Agence
Ouest
5, rue des Frères Lumière
ZA La Richardière
35530 NOYAL-SUR-VILAINE
Tél. 02 23 35 18 71

Numéro d'affaire
35.212655

Ingénieur géotechnicien
Mme Céline RAIMBAULT
celine.raimbault@icseo.com

Responsable d'agence
M. Romain FESTUOT
romain.festuot@icseo.com

ETUDE GEOTECHNIQUE

Mission G2–AVP

LE RHEU (35)

INRAE

Construction d'un bâtiment scientifique

Version	Date	Nb pages		Révisions	Contrôle interne	
		Texte	Annexes			
1	27/10/2021	25	10	*Rapport complet*	RFE	OMA
Observations : Suite de la mission G1 n°35.190841 datée du 07/05/2019						

SOMMAIRE

1. PRESENTATION DE L'ETUDE 4

1.1. GENERALITES 4
1.2. LE PROJET 4
1.3. LE SITE 5
1.4. TOPOGRAPHIE 6

2. MISSION 6

3. RECONNAISSANCE 7

3.1. RECONNAISSANCE IN SITU PREALABLE REALISEE DANS LE CADRE DE LA MISSION G1 N°35.190841. 7
3.2. RECONNAISSANCE IN SITU REALISEE DANS LE CADRE DE LA MISSION G2 AVP °35.212655 7
3.3. ESSAIS EN LABORATOIRE PREALABLE REALISES DANS LE CADRE DE LA MISSION G1 N°35.190841. 7
3.4. ESSAIS EN LABORATOIRE REALISES DANS LE CADRE DE LA MISSION G2 AVP °35.212655 8
3.5. RESULTATS DES SONDAGES ET ESSAIS 8
3.6. PHOTOGRAPHIES AERIENNES (1948 A 2010) 10
3.7. HYDROGEOLOGIE 11
3.8. RISQUE D'INONDATION 11
3.9. RISQUE DE RETRAIT-GONFLEMENT 12
3.10. RISQUE SISMIQUE 12
3.11. AGRESSIVITE DE L'ENVIRONNEMENT SUR LES BETONS 14

4. FONDATIONS 14

4.1. MODE DE FONDATION 14
4.2. PROFONDEUR D'ASSISE 14
4.3. CONTRAINTES DE CALCUL EC7 15
4.4. TASSEMENTS THEORIQUES 16
4.5. REDENT ET MITOYENNETE 16
4.6. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES 17

5. TERRASSEMENT 17

6. DRAINAGE 17

7. DALLAGE 18

8. VOIRIES 18

8.1. DONNEES ET HYPOTHESES 18
8.2. PORTANCE DU SOL SUPPORT 19
8.3. COUCHE DE FORME 19
8.4. CORPS DE CHAUSSEE 19
8.5. VERIFICATION AU GEL 19
8.6. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES 20

CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS GEOTECHNIQUES

CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES (extrait de la norme NF P 94-500)

ANNEXES

Le présent rapport comprend 25 pages et 10 pages d'annexe.

1. PRESENTATION DE L'ETUDE

1.1. Généralités

Lieu :	**LE RHEU (35650)**
Adresse :	Domaine de la Motte Parcelle cadastrale ZM n°111p
Désignation :	Construction d'un bâtiment scientifique
Donneur d'ordre **Et maître d'ouvrage :**	**INRAE** Site de Beauregard 17 avenue de Cucillé 35000 RENNES
Intervention in situ :	Le 09 et le 12 Avril 2019 dans le cadre de la mission G1 n°35.190841 Le 30 Septembre 2021 dans le cadre de cette mission

1.2. Le Projet

Dans le cadre de cette étude, les documents suivants nous ont été communiqués par INRAE :

- Plan de masse du Projet, échelle 1/500, référencé APS 1608.

D'après ces documents et les renseignements qui nous ont été fournis, le Projet présente les caractéristiques suivantes :

- Construction d'un bâtiment expérimental (serre) de type RdC sans niveau de sous-sol ;
- Emprise au sol de 1100 m² environ ;
- Structure métallique ;
- Niveau RdC situé par hypothèse au niveau du TN, soit à la cote 100,00 réf ;
- Le Projet se complète de voirie d'accès.

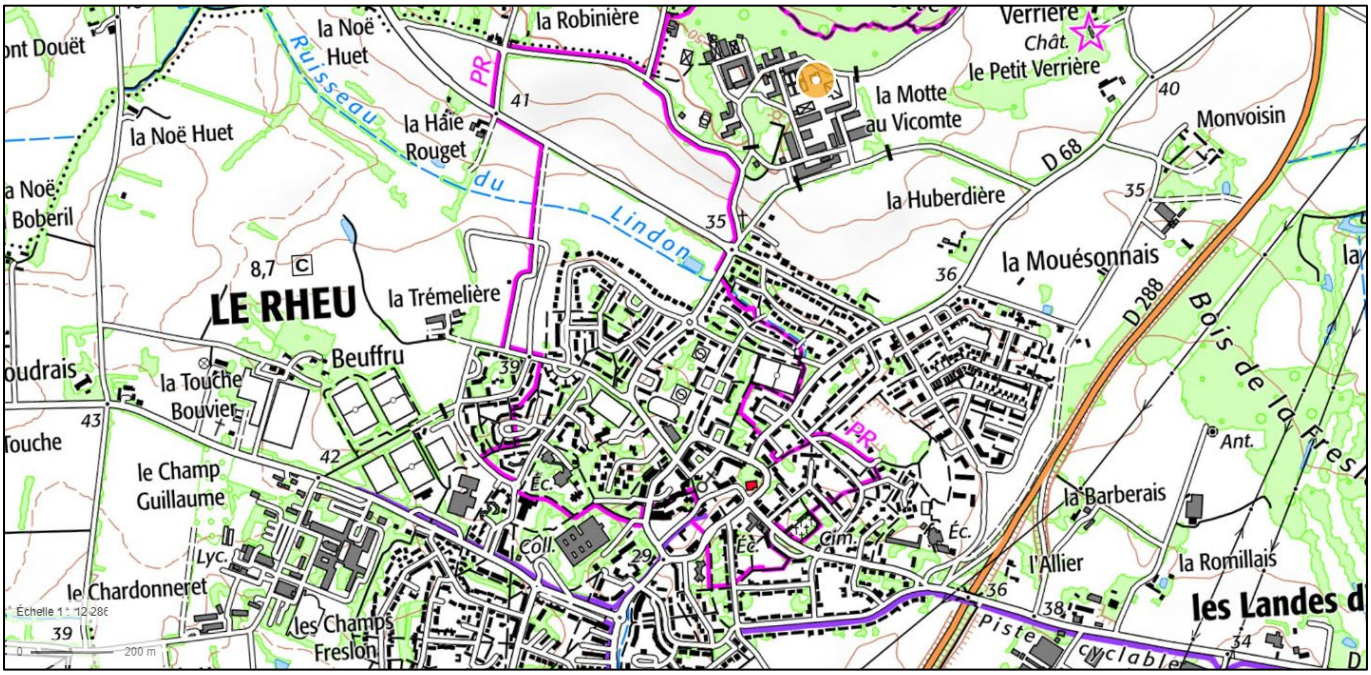
Les sollicitations vis-à-vis des ELS nous ayant pas été communiquées par Baticonseil sont :

- charges verticales ponctuelles maximales : 200 kN
- charges verticales continues maximales : 40 kN/ml
- surcharges d'exploitation uniformément réparties sur les dallages : 2,5 à 5 kN/m²

Il conviendra de nous communiquer les charges réelles si elles étaient différentes afin de revoir tout ou partie de nos conclusions. Il en est de même si le Projet définitif était différent de celui étudié.

1.3. Le site

Le terrain étudié se situe domaine de la Motte dans la commune de LE RHEU (35), parcelle cadastrée ZM n°111p.



Plan de situation du Projet, source « Géoportail ».

La superficie totale de la parcelle est de l'ordre de 1300 m². Le terrain présente une légère pente vers le Sud-Est.

Le jour de notre intervention, le site était occupé par un terrain enherbé entouré par des serres ainsi que par quelques bâtiments métalliques.



Photographies prises sur site le jour de notre intervention.

L'accessibilité du site a permis d'implanter la reconnaissance au droit de l'assiette du Projet.

L'implantation des sondages et essais réalisés figure en annexe.

1.4. Topographie

En l'absence de plan topographique, nos sondages ont été nivelés par nos soins à partir d'une référence constituée par un tampon EU/EP prise arbitrairement à la cote 100,00 réf. L'altitude du site au droit de nos reconnaissances oscille entre 99,40 et 100,10 réf (*cf.* plan d'implantation joint en annexe).

Nous rappelons que les altitudes données sur nos sondages le sont à titre indicatif. Seul un relevé de la position et de l'altitude des sondages par un géomètre expert pourrait faire foi.

2. MISSION

Conformément au bon de commande 35.212655 du 16/07/2021, notre mission doit permettre de définir :

Prestation d'investigations géotechniques

- La nature des différents terrains rencontrés ;
- Leurs caractéristiques mécaniques et géométriques ;
- Le niveau d'eau relevé dans les sondages ;
- Les résultats des essais en laboratoire.

Etude géotechnique de conception G2

- **Phase Avant-Projet (AVP)**
  - Le type de fondation ;
  - Les contraintes de calcul ;
  - Les tassements théoriques éventuels ;
  - Les préconisations pour les dallages ;
  - Les recommandations pour les terrassements ;
  - Les sujétions d'exécution, etc.

La classification des missions géotechniques types (extrait de la norme NF P 94-500-nov. 2013) figure en fin de ce rapport.

Une étude géotechnique préalable G1, référencée n°35.190841, a été réalisée et transmise le 07/05/2019.

3. RECONNAISSANCE

3.1. Reconnaissance in situ préalable réalisée dans le cadre de la mission G1 n°35.190841.

Compte tenu du contexte géologique local et de la nature du Projet qui nous a été décrit, le programme de reconnaissance a consisté en l'exécution de :

- **3 sondages géologiques profonds** notés SP1, SP2 et SP3 de 6,00 à 8,00 m de profondeur. Ils ont été réalisés en diamètre 63 mm. Ils ont permis :
  - de reconnaître la nature et l'épaisseur des différentes couches ;
  - de prélever des échantillons remaniés pour d'éventuelles analyses en laboratoire ;
  - d'effectuer les mesures en forage suivantes :

- **14 essais pressiométriques** répartis dans les forages précédents de façon à définir les caractéristiques mécaniques des différentes couches de sol. Ils ont permis la mesure des paramètres suivants :
  - pression limite (Pl) ;
  - pression de fluage (Pf) ;
  - module pressiométrique (E).

- **2 essais au pénétromètre dynamique** notés P1 et P2 de 4,80 m et 8,00 m de profondeur. Ils ont permis de caractériser en continu la résistance dynamique de pointe des différentes couches rencontrées.

3.2. Reconnaissance in situ réalisée dans le cadre de la mission G2 AVP °35.212655

Compte tenu du contexte géologique local et de la nature du Projet qui nous a été décrit, le programme de reconnaissance a consisté en l'exécution de :

- **3 sondages géologiques profonds** notés SP10, SP20 et SP30 de 8,00 m de profondeur. Ils ont été réalisés en diamètre 63 mm. Ils ont permis :
  - de reconnaître la nature et l'épaisseur des différentes couches ;
  - de prélever des échantillons remaniés pour d'éventuelles analyses en laboratoire ;
  - d'effectuer les mesures en forage suivantes :

- **13 essais pressiométriques** répartis dans les forages précédents de façon à définir les caractéristiques mécaniques des différentes couches de sol. Ils ont permis la mesure des paramètres suivants :
  - pression limite (Pl) ;
  - pression de fluage (Pf) ;
  - module pressiométrique (E).

- **2 essais au pénétromètre dynamique** notés P10 et P20 de 6 m de profondeur. Ils ont permis de caractériser en continu la résistance dynamique de pointe des différentes couches rencontrées.

3.3. Essais en laboratoire préalable réalisés dans le cadre de la mission G1 n°35.190841.

Les échantillons intacts et remaniés, prélevés dans les sondages précédents ont fait l'objet d'analyses en laboratoire. Elles ont consisté en :

- **2 identifications GTR 92 complètes** (teneur en eau, et limite d'Atterberg pour les sols fins).

3.4. Essais en laboratoire réalisés dans le cadre de la mission G2 AVP °35.212655

Les échantillons intacts et remaniés, prélevés dans les sondages précédents ont fait l'objet d'analyses en laboratoire. Elles ont consisté en :

- **1 mesure de l'agressivité du sol vis-à-vis du béton.**

3.5. Résultats des sondages et essais

Remarque préliminaire : les profondeurs des différentes couches sont celles mesurées au droit de nos reconnaissances à partir du terrain naturel (TN) le jour de notre intervention. Des fluctuations parfois importantes et/ou localisées d'origine anthropique ou liées à la nature des dépôts, peuvent apparaître entre ces points.

- 1. Remblais / Terre végétale

L'épaisseur de cet horizon est comprise entre 0,05 et 0,90 m. Il est constitué de terre végétale +/- limoneuse brun foncé. Il est possible de rencontrer un remblai de type limon silteux brun beige ocre légèrement grisâtre.

Le site a fait l'objet d'anciennes constructions (bâtiments avoisinants). Dans un tel contexte, il est à craindre de rencontrer des irrégularités des sols, remaniés lors des précédentes phases de construction.

- 2. Limon +/- argileux à +/- silteux

Cet horizon, constitué de limon légèrement argileux brun beige ocre et orangé parfois gris beige avec des cailloutis, a été rencontré jusqu'à 1,90 à 2,80 m de profondeur. D'après la carte géologique au 1/50 000 de RENNES, il s'agit de limons lœssiques périglaciaires datés du Quaternaire.

Les caractéristiques mécaniques mesurées sont résumées ci-après :

		minimum	*maximum*
Module pressiométrique Em	*(MPa)*	*2,6*	*14,2*
Pression de Fluage Pf	*(MPa)*	*0,26*	*1,70*
Pression Limite Pl	*(MPa)*	*0,42*	*2,20*
Résistance à la pénétration dynamique Rd	*(MPa)*	*1,0*	*8,0*

Les analyses en laboratoire réalisées sur des échantillons prélevés dans cet horizon sont résumées ci-dessous :

Sondage N°			SP3
Profondeur de prélèvement (m)			0,90-1,70
Teneur en eau	W	%	19,7
Limite d'Atterberg			
Limite de Liquidité	Wl	%	29,7
Limite de Plasticité	Wp	%	20,8
Indice de plasticité	Ip		8,9
Indice de consistance	Ic		1,13
Classe GTR 92			**A_1**

Ce qui classe ces matériaux en **A_1** selon le GTR92. Ce sont des matériaux fins et non sensibles aux variations de la teneur en eau. Ils se gorgent d'eau en période pluvieuse et peuvent perdre leur portance.

- 3. Altérite argilo-soyeuse à sablo-argileuse

Cet horizon est constitué d'altérite argilo-soyeuse à sablo-argileuse à graviers brun ocre orangé ou rose beige jaunâtre +/- verdâtre à passées orangées. Il a été rencontré jusqu'à l'arrêt de nos sondages à 6,00 et 8,00 m de profondeur. D'après la carte géologique au 1/50 000 de RENNES, il s'agit de la frange altérée du substratum silto-gréseux sous-jacent.

Les caractéristiques mécaniques mesurées sont résumées ci-après :

		minimum	*maximum*
Module pressiométrique Em	*(MPa)*	*4,1*	*18,3*
Pression de Fluage Pf	*(MPa)*	*0,51*	*1,71*
Pression Limite Pl	*(MPa)*	*0,81*	*2,50*
Résistance à la pénétration dynamique Rd	*(MPa)*	*2,5*	*≥ 35,0*

Le substratum silto-gréseux présente des secteurs profondément altérés suivant la fracturation. La présence de pointements rocheux ou au contraire de poches profondément altérées est à craindre. Compte-tenu de la nature du substratum, il est à craindre également de rencontrer des bancs de grès durs et abrasifs.

Les analyses en laboratoire réalisées sur des échantillons prélevés dans cet horizon sont résumées ci-dessous :

Sondage N°			SP1
Profondeur de prélèvement (m)			2,30-5,10
Teneur en eau	W	%	23,3
Limite d'Atterberg			
Limite de Liquidité	Wl	%	36,7
Limite de Plasticité	Wp	%	28,7
Indice de plasticité	Ip		8,0
Indice de consistance	Ic		1,67
Classe GTR 92			**A_1**

Ce qui classe ces matériaux en **A_1** selon le GTR92. Ce sont des matériaux fins et non sensibles aux variations de la teneur en eau. Ils se gorgent d'eau en période pluvieuse et peuvent perdre leur portance.



Carte géologique au 1/ 50 000 de RENNES, source « Infoterre ».

3.6. Photographies aériennes (1948 à 2010)



Analyse comparative des photographies aériennes de la zone d'étude (de 1948 à 2010)

L'analyse des photographies aériennes datant de 1948 jusqu'à 2010 révèle que le site d'étude a longtemps été une terre agricole (champs ou pâture) positionnée à proximité du bois de la Motte. Depuis 1980, le bâtiment de recherche se met en place sur le terrain. En 1994, une serre est présente sur site au droit du Projet.

3.7. Hydrogéologie

Lors de nos interventions des arrivées d'eau ont été rencontrées au droit de nos sondages aux profondeurs et cotes suivantes :

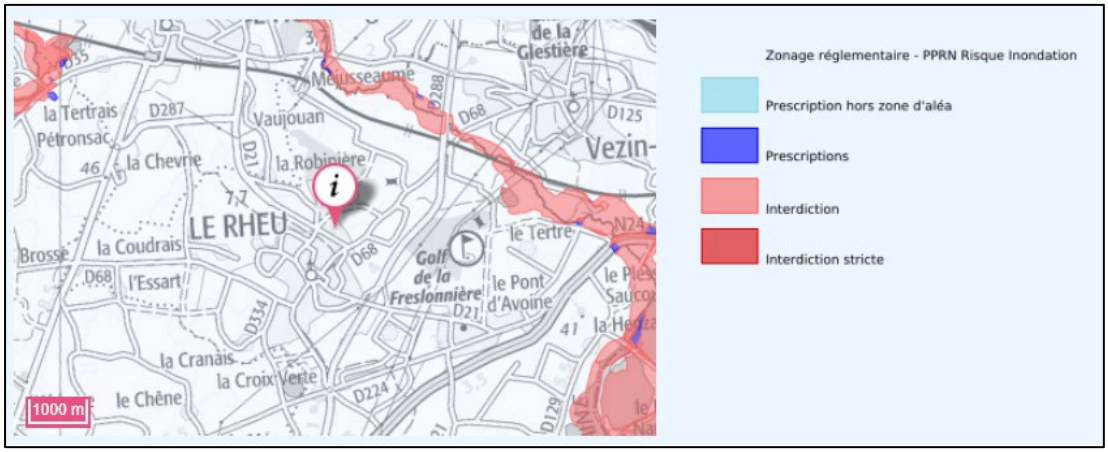
Sondage N°	Profondeur/TN (m)	Cote réf du niveau observé	Jour de la mesure
SP1	6,20	93,90	12/04/2019
SP2	2,40	97,35	12/04/2019
SP3	4,90	94,60	12/04/2019
SP20	5,45	94,55	23/09/2021
SP30	1,90	98,05	23/09/2021

Le sondage SP10 est resté sec.

Les niveaux d'eau rappelés ci-dessus ne sont représentatifs de la nappe qu'au jour de la mesure. Ils ne permettent pas de juger des circulations d'eau qui pourront se produire en période pluvieuse.

3.8. Risque d'inondation

La commune du RHEU (35) a fait l'objet d'un PPRN inondation (source : site internet du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire - http://www.georisques.gouv.fr/).

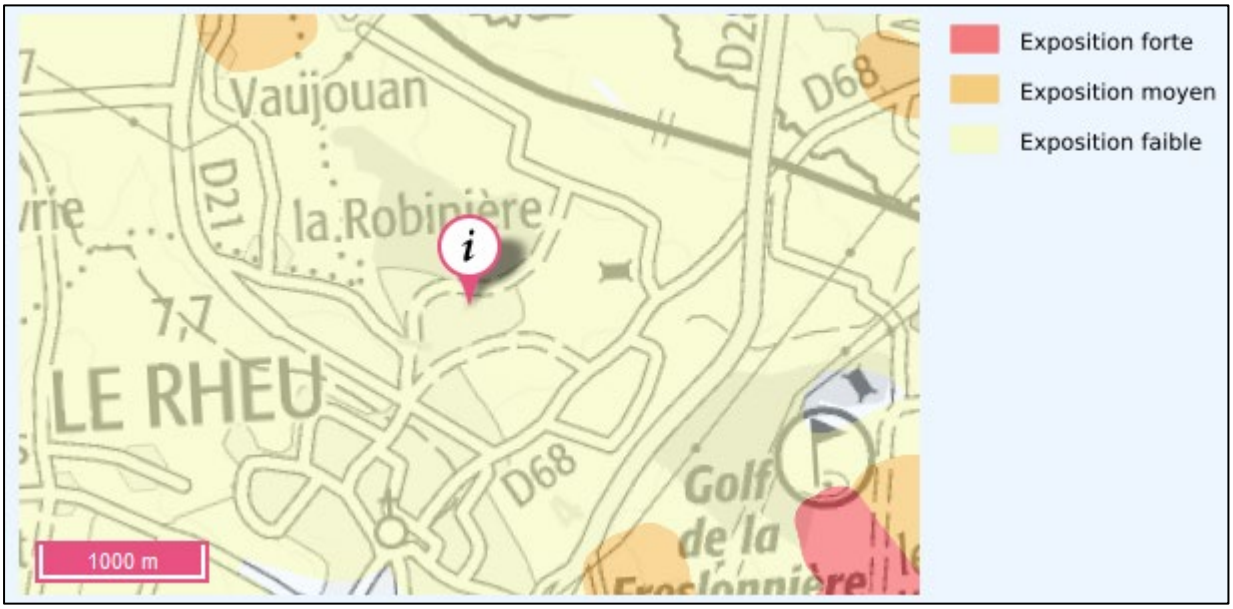


Extrait du PPRN Vilaine région rennaise- http://www.georisques.gouv.fr/

D'après les cartes étudiées, le site étudié n'est pas concerné par le PPRN.

3.9. Risque de retrait-gonflement

Le site étudié dans la commune de LE RHEU (35) est exposée faiblement vis-à-vis du retrait gonflement des argiles selon le site internet du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire - http://www.georisques.gouv.fr/.



Extrait de carte, sources « Géorisques »

D'après nos analyses réalisées en laboratoire, les sols testés ne sont pas sensibles au retrait-gonflement des argiles.

3.10. Risque sismique

Le territoire de la commune de LE RHEU (35) est situé **en zone de sismicité 2** (aléa faible) d'après le décret du 22 octobre 2010.

La classe de sol à prendre en compte pour le Projet, déduit des reconnaissances géotechniques réalisées sur le site, est :

Classe de sol	B

Par ailleurs, notons bien que les règles parasismiques applicables à l'ensemble du Projet dépendent de la zone sismique ainsi que de la catégorie du bâtiment. Les tableaux ci-dessous rappellent les règles à respecter en fonction de ces paramètres.

Catégorie d'importance		Description
I		■ Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée.
II		■ Habitations individuelles. ■ Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5. ■ Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m. ■ Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, h ≤ 28 m, max. 300 pers. ■ Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes. ■ Parcs de stationnement ouverts au public.
III		■ ERP de catégories 1, 2 et 3. ■ Habitations collectives et bureaux, h > 28 m. ■ Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes. ■ Établissements sanitaires et sociaux. ■ Centres de production collective d'énergie. ■ Établissements scolaires.
IV		■ Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public. ■ Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie. ■ Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne. ■ Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise. ■ Centres météorologiques.

	I	II		III	IV
					
Zone 1	aucune exigence				
Zone 2				**Eurocode 8** [3] a_{gr}=0,7 m/s²	
Zone 3		**PS-MI** [1]	**Eurocode 8** [3] a_{gr}=1,1 m/s²	**Eurocode 8** [3] a_{gr}=1,1 m/s²	
Zone 4		**PS-MI** [1]	**Eurocode 8** [3] a_{gr}=1,6 m/s²	**Eurocode 8** [3] a_{gr}=1,6 m/s²	
Zone 5		**CP-MI** [2]	**Eurocode 8** [3] a_{gr}=3 m/s²	**Eurocode 8** [3] a_{gr}=3 m/s²	

[1] Application **possible** (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI
[2] Application **possible** du guide CP-MI sous réserve du respect des conditions du guide
[3] Application **obligatoire** des règles Eurocode 8

Il appartient aux Responsables du Projet de définir la classe de bâtiment à prendre en compte et de respecter les textes et normes en vigueur.

3.11. Agressivité de l'environnement sur les bétons

Une analyse sur un échantillon de sol a été faite au droit du sondage SP20. Le tableau suivant reprend les résultats d'analyses de l'agressivité des sols sur les bétons :

	SP20
Profondeur	0,70 – 2,20 m
Matière sèche	84,1 % MB
Sulfates (SO4)	166 mg/kg MS-A

L'échantillon testé présente donc une teneur en sulfate soluble inférieure au premier seuil d'agressivité (**<XA$_1$**) de la norme NF EN 206-CN. Les matériaux testés constituent donc au regard de cette norme un environnement **non-agressif** et ne nécessitent pas la prise de mesures particulières vis-à-vis de leur agressivité.

4. FONDATIONS

4.1. Mode de fondation

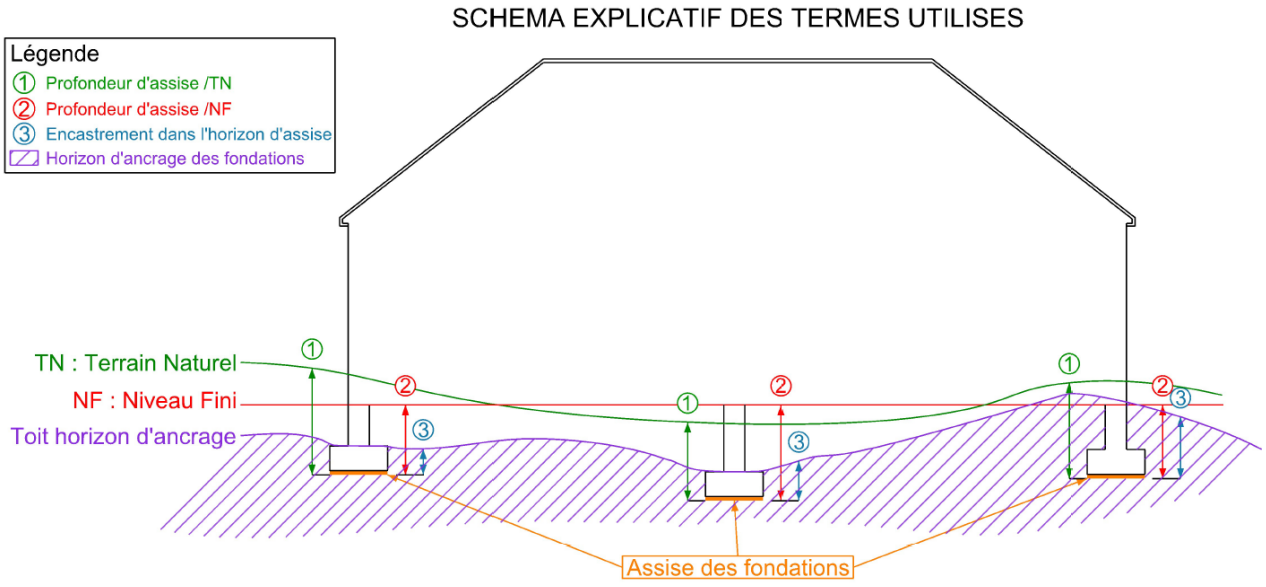
Compte tenu du Projet tel qu'il nous a été décrit et des éléments mis en évidence lors de nos reconnaissances, il est possible d'envisager le système de fondation suivant :

- **Semelles ou massifs sur gros béton,** ancrés dans **le limon +/- argileux à +/- silteux (faciès 2)** avec un encastrement minimal de **30 cm** et **au moins à 1,00/TN** pour s'affranchir de la frange altérée**.**

4.2. Profondeur d'assise

Outre l'encastrement dans l'horizon porteur énoncé ci avant, la profondeur d'assise des fondations devra assurer la mise hors gel avec une fiche minimale de 0,50 m/niveau extérieur fini.

Le schéma suivant explicite les termes qui seront utilisé dans les paragraphes suivants :



A titre indicatif, la profondeur d'assise au droit des reconnaissances sera voisine de :

Sondage	*SP1*	*SP2*	*SP3*	*SP10*	*SP20*	*SP30*
Cote tête des sondages (réf.)	*100,10*	*99,75*	*99,50*	*99,40*	*100,00*	*99,95*
Profondeur d'assise/TN(m)	*1,00*	*1,00*	*1,00*	*1,00*	*1,00*	*1,00*
Profondeur d'assise/niveau RdC à 100,00 réf. (m)*	*0,90*	*1,25*	*1,50*	*1,60*	*1,00*	*1,05*
Cote du niveau d'assise (réf.)	*99,40*	*98,75*	*98,50*	*98,40*	*99,00*	*98,95*

*pris par hypothèse au niveau extérieur fini

Sondage	*P1*	*P2*	*P10*	*P20*
Cote tête des sondages (réf.)	*99,60*	*99,85*	*100,00*	*100,00*
Profondeur d'assise/TN(m)	*≥ 1,00*	*≥ 1,00*	*≥ 1,00*	*≥ 1,00*
Profondeur d'assise/niveau RdC à 100,00 réf (m)*	*≥ 1,40*	*≥ 1,15*	*≥ 1,00*	*≥ 1,00*
Cote du niveau d'assise (réf.)	*≤ 98,60*	*≤ 98,85*	*≤ 99,00*	*≤ 99,00*

*pris par hypothèse au niveau du RdC

Il s'agit de profondeurs minimales d'assise permettant l'encastrement dans la couche porteuse.

4.3. Contraintes de calcul EC7

Le calcul des contraintes ultimes fait référence à la Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles – *Justification des ouvrages géotechniques* - de juin 2013 (Réf AFNOR NF P 94-261).

En utilisant le pressiomètre, les contraintes de calcul à retenir pour justifier la fondation sont données par la formule suivante :

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

Avec :

k_p : facteur de portance pressiométrique ; **valeurs minimales prises en compte pour ce présent rapport** ; pour prise en compte d'un facteur de portance pressiométrique plus précis (en fonction de la géométrie du massif de fondation), se référer à la norme NF P 94-261 – annexe D, paragraphe D.2.3 ;

p_{le}^* : pression limite nette équivalente (MPa) ;

i_β : coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus de pente β, **il vaut 1,0 si la fondation est suffisamment éloignée d'un talus** (d>8B) - se référer à la norme NF P 94-261 – annexe D, paragraphe D.2.5 ;

i_δ : coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement, **il vaut 1,0 si la charge est verticale** (**hypothèse retenue pour ce présent rapport**) – dans le cas contraire, se référer à la norme NF P 94-261 – annexe D, paragraphe D.2.4.

Après calcul pour le type de fondation défini ci-avant et **en considérant la fondation suffisamment éloignée d'un talus et avec une charge verticale centrée***, il pourra être retenu une contrainte :

q_{net} ≤ 0,276 MPa

**** si la charge n'est pas verticale et centrée, il convient de prendre en compte la surface effective A' pour les calculs, ce qui engendre une réduction de la surface comprimée***

La résistance nette du terrain $R_{v;d}$ en terme de contrainte aux ELU et aux ELS pour une fondation uniformément chargée s'écrit :

$$\sigma_{R;d} = \frac{q_{net}}{\gamma_{R;d;v} \times \gamma_{R;v}}$$

Avec :

q_{net} :	contrainte de calcul calculée ci-avant
$\gamma_{R;v}$:	facteur partiel = 1,4 aux ELU et 2,3 aux ELS
$\gamma_{R;d;v}$:	coefficient de modèle = 1,2 aux ELU et aux ELS

En première approch**e, on retiendra les valeurs suivantes :**

$\sigma_{R;d}$ (ELU) = 0,16 MPa

$\sigma_{R;d}$ (ELS) = 0,10 MPa

4.4. Tassements théoriques

Le tassement théorique calculé d'une fondation s'écrit :

$$s = \frac{\alpha}{9 \cdot E_c} \cdot \left(q - \sigma'_{v0}\right) \cdot \lambda_c \cdot B + \frac{2}{9 \cdot E_d} \cdot \left(q - \sigma'_{v0}\right) \cdot B_0 \cdot \left(\lambda_d \cdot \frac{B}{B_0}\right)^{\alpha}$$

Avec :

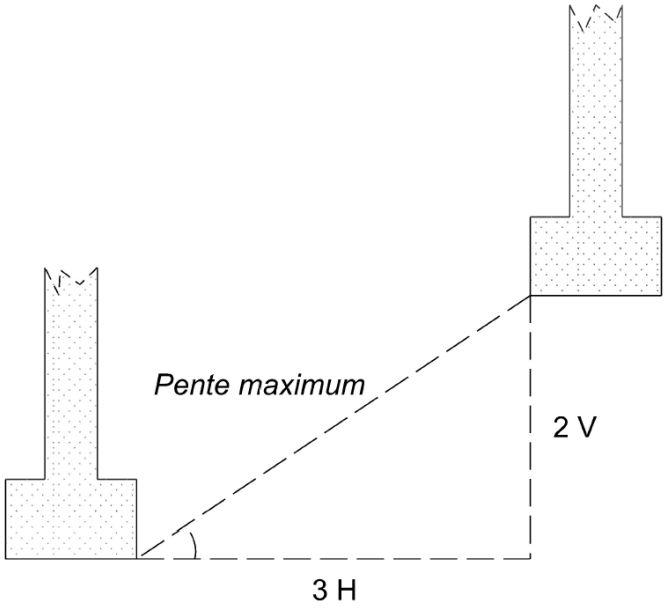
q :	contrainte effective appliquée par la semelle ;
α :	coefficient rhéologique ;
B :	largeur de la semelle avec B≥60cm ;
B_0* :	largeur de référence = 60cm ;
E_c et E_d :	modules pressiométriques moyens sphérique et déviatorique ;
λ_c et λ_d :	coefficients de forme fonction de la forme et du rapport L/B des semelles.

Les tassements théoriques absolus, pour la contrainte retenue et les charges énoncées en hypothèse au paragraphe 1.2, seront de l'ordre du centimètre.

Ces calculs ont été menés avec la contrainte de calcul définie au paragraphe précédent et pour les charges attendues pour le Projet notées en présentation. Rappelons qu'il appartient au Bureau d'Etude de préciser les valeurs des tassements tant absolus que différentiels acceptables par la structure, ce qui pourra amener éventuellement à revoir la contrainte de calcul à prendre en compte pour que ces tassements puissent être acceptables.

4.5. Redent et mitoyenneté

Les fondations successives descendues à des niveaux différents devront être établies en redent tel qu'une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur relie les arêtes voisines.



4.6. Dispositions constructives

Les fondations seront réalisées selon le respect des normes en vigueur et les Règles de l'Art.

Il conviendra d'assurer la protection du fond de fouille vis-à-vis de l'altération avec un bétonnage immédiat après réalisation de la fouille.

Un blindage provisoire des fouilles pourra être nécessaire compte tenu de la faible cohésion des terrains superficiels et en cas de présence d'eau.

Les terrains non conformes (remblais, poche de moindre consistance) détectés à l'ouverture des fouilles, seront purgés et remplacés par du gros béton coulé à pleine fouille. Le volume nécessaire n'est pas quantifiable à ce stade de l'étude.

En période pluvieuse, un pompage provisoire pourra être nécessaire pour assécher les fouilles.

5. TERRASSEMENT

L'extraction des terrains superficiels argileux et sableux pourra être réalisée par les moyens traditionnels suffisamment puissants.

En revanche, l'utilisation de matériels d'extraction de forte puissance et de moyens spécifiques (BRH par exemple…) sera nécessaire en cas de blocs indurés et/ou de pointements rocheux.

Des dispositions spécifiques devront être prises pour assurer la mise au sec du fond de fouille (drainage, fossé, pompage, etc…), ainsi que la stabilité des talus provisoires (soutènement, pente des talus).

6. DRAINAGE

Les travaux seront préférentiellement réalisés en période météorologique favorable, par beau temps sec.

Il conviendra de mettre en œuvre une barrière anti-capillarité à l'interface entre le soubassement et la superstructure.

Il conviendra aussi de mettre en œuvre un drainage au niveau des fondations conformément aux prescriptions du DTU20.1. Celui-ci sera constitué par exemple d'un massif drainant emballé dans un géotextile avec à sa base un drain de type routier, relié à un exutoire adapté pérenne.

7. DALLAGE

Compte tenu du Projet tel qu'il nous a été décrit et des éléments mis en évidence lors de nos reconnaissances, il est possible d'envisager les systèmes de dallage suivants :

- **Soit plancher porté par les fondations**.

- **Soit** après purge de la terre végétale, de la totalité des remblais et de la frange altérée des terrains, réalisation d'un **dallage indépendant sur terre-plein** de matériaux nobles insensibles à l'eau et de granulométrie continue (type concassé 0/80 puis 0/31,5 de classe GTR D_2). Ils seront mis en œuvre et compactés selon les recommandations du GTR 92, et d'une épaisseur minimale de **30 cm**. Ces travaux devront impérativement être réalisés en période climatique favorable. Dans le cas contraire, des aménagements (drainage, traitement, couche de blocage, couche de forme épaisse, etc…) dont le coût n'est pas négligeable, pourront être nécessaires.

A titre indicatif, l'objectif de compactage pour la réalisation des couches de forme granulaires sera de :

EV2 ≥ 40 MPa
EV2 / EV1 ≤ 2,2
Westergard k ≥ 0,5 MPa/cm *
** et dans tous les cas conforme à l'étude béton.*

Les modules de déformation ou modules d'Young (Es), que nous avons définis, sont présentés, à titre indicatif, dans le tableau suivant :

N° de faciès	Nature de sol	Module Es (MPa)	Coefficient rhéologique du sol (α)
1	Remblais / Terre végétale	A purger	
2	Limon +/- argileux à +/- silteux	5 - 30	1/2
3	Argile sableuse ou sable argileux	5 - 55	2/3

8. VOIRIES

Le Projet prévoit la création de voiries d'accès.

8.1. Données et hypothèses

La classe de trafic ne nous a pas été communiquée, nous prendrons donc pour la suite les hypothèses ci-après, issues du Manuel de Conception des Chaussées Neuves à Faible Trafic – Setra et LCPC – Juillet 1981.

- classe de trafic : **TC1 (0 à 10 PL/j maximum)** ;
- durée de service : **10 ans** ;
- taux de croissance annuel : **0 %**.

8.2. Portance du sol support

Après décapage de la terre végétale, les reconnaissances de terrain et les analyses de laboratoire permettent de classer la portance du sol support en **PST1-AR1** (EV2 ≥ 20 MPa) en période favorable, comme lors de notre intervention.

Du fait de la nature très sensible à l'eau des matériaux rencontrés sur le site, la portance du sol support peut rapidement changer en **PST0-AR0**, cet état ne permet pas la mise en place d'une couche de forme. Une couche de blocs épaisse peut-être mise en place pour nous ramener en **PST1-AR1**.

En fonction de la portance du fond de forme en phase chantier, il pourra être nécessaire de réaliser un blocage du fond de forme avant le montage de la couche de forme.

8.3. Couche de Forme

Pour obtenir une plateforme homogène et pour améliorer la tenue au gel, on pourra mettre en place une couche de forme en matériaux insensibles à l'eau, de classe GTR **D_2** par exemple, d'une épaisseur minimale de **60 cm avec intercalation d'un géotextile** ou **75 cm sur un blocage** en fonction de la portance des sols en phase chantier. Elle sera mise en place selon les recommandations du GTR 92.

Cette couche de forme n'est pas dimensionnée pour supporter, sans dommage, le trafic en phase chantier.

8.4. Corps de chaussée

On pourra retenir le principe de structure de chaussée type suivante :

- couche de surface : **6 cm de béton bitumineux semi grenu** (BBSG)
- couche de base : **15 cm de grave non traitée de catégorie 1** (GNT 1)

D'autres structures pourront être proposées en variante par les Entreprises en fonction de leur expérience et des matériaux disponibles localement. Dans tous les cas, elles devront respecter les normes et textes en vigueur.

8.5. Vérification au gel

La structure de chaussée ci-dessus présente l'indice de gel admissible suivant : IA = 147 °C.jour.

Dans le secteur de l'étude, les indices de gel de référence à retenir sont ceux de la station météorologique de RENNES (35) avec :

RENNES (35)	notation	Indice de gel de Référence IR en °C.j
hiver courant	IR_C	**10**
hiver rigoureux non exceptionnels	IR	**35**
hiver exceptionnel	IR_{EX}	**80**

On a IA > IR_{EX}, **la tenue au gel de la structure présentée ci-dessus est donc vérifiée pour les hivers exceptionnels**.

8.6. Dispositions constructives

Après terrassement, il conviendra d'assurer la protection du fond de fouille vis-à-vis de l'altération avec un enduit de cure, si le montage de la plateforme ne se fait pas en enchaînement.

Compte tenu de la sensibilité à l'eau des sols A_1, le chantier devra être réalisé en période climatique favorable. Il devra être arrêté même en cas de pluie faible, compte tenu du risque de matelassage.

Les terrains non conformes (remblais, poche de moindre consistance) détectés à l'ouverture des fouilles, seront purgés.

9. SUITE DE LA MISSION – PHASE G2 PRO

Afin de débuter la mission G2-PRO, il conviendra de nous communiquer les documents suivants :

- Plan de fondation, de masse et coupes phase PRO sous format informatique (PDF et/ou DWG) qui ont été retenus par la Maitrise d'Ouvrage et la Maitrise d'Œuvre ;
- La géométrie et le type de fondation retenue ;
- Niveau fini retenu du RdC dans le repère de nivellement NGF IGN 69 ;
- Descentes de charges du Projet (ELS et ELU) en tête de fondation ;
- Particularités de la construction et de ses matériaux.

Ce rapport correspond à la mission G2 phase Avant-Projet (étude géotechnique de conception – phase Avant-Projet) qui nous a été confiée pour cette affaire.

Les calculs et valeurs dimensionnelles donnés dans le présent rapport sont destinés à appréhender les sujétions techniques et ne sont en aucun cas un dimensionnement du Projet.

Selon l'enchainement des missions géotechniques au sens de la norme NFP 94-500, le présent rapport devra être suivi de la mission G2 phase Projet (étude géotechnique de conception – phase Projet).

Rédigé par C. RAIMBAULT
Ingénieur géotechnicien

R. FESTUOT
Responsable de l'Agence Ouest

CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS GEOTECHNIQUES ET D'UTILISATION DU PRESENT DOCUMENT

(version du 12/12/2013)

1. Cadre de la mission

ICSEO BUREAU D'ETUDES n'est tenu qu'à une obligation de moyens et ne peut être en aucun cas tenu à une obligation de résultats. Les prestations d'études et de conseil sont réputées incertaines par nature.

Par référence à la Classification des Missions Géotechniques types extraite de la norme NF P 94-500 (30/11/2013), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions géotechniques nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions géotechniques suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution. En particulier :

- les missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) sont réalisées dans l'ordre successif ;
- une mission confiée à ICSEO BUREAU D'ETUDES peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante ;
- la prestation d'investigations géotechniques (PIG) engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- une mission d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3 ou diagnostic) n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- une mission d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3 ou diagnostic) exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques ;
- une étude géotechnique de conception (G2) engage notre société en tant qu'assistant technique à la Maîtrise d'Œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission géotechnique, objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

2. Recommandations

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une reconnaissance du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis éventuellement en évidence lors de l'exécution (par exemple, failles, remblais anciens ou récents, hétérogénéité localisée, venue d'eau, pollution, etc.), n'ayant pu être détectés au cours de nos opérations de reconnaissance et pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport (en partie ou en totalité), doivent immédiatement être signalés à ICSEO BUREAU D'ETUDES pour lui permettre de reconsidérer et d'adapter éventuellement les solutions initialement préconisées et ceci dans le cadre de missions géotechniques complémentaires.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

Il est vivement conseillé au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Œuvre ou à l'Entreprise de faire procéder, au moment de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des premiers pieux ou puits, à une visite de chantier par un spécialiste. Cette visite est normalement prévue par ICSEO BUREAU D'ETUDES lorsque notre société est chargée d'une mission de supervision géotechnique d'exécution des travaux de fondations (G4). Cette visite, pour laquelle un compte-rendu sera rédigé, a pour objet principal de vérifier que la nature des sols et la profondeur de l'horizon de fondation sont conformes aux données de l'étude.

3. Rapport de la mission

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par ICSEO BUREAU D'ETUDES. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.

ICSEO BUREAU D'ETUDES ne pourrait être rendu responsable des modifications apportées à la présente étude sans son consentement écrit.

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

Pour ces raisons notamment, et sauf stipulation contraire explicite de la part d'ICSEO BUREAU D'ETUDES, l'utilisation de la présente étude pour chiffrer, à forfait ou non, le coût de tout ou partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager la responsabilité d'ICSEO BUREAU D'ETUDES. Une mission d'étude géotechnique de projet (G2) minimum est nécessaire pour estimer des quantités, coûts et délais d'ouvrages géotechniques.

Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (*cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou 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. Ces altitudes (en Z) pourront être garanties par un Géomètre Expert, lors d'un relevé. Il en est de même pour l'implantation (en X et Y) des sondages sur le terrain.

ICSEO BUREAU D'ETUDES se réserve le droit d'utilisation de l'étude de sol en question jusqu'à son paiement intégral du, aux termes de la commande ou du contrat, conformément à la loi 80335 du 12 mai 1980. La simple remise de traites ou de titres créant obligation de paiement ne constitue pas un paiement. Tant que l'étude n'est pas totalement payée par le client, celle-ci restera propriété d'ICSEO BUREAU D'ETUDES et ne pourra en aucun cas être utilisée par un tiers.

4. Clauses de responsabilité et assurances dans un contrat d'ingénierie géotechnique

Les clauses ci-dessous résultent de l'observation des meilleures pratiques des contrats d'ingénierie géotechnique. Elles sont recommandées par SYNTEC-INGENIERIE, et en particulier par le Comité Géotechnique qui regroupe les professionnels de la géotechnique.

Répartition des risques et responsabilités autres que la responsabilité décennale soumise à obligation d'assurance.

Le prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat.

A ce titre, le prestataire est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable.

Le prestataire sera garanti en totalité par le client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont le prestataire serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le prestataire qu'au-delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses.

La responsabilité globale et cumulée du prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée au montant des garanties délivrées par son assureur, dont le client reconnaît avoir eu connaissance, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique.

Il est expressément convenu que le prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, par exemple, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements ainsi que tout dommage indirect etc.

Assurance décennale obligatoire.

Le prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances.

Ce contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'extension de garantie pour les ouvrages dont la valeur € HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 30 M€.

Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, le cas échéant, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'extension de la garantie.

Le client prend également l'engagement, en cas de souscription d'une Police Complémentaire de Groupe (PCG), de faire le nécessaire pour que le prestataire soit mentionné parmi les bénéficiaires de cette garantie de responsabilité de seconde ligne.

En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle sur-cotisation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance.

Le Maître d'Ouvrage devra communiquer à ICSEO BUREAU D'ETUDES la Déclaration Réglementaire d'Ouverture du Chantier (DROC) et faire réactualiser le présent rapport si le chantier est ouvert plus de 2 ans après la date d'établissement de celui-ci. De même il est tenu d'informer ICSEO BUREAU D'ETUDES du montant global de l'opération et de la date prévisible de réception de l'ouvrage.

Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique - *extrait norme NF P 94-500 du 30/11/13*

L'enchaînement des missions contribue à la maitrise des risques géotechniques en vue de fiabiliser la qualité, le délai d'exécution et le coût réel des ouvrages géotechniques.

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. Le maître d'ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la maîtrise d'œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception puis de réalisation de l'ouvrage.

Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives de la maîtrise d'œuvre du projet.

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

Toute mission d'ingénierie géotechnique doit s'appuyer sur des données géotechniques pertinentes issues de la réalisation de prestations d'investigations géotechniques spécifiées à l'Article 6 de la norme.

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	Etude 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

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (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).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE 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, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)
ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES 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 GEOTECHNIQUE 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.

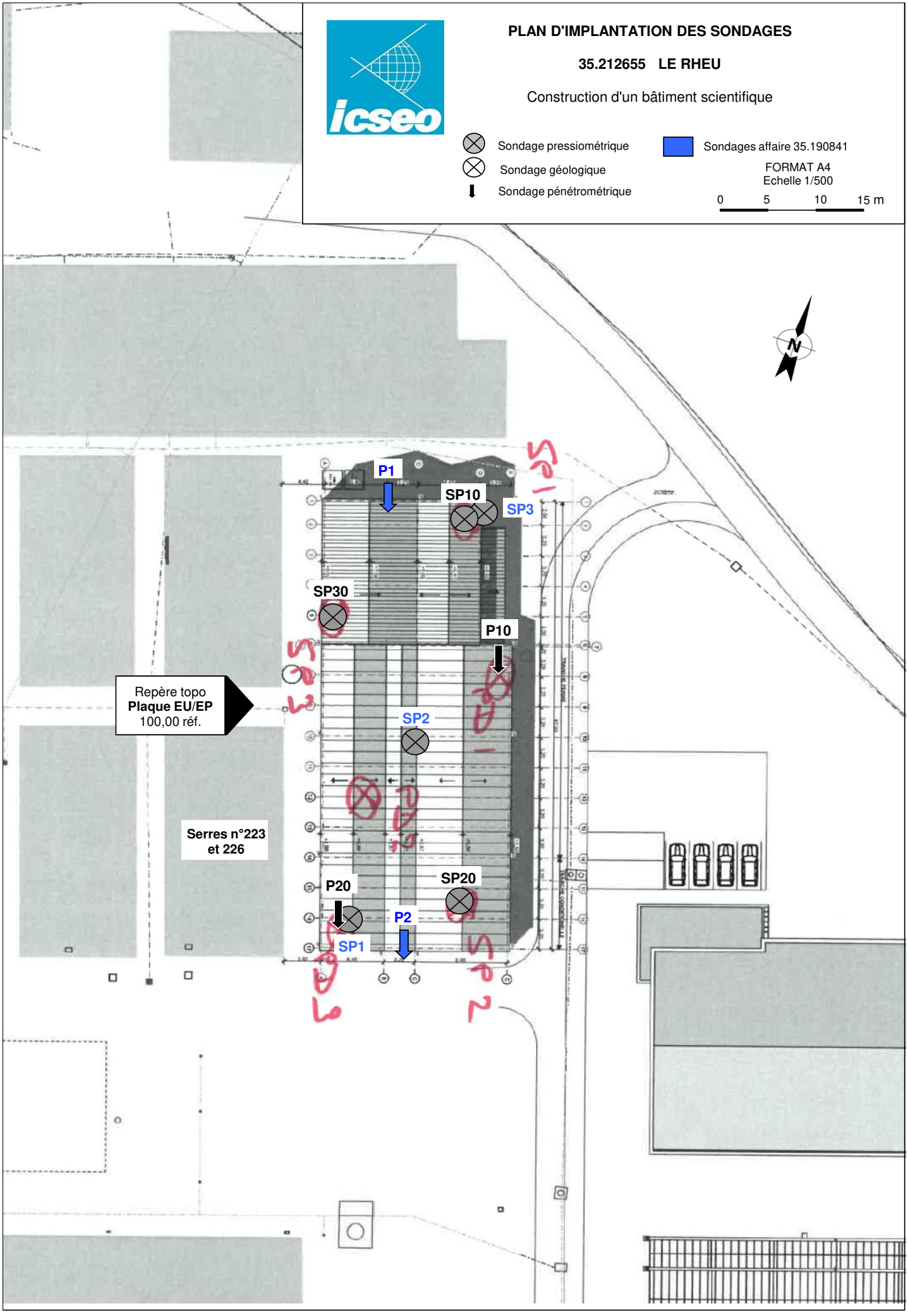
DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

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

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

ANNEXES

- plan d'implantation des sondages
- sondages pressiométriques
- sondages pénétrométriques
- analyses en laboratoire
- voiries


PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES
35.212655 LE RHEU
Construction d'un bâtiment scientifique
Sondage pressiométrique
Sondage géologique
Sondage pénétrométrique
Sondages affaire 35.190841
FORMAT A4
Echelle 1/500
0 5 10 15 m
N
P1
SP10
SP3
SP30
P10
SP2
P20
SP20
P2
SP1
Repère topo
Plaque EU/EP
100,00 réf.
Serres n°223
et 226

Forage : SP10

Sondage Pressiométrique
NF P 94-110-1

Dossier : LE RHEU
Construction d'un bâtiment scientifique
Affaire : 35.212655

X : **Date : 23/09/2021**
Y : **Echelle : 1/50**
Z : 99.40 Réf. **Page : 1/1** **EFR**

Cote z (m)	Profondeur (m/TN)	Lithologie	Niveau d'eau (m/TN)	Outils
99,35 m	0,05	Terre végétale	Eboulement du sondage à 5,40 m de profondeur	THC Ø 63 mm
98,80 m	0,60	Limon brun beige ocre orangé		
97,50 m	1,90	Limon légèrement argileux brun beige ocre orangé à quelques cailloutis		
95,50 m	3,90	Argile très sableuse à sable très argileux ocre jaune à graviers		
94,30 m	5,10	Altérite argilo-soyeuse beige jaune légèrement verdâtre		
91,40 m	8,00	Altérite argilo-soyeuse vieux rose		

Pression de fluage et limite (MPa)
Pf ○
Pl ▫
0,1 1 10 50

0,66
0,40
1,25
0,91
2,20
1,71
1,80
1,42

Module pressiométrique Em (MPa)
0,1 1 10 100500

3,4
9,9
16,5
11,7

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Observations :

EXGTE 3.23

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Forage : SP20

Sondage Pressiométrique
NF P 94-110-1

Dossier : LE RHEU
Construction d'un bâtiment scientifique
Affaire : 35.212655

X : **Y :** **Z : 100.00 Réf.**

Date : 23/09/2021
Echelle : 1/50
Page : 1/1

EFR

Cote z (m)	Profondeur (m/TN)	Lithologie	Niveau d'eau (m/TN)	Outils
99,95 m	0,05			
99,30 m	0,70	Terre végétale (remblai ?) Limon silteux brun beige ocre légèrement grisâtre (remblai ?)	Eboulement du sondage à 5,45 m de profondeur	THC Ø 63 mm
97,80 m	2,20	Limon légèrement argileux brun beige ocre orangé		
94,80 m	5,20	Altérite argilo-soyeuse beige jaunâtre à verdâtre à passées orangées		
92,00 m	8,00	Altérite limono-soyeuse beige vert		

Pression de fluage et limite (MPa)
Pf ○
Pl ▫
0,1 1 10 50

0,69
0,50
1,05
0,72
0,88
0,53
1,06
0,83
1,52
0,95

Module pressiométrique Em (MPa)
0,1 1 10 100500

4,2
6,8
4,1
5,7
6,1

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Observations :

EXGTE 3.23

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

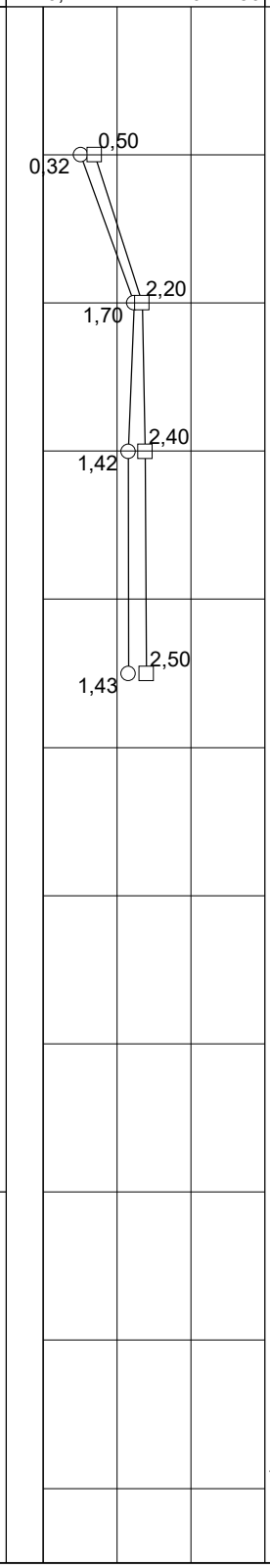
Forage : SP30

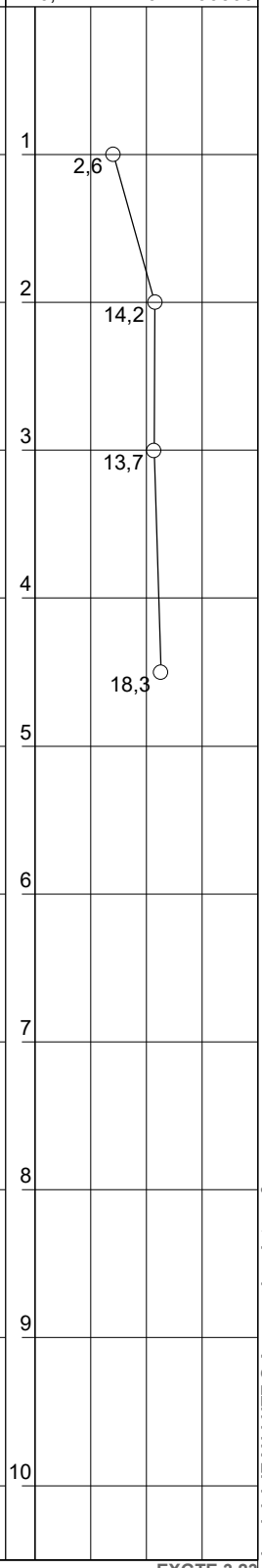
Sondage Pressiométrique
NF P 94-110-1

Dossier : LE RHEU
Construction d'un bâtiment scientifique
Affaire : 35.212655

X : **Date : 23/09/2021**
Y : **Echelle : 1/50**
Z : 99.95 Réf. **Page : 1/1** **EFR**

Cote z (m)	Profondeur (m/TN)	Lithologie	Niveau d'eau (m/TN)	Outils
99,90 m	0,05	Terre végétale		
99,35 m	0,60	Limon brun clair à passées beige ocre		
		Limon légèrement argileux brun ocre clair orangé	1,90 m Arrivée d'eau	
97,15 m	2,80			
		Altérite argileuse légèrement sableuse ocre orangé à graviers		
96,25 m	3,70			
		Altérite sablo-argileuse brun jaune clair à ocre jaune à graviers		THC Ø 63 mm
95,35 m	4,60			
		Altérite sablo-argileuse ocre jaune à nombreux graviers		
91,95 m	8,00			





Observations :
Eboulement du sondage à 5,30 m de profondeur.

EXGTE 3.23

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Forage : P10

Pénétromètre dynamique
Norme NF P 94-115

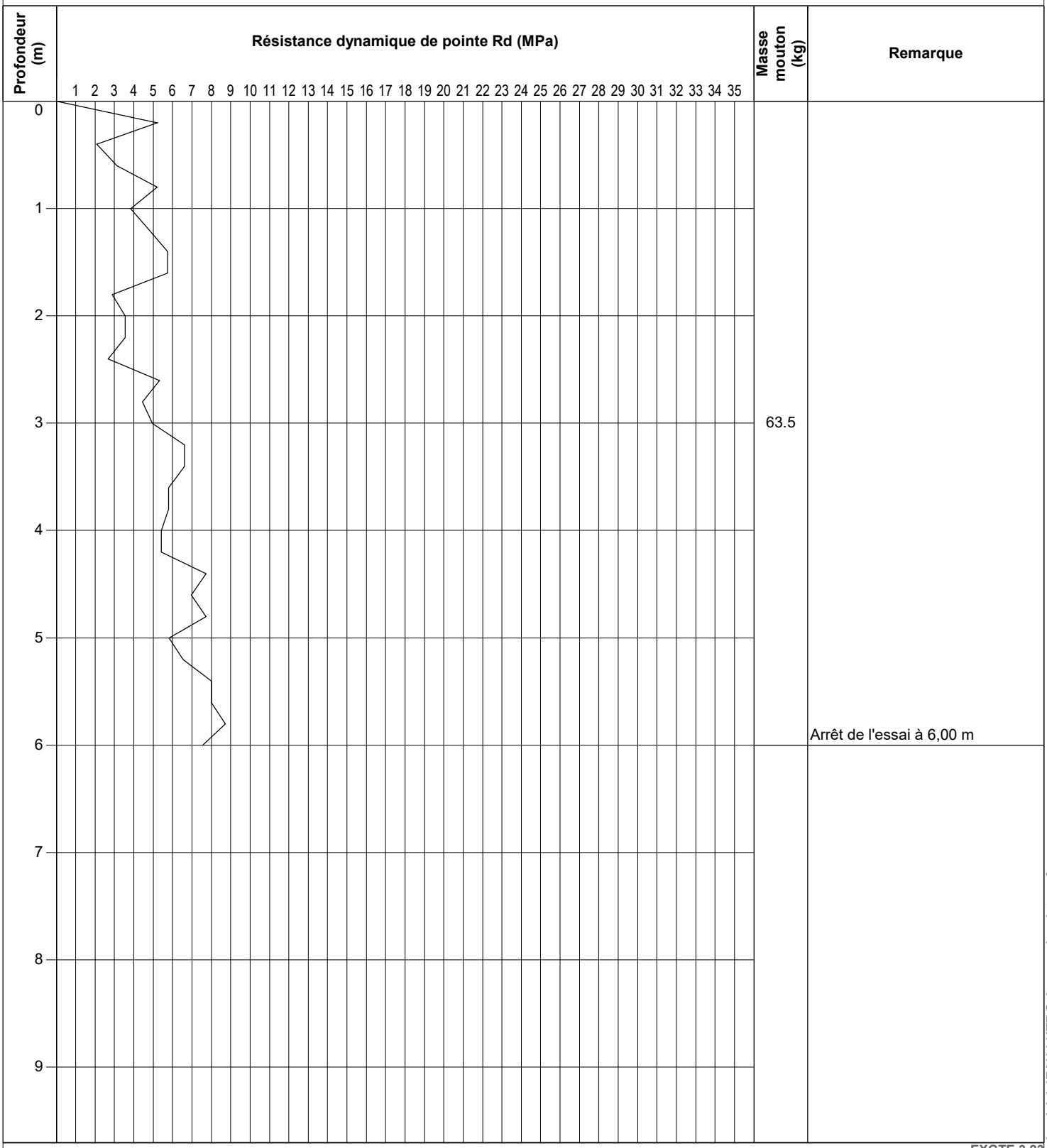
Dossier : LE RHEU
Construction d'un bâtiment scientifique

Affaire : 35.212655

X :
Y :
Z : 100.00 **Réf.**

Date : 30/09/2021
Echelle : 1/50
Page : 1/1

KLG



Caractéristiques du pénétromètre dynamique type B

Aire de la section droite de la pointe :	20 cm²	Masse enclume :	0,8565 kg
Hauteur de chute du mouton :	0,75 m	Masse d'une tige :	6,1523 kg
		Masse de la pointe :	1,0022 kg

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr
EXGTE 3.23

Forage : P20

Pénétromètre dynamique
Norme NF P 94-115

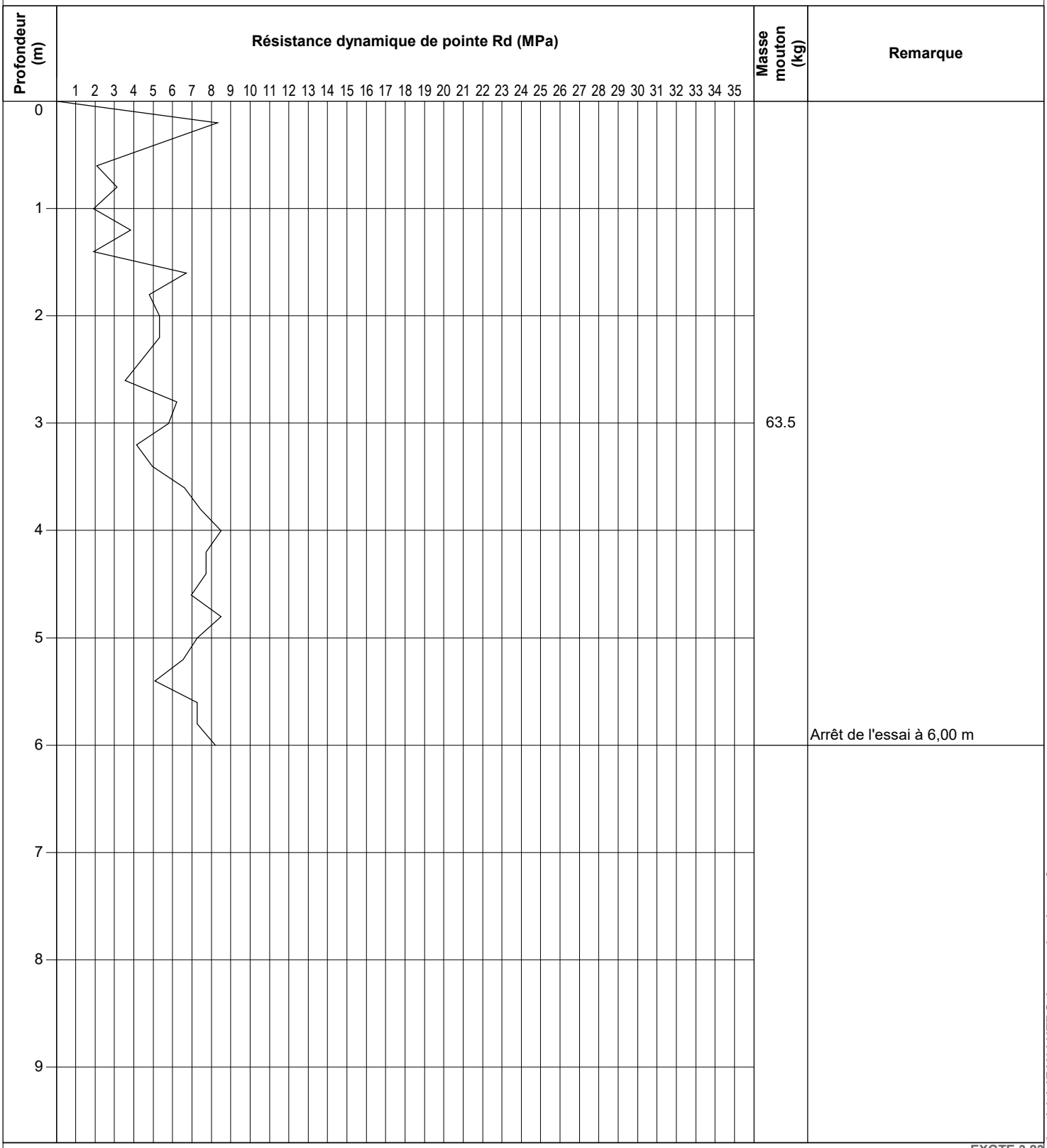
Dossier : LE RHEU
Construction d'un bâtiment scientifique

Affaire : 35.212655

X :
Y :
Z : 100.00 **Réf.**

Date : 30/09/2021
Echelle : 1/50
Page : 1/1

KLG



Caractéristiques du pénétromètre dynamique type B

Aire de la section droite de la pointe :	20 cm²	Masse enclume :	0,8565 kg
Hauteur de chute du mouton :	0,75 m	Masse d'une tige :	6,1523 kg
		Masse de la pointe :	1,0022 kg

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr
EXGTE 3.23

Dosage du Sulfate soluble dans l'acide (SO_4)

Norme NF EN 196-2

Dossier : LE RHEU ***Date :*** 13/10/2021

Affaire : 35.212655 ***Opérateur :*** ECO

N°	Sondage	Profondeur (en m)	Description du terrain	Teneur en Sulfates (en mg/kg)	Teneur en Matières séches (en % MB)
1	SP20	0,70-2,20	Limon légèrement argileux brun beige ocre orangé	**166**	**84,1**

Struct-Urb version 2.0.1

TITRE DE L'ETUDE :

35.212655 LE RHEU

Date : 22/10/2021
Variante :
Enregistrée sous : E:\2021 AFFAIRES\35\35.212655 LE RHEU\7-Rapport et calques\LE RHEU - Struct-URB.urb

DONNEES :

Type de voie : Voie de desserte
Type d'aménagement : Section courante
Chantier : Standard (Q1)
Trafic initial à la mise en service (par sens, par voie et par jour) : 10 Poids Lourds
Durée de service : 10 ans
Taux de croissance : 0 % par an
Plate-forme : PF2

VALEURS INTERMEDIAIRES :

Nombre Cumulé de Poids Lourds : 36 500
CAM : 0,40
NE arrondi : 20 000

GEL :

En condition de chantier standard (qualité Q1) :
Indice de Gel de Référence corrigé : 80 °C.j
Indice de Gel Admissible : 147 °C.j ==========> Chaussée protégée au gel

Q1 / PF2	Norme	Classe	Epaisseur
BBSG	NF P 98-130	2 ou 3	6 cm
GNT	NF EN 13285	1	15 cm **Total = 21 cm**

L'épaisseur indiquée est supérieure aux résultats du dimensionnement mécanique. Elle correspond au minimun technologique de mise en oeuvre.

Commentaire du matériau : BBSG
Utiliser un BBSG de granularité 0/10 pour des épaisseurs de 5 à 7 cm et un BBSG de granularité 0/14 pour 8 cm.
Demander au minimum un BBSG de classe 2.
Mais pour une utilisation en voie principale, voie bus ou giratoire, exiger un BBSG de classe 3.

Commentaire du matériau : GNT
GNT de type B (suivant avant-propos national dans la norme NF EN 13285) et de classe 1 (essai triaxial à chargement répété).

Commentaire de la structure : Enrobés/GNT
Minimum technologique : 15 cm
Maximum en une couche : 29 cm
A partir de 30 cm, une couche de base de 15 ou 20 cm, et une couche de fondation.
Épaisseur d'enrobés :
4 cm de 1000 à 10 000 NE
6 cm au delà, sauf pour PF1 où on trouvera 8 cm pour les NE les plus élevés

Station météo de référence : Rennes (35)
Type d'hiver : Hiver Exceptionnel
Indice de Gel brut : 80 °C.j
Correction taille d'agglomération : 1 (< à 100 000 Habitants)

Sol support
Gélivité : Très Gélif
Pente de la courbe de gonflement : Infinie
Quantité de gel admis par le sol support : 0

Plateforme
Epaisseur : 60 cm
Couche de forme : Non Traitée
Quantité de gel admis par la partie non gélive de la plateforme : 6,171428

Apport mécanique de la chaussée
En condition de chantier standard (qualité Q1) : 0