

## Ville d'ESCHAU

# Restructuration du réseau d'assainissement d'Eschau

## *Dossier d'Autorisation Environnementale*

### *Annexe 3 : Etudes géotechniques*



**BEREST**  
INGÉNIERIE

**Bureaux d'Etudes Réunis de l'EST**

INGENIEURS CIVILS DES COLLECTIVITES PUBLIQUES  
Infrastructure - Ingénierie

**Siège social:**

8, rue GIRLENHIRSCH - BP 30012 - 67401 ILLKIRCH-GRAFFENSTADEN  
Tél : 03 88 65 36 18 - Télécopieur : 03 88 67 33 52 - Groupe M. GRANDJEAN  
Email : xavier.grandjean@berest.fr

Indice	Date	Réalisé par	Objet de la modification	
A	22.02.2024	DIGONNET M.	Version initiale	
Responsable Projet	Vérificateur	Echelle	N° Affaire	N° Pièce
X. GRANDJEAN	X. GRANDJEAN	1/250	67 1138 23 063 6 0	

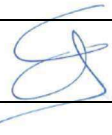
# Renforcement du réseau d'assainissement ESCHAU (67) - Rue du Général de Gaulle / Rue de l'Artisanat / Rue du Tramway / Rue des jardins / Rue de la Paix / Rue des Bateliers / Rue de la 1<sup>ère</sup> Division Blindée

Étude géotechnique de conception (G2)  
Phase Avant-Projet (AVP)

12/01/2021



Agence de Strasbourg • 13 rue de l'Electricité • 67800 HOENHEIM  
Tél. 33 (0) 3 88 81 20 50 • Fax 33 (0) 3 88 81 21 50 • [cebtp.strasbourg@gingergroupe.com](mailto:cebtp.strasbourg@gingergroupe.com)

<i>Eurométropole de Strasbourg</i>							
<b>RENFORCEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT</b>							
ESCHAU (67) - Rue du Général de Gaulle / Rue de l'Artisanat / Rue du Tramway / Rue des jardins / Rue de la Paix / Rue des Bateliers / Rue de la 1ère Division Blindée							
RAPPORT - ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2) – Phase AVP							
Dossier : EST2.K.056-02				Contrat : EST2.K.0252			
Indice	Date	Chargé d'affaire	Visa	Vérfié par	Visa	Contenu	Observations
1	12/01/21	L LAMBRY		E GARNIER		27 pages 4 annexes	

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

## Sommaire

<b>1. Plans de situation .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Contexte de l'étude.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Données générales .....</b>	<b>6</b>
2.1.1. Généralités .....	6
2.1.2. Documents communiqués .....	6
<b>2.2. Description du site.....</b>	<b>6</b>
2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants.....	6
2.2.2. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique.....	7
<b>2.3. Caractéristiques de l'avant-projet .....</b>	<b>9</b>
2.3.1. Description de l'ouvrage .....	9
2.3.2. Terrassements prévus .....	9
<b>2.4. Mission Ginger CEBTP .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Investigations géotechniques.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. Préambule .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2. Implantation.....</b>	<b>10</b>
<b>3.3. Sondages, essais et mesures in situ .....</b>	<b>10</b>
3.3.1. Investigations in situ .....	10
3.3.2. Essais de perméabilité in situ.....	11
<b>4. Synthèse des investigations .....</b>	<b>12</b>
<b>4.1. Modèle géologique général.....</b>	<b>12</b>
4.1.1. Lithologie .....	12
4.1.2. Caractéristiques physiques des sols .....	13
<b>4.2. Contexte hydrogéologique général .....</b>	<b>14</b>
4.2.1. Piézométrie .....	14
4.2.2. Perméabilité .....	15
4.2.3. Inondabilité .....	16
<b>5. Principes généraux de construction en phase avant-projet .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1. Analyse du contexte et principes d'adaptation.....</b>	<b>18</b>
<b>5.2. Adaptations générales de l'avant-projet.....</b>	<b>19</b>
5.2.1. Traficabilité en phase chantier.....	19
5.2.2. Terrassabilité des matériaux.....	20
5.2.3. Drainage en phase chantier.....	20
<b>5.3. Préconisations pour la pose des canalisations .....</b>	<b>20</b>

5.3.1.	Conditions d'excavation.....	20
5.3.2.	Soutènements des tranchées.....	20
5.3.3.	Mise hors d'eau des fouilles.....	21
5.3.4.	Conditions de réutilisation des matériaux .....	22
5.3.5.	Pose des canalisations.....	26
5.3.6.	Remblaiement des tranchées.....	27
<b>6.</b>	<b>Observations majeures .....</b>	<b>28</b>

## **ANNEXES**

**ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES**

**ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES**

**ANNEXE 3 – SONDAGES SEMI-DESTRUCTIFS**

**ANNEXE 4 – PROCES VERBAUX DES ESSAIS D'INFILTRATION ET DES ESSAIS EN LABORATOIRE**

## 1. Plans de situation



Source : [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)



Source : [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)

## 2. Contexte de l'étude

### 2.1. Données générales

#### 2.1.1. Généralités

Nom de l'opération : Renforcement du réseau d'assainissement.

Localisation : Rue du Général de Gaulle / Rue de l'Artisanat / Rue du Tramway / Rue des jardins / Rue de la Paix / Rue des Bateliers / Rue de la 1ère Division Blindée

Commune : ESCHAU (67).

Client / Maître d'Ouvrage : Eurométropole de Strasbourg.

#### 2.1.2. Documents communiqués

Les documents qui nous ont été communiqués et ont été utilisés dans le cadre de ce rapport sont les suivants :

- plan d'implantations prévisionnelles des sondages,
- profondeur des sondages.

### 2.2. Description du site

#### 2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants

Le site concerné par les investigations s'inscrit dans un environnement urbain d'activités (rue de l'artisanat et du tramway) et résidentiel (rue du Général de Gaulle / rue des jardins / rue de la Paix / rue des Bateliers / rue de la 1ère Division Blindée) dans la commune de ESCHAU (67).

### 2.2.2. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique

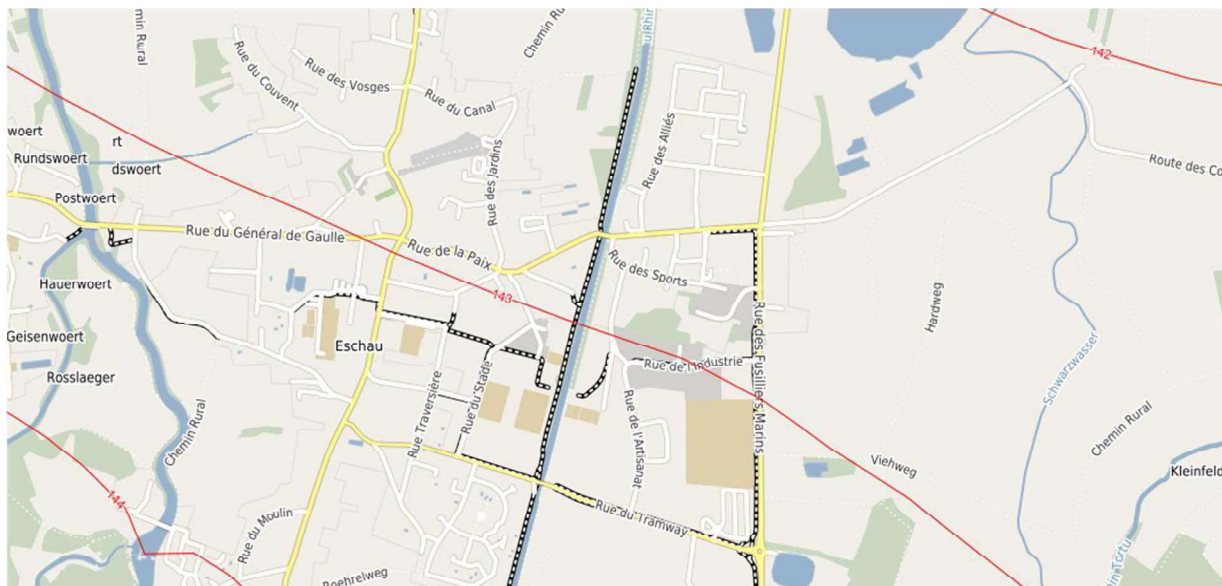
D'après notre expérience locale et la carte géologique de STRASBOURG à l'échelle 1/50000, le site serait constitué (cf. extrait de carte ci-dessous) sous les remblais d'aménagement des chaussées :

- d'alluvions sablo-caillouteuses du Rhin recouvertes par des limons de débordement (Fz<sub>3</sub>R) pour la rue du général de Gaulle et de la 1<sup>ère</sup> Division Blindée;
- de chenaux et bras morts périodiquement inondés par remontée de nappe, composés de limons peu épais (Fz<sub>3-4</sub>) pour le secteur de la rue des jardins et de la rue du Tramway,
- d'alluvions rhénanes caillouteuses et sableuses pour le reste du site (Fz<sub>1-2</sub>R/Fy),



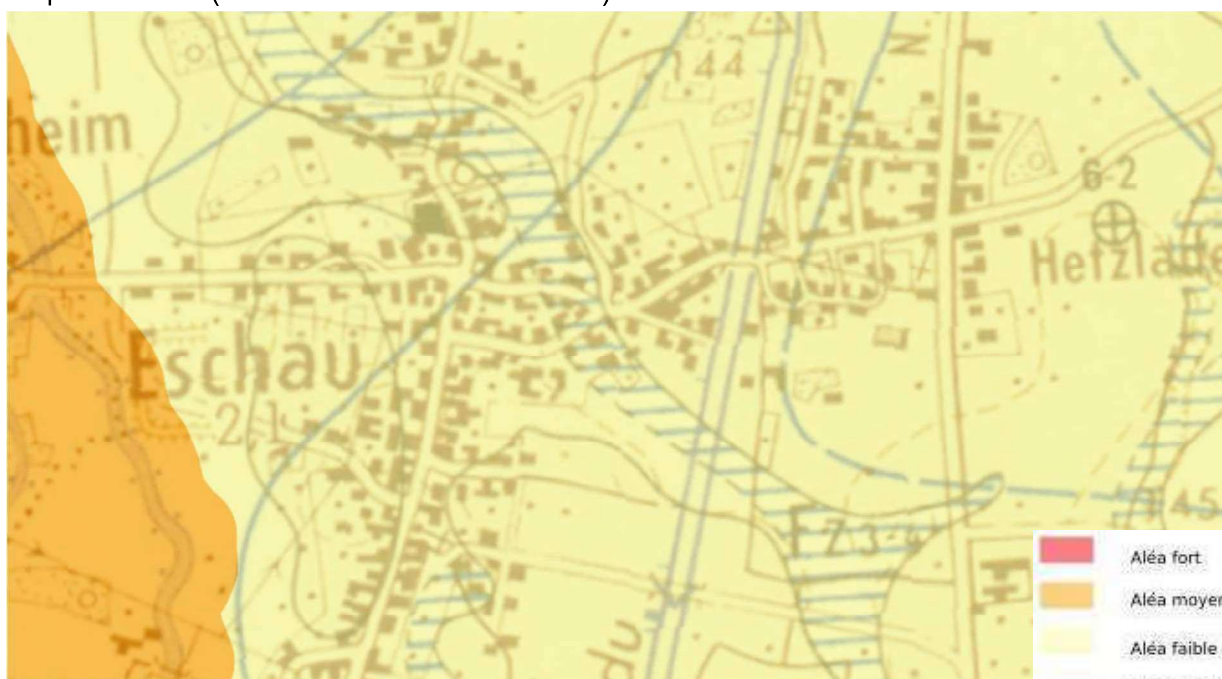
Source : [www.infoterre.brgm.fr](http://www.infoterre.brgm.fr)

D'après notre expérience locale et le site de l'APRONA, les alluvions rhénanes du secteur sont réputées être le siège d'une nappe dont le toit se situerait en période de moyennes eaux entre les cotes +142.0 m au Nord et +144.0 m IGN69 au Sud (cf. extrait de carte ci-après).



Source : [www.carto.aprona.net](http://www.carto.aprona.net)

D'autre part, d'après la nouvelle carte d'exposition au risque de retrait/gonflement, consultable sur le site « [www.infoterre.brgm.fr](http://www.infoterre.brgm.fr) », le terrain étudié présenterait un aléa « faible » vis-à-vis de ce phénomène (cf. extrait de carte ci-dessous) :



Source : [www.infoterre.brgm.fr](http://www.infoterre.brgm.fr)

Enfin, le site étudié est classé en zone de sismicité 3 (aléa modéré).

## 2.3. Caractéristiques de l'avant-projet

### 2.3.1. Description de l'ouvrage

Le projet consiste au renforcement du réseau d'assainissement de la commune, avec pose d'un réseau unitaire sur certaines portions et d'un réseau d'eau usées sur d'autres. Les diamètres des réseaux qui seront déposés varieront entre 300 mm et 1000 mm en fonction des secteurs.

### 2.3.2. Terrassements prévus

Il n'est pas prévu de terrassements autres que la réalisation des tranchées pour pose des réseaux. Les profondeurs seront d'environ :

- 2.9 à 4.15 m de profondeur rue du Tramway,
- 3.2 à 4.1 m de profondeur rue de l'Artisanat,
- 1.4 à 2.0 m de profondeur rue des Jardins,
- 1.5 à 2.0 m de profondeur rue de la Paix,
- 1.9 à 2.5 m de profondeur rue de la 1<sup>ère</sup> division Blindée,
- 2.1 à 3.3 m de profondeur rue du Général de Gaulle.

## 2.4. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat n°EST2.K.0252.

Il s'agit d'une ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2) selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique. Plus précisément, compte tenu du niveau d'avancement du projet, notre mission s'intègre dans la phase *Avant-projet* (G2 AVP).

La mission comprend, conformément à la Norme NF P 94-500 de Novembre 2013 :

- la définition d'un programme d'investigations géotechniques spécifiques, sa réalisation et l'exploitation des résultats,
- la réalisation d'un rapport donnant :
  - les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet,
  - les préconisations pour la pose du réseau (terrassements, soutènements, dispositions générales vis-à-vis de la nappe et avoisinants, remblaiement des tranchées).

La mission G2 phase AVP, réalisée au stade de l'Avant-Projet, peut être suivie d'une mission G2 phase PRO, qui servira de base pour l'élaboration du DCE (Document de Consultation des Entreprises).

## 3. Investigations géotechniques

### 3.1. Préambule

Les moyens de reconnaissance et d'essais ont été définis par le Maître d'œuvre lors de la consultation.

Ces investigations ont toutes été réalisées.

### 3.2. Implantation

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan d'implantation joint en annexe 2. Elle a été définie et réalisée par le Maître d'œuvre et adaptée par Ginger CEBTP en fonction des réseaux existants et du trafic.

### 3.3. Sondages, essais et mesures in situ

#### 3.3.1. Investigations in situ

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Type de sondage	Quantité	Noms	Prof. / TE
<b>Sondages semi-destructifs à la tarière hélicoïdale</b> Ø 90 mm pour prélèvement d'échantillon et réalisation des essais d'infiltration	10	S1	6.0m
		S2	6.0m
		S3	5.0 m
		S4	5.0 m
		S5	5.0 m
		S6	5.0 m
		S7	5.0 m
		S8	5.0 m
		S9	5.0 m
		S10	6.0 m
<b>Sondage semi-destructif à la tarière hélicoïdale</b> continue Ø 63 mm	1	SP1	7.0 m
<b>Réalisation d'essais pressiométriques</b> Norme NF EN ISO 22476-4	5		

La profondeur des sondages est conforme à celle définie au contrat.

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

- **Sondages semi-destructifs et destructifs :**
  - coupes détaillées des sols,
  - résultats des essais d'infiltration.
  
- **Essais pressiométriques :**
  - module pressiométrique :  $E_M$  (MPa),
  - pression limite nette :  $p_l^*$  (MPa),
  - pression de fluage nette :  $p_f^*$  (MPa),
  - rapport  $E_M/p_l^*$ .

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

### 3.3.2. Essais de perméabilité in situ

Les essais suivants ont été réalisés :

Type d'essai de perméabilité in situ	Dénomination	Sondage de référence	Prof. / TN
Essais de perméabilité à l'eau dans un forage en tube ouvert – NF EN ISO 22282-2	EL1	S1	2.1 – 2.5 m
	EL2	S8	2.5 - 2.7 m

## 4. Synthèse des investigations

### 4.1. Modèle géologique général

#### 4.1.1. Lithologie

A noter que la profondeur des formations est donnée par rapport aux voiries existantes telles qu'elles étaient au moment de la reconnaissance.

L'analyse et la synthèse des résultats des investigations réalisées ont permis de dresser la coupe géotechnique schématique suivante :

Formation n°0 : **Enrobé.**

Epaisseur : 5 à 10 cm.

Formation n°1 : **Couche de forme sablo-graveleuse**

Profondeur : jusque 0.4 à 1.40 m en S1, S3, S4, S6, S8 et S9.

Formation n°2 : **Remblais limons bruns plus ou moins sablo-graveleux**

Profondeur : jusque 1.20 à 1.70 m en S2, S3, S4, S7 et jusque 5.00 m en S10.

Formation n°3 : **Alluvions sablo-graveleuses plus ou moins limoneuses.**

Profondeur : jusque plus de 6.00 m.

Caractéristiques mécaniques : moyennes (en SP1)

Pression limite (PI\*) : 0.52 à 2.80 MPa

Module pressiométrique (Em) : 5.9 à 11.3 MPa

Formation n°4 : **Sables et graviers (en S5 et S9 uniquement).**

Profondeur : > 5.0 m.

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

#### 4.1.2. Caractéristiques physiques des sols

Les procès-verbaux des essais en laboratoire sont insérés en annexe 5. Les résultats de ces essais sont synthétisés ci-après :

Réf. sondage.	Formation	Prof. éch. (m)	W (%)	VBS	Tamisé < 80 µm	Classe G.T.R.
S1	Couche de forme	0.1/1.4m	2.2 %	0.27	13.1%	B5
S3	Couche de forme	0.1/0.7m	3.7 %	0.53	20.1 %	B5
S5	Sables et graviers	1.3/3.0m	2.3 %	0.10	9.0 %	B3
S7	Remblais limoneux et sableux	0.5/1.3m	13.8%	1.01	35.4%	A1
S10	Remblais sablo-limoneux	0.4/2.8m	6.4%	1.33	15.4%	B5

Dans le tableau ci-dessous sont reportés les résultats des essais mécaniques sur matériaux non rocheux :

Référence échantillon	Formation	Prof. (m) échantillon	Proctor Normal	
			WOPN (%)	Masse volumique OPN (Mg/m <sup>3</sup> )
S10	Remblais sablo-limoneux	0.4/5.0m	9.9%	1.93

Légende :

- W : teneur en eau pondérale,
- Wopn : teneur en eau à l'optimum proctor.

## 4.2. Contexte hydrogéologique général

### 4.2.1. Piézométrie

Compte tenu de la nature affouillante des terrains, la plupart des trous de forages étaient éboulés à de faibles profondeurs. Ces profondeurs peuvent éventuellement correspondre à une zone de proximité avec la nappe.

Un niveau d'eau a pu être mesuré à 1.80m de profondeur en SP1.

Les niveaux d'éboulement des sondages s'établissent comme suit :

Sondage	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Prof éboulé (m)	1.40	1.30	1.10	1.10	1.40	1.40	1.40	1.40	2.90

Il est à noter que le régime hydrogéologique peut varier en fonction de la saison et de la pluviométrie. Ces niveaux d'eau doivent donc être considérés à un instant donné.

#### 4.2.2. Perméabilité

Afin d'estimer l'ordre de grandeur de la perméabilité des terrains en place, des essais de perméabilité ont été réalisés. Les résultats de ces essais de perméabilité sont donnés dans le tableau ci-dessous :

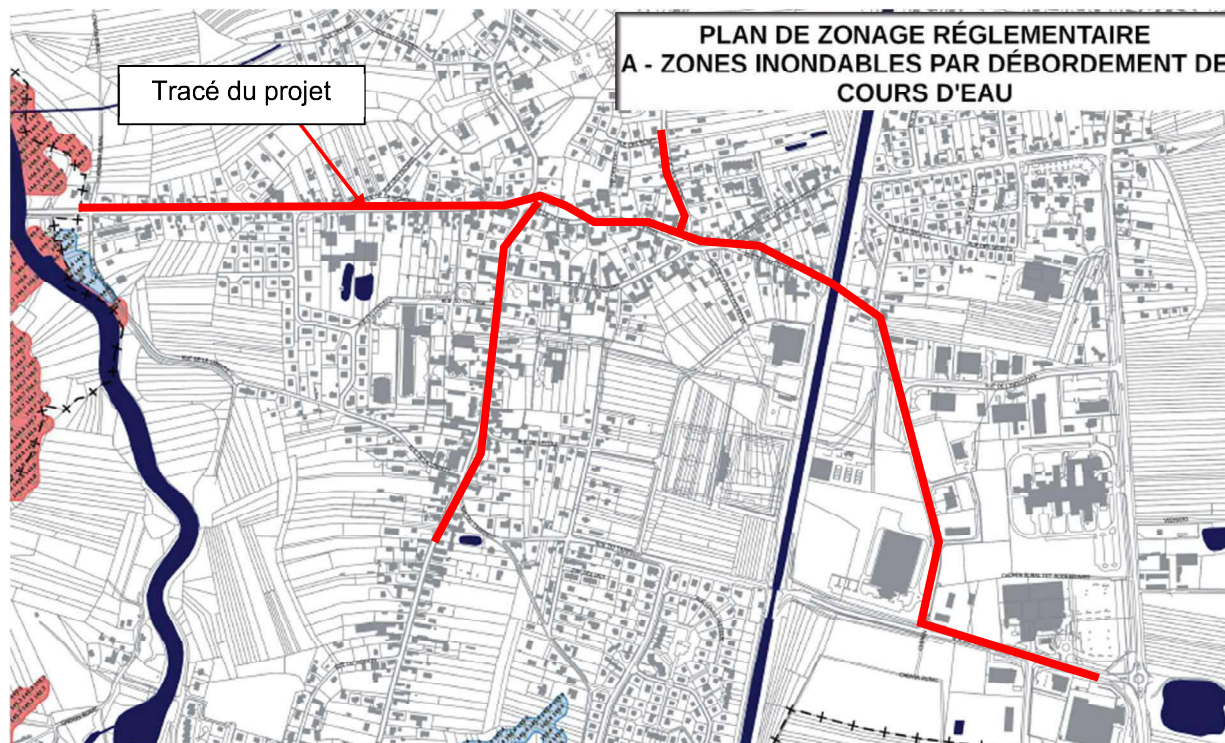
Référence sondage/essai	Formation / Nature du sol	Profondeur de l'essai	Coefficient de perméabilité K
S1/EL1	N°3 : alluvions sablo-limoneuses	2.1 – 2.5m	$1,5 \cdot 10^{-6}$ m/s
S8/EL2	N°3 : alluvions sablo-graveleuses	2.6 - 2.7 m	$6,8 \cdot 10^{-5}$ m/s

#### Remarques importantes :

- nous rappelons qu'il s'agit d'essais ponctuels mesurant la perméabilité sur une surface très limitée par rapport au terrain étudié. Des variations latérales ne sont donc pas exclues. Ces résultats sont à prendre avec beaucoup de précaution en raison des variations attendues tant horizontalement que verticalement,
- par ailleurs, dans l'hypothèse de rabattement provisoire ou permanent de la nappe, les essais entrepris permettent uniquement d'estimer des débits prévisibles. Seul un essai de pompage intégrant la perméabilité en grand du massif permettra d'obtenir une estimation raisonnable des débits à prévoir.

### 4.2.3. Inondabilité

D'après le plan A22 (zones inondables par débordement de cours d'eau) issu du PPRI de l'Eurométropole de Strasbourg, le réseau projeté est situé en dehors de toute zone inondable par débordement de cours d'eau (cf. extrait de carte ci-dessous) :

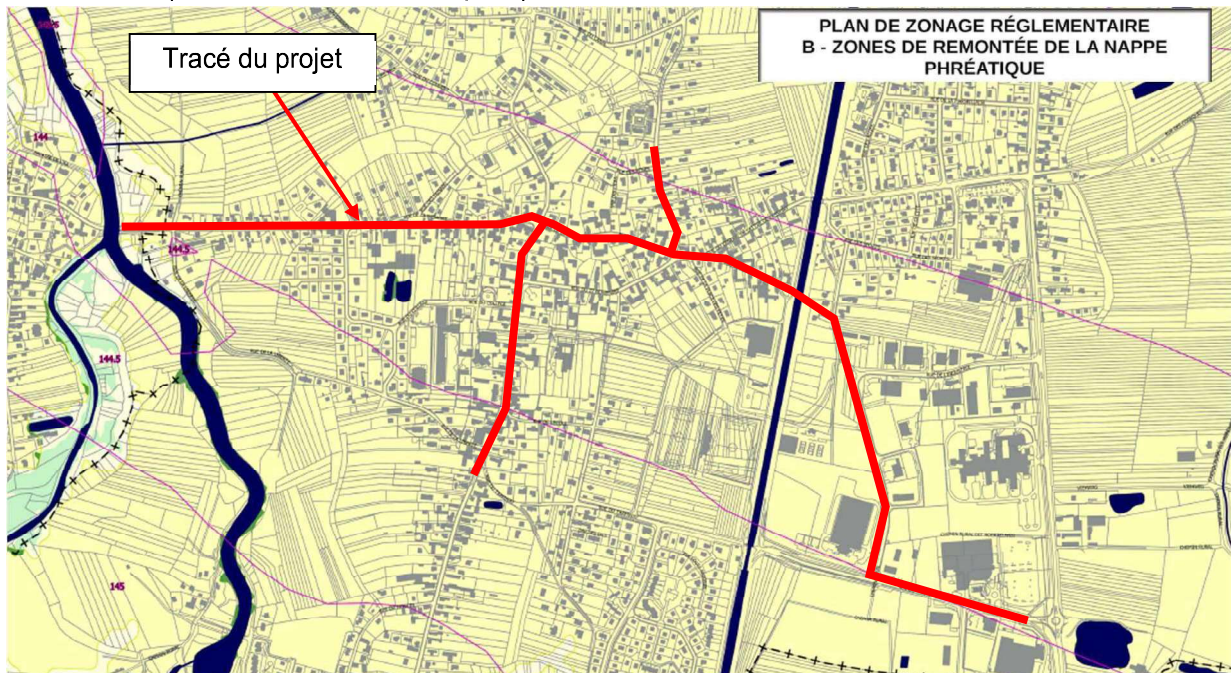


Source : [www.bas-rhin.gouv.fr](http://www.bas-rhin.gouv.fr)

Les cote de PPRI par débordement de cours d'eau à prendre en compte au droit du site sont de :



- **144.0 m IGN69** sur la quasi-totalité de la zone d'étude,
- **144.5 m IGN69** au niveau de la rue du Tramway.

D'autre part, d'après le plan B22 (zones de remontée de la nappe phréatique) issu du PPRI de l'Eurométropole de Strasbourg, le réseau projeté est situé en zone de remontée de nappe non débordante (cf. extrait de carte ci-après).





Source : [www.bas-rhin.gouv.fr](http://www.bas-rhin.gouv.fr)

à titre informatif :

-  Zone inondable par débordement de cours d'eau également impactée par de la remontée de nappe non débordante
-  Zone inondable par débordement de cours d'eau également impactée par de la remontée de nappe débordante

**Zones réglementées au titre de la remontée de nappe phréatique**

-  Zone de remontée de nappe non débordante (RNnd)
-  Zone de remontée de nappe débordante (RNd)

## 5. Principes généraux de construction en phase avant-projet

### 5.1. Analyse du contexte et principes d'adaptation

Compte-tenu de ce qui a été indiqué dans les paragraphes précédents, les points essentiels ci-dessous sont à prendre en compte et conduiront les choix d'adaptation du projet :

#### **Contexte géologique et géotechnique :**

Le site est caractérisé par :

- la présence d'enrobé (formation n°0) sur 5 à 10 cm d'épaisseur,
- une couche de forme sablo-graveleuse (formation n°1) jusqu'à 0.4 à 1.4 m de profondeur en S1, S3, S4, S6, S8 et S9,
- des remblais de limons plus ou moins sablo-graveleux (formation n°2) jusqu'à 1.2 à 1.7m de profondeur, ou jusque 5.0m en S10,
- des alluvions sablo-graveleuses plus ou moins limoneuses moyennement compactes (formation n°3) jusqu'à plus de 6.00 m de profondeur,
- des sables et graviers ± limoneux (formation n°4) en S5 et S9 jusqu'à plus de 5.0 m de profondeur,
- la présence de la nappe phréatique entre 142.9 (au Sud – rue du Général de Gaulle) et 143.7 m IGN69 (au Nord - rue de l'Industrie).

#### **Descriptif du projet :**

Le projet consiste au renforcement du réseau d'assainissement de la commune, avec pose d'un réseau unitaire sur certaines portions et d'un réseau d'eau usées sur d'autres. Les diamètres des réseaux qui seront déposés varieront entre 300 mm et 1000 mm en fonction des secteurs. Les fonds de fouilles sont attendus à des profondeurs variant entre 1.4 et 4.2m.

#### **Adaptations du projet au site :**

Compte tenu des points précédents :

- la réalisation des tranchées nécessitera l'utilisation de blindage provisoire,
- la couche de forme existante étant de nature sablo-graveleuse, cette dernière pourra être réutilisée pour le remblaiement au droit des secteurs où celle-ci est présente. Des apports de matériaux sont à prévoir sur les secteurs où les réseaux seront posés dans les remblais de la formation n°2, qui devront être purgés,
- les alluvions sablo-graveleuses pourront nécessiter pas endroit l'apport de matériaux en fonction de la teneur en particules fines et en particuliers des limons repérés dans certains sondages (S1 et S6 par exemple),
- une analyse de la situation vis-à-vis de la nappe devra être menée en fonction des secteurs et des dispositions qui en découlent.

Ces principes sont détaillés dans les paragraphes suivants.

Nous rappelons que toute modification du projet ou des sols peut entraîner une modification partielle ou complète des adaptations préconisées. Nous rappelons également, que dans le contexte alluvial du secteur, des variations entre les points de sondage sont possibles et des adaptations peuvent être nécessaires.

## 5.2. Adaptations générales de l'avant-projet

Nota : les indications données dans les chapitres suivants, qui sont fournies en estimant des conditions normales d'exécution pendant les travaux, seront forcément adaptées aux conditions réelles rencontrées (intempéries, niveau de nappe, matériels utilisés, provenance et qualité des matériaux, phasages, plannings et précautions particulières).

Nous rappelons que les conditions d'exécution sont absolument prépondérantes pour obtenir le résultat attendu et qu'elles ne peuvent être définies précisément à l'heure actuelle. A défaut, seules des orientations seront retenues.

Il n'est pas prévu de terrassements autres que la réalisation des tranchées pour pose des réseaux. Les profondeurs seront d'environ :

- 2.9 à 4.2 m de profondeur rue du Tramway,
- 3.2 à 4.1 m de profondeur rue de l'Artisanat,
- 1.4 à 2.0 m de profondeur rue des Jardins,
- 1.5 à 2.0 m de profondeur rue de la Paix,
- 1.9 à 2.5 m de profondeur rue de la 1<sup>ère</sup> division Blindée,
- 2.1 à 3.3 m de profondeur rue du Général de Gaulle.

Les niveaux des fonds de fouille des tranchées se situeront :

- dans les remblais limoneux de la formation n°2 rue du tramway,
- dans les alluvions de la formation n°3 ou dans les sables et graviers de la formation n°4 rue de l'Artisanat,
- dans les alluvions sablo-graveleuses de la formation n°3 rue des jardins,
- dans les sables et graviers de la formation n°4 rue de la Paix,
- dans les alluvions de la formation n°3 rue de la 1<sup>ère</sup> division Blindée et rue du Général de Gaulle,

### 5.2.1. Traficabilité en phase chantier

Compte tenu du contexte du site (présence d'un revêtement en enrobé dans les rues), la traficabilité des engins de terrassements ne posera pas de problème particulier.

### 5.2.2. Terrassabilité des matériaux

La réalisation des déblais ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction. Les terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance. Sauf en cas de présence d'éléments non-détectés en forage.

### 5.2.3. Drainage en phase chantier

Suite aux observations faites au cours de la campagne d'investigations, les fonds de fouille des tranchées les plus profondes pourraient se situer sous le niveau de la nappe ou bien à proximité immédiate.

Des dispositions spécifiques devront être prises pour permettre la pose des réseaux dans les meilleures conditions.

## 5.3. Préconisations pour la pose des canalisations

### 5.3.1. Conditions d'excavation

La pose du nouveau réseau d'assainissement devrait nécessiter de terrasser en déblai sur :

- 2.9 à 4.15 m de profondeur rue du Tramway,
- 3.2 à 4.1 m de profondeur rue de l'Artisanat,
- 1.4 à 2.0 m de profondeur rue des Jardins,
- 1.5 à 2.0 m de profondeur rue de la Paix,
- 1.9 à 2.5 m de profondeur rue de la 1<sup>ère</sup> division Blindée,
- 2.1 à 3.3 m de profondeur rue du Général de Gaulle.

Les formations concernées par les terrassements seront donc la couche de forme sablo-graveleuse (n°1), les remblais limoneux bruns plus ou moins sablo-graveleux (formation n°2), les alluvions sablo-graveleuses (formation n°3) et des sables et graviers propres rue de la paix et rue de l'Artisanat (formation n°4).

Il s'agit de sols principalement meubles qui pourront être excavés au moyen d'engins usuels (pelle hydraulique). Cependant, il n'est pas exclu de rencontrer des points durs sur certains tronçons, qui pourraient nécessiter l'emploi d'engins et d'outils adaptés.

### 5.3.2. Soutènements des tranchées

Les tranchées devront être blindées et il sera nécessaire de recourir à un blindage par panneaux jointifs et résistants.

### 5.3.3. Mise hors d'eau des fouilles

Les travaux de pose des conduites devront être réalisés à sec.

Il est donc fortement recommandé de **réaliser les travaux en période de basses eaux** de manière à éviter d'intercepter la nappe ou de limiter la hauteur de terrassement situé sous la nappe phréatique.

Les travaux risquent fortement d'intercepter la nappe au moment des travaux (notamment dans la rue du Tramway, rue de l'Artisanat, rue du Général de Gaulle), et un recours à un rabattement de nappe sera nécessaire (les épuisements de fouille seront proscrits en raison du risque d'entraînement des fines et de phénomènes de « renard hydraulique »).

Ce rabattement serait effectué à l'aide de puits ou pointes filtrantes disposés le long de la fouille. Des débits importants doivent être attendus malgré de faibles perméabilités mesurées en forage. Le dimensionnement d'un tel dispositif de rabattement ne peut toutefois être envisagé qu'à l'appui d'un essai de pompage fournissant une perméabilité sur un rayon de plusieurs mètres (perméabilité "en grand", contrairement à la perméabilité dite en "petit" intéressant que quelques décimètres en forage). Dans le cas de la réalisation d'un test de pompage et d'un abattement de nappe, il y aura en outre lieu de prévoir le rejet des eaux d'exhaure en conformité avec la réglementation, en particulier la Loi sur l'eau.

Dans le cas général, pour des terrassements n'interceptant pas la nappe phréatique, il n'est pas à exclure des venues d'eau en partie supérieure des fouilles en liaison avec la pluviométrie ou de circulations d'eaux ponctuelles. Dans ce cas, l'épuisement se fera au moyen d'un pompage de fond de fouille.

### 5.3.4. Conditions de réutilisation des matériaux

Le **niveau q4**, correspondant à la partie inférieure du remblai non sollicitée par des charges lourdes, pourra être constitué par les matériaux cités dans le tableau ci-dessous (après contrôle de leur état hydrique) :

Tableau 3.2 - Matériaux utilisables en remblayage de la partie inférieure de remblai

Objectif de densification **q4**

Appellation selon NF P 11-300 Sols	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Sols fins	A1h ; A1m ; A1s ; A2h ; A2m ;	
Sols sableux et graveleux avec fines	B1 ; B2h ; B2m ; B2s ; B3 ; B4h ; B4m ; B4s ; B5h ; B5m ; B5s B6h ; B6m ;	
Sols comportant des fines et des gros éléments	C1A1h ; C1A1m ; C1A2h ; C1A2m C2A1h ; C2A1m ; C2A2h ; C2A2m C1B2h ; C1B2m ; C1B4h ; C1B4m C1B5h ; C1B5m ; C1B6h ; C1B6m C2B2h ; C2B2m ; C2B4h ; C2B4m C2B5h ; C2B5m ; C2B6h ; C2B6m	
Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments	C1B1 ; C1B3 ; C2B1 ; C2B3	
Sols insensibles à l'eau	D1 ; D2 ; D3	
Appellation selon NF P 11-300 Matériaux rocheux	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Craies	R11 ; R12h ; R12m ; R13h ; R13m	
Calcaires rocheux divers	R21 ; R22 ; R23	R22 et R23 assimilés à C2B4
Roches siliceuses*	R41 ; R42 ; R43	R42 assimilé à C2B4 R43 assimilé à C1B1
Roches magmatiques et métamorphiques	R61 ; R62 ; R63 ;	R62 et R63 assimilés à C2B4

Tableau 3.2 - Matériaux utilisables en remblayage de la partie inférieure de remblai

Objectif de densification q4

Appellation selon NF P 11-300 Sous-produits industriels	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Cendres volantes et cendres de foyer silico-alumineuses de centrales thermiques	F2h ; F2m ; F2s	F2 assimilé à A1
Schistes houillers	F31 ; F32 ;	F31 et F32 assimilés à D3
Schistes des mines de potasse	F41 ;	F41 assimilé à B5
Mâchefers d'incinération des ordures ménagères	F61 ; F62 ;	F61 et F62 assimilés à B4
Matériaux de démolition	F71 ;	F71 assimilé à C2B4
Laitiers de haut-fourneau	F8 ;	fonction du type d'obtention
Matériaux d'apport élaborés	Difficulté de compactage	
Matériaux élaborés	DC1, DC2, DC3	

Les matériaux mis en œuvre en niveau q4 devront répondre aux exigences de compactage suivantes :

- densité sèche moyenne de la couche  $\geq 95\%$   $\rho_{OPN}$ ,
- densité sèche en fond de couche  $\geq 92\%$   $\rho_{OPN}$ .

L'épaisseur du niveau q4 est fonction de la hauteur de la tranchée et des épaisseurs des niveaux q3 et q2. Dans la mesure où l'épaisseur du niveau q4 ne dépasserait pas 0.15 m, le remblai serait obligatoirement réalisé avec le même matériau que celui de la partie supérieure du remblai.

Le **niveau q3** correspond à la partie supérieure du remblai subissant des sollicitations dues à l'action du trafic ou au revêtement de la chaussée en cas d'absence de charges lourdes.

Seuls les matériaux cités dans le tableau ci-dessous pourront entrer dans la constitution du niveau q3 :

Appellation selon NF P 11-300 Sols	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Sols sableux et graveleux avec fines (non argileuses)	B1 ; B3	
Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments	C1B1 ; C1B3 ; C2B1 ; C2B3 C2B1 ; C2B3 C1B4 ; C2B4 après élimination de la fraction, fine O/d	
Sols insensibles à l'eau	D1 ; D2 ; D3	
Appellation selon NF P 11-300 Matériaux rocheux	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Craies	R11	
Calcaires rocheux divers	R21 ; R22	R22 assimilé à C2B4
Roches siliceuses*	R41 ; R42 ;	R42 assimilé à C2B4
Roches magmatiques et métamorphiques	R61 ; R62 ;	R62 assimilé à C2B4
Appellation selon NF P 11-300 Sous-produits industriels	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Schistes houillers	F31	F31 assimilé à D3
Mâchefers d'incinération des ordures ménagères	F61 ; F62 Se référer à la réglementation pour l'utilisation	F61 et F62 assimilés à B4
Matériaux de démolition	F71	F71 assimilé à C2B4
Laitiers de haut-fourneau	F8	fonction du type d'obtention
Matériaux d'apport élaborés	Difficulté de compactage	
Matériaux élaborés	DC1, DC2, DC3	

Les matériaux mis en œuvre en niveau q3 devront répondre aux exigences de compactage suivantes :

- densité sèche moyenne de la couche  $\geq 98.5\% \rho_{dOPN}$ ,
- densité sèche en fond de couche  $\geq 96\% \rho_{dOPN}$ .

Des contrôles à la plaque permettront de vérifier qu'une portance de 50 MPa minimum est obtenue en surface du niveau q3.

Les matériaux utilisés en q3 ne devront pas présenter de « sensibilité à l'eau » que ce soit dans leur état naturel ou après leur avoir fait subir un traitement approprié.

L'épaisseur du niveau q3 à mettre en œuvre est fonction du trafic. Elle sera donc de 0.3 m minimum pour un trafic faible et de 0.6 m minimum pour un trafic fort.

Le **niveau q2** s'applique aux couches de chaussées.

Ce niveau correspondra à une réfection de voirie qui ne pourra être définie qu'en fonction de la classe de trafic retenue pour la voirie.

**Pour les préconisations de remblayage des tranchées, l'entreprise se reportera au guide technique de remblayage des tranchées édité par le SETRA-LCPC.**

#### 5.3.4.1. Matériaux de couche de forme existante (formation n°1)

La couche de forme existante sous les enrobés est constituée de matériaux sablo-graveleux (type B5) et pourront donc être réutilisés pour le remblaiement des tranchées au niveau q4 dans la mesure où un tri lors des travaux peut être réalisé.

Des essais adaptés à la vérification de leur homogénéité et de définition des conditions de mise en œuvre devront être réalisés.

#### 5.3.4.2. Remblais limoneux plus ou moins sablo-graveleux (formation n°2),

Ces matériaux correspondent a priori à des sols de classe A1 à B5 au sens du GTR. En fonction de la teneur en particules fines, ils sont réputés sensibles aux variations de teneur en eau.

La réutilisation de ces matériaux limoneux dépendra fortement de leur état hydrique au moment des travaux. Si la réutilisation des matériaux dans un état hydrique moyen (m) pourrait être envisagée, la réutilisation des matériaux trop secs ou trop humides posera des problèmes de compactage qui nécessiteront un traitement préalable (aération, traitement à la chaux, arrosage...). Leur condition de réutilisation sera également fortement influencée par leurs conditions de stockage sur chantier (bâchage).

**Compte tenu de cette incertitude, nous déconseillons le réemploi de ces matériaux.**

#### 5.3.4.3. Sables et graviers propres en S5 et S9 (formation n°4)

Les sables et graviers propres (formation n°4) correspondent à un sol de classe B3 au sens du GTR et pourront être réutilisés pour les niveaux q4 et q3 (cf. §5.3.6) pour autant qu'on respecte les préconisations de mise en œuvre du GTR (épaisseur des couches successives, énergie de compactage...). L'utilisation en couche de forme sera toutefois à éviter en raison d'une absence d'information quant à leur tenue vis-à-vis du gel.

En cas d'extraction sous le niveau de la nappe, on s'assurera que leur état hydrique après dépôt reste compatible avec leur réemploi.

### 5.3.5. Pose des canalisations

Les fonds de tranchée seront majoritairement constitués par les alluvions sablo-graveleuses plus ou moins-limoneuses (formation n°3) et localement – rue de la paix et de l'artisanat - par les sables et graviers propres (formation n°4) ou bien par les remblais sablo-limoneux de la formation n°2 (rue du Tramway).

Le fond de pose de la conduite devra être soigneusement ausculté de manière à purger les sols douteux (formation n°2), en particulier les sols compressibles tels que des sols incluant de la matière organique et tout élément qui pourrait constituer un point dur (bloc, vestige...) ou de tout sols décomprimés par les travaux.

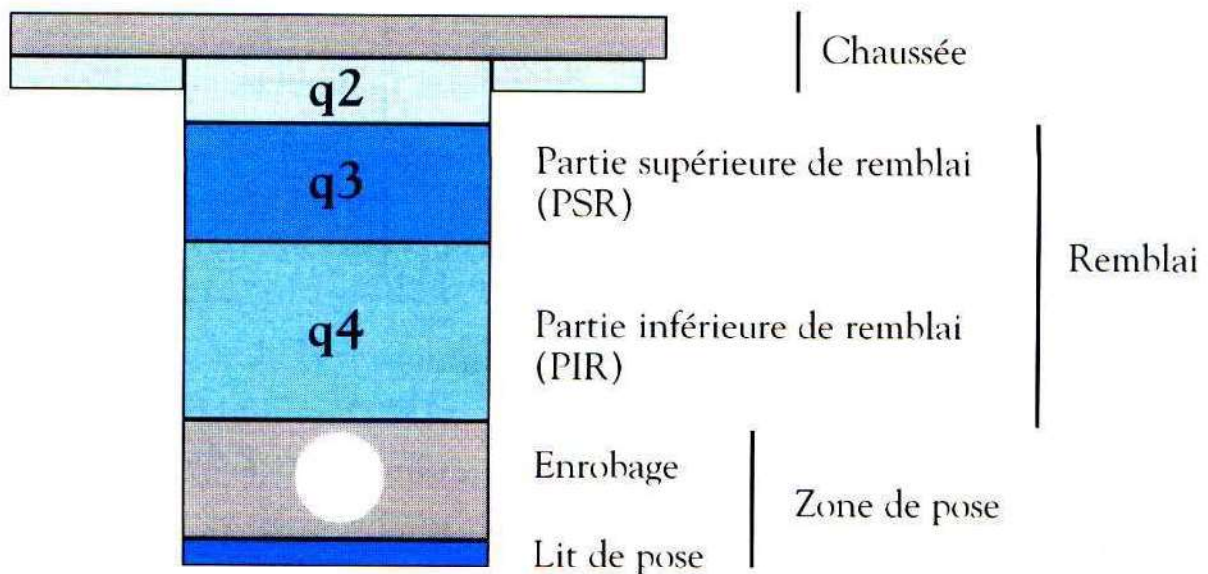
Après compactage énergétique du fond de fouille, la canalisation devra être établie sur un lit de pose. Etant donné la proximité de la nappe après rabattement une planche d'essais devra être réalisée afin de vérifier que le compactage produit bien une amélioration (la proximité de la nappe pourra rapidement être à l'origine de remontées de fines et produire une perte de portance du fond de fouille)

Le lit de pose tout comme l'enrobage de la conduite devra être obligatoirement réalisé au moyen d'un matériau d'apport possédant un caractère drainant (concassé fin de calcaire, sable, grave naturelle...), et sera réalisé conformément aux prescriptions du fascicule 70.

### 5.3.6. Remblaiement des tranchées

Les objectifs de densification et les croquis ci-dessous sont donnés à titre indicatif selon les recommandations du Guide Technique pour le Remblayage des Tranchées et Réfection des Chaussées (Guide LCPC-SETRA de mai 1994).

Seul le cas suivant se présentera sur le site (canalisation sous chaussée) et la structure de type I, correspondant à la figure ci-dessous, sera retenue :



Dans tous les cas, on veillera à ce que les points suivants soient respectés :

- fond de tranchée compacté en deux passes de compacteurs de géométrie appropriée permettant d'assurer la stabilité et la planéité du fond de la tranchée ;
- enrobage de la canalisation par des matériaux comportant peu d'éléments grossiers et non argileux de manière à ne pas offrir d'entraînement hydraulique en cas de remontée de la nappe ;
- recouvrement de la canalisation (matériau d'enrobage) sur une hauteur comprise entre 10 cm minimum et 30 cm maximum.

## 6. Observations majeures

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

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

Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre d'une étude de conception de niveau avant-projet (G2 AVP) et que, conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, une étude de conception de niveau projet (G2 PRO) doit être envisagée (collaboration avec l'équipe de conception) pour :

- permettre l'optimisation du projet avec, notamment, prise en compte des interactions sol / structure ;
- vérifier la bonne transcription de toutes les préconisations dans les pièces techniques du marché.

Cette étude de projet devra permettre, entre autres, de lever les aléas et incertitudes suivants :

- faisabilité d'un rabattement de la nappe.

Les moyens à envisager pour l'étude de projet sont, par exemple :

- essai de pompage.

## ***ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES***

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

**ENCHAINEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE**

*Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94-500 - version de Novembre 2013)*

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

## CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

**Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94-500 - version de Novembre 2013)**

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

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

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, 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 avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

#### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet 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 avoisnants), 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'EXECUTION (G3)

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

##### Phase Étude

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

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

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

##### Phase Suivi

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

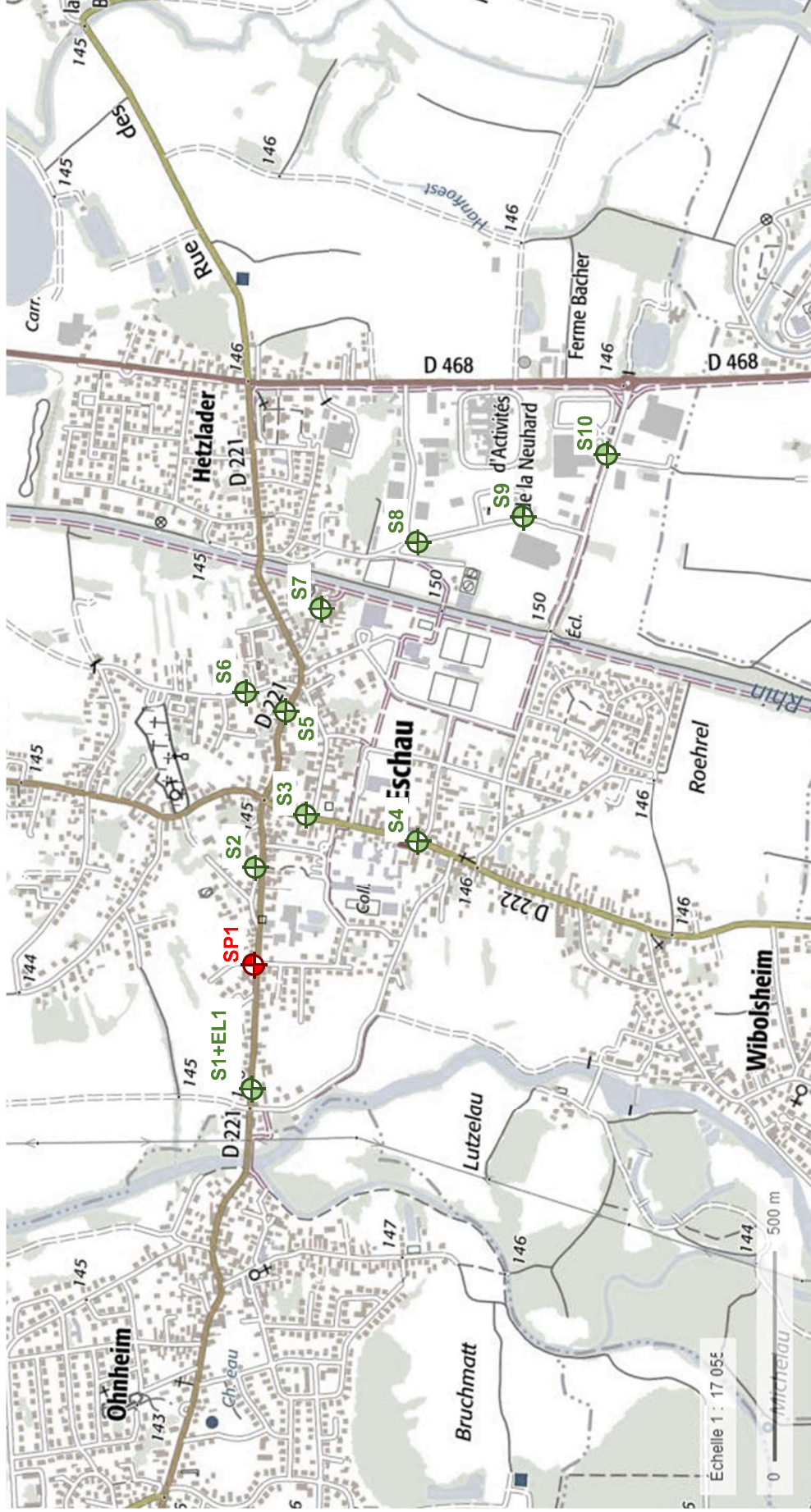
Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou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

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

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

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

## ***ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES***



### ***ANNEXE 3 – SONDAGES SEMI-DESTRUCTIFS***

- Coupes détaillées des sols,
- Résultats des essais d'infiltration.

Dossier : EST2-K-056-02

Localité : ESCHAU (67)

Chantier : Renforcement de réseau d'assainissement

Client : EMS

X :

Date début de forage : 22/09/2020

Echelle : 1/35

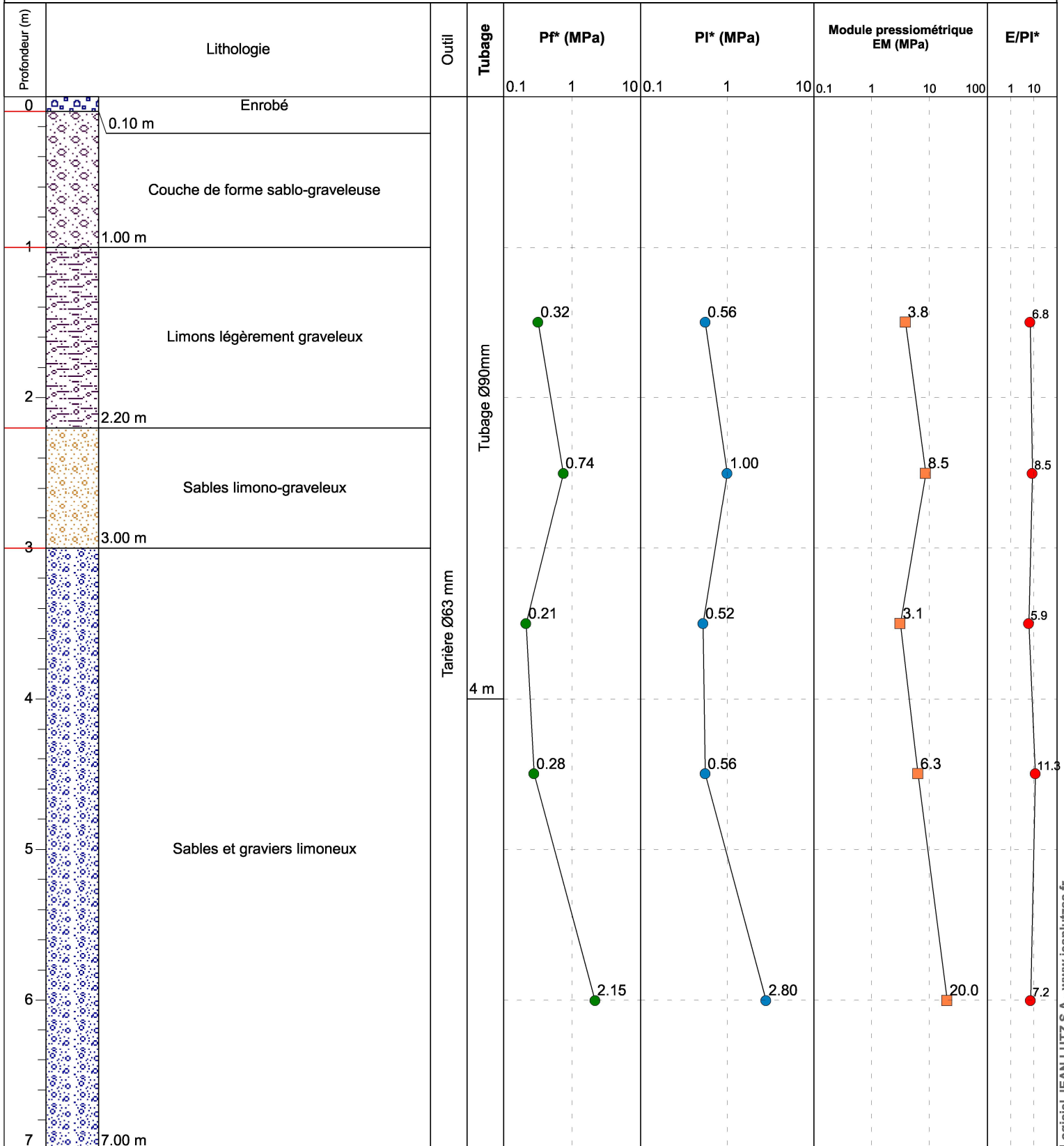
Y :

Date fin de forage : 22/09/2020

Machine : M253

Z :

Profondeur de fin : 7.00m



Observation :

EXGTE 3.22

Dossier : **EST2-K-056-02**

Localité : **ESCHAU (67)**

Chantier : **Renforcement de réseau d'assainissement**

Client : **EMS**

X :

Date début de forage : **22/09/20**

Echelle : **1/33**

Y :

Date fin de forage : **22/09/20**

Machine : **M253**

Z :

Profondeur de fin : **6.00m**

Profondeur (m)	Niveau d'eau (m)	Lithologie	Matériel	Résultats d'essais ou observations
0		Enrobé		
0.10				
0.5		Sables graveleux		Classe GTR : B5 - passant à 80µm : 13.1% - VBS : 0.27
1.40				
1.80	1.80 m			
2.0				
2.5				
3.0			Tarière Ø90 mm	
3.5		Limons sableux brun-noirs à cailloutis		
4.0				
4.5				
5.0				
5.5				
6.00				

Observation :

EXGTE 3.22

Dossier : **EST2-K-056-02**

Localité : **ESCHAU (67)**

Chantier : **Renforcement de réseau d'assainissement**

Client : **EMS**

X :

Date début de forage : **22/09/2020**

Echelle : **1/33**

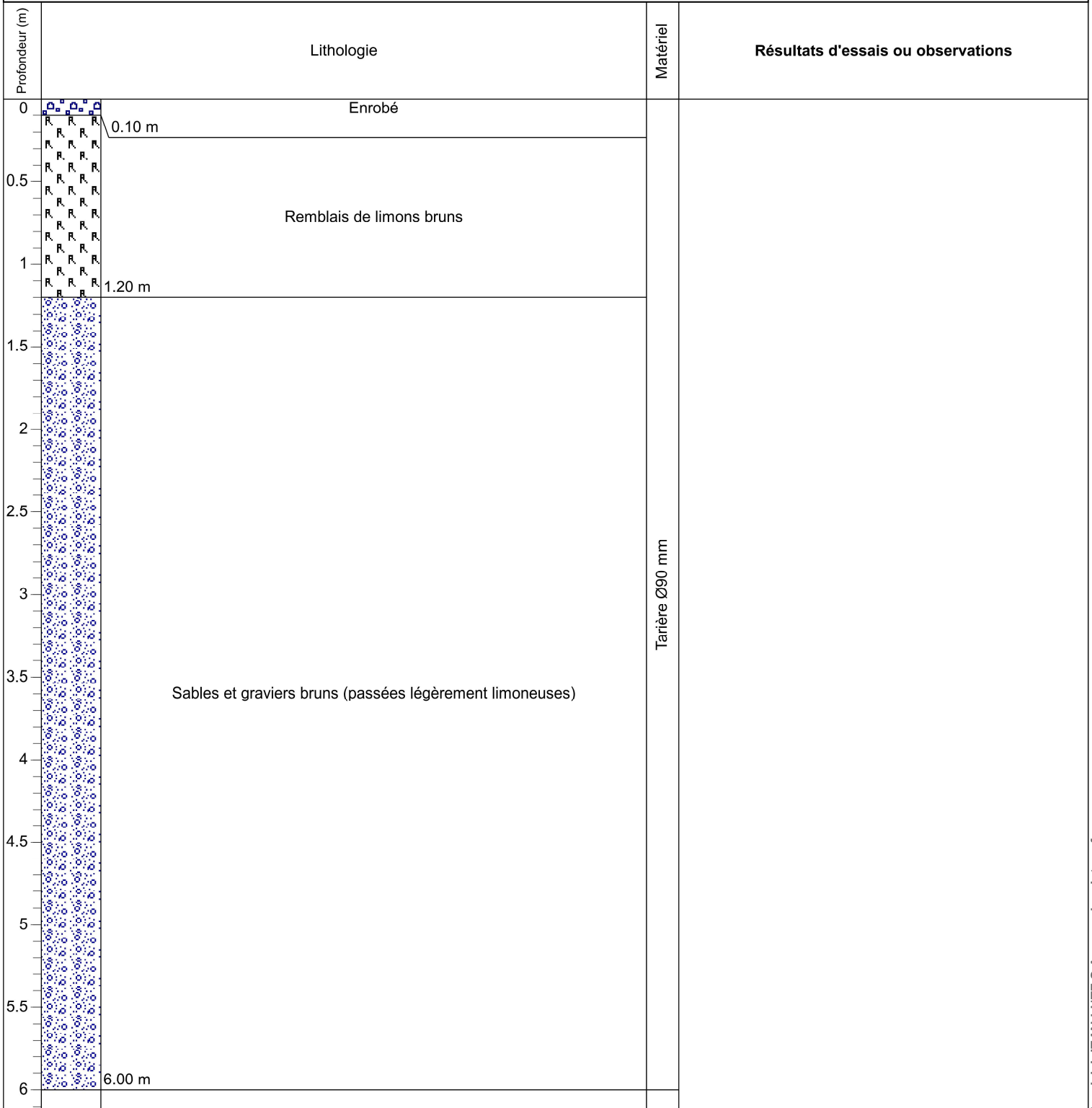
Y :

Date fin de forage : **22/09/2020**

Machine : **M253**

Z :

Profondeur de fin : **6.00m**



Observation :

Dossier : **EST2-K-056-02**

Localité : **ESCHAU (67)**

Chantier : **Renforcement de réseau d'assainissement**

Client : **EMS**

X :

Date début de forage : **21/09/20**

Echelle : **1/33**

Y :

Date fin de forage : **21/09/20**

Machine : **M253**

Z :

Profondeur de fin : **5.00m**

Profondeur (m)	Lithologie	Matériel	Résultats d'essais ou observations
0	Enrobé		
0.10 m	Couche de forme sablo-graveleuse		Classe GTR : B5 - passant à 80µm : 20.1% - VBS : 0.53
0.70 m	Remblais de limons bruns sablo-graveleux		
1.70 m	Sables et graviers bruns	Tarière Ø90 mm	
2.5			
3			
3.5			
4			
4.5			
5			
5.00 m			
5.5			
6			

Observation :

Dossier : **EST2-K-056-02**

Localité : **ESCHAU (67)**

Chantier : **Renforcement de réseau d'assainissement**

Client : **EMS**

X :

Date début de forage : **21/09/2020**

Echelle : **1/33**

Y :

Date fin de forage : **21/09/2020**

Machine : **M253**

Z :

Profondeur de fin : **5.00m**

Profondeur (m)	Lithologie	Matériel	Résultats d'essais ou observations
0	Enrobé		
0.10 m			
0.5	Couche de forme sablo-graveleuse		
0.60 m			
1	Remblais de limons bruns sablo-graveleux		
1.30 m			
1.5		Tarière Ø90 mm	
2			
2.5			
3	Sables et graviers bruns		
3.5			
4			
4.5			
5			
5.00 m			
5.5			
6			

Observation :

Dossier : **EST2-K-056-02**

Localité : **ESCHAU (67)**

Chantier : **Renforcement de réseau d'assainissement**

Client : **EMS**

X :

Date début de forage : **21/09/20**

Echelle : **1/33**

Y :

Date fin de forage : **21/09/20**

Machine : **M253**

Z :

Profondeur de fin : **5.00m**

Profondeur (m)	Lithologie	Matériel	Résultats d'essais ou observations
0	Enrobé		
0.10 m			
0.5			
1			
1.5			
2			
2.5	Sables et graviers gris	Tarière Ø90 mm	Classe GTR : B3 - passant à 80µm : 9.0% - VBS : 0.10
3			
3.5			
4			
4.5			
5	5.00 m		
5.5			
6			

Observation :

Dossier : **EST2-K-056-02**

Localité : **ESCHAU (67)**

Chantier : **Renforcement de réseau d'assainissement**

Client : **EMS**

X :

Date début de forage : **23/09/2020**

Echelle : **1/27**

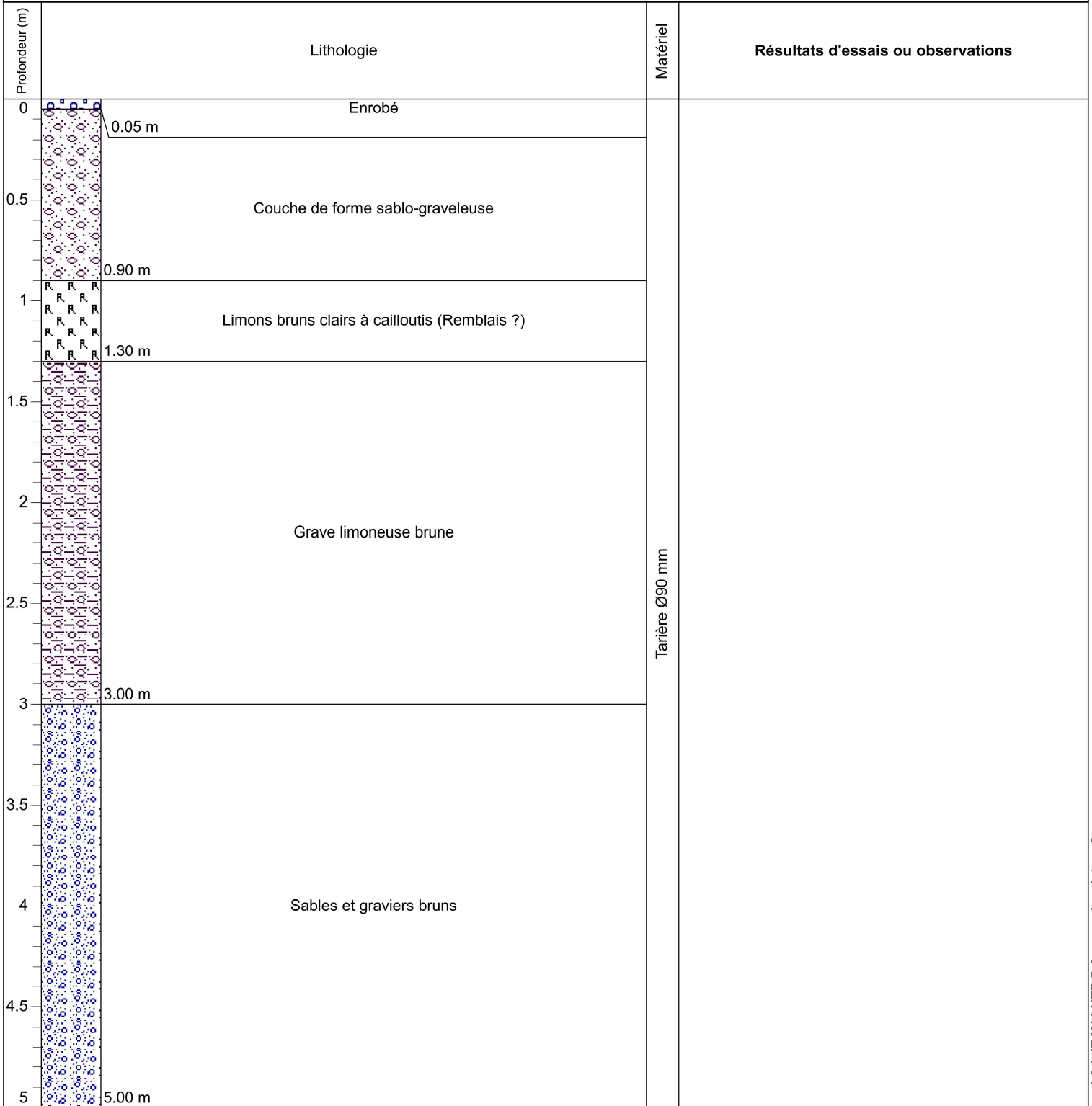
Y :

Date fin de forage : **23/09/2020**

Machine : **M253**

Z :

Profondeur de fin : **5.00m**



Observation :

EXGTE 3.22

Dossier : **EST2-K-056-02**

Localité : **ESCHAU (67)**

Chantier : **Renforcement de réseau d'assainissement**

Client : **EMS**

X :

Date début de forage : **23/09/20**

Echelle : **1/33**

Y :

Date fin de forage : **23/09/20**

Machine : **M253**

Z :

Profondeur de fin : **5.00m**

Profondeur (m)	Lithologie	Matériel	Résultats d'essais ou observations
0	Enrobé		
0.05 m			
0.50 m	Remblais de limons graveleux		
1.30 m	Remblais de limons sableux à cailloutis		Classe GTR : A1 - passant à 80µm : 35.4% - VBS : 1.01
1.50 m		Tarière Ø90 mm	
2.00 m			
2.50 m			
3.00 m			
3.50 m	Sables et graviers bruns		
4.00 m			
4.50 m			
5.00 m			
5.50 m			
6.00 m			

Observation :

Dossier : **EST2-K-056-02**

Localité : **ESCHAU (67)**

Chantier : **Renforcement de réseau d'assainissement**

Client : **EMS**

X :

Date début de forage : **24/09/2020**

Echelle : **1/33**

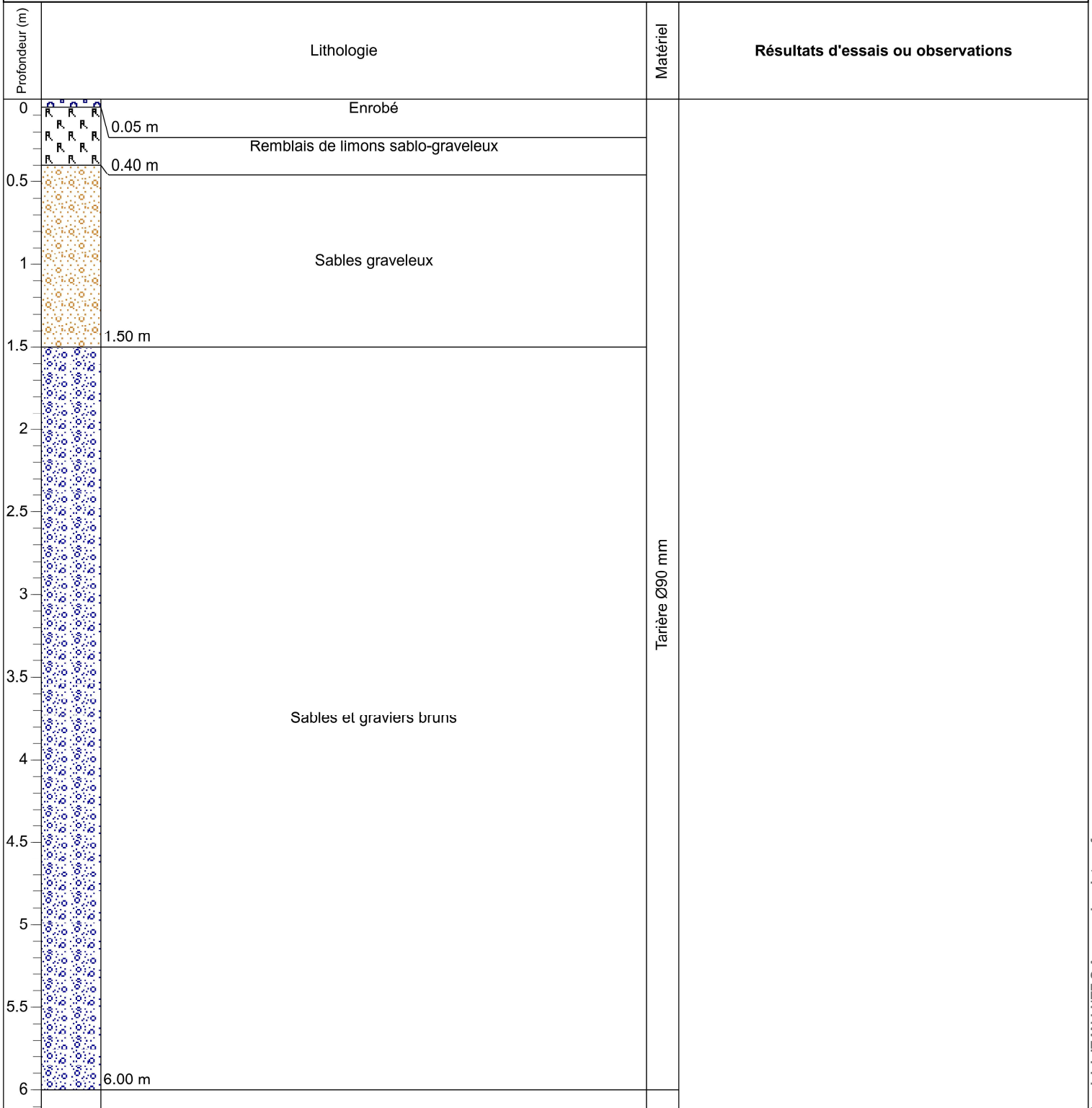
Y :

Date fin de forage : **24/09/2020**

Machine : **M253**

Z :

Profondeur de fin : **6.00m**



Observation :

Dossier : **EST2-K-056-02**

Localité : **ESCHAU (67)**

Chantier : **Renforcement de réseau d'assainissement**

Client : **EMS**

X :

Date début de forage : **24/09/2020**

Echelle : **1/27**

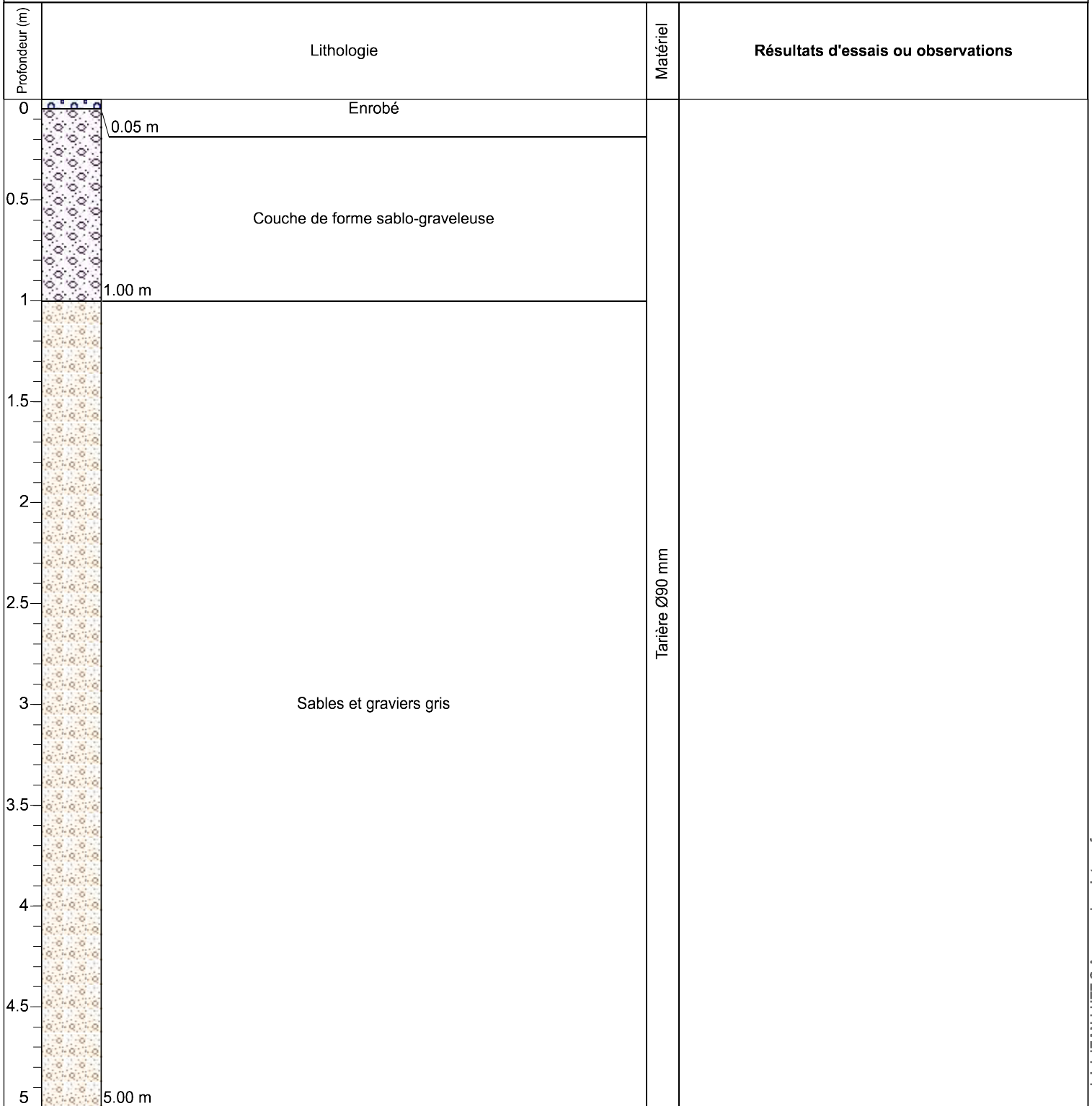
Y :

Date fin de forage : **24/09/2020**

Machine : **M253**

Z :

Profondeur de fin : **5.00m**



Observation :

Dossier : **EST2-K-056-02**

Localité : **ESCHAU (67)**

Chantier : **Renforcement de réseau d'assainissement**

Client : **EMS**

X :

Date début de forage : **24/09/20**

Echelle : **1/33**

Y :

Date fin de forage : **24/09/20**

Machine : **M253**

Z :

Profondeur de fin : **6.00m**

Profondeur (m)	Lithologie	Matériel	Résultats d'essais ou observations
0	Enrobé	Tarière Ø90 mm	
0.10 m	Couche de forme sablo-graveleuse brune		
0.40 m	Remblais limons sableux à cailloutis		
2.80 m	Limons bruns légèrement graveleux (Remblais ?)		
5.00 m	Sables et graviers bruns		
6.00 m			

Classe GTR :B5  
 - passant à 80µm : 15.4%  
 - VBS : 1.33

Observation :

## ***ANNEXE 4 – PROCES VERBAUX DES ESSAIS D'INFILTRATION ET DES ESSAIS EN LABORATOIRE***

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

 GINGER CEBTP STRASBOURG  
 13 RUE DE L'ELECTRICITE  
 67800 HOENHEIM

**Informations générales**

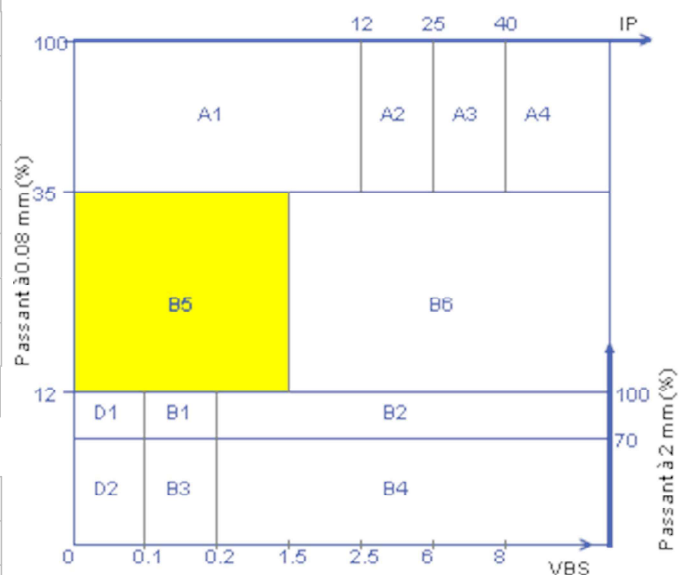
N° dossier :	<b>EST2.K056.0002</b>	Client / MO :	EUROMETROPOLE DE STRASBOURG
Désignation :	MBC 2020 607 - ESCHAU-RENFORCEMENT RÉSEAU67114	Demandeur / MOE :	EUROMETROPOLE DE STRASBOURG
Localité :	ESCHAU		
Chargé d'affaire :	LOIC LAMBRY		

**Informations sur l'échantillon N° 20EST-0063**

Mode de prélèvement :	Sondage tarière	Sondage :	S1
Prélevé par :	GINGER CEBTP	Profondeur :	0.10/1.40 m
Date prélèvement :	21/09/20		
Mode de conservation :	Sac		
Date de livraison :	26/09/20		
Description :			

**Paramètres de nature**

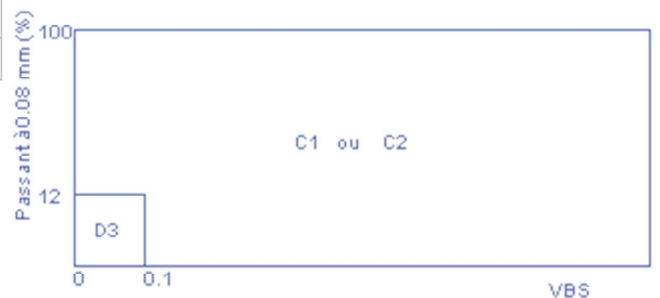
Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	50	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	31.4	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	13.1	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	NF P94-051		%
Limite de plasticité - WP	NF P94-051		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF P94-068	0.27	g de bleu pour 100 g

**CLASSIFICATION NF P 11-300: B5**

**Paramètres d'état hydrique**

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P94-050	2.2	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	( WL - Wn ) / IP		
Wn / WOPN	NF P94-093		

**Pour information:**

Teneur en eau Optimale W <sub>OPN</sub> (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ <sub>OPN</sub> (Mg/m <sup>3</sup> ) :	


 Le Responsable du Laboratoire  
**Frédéric FEIDT**
**Observations:**

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

 GINGER CEBTP STRASBOURG  
 13 RUE DE L'ELECTRICITE  
 67800 HOENHEIM

**Informations générales**

N° dossier :	<b>EST2.K056.0002</b>	Client / MO :	EUROMETROPOLE DE STRASBOURG
Désignation :	MBC 2020 607 - ESCHAU-RENFORCEMENT RÉSEAU67114	Demandeur / MOE :	EUROMETROPOLE DE STRASBOURG
Localité :	ESCHAU		
Chargé d'affaire :	LOIC LAMBRY		

**Informations sur l'échantillon N° 20EST-0065**

Mode de prélèvement :	Sondage tarière	Sondage :	S3
Prélevé par :	GINGER CEBTP	Profondeur :	0.10/0.70 m
Date prélèvement :	21/09/20		
Mode de conservation :	Sac		
Date de livraison :	26/09/20		
Description :			

**Paramètres de nature**

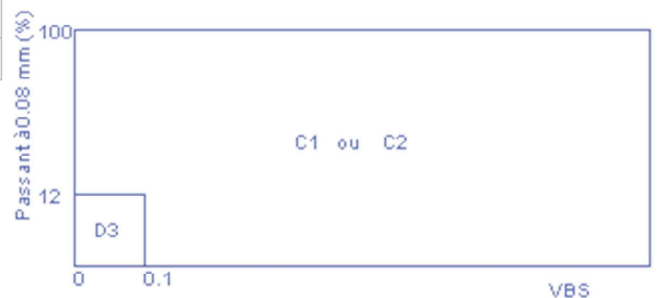
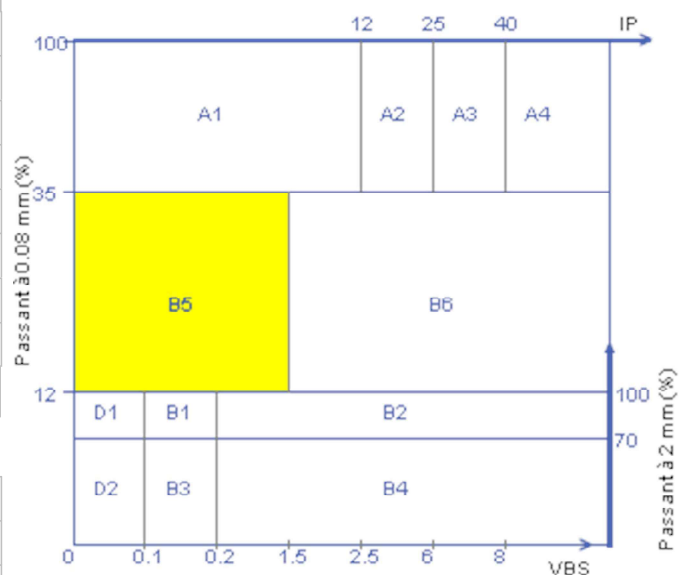
Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	10	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	52.5	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	20.1	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	NF P94-051		%
Limite de plasticité - WP	NF P94-051		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF P94-068	0.53	g de bleu pour 100 g

**Paramètres d'état hydrique**

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P94-050	3.7	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	( WL - Wn ) / IP		
Wn / W <sub>OPN</sub>	NF P94-093		

**Pour information:**

Teneur en eau Optimale W <sub>OPN</sub> (%) :	
Masse volumique sèche Optimale p <sub>OPN</sub> (Mg/m <sup>3</sup> ) :	

**Observations:**
**CLASSIFICATION NF P 11-300: B5**

 Le Responsable du Laboratoire  
**Frédéric FEIDT**

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

 GINGER CEBTP STRASBOURG  
 13 RUE DE L'ELECTRICITE  
 67800 HOENHEIM

**Informations générales**

N° dossier :	<b>EST2.K056.0002</b>	Client / MO :	EUROMETROPOLE DE STRASBOURG
Désignation :	MBC 2020 607 - ESCHAU-RENFORCEMENT RÉSEAU67114	Demandeur / MOE :	EUROMETROPOLE DE STRASBOURG
Localité :	ESCHAU		
Chargé d'affaire :	LOIC LAMBRY		

**Informations sur l'échantillon N° 20EST-0066**

Mode de prélèvement :	Sondage tarière	Sondage :	S5
Prélevé par :	GINGER CEBTP	Profondeur :	1.30/3.00 m
Date prélèvement :	21/09/20		
Mode de conservation :	Sac		
Date de livraison :	26/09/20		
Description :			

**Paramètres de nature**

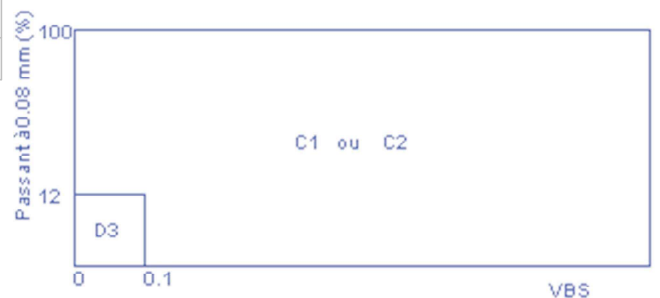
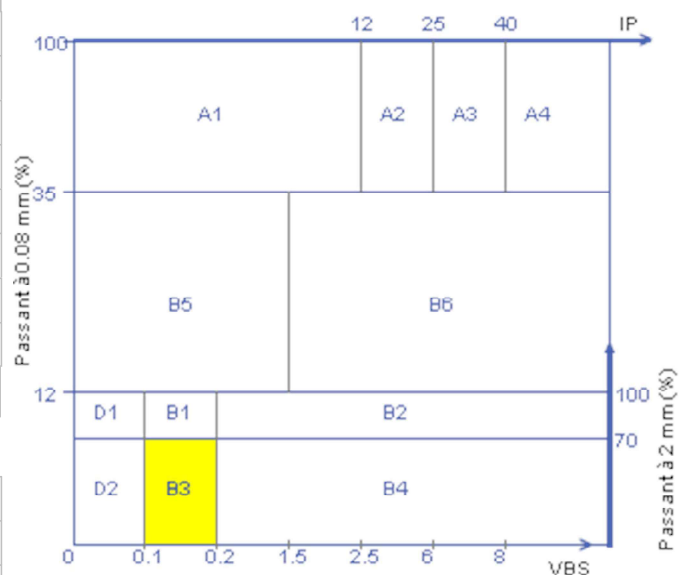
Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	32	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	28.0	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	9.0	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	NF P94-051		%
Limite de plasticité - WP	NF P94-051		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF P94-068	0.10	g de bleu pour 100 g

**Paramètres d'état hydrique**

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P94-050	2.3	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	( WL - Wn ) / IP		
Wn / WOPN	NF P94-093		

**Pour information:**

Teneur en eau Optimale W <sub>OPN</sub> (%) :	
Masse volumique sèche Optimale p <sub>OPN</sub> (Mg/m <sup>3</sup> ) :	

**CLASSIFICATION NF P 11-300: B3**

 Le Responsable du Laboratoire  
**Frédéric FEIDT**
**Observations:**

SYN\_DON+PRG V07-12-19

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

 GINGER CEBTP STRASBOURG  
 13 RUE DE L'ELECTRICITE  
 67800 HOENHEIM

**Informations générales**

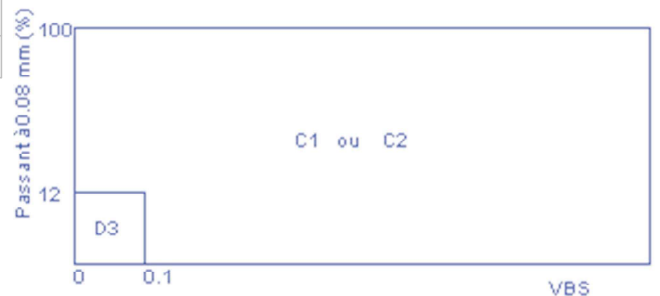
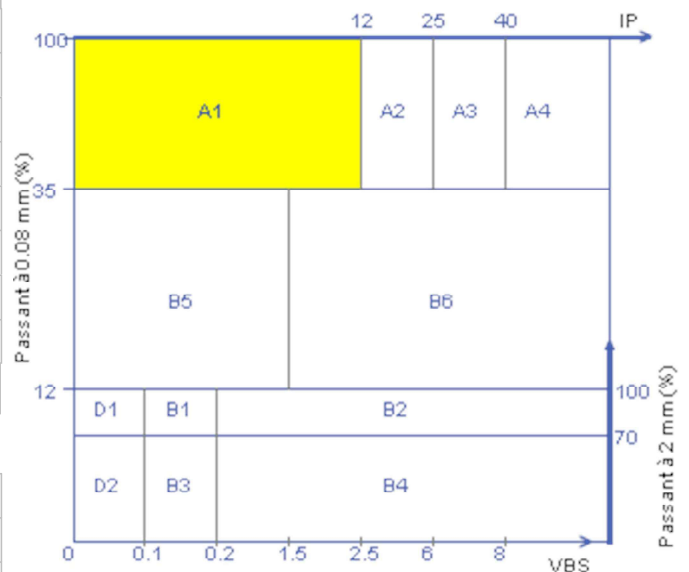
N° dossier :	<b>EST2.K056.0002</b>	Client / MO :	EUROMETROPOLE DE STRASBOURG
Désignation :	MBC 2020 607 - ESCHAU-RENFORCEMENT RÉSEAU67114	Demandeur / MOE :	EUROMETROPOLE DE STRASBOURG
Localité :	ESCHAU		
Chargé d'affaire :	LOIC LAMBRY		

**Informations sur l'échantillon N° 20EST-0067**

Mode de prélèvement :	Sondage tarière	Sondage :	S7
Prélevé par :	GINGER CEBTP	Profondeur :	0.50/1.30 m
Date prélèvement :	21/09/20		
Mode de conservation :	Sac		
Date de livraison :	26/09/20		
Description :			

**Paramètres de nature**

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	20	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	67.9	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	35.4	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	NF P94-051		%
Limite de plasticité - WP	NF P94-051		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF P94-068	1.01	g de bleu pour 100 g

**CLASSIFICATION NF P 11-300: A1**

**Paramètres d'état hydrique**

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P94-050	13.8	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	( WL - Wn ) / IP		
Wn / WOPN	NF P94-093		

**Pour information:**

Teneur en eau Optimale WOPN (%) :	
Masse volumique sèche Optimale pOPN (Mg/m3) :	

**Observations:**

 Le Responsable du Laboratoire  
**Frédéric FEIDT**

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

 GINGER CEBTP STRASBOURG  
 13 RUE DE L'ELECTRICITE  
 67800 HOENHEIM

**Informations générales**

N° dossier :	<b>EST2.K056.0002</b>	Client / MO :	EUROMETROPOLE DE STRASBOURG
Désignation :	MBC 2020 607 - ESCHAU-RENFORCEMENT RÉSEAU67114	Demandeur / MOE :	EUROMETROPOLE DE STRASBOURG
Localité :	ESCHAU		
Chargé d'affaire :	LOIC LAMBRY		

**Informations sur l'échantillon N° 20EST-0064**

Mode de prélèvement :	Sondage tarière	Sondage :	S10
Prélevé par :	GINGER CEBTP	Profondeur :	0.40/2.80 m
Date prélèvement :	21/09/20		
Mode de conservation :	Sac		
Date de livraison :	26/09/20		
Description :			

**Paramètres de nature**

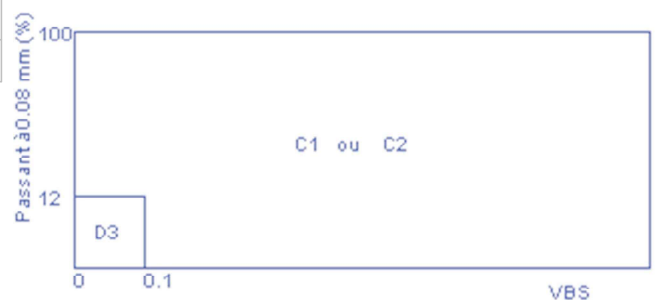
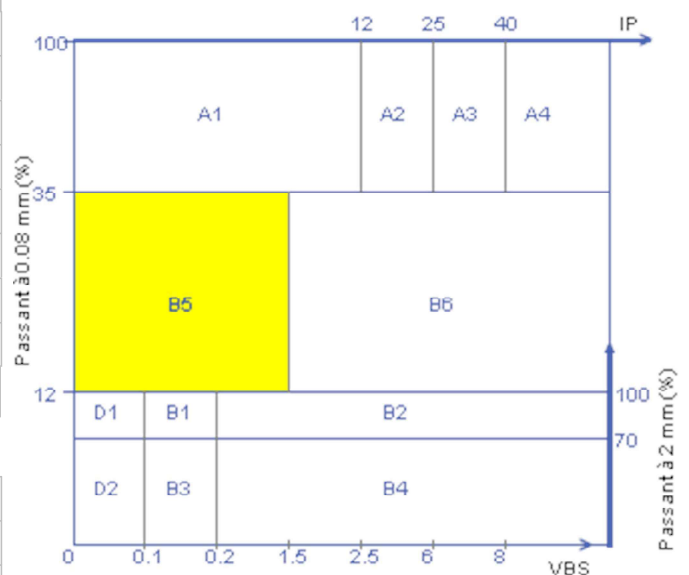
Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	20	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	46.9	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	15.4	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	NF P94-051		%
Limite de plasticité - WP	NF P94-051		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF P94-068	1.33	g de bleu pour 100 g

**Paramètres d'état hydrique**

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P94-050	6.4	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	( WL - Wn ) / IP		
Wn / W <sub>OPN</sub>	NF P94-093		

**Pour information:**

Teneur en eau Optimale W <sub>OPN</sub> (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ <sub>OPN</sub> (Mg/m <sup>3</sup> ) :	

**Observations:**
**CLASSIFICATION NF P 11-300: B5**

 Le Responsable du Laboratoire  
**Frédéric FEIDT**

# RAPPORT D'ESSAI PROCTOR

suivant norme NF P 94-093

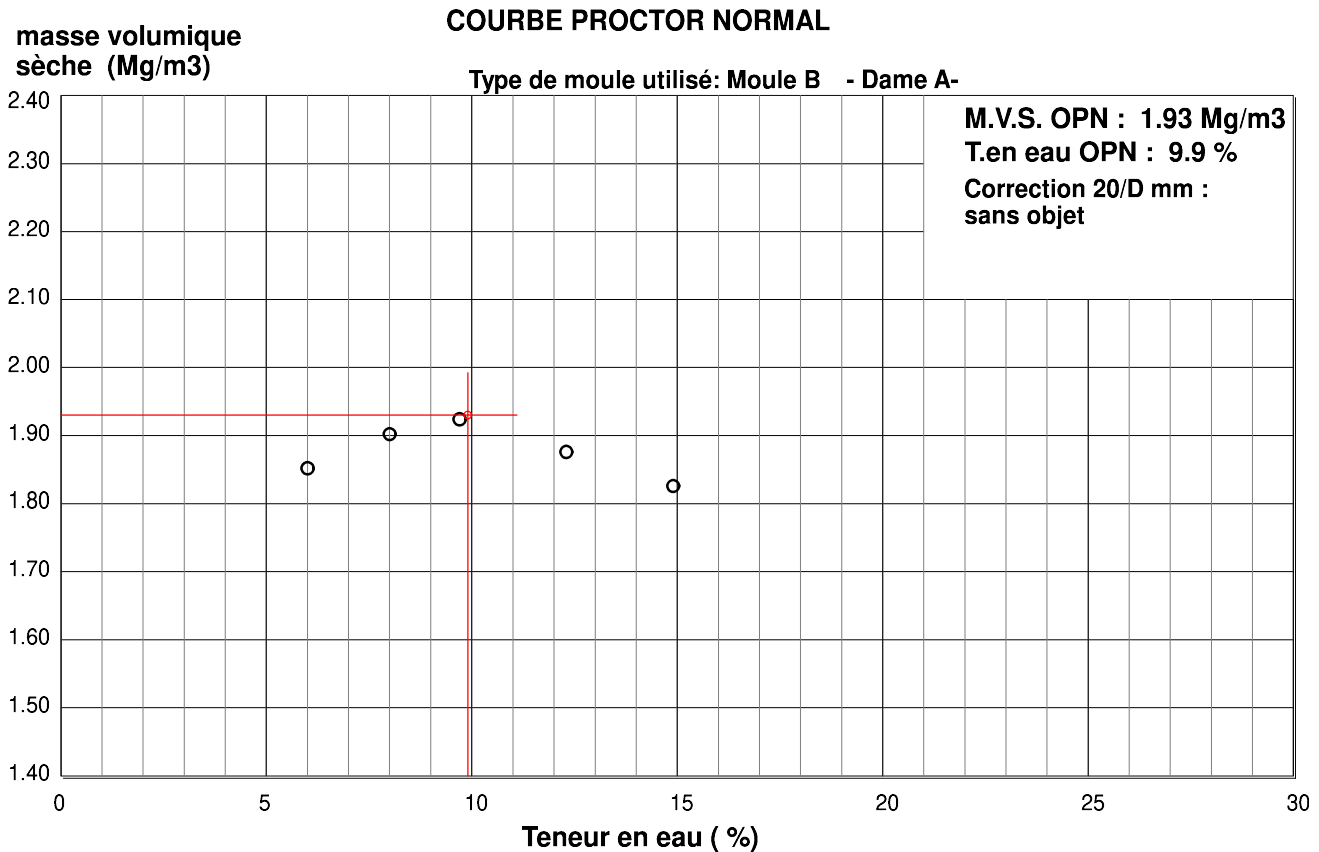
Chantier : **ESCHAU**

page 1/1 - édité le 25/11/2020

Client : --  
Destinataire : --  
Adresse :  
Dossier : ETS2.k.056.2  
N° d'enregistrement : M1916

Nature du matériau : mélange remblai graveleux + remblai limoneux  
Repère ou sondage : S10  
Profondeur : 0.40 à 5.00m  
Mode prélèvement : Manuel  
Date prélèvement : Octobre 2020  
Date des essais : 11/11/2020

Traitement:  
Dosage:  
Temps de conservation:  
Malaxage: Manuel



## Résultats sur les 5 moulages

Teneur en eau (en %)	6	8	9.7	12.3	14.9	
Masse Vol.Sèche (Mg/m3)	1.852	1.902	1.924	1.876	1.826	
Poinçonnements IPI / CBR						
Poinçonn. CBR immersion						
gonflement (%) / T.eau finale (%)						

Par dérogation à la norme, la mesure de la teneur en eau est effectuée en laissant le matériau au moins 12 heures à l'étuve

Courbes de saturation, 80 et 100%, tracées avec une masse volumique des particules solides du sol estimée de 2.65 Mg/m3

Chef du service essais et Contrôles  
**A.BARTIER**

Dans le cas où GINGER CEBTP ne prélève pas les échantillons, le client assumera seul la responsabilité de la fourniture des échantillons et de la méthode de prélèvement utilisée.

# ESSAI DE PERMEABILITE

## Informations Générales

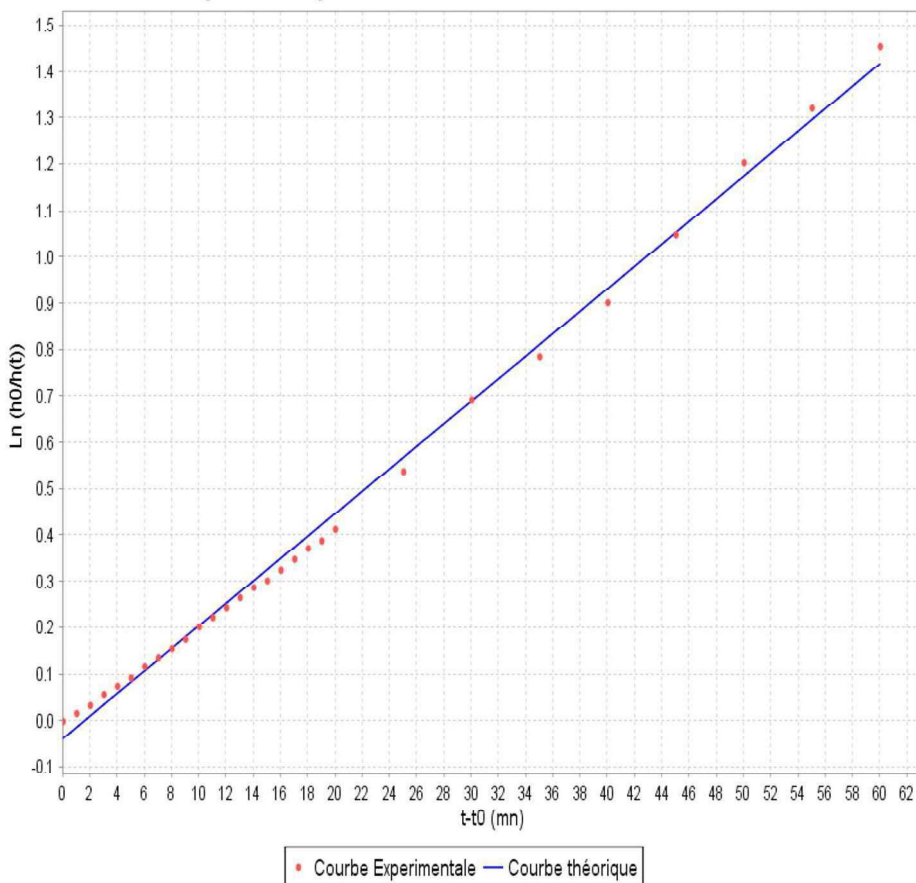
N°dossier:	EST2-K-056-02	Nature du sol:	Alluvions sablo-limoneuses
Projet:	Pose de réseaux	Client:	Eurométropole de Strasbourg
Chantier:	ESCHAU	Adresse:	
Sondage:	S1	Operateur:	
N°Essai:			

## Paramètres de l'ouvrage

Diamètre de la section d'essai D (m):	0.092	Aire de la section d'essai (m <sup>2</sup> ):	0.00665
Longueur de la section d'essai L (m):	0.4	Aire de la section de mesure (m <sup>2</sup> ):	0.00454
Diamètre de la section de mesure (m):	0.076	Elancement (L/D):	4.34783
Charge hydraulique de l'essai (m):		Facteur de forme F:	1.15511
Débit d'eau de l'essai (m <sup>3</sup> /s):		Perméabilité k (m/s):	1.59E-6
Profondeur de l'ouvrage (m):	2.5		
Profondeur de la nappe (m):	1.8		

Temps (min)	Profondeur (m)	Charge (m)
0	0	1.8
1	0.035	1.77
2	0.065	1.74
3	0.1	1.7
4	0.13	1.67
5	0.165	1.64
6	0.2	1.6
7	0.235	1.57
8	0.26	1.54
9	0.295	1.51
10	0.33	1.47
11	0.36	1.44
12	0.395	1.41
13	0.42	1.38
14	0.45	1.35
15	0.475	1.33
16	0.5	1.3
17	0.53	1.27
18	0.56	1.24
19	0.585	1.22
20	0.61	1.19
25	0.75	1.05
30	0.9	0.9
35	0.98	0.82
40	1.07	0.73
45	1.17	0.63
50	1.26	0.54
55	1.32	0.48
60	1.38	0.42

## Interpretation par la méthode des courbes de vitesse



# ESSAI DE PERMEABILITE

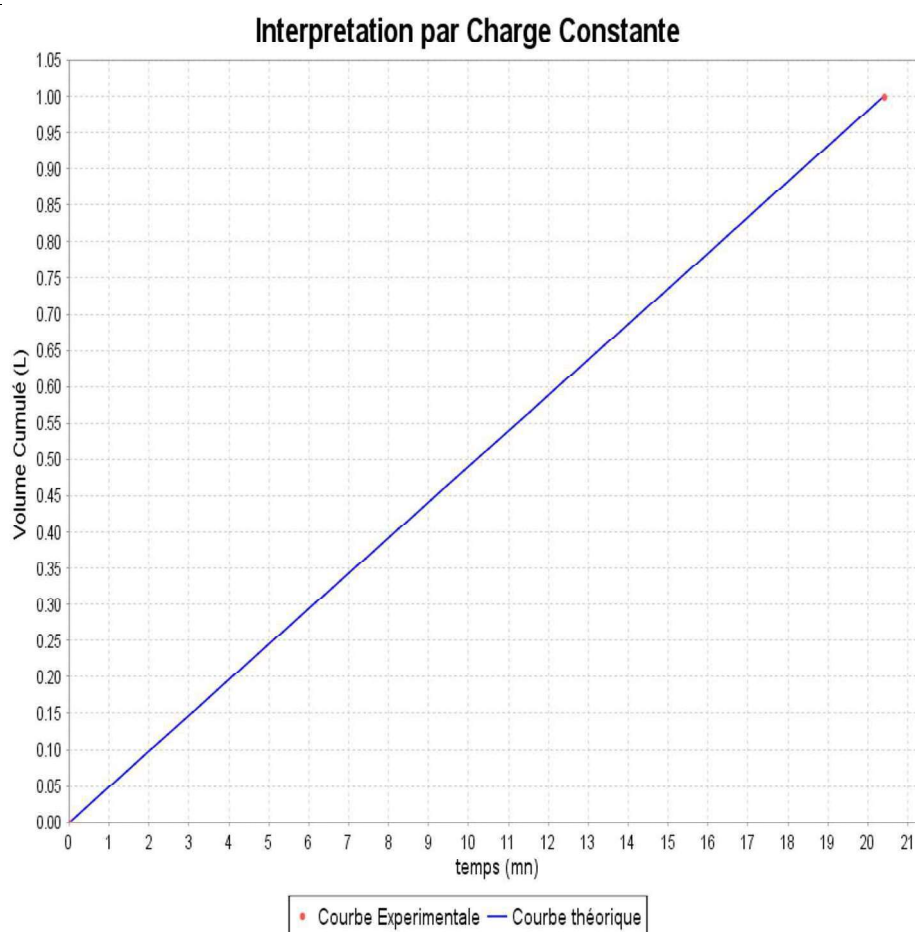
## Informations Générales

N°dossier:	EST2-K-056-02	Nature du sol:	Sables et graviers
Projet:	Pose de réseaux	Client:	Eurométropole de Strasbourg
Chantier:	ESCHAU	Adresse:	
Sondage:	S8	Operateur:	
N°Essai:			

## Paramètres de l'ouvrage

Diamètre de la section d'essai D (m):	0.092	Aire de la section d'essai (m2):	0.00665
Longueur de la section d'essai L (m):	0.1	Aire de la section de mesure (m2):	0.00454
Diamètre de la section de mesure (m):	0.076	Elancement (L/D):	1.08696
Charge hydraulique de l'essai (m):	2.5	Facteur de forme F:	0.28903
Débit d'eau de l'essai (m3/s):	4.9E-5	Perméabilité k (m/s):	6.78E-5
Profondeur de l'ouvrage (m):	2.7		
Profondeur de la nappe (m):	1.5		

Temps (min)	Volume (m)	Volume Cumulé (m)
0	0	0.0
20.4	1	1.0



## CONTACT

### **Agence de Strasbourg**

13 rue de l'Electricité - 67800 HOENHEIM

Tél. : +33 (0) 3 88 81 20 50

[cebtp.strasbourg@gingergroupe.com](mailto:cebtp.strasbourg@gingergroupe.com)

[www.groupe-cebtp.com](http://www.groupe-cebtp.com)

# Mise en place d'une station de pompage


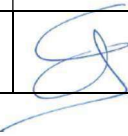
ESCHAU (67) - Rue des Fleurs

Étude géotechnique de conception (G2)  
Phase Avant-Projet (AVP)

13/01/21



Agence de Strasbourg • 13 rue de l'Electricité • 67800 HOENHEIM  
Tél. 33 (0) 3 88 81 20 50 • Fax 33 (0) 3 88 81 21 50 • [cebtp.strasbourg@gingergroupe.com](mailto:cebtp.strasbourg@gingergroupe.com)

<p><i>Eurométropole de Strasbourg</i></p> <p><b>MISE EN PLACE D'UNE STATION DE POMPAGE</b></p> <p>ESCHAU (67) – Rue des Fleurs</p> <p>RAPPORT - ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2) – Phase AVP</p>							
Dossier : EST2.K.056-02				Contrat : EST2.K.0252			
Indice	Date	Chargé d'affaire	Visa	Vérifié par	Visa	Contenu	Observations
1	13/01/21	L LAMBRY		E GARNIER		23 pages 4 annexes	

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

## Sommaire

<b>1. Plans de situation .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Contexte de l'étude.....</b>	<b>6</b>
2.1. <b>Données générales .....</b>	<b>6</b>
2.1.1. Généralités .....	6
2.1.2. Documents communiqués.....	6
2.2. <b>Description du site.....</b>	<b>6</b>
2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants.....	6
2.2.2. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique.....	7
2.3. <b>Caractéristiques de l'avant-projet .....</b>	<b>8</b>
2.3.1. Description de l'ouvrage .....	8
2.3.2. Terrassements prévus .....	8
2.4. <b>Mission Ginger CEBTP .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Investigations géotechniques.....</b>	<b>10</b>
3.1. <b>Préambule .....</b>	<b>10</b>
3.2. <b>Implantation et nivellement.....</b>	<b>10</b>
3.3. <b>Sondages, essais et mesures in situ .....</b>	<b>10</b>
3.3.1. Investigations in situ .....	10
<b>4. Synthèse des investigations .....</b>	<b>12</b>
4.1. <b>Modèle géologique général.....</b>	<b>12</b>
4.2. <b>Contexte hydrogéologique général .....</b>	<b>12</b>
4.2.1. Piézométrie .....	12
4.2.2. Inondabilité .....	13
4.3. <b>Risques naturels.....</b>	<b>14</b>
4.3.1. Risque sismique – données parasismiques réglementaires .....	14
4.3.2. Liquéfaction.....	14
<b>5. Principes généraux de construction en phase avant-projet .....</b>	<b>15</b>
5.1. <b>Analyse du contexte et principes d'adaptation.....</b>	<b>15</b>
5.2. <b>Adaptations générales de l'avant-projet.....</b>	<b>16</b>
5.2.1. Traficabilité en phase chantier.....	16
5.2.2. Terrassabilité des matériaux .....	16
5.2.3. Eau en phase chantier .....	16
5.3. <b>Préconisations pour la mise en place de la station de pompage .....</b>	<b>17</b>
5.3.1. Modèle géologique.....	17
5.3.2. Modèle hydrogéologique.....	17

5.3.3.	Modèle géotechnique sommaire .....	17
5.3.4.	Méthodologie d'exécution des terrassements.....	17
5.3.5.	Soutènements.....	18
5.3.6.	Remarque.....	18
<b>5.4.</b>	<b>Fondation de la station de pompage – Radier général .....</b>	<b>19</b>
5.4.1.	Dispositions constructives .....	19
5.4.2.	Contrainte associée à la résistance nette du terrain .....	19
5.4.3.	Vérification UPL .....	20
<b>6.</b>	<b>Observations majeures .....</b>	<b>23</b>

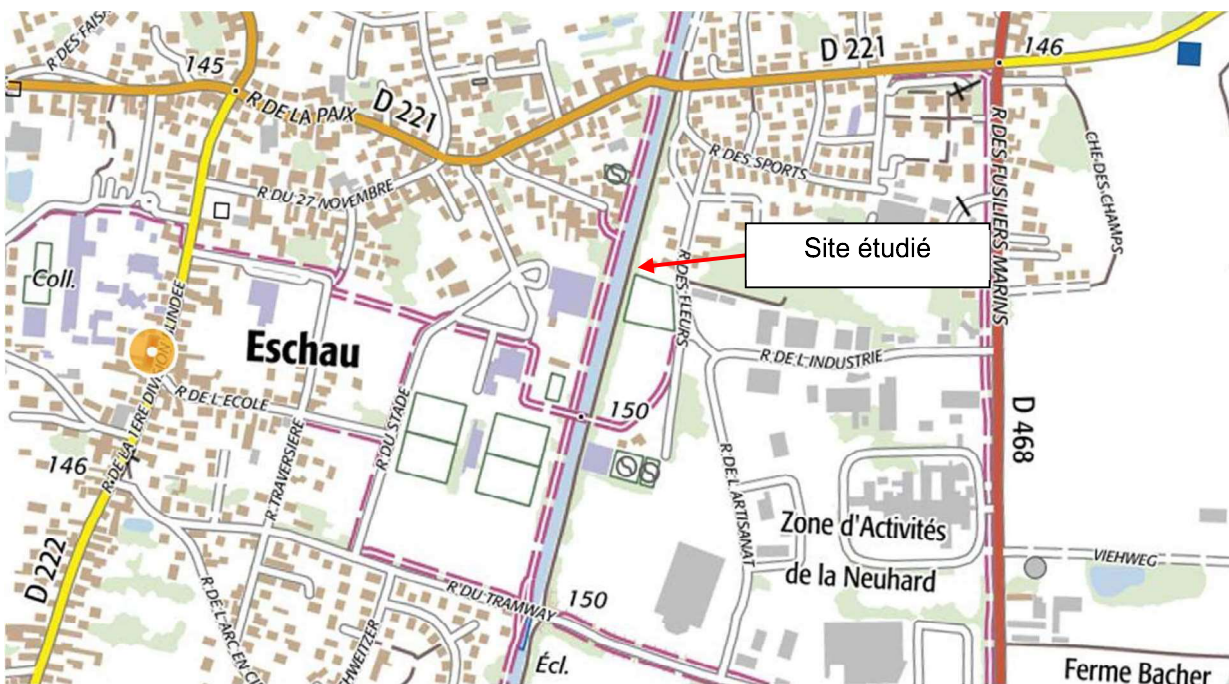
## ANNEXES

**ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES**  
**ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DU SONDAGE**  
**ANNEXE 3 – SONDAGE SEMI-DESTRUCTIF**

## 1. Plans de situation



Source : [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)



Source : [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)

## 2. Contexte de l'étude

### 2.1. Données générales

#### 2.1.1. Généralités

Nom de l'opération : Mise en place d'une station de pompage.

Localisation : Rue des Fleurs,

Commune : ESCHAU (67).

Client / Maître d'Ouvrage : Eurométropole de Strasbourg.

#### 2.1.2. Documents communiqués

Les documents qui nous ont été communiqués et ont été utilisés dans le cadre de ce rapport sont les suivants :

- plan d'implantations prévisionnelles des sondages,
- profondeur des sondages.

### 2.2. Description du site

#### 2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants

Le site concerné par les investigations s'inscrit dans un environnement résidentiel dans la commune de ESCHAU (67).

La zone d'étude porte sur l'emplacement de la future station de pompage qui sera intégrée au réseau d'assainissement de la ville. Cet emplacement se situe à proximité du canal du Rhône au Rhin. Le site est bordé au Nord et à l'Est par des parcelles privées avec maisons individuelles.

D'après les éléments transmis, le niveau du terrain naturel au droit du projet serait d'environ 145.45m NGF. Aucun plan topographique ne nous a par ailleurs été communiqué.

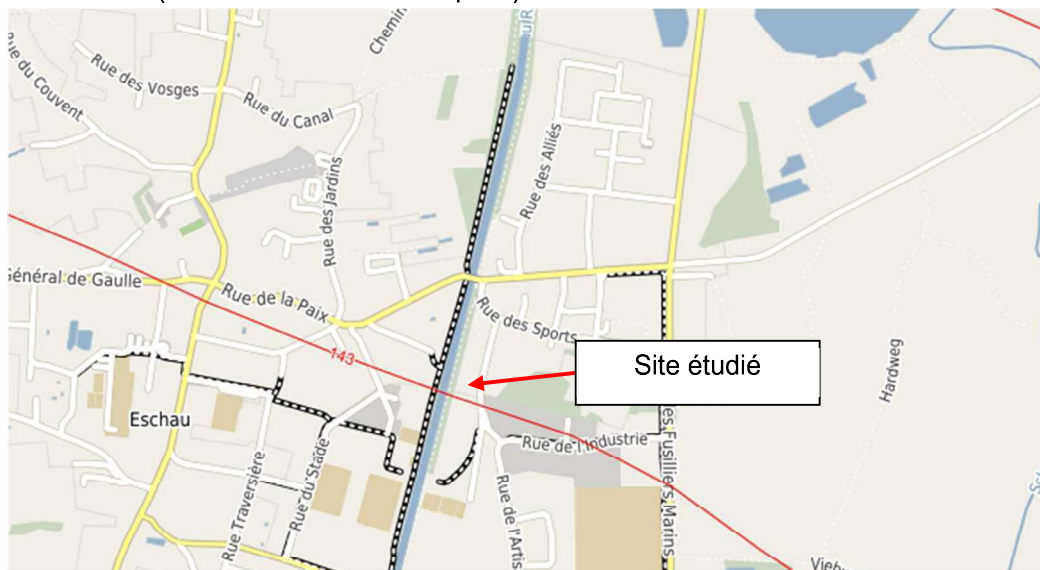
### 2.2.2. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique

D'après notre expérience locale et la carte géologique de STRASBOURG à l'échelle 1/50000, le site serait constitué (cf. extrait de carte ci-dessous) d'alluvions rhénanes caillouteuses et sableuses (Fz1-2R/Fy).



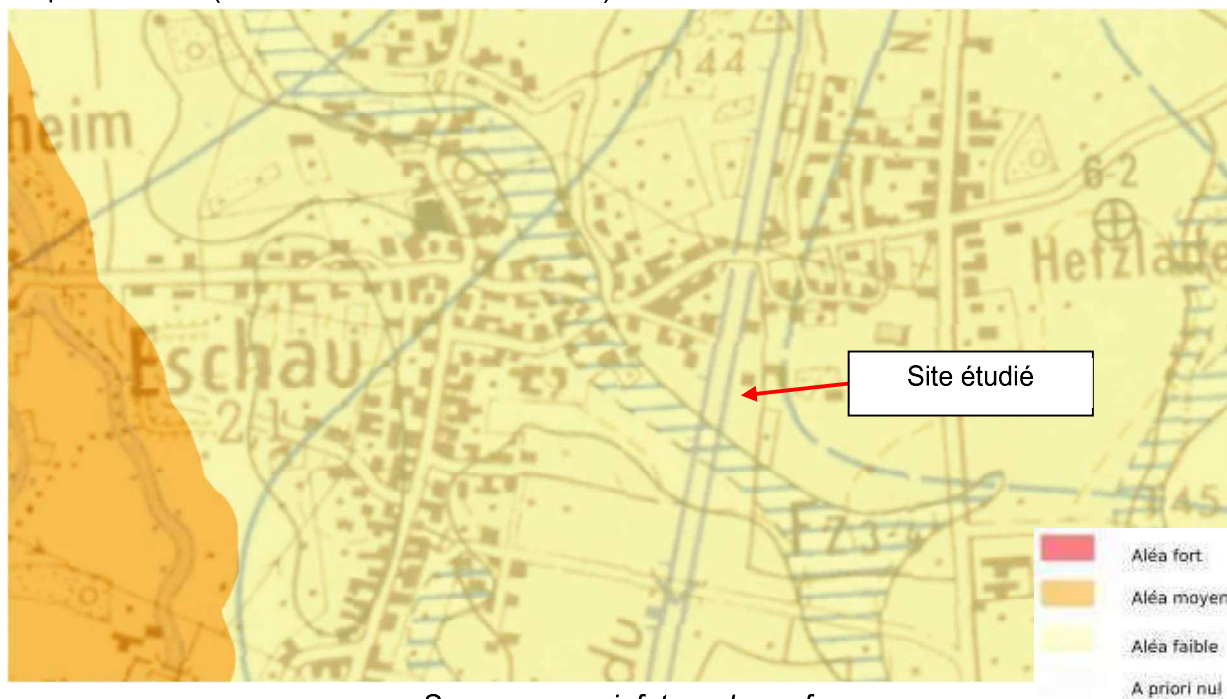
Source : [www.infoterre.brgm.fr](http://www.infoterre.brgm.fr)

D'après notre expérience locale et le site de l'APRONA, les alluvions rhénanes du secteur sont réputées être le siège d'une nappe dont le toit se situerait en période de moyennes eaux vers +143.00 m IGN69 (cf. extrait de carte ci-après).



Source : [www.carto.aprona.net](http://www.carto.aprona.net)

D'autre part, d'après la nouvelle carte d'exposition au risque de retrait/gonflement, consultable sur le site « [www.infoterre.brgm.fr](http://www.infoterre.brgm.fr) », le terrain étudié présenterait un aléa « faible » vis-à-vis de ce phénomène (cf. extrait de carte ci-dessous) :



Source : [www.infoterre.brgm.fr](http://www.infoterre.brgm.fr)

Enfin, le site étudié est classé en zone de sismicité 3 (aléa modéré).

## 2.3. Caractéristiques de l'avant-projet

### 2.3.1. Description de l'ouvrage

Le projet consiste en la mise en place d'une station de pompage. D'après les informations communiquées par le Maître d'œuvre, il s'agirait d'un ouvrage cylindrique, ancré à environ 5.70m de profondeur à la cote 139.80m NGF, à l'abri d'une enceinte en palplanches et d'un bouchon de béton.

### 2.3.2. Terrassements prévus

La mise en place du décanteur nécessitera la réalisation d'une fouille entièrement en déblais d'environ 6.0 m de profondeur.

## 2.4. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat n°EST2.K.0252.

Il s'agit d'une ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2) selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique. Plus précisément, compte tenu du niveau d'avancement du projet, notre mission s'intègre dans la phase *Avant-projet* (G2 AVP).

La mission comprend, conformément à la Norme NF P 94-500 de Novembre 2013 :

- la définition d'un programme d'investigations géotechniques spécifiques, sa réalisation et l'exploitation des résultats,
- la réalisation d'un rapport donnant :
  - les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet,
  - les préconisations pour la pose du réseau (terrassements, soutènements, dispositions générales vis-à-vis de la nappe et avoisinants),
  - une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique.

La mission G2 phase AVP, réalisée au stade de l'Avant-Projet, peut être suivie d'une mission G2 phase PRO, qui servira de base pour l'élaboration du DCE (Document de Consultation des Entreprises).

### 3. Investigations geotechniques

#### 3.1. Préambule

Les moyens de reconnaissance et d'essais ont été définis par le Maître d'œuvre lors de la consultation.

Ces investigations ont toutes été réalisées.

#### 3.2. Implantation et nivellement

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan d'implantation joint en annexe 2.

Elle a été définie et réalisée par le Maître d'œuvre et adaptée par Ginger CEBTP en fonction des réseaux existants et du trafic.

**Remarque importante :** le sondage a été initialement implanté par le Maître d'œuvre à proximité de la station de relevage existante. Cependant, les derniers éléments transmis le 07/12/20 indiquent que l'implantation du futur poste de pompage est finalement situé 50m plus à l'Est, à proximité de la rue des Fleurs.

Nous extrapolerons donc les résultats du sondage jusqu'à la zone d'étude.

#### 3.3. Sondages, essais et mesures in situ

##### 3.3.1. Investigations in situ

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Type de sondage	Quantité	Noms	Prof. / TE
Sondage destructif Ø64 mm	1	SP2	7.0 m
Exécution d'essais pressiométriques. Norme NF P94-110-1	5		

La profondeur du sondage est conforme à celle définie au contrat.

Les coupes des sondages sont présentées en annexe 3 où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- **Sondages semi-destructifs et destructifs :**
  - coupes détaillées des sols,
  - résultats des essais d'infiltration.
  
- **Essais pressiométriques :**
  - module pressiométrique :  $E_M$  (MPa),
  - pression limite nette :  $p_l^*$  (MPa),
  - pression de fluage nette :  $p_f^*$  (MPa),
  - rapport  $E_M/p_l^*$ .

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

## 4. Synthèse des investigations

### 4.1. Modèle géologique général

A noter que la profondeur des formations est donnée par rapport aux voiries existantes telles qu'elles étaient au moment de la reconnaissance.

L'analyse et la synthèse des résultats des investigations réalisées ont permis de dresser la coupe géotechnique schématique suivante au droit du sondage SP2 :

#### Formation n°1 : Remblais de sables gris à cailloutis

Épaisseur : ~1.40 m.

Caractéristiques géotechniques : moyennes,

- pression limite ( $p_l$ ) : ~1.3 MPa,
- module pressiométrique ( $E_M$ ) : 10 MPa.

#### Formation n°2 : Sables graveleux légèrement limoneux

Profondeur : ~2.5 m.

Caractéristiques géotechniques : élevées,

- pression limite ( $p_l$ ) : 3.35 MPa,
- module pressiométrique ( $E_M$ ) : 40 MPa.

#### Formation n°3 : Grave sableuse brune.

Profondeur : >7.0 m.

Caractéristiques géotechniques : moyennes à élevées,

- pression limite ( $p_l$ ) : 1.75 à 2.90 MPa,
- module pressiométrique ( $E_M$ ) : 10 à 20 MPa.

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

### 4.2. Contexte hydrogéologique général

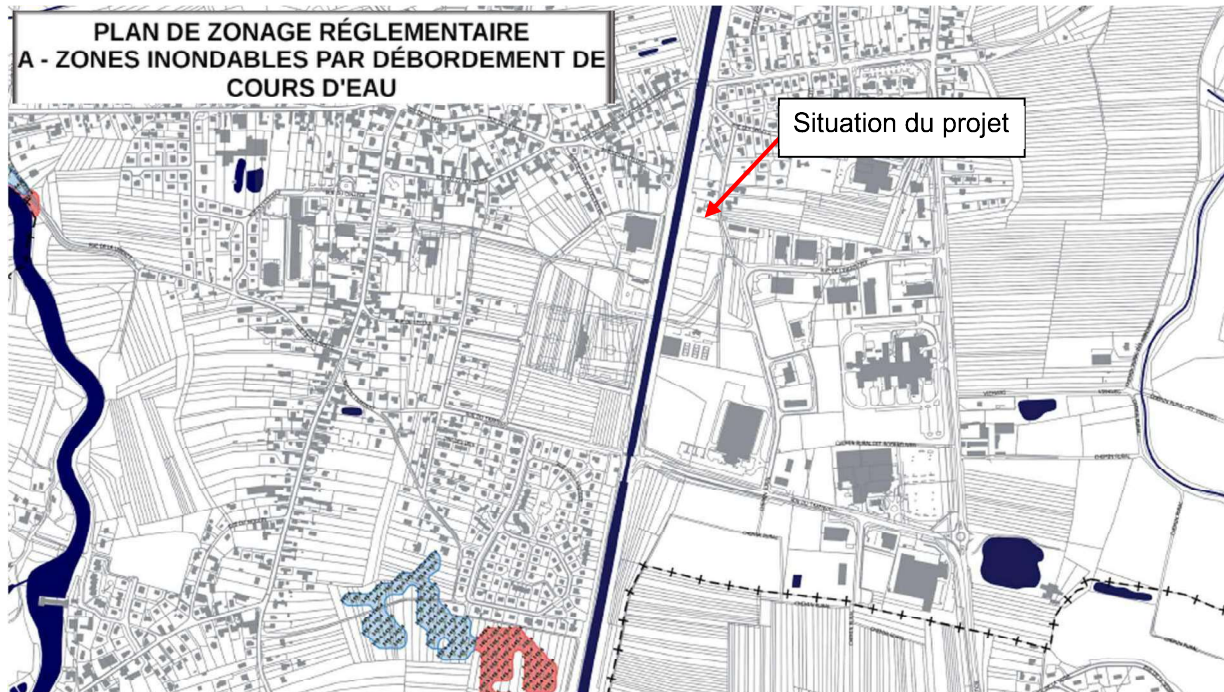
#### 4.2.1. Piézométrie

Du fait de la nature graveleuse des formations superficielles, le trou de forage était éboulé à vers 1.30m de profondeur. Le niveau de nappe n'a pas pu être mesuré avec précision au droit de ce forage.

Il est à noter que le régime hydrogéologique peut varier en fonction de la saison et de la pluviométrie. Ces niveaux d'eau doivent donc être considérés à un instant donné.

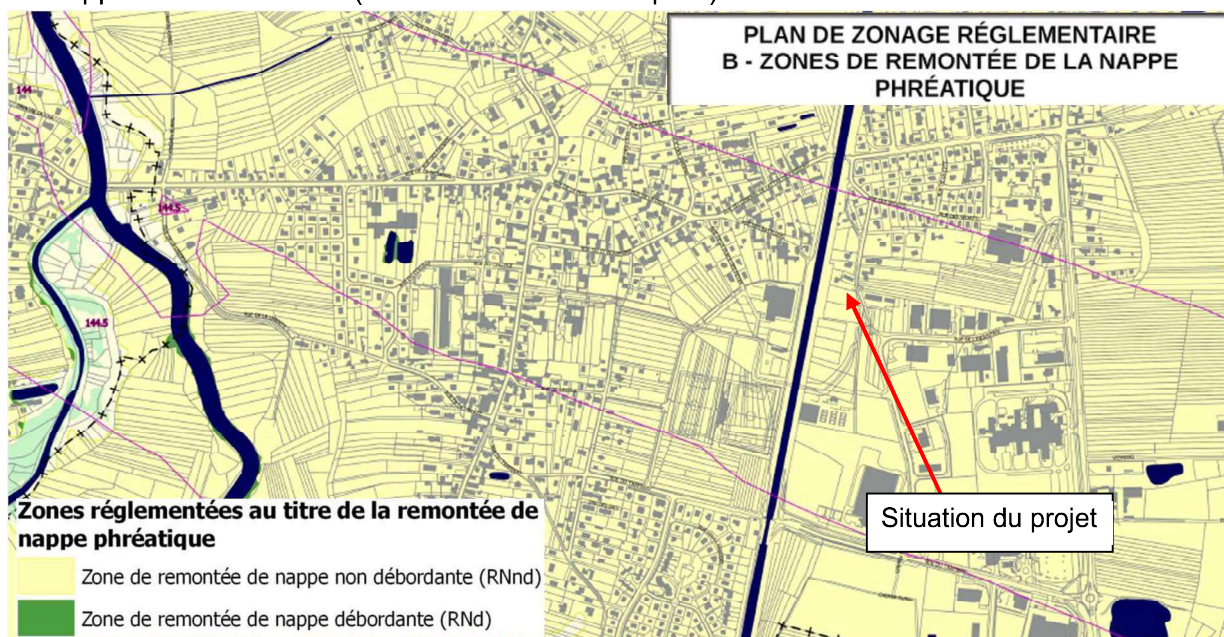
#### 4.2.2. Inondabilité

D'après le plan A22 (zones inondables par débordement de cours d'eau) issu du PPRI de l'Eurométropole de Strasbourg, le projet n'est pas situé en zone inondable par débordement de cours d'eau (cf. extrait de carte ci-dessous) :



Source : [www.bas-rhin.gouv.fr](http://www.bas-rhin.gouv.fr)

D'autre part, d'après le plan B22 (zones de remontée de la nappe phréatique) issu du PPRI de l'Eurométropole de Strasbourg, la station de pompage projeté est située en zone de remontée de nappe non débordante (cf. extrait de carte ci-après).



Source : [www.bas-rhin.gouv.fr](http://www.bas-rhin.gouv.fr)

Les cote de PPRI par remontée de la nappe à prendre en compte au droit du site est de **144 m IGN69**.

### 4.3. Risques naturels

#### 4.3.1. Risque sismique – données parasismiques réglementaires

Selon le décret n°2010-1255 et la norme NF EN 1998 (EUROCODE 8), les principales données parasismiques déduites des éléments du projet et des reconnaissances effectuées dans le cadre de cette étude et présentées dans les paragraphes précédents, figurent dans le tableau ci-dessous :

Zone de sismicité	3 (aléa modéré)
Type de sol	C
Catégorie d'importance	I
Paramètre de sol S	1.5
$a_{gr}$ (m/s <sup>2</sup> )	1.1

#### 4.3.2. Liquéfaction

Les reconnaissances réalisées dans le cadre de ce projet ne permettent pas de statuer sur le risque de liquéfaction. Toutefois, compte tenu de la nature graveleuse et des caractéristiques mécaniques moyennes à élevées des terrains jusqu'à 7.0 m de profondeur, ce risque peut être écarté.

## 5. Principes généraux de construction en phase avant-projet

### 5.1. Analyse du contexte et principes d'adaptation

Compte-tenu de ce qui a été indiqué dans les paragraphes précédents, les points essentiels ci-dessous sont à prendre en compte et conduiront les choix d'adaptation du projet :

#### **Contexte géologique et géotechnique :**

Le site est caractérisé par :

- la présence de remblais de sables gris à cailloutis (formation n°1) sur 1.40m d'épaisseur,
- des sables graveleux légèrement limoneux compacts (formation n°2) jusque vers 2.5 m de profondeur,
- de la grave sableuse brune globalement compacte (formation n°3) jusqu'à plus de 7.0m de profondeur,
- la cote du PPRI par remontée de la nappe est de 144.0 m IGN69,
- un aléa sismique modéré.

#### **Descriptif du projet :**

Le projet consiste en la mise en place d'une station de pompage. D'après les informations communiquées par le Maître d'œuvre, il s'agirait d'un ouvrage cylindrique, ancré à environ 5.70m de profondeur à la cote 139.80m NGF, à l'abri d'une enceinte en palplanches et d'un bouchon de béton.

#### **Adaptations du projet au site :**

Compte tenu des points précédents :

- la station pourra être fondée sur radier général ancré dans les graves sableuses brunes de la formation n°3,
- l'assise du radier, située vers 6.0 m de profondeur, sera sous le niveau de la nappe et la mise en place d'un système de soutènement provisoire (palplanches ou paroi moulée par exemple) doit être envisagé, ainsi que des dispositions spécifiques de mise hors d'eau (rabattement, radier injecté...),
- la station de refoulement devra résister aux sous-pressions dues à la nappe (ancrage par micropieux ou un lestage par élargissement/épaississement du radier si nécessaire).

Ces principes sont détaillés dans les paragraphes suivants.

Nous rappelons que toute modification du projet ou des sols peut entraîner une modification partielle ou complète des adaptations préconisées.

## 5.2. Adaptations générales de l'avant-projet

Nota : les indications données dans les chapitres suivants, qui sont fournies en estimant des conditions normales d'exécution pendant les travaux, seront forcément adaptées aux conditions réelles rencontrées (intempéries, niveau de nappe, matériels utilisés, provenance et qualité des matériaux, phasages, plannings et précautions particulières).

Nous rappelons que les conditions d'exécution sont absolument prépondérantes pour obtenir le résultat attendu et qu'elles ne peuvent être définies précisément à l'heure actuelle. A défaut, seules des orientations seront retenues.

La mise en place de la station de pompage nécessitera la réalisation d'une fouille entièrement en déblais d'environ 6.0 m de profondeur.

Le niveau du fond de fouille se situera sous le niveau de la nappe et dans les graves sableuses de la formation n°3.

### 5.2.1. Traficabilité en phase chantier

Compte tenu du contexte du site (ancien terrain de football) nous conseillons donc la réalisation des travaux dans des **conditions météorologiques favorables**, sinon le chantier pourrait rapidement devenir impraticable et nécessiterait la mise en place de surépaisseurs en matériaux insensibles à l'eau.

### 5.2.2. Terrassabilité des matériaux

La réalisation des déblais ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction. Les terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance.

### 5.2.3. Eau en phase chantier

Suite aux observations faites au cours de la campagne d'investigations, le niveau de la nappe devrait recouper les terrassements en déblais, nécessitant la mise en œuvre de sujétions lourdes pour la réalisation des travaux (soutènement, bouchon de fond, ...).

## 5.3. Préconisations pour la mise en place de la station de pompage

### 5.3.1. Modèle géologique

La station sera implantée dans la plaine alluviale rhénane caractérisée à proximité du projet par :

- la présence de remblais sablo-graveleux sur environ 1.40 m d'épaisseur,
- la présence de sables légèrement limoneux jusque vers 2.50 m de profondeur,
- la présence de graves sableuses compactes sur plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur.

### 5.3.2. Modèle hydrogéologique

A défaut d'étude hydrogéologique détaillée permettant de définir les niveaux caractéristiques de la nappe phréatique selon EC7, nous retiendrons d'après les données de l'APRONA que :

- le niveau normal de la nappe se trouve vers la cote 143 m IGN69 dans ce secteur,
- le niveau des plus hautes eaux par remontée de nappe pour une occurrence centennale est de 144 m IGN69.

Les graves rhénanes constituent un aquifère très épais et très perméable.

### 5.3.3. Modèle géotechnique sommaire

Sur la base du sondage pressiométrique réalisé à proximité du canal, on retiendra à ce stade d'avant-projet le modèle géotechnique sommaire suivant :

Formation	Prof. / TE	PI* (MPa)	Em (MPa)	$\alpha$
Remblais de sables gris	1.40 m	1.0	10	1/2
Sables graveleux limoneux	2.50 m	3.0	30	1/3
Grave sableuse	>7.0 m	2.5	15	1/4

### 5.3.4. Méthodologie d'exécution des terrassements

La mise en œuvre de la station de pompage nécessitera l'exécution de terrassements en déblais sur une hauteur d'environ 6.0 m.

Les terrains à traverser seront les remblais sableux (formation n°1), sables graveleux (formation n°2) et les graves sableuses (formation n°3).

Ils correspondent à des sols meubles qui pourront être excavés au moyen d'engins traditionnels (pelle hydraulique par exemple). Les sables et graviers sont le siège d'une nappe phréatique sujette à fluctuations saisonnières dont le toit sera recoupé par les travaux.

Compte-tenu de la présence de la nappe phréatique et de la profondeur prévisible de la fouille, il sera nécessaire de rabattre la nappe pour pouvoir terrasser et mettre en œuvre la station de pompage au sec.

En l'absence de substratum imperméable en profondeur et compte-tenu de la forte perméabilité des sables et graviers (perméabilités de l'ordre de  $1.10^{-2}$  à  $1.10^{-4}$  m/s), il sera nécessaire de mettre en place un dispositif de confinement et un bouchon de fond (bouchon en gros béton ou bouchon injecté) afin de réduire les débits d'exhaure.

Seul un test de pompage permettra de s'en assurer. Ce test ainsi que des essais au micro-moulinet seront indispensables pour s'en assurer mais également pour vérifier la faisabilité d'injection.

### 5.3.5. Soutènements

Compte-tenu du contexte et de la profondeur à atteindre, il est impératif d'avoir recours à un soutènement par palplanches (ou rideau). La fiche se trouvera dans les graves sableuses de la formation n°3. Une étude spécifique de dimensionnement devra être réalisée. Celle-ci comportera, outre les tests sur l'aquifère mentionné ci-dessus, la réalisation de tests de cisaillement pour définition des paramètres de frottement et de cohésion des sols, la définition de la fiche du rideau, l'épaisseur et la profondeur du radier, la nécessité ou non de butons ou tirants, la vérification de la stabilité en phase travaux et définitive, les vérifications hydraulique (soulèvement, entrainement de fines, renard hydraulique, sous pressions...)

### 5.3.6. Remarque

Les sujétions d'exécutions relatives aux terrassements généraux et aux soutènements devront être développées dans le cadre de l'étude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2-PRO) qui indiquera également les caractéristiques dimensionnelles des ouvrages géotechniques suite à la mise au point du projet.

Des sondages plus profonds et des prélèvements de sol par carottages seront à prévoir dans le cadre de l'étude G2 PRO.

## 5.4. Fondation de la station de pompage – Radier général

### 5.4.1. Dispositions constructives

Le radier sera coulé au sec, à l'abri de l'enceinte étanche constituée par les palplanches, le bouchon injecté et la réalisation d'un pompage d'exhaure. Il pourra être coulé directement sur les graves de la formation n°3, après curage du fond de fouille.

### 5.4.2. Contrainte associée à la résistance nette du terrain

La contrainte  $q_{net}$  du terrain sous une fondation est déterminée à partir de la relation suivante :

$$q_{net} = k_p p_{le}^* i_\delta i_\beta$$

Avec :

- $k_p$  est le facteur de portance pressiométrique qui dépend des dimensions de la fondation, de son encastrement relatif et de la nature du sol,
- $p_{le}^*$  est la pression limite nette équivalente,
- $i_\delta$  est le coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement (on considère ici une charge verticale centrée, soit  $i_\delta = 1.00$ ),
- $i_\beta$  est le coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus de pente  $\beta$  (pour une fondation éloignée d'un talus,  $i_\beta = 1.00$ )

Dans ces conditions, il vient :

$$q_{net} = 1.0 \times 2.5 \times 1.0 \times 1.0 = 2.5 \text{ MPa.}$$

**Il est toutefois recommandé de limiter la valeur de  $q_{net}$  à 1.5 MPa dans les graves sableuses (formation n°3).**

Conformément à la norme NF P94-261, le critère de limitation de la charge transmise à la fondation est le suivant :

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d} \qquad R_{v;d} = \frac{R_{v;k}}{\gamma_{R;d}} \qquad R_{v;k} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;d;\gamma}}$$

$R_0$  est la valeur du poids de volume de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux et des sols compris entre la fondation et le terrain après travaux.

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

$\gamma_{R;d}$  est un facteur partiel à considérer, égal à 2.30 à l'ELS quasi-permanent et caractéristique et 1.40 à l'ELU pour les situations durables et transitoires.

$R_{v;k}$  est la valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle.

$A'$  est la surface effective de la base d'une fondation superficielle.

$q_{net}$  est la contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle

$\gamma_{R;d ;v}$  est le coefficient de modèle lié à la méthode de calcul utilisée pour le calcul de la contrainte  $q_{net}$  (1.20 pour la méthode pressiométrique)

Le tableau ci-dessous récapitule les valeurs à considérer pour  $i_s = 1.0$  et  $i_b = 1.0$  :

Situations	$q_{net}$ (MPa)	$\gamma_{R;d ;v}$	$\gamma_{R ;v}$	$q_{net} / (\gamma_{R;d ;v} \times \gamma_{R ;v})$ (MPa)
ELU Durable et transitoire	1.5	1.2	1.4	0.89
ELU Accidentelle			1.2	1.00
ELU Sismique			1.4	0.89
ELS Quasi-permanent			2.3	0.54
ELS Caractéristique			2.3	0.54

Compte-tenu des terrassements en déblais et de la nature des terrains, les tassements sous radier seront inférieurs au centimètre.

### 5.4.3. Vérification UPL

L'ouvrage doit être vérifié au soulèvement hydraulique global.

La vérification par rapport au soulèvement global provoqué par la pression de l'eau (UPL) doit être effectuée en vérifiant que la valeur de calcul de la combinaison des actions verticales permanentes et variables déstabilisatrices ( $V_{dst;d}$ ) est inférieure ou égale à la somme de la valeur de calcul des actions permanentes verticales stabilisatrices ( $G_{stb;d}$ ) et de la valeur de calcul de toute résistance additionnelle au soulèvement ( $R_d$ ) :

$$V_{dst;d} \leq G_{stb;d} + R_d$$

avec

$$V_{dst;d} = G_{dst;d} + Q_{dst;d}$$

$G_{stb;d}$  est la valeur de calcul des actions verticales permanentes stabilisatrices pour la vérification vis-à-vis du soulèvement – ici elle correspond au poids propre de l'ouvrage à vide + poids des remblais mises en œuvre au-dessus et autour de l'ouvrage (négligeable).

$R_d$  est la valeur de calcul de la résistance à une action – frottements des terrains (ici négligés), micropieux ou tirants d'ancrage de parois.

$G_{dst;d}$  est la valeur de calcul des actions permanentes déstabilisatrices pour une vérification vis-à-vis du soulèvement – elle correspond ici à la poussée d'Archimède en situation de hautes eaux.

$Q_{dst;d}$  est la valeur de calcul des actions verticales déstabilisatrices variables pour la vérification au soulèvement hydraulique – ici nulle.

**L'inégalité suivante doit donc être respectée :**

$$G_{dst;d} \leq G_{stb;d}$$

Les actions considérées doivent être pondérées par les facteurs suivants, indiqués au tableau A.15 du paragraphe A.4 de l'annexe A de la norme NF EN 1997-1 de juillet 2005 :

Action	Symbole	Valeur
<u>Permanente</u>		
Défavorable <sup>a)</sup>	$\gamma_{G;dst}$	1.0
Favorable <sup>b)</sup>	$\gamma_{G;stb}$	0.9
<u>Variable</u>		
Défavorable <sup>a)</sup>	$\gamma_{Q;dst}$	1.5

a) *Déstabilisatrice.*

b) *Stabilisatrice.*

**Le poids propre de la station de pompage à vide et le poids des remblais mis en œuvre au-dessus et autour, doivent donc être pondérés par un coefficient de 0.9.**

D'après les résultats de l'Aprona, la cote du niveau moyen de la nappe au droit du projet peut être considérée à environ 143.00 m IGN69 et que la cote du PHE<sub>100</sub> à considérer, d'après les cartes de PPRI de l'Eurométropole, se situe à la cote 144.00 m IGN69.

**On appliquera donc un coefficient  $\gamma_{G;dst}$  de 1.0 à la poussée d'Archimède entre le niveau bas du projet et jusqu'à la cote 144.0 m IGN69**

#### 5.4.3.1. Vérification UPL

Calcul de la valeur d'action déstabilisatrice :

Les points suivants sont à considérer pour les calculs :

- cote moyenne du terrain : 145.50 m IGN69
- cote moyenne de la nappe considérée : 143.00 m IGN69
- cote NPHE considérée : 144.00 m IGN69
- cote moyenne du niveau-bas du radier : 139.80 m IGN69
- profondeur d'ancrage moyenne du radier du décanteur : 5.6 m

On a donc :

Surface (m <sup>2</sup> )	Hauteur d'eau (m) entre sous-face du radier et le NPHE	Sous-pressions (t/m <sup>2</sup> )	Facteur déstabilisateur $\gamma_{G,dst}$	Poussée de l'eau (t) $G_{dst;d} = V_{dst;d}$
~3.15*	144.0-139.8 = 4.2 m	4.2	1	~15

\* surface estimée en considérant un ouvrage de 2 m de diamètre.

Calcul de la valeur d'action stabilisatrice (poids propre de l'ouvrage à vide) :

D'après les données fournies par la maîtrise d'œuvre, le poids de la station de pompage à vide est estimé à 20 t (8m<sup>3</sup> de béton)

D'où :

$$G_{stb;d} = 0.9 \times 20 = 18 \text{ t}$$

**On a donc  $V_{dst;d} = G_{dst;d} < G_{stb;d}$**

**On peut constater que pour un radier de 2.0 m de diamètre, l'inégalité est respectée et la stabilité au soulèvement global est vérifiée.**

**Il n'y a donc pas de disposition de cloutage ou de lestage à mettre en œuvre.**

## 6. Observations majeures

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

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

Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre d'une étude de conception de niveau avant-projet (G2 AVP) et que, conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, une étude de conception de niveau projet (G2 PRO) doit être envisagée (collaboration avec l'équipe de conception) pour :

- permettre l'optimisation du projet avec, notamment, prise en compte des interactions sol / structure ;
- vérifier la bonne transcription de toutes les préconisations dans les pièces techniques du marché.

Ginger CEBTP peut prendre en charge la maîtrise d'œuvre dans le domaine de la géotechnique, au stade du projet.

Cette étude de projet devra permettre, entre autres, de lever les aléas et incertitudes suivants :

- faisabilité d'un rabattement de la nappe.

Les moyens à envisager pour l'étude de projet sont, par exemple :

- essai de pompage.

## ***ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES***

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

**ENCHAINEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE**

*Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94-500 - version de Novembre 2013)*

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

**CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE**

**Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94-500 - version de Novembre 2013)**

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, 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 avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet 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 avoisnants), 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'EXECUTION (G3)

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

##### Phase Étude

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

##### Phase Suivi

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

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

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

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

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

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

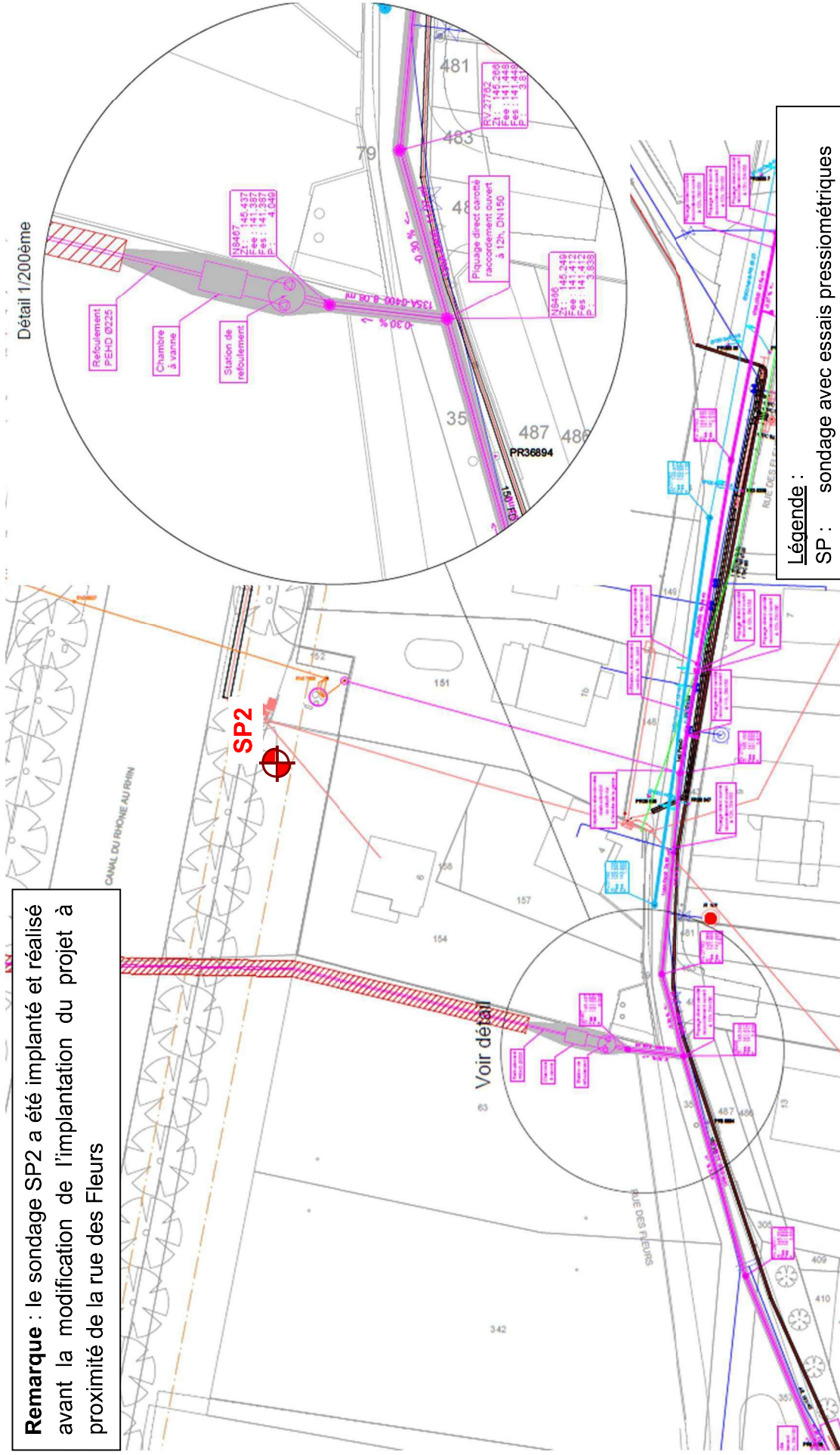
- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique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

#### DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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

## ***ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DU SONDAGE***



**Remarque :** le sondage SP2 a été implanté et réalisé avant la modification de l'implantation du projet à proximité de la rue des Fleurs

**Légende :**  
SP : sondage avec essais pressiométriques

### ***ANNEXE 3 – SONDAGE SEMI-DESTRUCTIF***

- Coupe détaillée des sols,
- Courbes des essais pressiométriques,

Dossier : EST2-K-056-02

Localité : ESCHAU (67)

Chantier : Renforcement de réseau d'assainissement

Client : EMS

X :

Date début de forage : 17/09/20

Echelle : 1/35

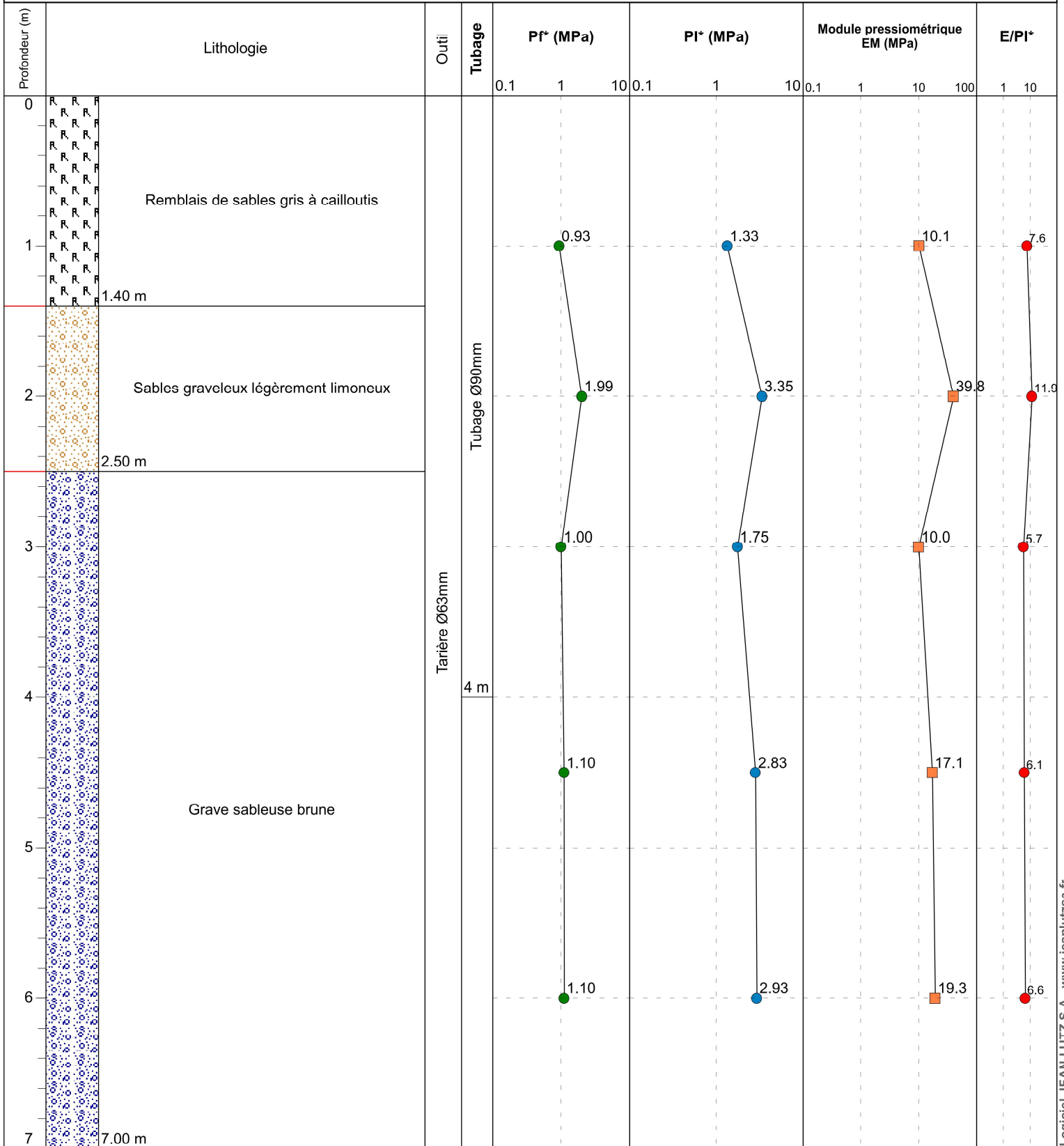
Y :

Date fin de forage : 17/09/20

Machine : M253

Z :

Profondeur de fin : 7.00m



Observation :

EXGTE 3.22

## CONTACT

### **Agence de Strasbourg**

13 rue de l'Electricité - 67800 HOENHEIM

Tél. : +33 (0) 3 88 81 20 50

[cebtp.strasbourg@gingergroupe.com](mailto:cebtp.strasbourg@gingergroupe.com)

[www.groupe-cebtp.com](http://www.groupe-cebtp.com)