



AP-HP

ASSISTANCE
PUBLIQUE  HÔPITAUX
DE PARIS

Diagnostic géotechnique et conception du confortement d'un mur en pied de talus sur l'hôpital d'Hyères (83)

Mission de diagnostic géotechnique – G5

Mission géotechnique de conception – G2 PRO



Rapport n°A140108 / version A – 4 décembre 2025

Projet suivi par Luther TAGA – 06 85 34 68 70 – luther.taga-fongang@anteagroup.fr

www.anteagroup.fr/fr

Fiche signalétique

Diagnostic géotechnique et conception du confortement d'un mur en pied de talus sur l'hôpital d'Hyères (83)

Mission de diagnostic géotechnique – G5

Mission géotechnique de conception – G2 PRO

CLIENT	SITE
AP-HP	Hôpital San Salvador 4312 Route de l'Almanarre 83400 Hyères
Ali BENYOUB Responsable Dpt Etudes-Travaux Hôpital San Salvadour 04 94 38 01 50 ali.benyoub@aphp.fr	Hôpital San Salvador 4312 Route de l'Almanarre 83400 Hyères

RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet	Luther TAGA
Interlocuteur commercial	Michel BOISSEAU
Implantation chargée du suivi du projet	Implantation d'Antony 01.57.63.14.00 michel.boisseau@anteagroup.fr
Rapport n°	A140108
Version n°	A
Votre commande et date	Bon de commande n°4511706732 du 29/08/2025
Projet n°	PACP250257

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Luther TAGA	Ingénieur d'études géotechniques	Décembre 2025	
Approbation	Michel BOISSEAU	Responsable technique et commercial Île-de- France	Décembre 2025	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	Décembre 2025	54	5	Première diffusion

Sommaire

PARTIE 1 Diagnostic géotechnique (G5)

1. Contexte et objectifs des missions	9
1.1. Localisation	9
1.1.1. Objectifs des missions géotechniques	10
1.1.2. Documents de référence	11
1.2. Contexte du site	12
1.2.1. Topographie	12
1.2.2. Avoisinants	13
1.3. Inspection visuelle	13
1.4. Contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique	18
1.4.1. Contexte géologique	18
1.4.2. Contexte hydrogéologique	18
1.4.3. Aléas géotechniques recensés	19
1.5. Reconnaissances géotechniques	22
1.5.1. Campagne d'investigation réalisée	22
1.5.2. Plan d'implantation des sondages	22
1.5.3. Coordonnées des points de sondages	23
1.5.4. Déroulé des investigations	23
1.5.5. Limite de la méthode	23
2. Synthèse géotechnique	24
2.1. Lithologie	24
2.2. Essai d'identification GTR - Essai triaxial - Essai de cisaillement	26
2.3. Caractéristiques mécaniques des formations	28
2.3.1. Grès Sableux	29
2.3.2. Arkose	30
2.4. Niveau d'eau relevé	31
2.5. Aggressivité des sols vis-à-vis des bétons	31
2.6. Modèle géotechnique	32
2.7. Profil géotechnique	32
2.8. Reconnaissance de fondation et géométrie du mur	33

PARTIE 2 : Mission de conception G2PRO

3.	Etude de la stabilité du mur existant.....	37
3.1.	Stabilité externe	37
3.1.1.	Méthodologie.....	37
3.1.2.	Hypothèses.....	37
3.2.	Résultats	38
3.3.	Conclusions.....	40
3.3.1.	Stabilité en grand	40
3.3.2.	Rôle des circulations d'eau	40
3.3.3.	Stabilité interne.....	40
4.	Proposition de confortement pour le mur existant	41
4.1.	Surveillance géotechnique	41
4.2.	Solutions à court terme.....	41
4.3.	Solutions à long terme	41
5.	Risques géologiques et géotechniques résiduels	42
5.1.	Profondeur hors gel.....	42
5.2.	Protection vis-à-vis du risque de retrait / gonflement des argiles.....	43
6.	Enchaînement des missions géotechniques.....	44

Table des figures

Figure 1 :	Localisation de la zone d'étude (Source : AP-HP).....	9
Figure 2 :	Plan de localisation du projet (source : Géoportail).....	10
Figure 3 :	Profil altimétrique Ouest et Est sur l'emprise du projet (Source : Géoportail).....	12
Figure 4 :	Profil altimétrique Nord et Sud sur l'emprise du projet (Source : Géoportail).....	13
Figure 5 :	Extrait de la carte géologique au 1/50 000 ^{ème} de Toulon du BRGM (Source : InfoTerre)	18
Figure 6 :	Réseau hydrographique au droit du site (Source : Géoportail)	18
Figure 7 :	Extrait du zonage de l'aléa Inondation (Source : Géorisques)	19
Figure 8 :	Carte des risques de retrait et gonflement des sols argileux (Source : Géoportail)	20
Figure 9 :	Carte des risques de Cavités et carrières (Source : Géoportail).....	20
Figure 10 :	Localisation de la zone d'étude sur le zonage sismique de la France (Source : Géorisques)	21
Figure 11 :	Plan d'implantation des investigations réalisées	22
Figure 12 :	Extrait des photographies du sondage carotté dans les grès sableux (source : SC1 – 0 à 2,0 m)	24
Figure 13 :	Extrait des photographies du sondage carotté dans les grès sableux (source : SC1 – 3,0 à 5,0 m)	24
Figure 14 :	Extrait des photographies du sondage carotté dans les grès sableux (source : SC1 – 5,0 à 6,0 m)	24

Figure 15 : Extrait des photographies du sondage carotté dans les grès sableux (source : SC2 – 0 à 2,0 m)	25
Figure 16 : Extrait des photographies du sondage carotté dans les grès sableux (source : SC2 – 2,0 à 5,0 m)	25
Figure 17 : Extrait des photographies du sondage carotté dans l'arkose (source : SC2 – 5,0 à 7,0 m)	25
Figure 18 : Extrait des photographies du sondage carotté dans l'arkose (source : SC2 – 7,0 à 9,0 m)	25
Figure 19 : Extrait des photographies du sondage carotté dans l'arkose (source : SC2 – 10,0 à 12,0 m)	26
Figure 20 : Extrait des photographies du sondage carotté dans l'arkose (source : SC2 – 12,0 à 14,0 m)	26
Figure 21 : Extrait des photographies du sondage carotté dans l'arkose (source : SC2 – 14,0 à 15,0 m)	26
Figure 22 : Histogrammes de répartition des paramètres pressiométriques dans les grès sableux	29
Figure 23 : Histogrammes de répartition des paramètres pressiométriques dans l'Arkose	30
Figure 24 : Profil géotechnique retenu	32
Figure 25 : Localisation de la fouille réalisée.....	33
Figure 26 : Coupe de la fouille F1 réalisée.....	35
Figure 27 : Résultat - Calcul de stabilité Cas n°1	38
Figure 28 : Résultats – Calcul de stabilité – Cas n°2	39
Figure 29 : Résultat : Calcul de stabilité – Cas n°3.....	39
Figure 30 : Carte de profondeur de mise hors gel (figure O.4.4.2 de la norme NF P 94 - 261)	42

Table des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées approximatives des points de sondages	23
Tableau 2 : Modèle stratigraphique au droit de la zone d'étude en pied de talus (basé sur SP1 et SC1)	26
Tableau 3 : Modèle stratigraphique au droit de la zone d'étude en tête de talus (basé sur SP2 et SC2)	26
Tableau 4 : Synthèse des essais pressiométriques réalisés dans les grès sableux.....	29
Tableau 5 : Synthèse des essais pressiométriques réalisés dans l'arkose	30
Tableau 6 : Valeurs limites pour les classes d'exposition correspondant aux attaques chimiques des sols naturels – Source : NF EN 206	31
Tableau 7 : Résultats des essais d'agressivité des sols.....	31
Tableau 8 : Modèle géotechnique retenu en pied de talus (1).....	32
Tableau 9 : Modèle géotechnique retenu en tête de talus (2)	32
Tableau 10 : Résultats des calculs Talren	38

Table des annexes

Annexe I :	Synoptique des missions d'ingénierie géotechnique – Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013
Annexe II :	Procès-verbaux des investigations in-situ réalisées
Annexe III :	Calculs Talren – Stabilité en grand

PARTIE 1 : Diagnostic géotechnique du mur (G5)

1. Contexte et objectifs des missions

1.1. Localisation

La présente étude, réalisée à la demande de l'Assistance Publique des Hôpitaux de Paris (AP-HP), s'inscrit dans le cadre d'un diagnostic pour la stabilité et le confortement d'un mur en pied de talus sur l'hôpital d'Hyères (83).

Le projet est localisé au nord du bâtiment Hôtel Château (zone en rouge ci-dessous), et concerne le mur de soutènement en pied d'un talus comportant une installation de panneaux solaires. Le chemin en pied du mur est très pratiqué pour la logistique des bâtiments et est en sens unique.

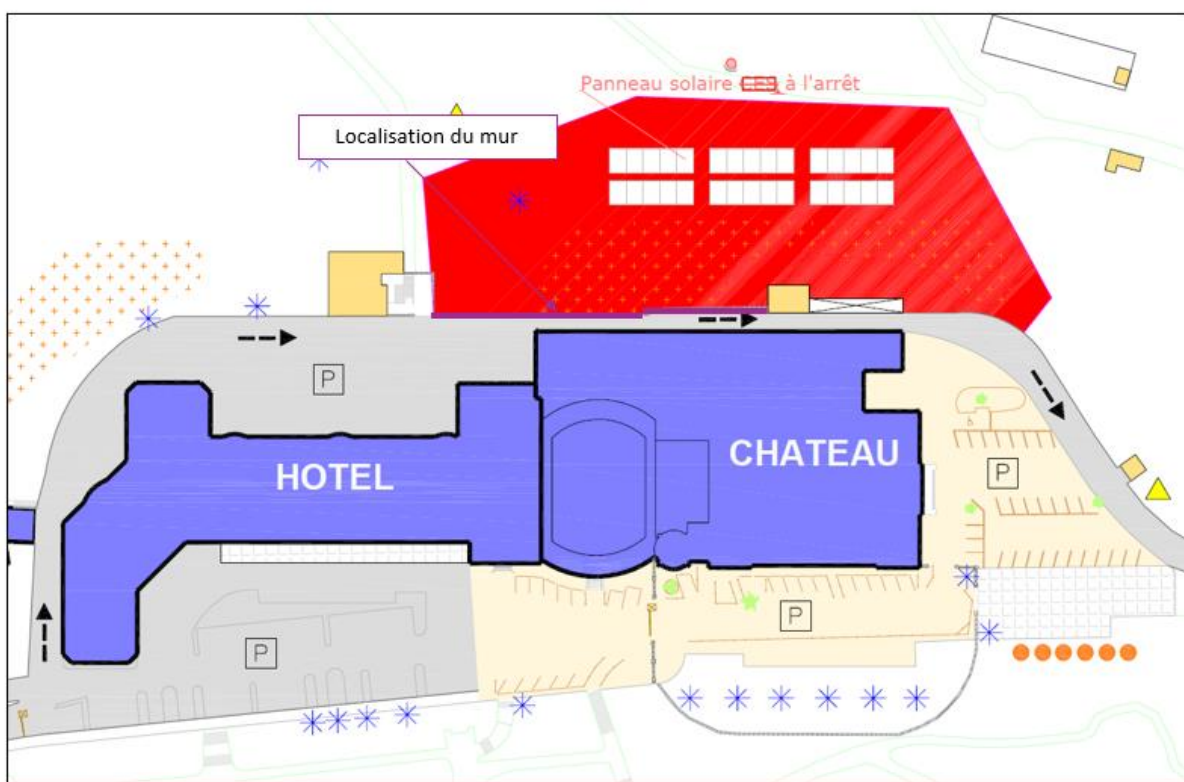


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (Source : AP-HP)



Figure 2 : Plan de localisation du projet (source : Géoportail)

1.1.1. Objectifs des missions géotechniques

Dans le cadre de ce projet, l'AP-HP a missionné Antea Group pour la réalisation d'une mission de diagnostic géotechnique (G5), ainsi que d'une étude géotechnique de conception en phase projet (G2 PRO) au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013, définissant les missions géotechniques.

Un tableau synoptique de cette norme est fourni en **Annexe I** de ce rapport.

Les objectifs de cette étude sont ainsi donnés par mission :

Mission de conception géotechnique (G5) :

- Synthèse des données géologiques et géotechniques issues de sources bibliographiques ou de projets connexes ;
- Inspection visuelle du mur dans le but de relever les principaux types de désordres ;
- Synthèse des investigations géotechniques dans l'objectif de définir :
 - La géométrie du mur (dimensions, et mode de fondation) ;
 - La lithologie en place et les caractéristiques mécaniques des sols.
- Calcul de la stabilité en grand et en interne du mur ;
- Synthèse des causes possibles de désordres.

Mission de conception géotechnique (G2 PRO) :

- Définition d'un modèle de paramètres géotechniques de calcul ;
- Proposition et dimensionnement d'une méthode de confortement ;
- Fourniture des préconisations d'exécution ;
- Définition des risques géotechniques résiduels et les moyens de les réduire en phase exécution.

1.1.2. Documents de référence

Les documents de référence d'Antea Group pour la réalisation de cette étude sont les suivants :

Documents mis à disposition par l'AP-HP :

- Plan topographique, AP-HP, Mai 2025.

Documents techniques et normatifs :

- Missions d'ingénierie géotechnique – Classifications et Spécification, NF P 94-500, novembre 2013 ;
- Eurocode 7, calcul géotechnique, partie I – Règles générales – NF EN 1997-1, juin 2005 ;
- Norme NF P 94-261, juin 2013, Calcul géotechnique, Fondations superficielles ;
- Norme NF P 94-262, juillet 2013, Calcul géotechnique, Fondations profondes ;

Documents consultés :

- Le site Géoportail (<https://www.geoportail.gouv.fr/>) pour :
 - Les cartes IGN ;
 - Les photos satellites ;
- La carte géologique au 1/50 000^{ème} de Toulon, et la notice qui l'accompagne ;
- La Banque de Données du Sous-Sol (BSS) du BRGM ;
- Les sites du BRGM :
 - Le visualiseur Infoterre pour les cartes géologiques et les cartes d'aléa inondations par débordement de nappe (<http://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do>) ;
 - L'espace cartographique du Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines en Seine-Normandie (SIGES Seine-Normandie) pour un extrait de la carte hydrogéologique de la France au 1/50 000^{ème} (<http://sigessn.brgm.fr/?page=carto>).
- Le site Géorisques (<https://www.georisques.gouv.fr/>) pour les zonages cartographiques des aléas naturels ;
- L'ouvrage Géologie et géotechnique de la région parisienne de Georges Filliat et Christian Duvauchelle.

1.2. Contexte du site

1.2.1. Topographie

La zone d'étude se situe au nord du bâtiment Hôtel Château situé dans la commune d'Hyères (83).

La surface concernée par le projet est d'environ 4 800 m² d'après les informations fournies par l'AP-HP (soit 120 m * 40 m).

La topographie du site est principalement en pente, avec une altimétrie pouvant varier entre 51,0 et 56,0 m NGF d'Ouest en Est et entre 45 et 58 m NGF du Nord au Sud.



Figure 3 : Profil altimétrique Ouest et Est sur l'emprise du projet (Source : Géoportail)

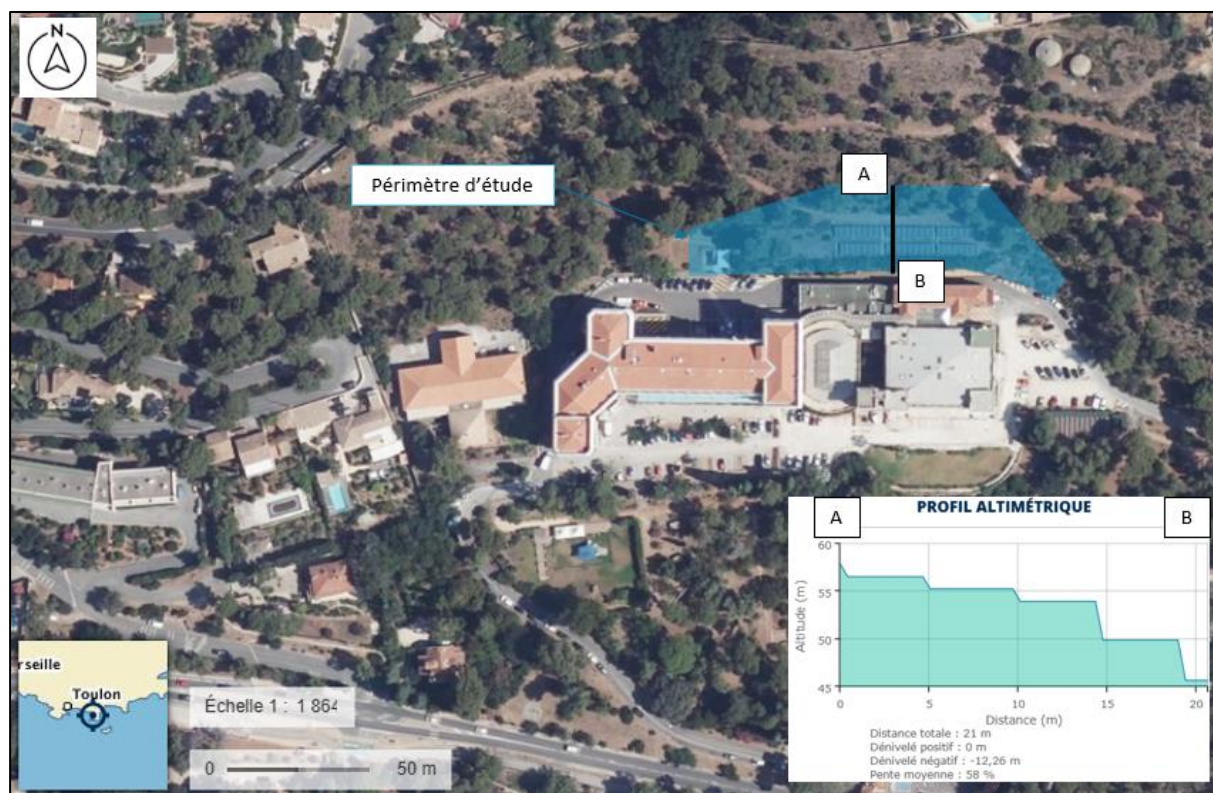


Figure 4 : Profil altimétrique Nord et Sud sur l'emprise du projet (Source : Géoportail)

1.2.2. Avoisinants

Le périmètre d'étude se situe en limite nord-est de l'enceinte de l'hôpital d'Hyères, à proximité directe d'un parking existant.

Au nord et à l'est du site étudié, on observe une zone boisée possédant peu ou pas de constructions majeures dans l'immédiat voisinage du mur à diagnostiquer. La présence de végétation arbustive et d'arbres peut influencer localement le régime d'humidité du sol, ainsi que les conditions de stabilité du talus grâce au système racinaire, mais ne représente pas une charge structurelle significative.

Sur les abords sud et ouest, le domaine hospitalier comprend des bâtiments, voiries d'accès et des espaces techniques. Ces ouvrages, bien qu'éloignés du périmètre d'étude, nécessitent vigilance lors des travaux afin d'éviter tout impact sur la circulation, les réseaux enterrés (eaux, électricité) et la sécurité des personnes.

1.3. Inspection visuelle

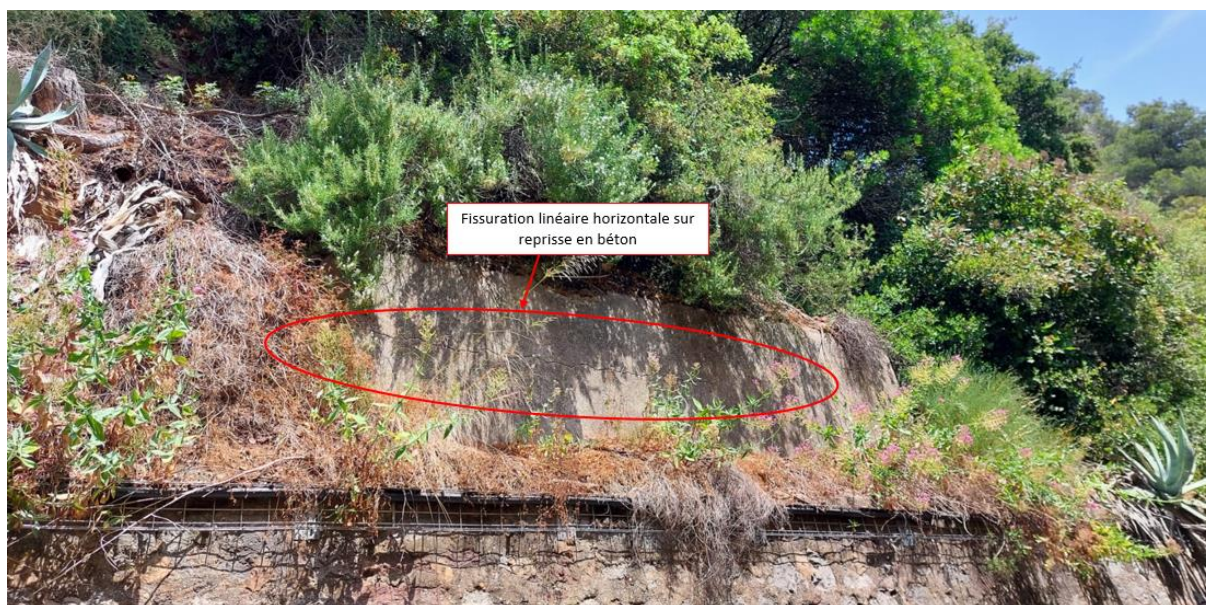
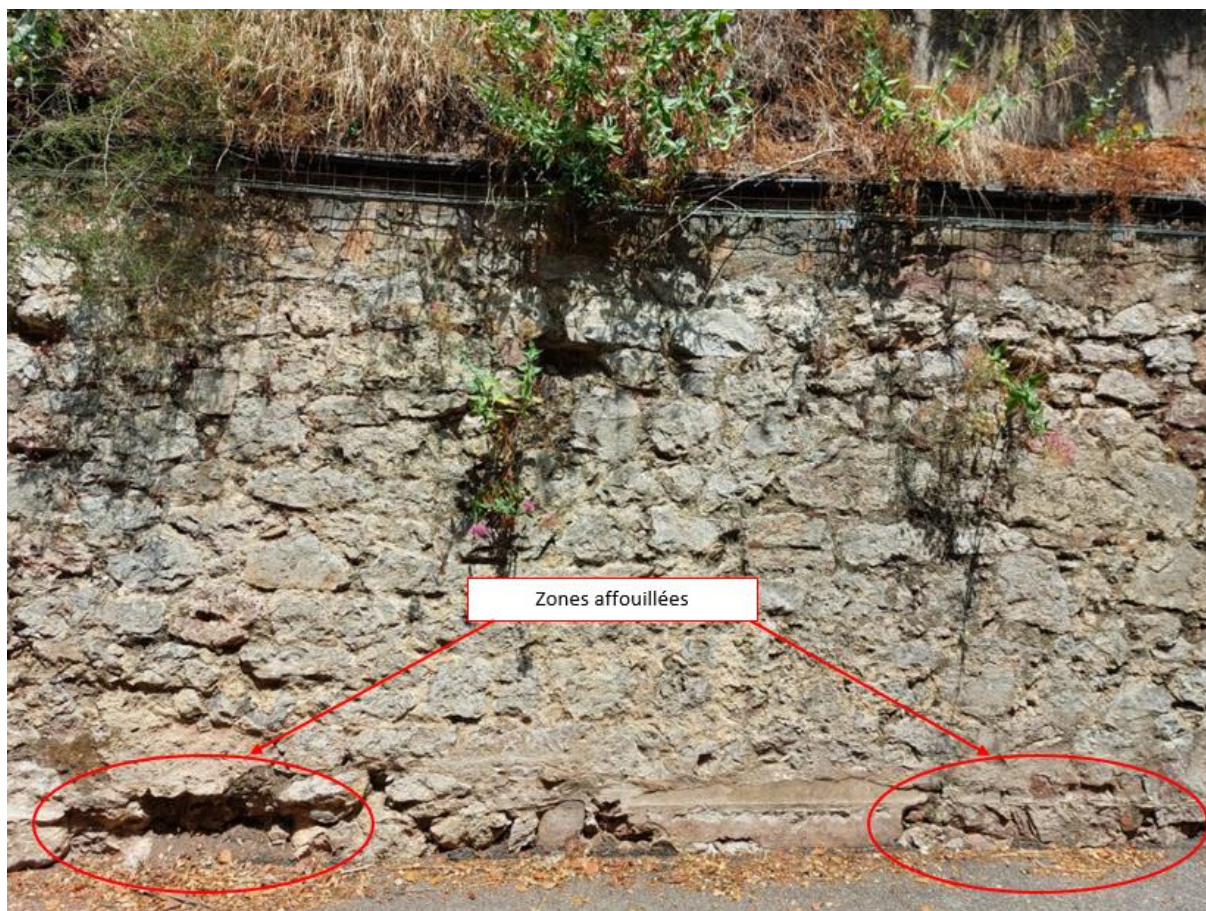
Le mur de soutènement présente un état sans désordres majeurs, marqué par une maçonnerie en moellons hétérogènes et des joints altérés, avec quelques anomalies structurales et environnementales observées lors de la visite de site du 10 avril 2025. Les caractéristiques principales sont les suivantes :

- Maçonnerie en moellons hétérogènes avec joints altérés et dégradés ;
- Décroché visible en partie centrale du mur ;
- Intrusion de racines dans les joints des pierres ;
- Chemin de câbles en encorbellement ;
- Abondante végétation arbustive au sommet et sur les parements du mur ;
- Reprise partielle sommitale en béton présentant une fissuration linéaire horizontale ;

- Matériaux vierges instables en surplomb, non retenus par la végétation ;
- Jardinières sous forme de cavités hémisphériques remplies de végétation ;
- Absence de barbacanes en pied de mur pour l'évacuation des eaux pluviales ;
- Présence ponctuelle de grillage en partie haute ;
- Petites zones affouillées en pied de mur.

Des photographies illustrant les remarques faites sont données ci-dessous.









1.4. Contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique

1.4.1. Contexte géologique

D'après la carte géologique au 1/50 000^e de Toulon, feuille n°1064, les données de la BSS et les études antérieures réalisées au droit du site la stratigraphie attendue au droit du site est la suivante :

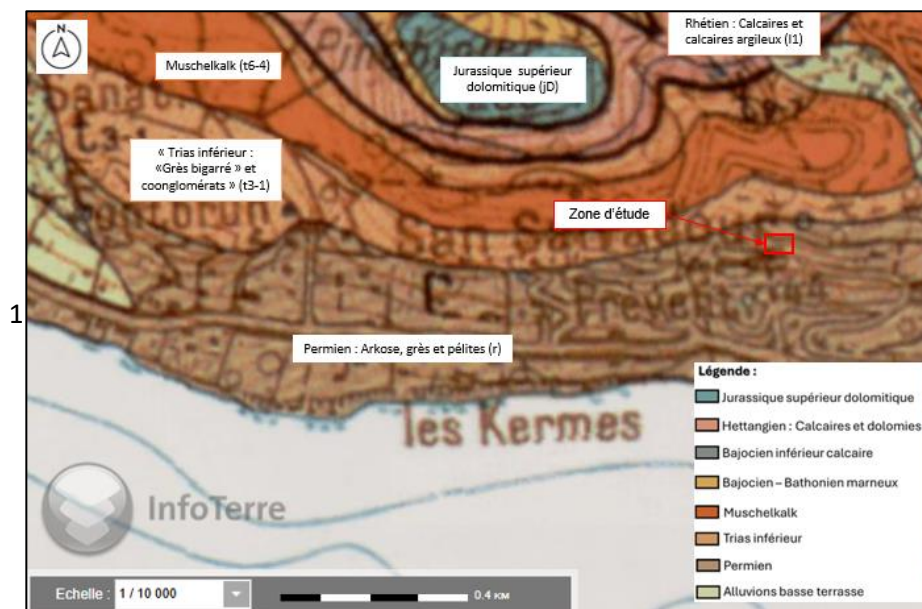


Figure 5 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000^{ème} de Toulon du BRGM (Source : InfoTerre)

1.4.2. Contexte hydrogéologique

Le Golfe de Giens est localisé à environ 280 m en Aval du site. La figure ci-dessous présente la localisation du site par rapport au Golfe de Giens dans la mer Méditerranée.



Figure 6 : Réseau hydrographique au droit du site (Source : Géoportail)

1.4.3. Aléas géotechniques recensés

Les différents aléas géotechniques identifiés au droit du site sont présentés ci-après.

1.4.3.1. Aléa Inondation

D'après les données cartographiques issues de la banque de données Géorisques, la zone d'étude n'est pas concernée par l'aléa Inondation par remontée de nappe.

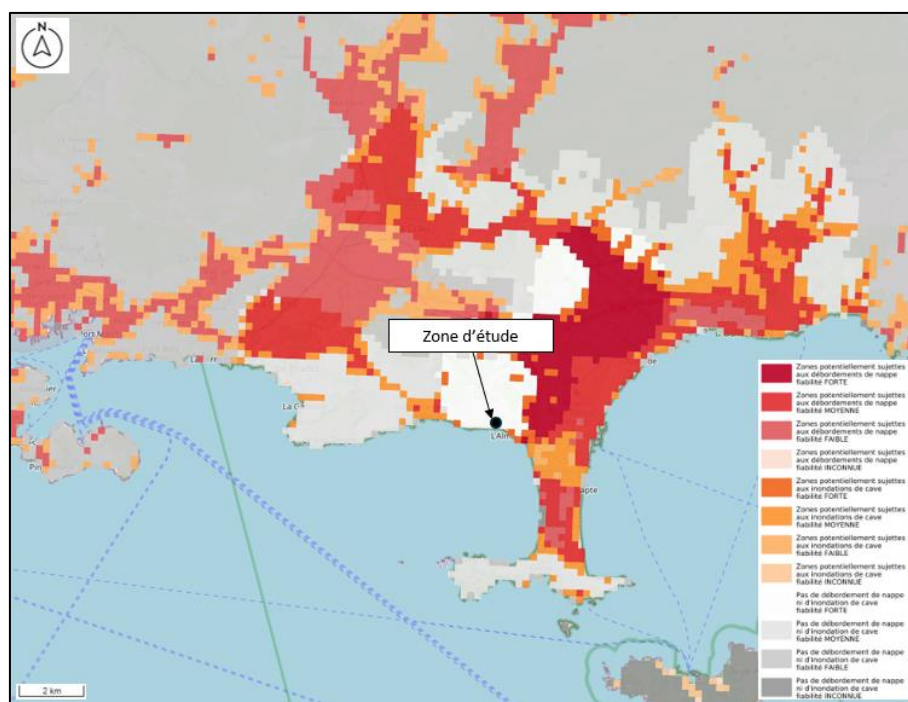


Figure 7 : Extrait du zonage de l'aléa Inondation (Source : Géorisques)

1.4.3.2. Aléa Retrait-gonflement des sols argileux

Les sols qui contiennent de l'argile gonflent en présence d'eau (saison des pluies) et se tassent en saison sèche. Ces mouvements de gonflement et de rétractation du sol peuvent endommager les bâtiments (fissuration). Les maisons individuelles qui n'ont pas été conçues pour résister aux mouvements des sols argileux peuvent être significativement endommagées. C'est pourquoi le phénomène de retrait et de gonflement des argiles est considéré comme un risque naturel. Le changement climatique, avec l'aggravation des périodes de sécheresse, augmente ce risque.

D'après la cartographie du BRGM, l'aléa vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement au droit de la zone d'étude est qualifié de fort.

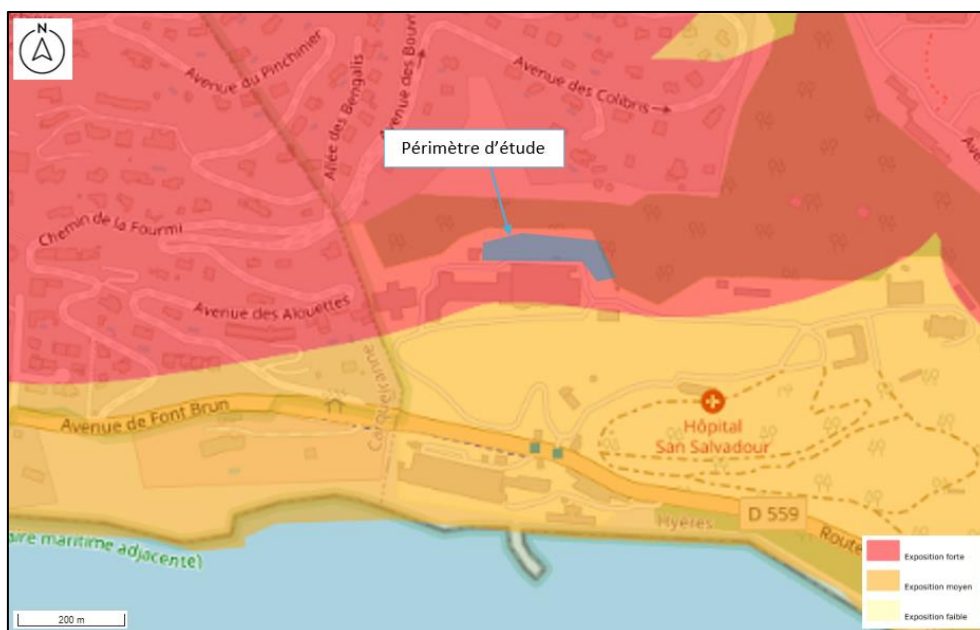


Figure 8 : Carte des risques de retrait et gonflement des sols argileux (Source : Géoportail)

1.4.3.3. Aléa Cavités et carrières

D'après les données issues du site Géorisques, aucune cavité ou mouvement de terrain n'est répertorié dans un rayon d'un kilomètre du site, sur la base des données disponibles sur le site du BRGM.

Néanmoins, la présence de cavité de nature « carrière » se situent à minima 1,1 km du projet.

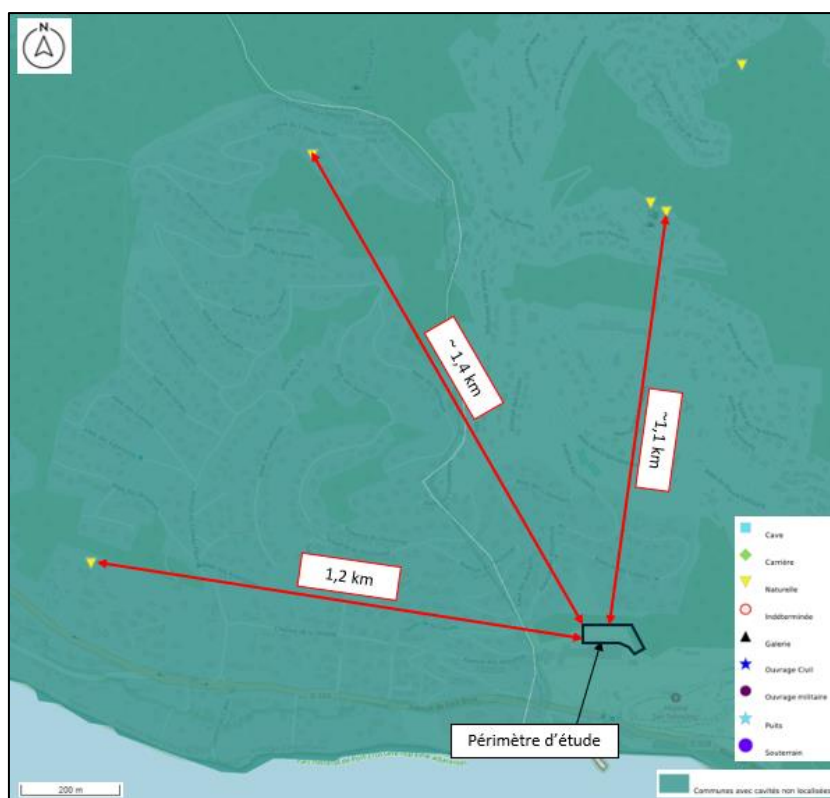


Figure 9 : Carte des risques de Cavités et carrières (Source : Géoportail)

1.4.3.4. Aléa sismique

La commune d'Hyères est située en zone de sismicité 2, faible d'après le zonage de la France, applicable depuis le 1^{er} mai 2011. Les sollicitations sismiques n'ont pas à être prises en compte dans le dimensionnement des ouvrages projetés.

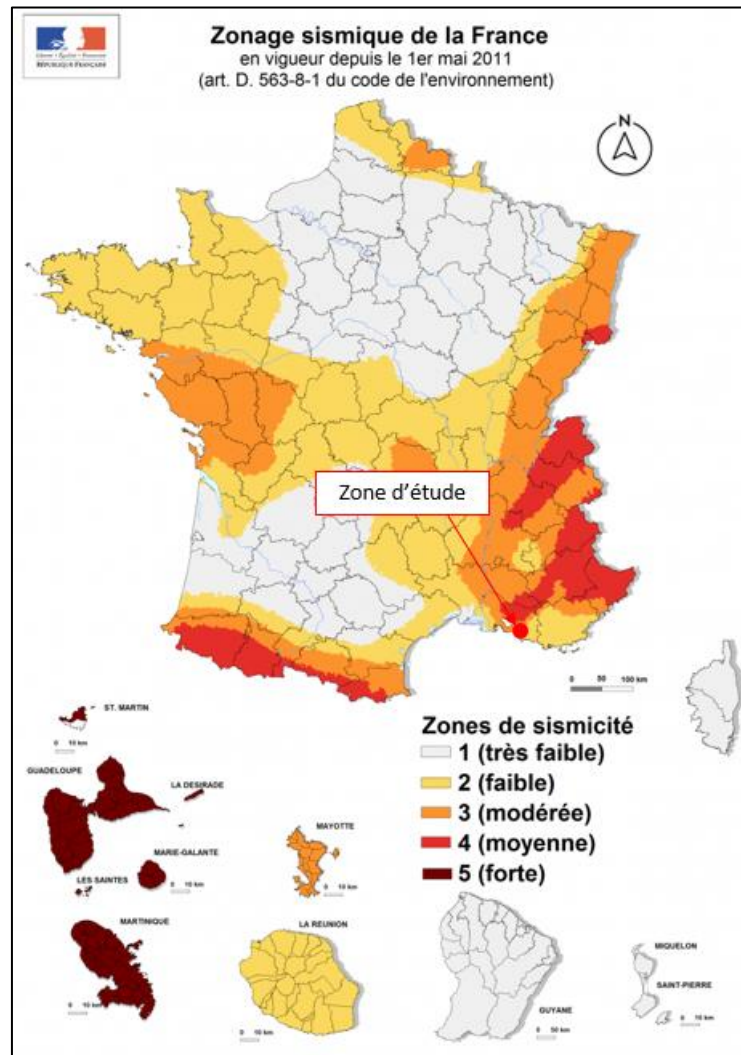


Figure 10 : Localisation de la zone d'étude sur le zonage sismique de la France (Source : Géorisques)

1.5. Reconnaissances géotechniques

1.5.1. Campagne d'investigation réalisée

Dans le cadre de la présente mission G5 /G2 PRO pour le projet de diagnostic géotechnique et conception du confortement d'un mur en pied de talus sur l'hôpital d'Hyères (83), une campagne d'investigations a été réalisée pour permettre de tracer un profil géologique et géotechnique du talus, depuis le chemin derrière les panneaux solaires jusqu'au pied du mur où celui est fondé, ayant pour objet le programme suivant :

- **En tête** du talus, sur le chemin derrière les panneaux :
 - 1 sondage carotté descendu à 15 m de profondeur avec prélèvements de 2 échantillons intacts pour essais en laboratoire ;
 - 1 sondage pressiométrique descendu à 15 m de profondeur avec réalisation de 14 essais pressiométriques ;
 - 1 piézomètre descendu à 15 m de profondeur.
- **En pied** de talus :
 - 1 sondage carotté descendu à 6 m de profondeur avec prélèvements de 2 échantillons intacts pour essais en laboratoire ;
 - 1 sondage pressiométrique descendu à 6 m de profondeur avec réalisation de 5 essais pressiométriques ;
 - 1 piézomètre descendu à 6 m de profondeur ;
 - 1 fouille de reconnaissance descendue à 1,3 m de profondeur pour la reconnaissance des fondations du mur existant.

Le programme d'essais en laboratoire, réalisé sur les échantillons prélevés dans les sondages carottés, est le suivant :

- **3 packs d'essais d'identification des sols** (teneur en eau, limites d'Atterberg et granulométrie), pour classification GTR ;
- **3 essais d'agressivité des sols vis-à-vis des bétons ;**
- **2 essais de cisaillement direct à la boîte de Casagrande ;**
- **1 essai triaxial sur roche.**

1.5.2. Plan d'implantation des sondages

Le plan d'implantation général des investigations réalisées est reporté dans la figure ci-dessous.

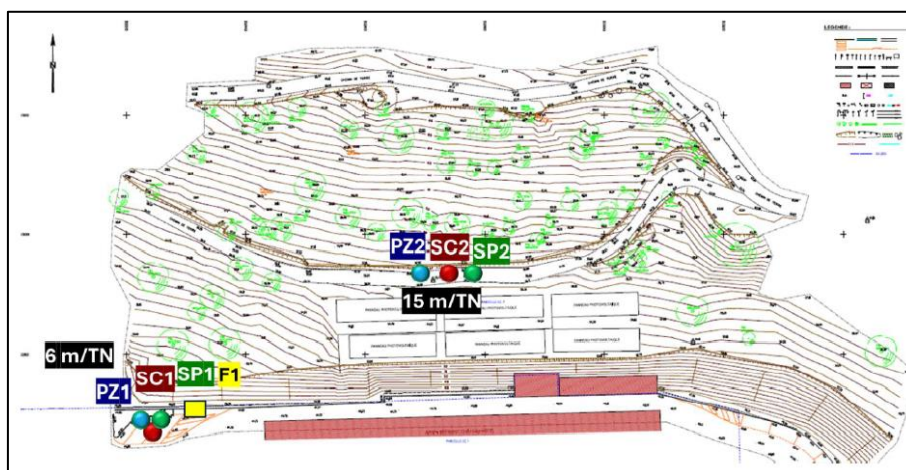


Figure 11 : Plan d'implantation des investigations réalisées

1.5.3. Coordonnées des points de sondages

Les coordonnées approximatives des points de sondage réalisés en 2025 sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Coordonnées approximatives des points de sondages

Coordonnées Lambert 93			
Sondage	X	Y	Z
n°	m	m	m NGF
SC1	953 436	6 225 766	44,80
SC2	953 501	6 225 792	56,60
PZ1	953 431	6 225 765	44,90
PZ2	953 492	6 225 792	56,25
SP1	953 446	6 225 767	44,70
SP2	953 495	6 225 792	56,80
F1	953 452	6 225 772	44,80

Nota : La précision de ces coordonnées est relative et fournie avec une incertitude de mesure. Tout relevé précis devra être réalisé par un géomètre expert.

1.5.4. Déroulé des investigations

La fouille de reconnaissance de fondation s'est déroulée du 14/10/2025 au 15/10/2025, tandis que les sondages géotechniques ont eu lieu du 13/10/2025 au 16/10/2025.

1.5.5. Limite de la méthode

Les sondages sont des reconnaissances ponctuelles qui ne peuvent offrir une vision continue de l'état des terrains. Leur implantation et leur densité, guidées par la reconnaissance que nous avons du site et limitées par la présence de bâtis, permettent d'avoir une vision représentative de l'état du sous-sol, sans que l'on puisse exclure, entre deux sondages, l'existence d'une anomalie d'extension limitée qui aurait échappée aux mailles de nos investigations.

2. Synthèse géotechnique

2.1. Lithologie

La détermination de la lithologie et sa succession stratigraphique est basée sur la description des terrains tels qu'ils peuvent être observés sur les sondages carottés, complétée pour certains horizons des observations issues des paramètres de forage, ou des essais pressiométriques.

Pour mémoire, les côtes exprimées ci-dessous sont établies à partir de la cote en tête de SC1 et SC2, soit respectivement 44,8 m NGF et 56,6 m NGF.

Ainsi, la lithologie rencontrée au droit de la zone d'étude est la suivante :

- **Grès sableux** : Les grès sableux sont caractérisés ici par des sables carbonatés lâches et parfois argileux, marron rougeâtre, avec présence d'éléments indurés marron rougeâtre millimétriques à centimétriques. Ces grès sont d'une épaisseur localement comprise entre 5,0 m et 6,0 m.

La base de cet horizon varie donc entre 39,7 et 38,7 m NGF environ en pied de talus, et entre 52,7 et 51,7 m NGF en tête de talus.



Figure 12 : Extrait des photographies du sondage carotté dans les grès sableux (source : SC1 – 0 à 2,0 m)



Figure 13 : Extrait des photographies du sondage carotté dans les grès sableux (source : SC1 – 3,0 à 5,0 m)



Figure 14 : Extrait des photographies du sondage carotté dans les grès sableux (source : SC1 – 5,0 à 6,0 m)



Figure 15 : Extrait des photographies du sondage carotté dans les grès sableux (source : SC2 – 0 à 2,0 m)



Figure 16 : Extrait des photographies du sondage carotté dans les grès sableux (source : SC2 – 2,0 à 5,0 m)

- **Arkose** : L'arkose saine se caractérise ici sous un faciès rocheux, peu fracturé en surface à très fracturé en profondeur avec des passages marneux. L'horizon est plutôt de forte compacité.



Figure 17 : Extrait des photographies du sondage carotté dans l'arkose (source : SC2 – 5,0 à 7,0 m)



Figure 18 : Extrait des photographies du sondage carotté dans l'arkose (source : SC2 – 7,0 à 9,0 m)



Figure 19 : Extrait des photographies du sondage carotté dans l'arkose (source : SC2 – 10,0 à 12,0 m)



Figure 20 : Extrait des photographies du sondage carotté dans l'arkose (source : SC2 – 12,0 à 14,0 m)



Figure 21 : Extrait des photographies du sondage carotté dans l'arkose (source : SC2 – 14,0 à 15,0 m)

Tableau 2 : Modèle stratigraphique au droit de la zone d'étude en pied de talus (basé sur SP1 et SC1)

Formation lithologique	Cote moyenne de la base	Epaisseur moyenne
	m NGF	m
Grès sableux	<38,7	>6,0

Tableau 3 : Modèle stratigraphique au droit de la zone d'étude en tête de talus (basé sur SP2 et SC2)

Formation lithologique	Cote moyenne de la base	Epaisseur moyenne
	m NGF	m
Grès sableux	51,7	5,0
Arkose	<41,7	>10,0

2.2. Essai d'identification GTR - Essai triaxial - Essai de cisaillement

Le tableau suivant synthétise les résultats des essais d'identification des sols réalisés au droit du site :



 antea group

 Laboratoire d'essais géomécaniques

Synthèse des Résultats d'Essais

 N° Rapport : Lab25239

Date de Mise-à-jour : 12/11/2025

N°Projet : PACP250257

 Projet : Hyères (83) - Hôpital San Salvador

 Client : APHP

Unité : ANTONY

 Chef de Projet : M. VRAZINIS

Code	S 102	S 111	S 109	S 110F	S 305	R 408
Intitulé	Teneur en eau pondérale NF P94-038	Analyse granulométrique NF EN ISO 12657-4	Unité d'essai (liquides et plastiques) NF P94-032 / NF P99-053	Agresivité des sds vis-à-vis des bétons (méthode Baumann Gully + SO ₄) FD P318-011 / NF EN 206-1	Classification GTR NF EN 206-2	Classification de l'environnement (cf. tableau C-030000)
Symbole	W _p	D ₅₀	W _L	IP	IC	SO ₄ ²⁻
Unité	(%)	(mm)	(%)	(%)	(%)	(mg/kg MS)
Référence de l'échantillon / description visuelle						
SC1 de 2.00 à 3.00 m Silt sableux carbonaté lâche, marron rougeâtre. Présence d'éléments indurés marron rougeâtre millimétriques à centimétriques.	8.8	7	100	99.3	83.4	28
SC2 de 3.00 à 4.00 m Sable silteux carbonaté lâche, marron rougeâtre. Présence d'éléments indurés marron rougeâtre millimétriques à centimétriques.	3.8	17	100	81.8	48.5	26
SC2 de 9.00 à 10.00 m						

(*) : paramètre à prendre en compte lorsque IP > 12 et particules inférieures ou égales à 83 µm > 35%.

* Essai en cours

III- INTERPRETATION DES RESULTATS ET CLASSIFICATION

Le tableau ci-dessous rappelle les différentes classes d'environnement des sols en fonction de leur concentration en sulfates (données par la norme NF EN 206-1) :
 Cas des sols naturels :

Classes d'environnement	XA1	XA2	XA3
Agents agressifs			
SO ₄ ²⁻ mg/kg	≥ 2000 et ≤ 3000*	> 3000* et ≤ 12000	> 12000 et ≤ 24000
Acidité Baumann Gully	> 200	N'est pas rencontré dans la pratique	

* la limite doit être ramenée de 3000 mg/kg à 2000 mg/kg, en cas de risque d'accumulation d'ions sulfate dans le béton due à l'alternance de périodes sèches et de périodes humides, ou par remontée capillaire.

Fiche : Lab25239 - Synthèse des Résultats d'Essais

(*) : paramètre à prendre en compte lorsque IP > 12 et particules inférieures ou égales à 63 µm > 35%.

* Essai en cours

III- INTERPRETATION DES RESULTATS ET CLASSIFICATION

Le tableau ci-dessous rappelle les différentes classes d'environnement des sols en fonction de leur concentration en sulfates (données par la norme NF EN 206-1) :

Cas des sols naturels :

Classes d'environnement	XA1	XA2	XA3
Agents agressifs			
SO ₄ ²⁻ mg/kg	≥ 2000 et ≤ 3000*	> 3000* et ≤ 12000	> 12000 et ≤ 24000
Acidité Baumann Gully	> 200	N'est pas rencontré dans la pratique	

* la limite doit être ramenée de 3000 mg/kg à 2000 mg/kg, en cas de risque d'accumulation d'ions sulfate dans le béton due à l'alternance de périodes sèches et de périodes humides, ou par remontée capillaire.

2.3. Caractéristiques mécaniques des formations

Les caractéristiques géomécaniques des sols sont données par les valeurs pressiométriques. Les sondages et essais pressiométriques sont réalisés selon la norme NF EN ISO 22476-4. Les résultats des essais pressiométriques sont caractérisés par :

- Le module pressiométrique Ménard E_M (MPa), définit le comportement pseudo-élastique du sol. Il entre dans les calculs de tassements des fondations ;
- La pression de fluage P_f (MPa), correspond à la fin de la phase pseudo élastique ;
- La pression limite nette PI^* (MPa), qui représente la résistance du sol à la rupture et entre dans le calcul des contraintes admissible.

Pour chaque formation géologique, les modules pressiométriques E_M et pressions limites nettes PI^* sont analysés de manière statistique. Sont ainsi donnés :

- Le nombre d'essais réalisés dans la formation (NB) ;
- La valeur moyenne (moyenne arithmétique en MPa) ;
- La moyenne harmonique pour les modules de déformation (MPa) ;
- La moyenne géométrique pour les pressions limites (MPa) ;
- L'écart type σ en MPa ;
- Les valeurs minimales et maximales mesurées pour les modules de déformation et les pressions limites ;
- Le rapport E_M/PI^* .

Pour l'établissement de cette synthèse, nous avons analysé les données des 2 sondages pressiométriques réalisés au droit du site étudié.

Au droit de ces sondages, la délimitation des différentes formations lithologiques a été réalisée à partir des cuttings. En effet, les remontées de forage sous forme de boues ne permettent pas d'identifier avec précision les interfaces entre les différentes couches géologiques.

Les coupes des sept sondages pressiométriques sont disponibles en **annexe**.

2.3.1. Grès Sableux

5 essais pressiométriques ont été réalisés dans les grès sableux ou terrains superficiels du site, dont la synthèse est reportée dans le tableau ci-dessous. On retiendra de bonnes caractéristiques mécaniques d'ensemble.

Tableau 4 : Synthèse des essais pressiométriques réalisés dans les grès sableux

Grès sableux	E_M	PI^*
	MPa	MPa
Nombre de Mesures	5,0	5,0
Moyenne Arithmétique	65,4	3,8
Valeur Min	10,0	1,2
Valeur Max	100,0	4,8
Ecart-Type	36,2	1,4
Moyenne Harmonique	31,2	2,8
Moyenne Géométrique	49,3	3,4
Rapport E_M/PI^*	19,0	

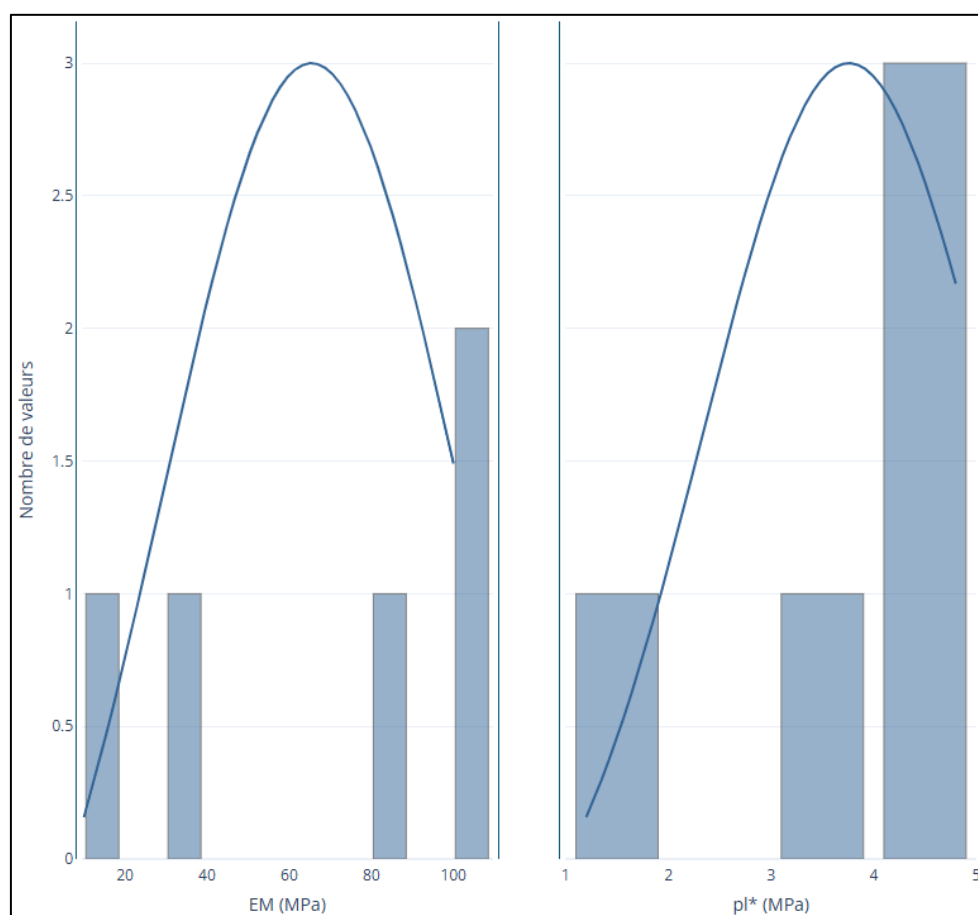


Figure 22 : Histogrammes de répartition des paramètres pressiométriques dans les grès sableux

On retiendra comme valeurs caractéristiques, les paramètres pressiométriques suivants :

- Pression limite $PI^* = 3,5$ MPa
- Module pressiométrique $E_M = 65$ MPa

2.3.2. Arkose

9 essais ont été réalisés dans l'arkose saine. Les histogrammes de répartition montrent une répartition homogène de type gaussienne du module pressiométrique et des pressions limites. Les caractéristiques mécaniques de l'horizon sont plutôt bonnes à très bonnes.

Tableau 5 : Synthèse des essais pressiométriques réalisés dans l'arkose

Arkose	E_M	PI^*
	MPa	MPa
Nombre de Mesures	9,0	9,0
Moyenne Arithmétique	92,0	5,1
Valeur Min	34,0	3,1
Valeur Max	100,0	6,9
Ecart-Type	20,7	1,1
Moyenne Harmonique	82,0	4,8
Moyenne Géométrique	88,4	5,0
Rapport E_M/PI^*	19,0	

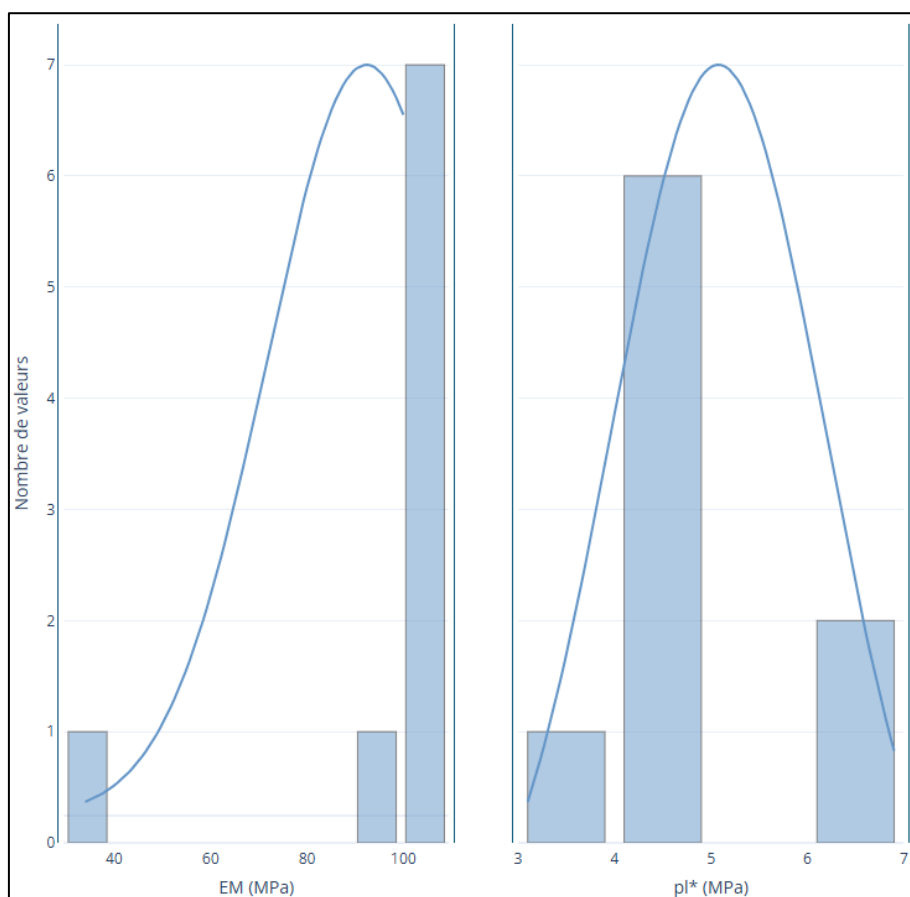


Figure 23 : Histogrammes de répartition des paramètres pressiométriques dans l'Arkose

Les valeurs pressiométriques caractéristiques retenues pour cet horizon sont :

- Pression limite $PI^* = 4,5$ MPa
- Module pressiométrique $E_M = 90$ MPa

2.4. Niveau d'eau relevé

Deux niveaux d'eau ont été relevés dans les piézomètres PZ1et PZ2, respectivement sur les dates du 14/10/2025 et du 15/10/2025. Les valeurs mesurées sont données ci-dessous :

- Pz1 : Niveau d'eau relevé à 3,8 m/TN ;
- Pz2 : Niveau d'eau relevé à 9,5 m/TN.

2.5. Agressivité des sols vis-à-vis des bétons

Les valeurs limites pour les classes d'exposition données dans la norme NF EN 206 sont présentées dans la figure suivante :

Tableau 6 : Valeurs limites pour les classes d'exposition correspondant aux attaques chimiques des sols naturels –
Source : NF EN 206

Caractéristique chimique	Méthode d'essai de référence	XA1	XA2	XA3
Mg ²⁺ , en mg/l	ISO 7980	≥ 300 et ≤ 1 000	> 1 000 et ≤ 3 000	> 3 000 jusqu'à saturation
Sol				
SO ₄ ²⁻ mg/kg ^{a)} total	EN 196-2 ^{b)}	≥ 2 000 et ≤ 3 000 ^{c)}	> 3 000 ^{c)} et ≤ 12 000	> 12 000 et ≤ 24 000
Acidité ml/kg	DIN 4030-2	> 200 Baumann Gully	N'est pas rencontré dans la pratique	
a) Les sols argileux dont la perméabilité est inférieure à 10⁻⁵ m/s peuvent être classés dans une classe inférieure. b) La méthode d'essai prescrit l'extraction du SO₄²⁻ à l'acide chlorhydrique ; alternativement il est possible de procéder à cette extraction à l'eau si c'est l'usage sur le lieu d'utilisation du béton. c) La limite doit être ramenée de 3 000 mg/kg à 2 000 mg/kg, en cas de risque d'accumulation d'ions sulfate dans le béton due à l'alternance de périodes sèches et de périodes humides, ou par remontée capillaire.				

Deux prélèvements de sol ont été effectués dans les Grès sableux sur les sondages carottés SC1 et SC2, les résultats d'analyse sont reportés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 : Résultats des essais d'agressivité des sols

Taux	Unité	SC1	SC2	Seuil de classe d'agressivité
		0,7 à 1,0m	0,0 à 0,3 m	
Horizon		Remblais	Remblais	
Degré d'acidité	ml/kg MS	10	8	< XA1
Sulfates (SO4) calc.	mg/kg MS	<450	<450	< XA1

Les concentrations en agents agressifs mesurées sur les échantillons de sol, traduisent un environnement de **classe de faible agressivité (classe <XA1)** au regard des sulfates et du degré d'acidité. Le béton de fondations devra être formulé pour satisfaire à ces conditions d'agressivité chimique des sols. Il est rappelé que ces mesures sont ponctuelles et en fonction de la présence et la nature des terrains pouvant être agressifs vis-à-vis des bétons, la classe d'agressivité peut varier.

L'intégralité de ces résultats est présentée en annexe.

2.6. Modèle géotechnique

A ce stade de l'étude, il est possible d'établir les deux modèles géotechniques suivant pour un terrain d'étude pris à une côte de 44,7 m NGF en pied de talus et 56,7 m NGF en tête de talus :

Tableau 8 : Modèle géotechnique retenu en pied de talus (1)

Formation	Épaisseur	Cote base	γ	E_M	PI^*	E_M/PI^*	α	c'	ϕ'
Unité	m	m NGF	kN/m ³	MPa	MPa	-	-	kPa	°
Grès sableux	>6,0	<38,7	20	65	3,5	19	1/2	2	32

Tableau 9 : Modèle géotechnique retenu en tête de talus (2)

Formation	Épaisseur	Cote base	γ	E_M	PI^*	E_M/PI^*	α	c'	ϕ'
Unité	m	m NGF	kN/m ³	MPa	MPa	-	-	kPa	°
Grès sableux	5,0	51,7	20	65	3,5	19	1/2	2	33
Arkose	>10,0	<47,7	20	90	4,5	19	1/3	20	30

2.7. Profil géotechnique

Le profil géotechnique ci-dessous est retenu.

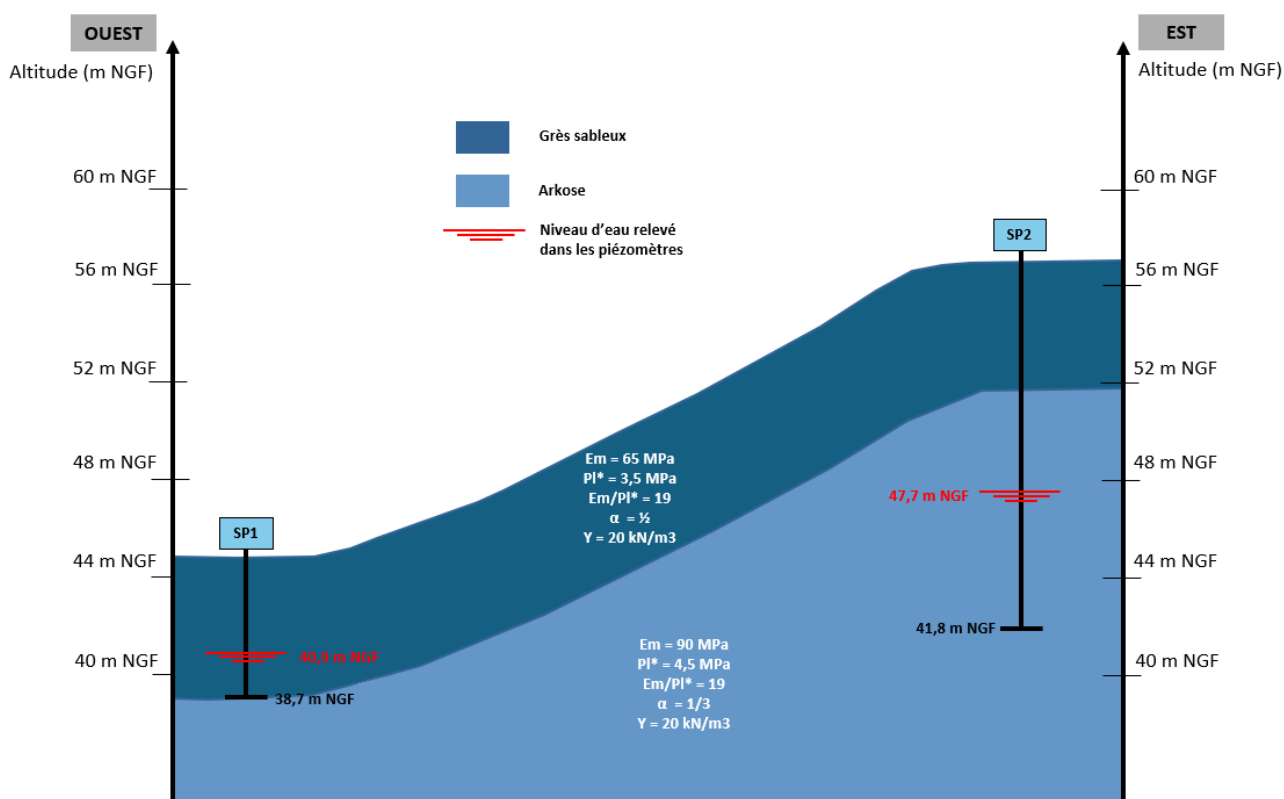


Figure 24 : Profil géotechnique retenu

2.8. Reconnaissance de fondation et géométrie du mur

La reconnaissance de fondations a pour principal objectif de définir le système de fondation existant, la géométrie des massifs et les terrains d'ancrage.

1 fouille a été réalisée au droit du bâtiment, dont la description détaillée est reportée dans les paragraphes suivants. Pour rappel, le plan d'implantation de la fouille manuelle de reconnaissance des fondations est reporté ci-dessous.

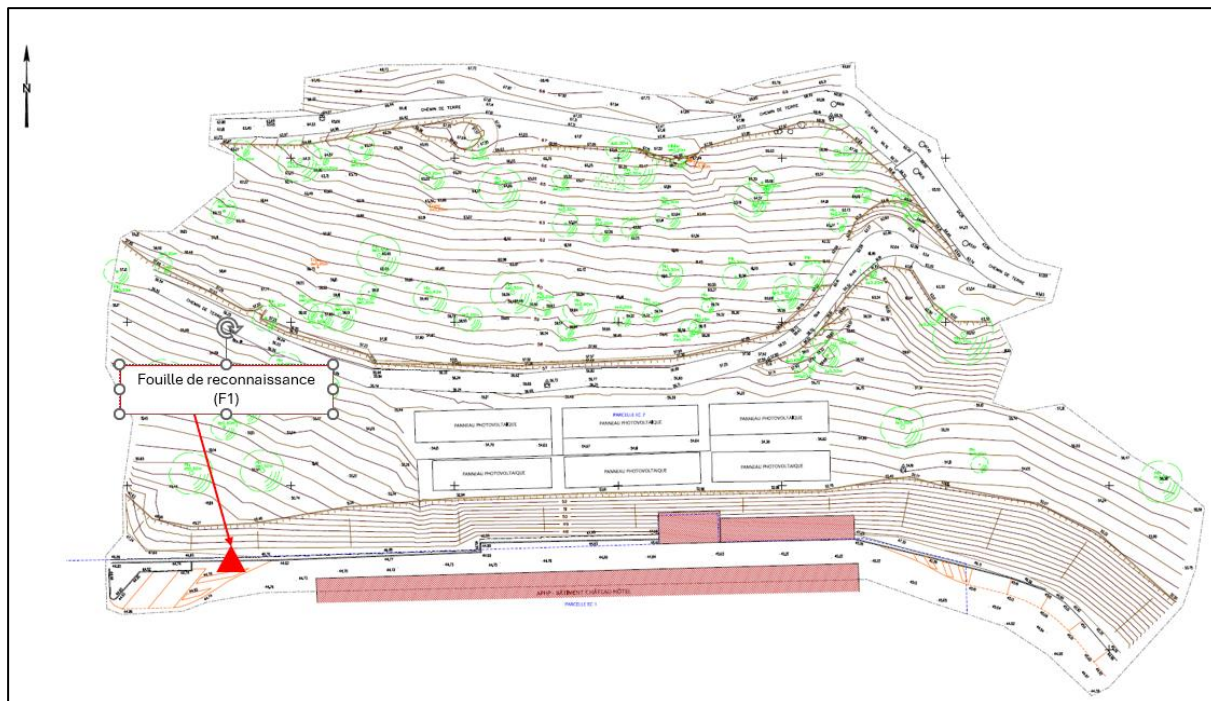


Figure 25 : Localisation de la fouille réalisée

Le relevé de fouilles de reconnaissance des fondations a été reporté en **Annexe II** du présent rapport.

Structure

La fouille réalisée au droit du mur en pierre d'un ouvrage existant a permis de mettre en évidence la fondation en pierre du mur. La fouille a été poursuivie jusqu'à une profondeur de 55 cm, permettant d'observer l'ensemble des couches superficielles, sans présence d'eau dans la fouille.

Terrains traversés

Les matériaux rencontrés sont les suivants :

- De 0 à 10 cm : une couche d'enrobé en surface, directement liée à l'aménagement de voirie et trottoir.
- De 10 à 30 cm : des remblais composés de matériaux hétérogènes mêlés à des éléments de végétation et racines.
- De 30 à 55 cm : une argile rouge compacte, caractéristique des terrains naturels sous-jacents à la zone remblayée.

La fouille a ainsi traversé l'ensemble du remblaiement et a atteint l'argile rouge, horizon naturel, sans atteindre d'eau, le niveau piézométrique étant nul. La présence de racines et de végétation superficielle est notée dans les remblais



Photo 1 : Photographie de la fouille F1

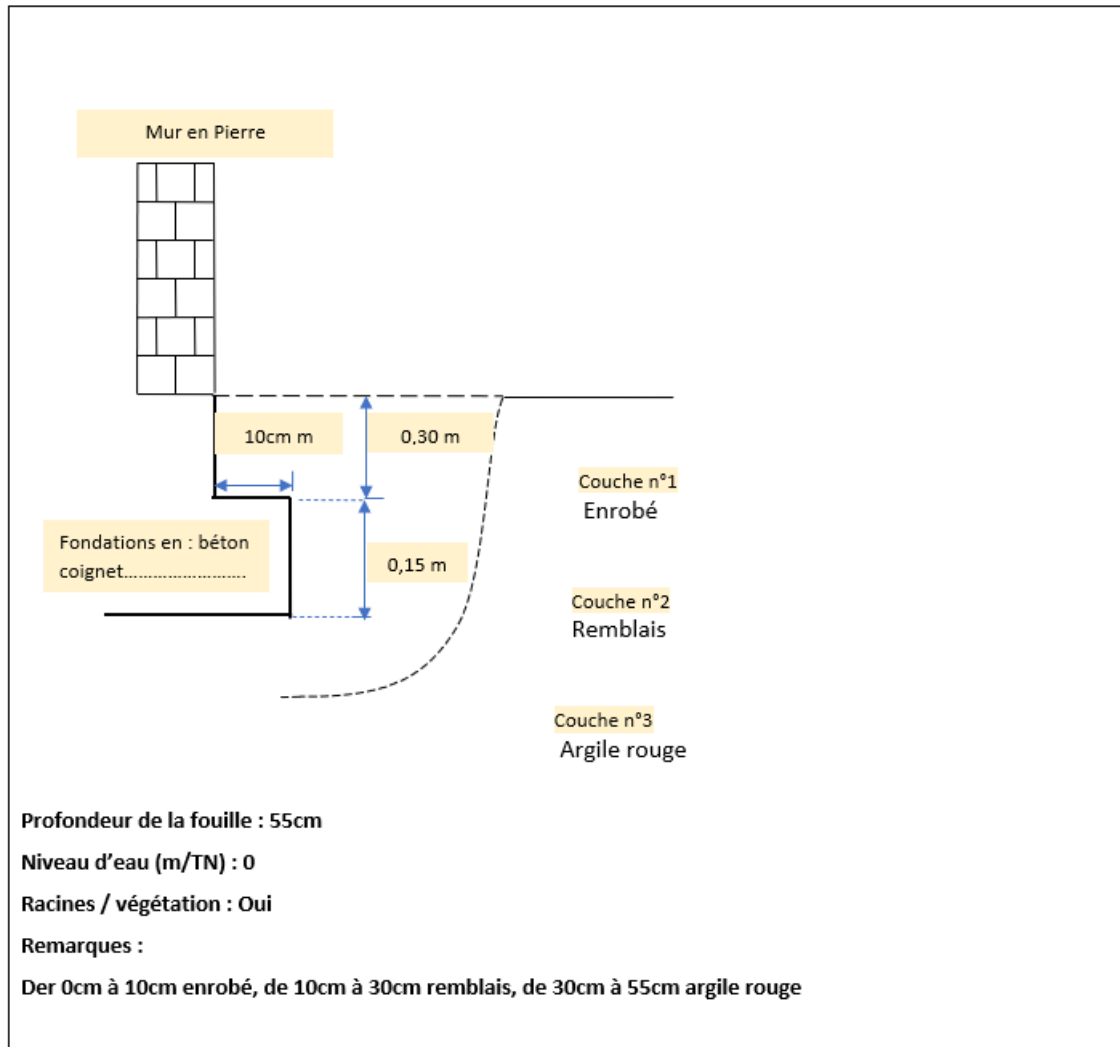


Figure 26 : Coupe de la fouille F1 réalisée

PARTIE 2 : Mission de conception G2PRO

3. Etude de la stabilité du mur existant

3.1. Stabilité externe

3.1.1. Méthodologie

Dans le cadre du présent diagnostic géotechnique, on s'intéressera en premier lieu à la stabilité en grand du massif.

Le calcul de stabilité du talus, a été mené à l'aide du logiciel de calcul TALREN 6, utilisant la méthode des tranches suivant la formulation de Bishop simplifiée, qui considère des surfaces de rupture à section circulaire, et pour laquelle le rapport des forces motrices au moment des forces résistantes développées le long de la surface de rupture potentielle définit le coefficient de surdimensionnement $F_{\min}$ pour chaque cercle étudié.

La vérification de la stabilité sera menée selon l'approche 3 (A1+M2+R3) telle que définie dans l'Eurocode 7 (NF EN 1997-1).

Il est recherché, pour l'ouvrage considéré, avec application des coefficients de sécurité partiel et de pondération des actions un coefficient de surdimensionnement $F_{\min}$ **supérieur ou égal à 1,0**, quels que soient les cercles de rupture considérés.

3.1.2. Hypothèses

3.1.2.1. Topographie et stratigraphie

La coupe étudiée est extraite du plan topographique fourni par l'AP-HP et des résultats des sondages réalisés dans l'opération, il a été supposé une interpolation linéaire entre les couches, en première approche.

3.1.2.2. Niveau de nappe

Il sera considéré un niveau de nappe amont à 47,7 m NGF et un niveau aval à 40,9 m NGF, et une interpolation linéaire entre ces deux niveau.

3.1.2.3. Charge en amont

La charge des panneaux photovoltaïques en amont a été intégrée avec une valeur de **10 kPa**, hypothèse à ce stade non vérifiée, mais qui aide à apprécier la sensibilité de la stabilité du talus à ce paramètre.

3.1.2.4. Confortements existants

Les filets et bétons projetés n'ont pas été modélisés dans cette approche, leur géométrie exacte n'étant pas connue.

3.1.2.5. Caractéristiques des terrains

On rappelle que les terrains adoptent les caractéristiques suivantes :

- **Grès sableux :**
 - $C' = 2 \text{ kPa}$;
 - $\Phi = 32^\circ$;
 - $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$;
- **Arkose :**
 - $C' = 20 \text{ kPa}$;
 - $\Phi = 30^\circ$;
 - $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$;

L'arkose étant une roche, son comportement dépend avant tout de sa fracturation, qui est difficile à intégrer dans le cadre d'un calcul sous Talren. Néanmoins, il est plus probable que le glissement soit effectif plutôt dans la couche sableuse supérieure.

3.1.2.6. Séisme

Le cas du séisme ne sera pas étudié dans le cadre du présent diagnostic.

3.1.2.7. Coupes d'études

Il sera étudié les cas suivants, pour juger de la sensibilité de la stabilité du talus :

- **Cas n°1** - sans prise en compte de la charge des panneaux photovoltaïques ;
- **Cas n°2** - avec prise en compte de la charge des panneaux photovoltaïques ;
- **Cas n°3** - avec prise en compte de la charge et augmentation de la cohésion de la première couche sablo-silteuse à 5 kPa (fourchette haute des essais labo réalisés)..

3.2. Résultats

Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Le détail des calculs est reporté dans l'Annexe III du présent rapport.

Tableau 10 : Résultats des calculs Talren

Coupe	F_{min}
1	0,84
2	0,82
3	0,96

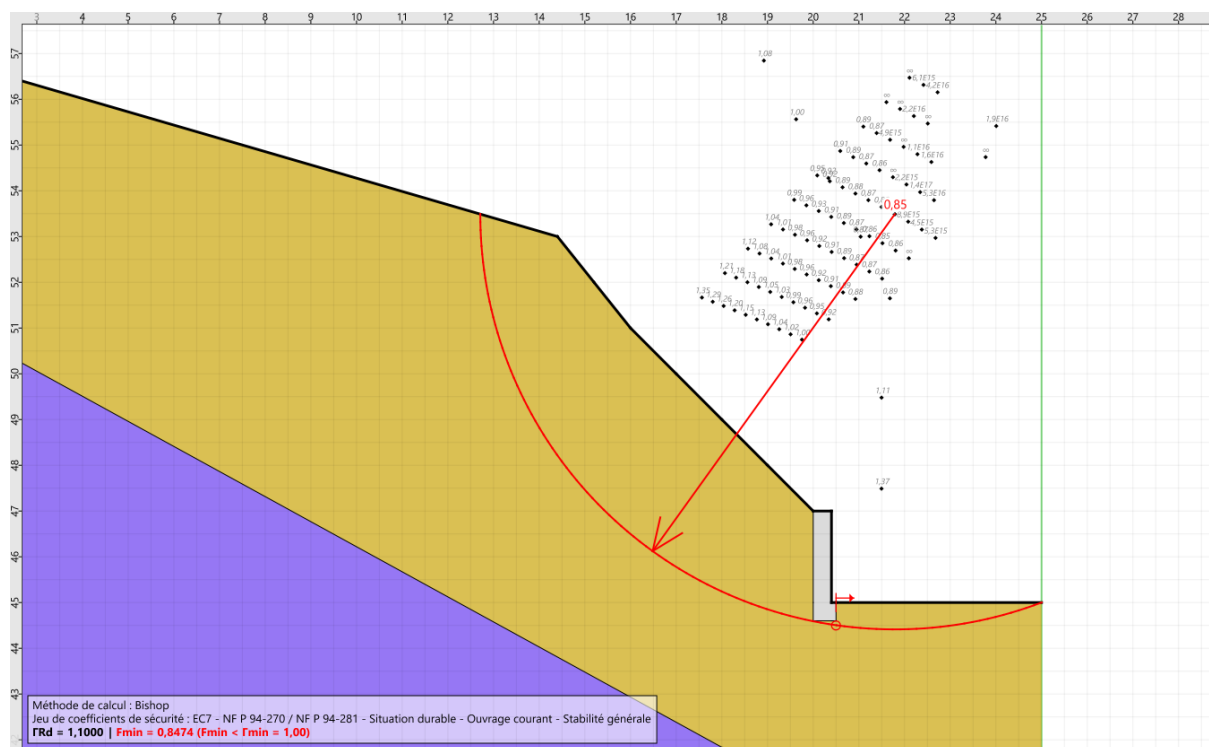


Figure 27 : Résultat - Calcul de stabilité Cas n°1

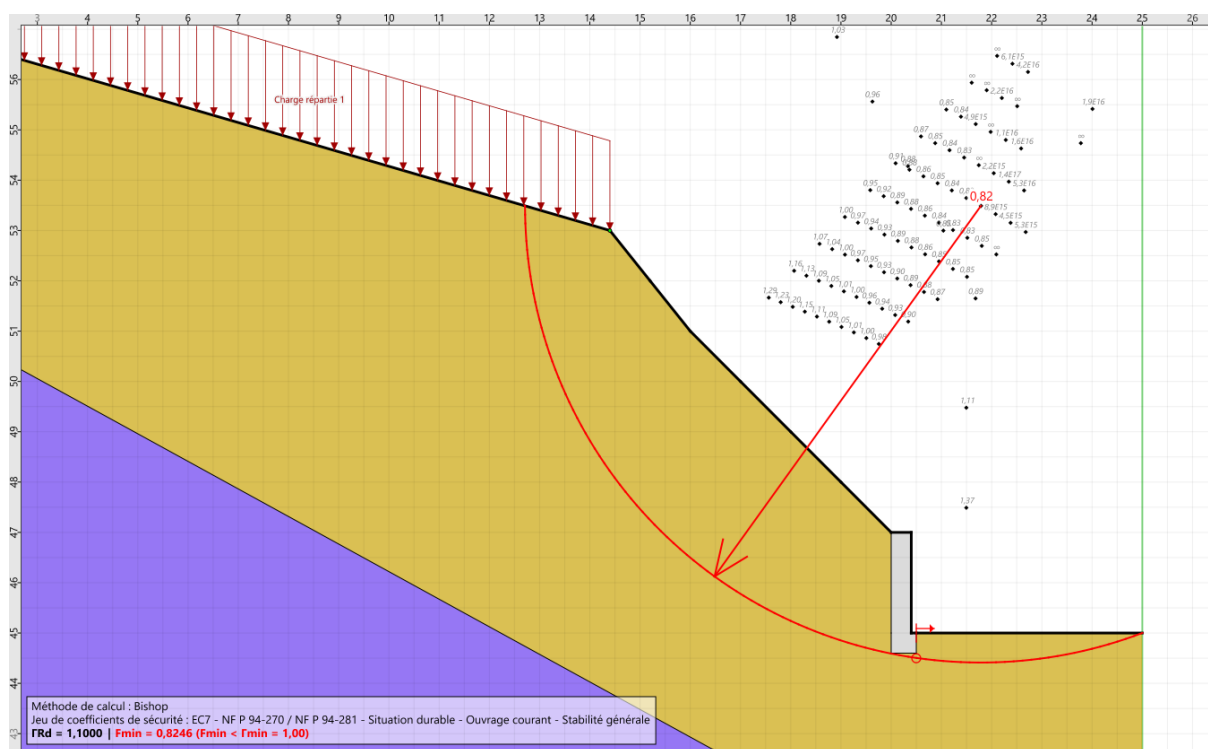


Figure 28 : Résultats – Calcul de stabilité – Cas n°2

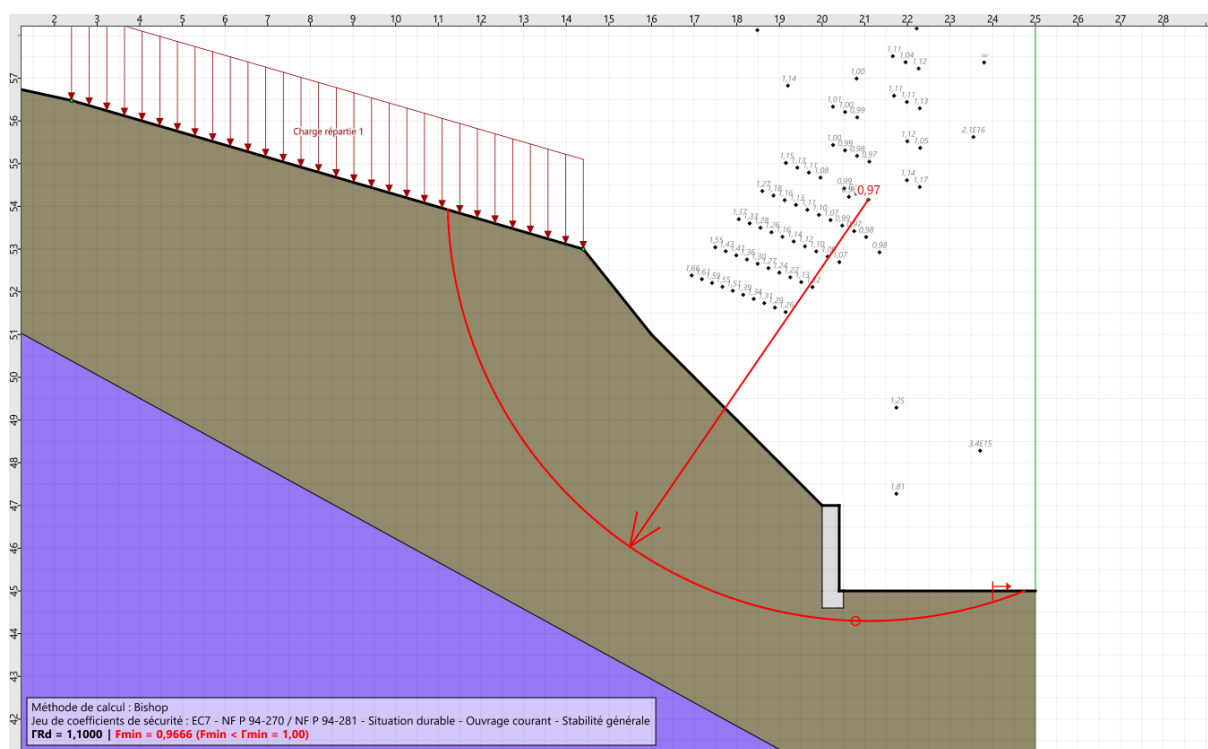


Figure 29 : Résultat : Calcul de stabilité – Cas n°3

3.3. Conclusions

3.3.1. Stabilité en grand

Les résultats de calcul de la stabilité en grand donnent un facteur de sécurité entre 0,8 et 1,0 selon les hypothèses prises, mettant en évidence un glissement possible dans la couche sablo-silteuse émergeant au pied du mur et au départ de la zone des panneaux photovoltaïques.

Néanmoins, il n'a pas été constaté :

- D'amorce de glissement en tête lors de la visite de site (par la présence d'importantes fissurations horizontales sur la zone des panneaux PV qui pourrait être un signe de départ de glissement ;
- De fissuration et de surélévation de la voirie en base du mur ou plus en aval cohérente avec la surface de rupture calculée sous Talren.

De plus, le confortement déjà présent n'est pas connu dans les détails et n'est pas intégré au calcul, sans doute a-t-il une influence favorable.

Néanmoins, ce talus raide reste à surveiller car ce facteur de sécurité $< 1,0$ même en l'absence de charges et même avec les valeurs hautes des caractéristiques mécaniques du terrain ne permet pas d'affirmer l'absence de risque de départ de glissement dans les années à venir.

3.3.2. Rôle des circulations d'eau

Les piézomètres réalisés permettent de considérer qu'il n'y a pas de niveau de nappe établi derrière le mur, en revanche, les circulations erratiques des eaux de pluies dans le talus peuvent raviniser des matériaux de surface (participant à l'activation progressive du grand glissement) ou provoquer, en s'infiltrant, des pressions hydrostatiques derrière le mur.

3.3.3. Stabilité interne

La géométrie du mur maçonné présente un débord de 0,1 m et un ancrage à 0,45 m de profondeur. La vérification de la stabilité interne du mur n'est pas réalisée dans le cadre du présent diagnostic, dû au surnombre d'hypothèses et à la difficulté de représenter le comportement réel du mur maçonné, dont la stabilité interne actuelle n'est pas remise en question par les observations réalisées.

D'une manière générale, le mur ne présente pas de désordres majeurs. Les désordres sont essentiellement générés par de la végétation arbustive et des zones restreintes de petites cavités en pied de mur.

4. Proposition de confortement pour le mur existant

4.1. Surveillance géotechnique

Il est recommandé à ce stade de privilégier une méthode observationnelle en consignant les événements relatifs à la stabilité du talus et du mur, en notant les dates :

- Survenue de fissurations horizontales larges en amont côté parc photovoltaïque avec décrochement du terrain ;
- Survenue de fissuration horizontales larges en aval côté mur et voirie avec surélévation du terrain ;
- Gonflement (ventre) du mur ;
- Chute de matériaux ;

4.2. Solutions à court terme

En parallèle de cette phase observationnelle, quelques solutions légères et immédiates peuvent avoir une influence favorable sur la stabilité du mur et du talus :

- Gérer et supprimer la végétation arbustive derrière le mur (sur les 2 premiers mètres) ;
- Collecter les eaux pluviales en partie haute du talus à l'aide d'une tranchée drainante et prévoir une exhaure adaptée ;
- Collecter les eaux pluviales en provenance des panneaux solaires et prévoir une exhaure adaptée ;
- De poser des barbacanes en pied de mur à intervalle de 4 m, pour drainer le terrain et éviter l'accumulation d'eau ;
- De collecter et d'orienter les eaux pluviales émergeant des barbacanes vers un exhaure adapté ;
- De poser une instrumentation spécifique (cibles topographiques avec une fréquence de relevé tous les deux à trois mois par exemple), permettant de suivre dans le temps les mouvements du mur et en fonction des déplacements prévoir une reprise en sous œuvre et un rejointoiement du mur.

4.3. Solutions à long terme

Dans le cas où les observations dans le temps conduiraient à une détérioration du mur ou à la survenue d'un phénomène de glissement plus global du talus, il serait préconisé :

- De réaliser un confortement du talus par clouage (si glissement amorcé) ou par filets (si matériaux charriés depuis l'amont du talus – glissement de surface), la reprise des fondations du mur seul ne permettant pas de compenser l'instabilité globale du talus ;
- De réaliser une reprise en sous-œuvre du mur, soit par micropieux, soit par puits de fondations.

5. Risques géologiques et géotechniques résiduels

A ce stade, les aléas et incertitudes persistantes et dimensionnantes pour le projet concernent les points suivants :

- Succession Lithologique : les sondages sont des reconnaissances ponctuelles et le modèle de calcul exposé pour le dimensionnement prend en compte la cote la plus basse pour la base des remblais.
- Agressivité des sols et des eaux vis-à-vis du béton : on retiendra une classe d'agressivité XA1 pour les horizons
- Niveaux d'eau : La nappe identifiée, n'a a priori pas d'impact sur le projet de confortement. En revanche, des écoulements erratiques sont susceptibles de survenir dans les sables-silteux superficiels et causent des pressions hydrostatiques derrière le mur.
- Pour mémoire, ce rapport est une étude de diagnostic géotechnique phase G5 et une étude géotechnique de conception phase projet qui ne prend pas en compte d'éventuelles problématiques liées à la pollution des sols.

5.1. Profondeur hors gel

Le site d'étude se situe dans le département de d'Hyères (83), la profondeur de mise hors gel à respecter est de **0,5 m, d'après la norme NF P 94-261**.

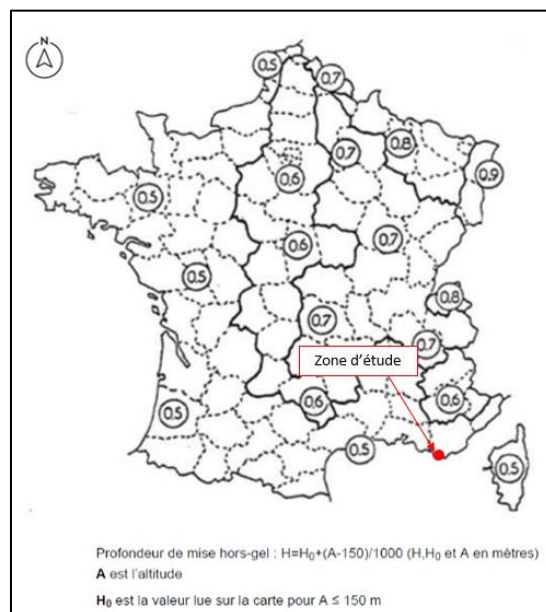


Figure 30 : Carte de profondeur de mise hors gel (figure O.4.4.2 de la norme NF P 94 - 261)

5.2. Protection vis-à-vis du risque de retrait / gonflement des argiles

Compte tenu de leur nature sableuse, les terrains superficiels présentent une sensibilité faible au risque de retrait / gonflement des sols.

La protection des fondations pourra être assuré :

- par une bêche périphérique ancrées à au moins 1 m de profondeur,
- ou par la pose d'un dispositif d'étanchéité périphérique conformément aux recommandations du guide technique de l'IFSTTAR – Retrait gonflement des argiles, protéger sa maison de la sécheresse, juillet 2017.

6. Enchaînement des missions géotechniques

La présente mission géotechnique, dont ce rapport constitue sa conclusion, correspond à une étude géotechnique en phase projet de type G2 PRO selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013.

Conformément à l'esprit de cette norme, qui est de réduire étape par étape les risques liés au sol, elle doit être suivie par la mission d'étude géotechnique de conception G2 phase DCE/ACT (mission G2 DCE/ACT), en particulier pour valider les éventuelles variantes proposées par les entreprises.

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.

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>



ANNEXES

- Annexe I : Synoptique des missions d'ingénierie géotechnique – Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013
- Annexe II : Procès-verbaux des investigations in-situ réalisées
- Annexe III : Calculs Talren – Stabilité en grand

Annexe I : **Synoptique des missions d'ingénierie géotechnique – Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013**

Schéma d'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 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 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
---	------------	------------------------------	---	---	--

Classification des missions d'ingénierie géotechnique (page 1/2)

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

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

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

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

améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

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

Classification des missions d'ingénierie géotechnique (page 2/2)

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

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

Annexe II : **Procès-verbaux des investigations in-situ réalisées**

Annexe III : **Calculs Talren – Stabilité en grand**

**Le changement climatique n'implique pas seulement
un monde plus chaud, il annonce un monde qui change.**



**Notre métier,
vous accompagner pour gérer ces enjeux.**



Références :



Portées
communiquées
sur demande