SOLInfra GEOTECHNIQUE

L'expertise géotechnique au service de vos projets

Entreprise (Client) :

HP BTP

665, rue des Vœux Saint Georges

94290 VILLENEUVE-LE-ROI

Opération n° 2022-3311 : Assemblée Nationale

Rénovation des 3e et 4e étages de la zone

Colbert du Palais Bourbon

128, rue de l'Université - 75007 PARIS

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION - MISSION G3

Note d'hypothèses et de principes de réalisation des ouvrages géotechniques et Vérification des fondations existantes au droit de la Trémie 4

AFFAIRE N° 24213				PIECE N° 01
Indice	**Date**	**Établi par**	**Contrôlé par**	**Modifications - Observations**
A	16/07/2024	Z. ABOUFAOUARISSE	A. BRAHAM	Première diffusion.
B	02/09/2024	Z. ABOUFAOUARISSE	A. BRAHAM	Mise à jour en intégrant les réponses aux observations de la Mission G4 dans son Avis sur document n°3 et la vérification des fondations existantes de la Trémie 4 .

SOLInfra GEOTECHNIQUE – S.A.S au capital de 20 000 €
Siège social : 6, Avenue de l'Europe – 78117 TOUSSUS-LE-NOBLE
RCS VERSAILLES B 901 346 585 – SIRET 901 346 585 00028 – APE 7112B
Tél. 01 78 85 56 18 - 07 68 71 88 61 – contact@solinfra.fr

SOMMAIRE

1. CADRE DE L'AFFAIRE 3
1.1. Configuration et caractéristiques du projet 3
1.2. Mission Géotechnique confiée 7
1.3. Documents de référence 7
1.4. Normes de référence 8
2. RAPPEL DU CADRE GEOTECHNIQUE DU SITE 9
2.1. Synthèse lithologique et géomécanique 9
2.2. Synthèse hydrogéologique 10
2.3. Reconnaissances des fondations 11
3. ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES ET RECOMMANDATIONS 12
3.1. Modèle géotechnique de calcul 12
3.2. Galerie souterraine de l'allée de la présidence 13
3.3. Galerie de liaison et Cour d'Aguesseau 15
3.4. Trémie 1 20
3.5. Trémie 3 23
3.6. Trémie 4 25
3.7. Justification des murs porteurs et fondations existantes de la Trémie 4 29
4. ANNEXES 33

1. CADRE DE L'AFFAIRE

1.1. Configuration et caractéristiques du projet

Le projet rentre dans le cadre de l'aménagement de la zone Colbert du Palais Bourbon, situé au 128, rue de l'Université dans le 7ème arrondissement de Paris (75).

Il prévoit en particulier la réalisation des opérations suivantes :

- La construction d'une galerie technique enterrée longeant l'allée de la Présidence de la Cour Molé vers la cour d'Aguesseau sur 2 niveaux de sous-sols sur le site de l'assemblée Nationale.

  Les niveaux bas de la galerie technique souterraines sont calées à la cote 28,72 NGF, le long de l'allée de la Présidence, et à la cote 25,80 NGF, sur la cour d'Aguesseau.

  La galerie souterraine projetée présente une intersection avec 2 ovoïdes existants dont les niveaux finis de radiers sont situés aux cotes suivantes : Pour l'ovoïde au niveau de l'allée de la Présidence à 29,46 NGF et pour l'ovoïde sur la cour d'Aguesseau à 28,88 NGF.

- La création de 4 trémies, ainsi que des travaux de démolition et de restructuration des existants.

  Les niveaux finis des ouvrages sont calés aux cotes suivantes :

  - Trémie 1 : Cote PB R-2 existant : Entre 29,20 et 28,25 NGF,

    Cote PB R-2 projet : 27,00 NGF et 25,90 NGF (au droit de la fosse de relevage).
  - Trémie 2 : Cote PB RDC existant : Entre 32,53 et 32,20 NGF,

    Cote PB R-1 existant : Entre 28,08 et 27,79 NGF.
  - Trémie 3 : Cote PB R-1 existant : 28,69 NGF,

    Cote PB R-2 projet : 26,52 NGF.
  - Trémie 4 : Cote PB R-1 existant : 28,70 NGF,

    Cote PB R-2 projet : 27,10 NGF et 26,10 NGF (au droit de la fosse de relevage).

La localisation des différentes structures projetées en infrastructure est précisée sur le plan de masse ci-dessous.

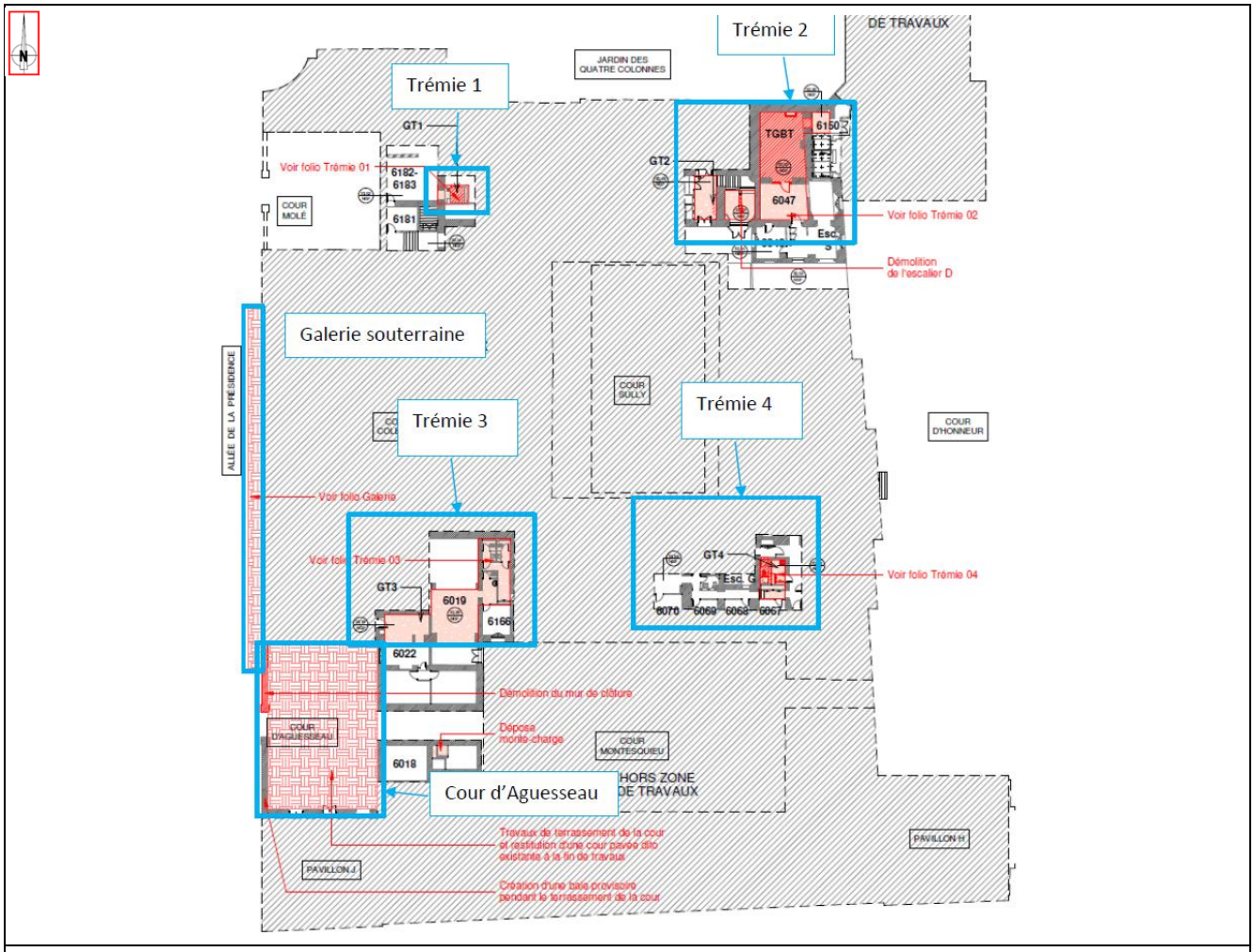


Figure 1 – Extrait du plan du RDC avec la localisation des différents projets en infrastructure

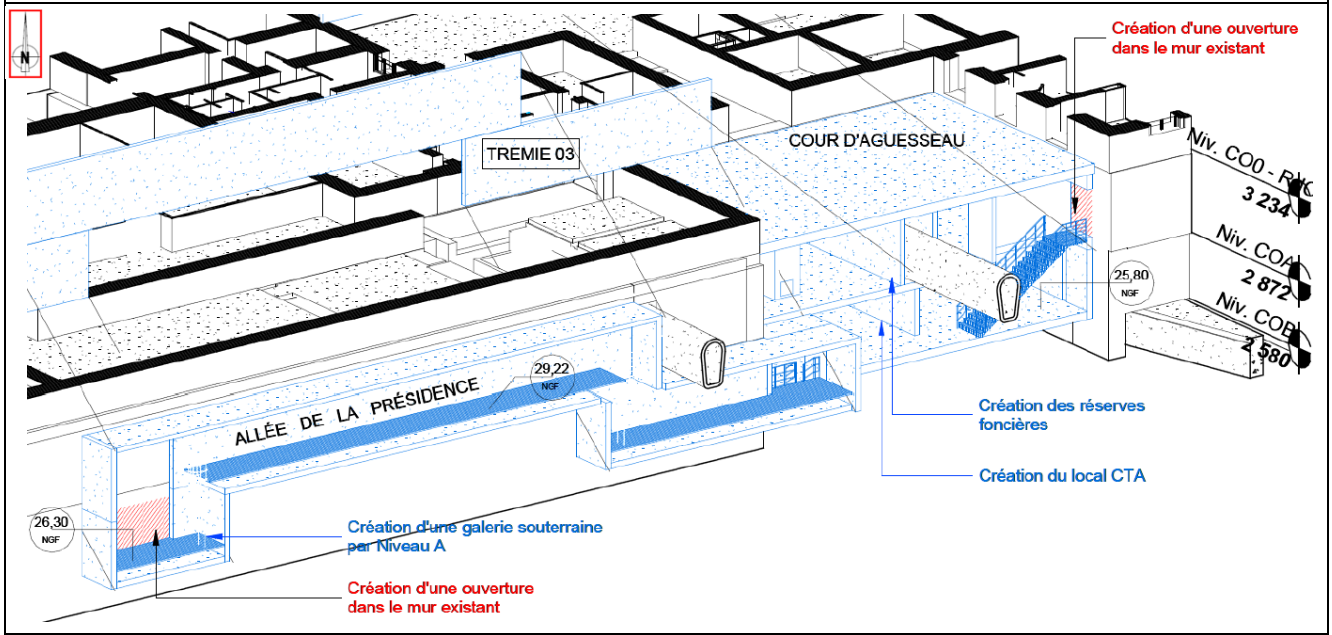


Figure 2 – Vue 3D du projet – Source : Note de justification du blindage – infrastructures de 27/05/2024

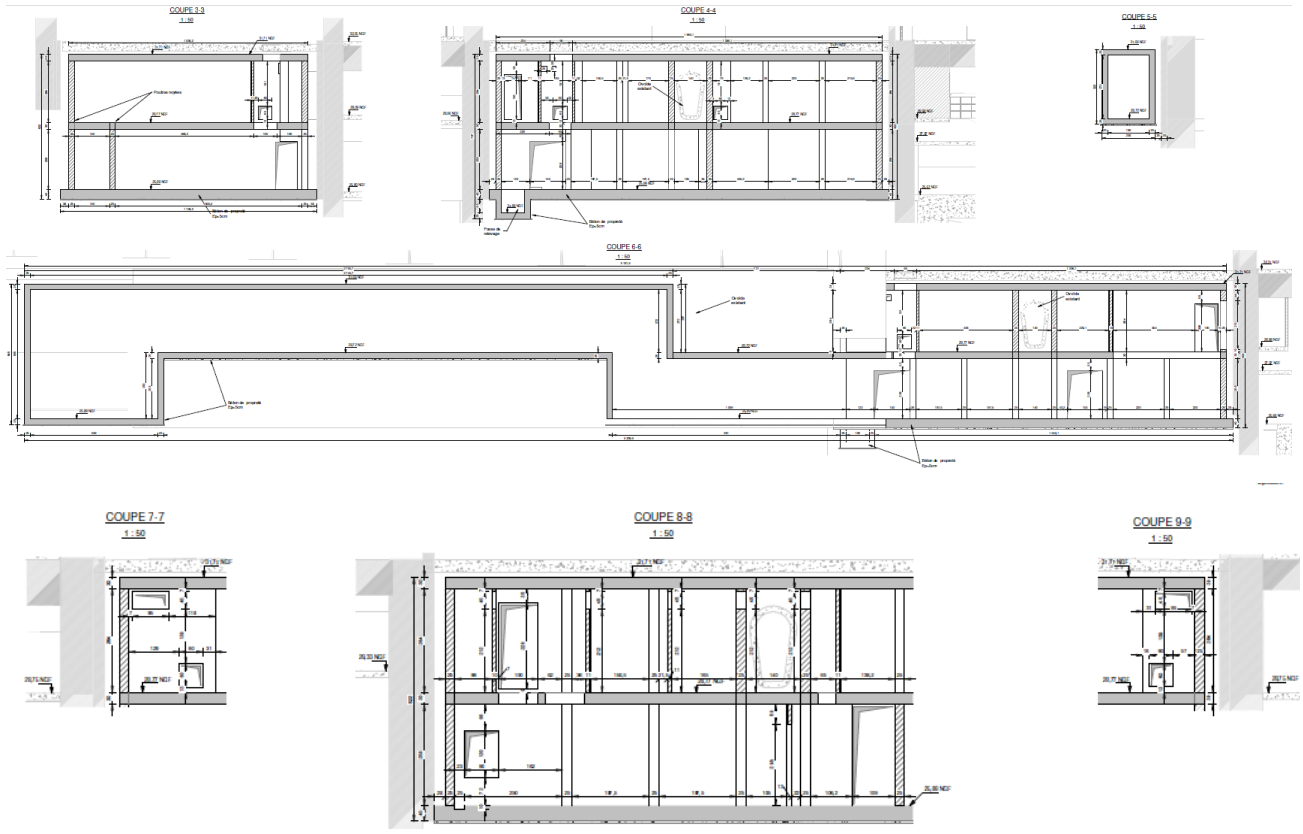


Figure 3 – Coupes de la COUR D'AGUESSEAU – Phase EXE – Plan n° 073 - Ind. D, daté du 17/07/2024

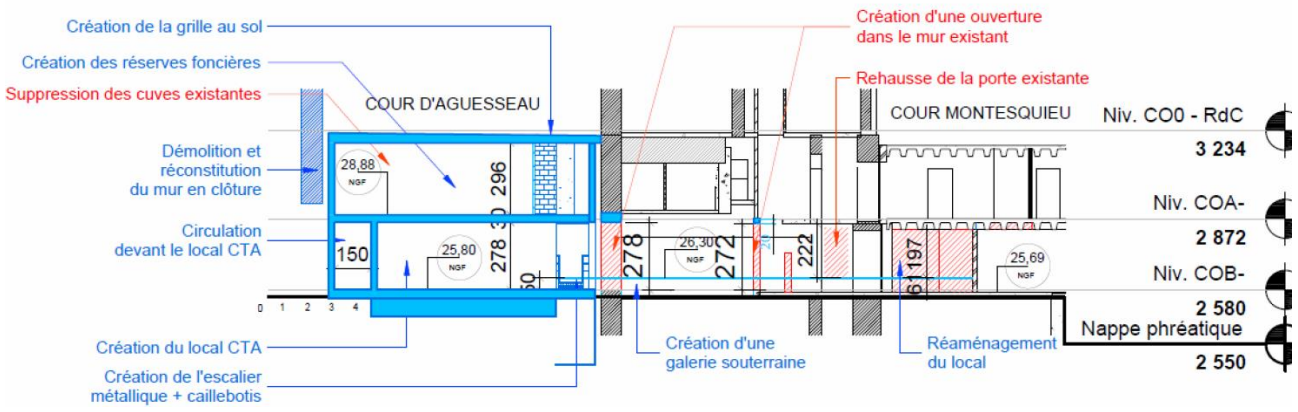


Figure 4 – Coupe transversale GC – Source : Hypothèses de calculs GC – infrastructures du 27/05/2024

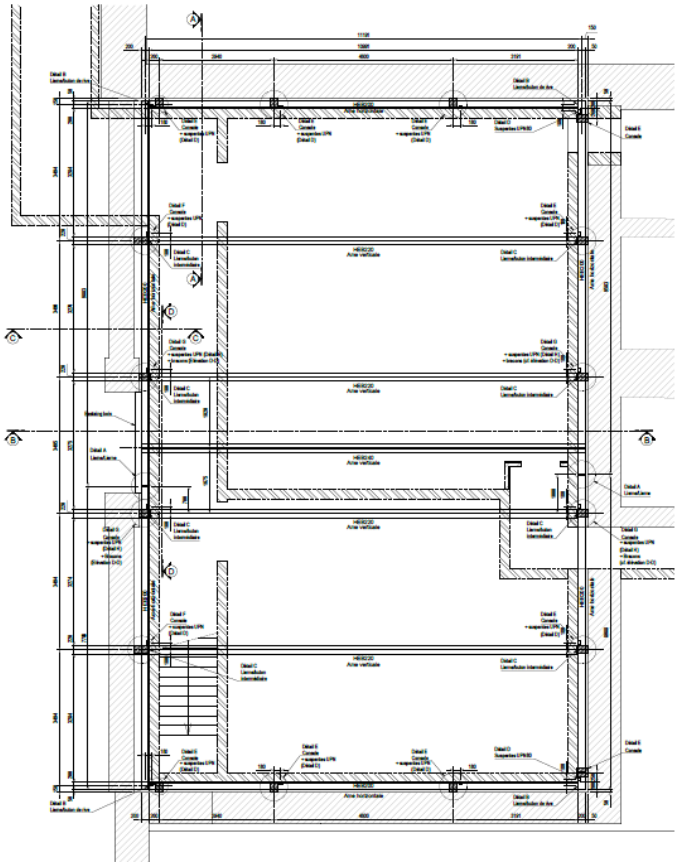


Figure 5 – Vue en plan : Cour d'Aguesseau du 14/06/2024

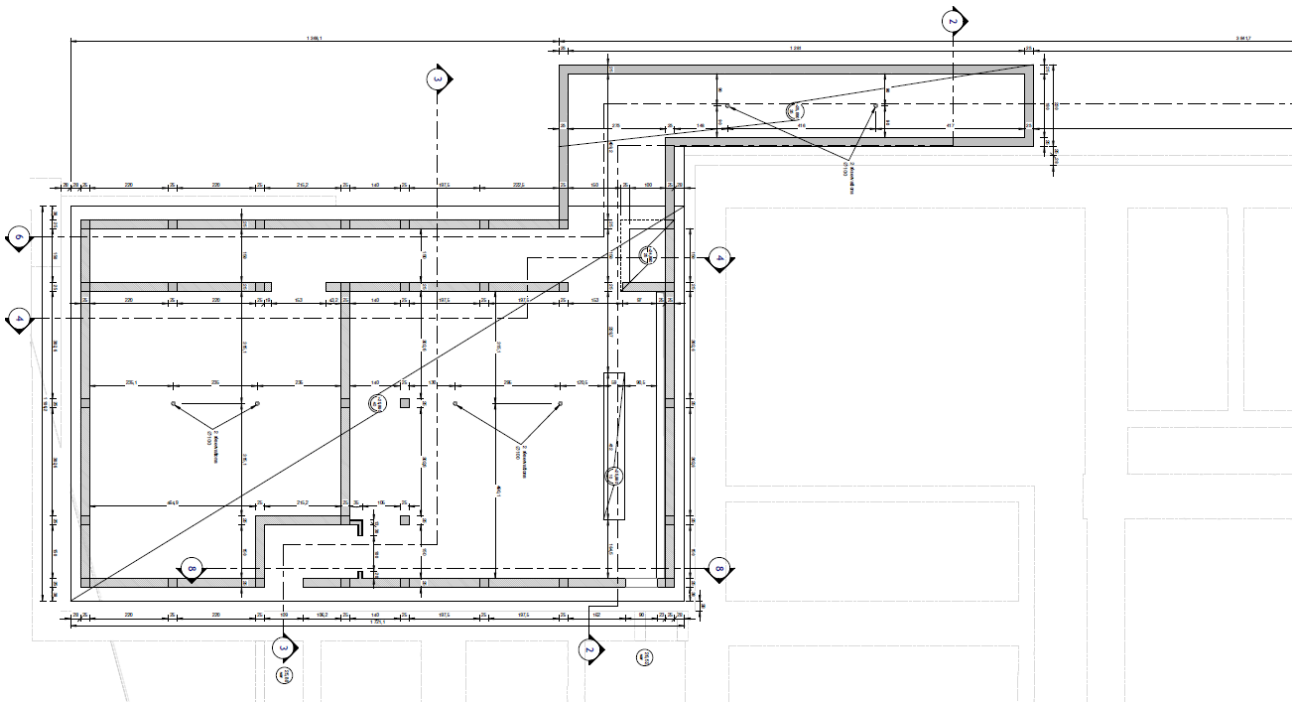


Figure 6 – Vue en plan radier - COUR D'AGUESSEAU – plan n°70 – Indice D, daté du 17/07/2024

1.2. Mission Géotechnique confiée

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre d'une mission de type G3, soit une Etude Géotechnique d'Exécution - phase étude, selon la dernière version de la norme NF P94-500 du 30 novembre 2013. Il se base sur les données issues du rapport d'étude géotechnique de conception - phase avant-projet (mission G2 PRO réalisé par *GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE*, référencé n°19037-1 - Ind. A et daté du 15/05/2024.

La présente étude a pour objectifs l'étude des éléments suivants :

- Définir les hypothèses et le modèle géotechniques (la coupe type de sol et les caractéristiques mécaniques des différents horizons) pour le dimensionnement des fondations et ouvrages du projet,
- Préciser les principes de fondations des structures projetées retenues en phase EXE, en tenant compte du contexte géotechnique et des descentes de charges effectives et définir les paramètres de dimensionnement (horizons d'ancrages et niveaux d'assises, portance du sol, etc).
- Préciser le principe de réalisation des ouvrages et les dispositions constructives.

1.3. Documents de référence

Pour la réalisation de la présente mission, les documents de base à partir desquels nous nous appuyons concernant la conception et les hypothèses géotechniques et hydrogéologiques, sont les suivants :

Intitulé du document	Auteur	Référence	Indice et date
Rapport d'étude géotechnique de conception - Phase Projet – Mission G2 PRO	GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE	Affaire n° : 19037-1	A - 15/05/2024
Rapport d'étude géotechnique de conception - Phase Avant-Projet – Mission G2 AVP	GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE	Affaire n° : 19037	A - 05/10/2023

Les documents du projet utilisés dans le présent rapport sont les suivants :

N°	Intitulé du plan ou du document	Auteur	Référence	Indice et date
1	CCTP – Lot 2C : « Gros œuvre et maçonnerie infra et superstructure, pierre de taille »	Direction des Affaires Immobilières et du Patrimoine (DAIP)	Opération n° 2022-3311 – Marché n° 2022AN - 37	12/2023
2	Hypothèses de calculs GC - Infrastructures	HP BTP	Opération 3311 – Plan n°050 – Phase EXE – Lot 02C	A – 27/05/2024
3	Note de justification blindage - Infrastructures	HP BTP	Opération 3311 – Plan n°058 – Phase EXE – Lot 02C	A – 14/06/2024
4	Plan de CM du blindage	HP BTP	Opération 3311 – Plan n°063 – Phase EXE – Lot 02C	A – 14/06/2024
5	Aménagement Colbert – Galeries - Modélisation	--	--	A – 24/04/2024
6	Vue en plan Radier - COUR D'AGUESSEAU	HP BTP	Opération 3311 – Plan n° : 070 - Phase EXE – Lot 02C	D – 17/07/2024
7	Coupes - COUR D'AGUESSEAU	HP BTP	Opération 3311 – Plan n° : 073 - Phase EXE – Lot 02C	D – 17/07/2024
8	Avis Sur Document N°3 – Mission G4	GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE	Affaire n° : 19037-2	A - 29/07/2024

1.4. Normes de référence

Les normes et textes réglementaires de référence qui seront utilisés pour définir les dimensionnements et les dispositions constructives des ouvrages géotechniques sont les suivants :

- Norme NF EN 1997-1 de Juin 2005 « Eurocode 7, Calcul géotechnique - Partie 1, Règles générales », son annexe nationale NF EN 1997- 1/NA de Septembre 2006 et son amendement NF EN 1997-1/A1 d'Avril 2014.
- Norme NF P 94-261 de juin 2013 : « Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles » et son amendement NF P 94-261/A1 de Février 2017.

2. RAPPEL DU CADRE GEOTECHNIQUE DU SITE

2.1. Synthèse lithologique et géomécanique

Lors de la mission G2 AVP réalisée par *GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE*, les sondages pressiométriques réalisés ont mis en évidence la succession lithologique suivante, de haut en bas :

- ✓ Des ***Remblais supposés*** ont été rencontrés jusque vers 3,6 à 5,7 m de profondeur, soit jusque vers 29,92 à 26,64 NGF. Ils présentent des caractéristiques mécaniques très faibles.

$$1,5 \leq E \leq 6,7 \text{ MPa} / E_{harm} = 3,0 \text{ MPa}$$

$$0,12 \leq pl^* \leq 0,58 \text{ MPa} / pl^*_{géo} = 0,27 \text{ MPa}$$

- ✓ Les ***Alluvions modernes supposées*** ont été recoupées jusqu'à environ 7,5 à 9,0 m de profondeur, soit jusqu' à environ 24,84 à 24,52 NGF. Elles présentent des caractéristiques mécaniques très faibles.

$$1,2 \leq E \leq 7,7 \text{ MPa} / E_{harm} = 2,4 \text{ MPa}$$

$$0,10 \leq pl^* \leq 0,58 \text{ MPa} / pl^*_{géo} = 0,20 \text{ MPa}$$

- ✓ Les ***Alluvions anciennes supposées*** ont été recoupées jusqu'à 10,5 à 11,0 m de profondeur, soit jusqu'à 22,52 à 21,34 NGF. Elles présentent des caractéristiques mécaniques faibles à moyennes.

$$2,7 \leq E \leq 16,7 \text{ MPa} / E_{harm} = 8,9 \text{ MPa}$$

$$0,11 \leq pl^* \leq 2,42 \text{ MPa} / pl^*_{géo} = 0,71 \text{ MPa}$$

- ✓ Le ***Calcaire Grossier altéré supposé*** ont été mis en évidence en SP2 et SP3 jusqu'à 13,2 à 13,5 m de profondeur, soit jusqu'à 20,02 à 19,14 NGF. Il présente des caractéristiques mécaniques faibles.

$$3,0 \leq E \leq 11,1 \text{ MPa} / E_{harm} = 5,9 \text{ MPa}$$

$$0,27 \leq pl^* \leq 0,72 \text{ MPa} / pl^*_{géo} = 0,71 \text{ MPa}$$

- ✓ Le ***Calcaire Grossier sain supposé*** a été mis en évidence jusqu'à 16,0 m de profondeur, soit jusqu'à 17,52 à 16,34 NGF. Il présente de très bonnes caractéristiques mécaniques.

$$15,2 \leq E \leq 280,9 \text{ MPa} / E_{harm} = 69,9 \text{ MPa}$$

$$1,33 \leq pl^* \leq (>5,00) \text{ MPa} / pl^*_{géo} = 4,20 \text{ MPa}$$

- ✓ Les ***Sables du Soissonnais supposés*** ont été mis en évidence jusqu'à 19,0 à 20,2 m de profondeur, soit jusqu'à 14,52 à 12,08 NGF. Ils présentent de très bonnes caractéristiques mécaniques.

$$36,6 \leq E \leq 446,5 \text{ MPa} / E_{harm} = 87,5 \text{ MPa}$$

$$2,78 \leq pl^* \leq (>5,00) \text{ MPa} / pl^*_{géo} = 4,22 \text{ MPa}$$

2.2. Synthèse hydrogéologique

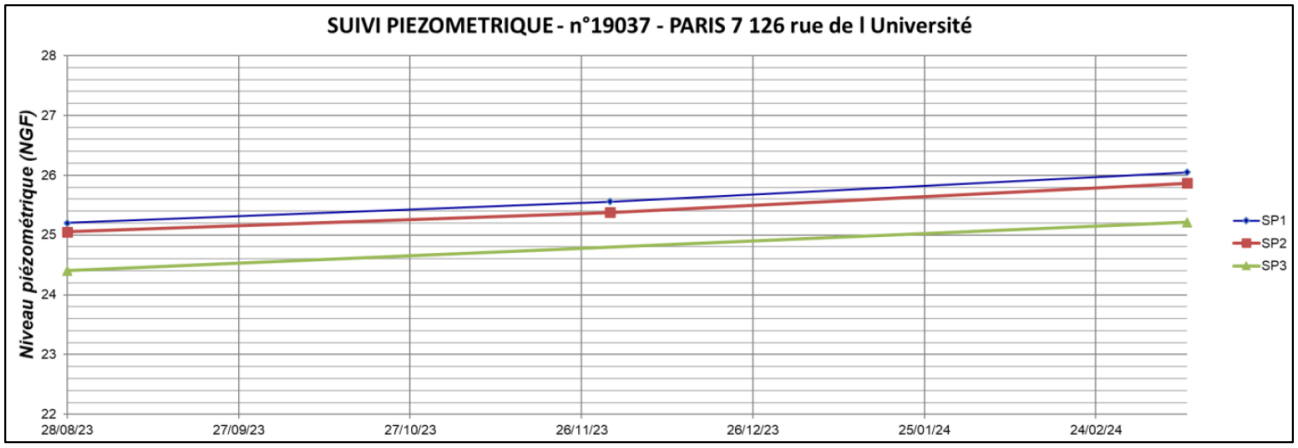
- **Niveaux d'eau :**

Lors de la mission G2 AVP, les sondages SP1 à SP3 ont été équipés en piézomètres afin d'effectuer un suivi piézométrique sur une durée de 2,5 ans avec un relevé tous les 3 mois.

Les résultats du suivi sont présentés dans le tableau et figure suivants :

Sondage	Cote NGF tête de sondage (*selon plan DCE*)	Niveau d'eau (relevé 1 : 28/08/2023)		Niveau d'eau (relevé 2 : 01/12/2023)		Niveau d'eau (relevé 3 : 11/03/2024)	
		m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF
SP1	32,34	7,05	25,29	6,69	25,56	6,20	26,05
SP2	32,25	7,20	25,05	6,87	25,38	6,38	25,87
SP3	33,52	7,85	25,67	NR*	-	7,04	25,21

**sondage non accessible au moment du relevé (stockage de matériel au droit de son implantation).*



Sur la période du suivi, entre aout 2023 et mars 2024, les niveaux d'eau mesurés varient entre 6,20 et 7,85 m de profondeur /TN, soit entre les cotes 26,05 et 25,05 NGF.

Ils correspondent à la nappe alluviale baignant les formations des *Alluvions modernes et anciennes*. Cette nappe est soumises à des fluctuations, en fonction de la pluviométrie et de l'amortissement des ondes de crue de la Seine, dans l'aquifère.

Nous constatons que les niveaux d'eau relevés tangentent la base des fouilles de reconnaissance des fondations réalisés. En particulier, la fouille RF5 a été arrêtée en raison d'un niveau d'eau identifiée à la cote 25,55 NGF en août 2023.

Par ailleurs, des circulations d'eau anarchiques d'infiltration et / ou de ruissellement sont susceptibles de se produire au sein des terrains superficiels, notamment en périodes pluvieuses. Ces circulations ne sont pas pérennes et dépendent grandement des conditions météorologiques.

- **Niveaux des Plus Hautes Eaux :**

A titre informatif, les cotes des crues principales de la Seine observées au Pont de la Concorde, situé à environ 200 m de la zone d'étude sont les suivantes :

- **Crue centennale (EE) : 32,66 NGF,**
- **Crue cinquantennale (EH) : 32,13 NGF,**
- **Crue décennale ($NPHE_{10\ ans}$) : 30,98 NGF,**
- **Retenue normale (RN) : 26,72 NGF.**

Nous remarquons que le niveau de la retenue normale se situe au-dessus des niveaux relevés dans les sondages SP1 à SP3, ce qui pourrait suggérer la présence de pompages actifs dans le secteur d'étude (RER C, métro ou autres).

2.3. Reconnaissances des fondations

Les résultats des fouilles de reconnaissance RF1 à RF7 réalisées dans le cadre des études de conception sont précisées dans le tableau suivant :

N° fouille	Cote NGF tête fouille (selon plans DCE)	Profondeur fouille		Débord extérieur total (m)	Assise fondation		Niveau d'eau observé	
		(m/TA)	NGF		(m/TA)	NGF	(m/TA)	NGF
RF1 coupe A	28,86	4,10	24,76	0,00	3,50	25,36	3,60	25,26
RF1 coupe B	28,86	4,10	24,76	0,35	3,85	25,01	3,60	25,26
RF2	32,34	8,00	24,34	0,61	7,60	24,74	7,60	24,74
RF3	33,52	8,40	25,12	0,14	>8,40	<25,12	8,40	25,12
RF4 - coupe A	28,74	3,70	25,04	0,25	3,35	25,39	3,50	25,24
RF4 - coupe B	28,74	3,70	25,04	0,10	3,50	25,24	3,50	25,24
RF5 - coupe A	28,25	3,10	25,15	0,60	>3,10	<25,15	2,70	25,55
RF5 - coupe B	28,25	3,10	25,15	0,00	2,70	25,55	2,70	25,55
RF6 - coupe A	28,70	3,80	24,90	0,00	3,70	25,00	3,30	25,40
RF6 - coupe B	28,70	3,80	24,90	0,10	3,70	25,00	3,30	25,40
RF7	26,85	1,70	25,15	-0,40	1,70	25,15	1,50	25,35

3. ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES ET RECOMMANDATIONS

3.1. Modèle géotechnique de calcul

Conformément aux préconisations du rapport de la G2 PRO, le modèle géotechnique (la coupe type de sol, les caractéristiques mécaniques et les paramètres intrinsèques des différentes formations traversées), retenu pour le dimensionnement des ouvrages, est présenté dans les tableaux suivants :

Formation géologique	Toit de la formation (NGF)	Base de la formation (NGF)	E_m (MPa)	pl_e* (MPa)	α	γ' (KN/m3)	c = c' (KPa)	ϕ = ϕ' (°)
Remblais	32,30	27,00	3,0	0,25	0,66	18,0	0	25
Alluvions modernes	27,00	24,80	2,0	0,20	0,50	20,0	0	25
Alluvions anciennes	24,80	21,50	9,0	0,70	0,25	*formations non concernées par les terrassements*		
Calcaire Grossier altéré	21,50	19,00	6,0	0,70	0,50			
Calcaire Grossier	19,00	16,30	70,0	4,00	0,50			
Sables du Soissonnais	16,30	<12,00	80,0	4,00	0,50			

Les modules de déformations E_S retenus pour le dimensionnement des radier ont été obtenus sur la base des modules de rechargement E_r estimés à 2 * E_m :

Formation géologique	Module pressiométrique E_m (kPa)	Module de rechargement estimé (kPa)	Module de Young Es (kPa)
Remblais	3000	6000	9000
Alluvions modernes	2000	4000	8000
Alluvions Anciennes	9000	18000	72000

D'un point de vue hydrogéologique, nous retiendrons les cotes suivantes :

- Niveau d'Eaux Exceptionnelles : EE = 32,66 NGF (*cote PPRI et crue centennale*)
- Niveau d'Eaux Hautes : EH = 32,13 NGF (crue cinquantennale)
- Niveau d'Eaux Fréquentes : EF = 30,98 NGF (*crue décennale*)
- Niveau d'Eaux en phase Chantier : EC = 26,72 NGF (*retenue normale de la Seine correspondant au niveau d'Eaux Fréquentes d'occurrence 1 an*).
- Niveaux d'Eaux Basses : EB = 25,67 NGF (Niveau quasi-permanent de la nappe).

3.2. Galerie souterraine de l'allée de la présidence

La galerie projetée le long de l'Allée de la Présidence sera réalisée par terrassement à ciel ouvert avec les caractéristiques suivantes :

- Niveau fini : +28,72 NGF, soit un Fond de fouille situé à la cote + 28,52 NGF.
- Largeur finie de la galerie : 1,80 m, soit une largeur terrassée de 2,25 m.

Il convient de noter que le niveau fini de la galerie est situé au-dessus des assises de fondations reconnus.

- **Terrassements et Gestion des arrivées d'eau :**

Les hauteurs de terrassements attendues sont de l'ordre de 4,0 m et intéresseront principalement l'horizon supérieur des *Remblais*.

Entre aout 2023 et mars 2024, les niveaux de la nappe alluviale ont été mesurés au droit du site entre 6,20 et 7,85 m de profondeur /TN, soit entre les cotes 26,05 et 25,05 NGF.

En se basant sur l'ensemble de ces données, en période normale (hors période de crue de la *Seine)*, les terrassements de cette partie de la galerie technique devraient s'effectuer hors nappe.

Compte tenu du contexte géotechnique et de mitoyenneté de l'ouvrage projeté, les terrassement seront réalisés selon la technique de puits blindés avec un butonnage horizontal en face à face. Le blindage sera mis en place à l'avancement.

Pour le dimensionnement des ouvrages de soutènement, on prendra les caractéristiques intrinsèques à long terme et les hypothèses géotechniques suivantes de chaque horizon reconnu :

Profil Lithologique	Poids volumique γ_h (kN/m^3)	Cohésion C_k' (kPa)	Angle de frottement interne : φ_k' (°)	Coefficient de poussée : Ka
Remblais	18,0	0	25	0,406

Les soutènements et les voiles en infrastructures devront être conçus pour reprendre :

- La poussée des terres,
- La poussée des différentes surcharges existants en amont des soutènements (charges d'exploitations et d'éventuelles zones de stockage, charges de circulations, etc).

- **Suivi des déplacements :**

Conformément aux préconisations du rapport G2 PRO et de la norme NF P94-282, on veillera à mettre en place une surveillance des déplacements des voiles à créer et des mitoyens pendant la durée des terrassements.

La fréquence des relevés sera adaptée en fonction de la sensibilité des travaux à réaliser (environ une mesure par semaine ou à chaque phase de terrassement) et jusqu'à la fin des travaux de terrassement et la constatation de la stabilisation des mesures sur au-moins deux relevés successifs.

L'objectif de ce suivi est de garantir l'intégrité des constructions existantes, en prenant les dispositions qui s'imposent, dans le cas ou des déplacements importants surviennent.

On pourra retenir en première approche les déplacements maxima suivants en seuils de vigilance, d'alerte et d'arrêt (à affiner selon les exigences de l'équipe de Maitrise d'œuvre) :

Zone du sous-sol	Au droit d'une construction existante (en contexte de mitoyenneté)
Seuil de vigilance	7 mm
Seuil d'alerte	11 mm
Seuil d'arrêt	14 mm

En cas de dépassement du seuil de vigilance, la cadence des mesures devra être plus resserrée (au moins 2 mesures hebdomadaire), afin de suivre, au plus près, l'évolution des déformations. Par ailleurs, on veillera à avertir des différents acteurs et notamment le bureau de contrôle et les bureaux d'études.

Si le seuil d'alerte est dépassé, des dispositions de stabilisations seront prévues, telles qu'un renforcement du système de butonnage. De plus, on veillera à préparer les mesures à mettre en œuvre si, le cas échéant, les déplacements atteignent le seuil d'arrêt. En particulier, il pourra être nécessaire d'adapter la méthodologie de réalisation des travaux terrassements.

Si le seuil d'arrêt est dépassé, il conviendra de procéder à un renforcement du système de butonnage et/ou un remblaiement de la fouille (mise en œuvre d'un remblai en pied du voile réalisé sur une hauteur suffisante pour reconstituer la butée). De plus, on arrêtera les travaux de terrassements dans la zone concernée et on réalisera un diagnostic géotechnique et structurel, afin de définir les dispositions confortatives.

- **Fondations / Niveau Bas :**

La galerie sera fondée par radier général armé qui jouera le rôle de niveau bas. Le radier sera posé sur une couche de forme ou de réglage.

On veillera à s'assurer que le fond de fouille est homogène. Toute poche de sol remaniée devra être purgée et substituée soit par du gros béton ou des matériaux granulaires et insensibles à l'eau.

La réception de la plateforme support devra être faite par le biais d'essais à la plaque. Ainsi, on veillera à obtenir un module : EV2 ≥ 50 MPa avec EV2/EV1 ≤ 2,2 ou Kw ≥ 50 MPa/m.

Pour le dimensionnement du radier, on pourra retenir une valeur moyenne du coefficient de réaction verticale (coefficient de raideur) sur toute la plaque de : Kv = 5,0 MPa/m.

- **Tassements et interaction avec les ouvrages mitoyens :**

La contrainte verticale de sol initiale (σ_{v0}) existante avant le début des travaux est égale à :

σ_{v0} = 4,0 m * 18,0 kN/m3 = 72,0 kPa = 7,2 T/m^2.

Ainsi, la décharge des terres liée aux travaux de terrassement sera supérieure à la contrainte effective transmise au sol.

Dans ces conditions, les tassements attendus seront très faibles et on pourra considérer que le projet n'induit pas de surcharge sur les voiles mitoyens.

- **Protection contre l'eau en phase définitive :**

Le tableau suivant présente à titre indicatif, les niveaux bas du projet par rapport aux niveaux suivants de la nappe :

- Niveau quasi-permanent de la nappe estimé à la cote EB = 25,67 NGF.
- Niveau d'Eaux Fréquentes d'occurrence 1 an : EC = 26,72 NGF.

Structure projetée	Cote du Niveau Bas NB (NGF)	Position du Niveau Bas / niveau EB de la nappe	Position du Niveau Bas / niveau EC de la nappe
Galeries de l'allée de la présidence	**+28,72**	+3,05 m/NB	+2,00 m/NB

En se basant sur l'ensemble de ces données, le niveau bas fini de la galerie sera situé vers +2,0 m au-dessus du niveau des Eaux Fréquentes d'occurrence annuelle (EC).

Au droit de cet ouvrage, aucune protection particulière n'est envisagée en cas de remontée de nappe liée à une éventuelle crue de la *Seine*.

Dans ce cas, il est nécessaire de prévoir la mise en place d'évents au niveau de la dalle basse de la galerie (sur la hauteur de la dalle basse), afin de permettre l'inondation des structures enterrées sans désordre pour les structures existantes et mitoyennes.

3.3. Galerie de liaison et Cour d'Aguesseau

Les galeries et niveaux en infrastructures projetées seront réalisées par terrassement à ciel ouvert avec les caractéristiques suivantes :

- Galeries de liaison et cour d'Aguesseau : niveau fini : +25,80 NGF, soit un fond de fouille à la cote 25,40 NGF,
- Local CTA : niveau fini : + 25,80 NGF, soit un fond de fouille à la cote + 25,40 NGF,
- Fosse de relevage : niveau fini : + 24,80 NGF, soit un fond de fouille à la cote + 24,55 NGF.

- **Terrassements et Gestion des arrivées d'eau :**

Les hauteurs de terrassements attendues sont de l'ordre de 7,8 à 8,0 m et intéresseront les horizons des *Remblais*, des *Alluvions Modernes* et le toit de la formation des *Alluvions Anciennes*.

Au Nord et à l'Est de la cour d'Aguesseau, les fouilles RF1 et RF4 ont permis de mettre en évidence des niveaux d'assise des existants situés entre les cotes 25,39 et 25,01 NGF.

Le niveau mitoyen côté Sud Cour d'Aguesseau descend a priori en deçà des niveaux finis du projet (à préciser lors des travaux).

Entre aout 2023 et mars 2024, les niveaux de la nappe alluviale ont été mesurés au droit du site entre 6,20 et 7,85 m de profondeur /TN, soit entre les cotes 26,05 et 25,05 NGF.

Le tableau suivant présente à titre indicatif, les niveaux des fonds de fouilles du projet par rapport aux niveaux de la nappe mesurés entre aout 2023 et mars 2024 :

Structure projetée	Fond de Fouille FF (NGF)	Position du FF / Niveaux de la nappe mesurés entre aout 2023 et mars 2024
Galeries de liaison et cour d'Aguesseau / Local CTA	**25,40**	Entre +0,35 et -0,65 m
Fosse de relevage	**24,55**	Entre -0,50 et -1,50 m

En se basant sur l'ensemble de ces données, les travaux de terrassement des fouilles générales des Galeries de liaison, de la cour d'Aguesseau et du Local CTA devront être réalisés, en périodes favorables, hors nappe. Cependant, en périodes pluvieuses et de rechargement de la nappe, ces travaux pourraient intercepter la nappe sur une hauteur limitée de 0,65 m.

La réalisation de la fouille de la Fosse de relevage va quant-à-elle intercepter la nappe sur une hauteur variable allant de 0,50 à 1,50 m, selon la période.

Ainsi, afin de réaliser les terrassements et le coulage des radiers à sec, l'entreprise devra prévoir la mise en place mettre en place d'un dispositif de rabattement de la nappe, adaptée aux arrivées d'eau. Par ailleurs, afin de limiter les arrivées d'eau, on veillera à protéger le fond de fouille final par la mise en place d'une couche de béton de propreté ou de gros béton d'au moins 0,05 m d'épaisseur, dans les brefs délais après terrassement.

Compte tenu des hauteur d'eau limitées, on pourra s'orienter vers la mise en place d'un système de rabattement de la nappe par le biais de puisards équipés de pompes de relevage en fond de fouille.

Ce dispositif sera affiné en fonction de la position effective de la nappe au moment des travaux et de l'importance des arrivées d'eau.

Compte tenu du contexte géotechnique et de mitoyenneté de l'ouvrage projeté, les terrassement seront réalisés selon la technique de puits blindés avec un butonnage horizontal en face à face. Le blindage sera mis en place à l'avancement.

Pour le dimensionnement des ouvrages de soutènement, on prendra les caractéristiques intrinsèques à long terme et les hypothèses géotechniques suivantes de chaque horizon reconnu :

Profil Lithologique	Poids volumique γ_h (kN/m^3)	Cohésion C_k' (kPa)	Angle de frottement interne : φ_k' (°)	Coefficient de poussée : Ka
Remblais	18,0	0	25	0,406
Alluvions modernes	20,0	0	25	0,406
Alluvions anciennes	20,0	0	30	0,333

Les soutènements et les voiles en infrastructures devront être conçus pour reprendre :

- La poussée des terres,
- La poussée des différentes surcharges existants en amont des soutènements (charges d'exploitations et d'éventuelles zones de stockage, charges de circulations, etc).

- **Suivi des déplacements :**

Conformément aux préconisations du rapport G2 PRO et de la norme NF P94-282, on veillera à mettre en place une surveillance des déplacements des voiles à créer et des mitoyens pendant la durée des terrassements.

La fréquence des relevés sera adaptée en fonction de la sensibilité des travaux à réaliser (environ une mesure par semaine ou à chaque phase de terrassement) et jusqu'à la fin des travaux de terrassement et la constatation de la stabilisation des mesures sur au-moins deux relevés successifs.

L'objectif de ce suivi est de garantir l'intégrité des constructions existantes, en prenant les dispositions qui s'imposent, dans le cas ou des déplacements importants surviennent.

On pourra retenir en première approche les déplacements maxima suivants en seuils de vigilance, d'alerte et d'arrêt (à affiner selon les exigences de l'équipe de Maitrise d'œuvre) :

Zone du sous-sol	Au droit d'une construction existante (en contexte de mitoyenneté)
Seuil de vigilance	7 mm
Seuil d'alerte	11 mm
Seuil d'arrêt	14 mm

En cas de dépassement du seuil de vigilance, la cadence des mesures devra être plus resserrée (au moins 2 mesures hebdomadaire), afin de suivre, au plus près, l'évolution des déformations. Par ailleurs, on veillera à avertir des différents acteurs et notamment le bureau de contrôle et les bureaux d'études.

Si le seuil d'alerte est dépassé, des dispositions de stabilisations seront prévues, telles qu'un renforcement du système de butonnage. De plus, on veillera à préparer les mesures à mettre en œuvre si, le cas échéant, les déplacements atteignent le seuil d'arrêt. En particulier, il pourra être nécessaire d'adapter la méthodologie de réalisation des travaux terrassements.

Si le seuil d'arrêt est dépassé, il conviendra de procéder à un renforcement du système de butonnage et/ou un remblaiement de la fouille (mise en œuvre d'un remblai en pied du voile réalisé sur une hauteur suffisante pour reconstituer la butée). De plus, on arrêtera les travaux de terrassements dans la zone concernée et on réalisera un diagnostic géotechnique et structurel, afin de définir les dispositions confortatives.

- **Fondations / Niveau Bas :**

Les différents ouvrages projetés seront fondés par radier général armé qui jouera le rôle de niveau bas. Le radier sera posé sur une couche de forme ou de réglage.

On veillera à s'assurer que le fond de fouille est homogène. Toute poche de sol remaniée devra être purgée et substituée soit par du gros béton ou des matériaux granulaires et insensibles à l'eau.

La réception de la plateforme support devra être faite par le biais d'essais à la plaque. Ainsi, on veillera à obtenir un module : EV2 ≥ 50 MPa avec EV2/EV1 ≤ 2,2 ou Kw ≥ 50 MPa/m.

Pour le dimensionnement du radier, on pourra retenir une valeur moyenne du coefficient de réaction verticale (coefficient de raideur) sur toute la plaque de : Kv = 1,0 MPa/m.

- **Tassements et interaction avec les ouvrages mitoyens :**

La contrainte verticale de sol initiale (σ_{v0}) existante avant le début des travaux est égale à :

σ_{v0} = 145,0 kPa = 14,5 T/m^2.

Ainsi, la décharge des terres liée aux travaux de terrassement sera supérieure à la contrainte effective transmise au sol.

Dans ces conditions, les tassements attendus seront très faibles et on pourra considérer que le projet n'induit pas de surcharge sur les voiles mitoyens.

- **Protection contre l'eau en phase définitive :**

Le tableau suivant présente à titre indicatif, les niveaux bas du projet par rapport aux niveaux suivants de la nappe :

- Niveau quasi-permanent de la nappe estimé à la cote EB = 25,67 NGF.
- Niveau d'Eaux Fréquentes d'occurrence 1 an : EC = 26,72 NGF.

Structure projetée	Cote du Niveau Bas NB (NGF)	Position du Niveau Bas / niveau EB de la nappe	Position du Niveau Bas / niveau EC de la nappe
Galeries de liaison et cour d'Aguesseau / Local CTA	**25,80**	+0,13 m	-0,92 m
Fosse de relevage	**24,80**	-0,87 m	-1,92 m

En se basant sur l'ensemble de ces données, la fosse de relevage sera impactée par la présence et les remontées de la nappe même en période de basses eaux.

Les galeries de liaison, la cour d'Aguesseau ainsi que le local CTA seront impactées par les remontées de la nappe. L'occurrence d'inondabilité sera assez fréquente (< 1 an).

D'après les informations communiquées, la Maîtrise d'Ouvrage a choisi qu'aucune protection particulière vis-à-vis des remontées de nappe n'est envisagée en cas de remontée de nappe. En revanche, le projet prévoit la mise en place d'une fosse de relevage destinée à récolter et à évacuer les éventuelles remontées de nappe.

Dans ce cas, il est nécessaire de prévoir la mise en place d'évents au niveau des radiers des ouvrages projetés (sur la hauteur du radier), afin de permettre l'inondation des structures enterrées sans désordre pour les structures existantes et mitoyennes.

- **Recommandations :**

Nous notons que l'aquifère des *Alluvions Anciennes* présente, de par sa nature sablo-graveleuse, une perméabilité assez élevée de l'ordre de 1.10^{-4} m/s.

Ainsi, la gestion des remontées de la nappe par un simple pompage au droit d'une fosse de relevage parait complexe au vu des débits d'exhaure élevés attendus (estimés à environ 200 m^3/h, en cas de remontée exceptionnelle de la nappe d'occurrence centennale : EE = 32,66 NGF).

De plus, il y'a un risque que le système de pompage à mettre en place fonctionne en permanence pour éviter l'inondabilité fréquente des ouvrages.

Ind. B

Afin de limiter le risque d'inondabilité fréquente, nous recommandons d'effectuer un cuvelage du radier et de la partie inférieure des voiles périmétriques sur une hauteur de 0,60 m, soit jusqu'à la cote 26,40 NGF.

Nous précisons que la cote de cuvelage proposée : EI = 26,40 NGF, correspond à la cote théorique qui permet d'assurer l'équilibre statique de l'ouvrage (stabilité au non soulèvement), sans impact sur la structure initialement prévue. En effet, en considérant la réalisation d'un radier de 0,40 m d'épaisseur, le poids propre de l'ouvrage permettra de s'opposer aux sous-pressions attendus. Dans ce cas, aucun lestage du radier (augmentation de son épaisseur) ou tirantage du radier (mise en place de micropieux travaillant en traction) n'est nécessaire.

La cote de cuvelage (EI = 26,40 NGF) étant inférieure au niveau des Eaux Exceptionnelles (EI < EE), on veillera à rendre le sous-sol inondable, en cas de remontée de nappe au-delà de la côte de protection choisie, par le biais de cheminées de décompression à travers le plancher bas, remontant jusqu'au niveau de cuvelage.

Les cheminées seront correctement protégées pour assurer leur pérennité et leur fonctionnement pendant toute la durée de vie de l'ouvrage.

Conformément aux recommandations du DTU 14.1 « Cuvelage » de Novembre 2020, en l'absence d'étude spécifique, la mise en place de cheminées de décompression devra respecter les préconisations suivantes

- Diamètre utile entre 80 mm et 150 mm,
- Trame d'implantation moyenne d'une cheminée pour 100 m^2.

▪ *Vérification de l'équilibre statique de l'ouvrage* :

Dans le cas où l'infrastructure du projet sera cuvelée en phase définitive jusqu'au niveau EI = 26,40 NGF, il est nécessaire de vérifier l'équilibre statique de l'ouvrage (vérification au non soulèvement sous l'action de l'eau).

Les charges d'exploitations Q étant favorable au non soulèvement, cette vérification consiste à s'assurer que le poids propre de l'ouvrage (charge G arrivant sur le radier au niveau de la sous-face du fond de cuvelage) permet de s'opposer aux sous-pressions d'eau.

On doit vérifier que les charges verticales descendantes nominales limitées aux actions permanentes (g) doivent être au moins égales à 1/0,9 = 1,1 fois les charges ascendantes résultant de l'action de l'eau supposée au niveau EI = 26,40 NGF.

Ainsi, on doit vérifier l'inégalité suivante : **$0,9 . g \geq - EI$ ou $S_1' = 0,9 . g + EI \geq 0$.**

Avec : g : charges permanentes de l'ouvrage estimées au plus juste.

EI : action de soulèvement de l'eau au niveau EI.

Le coefficient 0,9 est donné dans le tableau A.1.2 (A) de l'annexe nationale de l'Eurocode 0.

La charge surfacique permanente correspondant au poids propre du radier sera de : g_{radier} = 10,0 kPa.

En ajoutant le poids propre du plancher haut, la charge surfacique permanente correspondant au poids propre du radier sera de : g = 15,0 kPa.

En considérant une arase inférieure du radier située à la cote Ai = 25,4 NGF, l'action de soulèvement de l'eau au niveau EI sera de :

EI = - (EI - Ai) x γ_w = - (26,4 mNGF - 25,4 mNGF) x 10 kN/m^3 = **-10 kPa.**

On obtient l'inégalité suivante : $S_1' = 0,9 . g + EH = 0,9 \times 15,0 \text{ kPa} – 10,0 \text{ kPa} = 3,5 \text{ kPa} \geq 0.$

Ainsi, la stabilité du radier au non soulèvement (équilibre d'Archimède) est assurée.

3.4. Trémie 1

Le projet prévoit la réalisation d'un plancher bas ainsi que le terrassement d'une fosse de relevage. Les altimétries des niveaux bas seront les suivantes :

- Cote PB R-2 existant : Entre 29,20 et 28,25 NGF,
- Cote PB R-2 projet : 27,00 NGF et 25,90 NGF (au droit de la fosse de relevage).

- **Terrassements et Gestion des arrivées d'eau :**

Les fonds de fouilles des nouvelles structures seraient ainsi situés entre les cotes 26,8 et 25,7 NGF. Ainsi, les hauteurs de terrassements attendues sont de l'ordre de 2,4 m en zone courante et de 3,5 m au droit de la fosse de relevage. Ils intéresseront les horizons des *Remblais* et des *Alluvions Modernes*.

Dans cette zone, la fouille RF5 réalisée depuis la cote + 28,25 NGF a mis en évidence une assise comprise entre +25,15 NGF et inférieure à +25,15 NGF.

Entre aout 2023 et mars 2024, les niveaux de la nappe alluviale ont été mesurés au droit du site entre 6,20 et 7,85 m de profondeur /TN, soit entre les cotes 26,05 et 25,05 NGF.

Le tableau suivant présente à titre indicatif, les niveaux des fonds de fouilles du projet par rapport aux niveaux de la nappe mesurés entre aout 2023 et mars 2024 :

Structure projetée	Fond de Fouille FF (NGF)	Position du FF / Niveaux de la nappe mesurés entre aout 2023 et mars 2024
PB R-2 projet	**26,80**	Entre +0,75 et +1,75 m
Fosse de relevage	**25,70**	Entre +0,65 et -0,35 m

En se basant sur l'ensemble de ces données, en période normale (hors période de crue de la *Seine)*, les travaux de terrassements du PB du R-2 devraient s'effectuer hors nappe.

Les travaux de terrassement de la fouille générale de la fosse devront être réalisés, en périodes favorables, hors nappe. Cependant, en périodes pluvieuses et de rechargement de la nappe, ces travaux pourraient intercepter la nappe sur une hauteur limitée de 0,35 m. Le cas échéant, afin de réaliser les terrassements à sec, on pourra s'orienter vers la mise en place d'un système de rabattement de la nappe par le biais d'un puisard équipé d'une pompe de relevage en fond de fouille.

Compte tenu du contexte géotechnique et de mitoyenneté de l'ouvrage projeté, les terrassement seront réalisés selon la technique de puits blindés avec un butonnage horizontal en face à face. Le blindage sera mis en place à l'avancement.

Pour le dimensionnement des ouvrages de soutènement, on prendra les caractéristiques intrinsèques à long terme et les hypothèses géotechniques suivantes de chaque horizon reconnu :

Profil Lithologique	Poids volumique γ_h (kN/m^3)	Cohésion C_k' (kPa)	Angle de frottement interne : φ_k' (°)	Coefficient de poussée : Ka
Remblais	18,0	0	25	0,406
Alluvions modernes	20,0	0	25	0,406

Les soutènements et les voiles en infrastructures devront être conçus pour reprendre :

- La poussée des terres,
- La poussée des différentes surcharges existants en amont des soutènements (charges d'exploitations et d'éventuelles zones de stockage, charges de circulations, etc).

▪ **Suivi des déplacements :**

Conformément aux préconisations du rapport G2 PRO et de la norme NF P94-282, on veillera à mettre en place une surveillance des déplacements des voiles à créer et des mitoyens pendant la durée des terrassements.

La fréquence des relevés sera adaptée en fonction de la sensibilité des travaux à réaliser (environ une mesure par semaine ou à chaque phase de terrassement) et jusqu'à la fin des travaux de terrassement et la constatation de la stabilisation des mesures sur au-moins deux relevés successifs.

L'objectif de ce suivi est de garantir l'intégrité des constructions existantes, en prenant les dispositions qui s'imposent, dans le cas ou des déplacements importants surviennent.

On pourra retenir en première approche les déplacements maxima suivants en seuils de vigilance, d'alerte et d'arrêt (à affiner selon les exigences de l'équipe de Maitrise d'œuvre) :

Zone du sous-sol	Au droit d'une construction existante (en contexte de mitoyenneté)
Seuil de vigilance	7 mm
Seuil d'alerte	11 mm
Seuil d'arrêt	14 mm

En cas de dépassement du seuil de vigilance, la cadence des mesures devra être plus resserrée (au moins 2 mesures hebdomadaire), afin de suivre, au plus près, l'évolution des déformations. Par ailleurs, on veillera à avertir des différents acteurs et notamment le bureau de contrôle et les bureaux d'études.

Si le seuil d'alerte est dépassé, des dispositions de stabilisations seront prévues, telles qu'un renforcement du système de butonnage. De plus, on veillera à préparer les mesures à mettre en œuvre si, le cas échéant, les déplacements atteignent le seuil d'arrêt. En particulier, il pourra être nécessaire d'adapter la méthodologie de réalisation des travaux terrassements.

Si le seuil d'arrêt est dépassé, il conviendra de procéder à un renforcement du système de butonnage et/ou un remblaiement de la fouille (mise en œuvre d'un remblai en pied du voile réalisé sur une hauteur suffisante pour reconstituer la butée). De plus, on arrêtera les travaux de terrassements dans la zone concernée et on réalisera un diagnostic géotechnique et structurel, afin de définir les dispositions confortatives.

- **Fondations / Niveau Bas :**

Les niveaux bas des différents ouvrages projetés seront de type radier général armé ou dallage sur terre-plein. Ils seront posé sur une couche de forme ou de réglage.

On veillera à s'assurer que le fond de fouille est homogène. Toute poche de sol remaniée devra être purgée et substituée soit par du gros béton ou des matériaux granulaires et insensibles à l'eau.

La réception de la plateforme support devra être faite par le biais d'essais à la plaque. Ainsi, on veillera à obtenir un module : EV2 ≥ 50 MPa avec EV2/EV1 ≤ 2,2 ou Kw ≥ 50 MPa/m.

Pour le dimensionnement du radier, on pourra retenir une valeur moyenne du coefficient de réaction verticale (coefficient de raideur) sur toute la plaque de : Kv = 5,0 MPa/m.

- **Tassements et interaction avec les ouvrages mitoyens :**

La contrainte verticale de sol initiale (σ_{v0}) existante avant le début des travaux est égale à : σ_{v0} = 26,5 kPa en zone courante et = 48,5 kPa, au droit de la fosse de relevage.

Ainsi, la décharge des terres liée aux travaux de terrassement sera supérieure à la contrainte effective transmise au sol.

Dans ces conditions, les tassements attendus seront très faibles et on pourra considérer que le projet n'induit pas de surcharge sur les voiles mitoyens.

- **Protection contre l'eau en phase définitive :**

Le tableau suivant présente à titre indicatif, les niveaux bas du projet par rapport aux niveaux suivants de la nappe :

- Niveau quasi-permanent de la nappe estimé à la cote EB = 25,67 NGF.
- Niveau d'Eaux Fréquentes d'occurrence 1 an : EC = 26,72 NGF.

Structure projetée	Cote du Niveau Bas NB (NGF)	Position du Niveau Bas / niveau EB de la nappe	Position du Niveau Bas / niveau EC de la nappe
PB R-2 projet	**27,00**	+1,33 m	+0,28 m
Fosse de relevage	**25,90**	+0,23 m	-0,82 m

En se basant sur l'ensemble de ces données, la fosse de relevage sera impactée par les remontées de la nappe d'occurrence annuelle (EC).

Cependant, le plancher bas du R-2 sera situé vers +0,28 m au-dessus du niveau des Eaux Fréquentes d'occurrence annuelle (EC).

Au droit de cet ouvrage, aucune protection particulière n'est envisagée en cas de remontée de nappe liée à une éventuelle crue de la *Seine*. En revanche, le projet prévoit la mise en place d'une fosse de relevage destinée à récolter et à évacuer les éventuelles remontées de nappe.

Dans ce cas, il est nécessaire de prévoir la mise en place d'évents au niveau de la dalle basse, afin de permettre l'inondation des structures enterrées sans désordre pour les structures existantes et mitoyennes.

- **Débit d'exhaure :**

Nous notons que l'aquifère des *Alluvions Anciennes* présente, de par sa nature sablo-graveleuse, une perméabilité assez élevée de l'ordre de 1.10^{-4} m/s.

Ainsi, en considérant, en première hypothèse, cette valeur de la perméabilité et cas de remontée exceptionnelle de la nappe d'occurrence centennale : EE = 32,66 NGF, le débit d'exhaure attendu sera de l'ordre de 70 m^3/h.

Afin d'affiner l'estimation de la valeur caractéristique de la perméabilité de l'aquifère, des essais de type MATSUO avec épuisement de fouille seront réalisés en cours de terrassements.

Ind. B

3.5. Trémie 3

Le projet prévoit la création d'un local technique. Les altimétries des niveaux bas seront les suivantes :

- Cote PB R-1 existant : 28,69 NGF,
- Cote PB R-2 projet : 26,52 NGF, soit un fond de fouille vers la cote 26,32 NGF.

▪ **Terrassements et Gestion des arrivées d'eau :**

Les hauteurs de terrassements attendues sont de l'ordre de 2,4 m / PB du R-1 existant. Ils intéresseront les horizons des *Remblais* et des *Alluvions Modernes*.

Dans cette zone, la fouille RF4 réalisée depuis la cote + 28,74 NGF a mis en évidence une assise entre 25,24 NGF (coupe B) et 25,39 (coupe A).

Entre aout 2023 et mars 2024, les niveaux de la nappe alluviale ont été mesurés au droit du site entre 6,20 et 7,85 m de profondeur /TN, soit entre les cotes 26,05 et 25,05 NGF.

En se basant sur l'ensemble de ces données, en période normale (hors période de crue de la *Seine)*, les terrassements de la trémie 3 devraient s'effectuer hors nappe.

Compte tenu du contexte géotechnique et de mitoyenneté de l'ouvrage projeté, les terrassement seront réalisés selon la technique de puits blindés avec un butonnage horizontal en face à face. Le blindage sera mis en place à l'avancement.

Pour le dimensionnement des ouvrages de soutènement, on prendra les caractéristiques intrinsèques à long terme et les hypothèses géotechniques suivantes de chaque horizon reconnu :

Profil Lithologique	Poids volumique γ_h (kN/m^3)	Cohésion C_k' (kPa)	Angle de frottement interne : φ_k' (°)	Coefficient de poussée : Ka
Remblais	18,0	0	25	0,406
Alluvions modernes	20,0	0	25	0,406

Les soutènements et les voiles en infrastructures devront être conçus pour reprendre :

- La poussée des terres,
- La poussée des différentes surcharges existants en amont des soutènements (charges d'exploitations et d'éventuelles zones de stockage, charges de circulations, etc).

▪ **Suivi des déplacements :**

Conformément aux préconisations du rapport G2 PRO et de la norme NF P94-282, on veillera à mettre en place une surveillance des déplacements des voiles à créer et des mitoyens pendant la durée des terrassements.

La fréquence des relevés sera adaptée en fonction de la sensibilité des travaux à réaliser (environ une mesure par semaine ou à chaque phase de terrassement) et jusqu'à la fin des travaux de terrassement et la constatation de la stabilisation des mesures sur au-moins deux relevés successifs.

L'objectif de ce suivi est de garantir l'intégrité des constructions existantes, en prenant les dispositions qui s'imposent, dans le cas ou des déplacements importants surviennent.

On pourra retenir en première approche les déplacements maxima suivants en seuils de vigilance, d'alerte et d'arrêt (à affiner selon les exigences de l'équipe de Maitrise d'œuvre) :

Zone du sous-sol	Au droit d'une construction existante (en contexte de mitoyenneté)
Seuil de vigilance	7 mm
Seuil d'alerte	11 mm
Seuil d'arrêt	14 mm

En cas de dépassement du seuil de vigilance, la cadence des mesures devra être plus resserrée (au moins 2 mesures hebdomadaire), afin de suivre, au plus près, l'évolution des déformations. Par ailleurs, on veillera à avertir des différents acteurs et notamment le bureau de contrôle et les bureaux d'études.

Si le seuil d'alerte est dépassé, des dispositions de stabilisations seront prévues, telles qu'un renforcement du système de butonnage. De plus, on veillera à préparer les mesures à mettre en œuvre si, le cas échéant, les déplacements atteignent le seuil d'arrêt. En particulier, il pourra être nécessaire d'adapter la méthodologie de réalisation des travaux terrassements.

Si le seuil d'arrêt est dépassé, il conviendra de procéder à un renforcement du système de butonnage et/ou un remblaiement de la fouille (mise en œuvre d'un remblai en pied du voile réalisé sur une hauteur suffisante pour reconstituer la butée). De plus, on arrêtera les travaux de terrassements dans la zone concernée et on réalisera un diagnostic géotechnique et structurel, afin de définir les dispositions confortatives.

- **Fondations / Niveau Bas :**

Les niveaux bas des différents ouvrages projetés seront de type radier général armé ou dallage sur terre-plein. Ils seront posé sur une couche de forme ou de réglage.

On veillera à s'assurer que le fond de fouille est homogène. Toute poche de sol remaniée devra être purgée et substituée soit par du gros béton ou des matériaux granulaires et insensibles à l'eau.

La réception de la plateforme support devra être faite par le biais d'essais à la plaque. Ainsi, on veillera à obtenir un module : EV2 ≥ 50 MPa avec EV2/EV1 ≤ 2,2 ou Kw ≥ 50 MPa/m.

Pour le dimensionnement du radier, on pourra retenir une valeur moyenne du coefficient de réaction verticale (coefficient de raideur) sur toute la plaque de : Kv = 5,0 MPa/m.

- **Tassements et interaction avec les ouvrages mitoyens :**

La contrainte verticale de sol initiale (σ_{v0}) existante avant le début des travaux est égale à : σ_{v0} = 44,0 kPa.

Ainsi, la décharge des terres liée aux travaux de terrassement sera supérieure à la contrainte effective transmise au sol.

Dans ces conditions, les tassements attendus seront très faibles et on pourra considérer que le projet n'induit pas de surcharge sur les voiles mitoyens.

- **Protection contre l'eau en phase définitive :**

Le tableau suivant présente à titre indicatif, les niveaux bas du projet par rapport aux niveaux suivants de la nappe :

- Niveau quasi-permanent de la nappe estimé à la cote EB = 25,67 NGF.
- Niveau d'Eaux Fréquentes d'occurrence 1 an : EC = 26,72 NGF.

Structure projetée	Cote du Niveau Bas NB (NGF)	Position du Niveau Bas / niveau EB de la nappe	Position du Niveau Bas / niveau EC de la nappe
PB R-2 projet	**26,52**	+0,85 m	-0,20 m

En se basant sur l'ensemble de ces données, le plancher bas du R-2 sera situé vers 0,20 m au-dessous du niveau des Eaux Fréquentes d'occurrence annuelle (EC).

Au droit de cet ouvrage, aucune protection particulière n'est envisagée en cas de remontée de nappe liée à une éventuelle crue de la *Seine*. De plus, aucune fosse de relevage n'est envisagée au droit de cet ouvrage.

Dans ce cas, il est nécessaire de prévoir la mise en place d'évents au niveau de la dalle basse, afin de permettre l'inondation des structures enterrées sans désordre pour les structures existantes et mitoyennes.

- **Recommandations :**

Afin de limiter le risque d'inondabilité fréquente, nous recommandons la mise en place d'une fosse de relevage destinée à récolter et à évacuer les éventuelles remontées de nappe.

On pourra également effectuer un cuvelage du radier et de la partie inférieure des voiles périmétriques sur une hauteur de 0,30 m, soit jusqu'à la cote 26,82 NGF. Dans ce cas, aucun lestage du radier (augmentation de son épaisseur) ou tirantage du radier (mise en place de micropieux travaillant en traction) n'est nécessaire. En effet, en considérant la réalisation d'un radier de 0,20 m d'épaisseur, le poids propre de l'ouvrage permettra de s'opposer aux sous-pressions attendus.

3.6. Trémie 4

Le projet prévoit la création d'une fosse de relevage et la reprise des charges par l'intermédiaires de nouveaux appuis isolés. Les altimétries des niveaux bas seront les suivantes :

- Cote PB R-1 existant : 28,70 NGF,
- Cote PB R-2 projet : 27,10 NGF et 26,10 NGF (au droit de la fosse de relevage).

- **Terrassements et Gestion des arrivées d'eau :**

Les fonds de fouilles des nouvelles structures seraient situés entre les cotes 26,9 et 25,9 NGF. Ainsi, Les hauteurs de terrassements attendues sont de l'ordre de 1,8 m en zone courante et de 2,8 m au droit de la fosse de relevage. Ils intéresseront les horizons des *Remblais* et des *Alluvions Modernes*.

Dans cette zone, la fouille RF6 réalisée depuis la cote + 28,70 NGF a mis en évidence une assise à 25,0 NGF.

Entre aout 2023 et mars 2024, les niveaux de la nappe alluviale ont été mesurés au droit du site entre 6,20 et 7,85 m de profondeur /TN, soit entre les cotes 26,05 et 25,05 NGF.

Le tableau suivant présente à titre indicatif, les niveaux des fonds de fouilles du projet par rapport aux niveaux de la nappe mesurés entre aout 2023 et mars 2024 :

Structure projetée	Fond de Fouille FF (NGF)	Position du FF / Niveaux de la nappe mesurés entre aout 2023 et mars 2024
PB R-2 projet	**26,90**	Entre +0,85 et +1,85 m
Fosse de relevage	**25,90**	Entre +0,85 et -0,15 m

En se basant sur l'ensemble de ces données, en période normale (hors période de crue de la *Seine)*, les travaux de terrassements du PB du R-2 devraient s'effectuer hors nappe.

Les travaux de terrassement de la fouille générale de la fosse devront être réalisés, en périodes favorables, hors nappe. Cependant, en périodes pluvieuses et de rechargement de la nappe, ces travaux pourraient intercepter la nappe sur une hauteur limitée de 0,15 m. Le cas échéant, afin de réaliser les terrassements à sec, on pourra s'orienter vers la mise en place d'un système de rabattement de la nappe par le biais d'un puisard équipé d'une pompe de relevage en fond de fouille.

Compte tenu du contexte géotechnique et de mitoyenneté de l'ouvrage projeté, les terrassement seront réalisés selon la technique de puits blindés avec un butonnage horizontal en face à face. Le blindage sera mis en place à l'avancement.

Pour le dimensionnement des ouvrages de soutènement, on prendra les caractéristiques intrinsèques à long terme et les hypothèses géotechniques suivantes de chaque horizon reconnu :

Profil Lithologique	Poids volumique γ_h (kN/m^3)	Cohésion C_k' (kPa)	Angle de frottement interne : φ_k' (°)	Coefficient de poussée : Ka
Remblais	18,0	0	25	0,406
Alluvions modernes	20,0	0	25	0,406

Les soutènements et les voiles en infrastructures devront être conçus pour reprendre :

- La poussée des terres,
- La poussée des différentes surcharges existants en amont des soutènements (charges d'exploitations et d'éventuelles zones de stockage, charges de circulations, etc).

▪ **Suivi des déplacements :**

Conformément aux préconisations du rapport G2 PRO et de la norme NF P94-282, on veillera à mettre en place une surveillance des déplacements des voiles à créer et des mitoyens pendant la durée des terrassements.

La fréquence des relevés sera adaptée en fonction de la sensibilité des travaux à réaliser (environ une mesure par semaine ou à chaque phase de terrassement) et jusqu'à la fin des travaux de terrassement et la constatation de la stabilisation des mesures sur au-moins deux relevés successifs.

L'objectif de ce suivi est de garantir l'intégrité des constructions existantes, en prenant les dispositions qui s'imposent, dans le cas ou des déplacements importants surviennent.

On pourra retenir en première approche les déplacements maxima suivants en seuils de vigilance, d'alerte et d'arrêt (à affiner selon les exigences de l'équipe de Maitrise d'œuvre) :

Zone du sous-sol	Au droit d'une construction existante (en contexte de mitoyenneté)
Seuil de vigilance	7 mm
Seuil d'alerte	11 mm
Seuil d'arrêt	14 mm

En cas de dépassement du seuil de vigilance, la cadence des mesures devra être plus resserrée (au moins 2 mesures hebdomadaire), afin de suivre, au plus près, l'évolution des déformations. Par ailleurs, on veillera à avertir des différents acteurs et notamment le bureau de contrôle et les bureaux d'études.

Si le seuil d'alerte est dépassé, des dispositions de stabilisations seront prévues, telles qu'un renforcement du système de butonnage. De plus, on veillera à préparer les mesures à mettre en œuvre si, le cas échéant, les déplacements atteignent le seuil d'arrêt. En particulier, il pourra être nécessaire d'adapter la méthodologie de réalisation des travaux terrassements.

Si le seuil d'arrêt est dépassé, il conviendra de procéder à un renforcement du système de butonnage et/ou un remblaiement de la fouille (mise en œuvre d'un remblai en pied du voile réalisé sur une hauteur suffisante pour reconstituer la butée). De plus, on arrêtera les travaux de terrassements dans la zone concernée et on réalisera un diagnostic géotechnique et structurel, afin de définir les dispositions confortatives.

- **Fondations / Niveau Bas :**

Les niveaux bas des différents ouvrages projetés seront de type radier général armé ou dallage sur terre-plein. Ils seront posé sur une couche de forme ou de réglage.

On veillera à s'assurer que le fond de fouille est homogène. Toute poche de sol remaniée devra être purgée et substituée soit par du gros béton ou des matériaux granulaires et insensibles à l'eau.

La réception de la plateforme support devra être faite par le biais d'essais à la plaque. Ainsi, on veillera à obtenir un module : EV2 ≥ 50 MPa avec EV2/EV1 ≤ 2,2 ou Kw ≥ 50 MPa/m.

Pour le dimensionnement du radier, on pourra retenir une valeur moyenne du coefficient de réaction verticale (coefficient de raideur) sur toute la plaque de : Kv = 5,0 MPa/m.

- **Tassements et interaction avec les ouvrages mitoyens :**

La contrainte verticale de sol initiale (σ_{v0}) existante avant le début des travaux est égale à : σ_{v0} = 32,6 kPa en zone courante et = 52,6 kPa, au droit de la fosse de relevage.

Ainsi, la décharge des terres liée aux travaux de terrassement sera supérieure à la contrainte effective transmise au sol.

Dans ces conditions, les tassements attendus seront très faibles et on pourra considérer que le projet n'induit pas de surcharge sur les voiles mitoyens.

- **Protection contre l'eau en phase définitive :**

Le tableau suivant présente à titre indicatif, les niveaux bas du projet par rapport aux niveaux suivants de la nappe :

- Niveau quasi-permanent de la nappe estimé à la cote EB = 25,67 NGF.
- Niveau d'Eaux Fréquentes d'occurrence 1 an : EC = 26,72 NGF.

Structure projetée	Cote du Niveau Bas NB (NGF)	Position du Niveau Bas / niveau EB de la nappe	Position du Niveau Bas / niveau EC de la nappe
PB R-2 projet	**27,10**	+1,43 m	+0,38 m
Fosse de relevage	**26,10**	+0,43 m	-0,62 m

En se basant sur l'ensemble de ces données, la fosse de relevage sera impactée par les remontées de la nappe d'occurrence annuelle (EC).

Cependant, le plancher bas du R-2 sera situé vers +0,38 m au-dessus du niveau des Eaux Fréquentes d'occurrence annuelle (EC).

Au droit de cet ouvrage, aucune protection particulière n'est envisagée en cas de remontée de nappe liée à une éventuelle crue de la *Seine*. En revanche, le projet prévoit la mise en place d'une fosse de relevage destinée à récolter et à évacuer les éventuelles remontées de nappe.

Dans ce cas, il est nécessaire de prévoir la mise en place d'évents au niveau de la dalle basse, afin de permettre l'inondation des structures enterrées sans désordre pour les structures existantes et mitoyennes.

Ind. B

- **Débit d'exhaure :**

Nous notons que l'aquifère des *Alluvions Anciennes* présente, de par sa nature sablo-graveleuse, une perméabilité assez élevée de l'ordre de 1.10^{-4} m/s.

Ainsi, en considérant, en première hypothèse, cette valeur de perméabilité et cas de remontée exceptionnelle de la nappe d'occurrence centennale : EE = 32,66 NGF, le débit d'exhaure attendu sera de l'ordre de 100 m^3/h.

Afin d'affiner l'estimation de la valeur caractéristique de la perméabilité de l'aquifère, des essais de type MATSUO avec épuisement de fouille seront réalisés en cours de terrassements.

- **Principe de fondations des nouveaux appuis isolés :**

Compte tenu du contexte géotechnique du site, on s'orientera pour les nouveaux appuis isolés projetés vers un mode de fondations superficielles par massifs isolés avec un niveau d'assise vers le toit de la formation des *Alluvions Anciennes* de compacités moyennes, soit vers la cote 24,80 NGF.

L'atteinte de ce niveau d'assise est susceptible de nécessiter des moyens de pompage en fond de fouille (niveau d'eau à + 25,40 NGF lors de la réalisation de la fouille RF4 en juillet 2023).

- *Contraintes admissibles :*

En considérant l'ancrage des semelles défini dans le paragraphe précédent vers le toit de la formation des *Alluvions Anciennes*, et conformément à la norme NF P 94-261 « Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles », la contrainte associée à la résistance nette du terrain (q_{net}) et la capacité portante des fondations à l'ELS (q_{ELS}), pour le dimensionnement des semelles, sont obtenues par l'application des relations suivantes :

$$q_{net} = k_p \,.\, pl_e^*{}_k \,.\, i_\delta \,.\, i_\beta$$

$$q_{ELS} = \frac{q_{net}}{\gamma_{R,v} \,.\, \gamma_{R,d,v}} = \frac{q_{net}}{2{,}3 \times 1{,}2} = \frac{q_{net}}{2{,}76}$$

Ind. B

Avec, à ce stade de l'étude et selon une approche de calcul 2, la définition des paramètres suivants :

- **k_p :** facteur de portance de la semelle ou du radier, qui dépend des dimensions de la fondation, de l'encastrement équivalent (D_e/B) et de la classe des sols d'ancrage. En considérant le critère d'ancrage des fondations, on pourra retenir une valeur de kp = 1,1,
- **$pl^*_{e\,k}$:** valeur caractéristique de la pression limite nette équivalente, fixée ici à 0,70 MPa,
- **i_δ et i_β :** coefficients de réduction de portance liés respectivement à l'inclinaison de la résultante des charges appliquées sur la semelle et la proximité d'une pente de talus, fixés ici à 1 (dans l'hypothèse de charge verticale et l'absence de talus – à confirmer par le BET Structure),
- $\gamma_{R,v}$: valeur du coefficient partiel permettant le calcul de la portance égale à 2,3 à l'ELS, 1,4 à l'ELU et 1,2 à l'ELU accidentel,
- $\gamma_{R,d,v}$: valeur du coefficient de modèle pressiométrique associé à la méthode de calcul, permettant le calcul de la portance égale à 1,2.

Ind. B

Ainsi, afin de réduire les tassements attendus, les valeurs de la contrainte associée à la résistance nette du terrain (q_{net}) et la capacité portante à l'ELS (q_{ELS}), des fondations soumises à des charges verticales, devront être limitées comme suit :

Résistance nette du terrain (q_{net})	Capacité portante à l'ELS (q_{ELS})
q_{net} = 0,77 MPa	**q_{ELS} = 0,28 MPa (2,8 bars ou 28 t/m²)**

Les inégalités suivantes doivent donc être vérifiées pour le dimensionnement des fondations, sous des charges verticales :

Aux ELS (sous combinaisons caractéristiques)	**(V_d – R_0) ≤ ($R_{v,d}$ = 0,28 MPa * A')**
Aux ELU (sous combinaisons fondamentales)	**(V_d – R_0) ≤ ($R_{v,d}$ = 0,46 MPa * A')**

Avec : V_d : valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise par la semelle au terrain,

R_0 : poids du volume de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux,

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

A' : surface effective ou comprimée de la fondation.

Nota : Dans le cas d'une charge inclinée d'un angle « δ » sur la verticale, la capacité portante devra être affectée par un coefficient minorateur « i_δ » qui tient compte de l'inclinaison de la charge.

3.7. Justification des murs porteurs et fondations existantes de la Trémie 4

D'après les plans d'EXE établies par le BET SGC, les poutres Po.03 et Po.04 seront posées sur les murs existants en maçonnerie au sous-sol. Cette configuration induit une augmentation des Descentes de charges appliquées sur les fondations existantes.

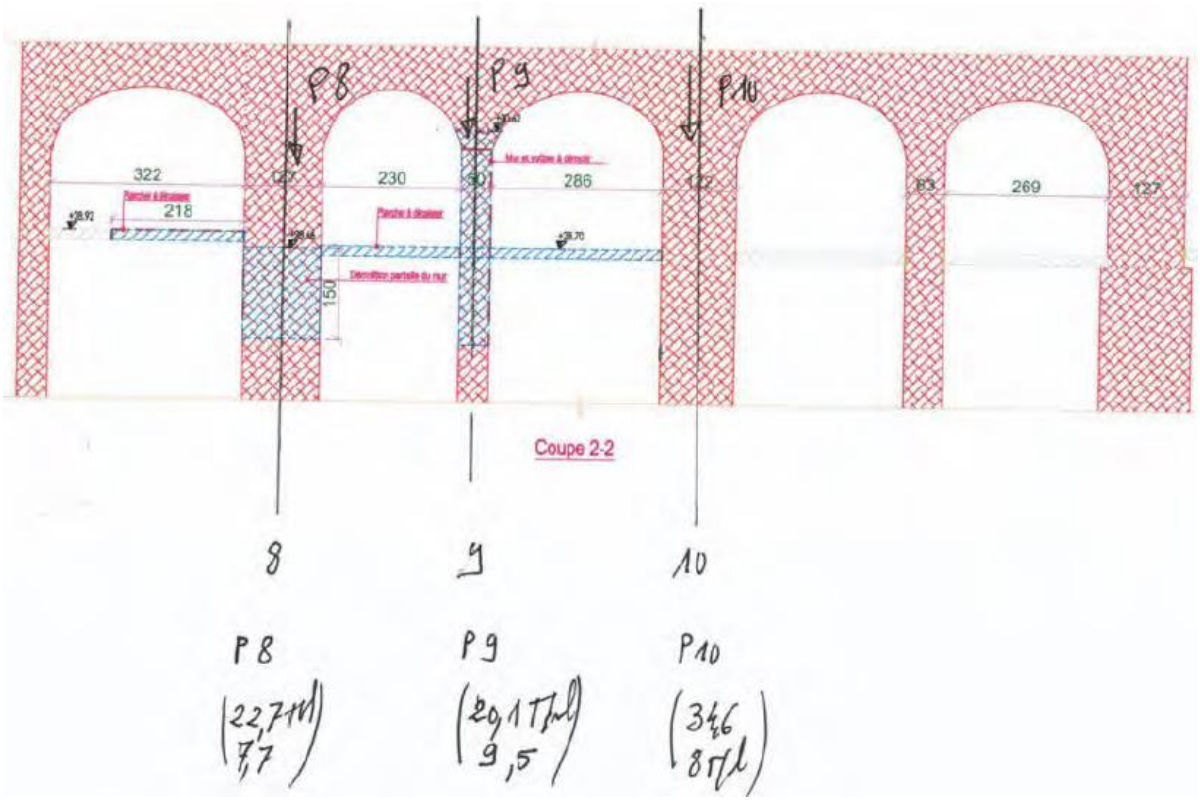


Figure 7 – Extrait de la coupe au droit des Murs porteurs des Files 8, 9 et 10 avec la synthèse des DDC à l'état existant

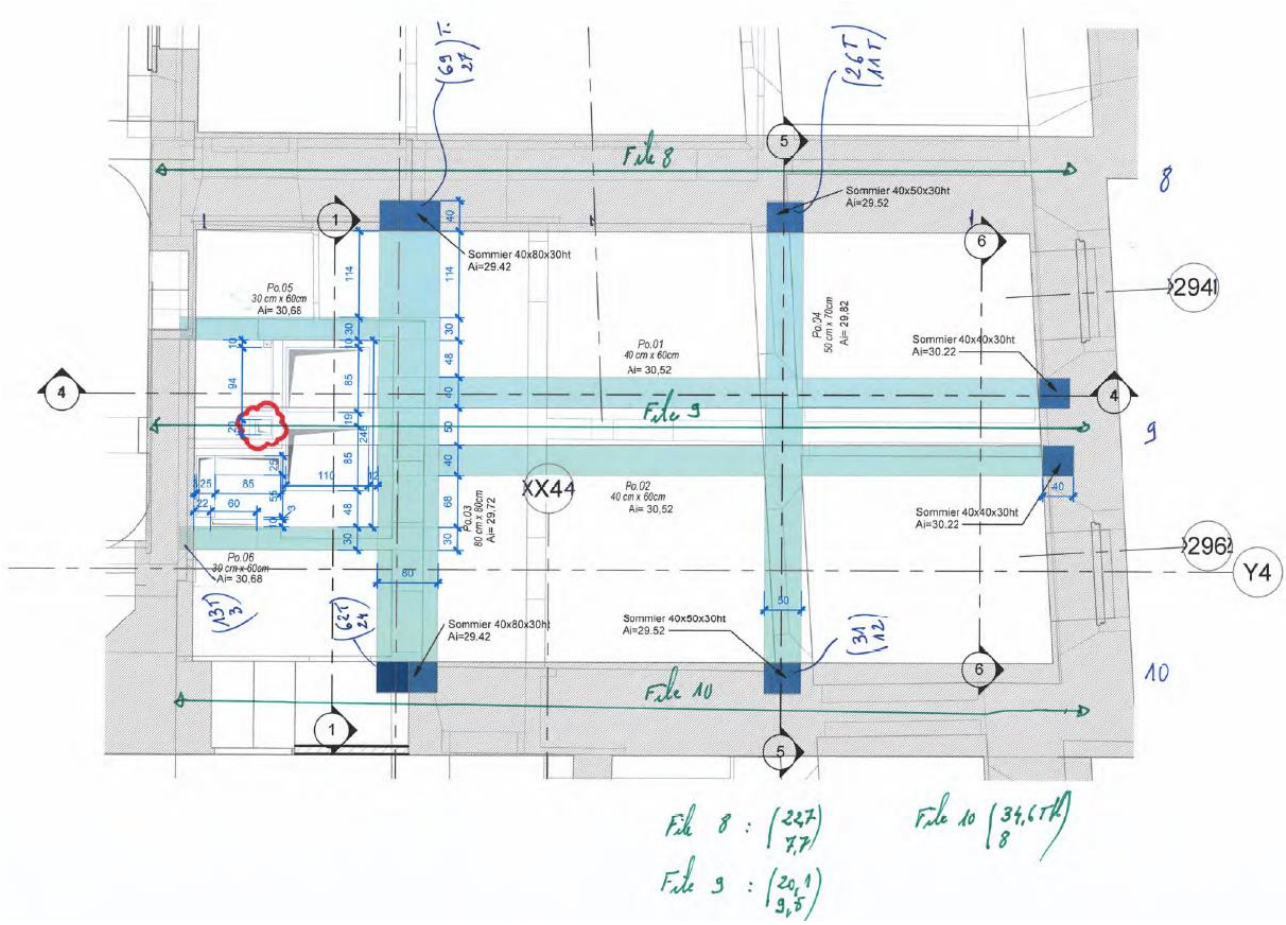


Figure 8 – Extrait du plan de fondations des Murs porteurs des Files 8, 9 et 10 avec la synthèse des DDC à l'état existant et projeté

- **Descentes des charges**

Les dimensions des fondations existantes et les charges reprises à l'ELS Caractéristique (g+q avec g : charges permanentes et q : charges d'exploitation), à l'état existant et projeté, sont synthétisés dans le tableau suivant :

Fondation existante					Descente de charge à l'ELS Caractéristique Vd = g+q (T/ml)		
Type	**N° de File**	**B (m)**	**L (m)**	**A.I. (NGF)**	**Etat existant**	**Etat projeté (Cas 1)**	**Etat projeté (Cas 2)**
Semelles Filantes	**File 8**	2,20	--	25,0	22,7 + 7,7 = **30,4 T/ml**	30,4 + 19,2 = **49,6 T/ml**	30,4 + 7,4 = **37,8 T/ml**
	File 9	2,20	--	25,0	20,1 + 9,5 = **29,6 T/ml**	**59,8 T/ml**	**51,2 T/ml**
	File 10	2,20	--	25,0	34,6 + 8,0 = **42,6 T/ml**	35,4 + 17,2 = **52,6 T/ml**	35,4 + 8,6 = **44,0 T/ml**

Les fondations existantes sont ancrées vers le toit de la formation des *Alluvions Anciennes.*

- **Vérification des fondations existantes**

Dans le présent paragraphe, nous allons vérifier les fondations existantes sous les nouvelles Descentes de Charges du projet, d'un point de vue portance et tassements.

Le tableau suivant présente :

- La vérification du dimensionnement des fondations existantes vis-à-vis de la capacité portante du sol de fondation à l'ELS (vérification au non poinçonnement),
- L'estimation de l'activation des tassements absolus sous l'apport de charge appliqué par le projet.

Les calculs ont été réalisés sous le logiciel FOXTA®, à l'aide du module FONDSUP.

Fondation existante				Descente de charge à l'ELS Caractéristique Vd = g+q (T/ml)			Rv,d (T/ml)	Vérification de la capacité portante du sol ($q_{ELS} \leq 0,28$ MPa ou Vd ≤ Rv,d)	Estimation des tassements absolus (mm)	
Type	**N° de File**	**B (m)**	**A.I. (NGF)**	**Etat existant**	**Etat projeté (Cas 1)**	**Etat projeté (Cas 2)**			**Tassement stabilisés sous les DDC à l'état existant**	**Activation des tassements sous l'apport de charges du projet**
Semelles Filantes	**File 8**	2,20	25,0	**30,4**	**49,6**	**37,8**	**61,6**	Ok	**7,5**	**1,8 à 4,7**
	File 9	2,20	25,0	**29,6**	**59,8**	**51,2**	**61,6**	Ok	**7,3**	**5,3 à 7,4**
	File 10	2,20	25,0	**42,6**	**52,6**	**44,0**	**61,6**	Ok	**10,5**	**0,3 à 2,4**

Nota : Le facteur R0 a été volontairement négligé pour tenir compte du remaniement des *Remblais* et des *Alluvions Modernes*.

- **Synthèse des résultats :**

La vérification du dimensionnement des fondations existantes vis-à-vis de la capacité portante du sol d'assise (vérification au non poinçonnement) est assurée.

Nous rappelons que les tassements des fondations sous les descentes de charges à l'état existant se sont déjà produits stabilisés. Ils sont estimés entre 7,3 et 10,5 mm.

Les activations des tassements des fondations existantes sous l'apport de charges du projet sont réparties comme suit :

- Au droit de la file 8 : Entre 1,8 et 4,7 mm.
- Au droit de la file 9 : Entre 5,3 et 7,4 mm.
- Au droit de la file 9 : Entre 0,3 et 2,4 mm.

L'ordre de grandeur des activations des tassements des fondations existantes reste limité et inférieur ou égal à 7,4 mm. Dans tous les cas, le BET Structure d'EXE devra vérifier la compatibilité des estimations de tassements avec les structures existantes.

4. ANNEXES

Annexe	Documents
1	Note de calculs des fondations existantes de la Trémie 4 sous les DDC du projet à l'aide du module FONDSUP de FOXTA®

Données

Titre du projet : Rénovatiion des 3è et 4è étages de la zone Colbert du Palais Bourbon

Numéro d'affaire : 24316

Commentaires : Opération n°2022-3311 : Assemblée Nationale 128, rue de l'Université 75007 PARIS

Titre du calcul : Trémie 4 - File 8 (Fondation n°1)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation filante

Largeur B (m) : 2,20

Cote du TN initial Zini (m) : 26,80

Cote du TN final Zfin (m) : 26,80

Cote de base fondation Zd (m) : 25,00

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Sables et graves

Type de comportement : Comportement frottant

Poids volumique moyen du sol au-dessus de la base de la fondation (kN/m3) : 0,0

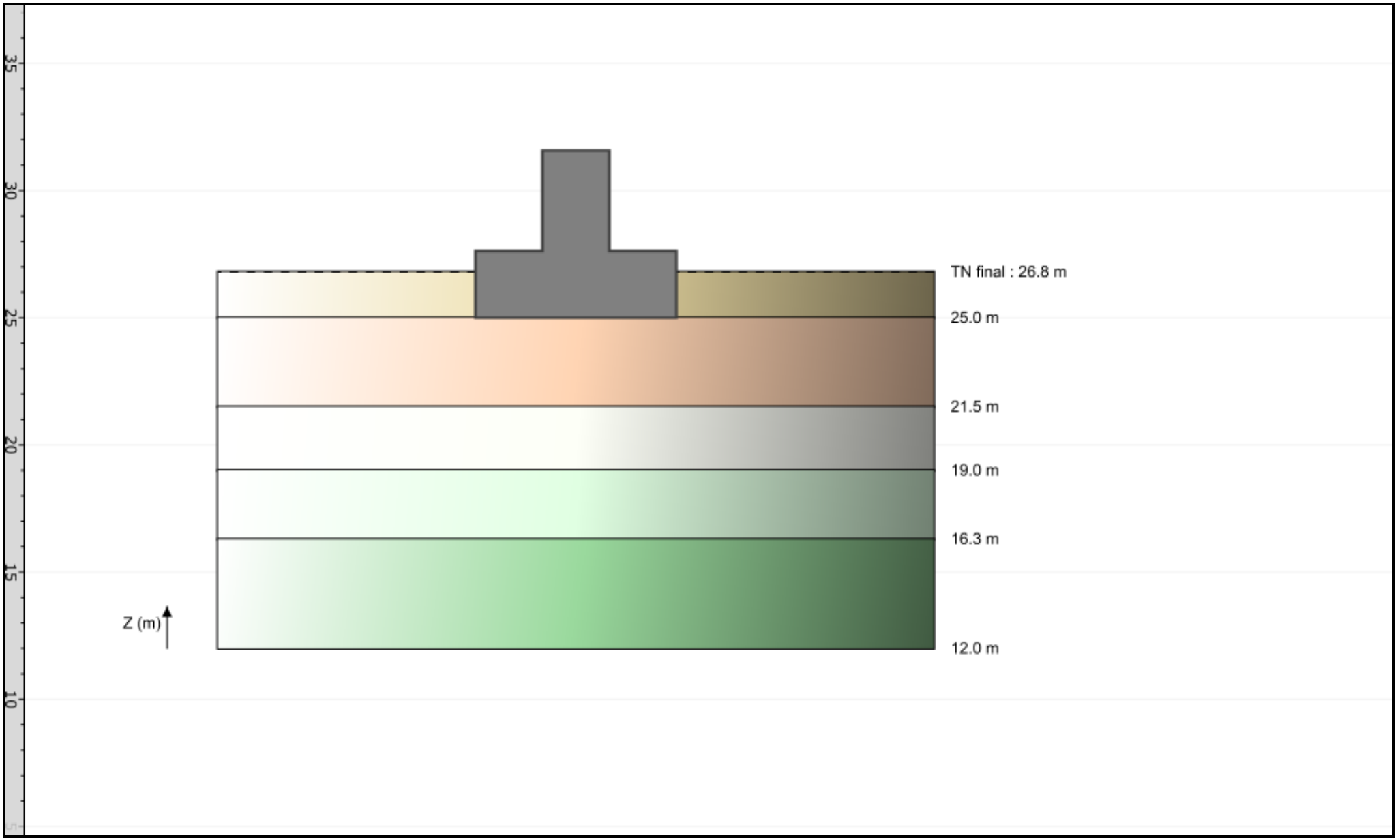
Terrain et profil pressiométrique

N°	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	Alluvions Modernes		25,00	200,00	2000,00	0,50
2	Alluvions Anciennes		21,50	700,00	9000,00	0,25
3	Calcaire Grossier altéré		19,00	700,00	6000,00	0,50
4	Calcaire Grossier		16,30	4000,00	70000,00	0,50
5	Sables du Soissonnais		12,00	4000,00	80000,00	0,50

Cas de charge

N°	Vd	HB,d	MB,d	Pondération sur P0	Combinaison
1	304,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes
2	496,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes
3	378,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes

Onglet "Chargement (valeurs de calcul)"



Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge : Indice du cas de charge

Combinaison : Type de combinaison

Vd [kN] : Effort vertical à la base de la fondation

Hd [kN] : Effort horizontal à la base de la fondation

R0 [kN] : Poids des terres excavées

Seff/Stot : Rapport entre l'aire effective et l'aire totale de la fondation

Rvd [kN] : Valeur de calcul de la résistance verticale nette du terrain (mécanisme de portance)

Rhd [kN] : Valeur de calcul de la résistance horizontale du terrain (mécanisme de glissement)

Portance : Vérification de la capacité portante de la fondation (ELU et ELS)

Excentrement : Vérification de l'excentricité du chargement (ELU et ELS)

Glissement : Vérification de la stabilité au glissement (ELU uniquement)

Tassement [cm] : Tassement sous la charge appliquée

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge	Combinaison	Vd	Hd	R0	Seff/Stot	Rvd	Rhd	Portance	Excentrement	Glissement	Tassement
1	ELS-Quasi-permanentes	304,00	0,00	0,00	1,00	622,92	-	Ok	Ok	-	0,75
2	ELS-Quasi-permanentes	496,00	0,00	0,00	1,00	622,92	-	Ok	Ok	-	1,22
3	ELS-Quasi-permanentes	378,00	0,00	0,00	1,00	622,92	-	Ok	Ok	-	0,93

Données

Titre du projet : Rénovatiion des 3è et 4è étages de la zone Colbert du Palais Bourbon

Numéro d'affaire : 24316

Commentaires : Opération n°2022-3311 : Assemblée Nationale 128, rue de l'Université 75007 PARIS

Titre du calcul : Trémie 4 - File 9 (Fondation n°2)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation filante

Largeur B (m) : 2,20

Cote du TN initial Zini (m) : 26,80

Cote du TN final Zfin (m) : 26,80

Cote de base fondation Zd (m) : 25,00

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Sables et graves

Type de comportement : Comportement frottant

Poids volumique moyen du sol au-dessus de la base de la fondation (kN/m3) : 0,0

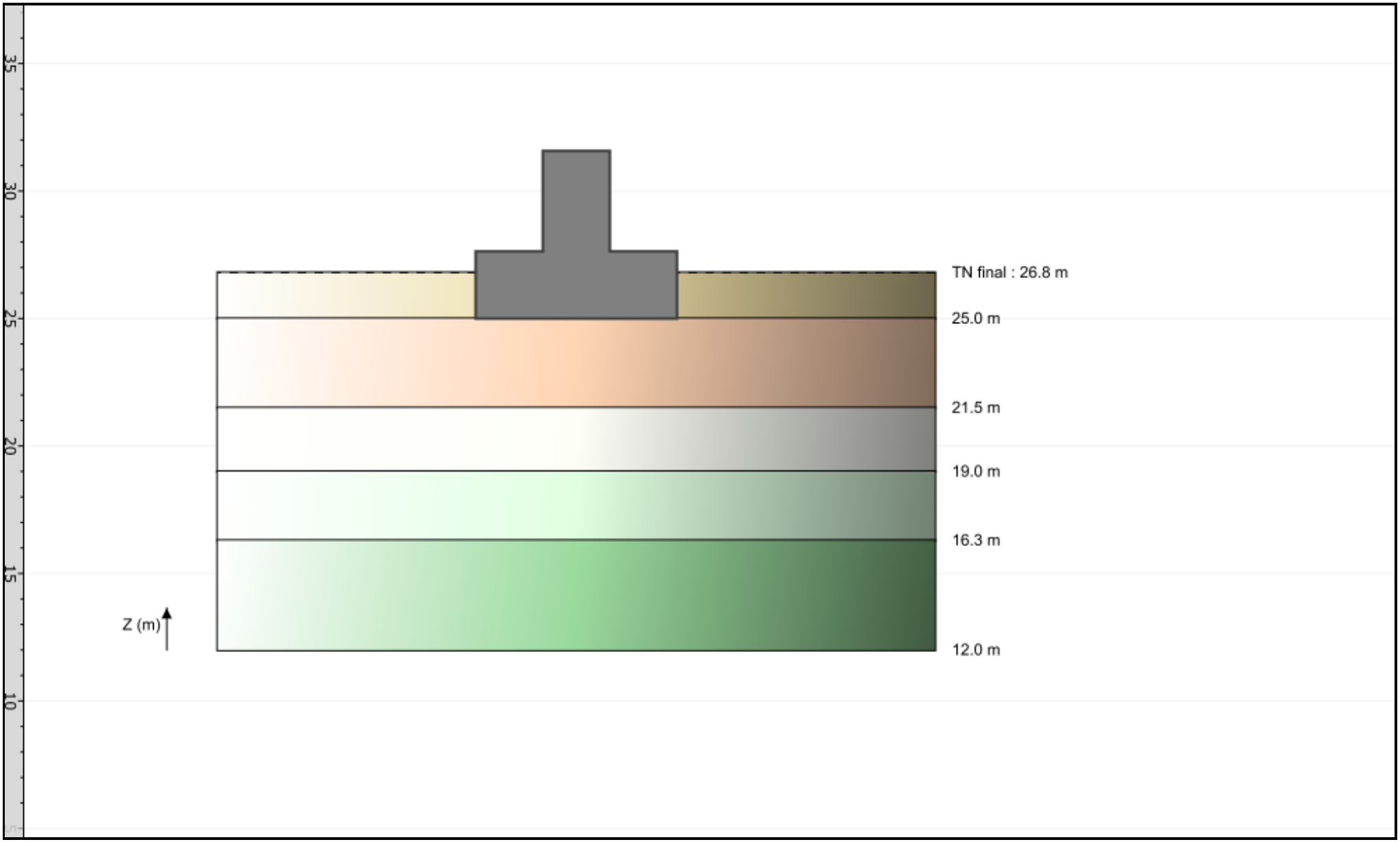
Terrain et profil pressiométrique

N°	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	Alluvions Modernes		25,00	200,00	2000,00	0,50
2	Alluvions Anciennes		21,50	700,00	9000,00	0,25
3	Calcaire Grossier altéré		19,00	700,00	6000,00	0,50
4	Calcaire Grossier		16,30	4000,00	70000,00	0,50
5	Sables du Soissonnais		12,00	4000,00	80000,00	0,50

Cas de charge

N°	Vd	HB,d	MB,d	Pondération sur P0	Combinaison
1	296,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes
2	598,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes
3	512,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes

Onglet "Chargement (valeurs de calcul)"



Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge : Indice du cas de charge

Combinaison : Type de combinaison

Vd [kN] : Effort vertical à la base de la fondation

Hd [kN] : Effort horizontal à la base de la fondation

R0 [kN] : Poids des terres excavées

Seff/Stot : Rapport entre l'aire effective et l'aire totale de la fondation

Rvd [kN] : Valeur de calcul de la résistance verticale nette du terrain (mécanisme de portance)

Rhd [kN] : Valeur de calcul de la résistance horizontale du terrain (mécanisme de glissement)

Portance : Vérification de la capacité portante de la fondation (ELU et ELS)

Excentrement : Vérification de l'excentricité du chargement (ELU et ELS)

Glissement : Vérification de la stabilité au glissement (ELU uniquement)

Tassement [cm] : Tassement sous la charge appliquée

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge	Combinaison	Vd	Hd	R0	Seff/Stot	Rvd	Rhd	Portance	Excentrement	Glissement	Tassement
1	ELS-Quasi-permanentes	296,00	0,00	0,00	1,00	622,92	-	Ok	Ok	-	0,73
2	ELS-Quasi-permanentes	598,00	0,00	0,00	1,00	622,92	-	Ok	Ok	-	1,47
3	ELS-Quasi-permanentes	512,00	0,00	0,00	1,00	622,92	-	Ok	Ok	-	1,26

Données

Titre du projet : Rénovatiion des 3è et 4è étages de la zone Colbert du Palais Bourbon

Numéro d'affaire : 24316

Commentaires : Opération n°2022-3311 : Assemblée Nationale 128, rue de l'Université 75007 PARIS

Titre du calcul : Trémie 4 - File 9 (Fondation n°2)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation filante

Largeur B (m) : 2,20

Cote du TN initial Zini (m) : 26,80

Cote du TN final Zfin (m) : 26,80

Cote de base fondation Zd (m) : 25,00

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Sables et graves

Type de comportement : Comportement frottant

Poids volumique moyen du sol au-dessus de la base de la fondation (kN/m3) : 0,0

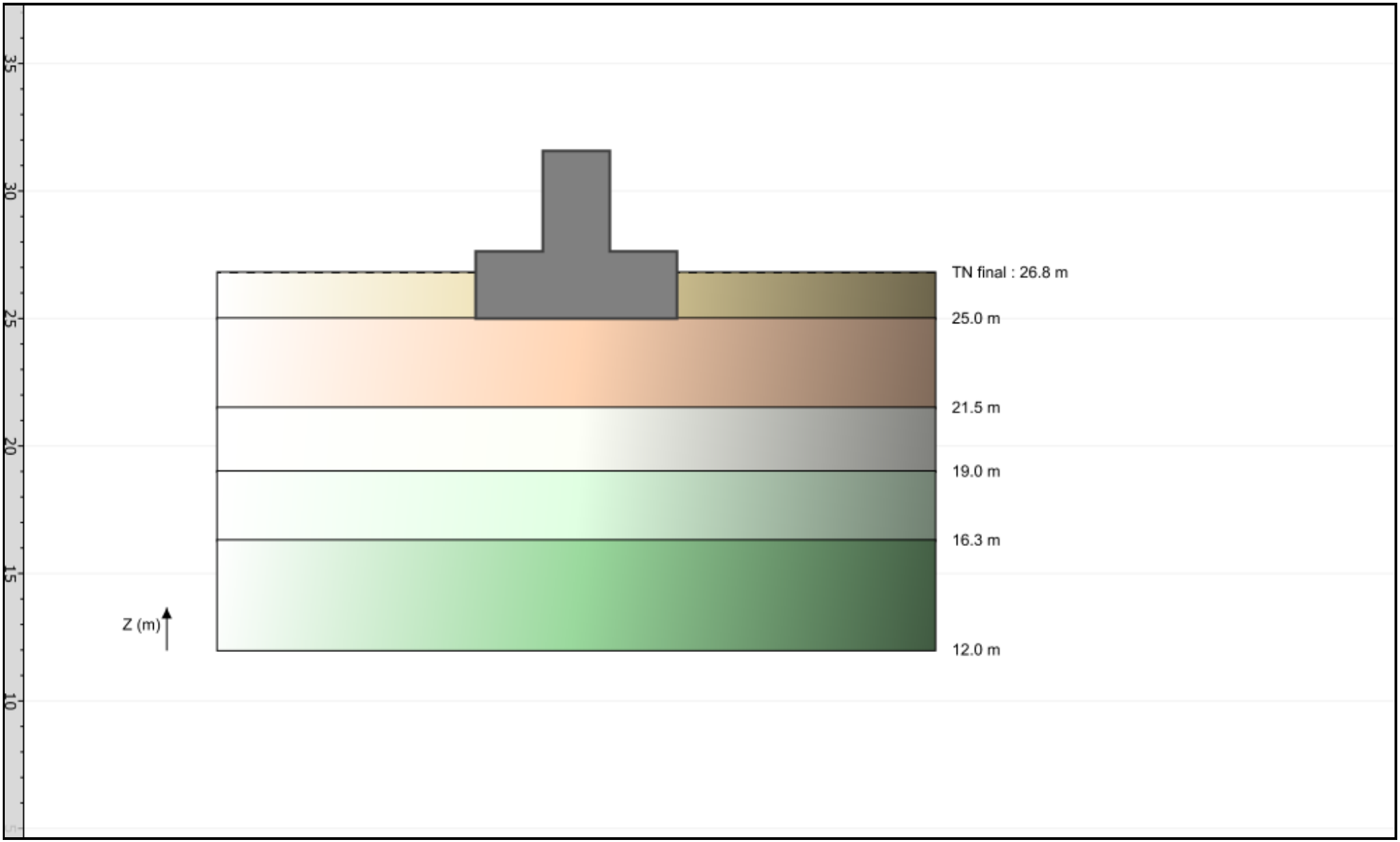
Terrain et profil pressiométrique

N°	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	Alluvions Modernes		25,00	200,00	2000,00	0,50
2	Alluvions Anciennes		21,50	700,00	9000,00	0,25
3	Calcaire Grossier altéré		19,00	700,00	6000,00	0,50
4	Calcaire Grossier		16,30	4000,00	70000,00	0,50
5	Sables du Soissonnais		12,00	4000,00	80000,00	0,50

Cas de charge

N°	Vd	HB,d	MB,d	Pondération sur P0	Combinaison
1	296,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes
2	598,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes
3	512,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes

Onglet "Chargement (valeurs de calcul)"



Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge : Indice du cas de charge

Combinaison : Type de combinaison

Vd [kN] : Effort vertical à la base de la fondation

Hd [kN] : Effort horizontal à la base de la fondation

R0 [kN] : Poids des terres excavées

Seff/Stot : Rapport entre l'aire effective et l'aire totale de la fondation

Rvd [kN] : Valeur de calcul de la résistance verticale nette du terrain (mécanisme de portance)

Rhd [kN] : Valeur de calcul de la résistance horizontale du terrain (mécanisme de glissement)

Portance : Vérification de la capacité portante de la fondation (ELU et ELS)

Excentrement : Vérification de l'excentricité du chargement (ELU et ELS)

Glissement : Vérification de la stabilité au glissement (ELU uniquement)

Tassement [cm] : Tassement sous la charge appliquée

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge	Combinaison	Vd	Hd	R0	Seff/Stot	Rvd	Rhd	Portance	Excentrement	Glissement	Tassement
1	ELS-Quasi-permanentes	296,00	0,00	0,00	1,00	622,92	-	Ok	Ok	-	0,73
2	ELS-Quasi-permanentes	598,00	0,00	0,00	1,00	622,92	-	Ok	Ok	-	1,47
3	ELS-Quasi-permanentes	512,00	0,00	0,00	1,00	622,92	-	Ok	Ok	-	1,26

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE
50 Rue Pierre Curie – 78370 PLAISIR
Tél. : 01 61 37 22 90
geotechnique@geotechnique-idf.com

Rapport d'Étude Géotechnique

PARIS 7

Assemblée Nationale– Rénovation des 3ème et 4ème étage de la zone Colbert du Palais Bourbon

Marché N°2022AN-37
Lot 2A « Etudes et sondages géotechniques »

N° AFFAIRE	19037-1			MISSION :	G2PRO

INDICE	DATE	ÉTABLI PAR	VÉRIFIÉ PAR	NBRE DE PAGES		MODIFICATIONS / OBSERVATIONS	APPROUVÉ PAR
				Texte	Annexes		
0	06/05/24	Matthieu BOUREZ	Laurent SCHMITT	54	57	PREMIÈRE DIFFUSION	Olivier BARNOUD
A	15/05/24	Matthieu BOUREZ	Laurent SCHMITT	52	55	SECONDE DIFFUSION Suppression étanchéité local CTA Réception descentes de charges trémie 3	Olivier BARNOUD

SOMMAIRE

I. GÉNÉRALITÉS 4

I.1 Description du projet 5

I.2 Programme de reconnaissance de la mission G2AVP 11

II. ETUDE DOCUMENTAIRE 12

II.1 Contexte géologique 12

II.2 Risques naturels 13

II.2.1 Risque carrières souterraines ou à ciel ouvert – dissolution de gypse antéludien 13

II.2.2 Risque inondation 14

III. RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE DE MISSION G2AVP 15

III.1 Reconnaissance des sols 15

III.1.1 Résultats mécaniques 15

III.1.2 Résultats des sondages pressiométriques 16

III.1.3 Résultats des sondages pénétrométriques 17

III.1.4 Niveaux d'eau 20

III.2 Reconnaissances des fondations 21

IV. INTERPRÉTATION 22

IV.1 Modèle géotechnique 22

IV.2 Trémie 1 23

IV.2.1 Terrassements 23

IV.2.2 Dallage 25

IV.2.3 Tassements du plancher bas / Influences sur les ouvrages mitoyens 25

IV.2.4 Protection vis-à-vis des venues d'eau 25

IV.3 Trémie 2 27

IV.4 Trémie 3 27

IV.4.1 Création d'ouvertures dans les murs existants 27

IV.4.2 Démolition et terrassements 27

IV.4.3 Dallage 29

IV.4.4 Tassements du plancher bas / Influences sur les ouvrages mitoyens 30

IV.4.5 Protection vis-à-vis des venues d'eau 30

IV.5 Trémie 4 31

IV.4.1 Création d'ouvertures dans les murs existants 31

IV.4.3 Création de 4 appuis isolés 31

IV.4.2 Démolition et terrassements 32

IV.4.3 Dallage 33
IV.4.4 Tassements du plancher bas / Influences sur les ouvrages mitoyens 34
IV.4.5 Protection vis-à-vis des venues d'eau 34
IV.6 Galerie Souterraine le long de l'Allée de la Présidence 36
IV.6.1 Terrassements 37
IV.6.2 Modélisation de la galerie 39
IV.6.3 Dallage 40
IV.6.4 Influences sur les ouvrages mitoyens 41
IV.6.5 Protection vis-à-vis des venues d'eau 41
IV.7 Cour d'Aguesseau et galeries de liaison 42
IV.7.1 Terrassements 43
IV.7.2 Modélisation des ouvrages 45
IV.7.3 Dallage 47
IV.7.4 Influences sur les ouvrages mitoyens 48
IV.7.5 Protection vis-à-vis des venues d'eau 48
IV.8 Rabattement de nappe 49

CONDITIONS D'UTILISATION DU PRÉSENT DOCUMENT 50

CLASSIFICATION ET ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS TYPES D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE 51

ANNEXES :

Plan d'implantation des sondages

Sondages et fouilles

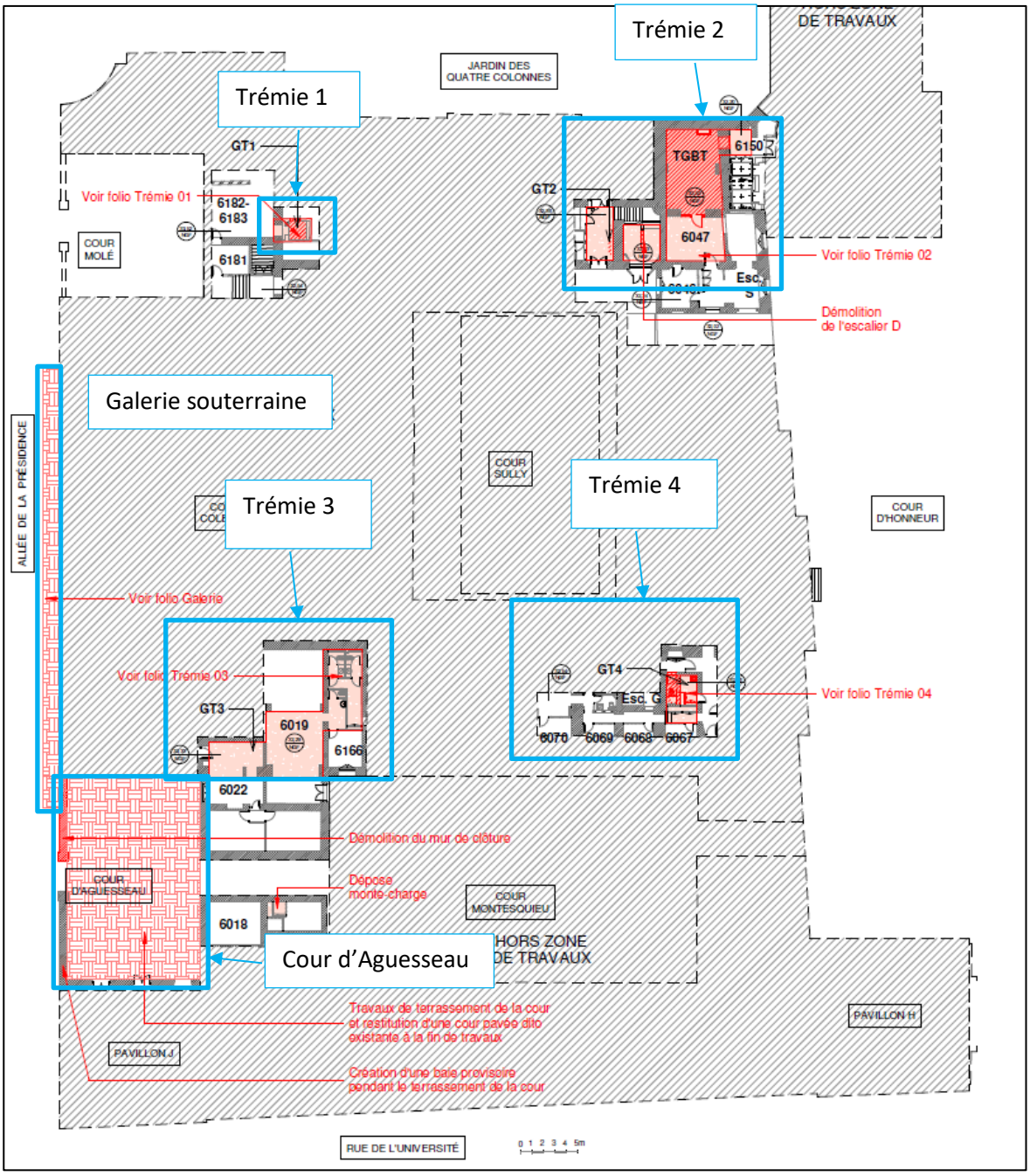
Notes de calcul

I. GÉNÉRALITÉS

À la demande et pour le compte de l'Assemblée Nationale (DAIP), nous avons réalisé une mission géotechnique de conception phase projet (*G2PRO)* comprenant des reconnaissances des sols et des fondations existantes, dans le cadre du projet de création d'une galerie technique enterrée longeant l'allée de la Présidence de la Cour Molé vers la cour d'Aguesseau sur 2 niveaux de sous-sols sur le site de l'Assemblée Nationale au 128 rue de l'Université à Paris 7ème arrondissement.

Dans le cadre du projet, il est également prévu la création de 4 trémies et des travaux de démolitions et de restructurations des existants (suppression planchers, escalier, porte).

Le plan de masse ci-dessous précise la localisation des différents projets situés en infrastructure.

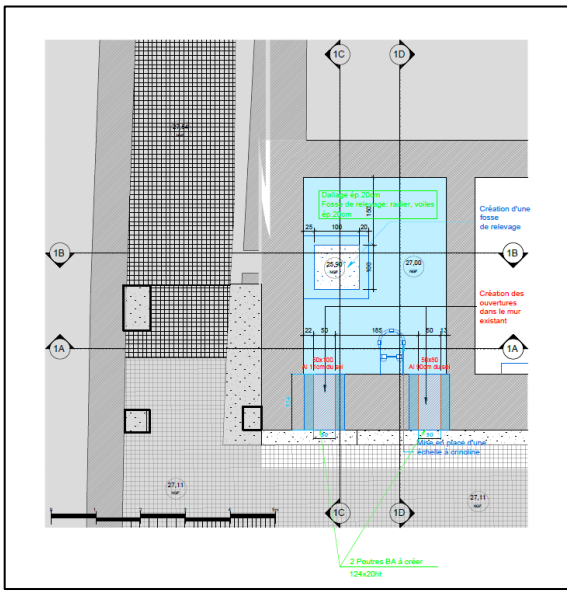


Plan du Rdc précisant la localisation des différents projets en infrastructure

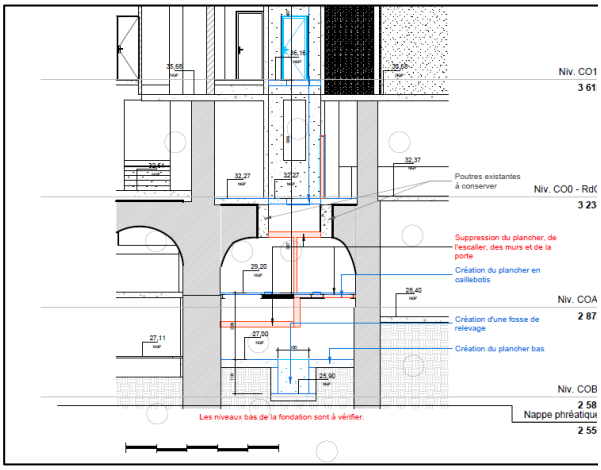
I.1 Description du projet

Les plans de structures DCE ind D en date du 13 décembre 2023 précisent les ouvrages projetés.

Trémie 1 :



Plan STR PB R-2



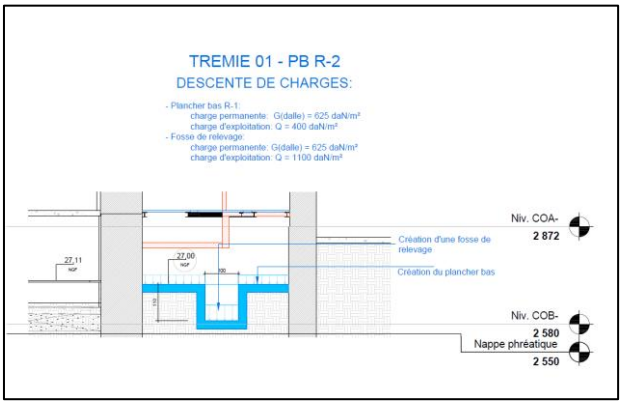
Extrait coupe 1C

Travaux projetés : création du plancher bas R-2
création d'une fosse de relevage
création d'ouverture dans le mur existant

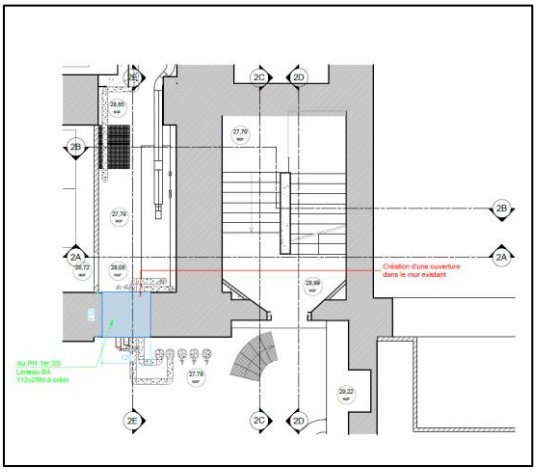
Les niveaux finis pour cet ouvrage sont les suivants :

- Cote PB R-2 existant: + 28,25 NGF à + 29,20 NGF
- Cote PB R-2 projet : + 27,00 NGF (plancher bas R-2)
  + 25,90 NGF (fosse de relevage)

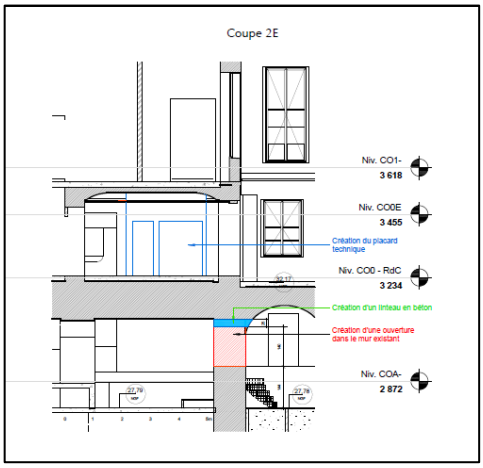
Les élements de descentes de charge mis à notre disposition par le BET Structure sur cet ouvrage sont les suivants :



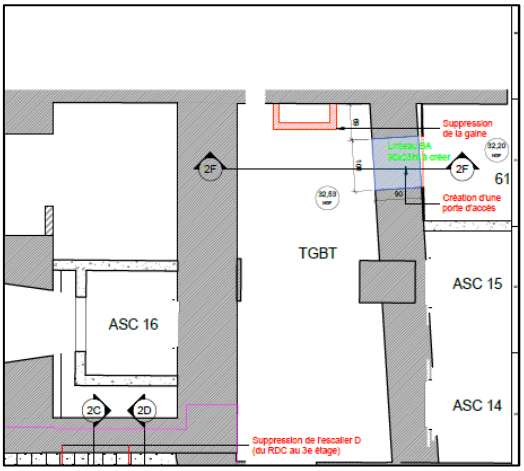
Trémie 2 :



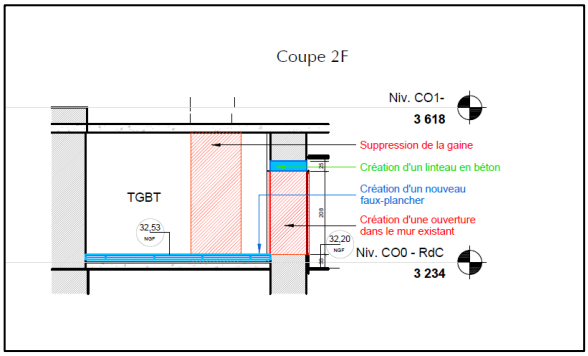
Plan STR PB R-1



Extrait coupe 2E



Plan STR PB Rdc



Extrait coupe 2F

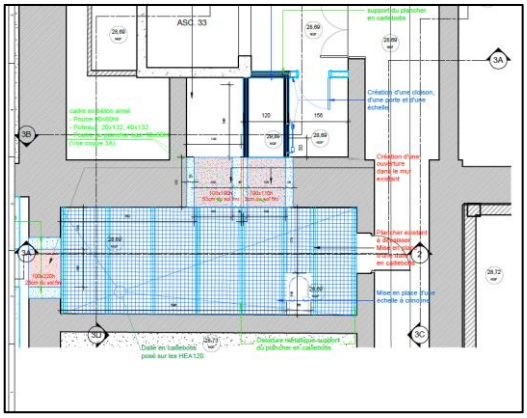
Travaux projetés : création d'ouvertures dans les murs existant au Rdc et au R-1

Les niveaux finis pour cet ouvrage sont les suivants :

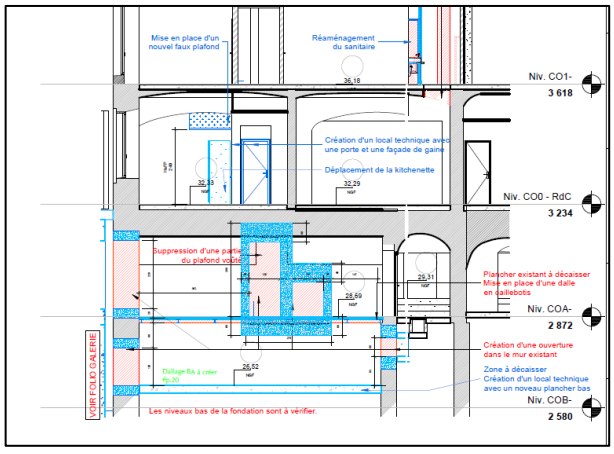
- Cote Rdc existant : 32,20 à 32,53 NGF
- Cote PB R-1 existant: 27,79 à 28,08 NGF

Selon les élements du BET Structure mis à disposition, cet ouvrage n'induit pas de modification de charges sur les fondations existantes.

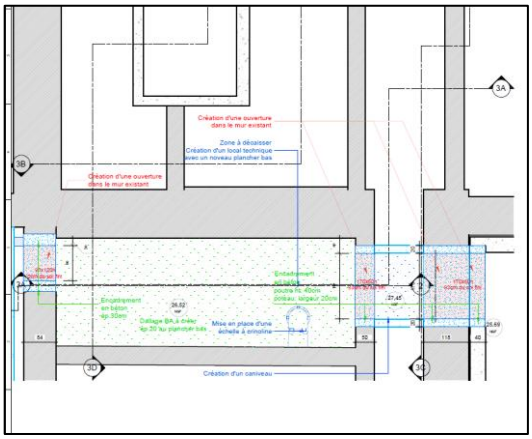
- Trémie 3:



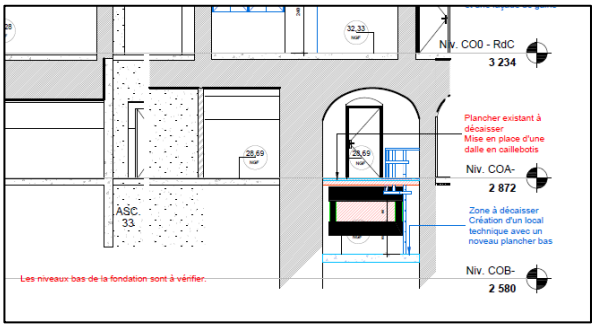
Plan STR PB R-1



Extrait coupe 3A



Plan STR PB R-2



Extrait coupe 3D

Travaux projetés : création d'ouvertures dans les murs existant au Rdc et au R-1

démolition plancher existant et mise en place d'une dalle en caillebotis

terrassement et création d'un local technique

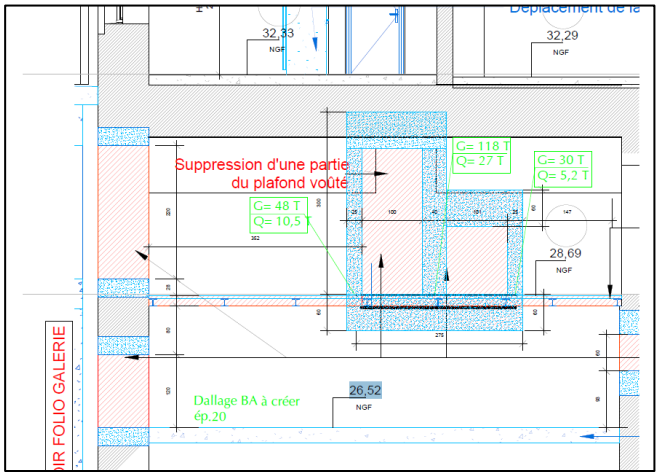
Les niveaux finis pour cet ouvrage sont les suivants :

- Cote PB R-1 existant : 28,69 NGF
- Cote PB R-2 projet: 26,52 NGF

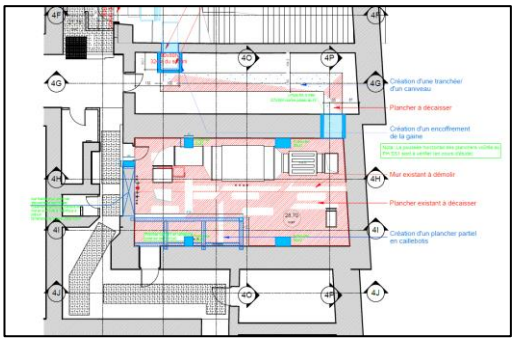
Les éléments de descentes de charge mis à notre disposition par le BET Structure sont les suivantes :

- Charge permanente : G (poids propre dallage ép.20) = 500 daN/m²
- Charge d'exploitation : Q = 500 daN/m² (*ou poids des équipements + 150 daN/m² de surcharge d'entretien*)

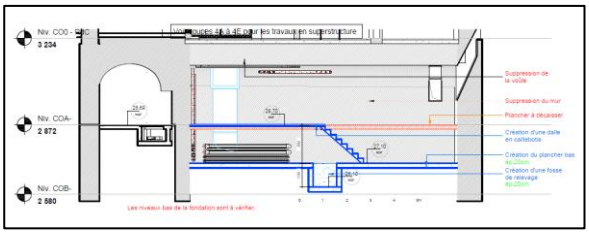
En complément des élements ci-dessus, le BET Structure nous a communiqué le 14 mai 2024, les éléments de charges sur les existants suivants :



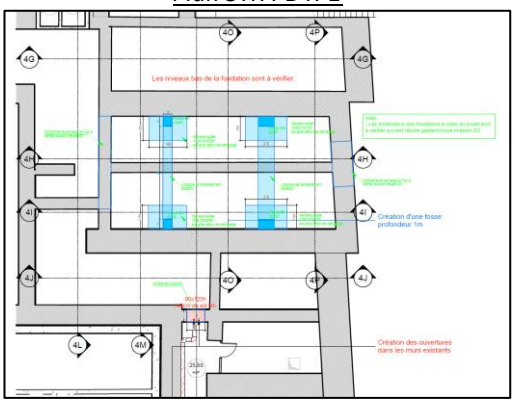
- Trémie 4:



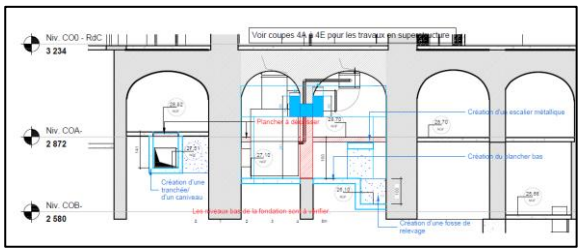
Plan STR PB R-1



Extrait coupe 4I



Plan STR PB R-2



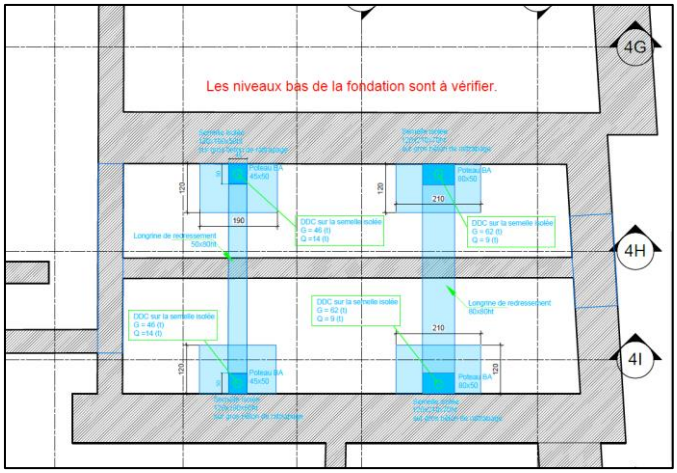
Extrait coupe 4O

Travaux projetés : création d'ouvertures dans les murs existant au PB R-2
démolition plancher existant et mur au PB R-1
terrassement et création d'une fosse de relevage
création de 4 nouveaux appuis isolés au PB R-2

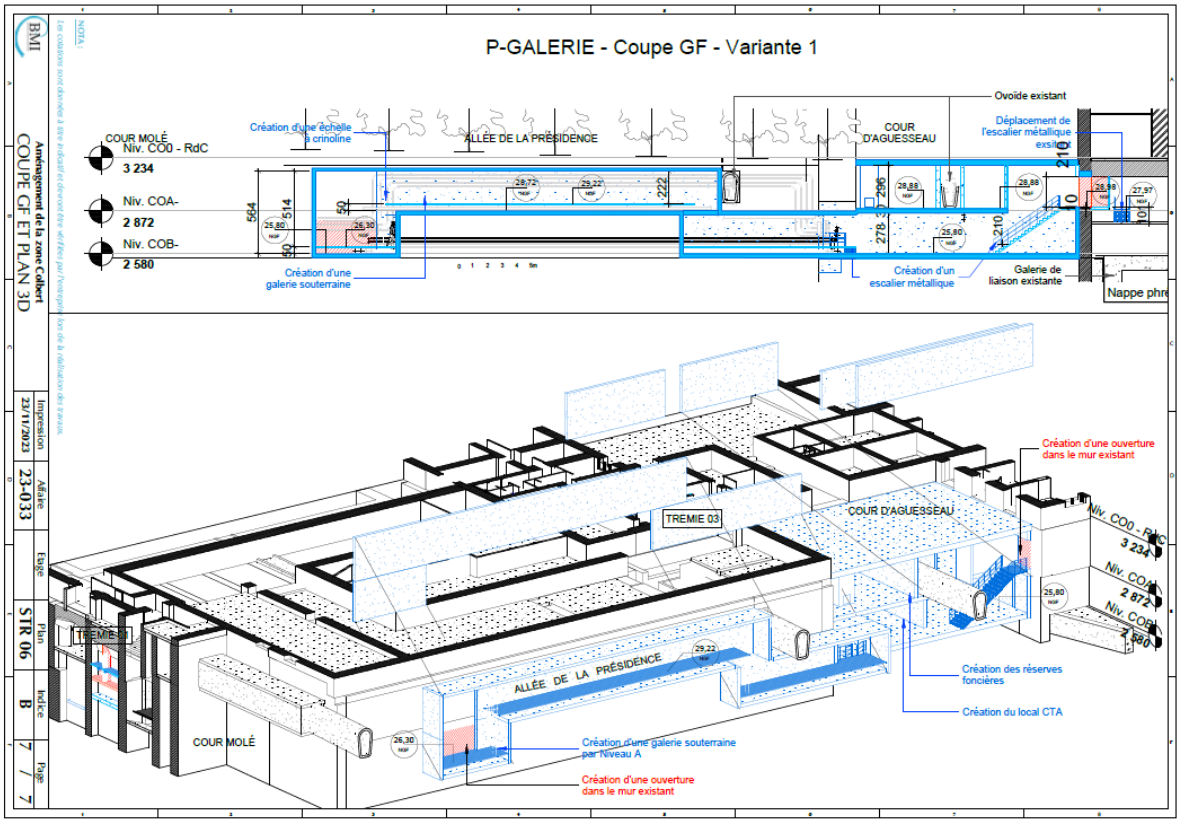
Les niveaux finis pour cet ouvrage sont les suivants :

- Cote PB R-1 existant : 28,70NGF
- Cote PB R-2 projet: 27,10 NGF (plancher bas)
  26,10 NGF (fosse de relevage)

Les élements de descentes de charge mis à notre disposition par le BET Structure sur cet ouvrage sont les suivants :



- Galerie souterraine:



On notera donc les caractéristiques principales du projet :

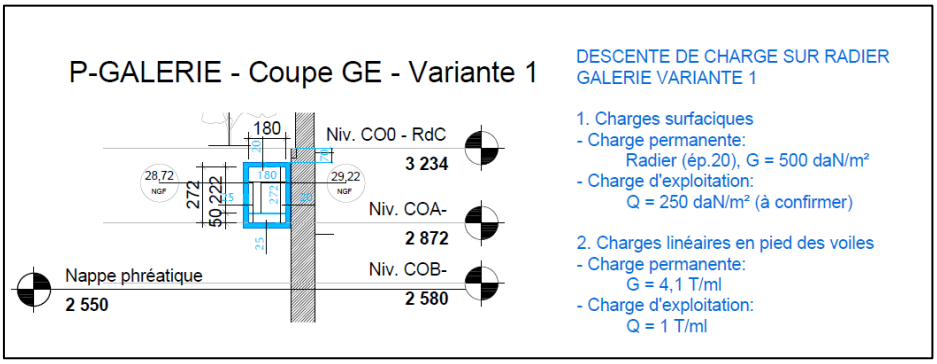
- Largeur finie de la galerie : 1 m 80 (soit 2 m 25 de largeur terrassée)
- Niveaux finis de la galerie souterraine :
  - +28,72 NGF le long de l'allée de la Présidence (*terrassement à ciel ouvert*)
  - +25,80 NGF sur la cour d'Aguesseau et liaison Nord allée de la Présidence

Les pièces graphiques confirment également la présence de 2 ovoïdes existants dont les niveaux finis de radier sont les suivants :

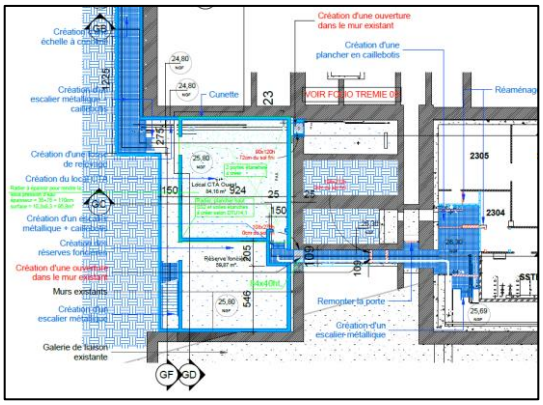
- Ovoïde cour d'Aguesseau : + 28,88 NGF,
- Ovoïde allée de la Présidence : +29,46 NGF

Le projet de galerie souterraine présente une interaction avec ces 2 ovoïdes.

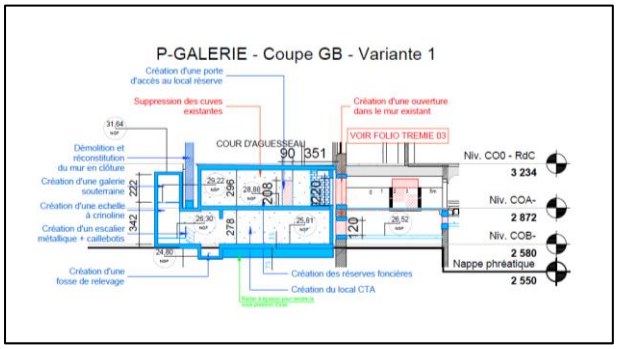
Les éléments de charge mis à notre disposition par le BET Structure pour cet ouvrage sont les suivants :



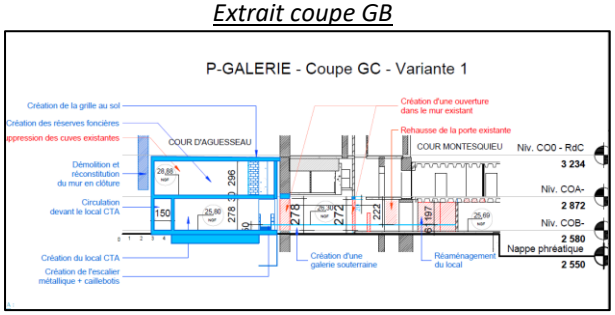
- Cour d'Aguesseau:



Plan STR SS2



Extrait coupe GB



Extrait coupe GC

Travaux projetés : création d'ouvertures dans les murs existant au PB R-2 et R-1

terrassement de 2 niveaux d'infrastructures et création d'une fosse de relevage

Les niveaux finis pour cet ouvrage sont les suivants :

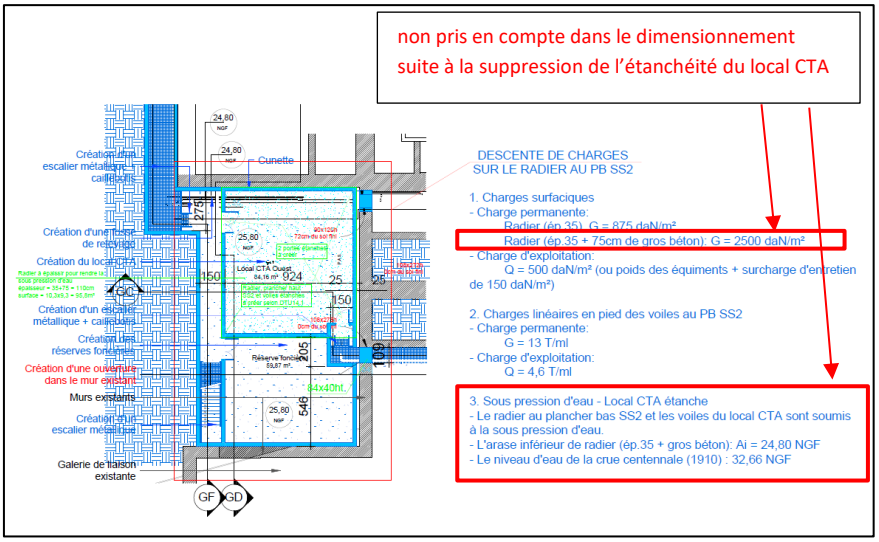
- Cote PB R-2 projet: 25,80 NGF (*plancher bas*),

  24,80 NGF (*fosse de relevage*)

La Maîtrise d'Ouvrage nous a informé qu'aucune protection particulière vis-à-vis des remontées de nappe était envisagée sur l'ensemble du projet.

Le dimensionnement sera donc réalisé dans ce sens.

Les éléments de charge mis à notre disposition par le BET Structure pour cet ouvrage sont les suivants :



I.2 Programme de reconnaissance de la mission G2AVP

Le présent rapport de mission G2PRO s'appuie sur les sondages réalisés lors de la campagne de reconnaissance G2AVP tel que défini au CCTP et qui a consisté en la réalisation des sondages suivants :

- **SP1 à SP3 :** 3 sondages pressiométriques descendus à 20 m de profondeur avec essais pressiométriques tous les mètres et enregistrement automatique des paramètres de forage.

  Ces 3 sondages ont été équipés de piézomètres afin d'effectuer un suivi piézométrique de la nappe.

- **RF1 à RF7 :** 7 fouilles blindées de reconnaissances des fondations existantes.
  - 2 réalisées depuis l'extérieur **RF2 et RF3**
  - 4 réalisées depuis le 1er niveau de sous-sol **RF1, RF4, RF5 et RF6.**
  - 1 réalisée depuis le 2ème niveau de sous-sol **RF7.**

  Conformément au CCTP, ces 7 fouilles ont été maintenues ouvertes et protégées en surface par des plaques métalliques sur les fouilles extérieures et platelage bois pour les fouilles en intérieur.

- **P1 à P7 :** 7 sondages au pénétromètre dynamique descendus jusqu'au refus.

Le plan d'implantation des sondages, et l'ensemble des résultats sont joints en annexe au présent rapport.

II. ETUDE DOCUMENTAIRE

II.1 Contexte géologique

D'après la carte géologique des 7ème et 8ème arrondissement de la ville de Paris au 1/5 000e, la coupe géologique attendue est la suivante :

- Remblais (R)
- Alluvions modernes (Am)
- Alluvions anciennes (Aa)
- Calcaire Grossier (CG)
- Sables du Soissonnais (SS),

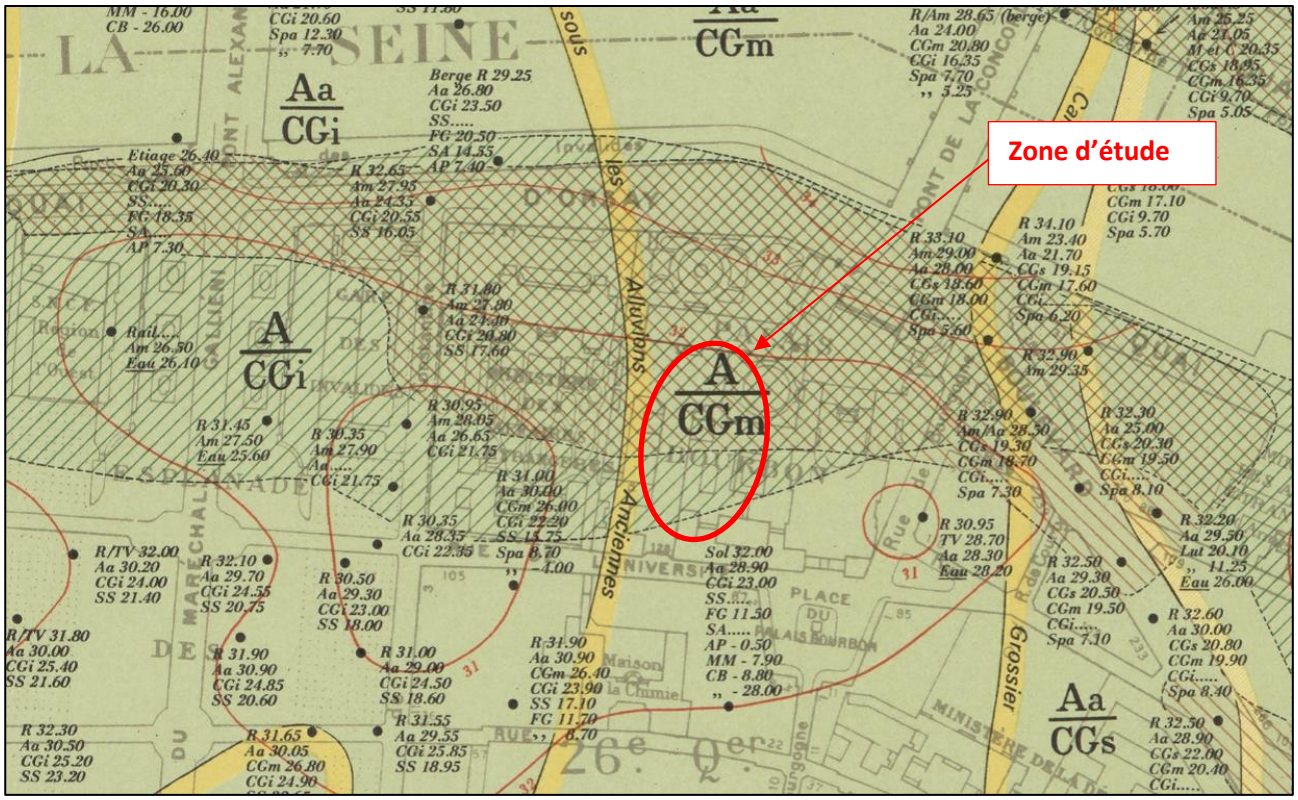


Figure 1 : Extrait carte géologique au 1/5000e des 7ème et 8ème arrondissements de Paris

Un sondage de référence situé à proximité nous donne la coupe géologique suivante :

	Sondage de référence	
	m	NGF
Remblais	0,0	31,80
Alluvions modernes	4,0	27,80
Alluvions anciennes	7,4	24,40
Calcaire Grossier	11,0	20,80
Sables de Soissonnais	14,2	17,60

II.2 Risques naturels

II.2.1 Risque carrières souterraines ou à ciel ouvert – dissolution de gypse antéludien

La zone d'étude n'est pas référencée à proximité d'anciennes exploitations à ciel ouvert ou souterraines selon l'Atlas des Carrières Souterraines de l'IGC.

Elle se situe également à l'extérieur du périmètre défini par arrêté interpréfectoral nécessitant la recherche systématique d'anomalies liées à la dissolution de gypse antéludien.

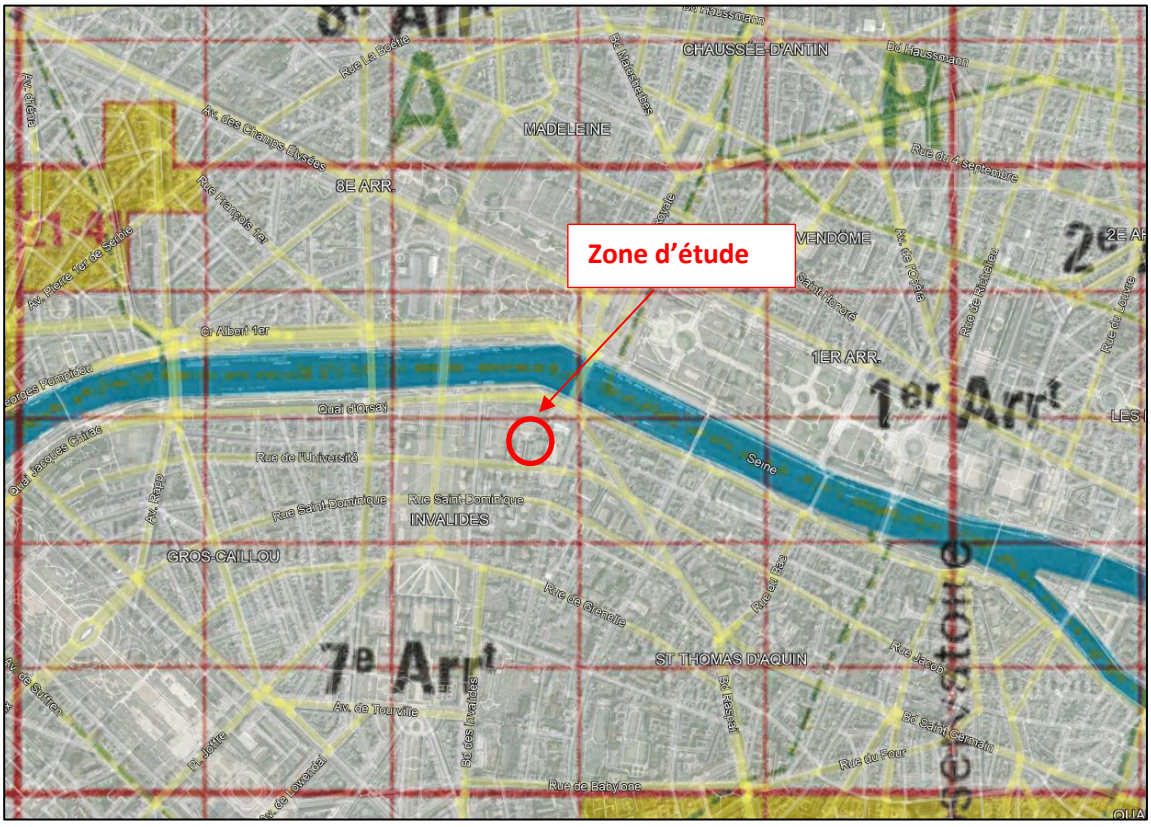


Figure 2 : Extrait de l'Atlas des Carrières Souterraines de l'IGC

II.2.2 Risque inondation

La zone d'étude se situe à l'intérieur du Plan de Prévention du Risque Inondation par crue de la Seine, fixant une cote casier à + 33,20 NGF.

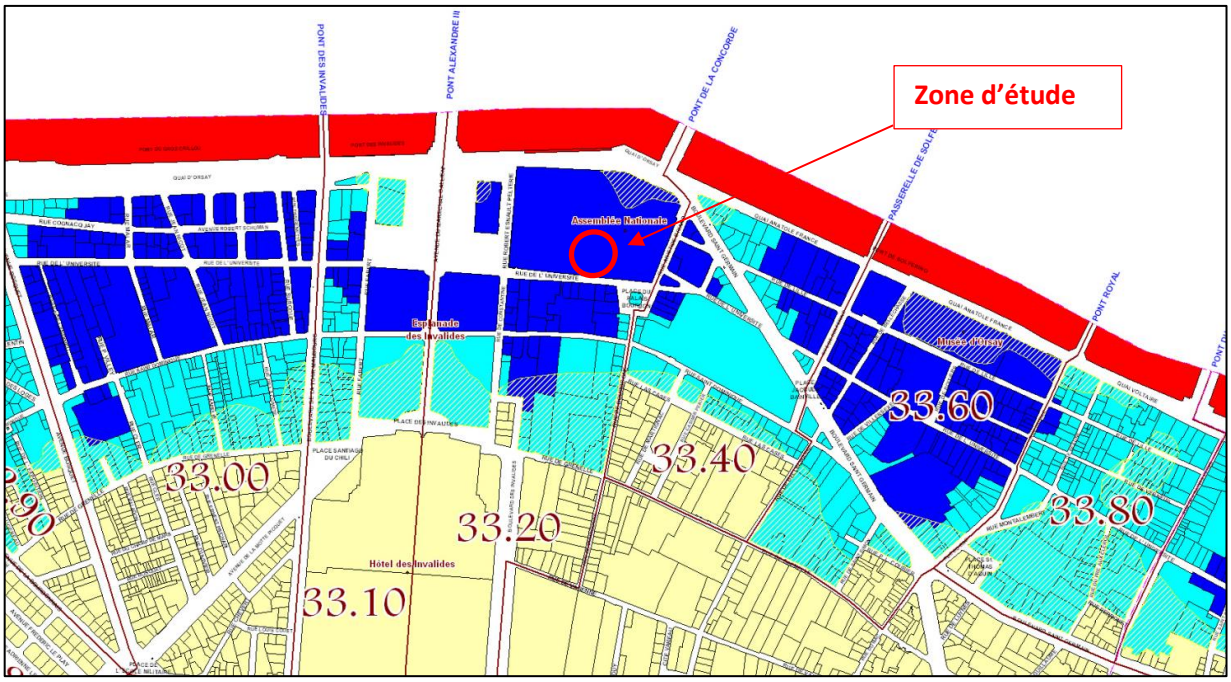


Figure 3 : Extrait du PPRI de la Seine sur le 7ème arrondissement de Paris

III. RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE DE MISSION G2AVP

III.1 Reconnaissance des sols

III.1.1 Résultats mécaniques

L'interprétation des paramètres de forage et des valeurs pressiométriques et pénétrométriques ainsi que les déblais excavés lors de la réalisation des fouilles blindées nous donne la coupe de terrain de principe suivante :

- Remblais (R)
- Alluvions modernes (Am)
- Alluvions anciennes (Aa)
- Calcaire Grossier altéré (CG_a)
- Calcaire Grossier (CG)
- Sables du Soissonnais (SS)

Soit les profondeurs en mètres au droit des sondages suivants :

	Cour d'Aguesseau		Allée de la Présidence		Cour Molé	
	SP1		SP2		SP3	
	m	NGF	m	NGF	m	NGF
Remblais	0,0	32,25*	0,0	32,34*	0,0	33,52*
Alluvions modernes	5,0	27,25	5,7	26,64	3,6	29,92
Alluvions anciennes	7,5	24,75	7,5	24,84	9,0	24,52
Calcaire Grossier altéré	10,5	21,75	11,0	21,34	12,0	21,52
Calcaire Grossier	*Abs*		13,2	19,14	13,5	20,02
Sables du Soissonnais	16,0	16,25	16,0	16,34	17,0	16,52
	>20,17	<12,08	>20,04	<12,3	>19,0	<14,52

(** cotes NGF issues des pièces graphiques du DCE)*

III.1.2 Résultats des sondages pressiométriques

Les caractéristiques mécaniques mesurées au pressiomètre au droit des sondages SP1 à SP3 donnent les résultats suivants :

- **Dans les Remblais supposés :** des caractéristiques mécaniques très faibles avec 10 essais :

$$1,5 \leq E \leq 6,7 \text{ MPa} / E_{harm} = 3,0 \text{ MPa}$$

$$0,12 \leq pl^* \leq 0,58 \text{ MPa} / pl^*_{géo} = 0,27 \text{ MPa}$$

- **Dans les Alluvions modernes supposées :** des caractéristiques mécaniques très faibles avec 10 essais :

$$1,2 \leq E \leq 7,7 \text{ MPa} / E_{harm} = 2,4 \text{ MPa}$$

$$0,10 \leq pl^* \leq 0,58 \text{ MPa} / pl^*_{géo} = 0,20 \text{ MPa}$$

- **Dans les Alluvions anciennes supposées:** des caractéristiques mécaniques faibles à moyennes avec 9 essais :

$$2,7 \leq E \leq 16,7 \text{ MPa} / E_{harm} = 8,9 \text{ MPa}$$

$$0,11 \leq pl^* \leq 2,42 \text{ MPa} / pl^*_{géo} = 0,71 \text{ MPa}$$

- **Dans le Calcaire Grossier altéré supposé en SP2 et SP3:** des caractéristiques mécaniques faibles avec 4 essais :

$$3,0 \leq E \leq 11,1 \text{ MPa} / E_{harm} = 5,9 \text{ MPa}$$

$$0,27 \leq pl^* \leq 0,72 \text{ MPa} / pl^*_{géo} = 0,71 \text{ MPa}$$

- **Dans le Calcaire Grossier sain supposé :** des bonnes à très bonnes caractéristiques mécaniques avec 13 essais :

$$15,2 \leq E \leq 280,9 \text{ MPa} / E_{harm} = 69,9 \text{ MPa}$$

$$1,33 \leq pl^* \leq (>5,00) \text{ MPa} / pl^*_{géo} = 4,20 \text{ MPa}$$

- **Dans les Sables du Soissonnais supposé :** des très bonnes caractéristiques mécaniques avec 7 essais :

$$36,6 \leq E \leq 446,5 \text{ MPa} / E_{harm} = 87,5 \text{ MPa}$$

$$2,78 \leq pl^* \leq (>5,00) \text{ MPa} / pl^*_{géo} = 4,22 \text{ MPa}$$

III.1.3 Résultats des sondages pénétrométriques

Les sondages au pénétromètre dynamique P1 à P7 réalisés à proximité immédiate des fouilles de reconnaissance de fondation RF1 à RF7 donne les résultats suivants :

- P1 et P1bis – à côté fouille RF1 – Z = 28,86 NGF :

De 0,0 à 3,5 m (soit 28,86 à 25,36 NGF) : des caractéristiques mécaniques hétérogènes et faibles à très faibles (*Remblais + Alluvions modernes supposés*) avec :

$$0{,}30 \leq Rd \leq 4{,}0 \text{ MPa}$$

De 3,5 à 4,0 m (soit 25,36 à 24,86 NGF) : une amélioration des résistances de pointe puis le refus des pénétromètres à + 24,86 NGF (*toit des Alluvions Anciennes supposé)* avec :

$$8{,}0 \leq Rd \leq (>50{,}0) \text{ MPa}$$
Refus à 24,86 NGF

- P2 – à côté fouille RF2 – Z = 32,34 NGF :

De 0,0 à 7,0 m (soit 32,34 à 25,34 NGF) : des caractéristiques mécaniques hétérogènes et faibles (*Remblais + Alluvions modernes supposés*) avec :

$$1{,}0 \leq Rd \leq 10{,}0 \text{ MPa}$$

De 7,0 à 9,0 m (soit 25,34 à 23,34 NGF) : des caractéristiques mécaniques correctes à bonnes (*Alluvions Anciennes supposées*) avec :

$$5{,}0 \leq Rd \leq 20{,}0 \text{ MPa}$$

De 9,0 à 10,0 m – fin du sondage (soit 23,34 à 22,34 NGF) : des caractéristiques mécaniques faibles (*lentille argileuse dans les Alluvions Anciennes ou décompression liée au battement de la nappe*) avec :

$$1{,}0 \leq Rd \leq 4{,}0 \text{ MPa}$$
Refus inférieur à 22,34 NGF

- P3– à côté fouille RF3 – Z = 33,52 NGF :

De 0,0 à 8,8 m (soit 33,52 à 24,74 NGF) : des caractéristiques mécaniques hétérogènes et faibles voire très faibles (*Remblais + Alluvions modernes supposés*) avec :

$$0{,}55 \leq Rd \leq 10{,}0 \text{ MPa}$$

De 8,8 à 10,0 m - fin du sondage (soit 24,74 à 23,52 NGF) : des caractéristiques mécaniques faibles (*lentille argileuse dans les Alluvions Anciennes ou décompression liée au battement de la nappe*) avec :

$$2{,}0 \leq Rd \leq 4{,}0 \text{ MPa}$$
Refus inférieur à 23,52 NGF

- P4– à côté fouille RF4 – Z = 28,74 NGF :

De 0,0 à 4,5 m (soit 28,74 à 24,24 NGF) : des caractéristiques mécaniques hétérogènes et faibles voire très faibles (*Remblais + Alluvions modernes supposés*) avec :

$$0{,}35 \leq Rd \leq 3{,}5 \text{ MPa}$$

De 4,5 à 4,8 m (soit 24,24 à 23,94 NGF) : une amélioration des résistances de pointe puis le refus des pénétromètres à + 23,94 NGF (*toit des Alluvions Anciennes supposé*) avec :

$$10{,}0 \leq Rd \leq (>50{,}0) \text{ MPa}$$
Refus à 23,94 NGF

- P5– à côté fouille RF5 – Z = 28,25 NGF :

De 0,0 à 5,9 m (soit 28,25 à 22,35 NGF) : des caractéristiques mécaniques hétérogènes et faibles voire très faibles (*Remblais + Alluvions modernes+ frange supérieure des Alluvions Anciennes supposés*) avec :

$$0{,}35 \leq Rd \leq 10{,}0 \text{ MPa}$$

De 5,9 à 6,0 m (soit 22,35 à 22,25 NGF) : une amélioration des résistances de pointe puis le refus des pénétromètres à + 24,86 NGF (*milieu de la formation des Alluvions Anciennes supposé*) avec :

$$Rd > 50{,}0 \text{ MPa}$$
Refus à 22,95 NGF

- P6– dans fouille RF6 – Z = 28,70 NGF :

De 0,0 à 3,8 m (soit 28,70 à 24,90 NGF) : hauteur de la fouille RF6 – pas de mesure réalisée

De 3,8 à 4,3 m (soit 24,90 à 24,40 NGF) : des bonnes caractéristiques mécaniques *frange supérieure des Alluvions Anciennes supposés*)avec :

$$8{,}0 \text{ Rd} \leq 20{,}0 \text{ MPa}$$

De 4,3 à 6,0 m (soit 24,40 à 22,70 NGF) : des caractéristiques mécaniques très faibles à faibles (*milieu de formation des Alluvions Anciennes supposé*) avec :

$$0{,}60 \leq \text{Rd} \leq 10{,}0 \text{ MPa}$$

De 6,0 à 6,5 m (soit 22,70 à 23,94 NGF) : une amélioration des résistances de pointe puis le refus des pénétromètres à + 23,94 NGF (*base des Alluvions Anciennes supposé*) avec :

$$6{,}0 \leq \text{Rd} \leq (>50{,}0) \text{ MPa}$$
Refus à 22,50 NGF

- P7– dans fouille RF5 – Z = 26,85 NGF :

De 0,0 à 1,5 m (soit 26,85 à 25,35 NGF) : hauteur de la fouille RF7 en cours – pas de mesure réalisée

De 1,5 à 5,5 m (soit 25,25 à 21,35 NGF) : des caractéristiques mécaniques hétérogènes et très faibles dans l'ensemble (*Remblais + Alluvions modernes+ Alluvions Anciennes supposés*) avec :

$$0{,}30 \leq \text{Rd} \leq 7{,}0 \text{ MPa}$$

De 5,5 à 5,8 m (soit 21,35 à 21,05 NGF) : une amélioration des résistances de pointe puis le refus des pénétromètres (*toit du Calcaire Grossier*) avec :

$$\text{Rd} > 50{,}0 \text{ MPa}$$
Refus à 21,05 NGF

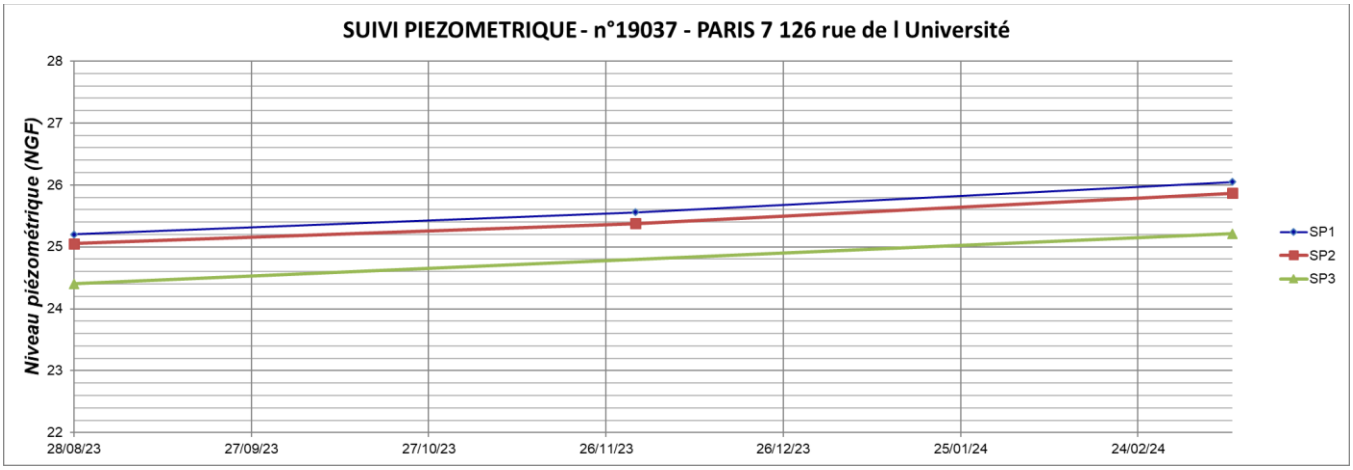
III.1.4 Niveaux d'eau

Les sondages SP1 à SP3 ont été équipé en piézomètres afin d'effectuer un suivi piézométrique sur une durée de 2,5 ans avec relevé tous les 3 mois.

A la date de réalisation du présent rapport, les résultats des relevés 1 à 3 sont les suivants :

Sondage	Cote NGF tête de sondage (*selon plan DCE*)	Niveau d'eau (relevé 1 : 28/08/2023)		Niveau d'eau (relevé 2 : 01/12/2023)		Niveau d'eau (relevé 3 : 11/03/2024)	
		m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF
SP1	32,34	7,05	25,29	6,69	25,56	6,20	26,05
SP2	32,25	7,20	25,05	6,87	25,38	6,38	25,87
SP3	33,52	7,85	25,67	NR*	-	7,04	25,21

**sondage non accessible au moment du relevé (stockage de matériel au droit de son implantation).*



On constate que les niveaux d'eau relevés tangentent ou interfèrent directement avec la base des fouilles blindées de reconnaissance. En période de hautes eaux de la Seine (*crue annuelle ou de récurrence inférieure*), une remontée d'eau au sein des fouilles blindées maintenues ouvertes est fortement prévisible et susceptible de générer des désordres sur ces ouvrages.

Les prochains relevés seront donc prévus aux échéances suivantes :

4. 01/06/2024
5. 01/09/2024
6. 01/12/2024
7. 01/03/2025
8. 01/06/2025
9. 01/09/2025
10. 01/12/2025
11. 01/03/2026
12. 01/06/2026

A titre informatif, nous précisons ci-dessous les cotes exceptionnelles de la Seine observées au Pont de la Concorde, situé à 200 m environ de la zone d'étude.

- crue centennale (1910) : 32,66 NGF
- crue cinquantennale (1955) : 32,13 NGF
- crue décennale (1982) : 30,98 NGF
- retenue normale : 26,72 NGF

On constate d'ores et déjà que les niveaux d'eaux observés en SP1 à SP3 se situent en deçà de la retenue normale de la Seine. Ce qui pourrait laisser penser à la présence de pompages actifs dans le secteur d'étude (*RER C, métro ou autre*).

III.2 Reconnaissances des fondations

Les résultats des fouilles de reconnaissance RF1 à RF7 sont précisées dans le tableau suivant :

N° fouille	Cote NGF tête fouille (selon plans DCE)	Profondeur fouille		Débord extérieur total (m)	Assise fondation		Niveau d'eau observé	
		(m/TA)	NGF		(m/TA)	NGF	(m/TA)	NGF
RF1 coupe A	28,86	4,10	24,76	0,00	3,50	25,36	3,60	25,26
RF1 coupe B	28,86	4,10	24,76	0,35	3,85	25,01	3,60	25,26
RF2	32,34	8,00	24,34	0,61	7,60	24,74	7,60	24,74
RF3	33,52	8,40	25,12	0,14	>8,40	<25,12	8,40	25,12
RF4 - coupe A	28,74	3,70	25,04	0,25	3,35	25,39	3,50	25,24
RF4 - coupe B	28,74	3,70	25,04	0,10	3,50	25,24	3,50	25,24
RF5 - coupe A	28,25	3,10	25,15	0,60	>3,10	<25,15	2,70	25,55
RF5 - coupe B	28,25	3,10	25,15	0,00	2,70	25,55	2,70	25,55
RF6 - coupe A	28,70	3,80	24,90	0,00	3,70	25,00	3,30	25,40
RF6 - coupe B	28,70	3,80	24,90	0,10	3,70	25,00	3,30	25,40
RF7	26,85	1,70	25,15	-0,40	1,70	25,15	1,50	25,35

Hormis sur RF2 où l'assise de fondation a été reconnue à + 24,74 NGF, l'ensemble des fouilles a mis en évidence un niveau d'assise compris entre +25,00 et 25,50 NGF.

Pour RF3 et RF5 coupe A, les assises de fondation n'ont pas pu être identifiées du fait de la présence d'un niveau d'eau en fond de fouille.

On supposera alors une assise à + 24,50 NGF pour RF3 et à +25,00 NGF pour RF5 coupe A dans la suite du rapport (*à confirmer par la réalisation de reconnaissances complémentaires dont l'accessibilité devra être confirmer; des mesures de sismique parallèle (MSP) pourraient permettre de lever ce doute en phase PRO ou EXE*).

Les coupes et photographies des relevés de fouille sont présentes en annexe.

IV. INTERPRÉTATION

IV.1 Modèle géotechnique

Les reconnaissances réalisées sur site nous ont permis de définir le modèle géotechnique suivant :

Formation géologique	Toit de la formation (NGF)	Base de la formation (NGF)	E_m (MPa)	pl_e* (MPa)	α	ϒ' (KN/m3)	c = c' (KPa)	ϕ = ϕ' (°)
Remblais	32,30	27,00	3,0	0,25	0,66	18,0	0	25
Alluvions modernes	27,00	24,80	2,0	0,20	0,50	20,0	0	25
Alluvions anciennes	24,80	21,50	9,0	0,70	0,25	*formations non concernées par les terrassements*		
Calcaire Grossier altéré	21,50	19,00	6,0	0,70	0,50			
Calcaire Grossier	19,00	16,30	70,0	4,00	0,50			
Sables du Soissonnais	16,30	<12,00	80,0	4,00	0,50			

D'un point de vue hydrogéologique, nous proposons la définition des cotes suivantes :

- EE = 32,66 NGF (*cote PPRI et crue centennale*)
- EH = 32,13 NGF (crue cinquantennale)
- EF = 30,98 NGF (*crue décennale*)
- EC = EB = 26,72 NGF (*retenue normale de la Seine*)

Il est à noter qu'aucune protection vis-à-vis des remontées de nappe n'est envisagée au droit des futurs ouvrages enterrés.

IV.2 Trémie 1

Le projet prévoit la réalisation d'un plancher bas ainsi que le terrassement d'une fosse de relevage.

Dans l'hypothèse la plus défavorable (*PB existant = 29,20 NGF*), les hauteurs de terrassement attendues sont les suivantes :

- plancher PB R-2 : 29,20 NGF (cote PB R-2 existant) – 27,00 (cote PB R-2 projet) + 0,20 (épaisseur dalle béton) = 2 m 40 de terrassement (*arase à 26,80 NGF)*
- fosse de relevage : 29,20 NGF (cote PB R-2 existant) – 25,90 + 0,20 (épaisseur dalle béton) = 3,50 de terrassement (*arase à 25,70 NGF*)

Dans cette zone, la fouille RF5 réalisée depuis la cote + 28,25 NGF a mis en évidence une assise comprise entre +25,15 NGF (coupe B) et inférieure à +25,15 NGF (*coupe A – fouille arrêtée en raison d'un niveau d'eau identifiée à + 25,55 NGF en août 2023*).

On notera qu'un débord extérieur de 60 cm avait été mis en évidence à – 2 m 70 / cote existante.

IV.2.1 Terrassements

Sur la base du modèle géotechnique défini au paragraphe IV.1, les terrassements intéresseront donc les Remblais et les Alluvions modernes.

Compte tenu de la profondeur à atteindre par les fouilles (*profondeur supérieure à 1 m30*)et de la sensibilité des ouvrages mitoyens (*murs en maçonneries*), on s'orientera vers un terrassement par puits blindés afin de permettre un butonnage horizontal en face à face.

En première approche, nous proposons de retenir une largeur d'ouverture de 1 m 50. Toutefois, la méthodologie d'exécution devra faire l'objet d'une validation par un BET spécialisé.

Compte tenu des efforts à reprendre par le système de butonnage provisoire et définitif, on s'orientera vers un butonnage horizontal mis en œuvre entre les 2 faces opposées de la galerie. Un butonnage d'angle pourra être recherché le cas échéant

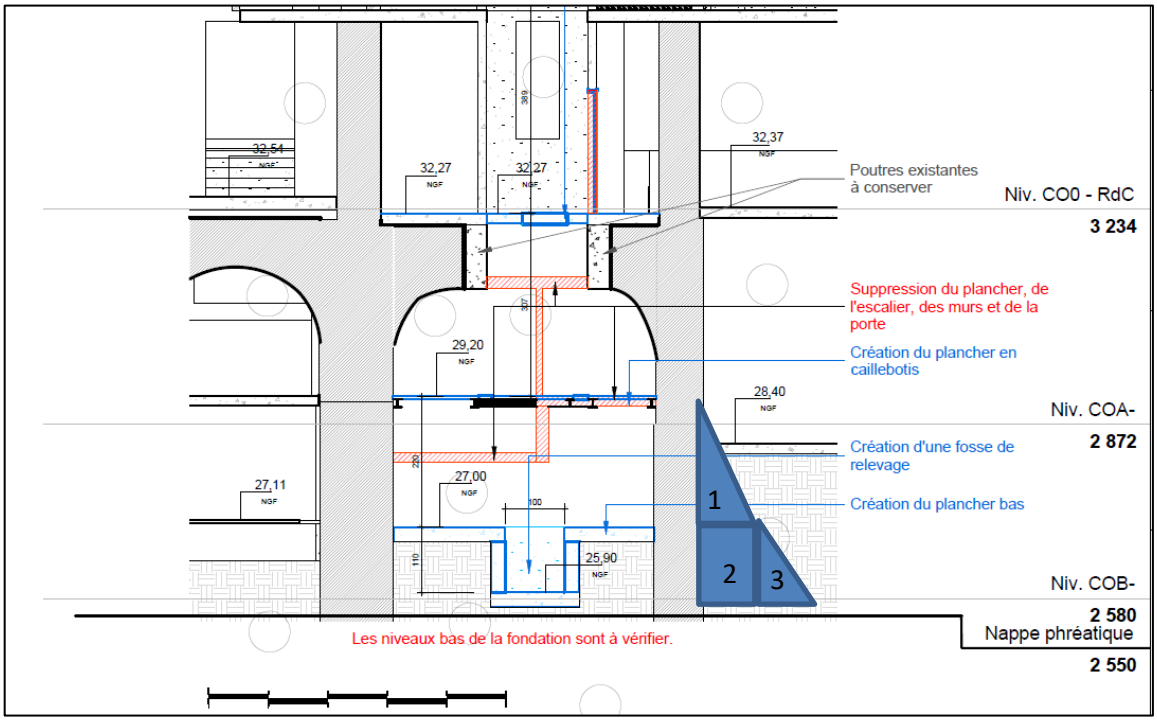
Les terrassements seront réalisés sous contrôle des déplacements, avec suivi hebdomadaire par un géomètre expert de profils de cibles posées en quantité suffisante sur les mitoyens et sur les voiles du projet.

De la même façon, les travaux de terrassement devront être suivis par un bureau d'étude spécialisé pour le compte du maître d'ouvrage (*Mission G4*) et pour le compte de l'entreprise (*Mission G3*), afin de s'assurer du respect des conditions de terrassements précitées, et afin d'adapter le mode opératoire le cas échéant.

Les seuils d'alerte et d'intervention seront définis et validés par un BET structure spécialiste, en fonction des tolérances de déformations des voiles du projet et des existants.

Nous développerons à la suite du document les efforts de poussée s'appliquant au pied du terrassement projeté entre le niveau actuel (*28,25 NGF*) et l'arase terrassement de la fosse de relevage (*25,70 NGF*) et qui devra être repris par le système de butonnage provisoire et les planchers définitifs

Le schéma ci-dessous illustre la situation :



La poussée peut être décomposée de la manière suivante :

<u>1 : effort de poussée lié aux poids des terres dans les remblais depuis Z = 29,20 NGF</u>:

P1 = ½ Ka * ϒ * h² = 0,333 * 18 * (29,20-27,00)²/2 = **14,5 KN/ml**

<u>2 : effort de poussée des remblais</u> :

P2 = Ka * σ1* (27,00-25,70) = **17,0 KN/ml**

<u>3 : effort de poussée lié aux poids des terres dans les Alluvions modernes</u>:

P3 = ½ Ka * ϒ * h² = 0,333 * 20 * (27,00-25,70)²/2 = **5,6 KN/ml**

Soit un total de **37,1 KN/ml**.

La reprise de ces efforts horizontaux fera intervenir la paroi existante, les planchers partiellement conservés ainsi qu'un système de butonnage.

Il conviendra dans le cadre de la mission G3 de s'assurer de la répartition des poussées entre ces différentes parties et de la stabilité de l'ouvrage dans ces conditions provisoires.

Lors du dimensionnement définitif (mission G3), il conviendra de s'assurer de la reprise de l'ensemble des efforts (horizontaux et verticaux) en phase définitive.

IV.2.2 Dallage

Les dallages seront traités en terre-plein dans la mesure où ils reposent en tout point sur la formation des Alluvions modernes, après interposition d'une couche de forme / réglage réceptionnée par essais à la plaque (ou tout autre procédé similaire et normatif) avec comme objectif l'obtention des critères suivants :

$$EV2 > 50,0 \text{ MPa}$$

$$EV2/EV1 < 2,2$$

$$Kw > 50,0 \text{ MPa/m}$$

IV.2.3 Tassements du plancher bas / Influences sur les ouvrages mitoyens

Sur la base des hypothèses du modèle géotechnique défini au paragraphe IV.1, la contrainte verticale de sol initiale (σ_{v0}) existante avant le début des travaux est égale à :

- au niveau de l'arase terrassement du PB R-2 :

  σ_{v0} = (28,25-27,00) * 18 + (27,00-26,80)*20 = 26,5 KN/m²

- au niveau de l'arase terrassement de la fosse de relevage :

  σ_{v0} = (28,25-27,00) * 18 + (27,00-25,70)*20 = 48,5 KN/m²

Les éléments de charge mis à notre disposition par le BET Structure donnent à l'ELS les valeurs suivantes :

- PB R-2 :

  G + Q = 6,25 + 4,00 = 10,25 KN/m²

- fosse de relevage

  G + Q = 6,25 + 11 = 17,25 KN/m²

Le projet induit une décharge des sols existants par rapport à l'état initial des sols. Les tassements seront donc fonction de la qualité d'exécution du fond de fouille et de la couche de forme / réglage associée.

Par ailleurs, la cote du débord de fondation et les niveaux d'assises du mur mitoyen reconnu en RF5 se situant en deçà des niveaux projets, le projet ne nécessite pas de quelconques travaux de reprise en sous-œuvre ou renforcement des existants.

IV.2.4 Protection vis-à-vis des venues d'eau

Au droit de cet ouvrage, aucune protection particulière n'est envisagée en cas de remontée de nappe liée à une éventuelle crue de la Seine.

On prévoira donc la mise en place d'évents dans le dallage avant de permettre l'inondation des structures enterrées sans désordre pour les structures existantes et mitoyennes.

En revanche, le projet prévoit la mise en place d'une fosse de relevage destinée à récolter et à évacuer les éventuelles remontées de nappe.

Dans le cadre des reconnaissances préalables (G2AVP), aucun essai de perméabilité n'a été réalisé sur site. Nous recommandons donc à ce que ces essais soient envisagés dans le cadre de la mission G3 en cas de rencontre de niveau d'eau lors de terrassement. Il pourrait alors être envisagé la réalisation d'essais d'épuisement en fouille sous la supervision d'un hydrogéologue pour optimiser les débits de pompage et donc le dimensionnement des pompes de relevage à mettre en œuvre.

Sur la base des lithologies reconnues et de notre expérience dans un contexte similaire, nous proposons à ce stade de retenir une estimation de perméabilité de l'ordre de 1.10^{-4} m/s.

Selon la formule de Shneebeli et les hypothèses suivantes :

- surface trémie 1 : 15 m²
- périmètre trémie : 15 m
- cote EE : 32,66 NGF
- cote finie fosse de relevage : 25,90 NGF
- perméabilité : 1.10-4 m/s

L'estimation du débit nécessaire serait de l'ordre de 70 m^3/h.

On notera que cette estimation du débit nécessaire à traiter une crue centennale fixée à + 32,66 NGF ne concerne que la surface de la trémie 1 (15 m²) et que ce débit ne permet pas de traiter les existants et les mitoyens qui sont supposés d'ores et déjà protégés face à ce risque de crue.

Face à ces enjeux, nous renouvelons les recommandations émises lors de la G2AVP à savoir la réalisation d'une étude hydrogéologique complète.

Ces reconnaissances et études complémentaires devront être prévues dans le cadre de la mission G3 de l'Entreprise.

IV.3 Trémie 2

Le projet prévoit la réalisation d'ouvertures dans les murs existants et la création de linteaux en béton permettant la reprise des efforts générés par cette ouverture.

Ce projet n'induisant pas de modifications des descentes de charge existantes, il n'est pas prévu la création de nouveaux appuis, ni de terrassement dans le cadre de ce projet.

Ce projet relevant de considération structurelle n'amène pas de recommandation particulière de la part de la G2PRO.

L'intégrité des ouvrages existants et mitoyens devra être assurée par tous dispositifs adaptés (*étaiement ou autre*) à la reprise des charges du mur existant à ouvrir en phase provisoire, ainsi qu'en phase définitive au sein du linteau.

IV.4 Trémie 3

Le projet prévoit les travaux suivants :

- création d'ouvertures dans les murs existant au Rdc et au R-1
- démolition plancher existant et mise en place d'une dalle en caillebotis
- terrassement et création d'un local technique

IV.4.1 Création d'ouvertures dans les murs existants

Le projet prévoit la réalisation d'ouvertures dans les murs existants et la création de linteaux en béton permettant la reprise des efforts générés par cette ouverture.

Il n'est pas prévu la création de nouveaux appuis, ni de terrassement dans le cadre de ce projet.

Ce projet relevant de considération structurelle n'amène pas de recommandation particulière de la part de la G2PRO.

L'intégrité des ouvrages existants et mitoyens devra être assurée par tous dispositifs adaptés (étaiement ou autre) à la reprise des charges du mur existant à ouvrir en phase provisoire, ainsi qu'en phase définitive au sein du linteau.

IV.4.2 Démolition et terrassements

Dans le cadre du projet les hauteurs de terrassement attendues sont les suivantes :

- plancher PB R-2 : 28,69 NGF (cote PB R-1 existant) – 26,52 (cote PB R-2 projet) + 0,20 (épaisseur dalle béton) = 2 m 40 environ de terrassement (*arase à 26,32 NGF)*

Dans cette zone, la fouille RF4 réalisée depuis la cote + 28,74 NGF a mis en évidence une assise entre +25,24 NGF (coupe B) et + 25,39 (coupe A) ainsi qu'un niveau d'eau relevé à + 25,24 NGF.

Le niveau d'assise des fondations existantes reconnu en, RF4 étant relevé en deçà de la cote projet, aucune reprise en sous en œuvre n'apparait nécessaire.

La fouille de reconnaissance étant ponctuelle, la mission G3 devra confirmer ce point lors de la réalisation des travaux de terrassement.

On notera qu'un premier débord extérieur de 10 cm avait été mis en évidence à – 1 m 55 / cote existante (soit à 27,19 NGF) , puis un second débord de 15 cm à – 3 m 05 / cote existante (soit à + 25,69 NGF) sur la coupe A.

Sur la base du modèle géotechnique défini au paragraphe IV.1, les terrassements intéresseront donc les Remblais et les Alluvions modernes.

Compte tenu de la profondeur à atteindre par les fouilles (*profondeur supérieure à 1 m30*) et de la sensibilité des ouvrages mitoyens (*murs en maçonneries*), on s'orientera vers un terrassement par puits blindés ce afin de permettre un butonnage horizontal en face à face.

En première approche, nous proposons de retenir une largeur d'ouverture de 1 m 50. Toutefois, la méthodologie d'exécution devra faire l'objet d'une validation par un BET spécialisé.

Compte tenu des efforts à reprendre par le système de butonnage provisoire et définitif, on s'orientera vers un butonnage horizontal mis en œuvre entre les 2 faces opposées de la galerie. Un butonnage d'angle pourra être recherché le cas échéant

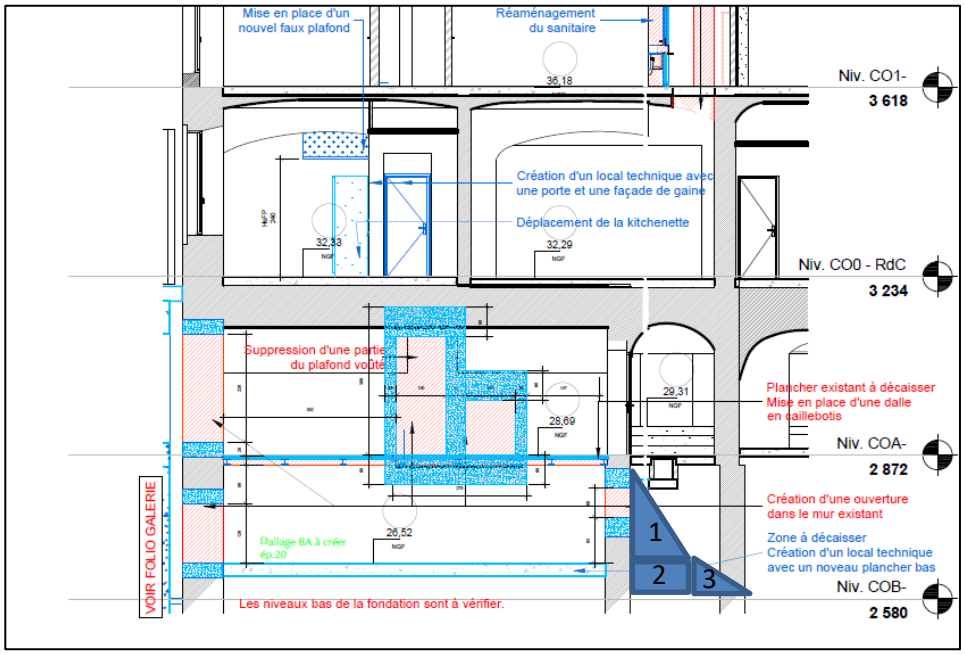
Les terrassements seront réalisés sous contrôle des déplacements, avec suivi hebdomadaire par un géomètre expert de profils de cibles posées en quantité suffisante sur les mitoyens et sur les voiles du projet.

De la même façon, les travaux de terrassement devront être suivis par un bureau d'étude spécialisé pour le compte du maître d'ouvrage (*Mission G4*) et pour le compte de l'entreprise (*Mission G3*), afin de s'assurer du respect des conditions de terrassements précitées, et afin d'adapter le mode opératoire le cas échéant.

Les seuils d'alerte et d'intervention seront définis et validés par un BET structure spécialiste en fonction des tolérances de déformation des voiles du projet et des existants.

Nous développerons à la suite du document les efforts de poussée s'appliquant au pied du terrassement projeté entre le niveau actuel (*28.69 NGF*) et l'arase terrassement de la fosse de relevage (*26,32 NGF*) et qui devra être repris par le système de butonnage provisoire et les planchers définitifs

Le schéma ci-dessous illustre la situation :



La poussée peut être décomposée de la manière suivante :

<u>1 : effort de poussée lié aux poids des terres dans les remblais depuis Z = 28,69 NGF</u>:

P1 = ½ Ka * ϒ * h² = 0,333 * 18 * (28,69-27,00)²/2 = **8,6 KN/ml**

<u>2 : effort de poussée des remblais</u> :

P2 = Ka * σ1 * (27,00-26,32) = **6,8 KN/ml**

<u>3 : effort de poussée lié aux poids des terres dans les Alluvions modernes</u>:

P3 = ½ Ka * ϒ * h² = 0,333 * 20 * (27,00-26,32)² = **1,5 KN/ml**

Soit un total de **16,9 KN/ml**.

La reprise de ces efforts horizontaux fera intervenir la paroi existante, les planchers partiellement conservés ainsi qu'un système de butonnage.

Il conviendra dans le cadre de la mission G3 de s'assurer de la répartition des poussées entre ces différentes parties et de la stabilité de l'ouvrage dans ces conditions provisoires.

Lors du dimensionnement définitif (mission G3), il conviendra de s'assurer de la reprise de l'ensemble des efforts (horizontaux et verticaux) en phase définitive.

IV.4.3 Dallage

Les dallages seront traités en terre-plein dans la mesure où ils reposent en tout point sur la formation des Alluvions modernes, après interposition d'une couche de forme / réglage réceptionnée par essais à la plaque (ou tout autre procédé similaire et normatif) avec comme objectif l'obtention des critères suivants :

$$EV2 > 50,0 \text{ MPa}$$

$$EV2/EV1 < 2,2$$

Kw > 50,0 MPa/m

IV.4.4 Tassements du plancher bas / Influences sur les ouvrages mitoyens

Sur la base des hypothèses du modèle géotechnique défini au paragraphe IV.1, la contrainte verticale de sol initiale (σ_{v0}) existante avant le début des travaux est égale à :

- au niveau de l'arase terrassement du PB R-2 projeté :

  σ_{v0} = (28,69-27,00) * 18 + (27,00-26,32)*20 = 44,0 KN/m²

Les éléments de charge mis à notre disposition par le BET Structure donnent à l'ELS les valeurs suivantes :

- PB R-2 :

  G + Q = 5 + 5 = 10 KN/m²

Le projet induit une décharge des sols existants par rapport à l'état initial des sols. Les tassements seront donc fonction de la qualité d'exécution du fond de fouille et de la couche de forme / réglage associée.

En revanche, le débord de fondation de 10 cm reconnu en RF4 à 27,19 NGF devra être prise en compte dans le dimensionnement définitif de l'ouvrage.

IV.4.5 Protection vis-à-vis des venues d'eau

Au droit de cet ouvrage, aucune protection particulière n'est envisagée en cas de remontée de nappe liée à une éventuelle crue de la Seine.

On prévoira donc la mise en place d'évents dans le dallage avant de permettre l'inondation des structures enterrées sans désordre pour les structures existantes et mitoyennes.

Aucune fosse de relevage n'est envisagée au droit de cet ouvrage.

IV.5 Trémie 4

Le projet prévoit les travaux suivants :

- création d'ouvertures dans les murs existant au R-1,
- démolition plancher existant et mur existant,
- reprise des charges par l'intermédiaires de 4 appuis isolées,
- terrassement et création d'une fosse de relevage.

IV.4.1 Création d'ouvertures dans les murs existants

Le projet prévoit la réalisation d'ouvertures dans les murs existants et la création de linteaux en béton permettant la reprise des efforts générés par cette ouverture.

Il n'est pas prévu la création de nouveaux appuis, ni de terrassement dans le cadre de ce projet.

Ce projet relevant de considération structurelle n'amène pas de recommandation particulière de la part de la G2PRO.

L'intégrité des ouvrages existants et mitoyens devra être assurée par tout dispositif adapté (étaiement ou autre) à la reprise des charges du mur existant à ouvrir en phase provisoire, ainsi qu'en phase définitive au sein du linteau.

IV.4.3 Création de 4 appuis isolés

En première approche et compte tenu des résultats de la fouille RF6 réalisée à l'emplacement du projet, nous proposons de retenir un niveau d'assise à + 24,80 NGF au toit des Alluvions Anciennes.

L'atteinte de ce niveau d'assise est susceptible de nécessiter des moyens de pompage en fond de fouille (*niveau d'eau à + 25,40 NGF lors de la réalisation de la fouille RF4 en juillet 2023*).

Il est à noter que la fouille de reconnaissance RF6 constitue une reconnaissance ponctuelle du niveau d'assise des existants et qu'il appartient à l'Entreprise dans le cadre de sa mission G3 de s'assurer du niveau d'assise des existants en périphérie du projet.

Sur la base du modèle géotechnique défini au paragraphe IV.1 et des dimensions de fondations anticipé sur les plans DCE, le dimensionnement des appuis isolés sous charge verticale centrée serait alors le suivant :

Cas de charge	DDC ELS CARAC (KN) - Vd	Largeur fondation (m)	longueur fondation (m)	surface (m²)	R0 (KN)	Rvd (KN)	Portance	tassement (mm)
1	600	1,3	2,0	2,60	0*	659,00	OK	6
2	710	1,2	2,10	2,52	0*	725,36	OK	6

* facteur R_0 volontairement négligé pour tenir compte du remaniement des Remblais et Alluvions modernes.

Il convient de s'assurer que les valeurs de tassements absolus définis précédemment décrits agissant comme tassements différentiels vis-à-vis des ouvrages existants soient compatibles avec les tolérances de déformation de l'ouvrage. Dans le cas contraire, la mission G3 devra alors anticiper un élargissement probable des semelles isolées.

Les notes de calcul réalisées sous le logiciel Foxta – Module Fond Sup sont présentes en annexe.

IV.4.2 Démolition et terrassements

Dans le cadre du projet les hauteurs de terrassement attendues sont les suivantes :

- plancher PB R-2 : 28,70 NGF (cote PB R-1 existant) – 27,10 (cote PB R-2 projet) + 0,20 (épaisseur dalle béton) = 1 m 80 environ de terrassement (*arase à 26,90 NGF)*

- Fosse de relevage : 28,70 NGF (cote PB R-1 existant) – 26,10 (cote fosse de relevage projet) + 0,20 (épaisseur dalle béton) =2 m 80 environ de terrassement (*arase à 25,90 NGF)*

Dans cette zone, la fouille RF6 réalisée depuis la cote + 28,70 NGF a mis en évidence une assise à 25,00 NGF ainsi qu'un niveau d'eau localisé à + 25,40 NGF.

On notera qu'aucun débord n'avait été identifié dans cette fouille.

Sur la base du modèle géotechnique défini au paragraphe IV.1, les terrassements intéresseront donc les Remblais et les Alluvions modernes.

Compte tenu de la profondeur à atteindre par les fouilles (*profondeur supérieure à 1 m30*)et de la sensibilité des ouvrages mitoyens (*murs en maçonneries*), on s'orientera vers un terrassement par puits blindés ce afin de permettre un butonnage horizontal en face à face.

En première approche, nous proposons de retenir une largeur d'ouverture de 1 m 50. Toutefois, la méthodologie d'exécution devra faire l'objet d'une validation par un BET spécialisé.

Compte tenu des efforts à reprendre par le système de butonnage provisoire et définitif, on s'orientera vers un butonnage horizontal mis en œuvre entre les 2 faces opposées de la galerie. Un butonnage d'angle pourra être recherché le cas échéant

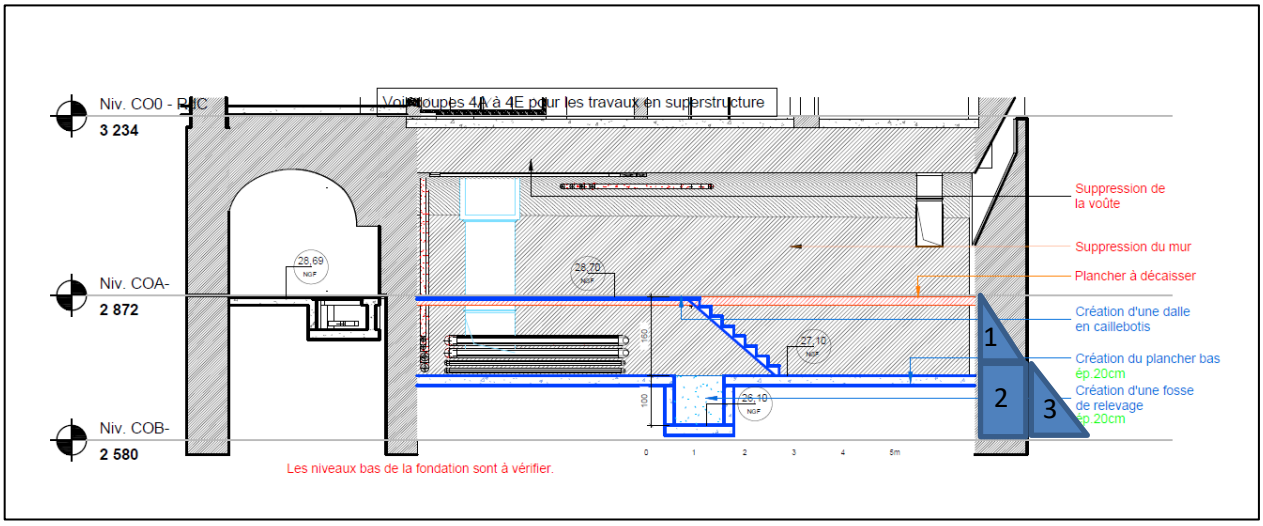
Les terrassements seront réalisés sous contrôle des déplacements, avec suivi hebdomadaire par un géomètre expert de profils de cibles posées en quantité suffisante sur les mitoyens et sur les voiles du projet.

De la même façon, les travaux de terrassement devront être suivis par un bureau d'étude spécialisé pour le compte du maître d'ouvrage (*Mission G4*) et pour le compte de l'entreprise (*Mission G3*), afin de s'assurer du respect des conditions de terrassements précitées, et afin d'adapter le mode opératoire le cas échéant.

Les seuils d'alerte et d'intervention seront définis et validés par un BET structure spécialiste en fonction des tolérances de déformation des voiles du projet et des existants.

Nous développerons à la suite du document les efforts de poussée s'appliquant au pied du terrassement projeté entre le niveau actuel (*28.70 NGF*) et l'arase terrassement de la fosse de relevage (*25,90 NGF*) et qui devra être repris par le système de butonnage provisoire et les planchers définitifs

Le schéma ci-dessous illustre la situation :



La poussée peut être décomposée de la manière suivante :

1 : effort de poussée lié aux poids des terres dans les remblais depuis Z = 28,70 NGF:

P1 = ½ Ka * ϒ * h² = 0,333 * 18 * (28,70-27,00)²/2 = **8,7 KN/ml**

2 : effort de poussée des remblais :

P2 = Ka * σ1 * (27,00-25,90) = **11,2 KN/ml**

3 : effort de poussée lié aux poids des terres dans les Alluvions modernes:

P3 = ½ Ka * ϒ * h² = 0,333 * 20 * (27,00-25,90)²/2 = **4,0 KN/ml**

Soit un total de **23,9 KN/ml**.

La reprise de ces efforts horizontaux fera intervenir la paroi existante, les planchers à créer ainsi qu'un système de butonnage.

Il conviendra dans le cadre de la mission G3 de s'assurer de la répartition des poussées entre ces différentes parties et de la stabilité de l'ouvrage dans ces conditions provisoires.

Lors du dimensionnement définitif (mission G3), il conviendra de s'assurer de la reprise de l'ensemble des efforts (horizontaux et verticaux) en phase définitive.

IV.4.3 Dallage

Les dallages seront traités en terre-plein dans la mesure où ils reposent en tout point sur la formation des Alluvions modernes, après interposition d'une couche de forme / réglage réceptionnée par essais à la plaque (ou tout autre procédé similaire et normatif) avec comme objectif l'obtention des critères suivants :

EV2 > 50,0 MPa
EV2/EV1 < 2,2
Kw > 50,0 MPa/m

IV.4.4 Tassements du plancher bas / Influences sur les ouvrages mitoyens

Sur la base des hypothèses du modèle géotechnique défini au paragraphe IV.1, la contrainte verticale de sol initiale (σ_{v0}) existante avant le début des travaux est égale à :

- au niveau de l'arase terrassement du PB R-2 projeté :

  σ_{v0} = (28,70-27,00) * 18 + (27,00-26,90)*20 = 32,6 KN/m²

- au niveau de l'arase terrassement de la fosse de relevage :

  σ_{v0} = (28,70-27,00) * 18 + (27,00-25,90)*20 = 52,6 KN/m²

Les éléments de charge mis à notre disposition par le BET Structure donnent à l'ELS les valeurs suivantes :

- PB R-2 :

  G + Q = 6,25 + 4,00 = 10,25 KN/m²

- fosse de relevage

  G + Q = 6,25 + 11 = 17,25 KN/m²

Le projet induit une décharge des sols existants par rapport à l'état initial des sols. Les tassements seront donc fonction de la qualité d'exécution du fond de fouille et de la couche de forme / réglage associée.

IV.4.5 Protection vis-à-vis des venues d'eau

Au droit de cet ouvrage, aucune protection particulière n'est envisagée en cas de remontée de nappe liée à une éventuelle crue de la Seine.

On prévoira donc la mise en place d'évents dans le dallage avant de permettre l'inondation des structures enterrées sans désordre pour les structures existantes et mitoyennes.

En revanche, le projet prévoit la mise en place d'une fosse de relevage destinée à récolter et à évacuer les éventuelles remontées de nappe.

Dans le cadre des reconnaissances préalables (G2AVP), aucun essai de perméabilité n'a été réalisé sur site. Nous recommandons donc à ce que ces essais soient envisagés dans le cadre de la mission G3 en cas de rencontre de niveau d'eau lors de terrassement. Il pourrait alors être envisagé la réalisation d'essais d'épuisement en fouille sous la supervision d'un hydrogéologue pour optimiser les débits de pompage et donc le dimensionnement des pompes de relevage à mettre en œuvre.

Sur la base des lithologies reconnues et de notre expérience dans un contexte similaire, nous proposons à ce stade de retenir une estimation de perméabilité de l'ordre de 1.10^{-4} m/s.

Selon la formule de Shneebeli et les hypothèses suivantes :

- surface trémie 4 : 60 m²
- périmètre trémie : 32 m
- cote EE : 32,66 NGF
- cote finie fosse de relevage : 26,10 NGF
- perméabilité : 1.10-4 m/s

L'estimation du débit nécessaire serait de l'ordre de 100 m^3/h.

On notera que cette estimation du débit nécessaire à traiter une crue centennale fixée à + 32,66 NGF ne concerne que la surface de la trémie 4 (60 m²) et que ce débit ne permet pas de traiter les existants et les mitoyens qui sont supposés d'ores et déjà protégés face à ce risque de crue.

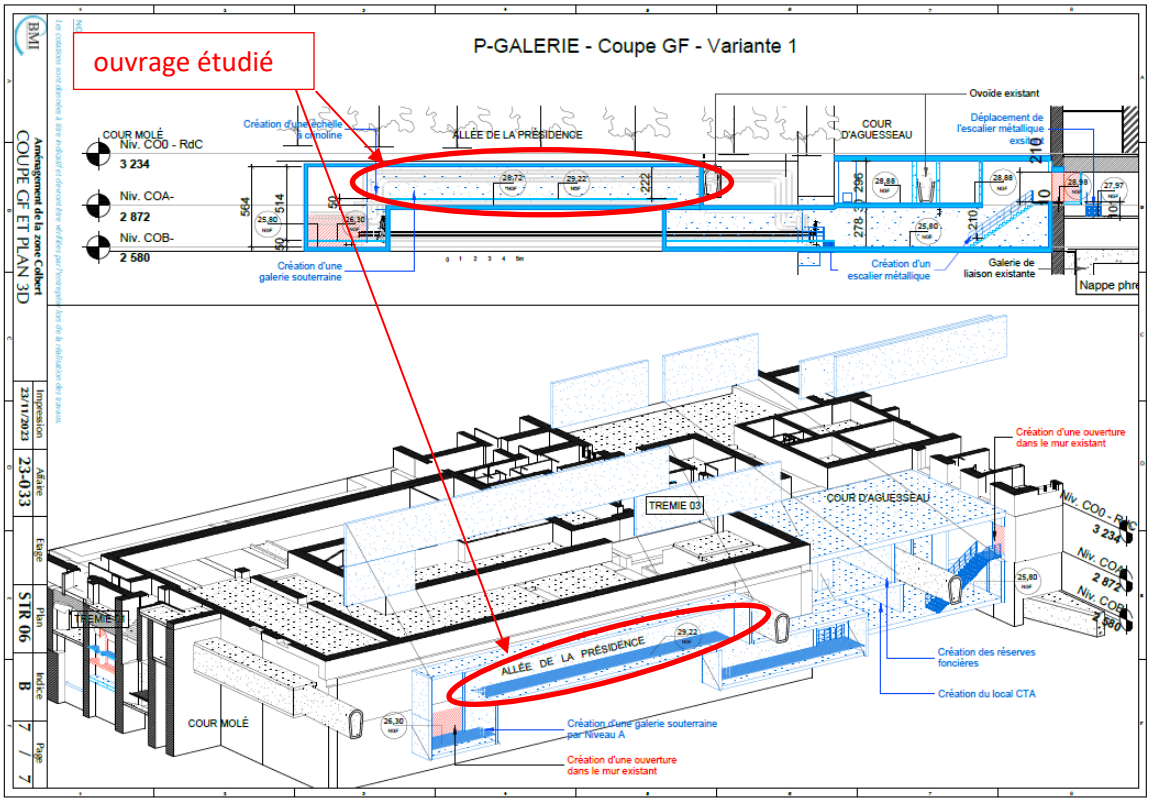
Face à ces enjeux, nous renouvelons les recommandations émises lors de la G2AVP à savoir la réalisation d'une étude hydrogéologique complète.

Ces reconnaissances et études complémentaires devront être prévues dans le cadre de la mission G3 de l'Entreprise.

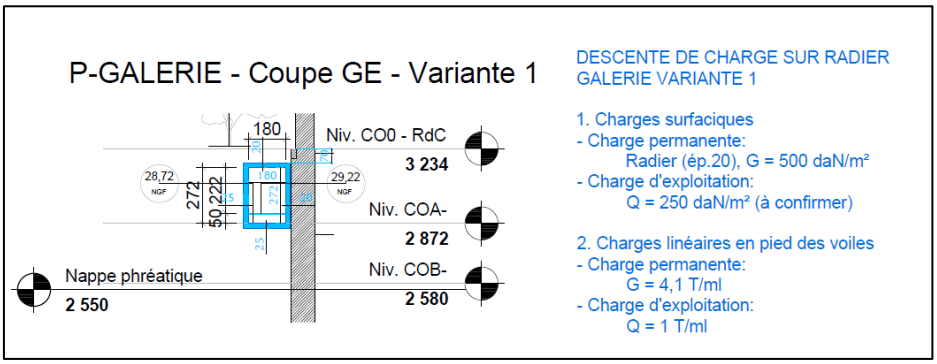
IV.6 Galerie Souterraine le long de l'Allée de la Présidence

Le projet prévoit la création d'une galerie réalisée par terrassement à ciel ouvert le long de l'Allée de la Présidence avec les caractéristiques suivantes :

- niveau fini : +28,72 NGF le long de l'allée de la Présidence (*soit une arase terrassement à la cote + 28,52 NGF)*
- niveau fini : + 25,80 NGF au niveau de la liaison Nord et de liaison avec la cour Aguesseau (*traité au paragraphe IV.7*)
- Largeur finie de la galerie : 1 m 80 (*soit 2 m 25 de largeur terrassée*)



Les éléments de charge mis à notre disposition par le BET Structure pour cet ouvrage sont les suivants :



IV.6.1 Terrassements

Dans le cadre du projet les hauteurs de terrassement attendues sont les suivantes :

- plancher PB galerie : 32,50 NGF (cote TN moyen) – 28,72 (cote projet) + 0,20 (épaisseur dalle béton) = 4 m environ de terrassement (*arase terrassement à 28,52 NGF)*

Dans cette zone, la fouille RF2 réalisée depuis la cote + 32,34 NGF a mis en évidence une assise à 24,74 NGF ainsi qu'un niveau d'eau localisé à + 24,74 NGF. En période équivalente, le terrassement de cette partie de la galerie technique devrait s'effectuer hors nappe (*EC proposée= 26,72 NGF*).

On notera la présence d'un premier débord de 25 cm à – 0 m 65 / TN (*soit à la cote + 31,69 NGF)* puis d'un second débord de 32 cm à – 6 m 90 / TN (soit à la cote + 25,44 NGF).

Le premier débord de fondation est donc susceptible d'impacter la position de la galerie et est à prendre en compte dans le dimensionnement définitif (*mission G3*).

Sur la base du modèle géotechnique défini au paragraphe IV.1, les terrassements intéresseront donc exclusivement les Remblais.

Compte tenu de la profondeur à atteindre par les fouilles (*profondeur supérieure à 1 m30*) et de la sensibilité des ouvrages mitoyens (*murs en maçonneries*), on adoptera un terrassement par puits blindés ce afin de permettre un butonnage horizontal en face à face, et de limiter la décompression des sols.

En première approche, nous proposons de retenir une largeur d'ouverture de 1 m 50. Toutefois, la méthodologie d'exécution devra faire l'objet d'une validation par un BET spécialisé.

Compte tenu des efforts à reprendre par le système de butonnage provisoire et définitif, on s'orientera vers un butonnage horizontal mis en œuvre entre les 2 faces opposées de la galerie. Un butonnage d'angle pourra être recherché le cas échéant en extrémité d'ouvrage.

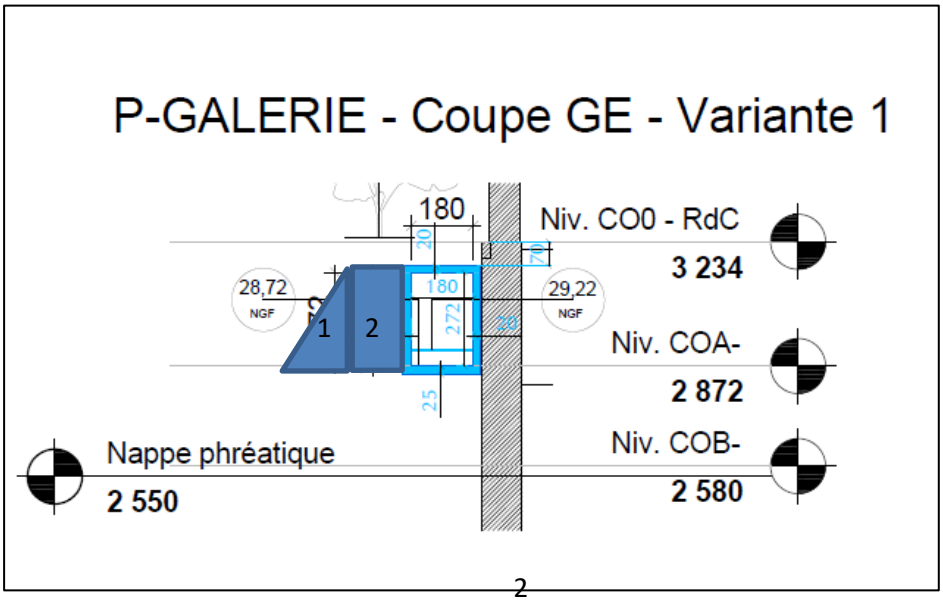
Les terrassements seront réalisés sous contrôle des déplacements, avec suivi hebdomadaire par un géomètre expert de profils de cibles posées en quantité suffisante sur les mitoyens et sur les voiles du projet.

De la même façon, les travaux de terrassement devront être suivis par un bureau d'étude spécialisé pour le compte du maître d'ouvrage (*Mission G4*) et pour le compte de l'entreprise (*Mission G3*) afin d'adapter le mode opératoire si nécessaire.

Les seuils d'alerte et d'intervention seront définis et validés par un BET structure spécialisé, en fonction des tolérances de déformation des voiles du projet et des existants.

Nous développerons à la suite du document les efforts de poussée s'appliquant au pied du terrassement projeté entre le niveau actuel (*32.50 NGF*) et l'arase terrassement de la galerie (*28.52 NGF*) et qui devra être repris par le système de butonnage provisoire et les planchers définitifs

Le schéma ci-dessous illustre la situation :



La poussée peut être décomposée de la manière suivante :

<u>1 : effort de poussée lié aux poids des terres dans les remblais depuis Z = 31,80 NGF</u>:

P1 = ½ Ka * ϒ * h² = 0,333 * 18 * (31,80-28,52)²/2 = **31,7 KN/ml**

<u>2 : effort de poussée lié aux circulations d'engins de chantier (*q = 20 KPa ; à confirmer dans le cadre de la mission G3)* et au poids des remblais de recouvrement</u>:

P2 = Ka * (q + σ1)* h= 0,33 * (20 + 18 * 0,7) * 3,22 **= 34,6 KN/ml**

Soit un total de **66,3 KN/ml**.

La reprise de ces efforts horizontaux fera intervenir la paroi existante, les planchers à créer ainsi qu'un système de butonnage.

Il conviendra dans le cadre de la mission G3 de s'assurer de la répartition des poussées entre ces différentes parties et de la stabilité de l'ouvrage dans ces conditions provisoires.

Lors du dimensionnement définitif (mission G3), il conviendra de s'assurer de la reprise de l'ensemble des efforts (horizontaux et verticaux) en phase définitive.

IV.6.2 Modélisation de la galerie

Selon les élements transmis par le BE Structure à savoir :

- une charge répartie de 7,5 KPa à l'ELS sur la dalle basse de la galerie
- des surcharges linéaires de 51 KN / ml à l'ELS sur les voiles de la galerie.

La modélisation de la galerie de caractéristiques suivantes :

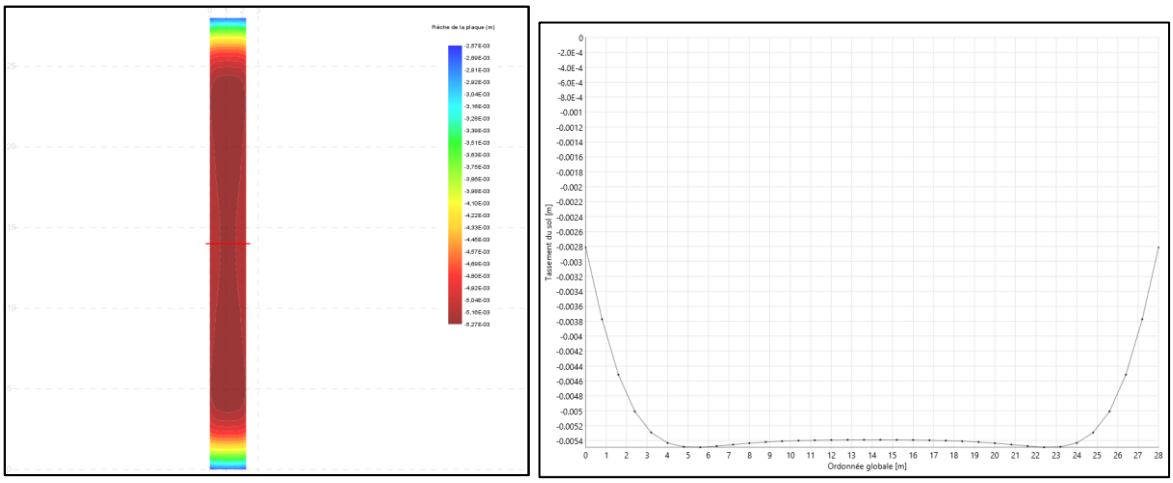
- base de la galerie : 28,52 NGF (*arase terrassement*),
- largeur : 2 m 25 (*soit 1 m 80 de largeur finie*),
- longueur : 28 m,
- épaisseur de la dalle basse : 0,25 m,
- Module Young du béton : 20GPa,
- coefficient de Poisson : 0.

Dans le cadre de la modélisation, les modules de Young (Es) ont été considérés sur la base de modules de rechargement Er estimés à 2 * E_m et synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Formation géologique	Module pressiométrique E_m (kPa)	Module de rechargement estimé (kPa)	Module de Young Es (kPa)
Remblais	3000	6000	9000
Alluvions modernes	2000	4000	8000
Alluvions Anciennes	9000	18000	72000

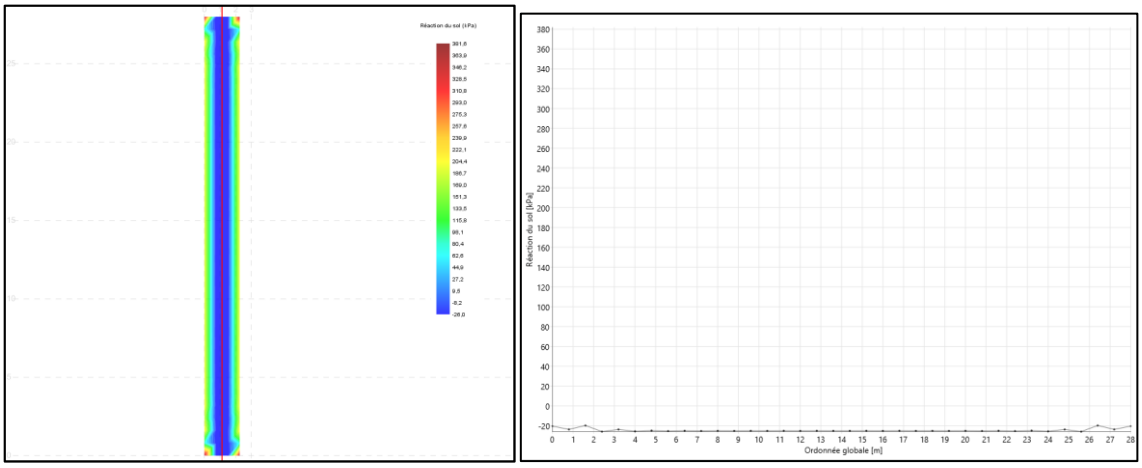
Les résultats obtenus sont les suivants :

Tassement du sol :



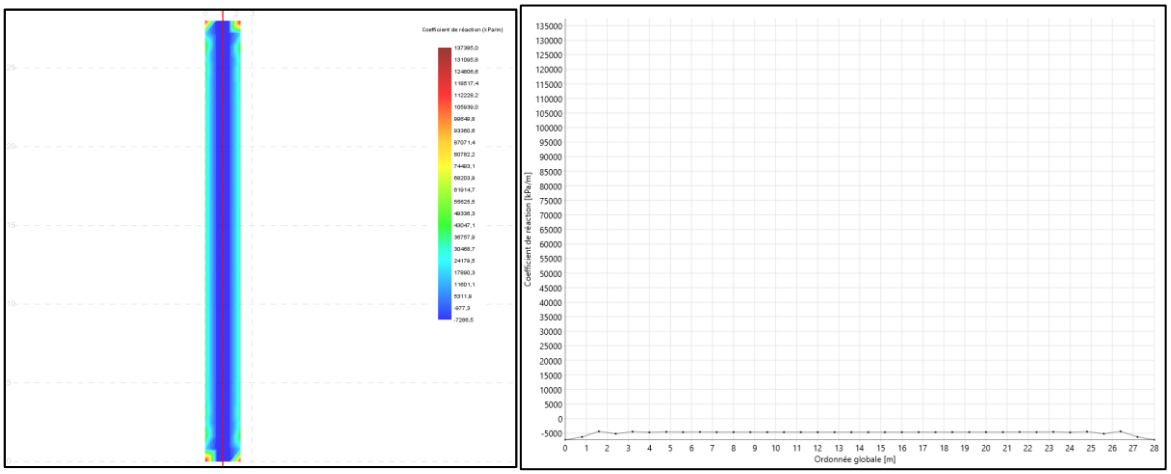
Soit un tassement maximal de l'ordre de 5 mm.

Réaction du sol :



Soit une réaction moyenne du sol de – 25 KPa.

Coefficient de réaction :



Soit un coefficient de réaction de – 5.10^3 KPa/m.

Les résultats de la modélisation sous le logiciel Foxta – Module Tasplaq sont présents en annexe.

IV.6.3 Dallage

Les dallages seront traités en terre-plein dans la mesure après interposition d'une couche de forme / réglage réceptionnée par essais à la plaque (*ou tout autre procédé similaire et normatif*) avec comme objectif l'obtention des critères suivants :

EV2 > 50,0 MPa

EV2/EV1 < 2,2

Kw > 50,0 MPa/m

IV.6.4 Influences sur les ouvrages mitoyens

Sur la base des hypothèses du modèle géotechnique défini au paragraphe IV.1, la contrainte verticale de sol initiale (σ_{v0}) existante avant le début des travaux est égale à :

- au niveau de l'arase terrassement du PB R-2 projeté :

  σ_{v0} = (32,50-28,52) * 18 = 72 KN/m² soit 72 KPa.

Soit une contrainte largement supérieure à la contrainte de réaction du sol négative définie au paragraphe IV.6.2.

On constate par cette démonstration que le projet induit une décharge des sols existants par rapport à l'état initial des sols.

Dans ces conditions, il peut être considéré que le projet n'induit pas de surcharge sur les voiles mitoyens.

IV.6.5 Protection vis-à-vis des venues d'eau

Au droit de cet ouvrage, aucune protection particulière n'est envisagée en cas de remontée de nappe liée à une éventuelle crue de la Seine.

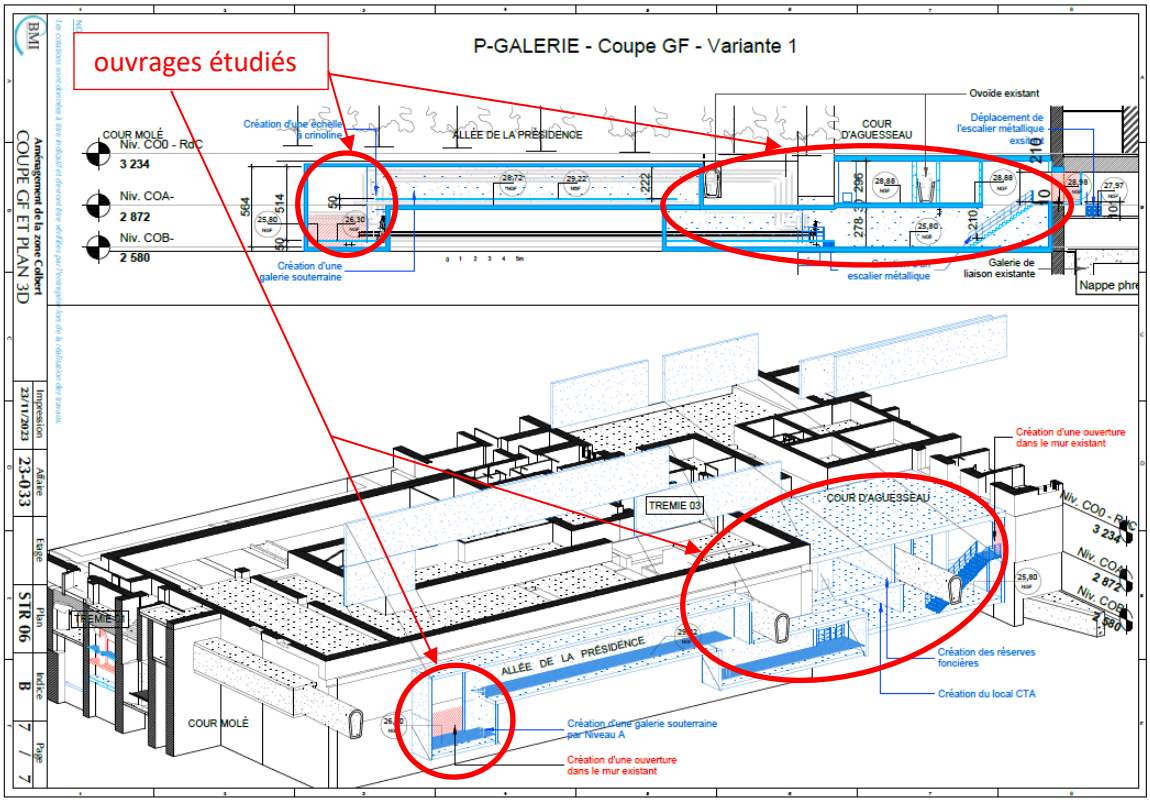
On prévoira donc la mise en place d'évents dans le dallage avant de permettre l'inondation des structures enterrées sans désordre pour les structures existantes et mitoyennes.

Le projet ne prévoit pas la mise en place de pompe de relevage dans ce secteur.

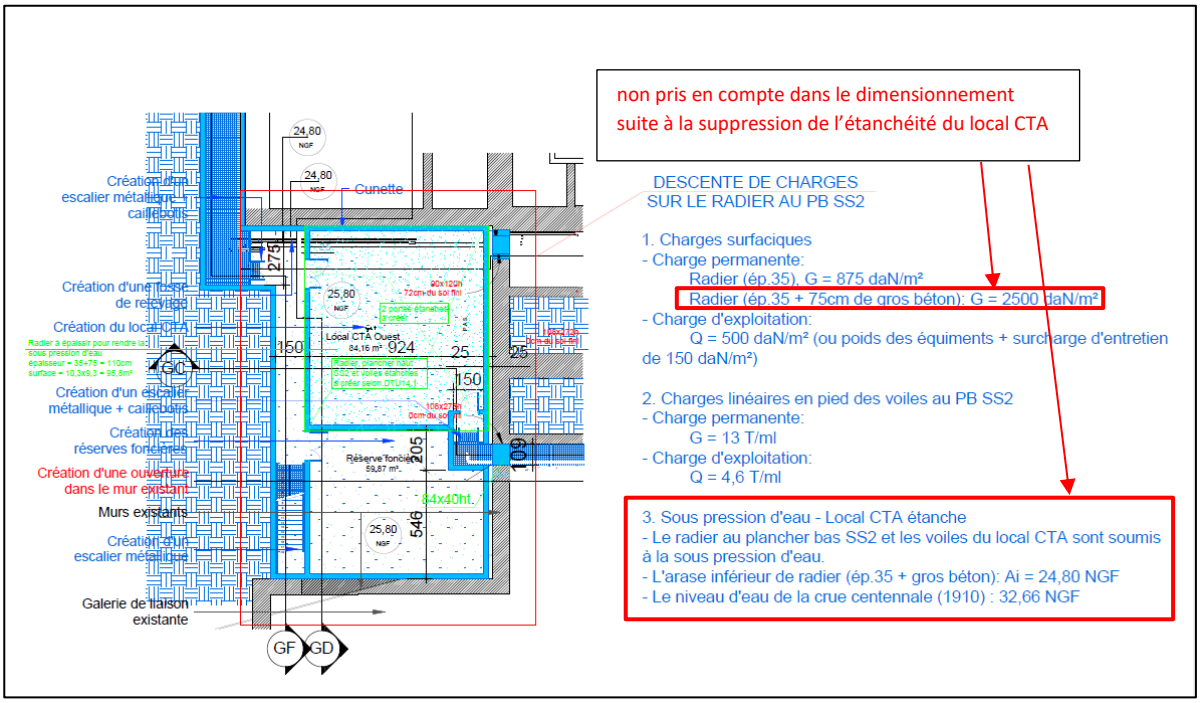
IV.7 Cour d'Aguesseau et galeries de liaison

Le projet prévoit la création de galeries et de niveaux en infrastructures réalisées par terrassement à ciel ouvert le long de l'Allée de la Présidence et sous la cour d'Aguesseau avec les caractéristiques suivantes :

- galeries de liaison : niveau fini : +25,80 NGF (*soit une arase terrassement à la cote + 25,55 NGF),*
- cour d'Aguesseau : niveau fini : + 25,80 NGF (*soit une arase terrassement à la cote + 25,45 NGF),*
- local CTA : niveau fini : + 25,80 NGF (*soit une arase terrassement à la cote + 25,45 NGF – arase mise à jour suite à la suppression du cuvelage*),
- fosse de relevage : niveau fini : + 24,80 NGF (*soit une arase terrassement à la cote + 24,55 NGF*)



Les éléments de charge mis à notre disposition par le BET Structure pour cet ouvrage sont les suivants :



IV.7.1 Terrassements

Dans le cadre du projet les hauteurs de terrassement attendues sont les suivantes :

- plancher PB R-2 : 32,50 NGF (cote TN moyen) – 25,80 (cote projet) + 0,35 (épaisseur dalle non cuvelée) = 7,8 m environ de terrassement (*arase terrassement à 25,45 NGF).*

- fosse de relevage : 32,50 NGF (cote TN moyen) – 24,80 (cote projet) + 0,25 (épaisseur dalle béton local CTA) = 8 m environ de terrassement (*arase terrassement à 24,55 NGF).*

Au Nord et à l'Est de la cour d'Aguesseau, les fouilles RF1 et RF4 ont permis de mettre en évidence des niveaux d'assise des existants suivants :

- + 25,01 NGF (RF1 coupe B),
- + 25,36 NGF (RF1 coupe A),
- +25,39 NGF (RF4 coupe A),
- + 25,24 NGF (RF4 coupe B).

Les débords décrits au paragraphe II.2 et sur les coupes figurant en annexe sont à prendre en considération pour l'implantation des ouvrages.

Seul le mitoyen au Sud de la Cour d'Aguesseau n'a pas fait l'objet de reconnaissances de fondations.

Néanmoins les plans DCE transmis font apparaitre la présence d'une galerie existante dont l'assise est présentée en deçà des niveaux finis projetés (à *confirmer lors des travaux de terrassements qui seront réalisés par l'Entreprise*).

Nous considérons donc un niveau mitoyen côté Sud Cour d'Aguesseau en deçà des niveaux finis du projet, sans incidence particulière.

Sur la base du modèle géotechnique défini au paragraphe IV.1, les terrassements intéresseront donc les Remblais , les Alluvions modernes et la frange superficielle des Alluvions Anciennes.

Compte tenu de la profondeur à atteindre par les fouilles (*profondeur supérieure à 1 m30*) et de la sensibilité des ouvrages mitoyens (*murs en maçonneries*), on s'orientera vers un terrassement par puits blindés ce afin de permettre un butonnage horizontal en face à face.

En première approche, nous proposons de retenir une largeur d'ouverture de 1 m 50. Toutefois, la méthodologie d'exécution devra faire l'objet d'une validation par un BET spécialisé.

Compte tenu des efforts à reprendre par le système de butonnage provisoire et définitif, on s'orientera vers un butonnage horizontal mis en œuvre entre les 2 faces opposées du projet. Un butonnage d'angle pourra être recherché le cas échéant

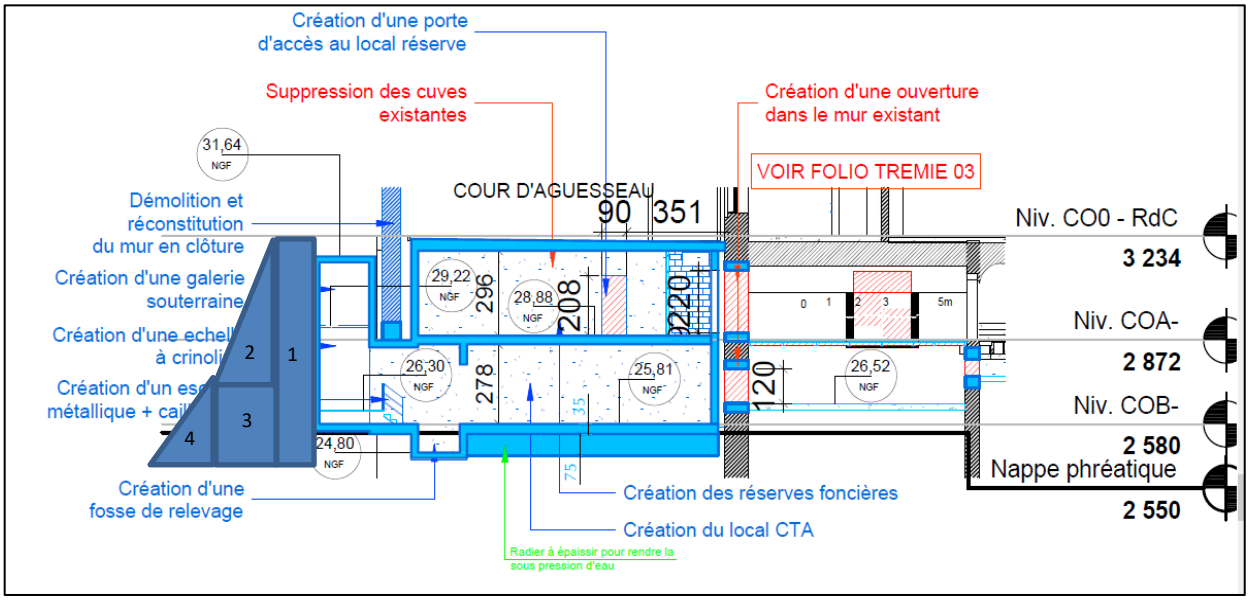
Les terrassements seront réalisés sous contrôle des déplacements, avec suivi hebdomadaire par un géomètre expert de profils de cibles posées en quantité suffisante sur les mitoyens et sur les voiles du projet.

De la même façon, les travaux de terrassement devront être suivis par un bureau d'étude spécialisé pour le compte du maître d'ouvrage (*Mission G4*) et pour le compte de l'entreprise (*Mission G3*), afin d'adapter le mode opératoire le cas échéant.

Les seuils d'alerte et d'intervention seront définis et validés par un BET structure spécialiste en fonction des tolérances de déformation des voiles du projet et des existants.

Nous développerons à la suite du document les efforts de poussée s'appliquant au pied du terrassement projeté entre le niveau actuel (*32.50 NGF*) et l'arase terrassement de la fosse de relevage (*24.55 NGF*) et qui devra être repris par le système de butonnage provisoire et les planchers définitifs

Le schéma ci-dessous illustre la situation :



La poussée peut être décomposée de la manière suivante :

1 : effort de poussée lié aux circulations d'engins de chantier (*q = 20 KPa ; à confirmer dans le cadre de la mission G3)* :

P1 = Ka * q * h = 0,33 * 20 * (32,50 – 24,55) = **52,5 KN/ml**

2 : effort de poussée lié aux poids des terres dans les remblais depuis Z = 32,50 NGF:

P2 = Ka * ϒ * h²/2 = 0,333 * 18 * (32,50-27,00)²/2 = **90,7 KN/ml**

3 : effort de poussée au poids des remblais:

P3 = Ka * σ_2 *h = 0,333 * (18*5,5) * (27,00 – 24,55) = **80,8 KN/ml**

4 : effort de poussée lié aux poids des terres dans les Alluvions modernes et anciennes depuis Z = 27,00 NGF:

P4 = Ka * ϒ * h²/2 = 0,333 * 20 * (27,00-24,55)²/2 = **20,0 KN/ml**

Soit un total de **244 KN/ml**.

La reprise de ces efforts horizontaux fera intervenir la paroi existante, les planchers à créer ainsi qu'un système de butonnage.

Il conviendra dans le cadre de la mission G3 de s'assurer de la répartition des poussées entre ces différentes parties et de la stabilité de l'ouvrage dans ces conditions provisoires.

Lors du dimensionnement définitif (mission G3), il conviendra de s'assurer de la reprise de l'ensemble des efforts (horizontaux et verticaux) en phase définitive.

IV.7.2 Modélisation des ouvrages

Selon les élements transmis par le BE Structure à savoir :

- une charge répartie de 13,75 KPa à l'ELS sur le radier d'épaisseur 35 cm (partie non cuvelée).
- des surcharges linéaires de 176 KN / ml à l'ELS sur les voiles de la galerie.

La modélisation de la galerie de caractéristiques suivantes :

partie non cuvelée + local CTA:

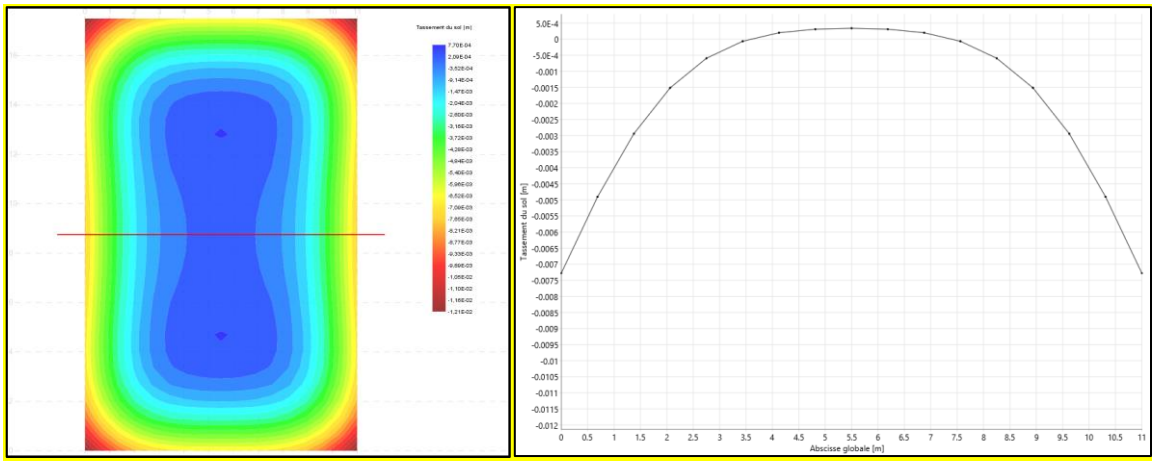
- base du radier: 25,45 NGF (*arase terrassement*),
- largeur : 11 m
- longueur : 17,5 m,
- épaisseur de la dalle : 0,35 m,
- Module Young du béton : 20 GPa,
- coefficient de Poisson : 0.

Dans le cadre de la modélisation, les modules de Young (Es) ont été considérés sur la base de modules de rechargement Er estimés à 2 * E_m et synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Formation géologique	Module pressiométrique E_m (kPa)	Module de rechargement estimé (kPa)	Module de Young Es (kPa)
Remblais	3000	6000	9000
Alluvions modernes	2000	4000	8000
Alluvions Anciennes	9000	18000	72000

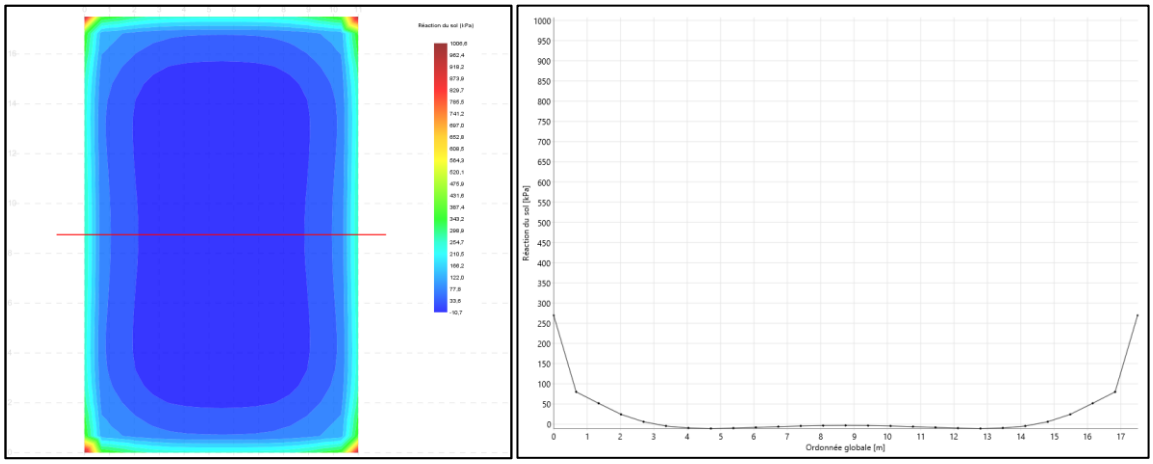
Les résultats obtenus sont les suivants:

Tassement du sol :



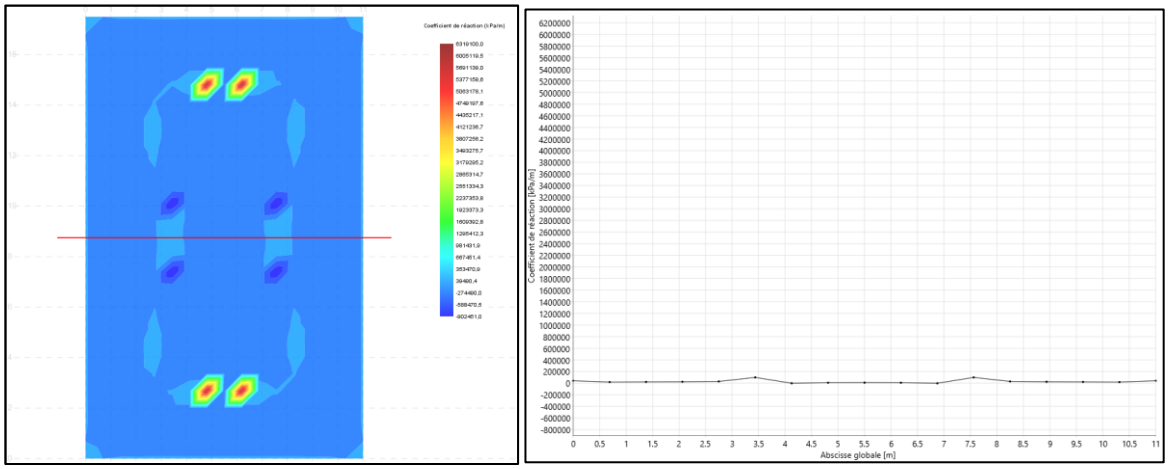
Soit un tassement maximal de l'ordre de 7 mm en périphérie du modèle (*appui linéaire*) et un tassement quasi nul au milieu du modèle, compte tenu de la décharge liée au terrassement des sols existants.

Réaction du sol :



Soit une réaction du sol moyenne de 4 KPa.

Coefficient de réaction :



Soit un coefficient de réaction moyen de 1.10^3 KPa/m.

Les résultats de la modélisation sous le logiciel Foxta – Module Tasplaq sont présents en annexe.

IV.7.3 Dallage

Les dallages seront traités en terre-plein dans la mesure après interposition d'une couche de forme / réglage réceptionnée par essais à la plaque (*ou tout autre procédé similaire et normatif*) avec comme objectif l'obtention des critères suivants :

EV2 > 50,0 MPa

EV2/EV1 < 2,2

Kw > 50,0 MPa/m

IV.7.4 Influences sur les ouvrages mitoyens

Sur la base des hypothèses du modèle géotechnique défini au paragraphe IV.1, la contrainte verticale de sol initiale (σ_{v0}) existante avant le début des travaux est égale à :

- au niveau de l'arase terrassement du PB R-2 projeté :

  σ_{v0} = (32,50-27,00) * 18 + (27,00-24,70) * 20 = 145 KN/m² soit 145 KPa.

Soit une contrainte largement supérieure à la contrainte de réaction du sol définie au paragraphe IV.6.2 de 35 KPa

On constate par cette démonstration que le projet induit une décharge des sols existants par rapport à l'état initial des sols.

Dans ces conditions, il peut être considéré que le projet n'induit pas de surcharge sur les voiles mitoyens.

IV.7.5 Protection vis-à-vis des venues d'eau

Au droit des ouvrages projetés, aucune protection particulière n'est envisagée en cas de remontée de nappe liée à une éventuelle crue de la Seine.

On prévoira donc la mise en place d'évents dans le dallage avant de permettre l'inondation des structures enterrées sans désordre pour les structures existantes et mitoyennes.

En revanche, le projet prévoit la mise en place d'une fosse de relevage destinée à récolter et à évacuer les éventuelles remontées de nappe.

Dans le cadre des reconnaissances préalables (G2AVP), aucun essai de perméabilité n'a été réalisé sur site. Nous recommandons donc à ce que ces essais soient prévus dans le cadre de la mission G3 en cas de rencontre de niveau d'eau lors de terrassement. Il pourrait alors être envisagé la réalisation d'essais d'épuisement en fouille sous la supervision d'un hydrogéologue pour optimiser les débits de pompage et donc le dimensionnement des pompes de relevage à mettre en œuvre.

Sur la base des lithologies reconnues et de notre expérience dans un contexte similaire, nous proposons à ce stade de retenir une estimation de perméabilité de l'ordre de 1.10^{-4} m/s.

Selon la formule de Shneebeli et les hypothèses suivantes :

- surface non cuvelée : 100 m²
- périmètre trémie : 57 m
- cote EE : 32,66 NGF
- cote finie fosse de relevage : 24,80 NGF
- perméabilité : 1.10-4 m/s

L'estimation du débit nécessaire serait de l'ordre de 200 m^3/h.

Face à ces enjeux, nous renouvelons les recommandations émises lors de la G2AVP à savoir la réalisation d'une étude hydrogéologique complète.

Ces reconnaissances et études complémentaires pourraient être envisagés dans le cadre de la mission G3 de l'Entreprise.

IV.8 Rabattement de nappe

Sur la base de la crue chantier proposée au paragraphe IV.1 à savoir EC = 26,72 NGF, différents ouvrages sont susceptibles d'interférer avec la nappe alluviale de la Seine lors des travaux de terrassements à savoir :

Cas	Ouvrage concerné	Niveau EC (NGF)	Arase terrassement (NGF)	hauteur d'eau à rabattre (m)
1	Trémie 1 - fosse de relevage	26,72	25,70	1,02
2	Trémie 3 - PB R-2	26,72	26,32	0,40
3	Trémie 4 - fosse de relevage	26,72	25,90	0,82
4	local CTA	26,72	25,45*	2,02
5	Cour Aguesseau - fosse de relevage	26,72	24,55	2,17
6	galeries de liaison	26,72	25,55	1,17
7	Cour Aguesseau - partie courante	26,72	25,45	1,27

*arase terrassement modifiée suite à la suppression du cuvelage.

Sur la base des lithologies reconnues et de notre expérience dans un contexte similaire, nous proposons à ce stade de retenir une estimation de perméabilité de l'ordre de 1.10^{-4} m/s.

Pour le cas de figure n°4 ci-dessus (*considéré comme le plus défavorable en raison de la surface concernée*) et selon la formule de Shneebeli et les hypothèses suivantes :

- surface concernée : 100 m²
- périmètre fouille : 80m
- cote EC : 26,72 NGF
- cote arase terrassement : 25,45 NGF
- perméabilité : 1.10-4 m/s

L'estimation du débit nécessaire serait de l'ordre de 15 à 30 m^3/h.

Face à ces enjeux, nous renouvelons les recommandations émises lors de la G2AVP à savoir la réalisation d'une étude hydrogéologique complète.

La création d'un cône de rabattement de nappe à proximité des ouvrages existants présente un risque important d'entrainement de fines susceptibles de diminuer notablement la capacité portante du sol d'assise et de réactiver les tassements.

C'est pourquoi nous recommandons fortement la réalisation d'une étude hydrogéologique complète associée à une modélisation du cône de rabattement sur cette partie de l'ouvrage.

Ces reconnaissances et études complémentaires pourraient être envisagés dans le cadre de la mission G3 de l'Entreprise.

CONDITIONS D'UTILISATION DU PRÉSENT DOCUMENT

1. **Géotechnique Appliquée Île-de-France** ne peut être en aucun cas tenu à une obligation de résultats car les prestations d'études et de conseil sont réputées incertaines par nature, **Géotechnique Appliquée Île-de-France** n'est donc tenu qu'à une obligation de moyens.

2. Le présent document et ses annexes constituent un tout indissociable. Les interprétations erronées qui pourront en être faites à partir d'une communication ou reproduction partielle ne sauraient engager la Société Géotechnique Appliquée Île-de-France. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.

3. Toute modification du projet initial concernant la conception, l'implantation, le niveau ou la taille de l'ouvrage devra être signalée à **Géotechnique Appliquée Île-de-France**. En effet, ces modifications peuvent être de nature à rendre caducs certains éléments ou la totalité des conclusions de l'étude.

4. Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, **Géotechnique Appliquée Île-de-France** a été amenée dans le présent document à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Maître d'Ouvrage ou à son Maître d'Œuvre de communiquer par écrit ses observations éventuelles à **Géotechnique Appliquée Île-de-France**, sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison être reproché à **Géotechnique Appliquée Île-de-France** d'avoir établi son étude pour le projet décrit dans le présent document.

5. Des éléments nouveaux mis en évidence lors de reconnaissances complémentaires ou lors de l'exécution des fouilles ou des fondations et n'ayant pu être détectés au cours des opérations de *reconnaissance (par exemple : failles, remblais anciens ou récents, caverne de dissolution, hétérogénéité localisée, venue d'eau, pollution, etc.)* peuvent rendre caduques les conclusions du présent document en tout ou en partie.

   Ces éléments nouveaux ainsi que tout incident important survenant au cours des travaux *(éboulements des fouilles, dégâts occasionnés aux constructions existantes, glissement de talus, etc.)* doivent être immédiatement signalés à **Géotechnique Appliquée Île-de-France** pour lui permettre de reconsidérer et d'adapter éventuellement les solutions initialement préconisées et ceci dans le cadre de missions complémentaires.

6. Pour les raisons développées au § 4, et sauf stipulation contraire explicite de la part de **Géotechnique Appliquée Île-de-France**, l'utilisation de la présente étude pour chiffrer, à forfait ou non, le coût de tout ou partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager la responsabilité de **Géotechnique Appliquée Île-de-France**. Une mission G2PRO minimum est nécessaire pour estimer des quantités, coûts et délais d'ouvrages géotechniques.

7. **Géotechnique Appliquée Île-de-France** ne pourrait être rendu responsable des modifications apportées à la présente étude sans son consentement écrit.

8. Il est vivement recommandé au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Œuvre ou à l'Entreprise de faire procéder, au moment de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des premiers pieux ou puits, à une visite de chantier par un spécialiste. Cette visite est normalement prévue par **Géotechnique Appliquée Île-de-France** lorsqu'elle est chargée d'une mission spécifique G4 de suivi de l'exécution des travaux de fondations. Le client est alors prié de prévenir **Géotechnique Appliquée Île-de-France** en temps utile.

   Cette visite a pour objet de vérifier que la nature des sols et la profondeur de l'horizon de fondation sont conformes aux données de l'étude. Elle donne lieu à l'établissement d'un compte-rendu.

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

10. Le Maître d'Ouvrage devra informer **Géotechnique Appliquée Île-de-France** de la Date Réelle d'Ouverture du Chantier *(DROC)* et faire réactualiser le présent document en cas d'ouverture de chantier plus de 2 ans après la date d'établissement du présent document. De même il est tenu d'informer **Géotechnique Appliquée Île-de-France** du montant global de l'opération et de la date prévisible de réception de l'ouvrage.

Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

(*Extraits de la norme NF P 94-500 du 30 novembre 2013 – Chapitre 4.2*)

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire doivent veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

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

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (*valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier*), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (*terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants*), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

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

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

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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

ANNEXES

Plan d'implantation des sondages

Sondages et fouilles

Notes de calcul

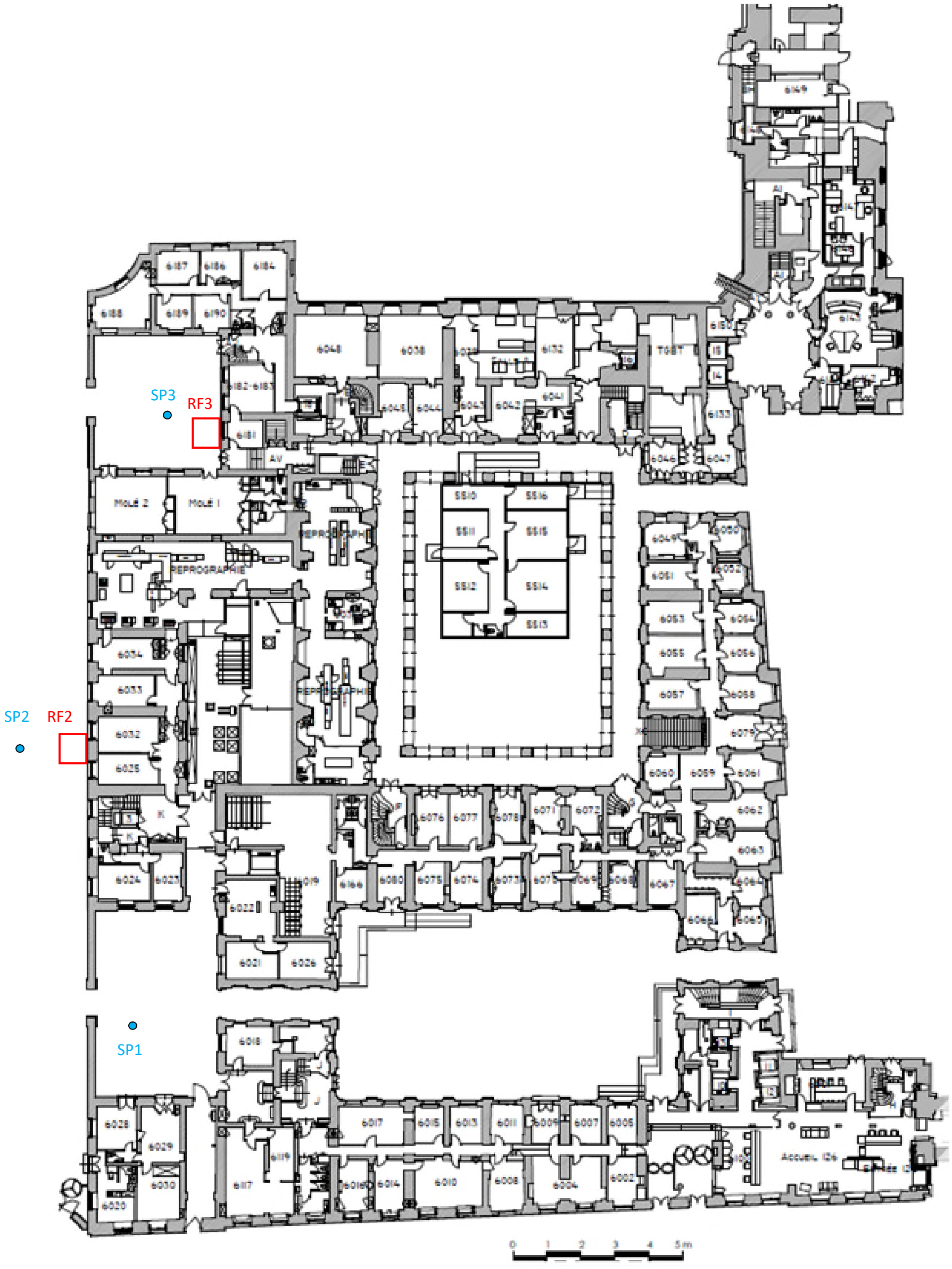
PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

PARIS 7
126 RUE L'UNIVERSITE

Schéma d'implantation des sondages

Affaire : 19037



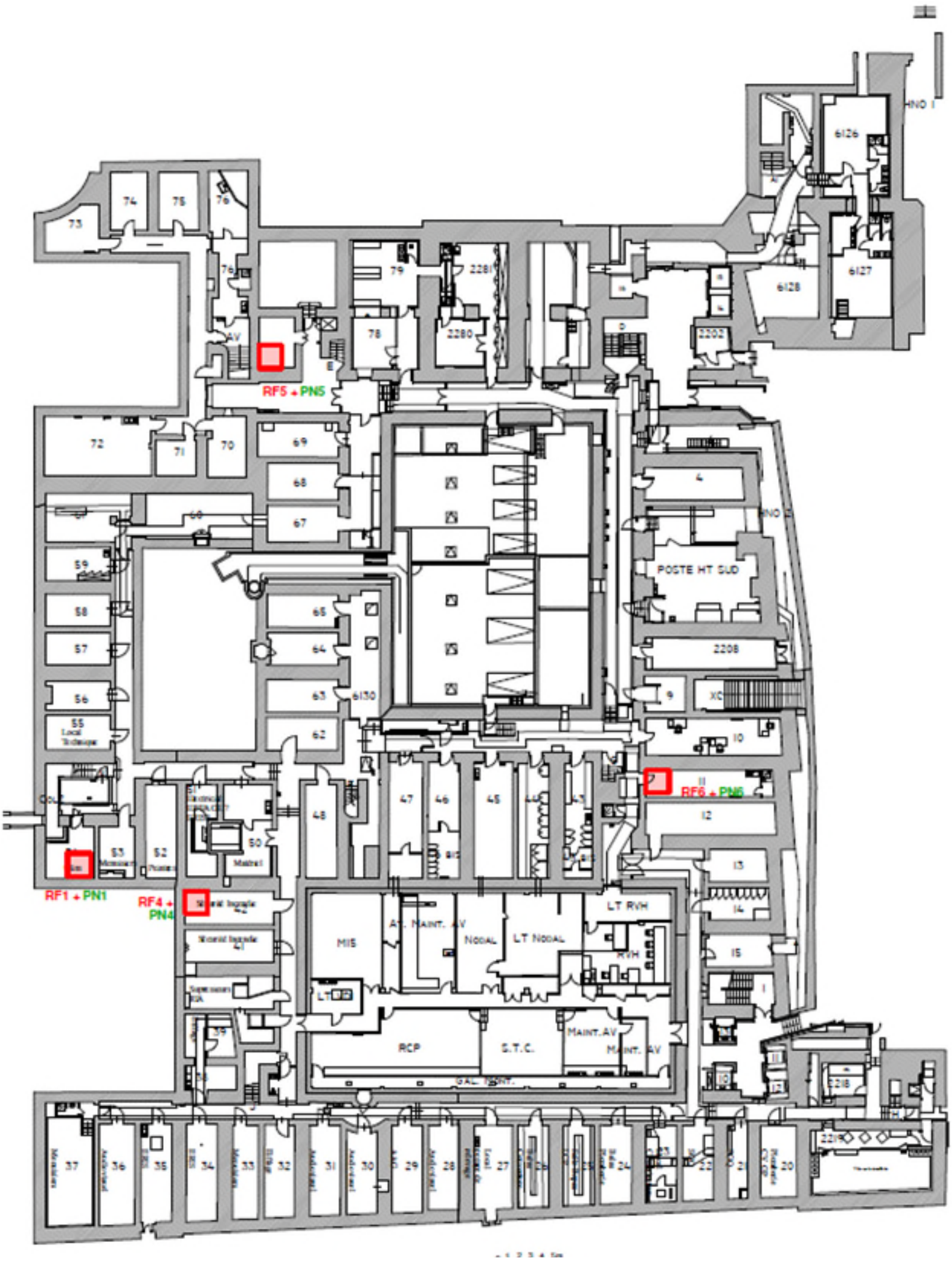
GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE
50 Rue Pierre Curie – 78370 PLAISIR
Tél. : 01 61 37 22 90
e-mail : geotechnique@geotechnique-idf.com

PARIS 7
126 RUE L'UNIVERSITE

Schéma d'implantation des sondages

Affaire : 19037

RENOVATION DE LA ZONE COLBERT
Niveau 1er sous-sol



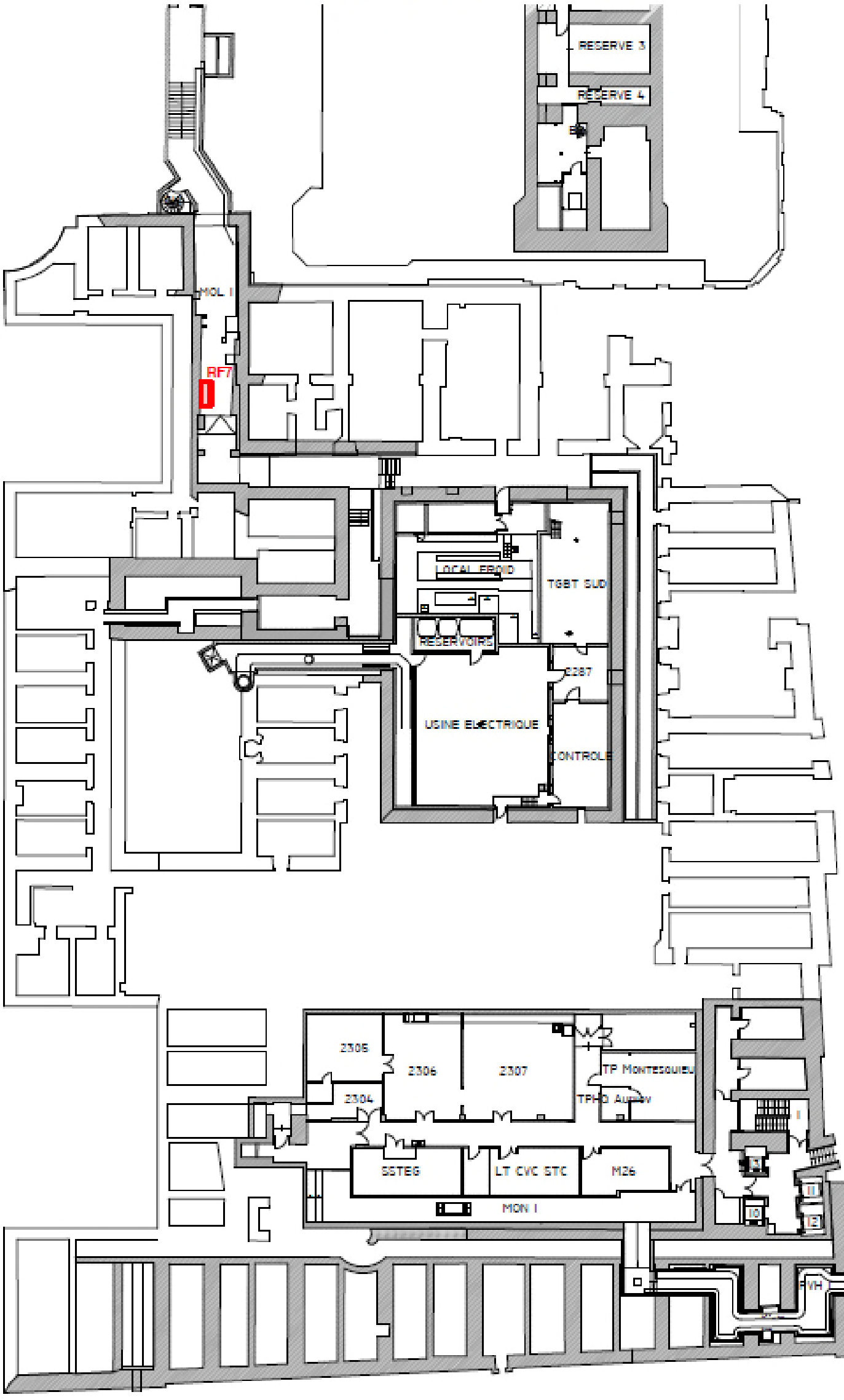
GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE
50 Rue Pierre Curie – 78370 PLAISIR
Tél. : 01 61 37 22 90
e-mail : geotechnique@geotechnique-idf.com

PARIS 7
126 RUE L'UNIVERSITE

Schéma d'implantation des sondages

Affaire : 19037

RENOVATION DE LA ZONE COLBERT
Niveau 2e sous-sol



SONDAGES ET FOUILLES DE RECONNAISSANCE

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

Site : PARIS 7
RUE DE L'UNIVERSITE

Affaire : 19037

Sondage : SP1
Inclinaison/Verticale :
Machine : TB175
Profondeur : 20,17

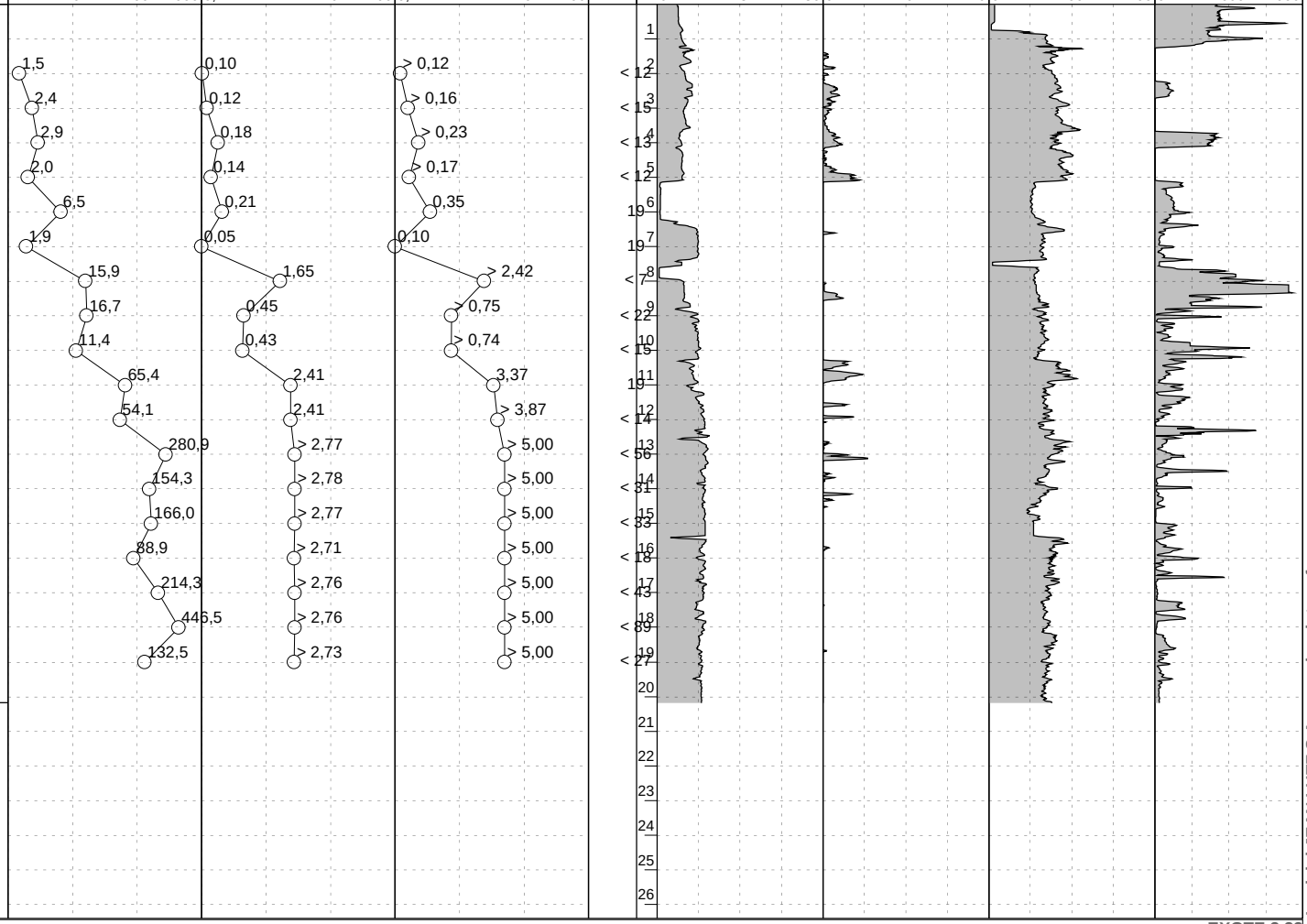
X :
Y :
Z : 32,25

Page : 1/1
Echelle : 1/200
Date : 11/08/2023

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie
27,25	5,00	Remblais supposés
24,75	7,50	Alluvions modernes supposées
21,75	10,50	Alluvions anciennes supposées
16,25	16,00	Calcaire grossier supposé
12,08	20,17	Sables du Soissonnais supposés

Eau : 7,05 m, 28/08/2023

Outil : Tricône Ø 66.7 mm, sonde Ø 44 mm, tube fendu Ø 63 mm



Observations :

Piézomètre Ø 52/60, longueur 20.30 m, crépiné de 6.00 à 20.30 m de profondeur

Tubage provisoire Ø 89 mm de 0.00 à 15.00 m de profondeur

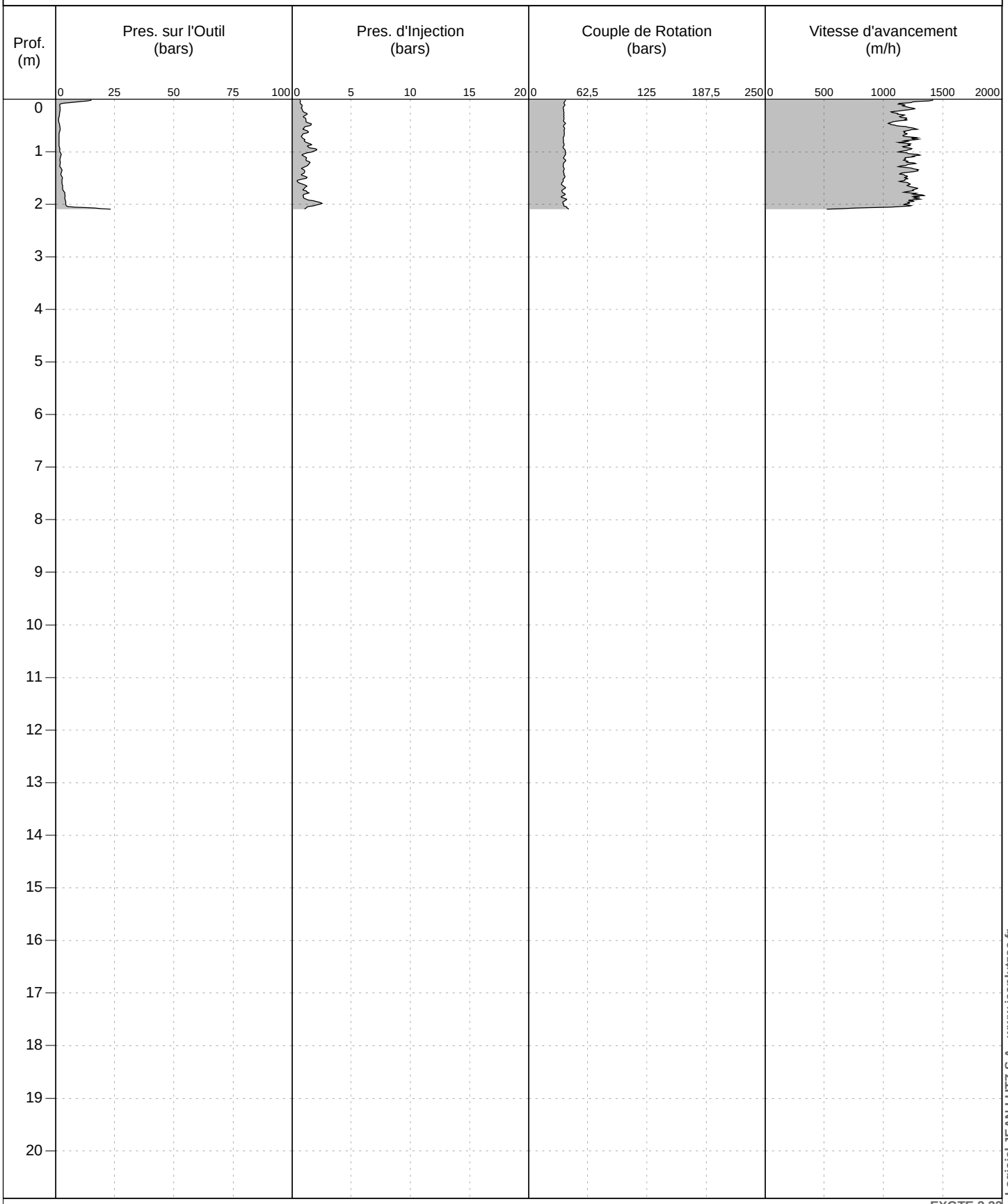
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr
EXGTE 3.23

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

PARIS 7
RUE DE L'UNIVERSITE

Forage : ET1SP1 — **Affaire : 19037**

Date	: **11/08/2023**	Profondeur	: **2,09 m**	Cote NGF	:
Echelle	: **1/100**	Machine	: **TB175**	X	:
		Angle	:	Y	:



Observations :

EXGTE 3.23

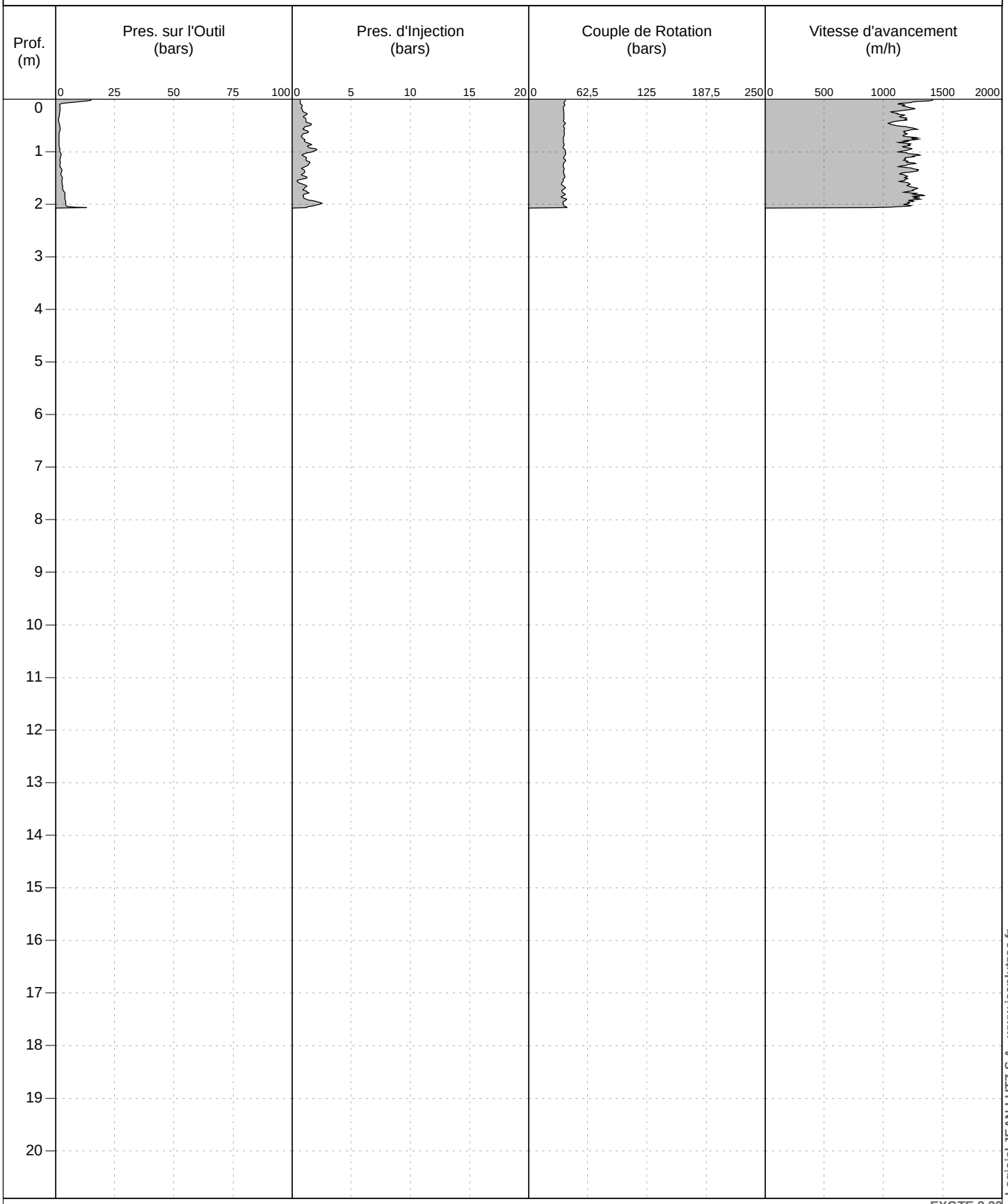
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

PARIS 7
RUE DE L'UNIVERSITE

Forage : ET2SP1 — **Affaire : 19037**

Date	: **11/08/2023**	Profondeur	: **2,09 m**	Cote NGF	:
Echelle	: **1/100**	Machine	: **TB175**	X	:
		Angle	:	Y	:



Observations :

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr
EXGTE 3.23

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE ILE DE FRANCE

Site : PARIS 7
RUE DE L'UNIVERSITE

Affaire : 19037

Sondage : SP2
Inclinaison/Verticale :
Machine : TB175
Profondeur : 20,04

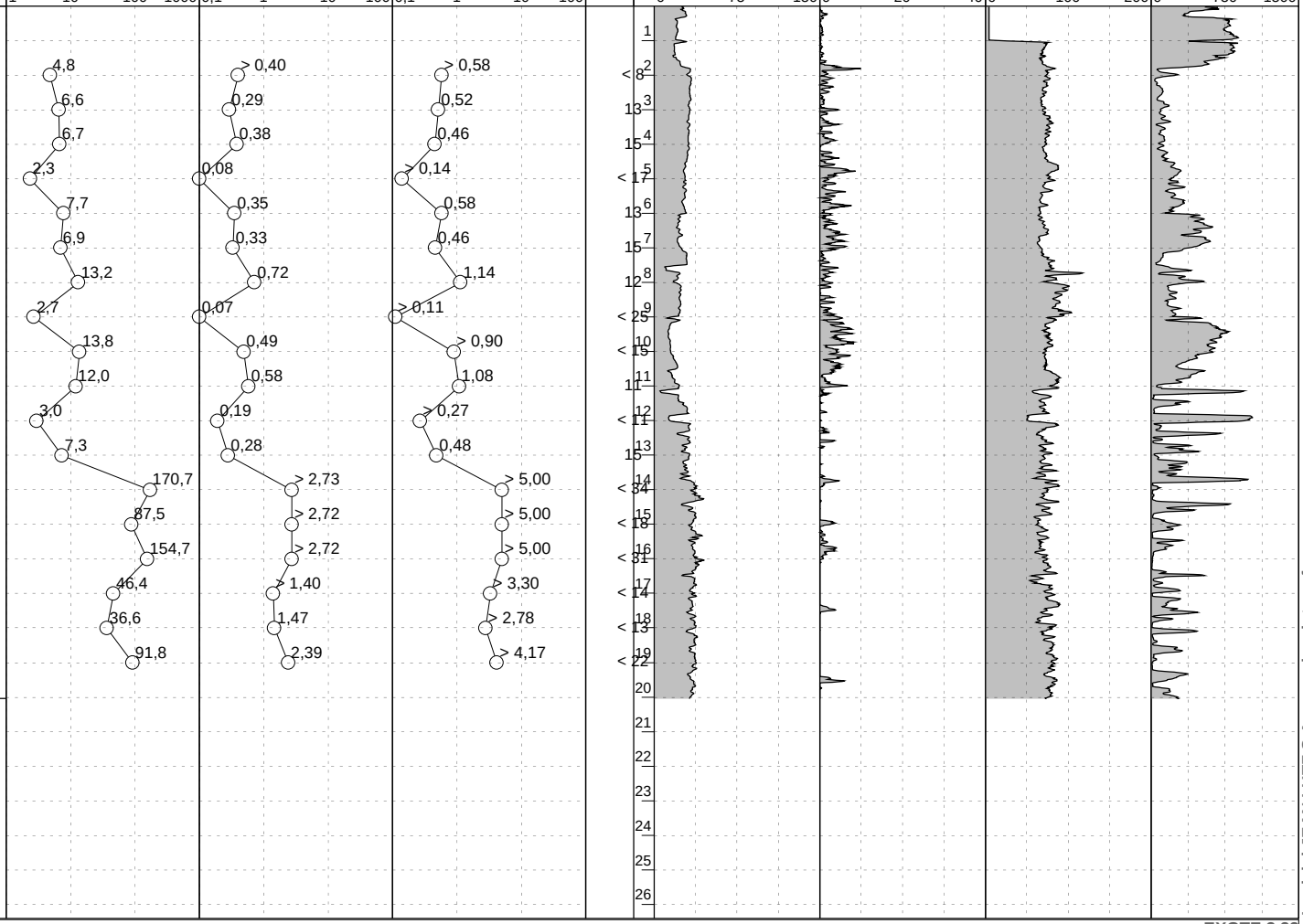
X :
Y :
Z : 32,34

Page : 1/1
Echelle : 1/200
Date : 08/08/2023

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie
26,64	5,70	Remblais supposés
24,84	7,50	Alluvions modernes supposées
21,34	11,00	Alluvions Anciennes supposées
19,14	13,20	Calcaire Grossier altéré
16,34	16,00	Calcaire Grossier supposé
12,30	20,04	Sables du Soissonnais supposés

Eau : 7,20 m, 28/08/2023

Outil : Tricône Ø 66.7 mm, sonde Ø 44 mm, tube fendu Ø 63 mm



Observations :

Piézomètre Ø 52/60 longueur 20.00 m crépiné de 0.00 à 6.00 m de profondeur

Tubage provisoire Ø 89 mm de 0.00 à 12.00 m de proondeur

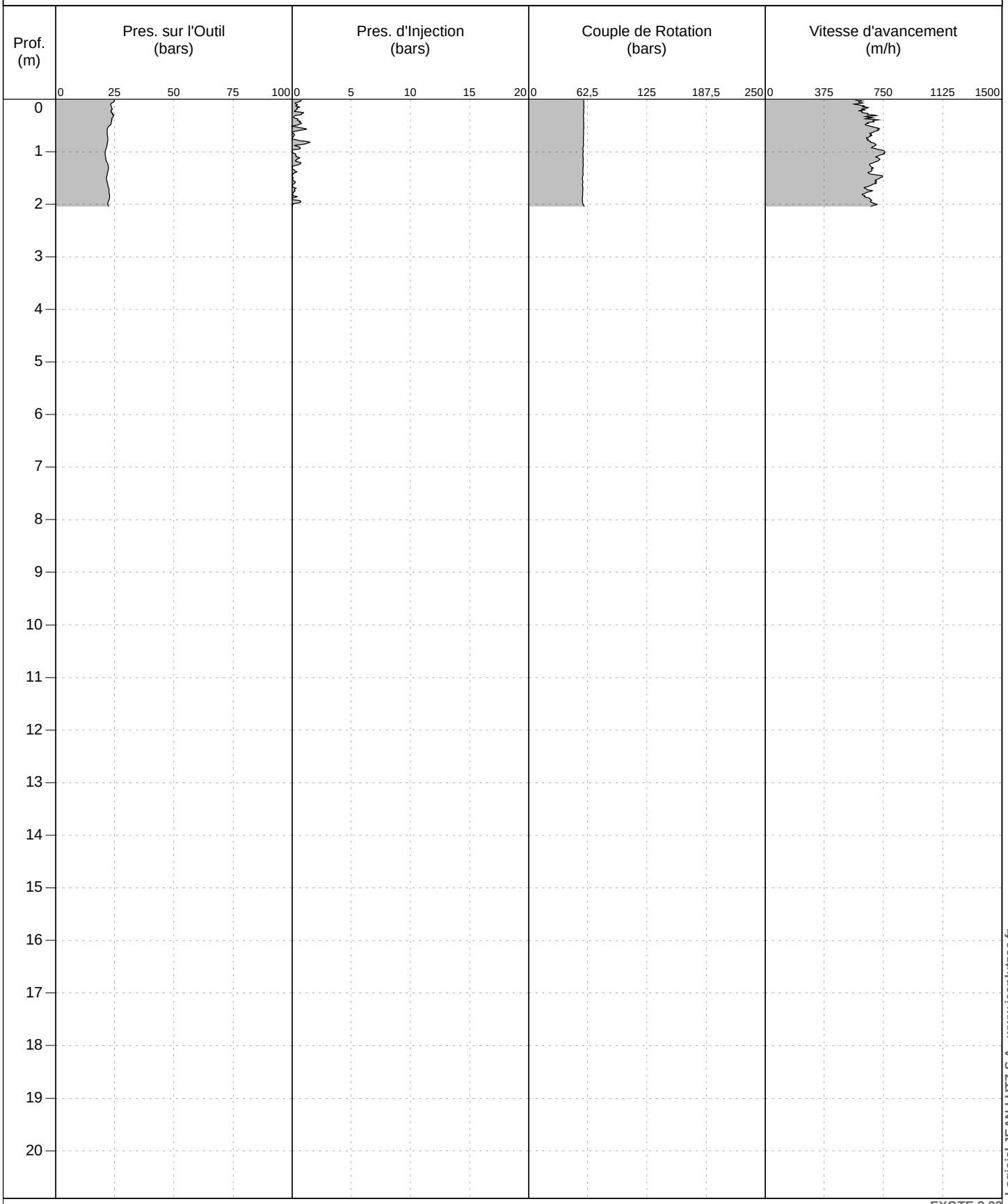
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr
EXGTE 3.23

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

PARIS 7
RUE DE L'UNIVERSITE

Forage : ET1SP2 — **Affaire : 19037**

Date	: **08/08/2023**	Profondeur	: **2,04 m**	Cote NGF	:
Echelle	: **1/100**	Machine	: **TB175**	X	:
		Angle	:	Y	:



Observations :

EXGTE 3.23

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

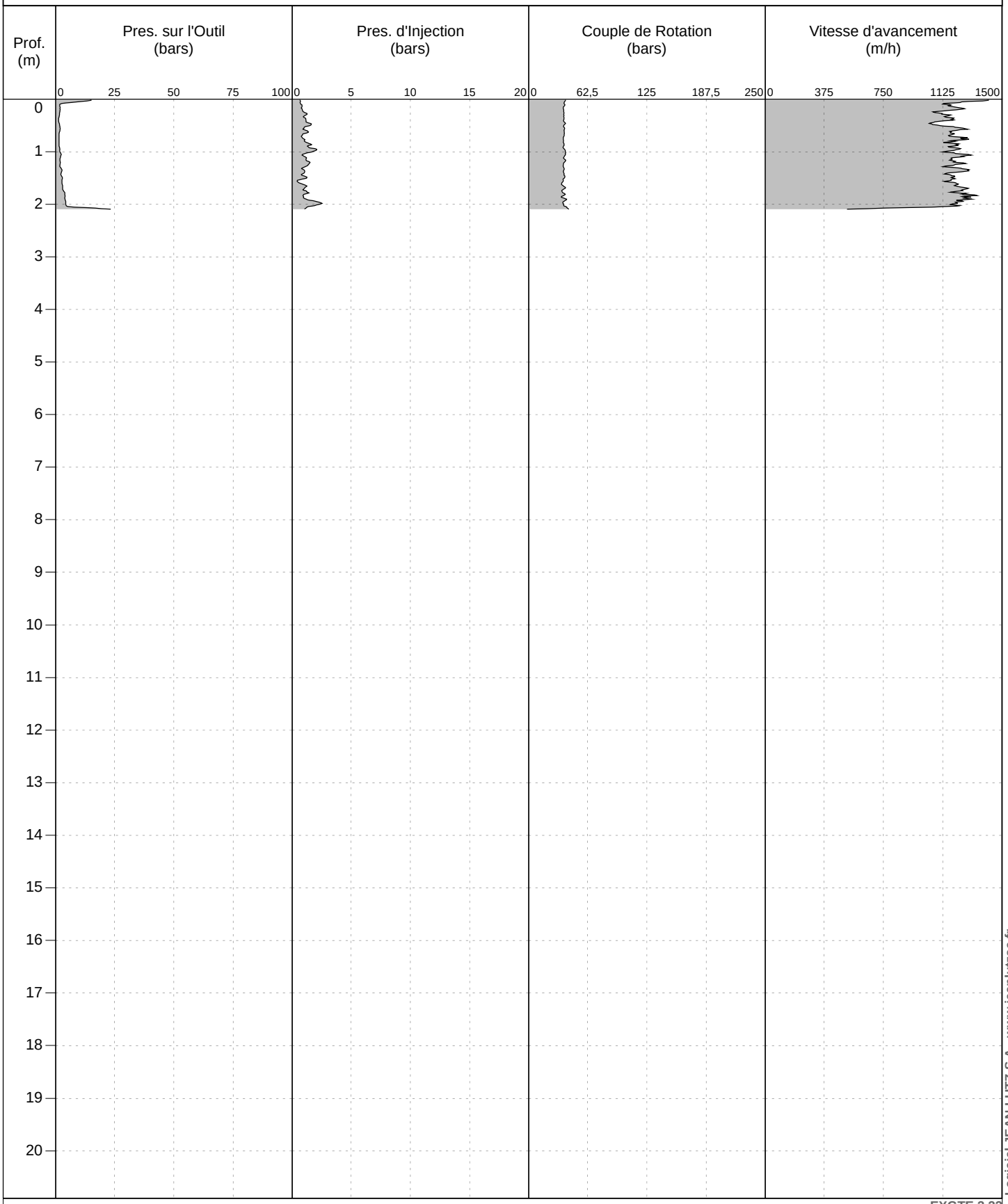
GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

PARIS 7
RUE DE L'UNIVERSITE

Forage : ET2SP2

Affaire : 19037

Date	: **08/08/2023**	Profondeur	: **2,04 m**	Cote NGF	:
Echelle	: **1/100**	Machine	: **TB175**	X	:
		Angle	:	Y	:



Observations :

EXGTE 3.23

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

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE ILE DE FRANCE

Site : PARIS 7
RUE DE L'UNIVERSITE

Affaire : 19037

Sondage : SP3
Inclinaison/Verticale :
Machine : TB175
Profondeur : 19,00

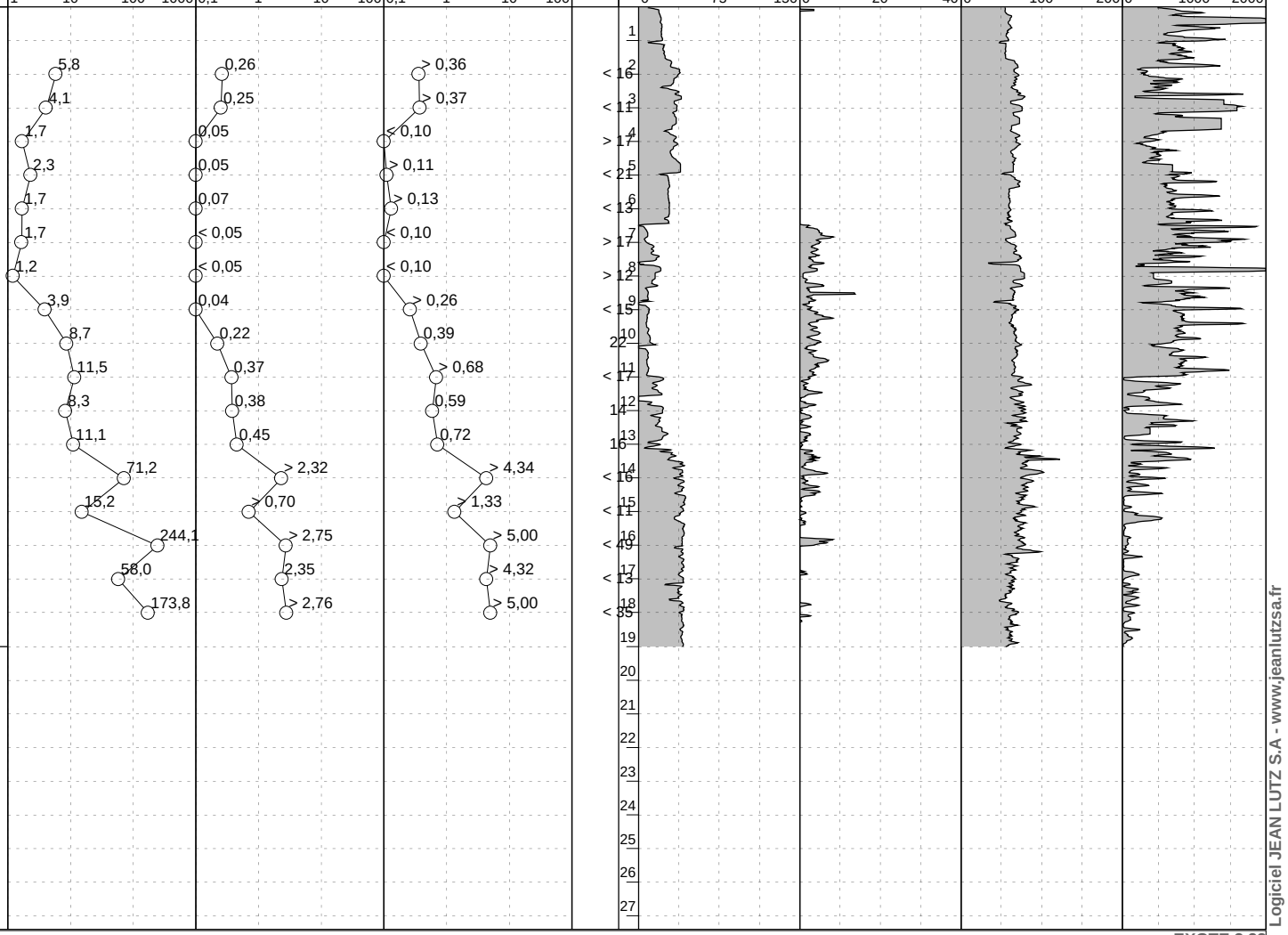
X :
Y :
Z : 33,52

Page : 1/1
Echelle : 1/200
Date : 08/08/2023

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie
29,92	3,60	Remblais supposés
24,52	9,00	Alluvions Modernes supposées
22,52	11,00	Alluvions Anciennes supposées
20,02	13,50	Calcaire Grossier altéré
17,52	16,00	Calcaire Grossier supposé
14,52	19,00	Sables du Soissonnais supposés

Eau : 7,85 m le 28/08/2023

Outil : Tricône Ø 66.7 mm, sonde Ø 44 mm, tube fendu Ø 63 mm



Observations :

Piézomètre Ø 52/60, longueur 19.00 m, crépiné de 6.00 à 19.00 m de profondeur

EXGTE 3.23

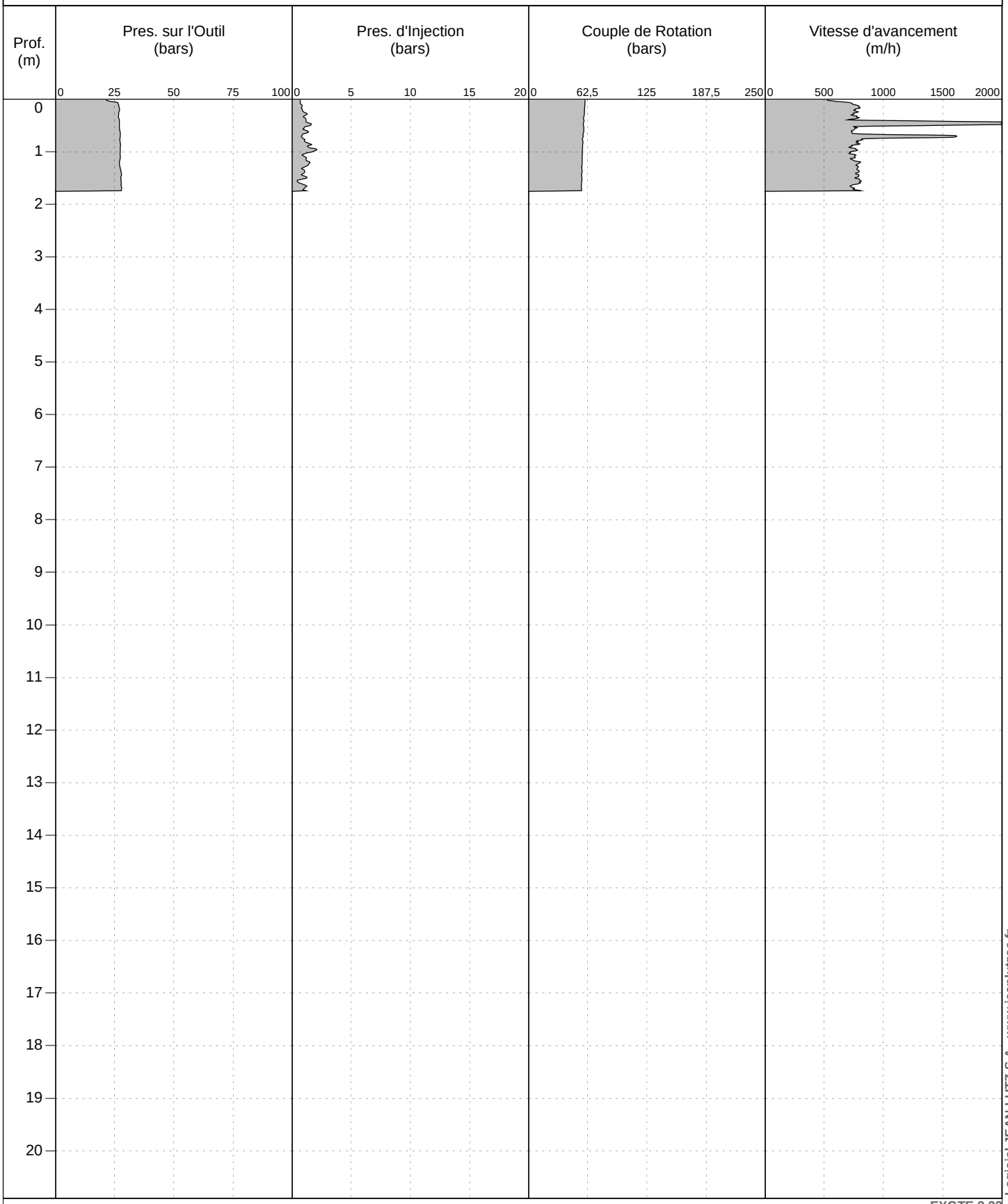
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

PARIS 7
RUE DE L'UNIVERSITE

Forage : ET1SP3 — **Affaire : 19037**

Date	: **08/08/2023**	Profondeur	: **1,77 m**	Cote NGF	:
Echelle	: **1/100**	Machine	: **TB175**	X	:
		Angle	:	Y	:



Observations :

EXGTE 3.23
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

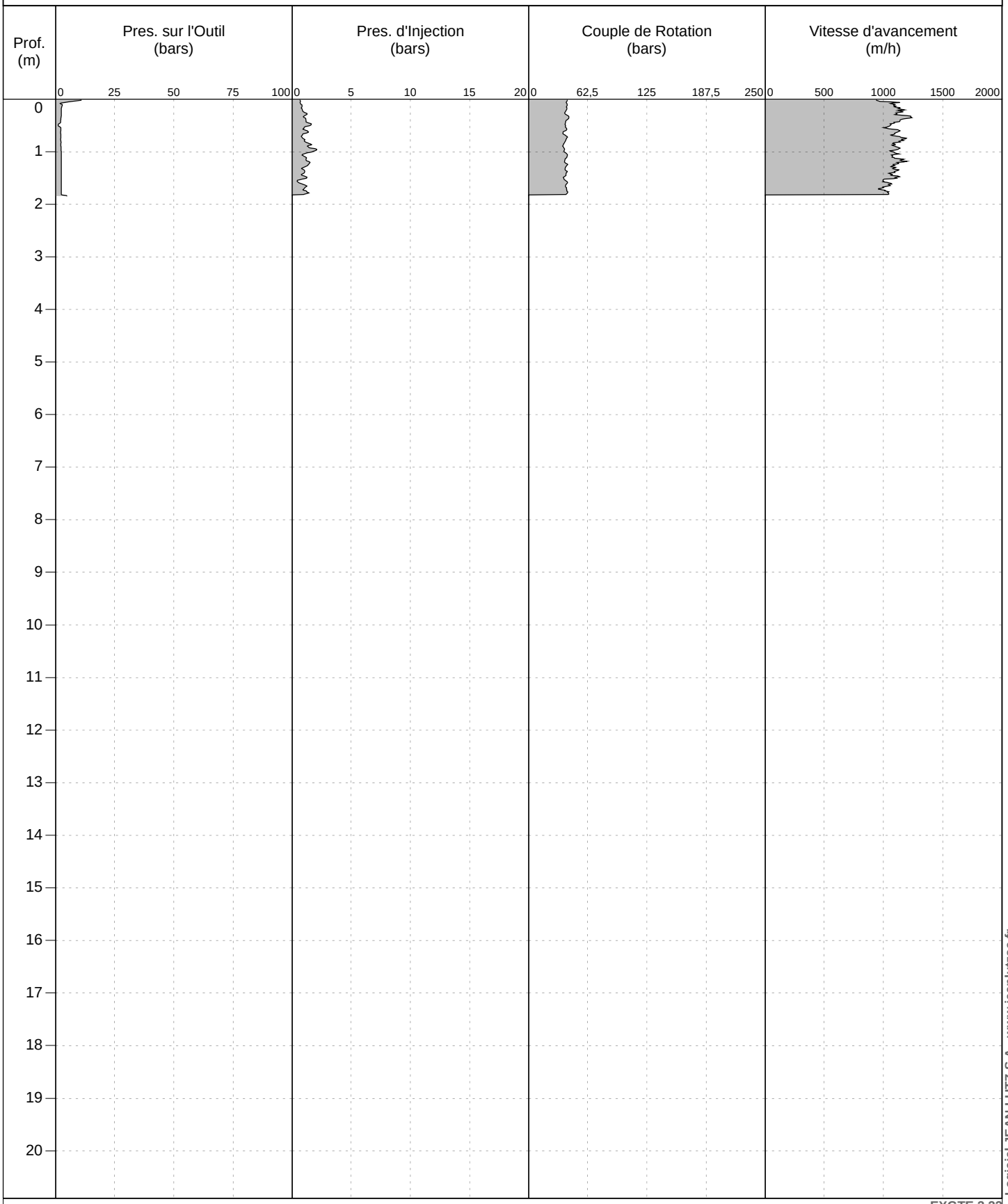
GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

PARIS 7
RUE DE L'UNIVERSITE

Forage : ET2SP3

Affaire : 19037

Date	: **08/08/2023**	Profondeur	: **1,84 m**	Cote NGF	:
Echelle	: **1/100**	Machine	: **TB175**	X	:
		Angle	:	Y	:



Observations :

EXGTE 3.23

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

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

PARIS 7
126 RUE L'UNIVERSITE

Forage : P1 — **Affaire : 19037**

Date	: **28/08/2023**	Profondeur	: **3,50 m**	Cote	: **28,86**
Echelle	: **1/100**	Machine	: PAGANI	X	:
		Angle	:	Y	:

Masse (kg)	Nb. Tiges	Résistance dynamique apparente (Rd en MPa)	Cote	Remarques
30	1	0,1 — 1 — 10 — 100	28	Refus à 3.50m Rd>50MPa
	2		27	
	3		26	
	4		25	
			24	
			23	
			22	
			21	
			20	
			19	
			18	
			17	
			16	
			15	
			14	
			13	
			12	
			11	
			10	
			9	

Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Masse mouton :	30 kg	Masse enclume :	17 kg
Hauteur de chute :	20 cm	Masse de la pointe :	0.21 kg
Section de la pointe :	10 cm²	Masse d'une tige :	3 kg

Observations :

EXGTE 3.23

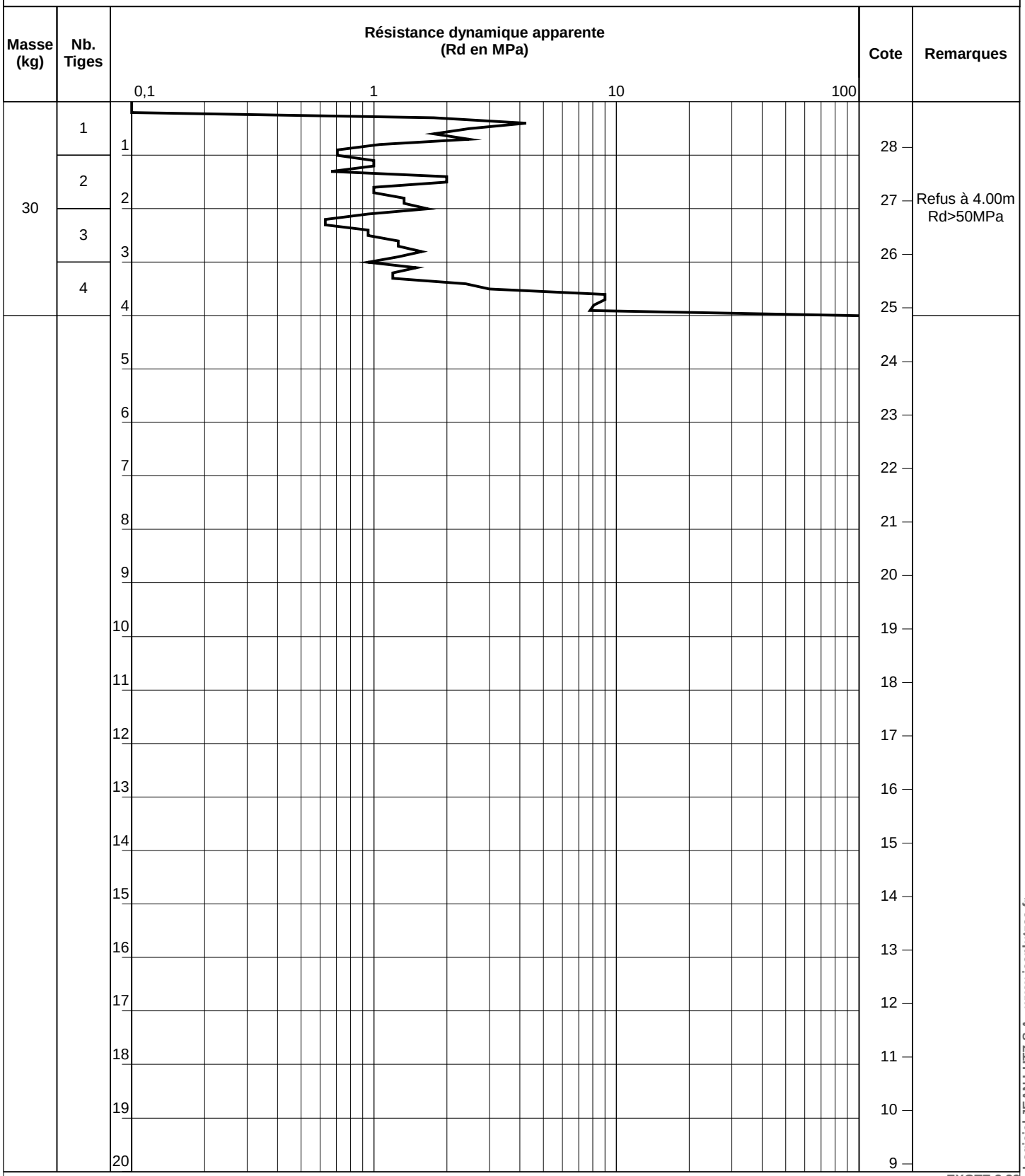
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

PARIS 7
126 RUE L'UNIVERSITE

Forage : P1 BIS — **Affaire : 19037**

Date	: **05/11/2019**	Profondeur	: **4,00 m**	Cote	: **28,86**
Echelle	: **1/100**	Machine	: PAGANI	X	:
		Angle	:	Y	:



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Masse mouton :	30 kg	Masse enclume :	17 kg
Hauteur de chute :	20 cm	Masse de la pointe :	0.21 kg
Section de la pointe :	10 cm²	Masse d'une tige :	3 kg

Observations :

EXGTE 3.23

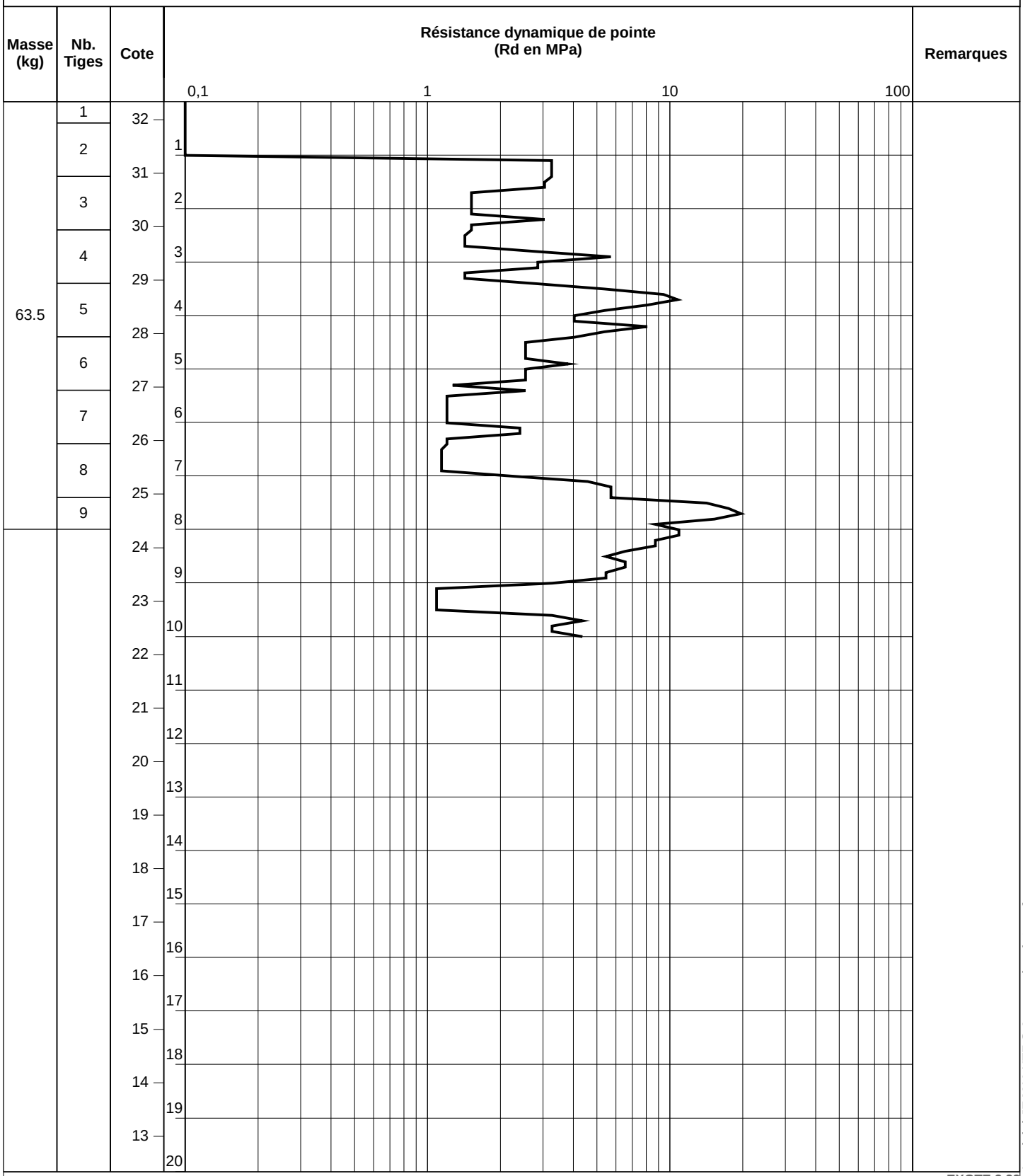
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

PARIS 7
126 RUE DE L'UNIVERSITE

Forage : P2 — **Affaire : 19037**

Date	: **25/08/2023**	Profondeur :	**10,00 m**	Cote	: **32,34**
Echelle	: **1/100**	Machine	: GTP	X	:
		Angle	:	Y	:



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

EXGTE 3.23

Masse mouton :	63.5 kg	Masse enclume :	12.37 kg
Hauteur de chute :	75 cm	Masse de la pointe :	1.05 kg
Section de la pointe :	20.428 cm²	Masse d'une tige :	6.31 kg

Observations :

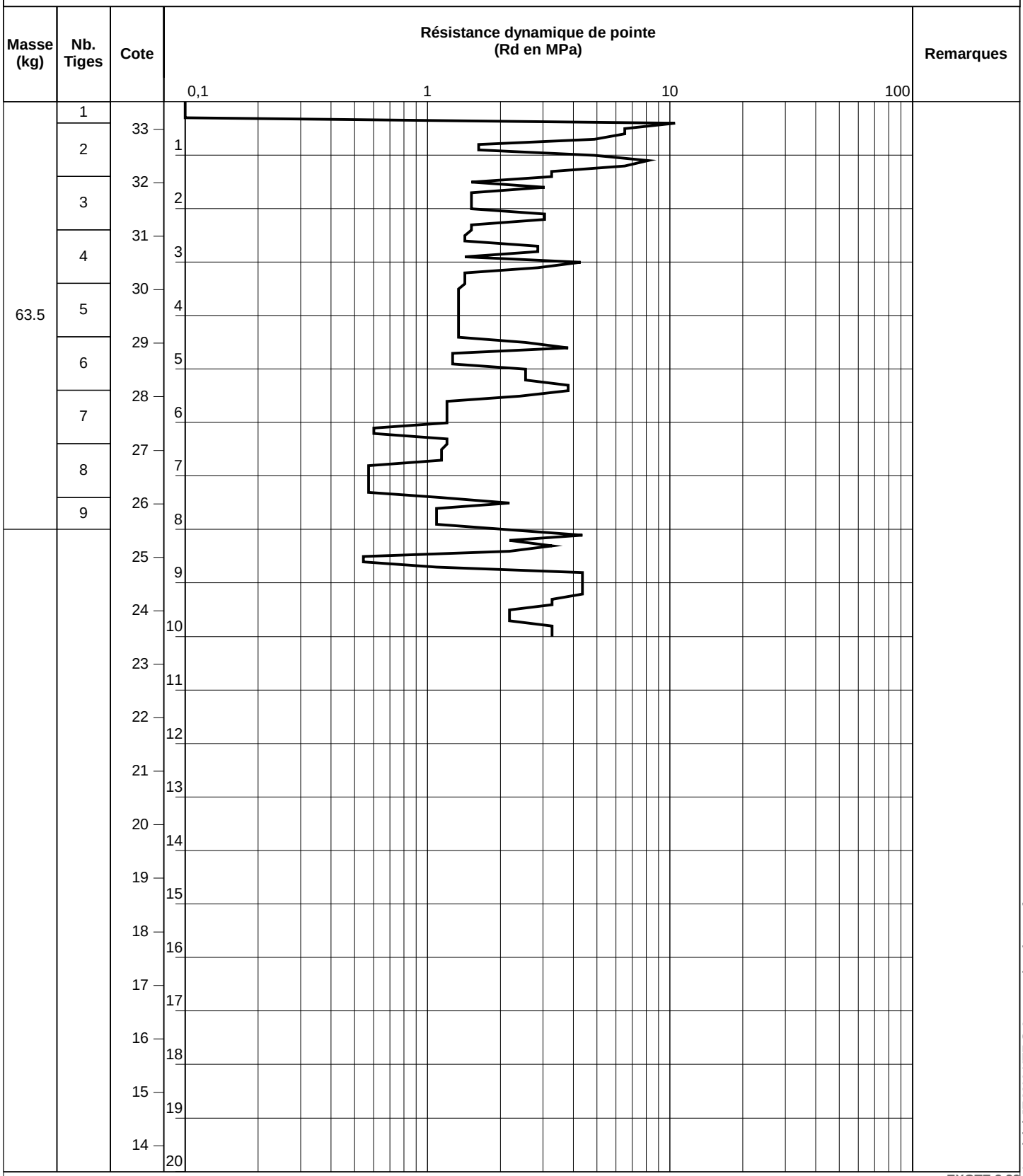
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

PARIS 7
126 RUE DE L'UNIVERSITE

Forage : P3 — **Affaire : 19037**

Date	: **25/08/2023**	Profondeur :	**10,00 m**	Cote	: **33,52**
Echelle	: **1/100**	Machine	: GTP	X	:
		Angle	:	Y	:



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

EXGTE 3.23

Masse mouton :	63.5 kg	Masse enclume :	12.37 kg
Hauteur de chute :	75 cm	Masse de la pointe :	1.05 kg
Section de la pointe :	20.428 cm²	Masse d'une tige :	6.31 kg

Observations :

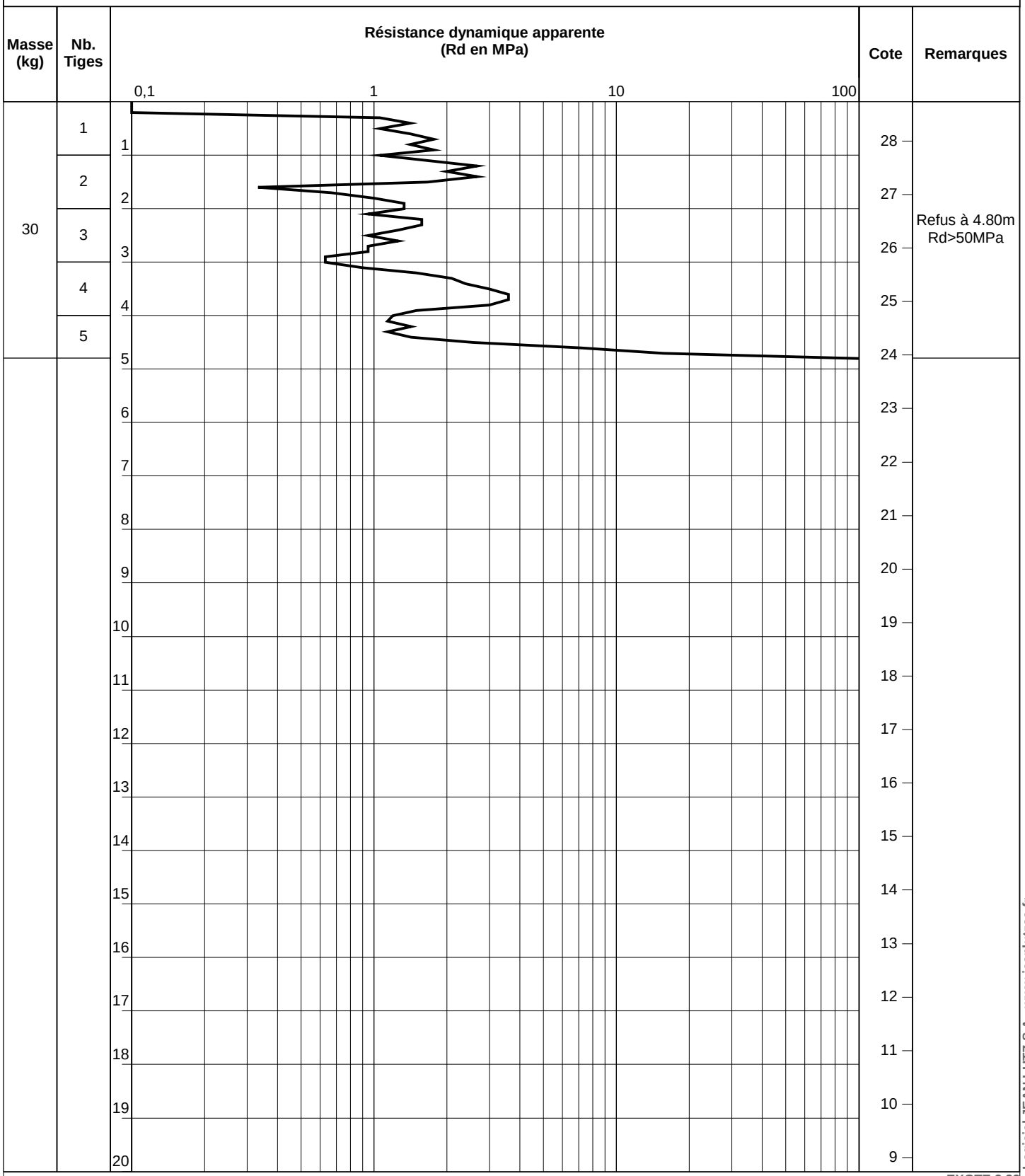
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

PARIS 7
126 RUE L'UNIVERSITE

Forage : P4 — **Affaire : 19037**

Date	: **28/08/2023**	Profondeur	: **4,80 m**	Cote	: **28,74**
Echelle	: **1/100**	Machine	: PAGANI	X	:
		Angle	:	Y	:



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Masse mouton :	30 kg	Masse enclume :	17 kg
Hauteur de chute :	20 cm	Masse de la pointe :	0.21 kg
Section de la pointe :	10 cm²	Masse d'une tige :	3 kg

Observations :

EXGTE 3.23

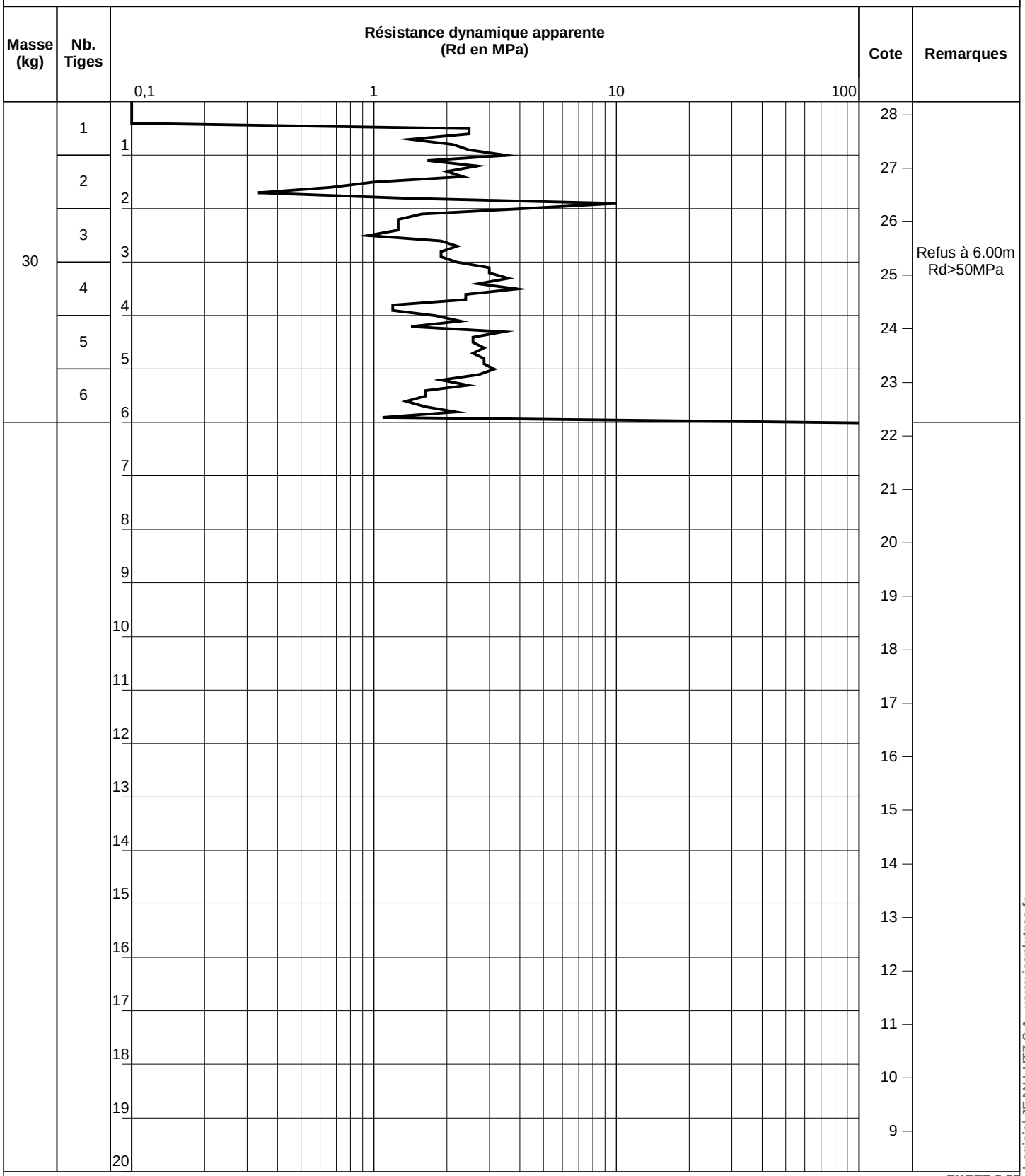
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

PARIS 7
126 RUE L'UNIVERSITE

Forage : P5 — **Affaire : 19037**

Date	: **28/08/2023**	Profondeur	: **6,00 m**	Cote	: **28,25**
Echelle	: **1/100**	Machine	: PAGANI	X	:
		Angle	:	Y	:



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Masse mouton :	30 kg	Masse enclume :	17 kg
Hauteur de chute :	20 cm	Masse de la pointe :	0.21 kg
Section de la pointe :	10 cm²	Masse d'une tige :	3 kg

Observations :

EXGTE 3.23

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

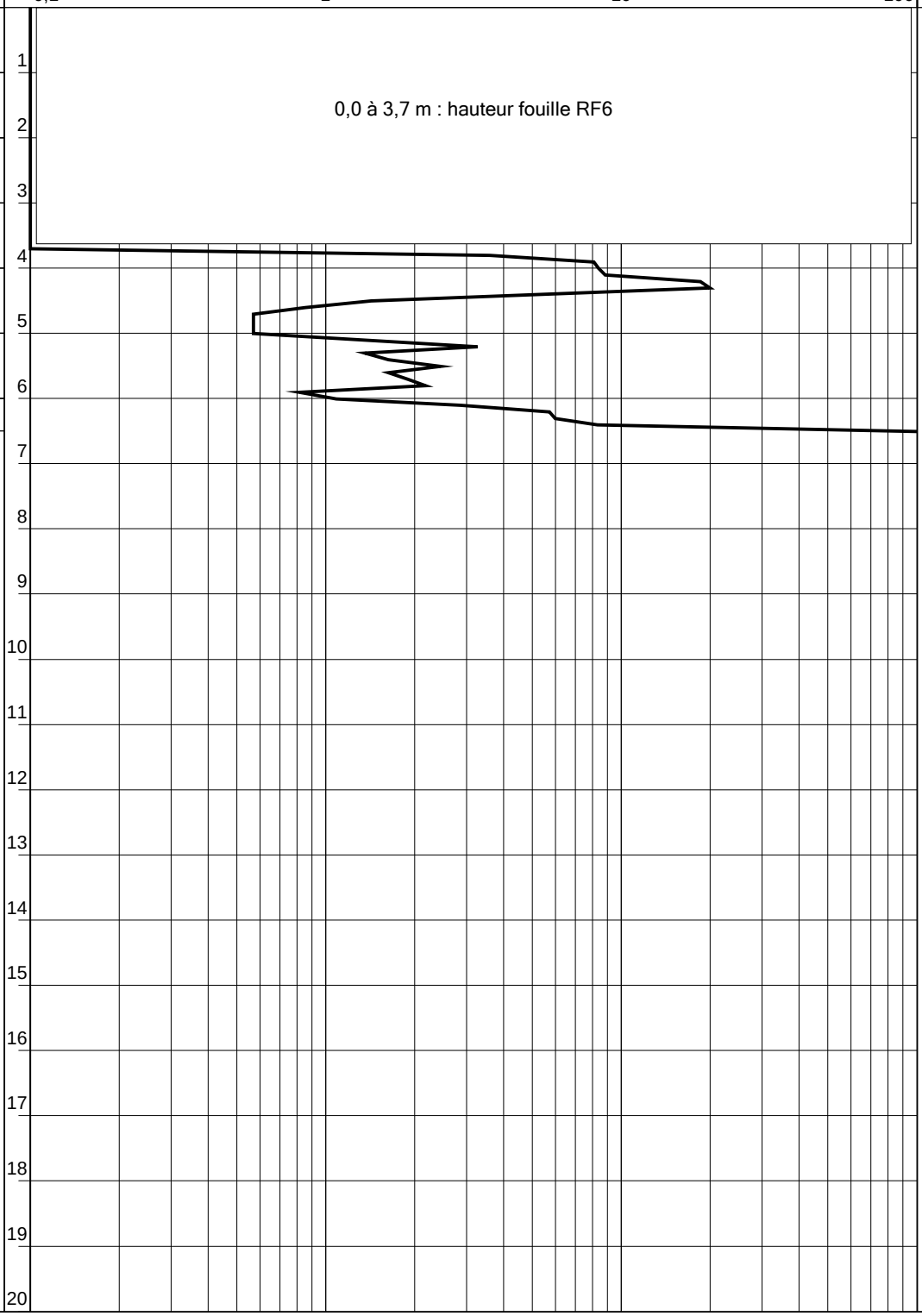
GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

PARIS 7
126 RUE L'UNIVERSITE

Forage : P6 — **Affaire : 19037**

Date	: **28/08/2023**	Profondeur	: **6,50 m**	Cote	: **28,70**
Echelle	: **1/100**	Machine	: PAGANI	X	:
		Angle	:	Y	:

Masse (kg)	Nb. Tiges	Résistance dynamique apparente (Rd en MPa)	Cote	Remarques
30	1 à 7	0,1 — 1 — 10 — 100	28 à 9	Refus à 6.50m Rd>50MPa



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Masse mouton :	30 kg	Masse enclume :	17 kg
Hauteur de chute :	20 cm	Masse de la pointe :	0.21 kg
Section de la pointe :	10 cm²	Masse d'une tige :	3 kg

Observations :

EXGTE 3.23

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

GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

PARIS 7
126 RUE L'UNIVERSITE

Forage : P7 — **Affaire : 19037**

Date	: **28/08/2023**	Profondeur	: **5,80 m**	Cote	:
Echelle	: **1/100**	Machine	: PAGANI	X	:
		Angle	:	Y	:

Masse (kg)	Nb. Tiges	Résistance dynamique apparente (Rd en MPa) 0,1 — 1 — 10 — 100	Cote	Remarques
30	1 à 6	0,0 à 1,50 m : hauteur fouille RF7	0 à -19	Refus à 5.80m Rd>50MPa

Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Masse mouton :	30 kg	Masse enclume :	17 kg
Hauteur de chute :	20 cm	Masse de la pointe :	0.21 kg
Section de la pointe :	10 cm²	Masse d'une tige :	3 kg

Observations :

EXGTE 3.23

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

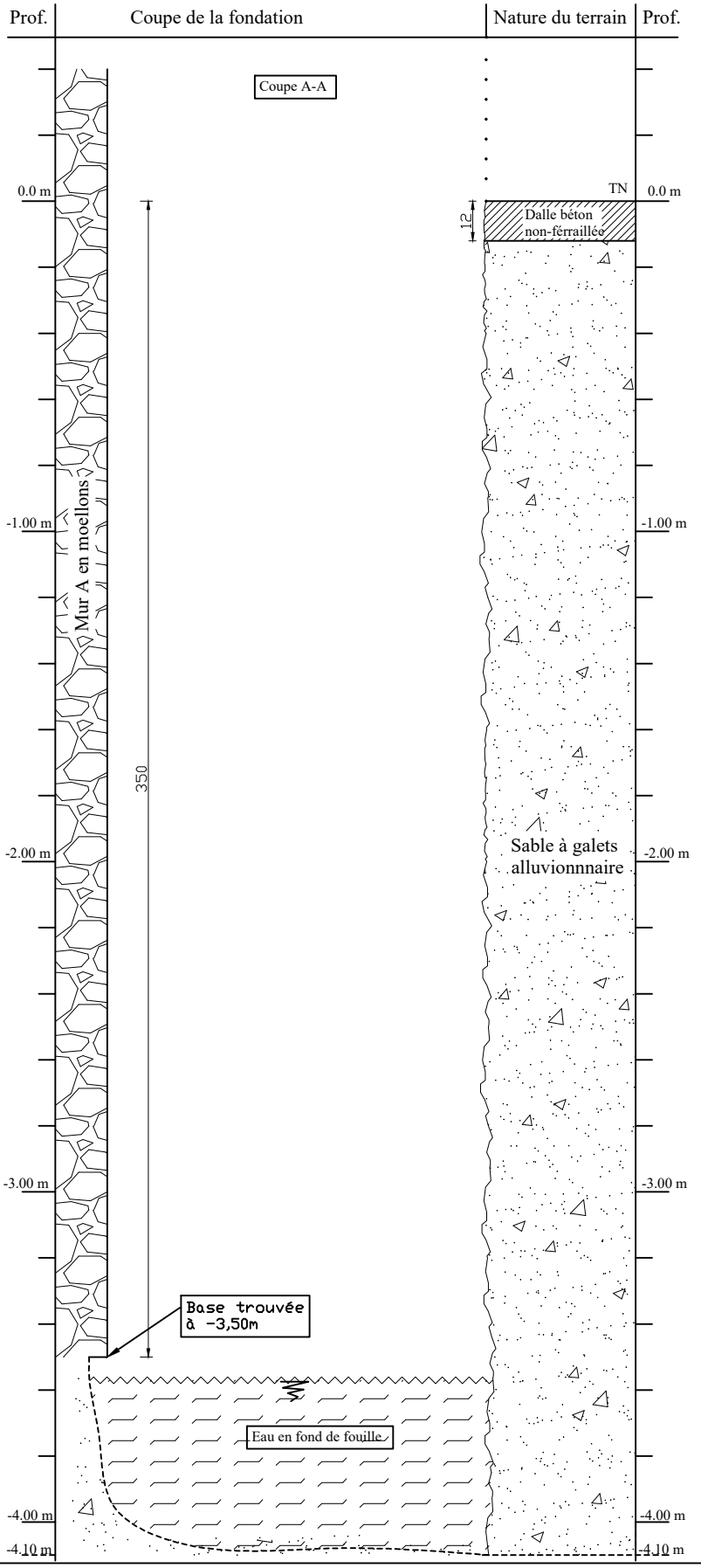
GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

Paris 7
147 Rue de L'Université

Fouille de reconnaissance de fondations
Echelle : 1/20

Fouille RF1

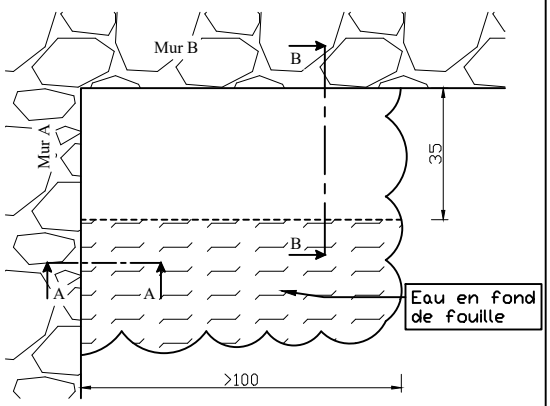
Affaire : 19037







Vue en plan sans échelle:



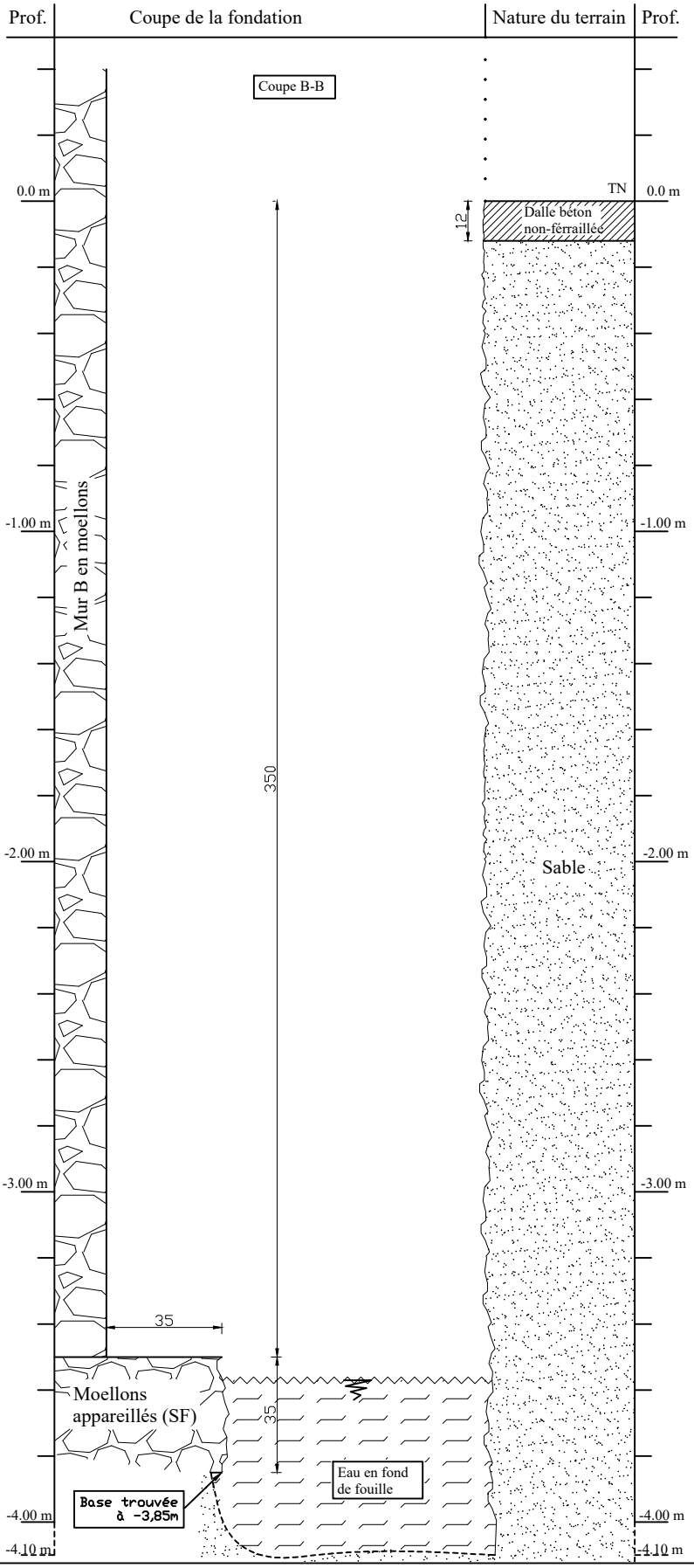
GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

Paris 7
147 Rue de L'Université

Fouille de reconnaissance de fondations
Echelle : 1/20

Fouille RF1

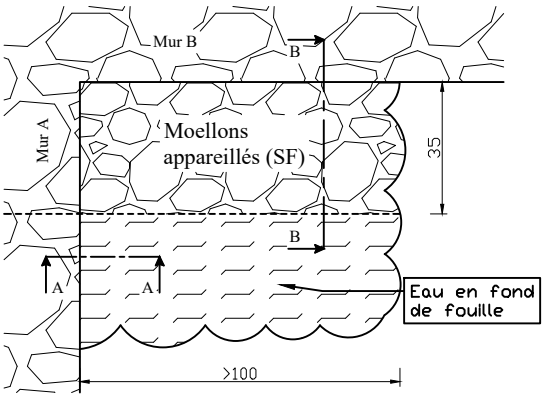
Affaire : 19037







Vue en plan sans échelle:



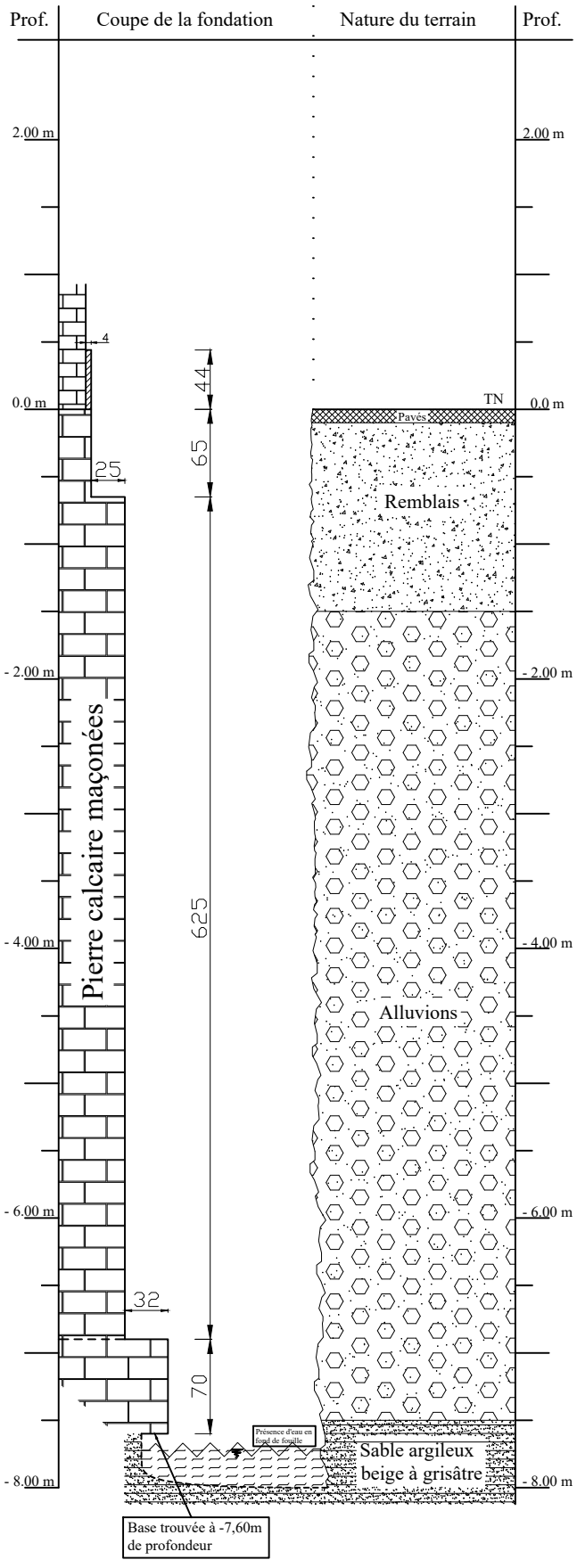
GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

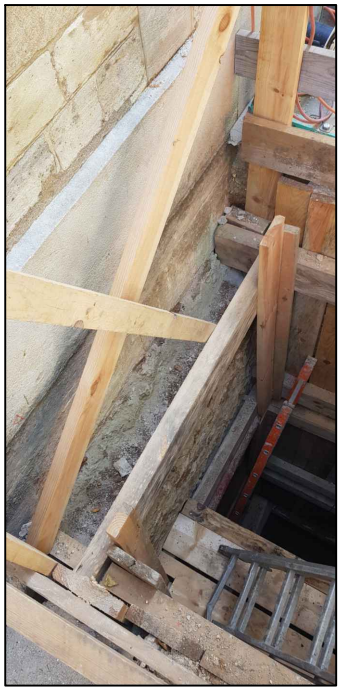
Paris 7
147 Rue de L'Université

Fouille de reconnaissance de fondations
Echelle : 1/50

Affaire : 19037

Fouille RF2









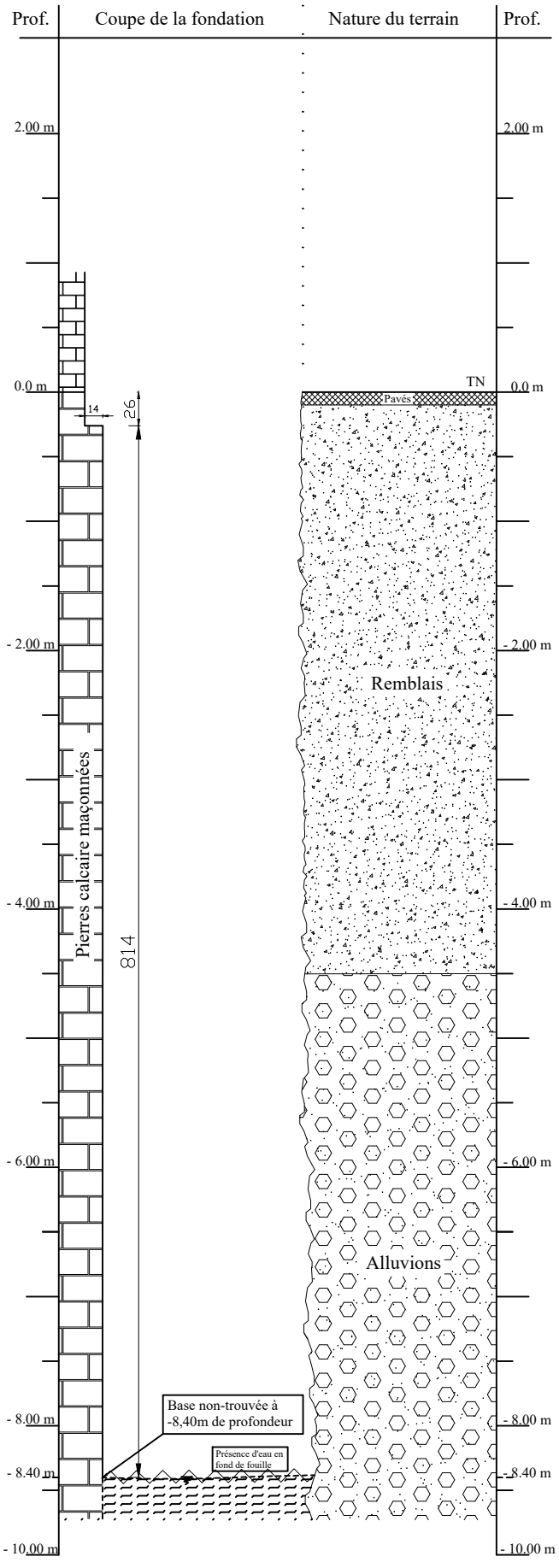


GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

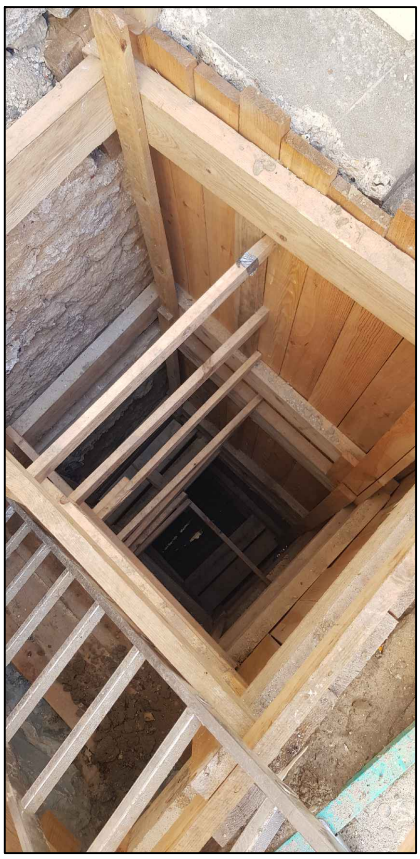
Paris 7
147 Rue de L'Université

Fouille de reconnaissance de fondations
Echelle : 1/50

Affaire : 19037



Fouille RF3





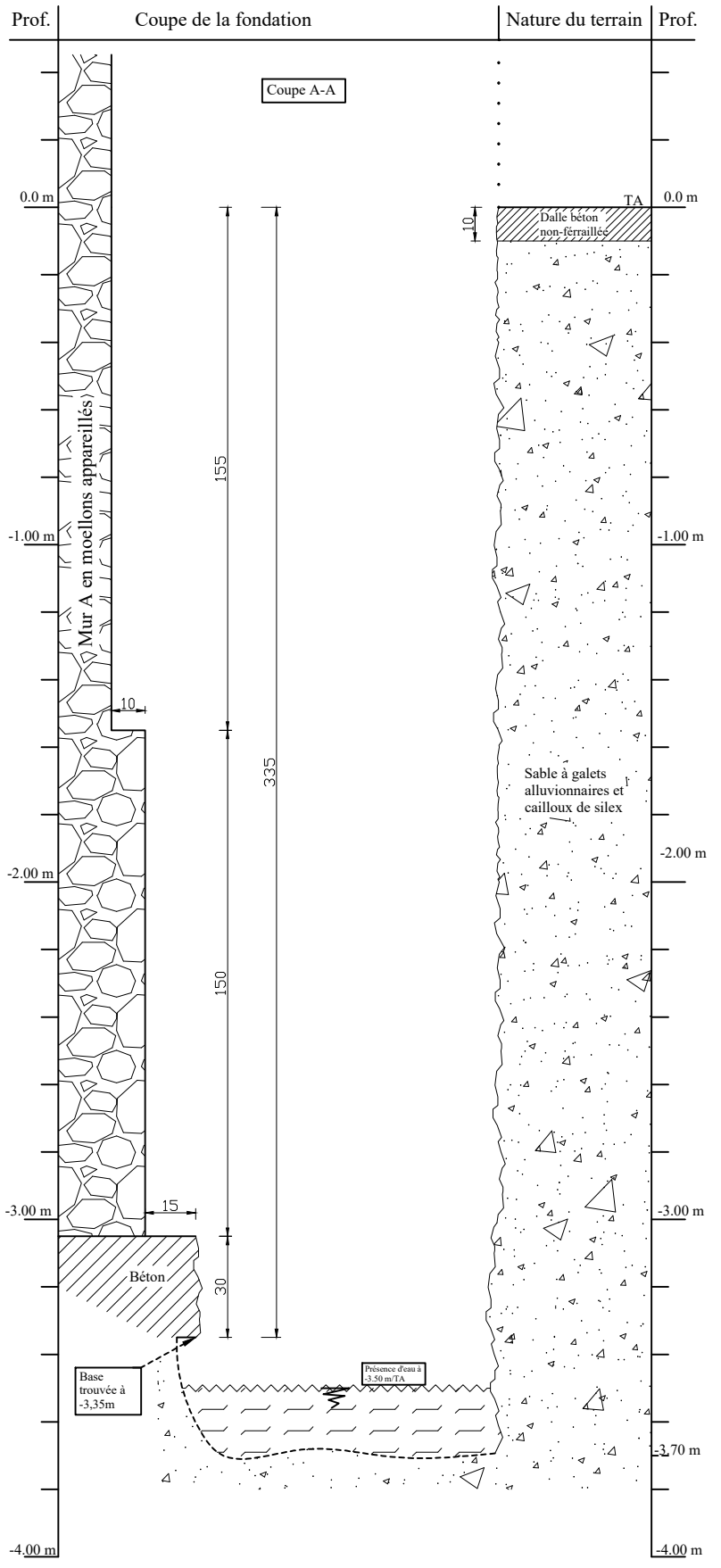
GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

Paris 7
147 Rue de L'Université

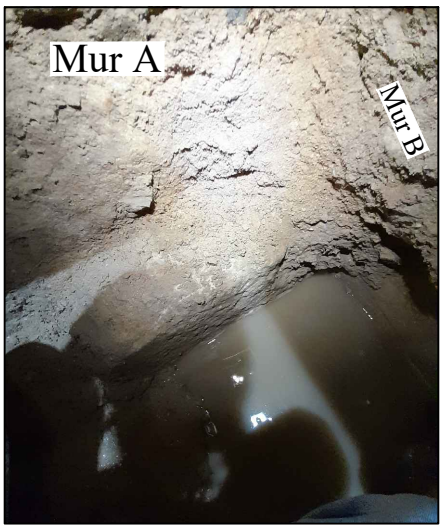
Fouille de reconnaissance de fondations
Echelle : 1/20

Fouille RF4

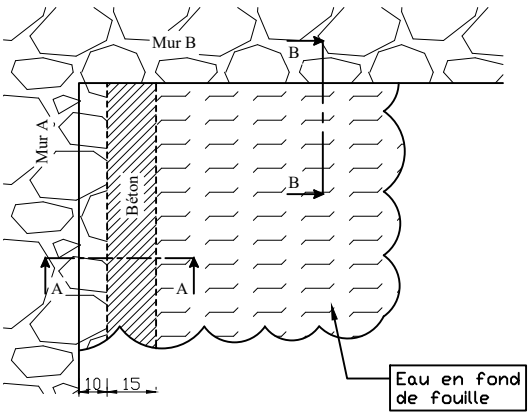
Affaire : 19037







Vue en plan sans échelle:



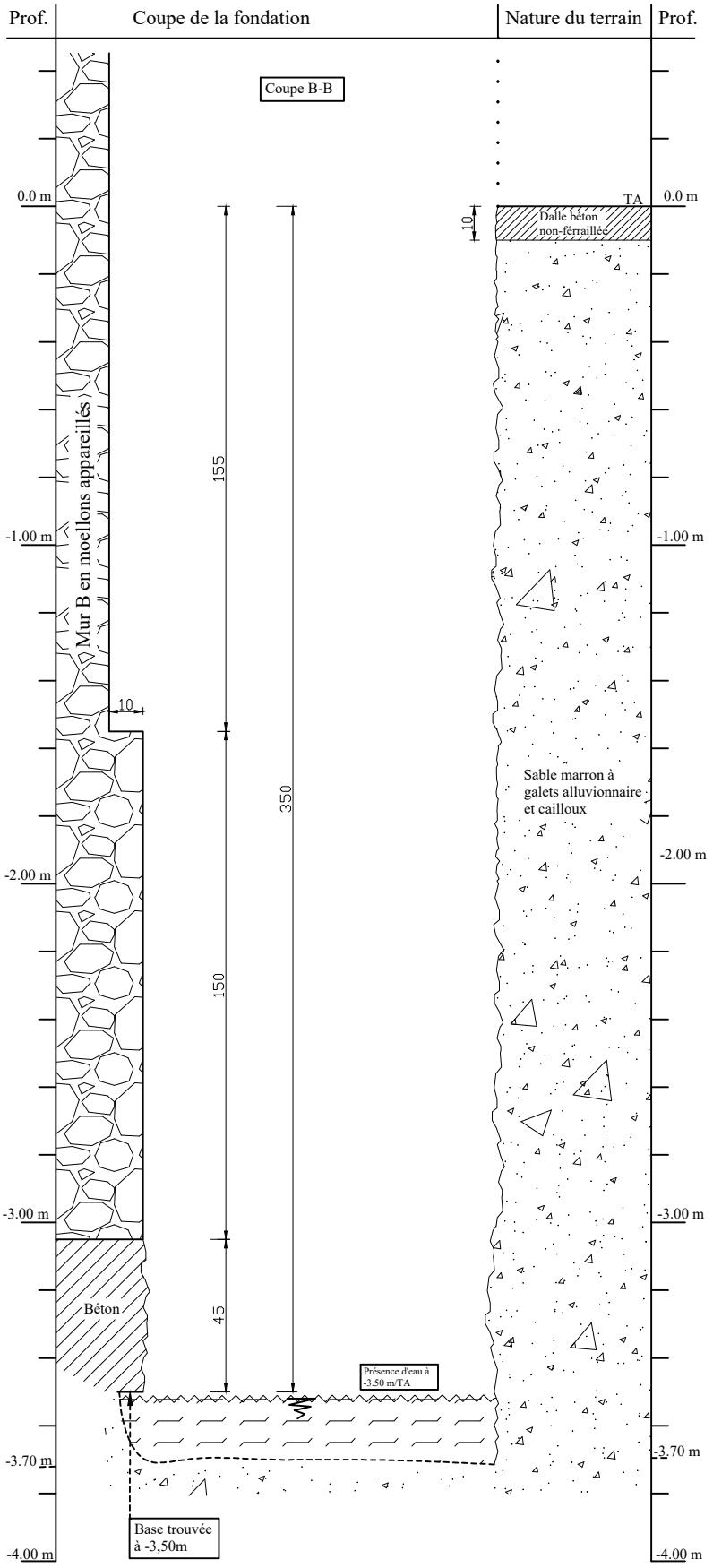
GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

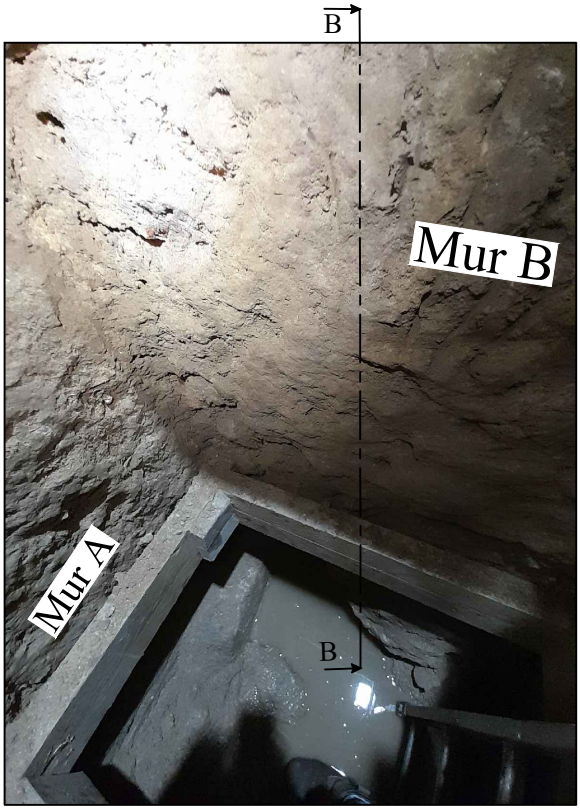
Paris 7
147 Rue de L'Université

Fouille de reconnaissance de fondations
Echelle : 1/20

Fouille RF4

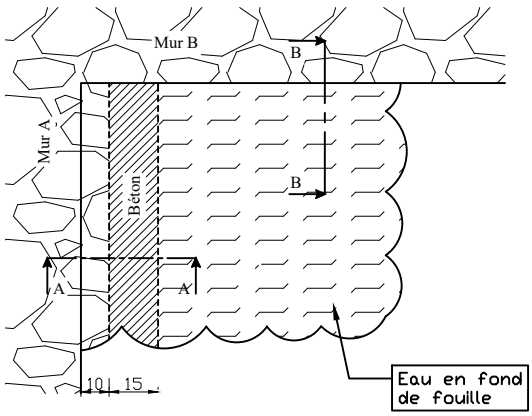
Affaire : 19037







Vue en plan sans échelle:



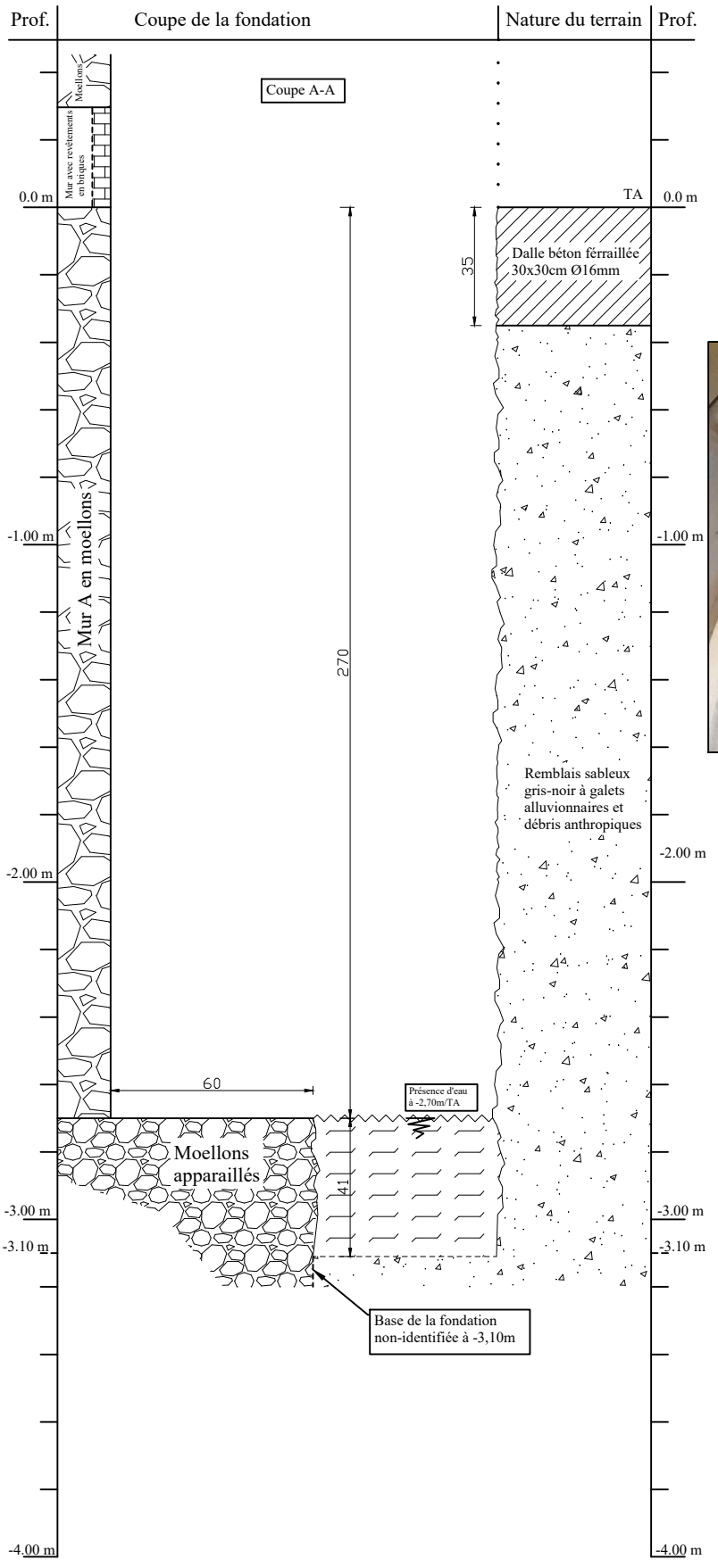
GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

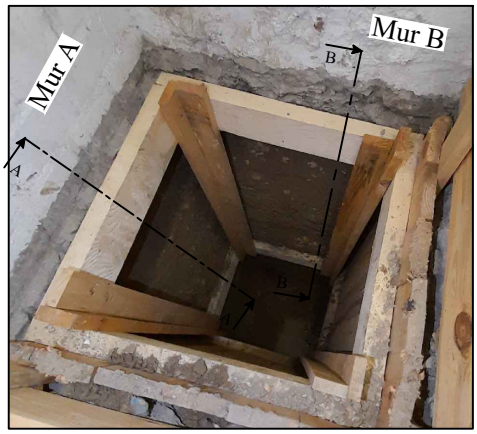
Paris 7
147 Rue de L'Université

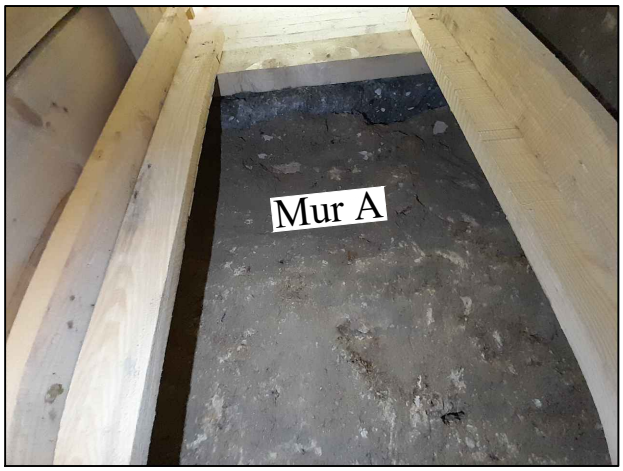
Fouille de reconnaissance de fondations
Echelle : 1/20

Fouille RF5

Affaire : 19037

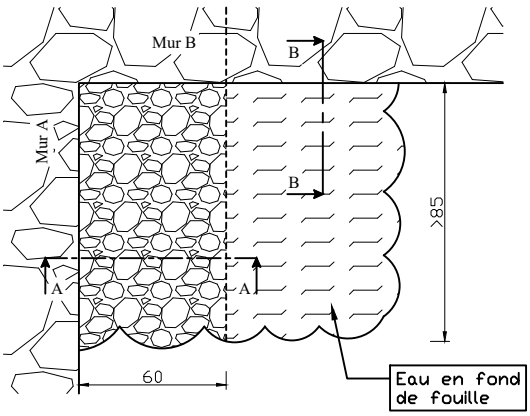








Vue en plan sans échelle:



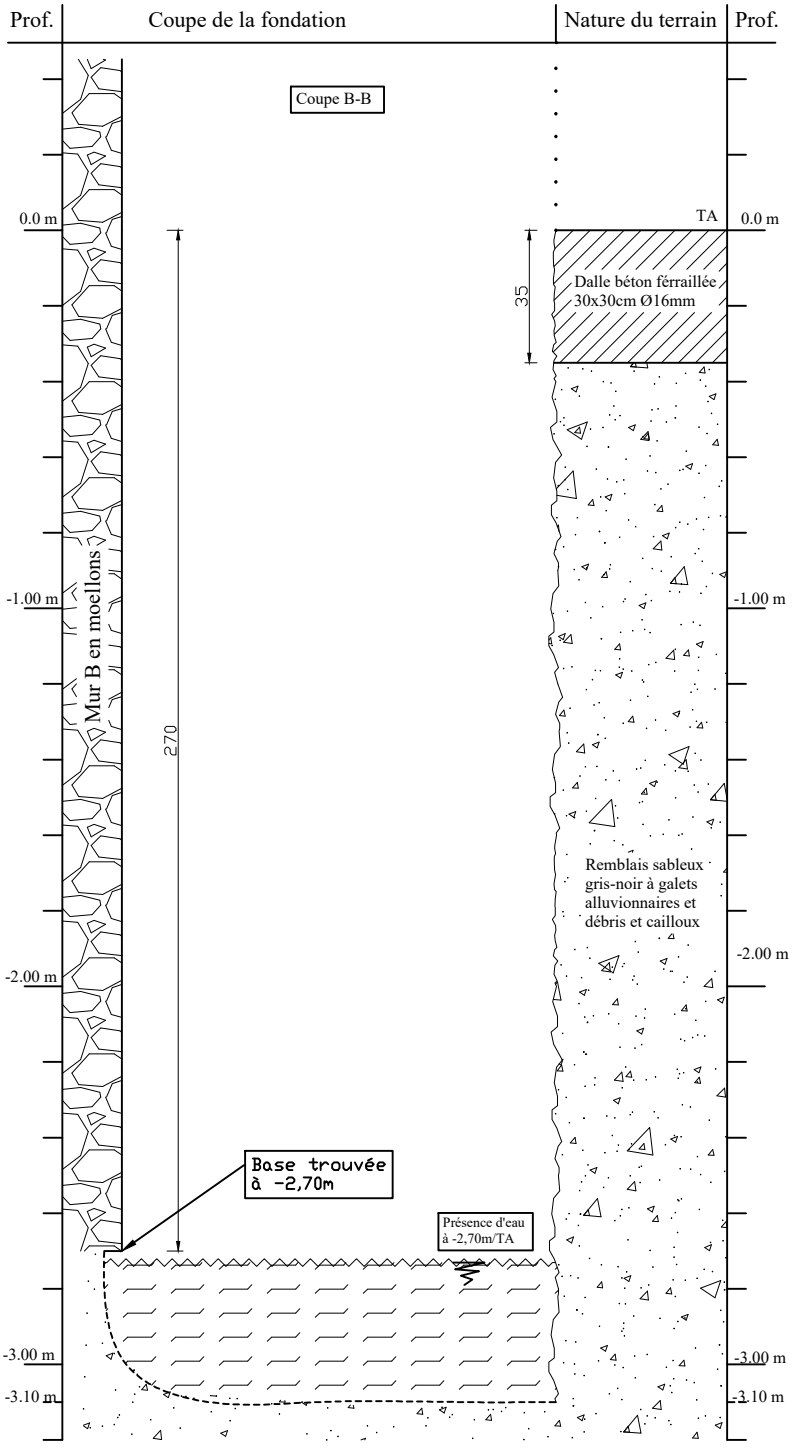
GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

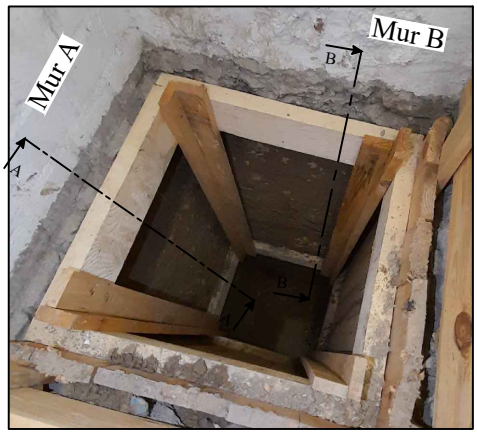
Paris 7
147 Rue de L'Université

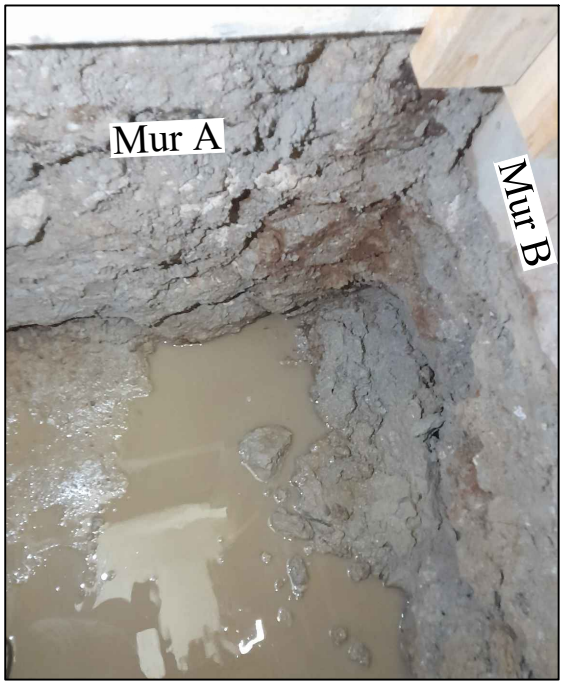
Fouille de reconnaissance de fondations
Echelle : 1/20

Fouille RF5

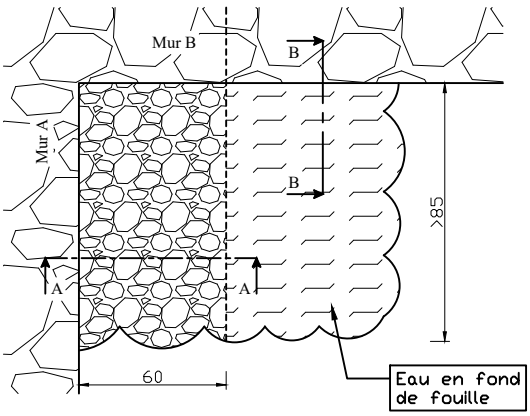
Affaire : 19037







Vue en plan sans échelle:



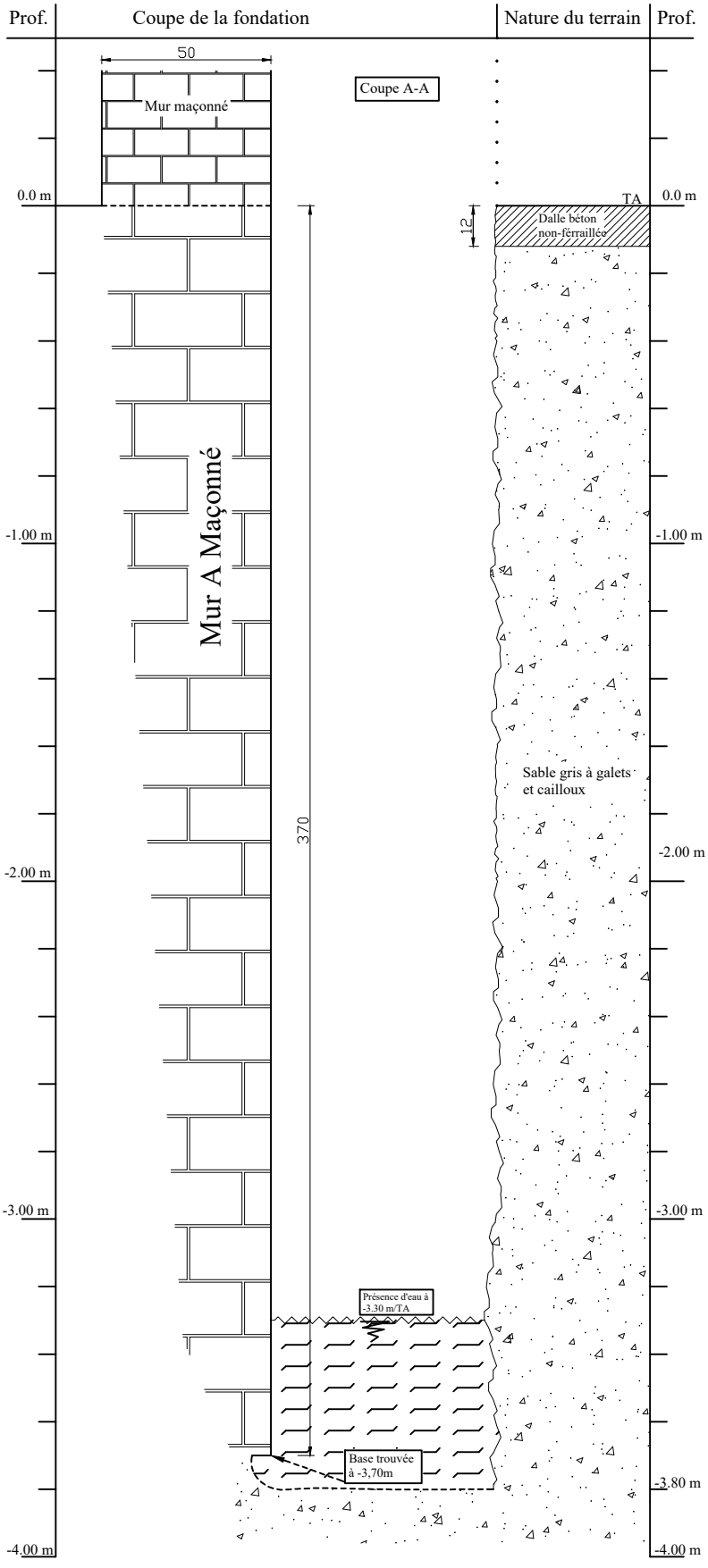
GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

Paris 7
147 Rue de L'Université

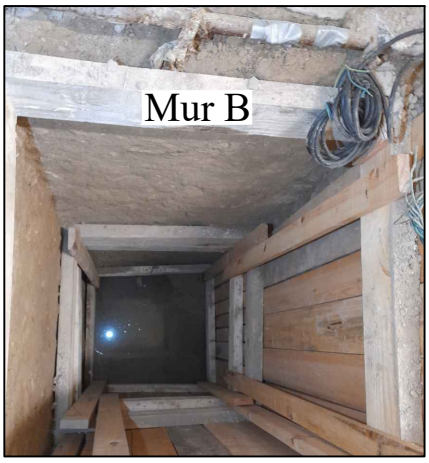
Fouille de reconnaissance de fondations
Echelle : 1/20

Fouille RF6

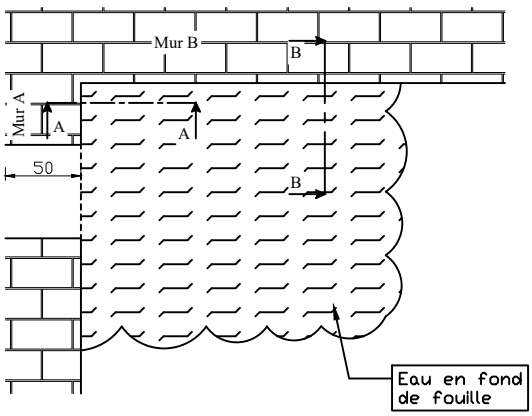
Affaire : 19037







Vue en plan sans échelle:



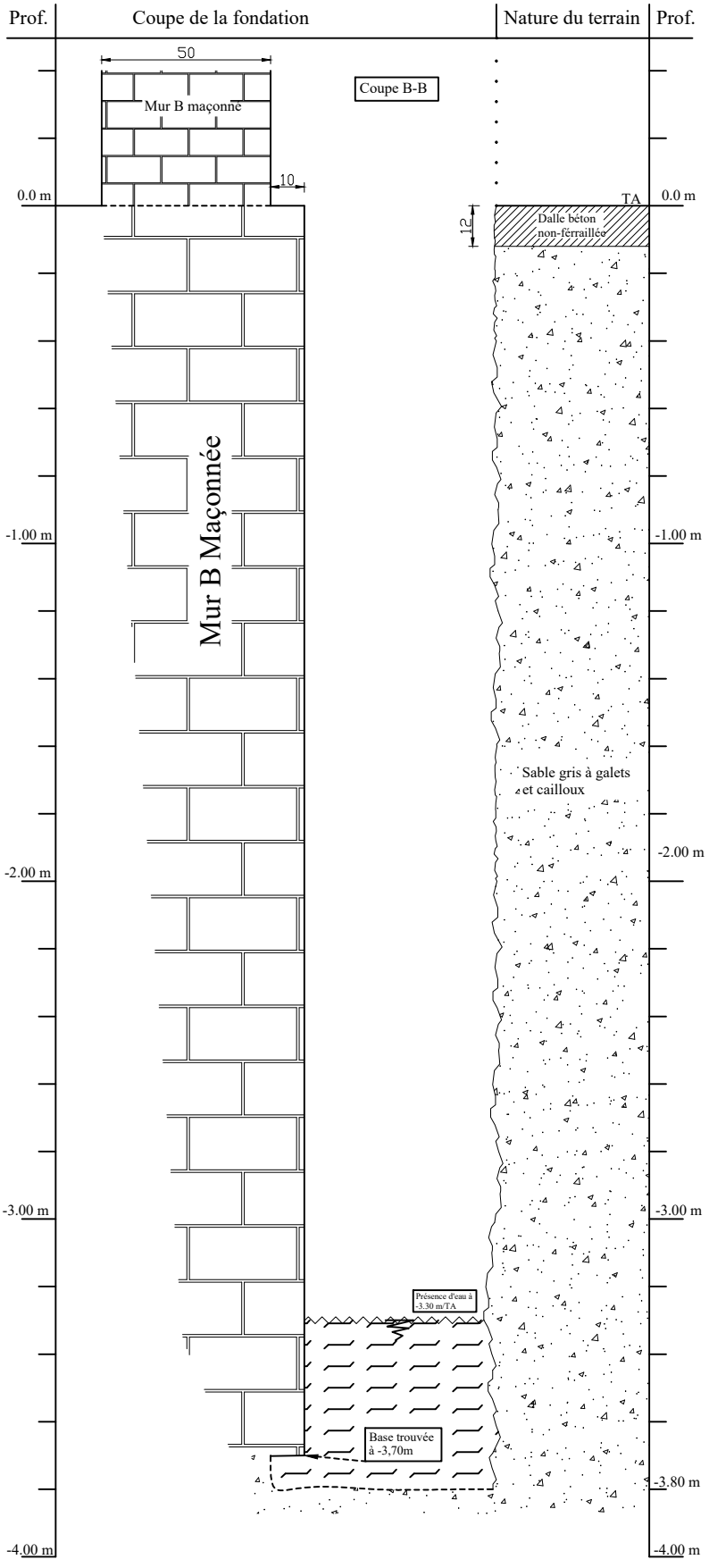
GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

Paris 7
147 Rue de L'Université

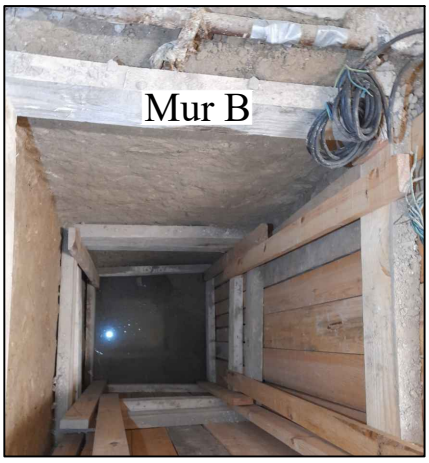
Fouille de reconnaissance de fondations
Echelle : 1/20

Fouille RF6

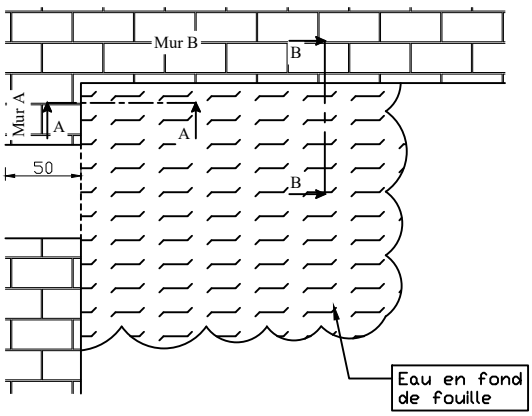
Affaire : 19037







Vue en plan sans échelle:



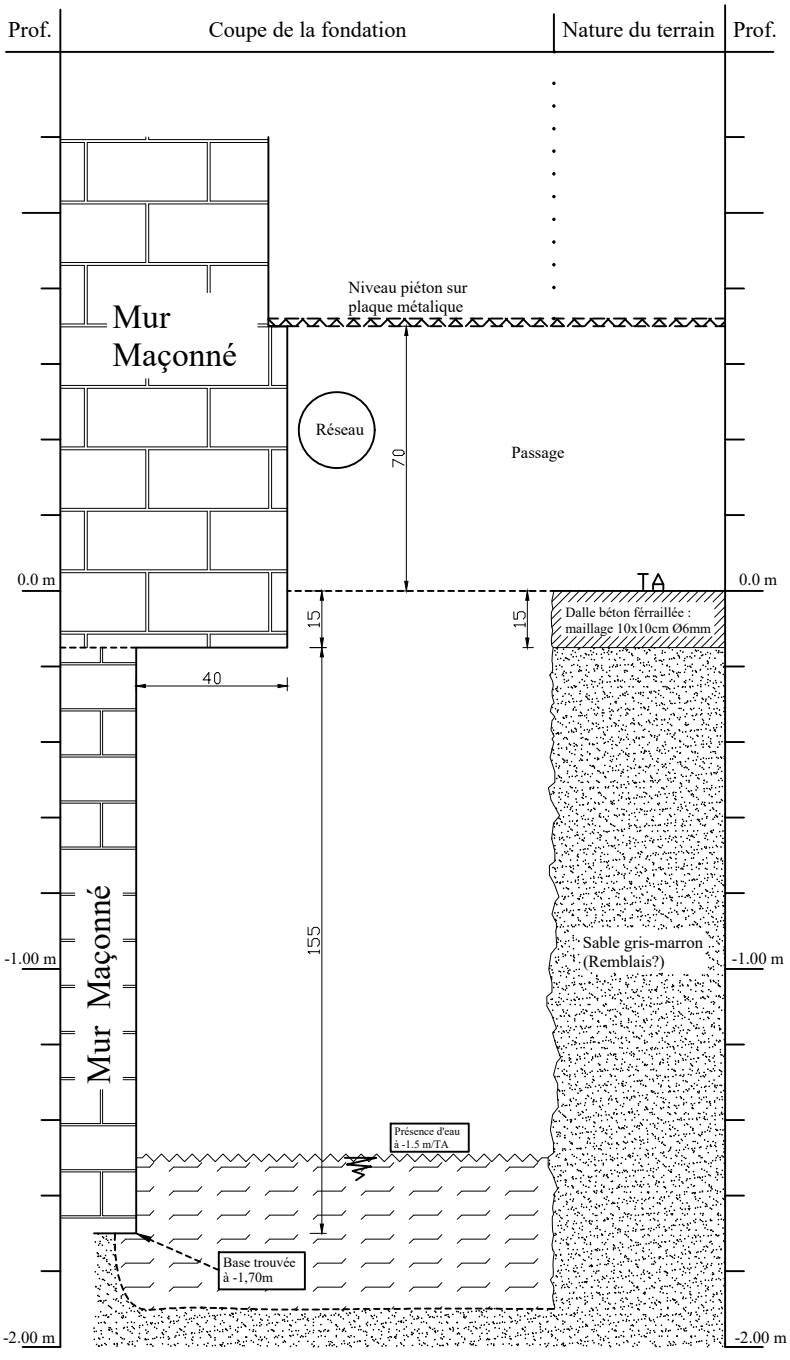
GAIDF
GÉOTECHNIQUE APPLIQUÉE
ILE DE FRANCE

Paris 7
147 Rue de L'Université

Fouille de reconnaissance de fondations
Echelle : 1/20

Fouille RF7

Affaire : 19037







NOTES DE CALCUL

Données

Titre du projet : Trémie 4

Numéro d'affaire : 19037-1

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Trémie 4 - SI - 600 KN (Fondation n°1)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation rectangulaire

Longueur L (m) : 2,00

Largeur B (m) : 1,30

Cote du TN initial Zini (m) : 24,80

Cote du TN final Zfin (m) : 24,80

Cote de base fondation Zd (m) : 24,80

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Sables et graves

Type de comportement : Comportement frottant

Poids volumique moyen du sol au-dessus de la base de la fondation (kN/m3) : 18,0

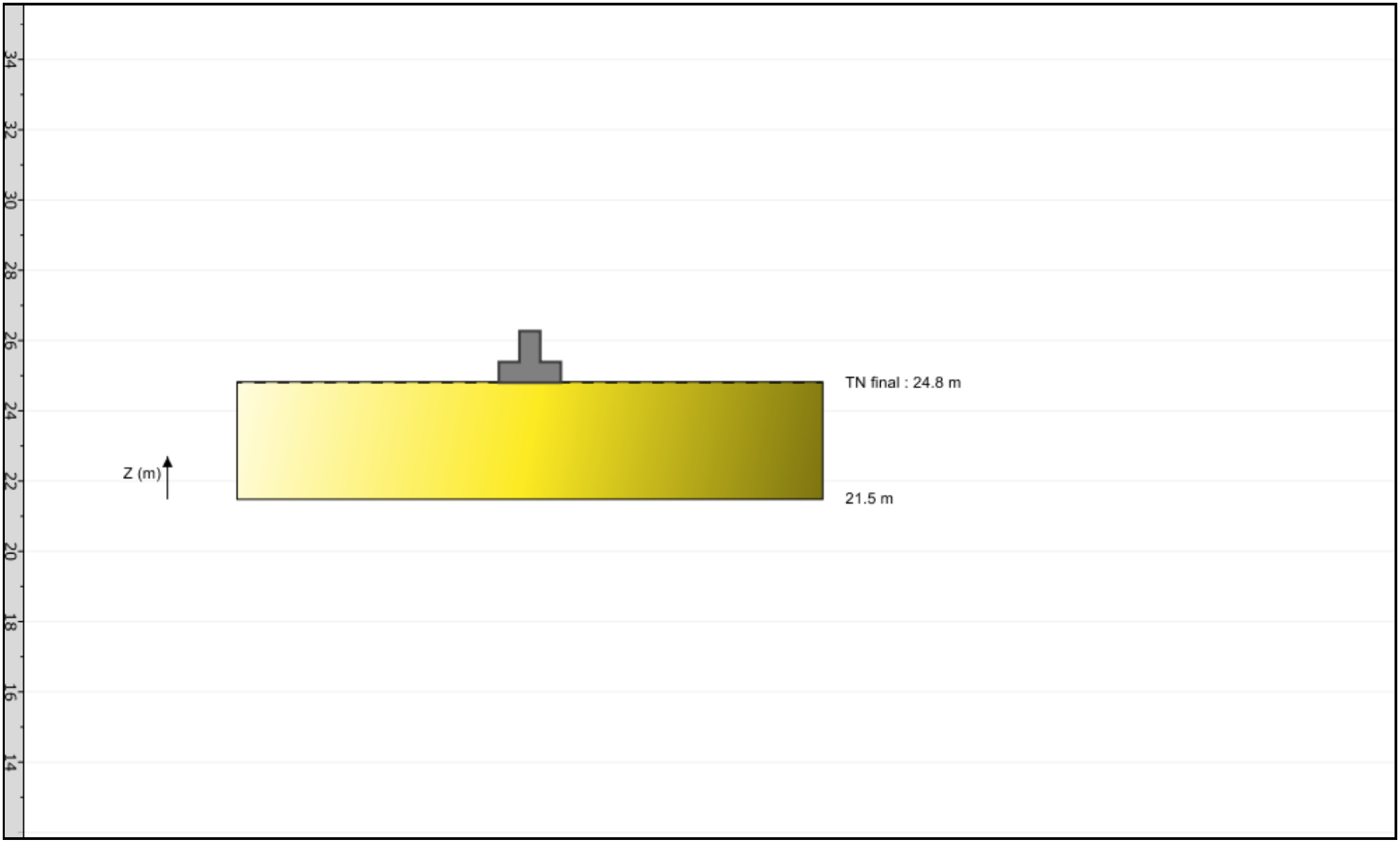
Terrain et profil pressiométrique

N°	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	Aa		21,50	700,00	9000,00	0,25

Cas de charge

N°	Vd	HB,d	HL,d	MB,d	ML,d	Pondération sur P0	Combinaison
1	600,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes

Onglet "Paramètres généraux"



Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge : Indice du cas de charge

Combinaison : Type de combinaison

Vd [kN] : Effort vertical à la base de la fondation

Hd [kN] : Effort horizontal à la base de la fondation

R0 [kN] : Poids des terres excavées

Seff/Stot : Rapport entre l'aire effective et l'aire totale de la fondation

Rvd [kN] : Valeur de calcul de la résistance verticale nette du terrain (mécanisme de portance)

Rhd [kN] : Valeur de calcul de la résistance horizontale du terrain (mécanisme de glissement)

Portance : Vérification de la capacité portante de la fondation (ELU et ELS)

Excentrement : Vérification de l'excentricité du chargement (ELU et ELS)

Glissement : Vérification de la stabilité au glissement (ELU uniquement)

Tassement [cm] : Tassement sous la charge appliquée

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge	Combinaison	Vd	Hd	R0	Seff/Stot	Rvd	Rhd	Portance	Excentrement	Glissement	Tassement
1	ELS-Quasi-permanentes	600,00	0,00	0,00	1,00	659,42	-	Ok	Ok	-	0,55

Données

Titre du projet : Trémie 4

Numéro d'affaire : 19037-1

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Trémie 4 - SI - 710 KN (Fondation n°2)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation rectangulaire

Longueur L (m) : 2,20

Largeur B (m) : 1,30

Cote du TN initial Zini (m) : 24,80

Cote du TN final Zfin (m) : 24,80

Cote de base fondation Zd (m) : 24,80

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Sables et graves

Type de comportement : Comportement frottant

Poids volumique moyen du sol au-dessus de la base de la fondation (kN/m3) : 18,0

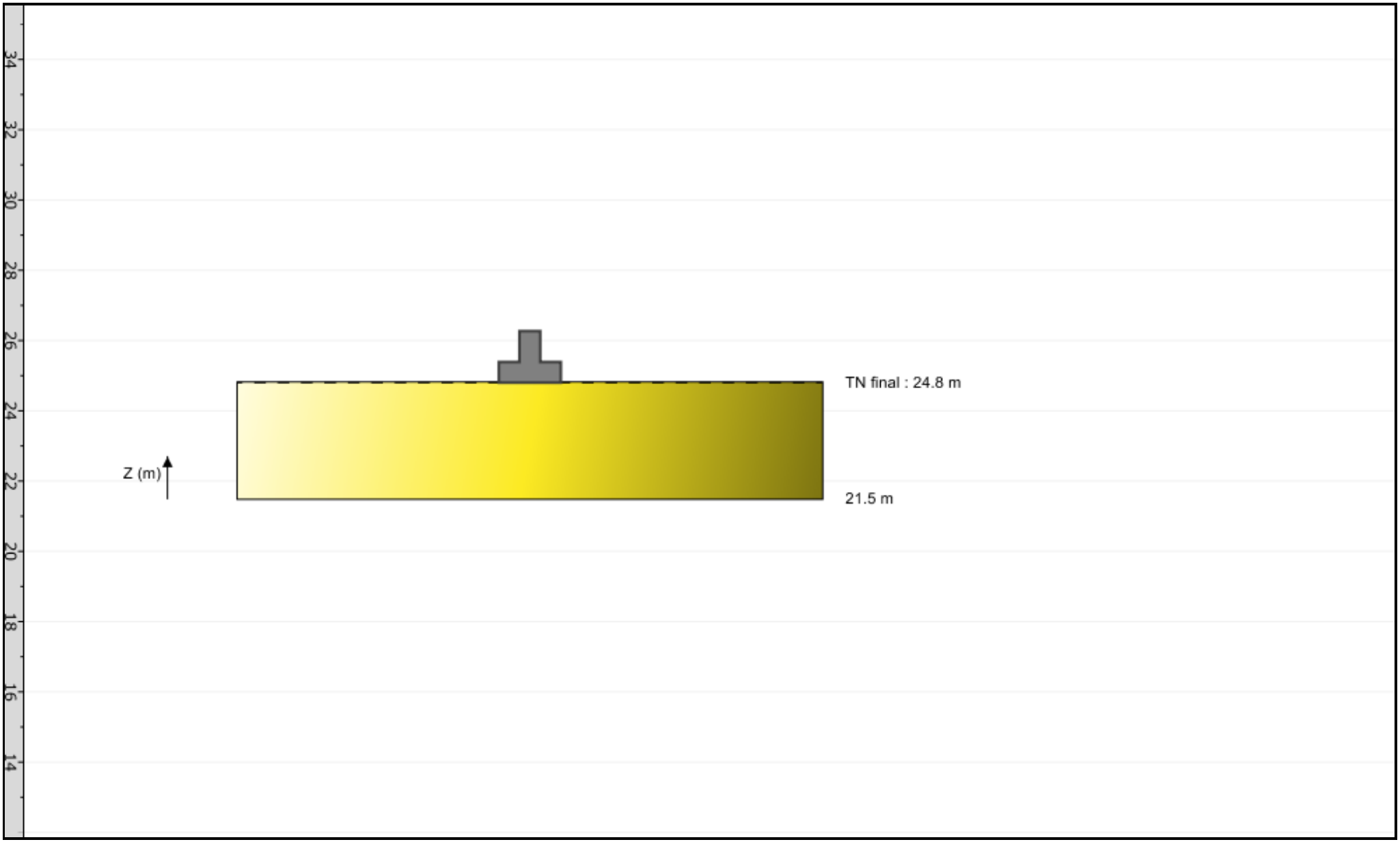
Terrain et profil pressiométrique

N°	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	Aa		21,50	700,00	9000,00	0,25

Cas de charge

N°	Vd	HB,d	HL,d	MB,d	ML,d	Pondération sur P0	Combinaison
1	710,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes

Onglet "Paramètres généraux"



Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge : Indice du cas de charge

Combinaison : Type de combinaison

Vd [kN] : Effort vertical à la base de la fondation

Hd [kN] : Effort horizontal à la base de la fondation

R0 [kN] : Poids des terres excavées

Seff/Stot : Rapport entre l'aire effective et l'aire totale de la fondation

Rvd [kN] : Valeur de calcul de la résistance verticale nette du terrain (mécanisme de portance)

Rhd [kN] : Valeur de calcul de la résistance horizontale du terrain (mécanisme de glissement)

Portance : Vérification de la capacité portante de la fondation (ELU et ELS)

Excentrement : Vérification de l'excentricité du chargement (ELU et ELS)

Glissement : Vérification de la stabilité au glissement (ELU uniquement)

Tassement [cm] : Tassement sous la charge appliquée

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge	Combinaison	Vd	Hd	R0	Seff/Stot	Rvd	Rhd	Portance	Excentrement	Glissement	Tassement
1	ELS-Quasi-permanentes	710,00	0,00	0,00	1,00	725,36	-	Ok	Ok	-	0,60

Données

Titre du projet : Trémie 4

Numéro d'affaire : 19037-1

Commentaires : N/A

Titre du calcul : galerie 28,72 NGF (Plaque n°1)

Dimension du projet : 3D

Seuil de décollement (kPa) : 5

Seuil de plastification (kPa) : 1000

Décollement/plastification automatique : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	Esol	v	Pente-x	Pente-y
1	R		27,00	9,00E03	0,33	0,000	0,000
2	Am		24,80	8,00E03	0,33	0,000	0,000
3	Aa		21,50	7,20E04	0,33	0,000	0,000

Poids volumique du sol au dessus de la base de la plaque (kN/m3) : 0,00

Plaque - Rectangle

N°	E	v	e	zbase	X	Y	B	L	θ
1	2,00E07	0,00	0,25	28,52	0,00	0,00	2,25	28,00	0,0

Surcharge répartie - Rectangle

N°	Q	X	Y	B	L	θ
1	7,50	0,00	0,00	2,25	28,00	0,0

Surcharge linéique - Ligne

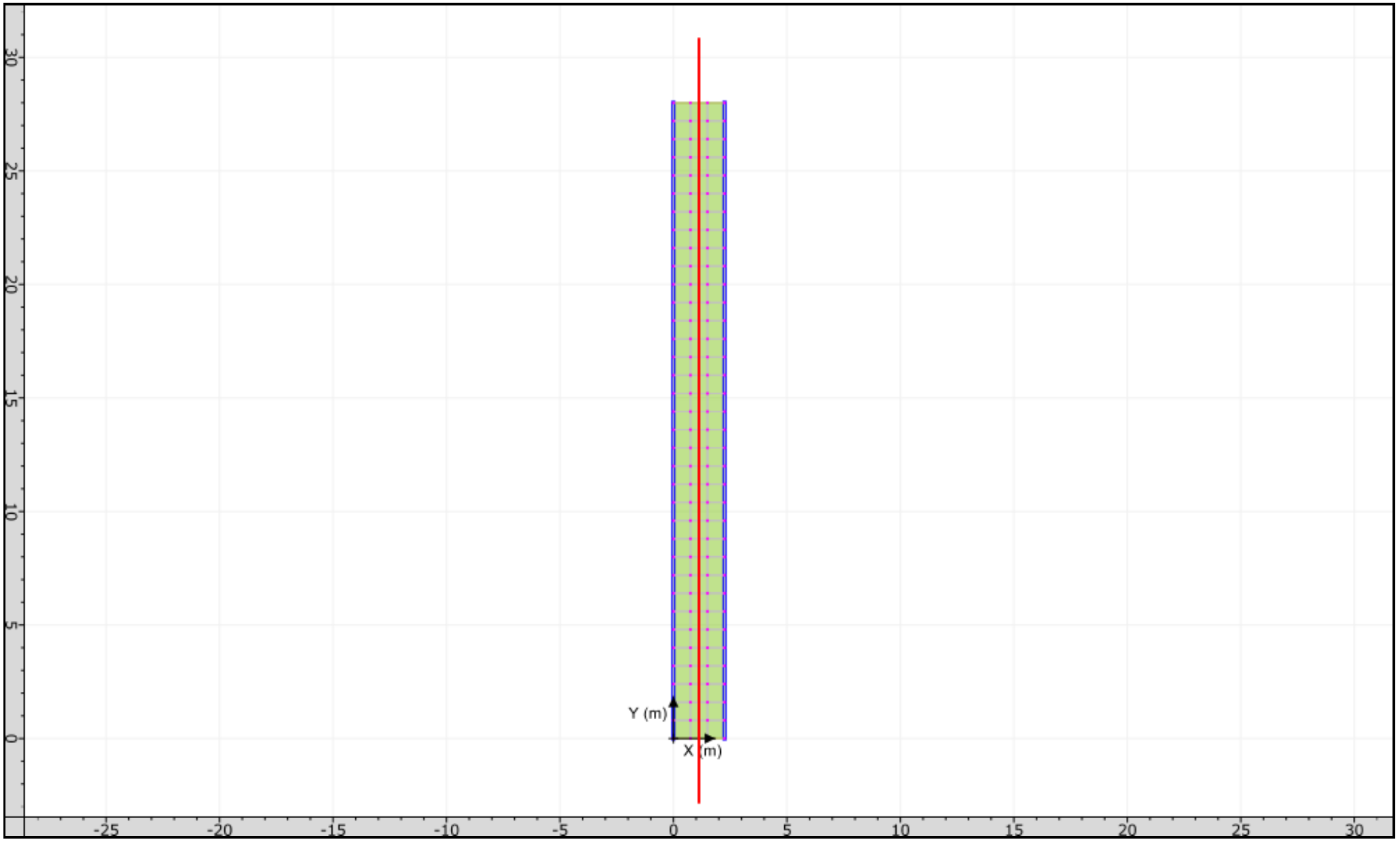
N°	Q	X1	Y1	X2	Y2
1	51,00	2,25	0,00	2,25	28,00
2	51,00	0,00	0,00	0,00	28,00

Pas maximal (m) : 0,80

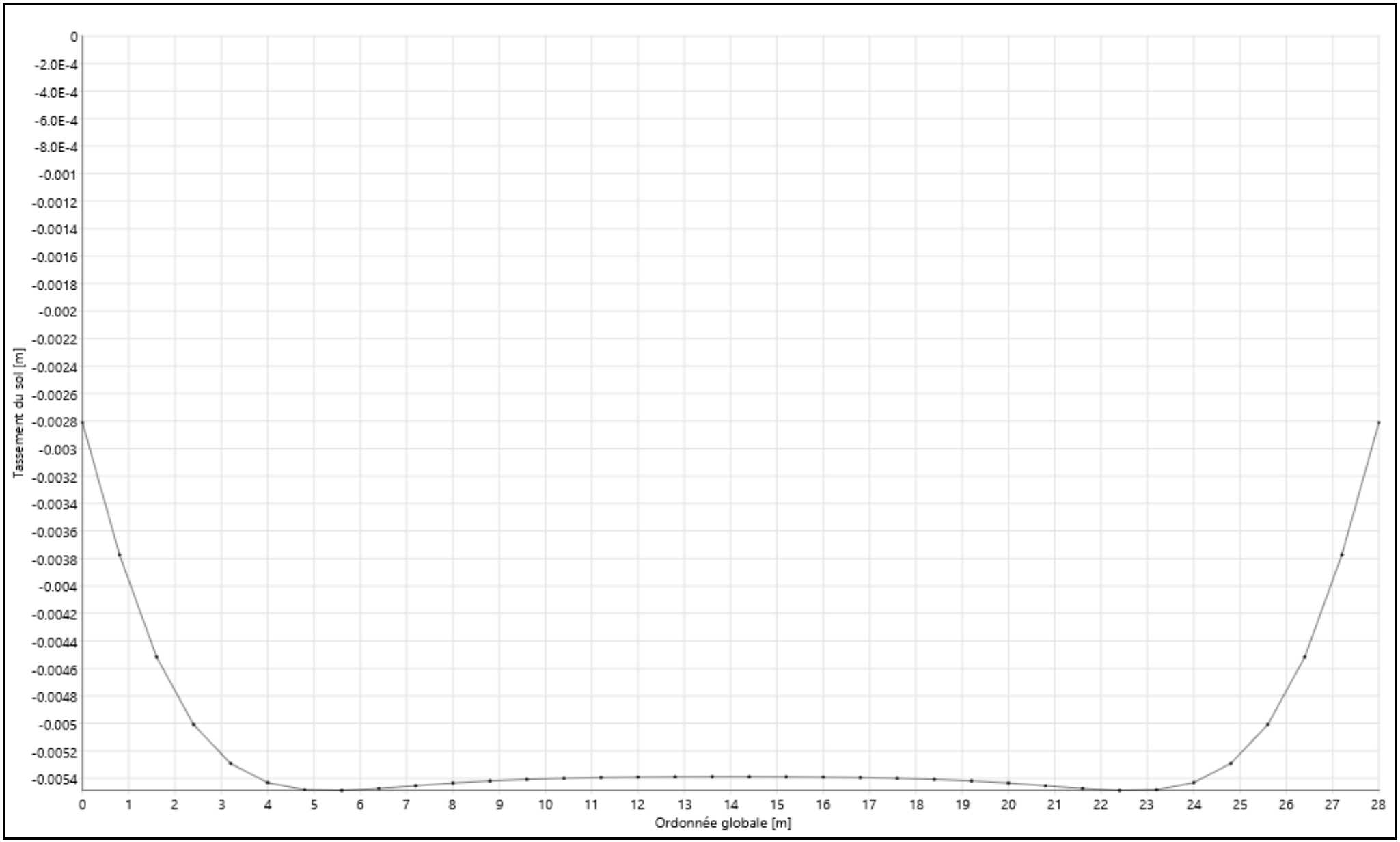
Utiliser un maillage rectangulaire si possible : Oui

Lisser les moments dans les coupes de résultats : Non

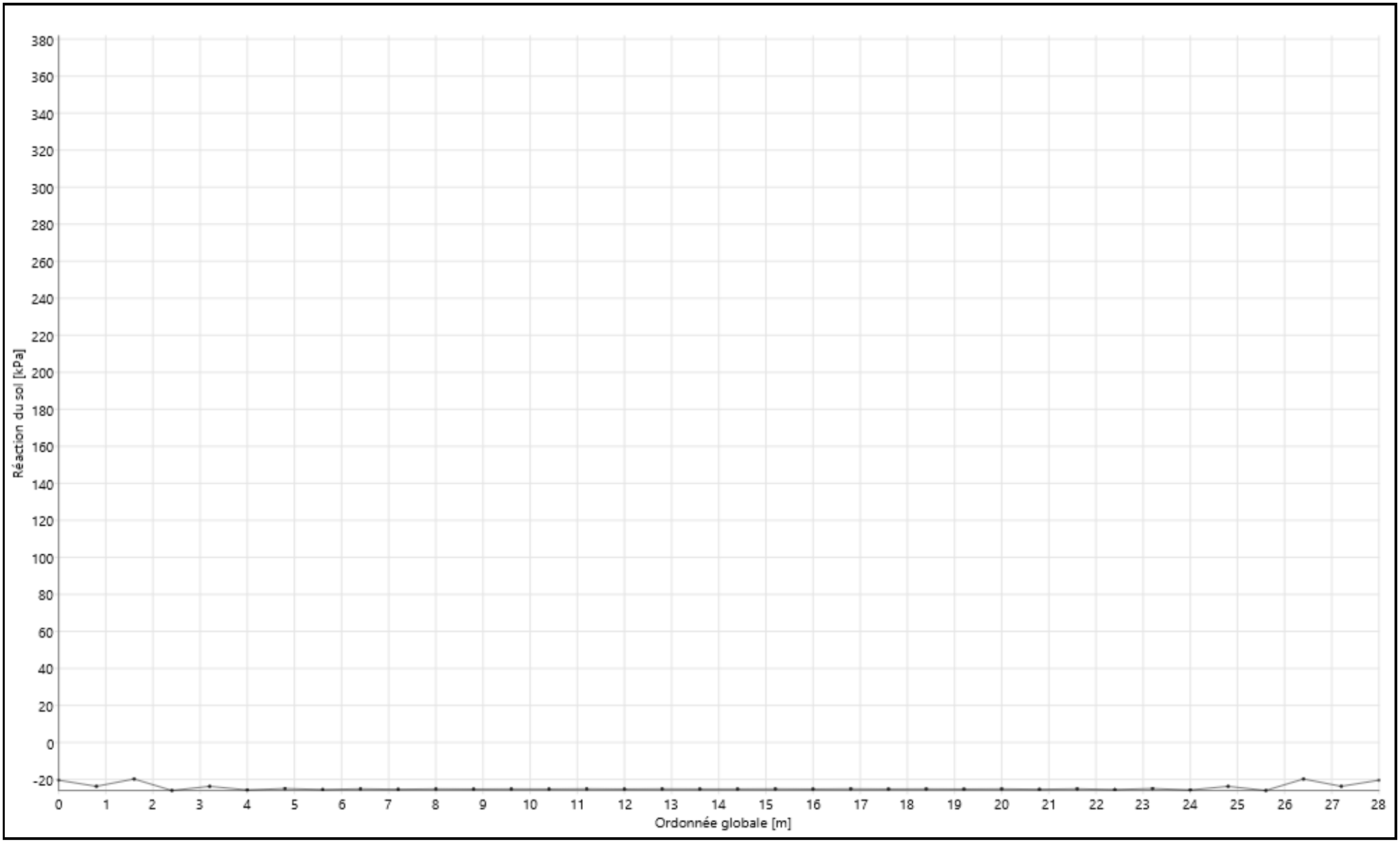
Onglet "Définition du maillage"



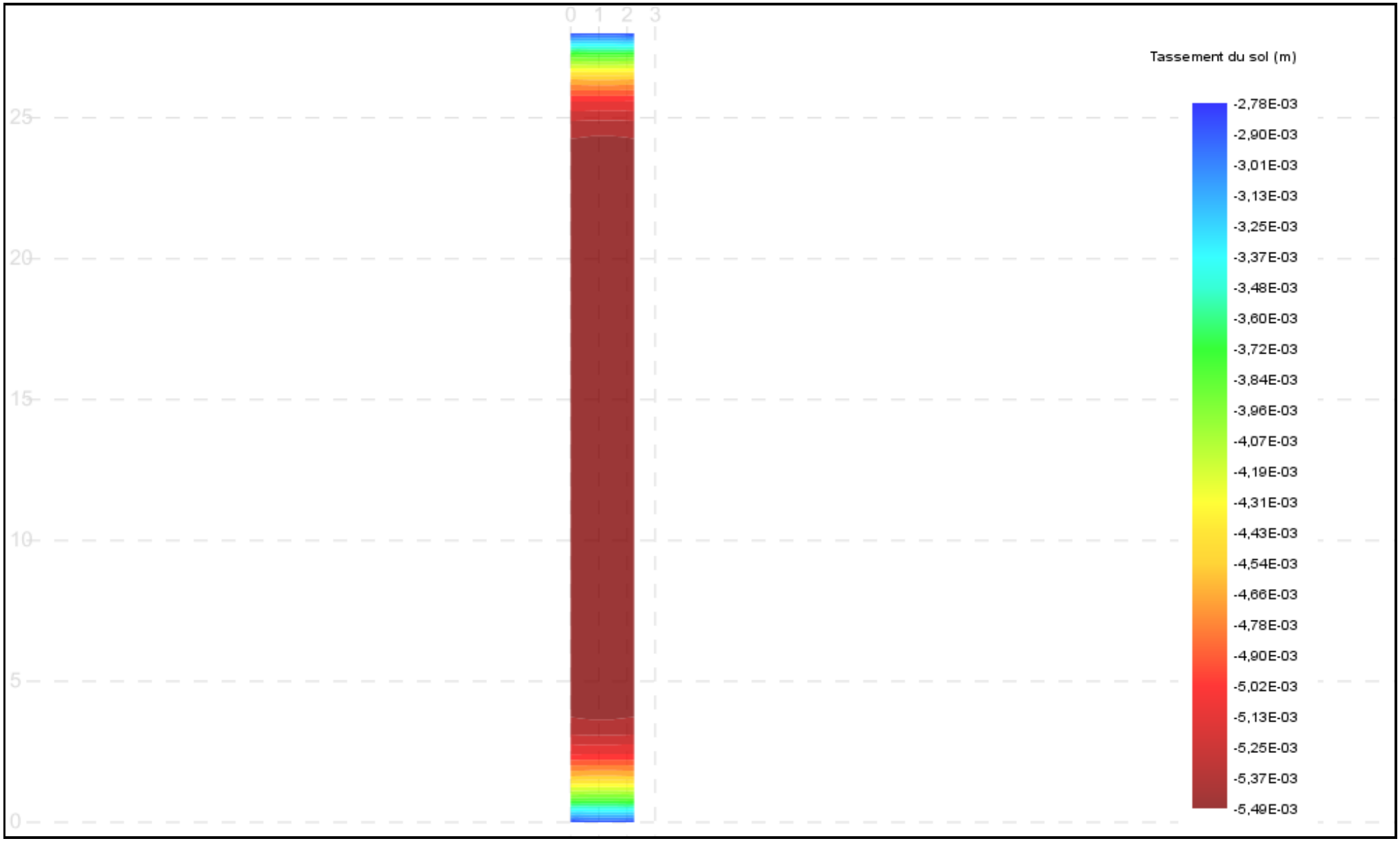
Coupe / Tassement du sol / X=1,12m



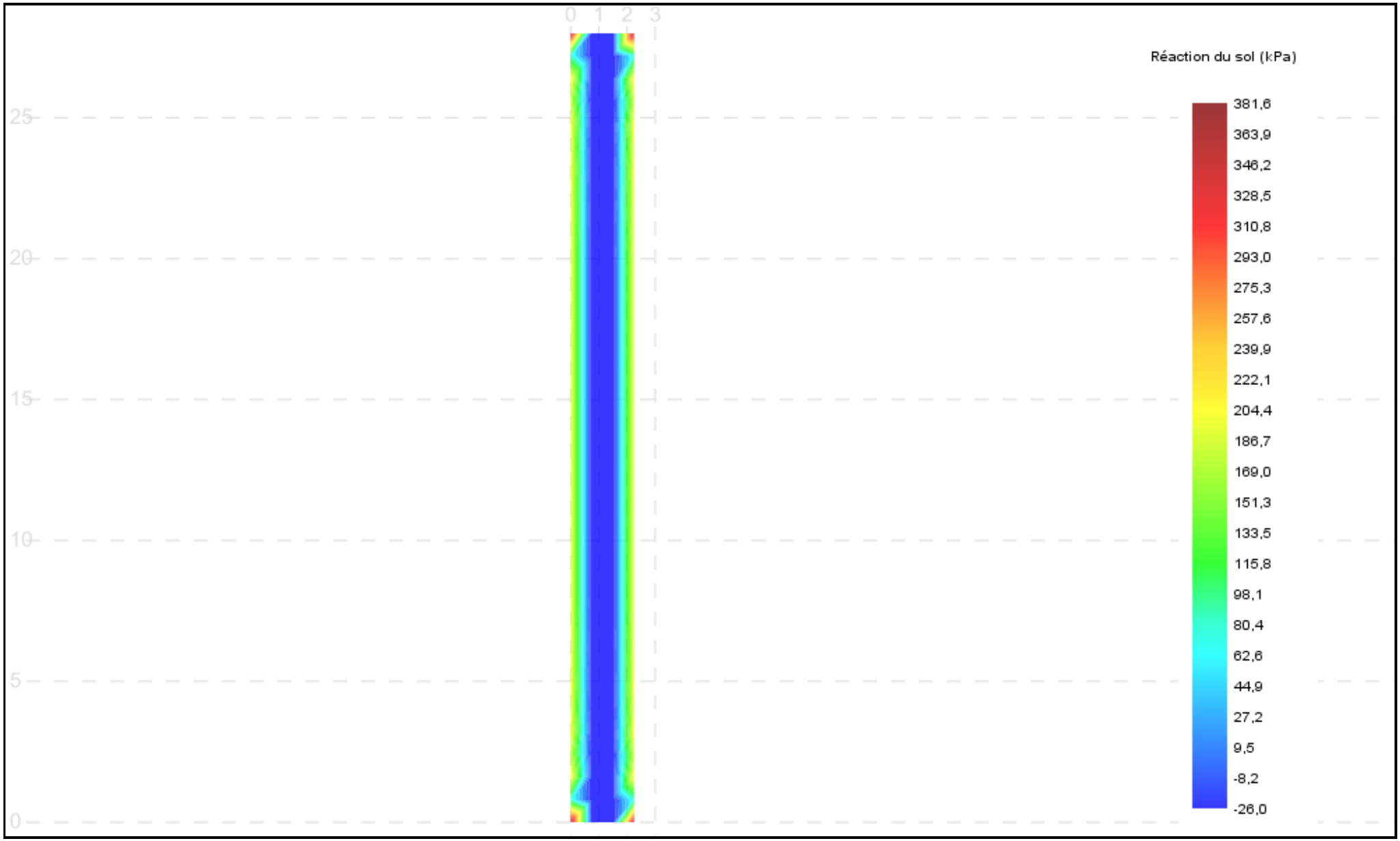
Coupe / Réaction du sol / X=1,12m



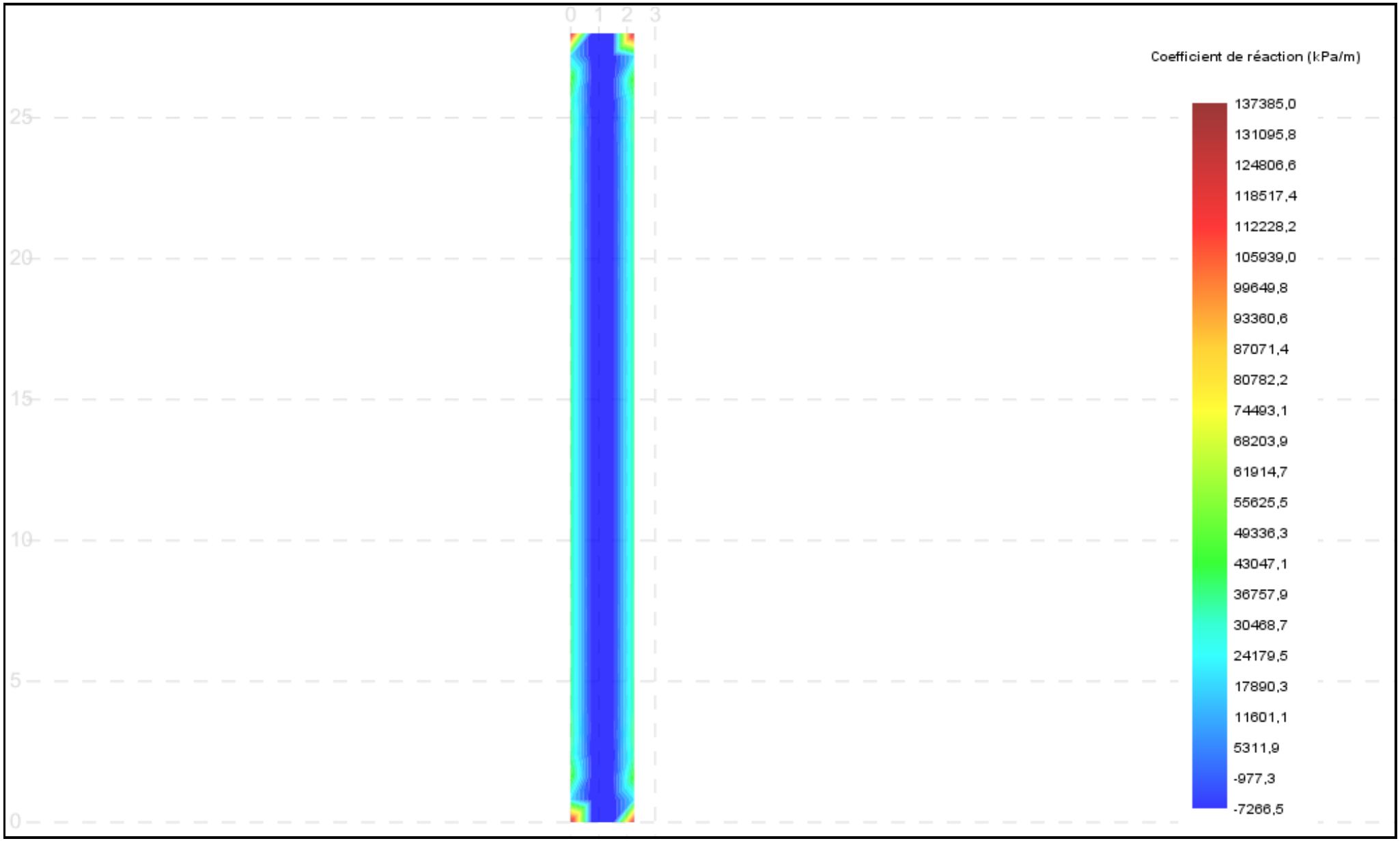
Isovaleurs / Tassement du sol



Isovaleurs / Réaction du sol



Isovaleurs / Coefficient de réaction



Données

Titre du projet : Trémie 4

Numéro d'affaire : 19037-1

Commentaires : N/A

Titre du calcul : cour aguesseau + local CTA (Plaque n°2)

Dimension du projet : 3D

Seuil de décollement (kPa) : 5

Seuil de plastification (kPa) : 1000

Décollement/plastification automatique : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	Esol	v	Pente-x	Pente-y
1	R		27,00	9,00E03	0,33	0,000	0,000
2	Am		24,80	8,00E03	0,33	0,000	0,000
3	Aa		21,50	7,20E05	0,33	0,000	0,000

Poids volumique du sol au dessus de la base de la plaque (kN/m3) : 0,00

Plaque - Rectangle

N°	E	v	e	zbase	X	Y	B	L	θ
1	2,00E07	0,00	0,35	25,45	0,00	0,00	11,00	17,50	0,0

Surcharge répartie - Rectangle

N°	Q	X	Y	B	L	θ
1	13,75	0,00	0,00	11,00	17,50	0,0

Surcharge linéique - Ligne

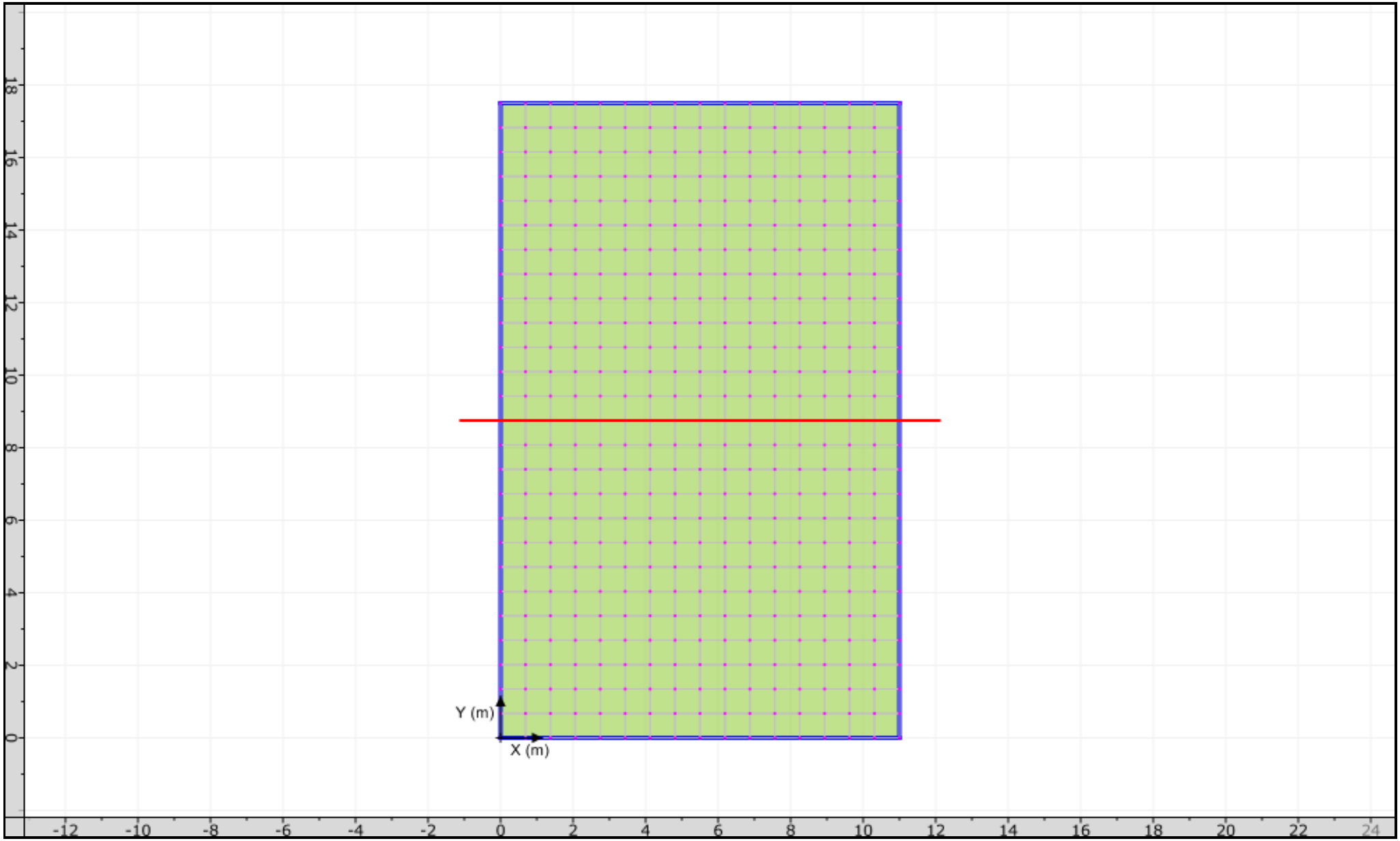
N°	Q	X1	Y1	X2	Y2
1	176,00	0,00	0,00	11,00	0,00
2	176,00	0,00	17,50	11,00	17,50
3	176,00	0,00	0,00	0,00	17,50
4	176,00	11,00	0,00	11,00	17,50

Pas maximal (m) : 0,69

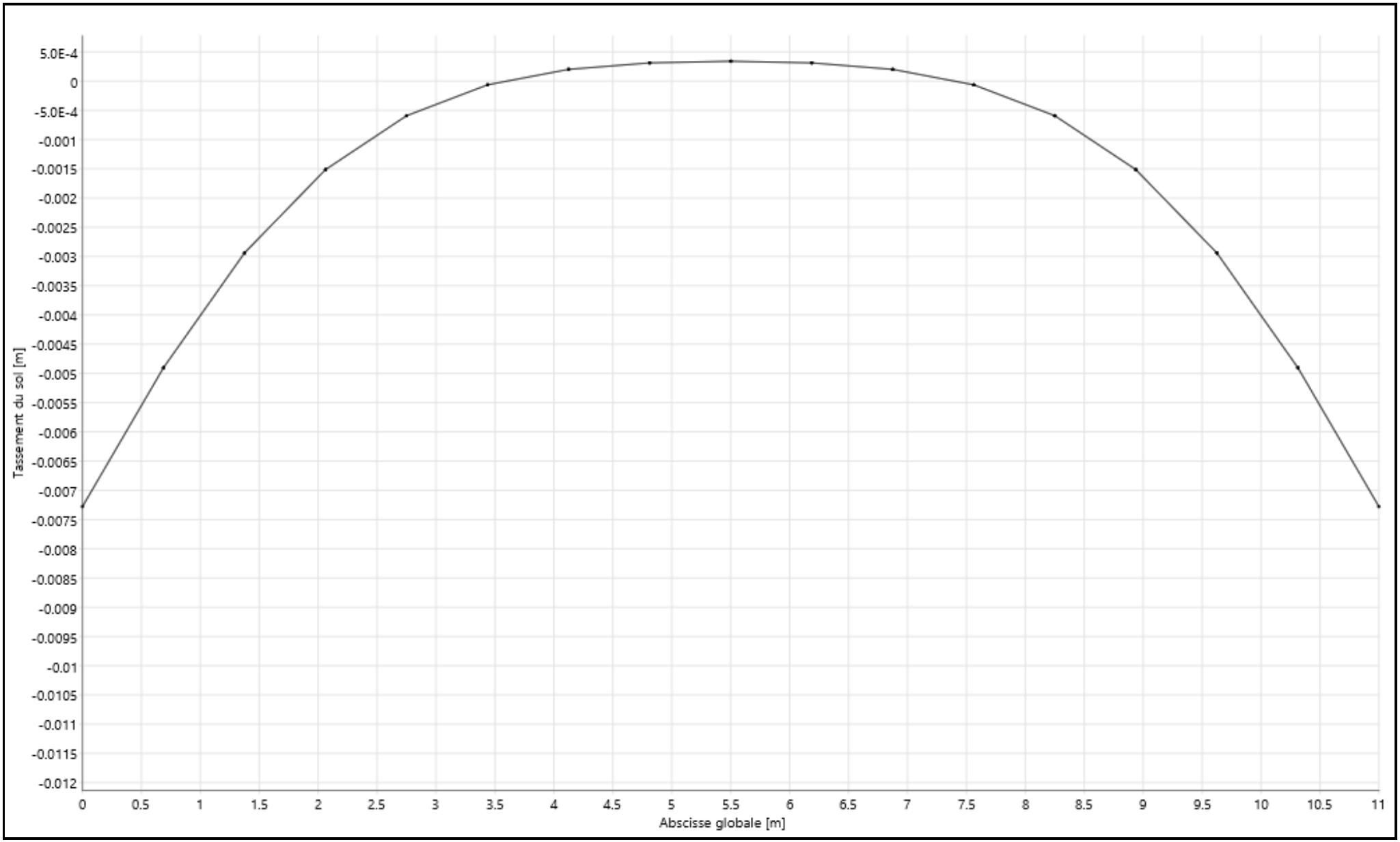
Utiliser un maillage rectangulaire si possible : Oui

Lisser les moments dans les coupes de résultats : Non

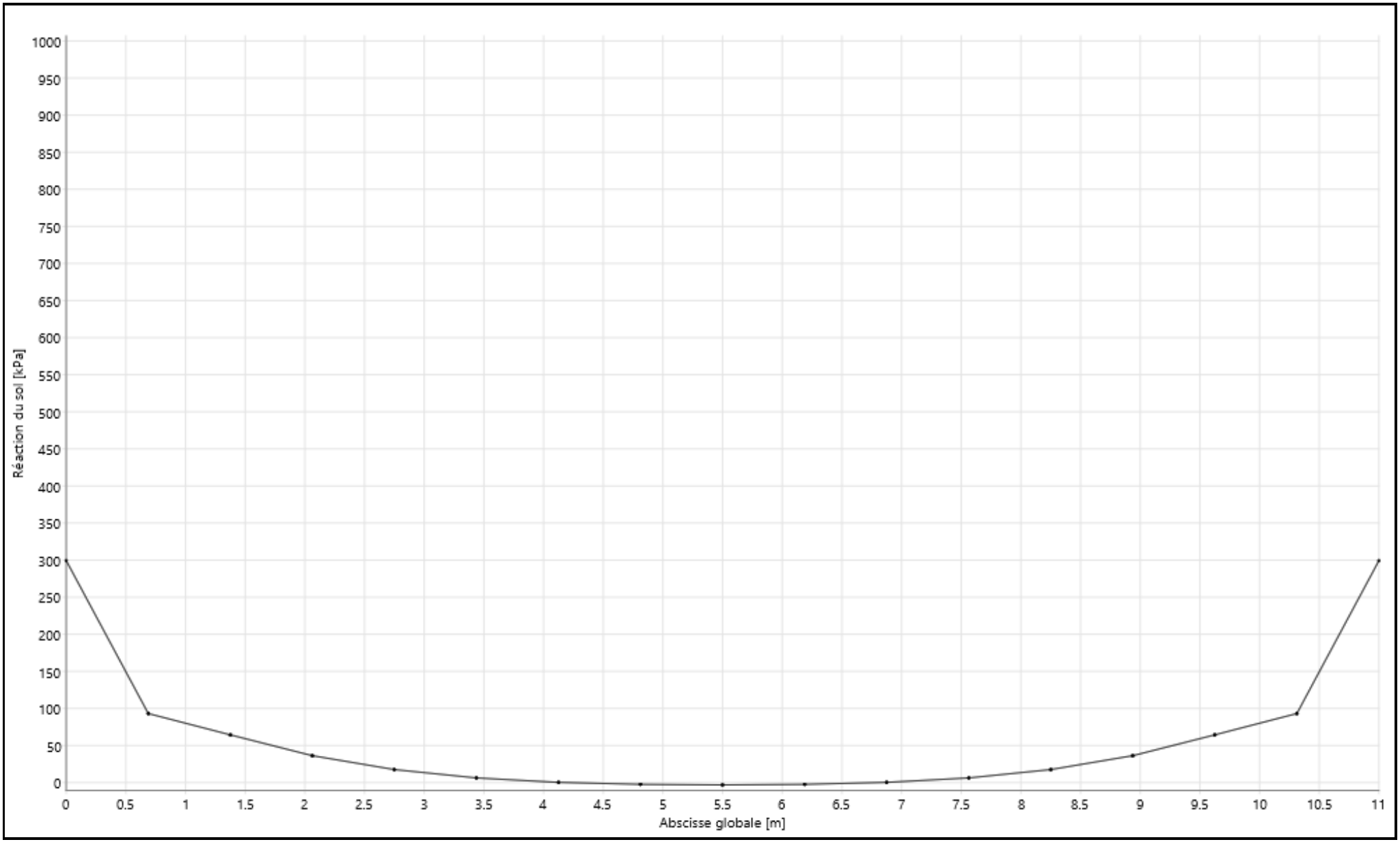
Onglet "Définition du maillage"



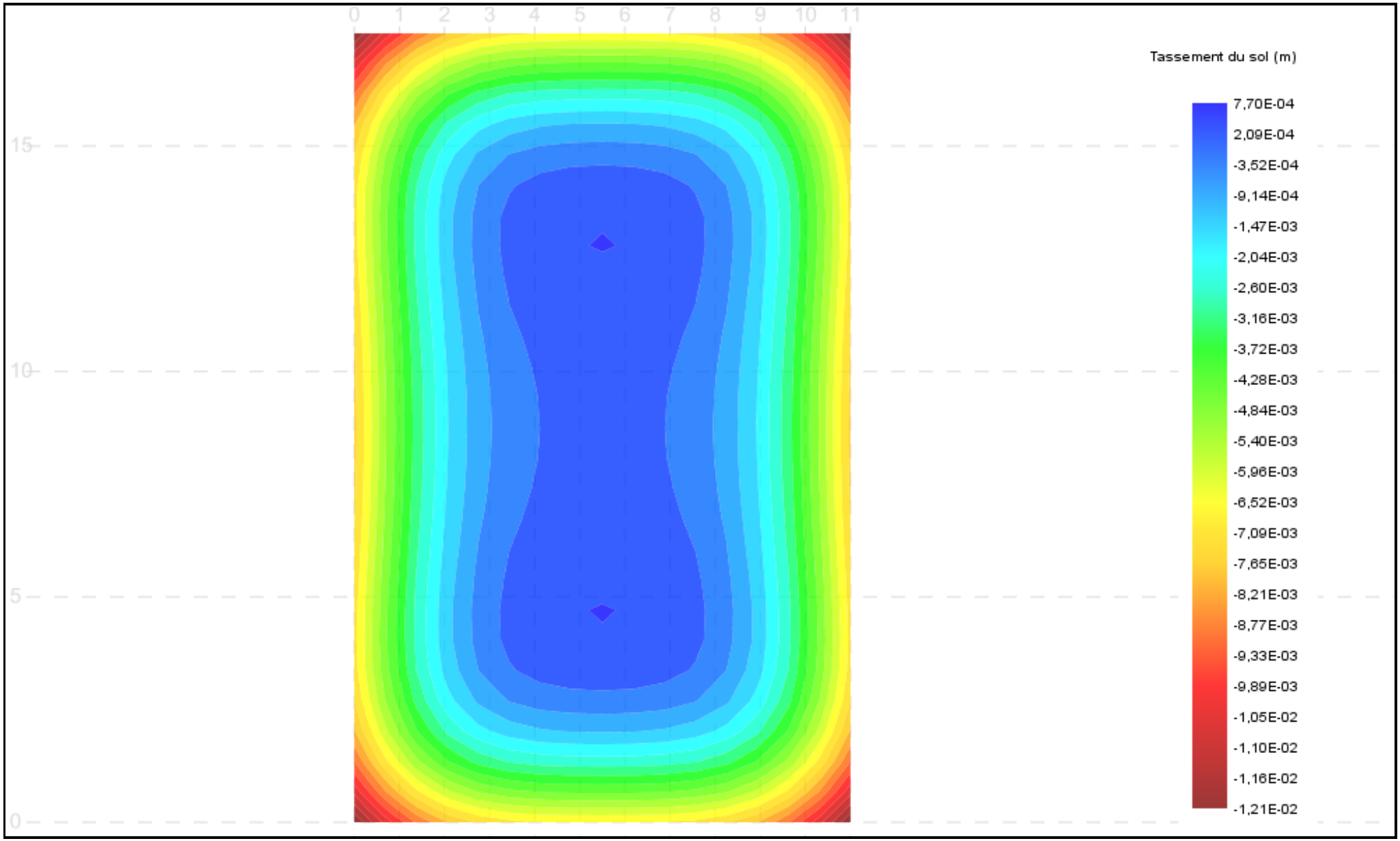
Coupe / Tassement du sol / Y=8,75m



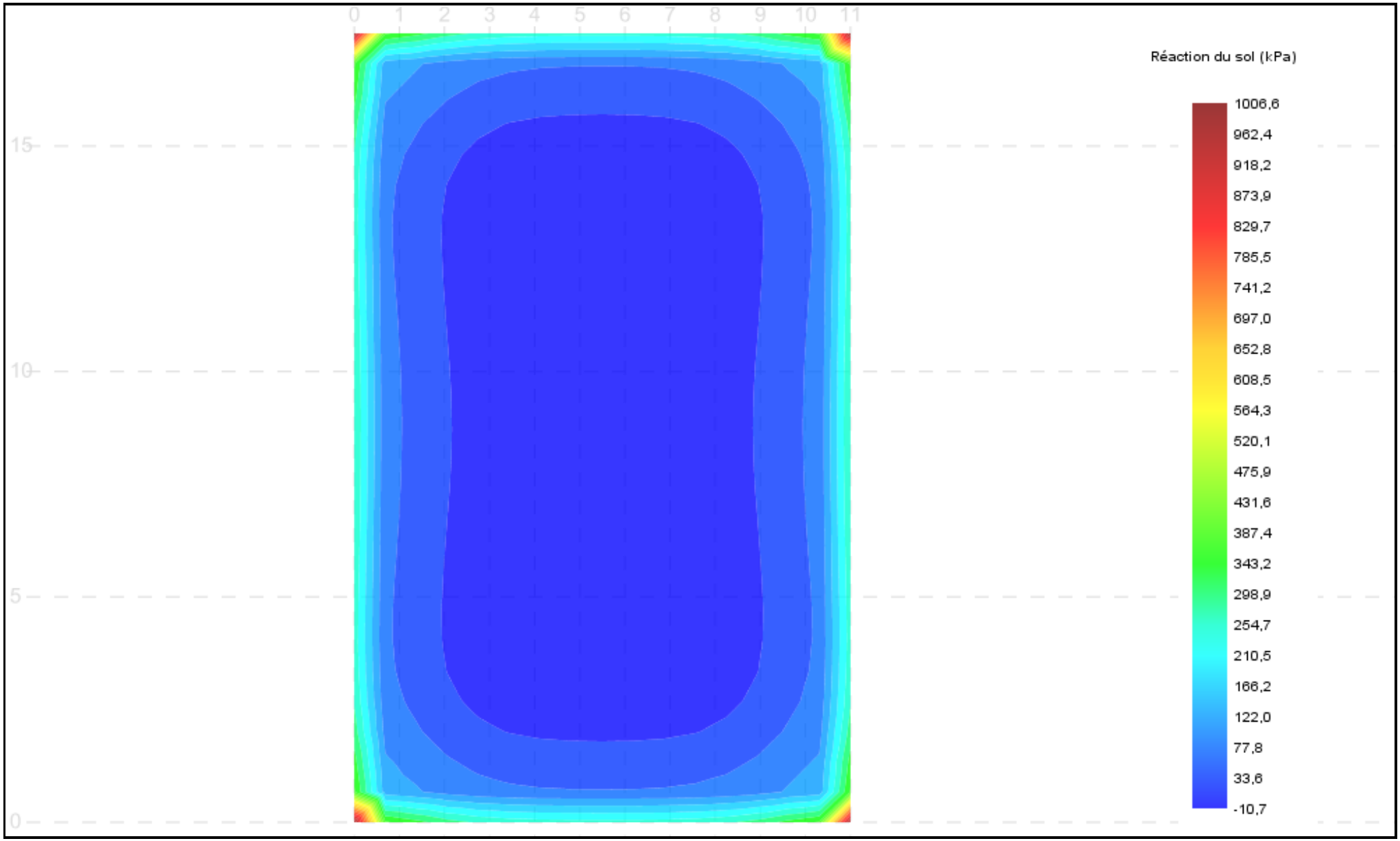
Coupe / Réaction du sol / Y=8,75m



Isovaleurs / Tassement du sol



Isovaleurs / Réaction du sol



Isovaleurs / Coefficient de réaction

