

# ETUDE GEOTECHNIQUE

Mission G2 PRO

Création d'une passerelle et d'un gradin

Ecole Centrale de Nantes  
1 Rue de la Noë  
NANTES (44)



*Dossier 4415033 - Indice 02 - Mai 2025*



**RECTORAT DE L'ACADEMIE DE NANTES**  
4, Chemin de la Houssinière  
44300 NANTES

**CLIENT**

<b>NOM</b>	RECTORAT DE L'ACADEMIE DE NANTES
<b>ADRESSE</b>	4, Chemin de la Houssinière 44300 NANTES
<b>INTERLOCUTEUR</b>	M. L'HULLIER

**ECR ENVIRONNEMENT**

<b>AGENCE</b>	Nantes
<b>ADRESSE</b>	ZA du Taillis 5, rue des Clairières 44 840 LES SORINIERES
<b>TELEPHONE</b>	02.40.49.82.82
<b>MAIL</b>	nantes@ecr-environnement.com

DATE	INDICE	OBSERVATION / MODIFICATION	REDACTEUR	VERIFICATEUR
20/03/2025	01	Mission G2 AVP	Marine VICET	Céline ROGER
23/05/2025	02	Mission G2 PRO - Création d'une passerelle et d'un gradin	Fabien KNOEPFFLER	Céline ROGER

## SOMMAIRE

<b>1. PRESENTATION .....</b>	<b>4</b>
1.1. MISSION .....	4
1.2. CADRE DE L'ETUDE .....	4
1.3. LOCALISATION ET DESCRIPTION DU SITE .....	4
1.4. CONTEXTE GEOLOGIQUE .....	6
1.5. RISQUES NATURELS .....	6
1.6. CONSISTANCE DES INVESTIGATIONS .....	6
<b>2. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS .....</b>	<b>7</b>
2.1. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT .....	7
2.2. LITHOLOGIE .....	7
2.3. GEOMECHANIQUE .....	8
2.4. HYDROGEOLOGIE .....	8
2.5. RESULTAT DES ANALYSES LABORATOIRES .....	8
2.5.1. Classification NF P 11-300 .....	8
2.5.2. Agressivité des sols et de l'eau vis-à-vis des bétons .....	9
<b>3. DONNEES DU PROJET .....</b>	<b>9</b>
3.1. DONNEES D'ENTREE .....	9
3.2. DESCRIPTION DU PROJET .....	9
3.3. PLAN DE FONDATION ET DESCENTES DE CHARGE .....	11
3.4. COMBINAISONS D'ACTION .....	13
<b>4. SISMICITE ET LIQUEFACTION DES SOLS .....</b>	<b>14</b>
<b>5. ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES .....</b>	<b>14</b>
5.1. FONDATIONS SUPERFICIELLES .....	14
5.1.1. Principe de fondations .....	14
5.1.2. Modèle géotechnique .....	15
5.1.3. Profondeur d'ancrage .....	16
5.1.4. Contraintes de calculs .....	16
5.1.5. Vérification au soulèvement .....	17
5.1.6. Vérification au renversement / excentrement .....	17
5.1.7. Vérification au glissement .....	18
5.1.8. Vérification au poinçonnement .....	19
5.1.9. Vérification au poinçonnement – cas particulier de l'ELU sismique .....	20
5.1.10. Dimensionnement des fondations .....	21
5.1.11. Remarques générales .....	21
5.1.12. Evaluation des tassements .....	22
5.1.13. Dispositions constructives .....	22
5.1.14. Suggestions d'exécutions .....	23
5.2. NIVEAUX BAS .....	24

<b>6.</b>	<b>TERRASSEMENTS GENERAUX .....</b>	<b>24</b>
6.1.	MOYENS D'EXTRACTION.....	24
6.2.	TRAFICABILITE .....	24
6.3.	STABILITE DES TALUS EN DEBLAIS ET EN REMBLAIS.....	25
<b>7.</b>	<b>EAU ET DRAINAGE.....</b>	<b>25</b>
7.1.	PHASE PROVISOIRE .....	25
7.2.	PHASE DEFINITIVE .....	26
<b>8.</b>	<b>CONDITIONS PARTICULIÈRES .....</b>	<b>27</b>

## ANNEXES

- Annexe 1 : Extrait de la norme NF P 94-500 (2 pages)  
 Annexe 2 : Implantation des sondages (1 page)  
 Annexe 3 : Résultats des investigations in-situ (4 pages)  
 Annexe 4 : Résultats des analyses laboratoires (5 pages)

## 1. PRESENTATION

### 1.1. Mission

Il s'agit d'une mission de type G2 PRO, suivant la Définition et la Normalisation des Missions du Géotechnicien établies en novembre 2013 (Norme NF P 94-500 présentée en annexe 1).

La mission porte exclusivement sur les travaux et ouvrages géotechniques relatifs au projet. Elle a pour objectif de dimensionner une solution de fondations, et d'évaluer les précautions à prendre en compte lors des travaux (terrassement, avoisinant, drainage...).

Ce rapport est indissociable de notre mission G2 AVP (4415033, Indice 01 daté de Mars 2025).

### 1.2. Cadre de l'étude

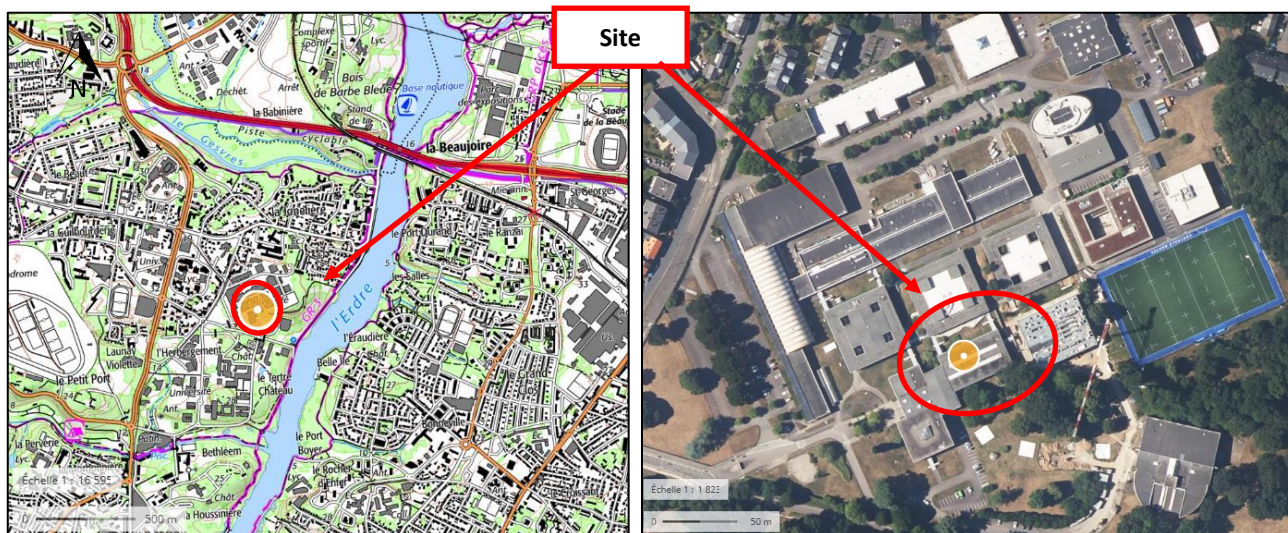
Cette étude a été réalisée par la société ECR Environnement – Z.A. du Taillis – 3-5, rue des Clairières – 44840 LES SORINIERES, à la demande et pour le compte de la maîtrise d'ouvrage :

**RECTORAT DE L'ACADEMIE DE NANTES**

4, Chemin de la Houssinière  
44300 NANTES

### 1.3. Localisation et description du site

Le projet se situe au sein de l'Ecole Centrale de Nantes au n°1, rue de la Noë sur la ville de Nantes (44).

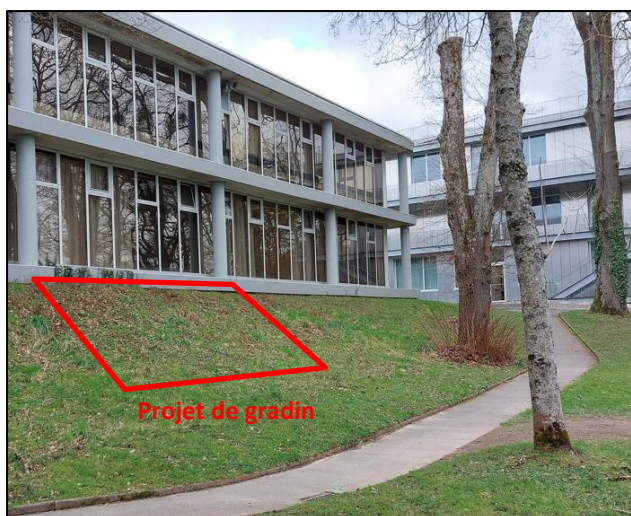


Plans de situation – Extrait du site [www.geoportail.fr](http://www.geoportail.fr)

Actuellement, le site est le lieu d'un bâtiment universitaire de type R+1 et de ses abords enherbés (cf. photographies du site en page suivante).

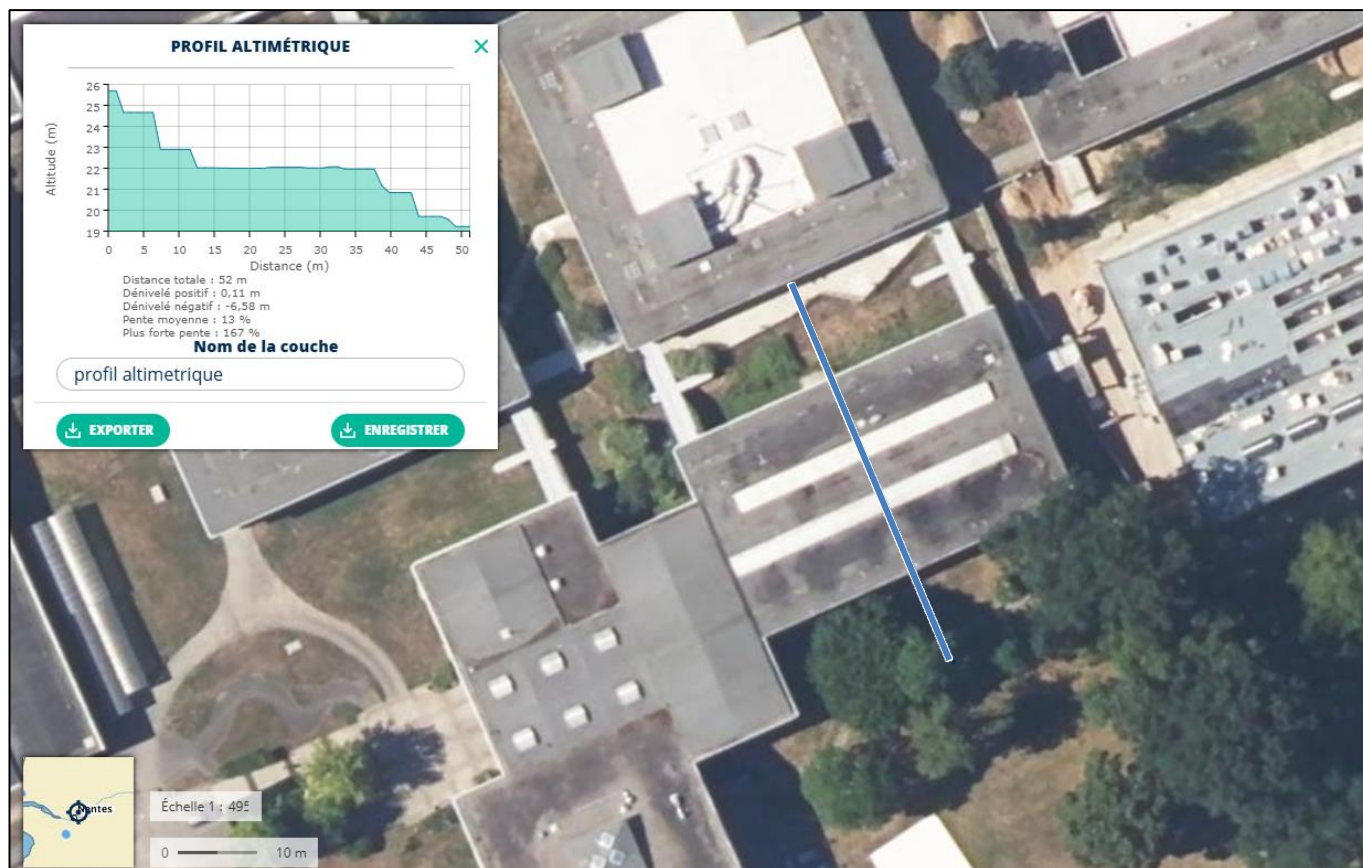






Photographies du site – 04/02/25

La topographie du site présente une importante pente descendant en direction du Sud (entre 22 à 26 m NGF dans la partie Nord, et entre 19 et 22 m NGF au Sud du bâtiment étudié).



## 1.4. Contexte géologique

D'après la carte géologique de Nantes au 1/50.000 (n°481) et notre expérience de la région, la succession géologique attendue au droit du site est la suivante :

- éventuels remblais,
- formation de recouvrement (sables, limons et argiles),
- substratum micaschisteux et ses produits d'altération (altérites).

## 1.5. Risques naturels

Les aléas suivants ont été recensés au droit du site.

Aléa retrait-gonflement des argiles	Zone d'exposition faible
Aléa remontées de nappes	Limite d'une zone potentiellement sujette aux débordements
Aléa sismique	Zone 3 - Aléa sismique modéré

## 1.6. Consistance des investigations

Lors de la mission G2AVP, nous avons réalisé les investigations suivantes au droit du projet :

### In situ :

- **4 sondages de reconnaissance géologique (nommés T1, T2, SP1 et SP2)** réalisés à la tarière mécanique Ø 63 mm et descendus aux refus rencontrés entre 2.10 m et 4.80 m de profondeur/TA. Ils ont permis de déterminer les limites et la nature des couches géologiques, d'observer les éventuelles venues d'eau et de prélever des échantillons.
- **2 profils pressiométriques (réalisés dans les sondages SP)**, à raison de 3 à 4 essais (norme NF P 94-110). La réalisation de ces essais a permis de déterminer les caractéristiques mécaniques des sols rencontrés (pressions de fluage, modules pressiométriques et pressions limites).

### En laboratoire :

- **1 identification GTR**, comprenant 1 analyse granulométrique, 1 mesure de la teneur en eau et 1 détermination de la valeur au bleu.
- **1 analyse d'agressivité des eaux et du sol vis-à-vis du béton.**

Les sondages ont été réalisés le 18 février 2025 à l'aide d'une sondeuse de marque ECOFORE de type CE 302.

Aucune investigation complémentaire n'a été réalisée dans le cadre de l'étude G2 PRO.



## 2. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS

### 2.1. Implantation et nivellement

La position des sondages figure sur le plan d'implantation en annexe 2.

L'implantation a été réalisée au mieux des conditions d'accès, de la présence de réseaux et de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance.

Lors de notre intervention (février 2025), nous avons pris comme repère de nivellement une plaque télécom située dans l'angle Sud-Est de la parcelle (cf. plan d'implantation des sondages en annexe 2).

D'après les éléments transmis lors de l'étude, ce repère de nivellement est situé à la cote altimétrique : Z = 21.71 m NGF.

Les cotes altimétriques locales du Terrain Actuel (TA) au droit des sondages sont les suivantes :

Sondages	SP1	T1	SP2	T2
Cote altimétrique (m NGF)	22.63	22.52	20.23	21.71

### 2.2. Lithologie

Les coupes de sondages sont jointes en annexe 3.

Les profondeurs citées dans le présent rapport ont été mesurées par rapport au Terrain Actuel (**m/TA**) tel qu'il était lors de notre intervention (Février 2025).

La profondeur de la base des couches (m/TA) est synthétisée dans le tableau suivant :

Sondage	SP1	T1	SP2	T2
Terre végétale	0.00 à 0.05	0.00 à 0.07	0.00 à 0.07	0.00 à 0.07
Remblais limoneux (brun)	0.05 à 0.70	0.07 à 0.70	0.07 à 1.60	0.07 à 0.70
Altérite limono-sableuse (marron - ocre)	0.70 à 3.00	0.70 à 1.90	1.60 à 2.60	0.70 à 1.20
Micaschiste altéré à compact (marron - beige)	3.00 à ≥ 4.30*	1.90 à ≥ 2.10*	2.60 à ≥ 4.80*	1.20 à ≥ 3.70*

\* : Profondeur de refus observé à l'outil de forage





## 2.3. Géomécanique

Les essais pressiométriques réalisés ont permis de mettre en évidence des caractéristiques mécaniques :

- médiocres dans les **remblais**,
- faibles à moyennes dans les **altérites limono-sableuses**,
- bonnes dans les **micaschistes altérés à compacts**.

Le tableau suivant présente les caractéristiques mécaniques des formations rencontrées :

Formations	Nombre d'essais pressiométriques	Pressions Limites (MPa)			Modules pressiométriques (MPa)		
		Min	Max	Moyenne géométrique	Min	Max	Moyenne harmonique
Remblai	1	0,03			0,5		
Altérite	3	0,48	0,87	0,64	5,1	6,3	5,8
Micaschiste	3	3,47	3,88	3,63	50,5	191,2	99,0

## 2.4. Hydrogéologie

Lors de notre intervention (février 2025), un niveau d'eau en fin de chantier a été observé au droit de SP2 à 3.60 m soit à la cote 16.63 m NGF.

Aucune présence d'eau n'a été observée au droit des autres points de sondages.

**Remarque :** ce constat ayant un caractère ponctuel et instantané, il ne permet pas de préciser les variations de la nappe, qui peut remonter fortement en période pluvieuse.

## 2.5. Résultat des analyses laboratoires

### 2.5.1. Classification NF P 11-300

Un essai d'identification GTR a été réalisé sur un échantillon prélevé au droit de SP1 :

Sondage	Profondeur (m/TA)	Faciès	Passant à 2 mm (%)	Passant à 80 µm (%)	Teneur en eau (%)	VBS (g de bleu/100 g de sol)	Classification GTR 92
SP1	0.40 – 3.00	Altérite limono-sableuse	72.8	38.4	14.4	0.44	<b>A1</b>



D'après le fascicule « Réalisation des Remblais et des Couches de Formes » du SETRA-LCPC, les matériaux prélevés au droit du site sont classés **A1**. Il s'agit de sols sensibles à l'eau. Ces matériaux se présentent comme des matériaux fins, et peuvent changer de portance pour de faible variation de teneur en eau.

### 2.5.2. Agressivité des sols et de l'eau vis-à-vis des bétons

Les principaux résultats figurent dans les tableaux ci-après et en annexe 4.

Sondage	SP2	SP2
Matrice	Eau	Sol
pH	6.8	-
CO <sub>2</sub> agressif (mg/l)	<b>22.8</b>	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0.23	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l ou mg/kg)	66.4	330
<b>Classe d'agressivité selon NF EN 206-1</b>	<b>XA1</b>	<XA1

Le milieu (sol + eau) peut être considéré comme **faiblement agressif chimiquement vis-à-vis du béton (XA1)**.

## 3. DONNEES DU PROJET

### 3.1. Données d'entrée

L'étude G2 AVP avait été réalisée à partir des documents suivants :

Document	Emetteur	Référence	Echelle
Plan de masse Projet	Faber	3418	1/200
Coupe projet	Faber	3418	1/50
Plan de fondation	AUAS Ingénierie	2042	1/100

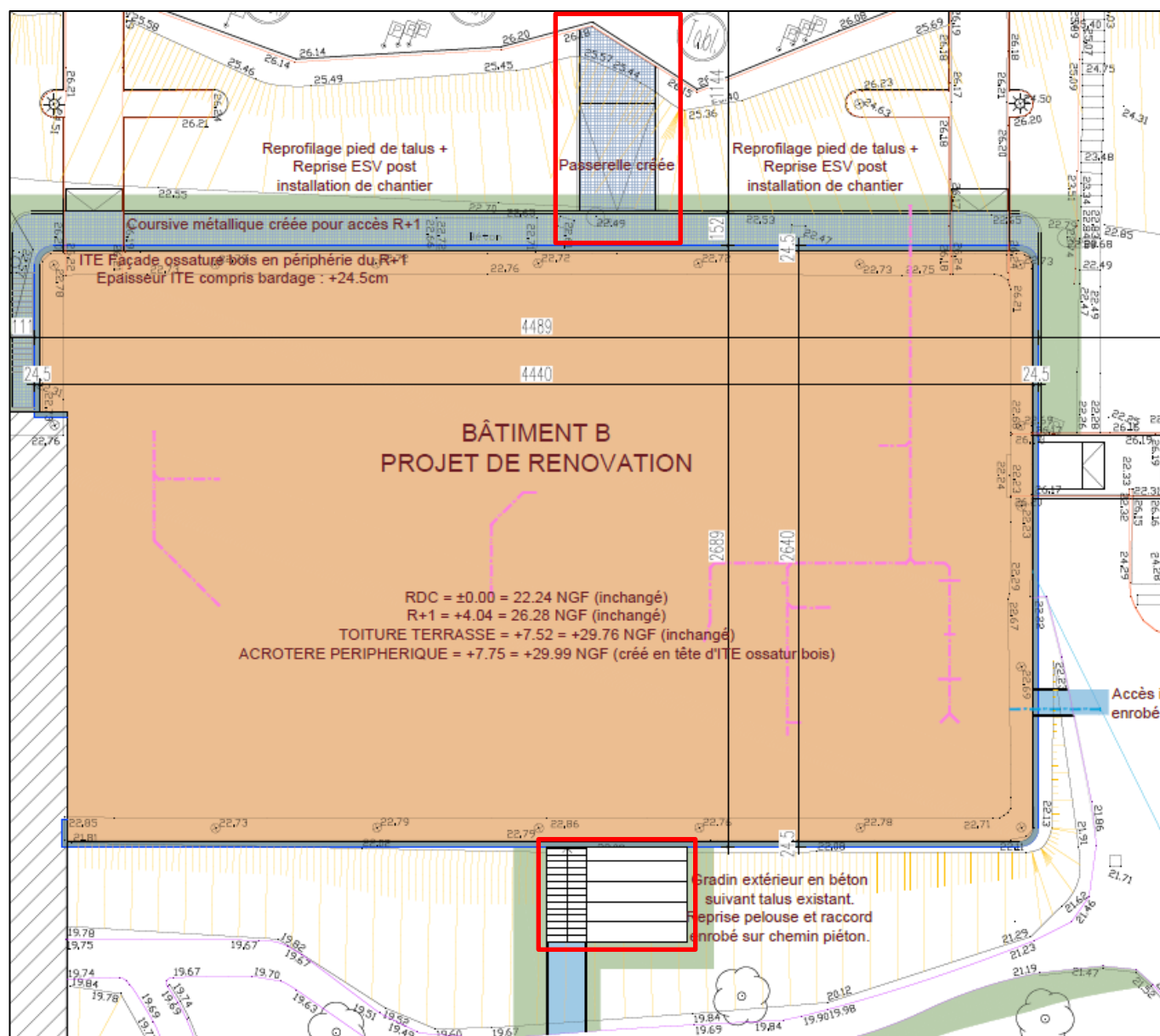
Dans le cadre de la présente étude G2 PRO, les plans de localisation de descentes de charge nous ont été communiqués (AUAS Ingénierie).

En revanche, aucun plan topographique n'a été mis à notre disposition.

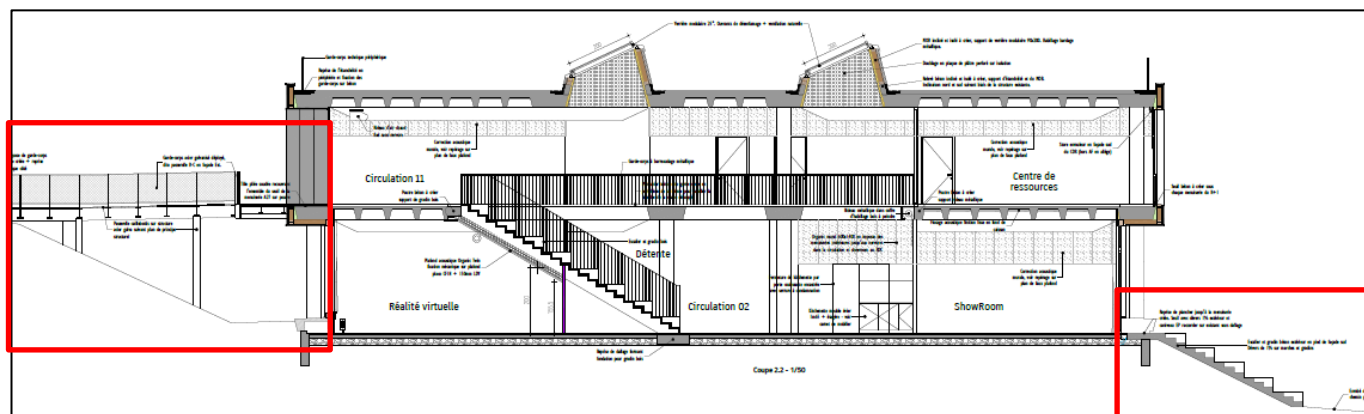
### 3.2. Description du projet

Dans le cadre de la rénovation du Bâtiment B de l'école, le projet prévoit la construction d'une passerelle au Nord et d'un gradin au Sud du Bâtiment.





*Plan de masse transmis pour l'étude*

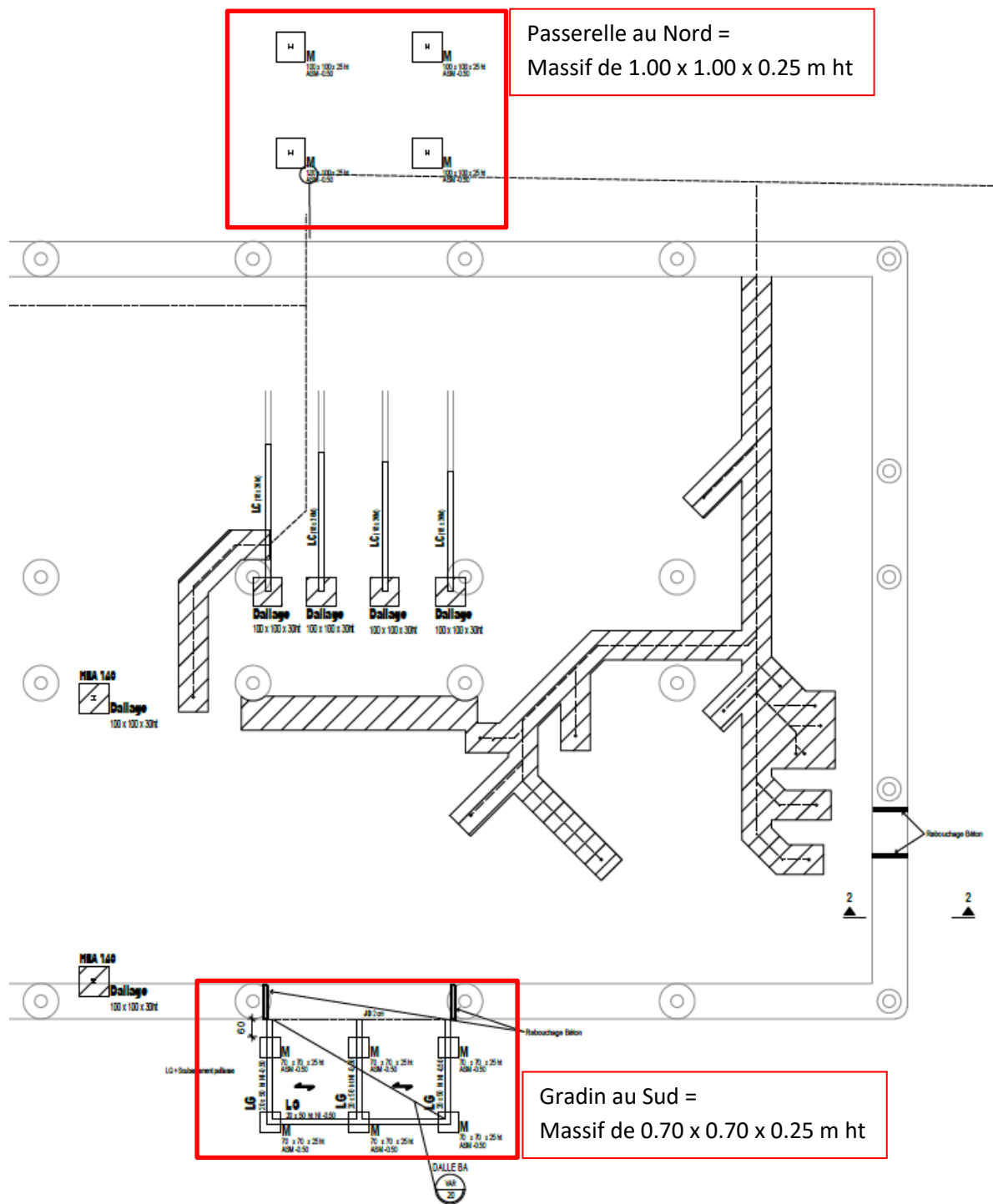


*Coupe projet transmise pour l'étude*

Compte tenu des résultats de l'étude G2 AVP et des descentes de charge de l'ouvrage, il a été projeté des plancher portés par des fondations superficielles filantes et isolées.

### 3.3. Plan de fondation et descentes de charge

Compte tenu des résultats de l'étude G2 AVP et des descentes de charge ponctuelles de l'ouvrage, il a été projeté des fondations superficielles isolées / massifs et longrines.

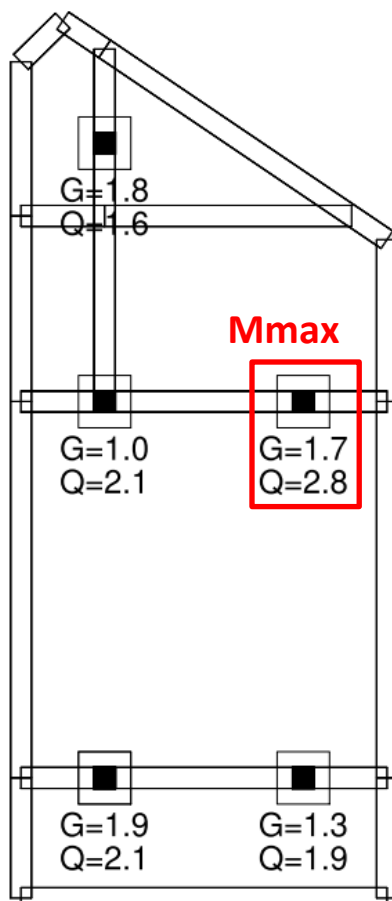




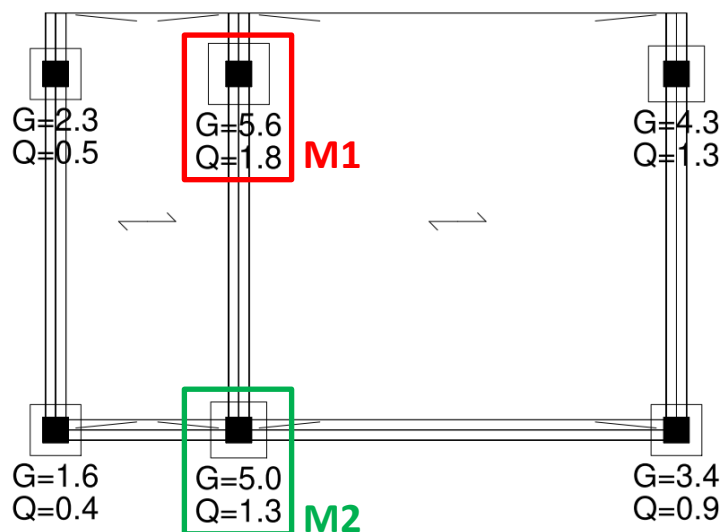
Pour cette étude G2 PRO, les plans de descentes de charge qui nous ont été communiqués sont présentés ci-après :

- G = Charges permanentes verticales de l'ouvrage (hors fondation) ;
- Q = Charges d'exploitations verticales de l'ouvrage.

Passerelle :



Gradins :



Nous avons synthétisé dans le tableau suivant les descentes de charge représentatives que nous avons repérées pour chaque type de fondation projetés sur les plans fournis :

Fondation (Ouvrage)	G (t ou t/ml)	Q (t ou t/ml)	Dimensions projetées (cm)
Mmax (Passerelle)	1,7	2,8	100×100×25ht
M1 (Gradin)	5,6	1,8	<b>70×70×25ht*</b>
M2 (Gradin)	5,0	1,3	70×70×25ht

**\* Les dimensions de ces fondations devront être modifiées suites aux conclusions de ce rapport.**

Nous rappelons que ces descentes de charge n'intègrent pas le poids propre des fondations à concevoir sous chaque appui, ni l'apport de charge complémentaire liée à un éventuel remblaiement du site.

Au regard des descentes de charges fournies, nous remarquons les éléments suivants :

- Absence d'efforts horizontaux ;
- Absence de moment reporté sur les fondations ;
- Aucune action sismique, du vent, de la neige, ou de la nappe.

### 3.4. Combinaisons d'action

En l'absence de précision, nous avons considéré une catégorie d'utilisation C – **lieux de réunion** pour le projet, selon l'Eurocode 1 (Norme EN 1991-1.1).

Les coefficients d'action associés à cette catégorie sont les suivants :

Type d'action	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Charge d'exploitation - <b>Catégorie C</b>	0,7	0,7	0,6

Sous réserve d'une confirmation par la maîtrise d'œuvre du projet et en l'absence d'information à ce sujet, nous avons estimé les combinaisons d'action dimensionnantes suivantes :

Etats limites considérés	Combinaisons d'action
ELS Quasi-permanents	$G + \psi_2 \times Q$
ELS Caractéristiques	$G + Q$
ELU Fondamentales	$\gamma_{Gj} \times G + \gamma_{Q,1} \times Q$

Nous avons considéré les coefficients suivants :

- $\gamma_{Gj} = 1,35$
- $\gamma_{Q,1} = 1,5$



En conséquence, les descentes de charge du projet, hors poids propre des fondations en béton, pondérées aux ELS et aux ELU sont présentées dans le tableau suivant :

Fondation	ELS QP (kN ou kN/ml)	ELS CARA (kN ou kN/ml)	ELU FOND (kN ou kN/ml)
Mmax (Passerelle)	44	56	80
M1 (Gradin)	71	78	108
M2 (Gradin)	61	66	91

Il conviendra à l'équipe de conception de vérifier toutes les hypothèses décrites dans ce chapitre.

## 4. SISMICITE ET LIQUEFACTION DES SOLS

Les données d'entrée concernant la sismicité sont les suivantes :

- Zone sismique : 3 (aléa modéré),  $agr = 1,1 \text{ m/s}^2$ ;
- Catégorie de bâtiments : I ;
- Coefficient d'importance :  $\gamma_I = 0,8$  ;
- Exigence sur le bâti neuf : **Aucune exigence parasismiques** ;
- Classe de sol : 1 ( $S = 1.0$ ,  $TB = 0.03 \text{ s}$ ,  $TC = 0.20 \text{ s}$ ,  $TD = 2.5 \text{ s}$ ) ;
- Liquéfaction des sols : non.

La classe des ouvrages concerné par la présente étude devra être confirmée par le Maître d'Ouvrage / Maître d'Œuvre).

## 5. ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES

### 5.1. Fondations superficielles

#### 5.1.1. Principe de fondations

Le mode de fondations du projet devra faire état de l'importance et de la géométrie des charges apportées ainsi que de la nécessité de mobiliser un horizon portant, homogène et de bonne qualité.

Compte-tenu des terrains rencontrés et en fonction du niveau fini, il est proposé une solution de fondations superficielles (semelles filantes et/ou isolées, massifs) **ancrées de 0.30 m minimum dans les altérites limono-sableuses de compacité moyennes**.



### 5.1.2. Modèle géotechnique

En considérant des estimations prudentes des paramètres géotechniques à prendre en compte dans la définition des différents critères, nous avons établi les modèles géotechniques suivants pour le dimensionnement des fondations :

#### Passerelle (sondage SP1) :

Formation	Base couche (m/TA)	PI* (MPa)	Em (MPa)	$\alpha$
Terre végétale et Remblais	0,70	*	*	*
Altérites	3,00	0,52	5	2/3
Micaschistes	>4,30	3,50	50	1/2

#### Gradin (sondage SP2) :

Formation	Base couche (m/TA)	PI* (MPa)	Em (MPa)	$\alpha$
Terre végétale et Remblais	1,60	*	*	*
Altérites	3,00	0,52	5	2/3
Micaschistes	>4,80	3,50	50	1/2

\* Horizons impropres à la construction.

Pour la justification au glissement des fondations, on retiendra les caractéristiques intrinsèques suivantes dans les horizons d'ancrage :

Formation	cu (kPa)	$\varphi'$ (°)
Altérites	20	15
Micaschistes	20	30

#### Nota :

- Les caractéristiques intrinsèques ont été estimées par nos soins d'après les essais mécaniques réalisés sur site et notre expérience.
- Si des valeurs différentes de celles estimées ci-dessous sont nécessaires, il conviendra de réaliser des essais complémentaires (prélèvement préalable d'échantillons intacts par carottier pour essais en laboratoire de type boîte de cisaillement ou essai triaxial).





### 5.1.3. Profondeur d'ancrage

L'assise minimale définie au droit des sondages se situera aux profondeurs et cotes altimétriques suivantes :

Sondage	SP1	SP2
Ouvrage	Passerelle	Gradin
Profondeur minimum d'encastrement (m/TA)	$\geq 1.00$	$\geq 1.90$
Cote minimum d'encastrement (m NGF)	$\leq 21.63$	$\leq 18.33$

Dans tous les cas et dans les zones les plus exposées, cet encastrement devra assurer les conditions de mise hors-gel des fondations, soit une profondeur d'encastrement minimum de 0.60 m par rapport à la plus proche surface exposée aux intempéries (cf. schéma ci-après).

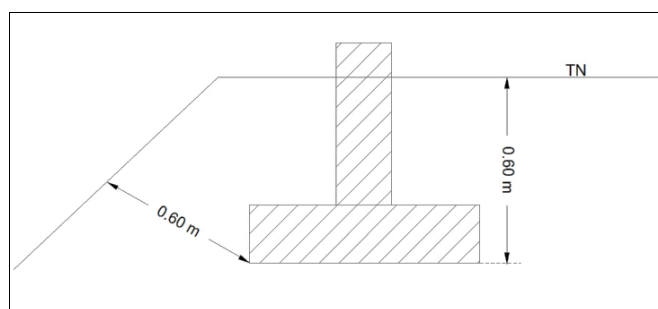


Schéma de mise hors gel

**Les profondeurs d'encastresments devront être ajustées à l'ouverture des fouilles.**

Celles-ci sont données au droit des sondages réalisés. Des **sur-profondeurs de l'horizon d'ancrage ne sont pas exclues**, ce qui pourra nécessiter des approfondissements locaux de l'assise des fondations.

### 5.1.4. Contraintes de calculs

A titre d'information et conformément à l'Eurocode 7 et sa norme d'application NF P 94-261, sous réserve du respect du principe de fondation précitée, les contraintes centrées de calculs à prendre en compte pour les justifications vis-à-vis des Etats Limites Ultimes ( $q'_{ELU}$ ) et de Services ( $q'_{ELS}$ ) seront limitées à :

$q'_{ELS}$ quasi-permanent et caractéristique $\leq 0,15$ MPa $q'_{ELU}$ fondamental et sismique $\leq 0,25$ MPa
---

Nota : l'attention est attirée sur le fait que ces calculs n'ont de validité qu'au droit des sondages. Ailleurs des hétérogénéités naturelles de stratigraphie et de caractéristiques mécaniques des sols peuvent induire des contraintes de calculs supérieures ou inférieures à celles ici estimées.



### 5.1.5. Vérification au soulèvement

Lorsque les charges verticales d'un ouvrage sont orientées vers le haut (sous l'effet du vent aux ELU par exemple), il convient de s'assurer d'un lestage de l'ouvrage par la constitution de fondations dimensionnées en conséquence.

Le poids de la fondations doit alors être estimé et pondéré sécuritairement suivant la norme NF P 94-261.

**Dans le cas présent, aucun effort vertical de soulèvement ne semble s'appliquer sous les fondations.**

### 5.1.6. Vérification au renversement / excentrement

Dans le cas de descentes de charge comportant des moments, il convient de calculer l'excentrement  $e$  de la charge s'appliquant sur la fondation d'après la formule suivante :

$$e = \frac{M}{V_d}$$

Avec :

$e$  : excentrement

$M$  : Moment renversant

$V_d$  : composante verticale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain (poids propre de l'ouvrage + fondation).

Il convient de vérifier les critères suivants :

Type de fondation	Vérification	ELS QP	ELS CARA	ELU
filante	$1 - \frac{2e}{B}$	$\geq \frac{2}{3}$	$\geq \frac{1}{2}$	$\geq \frac{1}{15}$
circulaire	$1 - \frac{2e}{B}$	$\geq \frac{3}{4}$	$\geq \frac{9}{16}$	$\geq \frac{3}{40}$
rectangulaire	$\left(1 - \frac{2e_B}{B}\right)\left(1 - \frac{2e_L}{L}\right)$	$\geq \frac{2}{3}$	$\geq \frac{1}{2}$	$\geq \frac{1}{15}$
Taux de compression en sous-face de la fondation		100% de la surface d'assise totale	75% de la surface d'assise totale	10% de la surface d'assise totale

Avec :  $B$  : largeur ou diamètre de la fondation  $L$  : Longueur de la fondation

$e$  : excentrement de la charge  $e_B$  : excentrement selon la largeur  $e_L$  : excentrement selon la longueur

**Dans le cas présent, aucun moment renversant ne semble s'appliquer sur les fondations.**



### 5.1.7. Vérification au glissement

La vérification au glissement (ELU) d'une fondation superficielle consiste à contrôler l'inégalité suivante :

$$H_d \leq R_{h;d} + R_{p;d}$$

Avec :

$H_d$  : valeur de calcul de la composante horizontale (ou parallèle à la base de la fondation) de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain ;

$R_{h;d}$  : valeur de calcul de la résistance au glissement de la fondation sur le terrain ;

$R_{p;d}$  : valeur de calcul de la résistance frontale ou tangentielle de la fondation à l'effet de  $H_d$ .

#### Calcul de la résistance frontale ou tangentielle :

La résistance frontale ou tangentielle de la fondation ( $R_{p;d}$ ) n'est pas prise en compte dans le cas de fondations superficielles du fait de l'incertitude liée à la pérennité de l'épaisseur de terrain dans laquelle elles peuvent être mobilisées.

#### Calcul de la résistance au glissement :

La résistance au glissement du terrain sous la base d'une fondation superficielle  $R_{h;d}$  est déterminée de la manière suivante :

**Conditions drainées :**

$$R_{h;d} = \frac{V_d \tan(\delta_{a;k})}{\gamma_{R;h} \gamma_{R;d;h}}$$

**Conditions non drainées :**

$$R_{h;d} = \min \left\{ \frac{A' C_{u;k}}{\gamma_{R;h} \gamma_{R;d;h}} ; 0,4 V_d \right\}$$

Avec :

$V_d$  : composante verticale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain (poids propre de l'ouvrage + fondation)

$\delta_{a;k}$  : valeur caractéristique de l'angle de frottement à l'interface entre la base de la fondation et le sol. Il est égal à l'angle de frottement du sol support de fondation pour les fondations coulées en place, ou 2/3 de cet angle de frottement pour les fondations préfabriquées lisses.

$\gamma_{R;d}$  : facteur partiel pour la résistance au glissement de la fondation superficielle, sa valeur est égale à 1,1.

$\gamma_{R;d;h}$  : coefficient de modèle lié à l'estimation de la résistance ultime au glissement, sa valeur est égale à 1,1.

$A'$  : surface effective de la base d'une fondation déterminée par une des formules suivantes ;

semelle filante  
 $A(1 - 2e/B)$

fondation circulaire  
 $A \left( \frac{2 \cdot \arccos(e/R)}{\pi} - \frac{2e}{\pi R} \sqrt{1 - (e/R)^2} \right)$

fondation rectangulaire  
 $(B - 2e_B)(L - 2e_L)$

$A$  : surface totale de la base d'une fondation superficielle.

$C_{u;k}$  : valeur caractéristique de la cohésion non drainée du terrain d'assise de la fondation.

Dans le cas de la justification au glissement aux ELU, le poids propre des fondations est assimilable à une charge permanente venant s'inclure dans la composante verticale de la charge  $G$ . Par conséquent, dans le cas des actions STR/GEO, il convient de lui appliquer le facteur partiel  $\gamma_G = 1,0$  pour les actions défavorables.

**Dans le cas présent, aucun effort horizontal ne nous a été communiqué.**



### 5.1.8. Vérification au poinçonnement

Le calcul de la capacité portante d'une fondation, nécessite de vérifier l'inégalité suivante :

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d}$$

Avec :

$$R_0 = Aq_0$$

$$q_0 = D\gamma$$

Dont :

$V_d$  : valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain ;

$R_0$  : valeur du poids du 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 ;

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

$q_0$  : contrainte totale verticale que l'on obtiendrait à la fin des travaux à la base de la fondation superficielle en l'absence de celle-ci.

$D$  : profondeur d'assise de la semelle ;

$\gamma$  : poids volumique du terrain.

La valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle  $R_{v;d}$  se calcule de la manière suivante :

$$R_{v;d} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;v} \gamma_{R;d;v}}$$

Avec :

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

$\gamma_{R;v}$  : valeur du facteur partiel permettant le calcul de la portance ;

$\gamma_{R;d;v}$  : coefficient de modèle associé à la méthode de calcul utilisée.

Avec les valeurs suivantes :

Méthode pressiométrique					
Etat limite considéré	ELS Quasi-Permanents	ELS Caractéristiques	ELU Fondamentaux	ELU Accidentels	ELU Sismiques
$\gamma_{R;v}$	2,3	2,3	1,4	1,2	1,4
$\gamma_{R;d;v}$	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

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

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

Avec :

$k_p$  : facteur de portance pressiométrique ;

$P_{le}^*$  : pression limite nette équivalente ;

$i_\delta$  : coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement (=1 en l'absence d'inclinaison);

$i_\beta$  : coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus de pente  $\beta$  (=1 en l'absence de talus).

**Dans le cas présent, compte-tenu de la présence du talus au droit du projet de gradin, il conviendra de vérifier ce coefficient vis-à-vis du plan de fondation et du plan topographique dans le cadre de la Mission G3.**





### 5.1.9. Vérification au poinçonnement – cas particulier de l'ELU sismique

La vérification de la capacité portante des fondations superficielles au sismique est réalisée conformément à l'annexe G de la NF EN 1998-5.

La stabilité est validée comme suit :

$$\frac{(1 - e\bar{F})^{c_T} (\beta \bar{V})^{c_T}}{(\bar{N})^a \left[ (1 - m\bar{F}^k)^{k'} - \bar{N} \right]^b} + \frac{(1 - f\bar{F})^{c_M} (\gamma \bar{M})^{c_M}}{(\bar{N})^c \left[ (1 - m\bar{F}^k)^{k'} - \bar{N} \right]^d} - 1 \leq 0$$

Avec :

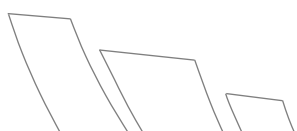
$$\bar{N} = \frac{\gamma_{Rd} N_{Ed}}{N_{max}}, \quad \bar{V} = \frac{\gamma_{Rd} V_{Ed}}{N_{max}}, \quad \bar{M} = \frac{\gamma_{Rd} M_{Ed}}{BN_{max}}$$

- Les valeurs des paramètres numériques sont définies dans le tableau F.1 de la NF EN 1998-5 (pris en compte de sol purement frottant) ;
- $N_{max}$  : capacité portante ultime de la fondation sous charge verticale centrée (cf. 6.3.4) ;
- $B$  : largeur de la fondation ;
- $\gamma_{Rd}$  : coefficient partiel de modèle (retenu ici à 1.00) ;
- $F$  : force d'inertie du sol donnée par la formule suivante :

$$\bar{F} = \frac{a_g}{g \tan \phi'_d}$$

- $a_g$  : valeur de calcul de l'accélération du sol pour un sol de classe A ( $a_g = \gamma_I a_{gR}$ ) ;
- $g$  : accélération de la pesanteur ;
- $\phi'_d$  : angle de frottement du sol (pris à 30° - cf. §6.1)

**En l'absence d'effort sismique, cette vérification ne pourra pas être réalisée.**



#### 5.1.10. Dimensionnement des fondations

Nous avons justifié les fondations envisagées pour les combinaisons précédemment considérées aux ELS et ELU (cf. §3.4) et les dimensions projetées suivantes.

Fondation	Dimension semelle						Combinaison			Vérification			
	longueur (m)	largeur (m)	hauteur (m)	A' (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	Poids (kN)	ELS QP (kN ou kN/ml)	ELS CARA (kN ou kN/ml)	ELU FOND (kN ou kN/ml)	kp	Ple (MPa)	Rvd ELS (kN ou kN/ml)	Rvd ELU (kN ou kN/ml)
Passerelle Mmax	1,00	1,00	0,25	1,00	0,25	6,3	44	56	80	0,8	0,52	151	248
Gradin M1	0,80*	0,80*	0,25	0,64	0,16	4,0	71	78	108	0,8	0,52	96	158
Gradin M2	0,70	0,70	0,25	0,49	0,12	3,1	61	66	91	0,8	0,52	74	121

**\*Compte-tenu des efforts verticaux vis-à-vis de la contrainte admissible des sols, nous avons volontairement augmenté les dimensions de ces fondations afin de vérifier leur poinçonnement aux ELS Caractéristiques notamment.**

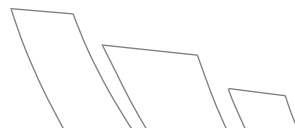
Nota : l'attention est attirée sur le fait que ces calculs n'ont de validité qu'au droit des sondages. Ailleurs des hétérogénéités naturelles de stratigraphie et de caractéristiques mécaniques des sols peuvent induire des contraintes de calculs supérieures ou inférieures à celles ici estimées.

#### 5.1.11. Remarques générales

Dans le cas présent, les hypothèses suivantes ont été considérées :

- absence de talus à proximité des fondations, soit  $i_\beta = 1$  (**à vérifier en fonction du plan de fondation et du plan topographique**) ;
- absence d'inclinaison de charge, soit  $i_\delta = 1$  ;
- calcul du  $R_0$  négligé ;
- poids des fondations intégrés aux descentes de charge (béton dosé à 25 kN/m<sup>3</sup>).

**Ancrage d'au moins 0,30 m, dans les altérites limono-sableuses de compacité moyennes.**



**Il conviendra à l'équipe de conception de vérifier que les descentes de charge réelles de l'ouvrage** (descentes de charge, poids propre des fondations...) sont concordantes avec celles considérées dans notre étude G2PRO et avec les différentes justifications de dimensionnement.

#### 5.1.12. Evaluation des tassements

Conformément à l'Eurocode 7, dans le cas du respect des préconisations décrites ci-avant et la réalisation de l'ouvrage dans les règles de l'art, pour la valeur de contrainte de service donnée ci-dessus, les tassements théoriques absolus et différentiels prévisibles au droit de nos sondages seront inférieurs au centimètre.

Ces tassements sont estimés pour des fondations ancrées d'au moins 0,30 m dans les **altérites** et les géométries précédemment définies.

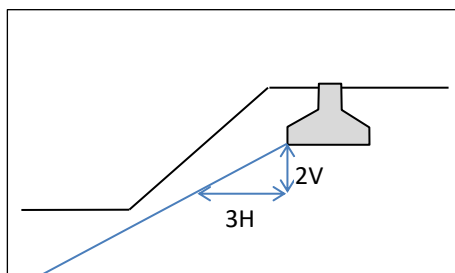
Les tassements théoriques calculés s'entendent pour une mise en œuvre des fondations selon les règles de l'art en accord avec les prescriptions de l'Eurocode 7 et de sa norme d'application NF P 94-261.

Nota : l'attention est attirée sur le fait que ces calculs n'ont de validité qu'au droit des sondages. Ailleurs des hétérogénéités naturelles de stratigraphie et de caractéristiques mécaniques des sols peuvent induire des tassements absolus et différentiels supérieurs ou inférieurs à ceux ici estimés.

#### 5.1.13. Dispositions constructives

Les dispositions constructives suivantes devront être respectées :

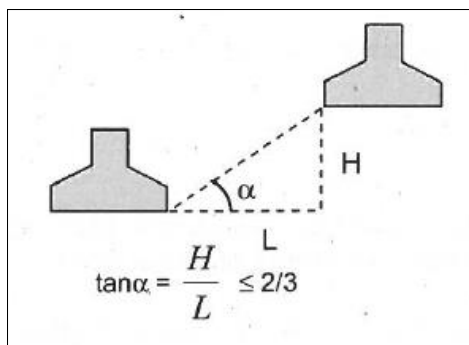
- largeur minimale des fondations de 0,50 m pour les semelles filantes et de 0,60 m pour les semelles isolées/massifs, afin d'assurer un bon contact sol/fondation ;
- assise des fondations horizontale ;
- sol d'assise des fondations homogène ;
- mise en place d'un béton de propreté immédiatement après l'ouverture des fouilles de fondation sur une épaisseur minimum de 5 cm ;
- prévoir des joints de construction entre les parties différemment chargées du bâtiment ;
- **respecter une pente de 2V/3H à partir du bord inférieur de la fondation pour ne pas intercepter la pente du talus (cf. schéma ci-après) ;**



**Cette condition devra être vérifiée dans le cadre de l'étude d'exécution (Mission G3) par rapport au plan topographique lorsque l'implantation des fondations sera définie.**



- respect des règles de l'Eurocode 7 et de sa norme d'application NF P 94-261 concernant les fondations à niveaux d'assise décalés (cf. schéma ci-après).



#### 5.1.14. Suggestions d'exécutions

Les fonds de fouille seront finis manuellement ou au godet de curage.

Le béton de propreté ou le béton devra être coulé aussitôt après les terrassements afin d'éviter toute altération et décompression du sol d'assise. Le béton des fondations sera ensuite coulé pleine fouille sur toute la hauteur.

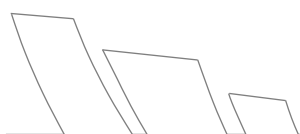
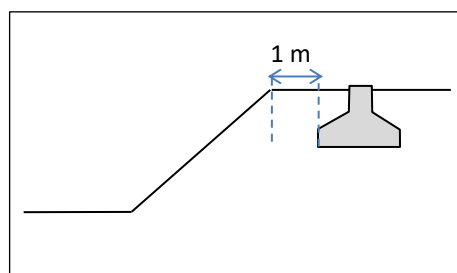
Lors de la mise en œuvre du fond de fouille, toutes poches ou lentilles plus compressibles que le terrain environnant, ainsi que tous points durs pouvant provoquer des désordres sur les fondations devront être purgés et remplacés par un béton coulé pleine fouille, afin d'obtenir un sol d'assise de compacité et d'homogénéité satisfaisante.

Dans le cas de sols impropres, remaniés ou déconsolidés, rencontrés lors de l'ouverture des fouilles, leur purge devra être impérativement assurée avant coulage du béton de propreté.

Il est impératif de vérifier soigneusement les matériaux extraits des fouilles pour s'assurer du bon ancrage dans les altérites de compacité satisfaisante pour le projet.

Les fouilles de fondations devront être maintenues parfaitement stables pendant leur exécution. Un blindage pourra s'avérer nécessaire. Ce matériel devra être présent sur site en phase travaux.

**Afin de garantir la stabilité du talus, il faudra respecter une distance d'au moins 1.00 m entre la crête du talus et les rigoles des fondations (cf. schéma ci-après).**



Pour la réalisation de puits, en cas de présence d'eau dans le sol, le bétonnage se fera au tube plongeur selon la technique pieux.

Tous les travaux devront être réalisés selon les règles de l'art.

## 5.2. Niveaux bas

Les niveaux bas seront portés par les fondations.

# 6. TERRASSEMENTS GENERAUX

## 6.1. Moyens d'extraction

La réalisation des fondations nécessitera des terrassements en déblais au sein des couches de terre végétale, de remblais et d'altérites limono-sableuses.

Jusqu'au toit des schistes, les terrassements en déblais pourront être réalisés par des engins classiques de terrassement de type pelle mécanique.

La rencontre de pointes rocheuses au sein des altérites schisteuses ou d'horizons compacts/indurés au sein des sables graveleux n'est pas exclue, ce qui pourra nécessiter l'emploi ponctuel d'engins de plus forte puissance (BRH, dent de déroctage...).

Les terrassements en déblais au sein des schistes +/- altérés nécessiteront l'emploi d'engins de forte puissance (de type pelle hydraulique puissante, BRH, dent de déroctage...).

**Dans tous les cas, la méthodologie mise en œuvre devra tenir compte des mitoyens/avoisinants au projet (attention aux vibrations et affouillements sous les existants).**

## 6.2. Traficabilité

Les terrains superficiels présents sur le site renferment une importante proportion de matériaux fins sensibles à l'eau. En période pluvieuses, des difficultés de circulation des engins pourront être rencontrées.

**La réalisation des travaux de terrassement en période sèche est vivement recommandée.**



### 6.3. Stabilité des talus en déblais et en remblais

Le mode d'exécution des terrassements dépend étroitement du niveau d'assise des avoisinants : ouvrages mitoyens, voiries, réseaux, ... et du niveau de la nappe.

En première approche, hors nappe, les talus en déblai auront une pente de 3H/2V (3 horizontalement pour 2 verticalement) dans les remblais et altérites.

Si ces recommandations ne peuvent pas être respectées ou si des ouvrages se situent dans la zone d'influence du talus, on prévoira un ouvrage de soutènement (blindage coulissant, paroi berlinoise,) ou des voiles par passes alternées.

Des systèmes de protection des talus en phase provisoire (fossés de tête et de pied, polyane, tranchées ou masque drainant...) et en phase définitive (engazonnement, enrochement, ...) seront à prévoir (attention à la boulangerie des sables saturés en eau).

En l'absence d'ouvrage de soutènement, aucune surcharge ne devra circuler ou être implantée en tête de talus.

En phase définitive, les murs enterrés seront calculés en soutènement.

## 7. EAU ET DRAINAGE

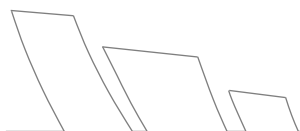
### 7.1. Phase provisoire

**On privilégiera la réalisation des travaux de terrassement en déblais en période sèche/de basses eaux.**

En fonction de la date de réalisation des travaux et des conditions météorologiques lors des terrassements (ruissellement, infiltration des eaux pluviales, remontée de nappe...), un pompage provisoire pourra s'avérer nécessaire afin d'épuiser les venues d'eau et d'assécher les fouilles des terrassements généraux.

En phase chantier, il conviendra :

- de récupérer le ruissellement et les eaux infiltrées sur des formes terrassées en forme de pente,
- de mettre en œuvre des drains au droit des fils d'eau,
- de prévoir la décantation éventuelle des eaux récupérées, avant envoi dans un exutoire existant ou à créer (dimensionné de manière suffisante et implanté de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants),
- de pomper les venues d'eau éventuelles en fonds de fouilles et d'assurer leur évacuation (après décantation éventuelle) dans un exutoire existant ou à créer et implanté de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.





On envisagera de modeler les fonds de fouilles des terrassements généraux en toit avec une pente d'au moins 2 % pour permettre l'évacuation des eaux de surface vers des fossés périphériques et le rejet des eaux vers un exutoire gravitaire ou par pompage.

Remarque : dans tous les cas, l'incidence hydraulique du projet devra être prise en compte vis-à-vis des avoisinants (attention aux départs de fines, affouillements et tassements hydrauliques sous les existants).

Nous rappelons que pour la réalisation de fondations semi-profondes de type puits, en cas de présence d'eau dans le sol, le bétonnage se fera au tube plongeur selon la technique pieu.

## 7.2. Phase définitive

Toute infiltration d'eau au niveau des fondations est à proscrire. Les eaux de ruissellement et de toiture seront collectées (gouttières, contre-pente, avaloires) et évacuées vers un exutoire suffisamment dimensionné et implanté de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.

\*

\*      \*

La mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques (G3 et G4) devra suivre la présente étude (mission G2 PRO). Le schéma d'enchaînement et la classification des missions types d'ingénierie géotechnique, extraits de la norme NF P 94-500, figurent en annexe 1 du présent rapport.

Nous restons à l'entière disposition des Responsables du Projet pour tout renseignement, ainsi que pour toutes missions complémentaires nécessaires.

Les conclusions de ce présent rapport sont données sous réserve des conditions particulières jointes.



## 8. CONDITIONS PARTICULIÈRES

Le présent rapport ou Procès-Verbal ainsi que toutes annexes, constituent un ensemble indissociable.

La Société E.C.R. ENVIRONNEMENT serait dégagée de toute responsabilité dans le cas d'une mauvaise utilisation de toute communication ou reproduction partielle de ce document, sans accord écrit préalable. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.

Si en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, nous avons été amenés dans le présent rapport à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient à notre client ou à son maître d'œuvre de communiquer par écrit à la société ECR ENVIRONNEMENT ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison nous être reproché d'avoir établi notre étude pour le projet que nous avons décrit.

Cette étude est basée sur des reconnaissances dont le caractère ponctuel ne permet pas de s'affranchir des aléas des milieux naturels, et ne peut prétendre traduire le comportement du sol dans son intégralité.

Ainsi, tout élément nouveau mis en évidence lors de l'exécution des fondations ou de leurs travaux préparatoires et n'ayant pu être détecté lors de la reconnaissance des sols (ex. : remblais anciens ou nouveaux, cavités, hétérogénéités localisées, venue d'eau, etc.) doit être signalé à E.C.R. ENVIRONNEMENT qui pourra reconsidérer tout ou une partie du Rapport. Pour ces raisons, et sauf stipulation contraire explicite de notre part, l'utilisation de nos résultats pour chiffrer à forfait le coût de tout ou une partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager notre responsabilité.

De même, des changements concernant l'implantation, la conception ou l'importance des ouvrages par rapport aux hypothèses de base de cette étude, peuvent conduire à modifier les conclusions et prescriptions du Rapport et doivent être portés à la connaissance d'E.C.R. ENVIRONNEMENT.

La Société E.C.R. ENVIRONNEMENT ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans le cas où elle aurait donné son accord écrit sur les dites modifications.

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



## **Annexe 1**

---

### **Extrait de la norme NF P 94-500**



**EXTRAIT DE LA NORME NF P 94-500 – 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'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

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

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

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols)

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

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

**Phase Avant-projet (AVP)**

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

**Phase Projet (PRO)**

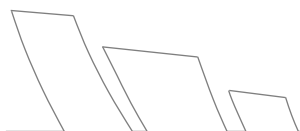
Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

**Phase DCE / ACT**

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

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



### ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'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 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 géotechnique seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).



## Annexe 2

---

### Implantation des sondages



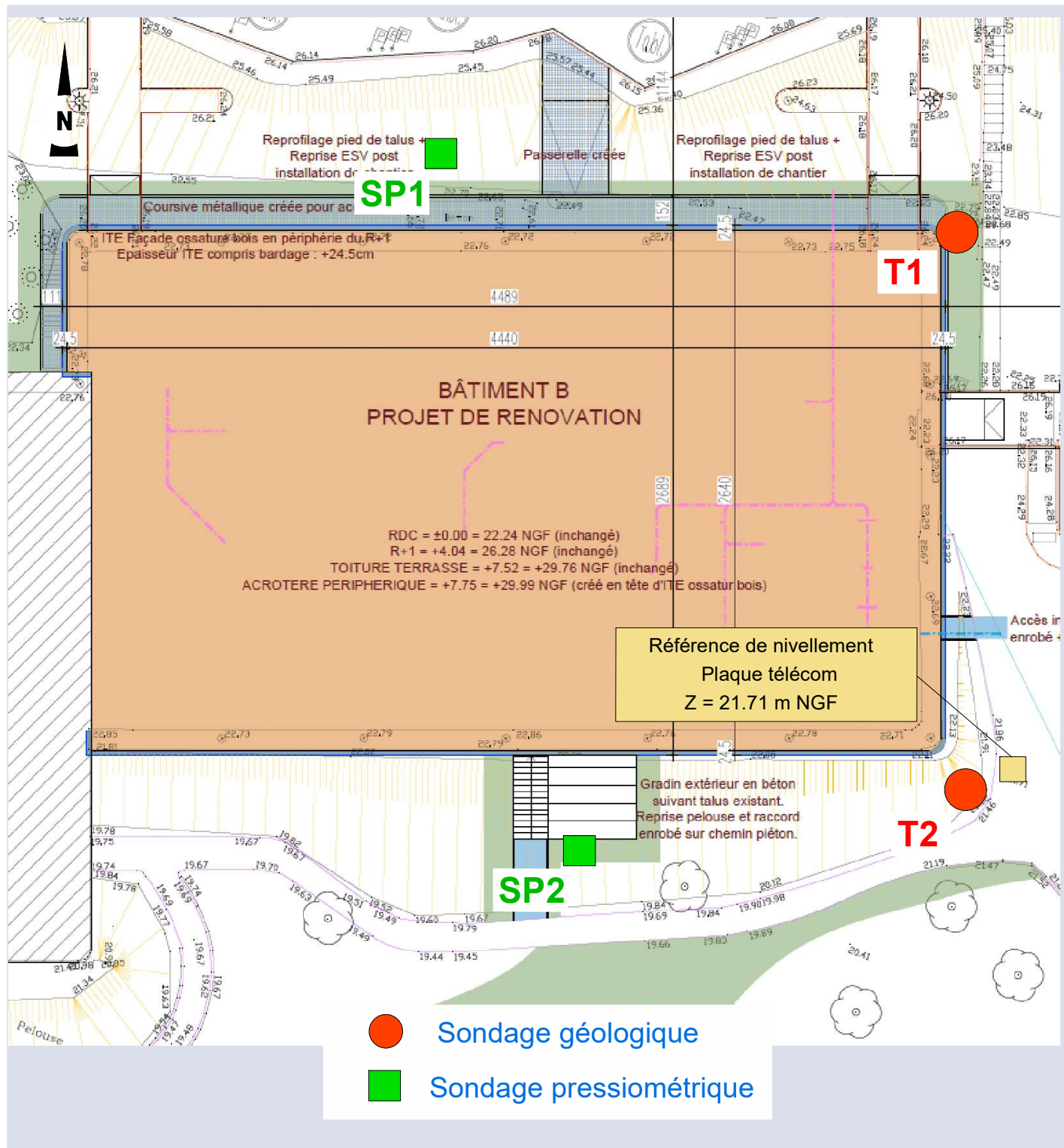


Client : Rectorat de Nantes

Affaire ECR n° 4415033

Etude : G2 AVP - Costruction d'une passerelle

Lieu : NANTES (44)



## Annexe 3

---

### Résultats des investigations in-situ



Date début : 18/02/2025

Cote NGF : 22.63 m

Profondeur : 0,00 - 4,30 m

Machine : CE 302

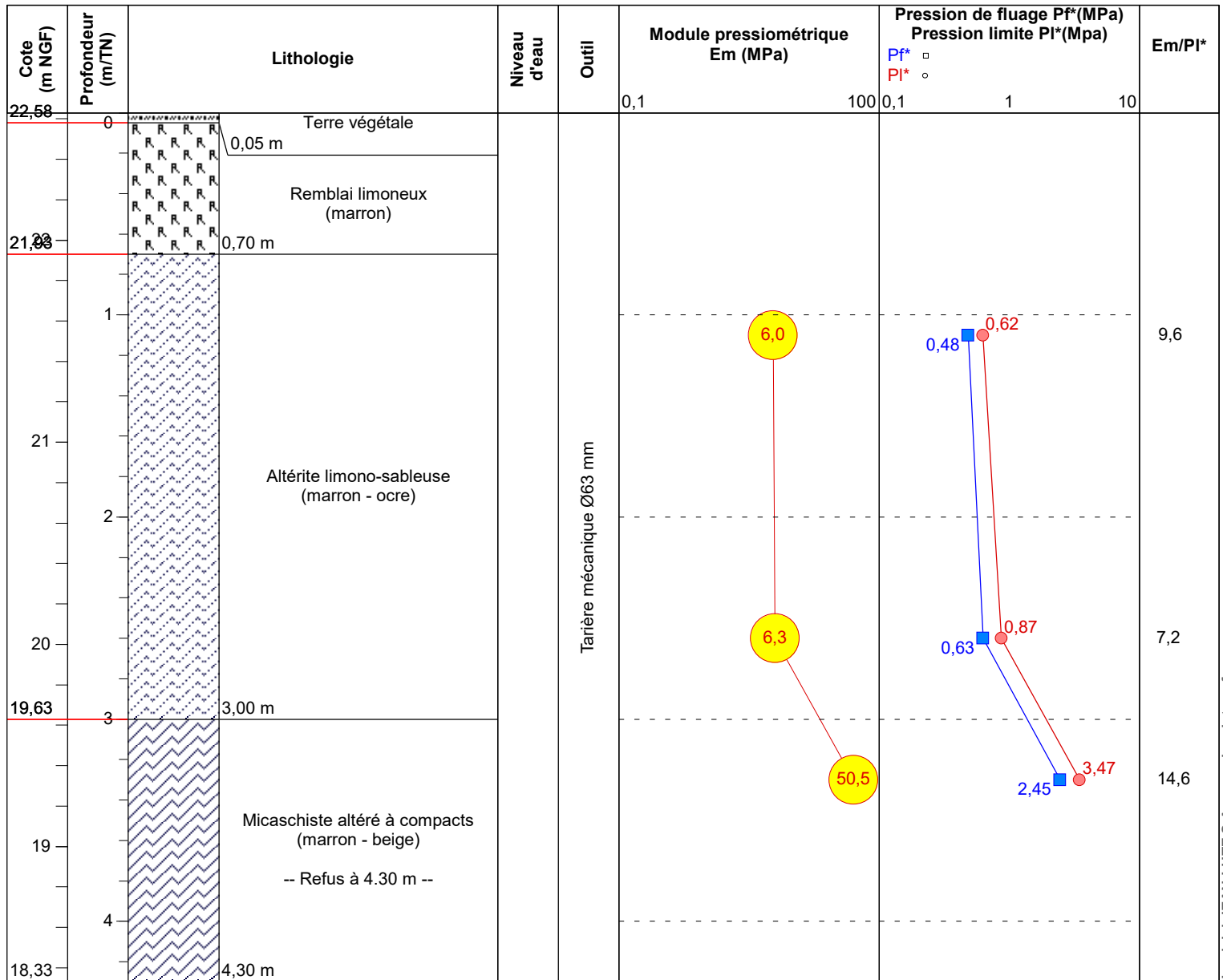
Niveau d'eau : Néant

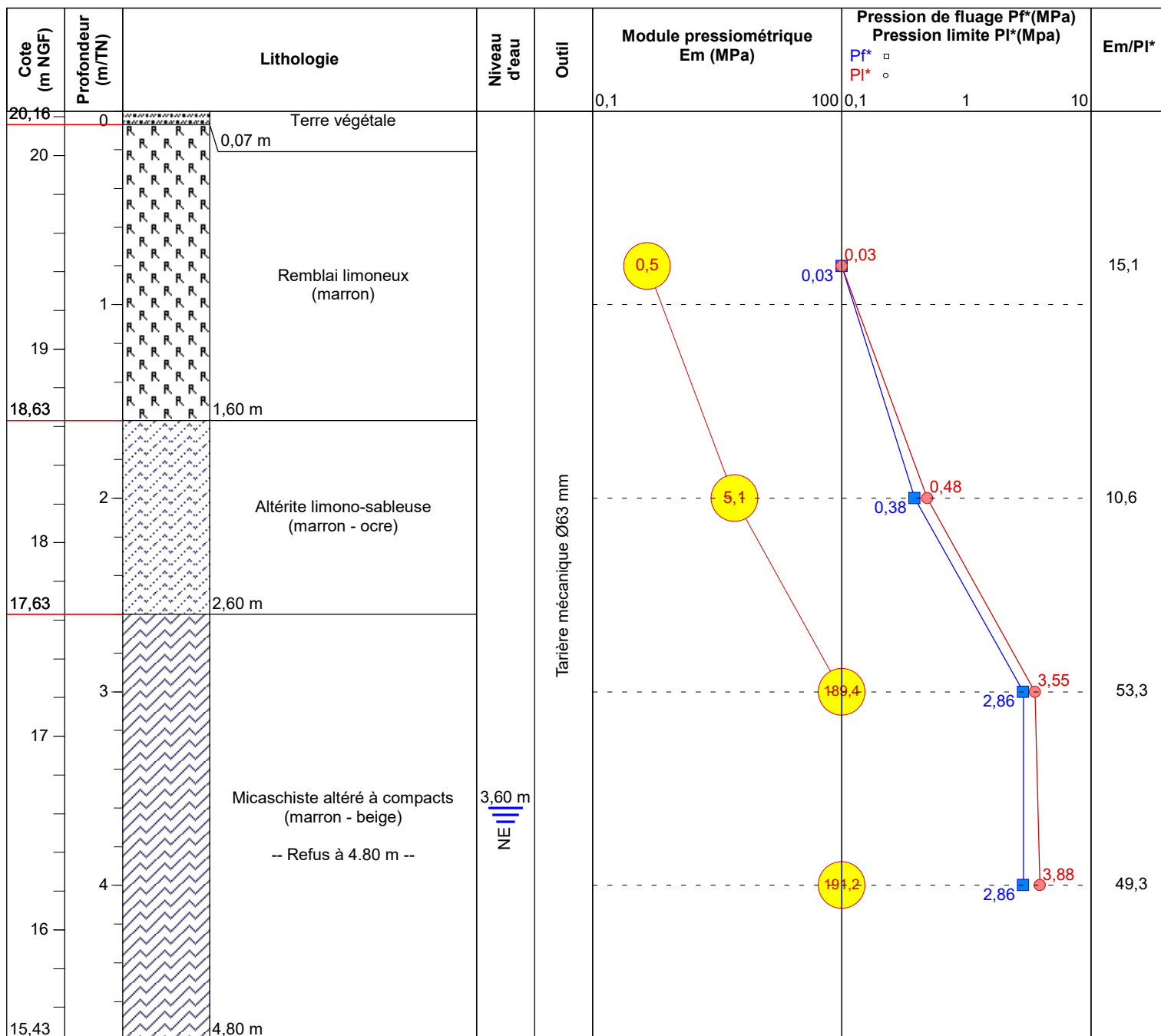
Venue d'eau : Non observée

1/30

**Sondage : SP1**

EXGTE 3.27/GTE





Cote (m NGF)	Profondeur (m/TN)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil
22,45	0	Terre végétale		
		0,07 m		
22		Remblai limoneux (marron)		
21,82		0,70 m		
	1	Altérite limono-sableuse (marron - ocre)		
21				
20,62		1,90 m		
20,42	2	Micaschiste altéré à compact (marron - beige)		
		-- Refus à 2.10 m --		
		2,10 m		

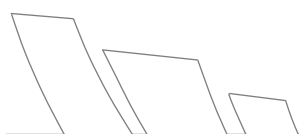
Cote (m NGF)	Profondeur (m/TN)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil
21,64	0	Terre végétale		Tarière mécanique Ø63 mm
	0,07 m			
21,01	0,70 m	Remblai limoneux (marron)		
20,51	1	Altérite limono-sableuse (marron - ocre)		
	1,20 m			
20	2	Micaschiste altéré à compact (marron - beige)		
19	3	-- Refus à 3.70 m --		
18,01	3,70 m			



## Annexe 4

---

### Résultats des analyses laboratoires



## Informations de l'échantillon analysé

Affaire : **4415033**

Chantier : **Nantes**

Sondage : **SP1**

Profondeur : **0,40-3,00**

Nature du matériau : **Altérite limono-sableuse**

Outil de prélèvement : **Tarière**

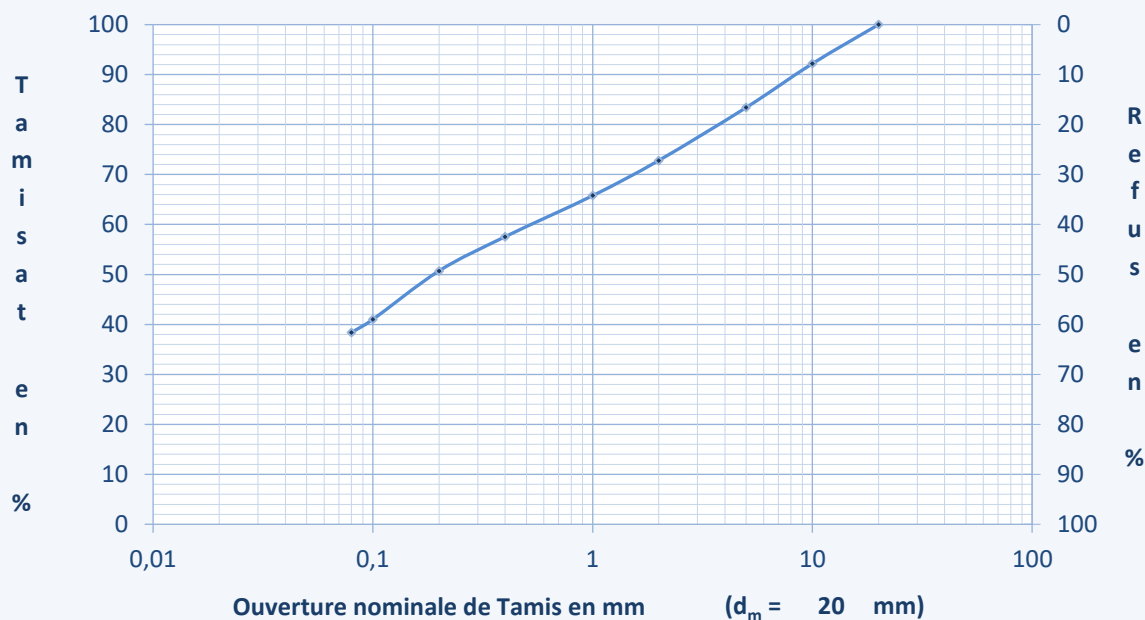
Prélèvé le : **18/02/25**

Essai réalisé le : **28/02/25**

Température d'étuvage : **105 °C**

## Analyse granulométrique (NF P 94-056)

Tamis d (mm)	50	31,5	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,1	0,08
Passant (%)			100,0	92,2	83,4	72,8	65,8	57,6	50,7	41,0	38,4



## Détermination de la teneur en eau (NF P 94-050)

W = **14,4** %

## Mesure de la capacité d'adsorption de bleu de méthylène (NF P 94-068)

VBS = **0,44** g de bleu / 100 g de sol

Remarque :

Opérateur :

Classification du matériau :

N. RICHT

**A<sub>1</sub>**

**ECR ENVIRONNEMENT CENTRE OUEST**  
**Monsieur Fabien KNOEPFFLER**  
 5 Rue des Clairières  
 44840 LES SORINIERES

## RAPPORT D'ANALYSE

**Dossier N° : 25E033690**

Version du : 06/03/2025

N° de rapport d'analyse : AR-25-LK-043522-01

Date de réception technique : 25/02/2025

Première date de réception physique : 25/02/2025

Référence Dossier : N° Projet : 4415033

Nom Projet : NANTES Ecole Centrale

Nom Commande : 4415033

Référence Commande : 4413207

Coordinateur de Projets Clients : Marion Baumgarten / MarionBaumgarten@eurofins.com / +33 3 88 91 19 11

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Eau souterraine	(ESO)	SP2
002	Sol	(SOL)	SP2 (1,6 - 2,6m)

**RAPPORT D'ANALYSE**
**Dossier N° : 25E033690**

Version du : 06/03/2025

N° de rapport d'analyse : AR-25-LK-043522-01

Date de réception technique : 25/02/2025

Première date de réception physique : 25/02/2025

Référence Dossier : N° Projet : 4415033

Nom Projet : NANTES Ecole Centrale

Nom Commande : 4415033

Référence Commande : 4413207

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

**001****SP2****ESO**

24/02/2025

25/02/2025

5.3°C

**002****SP2 (1,6 -  
2,6m)****SOL**

24/02/2025

26/02/2025

5.3°C

**Préparation Physico-Chimique**
**ZS00U : Prétraitement et  
séchage à 40°C**
LS896 : **Matière sèche** % P.B.LS025 : **Filtration 0.45 µm**

Effectuée

\* Fait

\* 86.0

**Analyses immédiates**
**LS001 : Mesure du pH**  
pH

Température °C

**JI020 : Titre Alcalimétrique  
Complet (TAC)**
**LS028 : Anhydride carbonique  
(CO2) agressif** mg/l

\* 6.8

\* 21.7

\* 8.85

22.8

**Indices de pollution**
**LS02L : Azote Nitrique / Nitrates (NO3)**

Nitrates mg NO3/l

Azote nitrique mg N-NO3/l

**LS02I : Chlorures (Cl)**
**LS02R : Ammonium** mg NH4/l

**LS02Z : Sulfates (SO4)** mg/l

**LSRDB : Classe d'agressivité  
selon NF EN 206**

\* 10.2

\* 2.31

\* 38.7

\* 0.23

\* 66.4

XA1

**Métaux**
**LS206 : Magnésium (Mg)  
dissous** mg/l

**LS204 : Calcium (Ca) dissous** mg/l

**LS207 : Potassium (K) dissous** mg/l

\* 14.2

\* 25.2

\* 10.7

**RAPPORT D'ANALYSE**
**Dossier N° : 25E033690**

Version du : 06/03/2025

N° de rapport d'analyse : AR-25-LK-043522-01

Date de réception technique : 25/02/2025

Première date de réception physique : 25/02/2025

Référence Dossier : N° Projet : 4415033

Nom Projet : NANTES Ecole Centrale

Nom Commande : 4415033

Référence Commande : 4413207

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

**001****SP2****ESO**

24/02/2025

25/02/2025

5.3°C

**002****SP2 (1,6 -  
2,6m)****SOL**

24/02/2025

26/02/2025

5.3°C

**Métaux**
LS208 : **Sodium (Na) dissous** mg/l \* 36.9
**Agressivité du sol vis-à-vis du béton**
ZS8IA : **Degré d'acidité des sols** ml/kg M.S.selon **BAUMANN GULLY**ZS18C : **Classe d'agressivité**

Sulfates à l'acide agressivité mg/kg M.S.

Classe d'agressivité selon EN 206-1

27

330

&lt;XA1

Observations	N° d'échantillon	Référence client
Spectrophotométrie visible automatisée : l'analyse a été réalisée sur l'échantillon filtré à 0.45µm.	(001)	SP2



**Aurélie Schaeffer**  
Coordinatrice Projets Clients

---

## RAPPORT D'ANALYSE

---

**Dossier N° : 25E033690**

Version du : 06/03/2025

N° de rapport d'analyse : AR-25-LK-043522-01

Date de réception technique : 25/02/2025

Première date de réception physique : 25/02/2025

Référence Dossier : N° Projet : 4415033

Nom Projet : NANTES Ecole Centrale

Nom Commande : 4415033

Référence Commande : 4413207

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 7 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Les données transmises par le client pouvant affecter la validité des résultats (la date de prélèvement, la matrice, la référence échantillon et autres informations identifiées comme provenant du client), ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire. Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole \*.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Tous les éléments de traçabilité et incertitude (déterminée avec  $k = 2$ ) sont disponibles sur demande.