DID Guyane

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DES ARMÉES

Rapport

Construction d'un bâtiment R+1 CIRFA CSNJ à Cayenne (973)

Mission géotechnique G2AVP



Rapport n°132088/version A– 11 septembre 2024

Projet suivi par Renaud VIOT – (+33) 06 94 93 02 31 – renaud.viot@anteagroup.fr

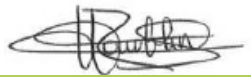
www.anteagroup.fr/fr

Fiche signalétique

Construction d'un bâtiment R+1 CIRFA CSNJ à Cayenne
Mission géotechnique G2AVP

CLIENT	SITE
DID Guyane	Quartier Berthelin Journet
Quartier de la madeleine – CS 56019 97306 Cayenne Cedex	Route de la Madeleine 97300 Cayenne

RAPPORT D'ANTEA GROUP	
Responsable du projet	Renaud VIOT
Rapport n°	132088
Version n°	version A
Votre commande	GUYA240072
Projet n°	GUYP240072

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	HAMBLIN R.	Chef de projets	Septembre 2024	
Vérification	GRANGER L.	Chef de projets	Septembre 2024	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	11/09/2024	28	0	Version initiale

Sommaire

1. Données générales 6
1.1. Contexte et objectifs 6
1.2. Textes normatifs applicables 8
1.3. Documents et données transmis 8
1.4. Description du projet et hypothèses 8
2. Contexte général 10
2.1. Contexte géographique et morphologique 10
2.2. Contexte géologique 11
2.3. Contexte anthropique antérieur 12
2.4. Contexte hydrologique et hydrogéologique 13
2.5. Prise en compte des aléas naturels 13
2.5.1. Aléa inondation 13
2.5.2. Aléa « mouvements de terrain » 13
2.5.3. Aléa sismique 13
3. Données géotechniques existantes 14
4. Synthèse géotechnique 17
4.1. Lithologie 17
4.2. Caractéristiques mécaniques des formations 17
4.3. Niveaux d'eau 17
4.4. Modèle géotechnique 18
5. Ébauche dimensionnelle des fondations 19
5.1. Données et hypothèses du projet 19
5.2. Modes de fondations envisageables 19
5.3. Méthodes de calculs 20
5.3.1. Résistance nette du terrain selon la méthode pénétrométrique 20
5.3.2. Méthode de calcul des tassements 20
5.4. Fondations superficielles de type semelles isolées ou filantes 21
5.4.1. Principe de fondation 21
5.4.2. Contraintes admissibles 21
5.4.3. Exemples de dimensionnement 21
5.4.4. Tassement 21
5.4.5. Dispositions constructives et sujétions d'exécution 21
5.5. Fondations superficielles de type radier 22
5.5.1. Principe de fondation 22
5.5.2. Contrainte limite de calcul 22
5.5.3. Calcul des modules de réaction 23

5.5.4. Dispositions constructives....23
6. Dimensionnement des parkings, voiries et aire de sports....24
1.1Définition de la PST....24
1.2Objectif de la portance de la plateforme....24
1.3Structure de la voirie....24
7. Recommandations....26
7.1. Terrassements....26
7.2. Gestion des eaux de surface....26
8. Aléas géotechniques....27
9. Enchainement des missions géotechniques....28

Table des figures

Figure 1 : Localisation du site 6
Figure 2 : Vue en plan de l'existant - État initial 6
Figure 3 : Phasage du projet 7
Figure 4 : Plan de masse du projet – Phase G2 AVP 9
Figure 5 : Extrait du plan cadastral (Source : Géoportail) 10
Figure 6 : Extrait de la carte géologique de Guyane au 1/100 000 (Source : BRGM) 11
Figure 7 : Photographies aériennes de 1950 à 2005 (Source : Remonter le temps - IGN) 12
Figure 8 : Extrait du PPRN de l'île de Cayenne 2015 (Source : Carto.guyane) 13
Figure 9 : Zonage de l'aléa sismique en France en vigueur depuis 2011 13
Figure 10 : Localisation des données BSS à proximité du projet (Source : Infoterre) 14
Figure 11 : Coupe lithologique du sondage BSS002NYWN (Source : Infoterre) 15
Figure 12 : Coupe lithologique du sondage BSS002NYTB 15
Figure 13 : Coupe lithologique partielle du sondage BSS002NYJF (Source : Infoterre) 16
Figure 14 : Diagraphie pénétrométrique du sondage BSS002NYJF (Source : Infoterre) 16

Table des tableaux

Tableau 1 : Documents et données transmis 8
Tableau 2 : Coordonnées approximatives du centre de la zone d'étude 10
Tableau 3 : Modèle géotechnique préalable - G2 AVP 18
Tableau 4 : Descentes de charge - Phase G2 AVP 19
Tableau 5 : Calcul de capacité portante et de résistance nette du terrain pour semelles isolées ou filantes 21
Tableau 6 : Module minimale visée par classe de plateforme 24

1. Données générales

1.1. Contexte et objectifs

La DID de Guyane souhaite construire un bâtiment R+1 pour accueillir le centre d'information et de recrutement des forces armées (CIRFA) et le centre du service national et de la jeunesse (CSNJ) au quartier Berthelin Journet (BJ), situé route de la Madeleine (à côté de l'hôpital) à Cayenne.

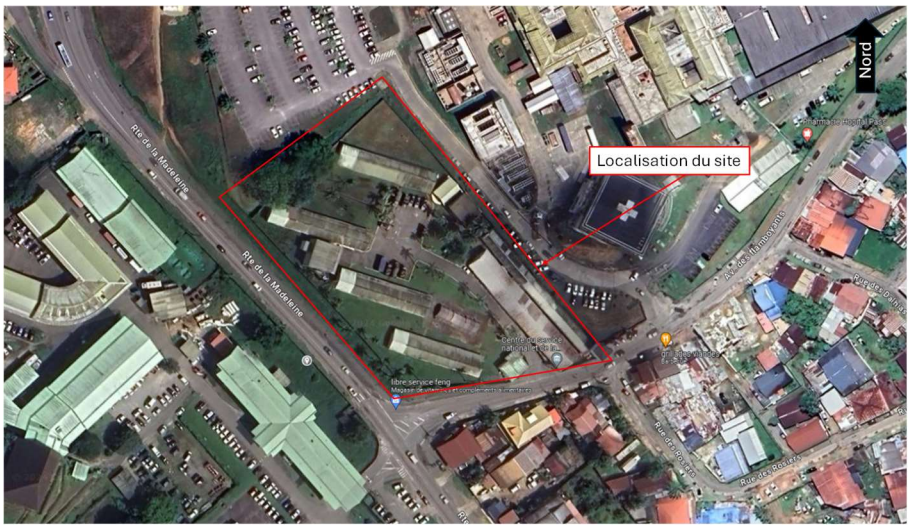


Figure 1 : Localisation du site

Le site est actuellement occupé par plusieurs bâtiments : 4 bâtiments d'hébergement, 1 bâtiment de restauration/hébergement, 1 atelier, 1 magasin général / salle de gymnastique, 1 commandement, 1 carbet et 1 poste de sécurité (cf. Figure 2).

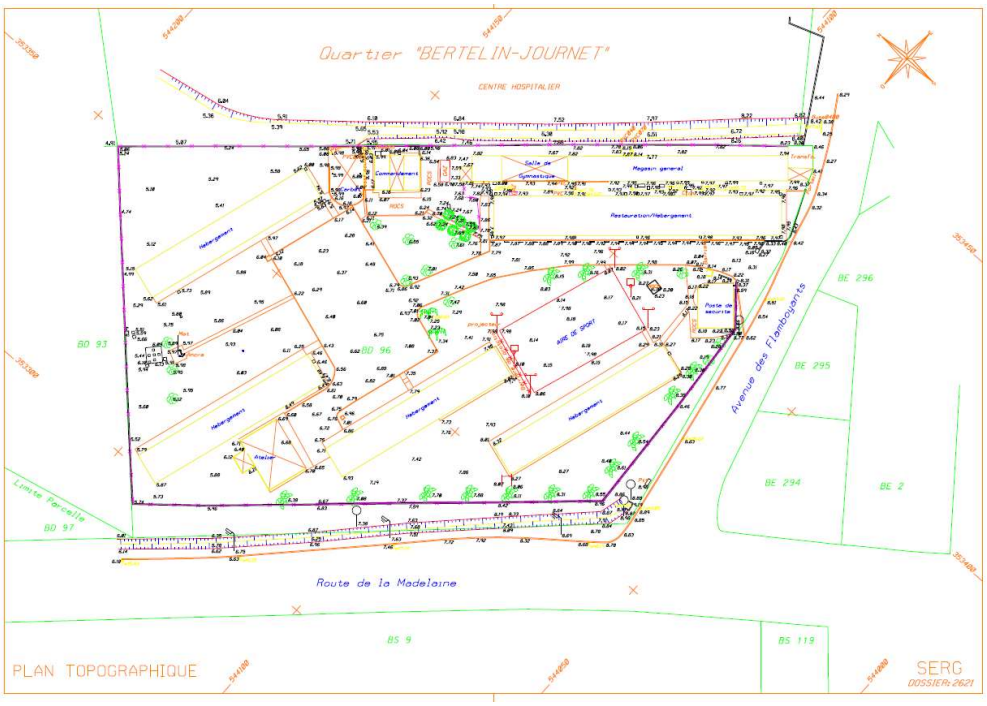


Figure 2 : Vue en plan de l'existant - État initial

Les différentes étapes de démolition et construction du futur projet sont précisées ci-dessous.

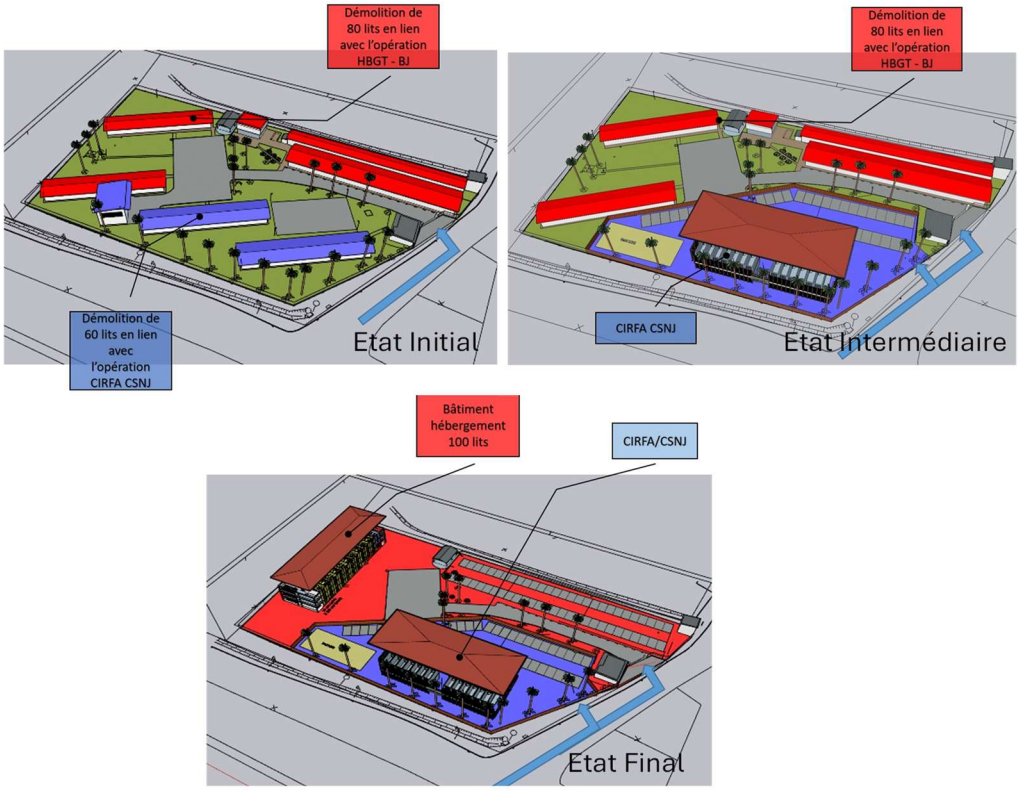


Figure 3 : Phasage du projet

- « État initial » : plusieurs bâtiments occupent le site actuellement (cf. Figure 2) ;
- « État intermédiaire » : les bâtiments 02, 03 et 10 (en violet) seront démolis puis un nouveau bâtiment R+1 sera construit ;
- « État final » : tous les autres bâtiments seront démolis (sauf le carbet n°11 qui sera conservé) puis un autre bâtiment d'hébergement R+1 sera construit.

C'est dans ce cadre qu'Antea Group a été missionnée pour la réalisation **d'une étude géotechnique de conception en phase avant-projet (mission G2 AVP)**, au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013, pour **l'état intermédiaire du projet**.

Cette étude s'appuiera essentiellement sur des données bibliographiques et aura pour objectifs principaux :

- Le contexte géologique et hydrogéologique de la zone d'étude via une étude bibliographique ;
- L'analyse des documents mis à disposition,
- La définition du modèle géotechnique prenant en considération une première estimation des caractéristiques géotechniques nécessaire au stade Avant-Projet ;
- La définition des contraintes hydrogéologiques, l'estimation des niveaux d'eau remarquables,
- Le pré dimensionnement des fondations,
- Les recommandations vis-à-vis des conditions de réemploi et de terrassements des matériaux, traficabilité des matériaux ;
- L'identification des risques géologiques résiduels et points de vigilance pour le suivi et l'exécution des travaux.

- Si nécessaire, les éventuelles recommandations pour des investigations complémentaires à mener aux phases ultérieures d'étude.

Cette étude ne comprend pas de campagne d'investigations géotechniques.

1.2. Textes normatifs applicables

Les textes et règlements applicables dans le cadre de cette étude sont les suivants :

- Norme NF P94-500 de novembre 2013 : Classification de mission d'ingénierie géotechnique ;
- NF EN 1997-1 : EUROCODE 7-Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales ;
- NF EN 1997-2 : EUROCODE 7 – Calcul géotechnique – Partie 2 : Reconnaissance des terrains et essais ;
- NF P 94-262 : Norme d'application Nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles ;
- NF P 94-262 : Norme d'application Nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes ;
- NF P11-213 – DTU 13.3 – Dallages Conception, calcul et exécution ;

1.3. Documents et données transmis

Les documents et données transmis sont résumés dans le tableau ci-après :

Tableau 1 : Documents et données transmis

Documents	Émetteur	Date
Plan de masse du projet	DID Cayenne	08 juillet 2024
Figures de phasage du projet : État initial, intermédiaire et final	DID Cayenne	08 juillet 2024
Plan d'ensemble de l'existant	DID Cayenne	08 juillet 2024
Plan topographique	DID Cayenne	27 août 2024
Plan d'implantation du projet	DID Cayenne	27 août 2024

1.4. Description du projet et hypothèses

Le projet consiste en la construction d'un bâtiment R+1 qui accueillera les bureaux du CIRFA et du CSNJ dont la superficie au sol est d'environ 750 m² (50m x 15m).

Cette infrastructure est complétée par des voiries, des aires de stationnement et une aire de sports.

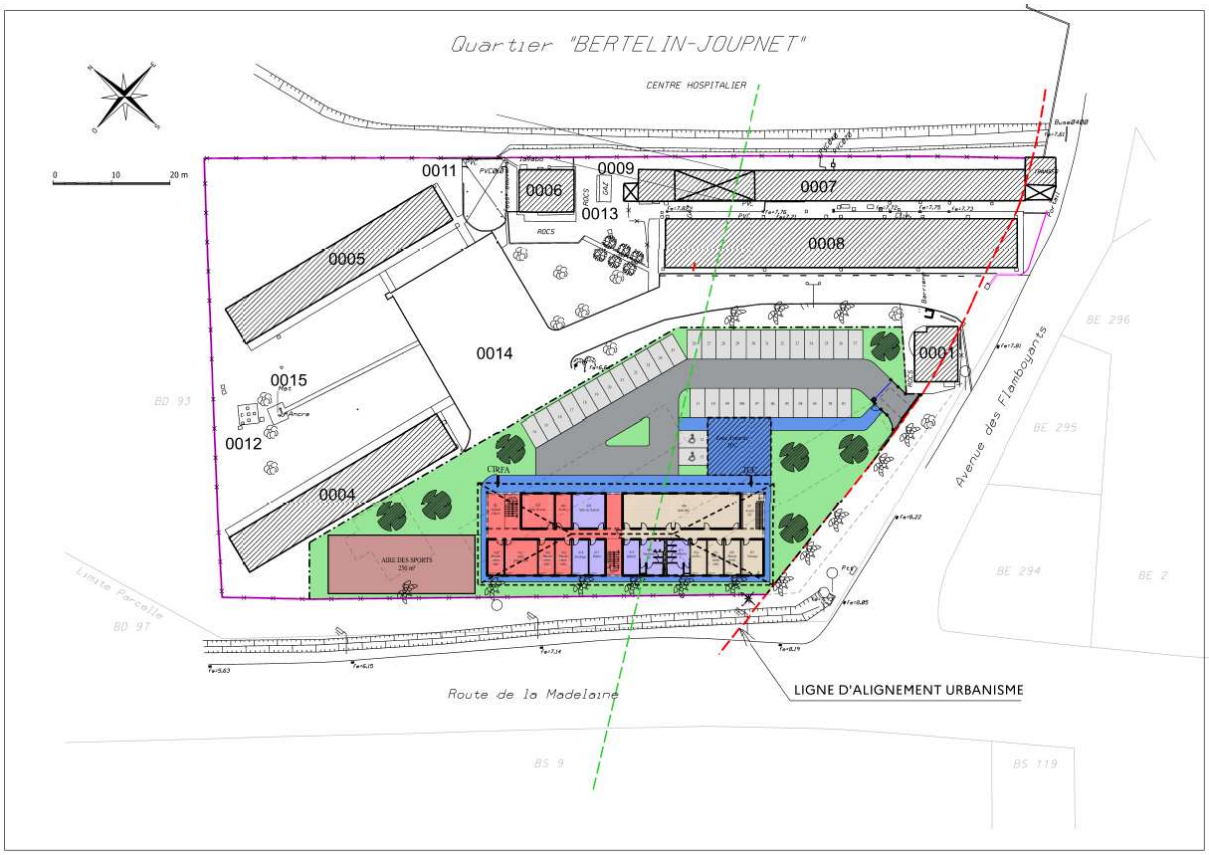


Figure 4 : Plan de masse du projet – Phase G2 AVP

2. Contexte général

2.1. Contexte géographique et morphologique

Le terrain étudié se trouve dans le quartier Berthelin Journet (BJ), situé route de la Madeleine (à côté de l'hôpital) à Cayenne. Les parcelles cadastrales concernées sont les parcelles n°329 et 330 de la section BD occupant une surface totale de 10 200 m² (cf. Figure 5).

Le site est actuellement occupé par des bâtiments dont les fondations seraient de type radier.



Figure 5 : Extrait du plan cadastral (Source : Géoportail)

D'après le plan topographique, le site présente une pente orientée du Sud-Est vers le Nord-Ouest avec une altimétrie comprise entre +5,0 m et +8,5 m NGG.

Les coordonnées approximatives du centre de la zone d'étude sont les suivantes :

Tableau 2 : Coordonnées approximatives du centre de la zone d'étude

	Projection UTM 22 Nord – Guyane
X	353 360 m
Y	544 230 m

Les avoisinants du site sont :

- A l'Est, le centre Hospitalier de Cayenne Andrée Rosemon ;
- Au Nord, le parking du centre hospitalier ;
- À l'Ouest, la route de la Madeleine ;
- Au Sud, l'avenue Alexis Blaise.

2.2. Contexte géologique

La carte géologique de Guyane (1956 – 1/100000ème) indique que la zone d'étude est localisée au niveau de la série de Démérara, constituée de dépôts fluvio-marins littoraux (2), datés du quaternaire. Les dépôts de la série de Démérara forment la plaine basse et s'introduisent en rias dans toutes les vallées préexistantes. Ils sont constitués par des vases (illite et kaolinite), des limons et des sables.

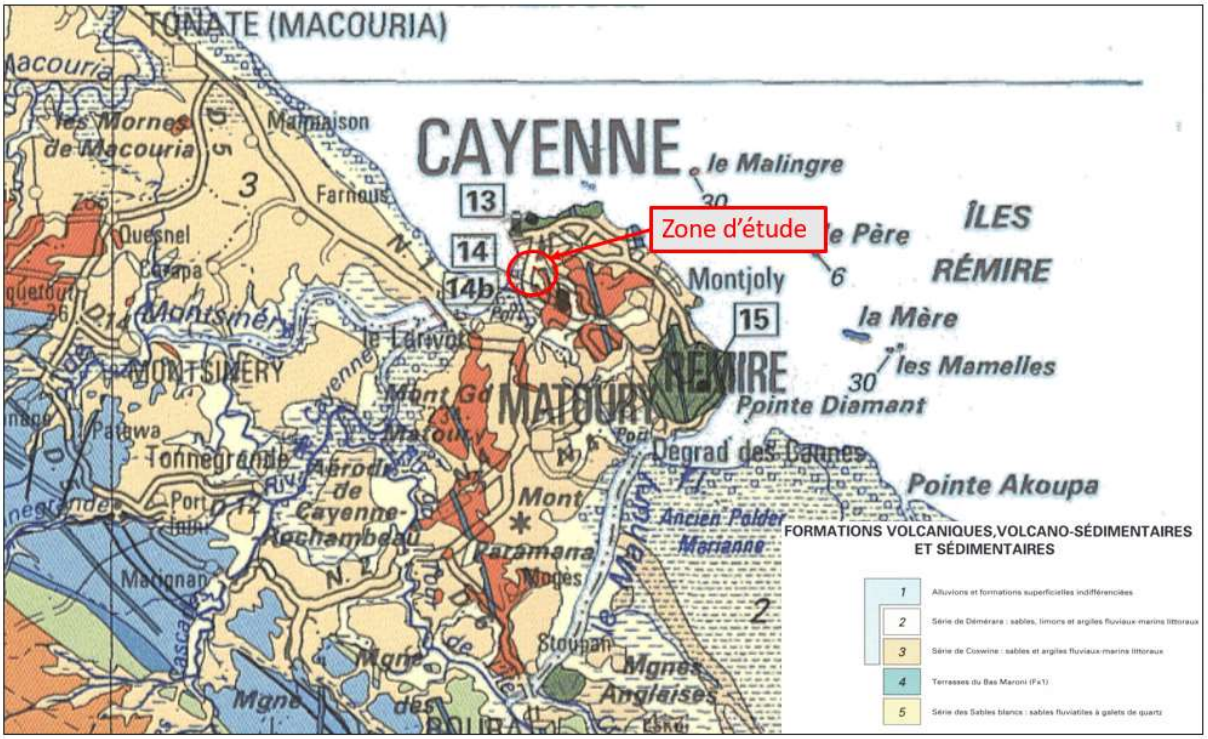


Figure 6 : Extrait de la carte géologique de Guyane au 1/100 000 (Source : BRGM)

2.3. Contexte anthropique antérieur

Les photos satellites de 1950 à 2004 issues du site « Remonter le temps – IGN » montrent que la parcelle n'a connu aucun aménagement avant la construction des bâtiments existants.

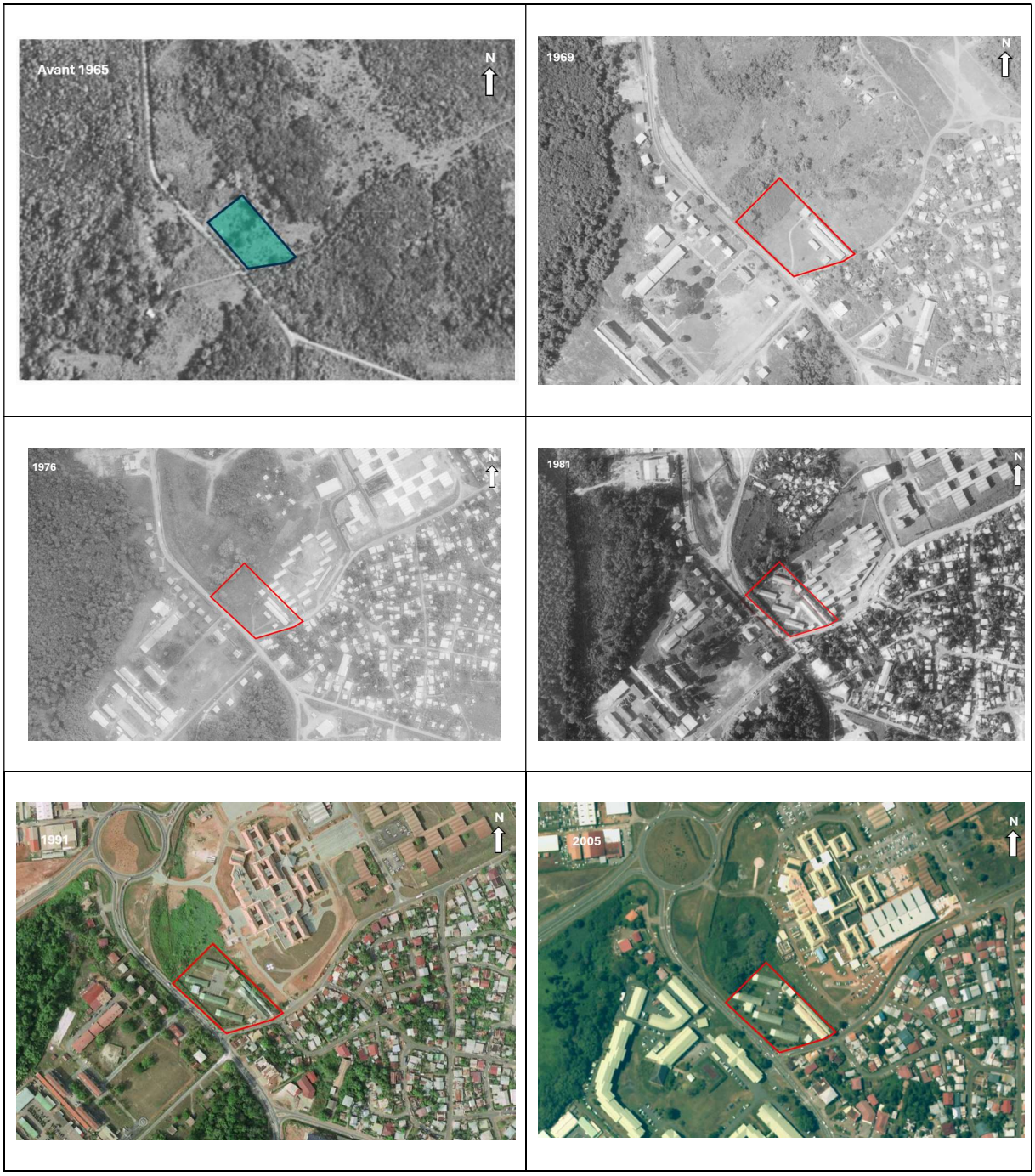


Figure 7 : Photographies aériennes de 1950 à 2005 (Source : Remonter le temps - IGN)

2.4. Contexte hydrologique et hydrogéologique

Les dépôts sédimentaires sont essentiellement composés d'argiles et ne constituent pas un aquifère mais une succession de nappes aquifères d'extension modérée (anciens chenaux fluviatiles sableux), structurées selon les alternances verticales et latérales des niveaux perméables et imperméables plurimétriques (niveaux argileux). Ces structures ont donné naissance à de nombreux réservoirs indépendants ou interconnectés.

2.5. Prise en compte des aléas naturels

2.5.1. Aléa inondation

D'après la cartographie des risques majeurs en Guyane, issue du PPRN de 2015 et consultable sur le site *carto.geoguyane*, la zone d'étude n'est pas impactée par l'aléa inondation.

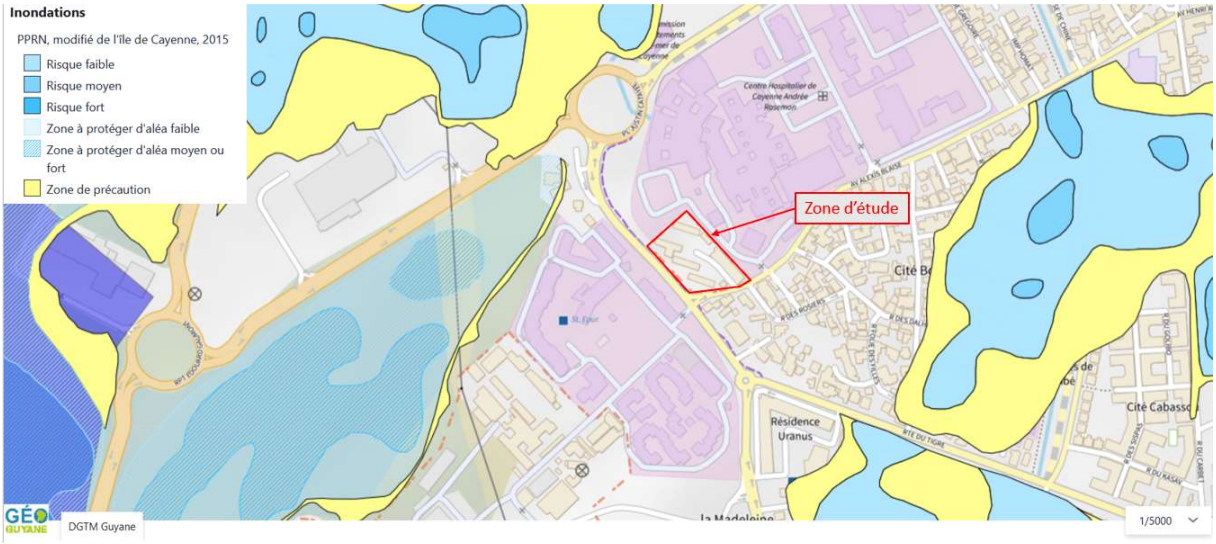


Figure 8 : Extrait du PPRN de l'île de Cayenne 2015 (Source : Carto.guyane)

2.5.2. Aléa « mouvements de terrain »

Le risque est écarté en raison de la topographie subhorizontale de la parcelle.

2.5.3. Aléa sismique

La carte de zonage de l'aléa sismique en France inscrit la commune en zone de sismicité 1, correspondant à un niveau d'aléa très faible. Dans ce contexte, aucune disposition vis-à-vis de cet aléa n'est à prendre en compte au sens de la réglementation en vigueur.

Zone de sismicité	Niveau d'aléa	a_{gr}(m/s²)
Zone 1	Très faible	0,4
Zone 2	Faible	0,7
Zone 3	Modéré	1,1
Zone 4	Moyen	1,6
Zone 5	Fort	3

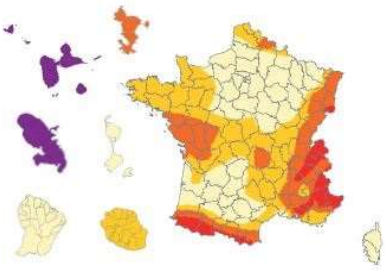


Figure 9 : Zonage de l'aléa sismique en France en vigueur depuis 2011

3. Données géotechniques existantes

Aucune reconnaissance géotechnique n'a été menée dans le cadre de cette présente étude G2 AVP. La suite du rapport s'appuiera sur les données bibliographiques disponibles.

D'après la base de données du sous-sol (BSS) disponible sur Infoterre, quatre sondages sont présents dans un rayon inférieur à 150 m du projet et sont localisés sur la Figure 10.



Figure 10 : Localisation des données BSS à proximité du projet (Source : Infoterre)

Les données issues de ces sondages sont présentées ci-dessous :

- **BSS002NYTC** : un sondage au pénétromètre dynamique nommé PD129 descendu à 1,70 m de profondeur mais ne disposant d'aucun document technique hormis la localisation ;
- **BSS002NYWN** : un sondage pressiométrique nommé SP1 donnant les informations suivantes :
  - Lieu : Hôpital de la Madeleine ;
  - Date de réalisation du sondage : 15 avril 2006 ;
  - Cote tête de sondage : 10 m NGG ;
  - Profondeur atteinte : 8,5 m ;
  - Niveau d'eau : 4 m/TN ;
  - Coupe lithologique :

Profondeur (m)		Nature lithologique
de	à	des sols rencontrés
0,0	2,0	argile latéritique rouge
2,0	2,5	cuirasse latéritique
2,5	4,0	argile marron et rouge
4,0	4,5	sable moyen
4,5	6,5	argile peu sableuse marron
6,5	7,0	argile sableuse blanchâtre
7,0	7,5	altération rocheuse
7,5	8,5	rocher sain gris clair

Figure 11 : Coupe lithologique du sondage BSS002NYWN (Source : Infoterre)

- Essai pressiométrique : non renseigné ;

- **BSS002NYTB** : un sondage au pénétromètre dynamique nommé PD11F1 dont les caractéristiques sont les suivantes :
  - Lieu : Hôpital de la Madeleine ;
  - Date de réalisation du sondage : 30 novembre 1984 ;
  - Cote tête de sondage : 4,6 m NGG ;
  - Profondeur atteinte : 20 m ;
  - Niveau d'eau : non renseigné ;
  - Coupe lithologique :

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 0,5 m	TERRE VEGETALE ET VASE	
De 0,5 à 2,5 m	ARGILE BARRIOLEE ROUGE , GRISE ET JAUNE NODULEUSE PLASTIQUE A FERME	
De 2,5 à 4,8 m	ARGILE BARIOLEE ET GRIS CLAIR FERME	
De 4,8 à 6 m	ARGILE BARIOLEE BEIGE GRIS ROSE MOLLE	
De 6 à 9,8 m	ARGILE SABLEUSE JAUNATRE MOLLE A FERME	
De 9,8 à 12,5 m	ARGILE SABLEUSE JAUNATRE VEINÉE DE ROSE MOLLE A FERME	
De 12,5 à 13 m	ARGILE SABLEUSE JAUNATRE VEINÉE DE ROSE MOINS MOLLE	
De 13 à 13,5 m	SABLE ARGILEUX	
De 13,5 à 15,5 m	ARGILE TRES SABLEUSE ROUGE TACHEE DE GRIS TRES MOLLE	
De 15,5 à 17 m	GRANITE ALTERE BLANCHATRE	
De 17 à 19 m	GRANITE TRES DIACLASE	
De 19 à 20 m	GRANITE PLUS MASSIF	

Figure 12 : Coupe lithologique du sondage BSS002NYTB

- Essai pénétrométrique : non renseigné ;

- **BSS002NYJF** : un sondage au pénétromètre dynamique nommé P1 aux caractéristiques suivantes :
  - Lieu : Gendarmerie de la Madeleine ;
  - Date de réalisation du sondage : 15 mars 1994
  - Cote tête de sondage : 4 m NGG ;
  - Profondeur atteinte : 10 m ;
  - Niveau d'eau : 2,3 m/TN ;
  - Coupe lithologique :

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 0,3 m	TERRE VEGETALE	
De 0,3 à 1,5 m	ARGILE SABLEUSE OCRE A ELEMENTS DE CUIRASSE LATERITIQUE (STONE LINE)	
De 1,5 à 2,6 m	ARGILE BARIOLEE OCRE ET ROUGE	

Figure 13 : Coupe lithologique partielle du sondage BSS002NYJF (Source : Infoterre)

- Essai pénétrométrique :

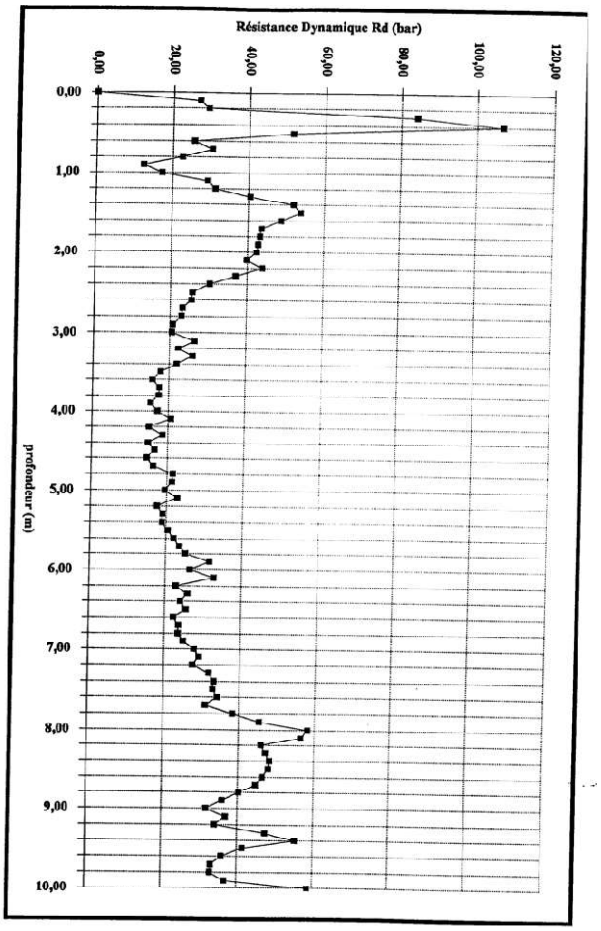


Figure 14 : Diagraphie pénétrométrique du sondage BSS002NYJF (Source : Infoterre)

4. Synthèse géotechnique

La profondeur des sondages est donnée par rapport au Terrain Actuel (noté TA) à la date de la réalisation.

4.1. Lithologie

Les résultats des investigations, réalisées à proximité, mettent en évidence la lithologie prévisionnelle suivante (les terrains étant décrits du haut vers le bas) :

- **Argile latéritique à éléments de cuirasse latéritique** jusqu'à environ 2,5m /TA.
- **Argile sableuse bariolée à sable argileux** jusqu'à environ 7,5 m/TA en SP1, 11.5 m/TA en PD11F1 et au-delà de 10.0 m/TA en P1.
- **Horizon rocheux altéré** rencontré uniquement en SP1 à partir de 7,5 m/TA et en PD11F1 à partir de 11.5 m/TA.

Remarque : Les investigations de terrain fournissent des données ponctuelles sur la lithologie de la parcelle et sur les caractéristiques géomécaniques des formations rencontrées, au droit des sondages et essais effectués. L'homogénéité des formations ne peut être garantie, par les variations latérales de faciès inhérentes au sous-sol (aléa géotechnique).

4.2. Caractéristiques mécaniques des formations

En l'absence de données pressiométriques et ne disposant que du profil de résistance dynamique du sondage au pénétromètre dynamique P1 réalisé à 50 m du projet, il est retenu une valeur de résistance dynamique de pointe (Rd) sécuritaire pour chaque horizon.

- **Argile latéritique à éléments de cuirasse latéritique (H1)** jusqu'à environ 2,5m /TA présentant des caractéristiques mécaniques faibles à bonnes :

  $1,0 \leq qd \leq 5,0$ MPa, avec pic de Rd en tête à 10 MPa

- **Argile sableuse bariolée à sable argileux (H2)** jusqu'à environ 10.0 m/TA (profondeur d'arrêt du sondage) présentant de faibles caractéristiques mécaniques jusqu'à 8.0 m/TA, avec :

  $1,5 \leq qd \leq 3,0$ MPa

  Puis elles s'améliorent à partir de 8.0 m de profondeur/TA et jusqu'à 10.0 m/TA, avec :

  $3,0 \leq qd \leq 5,0$ MPa

- **Roche altérée (H3),** non reconnu au droit du sondage P1.

4.3. Niveaux d'eau

Un niveau d'eau a été mesuré à 2,3 m/TA au droit du sondage P1 (BSS002NYJF). Ce niveau d'eau correspond à un niveau non stabilisé. La variation des niveaux d'eau peut être influencée par les marées, compte tenu de la proximité de l'océan, et par les saisons.

4.4. Modèle géotechnique

Des sondages complémentaires devront être réalisés lors de la mission géotechnique de conception phase projet (G2 PRO), afin :

- de compléter et confirmer le modèle géotechnique retenu au droit de chaque futur bâtiment ;
- de confirmer la lithologie au droit du site,
- d'apprécier l'hétérogénéité du site,
- de confirmer la présence d'un niveau d'eau.

Ce modèle ne constitue pas une interprétation complète du sous-sol de l'ensemble du site.

Tableau 3 : Modèle géotechnique préalable - G2 AVP

Formation	Base de la formation (m/TA)	q_d (MPa)
Argile latéritique à éléments de cuirasse latéritique (H1)	2,5	3
Argile sableuse bariolée à sable argileux (H2)	7,5 (SP1) à 15.5 (PD11F1)	2 à 5
Roche altérée (H3)	Au-delà	/

5. Ébauche dimensionnelle des fondations

5.1. Données et hypothèses du projet

Le plan de masse fourni lors de la mission G2 AVP est susceptible d'être modifié. Il conviendra donc lors de la mission G2-PRO de compléter le modèle géotechnique par la réalisation de sondages complémentaires afin de confirmer l'homogénéité du sous-sol du présent rapport.

Nous rappelons que le projet prévoit la réalisation d'un bâtiment de type R+1 (50mx15m) accueillant les bureaux du CIRFA et du CSNJ et complété par des voiries, des aires de stationnement et une aire de sports.

Les niveaux finis des plateformes ne sont pas connus à ce stade du projet. Les terrassements en déblais remblais seront donc étudiés en phase G2 PRO.

En l'absence de descentes de charges transmises par le BET, nous prendrons les hypothèses suivantes pour un bâtiment R+1 :

Tableau 4 : Descentes de charge - Phase G2 AVP

Type d'appui	ELS (G+Q)
Charge ponctuelle	200 kN
Charge linéaire	60 kN/ml
Radier	25 kPa

Les niveaux de calage des ouvrages et les descentes de charge définitives devront être transmises par le client lors de la mission G2PRO.

5.2. Modes de fondations envisageables

Les anciennes investigations réalisées à proximité de la zone d'étude ont mis en évidence la présence d'argiles +/- sableuses (H1 et H2) aux caractéristiques globalement faibles sur des épaisseurs importantes comprises entre 7.5 m et 15.5 m.

Le substratum rocheux n'a pas été rencontré au droit du sondage P1.

En fonction des descentes de charge du projet et de sa sensibilité aux tassements, plusieurs systèmes de fondation peuvent être envisagés, avec :

- Pour un bâtiment peu sensible au tassement, avec des descentes de charges limitées, et sous réserve d'un horizon argileux H1 non sensible au retrait/gonflement, il pourra être envisagé la réalisation de **fondations superficielles isolées ou filantes** ancrées dans l'horizon H1 ou H2.
- Pour un bâtiment présentant des charges suffisamment bien réparties, et sous réserve d'un horizon argileux H1 non sensible au retrait/gonflement, il pourra être envisagé la réalisation de **fondation superficielle de type radier porteur rigide** sollicitant une couche de forme d'au moins 60 cm d'épaisseur.

Pour un bâtiment avec des descentes de charges importantes ou sensible aux tassements, il pourra être envisagé une solution de **fondation profonde de type pieux** ou une solution de **fondation superficielle ancrée dans un remblai technique de substitution.**

La solution de fondation retenue dépendra des caractéristiques mécaniques du sol sous l'emprise du projet issus des sondages de la campagne géotechnique de la mission G2 PRO, et des caractéristiques du projet (descente de charge notamment).

5.3. Méthodes de calculs

5.3.1. Résistance nette du terrain selon la méthode pénétrométrique

À l'ELU et à l'ELS, pour démontrer qu'une fondation superficielle supporte la charge de calcul avec une sécurité adéquate vis-à-vis d'une rupture par défaut de portance du terrain, il convient de vérifier l'inégalité suivante :

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

Avec :

- V_d : composante verticale de la charge transmise par la fondation au terrain ;
- R_0 : valeur du poids du volume de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux et des sols compris entre la fondation et le terrain après travaux.
- $R_{v;d}$: résistance nette du terrain sous la fondation.

Conformément au BAEL, la vérification de la capacité portante est déterminée à partir de la relation suivante :

- À l'ELS : $\frac{q_u}{3}$
- À l'ELU : $\frac{q_u}{2}$

Avec q_u la contrainte ultime obtenue selon le DTU 13.12 à partir de la relation suivante :

$q_u = \frac{q_d}{5 \text{ à } 7}$ avec q_d la résistance dynamique

Ces calculs ont été réalisés en supposant :

- i_δ : coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison de la charge appliquée, il est égal à 1,0 si la charge est verticale,
- i_β : coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus de pente β, il est égal à 1,0 si la fondation est suffisamment éloignée d'un talus.

5.3.2. Méthode de calcul des tassements

En l'absence de données pressiométriques au droit du site, l'estimation des tassements se fera en phase G2 PRO.

Dans le cas de tassements importants, le système de fondations pourra être envisagé sur fondations profondes ou sur sol amélioré.

Il conviendra de vérifier et confirmer l'ensemble des calculs et hypothèses exposés dans le cadre d'une étude G2-PRO, à partir des descentes de charges définitives et géométries finales retenues pour les fondations ainsi que des mouvements de terre (déblais/remblais).

5.4. Fondations superficielles de type semelles isolées ou filantes

5.4.1. Principe de fondation

Le principe de fondation pourra consister à reporter les charges développées par la structure par l'intermédiaire de semelles superficielles, filantes et/ou isolées :

- Descendues de façon homogène et de partout dans l'horizon H1 reconnu jusqu'à 2.5 m de profondeur/TA au droit du sondage P1 de référence ;
- Ancrage de 0.3 m dans cette formation ;
- Respectant en tout point une profondeur d'encastrement minimale de 0.5 m/sol extérieur fini pour assurer la stabilité des fondations à long terme. Cette profondeur pourra être revue à 1,5 m/sol extérieur fini en fonction de la sensibilité au retrait/gonflement de l'horizon H1.

5.4.2. Contraintes admissibles

Les contraintes de calcul à prendre en compte pour la justification vis-à-vis des Etats limites Ultimes et de Service au sein de l'horizon H1 seront limitées à :

$$\mathbf{q_{ELU} \leq 150\ kPa}$$
$$\mathbf{q_{ELS} \leq 100\ kPa}$$

5.4.3. Exemples de dimensionnement

Pour des exemples de semelles isolées ou filantes, la vérification de la capacité portante et de la résistance nette du terrain donne les résultats suivants suivant les hypothèses de descentes de charge précitées (Cf. §5.1) :

Tableau 5 : Calcul de capacité portante et de résistance nette du terrain pour semelles isolées ou filantes

Horizon	Contrainte de calcul ELS q_{ELS}	Charge verticale centrées Q_{ELS}		Géométrie de la semelle	Aire	Vérification de la contrainte effective
H1 / H2	100 kPa	Appui filant	60 kN/ml	0,6 m	0.6 m²	$q_{ELS} \geq 100$ kPa
		Appui isolé carré	200 kN	1,5 m x 1,5 m	2.25 m²	$q_{ELS} \geq 89$ kPa

5.4.4. Tassement

La méthode pénétrométrique ne permet pas d'estimer les tassements. En fonction des charges attendues, un sondage pressiométrique devra impérativement être réalisé en phase G2PRO pour les estimer.

5.4.5. Dispositions constructives et sujétions d'exécution

En aucun cas, la largeur des semelles filantes les moins chargées sera inférieure à 40 cm conformément au DTU 13.1.

Le dimensionnement définitif des fondations devra tenir compte de l'ensemble des efforts s'appliquant sur les fondations (verticaux, horizontaux, moments).

Des joints de rupture complets seront créés entre les parties différemment chargées ou fondées du bâtiment.

On s'assurera que le sol d'assise des fondations est homogène sous l'ensemble de la structure.

La rencontre d'anomalies géologiques (blocs, remblais d'aménagement, racines, déchets) sous l'emprise du projet nécessitera la mise en œuvre de dispositions constructives spécifiques à traiter au cas par cas (curage avec comblement de gros béton par exemple). Le traitement pourrait conduire à des sur-profondeurs de creusements et des surconsommations de béton.

Il conviendra de couler le béton de propreté ou le gros béton dès l'ouverture des fouilles afin d'éviter l'altération ou la décompression du sol d'assise. Le béton des semelles sera ensuite coulé à pleine fouille sur toute la hauteur.

En cas d'arrivées d'eau à l'ouverture des fouilles, il conviendra de les assécher par un dispositif adapté à leur importance et à la nature des terrains (drainage, pompage par exemple).

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

5.5. Fondations superficielles de type radier

5.5.1. Principe de fondation

Sous réserve de faibles charges suffisamment bien réparties, le bâtiment pourra être fondé sur un **radier porteur rigide**, sollicitant les horizons peu compacts H1, par l'intermédiaire d'une épaisse couche de forme d'au moins 0.60 m d'épaisseur, débordant de 1 m du radier.

En cas de risque de retrait/gonflement des horizons H1, l'épaisseur de la couche de forme devra être augmenté à 1.50 m pour s'affranchir des variations hydriques et des risques de retrait/gonflement des matériaux décomprimés.

5.5.2. Contrainte limite de calcul

Compte tenu des éléments du projet connus (hypothèses formulées au §5.1), la contrainte moyenne développée par le radier sera d'environ :

q = 0,025 MPa (25 kPa) à l'ELS qp

La contrainte admissible q ELS de l'horizon H1 sera limitée à 100 kPa.

Cette contrainte moyenne correspond à un coefficient de sécurité vis-à-vis de la rupture de :

F > 2,76

Avec :

$$F = \textit{contrainte de rupture qu du sol} \,/\, \textit{contrainte appliquée sur le sol}$$

La méthode pénétrométrique ne permet pas d'estimer les tassements qui seront apportées par l'ouvrage sur la consolidation des horizons peu compacts.

Il conviendra de s'assurer que les concentrations de contraintes du projet conduisent à des déformations admissibles pour le radier.

5.5.3. Calcul des modules de réaction

Les modules de réactions seront estimés en phase G2PRO sur la base d'un modèle de charge détaillé.

5.5.4. Dispositions constructives

Tous les éléments rencontrés en fond de fouilles et susceptibles de constituer des points durs, tels que roches, blocs, vestiges, etc… doivent être enlevés. De même, les poches et lentilles de nature évolutive, impropre ou plus compressibles que l'ensemble du fond de fouille doivent être purgées et remplacées par un matériau analogue à celui du sol de qualité à la même profondeur.

Le radier sera mis en place sur une couche de forme de 0,6 à 0,8 m d'épaisseur minimale. Sa réalisation devra suivre les recommandations du « guide sur la réalisation des remblais et des couches de forme », édité par le LCPC et la SETRA et respecter les sujétions suivantes :

- Purge de la terre végétale ;
- Tout sol impropre, remanié ou évolutif devra être purgé avant mise en œuvre de la couche de réglage.

Le dimensionnement du radier sera réalisé dans le cadre d'une étude béton par un bureau d'études structures.

La couche de forme sera réceptionnée par essais à la plaque, selon le mode opératoire LCPC avec comme valeurs cibles :

$$EV_2 > 50 \text{ MPa}$$

$$EV_2 / EV_1 < 2,2$$

6. Dimensionnement des parkings, voiries et aire de sports

Le dimensionnement des voiries a été réalisé conformément au Guide des Terrassements Routiers (édition SETRA) et du Catalogue des structures types de chaussées neuves (édition SETRA).

Des éléments de construction (fondations, fosse, anciens réseaux) pourront être rencontrés lors des terrassements des voiries. Ces éléments devront être purgés.

1.1 Définition de la PST

La PST correspond à une épaisseur de sol d'environ 1 m sous la couche de forme d'une chaussée. Différents cas de PST sont définis et décrits dans le guide des terrassements routiers (GTR). Cette description est complétée par la portance à long terme sur l'arase de terrassement, noté AR, et pour laquelle quatre classes d'arase sont distinguées.

L'arase des terrassements sera constituée par des argiles latéritiques ou par des formations sablo-argileuses à argilo-sableuse de portance médiocre à bonne sur 1.0 m. Cependant, du fait de leur sensibilité à l'eau, celle-ci peut chuter à long terme sous l'action des infiltrations des eaux pluviales. Dès lors, en période sèche et en l'absence de toute résurgence, on peut envisager une PST2 AR2. Si tel n'était pas le cas, on serait en PST1 AR1.

1.2 Objectif de la portance de la plateforme

La couche de forme est l'élément de transition permettant d'adapter les caractéristiques du sol en place aux fonctions essentielles d'une plate-forme support de chaussée ou de voie. Compte tenu du faible trafic de cette voirie, la plate-forme visée est une **PF2.**

Tableau 6 : Module minimale visée par classe de plateforme

Classe de la plateforme	Module (MPa)
PF2	**50**
PF3	120
PF4	200

La couche de forme sera réceptionnée par des essais à la plaque où on s'assurera d'obtenir un module de déformation réversible supérieur à 50 MPa.

1.3 Structure de la voirie

Le fond de fouille sera recompacté en fonction des caractéristiques des matériaux et de leur teneur en eau.

Dans le cas d'une PST1 AR1, la couche de forme sera constituée de matériaux insensibles à l'eau (type 0/20 par exemple) d'au moins 0.6 m d'épaisseur avec géotextile à l'interface PST / Couche de forme.

Dans le cas d'une PST2 AR1, la couche de forme sera constituée de matériaux insensibles à l'eau d'au moins 0,4 m d'épaisseur avec géotextile à l'interface PST / Couche de forme. Sa mise en œuvre devra respecter les conditions d'utilisations prescrites par le GTR.

Dans tous les cas, une planche d'essais devra être réalisée afin de définir les conditions optimales de mise en œuvre.

Un géotextile anti-contaminant sera mis en place à l'interface entre la PST et la couche de forme, afin d'éviter la pollution de la couche de forme par les particules fines sous-jacentes.

Les couches de forme seront réceptionnées par des essais à la plaque où on s'assurera d'obtenir un module de déformation réversible **supérieur à 50 MPa**. Les couches de base, fondation et de roulement seront dimensionnées en fonction des hypothèses (classe de trafic, taux d'accroissement, durée de service, …).

7. Recommandations

7.1. Terrassements

Le projet consiste en la réalisation d'un bâtiment R+1 destiné à recevoir des bureaux. Les travaux de terrassement consisteront donc en la purge des éléments de fondations existants suite à la démolition du bâti existant (ou décapage de la terre végétale sur les zones nues), puis à la mise à niveau des plateformes, conformément aux plans du projet et au guide GTR.

Les déblais et remblais pourront être réalisés à l'aide d'engins classiques de terrassement sur l'ensemble de la zone.

En cas de rencontre d'obstacles (vestige de fondation, blocs, banc de cuirasse), les travaux de terrassement pourront ponctuellement nécessiter l'emploi d'engins de forte puissance (BRH par exemple).

Les travaux de terrassement seront réalisés de préférence en saison sèche. En cas de fortes intempéries, les talus devront être protégés par un fossé de collecte des eaux pluviales en amont ainsi que par un polyane sur les flancs.

Lors de la mise en œuvre du remblai, il conviendra d'éviter les effets indésirables sur les structures et les réseaux adjacents. La capacité portante du sol sera contrôlée afin de s'assurer de sa traficabilité et de l'atteinte des objectifs fixés par le projet. Le matériau de remblai devra être spécifié conforme à la norme NF EN 1997-1.

En cas d'éventuel remblai de réhausse, il conviendra de calculer les tassements engendrés au cours de l'étude géotechnique de conception (G2).

7.2. Gestion des eaux de surface

Une bonne gestion des eaux de surface s'avère essentielle afin d'assurer la pérennité des ouvrages et des mouvements de terrain. Toutes les dispositions permettant d'éviter les apports d'eau de surface sur les emprises construites seront mises en œuvre, y compris en cours de chantier.

Les eaux collectées seront évacuées dans les réseaux existants ou vers un émissaire naturel capable de recevoir un débit supplémentaire. De plus, les ouvrages de collecte, de traitement et de rejet, devront être entretenus et surveillés régulièrement, et notamment après chaque forte précipitation.

Il conviendra à tout prix d'éviter le rejet dans l'environnement des eaux chargées en matières. Un système de rétention des particules minérales pourra être prévu.

Un drainage efficace et pérenne devra être installé pour récupérer toutes les eaux provenant de l'amont.

8. Aléas géotechniques

Les aléas géotechniques résiduels sont :

- La lithologie rencontrée au droit du site ;
- La caractérisation des pressions limites, de fluages et des modules des terrains en place ;
- Les descentes de charge détaillées apportées par les ouvrages ;
- La définition du niveau d'eau.

Pour pallier ces aléas, une campagne de sondages pressiométriques sera réalisée au stade de la mission G2PRO. Les sondages pressiométriques permettront de confirmer la lithologie et de définir les caractéristiques des sols en place (pressions limites, de fluages et les modules) pour le dimensionnement des fondations au stade de la G2PRO, conformément aux normes en vigueur.

9. Enchainement des missions géotechniques

Nous rappelons que la présente étude correspond à une étude géotechnique d'avant-projet (mission G2-AVP) au sens de la norme NF P 94 500 de novembre 2013 définissant les missions d'ingénierie géotechnique.

Elle devra être suivie par une étude de projet géotechnique (mission G2-PRO) comprenant une campagne d'essais géotechniques au droit du futur bâtiment, puis par les missions G2-DCE et G2-ACT pour l'assistance à la rédaction du cahier des charges et l'analyse des offres des entreprises pour les travaux géotechniques liés au projet.

Pour la phase de réalisation des travaux, une mission de supervision géotechnique (mission G4) devra être réalisée. Elle comportera, d'une part, la validation des documents géotechniques produits par l'entreprise, et d'autre part le suivi géotechnique du chantier, permettant de s'assurer que les terrains rencontrés présentent des caractéristiques géotechniques cohérentes avec les hypothèses faites dans le cadre des études, et le cas échéant définir en concertation avec l'entreprise les adaptations nécessaires.

Antea Group reste à la disposition du maître d'ouvrage pour la réalisation de ces différentes missions.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. A défaut, Antea Group s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence.

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : https://www.anteagroup.fr/fr/annexes





Références :

Portées communiquées sur demande