



# RAPPORT

## Étude Géotechnique Préalable

### Mission G1 phase ES et PGC



## EXTENSION DU CIMETIERE DE BOIS DE NEFLES A SAINT-PAUL

DEMANDEUR : MAIRIE DE SAINT-PAUL

Référence : 22187-A				Mission G1 + G5 partielle		
Version	Date	Modifications Observations	Nbre pages Texte + annexes	Établi par	Vérifié par	Approuvé par
01	17/11/22	Première version	47 pages + 6 annexes	J.-P. BOUCHET	A.NAVARRO	A.NAVARRO
02						
03						
04						

**Nb :** La version la plus récente de la même mission, annule et remplace les versions précédentes

**LACQ GROUPE GEOTEC**  
 17 Impasse François de Mahy  
 97 430 SAINT-PAUL  
 Tél : 0262.27.30.98  
 Fax : 0262.32.87.95  
 Mail : agence.reunion@geotec.fr

# SOMMAIRE

<b>1. CADRE D'INTERVENTION .....</b>	<b>5</b>
1.1 INTERVENANTS ET GENERALITES .....	5
1.2 DESCRIPTION DU PROJET .....	5
1.3 DOCUMENTS DE REFERENCE – DOCUMENTS RECUS .....	6
1.4 CATEGORIE GEOTECHNIQUE – CLASSE DE REFERENCE .....	7
1.5 MISSION GEOTECHNIQUE.....	8
1.6 DATE D'INTERVENTION ET DE VALIDITE DU RAPPORT .....	10
<b>2. DESCRIPTION DU SITE, ZIG, METHODE OBSERVATIONNELLE .....</b>	<b>11</b>
2.1 LE SITE .....	11
2.2 ZIG, INCERTITUDES, RISQUES RESIDUELS .....	13
2.2.1 Indication générale de la ZIG (Zone d'influence géotechnique, NF P94-500) .....	13
2.2.2 Incertitudes.....	14
2.2.3 Risques résiduels.....	14
2.3 METHODE OBSERVATIONNELLE .....	15
<b>3. HISTORIQUE DU SITE, CADRE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE, MORPHOLOGIE, RISQUES NATURELS.....</b>	<b>16</b>
3.1 HISTORIQUE DU SITE.....	16
3.2 CADRE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE .....	16
3.2.1 Géologie.....	16
3.2.2 Hydrogéologie .....	18
3.2.3 Sismicité .....	19
3.2.4 Morphologie.....	19
3.2.5 Données climatiques .....	20
3.3 RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES .....	21
3.3.1 Risque inondation .....	21
3.3.2 Risque de mouvement de terrain .....	22
3.3.3 Exposition au gonflement des argiles .....	22
3.3.4 Risque PPR littoral.....	22
3.3.5 Risque radon .....	22
3.3.6 Cadre réglementaire .....	22
3.3.7 Synthèse des risques.....	23
3.4 POLLUTION .....	24
<b>4. MOYENS MIS EN OEUVRE .....</b>	<b>25</b>
<b>5. ANALYSE DES RECONNAISSANCES .....</b>	<b>26</b>
5.1 GENERALITES .....	26
5.2 SYNTHESE DES RECONNAISSANCES.....	26
5.2.1 Géologie.....	26
5.2.2 Hydrogéologie .....	27
5.2.3 Essais de perméabilité.....	27

5.2.4	Essais en laboratoire .....	28
5.2.5	Paramètres intrinsèques.....	29
<b>5.3</b>	<b>RISQUES SISMIQUES – DONNEES SISMIQUES REGLEMENTAIRES.....</b>	<b>30</b>
<b>6.</b>	<b>ADAPTATION DU PROJET AU SITE .....</b>	<b>31</b>
<b>7.</b>	<b>TERRASSEMENTS.....</b>	<b>33</b>
7.1	CONTRAINTES DU SITE .....	33
7.2	EXTRACTION .....	33
7.3	PENTE DES TALUS.....	34
7.4	REEMPLOI DES MATERIAUX DU SITE EN REMBLAI.....	34
7.5	MISE EN ŒUVRE DES REMBLAIS .....	36
7.5.1	Remblais .....	36
7.5.2	Essais de contrôle .....	36
7.6	TRAFICABILITE EN PHASE CHANTIER.....	37
7.7	DRAINAGE .....	37
<b>8.</b>	<b>FONDATIONS DES SOUTÈNEMENTS ET DES BATIMENTS .....</b>	<b>39</b>
<b>9.</b>	<b>APTITUDE DU SITE AU PROJET D'EXTENSION .....</b>	<b>41</b>
9.1	CRITERE TOPOGRAPHIQUE .....	41
9.2	CRITERE GEOLOGIQUE.....	41
9.2.1	Aptitude au creusement des terrains superficiels et de la partie supérieure du substratum.....	41
9.2.2	Qualité des terrains .....	41
9.3	CRITERE HYDROGEOLOGIQUE .....	42
<b>10.</b>	<b>RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>43</b>
10.1	PROFONDEUR DES FOSSES ET NOMBRE DE SUPERPOSITIONS POSSIBLES .....	43
10.2	DRAINAGE DU CIMETIERE .....	43
10.3	MESURES DE SALUBRITE .....	43
10.4	DELAI DE ROTATION DES CORPS .....	44
<b>11.</b>	<b>DEFINITION D'UN PROGRAMME DE RECONNAISSANCES COMPLEMENTAIRES .....</b>	<b>45</b>
<b>12.</b>	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>46</b>

# ANNEXES

Annexe	Nombre de pages	Objet de l'annexe
01	1	Plan de situation
02	1	Plan d'implantation des sondages
03	14	Sondages et essais de perméabilité
04	11	Essais de laboratoire
05	3	Documents à établir en mission G3 dans le cadre des études d'exécution
06	6	Missions normalisées

Le présent rapport et ses 6 annexes constituent un tout indissociable.

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

## 1. CADRE D'INTERVENTION

### 1.1 INTERVENANTS ET GENERALITES

A la demande de la MAIRIE DE SAINT-PAUL, LACQ Groupe GEOTEC a réalisé la présente étude type mission G1 ES et PGC dans le cadre du projet d'EXTENSION DU CIMETIERE DE BOIS DE NEFLES A SAINT-PAUL.

Cette étude a pour objet de définir :

- le contexte géologique et hydrologique,
- les caractéristiques géotechniques des terrains en place,
- les principes généraux de réalisation des travaux,
- les modalités de terrassements et drainage,
- la possibilité de réaliser l'extension du cimetière.

Nos conclusions sont basées sur :

- la reconnaissance visuelle du site,
- l'étude de sa géologie,
- des sondages et des essais géotechniques.

#### Récapitulatif

Nom de l'opération : EXTENSION DU CIMETIERE DE BOIS DE NEFLES A SAINT-PAUL

Commune : SAINT-PAUL

Client: MAIRIE DE SAINT-PAUL

Notre étude correspond à l'étape 1 de la norme NF 94-500 et gardera un caractère général. Elle vise à cerner les aléas majeurs et faire première identification des risques géotechniques du site.

Elle est basée sur la «**Recommandation relative aux critères topographiques, géologiques et d'hygiène publique à prendre en compte pour assurer la protection de l'hygiène publique en matière de cimetière**» du Conseil supérieur d'hygiène publique de France adoptée lors de sa séance du 5 septembre 1996.

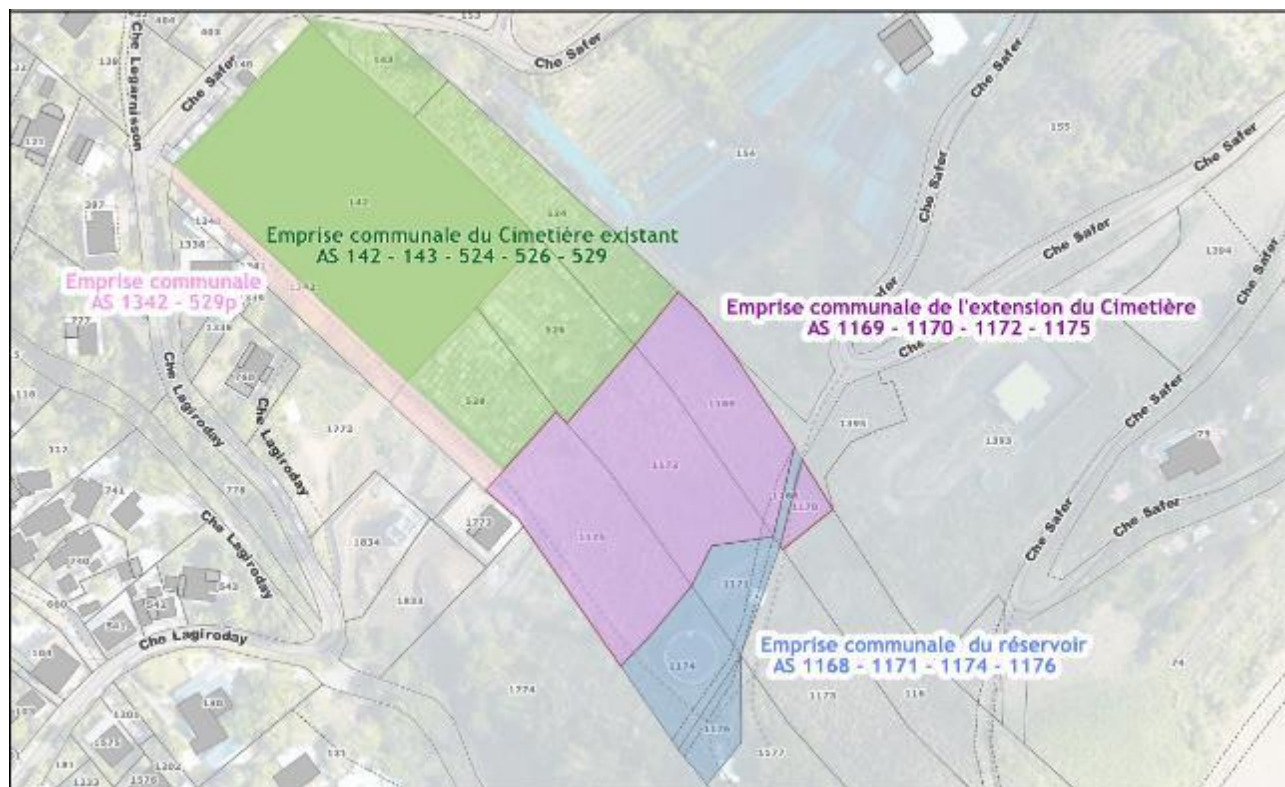
### 1.2 DESCRIPTION DU PROJET

Le projet comprend l'extension du Cimetière de Bois de Nèfles Saint-Paul.

Le cimetière actuel est composé par les parcelles AV0142, AV0143, AS0524, AS0526, AS0529 et AS1342 d'une surface de l'ordre de 13000 m<sup>2</sup>. Il est prévu une extension d'une superficie de l'ordre de 6500 m<sup>2</sup> sur les parcelles AS1169, AS1170, AS1172 et AS1175. A l'Ouest, on trouve l'emprise communale du réservoir constituée par les parcelles AS1168, AS1171, AS1172 et AS1175.

Le projet prévoit également la construction de bâtiments RDC type local gardien avec vestiaires/sanitaires.

Nous n'avons pas d'autre information à ce stade des études, notamment sur les mouvements de terre et soutènements, les locaux techniques, les réseaux..... le projet n'étant pas encore au stade l'esquisse.



*Vue d'ensemble du site sur fond cadastral transmis par le maître d'ouvrage*

Remarque : toutes les abréviations utilisées dans ce rapport sont conformes à la norme XP 94-010 hormis les suivantes :

- PHEC : plus hautes eaux connues
- TN : terrain actuel
- TF : terrain niveau finit

### 1.3 DOCUMENTS DE REFERENCE – DOCUMENTS RECUS

Les principaux textes de référence utilisés pour la rédaction de ce rapport sont les suivants :

- Norme NF P 94-011 : reconnaissances des sols et essais,
- Norme XP 94-202 : prélèvement des sols et roches,
- DTU 11.1 : sondage et reconnaissances des sols
- Recommandations Coprec/LCPC de 1980 sur les caractéristiques des matériaux de remblais support de fondations
- Norme NF P 11-300 : Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières (09-1992)
- Guide des terrassements routiers (GTR 92)
- NF P 03-100, Critères généraux pour la contribution du contrôle technique à la prévention des aléas techniques dans le domaine de la construction.
- NF EN 1997-1, Eurocode 7 : Calcul géotechnique — Partie 1 : Règles générales (Indice de classement : P 942511) (08-2011)
- NF EN 1997-2, Eurocode 7 : Calcul géotechnique — Partie 2 : Reconnaissance des terrains et essais (indice de classement : P 94-252-1) (09-2007)
- Norme NF EN 1998-1: Eurocode 8 : Calcul des structures pour leur résistance au séisme - Partie 1 : Règles générales;
- NF EN ISO 22475-1, Mars 2007, Reconnaissance et essais géotechniques — Méthodes de prélèvement et mesurages piézométriques — Partie 1 : Principes techniques des travaux (indice de classement : P 94-510-1)
- Décret n°2010 – 1254 du 22 octobre 2010 : Prévention du risque sismique ;
- NF EN 1997-1 : EUROCODE 7 – Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales ;



- NF EN 1997-2 : EUROCODE 7 – Calcul géotechnique – Partie 2 : Reconnaissance des terrains et essais ;
- NF P 94-261 : Norme d'application Nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles ;
- Décret n°2010 – 1254 du 22 octobre 2010 : Prévention du risque sismique ;
- « Recommandation relative aux critères topographiques, géologiques et d'hygiène publique à prendre en compte pour assurer la protection de l'hygiène publique en matière de cimetière » du Conseil supérieur d'hygiène publique de France adoptée lors de sa séance du 5 septembre 1996
- « Guide technique de protection des Captages d'eau » de Mai 2018 du Ministère de la Santé

Les sites internet et base de données consultés sont les suivants :

- GEOPORTAIL ([www.geoportail.gouv.fr/](http://www.geoportail.gouv.fr/)) : Vue aérienne et contexte topographique du site ;
- RISQUES NATURELS ([www.risquesnaturels.re/](http://www.risquesnaturels.re/)) : Informations relatives au risque d'inondation par remontée de nappe et glissement de terrain ;
- INFOTERRE (<http://infoterre.brgm.fr/>) : Informations relatives à la géologie, aux aléas et mouvements de terrains recensés (glissement, chute, éboulement, effondrement, coulée, érosion) ;
- GEORISQUES ([www.georisques.gouv.fr/](http://www.georisques.gouv.fr/)) : Site du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (MEEDDAT) ;
- ORE (<https://donnees.eaureunion.fr/>) : Site de l'Office de l'Eau Réunion.

Il nous a été transmis uniquement un plan de principe définissant l'emprise actuelle et l'emprise prévue en extension du cimetière.

## 1.4 CATEGORIE GEOTECHNIQUE – CLASSE DE REFERENCE

Selon la norme NF EN 1997-1 complétée par l'Annexe N de la NF P 94-261, 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 en fonction des conditions de site et des conséquences de la ruine ou de l'endommagement de l'ouvrage à construire et en tenant en compte également la durée d'utilisation de l'ouvrage.

La durée de vie est fixée à 50 ans (Catégorie de durée d'utilisation de projet au sens de la NF EN 1990/NA).

L'annexe de la NF EN 1990/A1/NA recommande une durée de vie de 50 ans pour les structures courantes.

Catégorie de durée d'utilisation de projet	Durée indicative d'utilisation de projet (années)	Exemples
1	10	Structures provisoires <sup>a)</sup>
2	10 à 25	Éléments structuraux remplaçables, par exemple poutres de roulement, appareils d'appui
3	15 à 30	Structures agricoles et similaires
4	50	Structures de bâtiments et autres structures courantes
5	100	Structures monumentales de bâtiments, ponts, et autres ouvrages de génie civil

a) Les structures ou parties de structures qui peuvent être démontées dans un but de réutilisation ne doivent normalement pas être considérées comme provisoires.

selon le tableau 2.1. de la norme NF EN 1990 (EC-0)

La catégorie ainsi que la classe de conséquence de l'ouvrage ne nous ont pas été transmise, nous prendrons comme hypothèse que le projet étudié est classé en classe CC2 pour les bâtiments et les murs de soutènement, classe à confirmer par le maître d'ouvrage.

**Tableau B.1 – Définition des classes de conséquences**

Classe de conséquences	Description	Exemples de bâtiments et de travaux de génie civil
CC3	Conséquence élevée en termes de perte de vie humaine, ou conséquences économiques sociales ou d'environnement très importantes	Tribunes, bâtiments publics où les conséquences de la défaillance seraient élevées (par exemple salle de concert)
CC2	Conséquence moyenne en termes de perte de vie humaine, conséquences économiques sociales ou d'environnement considérables	Bâtiments résidentiels et de bureaux, bâtiments publics où les conséquences de la défaillance seraient moyennes (par exemple bâtiment de bureaux)
CC1	Conséquence faible en termes de perte de vie humaine et conséquences économiques sociales ou d'environnement faibles ou négligeables	Bâtiments agricoles normalement inoccupés (par exemple, bâtiments de stockage, serres)

*selon le § B.3.1. de la norme NF EN 1990 (EC-0)*

**Tableau N.3.1 –Catégories géotechniques en fonction des classes de conséquences et des conditions de site et bases des justifications**

CLASSE DE CONSEQUENCE	CONDITIONS DE SITE	CATEGORIE GEOTECHNIQUE <sup>a</sup>	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	

*selon annexe N de la norme NF P 94-261*

## 1.5 MISSION GEOTECHNIQUE

Selon la norme NF P 94-500 de Novembre 2013, relative à la classification des missions géotechniques type, cette étude est une mission de niveau G1 (phase ES et PGC) à savoir qu'elle comprend :

- la réalisation d'une campagne de sondages au préalable ;
- la fourniture d'un rapport d'étude géotechnique donnant, les hypothèses géotechniques

à prendre en compte pour la justification du projet, quelques exemples type de fondations (encastrement et portance) et les principes généraux de construction des ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènement, fondations, niveau enterré, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants).

Elle s'est attachée plus particulièrement à :

- faire une enquête bibliographique et documentaire sur le cadre géotechnique du site,
- définir un programme de reconnaissance et d'étude, suivre, adapter et contrôler son exécution, expliciter les recherches, les investigations et les essais réalisés dans le cadre du programme,
- établir une synthèse géologique et hydrogéologique du site,
- établir un inventaire des contraintes du site vis-à-vis du projet et des avoisinants,
- évaluer les risques liés aux aléas géologiques, ainsi qu'une première approche de l'étendue des terrains et avoisinants susceptibles d'être concernés ,
- hiérarchiser les risques,
- définir les caractéristiques géotechniques des matériaux,
- définir la ZIG (zone d'influence géotechnique) en précisant le cas échéant la nature des avoisinants,
- définir les principes généraux d'adaptation du projet au terrain,
- définir les méthodes de traitement des risques,
- fournir les recommandations des travaux de terrassement,
- définir les conditions de drainage du site,
- définir les principes de fondations,
- définir éventuellement un programme d'investigations complémentaires,



- définir les contrôles à prévoir,
- élaborer une synthèse avec mention des aléas et incertitude à réduire éventuellement lors des études ultérieures

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'une mission comprenant des investigations géotechnique et la rédaction d'un rapport de faisabilité de type mission G1 phase ES + PGC au sens de la norme NF P94-500 de Novembre 2013, elle est strictement limitée à la phase avancement projet indiquée ci-après.

Etape	Etape 1		Etape 2			Etape 3				Sans objet
Missions normalisées NF P94-500 Novembre 2013	G1 ES	G1 PGC	G2 AVP/APD	G2 PRO	G2 DCE/ACT	G3 Phase étude	G3 Phase suivi	G4 Phase étude	G4 Phase suivi	G5
Etape NF P94-500	ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)		ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)			ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)				
Présente mission LACQ		X								
Loi MOP	ESQ	AVP (PGC)	AVP	PRO	DCE/ACT	EXE	DET	VISA	DET/ AOR	DIAG/ DET
Phase avancement projet MO	X									
A la charge	Du maître d'ouvrage					De l'entreprise		Du maître d'ouvrage		

#### Avancement des missions selon la norme NF P94-500

Cette mission ne comprend pas les études géotechnique de conception (G2 phase AVP, PRO et DCE), les études et suivi d'exécution ou étude géotechniques de réalisation (G3) et le suivi géotechnique d'exécution (mission G4) indispensables à la poursuite du projet.

La norme NF P 94-500 de Novembre 2013 précise que l'enchaînement des missions géotechniques suit les phases d'élaboration du projet. En conséquence, comme indiqué ci-dessus, une étude géotechnique préalable (G1) permettra de lever une grande part des incertitudes par des investigations de terrains. Puis, l'étude de géotechnique de conception (G2 AVP + G2 PRO), étude spécifique qui doit être prévue et intégrée dans le cadre de la mission de maîtrise d'œuvre, permettra de définir les méthodes d'exécution à retenir pour ces ouvrages spécifiques, avec une justification des dimensionnements, une évaluation des quantités, des délais et des coûts, ainsi que des incertitudes et des risques associés. Cette étude est indispensable pour la finalisation du projet, la réduction des incertitudes et la consultation des entreprises : elle pourra nécessiter la réalisation d'investigations complémentaires.

Pour la bonne maîtrise des incertitudes géotechniques résiduelles et des risques associés, la supervision géotechnique d'exécution (mission G4) sera indispensable car il permettra d'une part de s'assurer que les terrains effectivement rencontrés lors de la réalisation des fouilles ou des fondations correspondent bien à ceux mis en évidence par les investigations ponctuelles réalisées dans le cadre des études et d'autre part que leur comportement est bien conforme aux prévisions faites lors de l'établissement du projet et confirmées lors des études d'exécution. Cette mission permet, en cas d'anomalie (liée aux incertitudes restantes ou à un aléa géotechnique tel des venues d'eau locales) détectée alors à temps, d'apporter les adaptations nécessaires pour atteindre les objectifs fixés en termes de comportement de l'ouvrage futur et de non atteinte à l'intégrité des ouvrages avoisinants. Cette mission permet également de définir les suivis, les contrôles et les opérations d'entretien qu'il y a lieu de mettre en œuvre pour assurer la pérennité des ouvrages géotechniques.

L'objectif d'une étude géotechnique Préalable (G1) est d'effectuer une identification des aléas majeurs et de donner les principes généraux pour en limiter les conséquences. L'étude géotechnique préalable contribue à définir les principes généraux de construction pour les ouvrages géotechniques ; elle exclut toute approche des quantités, délais et coûts.

Il convient de rappeler que les aspects suivants ne font pas partie de la mission :

- la reconnaissance de cavités et éventuels réseaux traversant la parcelle,
- les études de pollutions (Les missions d'ingénierie géotechnique ne couvrent pas les études relatives à la pollution des terrains qui relèvent de la norme NF X 31-620),
- la reconnaissance des anomalies géotechniques situées en dehors de l'emprise des investigations,
- la recherche d'amiante et de HAP,
- l'évolution dans le temps de l'hydrogéologie locale,
- les études de fondations,
- les études des soutènements,
- l'étude de la structure de chaussée des voiries et parkings,
- l'impact environnemental du projet,
- la reconnaissance de cavités et éventuels réseaux traversant la parcelle,
- la recherche et le diagnostic d'amiante (remblais) ,
- l'étude d'incidence du projet sur son environnement,
- les études géothermiques,
- l'étude de la fondation des grues et ouvrages provisoires,
- les autorisations de tréfonds ,
- les délais, planning, quantités et coût d'exécution,
- le suivi d'exécution et la participation à la réception des travaux.

Ce document n'est en aucun cas une étude de risque géologique au sens d'un PLU (plan local d'urbanisme) ou d'un PER (plan d'exposition aux risques) par exemple. Il n'est pas conçu pour servir dans le cadre de l'instruction d'un permis de construire pour lequel une étude spécifique liée aux éventuels risques géologiques du secteur concerné doit être le cas échéant entreprise.

## 1.6 DATE D'INTERVENTION ET DE VALIDITE DU RAPPORT

Les sondages et essais ont été réalisés entre le 19/10/2022 et le 16/11/2022.

19/10/2022 : réalisation de PM1, PM2, PM3, PM4, PM5, PM6, PM7, PM8, PM9 et PM10

19/10/2022 au 16/11/2022 : réalisation des essais de laboratoire.

De nombreux éléments liés à la géologie, l'hydrogéologie, la géotechnique et l'environnement ont un caractère évolutif. De plus, l'évolution des connaissances techniques et scientifiques, ainsi que les modifications des technologies de construction peuvent rendre périmées nos conclusions. Il en va de même des nouvelles lois ou jurisprudences qui peuvent modifier les obligations et responsabilités. Les conditions juridiques des contrats et des assurances sont modifiées en conséquence.

Le maître d'ouvrage devra par conséquent nous informer de la DROC (date réelle d'ouverture de chantier) et faire réactualiser le présent rapport en cas de modification du projet ou d'ouverture de chantier dans un délai d'un an après la date d'émission du présent rapport. Les conclusions de ce rapport sont valables pour un chantier ouvert dans le délai de moins de deux ans après la date d'émission du présent rapport.

## 2. DESCRIPTION DU SITE, ZIG, METHODE OBSERVATIONNELLE

### 2.1 LE SITE

Le terrain d'assiette du cimetière actuel se situe chemin SAFER à BOIS DE NEFLES, sur les parcelles AV0142, AV0143, AS0524, AS0526, AS0529 et AS1342 de la commune de SAINT-PAUL. Il est prévu une extension sur les parcelles AS1169, AS1170, AS1172 et AS1175. A l'Ouest, on trouve l'emprise communale du réservoir constituée par les parcelles AS1168, AS1171, AS1172 et AS1175.

Le site aux alentours du projet est urbanisé (zone périurbaine à rurale).



Les parcelles AS1169, AS1170, AS1172 et AS1175 présentent une pente forte de l'ordre de 20% et sont en friche.





## 2.2 ZIG, INCERTITUDES, RISQUES RESIDUELS

### 2.2.1 Indication générale de la ZIG (Zone d'influence géotechnique, NF P94-500)

Volume du 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 2 projet et l'étape 3 exécution.

L'analyse des mouvements de sols dans l'emprise de la Z.I.G a pour objectif de définir la sensibilité des ouvrages (Peu sensible, sensible, très sensible) et donc de mettre en place les dispositions de surveillance et les moyens de confortement éventuellement nécessaires. La définition de l'emprise de la Z.I.G. permet ainsi de préciser les secteurs à surveiller et de définir les valeurs seuils des déformations (tassement absolu, tassement différentiel et déformation latérales).

Les étapes de description de la ZIG sont les suivantes conformément à la NF P94-500:

- En G1 ES : Théoriquement pas abordée
- En G1 phase PGC: Indication générale
- En G2 AVP: Première approche de la ZIG
- En G2: PRO: Définition de la ZIG
- En G3: Note d'impact des travaux sur la ZIG en terme de stabilité et d'hydrogéologie

(Sont développés dans ce chapitre les problèmes implicites liés à l'ouvrage et à la Z.I.G.)

#### Contexte du projet dans son environnement

Zone périurbaine à rurale.

Présence d'existants (réservoir, canalisations et réseaux, .....).

Réalisation de fouilles et de terrassements en déblai pouvant atteindre l'ordre de 3,00 m en profondeur.

Réalisation de soutènements de moins de 4 m de hauteur.

#### Approche de la zone d'influence de la ZIG

Le site est en milieu rural à périurbain. La ZIG dépasse les limites du site étudié et peut être modifiée après construction.

"ZIG" proche : remblai/déblai à la périphérie immédiate des bâtiments et soutènements à réaliser

"ZIG" éloignée : à la périphérie du réservoir existant et des talus, pouvant engager la stabilité des ouvrages et de leurs terrain d'assise, désordres occasionnés sur les existants pendant les travaux du fait de l'utilisation par l'entrepreneur de moyens, de méthodes et de phasages de travaux inadaptés au site et à son contexte géotechnique et environnemental.

Les terrassements à proximité des voiries peuvent déstabiliser celles-ci.

La ZIG des terrassements correspond à l'emprise du projet élargit de part et d'autre de 7/10 m.

Il s'agit d'une première indication de la ZIG. Elle sera affinée en G2 et définie en mission G3 dès que les méthodes d'exécution seront définies et il conviendra en mission G3 d'établir une note d'impact sur la zone d'influence géotechnique, en termes de stabilité ou d'hydrogéologie.

#### Contraintes particulières liées à la ZIG.

Nous retiendrons :

- Commune classée en zone de sismicité 2.
- Surcharges en phases provisoires et définitives.
- Réseaux traversant les terrains en nombre à préciser. Avant tous travaux, on veillera à neutraliser et protéger le cas échéant les éventuels réseaux enterrés.
- Aucune déclaration de sinistre référencée à ce jour

#### Sensibilité générale de la ZIG

- Ouvrages peu à moyennement sensibles (tombes, soutènements, terrassements)



- Ouvrage peu déformables
- Pente importante
- Terrassements limités aux zones de travaux

Sensibilité retenue	Bâtiments existants et avoisinants	Ouvrages hydrauliques	Réseaux	Voiries	Talus	Soutènements
Très peu sensible		X (pas concerné)		X (pas concerné)		
Peu sensible						X
Assez sensible			X		X	
Sensible	X (réservoir)					
Très sensible						

La ZIG est tenue pour moyennement sensible.

Pour mémoire, la sensibilité des existants est définie selon deux aspects :

- La sensibilité structurelle avec 3 classes de dommage (architecturaux, fonctionnels et structurants) ; elle est définie à partir des valeurs de tassements globaux, différentiels et de déformations horizontales ;
- La sensibilité globale avec 3 classes de vulnérabilité.

L'entrepreneur en charge du chantier s'assurera que les engins utilisés ne portent pas préjudice à la stabilité des ouvrages existants (notamment vis-à-vis des vibrations générées par la circulation et l'utilisation des engins de chantier.)

### 2.2.2 Incertitudes

Les sources d'incertitudes sur les propriétés des sols sont nombreuses et les méthodes d'approche ne permettent de traiter que les incertitudes aléatoires (qui ont trait à la variabilité propre du sol) et statistiques (le nombre d'essais est toujours limité).

Les autres sources d'incertitude sont connues et nécessitent parfois de faire des choix dans les valeurs qui nous sont fournies par l'essai : qualité des forages, perturbation inévitable plus ou moins importante du sol testé lors de l'essai, épaisseur et régularité de la formation lithologique, représentativité de l'essai dans le modèle de comportement utilisé dans les calculs, validité des corrélations entre les résultats d'essais et les paramètres recherchés, incertitude sur les mesures.....

Les principales incertitudes qui subsistent portent notamment :

- les épaisseurs des formations et leurs caractéristiques mécaniques,
- la définition du projet (non connu à ce jour), les descentes de charges et les éventuels chargements exceptionnels,
- la présence possible d'ouvrages enterrés non reconnus (réseaux, cuves, ...),
- les variations latérales de faciès,
- les possibles venues d'eaux.

### 2.2.3 Risques résiduels

Une bonne identification des risques impose donc nécessairement des investigations géotechniques suffisantes et pertinentes en regard des besoins des différentes phases de conception, voire des études d'exécution, ainsi qu'un suivi géotechnique en phase de travaux. Cette progressivité des investigations permet de réduire les incertitudes résiduelles.

Les risques qui persistent à ce stade des études sont :

- Présence de remblais
- Présence de blocs et passages indurés
- Présence de niveaux bouillants
- Présence de niveaux imperméables



- Absence de continuité horizontale
- Présence de niveaux lâches en fond de fouille
- Présence de couches molles intercalées en profondeurs
- Venues d'eaux erratiques

## 2.3 METHODE OBSERVATIONNELLE

Il s'agit d'une méthode choisie dès la conception d'un ouvrage, consistant, en cas de comportements géotechniques difficilement prévisibles, à modifier l'exécution de l'ouvrage, sur la base d'un plan d'adaptation préétabli, activé en fonction de la comparaison entre des comportements préalablement quantifiés et définis comme admissibles, et des comportements constatés en cours de travaux.

Dans le cas présent, le recours à la méthode observationnelle ne sera pas nécessaire compte tenu qu'il s'agit de l'extension d'un cimetière nécessitant la réalisation de terrassements en déblai de hauteur modérée et la réalisation de soutènements de moins de 4 m de hauteur ainsi que de petits bâtiment R+0 à destination d'un local gardien et de sanitaires.

### 3. HISTORIQUE DU SITE, CADRE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE, MORPHOLOGIE, RISQUES NATURELS....

#### 3.1 HISTORIQUE DU SITE

Il ne nous a pas été transmis d'information sur l'historique du site. Une partie du Cimetière existait déjà en 1949, mais la zone aux alentours était en friche et en cultures en 1949. Il a été agrandi entre 1949 et 2000.



1949

2017



2000

2017

*Note : Conformément aux chapitres 6.2.1, 7.2 et 7.3.2, ..... de la norme NF P94-500, l'historique du site et les sujétions liées à celui-ci ainsi qu'aux problèmes d'environnement sont à transmettre par le maître d'ouvrage.*

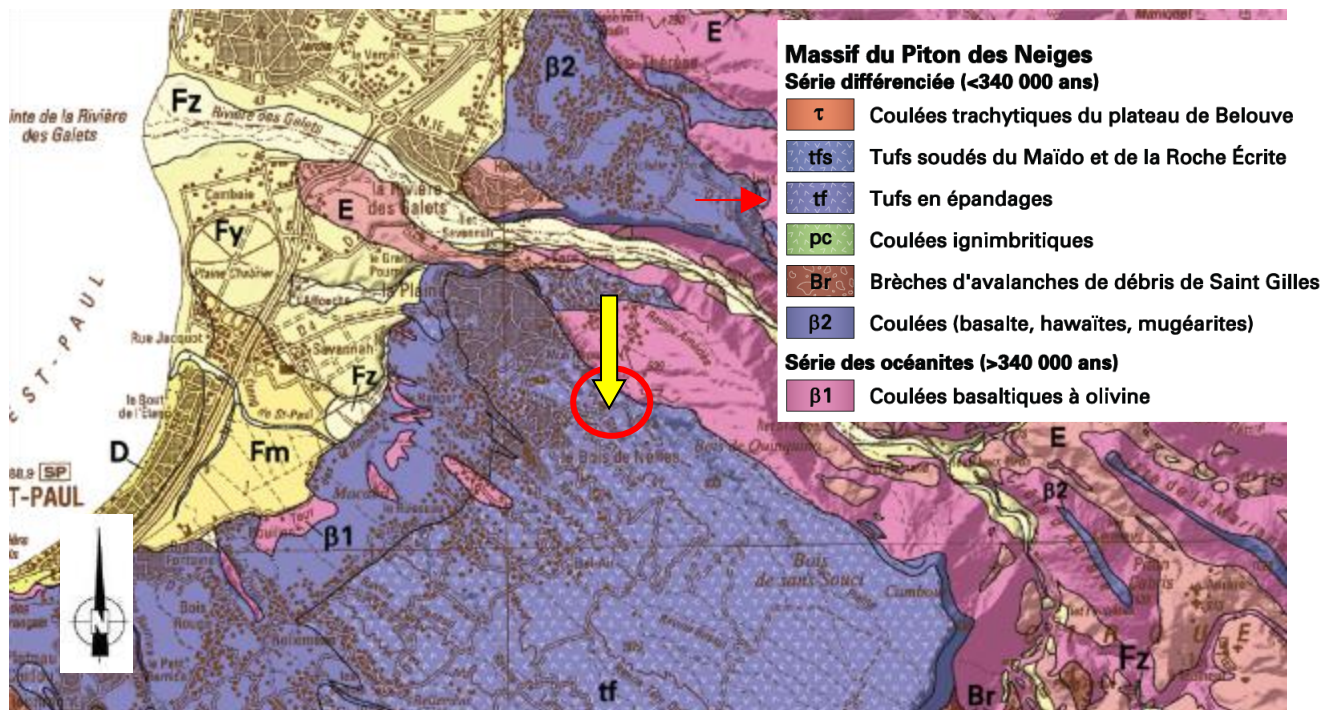
#### 3.2 CADRE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

##### 3.2.1 Géologie

D'après la carte géologique au 1/100 000ème de l'île de la Réunion, feuille n° 1 - Saint-Denis, les formations en présence sont constituées par des coulées basaltiques issues des phases III et IV du volcanisme du Piton des Neiges. Les coulées basaltiques seront de type andésitiques à phénocristaux de feldspath dominants (Hawaïtes, Mugéarites) (Série différenciée < 340000 ans).

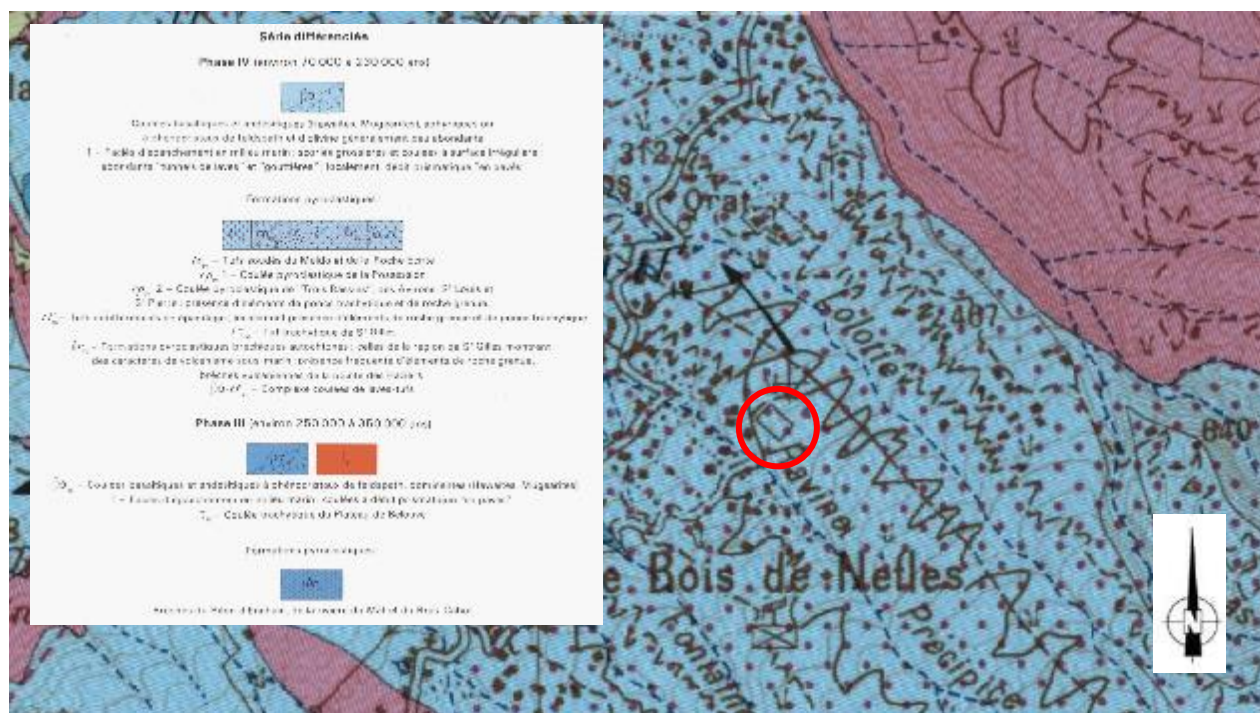


On trouve également dans ce secteur de formations pyroclastiques (tufs en épandage et tufs soudés). Il s'agit de tufs en plaquage sur les coulées de basalte à phénocristaux d'olivine, soit des coulées fluides au moment de leur mise en place qui ont conduit à l'édifice des planètes, qui forme le vaste bouclier correspondant au relief principal de l'île (stratovolcan). Ils reposent sur la série des Océanites ou la série différenciée.



Carte géologique du site (BRGM - 2006)

La carte de 1974 au 1/50000<sup>ème</sup>, rattache ces formations aux complexes de laves-tufs de la phase IV de la série différenciée du Piton des Neiges (70000 à 230000 ans) qui sont cartographiés en β<sub>2</sub> et β<sub>4</sub>.



Carte géologique du site (BRGM - 1974)



Ces séries peuvent avoir évoluées en surface et en profondeur sous l'influence des facteurs climatiques. En s'altérant le basalte donne alors des niveaux d'altération limoneux à argileux pouvant contenir des blocs reliques de basaltes ou de de tufs indurés ou friables. En effet, en surface, par le biais des facteurs d'érosion (pluviométrie importante, ruissellement), ces formations ont en effet laissé place à des limons sableux à blocs, rognons et cailloutis. L'épaisseur des sols meubles varie très largement d'un site à un autre et la concentration en éléments rocheux varie souvent en fonction de la profondeur.

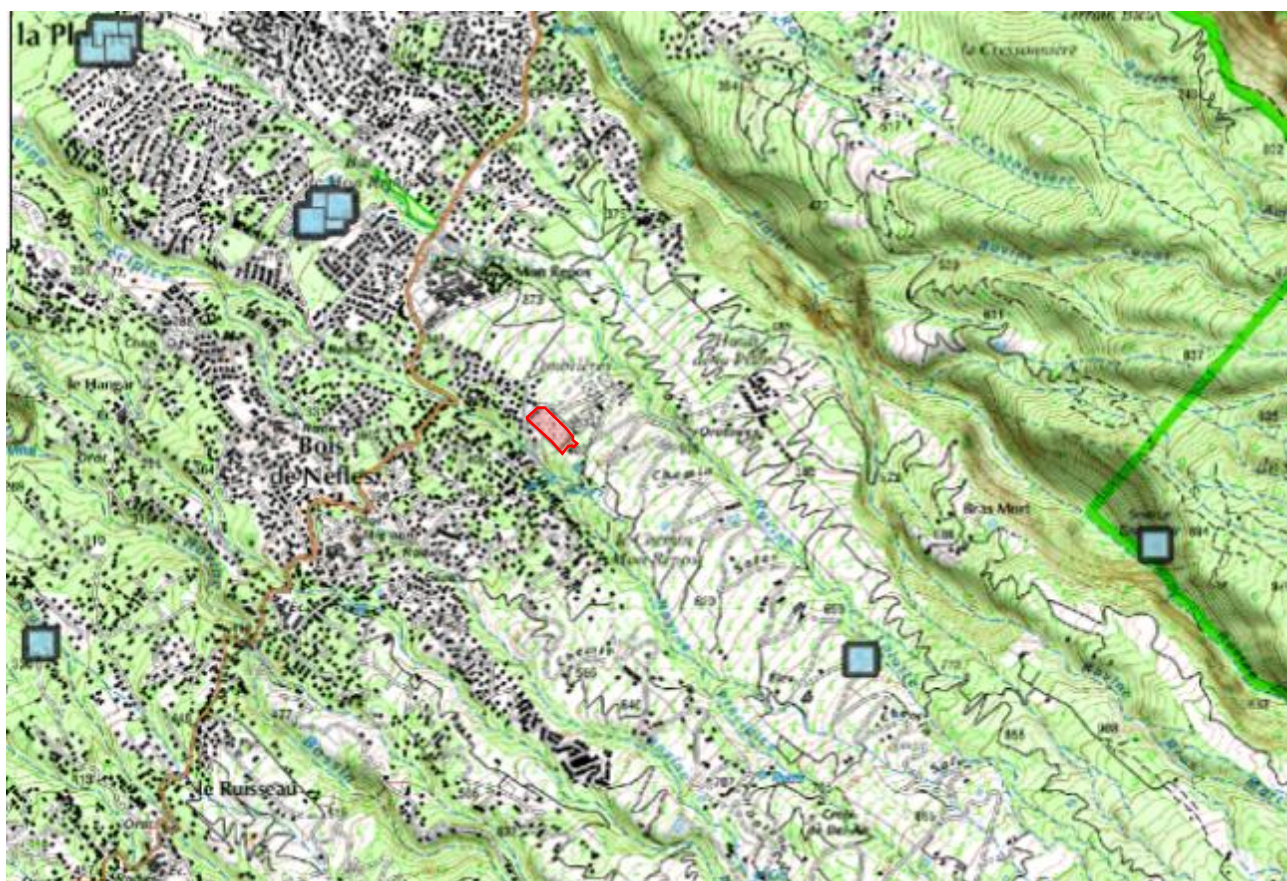
D'après la carte morpho-pédologique de la Réunion au 1/50 000 (RAUNET, 1991), le secteur d'étude est principalement intéressé, dans les pentes, par des bruns andiques développés sur les cendres et terrains volcaniques. Leur épaisseur est variable, souvent plurimétriques.

D'après le zonage sismique de la France (Délégation aux risques majeurs), la Réunion est classée en zone de sismicité 2. L'application des règles parasismiques est donc obligatoire.

### 3.2.2 Hydrogéologie

On trouve différents forage d'eaux sur la commune de SAINT-PAUL mais aucun à proximité immédiate du projet.

On note cependant une station de pompage à l'aval de la Ravine PRECIPICE au niveau du Tour des Roches, un réservoir à proximité du site, l'usine de traitement des eaux de Mon repos.....



Les données disponibles au niveau de l'ORE et d'INFOTERRE mettent en évidence la présence d'une nappe à moyenne profondeur dans la zone mais pas de venues d'eaux immédiatement sous le projet.

La consultation de la base des données de l'Office de l'Eau nous a permis de constater que le site se trouverait en dehors de tout périmètre de protection de forage, source et captage destiné à l'alimentation en eau potable n'est pas concerné par une zone de surveillance renforcée (ZSR) d'un captage. La mise à jour n'étant pas systématiquement portée à la connaissance des BET par l'administration, le Maître d'œuvre prendra l'attache des services concernés (ARS, ORE, Mairie) afin de confirmer ce point et de connaître les éventuelles prescriptions relatives à une ressource AEP qui se situerait à proximité.

On ne pourra pas exclure également la présence de résurgence à des profondeurs variables (interface au sein des matériaux) dont les débits peuvent augmenter en fonction de la pluviométrie.

### 3.2.3 Sismicité

La nouvelle réglementation sismique nationale (entrée en vigueur à compter du 1er mai 2011), classe l'île de la Réunion **en zone 2 dite de faible sismicité** alors qu'elle était auparavant considérée comme de sismicité nulle.

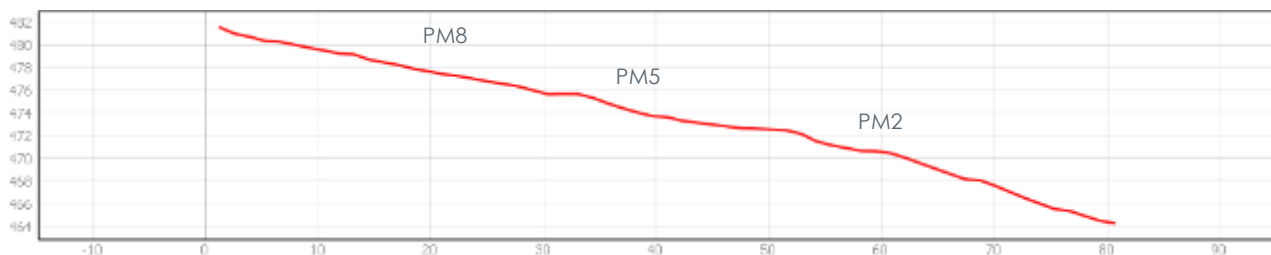
### 3.2.4 Morphologie

La topographie naturelle au niveau du projet est caractérisée par une déclivité forte et constante du terrain naturel de l'ordre de 20 %.



*Données topographiques*

Les cotes NGR sur les document de l'IGN varient entre 440 et 484 NGR. L'extension est située au Sud-ouest du cimetière existant entre la cote 463 et 484 m NGR. Elle présente une pente forte de l'ordre de 20 %.



*Profil passant par PM2, PM5 et PM8*



### 3.2.5 Données climatiques

Le climat de l'île est dicté par la présence de l'Anticyclone des Mascareignes calé entre 30 et 33° de latitude. L'anticyclone se rapproche de l'île pendant l'hiver austral et s'en éloigne pendant l'été austral. De ces fluctuations sont issues les deux saisons de l'île.

De par sa situation, la réunion connaît un climat de type tropical humide caractérisé par deux saisons :

- Un hiver austral, de mai à novembre, plutôt sec et frais,
- Un été austral, de décembre à avril, chaud et pluvieux, marqué par des précipitations extrêmes voire des phénomènes cycloniques.

Pendant l'été austral, le déplacement vers le Sud de la zone de basses pressions intertropicales et l'éloignement de l'anticyclone de l'océan Indien affaiblissent les alizés et induisent un temps chaud, humide et très pluvieux. Une des conséquences de cette situation est une pluviométrie exceptionnellement intense à La Réunion : l'île détient des records mondiaux de pluviométrie cumulée pour des durées allant de 12 h (1144 mm) à 15 jours (6083 mm).

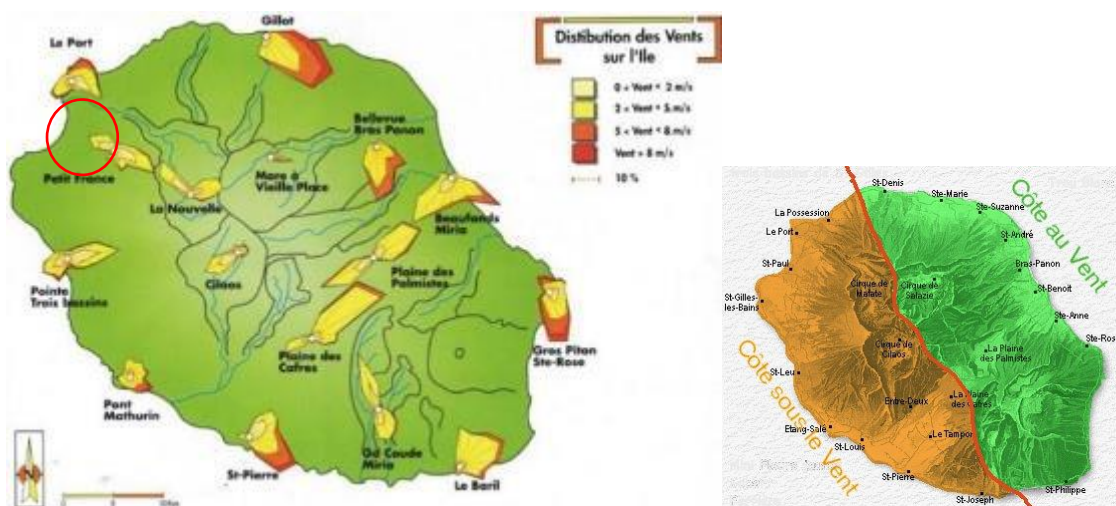
Onze stations installées sur le territoire de Saint-Paul et suivies par Météo France :

- Saint-Paul (CIRAD) (commune de Saint-Paul, altitude : 186m, installée en 1997) ;
- Bois de nèfles (CIRAD) (commune de Saint-Paul, altitude : 595m, installée en 1952) ;
- Plateau Caillou (commune de Saint-Paul, altitude : 242m, installée en 2007) ;
- Petite France (commune de Saint-Paul, altitude : 1200m, installée en 1999) ;
- Tan-Rouge (CIRAD) (commune de Saint-Paul, altitude : 750m, installée en 1960) ;
- L'Ermitage (CIRAD) (commune de Saint-Paul, altitude : 147m, installée en 2002) ;
- Palmiste-Guillaume (commune de Saint-Paul, altitude : 1042m, installée en 1953) ;
- Piton Maïdo (ONF) (commune de Saint-Paul, altitude : 2195m, installée en 1998) ;
- Vue Belle (CIRAD) (commune de Saint-Paul, altitude : 722m, installée en 2003) ;
- La Saline les Hauts (CIRAD) (commune de Saint-Paul, altitude : 463m, installée en 1987) ;
- Pointe des Trois-Bassins (commune de Saint-Paul, altitude : 5 m, installée en 1987)

### Vents

Les vents à la Réunion ont pour origine les Alizés d'Est et Sud-Est. Appartenant à la commune de SAINT-PAUL, le site du projet se situe à l'Ouest de l'île au niveau de la côte « sous le vent ». La station référence est la station de BOIS DE NEFLES SAINT-PAUL .

On peut avoir des épisodes de vents exceptionnels en période cyclonique.



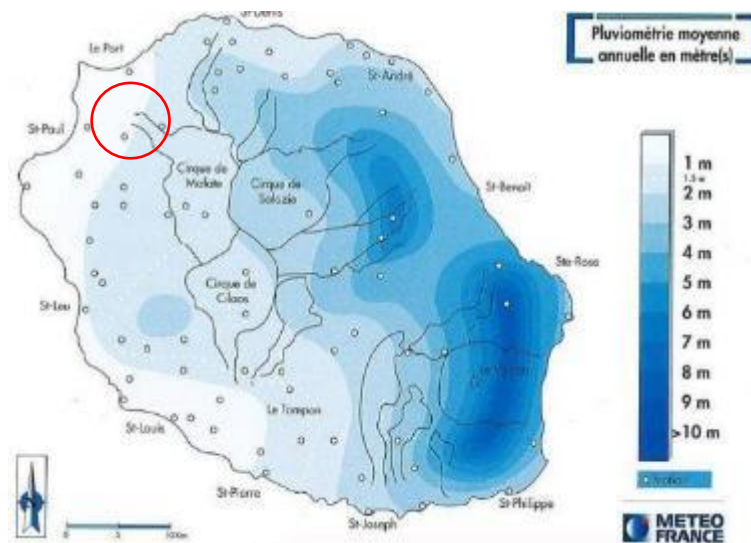
Carte des vents à la Réunion

### Pluviométrie

La zone concernée par notre projet reçoit en moyenne entre 1000 mm et 2000 mm d'eau par an. La figure ci-dessous illustre bien ce régime particulier de précipitation de la côte « sous le vent ».

On peut avoir des pics de précipitation exceptionnels lors des épisodes cycloniques.





Carte de la pluviométrie annuelle à la Réunion

### 3.3 RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES

La commune des SAINT-PAUL fait l'objet des Plans de Prévention des Risques suivants (source : [www.risquesnaturels.re](http://www.risquesnaturels.re))

PPR approuvé : Inondation et mouvement de terrain (approuvé 26/10/2016)

PPR approuvé : Littoral (approuvé 19/12/2018)

#### 3.3.1 Risque inondation

D'après les documents consultables, le site n'est pas traversé par un quelconque réseau hydraulique superficiel ou autre exutoire (fossé, ruisseau, réseau d'eaux pluviales ou d'irrigation) et n'est pas en zone d'aléa inondation. (Source : [www.risquesnaturels.re](http://www.risquesnaturels.re)).

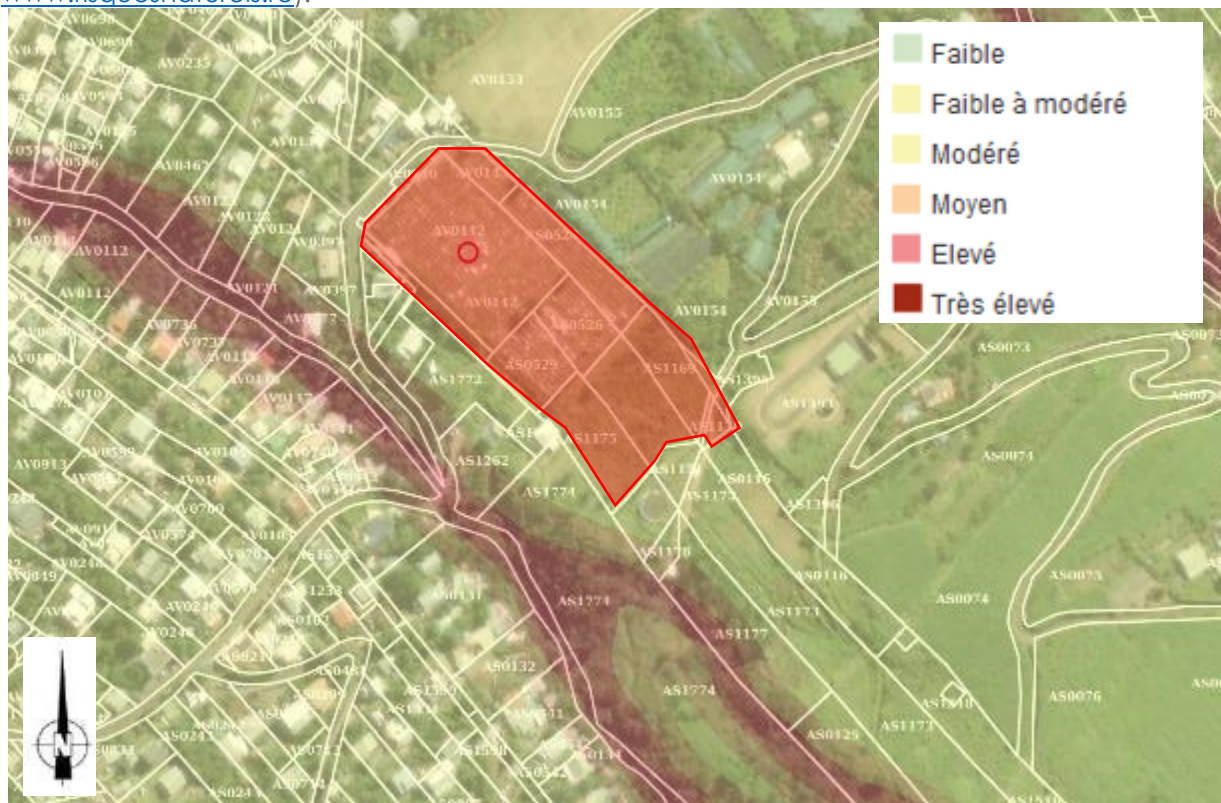


Aléa inondation (source risquesnaturels.re)

### 3.3.2 Risque de mouvement de terrain

Le site n'est pas référencé sur le site BRGM des mouvements de terrain.

La zone d'étude se situe en zone d'aléa mouvements de terrain faible à modéré (source : [www.risquesnaturels.re](http://www.risquesnaturels.re)).



*Aléa mouvements de terrain (source risquesnaturels.re)*

### 3.3.3 Exposition au gonflement des argiles

Ces phénomènes sont connus dans les sols argileux, sensibles aux variations hydriques, et sujets aux phénomènes de retrait-gonflement. En effet, en période de sécheresse, les argiles perdent leur état de saturation intrinsèque par évaporation de l'eau qu'elles contiennent.

Il se développe alors un phénomène de retrait qui se traduit par une diminution du volume de l'argile et entraîne un tassement (diminution de volume dans le sens vertical). Lorsque le terrain est de nouveau réhydraté, l'eau pénètre dans les fissures de l'argile qui tend de nouveau vers son volume à l'état saturé. C'est le phénomène de gonflement.

**Le site n'est pas réputé sensible à l'aléa retrait gonflement**

### 3.3.4 Risque PPR littoral

Le site est réputé hors zone de l'aléa retrait du trait de côte et hors aléa submersion marine.

### 3.3.5 Risque radon

Selon le site de l'ISRN, la commune de SAINT-PAUL est réputée être des communes à potentiel radon de catégorie 1.

### 3.3.6 Cadre réglementaire

Le PPR est un document placé sous l'autorité de l'État. Une fois un PPR approuvé, ce dernier vaut document d'urbanisme et servitude d'utilité publique et, à ce titre, il est annexé au PLU.

Il régit « en tant que besoin » la réalisation, l'utilisation ou l'exploitation de tout type de construction, ouvrage ou aménagement en projet ou existant dans les zones directement et indirectement exposées à un risque.



Pour les terrains en zone bleue B du PPR ou les terrains en zone R2 sur des sites urbains à enjeux, les nouveaux règlements du PPR préconisent une étude d'incidence localisée pour confirmer l'absence de risque pour les biens et les personnes et la constructibilité du site, mais aussi pour responsabiliser le constructeur et/ou de l'aménageur, en vue d'une non-aggravation des risques « mouvements de terrain » pressentis.

Cette étude aboutit à la délivrance d'une attestation d'étude qui sera jointe au dossier du permis de construire conformément à l'article R. 431-16 c du code de l'urbanisme (issu du décret n° 1177 du 3 août 2007 en vigueur au 1er octobre 2007) qui est applicable lorsqu'un PPR approuvé (ou rendu immédiatement opposable) subordonne les constructions à la réalisation d'une étude préalable permettant d'en déterminer les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation.

Le projet figurant dans le permis devra respecter les principes généraux définis à ce stade du projet et les prescriptions énoncées dans ce rapport pour bénéficier de cette attestation.

Le projet figurant dans le permis devra respecter les principes généraux définis à ce stade du projet et les prescriptions énoncées dans ce rapport pour bénéficier de cette attestation.



*PPR approuvé (source risquesnaturels.re)*

Au droit du projet, la zone d'étude n'est pas en zone de prescription (B) ou en zone d'interdiction (R) dans le PPR. Les prescriptions du PLU devront être appliquées dans la zone concernée.

### 3.3.7 Synthèse des risques

La synthèse des risques à prendre en compte pour le projet est résumée dans le tableau suivant.

Type de risques	Fort - Elevé	Moyen - Modéré	Faible	Très faible ou nul
Risque Inondation par remontée de nappe ou submersion			X	X
Risque Mouvement de terrain		X	X	
Risque retrait gonflement				X
Risque Liquéfaction			X	
Risque effet de site		X		
Risque Aléa littoral				X
Risque carrières			X	

### 3.4 POLLUTION

Lors de notre intervention, nous n'avons détecté aucun indice évident de pollution dans les sondages réalisés (c'est-à-dire sous une forme détectable visuellement ou olfactivement).

Il n'est toutefois pas impossible que le terrain soit imprégné de substances polluantes. Cependant, la recherche de polluant n'est pas l'objet d'une mission géotechnique en général ni de notre mission en particulier.

## 4. MOYENS MIS EN OEUVRE

Le programme d'investigation a été établi conformément à la norme NF EN 1997-2 – Eurocode 7 – « Reconnaissance des terrains et essais de Septembre 2007 » complété par les « Recommandations de l'USG sur la consistance des investigations géotechniques pour les études géotechniques de conception (G2) » de Mai 2016 de l'USG et du SYNTEC INGENIERIE.

### ➤ Reconnaissance de site

Il s'agit d'une recherche bibliographique et une reconnaissance visuelle du site par un géologue.

### ➤ Sondages à la pelle

Il a été relevé la lithologie de 10 sondages à la pelle descendus respectivement à environ 1,70 m à 2,30 m de profondeur au moyen d'une pelle à chenille SANY S50U de 40 cv (Poids 5,3 T, force d'excavation 30 KN). Ils ont été notés PM1 et PM10.

Sondages de reconnaissance	Référence	Profondeur (m)
Sondage à la pelle	PM1	3,00 m (arrêt)
Sondage à la pelle	PM2	3,00 m (arrêt)
Sondage à la pelle	PM3	2,30 m (refus sur bloc)
Sondage à la pelle	PM4	2,50 m (refus sur bloc)
Sondage à la pelle	PM5	0,80 m (refus sur bloc)
Sondage à la pelle	PM6	3,30 m (arrêt)
Sondage à la pelle	PM7	3,20 m (arrêt)
Sondage à la pelle	PM8	3,40 m (arrêt)
Sondage à la pelle	PM9	2,70 m (refus sur bloc)
Sondage à la pelle	PM10	3,20 m (arrêt)

Le levé lithologique de ces sondages est donné en annexe ci-joint N°3.

### ➤ Essais de perméabilité

Il a été réalisé dans les sondages PM6, PM8, PM9 et PM10, quatre tests de perméabilité à charge variable référencés comme les sondages. Le trou a été rempli d'eau claire afin de mesurer la vitesse à laquelle le terrain absorbe l'eau. Nous mesurons le volume d'eau introduit pendant la durée du test, volume nécessaire pour maintenir constante la hauteur d'eau dans le trou et calculer ainsi un coefficient K caractérisant le sol en place :

$K = (\text{mm/h}) = \text{volume d'eau introduit} / (\text{surface d'infiltration} \times \text{durée du test})$ .

(La surface d'infiltration comprend la totalité des surfaces du trou au contact avec l'eau).

Le résultat des résultats est donné en annexe ci-joint N°4.

### ➤ Essais en laboratoire

Nous avons réalisé les essais suivants :

Type d'essai	Nombre	Norme AFNOR
Teneur en eau w	5	NF P94-050
Analyse granulométrique	5	NF EN ISO17892-4
Essai au bleu VBS	5	NF P94-068
IPI	5	NF P94-078
Classification G.T.R.	5	NF P11-300

Le PV des essais en laboratoire est donné en annexe ci-joint N°4.

### ➤ Rapport géotechnique

Un rapport général développant les points développés au paragraphe 1-2 fournissant une synthèse géotechnique et précisant les sujétions de réalisation.

## 5. ANALYSE DES RECONNAISSANCES

### 5.1 GENERALITES

Tous les résultats des sondages, essais et reconnaissances réalisés sur l'ensemble du site sont consignés en annexes qui comprennent donc :

- Le plan de situation (annexe 1),
- Le plan d'implantation des sondages et essais (annexe 2),
- Les sondages et les essais de perméabilité (annexe 3),
- Les essais de laboratoire (annexe 4),
- Les documents à établir en mission G3 dans le cadre des études d'exécution (annexe 5),
- Les missions normalisées (annexe 6).

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan d'implantation joint en annexe (N°2). Elle a été définie en fonction du projet et réalisée par nos soins en fonction des impératifs du terrain. L'altitude des têtes de sondages correspond au niveau du terrain naturel au moment des investigations. Les cotes seront exprimées en mètre par rapport au terrain naturel (m/TN) au moment de l'intervention dans la suite du rapport.

Les coordonnées des sondages réalisés sont les suivantes :

Sondage	E	N	Z (NGR)	CQ2D	CQAlt
PM1	326946.46	7677450.74	465.92	0,5	0,5
PM2	326967.88	7677472.40	470.35	0,5	0,5
PM3	326981.33	7677489.19	470.74	0,5	0,5
PM4	326962.49	7677435.75	470.91	0,5	0,5
PM5	326980.63	7677453.28	474.38	0,5	0,5
PM6	326999.61	7677476.27	476.13	0,5	0,5
PM7	326976.53	7677421.24	476.11	0,5	0,5
PM8	326989.61	7677443.28	477.48	0,5	0,5
PM9	327011.34	7677446.44	480.06	0,5	0,5
PM10	327006.41	7677434.90	481.51	0,5	0,5

Les données seront référencées au système RGR92. L'altimétrie est rattachée au système NGR – IGN89.

### 5.2 SYNTHSE DES RECONNAISSANCES

A noter que la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain naturel tel qu'il était au moment de la reconnaissance. Les sondages destructifs enregistrés, de par le mode de foration, ne constituent pas une façon sûre de reconnaissance des faciès souterrains. Seul le mode par carottage permet cette reconnaissance précise. Toutefois, en fonction des cuttings de forage destructif, et des indications fournies par le sondeur nous vous proposons les coupes de sol décrites sur les coupes de sondage en annexe, et dans les tableaux en pages suivantes.

L'analyse et la synthèse des résultats des investigations réalisées lors de notre campagne ont permis de dresser la coupe synthèse géotechnique suivante.

#### 5.2.1 Géologie

Les sondages réalisés dans l'emprise du projet mettent en évidence la lithologie suivante du haut vers le bas:

- En tête, une terre végétale et des limons sableux foisonnés interprétés comme un **Horizon biopédologique**.

L'ensemble mesure environ 30 cm d'épaisseur. Il est possible que cette épaisseur soit ponctuellement largement supérieure hors des zones de sondages.



- Ensuite sur plus de 3,00 m d'épaisseur, on trouve des limons sableux plus ou moins graveleux bruns clair localement caillouteux à blocs (Dmax=450 mm) interprétés comme des **Limons d'altération**. Des sondages ont essuyés des refus sur les blocs. Localement les blocs peuvent être nombreux et d'un diamètre conséquent.

Le relevé des sondages est donné en Annexe N°3.

On gardera à l'esprit que l'épaisseur des différentes couches n'est certaine qu'au droit des sondages pressiométriques et que les sondages ont été réalisés conformément à la norme NF P94110-1 en petit diamètre (64 mm) et en mode semi-destructif ; la coupe est donc entachée d'une imprécision quant aux limites des couches, leurs natures précises, et la blocométrie. Dans un contexte volcanique, les variations d'épaisseur des couches peuvent être très brutales.

### 5.2.2 Hydrogéologie

Il n'a pas été mis en évidence d'arrivées d'eaux au moment des sondages.

Les sondages de reconnaissance se font sur une période de courte durée et les informations sur les venues d'eaux (cote, absence ou présence...) indiquées dans le rapport, ne reflètent pas forcément le niveau maximum. L'intervention ponctuelle du géotechnicien dans le cadre de la réalisation de l'étude confiée ne lui permet pas de fournir des informations hydrogéologiques suffisantes, dans la mesure où le niveau d'eau mentionné dans le rapport d'étude correspond nécessairement à celui relevé à un moment donné.

Il conviendrait de procéder ou faire procéder à la pose de piézomètres sur plus d'un an pour évaluer la présence d'eau et les fluctuations éventuelles.

L'origine des fluctuations possibles est en effet soit naturelle (sécheresse, crue de nappe en relation avec la situation météorologique par exemple) soit due à des travaux ou à une modification de l'environnement aux alentours immédiats (pompages, rejets, effets barrages, etc.).

Des circulations d'eaux erratiques sont également fortement probables, accentuées en période de pluie. Ces circulations d'eau sont susceptibles de se produire au sein des formations superficielles. Ces circulations ne sont pas pérennes et dépendent grandement des conditions météorologiques, c'est-à-dire qu'elles se manifestent en périodes pluvieuses prolongées et seront absentes ou de moindre présence en période sèche. Compte tenu de la nature attendue de ces terrains, ces circulations peuvent se produire avec un recul par rapport aux périodes pluvieuses, du au temps de transit des eaux. Des poches d'eau peuvent également être piégées dans ces niveaux.

Des informations précises sur le risque réel d'inondation peuvent être fournies dans les documents d'urbanisme (P.L.U.) et dépendent des travaux de protection réalisés, donc susceptibles de varier dans le temps. S'agissant de données d'aménagement hydraulique et non de données hydrogéologiques, elles ne font pas partie de notre mission d'étude géotechnique.

### 5.2.3 Essais de perméabilité

Les perméabilités mesurées sont faibles à moyennes.

Sondage	Profondeur sondage (m)	Profondeur essais (m)	Lithologie	Perméabilité (m/s)
PM6+K	3,30 m	2,50 à 3,30 m	Limons d'altération	1,0 E-04
PM8+K	3,40 m	2,70 à 3,40 m	Limons d'altération	3,0 E-03
PM9+K	2,70 m	2,20 à 2,70 m	Limons d'altération	3,0 E-04
PM10+K	3,20 m	2,80 à 3,20 m	Limons d'altération	1,0 E-03
MOYENNE HARMONIQUE				2,73 E-04

On retiendra une perméabilité moyenne (moyenne harmonique) de  $2,73 \cdot 10^{-4}$  m/s qualifiant des matériaux semi-perméable. Mais cette perméabilité a été mesurée au toit des niveaux de tufs laves sous-jacents.

<b>PERMÉABILITÉ (K)</b>													
en m/s ▶		10 <sup>-1</sup>	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>
en darcy cm/s ▶		10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>
<b>GRANULOMÉTRIE</b>													
homogène ▶		graviers		sable pur		sable très fin		silt		argiles			
diamètre des grains en mm ▶		2		0.25		0.06		0.002					
variée ▶		graviers gros et moyens		graviers et sables		mélange sable, argile, limons		argiles					
<b>TYPES DE FORMATIONS</b>													
		roches perméables				semi-perméables				impermeables			

Nous rappelons qu'il s'agit d'un essai ponctuel mesurant la perméabilité sur une surface très limitée par rapport au terrain étudié. Des variations latérales ne sont donc pas exclues.

## 5.2.4 Essais en laboratoire

### 5.2.4.1 Les paramètres de nature

\* la granularité : analyse granulométrique, qui constitue le premier niveau de classification.

\* l'argilosité et la plasticité: valeur au bleu de méthylène (VBs) et la valeur des limites d'Atterberg qui constituent le second niveau de classification.

On retiendra les résultats suivants des essais réalisés (matériau écrêté\*):

Sondage	Profondeur	Echantillon	W (%)	D* (mm)	<80 microns	<2 mm	<12.5 mm	Vbs	GTR*
PM1	1,8 – 2,5 m	S1971	34,1	80	56	69	77	0,89	C1A1
PM3	1,8 – 2,3 m	S1972	28,4	100	52	63	71	0,87	C1A1
PM5	0,5 – 0,8 m	S1973	24,9	100	55	65	66	1,44	C1A1
PM7	2,5 – 3,2 m	S1974	40,8	63	11	14	41	0,28	B4
PM10	2,0 – 2,5 m	S1975	39,6	80	37	43	60	0,58	C1A1

\*Matériau écrêté au prélèvement

Les matériaux sont dans ce secteur de type **A1 (C1A1) à B4 (C1B4)** au sens du GTR.

### 5.2.4.2 Les paramètres de comportement mécanique

Il s'agit des coefficients Los Angeles (LA) et Micro-Deval en présence d'eau (MDE). Aucun de ces essais n'a été réalisé lors de cette campagne.

### 5.2.4.3 Les paramètres d'état :

Ils permettent de caractériser l'état hydrique des matériaux. Ces paramètres ne sont pas des caractéristiques intrinsèques du sol mais sont fonction de l'environnement (zone humide, pluvieuse...) :

\* l'Indice Portant Immédiat (IPI)

\* optimum proctor normal

\* la teneur en eau (comparée soit à la teneur en eau à l'optimum Proctor ou bien à l'indice de consistance Ic).

Les essais IPI et Proctor ont donnés les caractéristiques suivantes :

Sondage	Profondeur	Echantillon	W (%)	$\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	IPI
PM1	1,8 – 2,5 m	S1971	37,8	12,04	23
PM3	1,8 – 2,3 m	S1972	35,0	11,57	23
PM5	0,5 – 0,8 m	S1973	34,3	11,84	14
PM7	2,5 – 3,2 m	S1974	43,7	11,37	25
PM10	2,0 – 2,5 m	S1975	42,2	12,64	18

Les matériaux C1A1 sont à l'état m (A1m/C1A1m).

Les sols B4 sont très sensibles à la situation météorologique. En théorie seul un essai Proctor peut déterminer leur état hydrique lorsqu'ils ne sont pas à l'état h ou th. Compte tenu de l'IPI (>15), ils sont à minima à l'état m.

### 5.2.5 Paramètres intrinsèques

Certains calculs de stabilité nécessitent des valeurs de paramètres intrinsèques. Ceux-ci n'ont pas été mesurés.

*Il convient que la valeur représentative ou caractéristique retenue pour un paramètre géotechnique soit une estimation prudente de la valeur qui influence l'état limite considéré (paragraphe K.2.2 de la norme NF P94-261 et 2.4.5.2 de la norme EN 1997-1). Selon le paragraphe 2.4.5.2 de la norme EN 1997-1, « Une estimation prudente de la valeur moyenne consiste à choisir la valeur moyenne d'un ensemble limité de valeurs du paramètre géotechnique avec un niveau de confiance de 95% ; par rapport à une rupture locale, une estimation prudente de la valeur la plus faible est un fractile à 5% »* Par corrélations, on pourra tabler à ce stade de l'étude sur les valeurs de poids volumique et de cohésion et angle de frottement long terme suivantes :

Nature	Cohésion $c'$ (kPa)	Angle de frottement $\phi'$	Cohésion court terme $c_{uu}$ (kPa)	Angle de frottement $\phi_{uu}$	Poids volumique $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Coefficient de Poisson
Limons d'altérations	0 - 5	27	10	25	16 - 19	0,35

Ces valeurs sont présentées en corrélation avec les résultats pressiométriques et fonction de l'expérience. Lorsque l'on utilise des corrélations pour obtenir des valeurs des propriétés des terrains, il convient que les corrélations soient appropriées aux conditions de terrain et au matériel utilisé et documentées (clause K2(3) de la norme NF P94-261).

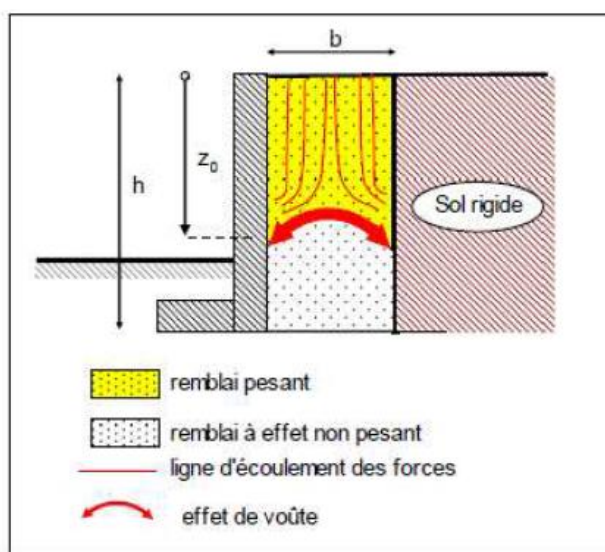
**Une justification plus précise nécessite la réalisation de sondages carottés avec prise d'échantillons intacts complémentaires et d'essais de laboratoire. Compte tenu de leur importance, nous demandons de procéder à des essais complémentaires spécifiques en mission G3 permettant de confirmer ces estimations et en appliquant des coefficients de sécurité partiels (Cf. paragraphe 9.3 de NF 94-261) sur ces paramètres en gardant à l'esprit que les matériaux rencontrés compte tenu de leur granulométrie peuvent mal se prêter à ces essais de laboratoire.**

**Dans le cas de l'utilisation d'une méthode numérique, les facteurs partiels sont ceux de l'Annexe B de la norme NF P94-261 complétés éventuellement par ceux relatifs à la méthode de calage du modèle.**

Les propriétés des terrains et la valeur représentative ou caractéristique des paramètres géotechniques doivent être déterminées, y compris pendant les phases de construction conformément aux paragraphes 2.4.3 et 2.4.5.2 de la norme NF EN 1997-1 (Notes 1 et 2) complétées par les indications du paragraphe K.2. de la norme NF P94-261.

**On notera que les valeurs  $c'$  et  $\phi'$  des remblais interviennent dans le calcul de la poussée des terres. Dans le cas de remblai, celui-ci sera réceptionné avant mise en œuvre et ces valeurs intrinsèques seront comparées avec celles utilisées lors des calculs pour le dimensionnement.** On tiendra compte le cas échéant de l'effet silo qui empêche le coin de poussée de se développer. **Pour mémoire, cet effet silo a pour conséquence de limiter, voire annihiler les efforts de poussée en base de mur. Ce mécanisme va dans le sens de permettre la réduction de l'impact de contreforts en base de mur.**

Lorsque l'espace de remblaiement à l'arrière est réduit, le coin de poussée théorique n'a parfois pas la possibilité de se développer. Il peut se créer une réduction des poussées verticales due à un effet de voute contre les parois qui a pour effet de modifier les poussées sur l'écran.



### 5.3 RISQUES SISMIQUES – DONNEES SISMIQUES REGLEMENTAIRES

La nouvelle réglementation sismique nationale (entrée en vigueur à compter du 1er mai 2011), classe l'île de la Réunion **en zone 2 dite de faible sismicité** alors qu'elle était auparavant considérée comme de sismicité nulle.

Remarque : L'arrêté du 22 octobre 2010 indique qu'aucun dimensionnement sismique n'est nécessaire pour les bâtiments de catégorie d'importance I (quelle que soit la zone de sismicité) ou de catégorie d'importance II en zones de sismicité très faible (zone 1) ou faible (zone 2). L'arrêté du 26 octobre 2011 indique qu'aucun dimensionnement sismique n'est pas nécessaire pour les ponts d'importance I ou en zone de sismicité très faible (zone 1).

Remarque : L'analyse du risque de liquéfaction des sols n'est pas requise en zone 2.

Sauf avis contraire du maître d'ouvrage, s'agissant d'aménagements d'une extension de cimetière avec des soutènements de petite taille, les ouvrages seraient (sous réserve du choix du Maître d'ouvrage) de catégorie 1 au sens de l'arrêté 26 octobre 2011 et ne sont pas soumis à une réglementation sismique.

## 6. ADAPTATION DU PROJET AU SITE

On retiendra des paragraphes précédents :

### \* Le projet :

Le projet comprend extension du cimetière de Bois de Nèfles Saint-Paul. Compte tenu de la pente, il devra être réalisé des terrassements et des soutènements.  
Nous n'avons pas d'autre information à ce stade des études.

### \* Géologie et géotechnique :

On trouve :

- En tête, un horizon biopédologique.
- Puis des Limons d'altération sur plus de 3,00 m d'épaisseur,

### \* Hydrogéologie :

Il n'a pas été observé de venues d'eaux au moment des forages, mais des circulations anarchiques peuvent exister.

### \* Sensibilité aux aléas :

Le site apparaît globalement moyen d'un point de vue géotechnique avec des aléas liés à :

- La géologie
  - aléas liés aux interfaces et aux variations d'épaisseur, notamment les variations de l'épaisseur des Limons d'altération
  - aléas liés à la présence éventuelle de remblais ainsi que d'éventuels ouvrages enterrés non décelés lors des sondages
  - aléas liés à des conduites et réseaux qu'il conviendra de dévier
  - aléas liés à la présence de contraintes enterrées
- L'hydrogéologie
  - aléas liés aux circulations d'eau superficielles et des venues d'eau parasites
- La nature des matériaux
  - aléas liés à la sensibilité des matériaux à l'eau, à l'érosion et au remaniement
  - aléas liés à la présence de blocs pouvant induire des hors-profils.

### \* Réalisation des terrassements

Sur les 3 premiers, on rencontrera des matériaux meubles avec quelques blocs. Dans les zones en déblai, on rencontrera probablement les tufs laves non atteints en sondages à la pelle qui nécessiteront des moyens spéciaux de terrassements.

### \* Réalisation des soutènements

Compte tenu de la pente, il devra être réaliser des terrassements et des soutènements. Ces derniers ne devraient pas dépasser 4 m de hauteur.

Pour ces murs de soutènement, sous réserve de son niveau de calage et de sa hauteur, une assise sur semelles descendus dans les Limons d'altération, après dimensionnement spécifique est envisageable.

Dans les zones en déblai, on rencontrera probablement les tufs laves non atteints en sondages à la pelle qui pourront constituer un niveau d'assise.

Il est important que l'ensemble de l'horizon de fondation appartienne à une même et seule nature géologique. Localement des approfondissements seront nécessaires.

### \* Bâtiments RDC type local gardien, vestiaires/sanitaires

Pour ces bâtiments, sous réserve de son niveau de calage, une assise sur semelles descendues dans les **Limons d'altération**, après dimensionnement spécifique est envisageable.

Il conviendra de réaliser à minima des sondages pressiométriques complémentaires en mission G2 AVP. Il conviendra de les descendre 6 m plus bas que le niveau de calage potentiel des fondations soit en première approche une profondeur d'un minimum de 10,0 m /12,0 m au droit des déblais.

Ces principes généraux ne s'appliquent qu'à des ouvrages « classiques ». Ils pourraient totalement être remis en cause pour des configurations particulières, par exemple appuis ponctuels fortement chargés, niveaux finis variables ou totalement différents du niveau du terrain actuel, ouvrages avec efforts horizontaux, surcharges d'exploitations importantes, etc. ).

Une attention particulière doit être apportée aux principes détaillés dans les paragraphes suivants : le non-respect de l'une d'entre elles peut rendre caduque le résultat escompté. Nous rappelons que toute modification du projet ou présence d'aléas géotechniques peuvent entraîner une modification partielle ou complète des adaptations préconisées.



## 7. TERRASSEMENTS

L'ensemble des terrassements devront être réalisés conformément au Guide Technique pour la réalisation des remblais et couches de formes (GTR, fascicules I et II).

Les documents d'exécution des terrassements devront être établis dans le cadre d'une mission G3 (plan de terrassements, procédures d'exécution, notes de calculs, valeurs seuils, plans de phasage, planning...).

Les indications données dans le chapitre suivant, qui sont fournies en estimant des conditions normales d'exécution pendant les travaux, seront forcément adaptées aux conditions réelles rencontrées (intempéries, venues d'eau, matériels utilisés, provenance et qualité des matériaux, phasages, plannings et précautions particulières).

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

### 7.1 CONTRAINTES DU SITE

Les indications données dans le chapitre suivant, qui sont fournies en estimant des conditions normales d'exécution pendant les travaux, seront forcément adaptées aux conditions réelles rencontrées (intempéries, venues d'eau, matériels utilisés, provenance et qualité des matériaux, phasages, plannings et précautions particulières).

Le mode d'exécution des terrassements dépendra étroitement des conditions environnementales, en particulier :

- du niveau d'assise pouvant nécessiter la réalisation de fouilles blindées ;
- de la présence de voirie circulée ou non à plus ou moins grande distance de la fouille et des possibilités de neutralisation partielle ou totale de celles-ci ;
- de l'espace libre disponible pour envisager éventuellement une solution par talutage.

Mais de nombreux autres facteurs peuvent être déterminants pour le choix du mode d'exécution des terrassements (présence de réseaux, d'anciens ouvrages enterrés, maisons etc.).

### 7.2 EXTRACTION

L'ensemble des terrassements devra être réalisés conformément au Guide Technique pour la réalisation des remblais et couches de formes.

Les terrassements dans les limons d'altération nécessiteront l'emploi d'engins classiques et énergiques. En revanche, l'utilisation de matériels d'extraction de forte puissance et de moyens spécifiques (BRH par exemple...) sera nécessaire pour l'extraction de vestiges ou de blocs dans les limons d'altération.

Nous suggérons :

- purge des remblais
- décapage des niveaux foisonnés éventuels par engin à lame,
- extraction à la pelle puissante en rétro des limons d'altération
- extraction à la pelle puissante et BRH des blocs ou vestiges éventuels
- extraction à la pelle puissante et BRH des laves tufs sous-jacentes (non atteintes en sondages à la pelle)
- recompactage du fond de forme
- finition manuelle des fouilles avec purge des gros blocs éventuels.
- réception des fouilles des fondations par un géotechnicien.

Des stagnations d'eau peuvent se produire dans les fouilles. On modèlera les fouilles pour évacuer l'eau gravitairement.

Les limons d'altération sont sensibles à l'érosion, on veillera également à bien protéger les talus, au fur et à mesure des terrassements, contre les effets des précipitations.

### 7.3 PENTE DES TALUS

En phase provisoire (à court terme, pendant la phase chantier avec des conditions climatiques favorables)

Il devra être prévu de mouvements de terre en déblais selon un principe de terrasses. Les déblais ne devraient pas dépasser 3,00 m de hauteur.

On pourra retenir pour les talus en déblais, en phase provisoire et en l'absence de venues d'eaux et de surcharges en tête, une pente de 1B/1H (Base/Hauteur) dans les limons d'altération et à adapter lors des terrassements si cela s'avère nécessaire.

Toutefois, la stabilité des talus de grande hauteur (> 3 m) tant en phase provisoire que définitive, devra être étudiée avec le plus grand soin. Une telle préconisation est donnée en supposant l'absence de surcharges en tête des talus et l'absence de venues d'eaux.

Les talus devront impérativement être protégés contre les effets des eaux de ruissellement (entraînement de fines). L'ensemble des talus devra être protégé des intempéries par exemple par des feuilles de polyane soigneusement fixées, des cunettes étanches en tête de talus.

A noter que des hétérogénéités locales peuvent être rencontrées au fur et à mesure de l'ouverture des fouilles et provoquer des éboulements locaux. Ainsi pour les talus en déblais constitués par les remblais, il pourra éventuellement être demandé en fonction des observations en phase travaux et sur avis du géotechnicien, un abaissement éventuel à 3B/1H (Base/Hauteur).

En phase définitive (Pentes de talus végétalisées avec une végétation dense et agrippante)

La pente du talus, dans les limons d'altération ne pourra pas excéder une pente de 3B/2H (Base/Hauteur) en phase définitive (sans surcharge en tête pour les remblais, fondations descendues sous niveaux de remblais).

Pour les éventuels remblais en GNT, les talus respecteront une pente de 3B/2H (Base/Hauteur). Les redans visés au paragraphe 1 de l'article 15 du fascicule 2 du CCTG présenteront, lorsque le terrain d'assise des remblais a une pente supérieure à 15 %, une profondeur de 50 (cinquante) centimètres. Les redans seront inclinés vers l'amont avec une pente de 5 %. Le rattrapage des différents niveaux de redans s'effectuera par pente de fruit ½ (1 en verticale, 2 en horizontal).

Vis-à-vis de l'érosion, en période cyclonique leur stabilité n'est jamais assurée, quelle que soit la pente. Pour garantir cette stabilité, il faut envisager de renforcer les talus ou de les masquer et de drainer les eaux de ruissellement.

Cas particulier des éventuelles fouilles ou tranchées de grande profondeur :

Dans le cas où seraient réalisés des fouilles de tranchée d'une profondeur supérieure à 1,30 m, on s'orientera vers des techniques d'ouverture ou de confortement adaptées au phasage d'exécution et aux caractéristiques des sols en présence et du site : fouilles blindées par passes alternées ou talutage de type 1/1. Nous conseillons vivement à l'entreprise de procéder à une étude spécifique de stabilité de fouilles pour valider leur technique d'ouverture vis-à-vis des organismes de sécurité.

En phase travaux, la visite d'un géotechnicien sera indispensable afin de vérifier la stabilité des talus définitifs (mission G3).

La stabilité des talus de grande hauteur (> 3 m) tant en phase provisoire que définitive, devra être étudiée avec le plus grand soin. Une telle préconisation est donnée en supposant l'absence de surcharges en tête des talus et l'absence de venues d'eaux.

**Pour des remblais et déblais de grande hauteur (>3m), il sera nécessaire de réaliser une étude de stabilité lors de phase G3.**

### 7.4 REEMPLOI DES MATERIAUX DU SITE EN REMBLAI

Les matériaux sont réutilisables en remblais selon les prescriptions du GTR après écrêtage des blocs. Les sujétions de compactage pourront être définies ultérieurement en fonction du matériel utilisé.

Les objectifs de compactage sont ordinairement q4 pour les remblais c'est-à-dire 95 % de la densité à l'optimum Proctor.

Les matériaux A1 (C1A1) sont à l'état m, mais ils peuvent rapidement basculer à l'état h ou th en saison cyclonique. De fait les conditions de réemploi sont alors les suivantes.  
Quel que soit les conditions météorologiques, à l'état m, ce type de matériaux nécessite un compactage moyen ou intense.

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H	
A <sub>1</sub> th	Sols normalement inutilisables en l'état La réduction de teneur en eau par une mise en dépôt provisoire ou drainage préalable (plusieurs mois) peut être envisageable après étude spécifique et permettrait de les ramener en A <sub>1</sub> h			NON	
A <sub>1</sub> h	Ces sols sont difficiles à mettre en oeuvre en raison de leur portance faible	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
	Ils sont sujets au matelassage	=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 0 1 0 2 0
	Le matelassage est à éviter au niveau de l'arasement	-	évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de faible hauteur (≤ 5m)	0 0 0 0 0 3 1
				Solution 2 : aération E : extraction en couches minces W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)	1 0 1 0 1 2 2
				Solution 3 : traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 0 1 0 2 0
A <sub>1</sub> m	Ces sols s'emploient facilement mais sont très sensibles aux conditions météorologiques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier à cause d'un excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec difficile à compacter	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)	2 0 0 0 0 2 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)	0 0 0 0 0 1 2
				Solution 3 : extraction frontale E : extraction frontale C : compactage intense	2 0 0 0 0 1 0

Les conditions de réemploi des matériaux B4m sont les suivantes.  
Quel que soit les conditions météorologiques, à l'état m, ce type de matériaux nécessite un compactage moyen ou intense.



Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code
					E G W T R C H
B <sub>4</sub> m	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne ( $\leq 10$ m)	2 0 0 0 0 2 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		-	évaporation importante	<b>Solution 1 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense	0 0 0 0 0 1 0
				<b>Solution 2 : arrosage</b> W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0

## 7.5 MISE EN ŒUVRE DES REMBLAIS

### 7.5.1 Remblais

Avant la réalisation des remblais, il sera nécessaire de préparer le fond de forme : il sera impératif de purger les niveaux foisonnés et les éventuels blocs ou remblais.

Un matériau d'apport sera mis en place par couches soigneusement compactées selon le GTR. L'épaisseur des couches mises en œuvre sera fonction du type de compacteur et du matériau utilisé. Des redans d'accrochage seront aménagés sur les zones non horizontales (pente supérieure à 15%) ou sur les talus, conformément au §15.1 du fascicule 2 du CCTG. Les redans seront inclinés vers l'amont avec une pente de 5%. Le rattrapage des différents niveaux de redans se fera par pente 2B/1H.

En cas d'impossibilité de mettre en place des redans (manque d'espace, zones très pentues), une solution de soutènement provisoires pourra être étudiée et mise en œuvre.

### 7.5.2 Essais de contrôle

Les objectifs de compactage définis par le GTR sont q4 pour les remblais et q3 pour la couche de forme et les remblais contigus.

Des essais de contrôle à la plaque devront être prévus pour s'assurer de la qualité de la couche de forme et des remblais.

Ils seront réalisés tous les 0,5 m à 0,8 m d'élévation pour les remblais. Le module EV2 de la couche de remblai N doit être au moins supérieur de 10% au module EV2 de la couche N-1 :  $EV_{2n} > 1.1 EV_{2n-1}$ . Pour l'arase de terrassement, il faut compter au moins 1 essai tous les 500 m<sup>2</sup>, et tous les 250m<sup>2</sup> pour la couche de forme, avec un minimum de 5 essais par ouvrage (cf. *Méthodologie de mesure de la portance des plateformes* du CEREMA, §2.1).

Les valeurs minimales à obtenir au niveau des remblais seront :

$$\begin{aligned} EV_2 &> 50 \text{ MPa} \\ EV_2 / EV_1 &< 1,6 \\ K_w &> 50 \text{ MPa / m} \end{aligned}$$

ARASE DE TERRASSEMENT		PLATE-FORME VISEE	
Classe d'arase ARj	Portance du sol Ps en MPa	Classe de plate- forme PFi	Module EV2 en MPa
AR0	Ps < 20	PF1+	30 ≤ EV2 < 50
		Déconseillé (Effet « <i>enclume</i> » non obtenu)	
		PF2	50 ≤ EV2 < 80
AR1	20 ≤ Ps < 50	PF2	50 ≤ EV2 < 80
AR2	50 ≤ Ps < 120	PF2qs	80 ≤ EV2 < 120
AR3	120 ≤ Ps < 200	PF3	120 ≤ EV2 < 200

Module EV2 long-terme à obtenir en fonction de la plate-forme visée et de l'arase de terrassement

Sans ces essais et contrôles réalisés et/ou suivis par LACQ Groupe GEOTEC ou son mandataire dans le cadre d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution, LACQ Groupe GEOTEC ne saurait engager sa responsabilité sur cette solution (ce qui n'exonère pas l'entreprise de son auto contrôle au titre de sa mission G3).

Remarque : Il peut être opportun de réaliser une planche de référence (d'essais), qui permet de s'assurer en vraie grandeur de l'obtention du comportement recherché, et le cas échéant de définir des dispositions correctives adéquates. La planche de référence (d'essais) doit en principe comporter une première série d'essais dans l'état après mise en œuvre des matériaux, puis une deuxième série après simulation des effets de pluie.

Cette simulation est réalisable pour un fond de forme horizontal en organisant la géométrie de la planche d'essai de telle sorte que l'exutoire des eaux qu'elle reçoit soit positionné 0,05 à 0,1 m au-dessus du niveau du fond de forme, un apport d'eau périodique assure l'imbibition avec confinement. (cf. Guide pour la réalisation de terrassements dans le cas de sols sensibles à l'eau).

## 7.6 TRAFICABILITE EN PHASE CHANTIER

L'arase terrassement intéressera des limons d'altération après décapage des niveaux foisonnés et des remblais. L'arase sera de type AR0, AR1 voir AR1+ après décapage et décaissement dans les limons d'altération.

Dans les limons d'altération :

- La traficabilité sera faible à moyenne en situation météo  $\oplus\oplus$
- La traficabilité sera moyenne en situation météo  $\oplus$
- La traficabilité sera moyenne en situation météo  $\ominus$  et  $\ominus$

En situation météo  $\ominus$  ou  $\ominus$ , on tablera sur une PST1 à PST2.

## 7.7 DRAINAGE

En phase chantier, les dispositifs d'assainissement correspondent à la nécessité de protéger la plate-forme et les talus des ruissellements et des précipitations directes.

On envisagera de réaliser des fossés en périphérie pour permettre l'évacuation des eaux de pluies lors des terrassements. Le fond de forme sera terrassé en toit ou en pointe de diamant.

En phase définitive, on prévoira un drainage périphérique par mise en place de drains 80 mm protégé par une chaussette géotextile et intégré dans une tranchée 30x30 (300 mm x 300 mm) gravillonnée.

L'exutoire sera gravitaire.

On veillera à bien récupérer les eaux de surface de la plateforme pour éviter leur infiltration au droit des ouvrages de soutènement et des fondations.

On vérifiera que la pente du système de drainage soit supérieure à 5 mm/m afin d'éviter toute stagnation ou infiltration.

Par ailleurs, les dispositifs de collecte des eaux de ruissellement devront être dimensionnés dans le cadre de l'étude hydraulique du projet. On prévoira des fossés longitudinaux en pied de talus de déblais et des drains longitudinaux en tête de remblais et soutènement.

Il sera nécessaire de mettre en œuvre un dispositif de drainage à l'amont des ouvrages de soutènement.



## 8. FONDATIONS DES SOUTÈNEMENTS ET DES BATIMENTS

Les semelles des bâtiments et murs de soutènement seront ancrés de 0.3 dans les Limons d'altération ou pour les murs dans les zones en déblais éventuellement dans les laves tufs non atteintes par sondages à la pelle (hauteur d'encastrement minimale au sens du fascicule annexe E2 de 0.50 m à respecter dans tous les cas).

En fonction des fluctuations du TN, de l'épaisseur remaniement des limons d'altérations plus ou moins remaniées et des variations des niveaux de calage du mur, il conviendra de faire des substitutions par grave ciment ou un gros béton.

Ces substitutions auront également pour objet d'homogénéiser l'assise.

Il conviendra néanmoins dans tous les cas de justifier la stabilité des murs et de faire une substitution partielle ou totale des remblais de couverture non compactés afin de limiter les tassements.

Les semelles des bâtiments seront dimensionnées selon la norme NF P94-261.

- Vérification de la stabilité générale du site
- Vérification au poinçonnement
- Vérification des Excentrement des charges
- Vérification aux glissements
- Vérification aux glissements
- Vérification des tassement et rotations

Les semelles des murs de soutènements seront dimensionnées selon la norme NF P94-281.

Les murs d'une hauteur de l'ordre de 4 m fondé dans un site où l'on trouve des Limons d'altération pourront être classé dans la catégorie géotechnique 2 (Application en France de l'ENV 1997-1).

*A titre d'information, les ouvrages de catégorie géotechnique 1 comprennent des ouvrages simples, pour lesquels une procédure de justification particulière est applicable. Il s'agit de structures traditionnelles de petite taille reposant sur un sol déjà reconnu, pour lesquels il est possible de satisfaire aux prescriptions fondamentales par référence à des expériences comparables ou grâce à des investigations géotechniques uniquement qualitatives.*

*On notera que pour le soutènement de différence de niveau de terrain excédant les 2 m, la catégorie géotechnique 2 semble la plus appropriée (nécessité de données et calculs géotechniques quantitatifs ...).*

En langage traditionnel, étant donné la nature, selon le Guide pour l'étude et la réalisation des soutènements (septembre 1981), il s'agit donc d'un mur de soutènement non courant qui nécessite l'ensemble des vérifications d'usage pour justifier ses dimensions :

- Vérification de la stabilité générale du site
- Vérification de la portance
- Vérification aux glissements
- Vérification aux renversements
- Vérification de la surface de contact
- Vérification aux tassements
- Vérification de la structure
- Vérification à la stabilité globale

Les forces stabilisantes d'un mur de soutènement sont liées à la géométrie du mur.

Les forces déstabilisantes sont :

- La poussée des terres et la position de son point d'application.
- Les éventuelles poussées hydrostatiques et la position de la résultante ;
- Les éventuelles surcharges qui s'exercent sur la partie amont du mur et la position de la résultante.
- Les conditions sismiques

La tenue du mur devra donc être vérifiée suivant les combinaisons données dans le tableau suivant :

Etat Limite	Combinaison	Justification
ELU	Fondamentale Accidentelle	Stabilité au renversement Stabilité du sol de fondation Stabilité au glissement Stabilité d'ensemble Matériaux constitutifs de la fondation
ELS	Fréquente Rare Quasi-permanente	Stabilité du sol de fondation Décompression du sol Matériaux constitutifs de la fondation

## 9. APTITUDE DU SITE AU PROJET D'EXTENSION

### 9.1 CRITERE TOPOGRAPHIQUE

Selon la « Recommandation relative aux critères topographiques, géologiques et d'hygiène publique à prendre en compte pour assurer la protection de l'hygiène publique en matière de cimetière » du Conseil supérieur d'hygiène publique de France adoptée lors de sa séance du 5 septembre 1996 « *L'installation des cimetières doit se faire, de préférence, sur des terrains à surface horizontale ou de pente faible (de l'ordre de 5 à 7 % au plus)* ».

Les cimetières doivent préférentiellement être implantés sur des terrains à surface horizontale ou de faible pente afin d'éviter d'éventuelles problématiques liées à l'instabilité des tombes, des terrains (glissement de terrain, ravinement) et au ruissellement.

Le site envisagé présente actuellement une forte pente, ce qui constitue un critère défavorable. La topographie actuelle de la zone choisie n'est pas compatible avec le projet d'extension. Des aménagements seront à prévoir du même ordre que ceux déjà réalisés sur le cimetière actuel pour éviter tout glissement de terrain et d'instabilité des tombes.

### 9.2 CRITERE GEOLOGIQUE

#### 9.2.1 Aptitude au creusement des terrains superficiels et de la partie supérieure du substratum

Selon la « Recommandation relative aux critères topographiques, géologiques et d'hygiène publique à prendre en compte pour assurer la protection de l'hygiène publique en matière de cimetière » du Conseil supérieur d'hygiène publique de France adoptée lors de sa séance du 5 septembre 1996 « *Il est indispensable de disposer d'une épaisseur suffisante de terrains faciles à creuser afin que la profondeur d'inhumation empêche l'action des animaux fouisseurs.* »

Pour les inhumations en pleine terre, il faut un recouvrement minimum de un mètre au-dessus du dernier cercueil. Étant donné que les cercueils ont une hauteur de 0,40 à 0,50 mètre, ceci impose une possibilité de creusement de :

- 1,40 à 1,50 mètre pour un corps ;
- 1,90 à 2,10 mètres pour deux corps superposés ;
- 2,40 à 2,70 mètres pour trois corps superposés. Dans le cas des caveaux maçonnés, une profondeur de 1,40 mètre peut suffire pour la superposition de deux corps.

Afin d'apprécier l'aptitude au creusement des terrains, nous avons procédé à des travaux de reconnaissance (fouilles à la pelle mécaniques) judicieusement répartis et conduits, sauf impossibilité, jusqu'à une profondeur de 3 mètres.

Les terrains rencontrés montrent une aptitude relativement correcte au creusement sur l'ensemble du site avec sur 10 sondages, il n'a été constaté que 4 refus sur blocs à 0,80 m/TN, 2,30 m /TN, 2,50 m/TN et 2,70 m/TN.

Il est possible d'un recouvrement minimal de 1,0 m.

#### 9.2.2 Qualité des terrains

Selon la « Recommandation relative aux critères topographiques, géologiques et d'hygiène publique à prendre en compte pour assurer la protection de l'hygiène publique en matière de cimetière » du Conseil supérieur d'hygiène publique de France adoptée lors de sa séance du 5 septembre 1996, il convient d'étudier « *Outre la nature des terrains, leurs caractéristiques physiques et s'assurera, en particulier, qu'ils présentent une porosité et une perméabilité suffisante pour permettre l'oxydation des matières organiques. Pour cela, les formations géologiques concernées doivent favoriser la circulation de l'air et la percolation des eaux, sans que ces dernières stagnent pour autant dans le fond des fosses.* »

Les formations géologiques propices à la dégradation des produits de décomposition devraient favoriser la circulation de l'air et la percolation des eaux, sans qu'elles stagnent dans le fond des fosses.

Les matériaux sont semi-perméable.

La qualité des terrains au niveau de l'extension ne s'oppose donc pas à l'extension du cimetière sur l'ensemble des parcelles projetées.

### 9.3 CRITERE HYDROGEOLOGIQUE

Selon la « Recommandation relative aux critères topographiques, géologiques et d'hygiène publique à prendre en compte pour assurer la protection de l'hygiène publique en matière de cimetière » du Conseil supérieur d'hygiène publique de France adoptée lors de sa séance du 5 septembre 1996 *« L'hydrogéologue devra s'assurer que le fond des fosses ou des caveaux restera, en toute circonstance, au-dessus du plus haut niveau de la première nappe; une marge de sécurité d'au moins un mètre paraît souhaitable. »*

Aucune nappe n'a été rencontrée lors de la réalisation des sondages et aucune trace d'hydromorphie n'a été observée.

Le fond des fosses ou des caveaux devrait être en toutes circonstances au-dessus du plus haut niveau de la première nappe avec une marge de sécurité de plus de 10 mètres.

Sous réserve de la pose de piézomètres et leurs suivis sur plus d'un an et pour illustration sur la base d'une superposition de 3 cercueils (profondeur atteinte 2,7 m), la zone prévue pour l'extension semble favorable à l'extension.

En conséquence, le contexte hydrogéologique du site est un critère non contraignant pour l'extension du cimetière.

L'hydrogéologie des parcelles projetées pour l'extension est compatible avec le projet d'extension.



## 10. RECOMMANDATIONS

Les risques liés au projet d'extension de cimetière sont la contamination de la nappe souterraine par des germes pathogènes (bactérie, virus,...) et l'inondation des sépultures, et la dégradation lente des corps inhumés.

Afin de tenir compte de ces risques, des recommandations concernant la profondeur des fosses, le drainage du cimetière, la mise en place de mesures de salubrité et la durée de rotation des corps sont proposées ci-après.

### 10.1 PROFONDEUR DES FOSSES ET NOMBRE DE SUPERPOSITIONS POSSIBLES

Nos fouilles de reconnaissance ont été menées jusqu'à -3,0 m/TN au moins, conformément aux recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique en France.

Sur 10 sondages, il n'a été constaté que 4 refus sur blocs à 0,80 m/TN, 2,30 m /TN, 2,50 m/TN et 2,70 m/TN.

Pour les inhumations en pleine terre, il faut un recouvrement minimum de 1,00 m au-dessus du dernier cercueil. Etant donné que les cercueils ont une hauteur de 0,40 à 0,50 m, ceci impose une possibilité de creusement de :

- 1,40 à 1,50 m pour un corps,
- 1,90 à 2,10 m pour deux corps superposés,
- 2,40 à 2,70 m pour trois corps superposés.

Les limons d'altération sont répartis sur l'ensemble des parcelles projetées d'après nos sondages. Ces sols sont faciles à creuser et il devrait être possible de creuser jusqu'à 2,70 m.

Outre le fait que les limons marron sont faciles à creuser, ce type de sol semble bien aéré et poreux et ceci sur presque toute son épaisseur. Ceci est très favorable à une dégradation rapide des corps.

### 10.2 DRAINAGE DU CIMETIERE

Il est recommandé d'évacuer les eaux de ruissellements vers l'aval du cimetière et de sa future extension par mise en place d'un réseau de collecte de ces eaux afin de limiter au maximum les eaux d'infiltration sur le site même. Ce réseau de collecte pourrait aboutir dans le fossé dans l'extrémité Est du site.

### 10.3 MESURES DE SALUBRITE

Dans le cadre de la protection des captages d'eau potable «l'article L.2232-1 du Code général des collectivités territoriales régit la création d'un cimetière à moins de 35 mètres des habitations. L'article L. 2232-5 du Code général des collectivités territoriales interdit le creusement d'un puits à moins de 100 mètres des nouveaux cimetières(...)». En l'état actuel des connaissances, la distance minimale de 35 mètres peut être considérée, pour des captages limités à un usage purement familial, comme une marge de sécurité acceptable dans de nombreux cas. Elle peut, par contre, se révéler insuffisante en cas de contexte hydrogéologique défavorable ou de prélèvement important d'eau souterraine (captage public). »

Aucun puits ou captage n'a été recensé à ce jour est implanté en amont hydraulique du site et à une distance supérieur à 100 m de l'emprise du projet. Il n'y donc pas de risque de contamination de puits par l'extension de cimetière projeté.

Aucune habitation se situe à moins de 35 m. Il appartient au maître d'ouvrage de vérifier si les dispositions à prendre vis-à-vis du réservoir existant.

Il est fortement souhaitable d'instaurer les mesures de salubrité suivantes :

- interdire la réalisation de tout nouvel ouvrage captant les eaux de pluies dans un rayon d'au moins 100 m autour du site ;
- Interdire toute construction à moins de 35 m de l'extension du cimetière.

## 10.4 DELAI DE ROTATION DES CORPS

Un délai minimal de cinq ans pour la rotation des corps a été fixé dans l'article R.2223-5 du code général des collectivités territoriales. Ce délai doit être suffisant pour assurer la décomposition totale des corps et dépend de la qualité du sol.

Ce délai de 5 ans est suffisant pour des sables grossiers, sans argiles, situés au-dessus de la nappe, même temporaire. Dans une terre sablo-argileuse, il faut compter de dix à quinze ans pour une destruction totale, selon le degré d'hydromorphie du terrain. Dans une terre très argileuse, il faudra compter jusqu'à 20 ans. (ouvrage de François Ottmann - « Créer ou aménager un cimetière », 1987)

Dans la zone d'étude de l'extension, le délai de rotation des corps sera de 12 à 15 ans au minimum, le sol étant limoneux, à tendance hydromorphe et moyennement perméable (matériau semi perméable  $k=2.73 \cdot 10^{-4}$  m/s).

Le délai de rotation s'applique actuellement aux « inhumations en pleine terre » mais non aux « caveaux traditionnels », maçonnés en parpaings ou en briques. Pour ceux-ci il serait judicieux de fixer un délai préalable à toute réduction de corps qui, en l'état actuel des connaissances, ne paraît pas devoir être inférieur au délai de rotation en pleine terre.

Cette durée pourra être prolongée ou abaissée selon l'état des cercueils et de la destruction des corps observés.

Elle pourra être abaissée en cas de rehausse du niveau du sol par remblaiement.

## 11. DEFINITION D'UN PROGRAMME DE RECONNAISSANCES COMPLEMENTAIRES

Une fois le plan masse du projet défini, des sondages complémentaires et l'étude géotechnique G1 et G2 phase AVP devra être réalisée afin de déterminer les hypothèses géotechniques à prendre en compte, d'étudier la faisabilité des futurs soutènements et de définir les contraintes mobilisables sous ceux-ci, d'étudier la stabilité des talus ainsi que préciser les conditions d'infiltration des eaux pluviales.

Elle comprendra à minima :

- Des sondages destructifs pour essais pressiométriques à 8,0/10,0 m (NF EN ISO 22474-1) au droit des talus de déblais et des soutènements
- Six essais de perméabilité à l'eau dans un forage en tube ouvert (NF EN ISO 22282-2 remplace NF P94-132) à des hauteurs différentes (Tranche 1,30 m/1,50 m, tranche 1,90 m/2,10 m et tranche 2,50 m/2,90 m)
- La pose de 2 piézomètres avec suivi sur plus d'un an (PR NF EN ISO 18674-4)
- Des sondages à la pelle pour prise d'échantillons intacts et remaniés de catégorie 1 à 5 pour essais en laboratoire.
- Des essais en laboratoire complémentaires :
  - o teneurs en eau (NF EN ISO 17892-1),
  - o analyses granulométriques (NF EN ISO 17892-4 remplacent NF P94-056 et NF P94-057),
  - o Essais au bleu (VBS – NF P94-068) et Limite d'Atterberg (IP - NF EN ISO 17892-12),
  - o essai triaxial consolidé drainé ou consolidé non drainé avec mesure de pression interstitielle (NF EN ISO 17892-9).

## 12. CONCLUSIONS

Le présent rapport qui constitue le compte rendu et fixe la fin de la mission d'étude géotechnique concernant la réalisation de l'extension du cimetière de Bois de Nèfles à SAINT-PAUL.

Cette mission G1 partielle a permis de donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte en fonction des données fournies et des résultats des investigations, et présente certains principes d'adaptation au sol des ouvrages géotechniques. Elle a permis également de conclure sur les conditions de réalisation des terrassement et des soutènements, mais aussi sur la faisabilité de l'extension du cimetière.

On s'attendra à trouver :

- En tête, des Remblais.
- Puis ses Limons d'altération sur plus de 3,00 m d'épaisseur,

Nous n'avons pas noté des venues d'eaux au moment sondages, mais des circulations erratiques sont probables.

Les principales incertitudes qui subsistent concernent notamment :

- les variations d'épaisseur notamment celle des niveaux foisonnés,
- la présence éventuelle de remblais,
- les variations latérales de faciès,
- la présence de tranchées et réseaux,
- la présence de nombreux blocs,
- la présence possible d'ouvrages enterrés non reconnus (réseaux, cuves, ...),
- la sensibilité des matériaux à l'eau,
- les venues d'eaux erratiques,
- les remontées ou les approfondissements des différentes couches,

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le coût final des ouvrages géotechniques: il conviendra d'en tenir compte lors de la phase d'exécution

Les investigations menées permettent de constater que le projet d'extension de cimetière sur ce site est envisageable.

Le creusement de fosses apparaît possible à l'aide d'engins classiques de travaux publics (tractopelle ou pelle mécanique). Ponctuellement des blocs nécessiteront l'emploi du BRH.

La pente nécessitera des aménagement similaires au cimetière actuel avec des terrassements et des soutènements.

Les mur de soutènements de catégorie 2 de moins de 4 m de hauteur pourront être fondés superficiellement dans les Limons d'altération.

Les bâtiments dédiés au local gardien et aux sanitaires pourront être fondés superficiellement dans les Limons d'altération.

Une mission G2 est nécessaire afin de prédimensionner les murs de soutènement et étudier la stabilité des talus ainsi que les fondations des bâtiments.

Dans l'idéal, l'installation de deux piézomètres (l'un en amont du site et l'autre en aval permettrait également d'effectuer le suivi du niveau de la nappe dans ces ouvrages sur plus d'un an (pendant un cycle hydrologique complet) et ainsi de déterminer la présence d'éventuelles venues d'eaux pouvant interférer avec les sépultures (Le fond des fosses ou des caveaux devant être en toutes circonstances au-dessus du plus haut niveau des venues d'eaux).

Il est recommandé d'évacuer les eaux de ruissellements vers l'aval du cimetière et de sa future extension par mise en place d'un réseau de collecte de ces eaux afin de limiter au maximum les eaux d'infiltration sur le site.



Les zones d'infiltration devront être à plus de 5 m des éléments fondés.

**Les fouilles pour la mise en place des fondations seront contrôlées et réceptionnées par un géotechnicien expérimenté.** On s'assurera que la stabilité des ouvrages et des sols avoisinants est assurée pendant et après la réalisation du projet.

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des conditions générales des missions géotechniques de l'Union Syndicale Géotechnique fournies en annexe N°6 (norme NF P94-500 de Novembre 2013).

Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre d'une étude géotechnique préalable G1 (phases ES et PGC) conformément à la norme NF P94-500 de Novembre 2013. Toutes modifications ou apport de charge sur la structure existante peut fausser tout ou partie de la conclusion de ce rapport, elles devront donc être portées à notre connaissance afin que nous adaptions les conclusions de ce présent rapport.

Nous rappelons au donneur d'ordre que les missions géotechniques doivent répondre à une norme imposée NF P94-500 de Novembre 2013. Les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre ayant pris conscience de celles-ci se doivent donc d'engager les missions géotechniques complémentaires réglementaires fixées et dont les caractéristiques sont jointes à ce rapport.

Une étude de projet (G2) doit donc être envisagée (collaboration avec l'équipe de maîtrise d'œuvre) dès que le projet sera connu ainsi que les études et suivi d'exécution (G3) pour :

- Permettre l'optimisation du projet avec notamment prise en compte des interactions sols/structure et fixer tous les paramètres du sol et d'interactions sol-structure permettant la justification par le calcul des ouvrages
- Préciser les hétérogénéités, notamment les épaisseurs et l'extension des remblais
- Préciser le cas échéant les modalités des travaux
- Définir la géométrie des ouvrages géotechniques...
- Préciser les sujétions de réalisation, notamment le phasage travaux et le suivi spécifique,
- Préciser les modalités des terrassements
- Vérifier la bonne transcription de toutes les préconisations dans les pièces techniques du marché
- Etudier les aléas cités au paragraphe 6
- Fournir les éléments d'exécution indiqués en annexe N°5 en mission G3
- Assurer le suivi du bon comportement des ouvrages et des avoisinants en cours de travaux et la maîtrise par l'entreprise des éventuels aléas résiduels dans le cadre de la mission de suivi d'exécution G3 qui reste à sa charge.

De fait, en l'absence de mission particulière (Missions G2 à G4 selon norme NF P94-500), les comptes rendus de chantier adressés à LACQ Groupe GEOTEC seront considérés comme non lus et non opposables.

Fait au Tampon, le jeudi 17 novembre 2022

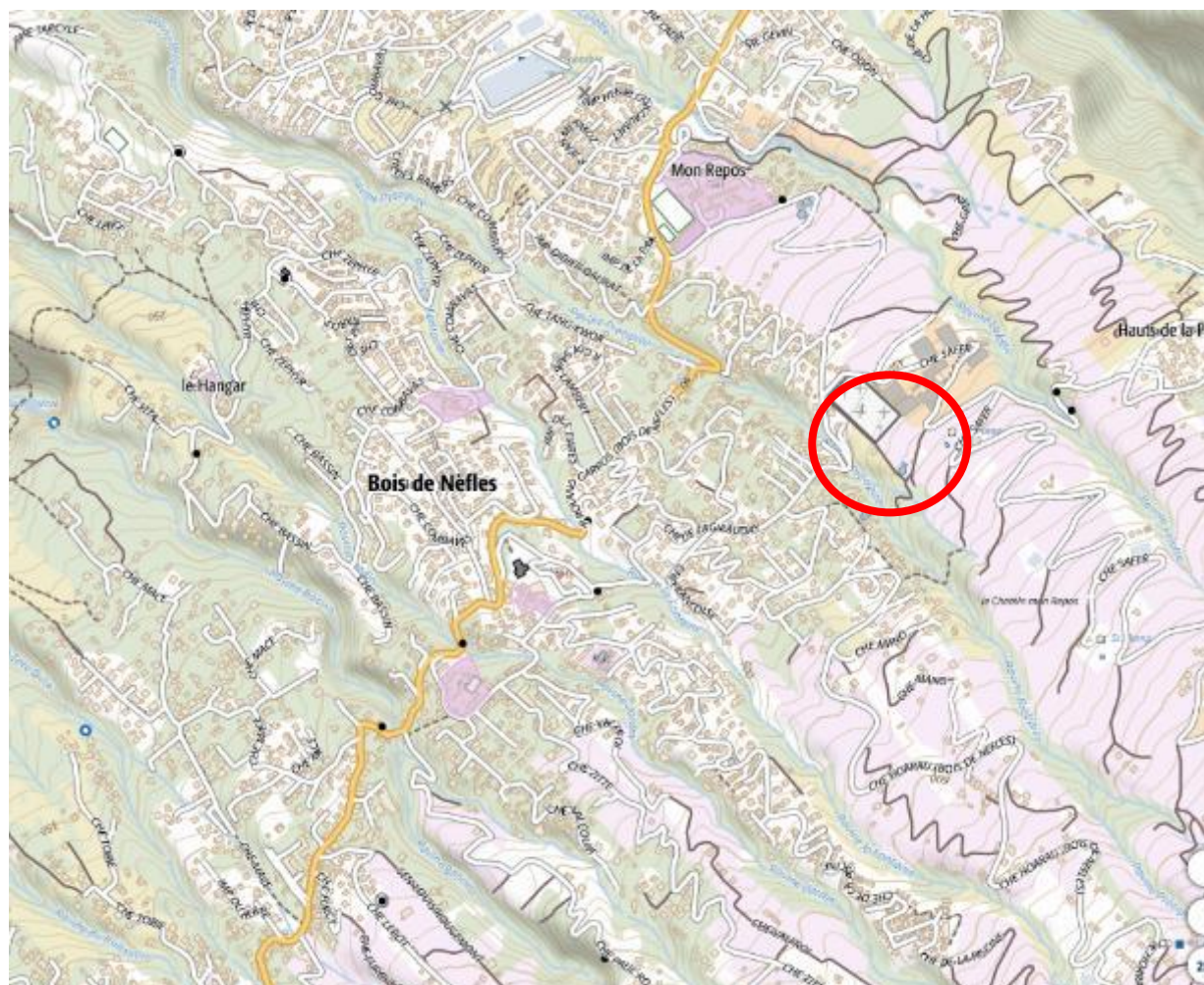
**Le Responsable service géotechnique**

**Adrien NAVARRO**



# ANNEXES

## Annexe 1 – Plan de situation





## Annexe 2 – Plan d’implantation

# Plan d'implantation des sondages

## Légende

✦ Sondage à la pelle mécanique avec essai de perméabilité



Google Earth

Image © 2022 Maxar Technologies

Dossier : **22-187-03**

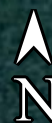
Client : Mairie de Saint-Paul

Localisation : Saint-Paul

Chantier : **Cimetière de Bois de Nèfles**

**Planche 1**





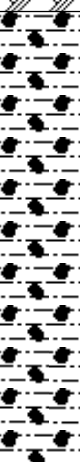

Date : 07/11/2022



90 m

## Annexe 3 – Sondages et Essais de perméabilité





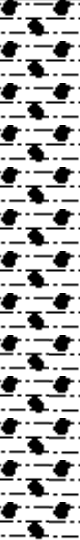

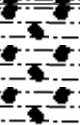

Cote	Prof.	Nature du terrain		Eau	Perméabilité [m/s]	Photos
465,92	0,00					
465,62	0,30		Terre végétale - Limono sableux	Niveau d'eau non observé le 19/10/2022		  
			Limons sableux à blocs altérés Dmax = 250			
463,82	2,10					
			Limons sableux graveleux			
462,92	3,00					

## Observations :

Arrêt de sondage à 3.00 m/TA.

Niveau d'eau non rencontré le 19/10/2022.

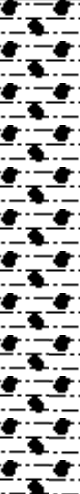


Cote	Prof.	Nature du terrain		Eau	Perméabilité [m/s]	Photos
470,35	0,00					
470,05	0,30		Terre végétale - Limono sableux	Niveau d'eau non observé le 19/10/2022		
			Limon sableux brun à blocs altérés à scoriacés Dmax= 500			
467,85	2,50					
467,35	3,00		Limon sableux brun rougeâtre à blocs altérés			

## Observations :



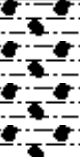


Arrêt de sondage à 3.00 m/TA.

Niveau d'eau non rencontré le 19/10/2022.

Cote	Prof.	Nature du terrain		Eau	Perméabilité [m/s]	Photos
470,74	0,00					
470,44	0,30		Terre végétale - Limono sableux	Niveau d'eau non observé le 19/10/2022		
			Limon sableux brun rougeâtre à blocs altérés à scoriacés Dmax= 300			
468,44	2,30					

## Observations :

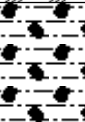


Arrêt de sondage à 2.30 m/TA. Refus sur bloc.  
Niveau d'eau non rencontré le 19/10/2022.

Cote	Prof.	Nature du terrain		Eau	Perméabilité [m/s]	Photos
470,91	0,00					
470,61	0,30		Terre végétale - Limono sableux	Niveau d'eau non observé le 19/10/2022		
			Limon sableux à blocs altérés			
469,91	1,00					
			Limon sableux graveleux			
468,41	2,50					
						

## Observations :

Arrêt de sondage à 2.50 m/TA. Refus sur bloc.  
Niveau d'eau non rencontré le 19/10/2022.



Cote	Prof.	Nature du terrain		Eau	Perméabilité [m/s]	Photos
474,38	0,00					
474,08	0,30		Terre végétale - Limono sableux	Niveau d'eau non observé le 19/10/2022		
			Limon sableux à blocs altérés			
473,58	0,80					

**Observations :**

Arrêt de sondage à 0.8 m/TA. Refus sur bloc.  
Niveau d'eau non rencontré le 19/10/2022.



Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Perméabilité [m/s]	Photos
476,13	0,00				
475,83	0,30	 Terve végétale - Limono sableux	Niveau d'eau non observé le 19/10/2022		
474,73	1,40	 Limon sableux marron clair avec cailloux altérés (gris clair) Dmax = 450			
474,13	2,00	 Limon sableux brun rougeâtre avec petits graviers			
473,63	2,50	 Limon sableux à graviers et cailloux altérés noir orangeâtre Dmax = 200			
472,83	3,30	 Limon sableux rougeâtre et légèrement violet			
				k = 1.10-4 m/s	
					

**Observations :**

Arrêt de sondage à 3.30 m/TA.  
Niveau d'eau non rencontré le 19/10/2022.

# PROCES-VERBAL

## ESSAI D'EAU PORCHET EN FOUILLE

Sondage : ....

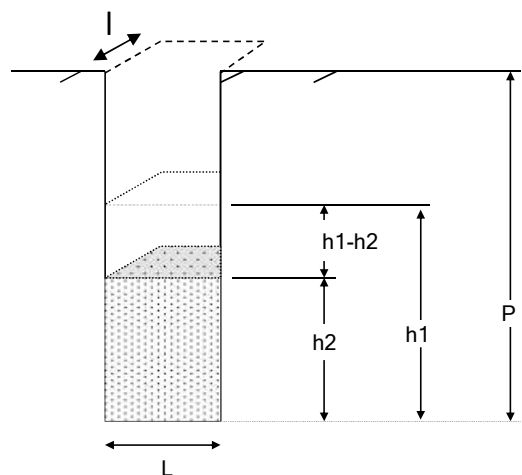
PM6+K

Lieu : .

Cimetière de Bois de Nèfles

Date : ....

19/10/2022



Niveau piézométrique :  $H_p = \dots$  m

### CAVITE

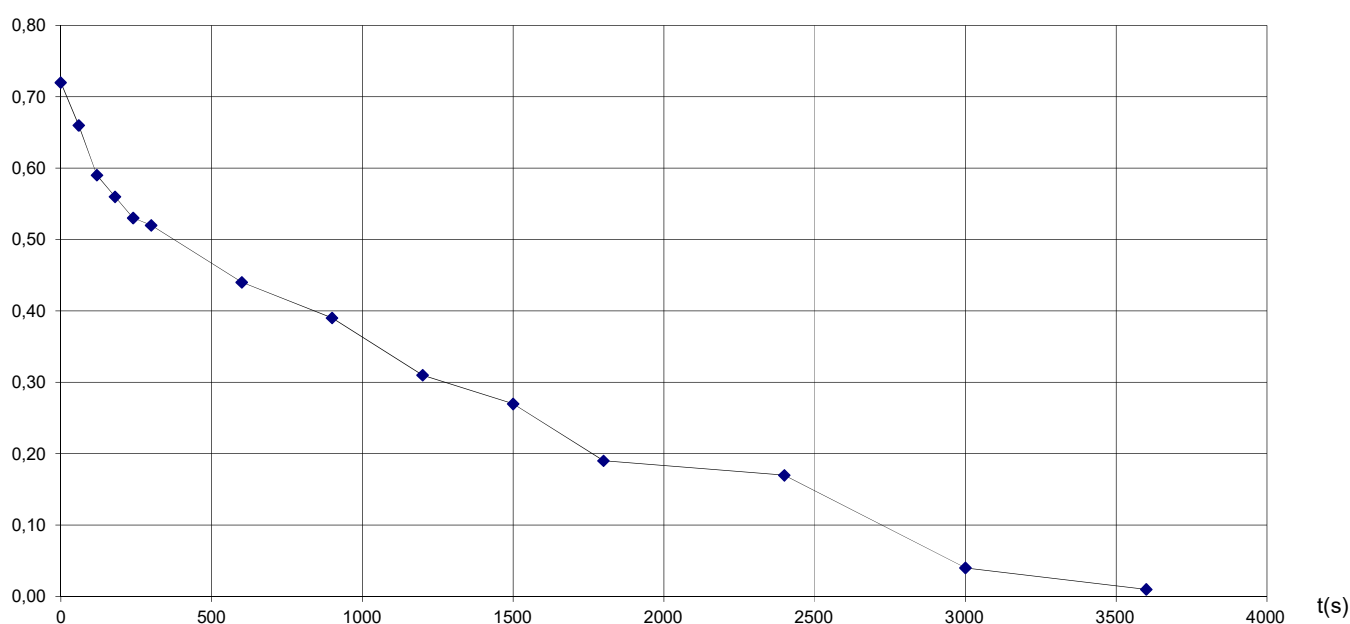
Profondeur  $P = 3,30$  m/TA  
Longueur  $L = 2,50$  m  
Largeur  $l = 1,00$  m

### IMPLANTATION DU SONDAGE

X = . 326999.61  
Y = . 7677476.27  
Z(NC 476.13) m


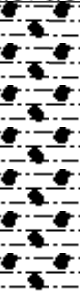
t(min)	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	40,00	50,00	60,00
$H_e$	0,72	0,66	0,59	0,560	0,53	0,52	0,44	0,39	0,31	0,27	0,19	0,17	0,04	0,01
t(min)														
$H_e$														

charge h(m)



LACQ Groupe Géotec  
17, impasse François de Mahy  
97430, Le Tampon

K= 1E-04 m/s





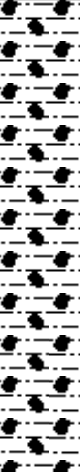

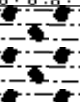

Cote	Prof.	Nature du terrain		Eau	Perméabilité [m/s]	Photos
476,11	0,00					
475,81	0,30		Terve végétale - Limono sableux	Niveau d'eau non observé le 19/10/2022		
			Limon sableux			
475,11	1,00					
474,71	1,40		Limon sableux à blocs altérés Dmax = 300			
			Limon sableux à graviers			
474,11	2,00					
			Limon sableux à blocs altérés Dmax= 300			
472,91	3,20					

## Observations :

Arrêt de sondage à 3.20 m/TA.

Niveau d'eau non rencontré le 19/10/2022.



Cote	Prof.	Nature du terrain		Eau	Perméabilité [m/s]	Photos
477,48	0,00					
477,18	0,30		Terve végétale - Limono sableux	Niveau d'eau non observé le 19/10/2022		  
			Limon sableux à blocs altérés Dmax = 300			
475,28	2,20					
474,88	2,60		Limon sableux graveleux brun rougeâtre			
474,48	3,00		Limon sableux à blocs très altérés à scoriacés Dmax = 300			
474,08	3,40		Limon sableux brun rougeâtre		k = 3.10-3 m/s	

## Observations :

Arrêt de sondage à 3.40 m/TA.  
Niveau d'eau non rencontré le 19/10/2022.



# PROCES-VERBAL

## ESSAI D'EAU PORCHET EN FOUILLE

Sondage : ....

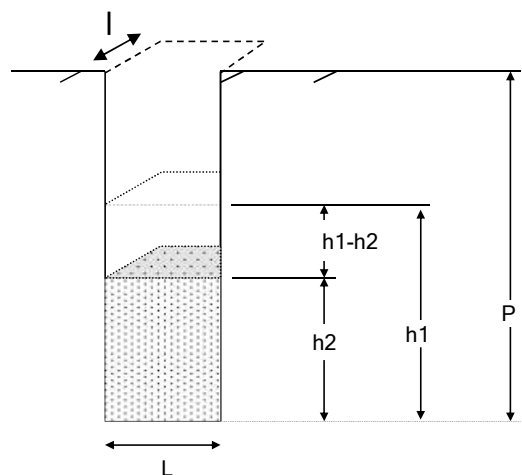
PM8+K

Lieu : .

Cimetière de Bois de Nèfles

Date : ....

19/10/2022



Niveau piézométrique :  $H_p = \dots$  m

### CAVITE

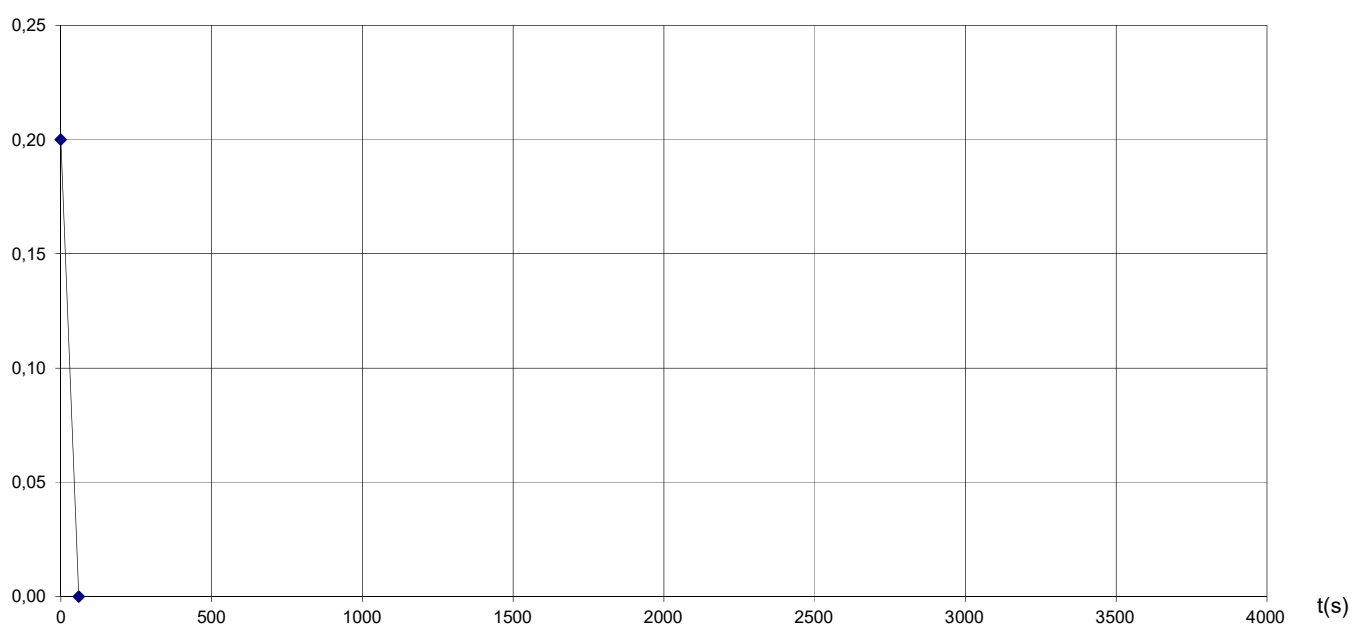
Profondeur  $P = 3,40$  m/TA  
Longueur  $L = 2,50$  m  
Largeur  $l = 1,00$  m

### IMPLANTATION DU SONDAGE

X = . 326989.61  
Y = . 7677443.27  
Z(NC 477.48) m

t(min)	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	40,00	50,00	60,00
$H_e$	0,2	3E-16												
t(min)														
$H_e$														

charge h(m)



LACQ Groupe Géotec  
17, impasse François de Mahy  
97430, Le Tampon

K= 3E-03 m/s

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Perméabilité [m/s]	Photos
480,06	0,00				
479,76	0,30	 Terre végétale - Limono sableux	Niveau d'eau non observé le 19/10/2022		
478,56	1,50	 Limon sableux brun avec graviers et cailloux (plus ou moins altérés) Roche magmatique "visqueuse" Dmax = 300			
477,36	2,70	 Limon sableux brun légèrement rougeâtre avec graviers scoriacés Dmax = 200		k = 3.10-4 m/s	
					 

## Observations :

Arrêt de sondage à 2.70 m/TA. Refus sur bloc.  
Niveau d'eau non rencontré le 19/10/2022.

# PROCES-VERBAL

## ESSAI D'EAU PORCHET EN FOUILLE

Sondage : ....

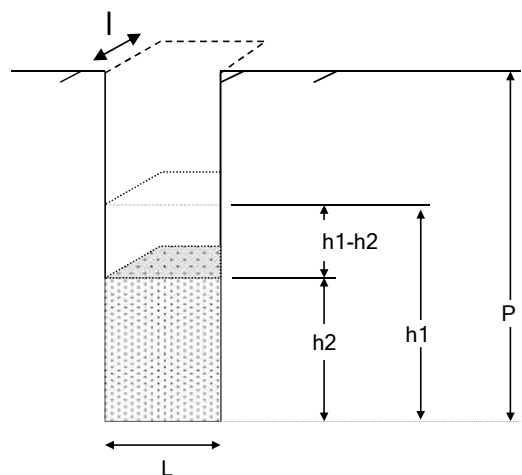
PM9+K

Lieu : .

Cimetière de Bois de Nèfles

Date : ....

19/10/2022



Niveau piézométrique :  $H_p = \dots$  m

### CAVITE

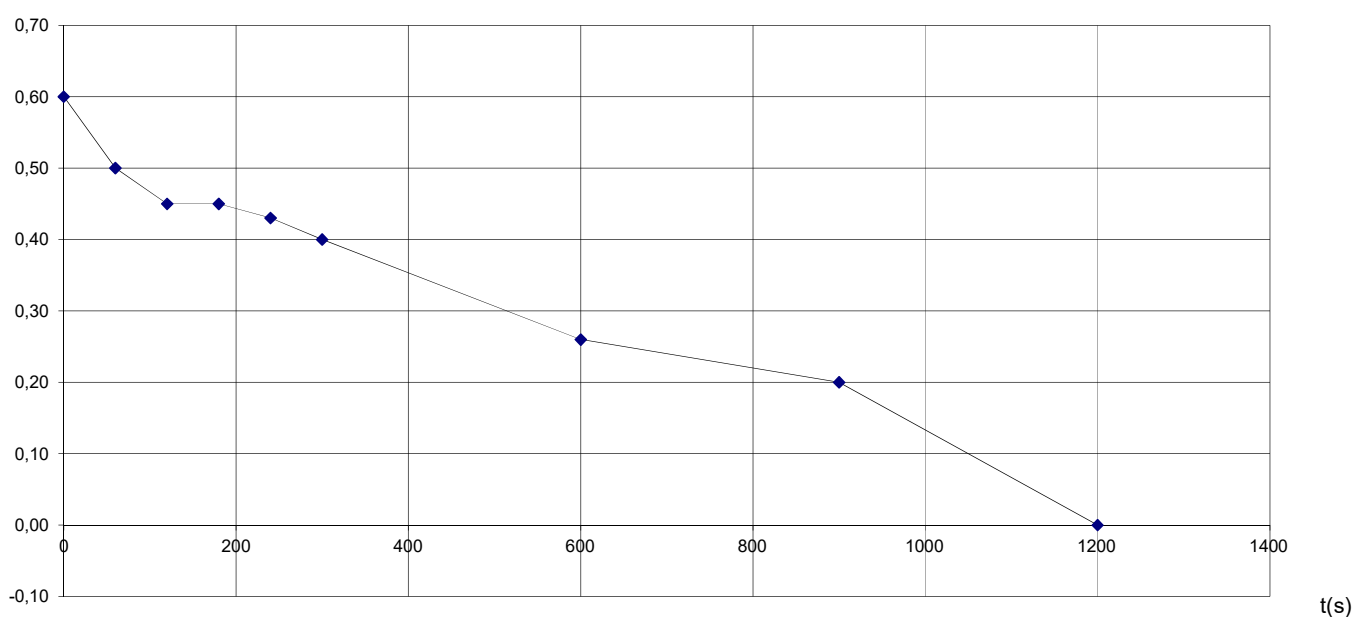
Profondeur  $P = 2,70$  m/TA  
Longueur  $L = 2,50$  m  
Largeur  $l = 1,00$  m

### IMPLANTATION DU SONDAGE

X = . 327011.33  
Y = . 7677463.43  
Z(NC) 480.06 m

t(min)	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	10,00	15,00	20,00					
$H_e$	0,6	0,5	0,45	0,450	0,43	0,4	0,26	0,2	-1E-16					
t(min)														
$H_e$														

charge h(m)



LACQ Groupe Géotec  
17, impasse François de Mahy  
97430, Le Tampon

K= 3E-04 m/s

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Perméabilité [m/s]	Photos
481,51	0,00				
481,21	0,30	 Terve végétale - Limono sableux	Niveau d'eau non observé le 19/10/2022		  
480,41	1,10	 Limon sableux graveleux			
479,81	1,70	 Limon sableux (ferme)			
478,71	2,80	 Limon sableux brun avec graviers et cailloux altérés à scoriacés Roche magmatique Dmax = 200			
478,31	3,20	 Limon sableux brun rougeâtre avec scories			
				k = 1.10-3 m/s	

## Observations :

Arrêt de sondage à 3.20 m/TA.  
Niveau d'eau non rencontré le 19/10/2022.



# PROCES-VERBAL

## ESSAI D'EAU PORCHET EN FOUILLE

Sondage : ....

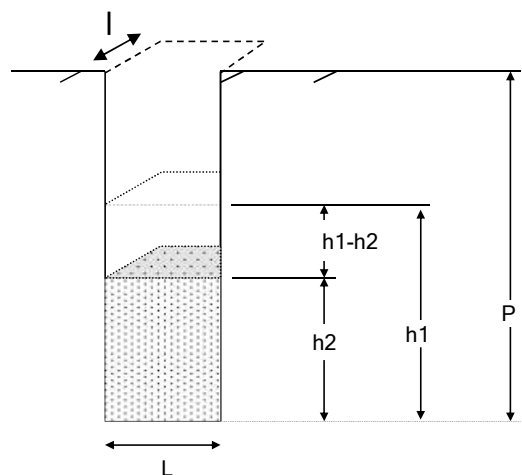
PM10+K

Lieu : .

Cimetière de Bois de Nèfles

Date : ....

19/10/2022



Niveau piézométrique :  $H_p = \dots$  m

### CAVITE

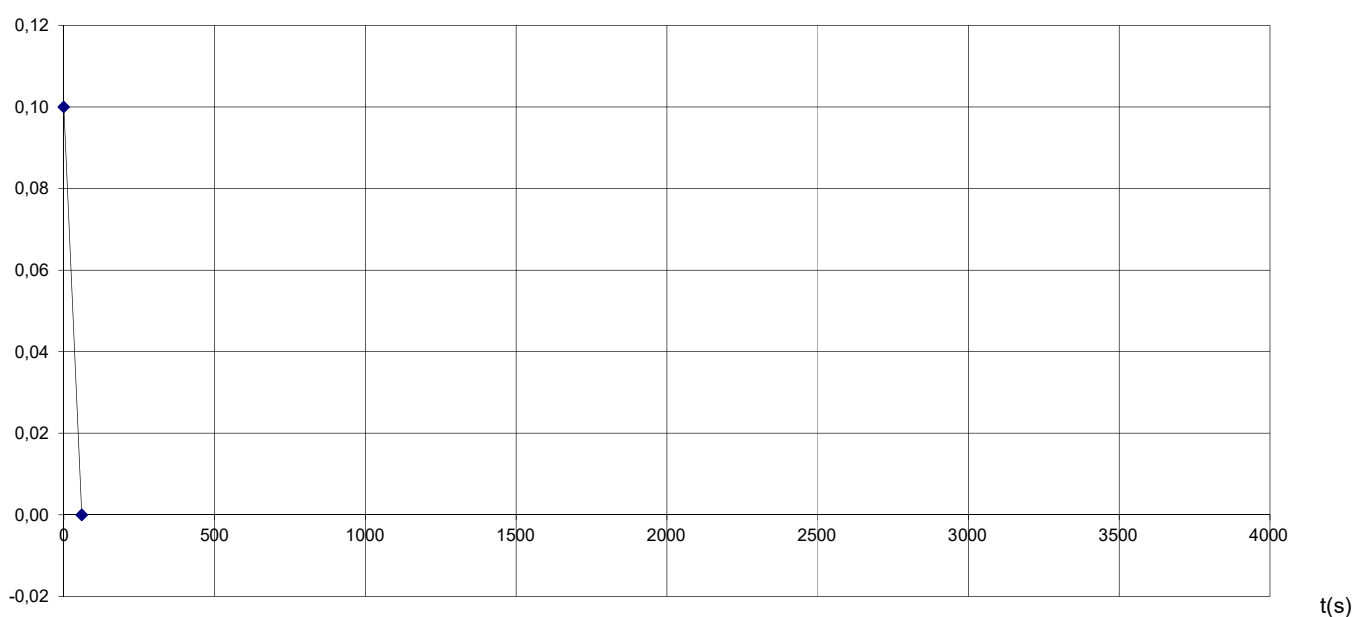
Profondeur  $P = 3,20$  m/TA  
Longueur  $L = 2,50$  m  
Largeur  $l = 1,00$  m

### IMPLANTATION DU SONDAGE

X = . 327006.41  
Y = . 7677434.91  
Z(NC 481.51) m

t(min)	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	40,00	50,00	60,00
$H_e$	0,1	-8E-17												
t(min)														
$H_e$														

charge h(m)



LACQ Groupe Géotec  
17, impasse François de Mahy  
97430, Le Tampon

K= 1E-03 m/s

## Annexe 4 – Essais en laboratoire

DOSSIER N°: 22-187-03	Date de prélèvement : 19/10/2022
CLIENT : Mairie de St Paul	Date de réception : 20/10/2022
CHANTIER : Extension Cimetière Bois De Nèfle	Prélevé par : MH
St Paul	Mode de prélèvement : Pelle mécanique
	Site de provenance : Sur site

							MODE OPERATOIRE
<b>IDENTIFICATION</b>	LIMON SABLEUX GRAVEULEUX	LIMON SABLEUX GRAVEULEUX	LIMON SABLEUX GRAVEULEUX	GRAVE	GRAVE avec limon		NF EN ISO 14688-2
Lieu de prélèvement/ sondage	PM1	PM3	PM5	PM7	PM9		/
Profondeur	1,8 - 2,5 m	1,8 - 2,3m	0,5 - 0,8m	2,5 - 3,2m	2,0 - 2,5 m		/
Echantillon n°	1971	1972	1973	1974	1975		/
Nature de l'essai							
Analyse granulométrique	Annexe n°1	Annexe n°3	Annexe n°5	Annexe n°7	Annexe n°9		NF EN ISO 17892-4
Date de l'essai	26/10/2022	26/10/2022	26/10/2022	26/10/2022	26/10/2022		
Teneur en eau par étuvage	34,1	28,4	24,9	40,8	39,6		NF P 94 050
Date de l'essai	24/10/2022	24/10/2022	24/10/2022	24/10/2022	24/10/2022		
Valeur au bleu VBs	0,89	0,87	1,44	0,28	0,58		NF P 94 068
Date de l'essai	24/10/2022	24/10/2022	24/10/2022	24/10/2022	24/10/2022		
proportion de la fraction 0/5mm dans la fraction 0/50mm du matériau sec ( C )	83%	81%	90%	20%	55%		
Indice IPI	Annexe n°2	Annexe n°4	Annexe n°6	Annexe n°8	Annexe n°10		NF P 94 093
Coefficient de courbure granulométrique (cc)							NF EN ISO 14688-2
Coefficient d'uniformité granulométrique (cu)							NF EN ISO 14688-2
Masse volumique							NF EN 13383-2
Résistance à la compression							NF P94-420
CLASSIFICATION GTR	C <sub>1</sub> A <sub>1</sub> m	C <sub>1</sub> A <sub>1</sub> m	C <sub>1</sub> A <sub>1</sub> m	B <sub>4</sub>	C <sub>1</sub> A <sub>1</sub> m		NF P 11 300

**OBSERVATIONS :**

Interprétations des résultats ( La décision de conformité n'est pas une interprétation de résultats):

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport d'essais ont été obtenus avec l'échantillon défini ci après, mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :

- ☐ Sont indiquées par le présent rapport d'essais en application du texte de référence fixé par le demandeur  
☐ Font l'objet d'un document séparé et référencé  
☒ N'ont pas été demandées.

Le présent rapport d'essais comporte 11 pages.

La reproduction de ce rapport d'essais est autorisée que sous forme intégrale et en couleur.

Les résultats obtenus ne sont pas généralisables sans justification de la représentativité des échantillons et des essais.

**LE TECHNICIEN**

**D. VINGADASSAMY**

**LE RESPONSABLE DU LABORATOIRE**

**H. ROCHECOUSTE**

SAS AU CAPITAL DE 9000€ - SIRET : SIRET N° : 478 257 678 000 27 – APE : 7112 B  
 Siège social : 17 Impasse François de Mahy – 97430 LE TAMPON

**ANALYSE GRANULOMETRIQUE**  
**SELON NF EN ISO 17892-4 METHODE DE TAMISAGE**  
**ANNEXE N°1 AU RAPPORT D'ESSAIS N° S-T 22 1015**  
**EDITE LE 16/11/2022**

DOSSIER N° : 22-187-03  
 ECHANTILLON N° : 1971

Identification  
 LIMON SABLEUX GRAVELEUX

N° DOCUMENT MODELE : RE S-T 05 208.V04

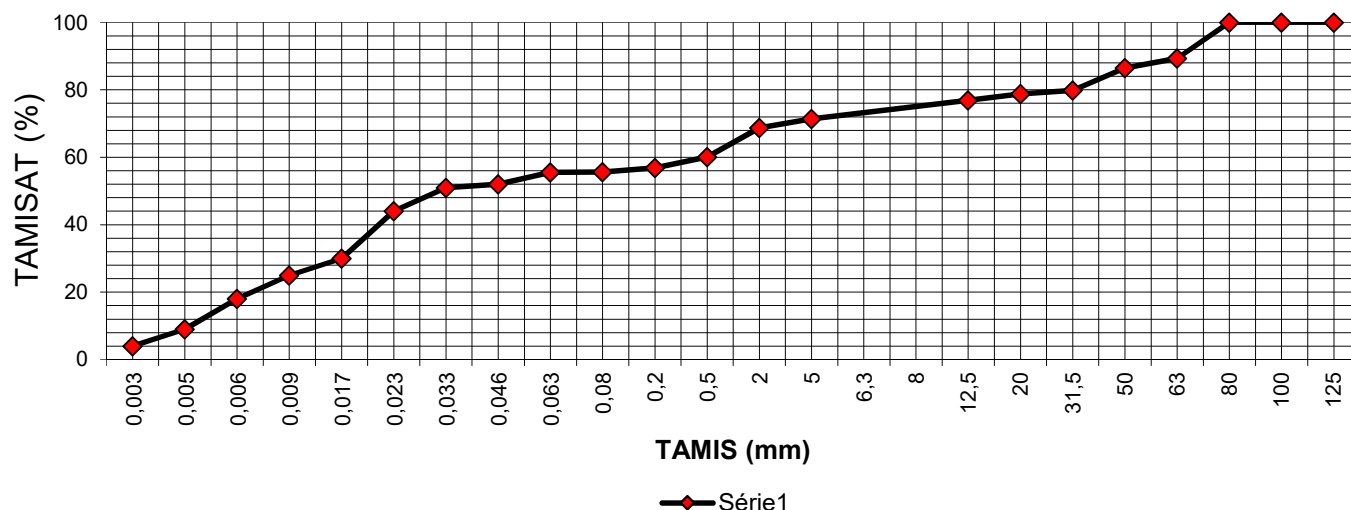
TAMIS(mm)	Ech.	Lim. Inf.	Lim. Sup.
125	100		
100	100		
80	100		
63	89		
50	86		
31,5	80		
20	79		
12,5	77		
8			
6,3			
5	71		
2	69		
0,5	60		
0,2	57		
0,08	56		
0,063	56		
0,046	52		
0,033	51		
0,023	44		
0,017	30		
0,009	25		
0,006	18		
0,005	9		
0,003	4		

MASSE VOLUMIQUE DES PARTICULES	
MESURE	/
CONVENTIONNEL (MG/m <sup>3</sup> )	2,7

D10 (diamètre de particules correspondant a 10%)	0,051
D30 (diamètre de particules correspondant a 30%)	0,017
D60 (diamètre de particules correspondant a 60%)	0,5
Coefficient de courbure granulométrique (Cc)	0
Coefficient d'uniformité granulométrique (Cu)	10
Forme de la courbe granulométrique : Moyennement graduée	

**OBSERVATIONS :**

**PRESENTATION GRAPHIQUE DES RESULTATS**





**ESSAI CBR OU IPI**  
**SELON NF P94 - 078**  
**ANNEXE N°2 AU RAPPORT D'ESSAIS N° S-T 22 1015**  
**EDITE LE 16/11/2022**

DOSSIER N° : 22-187-03	IDENTIFICATION :
ECHANTILLON N° : 1971	LIMON SABLEUX GRAVELEUX

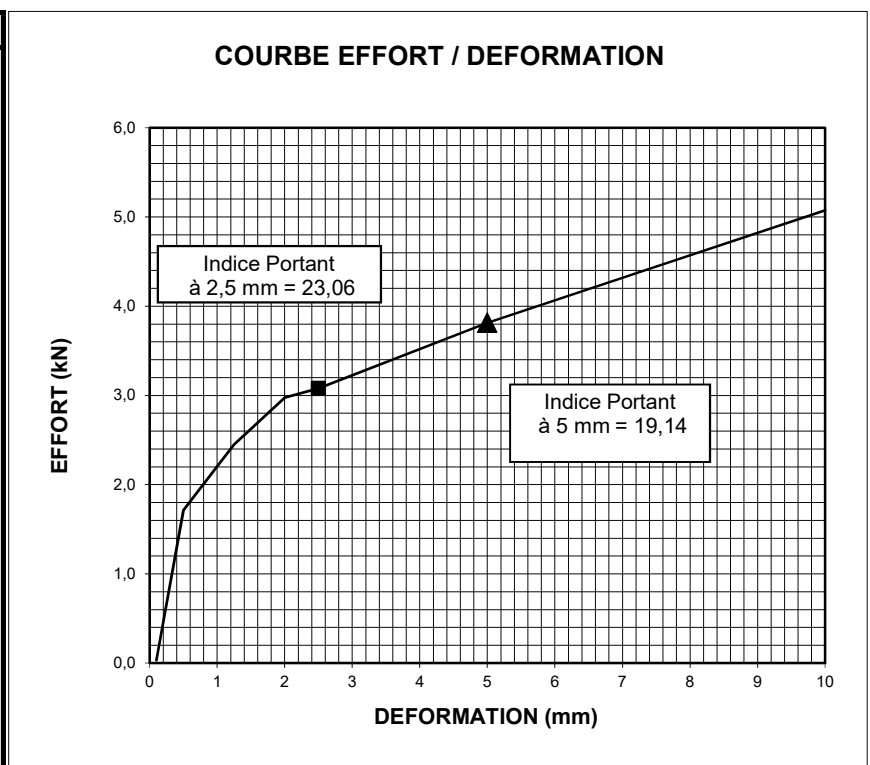
N° DOCUMENT MODELE : RE S-T 05 216 . V04

<b>TYPE D'ESSAIS</b>		
Date de début d'essai:		
<b>CBR immédiat</b> <input type="checkbox"/>	<b>CBR immersion</b> <input type="checkbox"/>	<b>IPI</b> <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Teneur en eau après immersion :</b>		<b>Indice IPI = 23</b>

	Valeur absolue	% / optimum proctor	Valeurs proctor
Teneur en eau échantillon (NF P 94-050(10/91)) (w%) :	37,8		
Masse volumique sèche $\rho_d$ (t/m <sup>3</sup> ) :	1,204	SANS OBJET	/

Anneau utilisé : 50 kN

enfoncement en mm	Lecture comp.	effort (kN)
0,1	0	0,0
0,2		
0,3		
0,4		
0,5	0,08	1,714
0,6		
0,7		
0,8		
0,9		
1		
1,25	0,115	2,449
2	0,140	2,974
2,5	0,145	3,079
3		
3,5		
4		
4,5		
5	0,180	3,814
6		
7,5	0,210	4,444
8		
10	0,240	5,074



**OBSERVATIONS:**

**ANALYSE GRANULOMETRIQUE**  
**SELON NF EN ISO 17892-4 METHODE DE TAMISAGE**  
**ANNEXE N°3 AU RAPPORT D'ESSAIS N° S-T 22 1015**  
**EDITE LE 16/11/2022**

DOSSIER N° : 22-187-03  
 ECHANTILLON N° : 1972

Identification  
 LIMON SABLEUX GRAVELEUX

N° DOCUMENT MODELE : RE S-T 05 208.V04

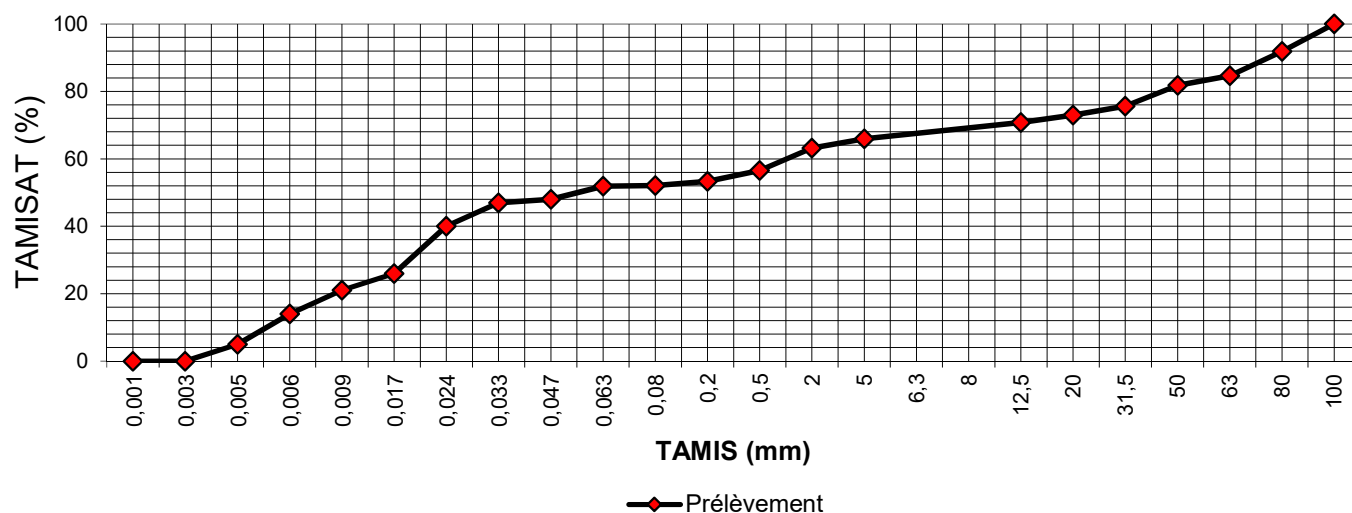
TAMIS(mm)	Ech.	Lim. Inf.	Lim. Sup.
100	100		
80	92		
63	85		
50	82		
31,5	76		
20	73		
12,5	71		
8			
6,3			
5	66		
2	63		
0,5	57		
0,2	53		
0,08	52		
0,063	52		
0,047	48		
0,033	47		
0,024	40		
0,017	26		
0,009	21		
0,006	14		
0,005	5		
0,003	0		
0,001	0		

MASSE VOLUMIQUE DES PARTICULES	
MESURE	/
CONVENTIONNEL (MG/m <sup>3</sup> )	2,7

D10 (diamètre de particules correspondant a 10%)	0,051
D30 (diamètre de particules correspondant a 30%)	0,019
D60 (diamètre de particules correspondant a 60%)	1,25
Coefficient de courbure granulométrique (Cc)	0
Coefficient d'uniformité granulométrique (Cu)	25
Forme de la courbe granulométrique : Discontinue	

**OBSERVATIONS :**

**PRESENTATION GRAPHIQUE DES RESULTATS**



**ESSAI CBR OU IPI**  
**SELON NF P94 - 078**  
**ANNEXE N°4 AU RAPPORT D'ESSAIS N° S-T 22 1015**  
**EDITE LE 16/11/2022**

DOSSIER N° : 22-187-03  
 ECHANTILLON N° : 1972

IDENTIFICATION :  
 LIMON SABLEUX GRAVELEUX

N° DOCUMENT MODELE : RE S-T 05 216 . V04

**TYPE D'ESSAIS**

Date de début d'essai:

**CBR immédiat** ☐

**CBR immersion** ☐

**IPI** ☒

**Indice IPI = 23**

**Teneur en eau après immersion :**

Teneur en eau échantillon (NF P 94-050(10/91)) (w%) :

Valeur absolue

% / optimum proctor

Valeurs proctor

35,0

Masse volumique sèche  $\rho_d$  (t/m<sup>3</sup>) :

1,157

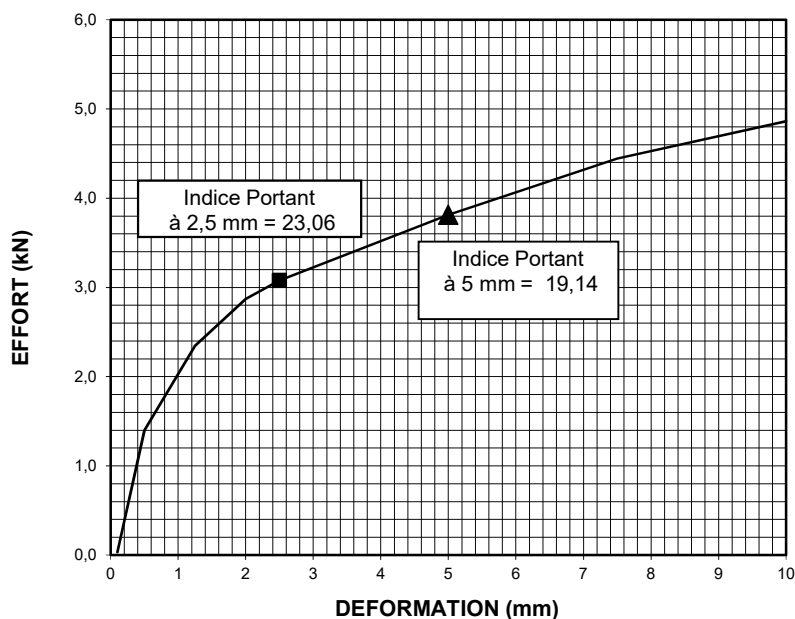
SANS OBJET

/

Anneau utilisé : 50 kN

enfoncement en mm	Lecture comp.	effort (kN)
0,1	0	0,0
0,2		
0,3		
0,4		
0,5	0,065	1,399
0,6		
0,7		
0,8		
0,9		
1		
1,25	0,110	2,344
2	0,135	2,869
2,5	0,145	3,079
3		
3,5		
4		
4,5		
5	0,180	3,814
6		
7,5	0,210	4,444
8		
10	0,230	4,864

**COURBE EFFORT / DEFORMATION**



**OBSERVATIONS:**

**ANALYSE GRANULOMETRIQUE**  
**SELON NF EN ISO 17892-4 METHODE DE TAMISAGE**  
**ANNEXE N°5 AU RAPPORT D'ESSAIS N° S-T 22 1015**  
**EDITE LE 16/11/2022**

DOSSIER N° : 22-187-03  
 ECHANTILLON N° : 1973

Identification  
 LIMON SABLEUX GRAVELEUX

N° DOCUMENT MODELE : RE S-T 05 208.V04

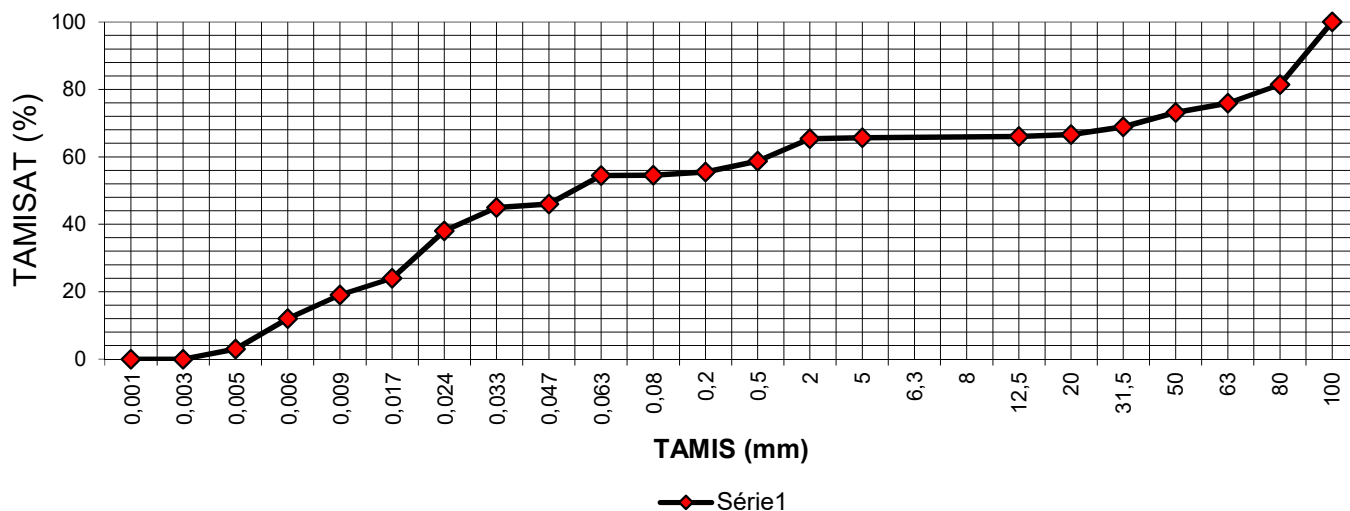
TAMIS(mm)	Ech.	Lim. Inf.	Lim. Sup.
100	100		
80	81		
63	76		
50	73		
31,5	69		
20	67		
12,5	66		
8			
6,3			
5	66		
2	65		
0,5	59		
0,2	56		
0,08	55		
0,063	54		
0,047	46		
0,033	45		
0,024	38		
0,017	24		
0,009	19		
0,006	12		
0,005	3		
0,003	0		
0,001	0		

MASSE VOLUMIQUE DES PARTICULES	
MESURE	/
CONVENTIONNEL (MG/m <sup>3</sup> )	2,7

D10 (diamètre de particules correspondant a 10%)	0,058
D30 (diamètre de particules correspondant a 30%)	0,021
D60 (diamètre de particules correspondant a 60%)	0,51
Coefficient de courbure granulométrique (Cc)	0
Coefficient d'uniformité granulométrique (Cu)	9
Forme de la courbe granulométrique : Moyennement graduée	

**OBSERVATIONS :**

**PRESENTATION GRAPHIQUE DES RESULTATS**





**ESSAI CBR OU IPI**  
**SELON NF P94 - 078**  
**ANNEXE N°6 AU RAPPORT D'ESSAIS N° S-T 22 1015**  
**EDITE LE 16/11/2022**

DOSSIER N° : 22-187-03	IDENTIFICATION :
ECHANTILLON N° : 1973	LIMON SABLEUX GRAVELEUX

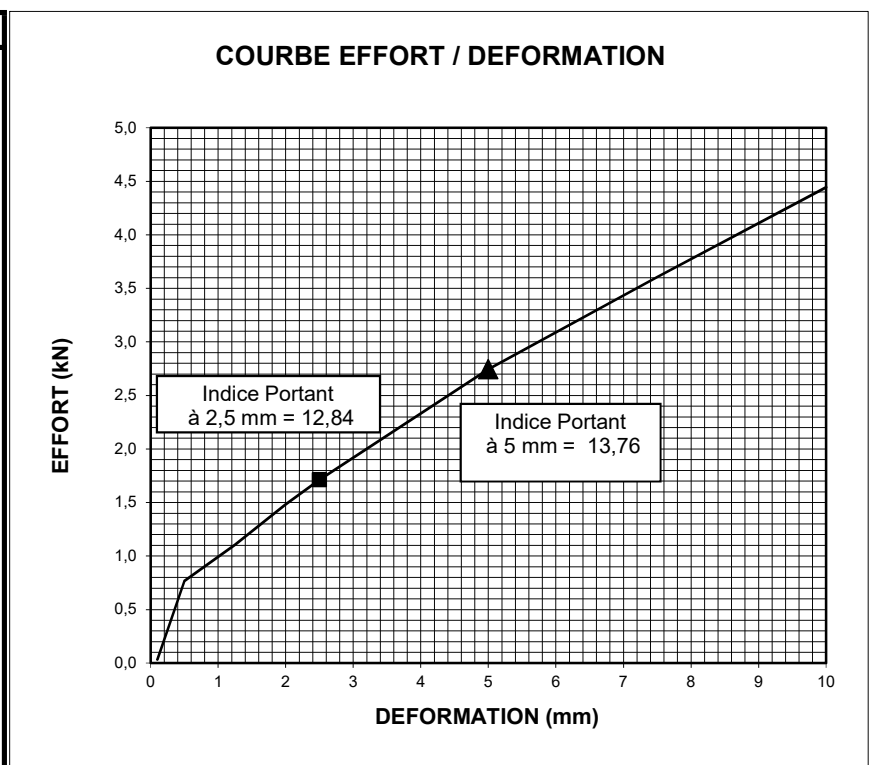
N° DOCUMENT MODELE : RE S-T 05 216 . V04

<b>TYPE D'ESSAIS</b>		
Date de début d'essai:		
<b>CBR immédiat</b> <input type="checkbox"/>	<b>CBR immersion</b> <input type="checkbox"/>	<b>IPI</b> <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Teneur en eau après immersion :</b>		<b>Indice IPI = 14</b>

	Valeur absolue	% / optimum proctor	Valeurs proctor
Teneur en eau échantillon (NF P 94-050(10/91)) (w%) :	34,3		
Masse volumique sèche $\rho_d$ (t/m <sup>3</sup> ) :	1,184	SANS OBJET	/

Anneau utilisé : 50 kN

enfoncement en mm	Lecture comp.	effort (kN)
0,1	0	0,0
0,2		
0,3		
0,4		
0,5	0,035	0,769
0,6		
0,7		
0,8		
0,9		
1		
1,25	0,051	1,105
2	0,069	1,483
2,5	0,080	1,714
3		
3,5		
4		
4,5		
5	0,129	2,743
6		
7,5	0,170	3,604
8		
10	0,210	4,444



**OBSERVATIONS:**

**ANALYSE GRANULOMETRIQUE**  
**SELON NF EN ISO 17892-4 METHODE DE TAMISAGE**  
**ANNEXE N°7 AU RAPPORT D'ESSAIS N° S-T 22 1015**  
**EDITE LE 16/11/2022**

DOSSIER N° : 22-187-03  
 ECHANTILLON N° : 1974

Identification  
 GRAVE

N° DOCUMENT MODELE : RE S-T 05 208.V04

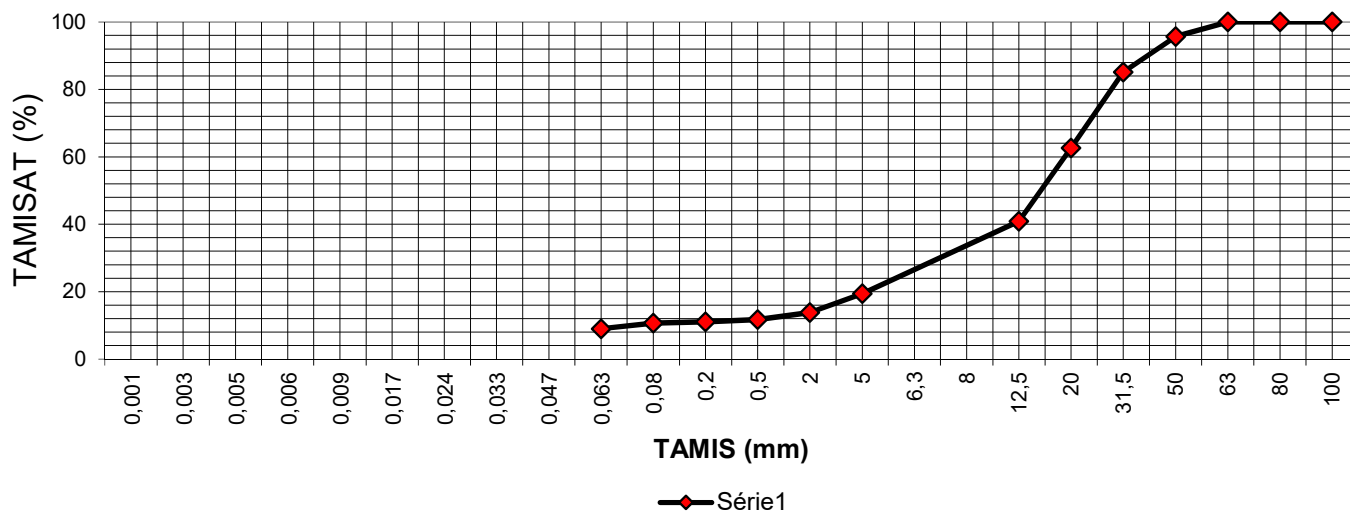
TAMIS(mm)	Ech.	Lim. Inf.	Lim. Sup.
100	100		
80	100		
63	100		
50	96		
31,5	85		
20	63		
12,5	41		
8			
6,3			
5	19		
2	14		
0,5	12		
0,2	11		
0,08	11		
0,063	9		
0,047			
0,033			
0,024			
0,017			
0,009			
0,006			
0,005			
0,003			
0,001			

MASSE VOLUMIQUE DES PARTICULES	
MESURE	/
CONVENTIONNEL (MG/m <sup>3</sup> )	2,7

D10 (diamètre de particules correspondant a 10%)	0,072
D30 (diamètre de particules correspondant a 30%)	7,15
D60 (diamètre de particules correspondant a 60%)	18,13
Coefficient de courbure granulométrique (Cc)	39
Coefficient d'uniformité granulométrique (Cu)	252
Forme de la courbe granulométrique :	

**OBSERVATIONS :**

**PRESENTATION GRAPHIQUE DES RESULTATS**



**ESSAI CBR OU IPI**  
**SELON NF P94 - 078**  
**ANNEXE N°8 AU RAPPORT D'ESSAIS N° S-T 22 1015**  
**EDITE LE 16/11/2022**

DOSSIER N° : 22-187-03  
 ECHANTILLON N° : 1974

IDENTIFICATION :  
 GRAVE

N° DOCUMENT MODELE : RE S-T 05 216 . V04

**TYPE D'ESSAIS**

Date de début d'essai:

**CBR immédiat** ☐

**CBR immersion** ☐

**IPI** ☒

**Indice IPI = 25**

Teneur en eau après immersion :

Teneur en eau échantillon (NF P 94-050(10/91)) (w%) :

Valeur absolue

% / optimum proctor

Valeurs proctor

43,7

Masse volumique sèche  $\rho_d$  (t/m<sup>3</sup>) :

1,137

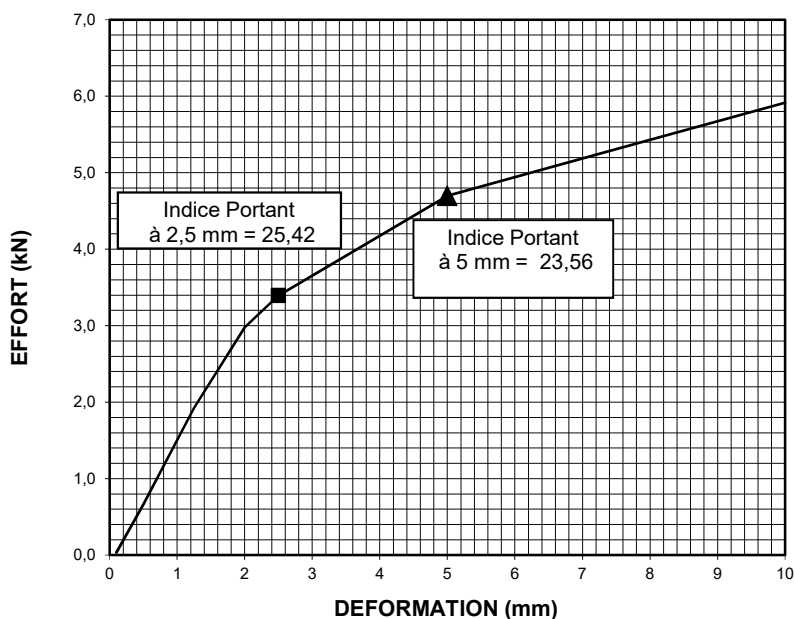
SANS OBJET

/

Anneau utilisé : 50 kN

enfoncement en mm	Lecture comp.	effort (kN)
0,1	0	0,0
0,2		
0,3		
0,4		
0,5	0,03	0,664
0,6		
0,7		
0,8		
0,9		
1		
1,25	0,090	1,924
2	0,140	2,974
2,5	0,160	3,394
3		
3,5		
4		
4,5		
5	0,222	4,696
6		
7,5	0,251	5,305
8		
10	0,280	5,914

**COURBE EFFORT / DEFORMATION**



**OBSERVATIONS:**

DOSSIER N° : 22-187-03  
 ECHANTILLON N° : 1975

Identification  
 GRAVE avec limon

N° DOCUMENT MODELE : RE S-T 05 208.V04

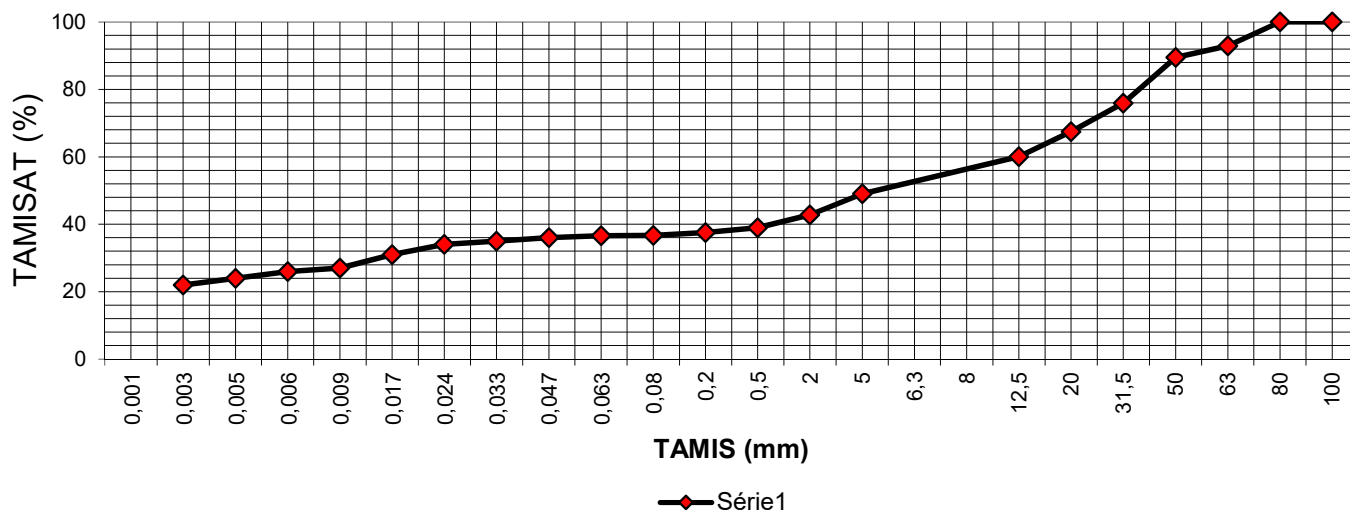
TAMIS(mm)	Ech.	Lim. Inf.	Lim. Sup.
100	100		
80	100		
63	93		
50	90		
31,5	76		
20	68		
12,5	60		
8			
6,3			
5	49		
2	43		
0,5	39		
0,2	38		
0,08	37		
0,063	37		
0,047	36		
0,033	35		
0,024	34		
0,017	31		
0,009	27		
0,006	26		
0,005	24		
0,003	22		
0,001			

MASSE VOLUMIQUE DES PARTICULES	
MESURE	/
CONVENTIONNEL (MG/m <sup>3</sup> )	2,7

D10 (diamètre de particules correspondant a 10%)	
D30 (diamètre de particules correspondant a 30%)	
D60 (diamètre de particules correspondant a 60%)	
Coefficient de courbure granulométrique (Cc)	
Coefficient d'uniformité granulométrique (Cu)	
Forme de la courbe granulométrique :	

**OBSERVATIONS :**

**PRESENTATION GRAPHIQUE DES RESULTATS**





**ESSAI CBR OU IPI**  
**SELON NF P94 - 078**  
**ANNEXE N°10 AU RAPPORT D'ESSAIS N° S-T 22 1015**  
**EDITE LE 16/11/2022**

DOSSIER N° : 22-187-03  
 ECHANTILLON N° : 1975

IDENTIFICATION :  
 GRAVE avec limon

N° DOCUMENT MODELE : RE S-T 05 216 . V04

**TYPE D'ESSAIS**

Date de début d'essai:

**CBR immédiat** ☐

**CBR immersion** ☐

**IPI** ☒

**Indice IPI = 18**

**Teneur en eau après immersion :**

Teneur en eau échantillon (NF P 94-050(10/91)) (w%) :

Valeur absolue

% / optimum proctor

Valeurs proctor

Masse volumique sèche  $\rho_d$  (t/m<sup>3</sup>) :

42,2

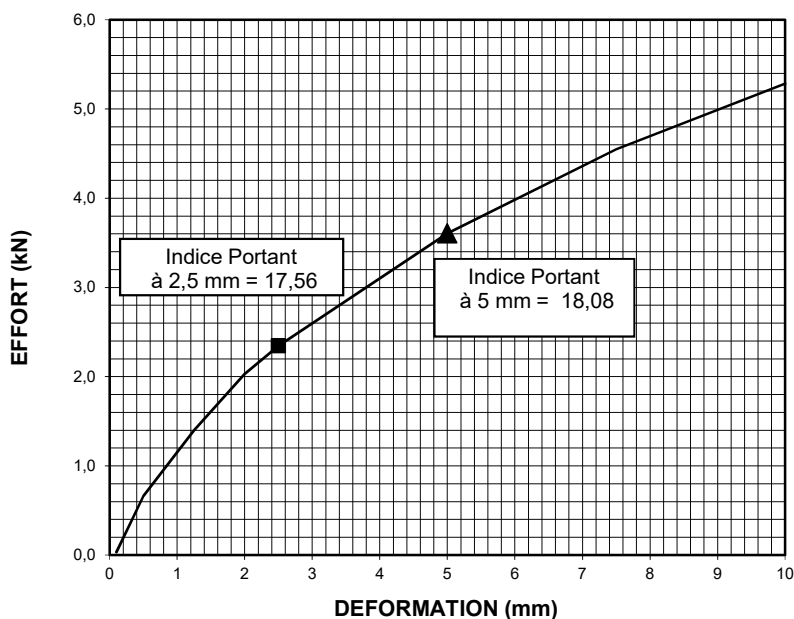
SANS OBJET

/

Anneau utilisé : 50 kN

enfoncement en mm	Lecture comp.	effort (kN)
0,1	0	0,0
0,2		
0,3		
0,4		
0,5	0,03	0,664
0,6		
0,7		
0,8		
0,9		
1		
1,25	0,065	1,399
2	0,095	2,029
2,5	0,110	2,344
3		
3,5		
4		
4,5		
5	0,170	3,604
6		
7,5	0,215	4,549
8		
10	0,250	5,284

**COURBE EFFORT / DEFORMATION**



**OBSERVATIONS:**

## Annexe 5 – Eléments à établir en mission G3

Les modalités d'intervention de l'ingénierie géotechnique en charge de la supervision du contrôle d'exécution G4 opéré par l'ingénierie géotechnique de la mission G3 doivent être définies ou proposées par l'ingénierie géotechnique et validées par le maître d'ouvrage ou son mandataire avant le démarrage de la mission G3.

Les entreprises chargées des travaux doivent fournir un dossier d'exécution (EXE) complet, comprenant notamment l'étude géotechnique d'exécution G3, les plans, les notes de calculs et les fiches techniques des matériaux de remblais et des fondations en général.

Ainsi, doivent être remis impérativement en mission G3 les éléments suivants :

### **Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude**

Programme prévu dans le cadre de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution G3 et note technique de définition du programme d'investigations géotechniques spécifique précisant :  
○ type, nombre, implantation et altimétrie, profondeur théorique des sondages, essais et mesures, avec conditions de réalisation de ces essais et mesures ;

○ conditions et caractéristiques de prélèvement, de conditionnement et de transport des échantillons pour les essais en laboratoire ;

○ programme détaillé des essais en laboratoire.

Etude d'exécution géotechnique (G3), et en particulier :

○ Note d'hypothèses géotechniques précisant les éventuelles incertitudes à lever par des investigations géotechniques complémentaires, puis complétée et actualisée, avec définition et justification des paramètres de calcul.

Conformément à l'EC7, partie 1, & 2.4.5.2, si on utilise des méthodes statistiques, il convient que la valeur caractéristique soit déterminée de façon à ce que la probabilité calculée d'une valeur plus défavorable qui gouverne l'occurrence de l'état limite étudié ne dépasse pas 5% (niveau de confiance de 95%).

○ Notice détaillée d'exécution des ouvrages géotechniques

○ Note d'impact sur la zone d'influence géotechnique, en termes de stabilité ou d'hydrogéologie.

○ Dossier de synthèse comprenant les notes de calculs de dimensionnement des ouvrages concernés. Le dossier de synthèse doit être établi conformément aux tableaux 14.1 et 14.2 de la norme NF P94-261. Il doit fournir entre autre **toutes les informations nécessaires à une tierce partie pour contrôler, par des moyens simples :**

- La validité des données géotechniques ainsi que les hypothèses géotechniques et hydrauliques prises en compte pour la justification de la stabilité des ouvrages
- La validité des données relatives à la fondation et des conditions de chargement autres que les actions géotechniques
- La pertinence des situations, des combinaisons d'action et des états-limites considérés
- En termes d'ordre de grandeurs, la validité des calculs effectués pour les différents états-limites examinés

Au sens de l'Eurocode 7, et selon les normes NF P 94-261 de juin 2013 et NF P 94-500 de Novembre 2013, les justifications des fondations superficielles devront, préalablement à leur exécution (mission G3 et G4), être élargies selon les tableaux 8.2.1 et 8.3.1 de la norme NF P94-261 à l'ensemble des vérifications minimales suivantes :

Projet	Etat limite		Situation de projet	Combinaison d'action
Tous les projets	GEO*	Stabilité générale de site	Exécution (transitoire) Et Exploitation (durable) Et / Ou (transitoire)	Fondamentale
	GEO*	Poinçonnement		
	GEO*	Excentrement des charges		
	GEO*	Glissement		
	STR	Structure de la fondation		
Selon le cas	GEO*	Tassement rotation		
	UPL	Soulèvement		
Selon le cas	GEO*/STR		Accidentelle	Accidentelle
Tous les projets	GEO*	Tassement / rotation / Tassement différentiel	Exploitation	Quasi permanent Et /Ou Caractéristique
	GEO*	Excentrement du chargement		
	GEO*	Limitation de la charge transmise au terrain		
	STR	Structure de la fondation		

\*Ces états limites ultimes géotechniques (GEO) doivent obligatoirement être justifiés par le géotechnicien titulaire de la mission G3. Le choix des modèles de calcul doit être adapté à la complexité des problèmes posés, tant du point de vue du fonctionnement que du point de vue géotechnique et d'autre part à l'état limite visé et au type de fondation étudié.

Plans et Notices techniques (G3), et en particulier:

- o terrassements ;
- o fondations ;
- o soutènements.
- o les dispositions à prendre vis-à-vis des existants (à conserver ou à démolir), des nappes, des avoisinants

Note sur les incertitudes qui subsistent et les risques résiduels encourus conformément au Tableau 1 et au paragraphe 5.4 sur l'enchaînement des missions et la maîtrise des risques géotechniques

Programme de suivi à mettre en œuvre

Programme de suivi à mettre en œuvre avec plan de suivi et contrôle des travaux avec définition des auscultations à réaliser et des valeurs seuils ainsi que des dispositions constructives complémentaires nécessaires en cas d'atteinte de celles-ci.

### Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi

Résultats des investigations géotechniques complémentaires et des levés géologiques et hydrogéologiques (G3).

Résultats des auscultations spécifiques, des contrôles intérieurs (G3) et extérieurs s'ils ne font pas partie de la mission G4.

Plans et notes d'adaptation des ouvrages proposés par l'entrepreneur.

Contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience).

Suivi du programme d'auscultation

En cas de dépassement des valeurs seuils, faire appliquer les dispositions conservatoires nécessaires. Dans le cas où les conditions géotechniques ainsi que le comportement de l'ouvrage et des avoisinants observés seraient plus favorables que ceux envisagés au stade de la phase Étude, proposer la mise en œuvre des mesures d'optimisation prédéfinies en phase Études.

Avis de conformité des travaux aux études et plans d'exécution, aux règles de l'art, aux règlements, aux normes et recommandations, au plan de contrôle établi en phase Étude.

Avis de conformité des valeurs mesurées par rapport aux valeurs seuils prédéfinies.

L'établissement d'un plan de récolement des fondations est recommandé et s'inscrit dans une démarche qualité. Ce document devra préciser par ouvrage :

- la nature effective du sol d'assise des fondations et la hauteur d'ancrage dans cet horizon. La mise en sacs à l'avancement du chantier de quelques échantillons correctement référencés du sol d'assise (date, emplacement, cote,...),
- la cote altimétrique d'assise de ces fondations ainsi que leurs caractéristiques géométriques,
- les positionnements des différents réseaux,
- les éventuels incidents survenus au cours des travaux (arrêt de chantier, fouilles inondées, éboulement de paroi, zone de purges importantes, ...)

L'utilisation d'un appareil photo numérique pour le constat de l'état des fonds de fouille complétera les informations du dossier de récolement.

*L'ingénierie en charge de la mission G3 d'étude et suivi géotechniques d'exécution peut sous-traiter la phase Étude ou Suivi à une autre ingénierie géotechnique mais elle garde l'entière responsabilité de la réalisation de cette mission et a à sa charge les obligations résultant du caractère interactif de ces deux phases : en particulier, elle doit assurer la bonne mise en œuvre du Plan de Contrôle, et prendre toutes les initiatives de déclenchement d'analyses en retour, de reprise des études d'exécution et de mise en œuvre des mesures sécuritaires et correctives si nécessaire en fonction des observations faites sur site.*



## Annexe 6 – Conditions générales - Missions normalisées

## CONDITIONS GENERALES

### 1. Avertissement, préambule

Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du cocontractant, ci-après dénommé « le Client », signataire du contrat et des avenants, acceptation sans réserve des présentes conditions générales. Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres, sauf conditions particulières contenues dans le devis ou dérogation formelle et explicite. Toute modification de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit du Prestataire.

### 2. Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)

Dans tous les cas, la responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission.

Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles DICT (le délai de réponse est de 15 jours) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.

Conformément à l'article L 411-1 du code minier, le Client s'engage à déclarer à la DREAL tout forage réalisé de plus de 10 m de profondeur. De même, conformément à l'article R 214-1 du code de l'environnement, le Client s'engage à déclarer auprès de la DDT du lieu des travaux les sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

### 3. Cadre de la mission, objet et nature des prestations, prestations exclues, limites de la mission

Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu que le Prestataire s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Le Prestataire réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client.

La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission.

Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés.

Si le Prestataire déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte que le Prestataire puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

### 4. Plans et documents contractuels

Le Prestataire réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client.

Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité.

### 5. Limites d'engagement sur les délais

Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager le Prestataire. Sauf stipulation contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard et si tel devait être le cas elles seraient plafonnées à 5% de la commande. En toute hypothèse, la responsabilité du Prestataire est dégagée de plein droit en cas d'insuffisance des informations fournies par le Client ou si le Client n'a pas respecté ses obligations, en cas de force majeure ou d'événements imprévisibles (notamment la rencontre de sols inattendus, la survenance de circonstances naturelles exceptionnelles) et de manière générale en cas d'événement extérieur au Prestataire modifiant les conditions d'exécution des prestations objet de la commande ou les rendant impossibles.

Le Prestataire n'est pas responsable des délais de fabrication ou d'approvisionnement de fournitures lorsqu'elles font l'objet d'un contrat de négoce passé par le Client ou le Prestataire avec un autre Prestataire.

### 6. Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures

Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'une part d'obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public, d'autre part de fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes. Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement : il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, entrant dans ces domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée au Prestataire avant toutes interventions.

Sauf spécifications particulières, les travaux permettant l'accessibilité aux points de sondages ou d'essais et l'aménagement des plates-formes ou grutage nécessaires aux matériels utilisés sont à la charge du Client.

Les investigations peuvent entraîner d'inévitables dommages sur le site, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part de son exécutant. Les remises en état, réparations ou indemnités correspondantes sont à la charge du Client.

### 7. Implantation, nivellement des sondages

Au cas où l'implantation des sondages est imposée par le Client ou son conseil, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation. La mission ne comprend pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGR) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert avant remodelage du terrain. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

## 8. Hydrogéologie

Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

## 9. Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux

Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, le Prestataire a été amené à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions.

L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inhérentes à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. 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 actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.

L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des missions de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

## 10. Rapport de mission, réception des travaux, fin de mission, délais de validation des documents par le client

A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. La date de la fin de mission est celle de l'approbation par le Client du dernier document à fournir dans le cadre de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client, et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

## 11. Réserve de propriété, confidentialité, propriété des études, diagrammes

Les coupes de sondages, plans et documents établis par les soins du Prestataire dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par le Prestataire qu'après règlement intégral des sommes dues. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire du Prestataire, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable écrit du Prestataire. Si dans le cadre de sa mission, le Prestataire mettait au point une nouvelle technique, celle-ci serait sa propriété. Le Prestataire serait libre de déposer tout brevet s'y rapportant, le Client bénéficiant, dans ce cas, d'une licence non exclusive et non cessible, à titre gratuit et pour le seul ouvrage étudié.

## 12. Modifications du contenu de la mission en cours de réalisation

La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de l'établissement de l'offre. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement de son offre touchant à la géologie, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant en cours de mission autorisent le Prestataire à proposer au Client un avenant avec notamment modification des prix et des délais. A défaut d'un accord écrit du Client dans un délai de deux semaines à compter de la réception de la lettre d'adaptation de la mission. Le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution de sa mission, les prestations réalisées à cette date étant rémunérées intégralement, et sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Dans l'hypothèse où le Prestataire est dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation de ses équipes est rémunéré par le client.

## 13. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport

Le rapport constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité du Prestataire et pourra entraîner des poursuites judiciaires. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet et à son environnement ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, nécessite une adaptation du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission.

Le client doit faire actualiser le dernier rapport de mission en cas d'ouverture du chantier plus de 1 an après sa livraison. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

## 14. Conditions d'établissement des prix, variation dans les prix, conditions de paiement, acompte et provision, retenue de garantie

Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils sont actualisés par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'indice de base étant celui du mois de l'établissement du devis.

Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur le coût de la mission.

Dans le cas où le marché nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies. Lors de la passation de la commande ou de la signature du contrat, le Prestataire peut exiger un acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières et correspond à un pourcentage du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le montant de cet acompte est déduit de la facture ou du décompte final. En cas de sous-traitance dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.

Les paiements interviennent à réception de la facture et sans escompte. En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité de retard sera exigible sans qu'un rappel soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.

En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.

Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non-paiement des prestations de la mission réalisées antérieurement. La compensation est formellement exclue : le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue des honoraires dus.

#### 15. Résiliation anticipée

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes du Prestataire, celui-ci a la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son Client par lettre recommandée avec accusé de réception. En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat peut être résilié de plein droit. La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par le Prestataire au jour de la résiliation et en sus, d'une indemnité égale à 20 % des honoraires qui resteraient à percevoir si la mission avait été menée jusqu'à son terme.

#### 16. Répartition des risques, responsabilités et assurances

Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte tenu de sa compétence. Ainsi par exemple, l'attention du Client est attirée sur le fait que le béton armé est inévitablement fissuré, les revêtements appliqués sur ce matériau devant avoir une souplesse suffisante pour s'adapter sans dommage aux variations d'ouverture des fissures. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution de la mission spécifiquement confiée. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la mission doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une mission complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la mission complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir de données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des prestations est entachée d'une incertitude fonction de la représentativité de ces données ponctuelles extrapolées à l'ensemble du site. Toutes les pénalités et indemnités qui sont prévues au contrat ou dans l'offre remise par le Prestataire ont la nature de dommages et intérêts forfaitaires, libératoires et exclusifs de toute autre sanction ou indemnisation.

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. Conformément aux usages et aux capacités du marché de l'assurance et de la réassurance, le contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'adaptation de la 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 15 M€. Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Le client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voir inusuels sont exclus du présent contrat et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. Le prix fixé dans l'offre ayant été déterminé en fonction de conditions normales d'assurabilité de la mission, il sera réajusté, et le client s'engage à l'accepter, en cas d'éventuelle sur-cotisation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. A défaut de respecter ces engagements, le client en supportera les conséquences financières (notamment en cas de défaut de garantie du Prestataire, qui n'aurait pu s'assurer dans de bonnes conditions, faute d'informations suffisantes). Le maître d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier). Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance

Les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire qui en réfèrera à son assureur pour détermination des conditions d'assurance. Les limitations relatives au montant des chantiers auxquels le Prestataire participe ne sont pas applicables aux missions portant sur des ouvrages d'infrastructure linéaire, c'est-à-dire routes, voies ferrées, tramway, etc. En revanche, elles demeurent applicables lorsque sur le tracé linéaire, la/les mission(s) de l'assuré porte(nt) sur des ouvrages précis tels que ponts, viaducs, échangeurs, tunnels, tranchées couvertes... 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. Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le client et le maître d'ouvrage.

Le Prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat. A ce titre, il 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 il 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 à trois fois le montant de ses honoraires sans pour autant excéder les garanties délivrées par son assureur, 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, notamment, 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.

#### 17. Cessibilité de contrat

Le Client reste redevable du paiement de la facture sans pouvoir opposer à quelque titre que ce soit la cession du contrat, la réalisation pour le compte d'autrui, l'existence d'une promesse de porte-fort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

#### 18. Litiges

En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du siège social du Prestataire sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.

## Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

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

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

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Etude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) <b>Phase Etude de Site (ES)</b>		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	Etudes géotechnique préalable (G1) <b>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</b>		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Etude géotechnique de conception (G2) <b>Phase Avant-projet (AVP)</b>		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	Etudes géotechniques de conception (G2) <b>Phase Projet (PRO)</b>		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Etude géotechnique de conception (G2) <b>Phase DCE/ACT</b>		Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (en interaction avec la phase suivi)	<b>Supervision géotechnique d'exécution (G4)</b> <b>Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution</b> (en interaction avec la phase supervision du suivi)	Etude 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	Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Etude)	<b>Supervision géotechnique d'exécution (G4)</b> <b>Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution</b> (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
A 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 géotechnique seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3)



GROUPE  
**GÉOTEC**  
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

# NOS SAVOIR-FAIRE AU SERVICE DE VOS PROJETS



©2020 - ESA / CHES / Sentinel



©Collectivité de Corse - Corse Images Sous-Marines



Géotechnique

—

Maritime

—

Environnement

—

Risques Naturels

—

Diagnostic  
Structure

—

Géothermie