

DÉPARTEMENT DE LA RÉUNION
COMMUNE DE SAINT DENIS



DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE
Mission de type G5

FEVRIER 2021

DOSSIER N° 10123

Affaire suivie par B. LEFEU & J. BERTHOUMIEU

SOMMAIRE

I.	CADRE DE L'ÉTUDE	1
I.1.	REFERENTIELS DE L'ÉTUDE	1
I.2.	CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	1
I.3.	CATEGORIE GEOTECHNIQUE ET DUREE D'UTILISATION DU PROJET	2
II.	DONNEES EXISTANTES	2
II.1.	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET MORPHOLOGIQUE GENERAL.....	2
II.2.	HYDROGEOLOGIE – RISQUES NATURELS – Z.I.G.	3
II.2.1.	<i>Eaux souterraines</i>	3
II.2.2.	<i>Risques naturels</i>	4
II.2.3.	<i>Z.I.G. (Zone d'Influence Géotechnique)</i>	4
II.3.	EUROCODE 8 (RISQUE SISMIQUE).....	5
III.	RESULTATS DES INVESTIGATIONS.....	6
III.1.	CONTENU DE LA RECONNAISSANCE.....	6
III.2.	RECONNAISSANCE DES FONDATIONS DU VOILE SINISTRE.....	7
III.3.	ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE	14
IV.	PRINCIPE DE RENFORCEMENT	19
V.	REMARQUE.....	19

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE

MISSION DE TYPE G5

I. CADRE DE L'ÉTUDE

I.1. Référentiels de l'étude

Les missions d'ingénierie géotechnique sont encadrées par la norme NF P 94-500 qui définit leur enchainement et leur contenu afin de contribuer à la maîtrise des risques géotechniques en vue de fiabiliser la qualité, le délai d'exécution et le coût réel des ouvrages géotechniques (Cf. [Annexe 1](#)).

Sa dernière révision, en date du 30 novembre 2013, définit 3 étapes dans la réalisation d'un projet :

ETAPE 1		ETAPE 2		
Mission G1		Mission G2		
Étude géotechnique préalable		Étude géotechnique de conception		
Étude de site (ES)	Principes généraux de construction (PGC)	Phase AVP	Phase PRO	Phase DCE/ACT
/	Esquisse / APS	APD/AVP	PRO	DCE/ACT

ETAPE 3 / Études géotechniques de réalisation			
Mission G3 (à la charge de l'entreprise)		Mission G4 (à la charge du maître d'ouvrage)	
Étude et suivi géotechnique d'exécution		Supervision géotechnique d'exécution	
Phase Étude	Phase Suivi	Phase Étude	Phase Suivi
EXE / VISA	DET / AOR	EXE / VISA	DET / AOR

Elle est complétée par la Mission G5, Diagnostic Géotechnique, qui peut intervenir à toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant.

I.2. Contexte et objectifs de l'étude

Dans le cadre de l'apparition de désordres (fissures) au droit du bâtiment S5 de l'Université de la Réunion, située avenue George Brassens, sur la commune de SAINT DENIS, cette dernière a missionné le Bureau d'Etudes SEGC afin de mener des investigations structurelles et géotechniques au droit de la zone sinistrée.

Les objectifs de l'étude sont (mission G5) :

- ❑ Définir le cadre géologique, hydrogéologique et géotechnique général de la zone ;
- ❑ Réaliser des investigations au droit des fondations pour détermination de leur géométrie et de la nature du sol d'assise ;
- ❑ Réaliser des sondages pénétrométriques lourds afin de déterminer la nature des formations en profondeur et de quantifier leurs caractéristiques géotechniques ;
- ❑ Donner un avis sur l'origine des désordres ;
- ❑ Définir un principe de renforcement et/ou de reprise.

Date d'intervention sur site : le 10/12/2020.

I.3. Catégorie géotechnique et durée d'utilisation du projet

Selon la norme NF EN 1997-1 complétée par l'Annexe N de la NF P 94-216, afin d'établir les exigences minimales de calcul relatives à l'ampleur et au contenu des reconnaissances géotechniques, la complexité de chaque ouvrage doit être identifiée ainsi que les risques associés à sa construction.

Classe de conséquence	Conditions de site	Catégorie géotechnique	Base des justifications
CC1	Simple et connues	1	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative admises
	Complexes	2	Reconnaissance géotechnique et calculs nécessaires
CC2	Simple	2	
	Complexes	3	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis
CC3	Simple ou complexes	3	

Catégorie de durée d'utilisation de projet	1	3	4	5
Durée indicative d'utilisation du projet (années)	10	25	50	100

II. DONNEES EXISTANTES

II.1. Contexte géologique et morphologique général

D'après la carte pédologique de la Réunion au 1/50000^{ème}, la zone se caractérise en surface par des sols ferrallitiques brun-rouges faiblement désaturés.

D'après la carte géologique au 1/50000^{ème}, le substratum se compose d'accumulations de coulées basaltiques et andésitiques (Hawaïte, Mugearites), aphyriques ou à phénocristaux de feldspath et d'olivine généralement peu abondants, issues de la phase IV d'activité du massif du Piton des Neiges.

D'un point de vue morphologique, nous nous situons sur l'extrémité d'une ancienne planèze modelée en glaciaire par reptation et glissement des altérites.

=> La lithologie attendue correspond donc à la formation de sols ferrallitiques sur altérites (limons compacts d'altération basaltique +/- blocailleux) reposant au toit de coulées basaltiques +/- altérées.

D'après la carte topographique au 1/25 000° de l'IGN, la parcelle se situe environ à la cote altimétrique +73m NGR. La plateforme du bâtiment S5 est plane.



II.2. Hydrogéologie – Risques naturels – Z.I.G.

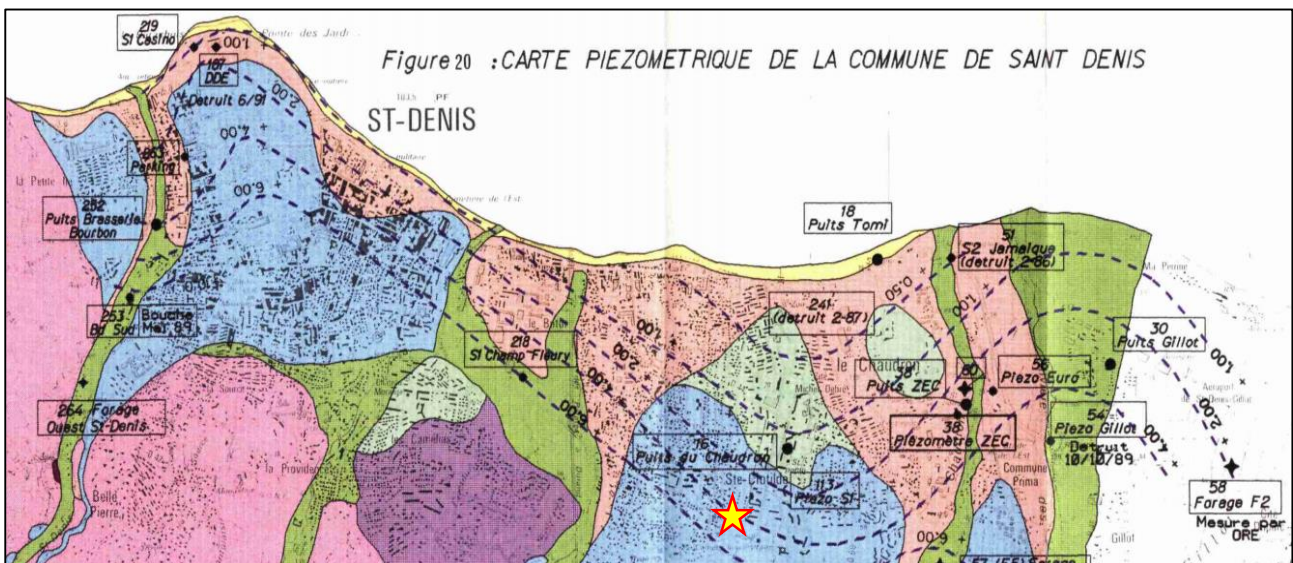
II.2.1. Eaux souterraines

Du point de vue hydrogéologique, la zone urbaine de Saint-Denis correspond aux basses pentes du flanc Nord du massif du Piton des Neiges où des cônes alluvionnaires, parfois jointifs, correspondent au débouché en mer des cours d'eau les plus importants entaillant ces pentes.

On distingue dans cet ensemble plusieurs types de nappe :

- **Des nappes superficielles non soutenues (ou perchées)** : leur présence est liée à celle des niveaux imperméables discontinus (basaltes altérés/argilisés) susceptibles d'intercepter et de retenir localement les écoulements souterrains. Elles sont centralisées en partie haute de la zone urbaine, au niveau du Jardin de l'Etat, et se déversent plus bas dans la nappe de base ;
- **La nappe de base** : en continuité hydraulique entre le milieu souterrain basaltique et le milieu alluvionnaire qui constitue son exutoire littoral. Cette nappe est en équilibre avec le biseau salé provenant de l'Océan. Elle est alimentée par l'eau douce provenant des « hauts » ;
- **Les nappes alluviales** : situées dans les lits des ravines, elles ne sont souvent alimentées qu'en saison cyclonique, en raison du régime transitoire des écoulements. Ne constituant pas un réservoir permanent, elles participent cependant à la recharge du complexe aquifère de base.

D'ailleurs une autre carte piézométrique du BRGM montre que le bâtiment se situe dans une zone où la nappe de base est entre +4 et +5m NGR.



II.2.2. Risques naturels

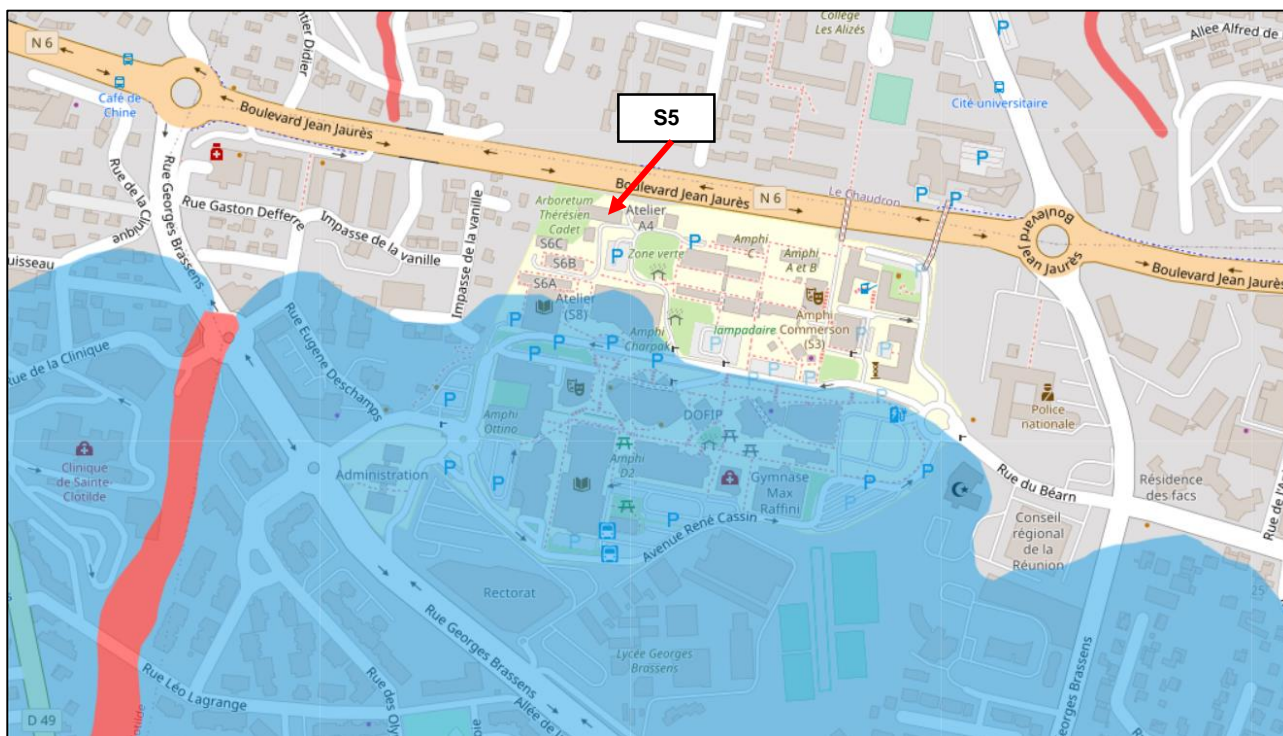
Après consultation de la BDMVT (Base de données nationale mouvements de terrain) disponible sur georisques.gouv.fr, celle-ci ne fait référence à aucun événement qui aurait eu lieu à proximité.

D'après la cartographie réglementaire du Plan de Prévention des Risques Naturels de la commune de Saint-Denis (approuvé le 17/10/2012), la zone d'étude n'est concernée par aucun zonage réglementaire et par conséquent **n'est pas soumise à des contraintes spécifiques liées à l'aléa mouvements de terrain.**

Celles-ci sont consultables dans le règlement du PPR disponible en mairie ou sur le site internet de la Préfecture.

La parcelle proprement dite est concernée par un aléa :

- **Mouvement de terrain nul ;**
- **Inondation nul ;**
- **Hors zonage PPR.**



II.2.3. Z.I.G. (Zone d'Influence Géotechnique)

Elle correspond au volume de terrain au sein duquel il y a interaction entre l'ouvrage ou l'aménagement du terrain (du fait de sa réalisation et de son exploitation) et l'environnement (sols et ouvrages environnants).

Sa forme et son extension sont spécifiques à chaque site et chaque ouvrage et sont susceptibles d'évoluer selon les vérifications ultérieures, les choix constructifs et les méthodes d'exécution retenues à l'étape 3.

Contraintes particulières liées à la ZIG

- Surcharges liées aux constructions ;
- Zone fortement bâtie avec mitoyennetés et accès réduits.

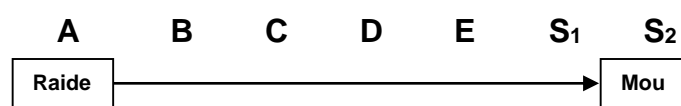
Sensibilité générale

- Zone non concernée par l'aléa mouvements de terrain ;
- Plateforme bâtiment plane surement créée en déblais remblais.

II.3. Eurocode 8 (risque sismique)

Le classement de l'ouvrage selon le décret d'application du 22/10/2010 est du ressort du Maître d'Ouvrage. Suivant le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français, le département de la Réunion se classe en zone de sismicité 2 (faible).

Selon l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments et ouvrages de la classe dite « à risque normal », les sols présents sur site sont classés en 7 catégories différentes, de A (rocher – formation raide) à S₂ (sols liquéfiables), selon leur nature et conformément à la norme NF EN 1998-1 de Septembre 2005 de l'Eurocode 8.



Ce classement traduit la vitesse moyenne des ondes de cisaillement sur les 30 premiers mètres de profondeur (V_{s30}).

Rappel de la classification :

Classe de sol A : Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 mètres de matériau moins résistant.

Vitesse des ondes de cisaillement : $V_{s30} \geq 800\text{m/s}$

Essais pressiométriques : $P_{le}^* \geq 5\text{MPa}$ et $E_m \geq 100\text{MPa}$

Classe de sol B : Dépôts raides de sables et/ou graviers d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des caractéristiques mécaniques avec la profondeur.

Vitesse des ondes de cisaillement : $360\text{m/s} \leq V_{s30} \leq 800\text{m/s}$

Essais pressiométriques : $P_{le}^* \geq 2\text{MPa}$ et $E_m \geq 20\text{MPa}$ (sols granulaires)

$P_{le}^* \geq 2\text{MPa}$ et $E_m \geq 25\text{MPa}$ (sols cohérents)

Classe de sol C : Dépôts profonds de sables et/ou graviers de densité moyenne ayant des épaisseurs de quelques dizaines de mètres à plusieurs centaines de mètres.

Vitesse des ondes de cisaillement : $180\text{m/s} \leq V_{s30} \leq 360\text{m/s}$

Essais pressiométriques : $P_{le}^* \geq 1\text{MPa}$ et $E_m \geq 8\text{MPa}$ (sols granulaires)

$P_{le}^* \geq 0.5\text{MPa}$ et $E_m \geq 5\text{MPa}$ (sols cohérents)

Classe de sol D : Dépôts de sols sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant en majorité des sols cohérents mous à fermes.

Vitesse des ondes de cisaillement : $V_{s30} \leq 180\text{m/s}$

Essais pressiométriques : $P_{le}^* \leq 1\text{MPa}$ et $E_m \leq 8\text{MPa}$ (sols granulaires)

$P_{le}^* \leq 0.5\text{MPa}$ et $E_m \leq 5\text{MPa}$ (sols cohérents)

Classe de sol E : Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de V_s de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5m et environ 20m reposant sur un matériau plus raide avec $V_s > 800\text{m/s}$.

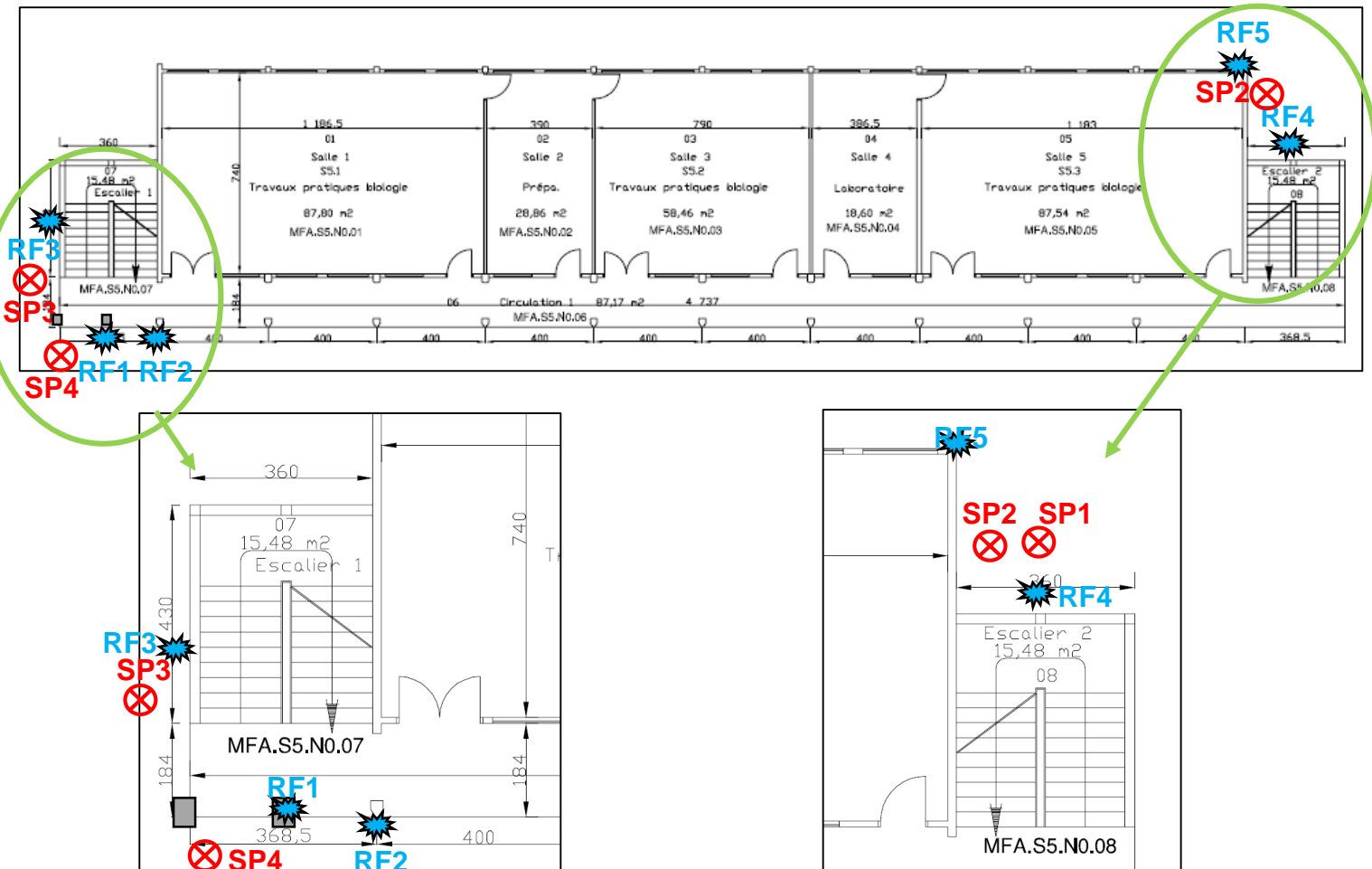
⇒ **Le site peut être classé en B : Limons +/- compacts peu épais (< 5m) sur substratum basaltique +/- altéré dominant sur les 30 premiers mètres.**

III. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

III.1. Contenu de la reconnaissance

Deux types de sondages ont été effectués :

- ✚ Cinq (5) reconnaissances de fondations (RF)
- ✚ Quatre (4) sondages pénétrométriques afin d'estimer la qualité mécanique du sol d'assise du bâtiment (SP).

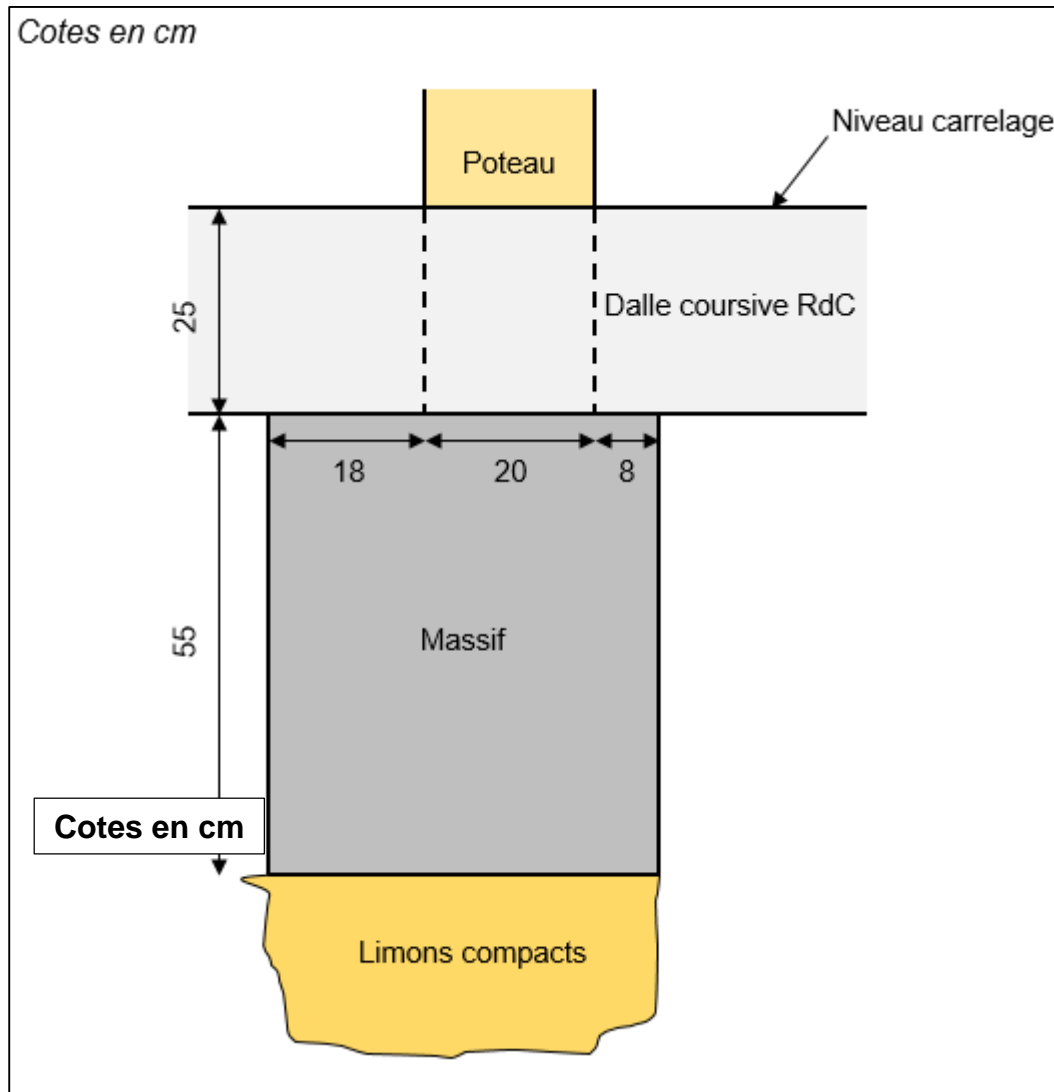


III.2. Reconnaissance des fondations du voile sinistré

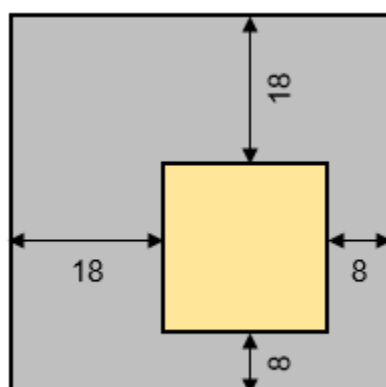
Cinq fouilles (RF1 à RF5) ont été effectuées au moyen d'une minipelle en vue de reconnaître les fondations des escaliers 1 et 2 du bâtiment S5 de la Faculté des Sciences et Technologies. Les résultats de cette reconnaissance sont présentés ci-dessous :

RF1

La fouille RF1 a été menée au niveau de l'escalier 1, au droit du poteau situé en face le mur d'échiffre sur la coursière du RdC.



Vue en coupe



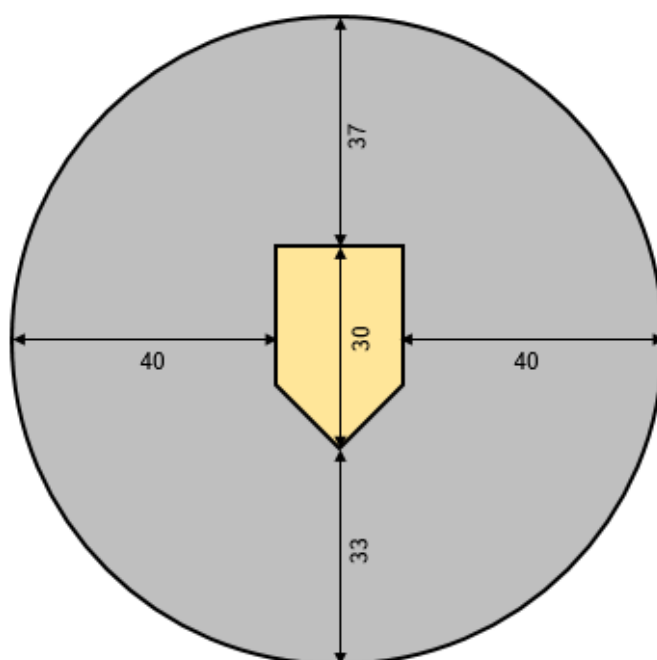
Vue en plan



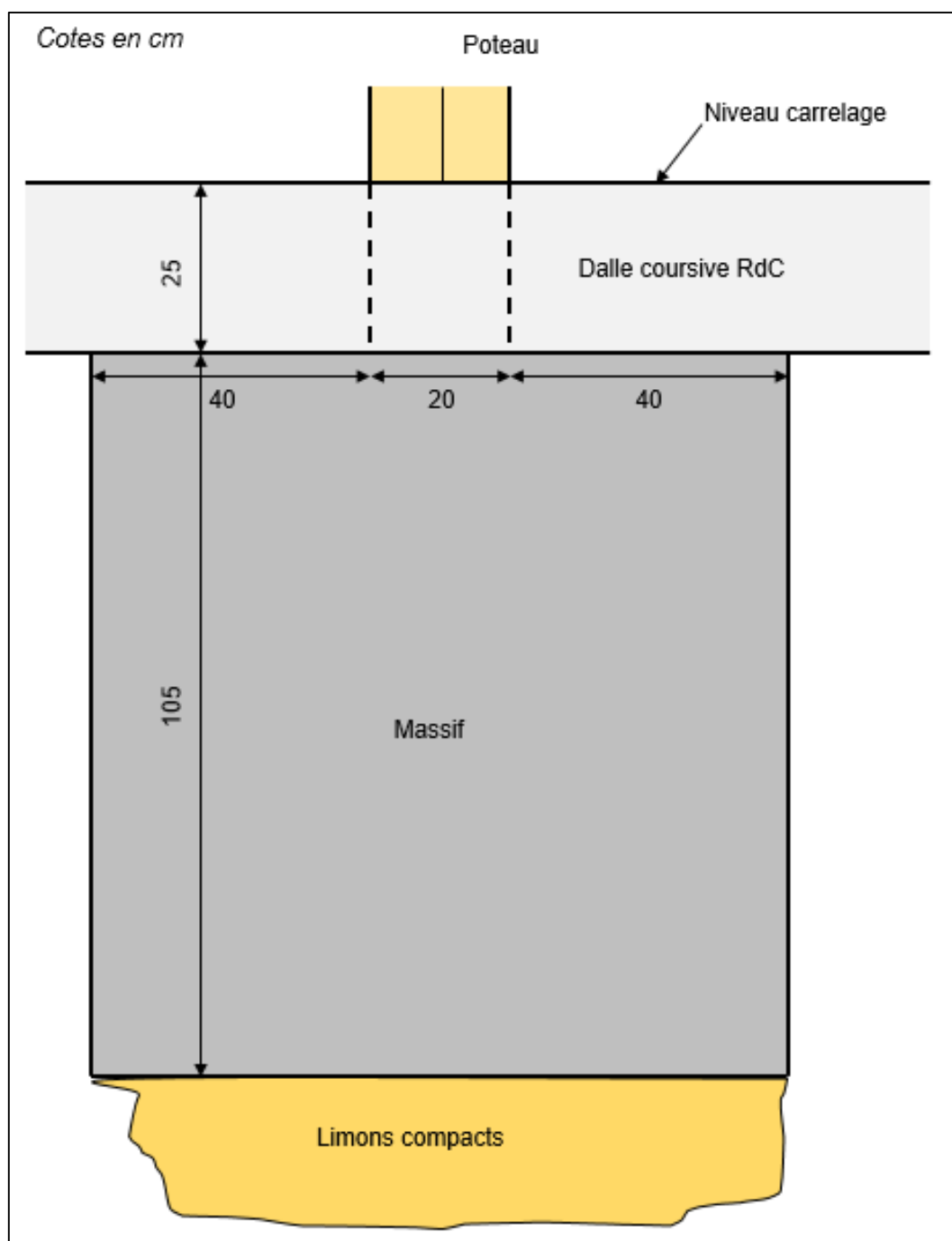
Le poteau repose sur une semelle isolée de section 45cm x 45cm (en supposant la symétrie de la semelle) à la cote -0.8m par rapport au carrelage de la coursive. Il est fondé dans des limons compacts correspondant probablement à des remblais compactés. Notons que le poteau n'est pas centré sur la semelle.

RF2

La fouille RF2 a été menée au niveau de l'escalier 1, au droit du premier poteau supportant la coursive du R+1.



Vue en plan

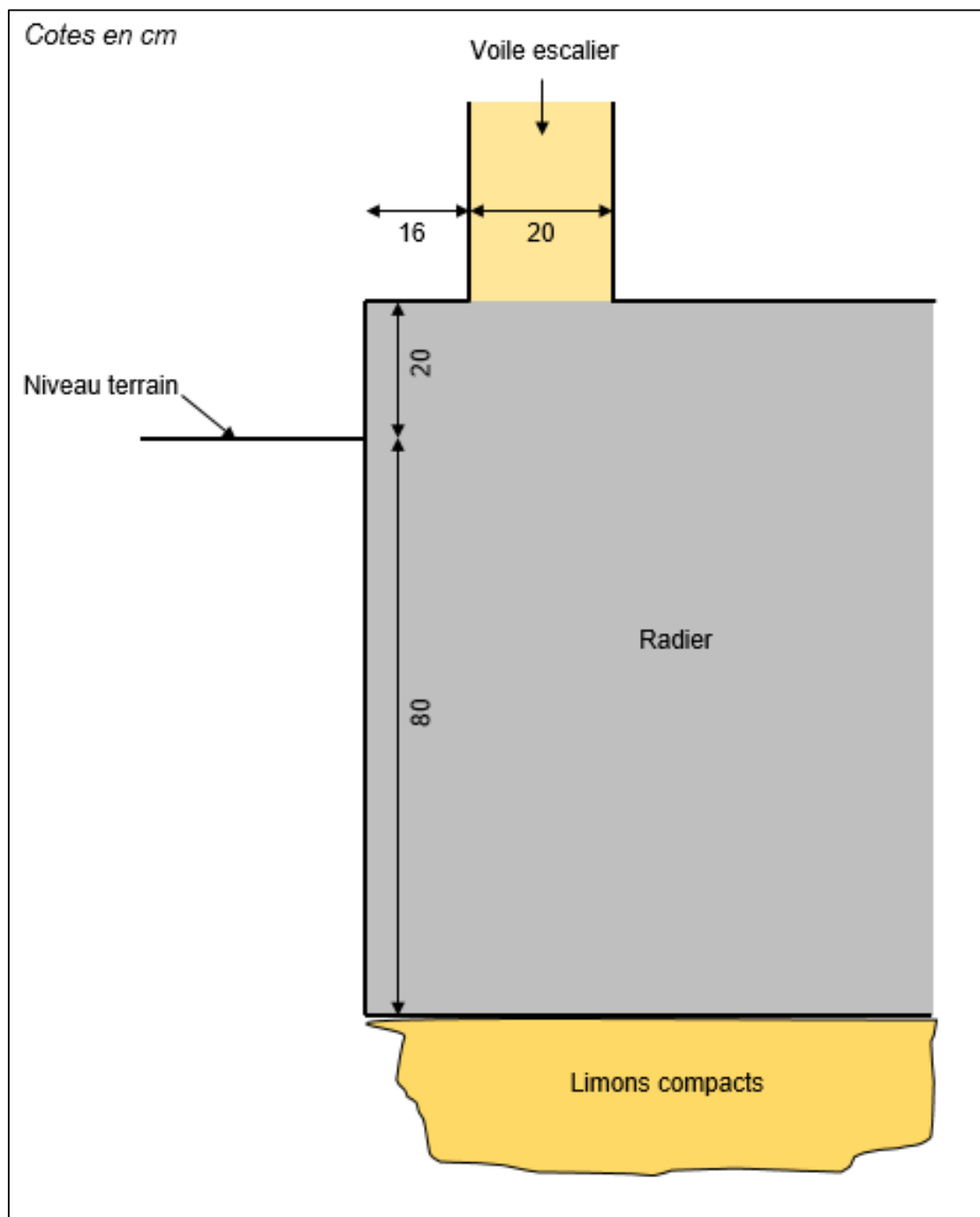


Vue en coupe

Le poteau repose sur une semelle isolée circulaire de diamètre 1.0m (regard d'assainissement) à la cote -1.3m par rapport au carrelage de la coursive. Il est fondé dans des limons compacts correspondant probablement à des remblais compactés.

RF3

La fouille RF3 a été menée au niveau de l'escalier 1, au droit du voile extérieur de l'escalier.

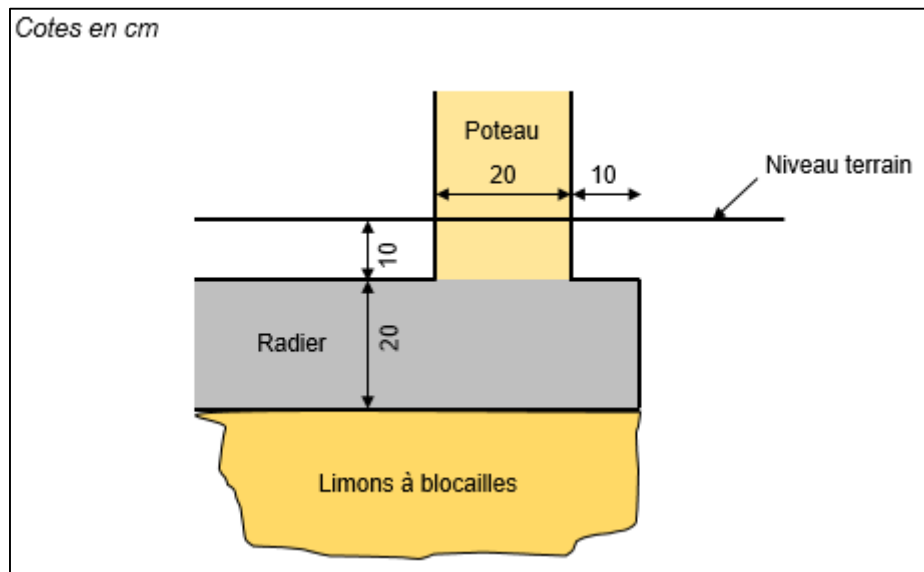




Le voile repose sur un radier de 16cm de débord et de 1.0m d'épaisseur à la cote - 0.8m par rapport au carrelage de la coursive. Il est fondé dans des limons compacts correspondant probablement à des remblais compactés.

RF4

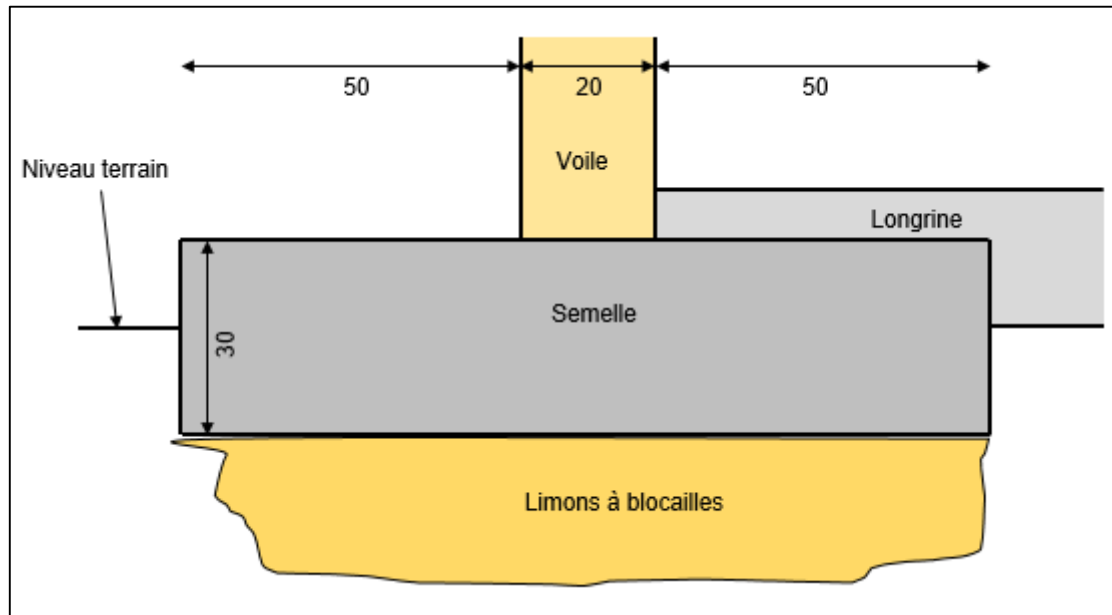
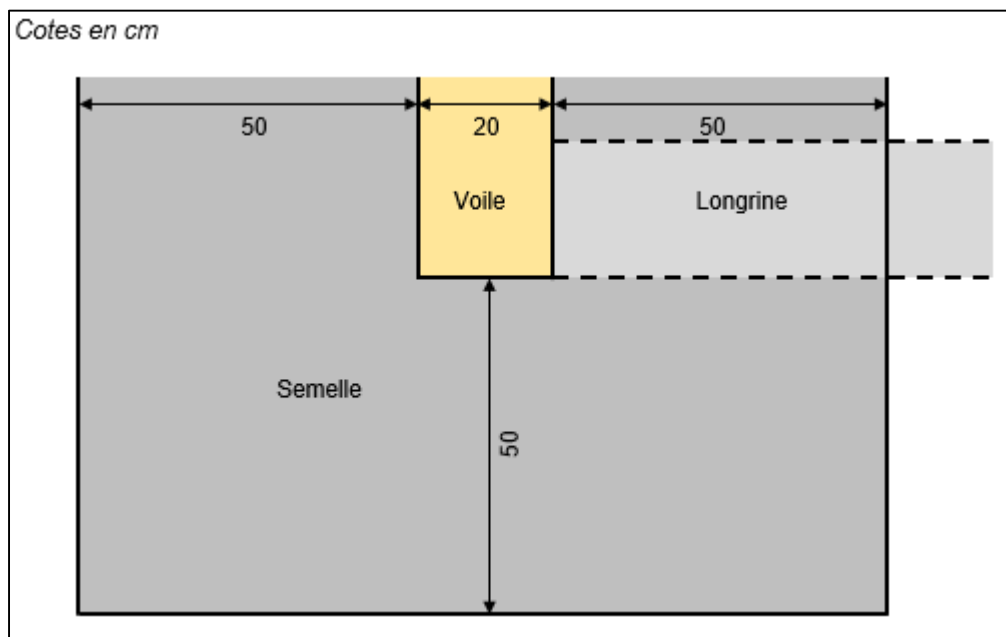
La fouille RF4 a été menée au niveau de l'escalier 2, au droit du poteau situé en face le mur d'échiffre sur le radier.



Le poteau repose sur un radier de 20cm d'épaisseur à la cote -0.3m par rapport au terrain. Il est fondé dans des limons à blocailles compacts correspondant probablement à des remblais compactés.

RF5

La fouille RF5 a été menée au droit du voile servant de pignon au bâtiment.

Cotes en cm**Vue en coupe****Vue en plan**



Le voile repose sur une semelle filante de débord 50cm (SF120 supposée) et de 30cm d'épaisseur à la cote -0.2m par rapport au terrain. Il est fondé dans des limons à blocailles compacts correspondant probablement à des remblais compactés.

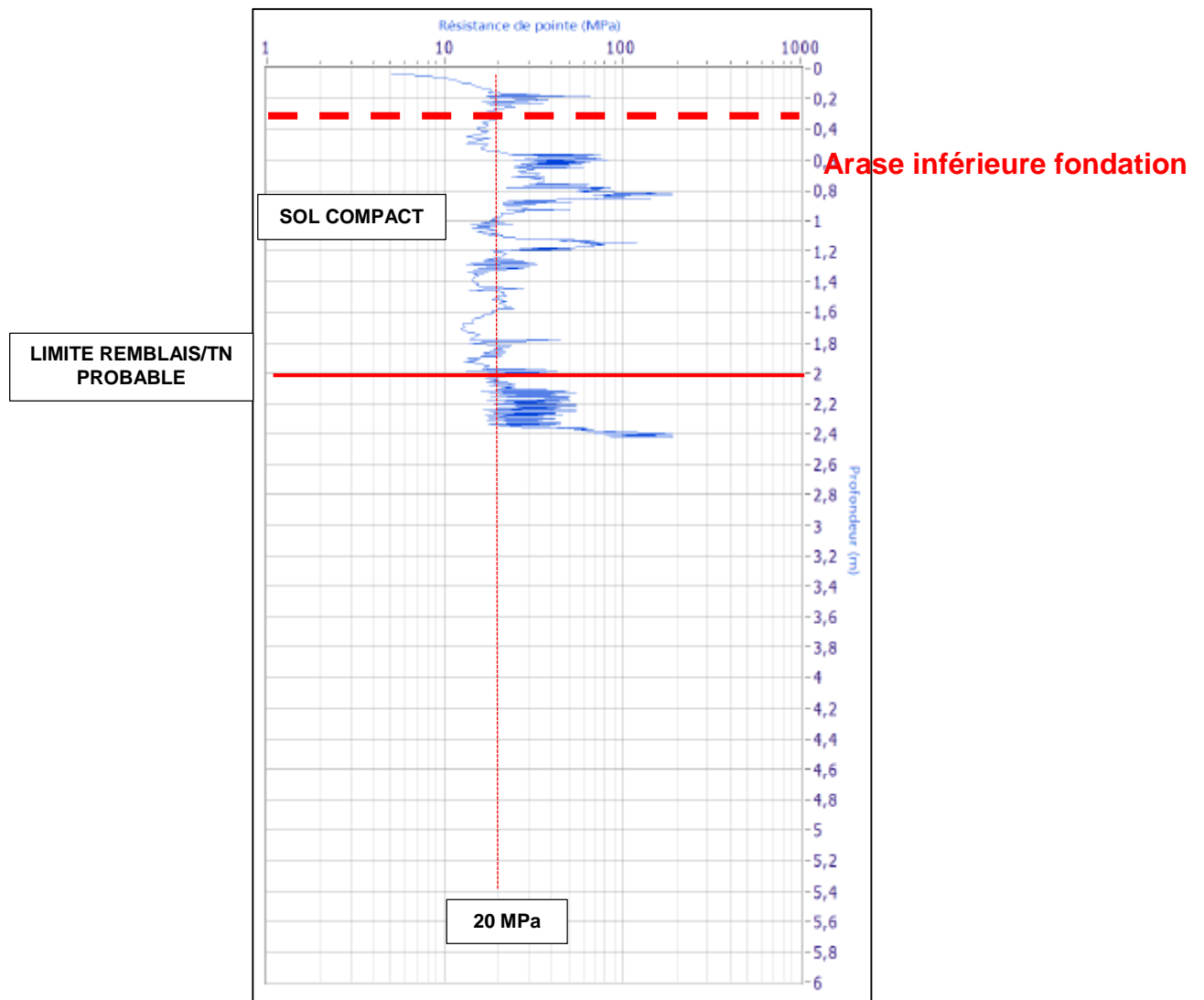
III.3. Essais au pénétromètre dynamique

Des sondages au pénétromètre dynamique lourd ont été réalisés afin d'estimer la qualité mécanique des terrains testés. Pour ces essais, il est mesuré la résistance de pointe (R_d) résultant de l'enfoncement d'un train de tiges dans le sol. Les résultats de pointes R_d sont exprimés en MPa.

D'une manière générale, l'estimation de la qualité mécanique des terrains testés se fait comme suit :

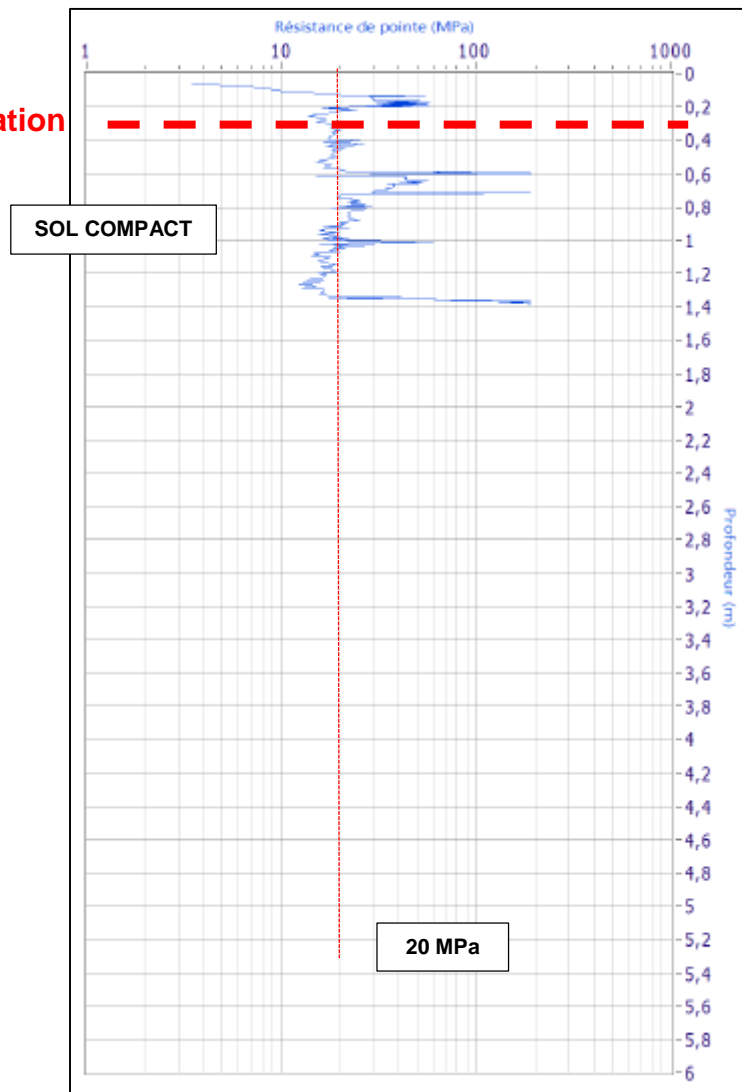
- ✚ Lorsque $R_d < 2.0$ MPa, les terrains sont de faible portance, peu ou pas compactés, non consolidés et risquant de tasser sous leur propre poids.
- ✚ Si $2.0 \text{ MPa} < R_d < 5.0 \text{ MPa}$, les terrains testés sont faiblement à moyennement résistants et peuvent tasser sous l'effet d'une charge, même faible.
- ✚ Enfin, lorsque $R_d > 5.0 \text{ MPa}$, les terrains apparaissent peu compressibles et normalement consolidés.

Les profils de pénétration complets sont joints en annexe.

Sondage SP1

Le sondage a été effectué côté escalier 2, dans l'angle du bâtiment.

- De 0.00m à -0.20m : Rd compris entre 5.0 MPa et 15.0 MPa \Rightarrow sol compact, remblai probable.
- De -0.20m à -2.40m : Rd > 10.0 MPa \Rightarrow sol compact et consolidé avec passage de blocs. Refus sur bloc

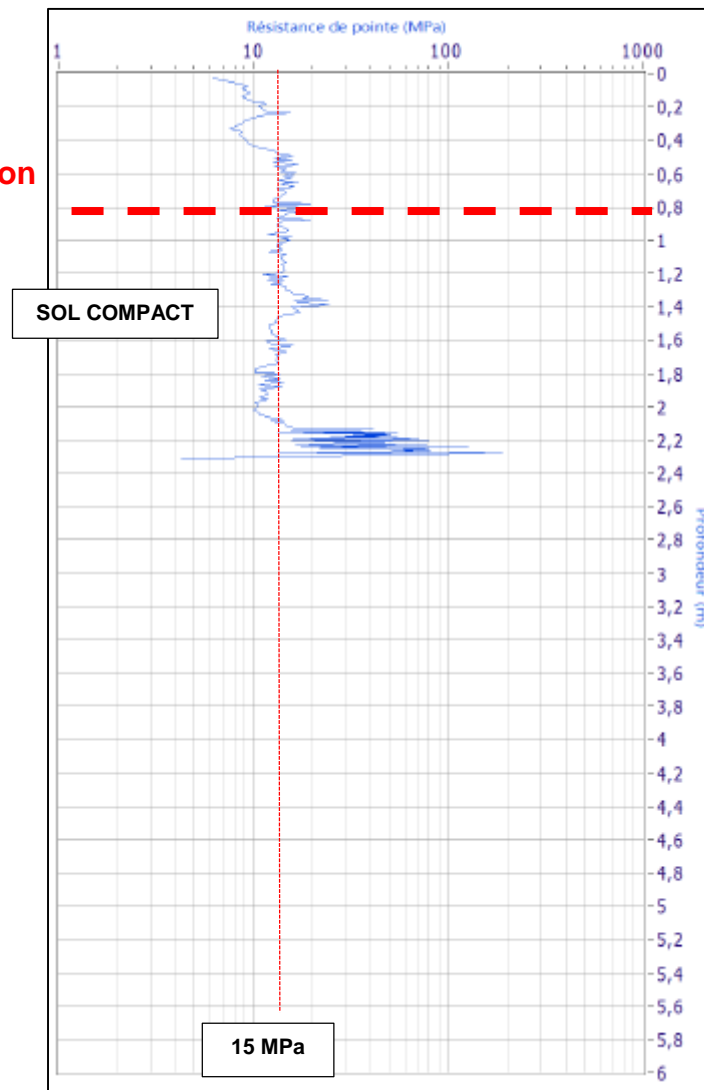
Sondage SP2**Arase inférieure fondation**

Le sondage a été effectué côté escalier 2, dans l'angle du bâtiment.

- De 0.00m à -0.20m : Rd compris entre 5.0 MPa et 55.0 MPa \Rightarrow sol compact, remblai probable.
- De -0.20m à -1.40m : Rd > 10.0 MPa \Rightarrow sol compact et consolidé avec passage de blocs. Refus sur bloc.

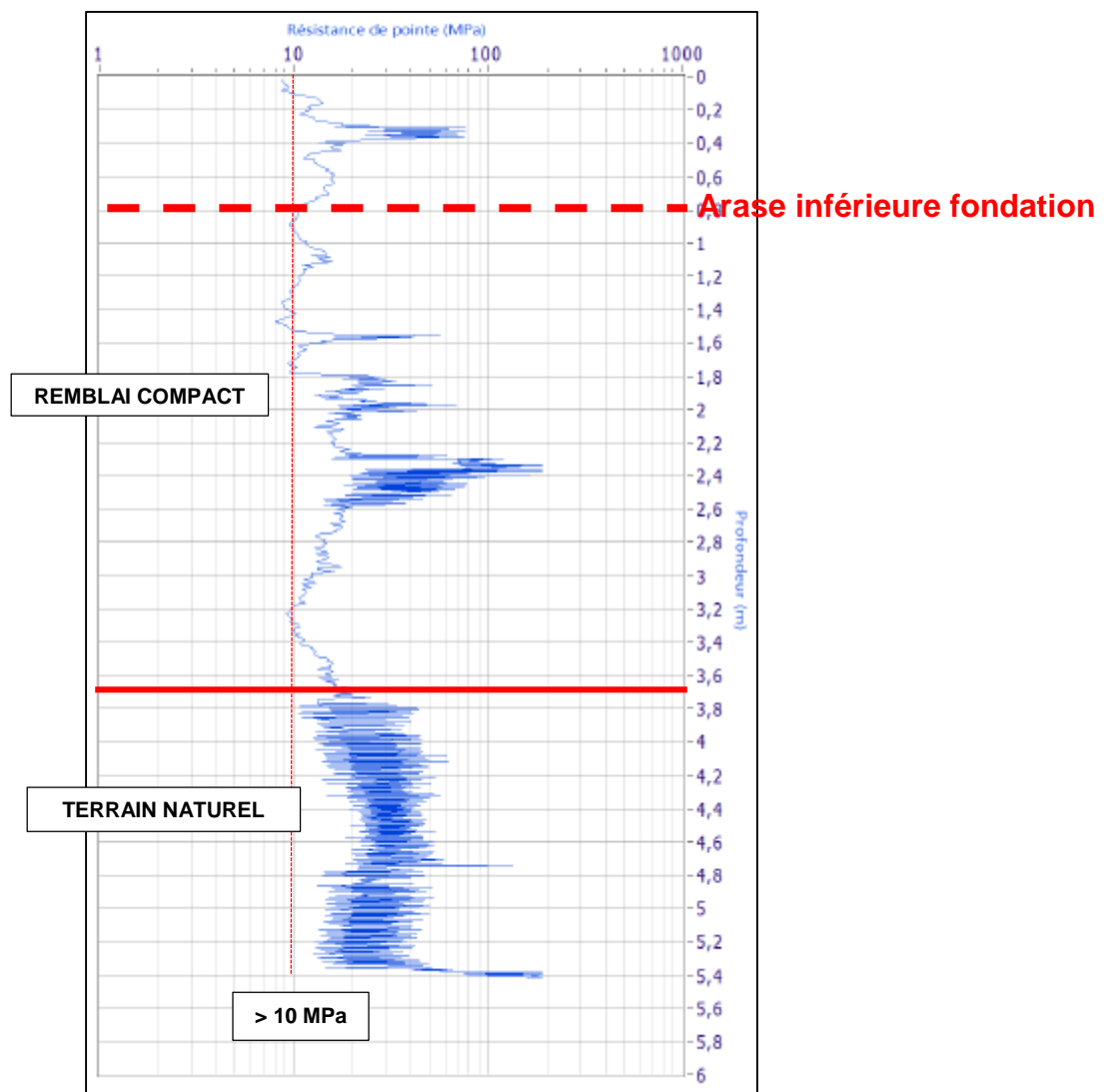
Sondage SP3

Arase inférieure fondation



Le sondage a été effectué au droit du radier sur lequel repose l'escalier 1.

- De 0.00m à -0.50m : Rd compris entre 6.0 MPa et 15.0 MPa \Rightarrow sol compact, remblai probable.
- De -0.50m à -2.30m : Rd > 10.0 MPa \Rightarrow sol compact et consolidé avec passage de blocs. Refus sur bloc.

Sondage SP4

Le sondage a été effectué au niveau des poteaux de l'escalier 1.

- De 0.00m à -3.20m : $R_d > 8.0 \text{ MPa} \Rightarrow$ sol compact et consolidé, remblai probable.
- De -3.20m à -5.40m : R_d compris entre 8.0 MPa et 150.0 MPa \Rightarrow sol compact et consolidé, TN probable. Refus sur bloc.

IV. PRINCIPE DE RENFORCEMENT

Les cages d'escalier, et plus particulièrement la n°1, semblent se désolidariser du bâtiment.

D'après les observations faites au droit de nos sondages, ces dernières sont assises sur radier de 0.1m pour le n°1 et de 0.2m pour le n°2.

Au vu des résultats des essais pénétrométriques montrant que le sol en place présente une résistance dynamique minimale de 10MPa pour une moyenne d'environ 15MPa, il apparait que ce n'est pas la compacité du sol qui est en cause dans la fissuration du bâtiment, ou du moins, dans la zone testée.

Cependant, au droit du bâtiment, des variations de la qualité du compactage sont possibles. Ces possibles différences de compactage et donc de résistance dans les remblais ainsi que la différence de mode de fondation observé entre le bâtiment assis sur semelles filante et les escaliers fondés sur radier sont susceptibles d'avoir créé des tassements différentiels ayant causé la fissuration du bâtiment.

La dégradation de l'état structurel de cette vieille bâtisse peut aussi être un des facteurs de fissuration du bâtiment.

V. REMARQUE

Les conclusions du présent rapport sont données sous réserve des « *conditions d'utilisation des rapports géotechniques* » présentées en Annexe 1.

Fait à Saint-Paul, le 23 février 2021

Le Géologue Géotechnicien

J. BERTHOUMIEU

SEGC
Sarl capital 99 100 000 Euros
8 av. Rivière des Galets
CAMPANE - 97460 SAINT PAUL
Tél. 0262 45 50 17 - Fax. 0262 22 50 01
SIRET 399 172 733 00020
RC 94 B 596 / APE 7112 B

ANNEXES

**ANNEXE 1 : NORME NF P-94-500
CONDITION D'UTILISATION DES RAPPORTS GEOTECHNIQUES**

ANNEXE 2 : RESULTATS DES SONDAGES PENETROMETRIQUES

ANNEXE 1

NORME NF P-94-500 :

**CONDITION D'UTILISATION DES RAPPORTS
GEOTECHNIQUES**

Afnor, Normes en ligne pour: SEGC le 23/01/2014 à 05:34

NF P94-500:2013-11

— 15 —

NF P 94-500

4.2.4 Tableaux synthétiques

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

Afnor, Normes en ligne pour: SEGC le 23/01/2014 à 05:34

NF P94-500:2013-11

NF P 94-500

— 16 —

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

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

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

Phase DCE / ACT

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

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

Afnor, Normes en ligne pour: SEGC le 23/01/2014 à 05:34

NF P94-500:2013-11

— 17 —

NF P 94-500

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)**ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)****ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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

ANNEXE 2

RESULTAT DES SONDAGES PENETROMETRIQUES

<p style="text-align: center; font-size: small;">LABORATOIRE D'ANALYSE ET DE CONTRÔLE Géologie - Géotechnique - Hydrogéologie - Assainissement - Environnement - Matériaux</p>	<h2 style="margin: 0;">Essai au pénétromètre dynamique à énergie constante</h2> <h3 style="margin: 5px 0 0 0;">Contrôle de compactage (fct B)</h3>	<p>Organisme : Site : UNIVERSITE DE LA REUNION Sondage : SP1.grz Date : 10/12/2020 Heure : 08:09 Opérateur : FB Responsable : ET</p>
Conforme à la norme NF P 94-063	Acceptabilité du sondage : <input type="checkbox"/> Acceptable <input type="checkbox"/> Non acceptable <input type="checkbox"/> Avis impossible	
<p>Localisation :</p> <p>Type de repérage : X : -20,900530 Y : 55,483630 Z : 100,60 m</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div> <p>Essai :</p> <p> Profondeur visée : 6,00 m Profondeur atteinte : 2,43 m Nombre de coups : 399 Profondeur pré-forage : 0,00 m Condition arrêt : Temporaire Nappe : Inexistante </p> <p>Caractéristiques :</p> <p> Type d'appareil : GRIZZLY Etalonné le : Hauteur de chute : 0,76 m Masse du mouton : 63,5 kg Section de pointe : 20 cm² </p> <p style="font-size: x-small;">Matériel étalonné par le ministère de l'équipement CER Rouen</p>	<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p style="text-align: center; color: blue;">Résistance de pointe (MPa)</p> </div> <div style="flex: 0.1; text-align: center; color: blue; font-size: small; writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Profondeur (m)</div> <div style="flex: 1; border: 1px solid black; margin-left: 5px;"></div> </div>	
<p>Commentaires :</p>		
<p>Nature du réseau :</p> <p> Hauteur : 0,00 m Largeur : 0,00 m Profondeur génératrice sup. : 0,00 m Diamètre canalisation : 0 mm Epaisseur enrobé : 0,00 m </p>	<p>Anomalie globale : Calcul impossible Couple : Non défini</p>	

Objectifs de densification et matériaux par épaisseur de couche réalisée :

Couche	Epaisseur	Objectif	Zone	Classe	Matériau	Date	Organisme class. sols
1							
2							
3							
4							
5							

Mesures de couple :

Longueur de tige (m)													
Couple (Nm)													

<small>LABORATOIRE D'ANALYSE ET DE CONTRÔLE Géologie - Géotechnique - Hydrogéologie - Assainissement - Environnement - Matériaux</small>	Essai au pénétromètre dynamique à énergie constante Contrôle de compactage (fct B)	Organisme : Site : UNIVERSITE DE LA REUNION Sondage : SP2.grz Date : 10/12/2020 Heure : 08:30 Opérateur : FB Responsable : ET
Conforme à la norme NF P 94-063	Acceptabilité du sondage : <input type="checkbox"/> Acceptable <input type="checkbox"/> Non acceptable <input type="checkbox"/> Avis impossible	
Localisation : Type de repérage : X : -20,900542 Y : 55,483593 Z : 90,60 m 	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> Résistance de pointe (MPa) 1 10 100 1000 </div> <div style="text-align: right;"> 0 -0,2 -0,4 -0,6 -0,8 -1 -1,2 -1,4 -1,6 -1,8 -2 -2,2 -2,4 -2,6 -2,8 -3 -3,2 -3,4 -3,6 -3,8 -4 -4,2 -4,4 -4,6 -4,8 -5 -5,2 -5,4 -5,6 -5,8 -6 </div> </div>	
Essai : Profondeur visée : 6,00 m Profondeur atteinte : 1,39 m Nombre de coups : 251 Profondeur pré-forage : 0,00 m Condition arrêt : Temporaire Nappe : Inexistante	Caractéristiques : Type d'appareil : GRIZZLY Etalonné le : Hauteur de chute : 0,76 m Masse du mouton : 63,5 kg Section de pointe : 20 cm² <i>Matériel étalonné par le ministère de l'équipement CER Rouen</i>	
Commentaires :		
Nature du réseau : Hauteur : 0,00 m Largeur : 0,00 m Profondeur génératrice sup. : 0,00 m Diamètre canalisation : 0 mm Epaisseur enrobé : 0,00 m		

Objectifs de densification et matériaux par épaisseur de couche réalisée :

Couche	Epaisseur	Objectif	Zone	Classe	Matériau	Date	Organisme class. sols
1							
2							
3							
4							
5							

Mesures de couple :

Longueur de tige (m)													
Couple (Nm)													

<small>LABORATOIRE D'ANALYSE ET DE CONTRÔLE Géologie - Géotechnique - Hydrogéologie - Assainissement - Environnement - Matériaux</small>	Essai au pénétromètre dynamique à énergie constante Contrôle de compactage (fct B)	Organisme : Site : UNIVERSITE DE LA REUNION Sondage : SP3.grz Date : 10/12/2020 Heure : 09:00 Opérateur : FB Responsable : ET
Conforme à la norme NF P 94-063	Acceptabilité du sondage : <input type="checkbox"/> Acceptable <input type="checkbox"/> Non acceptable <input type="checkbox"/> Avis impossible	
Localisation : Type de repérage : X : -20,900593 Y : 55,483163 Z : 91,40 m 	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> Résistance de pointe (MPa) </div> <div style="text-align: right; writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> Profondeur (m) </div> </div>	
Essai : Profondeur visée : 6,00 m Profondeur atteinte : 2,32 m Nombre de coups : 184 Profondeur pré-forage : 0,00 m Condition arrêt : Temporaire Nappe : Inexistante		
Caractéristiques : Type d'appareil : GRIZZLY Etalonné le : Hauteur de chute : 0,76 m Masse du mouton : 63,5 kg Section de pointe : 20 cm² <i>Matériel étalonné par le ministère de l'équipement CER Rouen</i>		
Commentaires :		
Nature du réseau : Hauteur : 0,00 m Largeur : 0,00 m Profondeur génératrice sup. : 0,00 m Diamètre canalisation : 0 mm Epaisseur enrobé : 0,00 m	Anomalie globale : Calcul impossible Couple : Non défini	

Objectifs de densification et matériaux par épaisseur de couche réalisée :

Couche	Epaisseur	Objectif	Zone	Classe	Matériau	Date	Organisme class. sols
1							
2							
3							
4							
5							

Mesures de couple :

Longueur de tige (m)												
Couple (Nm)												

<small>LABORATOIRE D'ANALYSE ET DE CONTRÔLE Géologie - Géotechnique - Hydrogéologie - Assainissement - Environnement - Matériaux</small>	Essai au pénétromètre dynamique à énergie constante Contrôle de compactage (fct B)	Organisme : Site : UNIVERSITE DE LA REUNION Sondage : SP4.grz Date : 10/12/2020 Heure : 10:17 Opérateur : FB Responsable : ET
Conforme à la norme NF P 94-063	Acceptabilité du sondage : <input type="checkbox"/> Acceptable <input type="checkbox"/> Non acceptable <input type="checkbox"/> Avis impossible	
Localisation : Type de repérage : X : -20,900700 Y : 55,483247 Z : 91,30 m 	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p style="text-align: center; color: blue;">Résistance de pointe (MPa)</p> </div> <div style="flex: 0.1; text-align: center; color: blue; font-size: small;"> Profondeur (m) </div> </div>	
Essai : Profondeur visée : 6,00 m Profondeur atteinte : 5,41 m Nombre de coups : 716 Profondeur pré-forage : 0,00 m Condition arrêt : Temporaire Nappe : Inexistante		
Caractéristiques : Type d'appareil : GRIZZLY Etalonné le : Hauteur de chute : 0,76 m Masse du mouton : 63,5 kg Section de pointe : 20 cm² <i>Matériel étalonné par le ministère de l'équipement CER Rouen</i>		
Commentaires :		
Nature du réseau : Hauteur : 0,00 m Largeur : 0,00 m Profondeur génératrice sup. : 0,00 m Diamètre canalisation : 0 mm Epaisseur enrobé : 0,00 m	Anomalie globale : Calcul impossible Couple : Non défini	

Objectifs de densification et matériaux par épaisseur de couche réalisée :

Couche	Epaisseur	Objectif	Zone	Classe	Matériau	Date	Organisme class. sols
1							
2							
3							
4							
5							

Mesures de couple :

Longueur de tige (m)												
Couple (Nm)												