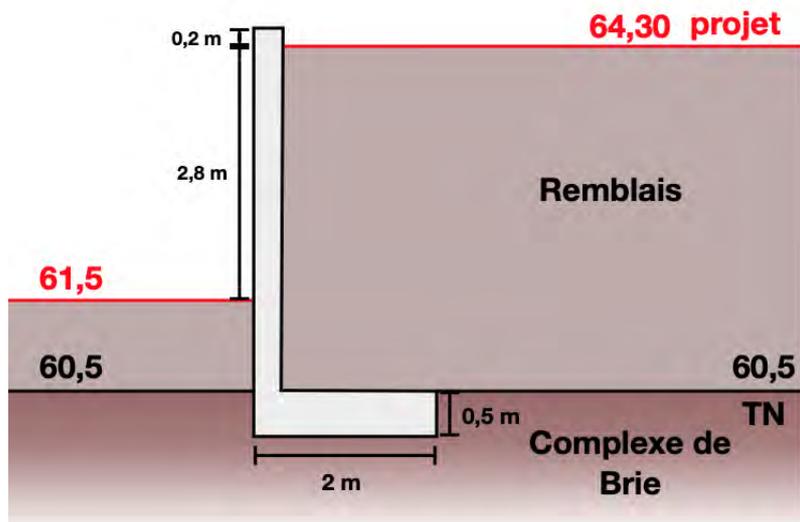


Schéma de principe de la solution étudiée pour les murs de soutènements

### 5.2.3. Hypothèses géotechniques

#### Modèle de terrain pour la poussée des terres :

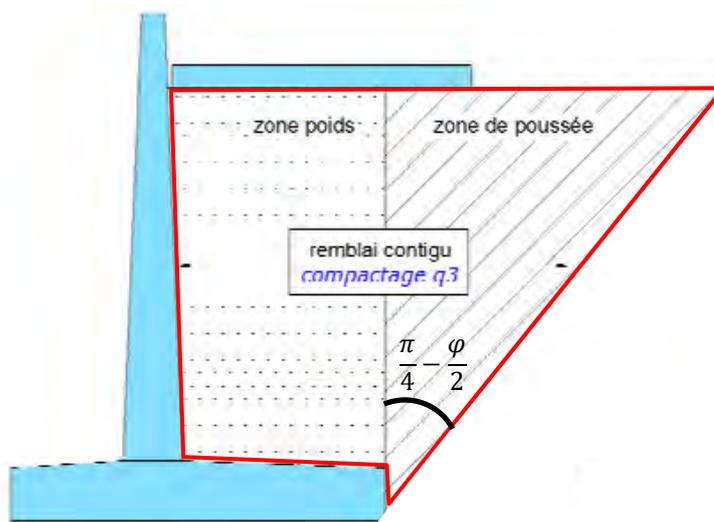
Les paramètres de sol à retenir pour les calculs des murs sont résumés dans le tableau ci-après :

	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\phi'$ (°)	C' kPa
Remblais contigu	20	35	0
Terrains d'accompagnement	20	30	5

Pour les murs en bétons, il a été considéré un poids volumique de 25 kN/m<sup>3</sup>.

Aucune poussée hydrostatique n'est considérée dans le calcul. Un géocomposite de drainage associé à un lit de barbacanes en pied des murs doit être prévu.

L'inclinaison de poussée sur l'écran fictif est limitée à 10° dans les calculs qui suivent.



Définition du remblai contigu, de la zone poids et de la zone de poussée

Le remblai amont contigu correspond à la zone entourée en rouge. Un remblai contigu aval peut également exister. **Quelle que soit l'origine du remblai contigu, il devra impérativement respecter au minimum les caractéristiques intrinsèques définies dans les calculs ; notamment présenter un angle de frottement d'au moins 35° et une masse volumique limitée à 20 kN/m3.**

Aucune nappe n'a été considérée dans les calculs.

**Modèle de terrain pour la portance du sol d'assise du mur :**

Les murs seront fondés **sur une semelle coulée en place** de 0,5 m d'épaisseur, ancrée de 0,5 m au minimum dans le Complexe de Brie. Les vérifications concernant la portance du mur sont réalisées en tenant compte des paramètres suivants :

Terrain d'assise du mur (Complexe de Brie)				
Ple (kPa)	kp	q = kp x ple (kpa)	q0 (kPa)	$\phi_{\text{semelle/sol}}$
1300	1,0	1300*	10	30**

\*avant application de  $i_{\delta\beta}$

\*\*Semelle coulée en place

**5.2.4. Résultats du calcul de stabilité externe**

Les principaux résultats des calculs de stabilité externe sont résumés ci-après. Le détail des calculs est fourni en annexe.

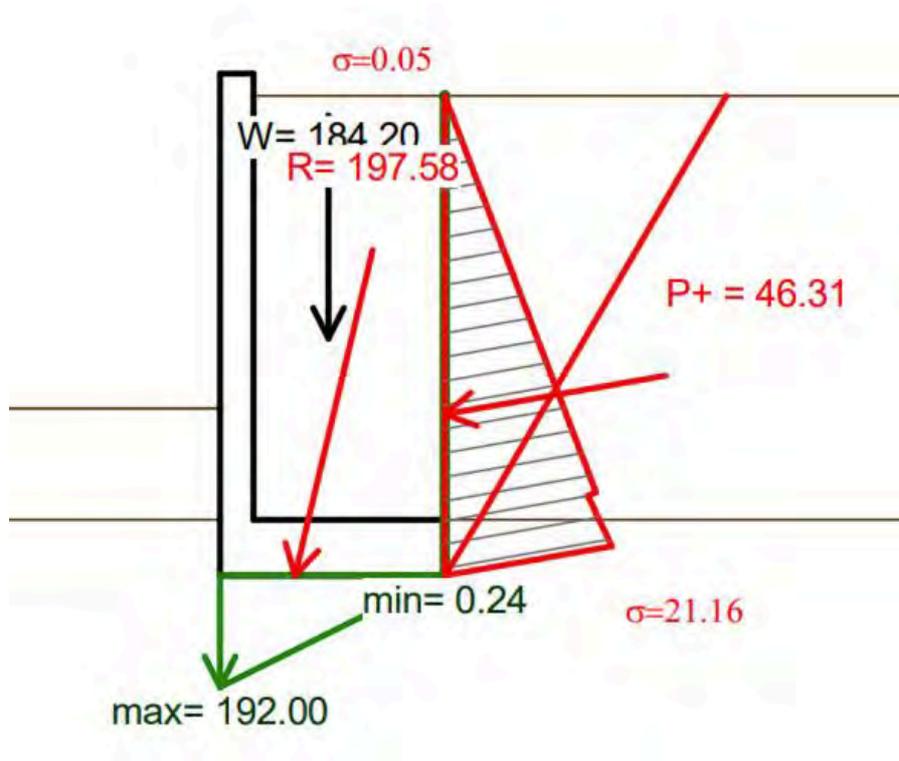


Diagramme des forces/contraintes (kN/kPa)

Facteurs de sécurité partiels	Critère	Statique
	<b>Eurocodes 7 : NF P 94-281</b>	
<p><b>Actions - ELU</b>            permanentes défavorables <math>\gamma_g = 1.35</math>            variables défavorables <math>\gamma_q = 1.5</math>            permanentes favorables <math>\gamma_g = 1</math>            variables favorables <math>\gamma_q = 0</math>            Eau favorable <math>\gamma_w;inf = 1</math>            Eau défavorable <math>\gamma_w;sup = 1.35</math></p> <p><b>Résistances</b>            portance (ELU) <math>\gamma_R;v = 1.4</math>            portance (ELS) <math>\gamma_R;v = 2.3</math>            glissement <math>\gamma_R;h = 1.1</math>            butée <math>\gamma_R;e = 1.4</math></p> <p><b>Methode</b>            glissement <math>\gamma_R;d;h = 0.9</math>            portance <math>\gamma_R;d;v = 1</math></p>	<p>Approche 2 - ELU</p> <p>Glissement (ELU Article 9.3.1) Poussée défavorable-Poids favorable</p> <p>Renversement (ELU Article 9.2.2) Poussée défavorable-Poids favorable</p> <p>Poinçonnement (ELU Article 9.2.1) Poussée défavorable-Poids favorable</p> <p>Approche 2 - ELS</p> <p>Renversement (ELS Article 12.3)</p> <p>Poinçonnement (ELS Article 12.2)</p>	<p>Rh;d = 113.75 kN/m Rp;d = 0 kN/m Hd = 61.566 kN/m Hd &lt;= Rh;d + Rp;d</p> <p>e = 0.431 m e &lt; 7/15 * B = 0.933 m</p> <p>R0=20 kN; iδβ=0.434 Rv;d = 458.24 kN/m Vd = 195.06 kN/m Vd &lt;= Rv;d + R0</p> <p>e = 0.332 m e &lt; 1/4 * B = 0.5 m</p> <p>R0=20 kN; iδβ=0.546 Rv;d = 411.87 kN/m Vd = 192.24 kN/m Vd &lt;= Rv;d + R0</p>

Tableau synthétique des vérifications de stabilité externe

### 5.3. Préconisations d'exécutions des murs en L

- Les profondeurs d'assise des semelles devront respecter les conditions de mise hors-gel (profondeur d'assise minimum de 0,6m en Ile de France).
- Adaptation au sol : il est nécessaire de prévoir des adaptations au sol par l'intermédiaire de mise en place de gros béton pour pallier les hétérogénéités du terrain naturelles ou anthropiques (poche ou zone de remblais par exemple).

#### Drainage et remblais technique

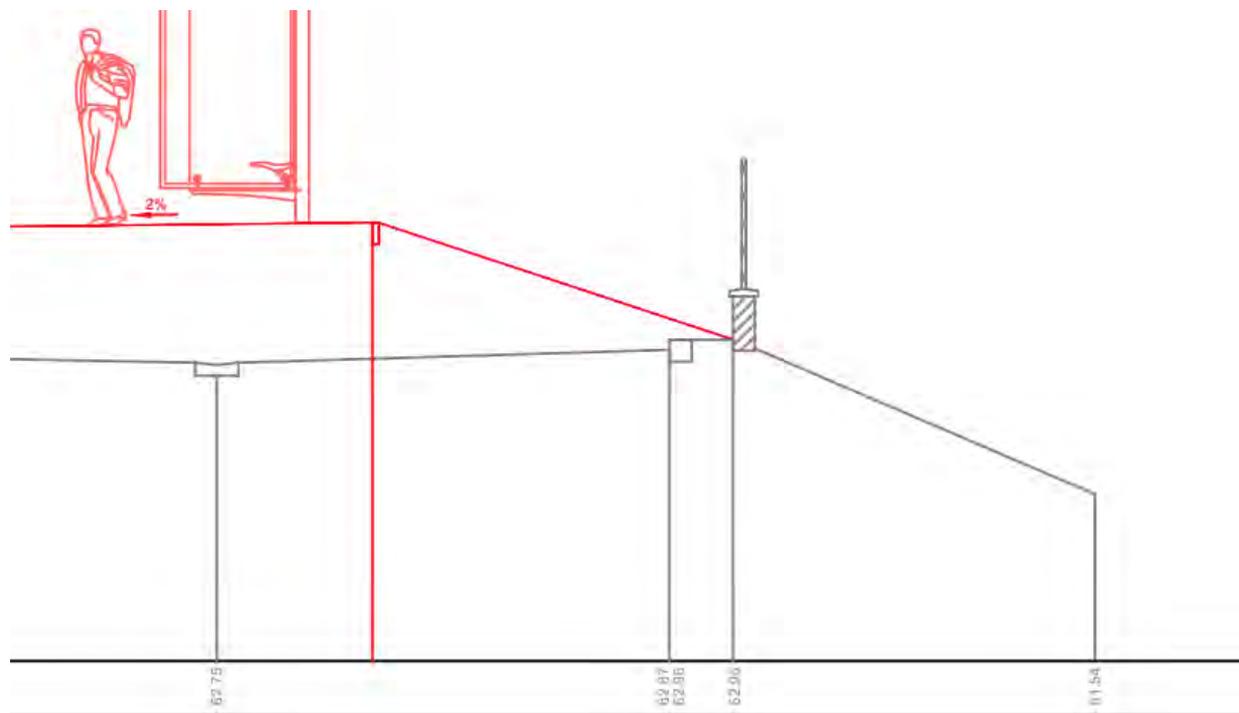
- Une fois le mur réalisé, la mise en œuvre d'un géocomposite de drainage à l'arrière du voile sera requise. Le géocomposite sera relié à un lit de barbacanes ou à un drain avec exutoire.
- Les matériaux seront granulaires, insensibles à l'eau. Ils seront non évolutifs, non gonflants, non érodables et présenteront des paramètres physico-chimiques non agressifs vis-à-vis du béton et des armatures. En particulier, des coefficients Los Angeles et Micro Deval en présence d'eau seront respectivement inférieurs à 45.
- Le matériau présentera un Dmax de 50 mm et le passant à 80um sera inférieur à 12%.
- Lorsque le Dmax du matériau est compris entre 31,5 mm et 50 mm, il est nécessaire de mettre un dispositif de protection du drainage, qu'il s'agisse d'un matériau roulé ou concassé.
- La mise en œuvre des matériaux granulaires sera réalisée par couches unitaires directement dimensionnées par l'entreprise en tenant compte du type de compacteur utilisé. Pour cela, l'entreprise pourra se référer au GTR.
- Le remblai est considéré contigu à un ouvrage ; à ce titre les compacteurs lourds (*supérieurs ou égaux à la classe VM3*) seront interdits sur une distance minimale de 2,00 m du voile en béton.

#### Contrôles

La bonne mise en œuvre du remblai contigu devra être contrôlé par la réalisation d'essais au pénétromètre dynamique à énergie constante selon la norme NF P 94-063. L'objectif de compactage q3 est exigé.

### 5.1. Talus : Coupe J-J'

Le projet prévoit de recharger et d'agrandir la hauteur d'un talus existant de 1m (voir extrait de coupe ci-dessous).



Extrait de la coupe J-J'

Les talus seront dressés selon une pente de 3,3H pour 1,2V. La faible pente prévue pour la recharge du talus est compatible avec les caractéristiques géotechniques des terrains en place.

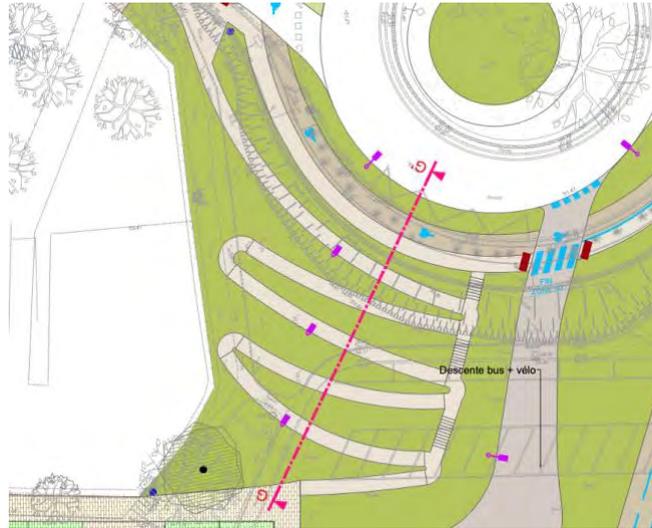
Pour la mise en œuvre des remblais, l'entreprise se rapprochera du bureau d'étude VRD pour respecter les exigences de portance de plateforme prévus au projet.

## 6. SOUTÈNEMENTS ZONE NORD

### 6.1. Soutènements n°3 : coupe G-G'

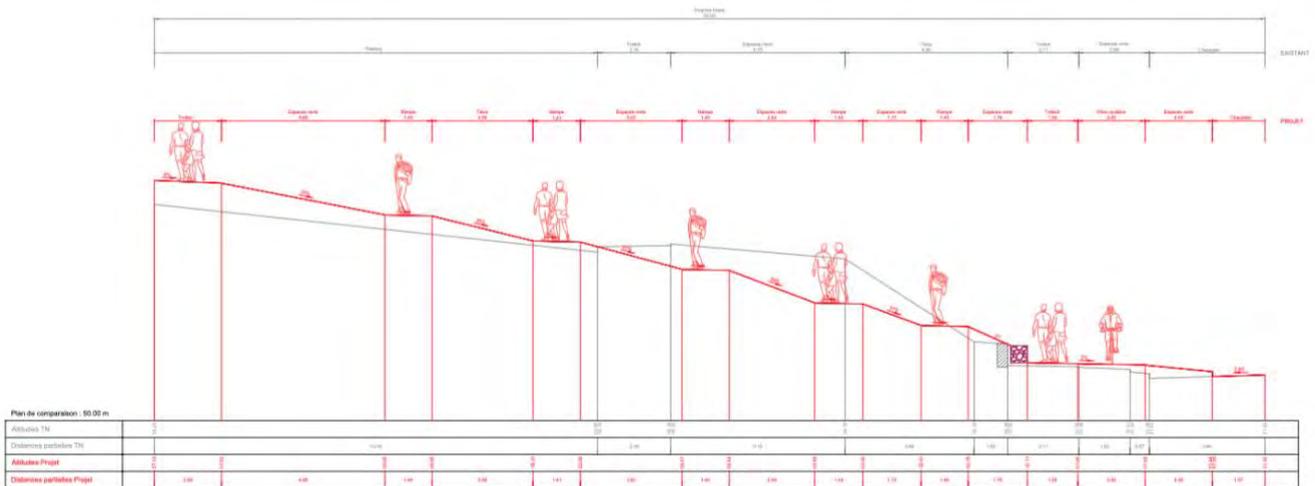
#### 6.1.1. Géométries / Coupes étudiées

Le projet prévoit un reprofilage léger de la pente actuelle avec mise en œuvre d'un petit mur de soutènement en gabion sur une hauteur de 1m en partie basse.

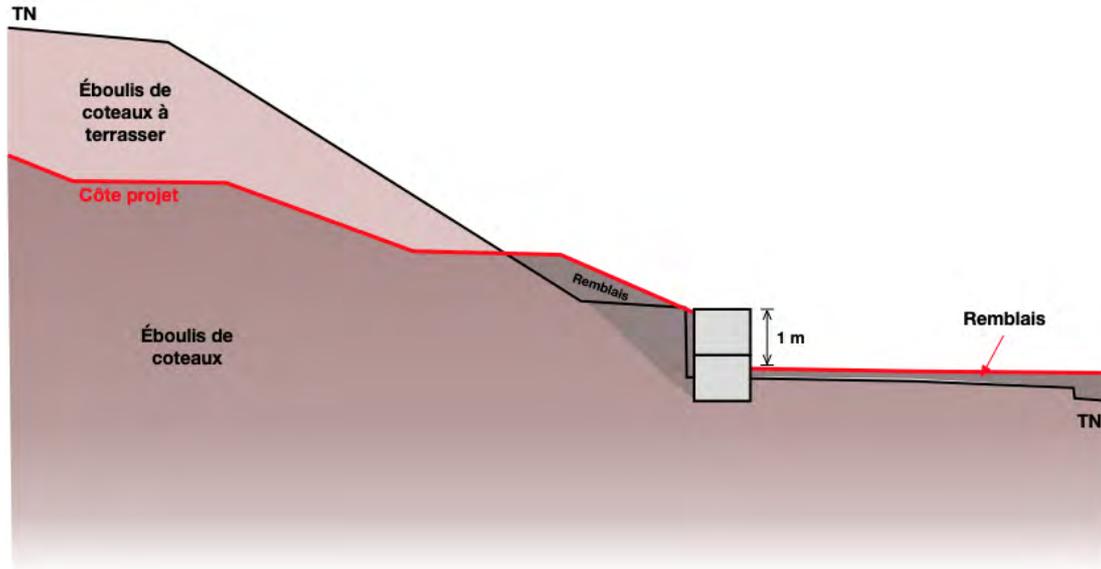


Plan du futur mur de soutènement

Coupe G-G' A3 echelle 1/100



Coupe du soutènement prévu



*Schéma de principe de la solution étudiée pour les murs de soutènements*

La faible pente prévue pour le reprofilage du talus est compatible avec les caractéristiques géotechniques des terrains en place.

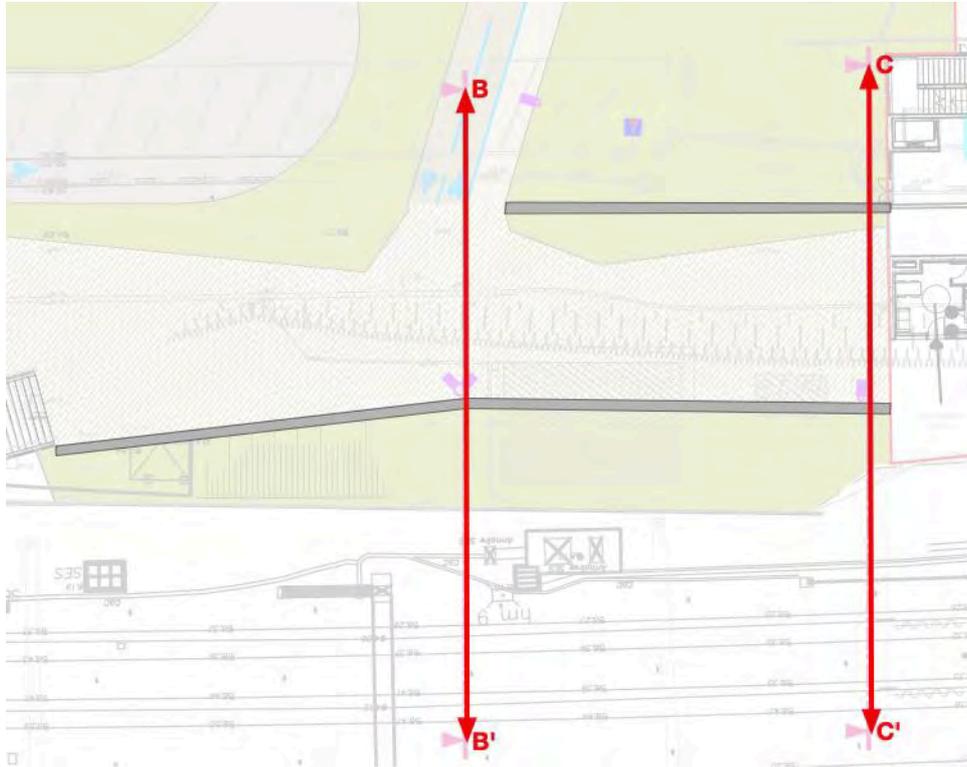
### 6.1.2. Préconisations d'exécutions

- Les profondeurs d'assise des murs en gabions devront respecter les conditions de mise hors-gel (profondeur d'assise minimum de 0,6m en Ile de France).
- Les gabions seront posés soit sur une couche de gros béton de propreté ou bien sur une couche de réglage en matériaux noble d'apport.

## 6.2. Soutènement n°4 : coupes B-B' et C-C'

### 6.2.1. Géométries / Coupes étudiées

Le projet prévoit deux murs de soutènement en gabion sur une hauteur de 1m de terrain soutenu.



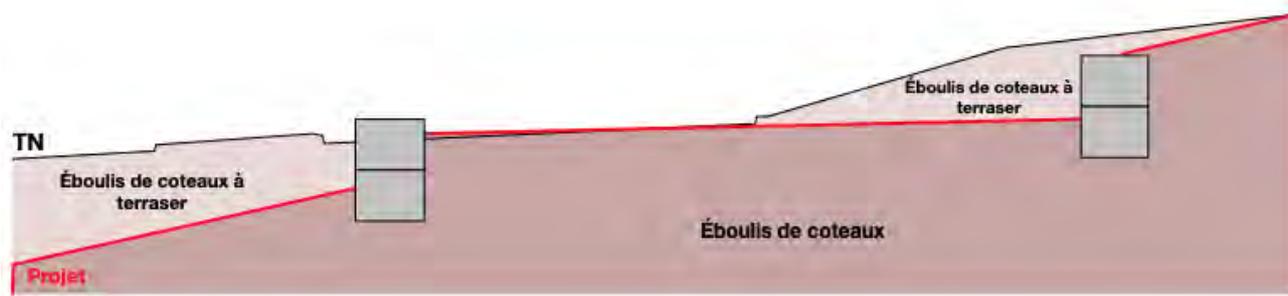
Plan des futurs murs de soutènements

Coupe C-C' A3 echelle 1/100



Coupe des soutènements

Les terrassements projetés n'interfèrent pas avec les plans SNCF (P0 à P2).



*Schéma de principe de la solution étudiée pour les murs de soutènements*

### 6.2.2. Préconisations d'exécutions

- Les profondeurs d'assise des murs en gabions devront respecter les conditions de mise hors-gel (profondeur d'assise minimum de 0,6m en Ile de France).
- Les gabions seront posés soit sur une couche de gros béton de propreté ou bien sur une couche de réglage en matériaux noble d'apport.

#### Pour les futurs talus de cette zone :

Les pentes prévues sont douces et n'induisent pas de risque particulier de glissement.

---

*Nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage pour tous renseignements complémentaires.*

Le Contrôle interne,  
Simon COUTAZ

Le Responsable de l'étude,  
Morgane PASTEUR

## 7. ANNEXES

### DANS LE CORPS DU RAPPORT - NUMÉROTÉES

- MISSIONS GÉOTECHNIQUES selon la norme NF P 94-500
  
- RELEVÉS DES REMONTÉES DE CUTTINGS
  
- PÉNÉTROGRAMMES
  
- CAROTTAGE

### PIÈCES JOINTES – NON NUMÉROTÉES

- LOGS PRESSIOMÉTRIQUES ET DIAGRAPHIES
  
- CALCULS GEOMUR
  
- ESSAIS EN LABORATOIRE
  
- LIMITE D'EXPLOITATION DU RAPPORT

## 7.1. MISSIONS GÉOTECHNIQUES

L'enchaînement de chacune de ces 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 pertinentes issues d'investigations géotechniques appropriées.

### ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission, comprenant deux phases, 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.

#### Phase Étude de Site (ES)

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

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

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse ou d'APS et permet de réduire les conséquences sur les futurs ouvrages des risques géotechniques majeurs identifiés en cas de survenance. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques pertinentes.

- 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 une synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, modes de fondations possibles, contraintes pour les terrassements et la création d'ouvrages enterrés, améliorations de sols possibles) ainsi que certains principes généraux de construction envisageables.

### ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission, comprenant trois phases, permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés en cas de survenance. 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.

#### Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet global. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques pertinentes.

- 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 avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

#### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet global. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques pertinentes et suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier comprenant la 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 avoisnants), certaines notes de calcul de dimensionnement, une approche des quantités et des valeurs seuils.

#### Phase DCE / ACT

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

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

### ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

#### ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)

Se déroulant en deux phases interactives et indissociables, 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.

##### Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

##### Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

#### SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)

Se déroulant en deux phases indissociables, 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.

##### Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

##### Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

#### DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

## 7.2. INTERPRÉTATION DES REMONTÉES DE CUTTINGS

Les coupes des sondages destructifs données ci-après sont fournies à titre indicatif. Compte tenu de la méthode de relevé (*observation des remontées de cuttings*), ces coupes sont imprécises et ne pourront nous être opposables dans le cadre d'un marché forfaitaire de fondations, même si les quantités estimées par l'entreprise venaient à être différentes de celles réellement mises en place.

Seul un criblage par carottage ou puits à la pelle, réalisé dans le cadre des missions G2/G3/G4, permettrait d'engager notre responsabilité sur les quantités et coût relatifs aux fondations.

- Sondage SP1

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,00 – 0,20	Terre végétale
0,20 – 1,80	Argile à meulière rouge jaunâtre
1,80 – 2,40	Bloc jaunâtre de meulière
2,40 – 3,20	Marne beige jaunâtre
3,20 – 10,40	Peu de remonté, Argile verte au bout de l'outils

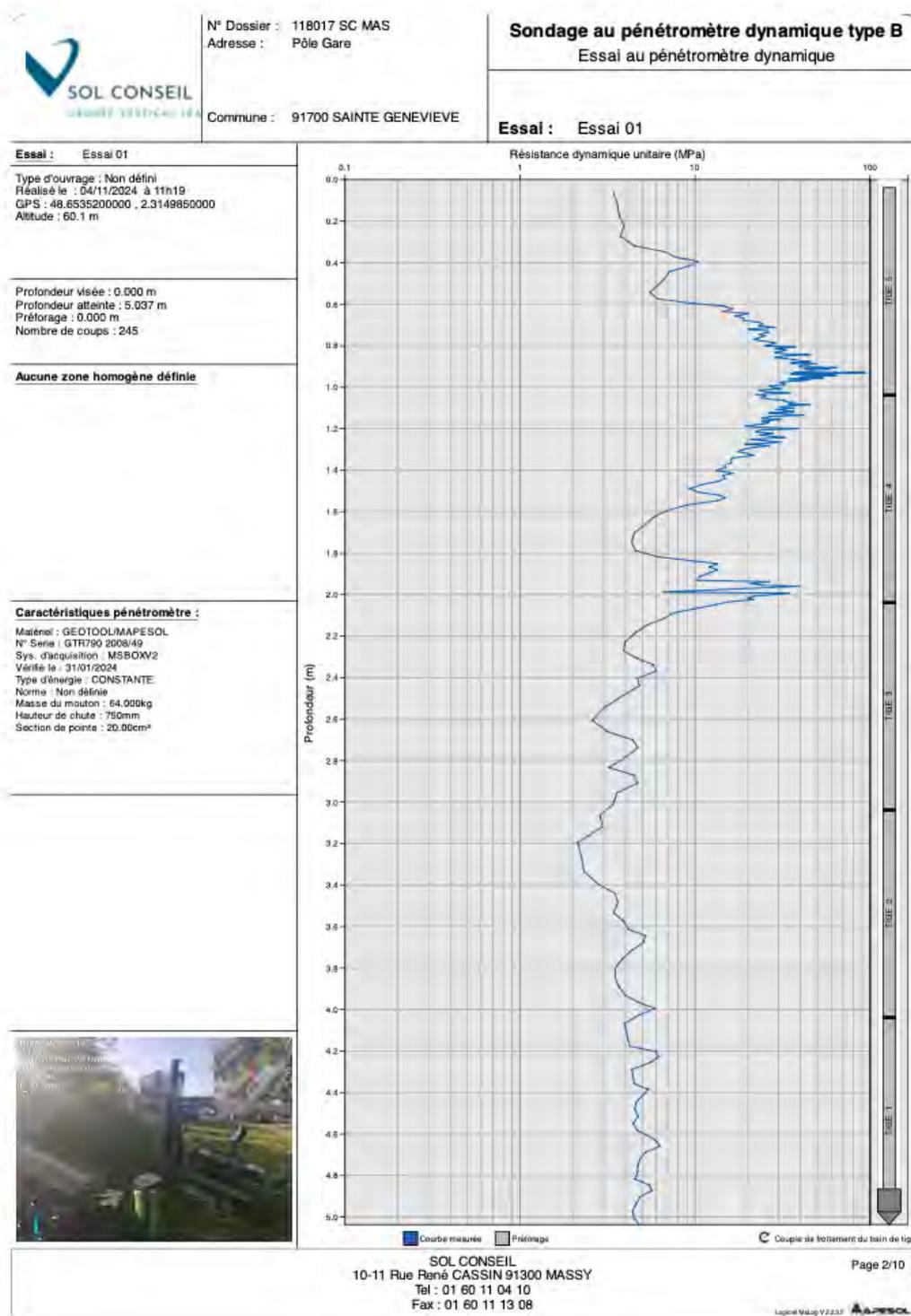
- Sondage SP2

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,00 – 0,40	Terre végétale + sable jaune
0,40 – 2,40	Argile à meulière rouge jaune
2,40 – 10,50	Peu de remontée, Marne beige blanchâtre + argile verte

### 7.3. ESSAIS DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE TYPE B

Les caractéristiques du pénétromètre utilisé sont indiquées dans le tableau ci-dessous. La formule des Hollandais a été appliquée pour la détermination des résistances dynamiques brutes.

Poids du mouton (kg)	64,0
Hauteur de chute (cm)	75,0
Section de la pointe (cm <sup>2</sup> )	20,0





N° Dossier : 118017 SC MAS  
Adresse : Pôle Gare

**Sondage au pénétromètre dynamique type B**  
Essai au pénétromètre dynamique

Commune : 91700 SAINTE GENEVIEVE

Essai : Essai 02

Essai : Essai 02

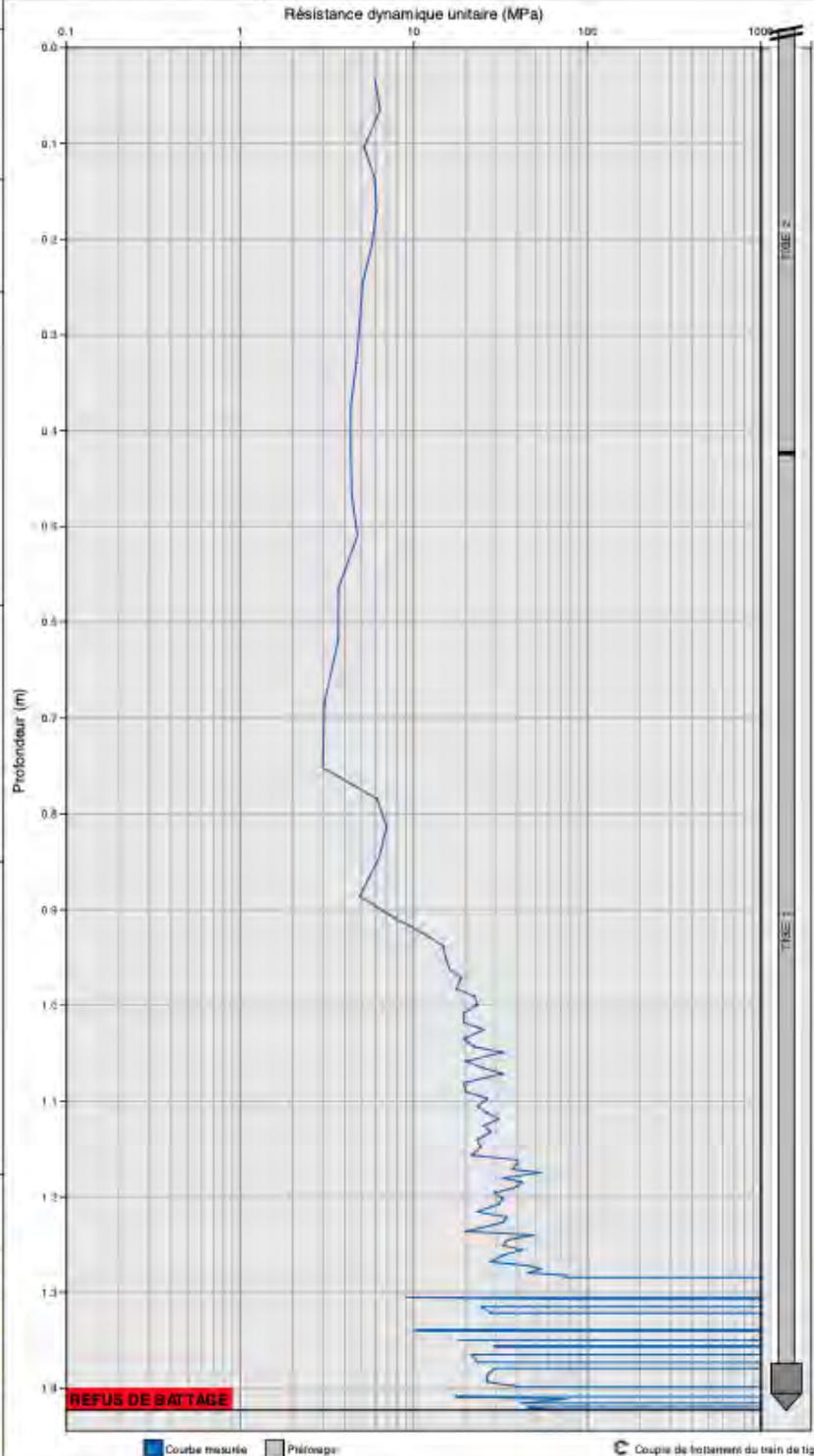
Type d'ouvrage : Non défini  
Réalisé le : 04/11/2024 à 11h08  
GPS : 48.6536533333, 2.3151383333  
Altitude : 56.4 m

Profondeur visée : 0.000 m  
Profondeur atteinte : 1.423 m  
Préforage : 0.000 m  
Nombre de coups : 111

**Aucune zone homogène définie**

**Caractéristiques pénétromètre :**

Matériel : GEOTODUMAPESOL  
N° Série : GTR790 2008/49  
Sys. d'acquisition : MSBOXV2  
Vérifié le : 31/01/2024  
Type d'énergie : CONSTANTE  
Norme : Non définie  
Masse du mouton : 64.000kg  
Hauteur de chute : 750mm  
Section de pointe : 20.00cm²



SOL CONSEIL  
10-11 Rue René CASSIN 91300 MASSY  
Tel : 01 60 11 04 10  
Fax : 01 60 11 13 08

Page 3/10

Logiciel Milog V2.23 © ADPESOL



N° Dossier : 118017 SC MAS  
Adresse : Pôle Gare

**Sondage au pénétromètre dynamique type B**  
Essai au pénétromètre dynamique

Commune : 91700 SAINTE GENEVIEVE

**Essai : Essai 03**

**Essai :** Essai 03

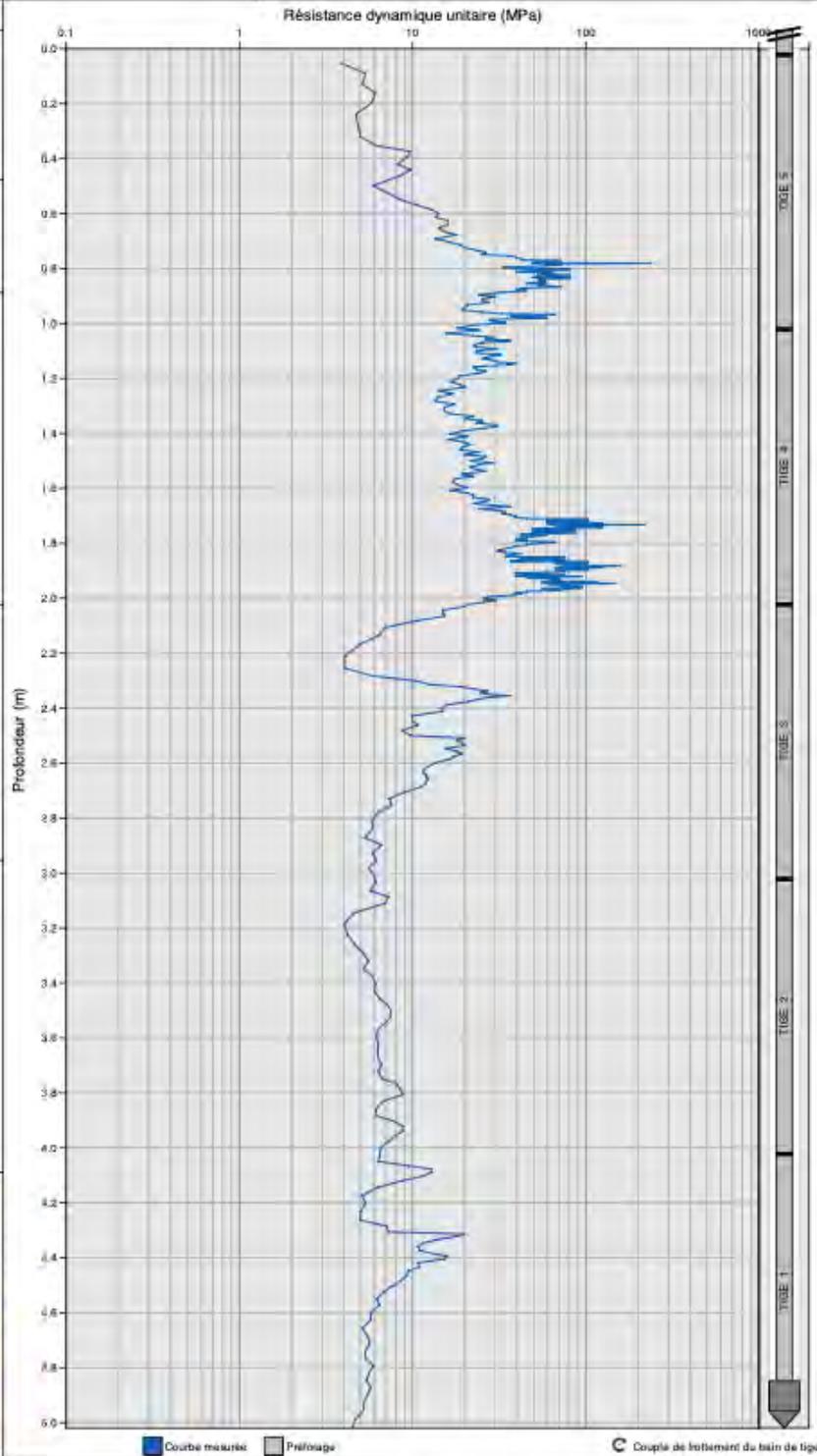
Type d'ouvrage : Non défini  
Réalisé le : 04/11/2024 à 10h22  
GPS : 48.6538616667 , 2.3154333333  
Altitude : 44.4 m

Profondeur visée : 0.000 m  
Profondeur atteinte : 5.020 m  
Préforage : 0.000 m  
Nombre de coups : 416

**Aucune zone homogène définie**

**Caractéristiques pénétromètre :**

Matériel : GEOTOOLMAPESOL  
N° Serie : GTR790 2008/49  
Sys. d'acquisition : MSBOXV2  
Vérifié le : 31/01/2024  
Type d'énergie : CONSTANTE  
Norme : Non définie  
Masse du mouton : 64.000kg  
Hauteur de chute : 750mm  
Section de pointe : 20.00cm²



SOL CONSEIL  
10-11 Rue René CASSIN 91300 MASSY  
Tel : 01 60 11 04 10  
Fax : 01 60 11 13 08

Page 4/10

Logiciel MapLog V22.00 **MAPESOL**



N° Dossier : 118017 SC MAS  
Adresse : Pôle Gare

**Sondage au pénétromètre dynamique type B**  
Essai au pénétromètre dynamique

Commune : 91700 SAINTE GENEVIEVE

**Essai : Essai 04**

**Essai :** Essai 04

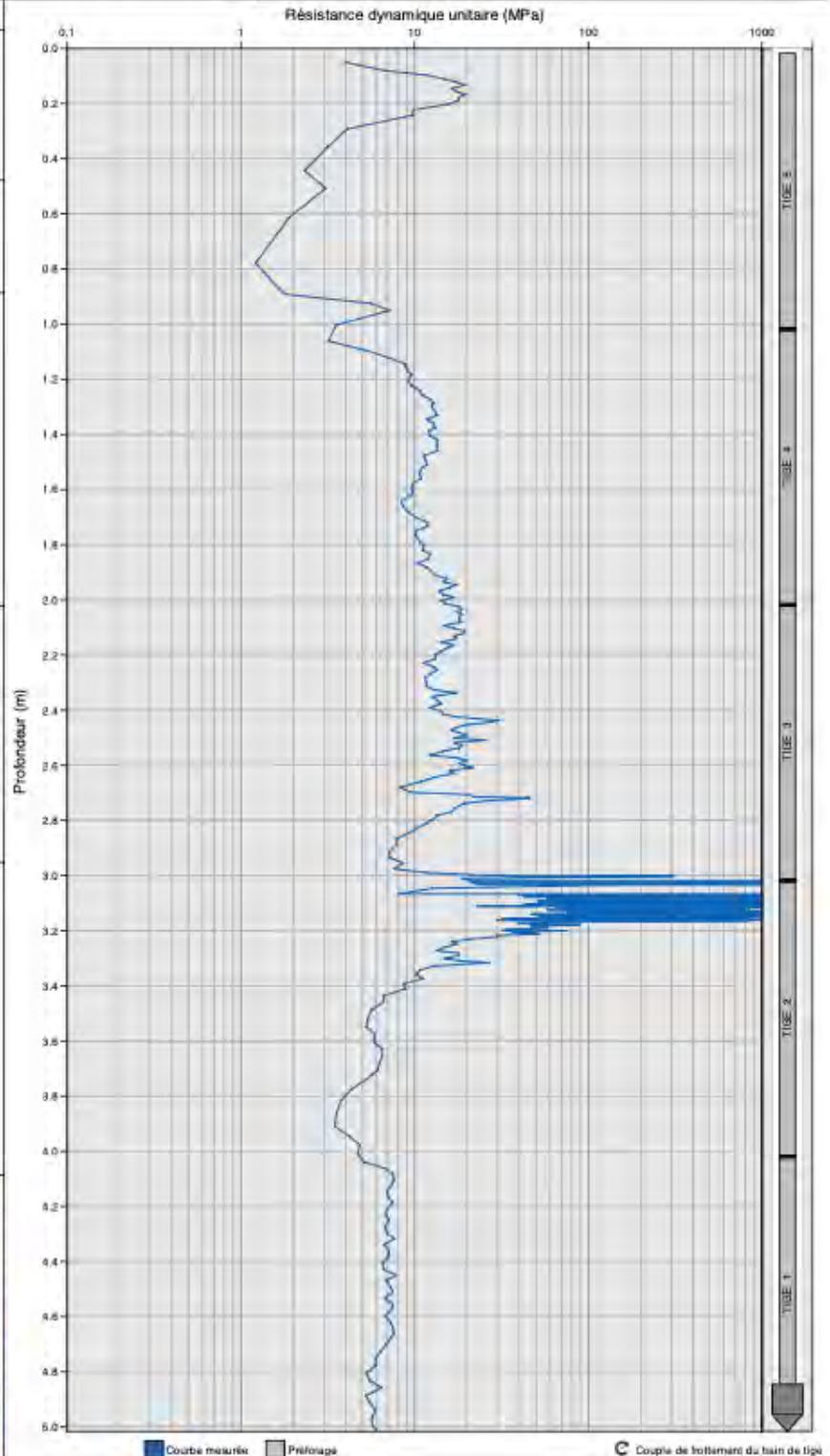
Type d'ouvrage : Non défini  
Réalisé le : 04/11/2024 à 09h49  
GPS : 48.6540866667 , 2.3158583333  
Altitude : 75.7 m

Profondeur visée : 0.000 m  
Profondeur atteinte : 5.016 m  
Préforage : 0.000 m  
Nombre de coups : 350

**Aucune zone homogène définie**

**Caractéristiques pénétromètre :**

Matériel : GEOTODUMAPESOL  
N° Serie : GTR790 2008/49  
Sys. d'acquisition : MSBOXV2  
Vérifié le : 31/01/2024  
Type d'énergie : CONSTANTE  
Norme : Non définie  
Masse du mouton : 64.000kg  
Hauteur de chute : 750mm  
Section de pointe : 20.00cm²



SOL CONSEIL  
10-11 Rue René CASSIN 91300 MASSY  
Tel : 01 60 11 04 10  
Fax : 01 60 11 13 08

Page 5/10

Logiciel MLog V2.03 © APRESOL



N° Dossier : 118017 SC MAS  
Adresse : Pôle Gare

**Sondage au pénétromètre dynamique type B**  
Essai au pénétromètre dynamique

Commune : 91700 SAINTE GENEVIEVE

**Essai : Essai 06**

**Essai :** Essai 06

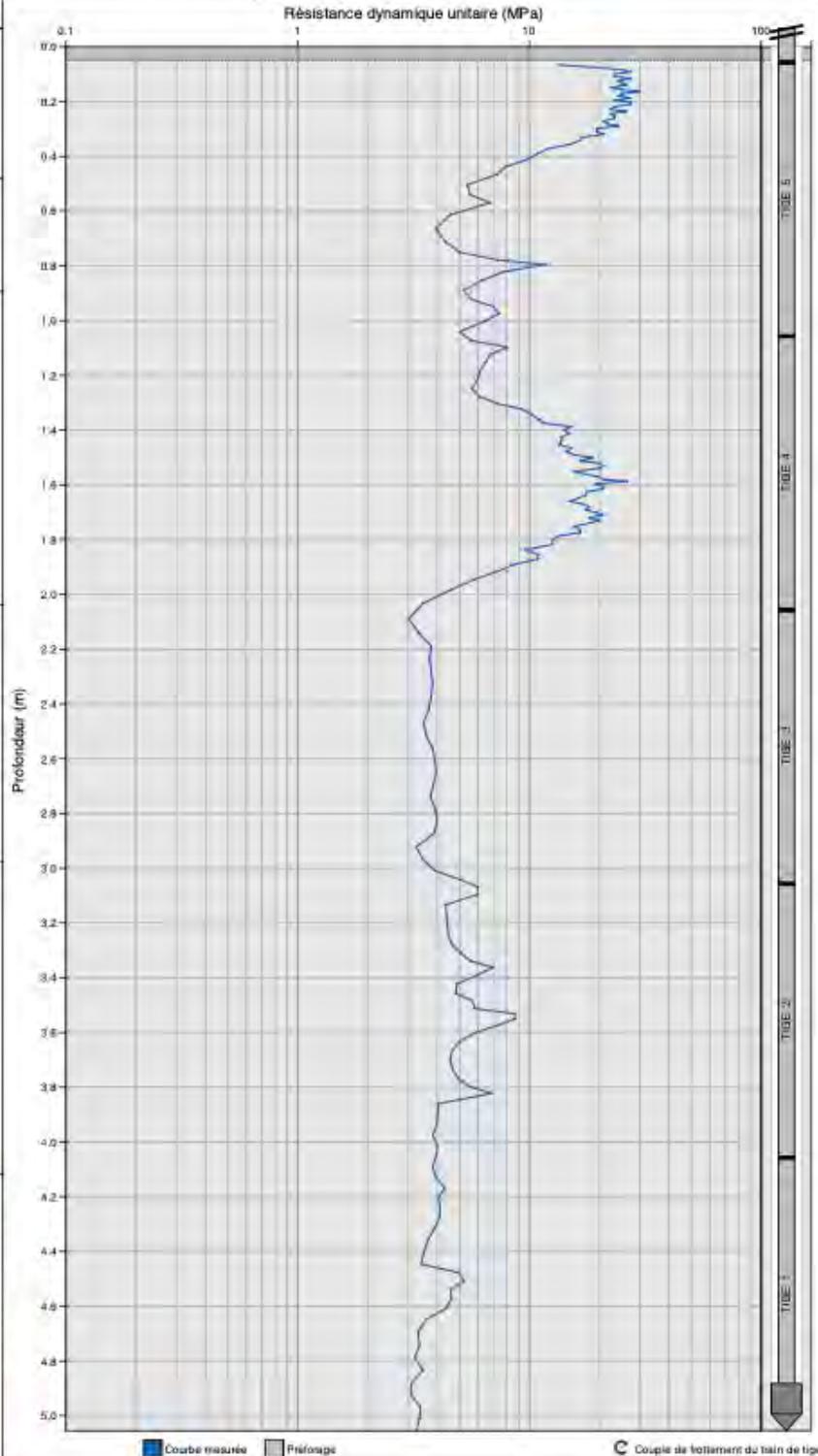
Type d'ouvrage : Non défini  
Réalisé le : 04/11/2024 à 11h45  
GPS : 48.6532183333 , 2.3139850000  
Altitude : 57.4 m

Profondeur visée : 0.000 m  
Profondeur atteinte : 5.005 m  
Préforage : 0.050 m  
Nombre de coups : 196

**Aucune zone homogène définie**

**Caractéristiques pénétromètre :**

Matériel : GEOTODOLIMAPESOL  
N° Série : GTR790 2008/49  
Sys. d'acquisition : MSBOXV2  
Vérifié le : 31/01/2024  
Type d'énergie : CONSTANTE  
Norme : Non définie  
Masse du mouton : 64.000kg  
Hauteur de chute : 750mm  
Section de pointe : 20.00cm²



■ Courbe mesurée □ Préforage

Ⓢ Coupe de frottement du bain de tige

**SOL CONSEIL**  
10-11 Rue René CASSIN 91300 MASSY  
Tél : 01 60 11 04 10  
Fax : 01 60 11 13 08

Page 6/10

Logiciel Maplog V2.23.8 **MAPESOL**



N° Dossier : 118017 SC MAS  
Adresse : Pôle Gare

**Sondage au pénétromètre dynamique type B**  
Essai au pénétromètre dynamique

Commune : 91700 SAINTE GENEVIEVE

**Essai : Essai 07**

**Essai :** Essai 07

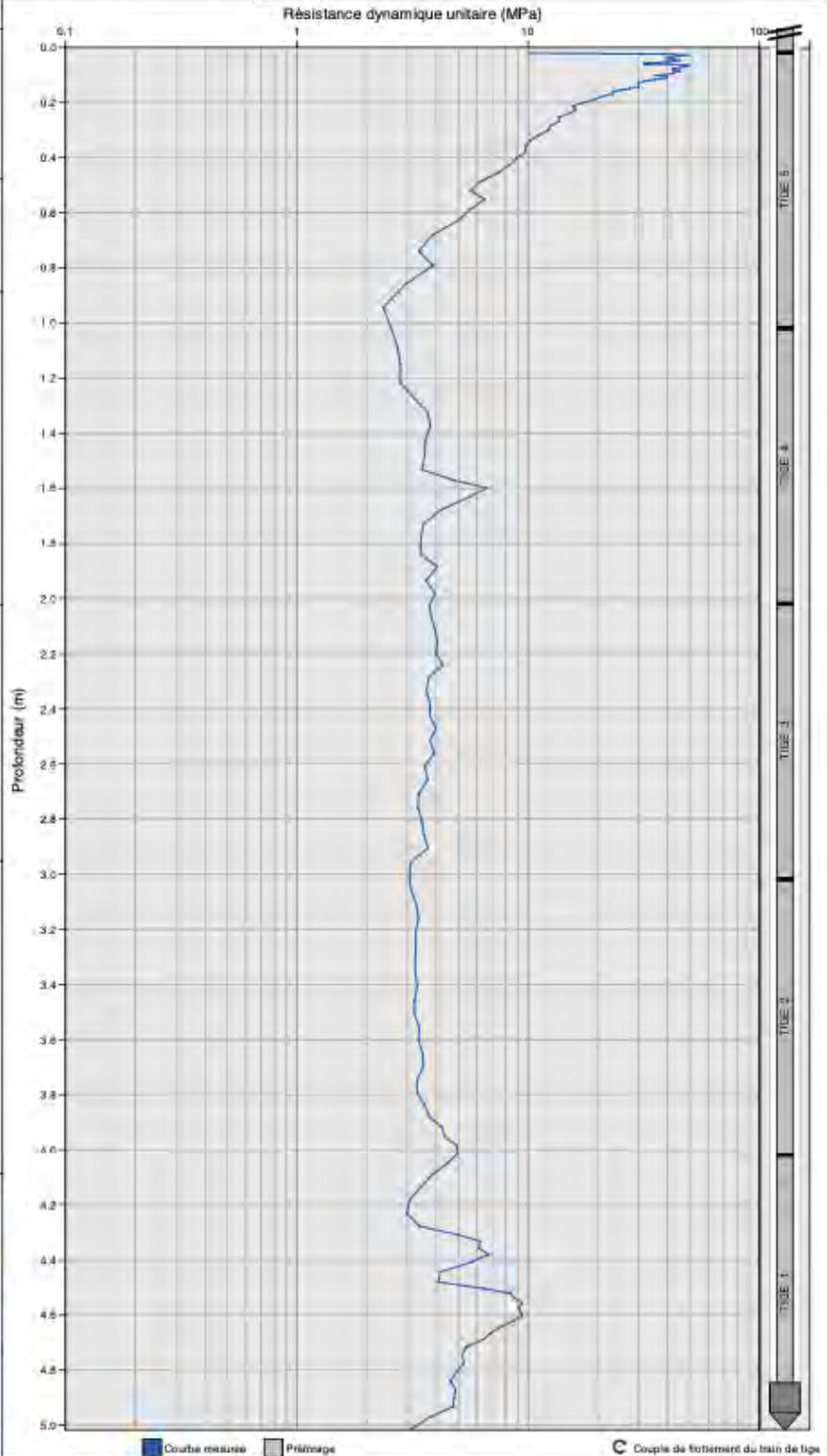
Type d'ouvrage : Non défini  
Réalisé le : 04/11/2024 à 13h09  
GPS : 48.6538633333 , 2.3138716667  
Altitude : 54.9 m

Profondeur visée : 5.000 m  
Profondeur atteinte : 5.017 m  
Préforage : 0.000 m  
Nombre de coups : 153

Aucune zone homogène définie

**Caractéristiques pénétromètre :**

Matériel : GEOTDOLIMAPESOL  
N° Serie : MAP90 23099  
Sys. d'acquisition : MSBOXV2  
Vérifié le : 24/06/2024  
Type d'énergie : CONSTANTE  
Norme : Non définie  
Masse du mouton : 64.000kg  
Hauteur de chute : 750mm  
Section de pointe : 20.00cm²



■ Courbe mesurée □ Préforage

⊕ Couple de frottement du train de tige

**SOL CONSEIL**  
10-11 Rue René CASSIN 91300 MASSY  
Tel : 01 60 11 04 10  
Fax : 01 60 11 13 08

Page 7/10

Logiciel MAPLog V2.2.55 **MAPESOL**



N° Dossier : 118017 SC MAS  
Adresse : Pôle Gare

**Sondage au pénétromètre dynamique type B**  
Essai au pénétromètre dynamique

Commune : 91700 SAINTE GENEVIEVE

**Essai : Essai 08**

**Essai :** Essai 08

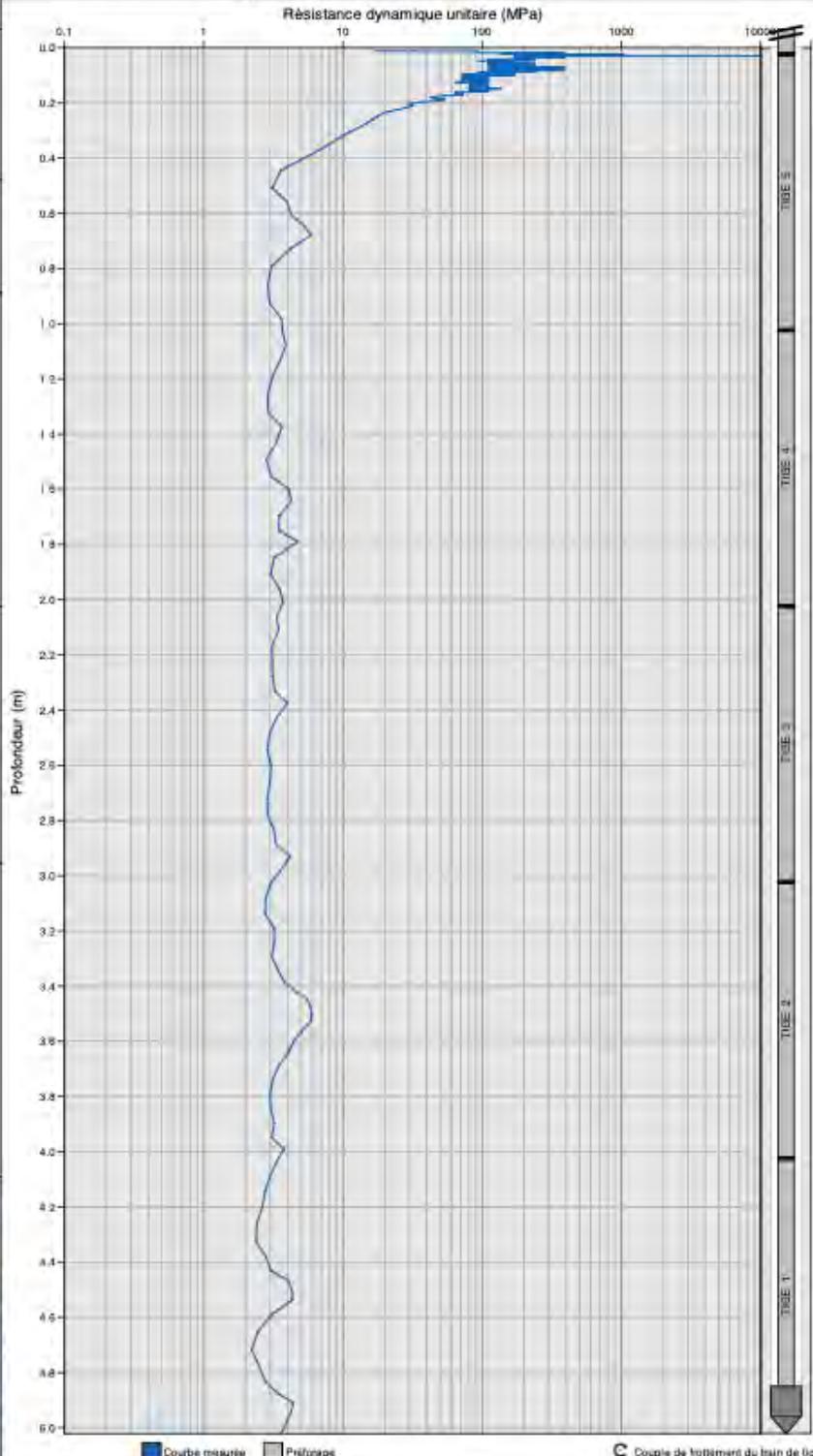
Type d'ouvrage : Non défini  
Réalisé le : 04/11/2024 à 11h22  
GPS : 48.6539983333 , 2.3140418667  
Altitude : 57.4 m

Profondeur visée : 5.000 m  
Profondeur atteinte : 5.021 m  
Préforage : 0.000 m  
Nombre de coups : 221

**Aucune zone homogène définie**

**Caractéristiques pénétromètre :**

Matériel : GEOTDOLMAPESOL  
N° Série : MAP90 23099  
Sys. d'acquisition : MSBOX2  
Validé le : 24/05/2024  
Type d'énergie : CONSTANTE  
Norme : Non définie  
Masse du mouton : 64.090kg  
Hauteur de chute : 750mm  
Section de pointe : 20.00cm²



■ Courbe mesurée □ Préforage

© Copie de traitement du lieu de l'essai

**SOL CONSEIL**  
10-11 Rue René CASSIN 91300 MASSY  
Tel : 01 60 11 04 10  
Fax : 01 60 11 13 08

Page 8/10

Logiciel MAPLog V2.2.24 **MAPESOL**



N° Dossier : 118017 SC MAS  
Adresse : Pôle Gare

**Sondage au pénétromètre dynamique type B**  
Essai au pénétromètre dynamique

Commune : 91700 SAINTE GENEVIEVE

**Essai : Essai 10**

**Essai :** Essai 10

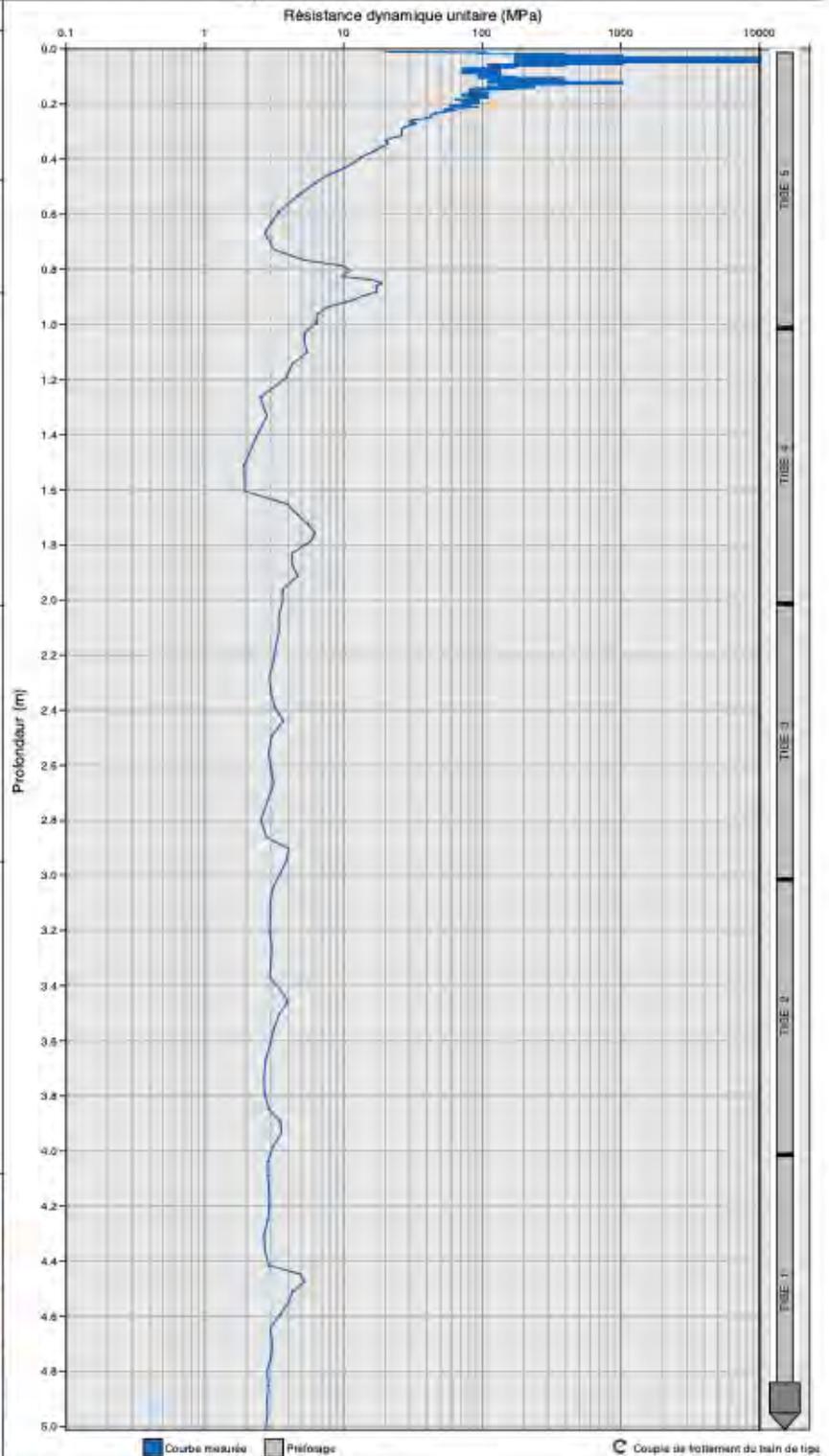
Type d'ouvrage : Non défini  
Réalisé le : 04/11/2024 à 13h32  
GPS : 48.6539016667 , 2.3136550000  
Altitude : 56.6 m

Profondeur visée : 5.000 m  
Profondeur atteinte : 5.012 m  
Préforage : 0.000 m  
Nombre de coups : 296

**Aucune zone homogène définie**

**Caractéristiques pénétromètre :**

Matériel : GEOTOOL/MAPESOL  
N° Serie : MAP90 23099  
Sys. d'acquisition : MSBOX2  
Vérifié le : 24/08/2024  
Type d'énergie : CONSTANTE  
Norme : Non définie  
Masse du mouton : 64.000kg  
Hauteur de chute : 750mm  
Section de pointe : 20.00cm²



**SOL CONSEIL**  
10-11 Rue René CASSIN 91300 MASSY  
Tel : 01 60 11 04 10  
Fax : 01 60 11 13 08

Page 9/10

Logiciel MLog V2.2.31 **MAPESOL**

## RELEVÉ DU SONDAGE CAROTTÉ

Seul un criblage par carottage ou puits à la pelle, réalisé dans le cadre des missions G2/G3/G4, permettrait d'engager notre responsabilité sur les quantités et coût relatifs aux fondations.

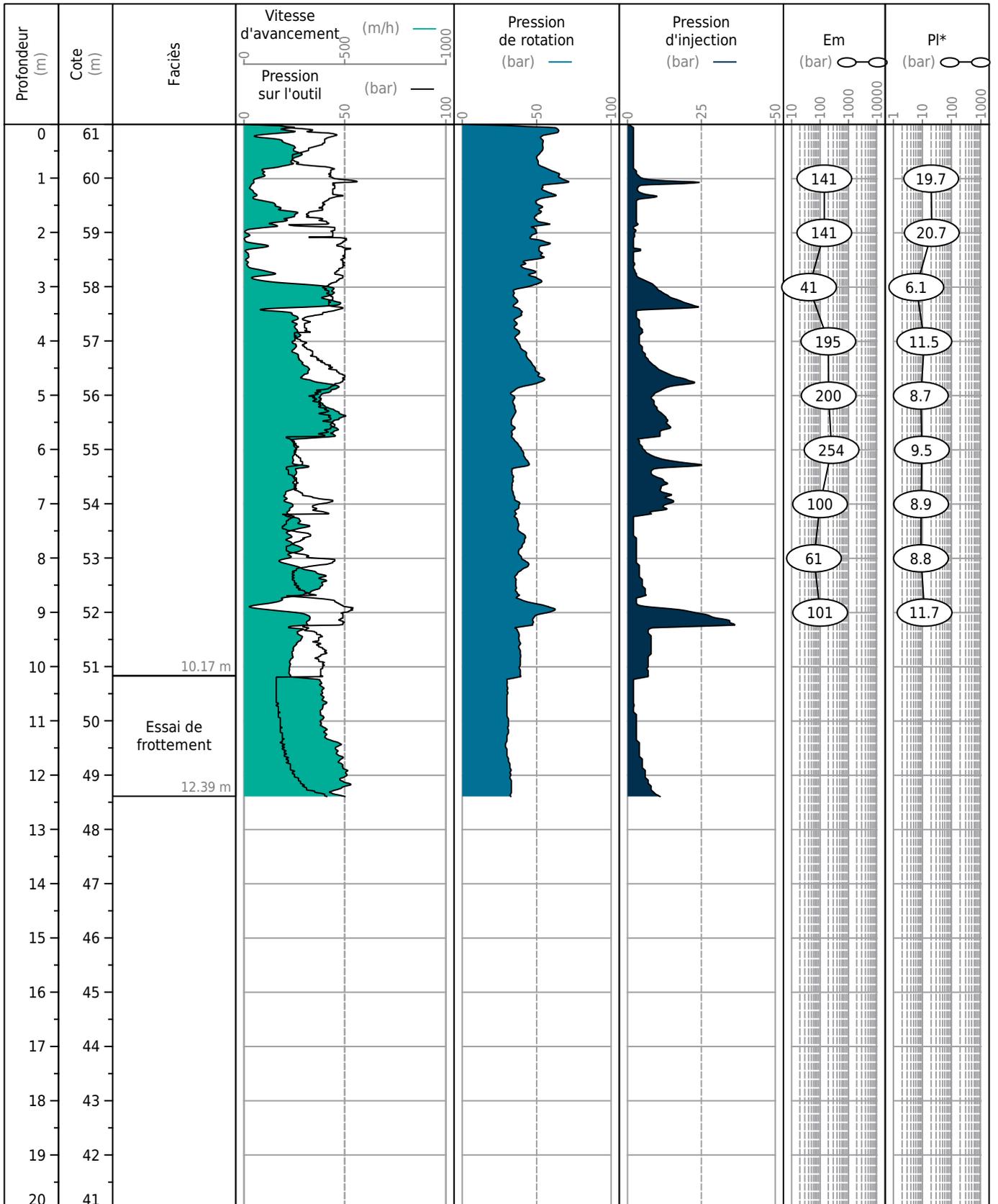
- Sondage SC1 # 63,2 NGF

Profondeur (m)	Nature du terrain
0,0 à 0,5	Argile marron rougeâtre avec des cailloux calcaires et des blocs de meulières
0,5 à 1,0	Sable argileux beige grisâtre avec des silex, des cailloux calcaires et des rognons de meulières
1,0 à 1,5	Argile marron avec des cailloux calcaires et des rognons de meulières
1,5 à 1,75	<i>Manque</i>
1,75 à 2,1	Argile marron clair avec des cailloux calcaires et des rognons des blocs de meulières
2,1 à 2,6	Marne jaunâtre
2,6 à 3,3	Marno-calcaire beige crème
3,3 à 4,3	Argile vert foncé
4,3 à 4,6	Passage brouillé d'argile verte mélangé avec une argile marron
4,6 à 6,7	Argile vert foncé
6,7 à 7,2	Argile vert plus pâle et devenant plus grisâtre à la base
7,2 à 7,6	Marne marron légèrement violacé
7,6 à 8,3	Marne crème grisâtre légèrement verdâtre
8,3 à 9,1	Marne crème grisâtre
9,1 à 10,5	Marne argileuse verdâtre pâle



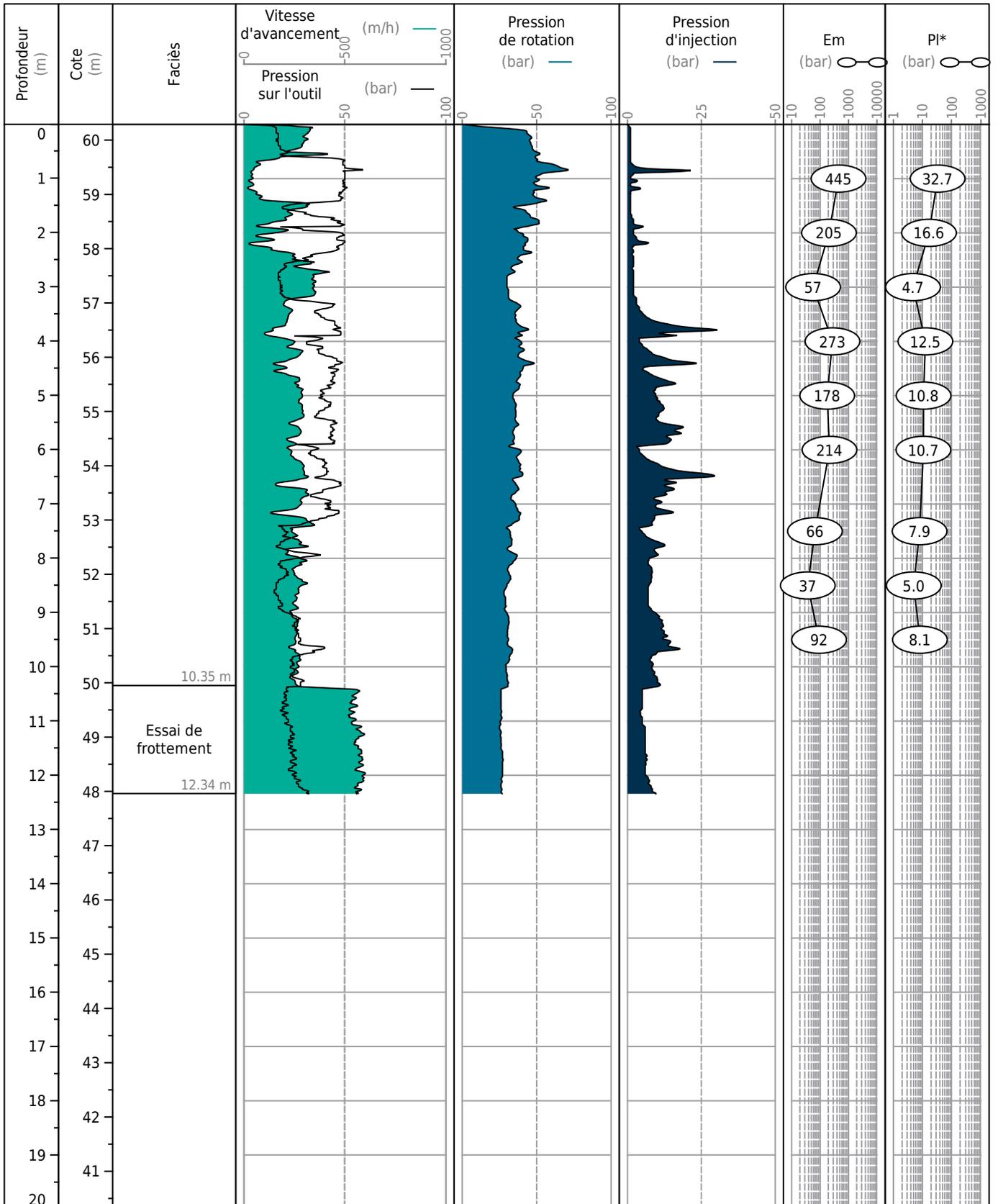
## 8. ANNEXES NON NUMÉROTÉES

**SONDAGE SP1**

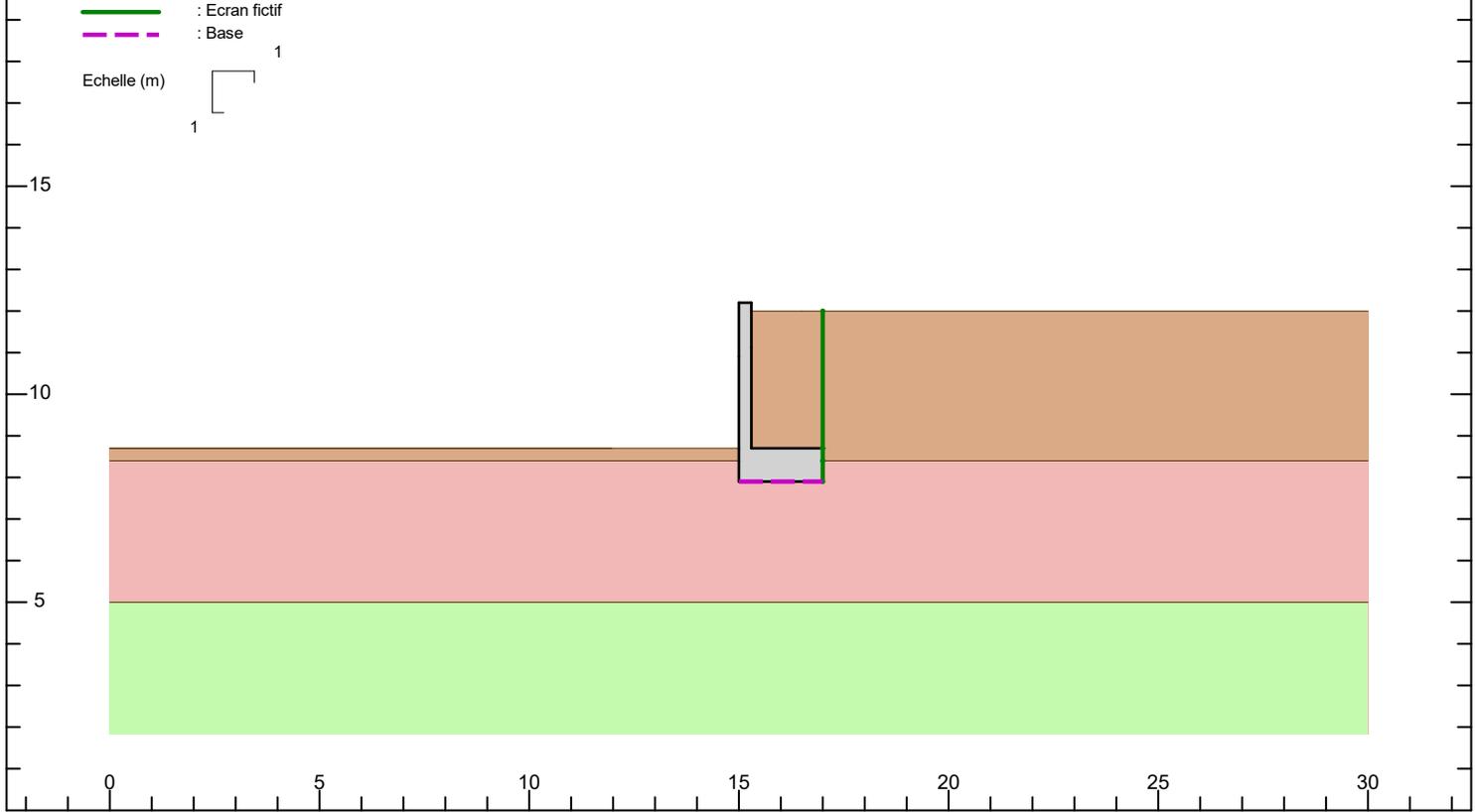


Obs. :

**SONDAGE SP2**



Obs. :



GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS      GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2      Tél : 04 50 95 38 14  
 site web : <http://www.geos.fr> e-mail : [logiciels@geos.fr](mailto:logiciels@geos.fr)      Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS      Fax : 04 50 95 99 36

SOLS	$\gamma$	c	$\phi$	$\delta$	Ca
1	20.00	0.00	35.00	10.00	0.00
2	20.00	5.00	30.00	10.00	0.00
3	18.00	5.00	20.00	10.00	0.00

Fichier : Soutènement n°1 mur en L.gmr  
 Unités : kN, m  
 Méthode de CULMANN  
 Surfaces brisées précalculées  
 Xi incliné à delta

MUR	$\gamma$	BASE	C	$\phi$	q0	qu	Type sol	De
	25.00		0.00	30.00	16.00	1300.00	frottant	0.80

Prise en compte de la cohésion pour le calcul des poussées :  
 Intégration de la partie positive du diagramme des contraintes, calculé avec la cohésion.

2/12/2024 - 14:13		FIGURE 1/4
-------------------	--	---------------

Facteurs de sécurité partiels	Critère	Statique	Sismique		
			Pesant	Allégeant	
<b>Actions - ELU</b> permanentes défavorables $\gamma_g = 1.35$ variables défavorables $\gamma_q = 1.5$  permanentes favorables $\gamma_g = 1$ variables favorables $\gamma_q = 0$  Eau favorable $\gamma_w; \text{inf} = 1$ Eau défavorable $\gamma_w; \text{sup} = 1.35$  <b>Résistances</b> portance (ELU) $\gamma_R; \gamma = 1.4$ portance (ELS) $\gamma_R; \gamma = 2.3$ glissement $\gamma_R; h = 1.1$ butée $\gamma_R; e = 1.4$  <b>Methode</b> glissement $\gamma_R; d; h = 0.9$ portance $\gamma_R; d; v = 1$	<b>Eurocodes 7 : NF P 94-281</b>				
	Approche 2 - ELU				
	Glissement (ELU Article 9.3.1) Poussée défavorable-Poids favorable		$R_h; d = 109.8 \text{ kN/m}$ $R_p; d = 0 \text{ kN/m}$ $H_d = 55.755 \text{ kN/m}$ $H_d \leq R_h; d + R_p; d$		
	Renversement (ELU Article 9.2.2) Poussée défavorable-Poids favorable		$e = 0.385 \text{ m}$ $e < 7/15 * B = 0.933 \text{ m}$		
Poinçonnement (ELU Article 9.2.1) Poussée défavorable-Poids favorable		$R_0 = 32 \text{ kN}; i\delta\beta = 0.489$ $R_v; d = 557.95 \text{ kN/m}$ $V_d = 188.28 \text{ kN/m}$ $V_d \leq R_v; d + R_0$			
Approche 2 - ELS					
Renversement (ELS Article 12.3)		$e = 0.297 \text{ m}$ $e < 1/4 * B = 0.5 \text{ m}$			
Poinçonnement (ELS Article 12.2)		$R_0 = 32 \text{ kN}; i\delta\beta = 0.593$ $R_v; d = 471.27 \text{ kN/m}$ $V_d = 185.73 \text{ kN/m}$ $V_d \leq R_v; d + R_0$			

**RESULTATS DE CALCULS INTERMEDIAIRES (METHODE CLASSIQUE)**

**SOL À PREDOMINANCE FROTTANTE**

Statique

$\beta = 0.00^\circ, d = 0.00 \text{ m}$   
 Vol. mur = 2.650 m<sup>2</sup>

GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS  
 site web : <http://www.geos.fr> e-mail : [logiciels@geos.fr](mailto:logiciels@geos.fr)

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2  
 Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14  
 Fax : 04 50 95 99 36

2/12/2024 - 14:13

FIGURE  
2/4

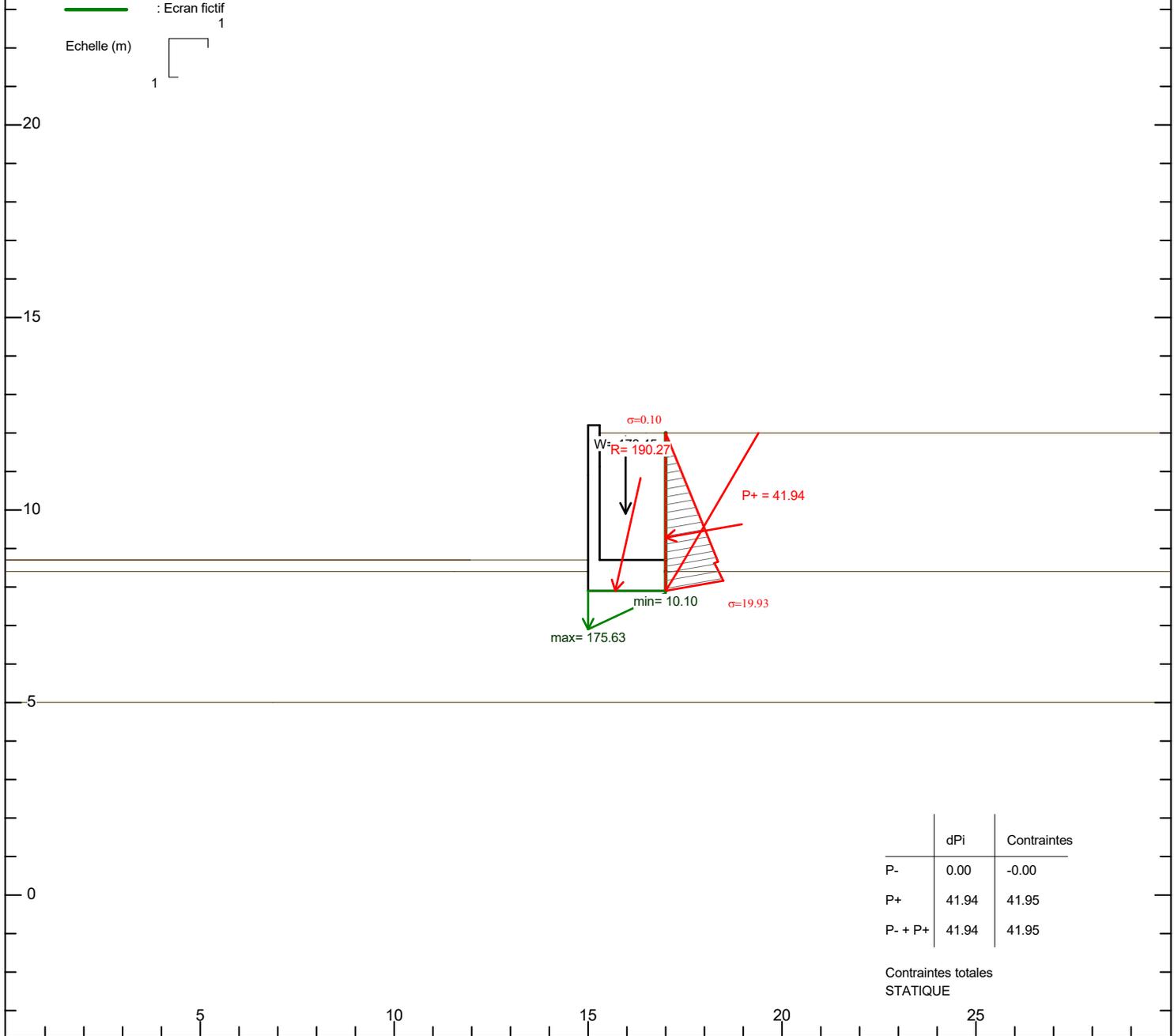


GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS  
site web : <http://www.geos.fr> e-mail : [logiciels@geos.fr](mailto:logiciels@geos.fr)

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2  
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14  
Fax : 04 50 95 99 36

2/12/2024 - 14:13		FIGURE
		3/4



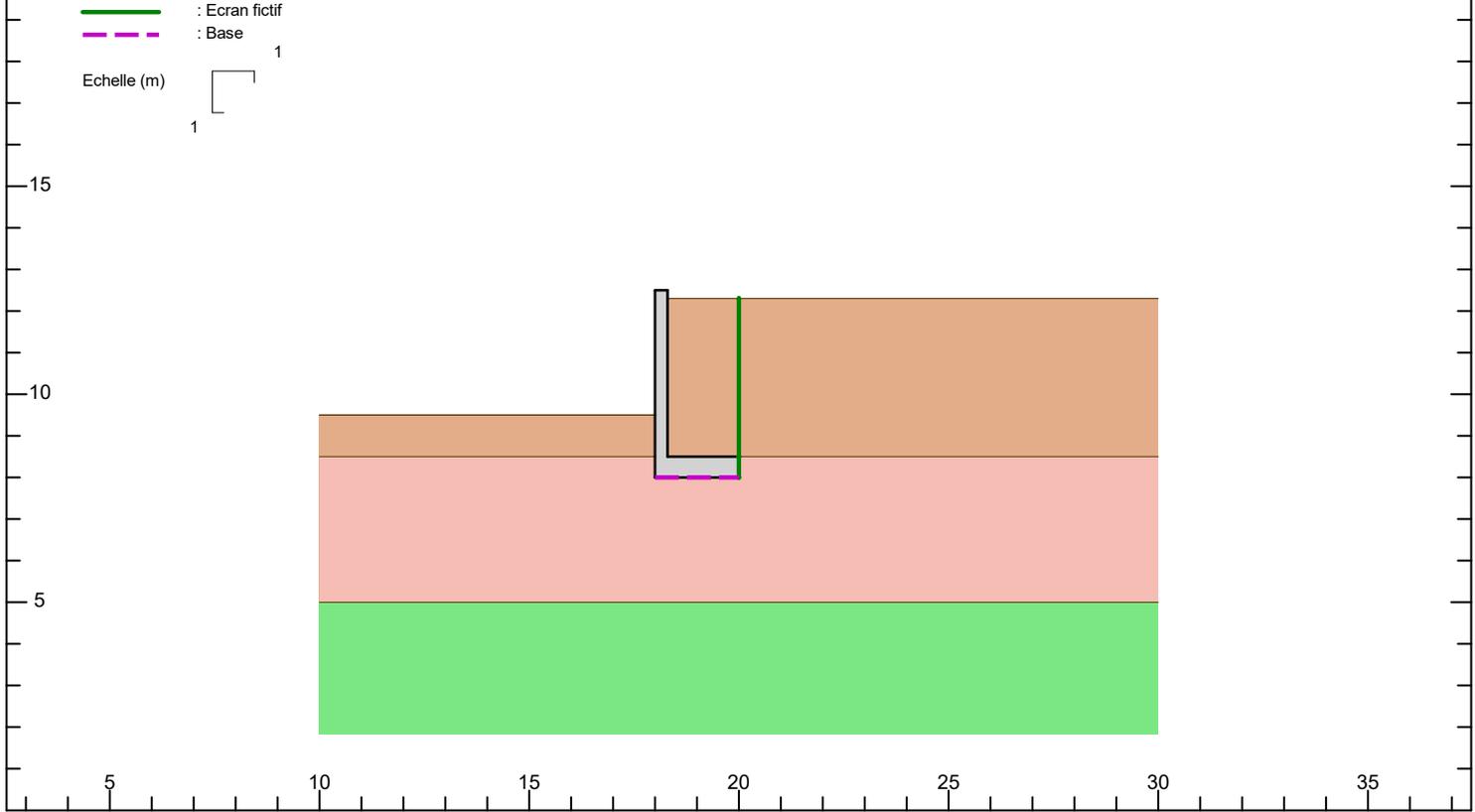
POIDS DU MUR	W= 178.45 kN	Xg= 15.97 m	Yg= 9.91 m
dont : W mur= 66.25 kN	W charges= 0.00 kN	W sol/semelle= 112.20 kN	W sol/patin = 0.00 kN
		W sol sous semelle= 0.00 kN	W eau= 0.00 kN

POUSSEE TOTALE	P= 41.94 kN	$\tau = 10.00^\circ$	Pv = 7.28 kN	Ph = 41.30 kN	X = 17.00 m	Y = 9.28 m
 Poussee due au sol	P= 41.94 kN	$\tau = 10.00^\circ$	Pv = 7.28 kN	Ph = 41.30 kN	X = 17.00 m	Y = 9.28 m

RESULTANTE	R= 190.27 kN	$\tau = 77.46^\circ$	Rv = 185.73 kN	Rh = 41.30 kN	X = 15.70 m	Y = 7.90 m
------------	--------------	----------------------	----------------	---------------	-------------	------------

GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS      GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2      Tél : 04 50 95 38 14  
 site web : <http://www.geos.fr> e-mail : [logiciels@geos.fr](mailto:logiciels@geos.fr)      Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS      Fax :04 50 95 99 36

2/12/2024 - 14:13	FIGURE 4/4
-------------------	---------------



GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS      GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2      Tél : 04 50 95 38 14  
 site web : <http://www.geos.fr> e-mail : [logiciels@geos.fr](mailto:logiciels@geos.fr)      Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS      Fax : 04 50 95 99 36

SOLS	$\gamma$	c	$\phi$	$\delta$	Ca
1	20.00	0.00	35.00	10.00	0.00
2	20.00	5.00	30.00	10.00	0.00
3	18.00	5.00	20.00	0.00	0.00

Fichier : Soutènement 2 mur en L.gmr  
 Unités : kN, m  
 Méthode de CULMANN  
 Surfaces brisées précalculées  
 Xi incliné à delta

MUR	$\gamma$	BASE	C	$\phi$	q0	qu	Type sol	De
	25.00		0.00	30.00	10.00	1300.00	frottant	0.50

Prise en compte de la cohésion pour le calcul des poussées :  
 Intégration de la partie positive du diagramme des contraintes, calculé avec la cohésion.

4/12/2024 - 15:46		FIGURE 1/4

Facteurs de sécurité partiels	Critère	Statique	Sismique	
			Pesant	Allégeant
<b>Eurocodes 7 : NF P 94-281</b>				
<b>Actions - ELU</b> permanentes défavorables $\gamma_g = 1.35$ variables défavorables $\gamma_q = 1.5$  permanentes favorables $\gamma_g = 1$ variables favorables $\gamma_q = 0$  Eau favorable $\gamma_w; \text{inf} = 1$ Eau défavorable $\gamma_w; \text{sup} = 1.35$  <b>Résistances</b> portance (ELU) $\gamma_R; \nu = 1.4$ portance (ELS) $\gamma_R; \nu = 2.3$ glissement $\gamma_R; h = 1.1$ butée $\gamma_R; e = 1.4$  <b>Methode</b> glissement $\gamma_R; d; h = 0.9$ portance $\gamma_R; d; \nu = 1$	Approche 2 - ELU  Glissement (ELU Article 9.3.1) Poussée défavorable-Poids favorable  Renversement (ELU Article 9.2.2) Poussée défavorable-Poids favorable  Poinçonnement (ELU Article 9.2.1) Poussée défavorable-Poids favorable	Rh;d = 113.75 kN/m Rp;d = 0 kN/m Hd = 61.566 kN/m Hd <= Rh;d + Rp;d  e = 0.431 m e < 7/15 * B = 0.933 m  R0=20 kN; iδβ=0.434 Rv;d = 458.24 kN/m Vd = 195.06 kN/m Vd <= Rv;d + R0		
	Approche 2 - ELS  Renversement (ELS Article 12.3)  Poinçonnement (ELS Article 12.2)	e = 0.332 m e < 1/4 * B = 0.5 m  R0=20 kN; iδβ=0.546 Rv;d = 411.87 kN/m Vd = 192.24 kN/m Vd <= Rv;d + R0		

**RESULTATS DE CALCULS INTERMEDIAIRES (METHODE CLASSIQUE)**

**SOL À PREDOMINANCE FROTTANTE**

Statique

$\beta=0.00^\circ, d=0.00 \text{ m}$   
 Vol. mur = 2.200 m<sup>2</sup>

GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS  
 site web : <http://www.geos.fr> e-mail : [logiciels@geos.fr](mailto:logiciels@geos.fr)

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2  
 Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14  
 Fax : 04 50 95 99 36

4/12/2024 - 15:46

FIGURE  
2/4

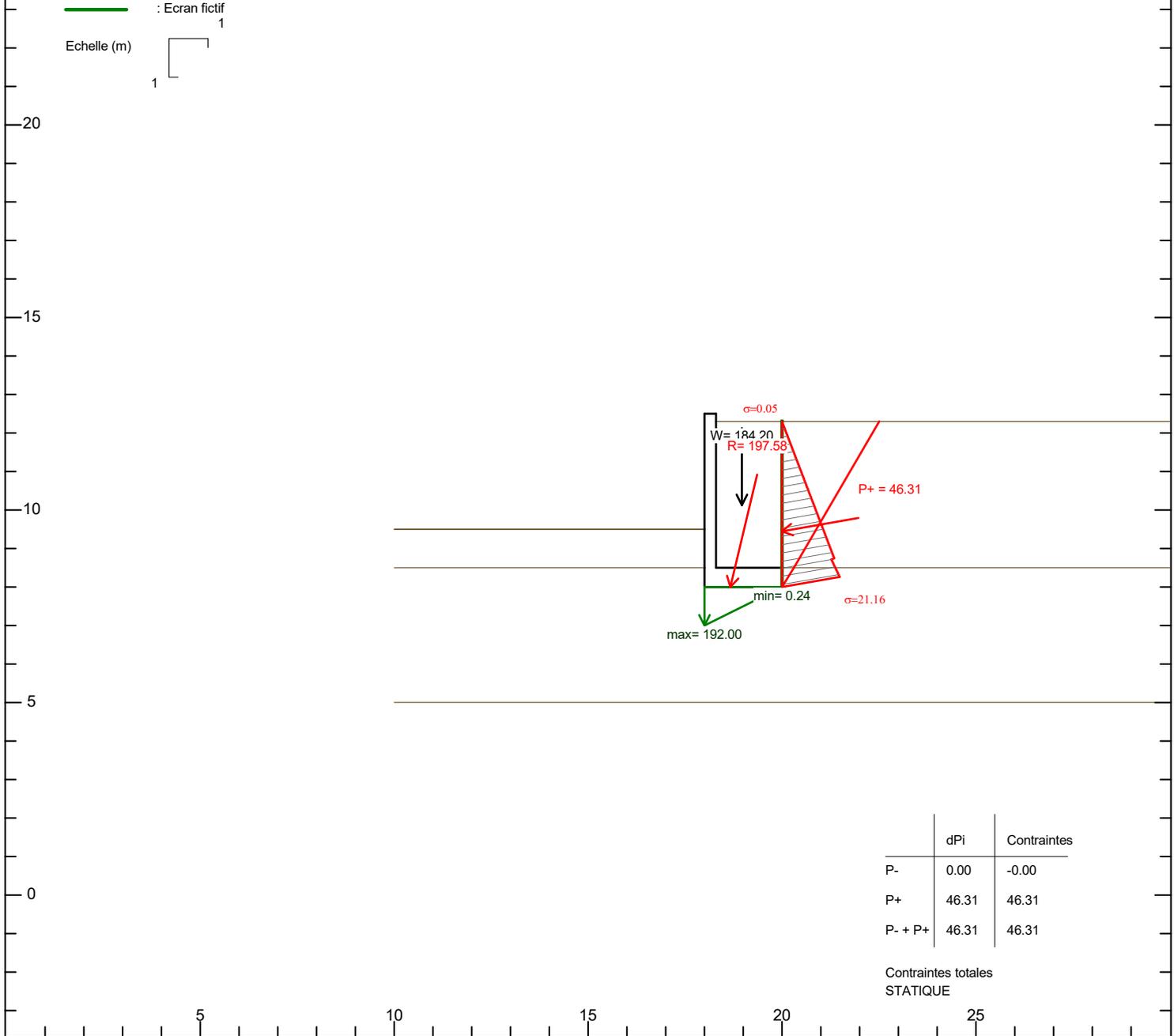


GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS  
site web : <http://www.geos.fr> e-mail : [logiciels@geos.fr](mailto:logiciels@geos.fr)

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2  
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14  
Fax : 04 50 95 99 36

4/12/2024 - 15:46		
		FIGURE 3/4



	dPi	Contraintes
P-	0.00	-0.00
P+	46.31	46.31
P- + P+	46.31	46.31

Contraintes totales  
STATIQUE

<b>POIDS DU MUR</b>	W= 184.20 kN	Xg= 18.97 m	Yg= 10.12 m
dont : W mur= 55.00 kN	W charges= 0.00 kN	W sol/semelle= 129.20 kN	W sol/patin = 0.00 kN
		W sol sous semelle= 0.00 kN	W eau= 0.00 kN

<b>POUSSEE TOTALE</b>	P= 46.31 kN	$\tau = 10.00^\circ$	Pv = 8.04 kN	Ph = 45.60 kN	X = 20.00 m	Y = 9.44 m
Poussee due au sol	P= 46.31 kN	$\tau = 10.00^\circ$	Pv = 8.04 kN	Ph = 45.60 kN	X = 20.00 m	Y = 9.44 m

<b>RESULTANTE</b>	R= 197.58 kN	$\tau = 76.65^\circ$	Rv = 192.24 kN	Rh = 45.60 kN	X = 18.67 m	Y = 8.00 m
-------------------	--------------	----------------------	----------------	---------------	-------------	------------

GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS      GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2      Tél : 04 50 95 38 14  
 site web : <http://www.geos.fr> e-mail : [logiciels@geos.fr](mailto:logiciels@geos.fr)      Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS      Fax :04 50 95 99 36

4/12/2024 - 15:46		FIGURE 4/4
-------------------	--	---------------

Suivi par :

WESSLING France, 3 Avenue de Norvège, ZA de Courtaboeuf, 91140 Villebon-Sur-Yvette

SOL CONSEIL

Monsieur Clément CHALMIN

ZA de l'Europe

12 rue René Cassin

91300 MASSY

N° rapport d'essai	UPA23-012495-1
N° commande	UPA-04171-23
Interlocuteur (interne)	D. Cardon
Téléphone	+33 164 471 475
Courrier électronique	<a href="mailto:David.Cardon@wessling.fr">David.Cardon@wessling.fr</a>
Date	29.03.2023

## Rapport d'essai

**118017 - STE GENEVIEVE DES BOIS**



Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai et tels qu'ils ont été reçus.

Les résultats des paramètres couverts par l'accréditation EN ISO/CEI 17025 sont marqués d'un (A).

La portée d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais du laboratoire WESSLING de Lyon (St Quentin Fallavier) est disponible sur le site [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr) pour les résultats accrédités par ce laboratoire.

Le COFRAC est signataire des accords de reconnaissance mutuels de l'ILAC et de l'IEA pour les activités d'essai.

Les organismes d'accréditation signataires de ces accords pour les activités d'essai reconnaissent comme dignes de confiance les rapports couverts par l'accréditation des autres organismes d'accréditation signataires des accords des activités d'essai.

Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING.

Les laboratoires WESSLING autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données sans faire allusion à l'accréditation des résultats d'essai.

Les données fournies par le client sont sous sa responsabilité et identifiées en italique.

Le 29.03.2023

N° d'échantillon		23-041825-01	23-041825-02	23-041825-03	23-041825-04
Désignation d'échantillon	Unité	SC1-E1	SC1-E2	SC1-E3	SC1-E4

### Analyse physique

Matières sèches - NF ISO 11465 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Matière sèche	% masse MB	78,4 (A)	81,4 (A)	74,6 (A)	74,6 (A)
---------------	------------	----------	----------	----------	----------

### Paramètres globaux / Indices

Degré d'acidité Baumann-Gully - DIN EN 16502 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Degré d'acidité	ml/kg MS	19 (A)	<5 (A)	19 (A)	64 (A)
-----------------	----------	--------	--------	--------	--------

### Préparation d'échantillon

Minéralisation à l'acide chlorhydrique (agressivité vis-à-vis des bétons) - DIN 4030-2 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Minéralisé à l'acide chlorhydrique		28/03/2023 (A)	28/03/2023 (A)	28/03/2023 (A)	28/03/2023 (A)
------------------------------------	--	----------------	----------------	----------------	----------------

### Cations, anions et éléments non métalliques

Sulfates (SO4) - Méthode interne : SO4-IC-Agressivité béton - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Sulfates (SO4)	mg/kg MS	<450 (A)	1200 (A)	770 (A)	1100 (A)
----------------	----------	----------	----------	---------	----------

MS : Matières sèches

MB : Matières brutes

< : résultat inférieur à la limite de quantification

### Informations sur les échantillons

Date de réception :	22.03.2023	22.03.2023	22.03.2023	22.03.2023
Type d'échantillon :	Sol	Sol	Sol	Sol
Date de prélèvement :	21.03.2023	21.03.2023	21.03.2023	21.03.2023
Heure de prélèvement :	00:00	00:00	00:00	00:00
Récipient :	250ml VBrun WES002	250ml VBrun WES002	250ml VBrun WES002	250ml VBrun WES002
Température à réception (C°) :	16°C	16°C	16°C	16°C
Début des analyses :	22.03.2023	22.03.2023	22.03.2023	22.03.2023
Fin des analyses :	29.03.2023	29.03.2023	29.03.2023	29.03.2023
Préleveur :	client	client	client	client

**Le 29.03.2023**

**Informations sur vos résultats d'analyses :**

Les seuils de quantification fournis n'ont pas été recalculés d'après la matière sèche de l'échantillon.  
Les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice.

Approuvé par :  
Sabrina SLIMANI  
Responsable de laboratoire environnement  
Le 29 mars 2023



Sainte-Geneviève-des-Bois

Décembre 2022

VERDI

RAPPORT DE SYNTHÈSE

## Diagnostic phytosanitaire des arbres dans le secteur de la gare



**VERDI Conseil Cœur de France**

*SIEGE SOCIAL : 99 rue de Vaugirard | 75006 Paris | Tél. 01 42 22 61 22 |  
conseilcoeurdefrance@verdi-ingenierie.fr*

*SAS au capital de 37 000 € | SIRET 784 274 698 00017 RCS PARIS |  
APE 7112B | TVA Intracommunautaire FR 60 784274698*

*AGENCES : PAE du Haut Villé | rue Jean-Baptiste Godin | 60000 Beauvais |  
Tél. 03 44 48 26 50*

*45 rue de l'Essonne | 91720 Prunay-sur-Essonne | Tél. 01 64 99 53 58*



<b>1</b>	<b>Présentation de l'étude.....</b>	<b>5</b>
1.1	Contexte .....	5
1.2	Méthodologie.....	6
1.2.1	Arbres isolés .....	6
1.2.2	Arbres du boisement.....	7
<b>2</b>	<b>Arbres isolés .....</b>	<b>8</b>
2.1	Etat des lieux .....	8
2.1.1	Données quantitatives générales .....	8
2.1.2	Diagnostic .....	9
2.1.2.1	Etat mécanique .....	9
2.1.2.2	Etat pathologique.....	10
2.2	Bilan .....	10
2.2.1	Avenir .....	10
2.2.2	Travaux préconisés .....	10
2.3	Illustration de quelques ensembles arborés .....	11
2.3.1	Alignement de <i>Prunus serrulata</i> – Parking d'intérêt général .....	11
2.3.2	Alignements de catalpas et tilleuls – Parking intérêt général : état correct malgré des tailles périodiques (forme semi-libre).....	13
2.3.3	Rond-Point Longpont / Pinel : cèdre en bon état.....	13
2.3.4	Alignement de catalpas – Place du Président Franklin Roosevelt.....	14
2.3.5	Dans le prolongement du boisement, côté Sud-Ouest : robiniers fortement dégradés .....	14
2.4	Evolution.....	15
<b>3</b>	<b>Boisement .....</b>	<b>16</b>
3.1	Etat des lieux .....	16
3.1.1	Composition .....	16
3.1.1.1	Composition quantitative.....	16
3.1.1.2	Composition botanique.....	17
3.1.2	Dendrométrie.....	17
3.1.2.1	Diamètre des troncs.....	17
3.1.2.2	Hauteur totale.....	18

3.1.3	Etat des arbres .....	18
<b>3.2</b>	<b>Bilan .....</b>	<b>20</b>
3.2.1	Danger .....	20
3.2.2	Travaux préconisés .....	21
<b>3.3</b>	<b>Autres observations .....</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>Annexes .....</b>	<b>23</b>
<b>5.1</b>	<b>Arbres isolés.....</b>	<b>23</b>
5.1.1	Atlas cartographique.....	23
5.1.2	Données individuelles .....	23
5.1.3	Données par UHG .....	24
<b>5.2</b>	<b>Boisement.....</b>	<b>25</b>
5.2.1	Liste des arbres composant le boisement .....	25
5.2.2	Carte des travaux de mise en sécurité .....	25

# 1 PRESENTATION DE L'ETUDE

## 1.1 CONTEXTE

L'étude a été réalisée un périmètre défini autour de la gare de Sainte-Geneviève-des-Bois, dans le cadre d'un projet de réaménagement autour de cette plate-forme multimodale.

Ce périmètre contient un patrimoine arboré divisé dans cette étude en deux parties :

- ▶ des arbres individualisés et isolés : ces sujets avaient déjà fait l'objet d'une expertise en 2014, dans le cadre de l'inventaire et du diagnostic des espaces arborés sur l'espace public ouverte t fermé génofévain.
  - Sites : Place de la gare, place Franklin Roosevelt, Parking Antoine Rocca, Talus, Parking d'intérêt général, Route de Longpont, Rond-point Longpont/Pinel
- ▶ d'un groupement arboré de type boisement.
  - Site : Boisement [le] long [de l'emprise] SNCF

Chacune de ces parties répond à une méthodologie de diagnostic, décrites au paragraphe 1.2.

A noter que plusieurs arbres avaient été individualisés sur le site « boisement long SNCF ».

**Figure 1 : Vue d'ensemble issue des relevés de 2014**



Le relevé de terrain a été réalisé les 6 et 7 décembre 2022, en période hors-feuille.

## 1.2 METHODOLOGIE

### 1.2.1 Arbres isolés

Les arbres ont été diagnostiqués visuellement et pied à pied, à partir du sol.

La méthode intègre un ensemble de domaines d'investigation reconnus à ce jour afin de juger de l'état d'un arbre. Il s'agit ainsi de considérer de façon simultanée les caractéristiques mécaniques, physiologiques, ontogéniques et parasitaires des arbres (expertises sectorielles) par l'évaluation d'un certain nombre de critères. La méthode inclut également une description des différents facteurs d'environnement, biotiques et abiotiques, susceptibles d'avoir une influence sur l'état de l'arbre.

Le diagnostic visuel est complété si nécessaire par l'usage du maillet ou de la canne pédologique. Le maillet est utilisé dans le but de déceler par résonance d'éventuelles cavités ou altérations internes. La canne pédologique est utilisée dans le but de sonder les cavités ouvertes ainsi que la résistance du bois au niveau du collet.

Pour des raisons d'homogénéité, les critères du diagnostic initial de 2014 ont été repris dans le cadre de cette étude, ainsi que les noms des sites, les numéros des arbres et leur localisation.

Ce relevé comprend :

- ▶ La localisation de l'arbre (les arbres sont positionnés à l'aide d'un récepteur GPS sur le fond de plan fourni par le commanditaire) ;
- ▶ L'identification de l'essence ;
- ▶ Données environnementales :
  - type de revêtement en pied d'arbre ;
  - équipement et état de cet équipement : cadre, grille, corset, protection basse...
- ▶ Les caractéristiques générales :
  - La dendrométrie (circonférence, hauteur totale et diamètre de couronne) ;
  - La forme de gestion/architecture ;
  - Le stade de développement ;
- ▶ L'état phytosanitaire prenant en compte :
  - Une notation de l'état mécanique global et, le cas échéant, la précision de la localisation
  - Une notation de l'état pathologique ;
  - La liste des défauts observés ;
  - La conclusion du diagnostic sur l'espérance de maintien de l'arbre
- ▶ Les préconisations de gestion individuelles :
  - Les surveillances particulières ;
  - Les travaux à réaliser. : type d'intervention et arbitrage dans le temps.
- ▶ Si nécessaire : commentaires, photos

A noter qu'en raison des conditions climatiques du 6/12 (ciel couvert), les photos ont été travaillées avant insertion dans le présent rapport.

Dans certains cas particuliers, des diagnostics complémentaires sont préconisés afin de statuer plus précisément sur la dangerosité de l'arbre.

- ▶ Dans le cas de la présente étude, l'expert a pu conclure sur chacun l'état de chacun des arbres à partir du diagnostic visuel, sans qu'un diagnostic approfondi ne soit nécessaire.

Les éléments relevés sont détaillés dans l'annexe *Tableau récapitulatif des données individuelles* restituée sous format PDF et Excel.

## 1.2.2 Arbres du boisement

Les arbres du boisement ont fait l'objet d'un relevé de type boisement :

- ▶ Chaque arbre (diamètre de pré-comptage de 10 cm) a été inspecté, dans la limite de l'accessibilité (présence de végétation basse dont ronces ne permettant pas toujours d'accéder au collet, lierre masquant tout ou partie de l'arbre).
- ▶ Pour chaque arbre, les données suivantes ont été relevées :
  - Essence
  - Diamètre du tronc et hauteur totale
  - Etat
  - Danger (risque)
- ▶ Pour chaque arbre pour lequel une intervention de mise en sécurité est préconisée :
  - Arbre géolocalisé : voir la cartographie associée
  - Travaux : arbitrage en tenant compte du risque potentiel pour les biens et les personnes : les passants côté voirie d'une part et les installations de la SNCF (clôture) d'autre part.
  - Marquage à la craie forestière (à hauteur du regard, côté voie ferrée ; croix rouge pour un abattage, rond rouge pour une coupe de branche morte) pour les arbres accessibles.
- ▶ A noter que les souches ne sont pas relevées.
- ▶ Limites du diagnostic de boisement : ce diagnostic fournit la liste de tous les arbres, mais n'indique la localisation uniquement pour les arbres avec travaux de mise en sécurité. Ainsi, pour repérer sur place un arbre sans intervention à partir des données, il faut tenir compte des autres repères : succession des arbres dans la liste, commentaires spécifiques, arbre de gros diamètre ou essence ponctuelle par exemple.

**Figure 2 : Marquage**



Les données individuelles sont présentées dans le tableau de restitution (Excel).

## 2 ARBRES ISOLES

### 2.1 ETAT DES LIEUX

Les données sont ici : fichier Excel « Gare\_arbres\_isolés\_donnees\_individuelles »,

#### 2.1.1 Données quantitatives générales

Le pourtour du secteur gare (tous sites confondus) compte :

Type	Nombre d'emplacements	%
Arbre	131	73%
Souche	18	10%
Emplacement libre	31	17%
<b>TOTAL</b>	<b>180</b>	<b>100%</b>

Genre	Nombre d'arbres	%
Robinia	36	27%
Prunus	25	19%
Tilia	19	15%
Quercus	14	11%
Catalpa	13	10%
Cedrus	6	5%
Chamaerops	6	5%
Fraxinus	6	5%
Sophora	2	2%
Taxus	2	2%
Carpinus	1	1%
Eucalyptus	1	1%
<b>TOTAL</b>	<b>131</b>	<b>100%</b>

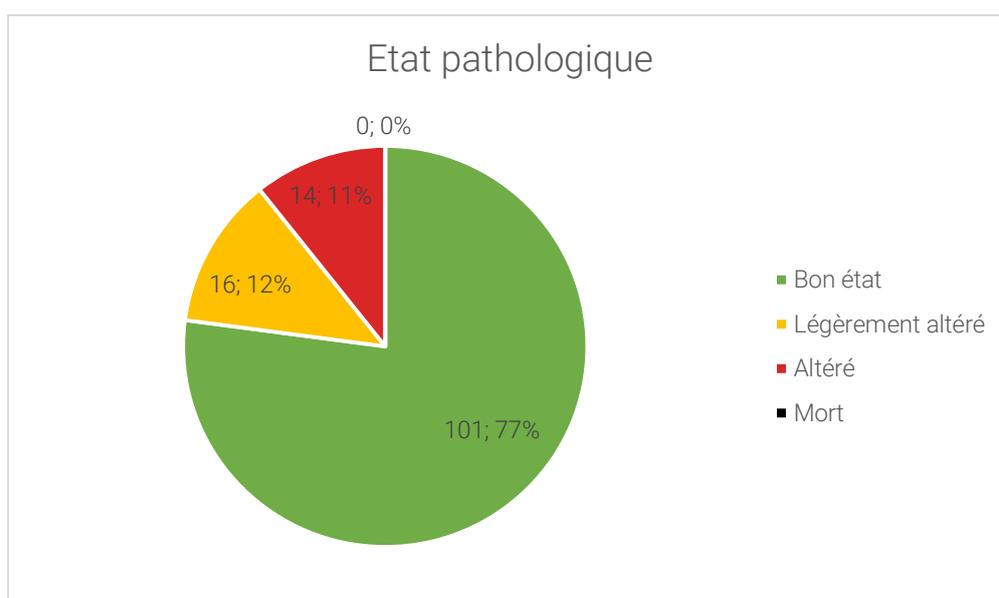
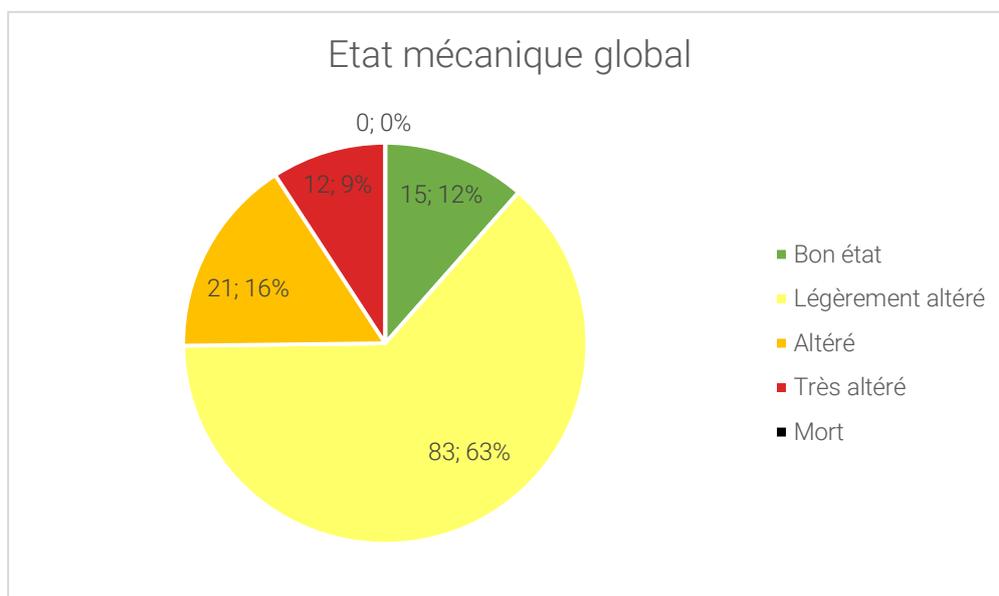
Forme actuelle	Nombre d'arbres	%
Quille ou Tronc mort ou Chandelle	2	2%
Pseudo-libre	19	15%
Libre	108	82%
Difforme ou délaissée	2	2%
<b>TOTAL</b>	<b>131</b>	<b>100%</b>

Les quilles, troncs morts, chandelles et arbres difformes sont situés aux abords du boisement.

Stade de développement	Nombre d'arbres	%
Jeune	6	5%
Jeune sénescant	0	0%
Adulte	117	89%
Adulte sénescant	8	6%
<b>TOTAL</b>	<b>131</b>	<b>100%</b>

## 2.1.2 Diagnostic

### 2.1.2.1 Etat mécanique



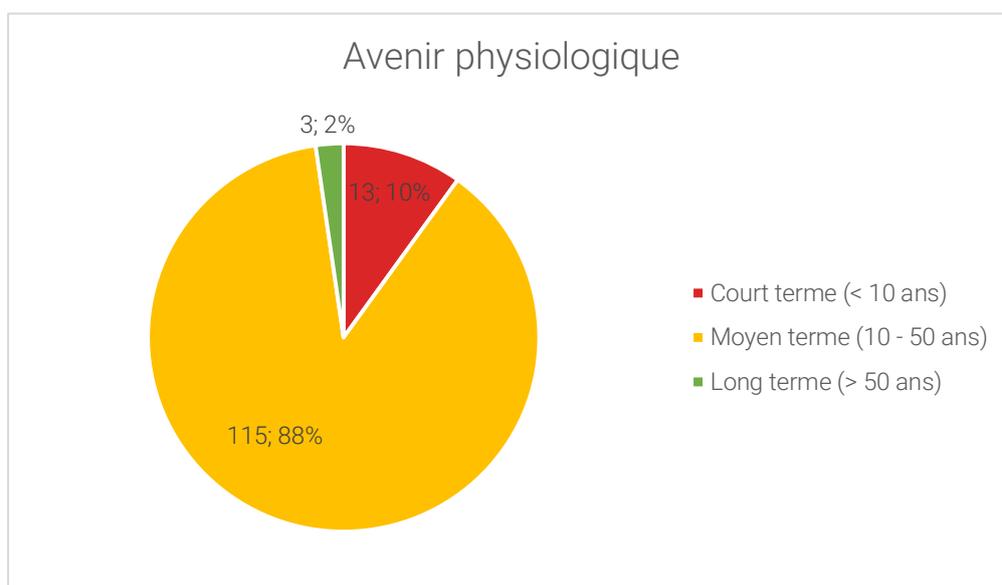
### 2.1.2.2 Etat pathologique

Les pathologies constatées sont classiques :

- *Phellinus tuberosus* sur *Prunus cerasifera* Pissardi
- *Phellinus punctatus* et ganoderme sur robiniers

## 2.2 BILAN

### 2.2.1 Avenir



### 2.2.2 Travaux préconisés

Le Tableau récapitulatif des données individuelles permettra d'effectuer les tris.

Dans le tableau ci-dessous :

- ▶ Travaux sécuritaires
- ▶ Travaux préventifs

	Immédiat	2023	2024-2026	2027 et +
Abattage préventif	0	14	1	0
Abattage sécuritaire	2	3	0	0
Allègement de houppier	0	0	2	0
Remontée de couronne	0	2	0	0
Suppression de charpentièr	1	2	0	0
Taille d'adaptation	0	8	0	0
Taille de bois mort	0	7	0	0
Taille de rejets	0	2	0	0
<b>TOTAL année</b>	<b>3</b>	<b>38</b>	<b>3</b>	<b>0</b>

Extraits de la carte des travaux sécuritaires à mettre en œuvre de manière immédiate fournie dans l'Atlas cartographique :

**Figure 4 : Arbre n°10 - parking intérêt général**



**Figure 3 : Arbres n°5 et 23 - Boisement long SNCF**



## 2.3 ILLUSTRATION DE QUELQUES ENSEMBLES ARBORES

A noter : les arbres ont été supprimés dans la zone de chantier sur le parking d'intérêt général.

### 2.3.1 Alignement de *Prunus serrulata* – Parking d'intérêt général

**Figure 5 : Alignement lacunaire entre le parking et les voies SNCF**



**Figure 6 : Branches basses écourtées : opter de préférence pour une coupe à l'insertion**



**Figure 7 : Beaucoup des arbres restants sont dans un état dégradé.**



### 2.3.2 Alignements de catalpas et tilleuls – Parking intérêt général : état correct malgré des tailles périodiques (forme semi-libre)



### 2.3.3 Rond-Point Longpont / Pinel : cèdre en bon état



Figure 8 : Retirer les installations vissées dans le bois de ce beau sujet



### 2.3.4 Alignement de catalpas – Place du Président Franklin Roosevelt

Figure 9 : Importantes cavités et nécroses, charpentières à supprimer



### 2.3.5 Dans le prolongement du boisement, côté Sud-Ouest : robiniers fortement dégradés

Figure 11 : Fructifications de champignon lignivore : Phellin tacheté



Figure 10 : Importante zone nécrosée



## 2.4 EVOLUTION

Nous avons procédé à la comparaison des données entre 2014 et 2022 afin d'apprécier l'évolution des arbres isolés. Dans cet intervalle, nous constatons :

- ▶ La suppression de 34 arbres (sur 180), dont 17 dans la zone de chantier.
- ▶ Etat mécanique : l'évolution de l'état mécanique entre 2014 et 2022 est à considérer arbre par arbre. Elle peut également être approchée pour l'ensemble des arbres considérés :

Etat mécanique en 2014	Etat mécanique en 2022	Nombre d'arbres
<b>Bon état</b>	Altéré	2
	Légèrement altéré	4
	Sans objet	1
<b>Légèrement altéré</b>	Altéré	8
	Bon état	14
	Légèrement altéré	73
	Sans objet	21
	Très altéré	2
<b>Altéré</b>	Altéré	16
	Bon état	1
	Légèrement altéré	10
	Sans objet	2
	Très altéré	3
<b>Très altéré</b>	Altéré	1
	Légèrement altéré	1
	Sans objet	10
	Très altéré	7
<b>Sans objet</b>	Sans objet	16
<b>(vide)</b>	Légèrement altéré	2
	Sans objet	1

D'après ce tableau croisé, nous pouvons considérer :

Evolution entre 2014 et 2022	Nombre d'arbres concernés
Arbres disparus	34
Etats mécaniques améliorés	27
Etats mécaniques stables	96
Etats mécaniques dégradés	19
Arbres ajoutés	2

Ce comparatif ne tient pas compte des écarts d'appréciation entre les diagnostics. Par exemple, un état « légèrement altéré » en 2014 à « Bon état » en 2022 peut être associé à une cicatrisation satisfaisante des plaies.

Ainsi, il est à retenir que ce patrimoine arboré est en cours de dégradation : son état mécanique est altéré et nombreux arbres disparus.

## 3 BOISEMENT

L'objectif de ce relevé est :

- ▶ De rendre compte de la nature des arbres présents dans ce boisement ;
- ▶ De rendre compte de l'état global de ce patrimoine arboré.

### 3.1 ETAT DES LIEUX

#### 3.1.1 Composition

##### *3.1.1.1 Composition quantitative*

225 arbres ont été inspectés et relevés, auxquels s'ajoutent 124 jeunes (diamètre de moins de 10 cm) spontanés (hors baliveaux).

A noter une régénération spontanée éparsée composée de frênes, d'érables et d'ormes, de manière plus anecdotique de chênes. La strate basse comprend notamment de la ronces, berceau du chêne.

**Figure 12 : Plantation récente de baliveaux (non relevés)**



### 3.1.1.2 Composition botanique

Les essences suivantes ont été relevées :

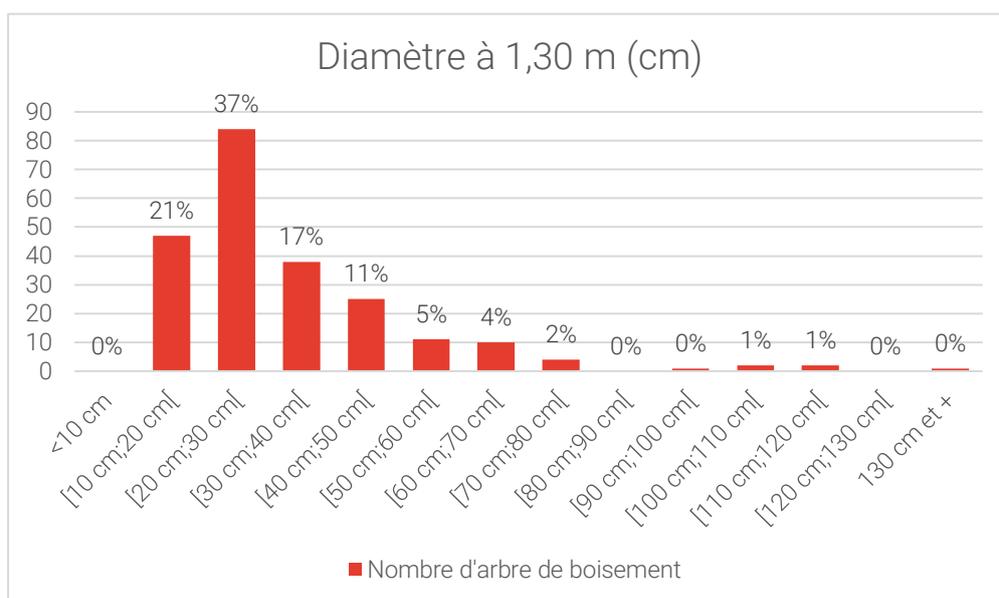
Genre	Nombre d'arbres	%
Robinia	76	34%
Carpinus	44	20%
Acer	33	15%
Fraxinus	32	14%
Quercus	22	10%
Ulmus	5	2%
Tilia	5	2%
Populus	4	2%
Prunus	2	1%
Salix	1	0%
Inconnu	1	0%
<b>TOTAL</b>	<b>225</b>	<b>100%</b>

Nous pouvons distinguer ces genres selon les catégories suivantes :

- ▶ Essences pionnières classiques : érables, frênes, robiniers. Frênes, saules et peupliers, caractéristiques des sols humides.
- ▶ Essences des sous-bois : Prunus, Carpinus
- ▶ Essences plus longévives : Quercus, Ulmus
- ▶ Essence plus originale en boisement : groupe de frênes à fleurs (*Fraxinus ornus*) : sujets adultes et jeunes spontanés.

## 3.1.2 Dendrométrie

### 3.1.2.1 Diamètre des troncs



A noter la présence de 6 arbres de plus de 1 m de diamètre et de gros sujets à préserver : ormes et érables champêtres, ce qui est relativement rare.

En faisant un parallèle entre le diamètre de tronc et le stade de développement : il s'agit ici d'un peuplement jeune adulte à adulte, avec un léger déficit dans la classe des 20-30 cm de diamètre. En croisant le diamètre des troncs avec les essences, il est possible d'affiner sur l'essence à renforcer.

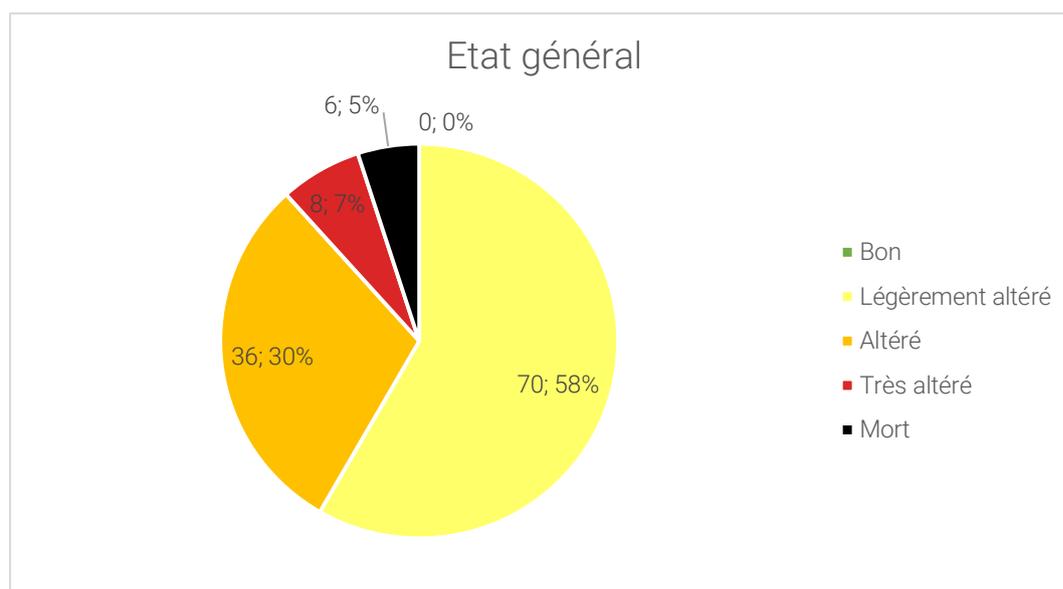
### 3.1.2.2 Hauteur totale

Hauteur (m)	Nombre	%
<5 m	1	0%
[5 m;10 m[	37	16%
[10 m;15 m[	75	33%
[15 m;20 m[	63	28%
20 m et +	49	22%
<b>TOTAL</b>	<b>225</b>	<b>100%</b>

### 3.1.3 Etat des arbres

Dans le contexte de ce boisement, la notation suivante a été adoptée :

- Bon état : RAS
- Légèrement altéré : bois mort et/ou blessures modérées
- Altéré : gros bois mort
- Très altéré : gros bois mort et/ou nécroses importantes



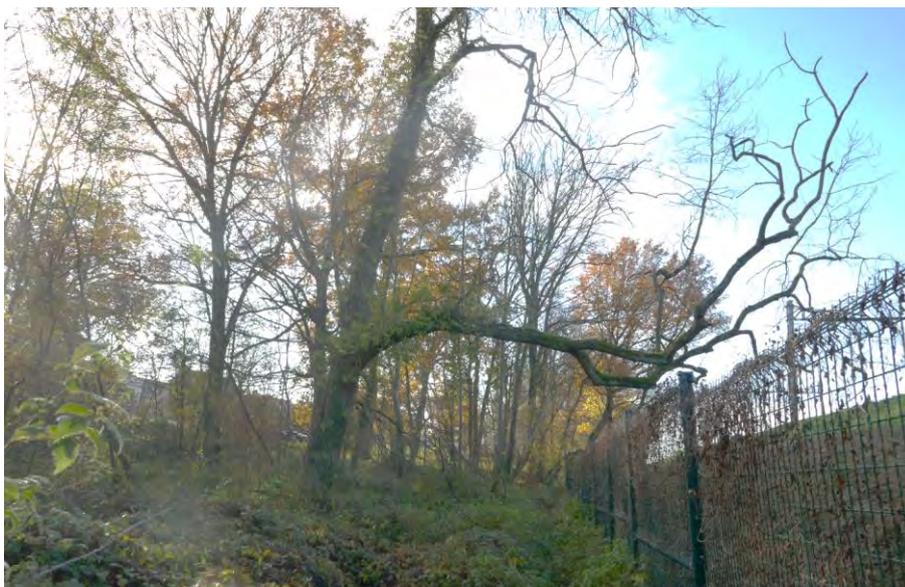
Les observations ont révélé un nombre limité de pathologies. En particulier, les fructifications de Polypore soufré signalées en 2014 n'ont pas été constatées, mais ce pouvait être sur les arbres isolés aux abords du boisement, eux-même bien dégradés (nécroses importantes).

En revanche, la présence de la quantité importante de de bois mort (dont gros bois mort et charpentières mortes), de gui et de nombreux arbres déjà écimés, vraisemblablement suite à un dépérissement en cime, amène à constater un déclin physiologique des arbres de ce boisement.

**Figure 13 : Gui récurrent**



**Figure 14 : Gros bois mort au-dessus de la clôture SNCF**



## 3.2 BILAN

### 3.2.1 Danger

Dangerosité	Nombre d'arbres	%
Danger immédiat	2	1%
Danger potentiel	32	14%
Peu de danger	191	85%
<b>TOTAL</b>	<b>225</b>	<b>100%</b>

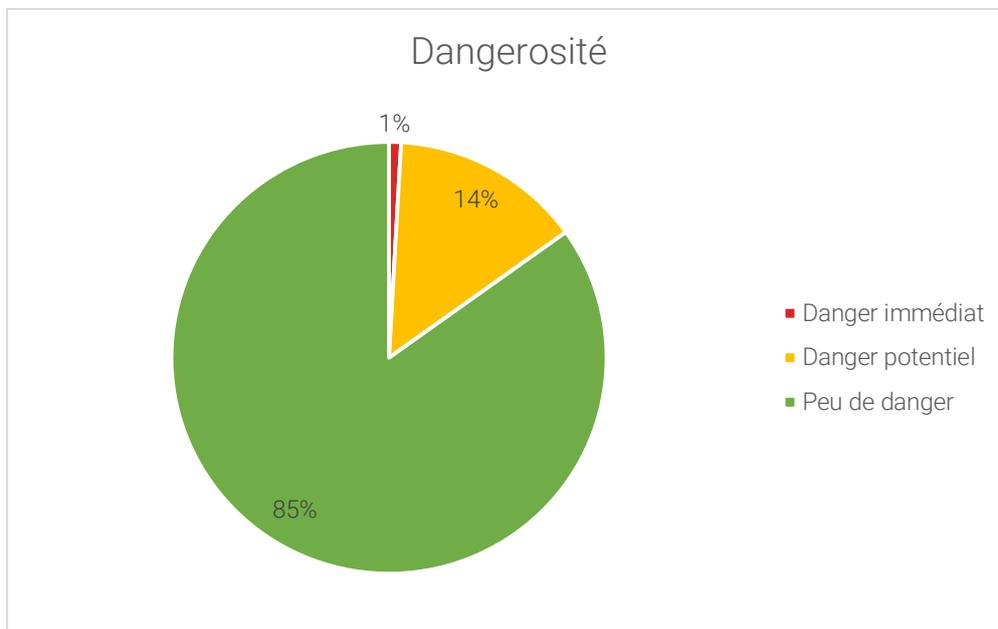


Figure 15 : Tronc d'arbre rompu (au niveau d'une zone nécrosée), qui a détruit la clôture SNCF dans sa chute



### 3.2.2 Travaux préconisés

Travaux de mise en sécurité	Nombre d'arbres	%
Taille de bois mort	6	3%
Abattage sécuritaire	1	0%
Abattage préventif	9	4%
Aucun	209	93%
<b>TOTAL</b>	<b>225</b>	<b>100%</b>

Les arbres du boisement présentent peu de risque sécuritaire vis-à-vis des usagers sur les cheminements. En alternative aux abattages préconisés, une réduction en chandelle pourra être retenue afin de conserver la partie basse en faveur de la biodiversité. Cette opération devra être accompagnée d'une communication pour que l'étêtage ne puisse être considéré comme une pratique acceptable dans tout autre contexte.

Les travaux sont à réévaluer en fonction : de la pénétration réelle des personnes : zones de squats, traces de passages, certains espaces plus ouverts

**Figure 16 : Espace fréquenté**



## 3.3 AUTRES OBSERVATIONS

Ce boisement présente un intérêt écologique particulier :

- Présence de bois mort et gros bois mort sur pied et au sol
- Présence de lierre et de ronciers
- Présences de nécroses et écorces décollées.
- Diversité des stades de développement des arbres.

Des taches de renouée ont été constatées :

- dans le secteur récemment réaménagé côté rue Antoine Rocca.
- Le long de la clôture au Nord-Est.

## 4 CONCLUSION

Les dernières investigations ont permis de rendre compte de l'état actuel du patrimoine arboré : les arbres isolés d'une part et le boisement d'autre part. Ces données pourront aider à l'arbitrage concernant le maintien ou le renouvellement dans le cadre du réaménagement projeté du site.

- ▶ Plusieurs alignements sont dégradés, en particulier catalpas de la place Franklin Roosevelt, Prunus pourpres du parking d'intérêt général
- ▶ Dans son état actuel (espace non ou peu fréquenté), le boisement représente peu de risque sécuritaire et offre des points d'intérêts à protéger, dont des ormes et des érables champêtres de taille respectable. En revanche, les arbres isolés à proximité du boisement sont passablement altérés.

Verdi est en mesure d'accompagner la ville dans la construction du projet en considérant les arbres existants et la plantation de nouveaux sujets.

## **5 ANNEXES**

### **5.1 ARBRES ISOLES**

#### **5.1.1 Atlas cartographique**

Les cartes des arbres isolés du secteur gare ont été réalisées sur les diagnostics suivants :

- Etat mécanique
- Etat pathologique
- Avenir = espérance de maintien

Elles sont remises dans le dossier « Atlas cartographique » associé au présent rapport.

#### **5.1.2 Données individuelles**

Tableau intégral dans le fichier Excel « Gare\_arbres\_isolés », onglet « arbre », remis dans le dossier de restitution associé au présent rapport.

## 5.1.3 Données par UHG

N° propriété	Propriété	N°UHG	Esthétique	Orientation	Arbitrage	Commentaire
8	Parking d'intérêt général	A1	Faible	Réhabilitation	n+1	Nombreuses altérations sur tronc et branches cassées : dégradation générale
8	Parking d'intérêt général	A2	Faible	Suppression	Immédiat	Alignement supprimé
8	Parking d'intérêt général	A3	Intéressant	Maintien	n+2 à n+4	Plaie d'élagage, Accompagner par une taille plus respectueuse
8	Parking d'intérêt général	A4	Intéressant	Maintien	n+5	
8	Parking d'intérêt général	G1	Faible	Réhabilitation	n+2 à n+4	
9	Route de Longpont	A1	Faible	Rénovation	n+1	
9	Route de Longpont	G1	Intéressant	Maintien	n+5	
10	Rond point Longpont / Pinel	G1	Remarquable	Maintien	n+5	
13	Place Franklin Roosevelt	A1	Faible	Réhabilitation	n+1	Nombreuses altérations importantes dans les houppiers : maintenir une charge réduite
13	Place Franklin Roosevelt	G1	Faible	Maintien	n+5	
179	Boisement long SNCF	I1	Faible	Réhabilitation	n+5	Projet de réhabilitation sur ce site, mise en sécurité nécessaire
180	Talus	I1	Intéressant	Maintien	n+2 à n+4	

Tableau intégral dans le fichier Excel « Gare\_arbres\_isolés », onglet « uhg », remis dans le dossier de restitution associé au présent rapport.

## **5.2 BOISEMENT**

### **5.2.1 Liste des arbres composant le boisement**

Les données individuelles sont dans le dossier de restitution : fichier Excel « Liste\_boisement »

### **5.2.2 Carte des travaux de mise en sécurité**

La carte des travaux sécuritaires est remise dans le dossier « Atlas cartographique » associé au présent rapport.



## Pour nous contacter

**Marina Pellerin**

Ingénieure arboricole

09 70 26 91 16

06 40 59 12 34

[mpellerin@verdi-ingenierie.fr](mailto:mpellerin@verdi-ingenierie.fr)

**VERDI**