

# Construction d'un nouvel ensemble « Tour de contrôle + bloc technique »

Site de la DGAC, Aéroport Rolland Garros, Sainte-Marie (974)

Rapport d'étude IRE2.P.52072.001 – Indice 2

Etude géotechnique de conception (G2)-Phase APS

05/03/2025



Agence de la Réunion • 9 rue Patrice Lumumba – La Possession  
Tél. 262 (0) 2 62 49 49 01 • [cebt.lareunion@groupeginger.com](mailto:cebt.lareunion@groupeginger.com)

<i>Direction Générale de l'Aviation Civile</i> <b>CONSTRUCTION D'UN NOUVELLE ENSEMBLE « TOUR DE CONTROLE + BLOC TECHNIQUE »</b> Sainte-Marie (974) RAPPORT - étude géotechnique de conception (G2) – phase APS							
Dossier : IRE2.P.52072			Réf. rapport : IRE2.P.52072.001			Marché n° SNIA PAI-OI MAPA 24-074	
Indice	Date	Chargé d'affaire	Visa	Vérifié par	Visa	Contenu	Observations
1	18/02/25	Jean-Christophe JAUBERT		Marie VIRASSAMY		46 pages 6 annexes	
2	05/03/24	Jean-Christophe JAUBERT		Marie VIRASSAMY		47 pages 6 annexes	Correction selon avis SNIA

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

# Sommaire

<b>I. CONTEXTES.....</b>	<b>6</b>
I.1. Contexte du projet.....	7
I.1.1. Données générales.....	7
I.1.2. Description du projet.....	8
I.2. Mission Ginger CEBTP .....	10
I.3. Description du site .....	11
I.3.1. Extrait de carte IGN .....	11
I.3.2. Image aérienne .....	11
I.3.3. Topographie et avoisinants.....	12
I.4. Contextes géologique, géotechnique, contexte hydrogéologique, risques majeurs.....	13
I.4.1. Contexte géologique et géotechnique prévisionnels .....	13
I.4.2. Contexte hydrogéologique.....	14
I.4.3. Risques majeurs naturels .....	15
<b>II. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES.....</b>	<b>16</b>
II.1. Préambule .....	17
II.2. Implantation et nivellement.....	17
II.3. Sondages, essais et mesures in situ .....	17
II.3.1. Investigations in situ .....	17
II.3.2. Essais en laboratoire .....	19
II.3.3. Essais de perméabilité et d'infiltration in situ .....	19
<b>III. INTERPRETATIONS ET SYNTHESE DES INVESTIGATIONS – MODELE GEOTECHNIQUE.....</b>	<b>20</b>
III.1. Synthèse des investigations – Interprétations .....	21
III.1.1. Lithologie .....	21
III.1.2. Caractéristiques pressiométriques.....	23
III.1.3. Caractéristiques physiques des sols .....	23
III.1.4. Caractéristiques intrinsèques des sols .....	24
III.2. Interprétation et synthèse hydrogéologique .....	25
III.2.1. Piézométrie, niveaux d'eau .....	25
III.2.2. Perméabilité .....	25
III.3. Modèle géotechnique .....	26
<b>IV. ETUDE D'AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS).....</b>	<b>27</b>
IV.1. Traitement des risques majeurs ou anthropiques .....	28
IV.1.1. Risque sismique .....	28

IV.1.2. Remblais .....	29
<b>IV.2. Adaptation au projet – Calage altimétrique.....</b>	<b>30</b>
IV.2.1. Calage altimétrique.....	30
IV.2.2. Adaptation du projet – Fondation des ouvrages .....	30
<b>IV.3. Zone d’Influence Géotechnique : ZIG .....</b>	<b>31</b>
<b>IV.4. Terrassements généraux - Fouilles .....</b>	<b>31</b>
IV.4.1. Traficabilité en phase chantier.....	31
IV.4.2. Terrassabilité des matériaux .....	32
IV.4.3. Drainage de la plateforme en phase chantier .....	32
IV.4.4. Talus provisoires .....	33
IV.4.5. Soutènement.....	34
IV.4.6. Réutilisation des matériaux du site .....	34
<b>IV.5. Niveaux bas .....</b>	<b>35</b>
IV.5.1. Généralités .....	35
IV.5.2. Conception .....	35
IV.5.3. Contrôles.....	36
IV.5.4. Tassements prévisibles.....	36
<b>IV.6. Fondations de bâtiment et de la tour de contrôle .....</b>	<b>37</b>
IV.6.1. Principes des fondations retenus.....	37
IV.6.2. Définitions des capacités portantes des sols .....	38
<b>IV.7. Zones de voiries .....</b>	<b>43</b>
IV.7.1. Référentiels et hypothèse de calcul.....	43
IV.7.2. Recommandations concernant le sol support des voiries .....	43
IV.7.3. Partie Supérieure des Terrassements (PST) et classe d’arase .....	43
IV.7.4. Couche de forme.....	44
<b>IV.8. Protection des ouvrages vis-à-vis du risque sismique .....</b>	<b>45</b>
<b>V. ENCHAINEMENT DES ETUDES ULTERIEURES .....</b>	<b>46</b>

## ANNEXES

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES
ANNEXE 2 – PLAN D’IMPLANTATION DES SONDAGES
ANNEXE 3 – SONDAGES ET ESSAIS IN SITU
ANNEXE 4 – ESSAIS EN LABORATOIRE
ANNEXE 5 – RESULTATS DES ESSAIS DE PERMEABILITE
ANNEXE 6 –ANALYSE DES ESSAIS PRESSIOMETRIQUES



## TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : EXTRAIT MEMOIRE D'ESQUISSE - COUPES LONGITUDINALES - SOURCE : DGAC .....	8
FIGURE 2 : EXTRAIT CARTE IGN - SOURCE : GEOPORTAIL.GOUV.FR .....	11
FIGURE 3 : EXTRAIT PHOTOGRAPHIE AERIENNE - SOURCE : GEOPORTAIL.GOUV.FR .....	11
FIGURE 4 : EXTRAIT DE LA CARTE GEOLOGIQUE DE LA REUNION - ECHELLE 1/50000 - SOURCE : INFOTERRE ...	13
PHOTO 1 : PHOTOGRAPHIES DU SITE - SOURCE: GINGER CEBTP, LE 16/01/25 .....	12
FIGURE 5 - EXTRAITS DES TABLEAUX DE SUIVIS PONCTUELS DES NIVEAUX DE NAPPE DE FORAGES PROCHES DE LA ZONE D'ETUDE - SOURCE : DONNEES.EAUREUNION.FR .....	14
FIGURE 6 : SCHEMA DE PRINCIPE POUR LES FONDATIONS A NIVEAUX DECALES - EXTRAIT DTU 13.1 .....	41
FIGURE 7 : EPAISSEUR MINIMALE DE COUCHE DE FORME EN FONCTION DE LA PST RETENUE - SOURCE : GTR 2023 .....	44

## LISTE DES TABLEAUX

TABEAU 1 : PHASE DU PROJET .....	7
TABEAU 2 : DESCRIPTION DU PROJET .....	8
TABEAU 3 : RISQUES NATURELS AU DROIT DE LA ZONE D'ETUDE .....	15
TABEAU 4 : INVESTIGATIONS REALISEES .....	17
TABEAU 5 : ESSAIS EN LABORATOIRE REALISES .....	19
TABEAU 6 : ESSAIS DE PERMEABILITE REALISES.....	19
TABEAU 7 : CARACTERISTIQUES PRESSIOMETRIQUES RETENUES .....	23
TABEAU 8 : RESULTAT LABORATOIRE - GTR.....	23
TABEAU 9 : CARACTERISTIQUES INTRINSEQUES DES SOLS RETENUES.....	24
TABEAU 10 : RESULTATS DES ESSAIS DE PERMEABILITE .....	25
TABEAU 11 : MODELE GEOTECHNIQUE RETENU .....	26
TABEAU 12 : PARAMETRE DE SOL ET COEFFICIENTS SISMIQUES RETENUS .....	28
TABEAU 13 : CARACTERISTIQUES INTRINSEQUES RETENUES POUR LES SOUTENEMENTS .....	34
TABEAU 14 : MODULES ES RETENUS POUR LE CALCUL DES TASSEMENTS SOUS DALLAGE .....	36
TABEAU 15 : CONTRAINTES MAXIMALES RETENUES POUR LES SOLS D'ASSISES.....	39

## **I. CONTEXTES**

## I.1. Contexte du projet

### I.1.1. Données générales

#### I.1.1.1. Généralités

Nom de l'opération : Construction d'un nouvelle ensemble « Tour de contrôle + bloc technique »  
Localisation : Site de la DGAC, Aéroport Rolland Garros  
Commune : Sainte-Marie  
Code postal : 97438  
Demandeur de la mission : Direction Générale de l'Aviation Civile

#### I.1.1.2. Intervenants

Maître d'ouvrage : Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC),  
Maitrise d'œuvre : Service Nationale d'Ingénierie Aéroportuaire (SNIA),  
AMOE Structure : ETHIC

#### I.1.1.3. Documents communiqués

Les documents fournis dans le cadre de cette étude sont les suivants :

- Mémoire d'esquisse (avec notice architecturale), en format PDF, d'Aout 2024 et référencé RUN\_NBT\_ESQ\_Mémoire v1 comprenant :
  - Description du projet,
  - Plan de masse du projet,
  - Façades du projet,
  - Plan des niveaux (R0 à R+7),
  - Coupes du projet longitudinales et transversales du projet,
  - Niveaux et côtes projet,
  - Plans et coupes de la vigie,
- Plan topographique sous format DWG (2024) référencé RUN\_NBT\_plan TOPO esquisse 2024.

#### I.1.1.4. Phase du projet

D'après les éléments communiqués, le projet est au stade d'avancement suivant :

Tableau 1 : Phase du projet

Etudes d'esquisse	Etudes d'avant-projet sommaire	Etudes d'avant-projet définitif	Etudes de projet	Etablissement DCE	Consultation ACT	Réalisation des ouvrages
	X					

## I.1.2. Description du projet

### I.1.2.1. Descriptions générales

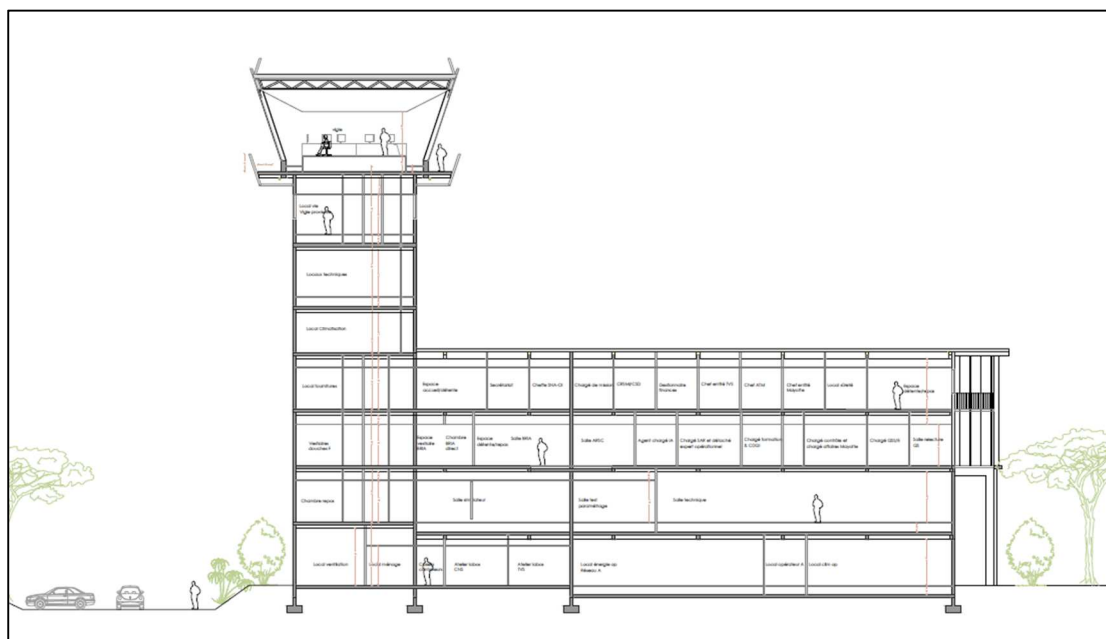
D'après les documents, le projet comprend la construction d' un nouvel ensemble « Tour de contrôle + Bloc Technique » avec :

- Une vigie contrôle sur 7 niveaux (R+7) d'une hauteur de 33.60m, avec fut en béton armée rectangulaire et vigie circulaire en structure métallique au dernier niveau,
- Un bloc technique en R+3 également en structure béton,
- La réalisation des aménagements extérieurs directement associés au nouvel ensemble (voirie, espaces verts, etc...

*Tableau 2 : Description du projet*

Type d'ouvrages	Tour	Bâtiment
Nombre	1	1
Emprise		
Structure	Béton / structure métallique (R+7)	Béton / Structure bois possible
Type de fondations prévues	Superficielles	Superficielles
Nombre de niveaux	7	3
Nombre de niveaux de sous-sol	0	0
Nature du niveau bas	Dallage traditionnel ou radier	Dallage traditionnel
Côte du niveau bas	+27.0m NGR	
Construction en mitoyenneté	NON	
Niveau 0 du projet par rapport au TN	+/- 0.5m à ce stade	

D'après les coupes transmises et la topographie actuelle du site, le projet prévoit des terrassements principalement en déblais.



*Figure 1: Extrait mémoire d'esquisse - coupes longitudinales - source : DGAC*

### **I.1.2.2. Ouvrages géotechniques projetés**

Les ouvrages géotechniques et travaux nécessaires à la construction du projet sont les suivants :

- Préparation du terrain, terrassements (déblais et remblais),
- Pentes de talus,
- Fondations des ouvrages,
- Réalisations des couches de formes pour voiries et cheminements piétons.

Le présent rapport traite de leur étude au stade de l'avant-projet Sommaire (mission G2 APS).

### **I.1.2.3. Sollicitations**

Les sollicitations appliquées aux fondations ne sont pas connues au stade actuel de l'étude. Il conviendra donc de s'assurer que les systèmes de fondations préconisés et les dispositions retenues sont compatibles avec les charges réellement apportées et les caractéristiques de l'ouvrage.

Après réception des enveloppes de descentes de charges, le prédimensionnement des fondations sera réalisé en phase APD.

### **I.1.2.4. Voiries projetées**

D'après les plans communiqués, le projet comprend la réalisation de voiries de service à l'intérieure de la parcelle étudiée, ainsi que de cheminement piéton.

Aucune information quant au trafic à retenir pour le dimensionnement des voiries ne nous a été communiquée, cependant ces voies de circulation sont essentiellement prévues pour des véhicules légers et l'accès pompier.

Le dimensionnement des structures de chaussée n'est pas une mission géotechnique. Seuls les principes de définitions des couches d'arases et de préparation de la couche de forme font partis des mission géotechniques.

En première approche, on retiendra un objectif de plateforme support de chaussée à atteindre de type PF2.

## I.2. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au marché SNIA\_PAI-OI\_MAPA\_24-074.

Il s'agit d'une étude géotechnique de conception (G2) réalisée en phase Avant-Projet (AVP), selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique.

Les résultats de l'étude réalisée au stade de la phase Avant-Projet (G2 AVP) ne sont pas suffisants pour être utilisés dans le DCE (Dossier de Consultation des Entreprises) car les risques importants sont traités à la fin de la mission G2 intégrant les phases PRO, DCE et ACT. De ce fait, cette étude d'Avant-Projet devra être suivie des études G2-PRO et G2-DCE/ACT.

L'étude comprend, conformément au contrat et à la Norme NF P 94-500 de Novembre 2013, les prestations suivantes :

- L'ébauche des contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique :
  - Etablir une première approche d'un modèle géologique,
  - Etudier les différents risques naturels identifiés,
  - Fournir une première approche d'un modèle hydrogéologique (niveaux d'eaux, interprétation en termes de nappes et aquifères),
  - Présenter une première ébauche du contexte sismique,
  - Faire une première estimation des caractéristiques géotechniques importantes et des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet,
  - Donner Les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants), ainsi qu'une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique,
- Préciser la disposition vis à vis des avoisinants et des ouvrages situés dans la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG).

**Remarque :** La mission G2 AVP est séparée en deux missions distinctes : G2 APS et G2 APD. Au vu des éléments communiqués à la date de rédaction du rapport, le présent rapport correspond davantage à une mission G1PGC. Les descentes de charges et principes constructifs n'étant pas encore définis.



### I.3. Description du site

### I.3.1. Extrait de carte IGN



Figure 2 : Extrait carte IGN - Source : Geoportail.gouv.fr

### I.3.2. Image aérienne



*Figure 3 : Extrait photographie aérienne - Source : Géoportail.gouv.fr*

### I.3.3. Topographie et avoisinants

Le site concerné se situe sur un site de la DGAC, au sein de l'aéroport Rolland Garros, commune de Sainte-Marie. La parcelle d'étude, d'une surface d'environ 2000m<sup>2</sup>, présente deux plateformes :

- Une plateforme haute avec une topographie relativement plane (zone parking, bâtiment et espace vert) à une cote altimétrique d'environ +27.0 mNGR,
- Une plateforme basse avec un talus enherbé d'environ 3.20 m de hauteur (pied du talus au droit d'un hangar en R+1 à +23.85 mNGR) présentant un redan intermédiaire d'un mètre de largeur environ.

Actuellement, le site correspond à une zone aménagée avec

- Un bâtiment R0, avec coursives béton périphériques,
- Des parkings VL en enrobé,
- Des espaces verts enherbés et quelques arbres avec racines profondes (proches du bâtiment), et deux algecco (en partie Est) sur dalle béton,
- Des lampadaires situés à l'Ouest du bâtiment en amont du mur moellons,
- Un talus enherbé au Nord et Ouest du site d'une hauteur de 3.20 m environ et un mur moellons travaillant au soutènement en limite Nord-Est,
- Un mur moellons et escalier (Ouest) permettant d'accéder à la plateforme haute du site.

D'après les plans du projet, les murs moellons et escaliers sont prévus conservés. Le bâtiment et parking VL sont prévus démolis pour les besoins du projet.

Le projet est prévu en lieu et en place des ouvrages à démolir.



*Photo 1 : Photographies du site - Source: Ginger CEBTP, le 16/01/25*



## I.4. Contextes géologique, géotechnique, contexte hydrogéologique, risques majeurs.

### I.4.1. Contexte géologique et géotechnique prévisionnels

D'après notre expérience locale et la carte géologique de la Réunion à l'échelle 1/50000<sup>ème</sup>, les formations lithologiques attendues sont

- Les alluvions anciennes indifférenciées Fy1,
- Les formations basaltiques plus ou moins altérées de la phase IV du Piton des Neiges ( $\beta_{IV}$ ) en profondeur,

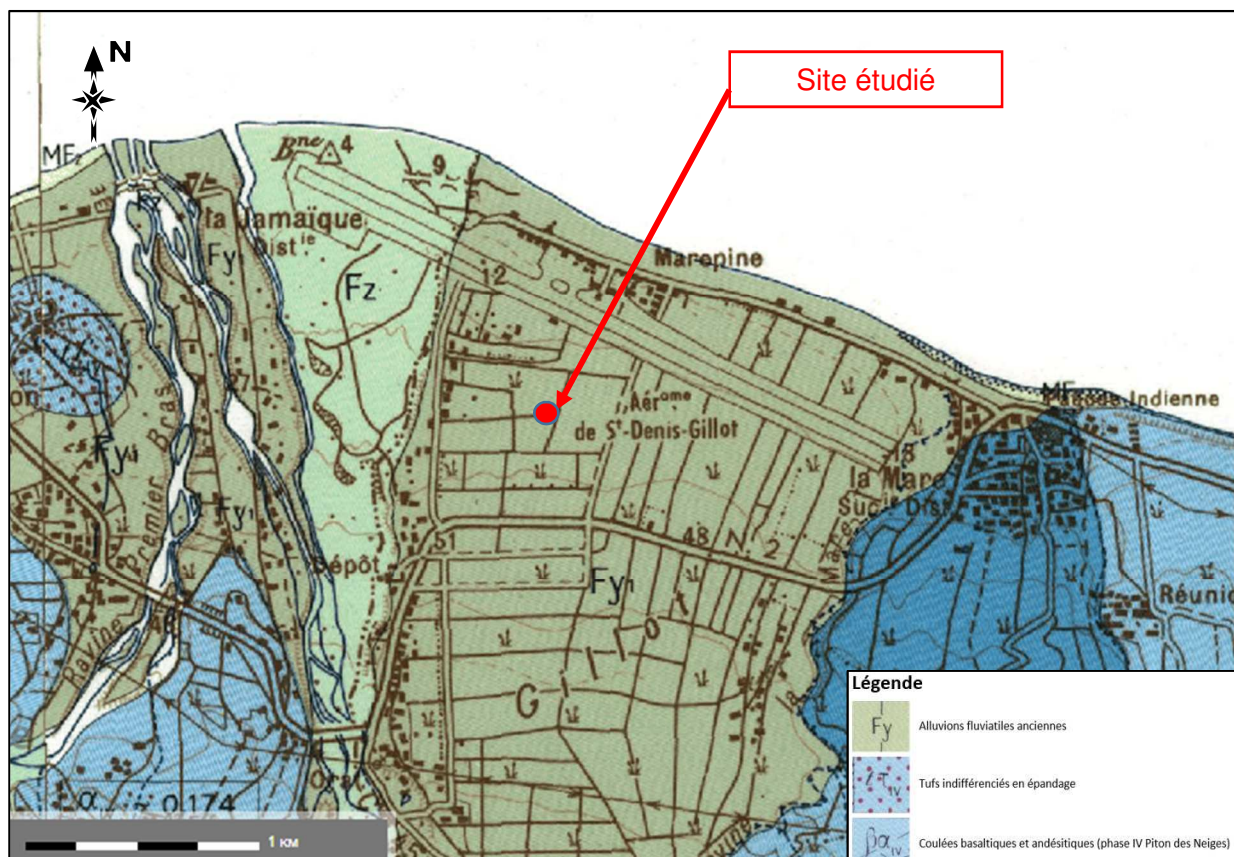


Figure 4 : Extrait de la carte géologique de la Réunion - Echelle 1/50000 - Source : Infoterre

## I.4.2. Contexte hydrogéologique

**Les formations littorales de Saint-Denis sont le siège de la nappe stratégique de Saint-Denis.**

D'après le site internet de l'office de l'eau, deux puits sont présents dans le secteur de la zone d'étude et permettent d'avoir des données sur la nappe :

- Le puit CCIR Gillot BA 181 (forage référencé BSS 12271X0030/F situé à environ 650m à l'Ouest de la zone d'étude permet d'obtenir des données de piézométrie instantanée sur la période 1997-2004. Les données indiquent que la nappe évoluerait en moyenne à environ -2.3 à +4,8 m NGR sur cette période, avec un pic piézométrique à +9.2 mNGR.
- Le forage F2 Gillot (forage référencé BSS 12271X0058/F2) situé à environ 530 au Sud-Ouest de la zone d'étude permet d'obtenir des données de piézométrie instantanée sur la période 1990-2009. Les données indiquent que la nappe évoluerait en moyenne à environ +2.0 mNGR avec des pics piézométriques à +4.0 mNGR sur cette période.

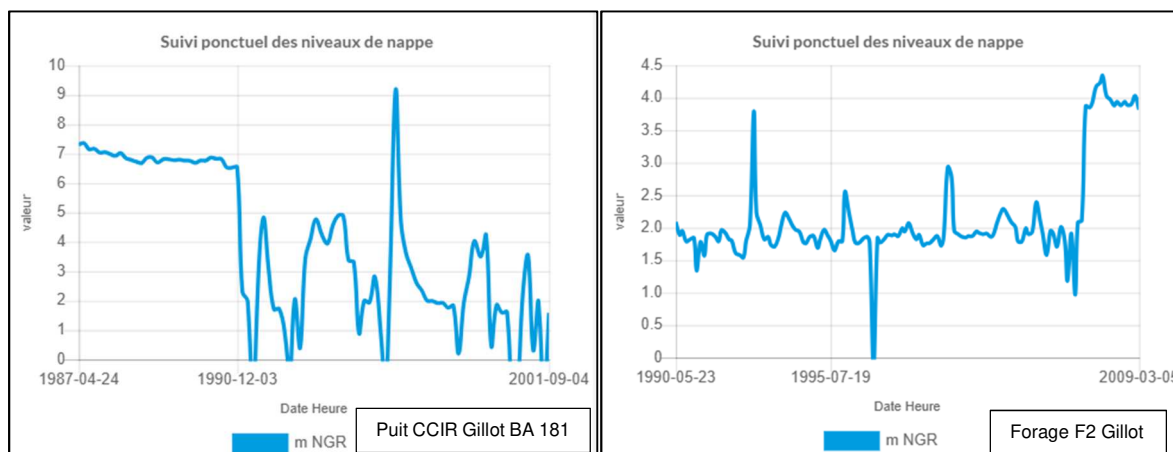


Figure 5 - Extraits des tableaux de suivis ponctuels des niveaux de nappe de forages proche de la zone d'étude -  
Source : [donnees.eaureunion.fr](http://donnees.eaureunion.fr)

L'analyse des niveaux d'eau ci-dessus indique qu'au niveau de la zone d'étude, en moyenne, la nappe est attendue à des côtes de l'ordre de +2.0 m NGR. Le terrain d'assiette du projet présente une côte altimétrique moyenne de +27.0 mNGR. Ainsi, la nappe n'intéresse pas le projet (pour des fondations superficielles).

### I.4.3. Risques majeurs naturels

#### I.4.3.1. Risques naturels

Les informations recueillies sur les sites internet consultés ([www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr), [Peigeo.re](http://Peigeo.re) et [www.reunion.gouv.fr](http://www.reunion.gouv.fr)) sont consignées dans le tableau ci-dessous.

*Tableau 3 : Risques naturels au droit de la zone d'étude*

Risques majeurs / Aléas	Informations documentaires
PPR inondation et mouvement de terrain de Sainte-Marie de Juillet 2020	Hors zone de prescription
Inondations/débordement de cours d'eau	Nul
Argiles (retrait/gonflement - carte 2020)	Niveau exposition : pas de carte aléa retrait/gonflement sur le département de la Réunion
Mouvements de terrains Instabilité – Glissement – Chute de blocs	Nul
Séismes	Zone 2
Radon	Risque existant - faible

D'après les informations données par le PPRN (Plan de prévention des risques naturels), la zone d'étude présente :

- Un risque de mouvement de terrain **nul**,
- Un risque d'inondations **nul**,
- Un risque de submersion marine **nul**.

#### I.4.3.2. Séisme

Le site étudié est classé en zone de sismicité 2 (faible).

Le projet concerne la construction d'un bâtiment ainsi que de la tour de contrôle de l'aéroport Roland Garros, est considéré comme un ouvrage de catégorie d'importance IV (donnée issue de la phase esquisse, à confirmer par le maître d'ouvrage), l'application des règles parasismiques est obligatoire.

Le site étant en zone de sismicité 2, l'étude de liquéfaction n'est pas nécessaire.

#### I.4.3.3. Remblais et déchets

Le site étudié a fait l'objet de plusieurs phases de terrassement au cours du temps (constructions de bâtiments, parkings, anciennes activités possibles, etc...).

De ce fait, des épaisseurs de remblais métriques sont à attendre au droit du site.

## **II. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES**

## II.1. Préambule

La campagne d'investigations a été définie par Ginger CEBTP en accord avec le client en fonction des contraintes du site (accès, autorisations, présence d'ouvrage).

Ces investigations ont toutes été réalisées.

## II.2. Implantation et nivellement

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan d'implantation joint en annexe 2. Elle a été définie par le client et adaptée selon les accès et selon le projet par CEBTP en accord avec le maître d'ouvrage et son représentant.

La profondeur des sondages est donnée en fonction du niveau du terrain au moment des investigations, noté « m/TN » dans la suite de ce rapport. Les coordonnées des têtes de sondages ont été relevées en X, Y et Z par Ginger CEBTP.

## II.3. Sondages, essais et mesures in situ

### II.3.1. Investigations in situ

Les investigations suivantes ont été réalisées :

*Tableau 4 : Investigations réalisées*

Type de sondage	Quantité	Noms	Prof. / TA (m)	Altitude mNGR (+/- 0.10m)
<b>Sondage destructif</b> avec enregistrement des paramètres en continu et prélèvement de cuttings	3	SP1 SP2 SP3	15.27 15.10 15.00	+26.9 +27.2 +26.8
<b>Exécution d'essais pressiométriques.</b> Norme NF EN ISO 22476-4	24 (dont 1 essai non interprétable)	Réparti dans les sondages		
<b>Sondage à la pelle mécanique</b>	5	PM1 PM2 PM3 PM4 PM5	2.3 2.2 2.0 1.1* 1.6	+27.1 +26.6 +26.6 +26.9 +26.9

\*Arrêt du sondage sur gravier drainant

Le tableau ci-dessous donne les coordonnées GPS des têtes de sondages :

	UTM 40 south RGR92		Géographique WGS 84	
Sondage	X	Y	Longitude	Latitude
<b>Géotechnique</b>				
SP1	340896.850	7689199.45	55.4703622	-20.8906270
SP2	340901.814	7689185.094	55.4704086	-20.8907571
SP3	340931.265	7689181.779	55.4706914	-20.8907896
PM1	340919.489	7689177.603	55.4705778	-20.8908263
PM2	340935.256	7689190.086	55.4707305	-20.8907149
PM3	340941.254	7689187.738	55.4707879	-20.8907366
PM4	340906.048	7689201.205	55.4704508	-20.8906120
PM5	340893.564	7689197.737	55.4703305	-20.8906422

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

- **Sondages destructifs au tricône/tarière Ø 66/63 mm :**
  - Coupe approximative des sols en fonction de la profondeur\*,
  - Formations géologiques correspondantes,
  - Diagraphie des paramètres de forage enregistrés :
    - V.A. : vitesse d'avancement instantanée (m/h),
    - P.O. : pression sur l'outil (bars),
    - P.I. : pression d'injection (bars),
    - C.R. : couple de rotation (bars).
- **Essais pressiométriques :**
  - Module pressiométrique :  $E_M$  (MPa),
  - Pression limite nette :  $p_l^*$  (MPa),
  - Pression de fluage nette  $p_r^*$  (MPa),
  - Rapport  $E_M/p_l^*$ .
- **Puits à la pelle mécanique :**
  - Coupe approximative des sols en fonction de la profondeur\*,
  - Formations géologiques correspondantes.

Par ailleurs, les forages de cette campagne d'investigation étant réalisés à l'eau, les niveaux d'eau en forage ne sont pas toujours identifiables ou peuvent être biaisés en raison de leur interférence avec les fluides de forage injectés.

### II.3.2. Essais en laboratoire

Les essais suivants ont été réalisés :

*Tableau 5 : Essais en laboratoire réalisés*

Identification des sols	Nombre	Norme
Teneur en eau pondérale W	1	NF EN ISO 17892-1
Analyse granulométrique par tamisage	1	NF EN ISO 17892-4
Valeur au bleu du sol (VBS)	1	NF P94-068
Classification des sols (GTR)	1	NF P11-300

**Nota :** les prélèvements d'échantillons sont la propriété du client. Ils seront conservés pendant un mois à compter de l'envoi du rapport. S'il le souhaite, le client pourra donc soit récupérer ses prélèvements, soit demander à ce qu'ils soient conservés. A défaut de demande expresse, les prélèvements seront mis au rebus.

### II.3.3. Essais de perméabilité et d'infiltration in situ

Les essais suivants ont été réalisés :

*Tableau 6 : Essais de perméabilité réalisés*

Type d'essai in situ	Dénomination	Sondage de référence	Prof. / TN
Essais de perméabilité Matsuo	KM1	PM1	2.5 à 3.0
	KM2	PM1	2.5 à 3.0

Les résultats des essais de perméabilité sont fournis en annexe 5.

### **III. INTERPRETATIONS ET SYNTHESE DES INVESTIGATIONS – MODELE GEOTECHNIQUE**



### III.1. Synthèse des investigations – Interprétations

Cette synthèse devra être affinée par l'ingénierie géotechnique lors de l'étude géotechnique de conception en phase PROJET (G2 PRO).

Cette synthèse géotechnique s'appuie sur les sondages réalisés dans le cadre de cette mission ainsi que sur les sondages réalisés autour de la zone d'étude :

- Dossier Ginger CEBTP IRE2.G.51201 – Opération Hôtel Hilton avec :
  - 2 sondages destructifs descendus à +15.0m/TN de profondeur,
  - 3 sondages pressiométriques descendus à 15.0 m/TN de profondeur,
- Dossier Ginger CEBTP IRE2.51503 – Extension et restructuration de l'aéroport avec :
  - 11 sondages carottés jusqu'à 8.0m/TN de profondeur,
  - 9 sondages pressiométriques jusqu'à 15.0m/TN de profondeur.

#### III.1.1. Lithologie

A noter que la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain naturel tel qu'il était au moment de la reconnaissance (Janvier 2025).

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

- **Formation n°0 : Terre végétale, enrobé, béton et remblais**

Profondeur : 0.30 à 1.40 m/TN

Description : Issus des différents aménagements du site, des remblais ont été rencontrés sur la plupart des sondages **sur des épaisseurs variables**. Les remblais sont principalement de nature limono sableuse et sablo-graveleuse. Ainsi, une partie des remblais est constituée de graves sablo-limoneuses du site.

On observe également la présence d'un drain en graves 0/40 à l'arrière du bâtiment actuel sur une épaisseur de 0.50m (drain de la fosse septique).

Commentaires :

- Les profondeurs pour cet horizon remblayé sont données à titre indicatif ; le passage entre les remblais et le sol support sous-jacent peut correspondre à des matériaux plus ou moins poinçonnés et/ou remaniés sur une frange superficielle dont l'épaisseur n'est pas connue. De plus, compte tenu du caractère anthropique de ces matériaux, il faut s'attendre à des variations d'épaisseurs de cet horizon dans l'emprise du projet, avec des répartitions aléatoires sur le site.
- Les épaisseurs de remblais peuvent également être plus importantes à l'approche des ouvrages et mitoyenneté.

- **Formation n°1 : Alluvions limono-graveleuse compactes**

Profondeur de la base : 4.40 à 8.00 m/TN (> à la base des sondages à la pelle mécanique)

Descriptions : Il s'agit de galets et blocs en proportion variables pris dans une matrice limoneuse à limono-sableuse moyennement compacte à compacte (ferme) présentant des passés sableux (sondage PM1). Cette formation correspond à des sables moyens à fins +/- limoneux avec des galets décimétriques à pluridécimétrique en proportion variable. Cette formation contient des passages très charpentés en banc d'épaisseur métriques. La tenue des parois des fouilles dans cette formation est bonne.

- **Formation n°2 : Alluvions anciennes raides à indurées (ou basalte altéré)**

Profondeur de la base : 6.00 à 10.50 m/TN

Descriptions : Cette formation correspond à des limons à blocs de basaltes plus ou moins charpentés. Ainsi, il pourrait s'agir d'alluvions anciennes indurées ou de la frange d'altération du substratum basaltique. Cette formation présente de très bonnes caractéristiques mécaniques.

- **Formation n°3 : Basalte +/- altéré et fracturé**

Profondeur de la base : >15.0 m/TN (> à la base de tous les sondages)

Descriptions : Cette formation correspond à des basaltes plus ou moins altérés et fracturés avec développement de limons. La frange d'altération est difficilement interprétable à l'aide des diagraphies en forages réalisées. Cette formation présente de très bonnes caractéristiques mécaniques.

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

**Sur l'ensemble du projet on gardera à l'esprit que :**

- Les épaisseurs de remblais sont très variables selon les zones investiguées. Elles peuvent être nulles jusqu'à atteindre 1.40 mètres de hauteur,
- La formation n°1 d'alluvions limono-graveleuses compactes est un horizon d'altération de la formation d'alluvions anciennes indurées. Son épaisseur et sa continuité horizontale sont très variables.
- Les formations n°2 et 3 constituées d'alluvions anciennes indurées et ou de basaltes +/- altérés sont très compactes. Toutefois, il peut exister au sein de ces formations des passages plus altérés moyennement compacts.

### III.1.2. Caractéristiques pressiométriques

Les caractéristiques pressiométriques ont été analysées sur la base des sondages réalisés au droit du site ainsi que des sondages réalisés à proximité (Cf. chap III.1). L'analyse des essais pressiométriques disponibles aboutit aux valeurs suivantes :

*Tableau 7 : Caractéristiques pressiométriques retenues*

Formation / type de sol	Nbr d'essais	P <sub>i</sub> * (MPa)			E <sub>m</sub> * (MPa)		
		Min	Max	Retenu	Min	Max	Retenu
0 – Remblais	2	(1)					
1 – Alluvions limono-graveleuses	9	0.91	3.8	1.1 (2)	13.1	52	25.0 (2)
2 – Alluvions anciennes raides à basalte très altéré	3	> 5.0			46	199	> 100.0
3 – Basalte +/- altéré	9	> 5.0			> 200.0		

(1) Aucune valeur retenue dans cet horizon compte-tenu de son caractère hétérogène,

(2) Valeurs minorées par rapport aux valeurs les plus faibles observées dans cet horizon et par expérience de la zone.

En l'absence d'un grand nombre de valeur mesurées, et des fort écart-type observés au sein des formations, les modules pressiométriques ont été calculés avec une moyenne harmonique et les pressions limites avec une moyenne écartée de la moitié de l'écart type.

Cependant on limitera la valeur retenue en fonction de notre expérience du site, de la présence de poches décomprimées en surface ainsi que pour limiter les aléas et risques d'adaptation en phase chantier à ce stade du projet. Les tableaux des valeurs pressiométriques sont donnés en annexe 6.

### III.1.3. Caractéristiques physiques des sols

Les procès-verbaux des essais en laboratoire sont insérés en annexe 4.

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

*Tableau 8 : Résultat laboratoire - GTR*

Sondage	Formation / type de sol	Prof. (m) échantillon	W (%)	VBS	Tamisé < 63 µm	Tamisé < 80 µm	D <sub>max</sub>	Classe G.T.R. (Setra 2000)	Classe G.T.R. (Setra 2023)
PM1	n°1 : Alluvions limono-graveleuses	0.30 à 1.50m	22.5	0.64	47.2	50.6	63	A1 à C1A1*	F1

\*en cas de galets et blocs de basalte en proportion plus importantes.

Ainsi, on retrouve les caractéristiques suivantes selon les matériaux rencontrés sur le site :

- Les alluvions limono-graveleuses, plus ou moins charpentées, identifiées de classe F1 à VC2 F1 (A1 à C1A1 selon l'ancien GTR) comportent une fraction fine sensible à l'eau.

Aucun essai en laboratoire n'a été réalisé au droit des remblais et des alluvions anciennes raides à basaltes très altérés, cependant on note :

- Les remblais du site sont hétérogènes et peuvent être classés en F1 à I1 voir VC2 F1 à VC2 I2 selon la fraction grossière prélevée (C1A1 à C1B5 selon l'ancien GTR),
- Les alluvions anciennes raides peuvent être classées en F1 à VC2 F1 (A1 à C1A1 selon l'ancien GTR) comportent une fraction fine sensible à l'eau.

### III.1.4. Caractéristiques intrinsèques des sols

En l'absence d'essais en laboratoire et/ou in-situ, les paramètres retenus dans chaque horizon sont synthétisés dans le tableau suivant :

*Tableau 9 : Caractéristiques intrinsèques des sols retenues*

Formation / type de sol	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Court terme		Long terme	
		$\phi_u$ (°)	$C_u$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$c'$ (kPa)
n°0 : Remblais	18	25 à 28	0	25 à 28	0
n°1 : Alluvions limono-graveleuses	20 à 22 (selon fraction grossière)	28 à 30	10	28 à 30	5
n°2 : Alluvions anciennes raides à basalte très altéré	18 à 20	33	20 à 30	33	10 à 15
n°3 : Basalte +/- altéré à sain	22 à 24	45	> 50	45	> 50

Ces valeurs sont données à titre indicatif en l'absence d'essais laboratoires réalisés (matériaux graveleux ne permettant pas les essais) et sont basées sur notre expérience de la zone et de corrélations issues des pressions limite.

Nota : la notion de court terme est imprécise et ne peut être utilisée que pour des phases de travaux très provisoires et non pour des ouvrages devant résister pendant la durée du chantier.

#### Légende :

- $\gamma$  : Poids volumique,
- $\phi_u$  /  $C_u$  : Angle de frottement et cohésion apparents,
- $\phi'$  /  $C'$  : Angle de frottement et cohésion effectifs.

## III.2. Interprétation et synthèse hydrogéologique

### III.2.1. Piézométrie, niveaux d'eau

Un seul niveau d'eau a été observé à 5.50 m/TN (sondage SP1) au moment des investigations (Janvier 2025). Il s'agit d'un niveau d'eau non stabilisé (forage réalisé à l'eau) et n'est pas représentatif des niveaux de la nappe sous-jacente.

Toutefois, des écoulements de surface peuvent se produire, notamment en période pluvieuse.

De plus, des circulations d'eau ponctuelles / anarchiques ne sont pas à exclure au sein des différentes formations, notamment en cas de précipitations.

### III.2.2. Perméabilité

Afin d'estimer l'ordre de grandeur de la perméabilité des terrains en place, des essais de perméabilité de type Matsuo, ont été réalisés.

Les résultats de ces essais de perméabilité sont donnés dans le tableau ci-dessous :

*Tableau 10 : Résultats des essais de perméabilité*

Sondage	Nature du sol	Profondeur de l'essai	Coefficient de perméabilité K	
			m/s	mm/h
PM1-KM1	Alluvions limono-graveleuses	0.3 à 1.2	$6.67 \times 10^{-6}$	24.0
PM1-KM2		1.5 à 2.0	$2.14 \times 10^{-4}$	> 400

Les résultats des essais de perméabilité sont présentés en annexe 5.

**L'essai KM2 a été réalisé au sein d'une poche sableuse observée dans le sondage PM1. En première approche et d'après notre expérience des formations superficielles limoneuses du site, nous retiendrons une perméabilité  $K < 30$  mm/h dans les formations superficielles.**

Comme les essais de perméabilité ont été réalisés dans des forages de faible diamètre, la perméabilité obtenue est locale car elle intéresse un volume très limité par rapport au terrain étudié. Des variations latérales ne sont donc pas à exclure.

### III.3. Modèle géotechnique

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des investigations (Janvier 2025) réalisées ainsi que des forages réalisés dans la zone d'étude.

*Tableau 11 : Modèle géotechnique retenu*

		$P_l^*$	$E_M^*$	$\alpha$	$c'$	$\phi'$	K
Formation / type de sol	Profondeur de la base	MPa	MPa	Min	kPa	°	m/s
0 – Remblais	0.3 à 1.4	(1)			0	25 à 28	-
1 – Alluvions limono-graveleuses	4.4 à 8.0	1.1 <sup>(2)</sup>	<b>25</b>	1/2	5	28 à 30	$< 8.3 \times 10^{-6}$
2 – Alluvions anciennes raides à basalte très altéré	6.0 à 10.5	$> 5.0$	<b><math>&gt; 100.0</math></b>	2/3	10 à 15	30 à 33	-
3 – Basalte +/- altéré	$> 15.0$	$> 5.0$	<b><math>&gt; 200.0</math></b>	2/3	50	45	-

(1) Aucune valeur retenue dans cet horizon compte-tenu de son caractère hétérogène,

(2) Valeurs minorées par rapport aux valeurs les plus faibles observées dans cet horizon et par expérience de la zone

## **IV. ETUDE D'AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS)**

## IV.1. Traitement des risques majeurs ou anthropiques

### IV.1.1. Risque sismique

#### IV.1.1.1. Données règlementaires

Selon le décret n°2010-1255, les arrêtés émis entre le 15 septembre 2014 et le 8 septembre 2021, modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments et la norme NF EN 1998 (Eurocode 8), le projet (bâtiments et tour de contrôle) de catégorie d'importance IV – à confirmer par le maître d'ouvrage se situant en zone de sismicité 2, le dimensionnement des structures à l'Eurocode 8 est obligatoire.

Il appartient au maître d'ouvrage de préciser s'il souhaite appliquer les règles parasismiques.

#### IV.1.1.2. Paramètres de sol et coefficients sismiques

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

*Tableau 12 : Paramètre de sol et coefficients sismiques retenus*

Zone de sismicité III	Unité	Bâtiment / tour	Talus
		Valeur	Valeur
Type de sol*		B	B
Paramètre de sol S		1.35	1.35
Catégorie d'importance de l'ouvrage		IV	IV
Accélération au rocher agr	m/s	0.7	0.7
Coefficient d'importance $\gamma_I$		1.4	1.4
Facteur r (*)	-	-	2
<b>Coefficient sismique horizontal <math>k_h</math></b>	-	<b>0.135</b>	<b>0.067</b>
<b>Coefficient sismique vertical <math>k_v</math></b>	-	<b>0.067</b>	<b>0.037</b>



Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres			Ordre de grandeur		
		$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$	$C_u$ (kPa)	$q_c$ (MPa)	$E_M$ (MPa)	$p_l$ (MPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant.	> 800	–	–		>100	> 5
B	Dépôts raides de sables, de graviers ou d'argiles sur-consolidées, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur.	360-800	> 50	> 250	> 3,5 (argile) > 20 (sables)	25-100	> 1,2 (argile) 2,0 à 5,0 (sable)
C	Dépôts profonds de sables de densité moyenne, de graviers ou d'argiles moyennement raides ayant des épaisseurs de quelques dizaines à quelques centaines de mètres.	180-360	15-50	70-250	De 1 à 3,5 (argile) De 6 à 20 (sables)	5-25	0,5 à 1,2 (argile) 0,8 à 2 (sable)
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes.	< 180	< 15	< 70	< 1 (argile) < 6 (sables)	< 5	< 0,5 (argile) < 0,8 (sable)
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de $V_s$ de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $V_s > 800$ m/s.						
S1	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé ( $P_l > 40$ ) et une teneur en eau importante.	< 100		10-20	< 0,6		< 0,2
S2	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S1.						

Estimation de la classe de sol selon les paramètres géomécaniques de terrains

Selon les recommandations de l'Eurocode 8 (EC8-1 paragraphe 3.1.2(1) tableau 3.1), il convient de classer le site selon la valeur moyenne de la vitesse des ondes de cisaillement  $v_{s,30}$  si elle est disponible. Dans le cas contraire, utilisation des valeurs du NSPT ou  $c_u$ .

En l'absence de ces données, une estimation de la classe de sol selon les données pressiométriques (module  $E_m$  et  $P_l$ ) peut être réalisée selon le guide AFPS AMSOL de 2011 (Procédés d'amélioration et de renforcement de sol sous actions sismiques).

#### IV.1.1.3. Liquéfaction

Le site étant classé en zone sismique 2 (faible), l'étude de la liquéfaction des sols sous séisme n'est pas requise d'après l'EUROCODE 8.

#### IV.1.2. Remblais

Des remblais ont été observés sur la parcelle en dépôts sur des épaisseurs décimétriques à métriques.

De plus, d'après l'analyse des images aériennes, le site a fait l'objet de plusieurs phases de terrassements et exploitations. Il n'est donc pas à exclure des surépaisseurs de niveaux remblayés ou remaniés sur l'ensemble de la parcelle du projet.

Leur traitement pourra faire l'objet d'une étude spécifique et leur étendu et impact pour le projet précisé dans le cadre de phases d'études ultérieures.

## IV.2. Adaptation au projet – Calage altimétrique

### IV.2.1. Calage altimétrique

Le projet prévoit la construction d'une tour de contrôle (R+7), d'un bâtiment en R+3 ainsi que de l'aménagement de cheminement piéton et parking pour véhicule léger.

Les futurs ouvrages se situent en lieu et en place d'un bâtiment et voirie existant.

**Remarque :** Le projet est en phase esquisse, les plans et coupes au droit du parc n'intègrent pas les côtes du terrain naturel actuel. Ainsi, sans plan de terrassement à jour, les recommandations pour la mise en œuvre de remblais et/ou de terrassement en déblais ne peuvent pas être réalisées au cas par cas.

On observe :

- Une côte altimétrique moyenne de +27.0 mNGR au droit du projet (variation +/- 0.5m),
- La présence d'un talus d'une hauteur moyenne de 3.0m dont la tête est située à environ 2.0m des futurs ouvrages.

Ainsi en fonction du plan topographique de la zone et côtes altimétriques données dans les plans, le projet prévoit principalement des terrassements en déblais (et remblais de faibles hauteurs pour nivellement).

#### **Observation majeure :**

- Aucun plan de terrassement ne nous a été transmis. Nous demandons au MOA/MOE de nous le transmettre, au plus tard, au lancement de la mission G2APD.
- Les coupes longitudinales et profils détaillés du projet sur l'ensemble de la parcelle et sur l'ensemble des bâtiments avec insertions du TN initial et niveaux finis et prolongés au delà de l'emprise de ces derniers devront être communiqués.

### IV.2.2. Adaptation du projet – Fondation des ouvrages

En première approche, au vu des épaisseurs de remblais au droit du site et des bonnes caractéristiques des sols observées, les systèmes de fondations ci-dessous peuvent être envisagés :

- Pour le bloc technique (bâtiment R+3), en fonction du calage altimétrique des fondations et des épaisseurs de remblais observées, un système de fondation superficielle par semelle filante et isolée pourra être envisagé, ancré dans les alluvions anciennes de la formation n°1,
- Pour la tour, au vu des fortes descentes de charges attendues, un système de fondation superficielle par semelle isolée ou raider (en fonction de la rigidité des semelles) ancré dans les alluvions anciennes de la formation n°1 pourra être envisagé.

**Remarque :** On remarque la présence d'un talus en aval des ouvrages prévus. En fonction du calage altimétrique du projet (arase des fondations, terrassement, etc...), pour éviter une minoration des contraintes de sols en tête de talus, des approfondissements des niveaux d'assises pourront être envisagés ou passage en fondations profondes.

### IV.3. Zone d'Influence Géotechnique : ZIG

Rappel de la définition : « La zone d'influence géotechnique correspond au volume de terrain au sein duquel il y a interaction entre d'une part l'ouvrage ou l'aménagement de terrain (du fait de sa réalisation et de son exploitation) et d'autre part l'environnement (sol, ouvrage, aménagement de terrain ou bien environnement) » selon la norme NF P 94-500.

D'après les documents communiqués, le projet présente les caractéristiques suivantes :

- Un reprofilage du terrain principalement en déblais est prévu,
- La démolition des ouvrages existants (bâtiments R0, bungalow, ouvrages enterrés, réseaux divers),
- La démolition des murets et reconstitution du talus aval sur des hauteurs variables,
- Volume du terrain concerné : minimum 3H/1V autour des ouvrages géotechniques.

**Compte-tenu des éléments communiqués au stade de l'Avant-Projet Sommaire, la Zone d'Influence Géotechnique intégrera le talus en aval du projet ainsi que le mur de soutènement à l'Est (en pied de talus).**

**Des coupes et profils avec insertion des avoisinants au projet (talus, ouvrages, etc...) et côtes projet définitives devront nous être transmis dans les phases ultérieures du projet afin d'étudier la stabilité au glissement.**

**De plus, le projet prévoit la réalisation d'une tour en R+7 solidarisée à un bâtiment de type R+3, ainsi l'interaction entre ces deux types d'ouvrages devra être étudiée (joint de construction, etc...).**

### IV.4. Terrassements généraux - Fouilles

#### IV.4.1. Traficabilité en phase chantier

Les matériaux concernés par les terrassements sont associés à la classe GTR A1 à CiA1 (F1 à VC2F1 selon le GTR 2023) selon la norme NF P11-300.

Les formations rencontrées comportent une fraction fine limoneuse et sont par expérience sensibles à l'eau. Par conséquent, les travaux devront être réalisés dans des conditions météorologiques favorables sinon le chantier peut rapidement devenir impraticable et nécessiter la mise en place de surépaisseurs en matériaux insensibles à l'eau.

Des travaux préparatoires pourront être de type cloutage, mise en place d'un géotextile résistant à la rupture, surépaisseur de matériaux propres de bonne qualité ...

Concernant les travaux réalisés en zone aménagée (parking, etc...), la traficabilité en phase chantier est assurée.

Dans tous les cas, nous recommandons autant que possible de réaliser les travaux en période météorologique favorable.

#### **IV.4.2. Terrassabilité des matériaux**

La réalisation des déblais concernant les formations n°0, 1 et 2 ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction. Les terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance.

Pour la réalisation des fouilles, il n'est pas à exclure, en cas de présence de gros blocs, d'utiliser ponctuellement un brise roche pour le calibrage de ces dernières et limiter les surlargeurs de fouille.

Les matériaux, ainsi que les procédures de mise en œuvre et de contrôle devront répondre aux recommandations des normes et guides en vigueur.

#### **IV.4.3. Drainage de la plateforme en phase chantier**

Suite aux observations faites au cours de la campagne d'investigations, le terrain devrait en principe être sec. Cependant, des venues d'eau peuvent apparaître exceptionnellement en cours de terrassement. Elles seront alors collectées en périphérie et évacuées en dehors de la fouille (captage).

Toute zone décomprimée fera l'objet d'un traitement spécifique si elle doit recevoir un élément de l'ouvrage à porter (purge, compactage).

#### IV.4.4. Talus provisoires

D'après les plans issus de la phase esquisse, le talus Nord du site est prévu conservé sans modifications de pente/morphologie. Aucun autre talus n'est prévu conservé en phase définitive.

Il conviendra dans les phases ultérieures de justifier la stabilité du talus existant en fonction des côtes projets définitives et des charges réellement appliquées (étude de stabilité).

En cas de talus inférieure à 1.20 m, ils pourront être taillés subverticalement. Cependant, dans les alluvions et dans les remblais, des surlargeurs pourront être observées (blocs, mauvaises tenues des fouilles dans les remblais).

Pour des hauteurs de talus verticaux supérieures à 1.20 m ou pour des talus plus raides si les emprises nécessaires ne sont pas disponibles, un confortement avec phasage d'ouverture est à prévoir ou une étude de stabilité à réaliser.

Les talus provisoires à réaliser concerneront la réalisation des démolitions des existants et insertion des ouvrages. Ces talus pourront être dressés selon les hauteurs de terrassement :

- Dans les remblais du site, les pentes de stabilité provisoire hors nappe sont attendues à maximum 3H/2V,
- Dans alluvions limono-graveleuses de la formation n°1 et les alluvions anciennes raides de formation n°2 , les pentes de stabilité provisoires hors nappe sont attendues à maximum 1/1V,
- Des optimisations ne sont pas a exclure en phase chantier en fonction de la compacité des alluvions sous réserves de l'avis d'un géotechnicien.

A noter que des hétérogénéités locales peuvent être rencontrées au fur et à mesure de l'ouverture des fouilles et provoquer des éboulements locaux.

Des mesures de protection des talus devront être envisagées contre le ravinement et éboulis de surface pendant les travaux. L'ensemble des talus devra être protégé des intempéries par des feuilles de polyane soigneusement fixées et des cunettes étanches en tête de talus.

#### IV.4.5. Soutènement

D'après les plans fournis, le projet ne prévoit pas d'ouvrages de soutènements ou voiles en infrastructure, cependant les caractéristiques mécaniques des sols sont données dans le tableau suivant (à titre indicatif uniquement) :

*Tableau 13 : Caractéristiques intrinsèques des sols retenues pour les soutènements*

Formation / type de sol	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Court terme		Long terme	
		$\phi_u$ (°)	$C_u$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$c'$ (kPa)
n°0 : Remblais	18	25 à 28	0	25 à 28	0
n°1 : Alluvions limono-graveleuses	20 à 22 (selon fraction grossière)	28 à 30	10	28 à 30	5
n°2 : Alluvions anciennes raides à basalte très altéré	20 à 22 (selon fraction grossière)	33	20 à 30	33	10 à 15
n°3 : Basalte +/- altéré à sain	22 à 24	45	> 50	45	> 50

Remarque : à ce stade les cohésions seront négligées pour les ouvrages de soutènement. En fonction des emprises de terrassement disponible et des remblaiements prévus, les caractéristiques des matériaux d'apport devront être considérées.

Nota : la notion de court terme est imprécise et ne peut être utilisée que pour des phases de travaux très provisoires et non pour des ouvrages devant résister pendant la durée du chantier.

Ces valeurs devront impérativement être confirmées à partir des résultats d'essais spécifiques.

Les ouvrages de soutènement devront être drainés ou dimensionnés à la poussée hydrostatique.

#### IV.4.6. Réutilisation des matériaux du site

Compte tenu de leur classe GTR attendue (F1 à VC2 F1 – A1 à CiA1 selon le GTR 2000), les matériaux de déblais du site présente une matrice limono-sableuse sensible à l'eau. Leur réutilisation en remblais courant (hors ouvrages-voiries) est envisageable sous réserve de réaliser une étude spécifique et un suivi continu des teneurs en eau en phase chantier.

Nous précisons que ce procédé nécessite une étude spécifique qui ne fait pas partie de la présente mission, mais peut faire l'objet de précision en phase ultérieure du projet (G2 PRO). Des campagnes d'essais complémentaires sur matériaux seront alors nécessaires (non prévues à ce stade).

A ce stade, ils pourront éventuellement être utilisés dans les zones d'espaces verts ou mis en décharge.

## IV.5. Niveaux bas

### IV.5.1. Généralités

La réalisation d'un dallage sur terre-plein est envisageable compte tenu de la qualité du sol support après terrassement. Une couche de forme épaisse sera nécessaire avant sa mise en œuvre. Les dispositions détaillées ci-dessous sont réalisées en fonction du DTU 13.3 et du GTR2023 pour la préparation de la couche de forme.

Le dallage reposera donc uniformément sur les alluvions limono-graveleuses de la formation n°1 par l'intermédiaire d'une couche de forme épaisse.

**Remarque :** Dans le cas de niveaux décalés entre la tour et le bloc technique, le niveau intermédiaire devra être réalisé en dalle portée.

### IV.5.2. Conception

La mise en œuvre de la structure sous dallage (couche de forme et couche de réglage) sera réalisée moyennant les précautions successives suivantes :

- Purge de la terre végétale, des dalles existantes, des remblais, vestiges de fondations et ouvrages enterrés anciens,
- Terrassement jusqu'au fond de forme qui sera constitué par la formation n°1 (alluvions limono-graveleuses),
- Purge éventuelle des poches médiocres et des sols détériorés par les engins de terrassement ou les eaux de pluie,
- Compactage du fond de forme objectif q4 à 95 % de l'optimum Proctor normal (OPN) avec des engins adaptés,
- Mise en place d'un géotextile anti-contaminant (il n'est pas obligatoire),
- Vérification de la portance du fond de forme par essais à la plaque ; elle doit être supérieure ou égale à 30 MPa (EV2), dans le cas d'un fond de forme meuble,
- Mise en œuvre de la structure sous dallage avec compactage de la couche de forme,
- Un objectif de densification de niveau q3 représentant 95 % de l'Optimum Proctor Normal (OPN) en moyenne, pour chaque couche et une compacité représentant 92 % OPN, au fond de chaque couche.

La structure sous dallage pourra alors être envisagée de la manière suivante :

- Une couche de forme de 0.20 m d'épaisseur minimale, pour un fond de forme en grave non traitée (GNT) 0/80, ou équivalent et insensible à l'eau,
- Des sur-profondeurs de la couche de forme pourront être réalisées en fonction des épaisseurs de remblais observés,
- Une couche de réglage de 0.20 m d'épaisseur minimale en grave non traitée (GNT) 0/31.5 ou équivalent.

Ainsi, l'épaisseur minimale de forme à prévoir sous dallage sera de 0.40 mètre (Cf. p.43).

On veillera à respecter les recommandations du guide GTR édité en 2000 (et mis à jour en 2023) par le SETRA et éventuellement celui des sols traités.

Les apports devront être granulaires, insensibles à l'eau et de granulométrie continue. Il peut s'agir de matériaux de type  $D_2 / D_3$  ou C1B3 (ou  $G_{11ins}, G_{21ins}, G_{31ins}$  selon classification GTR2023).

Il faudra également s'assurer qu'il ne subsiste pas de points durs ou des zones présentant des sols compressibles, sources de tassements différentiels. Les dallages seront conçus conformément au DTU 13.3.

### IV.5.3. Contrôles

On s'assurera que le compactage est correctement réalisé. D'après le NF DTU 13.3 de décembre 2021 applicable au projet, le critère de réception de la couche de forme est de :

- $EV2 \geq 50$  MPa pour les charges d'exploitation avec des charges réparties  $\leq 20$  kN/m<sup>2</sup>
- Indice de compactage  $EV2/EV1 \leq 1.8$ .

Ginger CEBTP se tient à la disposition du maître d'œuvre ou de l'entreprise pour la réalisation des essais de contrôle à tout stade de l'exécution.

### IV.5.4. Tassements prévisibles

Les hypothèses à retenir sur les modules  $E_s$  sont les suivantes, conformément au DTU 13.3 et à la norme NF P 94-261 :

*Tableau 14 : Modules  $E_s$  retenus pour le calcul des tassements sous dallage*

Formation	Epaisseur (m)	Coefficient rhéologique $\alpha$	Module $E_s$ (MPa)
Couche de réglage	0.20*		50
Couche de forme	0.20*		50
1/ Alluvions limono-graveleuse	10.0	0.5	50
n°2 : Alluvions anciennes raides à basalte très altéré	2.0	0.67	>100
n°3 : Basalte +/- altéré à sain	Base non reconnue	0.67	>100

\*épaisseur minimale de la couche de forme/réglage épaisse avec purge de la terre végétale et des remblais.

Avec

- $E_s = E_m / \alpha$
- Pour les couches de formes (formations graveleuses),  $E_s = 50$  MPa conformément au DTU 13.3, pour  $EV2 > 50$  et  $EV2/EV1 < 2$ .

Pour information, les tassements sont estimés inférieure au quart de centimètre en fonction des terrassements et des surcharges prévues inférieure à 250kg/m<sup>2</sup> (à confirmer).

Il revient aux concepteurs de préciser la limite acceptable des tassements. S'ils sont considérés comme trop importants, un principe de plancher porté ou une amélioration de sol pourrait être envisagée.

Sous réserve de l'appréciation du Maître d'œuvre et du BET, ces déformations paraissent admissibles pour la destination prévue du dallage.



## IV.6. Fondations de bâtiment et de la tour de contrôle

### IV.6.1. Principes des fondations retenus

En première approche, au vu des épaisseurs de remblais au droit du site et des bonnes caractéristiques des sols observées, les systèmes de fondations ci-dessous peuvent être envisagés :

- Pour le bloc technique (bâtiment R+3), en fonction du calage altimétrique des fondations et des épaisseurs de remblais observées, un système de fondation superficielle par semelle filante et isolée pourra être envisagé, ancré dans les alluvions anciennes de la formation n°1,  
Pour la tour, au vu des fortes descentes de charges attendues, un système de fondation superficielle par semelle isolée ou radier (en fonction de la rigidité des semelle) ancré dans les alluvions anciennes de la formation n°1 pourra être envisagé.

On rappelle que suivant la norme NF P 94 261, les vérifications doivent porter sur :

- Pour les situations à l'ELU :
  - Poinçonnement,
  - Glissement,
  - Excentrement de la charge,
- Pour les situations à l'ELS :
  - Limitation de la charge,
  - Excentrement de la charge,
  - Tassement.

#### **Observation:**

En l'absence de descentes de charges communiquées à la date du présent rapport (phase APS), l'ensemble des justifications devront être réalisés dans une étude ultérieure du projet (phase APD et PRO) en fonction des descentes de charges pondérées communiquées.

#### IV.6.2. Définitions des capacités portantes des sols

Le dimensionnement aux ELS et ELU des fondations est mené à partir des résultats pressiométriques, conformément à la norme NF P 94-261 de juin 2013 (Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles).

##### Capacité portante :

On s'assurera que la charge verticale transmise par la fondation superficielle au terrain  $V_d$  est inférieure à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle  $R_{v;d}$  :

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

Avec :

- $R_0$  est la valeur du poids de volume de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux et des sols compris entre la fondation et le terrain après travaux – ici négligé,
- $R_{v;d}$  est la valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $\gamma_{R;v}$  est un facteur partiel à considérer, égal à 2.30 à l'ELS quasi-permanent et caractéristique et 1.40 à l'ELU pour les situations durables et transitoires,
- $R_{v;k}$  est la valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $A'$  est la surface effective de la base d'une fondation superficielle,
- $q_{net}$  est la contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $\gamma_{R;d;v}$  est le coefficient de modèle lié à la méthode de calcul utilisée pour le calcul de la contrainte  $q_{net}$  (1.20 pour la méthode pressiométrique).

##### Calcul de $q_{net}$ , contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle :

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

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

Avec :

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

Les contraintes maximales suivantes sont à considérer **pour des charges verticales centrées** :

Tableau 15 : Contraintes maximales retenues pour les sols d'assises

Sol Caractéristiques			Formation n°1 Alluvions limono-graveleuses
Caractéristiques pressiométriques	pl*	Mpa	1.1
	EM	MPa	25.0
	$\alpha$	-	1/2
	kp	-	0.8
Valeurs calculées pour des charges verticales centrées	qnet calculé	kPa	$880 \cdot i \delta \cdot i \beta$
	$R_{V,d \text{ ELS}} / A'$	kPa	318
	$R_{V,d \text{ ELU}} / A'$	kPa	523
Valeurs retenues en pré- approche pour des charges verticales centrées	qnet retenu	kPa	$828 \cdot i \delta \cdot i \beta^{(1)}$
	$R_{V,d \text{ ELS}} / A'$	kPa	<b>300<sup>(1)</sup></b>
	$R_{V,d \text{ ELU}} / A'$	kPa	<b>450<sup>(1)</sup></b>

(1) Valeur minorée en raison du risque de présence de poches +/- décomprimées.

**Rappel :** des coefficients de minoration doivent être pris en compte dans le cas de charges non verticales et non centrées et en cas de fondations réalisés en tête de talus. La valeur de référence à retenir reste la contrainte de référence qnet à pondérer en fonction des actions et des combinaisons de charges.

**Conclusion : à ce stade pour les pré-études béton, les taux de travail à retenir pour les fondations seront les suivantes (pour des charges verticales centrées).**

**Dans les Alluvions limono-graveleuses (formation n°1) :**

$$q_{\text{net}} = 828 \text{ kPa} \cdot i \delta \beta$$

- $q_{\text{ELS}} = 300 \text{ kPa}$
- $q_{\text{ELU}} = 450 \text{ kPa}$

Des optimisations pourront être envisagées dans une phase ultérieure du projet.

#### IV.6.2.1. Ebauche dimensionnelle et tassements

A titre d'information, **pour des semelles isolées/plots isolés et appuis filants ancrés dans les alluvions limono-graveleuse de la formation n°1** selon les principes donnés précédemment, travaillant aux ELS à 300 kPa, il vient :

Longueur de la semelle (m)	Largeur de la semelle (m)	Vd (kN)	Tassements (cm)
Semelle filante			
-	0.5 m	150	0.29
-	1.0 m	300	0.43
-	2.0 m	600	0.67
Semelle isolée			
1.0 m	1.0 m	300	0.19
2.0 m	2.0 m	1200	0.45
3.0 m	3.0 m	2700	0.56

#### Observations :

- Les tassements sous radiers ne peuvent pas être estimés sans descentes de charges. Une minoration des contraintes peut s'appliquer en fonction des tassements observés.
- Les raideurs statiques et sismiques seront fournies dans la phase PRO. Le calcul du radier pourra faire l'objet de calculs itératifs entre le BE géotechnique et le BE structure.

Les tassements ont été calculés selon les recommandations de l'annexe H norme NF P 94-261 pour des charges verticales centrées et pour des sollicitations et dimensions de semelles précises.

On rappelle que les tassements sont dimensionnants pour les ouvrages. Ainsi, en fonction de l'admissibilité des tassements, une limitation de charge pourra s'appliquer.

Des descentes de charge hétérogènes peuvent conduire à des tassements différentiels dont l'amplitude devra être estimée dans le cadre d'une étude complémentaire de type G2 PRO.

En fonction des valeurs obtenues, une rigidification de la structure pourrait être nécessaire. On pourra notamment prévoir un renforcement des armatures des fondations et des chaînages tant horizontaux que verticaux.

#### Limites du pré-dimensionnement :

**Dans le cas où les charges seraient inclinées ou si les fondations sont réalisées à proximité d'un talus, il conviendra d'appliquer les coefficients minorateurs  $i_s$  et  $i_b$  (cf. les recommandations de l'annexe D de la norme NFP 94-261).**

Pour des charges excentrées appliquées sur les fondations, il conviendra de justifier la géométrie des fondations par un dimensionnement précis lors d'une mission géotechnique de conception G2 PRO par exemple, de même qu'en cas de présence de charges horizontales appliquées sur les fondations.

#### IV.6.2.2. Prescriptions générales et dispositions constructives

Comme critères définissant le niveau d'assise, on retiendra, parmi les suivants le plus restrictif :

- Les fondations doivent impérativement atteindre la formation d'assise (alluvions limono-graveleuses),
- Purges de la terre végétale et des remblais,
- Ancrage minimum de 0.30 mètres dans la formation d'assise,
- **Encastrement (arase inférieure) de 0.80 m par rapport au niveau extérieur fini (le plus défavorable),**
- Cette profondeur sera ajustée afin de respecter la règle de 3 de base pour 2 de hauteur entre celle-ci et les ouvrages fondés avoisinants,
- **Dans le cas de la réalisation d'un radier pour la tour, il est fortement recommandé d'une bêche périphérique coulée pleine fouille afin de limiter un éventuel glissement horizontal,**
- Respect de la norme NFP 94-261 et du DTU 13.1 de septembre 2019 pour les fondations à niveaux décalés, mitoyennes ou à proximité de talus :

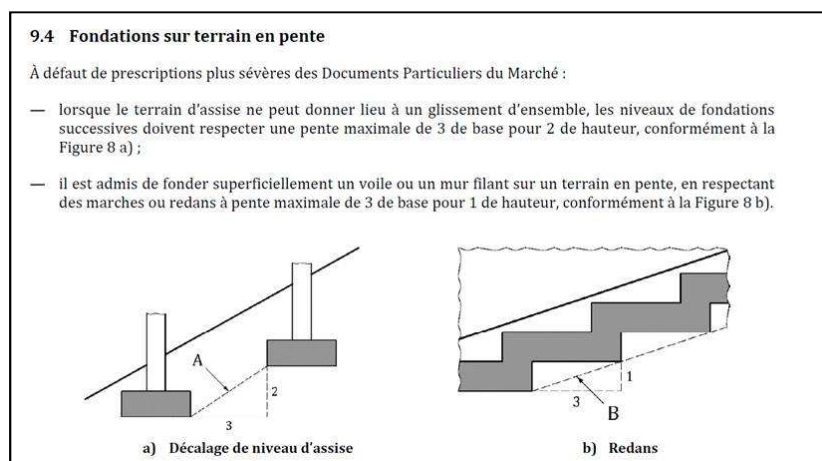


Figure 6 : Schéma de principe pour les fondations à niveaux décalés - Extrait DTU 13.1

Les choix constructifs ne peuvent être faits que par le BET structure mais les points suivants sont toutefois à signaler :

- Il est recommandé de ne pas descendre la largeur des fondations en dessous de 0.5 m avec une surface au sol (assise) de 0.5 m<sup>2</sup> minimum pour une semelle isolée (soit 0.5 m x 0.5 m pour des semelles carrées), ceci pour des raisons de bonnes exécution (cela permet notamment d'assurer un enrobage correct des armatures standards)
- Il appartient au BET structure de vérifier que les tassements déterminés précédemment sont acceptables par l'ouvrage et les avoisinants,
- Dans les mêmes conditions, le niveau bas sera rigidifié (avec aciers croisés dans les angles) au maximum pour limiter l'effet des tassements différentiels,
- En cas de deux bâtiments ou de deux parties d'un même bâtiment, fondés de façon différente ou présentant un nombre de niveaux différent, il conviendra de s'assurer que

la structure peut s'adapter sans danger aux tassements différentiels qui pourraient se produire,

- Dans le cas contraire, les projeteurs devront prévoir un joint de construction intéressant toute la hauteur de l'ouvrage, y compris les fondations elles-mêmes,
- Il est impératif de récupérer les eaux météoriques et les éloigner des sols de fondation par un réseau d'évacuation spécifique,
- Des contrôles devront être réalisés durant la phase d'exécution :
  - Visuel avec visite des fonds de fouilles de fondations et ouvrages.

Au démarrage des travaux de fondation, les premiers fonds de fouille ouverts feront l'objet d'une visite afin de faire valider l'horizon d'assise visé. À tout moment du chantier, en cas de doute sur les matériaux observés, une nouvelle visite pourra être nécessaire.

Des sur-profondeurs du toit de la couche d'ancrage sont toujours possibles et pourront nécessiter un rattrapage en gros béton et, par conséquent, des surconsommations de béton.

Sur une plateforme pré-terrassée ou reconstituée, les fondations doivent impérativement être coulées à pleine fouille et non coffrées à moins qu'il s'agisse de graviers insensibles aux intempéries et à la décompression.

Afin d'éviter une décompression du sol de fondation, un béton de propreté de 4 centimètres minimum sera immédiatement coulé après terrassement afin de le protéger (Cf. DTU 13.1).

La justification du dimensionnement devra faire l'objet d'une étude spécifique dans le cadre d'une étude de projet géotechnique (G2 PRO).

## IV.7. Zones de voiries

L'étude de dimensionnement de la structure des voiries ne fait pas partie de la présente mission et devra faire l'objet d'une étude spécifique. Néanmoins, nous présentons les recommandations pour l'obtention d'une PF2 sous structure de voirie.

### IV.7.1. Référentiels et hypothèse de calcul

Pour l'ébauche dimensionnelle des couches de formes sous parking et voiries, nous avons utilisé :

- Le guide technique de réalisation des remblais et des couches de forme SETRA & LCPC de 2000 (GTR) et mis à jour en 2023,
- La norme NF P 11-300 pour la classification des matériaux.

La classe de trafic ne nous a pas été fournie, le pré-dimensionnement de la structure de voirie ne fait pas partie de la mission.

En hypothèse, on retiendra un objectif de portance au niveau de la plateforme support de chaussée de type PF2 pour les chaussées.

### IV.7.2. Recommandations concernant le sol support des voiries

Pour le dimensionnement de la couche de forme, on visera l'obtention d'une PF2 à ce stade du projet soit  $E > 50 \text{ MPa}$  selon le GTR 2000 à long terme.

### IV.7.3. Partie Supérieure des Terrassements (PST) et classe d'arase

La partie supérieure des terrassements au droit du projet est constitué potentiellement par les alluvions limono-graveleuses de la formation n°1.

Lorsque les terrassements en déblai sont exécutés, la PST peut être estimée, en fonction des sols en présence, pour le sol support sans drainage ni amélioration, à une PST n° 3, AR2 avec un risque de chute de portance en AR1.

Les travaux devront être réalisés en période météorologique favorable afin d'obtenir des matériaux en état hydrique moyen à sec et pour permettre une circulation des engins sur la PST sans difficulté.

Si, toutefois, les travaux sont réalisés en période défavorable, des sujétions seront à prévoir afin d'augmenter la portance avant la réalisation de la couche de forme.

#### IV.7.4. Couche de forme

Les caractéristiques de la couche de forme (matériaux utilisés et épaisseurs) sont fournies dans le fascicule I du GTR de 2023, en fonction des classes de PST et AR.

Pour obtenir une PF2 ( $EV2 \geq 50$  MPa et  $EV2/EV1 < 1.8$ ) à partir d'une PST n°3, AR 1 ( $20 < EV2 < 50$  MPa), il est nécessaire d'appliquer les préconisations suivantes :

- Couche de forme de 0.40m d'épaisseur en GNT 0/60 à 0/80 insensible à l'eau correctement graduée.

Pour obtenir une PF2 ( $EV2 \geq 50$  MPa et  $EV2/EV1 < 1.8$ ) à partir d'une PST n°3, AR 2 ( $EV2 > 50$  MPa), il est nécessaire d'appliquer les préconisations suivantes :

- Couche de forme de 0.30m d'épaisseur en GNT 0/60 à 0/80 insensible à l'eau correctement gradué
- Le passage en AR2 implique des mesures d'imperméabilisations et de drainages des chaussées pour garantir la conservation de l'arase à long terme.**

Classes de PST/AR	PST1	AR1		AR2				AR3	
Classes de PF		PST2	PST3	PST3	PST4	PST5	PST6	PST5	PST6
PF2	75 <sup>(2)</sup>	50	40	30 <sup>(1)</sup>	(3)	(3)	(3)	-	-
PF2qs	100 <sup>(2)</sup>	75	65	40	40	40	40	-	-
PF3	Certains matériaux granulaires ne permettent pas l'obtention d'une PF3 sans un traitement aux LHR ; il n'est donc pas possible de proposer des épaisseurs de couche de forme qui garantissent l'obtention d'une PF3 quels que soient les matériaux. Pour le dimensionnement d'une PF3, il faut se référer aux règles d'optimisations des plateformes.							(3)	(3)

(1) Dans ce cas, la réalisation d'une couche de forme est obligatoire et il est généralement économiquement plus intéressant de chercher à obtenir au minimum une PF2qs.

(2) Dans ce cas, l'intercalation d'un géotextile de séparation/filtration entre la couche de forme en matériaux granulaires et le sol sensible à l'eau humide permet de sauvegarder les caractéristiques du matériau granulaire et de réduire ainsi l'épaisseur de la couche de forme de 10 cm.

(3) Si les sols présents en PST ont des caractéristiques de matériaux de couche de forme vérifiées par une étude appropriée, la couche de forme peut se limiter à une couche de réglage de 10 à 15 cm (GNT avec  $D \leq 31,5$  mm) pour tenir les exigences de nivellement et résoudre les problèmes de traficabilité.

Figure 7 : Epaisseur minimale de couche de forme en fonction de la PST retenue - Source : GTR 2023

Après terrassement généraux, purges des remblais poubelliers impropre et substitutions, ces épaisseurs pourront être précisées en fonction d'essais de plaque sur fond de forme.

On rappelle par ailleurs que ces épaisseurs de couche de forme sont le minimum à mettre en œuvre sous la structure de chaussée complète (Fondation/base/roulement). En cas de structure souple mixte (type GNT/BBSG) des épaisseurs complémentaires de GNT sont à prévoir dans la structure de chaussée.



## IV.8. Protection des ouvrages vis-à-vis du risque sismique

Dispositions générales à respecter :

- Système de fondation homogène sous un même corps de bâtiment, à moins de délimiter des parties par joints parasismiques ;
- Ne pas fonder les constructions à cheval sur deux ou plusieurs types de sol de caractéristiques géotechniques très différentes ;
- Encastrer fortement les fondations dans les sols meubles ;
- Veiller à ce que l'assise des fondations soit horizontale ;
- Eviter impérativement toute accumulation d'eau de ruissellement autour des constructions (drainage périphérique efficace avec des regards de visite) ;
- Prévoir tous éléments raidisseurs dans la structure, tels que chaînages, voiles, même courts en longueur, poteaux de même hauteur plutôt longs que courts, notion de couple poteaux forts / poutres faibles à respecter.

## **V. ENCHAINEMENT DES ETUDES ULTERIEURES**

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve de nos conditions générales et des missions d'ingénierie géotechnique selon la norme NF P94-500 de novembre 2013 (extrait en annexe).

Nous rappelons que cette étude est une mission de niveau G2 menée en phase Avant-Projet Sommaire, sur la base des plans Esquisse communiqués (mission G2APS). Il subsiste encore les incertitudes suivantes (liste non exhaustive) :

- Implantation et côte projet définitive (à confirmer en phase projet),
- Plan de terrassement et coupes projet,
- Fondations et descentes de charges,
- Etc...

Ginger CEBTP se tient à disposition pour la réalisation des missions géotechniques suivantes.

Conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013 et dans le cadre du présent marché, Ginger CEBTP est mandaté pour la réalisation des études d'ingénierie géotechniques avec les phases suivantes :

- Etude géotechnique de conception phase Avant-Projet Définitif (G2 APD),
- Etude géotechnique de conception phase PROJET (G2 PRO),
- Etude géotechnique de conception phase DCE/ACT (G2 DCE / ACT),
- Puis, après attribution du marché de travaux, les études géotechniques de réalisation G3 et G4.

**Remarque :** A la date du présent rapport, le projet est en phase Esquisse. Selon la Norme NF P 94-500, les études géotechniques menées pour consolider la phase Esquisse du projet sont des études G1 ES/PGC. Cependant, conformément au marché prévu, Ginger CEBTP a réalisé une mission G2AVP en phase APS. Pour la réalisation du rapport en phase APD les éléments ci-dessous devront nous être communiqués (listes non exhaustive et conforme à la Norme NF P 94-500) :

- Plans phase APD avec :
  - Plan de terrassement,
  - Plan de traitement de sol et de nivellement,
  - Coupes du projet avec insertion des ouvrages, du terrain naturel et des avoisinnats,
  - Enveloppes de la descente de charge pour chaque ouvrage pondérée aux ELS / ELU et ELUA.

Enfin, Ginger CEBTP peut également assurer la maîtrise d'œuvre des ouvrages géotechniques et avec Ginger BURGEAP assurer la maîtrise d'œuvre pour la dépollution du site.

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

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

#### 4.2.4 Tableaux synthétiques

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

**Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique**

<p>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.</p>
<p><b>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.</li> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.</li> </ul> <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— 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).</li> </ul>
<p><b>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— 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.</li> </ul> <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— 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.</li> </ul> <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 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).</li> <li>— Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.</li> </ul>



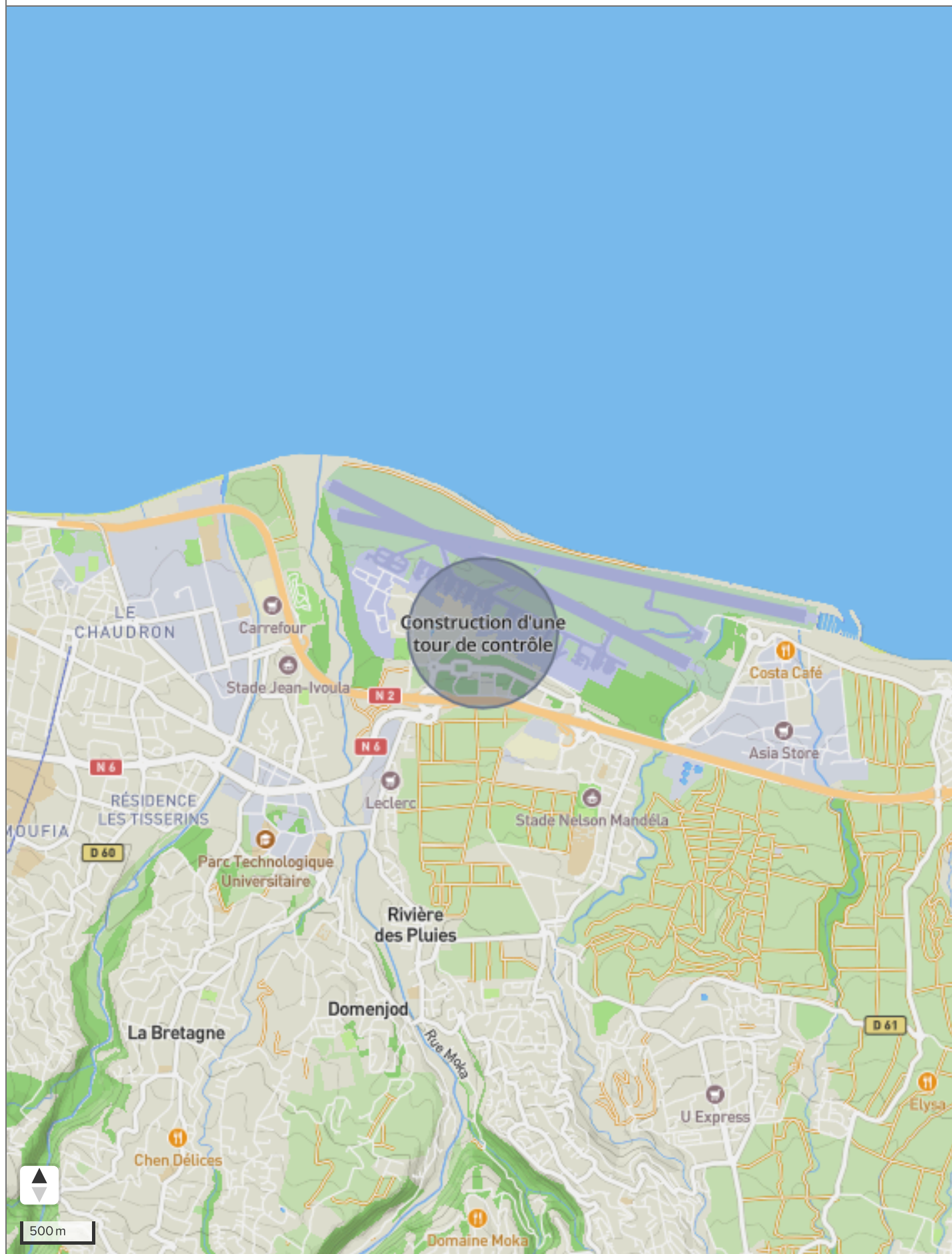
Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

<p><b>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)</b></p> <p><b>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Étude</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— 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 justifiés) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).</li> <li>— Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.</li> </ul> <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.</li> <li>— 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).</li> <li>— 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)</li> </ul> <p><b>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 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.</li> </ul> <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 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).</li> <li>— donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.</li> </ul> <p><b>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</b></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— 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.</li> <li>— Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).</li> </ul>
---

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



**PLAN DE LOCALISATION**



PLAN D'IMPLANTATION







### ***ANNEXE 3 – SONDAGES ET ESSAIS IN SITU***

## PLAN D'IMPLANTATION

Précision des relevés (X / Y)	Relevé par géomètre
Mètre	Non
Système de coordonnées du projet	Nivellement
WGS 84	Non renseigné

WGS 84			
Nom	Longitude	Latitude	Élévation [m]
PM1	55,51401	-20,8932	27,1
PM2	55,51411	-20,89309	26,6
PM3	55,51416	-20,89312	26,6
PM4	55,51387	-20,89298	26,9
PM5	55,51376	-20,893	26,9
SP1	55,51377	-20,89299	26,9
SP2	55,51385	-20,8931	27,2
SP3	55,51408	-20,89314	26,8

		Construction d'une tour de contrôle IRE2.P.52072				
PM1	Longitude	Latitude	Systeme de coordonnees	Precision des relevés	Niveau d'eau	
	55,51401	-20,89320	WGS 84	Mètre	<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage	
	Élévation	Prof. atteinte	Nivellement	Précision des nivellements	<input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input checked="" type="checkbox"/> Sec	
	+27,1 m	2,1 m	Non renseigné	Mètre		
Début		Fin		Machine	Opérateur	
16/01/2025		16/01/2025		—	—	
Conditions météorologiques			Flaconnage	Préleveur	Ref. PID	Ref. Piezo
Non renseigné			Non renseigné	Non renseigné	—	—
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions			
27,1	0		Terre végétale : Limons brun à racines, cailloutis et quelques blocs			
			0,3 m			
26,8			Limons brun/marron clair compacts à cailloutis et blocs de basalte (Dmax = 300mm et Dmoy = 100mm)			
	1		1,2 m			
25,9			Limons sableux marron clair à galets de basalte (Dmax = 200mm / Dmoy = 100mm=			
	2					
25			2,10m: Arrêt volontaire			
Les paramètres analysés sont indiqués dans le rapport						
soilcloud.tech						



Sondage	Élévation	Prof. atteinte
PM1	+27,1 m	2,1 m

## PHOTOS










PM2	Longitude	Latitude	Système de coordonnées	Précision des relevés	Niveau d'eau
	55,51411	-20,89309	WGS 84	Mètre	<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage
	Élévation	Prof. atteinte	Nivellement	Précision des nivellements	<input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input checked="" type="checkbox"/> Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
16/01/2025	16/01/2025	—	—

Conditions météorologiques	Flaconnage	Préleveur	Ref. PID	Ref. Piezo
Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	—	—

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
26,6	0		Terre végétale : Limons brun à racines, cailloutis et quelques blocs
26,3			0,3 m Graves de basalte 0/40 (drain)
26,2			0,40m: Arrêt sur drain



		Construction d'une tour de contrôle IRE2.P.52072				
PM3	Longitude	Latitude	Systeme de coordonnees	Precision des releves	Niveau d'eau	
	55,51416	-20,89312	WGS 84	Metre	<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesure <input type="checkbox"/> En cours de forage	
	Elevation	Prof. atteinte	Nivellement	Precision des nivellements	<input type="checkbox"/> Stabilise <input type="checkbox"/> Non stabilise <input checked="" type="checkbox"/> Sec	
	+26,6 m	1,2 m	Non renseigne	Metre		
Debut		Fin		Machine	Operateur	
16/01/2025		16/01/2025		-	-	
Conditions meteorologiques			Flaconnage	Preleveur	Ref. PID	Ref. Piezo
Non renseigne			Non renseigne	Non renseigne	-	-
Elevation	Prof.	Lithologie	Descriptions			
26,6	0		Terre vegetale : Limons brun a racines, cailloutis et quelques blocs			
			0,25 m			
26,35			Limons brun/marron clair compacts a cailloutis et blocs de basalte (Dmax = 300mm et Dmoy = 100mm)			
	1					
25,4			1,20m: Refus sur blocs			
Les parametres analyses sont indiques dans le rapport						
soilcloud.tech						



Sondage	Élévation	Prof. atteinte
PM3	+26,6 m	1,2 m

**PHOTOS**



Conditions météorologiques	Flaconnage	Préleveur	Ref. PID	Ref. Piezo
Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	—	—

soilcloud.tech



Sondage

Élévation

Prof. atteinte

PM4




+26,9 m

1,2 m

## PHOTOS





		Construction d'une tour de contrôle IRE2.P.52072				
PM5	Longitude	Latitude	Systeme de coordonnees	Precision des releves	Niveau d'eau	
	55,51376	-20,89300	WGS 84	Metre	<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage	
	Élévation	Prof. atteinte	Nivellement	Precision des nivellements	<input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input checked="" type="checkbox"/> Sec	
	+26,9 m	1,5 m	Non renseigné	Metre		
Début		Fin		Machine	Opérateur	
16/01/2025		16/01/2025		—	—	
Conditions météorologiques			Flaconnage	Préleveur	Ref. PID	Ref. Piezo
Non renseigné			Non renseigné	Non renseigné	—	—
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions			
26,9	0		Remblais limoneux à bloc de basalte et racines			
			0,4 m			
26,5			Limons marron compacts à cailloutis et blocs de basalte (Dmax = 500mm et Dmoy = 100mm)			
	1					
25,4			1,50m: Refus sur blocs / compacité			
Les paramètres analysés sont indiqués dans le rapport						
soilcloud.tech						



Sondage

Élévation

Prof. atteinte

PM5

+26,9 m

1,5 m

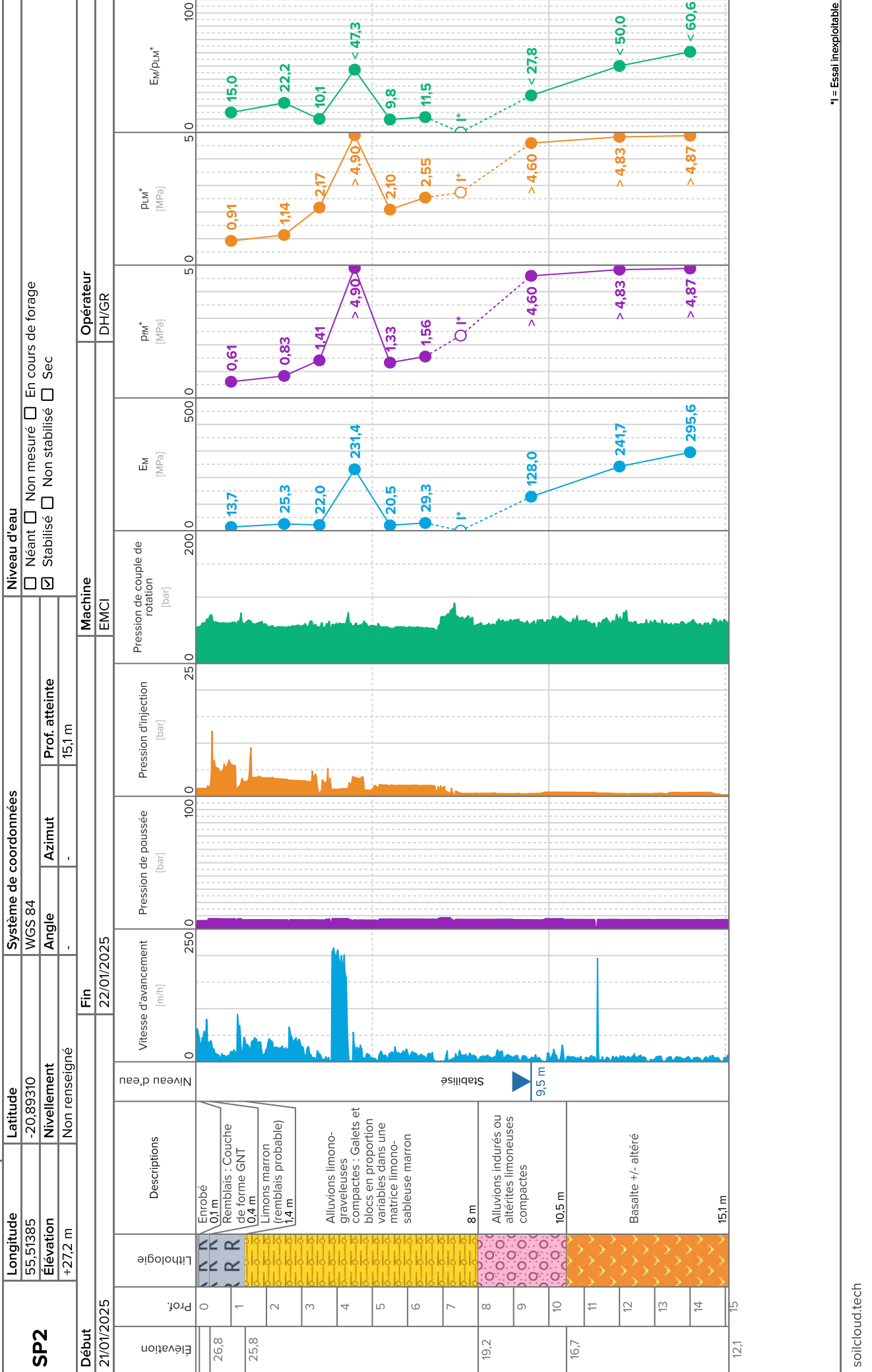
**PHOTOS**



SP1		Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Niveau d'eau													
		55.51377	-20.89299	WGS 84		<input type="checkbox"/> Néant <input checked="" type="checkbox"/> Non mesuré	<input type="checkbox"/> En cours de forage												
		Élévation	Nivellement	Angle	Azimut	Prof. atteinte	Sec												
		+26,9 m	Non renseigné	-	-	15,27 m	<input checked="" type="checkbox"/> Non stabilisé <input type="checkbox"/>												
Début		Fin		Machine		Opérateur													
16/01/2025		22/01/2025		SOCOMAFOR		DH/GR													
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions	Niveau d'eau	Vitesse d'avancement [m/h]	Pression de poussée [bar]	Pression d'injection [bar]	Pression de couple de rotation [bar]	Em [MPa]	pM* [MPa]	pLM* [MPa]	Em/pLM*							
26,7	0		Terre végétale 0,2 m																
25,8	1		Remblais limono-graveleux marron à blocs de basalte 11 m																
	2		Alluvions limono-graveleuses compactes : Galets et blocs en proportion variables dans une matrice limono-sableuse marron																
	3																		
	4																		
	5																		
	6	6,6 m	Alluvions indurés ou altérites limoneuses compactes	Non mesuré															
20,3	7																		
	8	8,5 m	Basalte +/- altéré																
18,4	9																		
	10																		
	11																		
	12																		
	13																		
	14																		
11,63	15	15,27 m																	

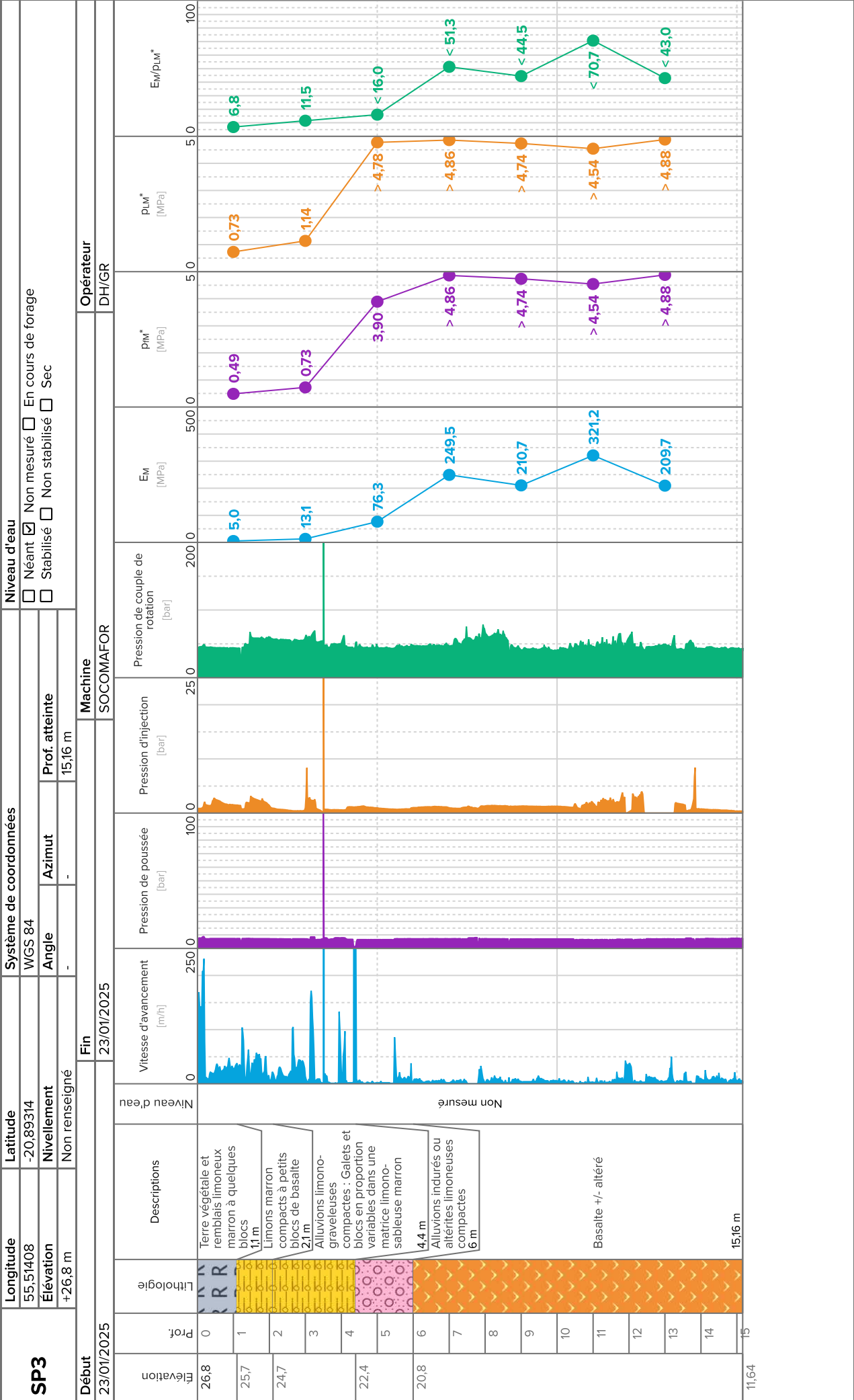
soilcloud.tech





\*I = Essai inexploitable

soilcloud.tech



## ***ANNEXE 4 – ESSAIS EN LABORATOIRE***

## Valeur de bleu de méthylène VBS d'un sol ou d'une roche NF EN 17542-3

GINGER CEBTP

9 rue Patrice Lumumba - boîte 6  
ZAC Ravine à Marquet  
97419 LA POSSESSION

### Informations générales

N° dossier :	IRE2.52072.0001	Client / MO :	DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE
Désignation :	CONSTRUCTION D'UN NOUVEL ENSEMBLE « TOUR DE CONTRÔLE +		
Localité :	ST DENIS	Demandeur / MOE :	DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE
Chargé d'affaire :	Jean-Christophe JAUBERT		

### Informations sur l'échantillon N° 24IRE-1131

Mode de prélèvement :	Sondage à la Pelle Mécanique	Sondage :	PM 1
Prélevé par :	Chargé(e) d'affaires	Profondeur :	0.30/1.50 m
Date prélèvement :	16/01/25		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	16/01/25		
		Dmax / D95 (mm) :	63
Description :			

### Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Fabien ROBERT
Température :	105 à 110°C	Date essai :	31/01/25

### Résultats

M0 =	62	g	Masse humide de la prise	
W =	23.9	%	Teneur en eau de la fraction 0/5 mm	
M1 =	50.05	g	Masse sèche de la prise d'essai	
V =	50	ml	Volume total de la solution de colorant ajouté (solution à 10 g/l)	
B =	0.5	g	Masse totale de bleu de méthylène	
VB 0/5 mm =	1	g de bleu pour 100 g de fraction 0/5 mm		<u>Sans correction de C</u>
C =	0.641		Proportion massique de la fraction 0/5 dans la fraction 0/50 mm du sol	
VBs =	0.64	g de bleu pour 100 g de fraction 0/50 mm		

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm - Si dm = 5 mm, alors C=1

### Observations :

FABIEN ROBERT

GINGER CEBTP  
9 rue Patrice Lumumba - boîte 6  
ZAC Ravine à Marquet  
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier :	IRE2.52072.0001	Client / MO :	DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE
Désignation :	CONSTRUCTION D'UN NOUVEL ENSEMBLE « TOUR DE CONTRÔLE +		
Localité :	ST DENIS	Demandeur / MOE :	DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE
Chargé d'affaire :	Jean-Christophe JAUBERT		

Informations sur l'échantillon N° 24IRE-1131

Mode de prélèvement :	Sondage à la Pelle Mécanique	Sondage :	PM 1
Prélevé par :	Chargé(e) d'affaires	Profondeur :	0.30/1.50 m
Date prélèvement :	16/01/25		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	16/01/25	dm (mm) :	63
Description :			

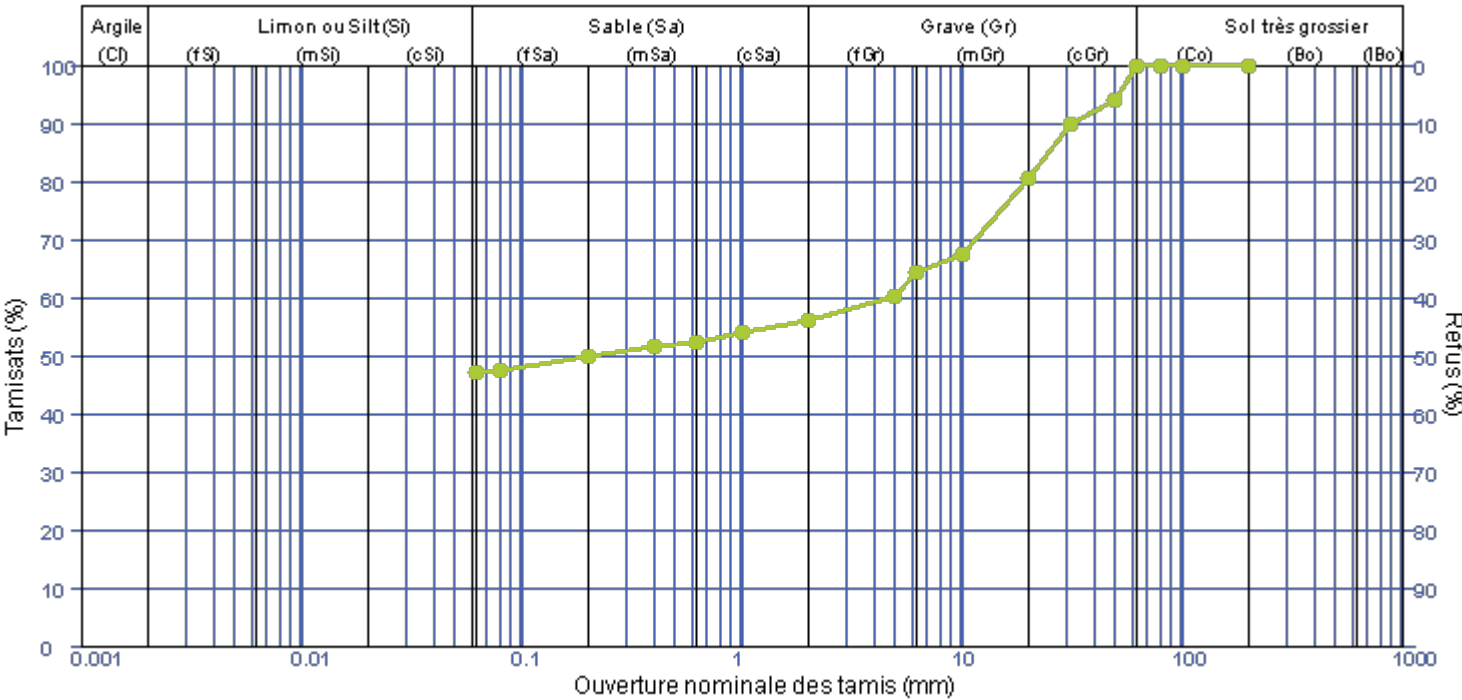
Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Fabien ROBERT
Température :	110°C	Date essai :	31/01/25

Analyse granulométrique sur 0/D mm

Tam (mm)	200 mm	100 mm	80 mm	63 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	10 mm	6.3 mm	5 mm	2 mm	1 mm	630 µm	400 µm	200 µm	80 µm	63 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	94.0	89.9	80.6	67.3	64.3	60.3	56.0	54.0	52.3	51.7	49.8	47.5	47.2

Facteur d'uniformité Cu = (N.D.)      Facteur de courbure Cc = (N.D.)      Facteur de symétrie Cs = (N.D.)



Observations :

FABIEN ROBERT

### Informations générales

N° dossier :	IRE2.52072.0001	Client / MO :	DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE
Désignation :	CONSTRUCTION D'UN NOUVEL ENSEMBLE « TOUR DE CONTRÔLE +	Demandeur / MOE :	DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE
Localité :	ST DENIS		
Chargé d'affaire :	Jean-Christophe JAUBERT		

### Informations sur l'échantillon N° 24IRE-1131

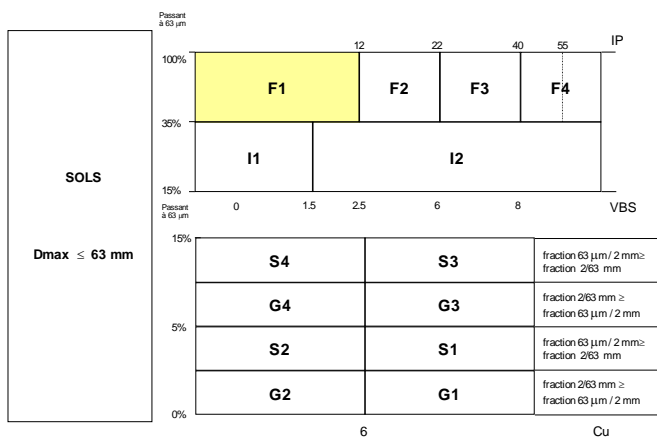
Mode de prélèvement :	Sondage à la Pelle Mécanique	Sondage :	PM 1
Prélevé par :	Chargé(e) d'affaires	Profondeur :	0.30/1.50 m
Date prélèvement :	16/01/25		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	16/01/25		
Description :			

### Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax / Lmax	Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4	63 / 63	mm
Passant à 63 mm	Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/63 mm)	Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4	56.0	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4	50.6	%
Passant à 63 µm (fraction 0/63 mm)	Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4	47.2	%
Passant à 2 µm	ME selon NF P		%
Limite de liquidité - WL	NF EN ISO 17892-12		%
Limite de plasticité - WP	NF EN ISO 17892-12		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF EN 17542-3	0.64	g / 100 g
MV des particules solides ρs	NF EN ISO 17892-3		Mg/m3
Propreté des sables - SE	NF EN 933-8		%
Masse volumique humide ρ	NF EN ISO 17892-2		Mg/m3
Masse volumique sèche ρd	NF P94-064		t/m3
Teneur en carbonate	NF P94-048		%
Teneur en MO - CMOC	XP P 94-047		%

### CLASSIFICATION NF EN 16907-2: F1

Equivalence Classification NF P 11 300: A1



<b>SOLS</b> Dmax ≤ 63 mm	<b>VC1</b>	Matériaux roulés et matériaux anguleux très charpentés (fraction 0/63 mm ≤ 60 à 80 %)
<b>SOLS</b> Dmax > 63 mm	<b>VC2</b>	Matériaux roulés et matériaux anguleux peu charpentés (fraction 0/63 mm > 60 à 80 %)

### Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	22.5	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	( WL - Wn ) / IP		
Wn / W OPN	NF P94-093		

### Paramètres de comportement mécanique - Matériaux rocheux

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Fragmentabilité - FR	NF EN 17542-2		
Dégradabilité - DG	NF EN 17542-1		
micro-Deval - MDE (10/14 mm)	NF EN 1097-1		
Los Angeles - LA (10/14 mm)	NF EN 1097-2		%
Friabilité des sables - Fs	NF P18-576		

<b>Matériaux rocheux</b>	Roches carbonatées	Craies	CH
		Calcaires	Li
	Roches argileuses ou dégradables	Marnes, argillites, pélites ...	Cl
	Roches siliceuses	Grès	Sa
		Brèches, poudingues, conglomérats	Co
	Roches salines	Sel gemme, gypse	SR
	Roches magmatiques	Granites, basaltes, trachytes, andésites	Vo
	Roches métamorphiques	Gneiss, schistes métamorphiques, schistes ardosières	Me

### Pour information:

Teneur en eau Optimale W OPN (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ OPN (Mg/m3) :	

### Observations :

FABIEN ROBERT

## ***ANNEXE 5 – RESULTATS DES ESSAIS DE PERMEABILITE***



**K (m/s)\* :** Perméabilité à partir de l'origine des mesures

**K (m/s)\*\* :** Perméabilité entre deux points de mesures

Dossier : IRE2.P.52072

Client : DGAC

Date de l'essai : 16/01/2025

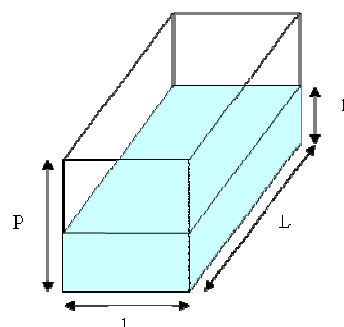
Technicien : JCJ

Commune : Saint-Denis

Dépouillement : JCJ

P (m)	l (m)	L(m)	C	Référence
1.2	0.9	1.2	0.26	KM1

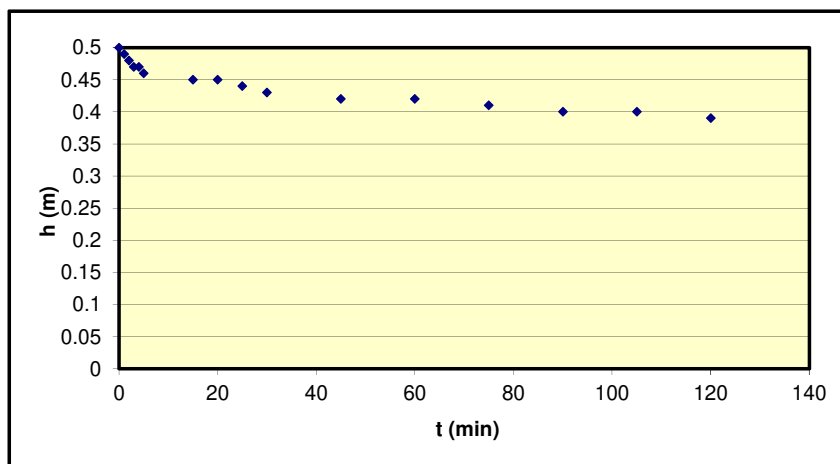
t (min)	h (m)	K (m/s)*	K (m/s)**	COUPE DE SOL	
0	0.5	-	-	Nature du matériau	Profondeur/TN (m)
1	0.49	5.70E-05	5.70E-05	Terre végétale et déchets	0.30
2	0.48	5.74E-05	5.77E-05	Alluvions limono-graveleuses	> 1.20
3	0.47	5.78E-05	5.85E-05		
4	0.47	4.33E-05	0.00E+00		
5	0.46	4.65E-05	5.93E-05		
15	0.45	1.95E-05	6.02E-06		
20	0.45	1.46E-05			
25	0.44	1.42E-05			
30	0.43	1.39E-05			
45	0.42	1.06E-05	6.19E-06		
60	0.42	7.98E-06	0.00E+00		
75	0.41	7.23E-06	4.25E-06		
90	0.4	6.75E-06	4.32E-06		
105	0.4	5.78E-06	0.00E+00		
120	0.39	5.61E-06	4.38E-06		



$$K = \frac{-C}{60 \times t} \times \ln \frac{h+C}{H+C} \quad \text{avec} \quad C = \frac{L \times l}{2 \times (L + l)}$$

- K est la perméabilité des sols (m/s)
- H est la hauteur du niveau d'eau à t=0 (m)
- h est la hauteur du niveau d'eau à t (m)
- L est la longueur de la fosse (m)
- l est la largeur de la fosse (m)

Perméabilité K* (m/s)	Perméabilité K** (m/s)
<b>6.67E-06</b>	<b>6.19E-06</b>



Date du rapport : 19/01/2025

Nom du chargé d'affaires :

JAUBERT Jean-Christophe

Visa du chargé d'affaires :

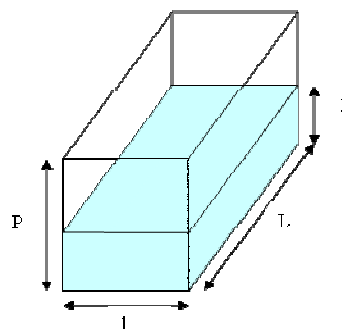
**K (m/s)\* :** Perméabilité à partir de l'origine des mesures

**K (m/s)\*\* :** Perméabilité entre deux points de mesures

Dossier :	IRE2.P.52072	Client :	DGAC
Date de l'essai :	16/01/2025	Technicien :	JCJ
Commune :	Saint-Denis	Dépouillement :	JCJ

P (m)	l (m)	L(m)	C	Référence
2	0.9	1.2	0.26	KM2

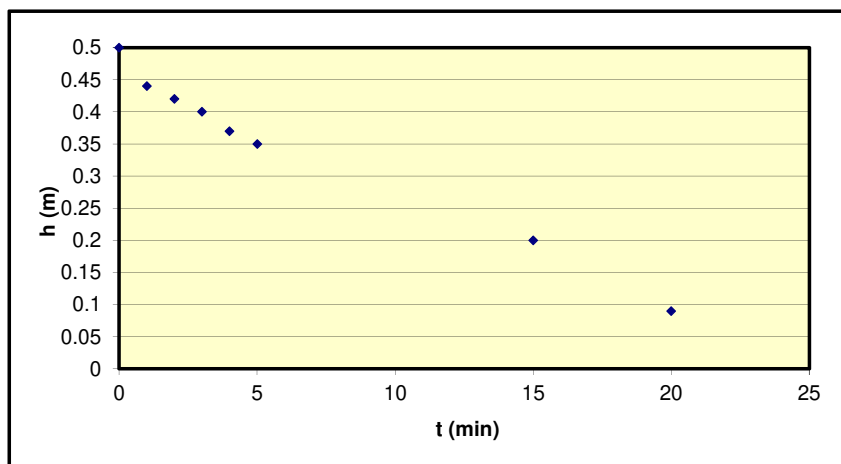
t (min)	h (m)	K (m/s)*	K (m/s)**	COUPE DE SOL	
0	0.5	-	-	Nature du matériau	Profondeur/TN (m)
1	0.44	3.54E-04	3.54E-04	Terre végétale et déchets	0.30
2	0.42	2.39E-04	1.25E-04	Alluvions limono-graveleuses	> 1.20
3	0.4	2.02E-04	1.28E-04		
4	0.37	2.02E-04	2.00E-04		
5	0.35	1.89E-04	1.39E-04		
15	0.2	1.44E-04	1.22E-04		
20	0.09	1.67E-04	2.36E-04		



$$K = \frac{-C}{60 \times t} \times \ln \frac{h+C}{H+C} \quad \text{avec} \quad C = \frac{L \times l}{2 \times (L+l)}$$

- K est la perméabilité des sols (m/s)
- H est la hauteur du niveau d'eau à t=0 (m)
- h est la hauteur du niveau d'eau à t (m)
- L est la longueur de la fosse (m)
- l est la largeur de la fosse (m)

Perméabilité K* (m/s)	Perméabilité K** (m/s)
<b>2.14E-04</b>	<b>2.36E-04</b>



Date du rapport: 19/01/2025

Nom du chargé d'affaires :  
JAUBERT Jean-Christophe

Visa du chargé d'affaires :



## ***ANNEXE 6 – ANALYSE DES SONDAGES PRESSIOMETRIQUES***

Sondage	SP1.25			SP2.25			SP3.25		
Profondeur (m)	15			15			15		
Caractéristiques	Em (Mpa)	Pf (Mpa)	Pl (Mpa)	Em (Mpa)	Pf (Mpa)	Pl (Mpa)	Em (Mpa)	Pf (Mpa)	Pl (Mpa)
0									
0.5									
1	5.4	0.37	0.54	13.7	0.61	0.91	5	0.49	0.73
1.5									
2									
2.5				25.3	0.83	1.14			
3	30.2	2.26	3.31				13.1	0.73	1.14
3.5				22	1.41	2.17			
4									
4.5				231.4	4.9	4.9			
5	29	1.77	2.93				76.3	3.9	>4.77
5.5				20.5	1.33	2.1			
6									
6.5				29.3	1.6	2.55			
7							249.5	>4.86	>4.86
7.5	139.7	>4.77	>4.77	Sondé éclaté / essais non interprétable					
8									
8.5									
9	428.8	>4.85	>4.85				210.2	>4.74	>4.74
9.5				128	>4.6	>4.6			
10									
10.5									
11	319.6	>4.77	>4.77				321.2	4.54	>4.54
11.5									
12				241.7	>4.83	>4.83			
12.5									
13	429.9	>4.82	>4.82				209.7	4.88	>4.88
13.5									
14				295.6	>4.87	>4.87			
14.5									
15									

Légende	
	Remblais / Terre végétale (F0)
	Alluvions limono-graveleuses (F1)
	Alluvions indurés ou altérites (F2)
	Basalte +/- altéré (F3)
230	Valeur non pris en compte (essais sur un bloc)
	Essai inexploitable (sonde éclatée)



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

## CONTACT

### **Agence de la Réunion**

9 rue Patrice Lumumba – La Possession

Tél. 262 (0) 2 62 49 49 01

[cebtp.lareunion@groupeginger.com](mailto:cebtp.lareunion@groupeginger.com)

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