OCEAN INDIEN

GÉOLITHE

COMMUNE DE KOUNGOU (976)

COLLEGE DE KOUNGOU
SOUTENEMENT DE TALUS

ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION
PHASE AVANT-PROJET

A LA DEMANDE ET POUR LE COMPTE DU VICE RECTORAT DE MAYOTTE

Dossier	19-074 I 2	
Indice	**Modifications**	**Date**
0	Document initial	10/03/2020

Nombre de pages : 20 + annexes

INGÉNIEURS-CONSEILS EN GÉOLOGIE, GÉOPHYSIQUE ET GÉOTECHNIQUE

6 – Rés. Le Terre Plein
RN1- M'TSAPERE
97600 MAMOUDZOU - Mayotte

Tél. +262 (0)2 69 62 27 64
contact@geolithe.com
www.geolithe.com

GEOLITHE
38920 CROLLES

GEOLITHE OCEAN INDIEN - SARL au capital de 10 000 € - N° SIRET : 79467846600010 - CODE APE : 7219Z - RCS MAYOTTE : 2013 B 17269

GÉOLITHE

LIEU :	COLLEGE DE KOUNGOU
COMMUNE :	KOUNGOU (976)
OBJET :	SOUTENEMENT DE TALUS
TYPE DE MISSION :	ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION PHASE AVANT-PROJET
CLIENT :	VICE RECTORAT DE MAYOTTE
DOSSIER SUIVI PAR :	M. ABDALLAH IBRAHIM-BEN

CHARGE D'AFFAIRE :	E. VERICEL
CHEF DE PROJET :	E. VERICEL
INTERVENANTS :	T. FELDMANN
NOMBRE DE PAGES :	20+ ANNEXES.

Dossier	**19-074 I 2**	
Indice	**Modifications**	**Date**
0	Document initial	10/03/2020

Rédacteur : T. FELDMANN
Visa :

Contrôle : E. VERICEL
Visa :

SOMMAIRE :

1 - PRESENTATION 5

1.1 - Introduction 5

1.2 - Objectifs de l'étude 5

1.3 - Documents de référence 5

1.4 - Description du projet 6

2 - CONTEXTE GENERAL DU SITE 7

2.1 - Contexte géologique 7

2.2 - Contexte réglementaire 7

2.2.1 - Risque sismique 8

2.3 - Contexte géomorphologique 8

2.4 - Contexte hydrologique et hydrogéologique 10

3 - INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES 11

3.1 - Visites de site 11

3.2 - Sondages pressiométriques 11

3.2.1 - Programme de reconnaissance 11

3.2.2 - Lithologie 11

3.3 - Synthèse géotechnique 11

4 - ANALYSES ET RECOMMANDATIONS POUR LE SOUTENEMENT 13

4.1 - Prédimentionnement des ouvrages géotechniques 13

4.1.1 - Mode de fondation 13

4.1.2 - Capacité portante des sols 13

4.1.3 - Tassements 14

4.1.4 - Vérification de la stabilité externe, générale et mixte 14

4.1.5 - Prédimensionnement du mur poids 16

4.2 - Autres solutions envisageables 18

4.3 - Recommandations 19

5 - ALEAS GEOTECHNIQUES RESIDUELS ET MISSIONS ULTERIEURES 20

ANNEXES :

Annexe n°1 : Classification des missions géotechniques selon la norme NF P 94-500

Annexe n°2 : Plan d'implantation des sondages

Annexe n°3 : Présentation des sondages

Annexe n°4 : Résultats des calculs de prédimensionnement

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : Localisation du site sur extrait de la carte IGN 5
Figure 2 : Plan du collège de Koungou..... 6
Figure 3 : Extrait de la carte géologique de Mayotte (2013)..... 7
Figure 4 : Photo aérienne du talus 8
Figure 5 : Profil TALREN sans confortement 12
Figure 6 : Coupe de principe - Solution "mur-poids mi-hauteur"..... 13
Figure 8: Profil de stabilité pour un ouvrage courant – Eurocode - Situation fondamentale (TALREN 5)..... 15
Figure 11 : Linéaire de soutènement proposé 17
Figure 12 : Coupe de principe d'un soutènement en enrochement 18
Figure 13 : Coupe de principe d'une solution en paroi clouée 19

LISTE DES PHOTOGRAPHIES :

Photographie 1 : Aperçu du glissement 6
Photographie 2 : Vue du glissement..... 9
Photographie 3 : Haut du glissement vu de profil 9
Photographie 4 : Caillebotis colmaté (Partie Sud)..... 9
Photographie 5 : Caillebotis colmaté (Partie Nord) 9
Photographie 6 : Partie Sud du talus déstabilisé 17
Photographie 7 : Partie Nord du talus déstabilisé 17

1 - PRESENTATION

1.1 - INTRODUCTION

Le présent rapport d'étude a été réalisé par le Bureau d'Ingénieurs - Conseils GEOLITHE OCÉAN INDIEN à la demande et pour le compte du Vice Rectorat de Mayotte.

Il concerne les travaux de création d'un soutènement suit à la formation d'un glissement au sein du Collège de Koungou, sur le territoire de la commune de Koungou (976).

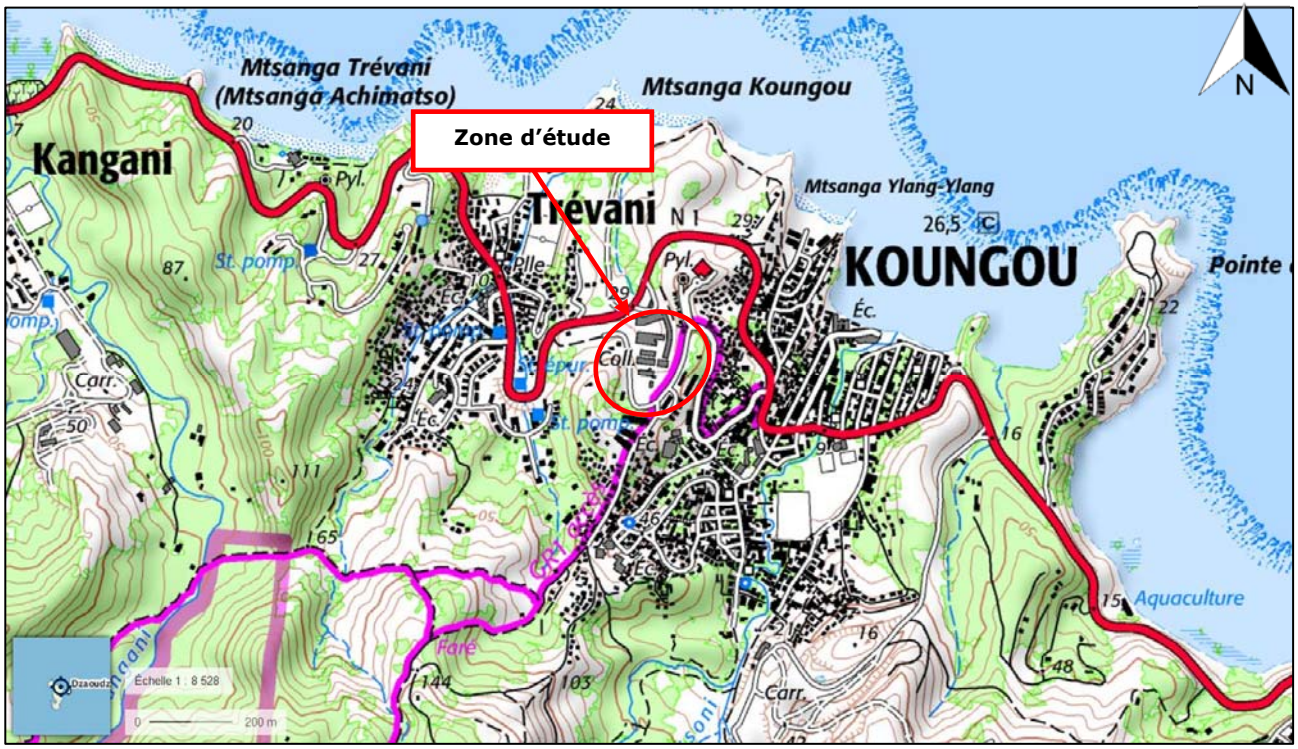


Figure 1 : Localisation du site sur extrait de la carte IGN

Il s'agit d'une étude géotechnique de conception, phase avant-projet (mission G2 AVP) au sens de la norme NF P 94-500 « Missions d'ingénierie géotechnique – Classifications et spécifications » de Novembre 2013.

1.2 - OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les objectifs de l'étude sont les suivants :

- ⇨ De reconnaitre le contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique du secteur d'étude ;
- ⇨ De définir le modèle géologique-géotechnique à prendre en compte au stade projet ;
- ⇨ De définir et de prédimensionner une solution de confortement adaptée aux enjeux ;
- ⇨ De préciser les principes généraux de réalisation des travaux et les compléments géotechniques.

1.3 - DOCUMENTS DE REFERENCE

- ⇨ Carte géologique de Mayotte ;
- ⇨ Norme NF P 94-500 « Missions d'ingénierie géotechnique ;
- ⇨ Norme NF EN 1997-1 - « Calculs géotechniques - Partie 1 : règles générales » ;

- Norme NF EN 1998-1 : Eurocode 8 : Calcul des structures pour leur résistance au séisme - Partie 1 : Règles générales ;
- Décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », modifié par l'arrêté du 19 juillet 2011 ;
- Norme NF P 94-270 "Calcul Géotechnique - Ouvrage de soutènement - Remblais renforcés et massifs en sol cloué" ;
- Norme NF P 94-282 : Calcul géotechnique - Ouvrages de soutènement - Ecrans de soutènement ;

1.4 - DESCRIPTION DU PROJET

Le projet consiste en le remplacement d'un soutènement existant après le départ d'un glissement, illustré ci-dessous. Le plan suivant présente la longueur l'emplacement du soutènement prévu dans l'enceinte du collège.

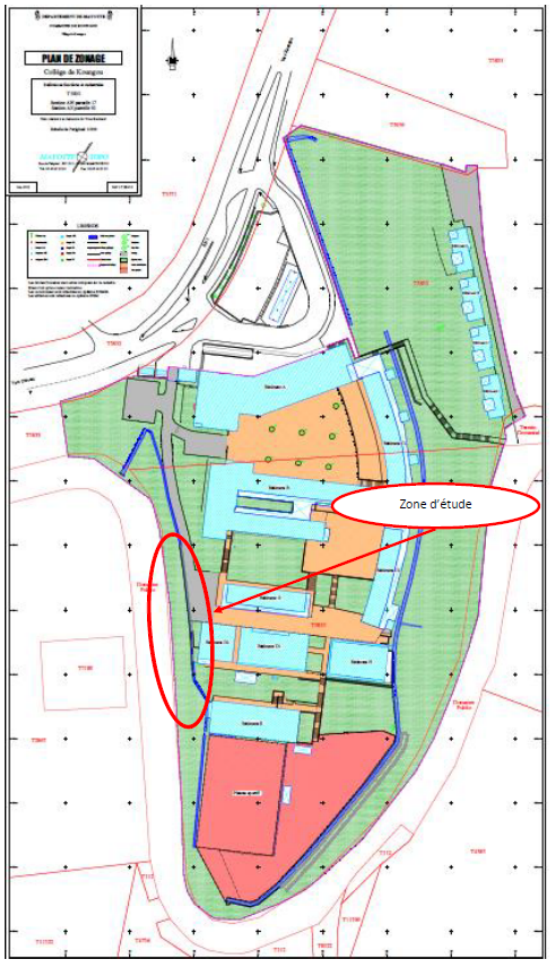


Figure 2 : Plan du collège de Koungou

Photographie 1 : Aperçu du glissement

2 - CONTEXTE GENERAL DU SITE

2.1 - CONTEXTE GEOLOGIQUE

A l'examen de la carte géologique du BRGM de Mayotte, les terrains du site sont principalement des *Projections phréatomagmatiques (maars)* (**tfP**) reposant sur des isaltérites de laves basiques et intermédiaires (**Aβ**). On notera que l'ensemble des bâtiments du collège repose sur des colluvions (**C**), qu'on retrouve également en limite

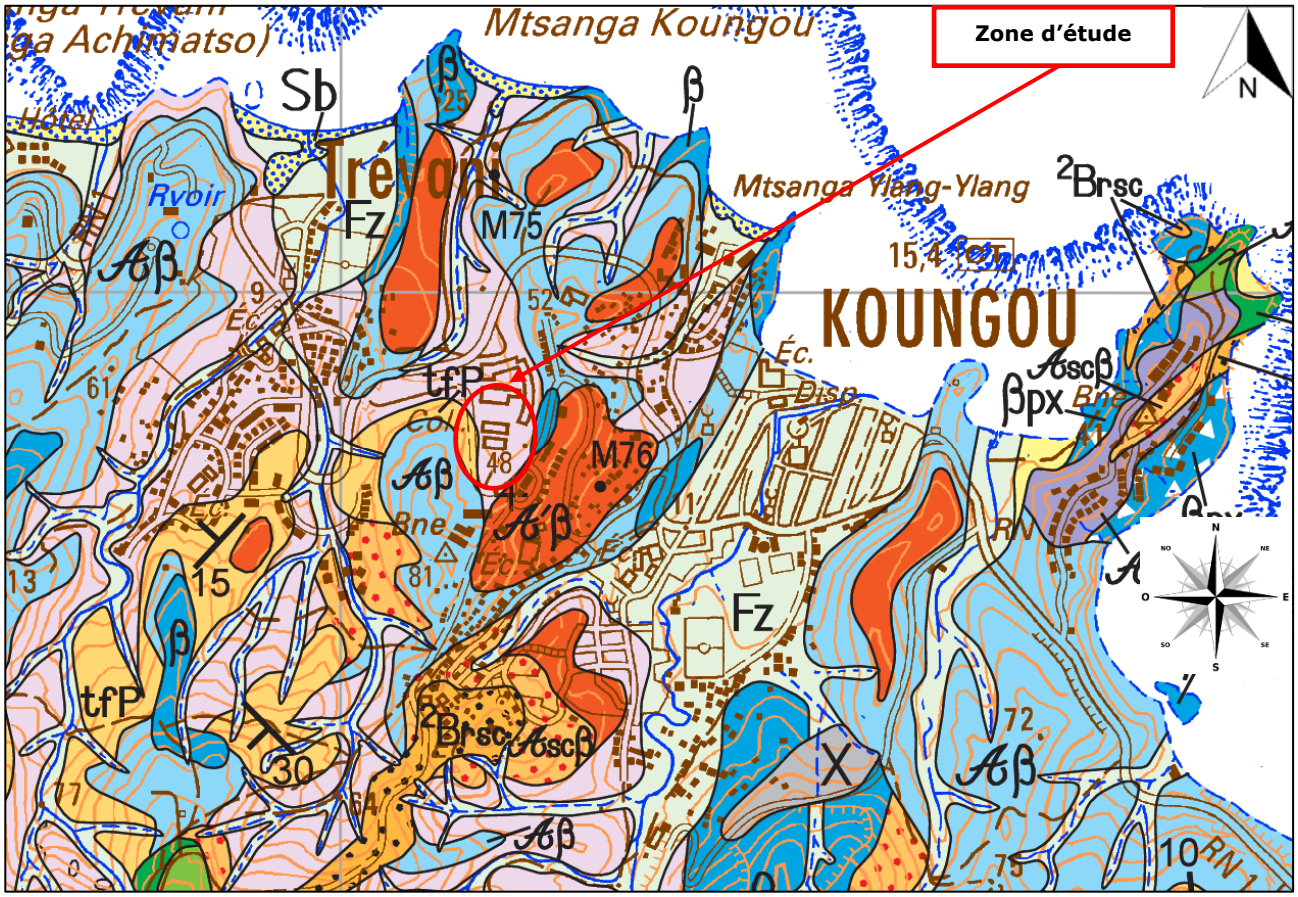


Figure 3 : Extrait de la carte géologique de Mayotte (2013)

Légende

C	Colluvions
A'β	Allotérites de laves basiques et intermédiaires
tfP	Projections phréatomagmatiques (maars) de Petite Terre et de Mamoudzou
Aβ	Isaltérites de laves basiques et intermédiaires

2.2 - CONTEXTE REGLEMENTAIRE

D'après les données disponibles, le site se trouve dans une zone d'aléa faible, mouvement de terrain indifférencié. Aucun autre risque n'a été identifié au droit du site.

2.2.1 - Risque sismique

Conformément au décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 relatif à la délimitation du zonage sismique du territoire français, la commune de Mamoudzou est située en zone de sismicité 3 (modérée).

Au sens de l'Eurocode 8, nous considèrerons une catégorie d'importance des ouvrages de type : III. Ce point doit être confirmé par le Maitre d'ouvrage.

Aux vues des résultats des essais pressiométrique et du contexte géologique, nous considèreront un sol de classe E.

Les paramètres sismiques considérés sont les suivant :

Zone de sismicité	**3 (modérée)**
Accélération maximale de référence agr	1,1 m/s²
Classe d'ouvrage	A risque normal
Catégorie d'importance de l'ouvrage	**III**
γI	1,2
Accélération de calcul ag	1,32 m/s²
α = ag / g	0,135
avg/ag	0,8
Classe de sol	**E**
Paramètre de sol (S)	1,8
Coefficient de réduction r	1,5
kh	**0,161**
kv	**0,081**

Tableau 1 : Paramètres sismiques considérés

2.3 - CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE

Le talus étudié se situe à l'aval d'une chaussée (Rue Bamana) et en amont d'un bâtiment du collège de Koungou (Figure 4).

Figure 4 : Photo aérienne du talus

Le talus représente une surface de 220 m² environ, 45m de long par 5m de large. Sa pente est d'environ 1H/1V (45°). La hauteur du talus au droit du glissement est d'environ 4 mètres

La largeur du glissement est d'environ 6 à 8 mètres. Il y a un muret en moellons en pied de talus. Sa hauteur est de 1,05 m.
Le bas du glissement, de l'autre côté du muret, a été nettoyé avant notre passage sur site (14 Novembre 2019). Cependant on observe encore les matériaux glissés accumulés à l'arrière du muret. Le fossé couvert de caillebotis est encore colmaté à cet endroit (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) car les matériaux sont passés par-dessus le muret

Photographie 2 : Vue du glissement

Photographie 4 : Caillebotis colmaté (Partie Sud)

Photographie 3 : Haut du glissement vu de profil

Photographie 5 : Caillebotis colmaté (Partie Nord)

2.4 - CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

La présente étude ne prévoit pas à ce stade de suivi hydrologique et hydrogéologique. Toutefois l'inspection visuelle du talus n'a pas permis de repérer de zones particulièrement humides.

Des caniveaux permettant de collecter les eaux de ruissèlement sont présents en pied de la zone concernés par le glissement.

La circulation superficielle d'eau ne peut pas être exclue en particulier en saison des pluies ou pendant les épisodes pluvieux. Compte tenu du profil en travers de la route située en amont, il est fort probable que les eaux de ruissèlements se soient infiltrées dans le terrain et que ce soit une des causes du sinistre.

On notera la présence d'un ouvrage hydraulique en pied de talus, permettant de collecter les eaux de ruissèlement pour les rediriger vers le nord. A la suite des travaux un ouvrage de capacité égale devra être remis en place pour assurer la bonne évacuation des eaux dans la zone.

3 - INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

3.1 - VISITES DE SITE

Le site a fait l'objet de différentes visites les 14 et 19 Novembre 2019 pour constater l'importance du glissement. Les observations de ces visites sont compilées dans la note technique référencée 19-074-I-1 Note technique 1.

3.2 - SONDAGES PRESSIOMETRIQUES

3.2.1 - Programme de reconnaissance

Deux sondages pressiométriques, SP1 et SP2, ont été réalisés en amont du talus. Ces sondages ont atteint une profondeur de sondage de 9,0 m/TN avec un intervalle d'essais de 1m environ, soit 8 essais par sondage.

3.2.2 - Lithologie

Les sondages ont permis d'observe la lithologie suivante :

- La terre végétale (sous accotement) épaisseur d'environ 15 cm ;
- Des terrains limoneux rougeâtres à gris sur toute la hauteur des sondages, jusqu'à 9 mètres de profondeur. On observe une légère augmentation des caractéristiques de sol en fond de sondage au droit de SP2 à partir de 6 mètres

Les essais pressiométriques ont permis d'obtenir les caractéristiques suivantes :

Horizon	Pl*			E_M		
	Min	Max	Moy.(1)	Min	Max	Moy.(1)
Limons	0,54	1,45	0,70	14,0	47,0	21,5
Limons compacts	2,25	>3,90	2,96	136,5	163,3	148,3

Tableau 2 : Synthèse des résultats d'essais pressiométrique

(1) : On retient la moyenne géométrique pour les pressions limites (p_l*) et la moyenne harmonique pour le module pressiométrique (E_M).

3.3 - SYNTHESE GEOTECHNIQUE

Les reconnaissances géotechniques réalisées dans le cadre de cette étude géotechnique de projet ont permis d'établir le modèle géotechnique suivant :

Paramètres	Cohésion C' [kPa]	Angle de frottement interne φ' [°]	Poids volumique γ [kN/m³]	Epaisseur
Limons	4(1)	29(1)	17(1)	> 8,0 m
Limons compacts	Horizon non considéré dans nos modèles car top profond			

(1) Les valeurs de γ, et φ' sont issues de nos expériences pour des terrains similaires, le paramètre C' a été défini par retro-calcul.

A partir des paramètres exprimés ci-dessus on obtient sur le logiciel TALREN, un modèle d'instabilité proche de ce qui est observé *in-situ* (Figure 5).

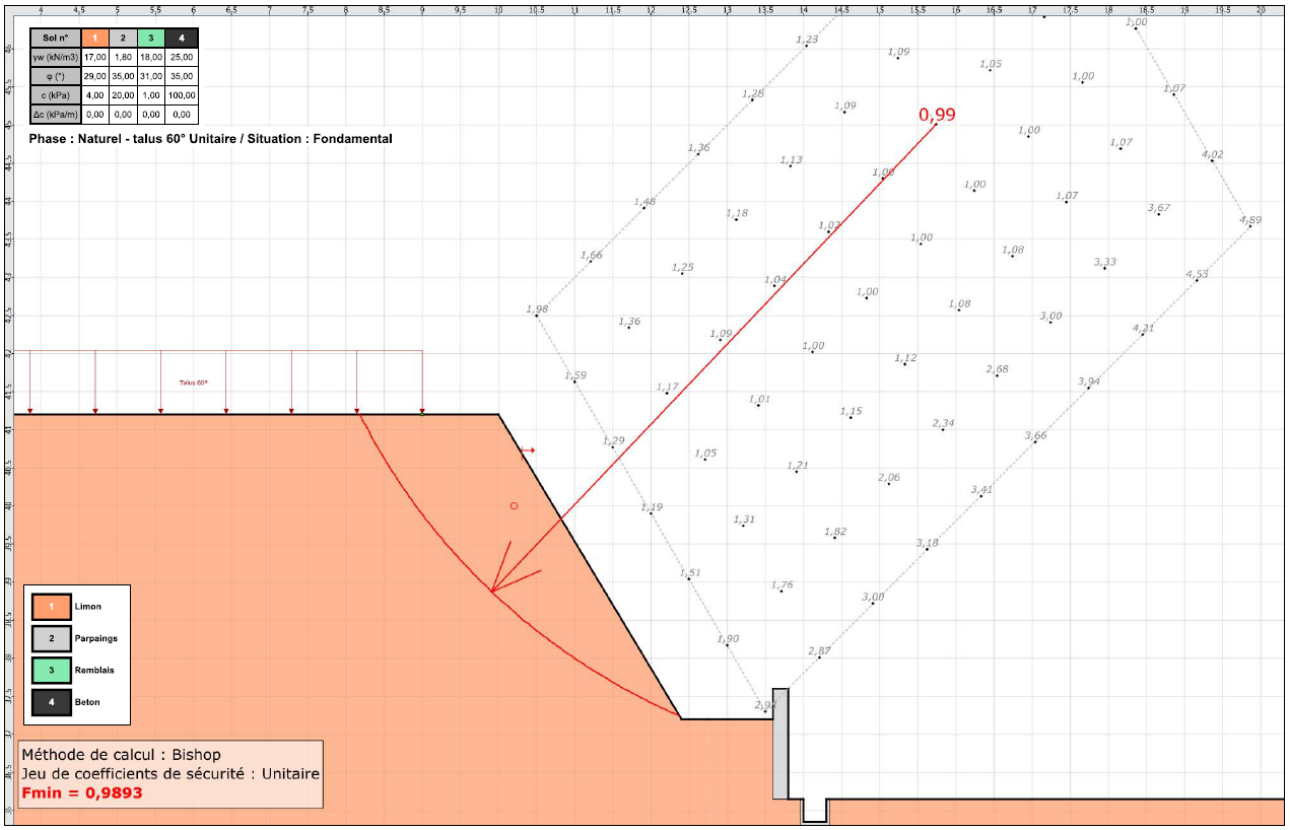


Figure 5 : Profil TALREN sans confortement

4 - ANALYSES ET RECOMMANDATIONS POUR LE SOUTENEMENT

Un soutènement doit être mis en place pour assurer la stabilité du talus.

A ce stade nous proposons la réalisation d'une solution de solution de type mur poids. Celui-ci sera réalisé au droit du muret existant.
La Figure 6 présente le principe de la une solution proposée : soutènement comprenant la réalisation d'un mur poids sur une certaine hauteur puis d'un talus jusqu'à la crète du talus actuel.

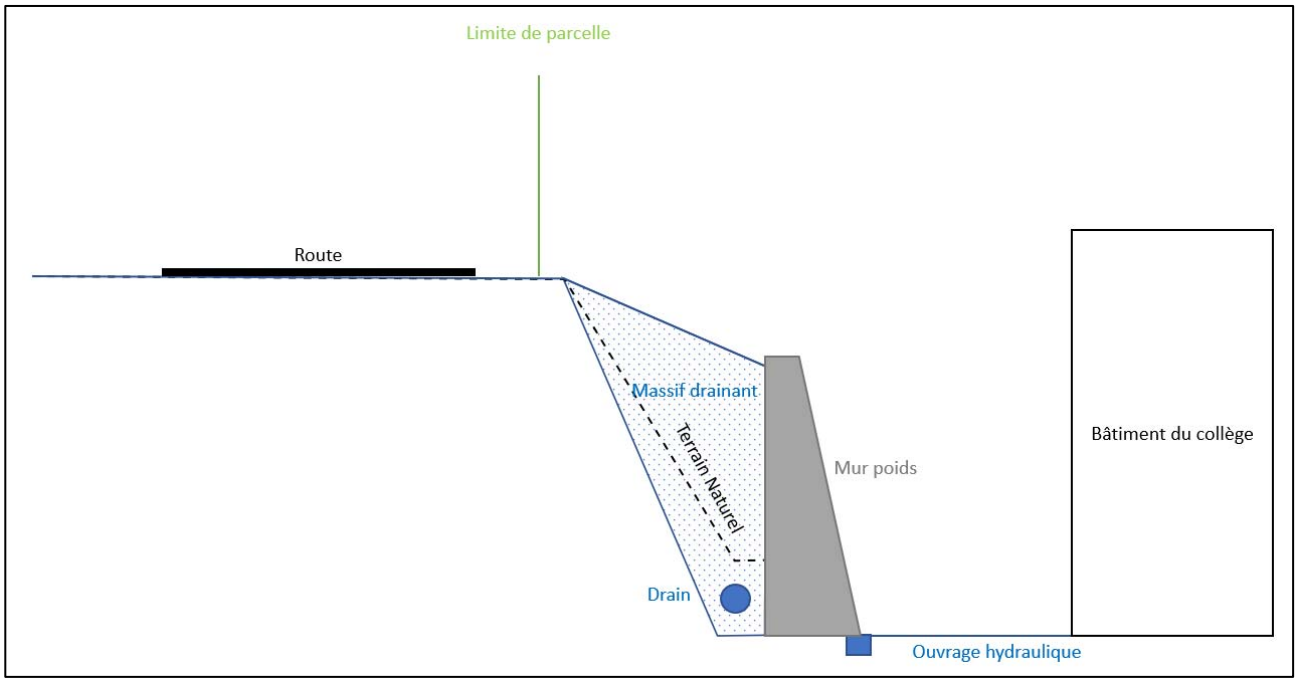


Figure 6 : Coupe de principe - Solution "mur-poids mi-hauteur"

4.1 - PREDIMENTIONNEMENT DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES

4.1.1 - Mode de fondation

D'après la nature du sol et les résultats des calculs réalisés, le projet pourra être fondé sur un mode superficiel au sein des limons en semelles filantes.
Pour des raisons de stabilité, la largeur de la fondation seront les suivantes :

4.1.2 - Capacité portante des sols

La capacité portante peut s'estimer à partir des valeurs de pression limite selon la formule suivante :

$$q_u = k_p \, x \, p_l^* + q_0$$

Avec :
k_p : facteur de portance, pris égale à 0,8 dans ce cas,
p_l^* : Pression limite nette,
q_0 : contrainte initiale, négligée à ce stade.

Au niveau de l'assise du mur on considérera un pression limite de 0,70 MPa.

Il vient donc q_u = 560 KPa

L'ensemble des valeurs des coefficients partiels est présenté ci-dessous :

Coefficients partiels de modèle		
sur q_u	$\gamma_{;Rd,v}$	1,2
Facteurs partiels sur les résistances		
ELU durable et transitoire	$\gamma_{R;v}$	1,4
ELS caractéristique	$\gamma_{R;v}$	2,3

Tableau 3 : Coefficient de sécurité partiels - Eurocode 7

Les contraintes admissibles estimées sur la base des sondages pénétrométriques sont donc de :
- **200 kPa** aux ELS
- **330 kPa** aux ELU

Les descentes de charge ne sont pas connues au moment de la rédaction de la présente étude.

Le dimensionnement complet des fondations superficielles devra être réalisé en phase projet en fonction des descentes de charge du projet selon la norme NF P94-261.

4.1.3 - Tassements

Moyennant une exécution soignée des fonds de fouilles pour l'assise du mur-poids, les tassements attendus seront inférieurs au centimètre pour les deux solutions de mur poids.

4.1.4 - Vérification de la stabilité externe, générale et mixte

Les calculs vis-à-vis de la stabilité mixte et générale du talus et des ouvrages de soutènement sont réalisés avec le logiciel TALREN5 avec la méthode de BISHOP.

Ces calculs concernent la stabilité locale et générale de l'ouvrage et sont exécutés aux ELS et ELU. Ils sont par conséquent conduits en méthode partielle, en introduisant des coefficients de sécurité sur les actions et les paramètres de calculs puis en recherchant un coefficient de sécurité > 1, sur des surfaces de rupture potentielles (cercles de glissement).

Les calculs de stabilité à l'ELS seront menés selon la norme NF P 94-282 et consistent en la vérification de :
- ⇨ Stabilité externe (glissement sur la base et poinçonnement) ;
- ⇨ Stabilité générale et mixte (stabilité de l'ouvrage et de sa zone d'influence).

Le tableau ci-après indique les valeurs des coefficients de pondération à prendre en compte aux ELU sur les paramètres de sol et de structure.

			Approche 3 Stabilité globale et stabilité mixte	Conditions sismiques
Charge permanente	Favorable	γ_{Gsup}	1	1
	Défavorable	γ_{Ginf}	1	1
Charge variable	Favorable	γ_{Qsup}	0	0
	Défavorable	γ_{Qinf}	1,3	1
Angle de frottement		$\gamma_{\varphi'}$	1,25	1,25
Cohésion effective		$\gamma_{c'}$	1,25	1,25
Cohésion non drainée		γ_{cu}	1,4	1,4
Poids volumique		γ_{γ}	1	1
Pression limite pressiométrique		γ_{pl}	1,4	1,4
Limite d'élasticité		γ_{M0}	1	1
Rupture en traction		γ_{M2}	1,25	1,25
q_s déduit d'essais d'arrachement		$\gamma_{M;f}$	1,1	1,1
q_s déduit d'abaques		$\gamma_{M;f}$	1,1	1,1
Résistance en portance		$\gamma_{R;v}$	1,4	1
Résistance au glissement		$\gamma_{R;h}$	1,1	1
Résistance globale au cisaillement sur une surface de rupture		$\gamma_{R;e}$	1	1
Facteur partiel de modèle		$\gamma_{R;d}$	1,1	1

Tableau 4 : Coefficients de sécurité partiels utilisés sous TALREN

Les justifications complètes des stabilités externes, générales et mixtes sont présentées en annexes.

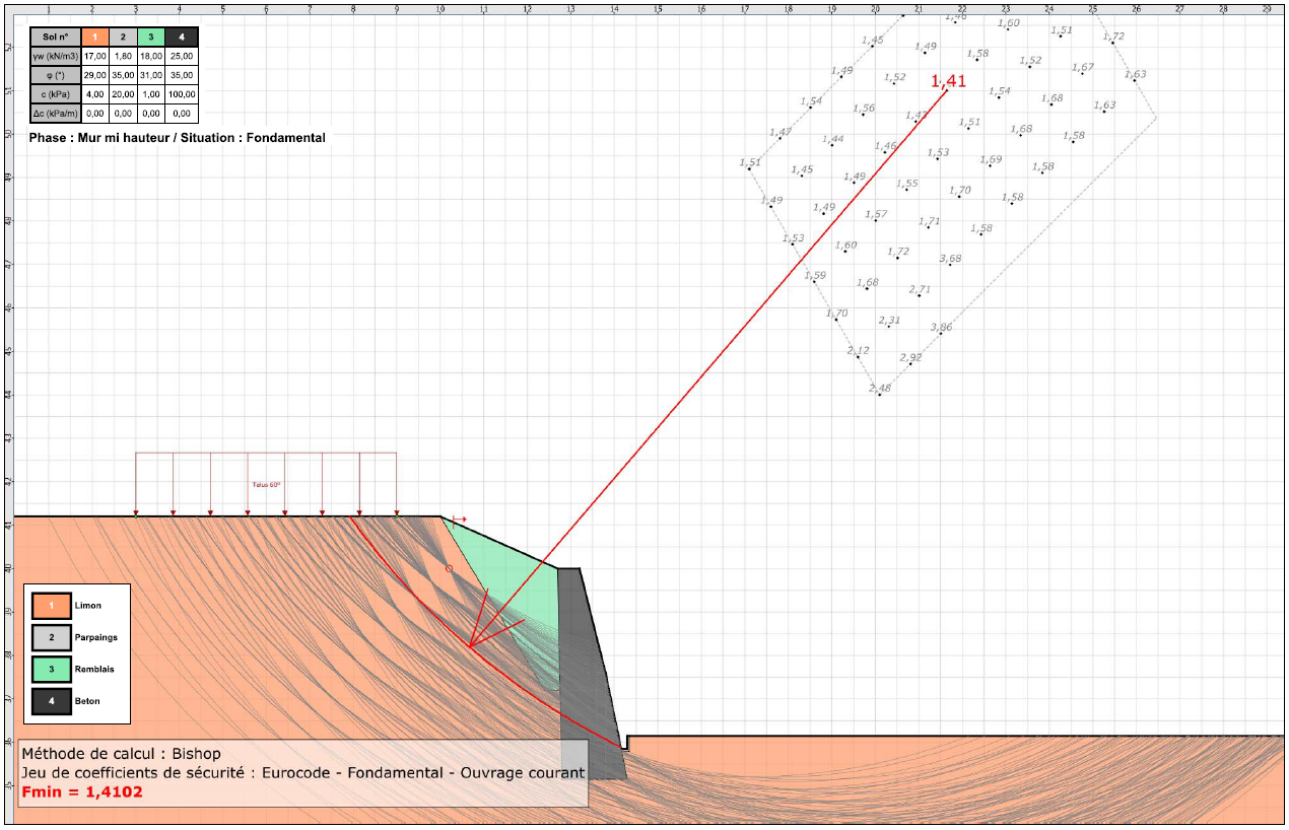


Figure 7: Profil de stabilité pour un ouvrage courant – Eurocode - Situation fondamentale (TALREN 5)

Les coefficients de sécurités obtenus pour la stabilité externe sont les suivants :

Situation	Type de combinaison	Méthode de calcul	Approche de calcul	Coefficient de surdimensionnement F_{min}
Durable et Transitoire	Stabilité mixte et générale	Bishop	Eurocode 8 approche 3	**1,41 >1**
Sismique				**1,56 >1**

4.1.5 - Prédimensionnement du mur poids

La stabilité du talus avec l'ouvrage est donc justifiée pour un ouvrage ancré de 1,0 m par rapport au niveau à l'aval du talus et avec une masse linéaire de 125 kN.m^{-1}.

Nous avons considéré dans nos calculs un mur vertical constitué de béton, avec une masse volumique de 25 kN.m^{-3}.

Les dimensions considérées pour l'ouvrage dans les différents modèles sont les suivantes :

- Largeur en base : 1,50 m
- Largeur en tête : 0,50 m
- Fruit à l'avant du mur : 20°
- Profondeur d'ancrage par rapport au TN : 1,00 m
- Hauteur totale du mur : 3,85 m
- Pente en arrière du soutènement inférieure à 25°.

Nous avons réalisé l'analyses de stabilité interne de cette solution pour le profil dans la zone glissée. Les résultats sont les suivants pour une géométrie identique à celle présentée plus haut.

		Stabilité			Contrainte maximale sous la fondation
		Renversement	Glissement	Poinçonnement	
ELS	Combinaison fréquente	2,59	2,11	3,97	50 kPa
ELU	Combinaison fondamentale	1,96	1,36	3,01	
	Combinaison accidentelle sous séisme pesant	1,44	1,00	2,46	
	Combinaison accidentelle sous séisme allégeant	1,43	1,06	2,76	

La semelle sous l'ouvrage aura une largeur minimum de 2,8 m et la butée sera de 1 mètre en pied.
Nous avons considéré une surcharge routière de 10 KPa.

Le mur de soutènement sera réalisé de manière continue en aval des instabilités observée (Photographie 6 et Photographie 7), soit une longueur de soutènement de 60 m environ (Figure 8 : Linéaire de soutènement Figure 8).

Photographie 6 : Partie Sud du talus déstabilisé

Photographie 7 : Partie Nord du talus déstabilisé

Figure 8 : Linéaire de soutènement proposé

La longueur d'application sera d'environ 60 mètres linéaires.

Les éléments à prendre en compte pour le calcul des murs de soutènement sont les suivants :

Nature	γ'(KN/m^3)	φ'(°)	C'(KPa)
Limons	17	29	4

Tableau 5 : Caractéristiques des sols d'assise

Ces valeurs sont issues de l'ensemble des mesures réalisées sur d'autres chantiers sur des sols similaires. Nous avons appliqué un coefficient de sécurité pour tenir compte de l'absence de mesures directe de ces paramètres.

Les contraintes admissibles ont été estimées plus haut.

4.2 - AUTRES SOLUTIONS ENVISAGEABLES

- **Enrochement par blocs liés.**

Le principe est mur poids réalisé avec des blocs rocheux.
Cette solution dépendra de l'espace disponible en aval du talus actuel car les blocs ne pourront pas former un soutènement vertical (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**Figure 9).

La pente du talus en enrochement ne pourra pas excéder 45°.

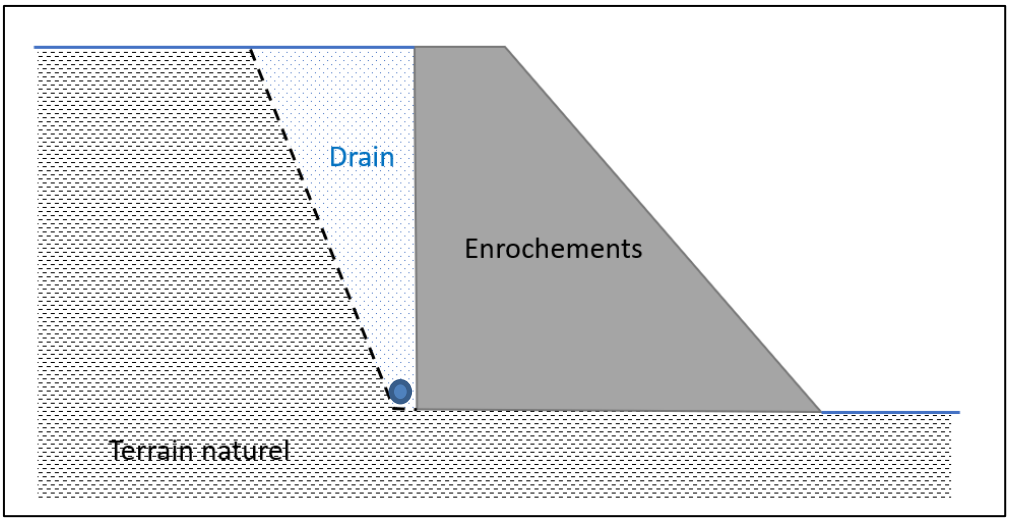


Figure 9 : Coupe de principe d'un soutènement en enrochement

La réalisation d'un enrochement liés pourrait permettre d'e raidir le parement. Dans ce cas il faudra prévoir la réalisation de barbacanes pour limiter les poussées hydrostatiques à l'arrière de l'ouvrage.

- **Gabions**

Dans ce cas le soutènement est assuré par des cages gabions dont le profil est dimensionné de façon à reprendre les poussées du talus au droit du glissement. Le principe est donc le même que pour les solutions décrites précédemment

- **Paroi clouée**

Cette solution consiste en la mise en place de tirants d'ancrages passifs dont le maillage sera défini pour maintenir les terrains à l'arrière par le frottement de ceux sur les tirants. Un parement, en général en béton projeté sera mis en place dans cette solution. Un maillage de barbacanes devra également être prévu.
Cette solution présente l'avantage de nécessité peu d'emprise visible. Cependant elle est beaucoup plus chère que les précédentes et nécessitera d'obtenir les autorisations de tréfond pour les clous qui passeront sous le domaine public (Chaussée) et parcelles voisines (selon la longueur nécessaire des clous) (Figure 10).

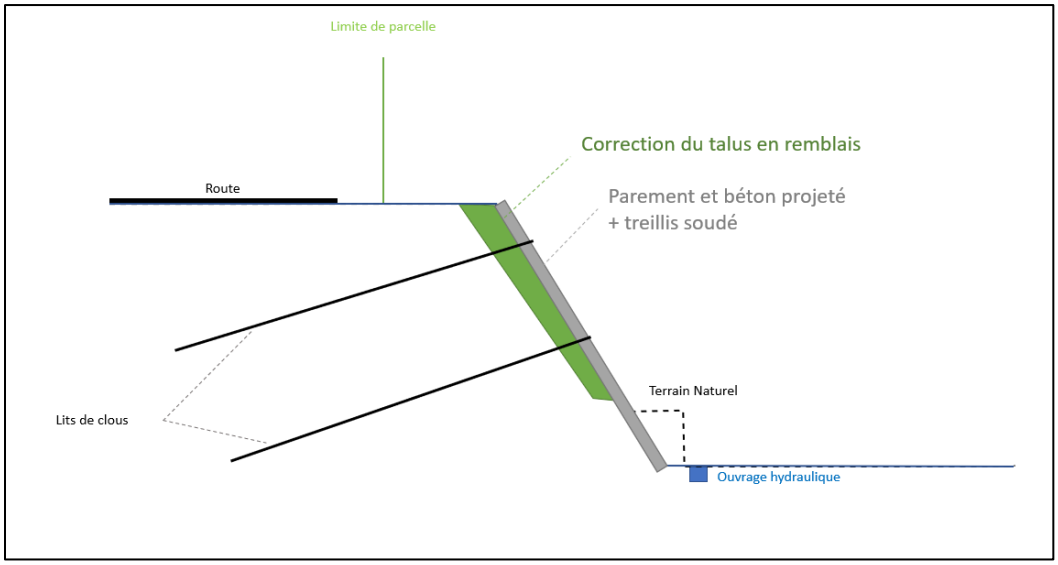


Figure 10 : Coupe de principe d'une solution en paroi clouée

4.3 - RECOMMANDATIONS

Les travaux seront réalisés en période sèche. L'entreprise se tiendra informée des conditions météorologiques au jour le jour de façon à ce que les plateformes puissent permettre l'évacuation rapides des eaux de ruissèlement en cas de pluie.

Les matériaux remaniés dans la pente actuelle du talus seront purgés pour éviter la formation de plans de rupture préférentiels.

La base du mur poids sera disposée sur une semelle béton visant à assurer une assise homogène de l'ensemble. A défaut, on pourra considérer la mise en place d'un tapis en matériaux granulaires insensible à l'eau.

La mise en œuvre du mur poids devra se faire rapidement après ouverture des fouilles. On conseillera de réaliser le mur par passes successives afin de ne pas provoquer de nouvelles instabilités.

La fondation du mur pourra être coulée en pleine fouille après mise en œuvre d'un béton de propreté.

Toute venue d'eau sera captée et dirigée vers un exutoire.

La position du mur sur le profil sera définie en fonction de la possibilité ou pas de dévoyer le caniveau en place. Cela pourra engendrer des terrassements complémentaires dans le talus et cela renforcera la nécessité d'étudier l'ouvrage, également dans sa phase provisoire de travaux.

L'espace entre le mur et le terrain naturel sera comblé par des matériaux drainant et autocompactant (grave 20-40 mm par exemple). Un drain de pied sera mise en place avec une pente permettant l'évacuation gravitaire de l'eau.
Un géotextile anticontaminant sera mis en place à l'interface sol/remblai.

Des barbacanes seront mis en place dans le mur à raison de 1u/4m².

L'eau issue des barbacanes sera dirigée vers le caniveau existant ou dévoyé.

5 - ALEAS GEOTECHNIQUES RESIDUELS ET MISSIONS ULTERIEURES

Une meilleure connaissance des paramètres de sol, au droit du projet, par la réalisation de sondages et essais complémentaires permettrait probablement d'affiner le dimensionnement des fondations et des soutènements. Nous pensons que deux sondages carottés avec prélèvements intacts pour réalisation d'essais de cisaillement à la boite de Casagrande permettraient de définir directement les paramètres de Cohésion (C') et d'angle de frottement des sols (φ'). Ces paramètres seront utiles pour le dimensionnement des travaux en phases provisoire et définitive.

Nous recommandons la réalisation d'une mission G2 PRO qui permettra d'affiner le dimensionnement de l'ouvrage en fonction de la solution choisi par le maitre d'ouvrage. Cette étude devra également faire l'analyse de la stabilité en phase travaux qui permettra de proposer un éventuel phasage pour l'ouverture des terrassements nécessaire à la mise en place des ouvrages.

Nous recommandons également de faire intervenir un géotechnicien en phase de réalisation des travaux (terrassements des déblais, mise en place du mur et remblaiement) afin de vérifier et valider les hypothèses présentées dans notre rapport, dans le cadre d'une mission G4 au sens de la norme NF P94-500 de novembre 2013.

ANNEXES

Annexe n°1 :

Classification des missions géotechniques selon la norme NF P 94-500

4.2.4 Tableaux synthétiques

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

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

Phase Projet (PRO)

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

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

— Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).

— Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

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

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).

— Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

— Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.

— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).

— Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

— donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

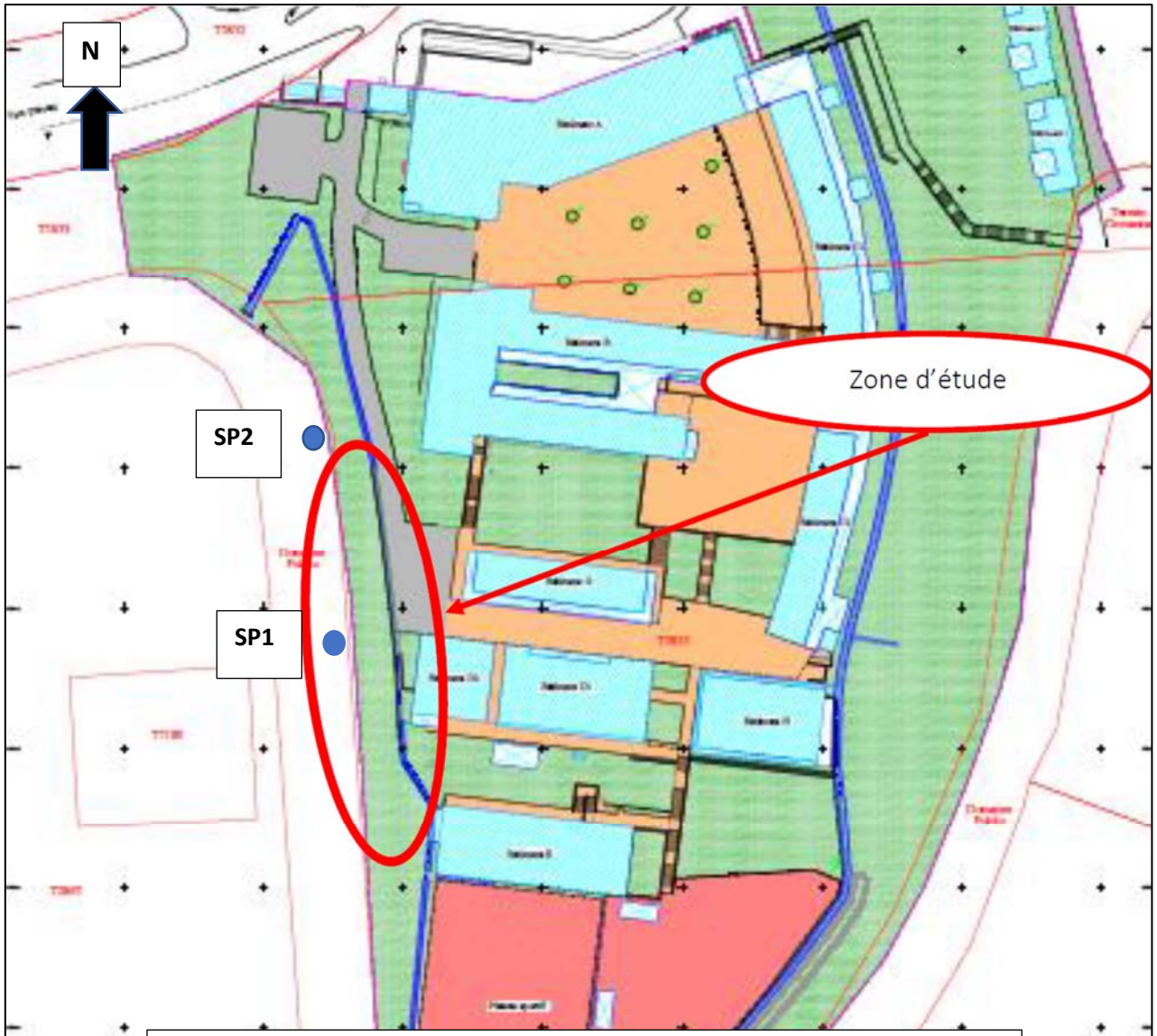
— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

— Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Annexe n°2 :

Plan d’implantation des sondages



IMPLANTATION DES SONDAGES

Annexe n°3 :

Présentation des sondages

Chantier N°: M20-03

Collège KOUNGOU
Client : GEOLITHE

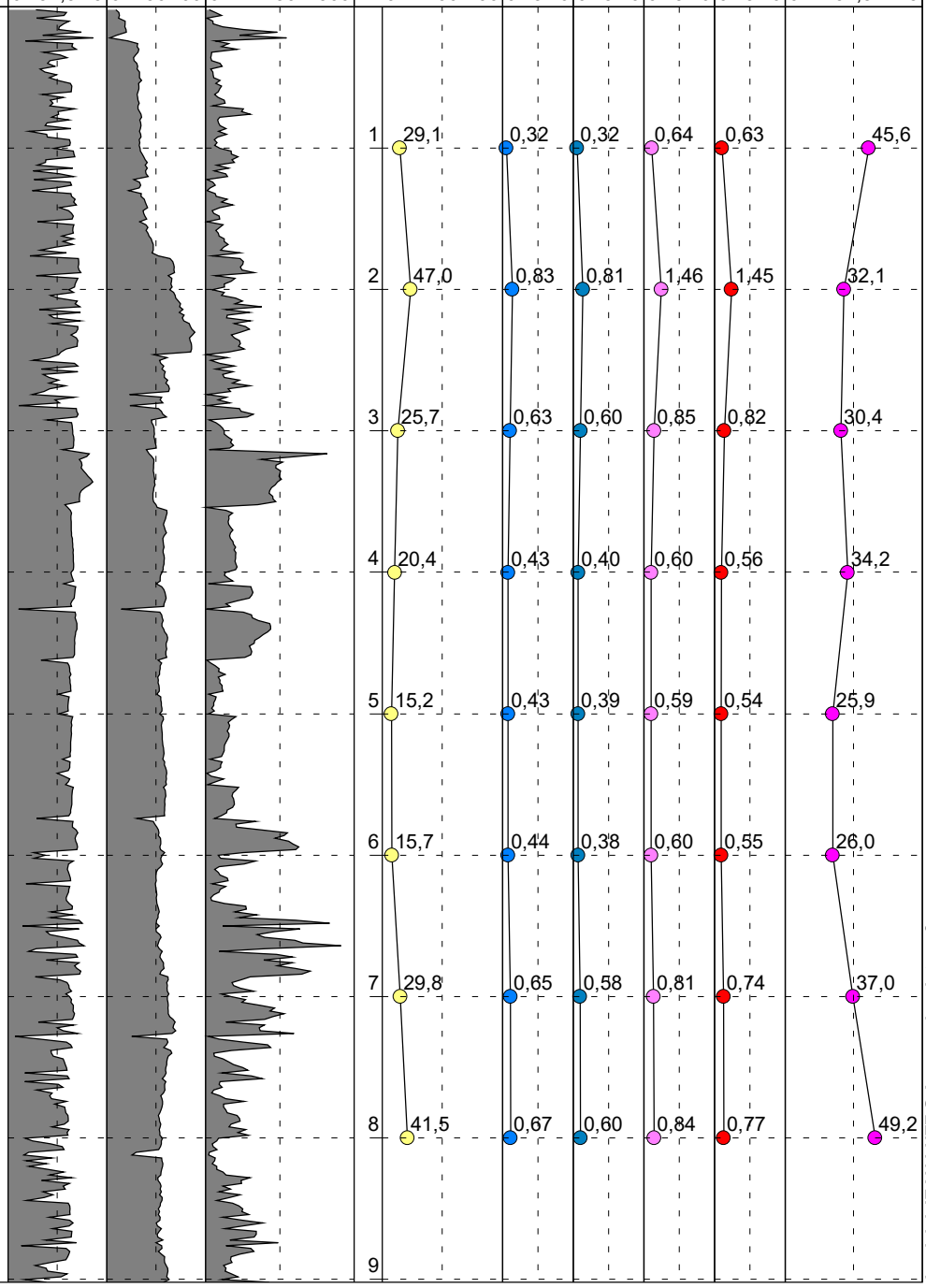
Date début : **06/02/2020** Machine : **APAFOR 330** Profondeur : **0,00 - 9,02 m**

Date fin : **06/02/2020**

Forage : SP1

EXGTE 3.22/LB2EPF580FR

Profondeur	Lithologie	Outil	Tubage	Fluide	Perte de fluide	Niveau d'eau	Remarques
0	Terre végétale	Tarière Ø 63 mm	Pas de tubage provisoire	Forage à sec	Néant	Forage sec	
1	Limon marron						
2							
3							
4	Limon marron chocolat						
5							
6							
7							
8							
9							



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Chantier N°: M20-03

Collège KOUNGOU
Client : GEOLITHE

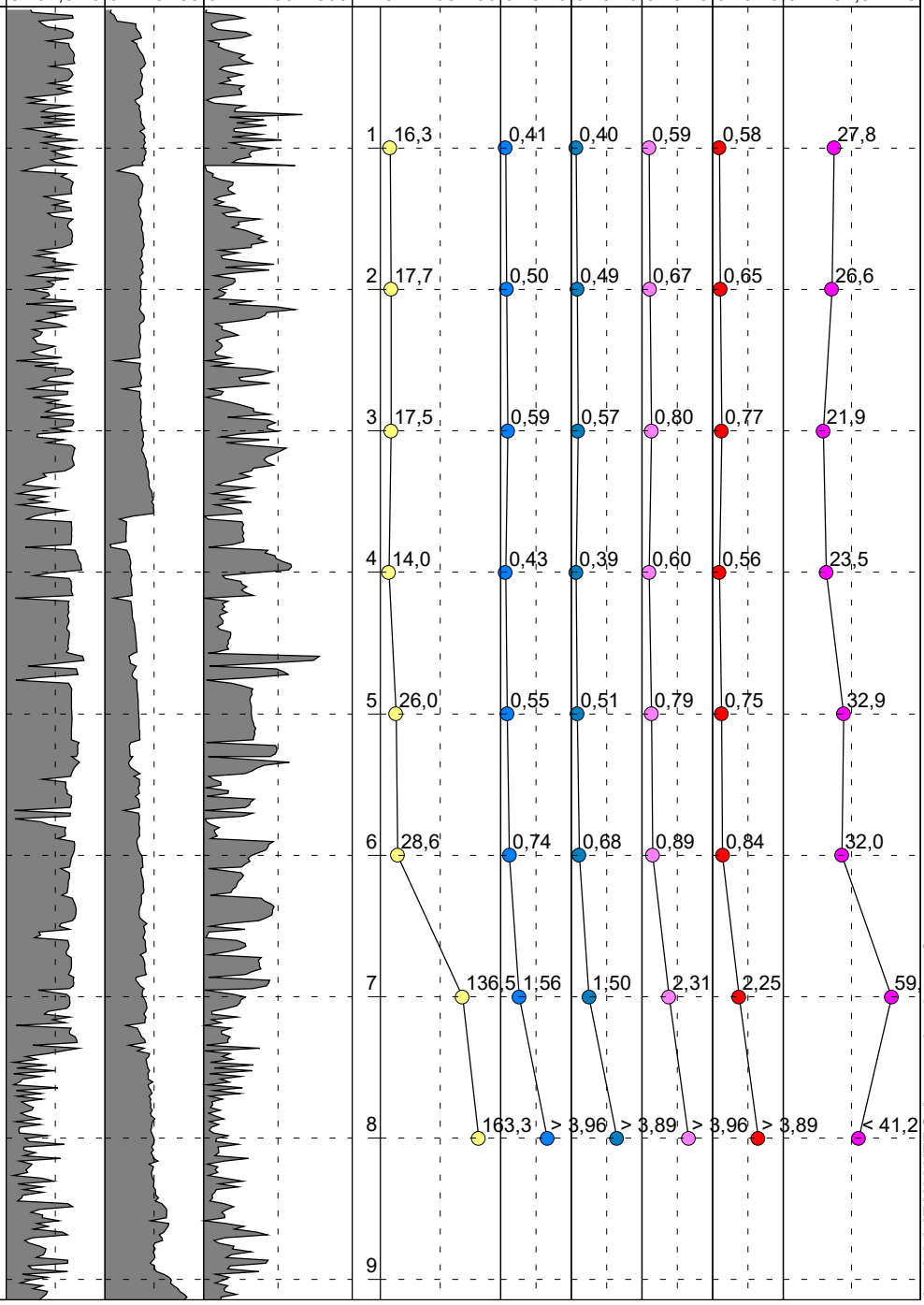
Date début : **07/02/2020** Machine : **APAFOR 330** Profondeur : **0,00 - 9,14 m**

Date fin : **07/02/2020**

Forage : SP2

EXGTE 3.22/LB2EPF580FR

Profondeur	Lithologie	Outil	Tubage	Fluide	Perte de fluide	Niveau d'eau	Remarques
0 – 1	Limon marron chocolat	Tarière Ø 63 mm	Pas de tubage provisoire	Forage à sec	Néant	Forage sec	Essais pressiométriques tous les mètres
1 – 2	Limon marron rouge						
2 – 6	Limon marron gris						
6 – 9	Limon marron gris compact						



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Annexe n°4 :

Résultats des calculs de prédimensionnement

Bureau d'Ingénieurs-Conseils GEOLITHE Océan Indien
6, résidence le Terre-plein, M'tsapéré
97 600, MAMOUDZOU

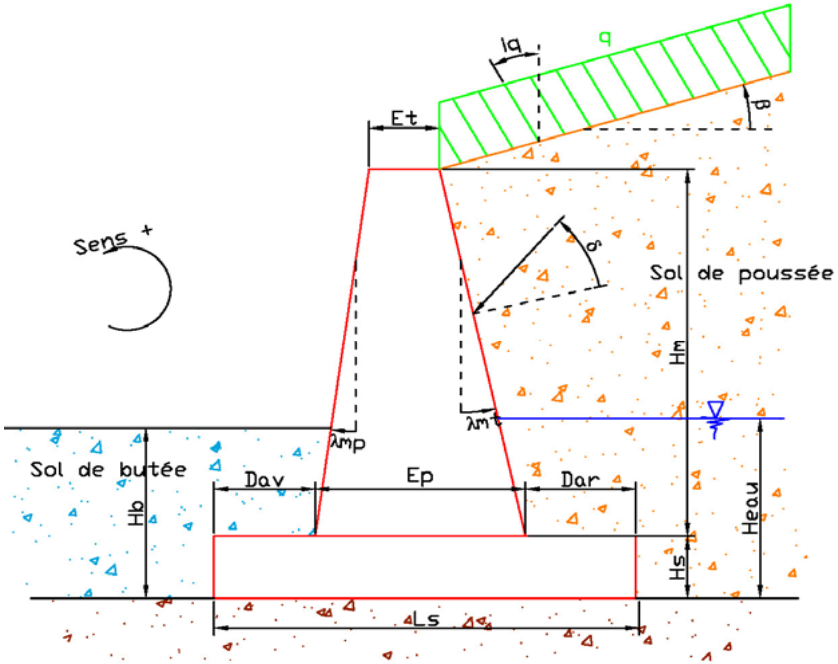
DIMENSIONNEMENT D'UN MUR DE SOUTENEMENT - MUR POIDS

Dossier n° : 19-074
Affaire : Soutènement - Collège de Koungou
Date : 09/10/2020

Version n° 2,3

DONNEES

Géométrie	Poids volumique mur		25 kN/m3
	Hauteur du mur	Hm	3,55 m
	Epaisseur en tête	Et	0,5 m
	Epaisseur en pied	Ep	1,5 m
	Inclinaison mur côté terre	λmt	0°
	Inclinaison mur côté parement	λmp	-16°
	Largeur semelle	Ls	2,8 m
	Hauteur semelle	Hs	0,3 m
	Débord arrière	Dar	0,4 m
	Débord avant	Dav	0,9 m
	Pente terrain en amont	β	25°
	Surcharge	q	10 kPa
	Inclinaison surcharge / verticale	i_q	0°
	La surcharge s'applique au droit du débord arrière		Non
Sol de poussée	Poids volumique		17 kN/m3
	Angle de frottement interne (φ)		29°
	Cohésion		4 kPa
	Prise en compte du poids des terres sur débord arrière		Non
Sol de fondation	Poids volumique		18 kN/m3
	Angle de frottement sol / semelle		29°
	Cohésion sol / semelle		4 kPa
	Contrainte admissible ELS		200 kPa
	Contrainte admissible ELU		330 kPa
	Méthode de calcul	Diagramme rectangulaire (Meyerhof)	
Sol de butée	Prise en compte de la butée		Oui
	Poids volumique		18 kN/m3
	Angle de frottement interne		29°
	Hauteur butée / semelle	Hb	1 m
	Prise en compte du poids des terres sur débord avant		Non
Sismicité	Zone de sismicité		3
	Classe d'ouvrage	A risque normal	
	Catégorie d'importance de l'ouvrage		III
	Accélération hz de calcul	a_g	1,32 m/s²
	Classe de sol		E
		$a_g \cdot s$	2,376 m/s²
	coefficient	r	2
	Coefficient sismique horizontal		0,119
	Coefficient sismique vertical		0,059
Eau	Hauteur d'eau / pied de semelle conditions normales		0 m
	Hauteur d'eau / pied de semelle conditions exceptionnelles		0 m
Coefficients de poussée / butée	*Poussée sur mur*		
	Application de la poussée		Sol/béton
	Hauteur de poussée		3,55 m
	Kaγ (Coulomb)		0,5215
	Kaq (Boussinesq)		0,5783
	Ka" - cohésion (Boussinesq)		0,3498
	Poussée sur semelle		
	Kaγ (Coulomb)		0,5215
	Kaq (Boussinesq)		0,5783
	Ka" - cohésion (Boussinesq)		0,3498
	Butée		
	Kpγ mur (Coulomb)		8,1616
	Kpγ semelle (Coulomb)		4,6348
	Poussée dynamique sous séisme (Mononobe-Okabe)		
	Kad mur +		0,9520
	Kad semelle +		0,9520
	Kad mur -		0,9712
	Kad semelle -		0,9712



Coefficients de sécurité

	ELS	ELU	
	Combinaison fréquente	Combinaison fondamentale	Combinaison accidentelle
Coef. sécu cherché	*1,5*	*1*	*1*
Coef. sécu cherché poinçonnement	*1*	*1*	*1*
Action permanente défavorable	1	1,35	1
Action permanente favorable	1	1	1
Surcharge défavorable	1	1,5	1
Surcharge favorable	1	1	1
Action sismique	1	0	1
Angle de frottement interne	1	1,2	1,1
Cohésion	1	1,5	1,3

RESULTATS

ELS COMBINAISON FREQUENTE

F renversement =	**2,59**	≥1,5	F poinçonnement =	**3,97**	≥1
F glissement =	**2,11**	≥1,5	Contrainte sous les fondations	50 kPa	

ELU COMBINAISON FONDAMENTALE

F renversement =	**1,96**	≥1
F glissement =	**1,36**	≥1
F poinçonnement =	**3,01**	≥1

ELU COMBINAISON ACCIDENTELLE SEISME +

F renversement =	**1,44**	≥1
F glissement =	**1,00**	≥1
F poinçonnement =	**2,46**	≥1

ELU COMBINAISON ACCIDENTELLE AVEC EAU CONDITIONS EXCEPTIONNELLES

F renversement =		
F glissement =		
F poinçonnement =		

ELU COMBINAISON ACCIDENTELLE SEISME -

F renversement =	**1,43**	≥1
F glissement =	**1,06**	≥1
F poinçonnement =	**2,76**	≥1

Données du projet

Numéro d'affaire : 19-074

Titre du calcul : Stabilité de talus

Lieu : Collège de Koungou

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m3

γw : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Limon		17,0	29,00	4,0	0,0	70,0	-	-	Non	Non	Non
2	Parpaings		1,8	35,00	20,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Remblais		18,0	31,00	1,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
4	Beton		25,0	35,00	100,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	Limon		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Parpaings		-	-	-	Effective	Linéaire
3	Remblais		-	-	-	Effective	Linéaire
4	Beton		-	-	-	Effective	Linéaire

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0,000	41,200	3	12,400	37,200	4	13,600	37,200	5	13,600	37,600	6	13,800	37,600	7	13,800	36,150
8	30,000	36,150	9	14,000	36,150	10	14,000	35,850	11	14,300	35,850	12	14,300	36,150	13	10,000	41,200
14	0,000	33,200	15	20,000	28,000	16	13,600	36,150	18	13,961	36,150	19	13,961	35,794	20	14,340	35,794
21	14,340	36,150	22	13,800	35,150	24	12,800	35,150	25	12,700	40,000	26	12,750	37,200	27	13,200	40,000
30	30,000	28,000	31	14,300	35,150	32	14,096	36,150	33	14,157	35,850	34	14,169	35,794			

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
4	4	5	5	5	6	6	6	7	12	9	10	14	11	12	15	13	3	17	14	15
18	4	16	19	16	7	23	7	18	24	9	18	25	18	19	27	8	21	28	12	21
29	20	21	30	1	13	31	7	22	33	24	26	34	26	3	35	26	4	36	26	25
37	25	27	38	27	6	42	13	25	43	24	22	45	15	30	47	6	32	48	32	9
49	32	12	50	32	33	51	33	10	52	33	11	53	33	34	54	34	19	55	34	20
56	34	31	57	22	31															

Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	Talus 60°	3,000	41,200	5,0	9,000	41,200	5,0	90,00

Clous

	Nom	X	Y	Espacement horizontal	Inclinaison/horizontale	Largeur base de diffusion	Angle de diffusion	TR	Longueur	Rsc
1	Clou 1	10,420	40,500	1,500	15,00	1,000	10,00	402,0	5,000	-
2	Clou 2	11,620	38,500	1,500	15,00	1,000	10,00	402,0	5,000	-

Clous (cont.)

	Nom	Rayon équivalent	Règle de calcul	Cisaillement imposé Rcis	Moment de plastification	El	Angle critique	Traction	Cisaillement
1	Clou 1	0,090	Tcal,Cimp	0,0	-	-	5,00	Externe	-
2	Clou 2	0,090	Tcal,Cimp	0,0	-	-	5,00	Externe	-

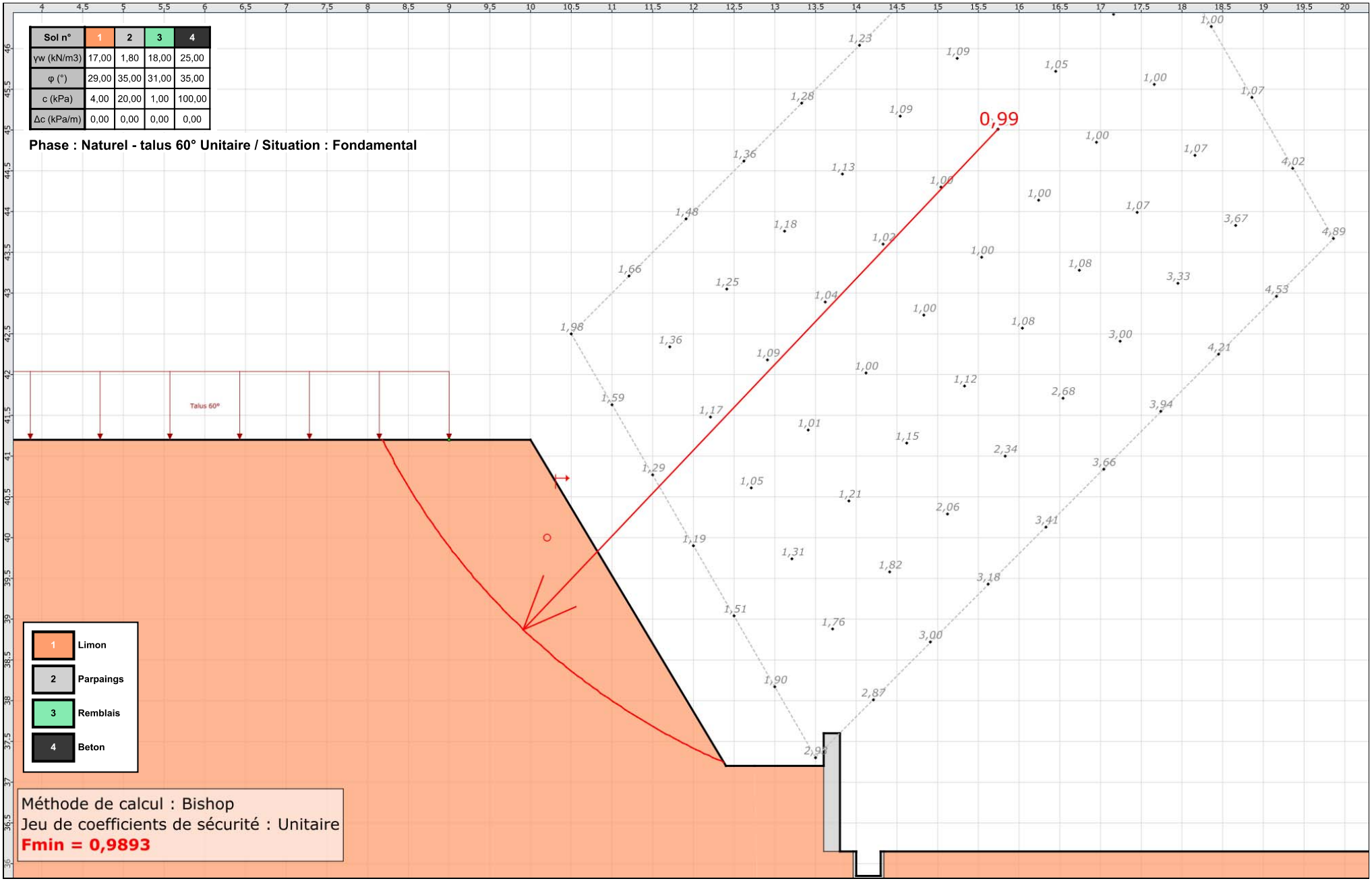
Clous (cont.)

	Nom	qsclous issus de...	θbarre	σe	Valeur de TR donnée	Rsc calculée à partir de qs	Cisaillement variable le long du clou
1	Clou 1	Abaques	-	-	Oui	Oui	Non
2	Clou 2	Abaques	-	-	Oui	Oui	Non

Echelle 1:63

Sol n°	1	2	3	4
γw (kN/m3)	17,00	1,80	18,00	25,00
φ (°)	29,00	35,00	31,00	35,00
c (kPa)	4,00	20,00	1,00	100,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Naturel - talus 60° Unitaire / Situation : Fondamental



terrasol
setec

Talren v5
v5.2.7

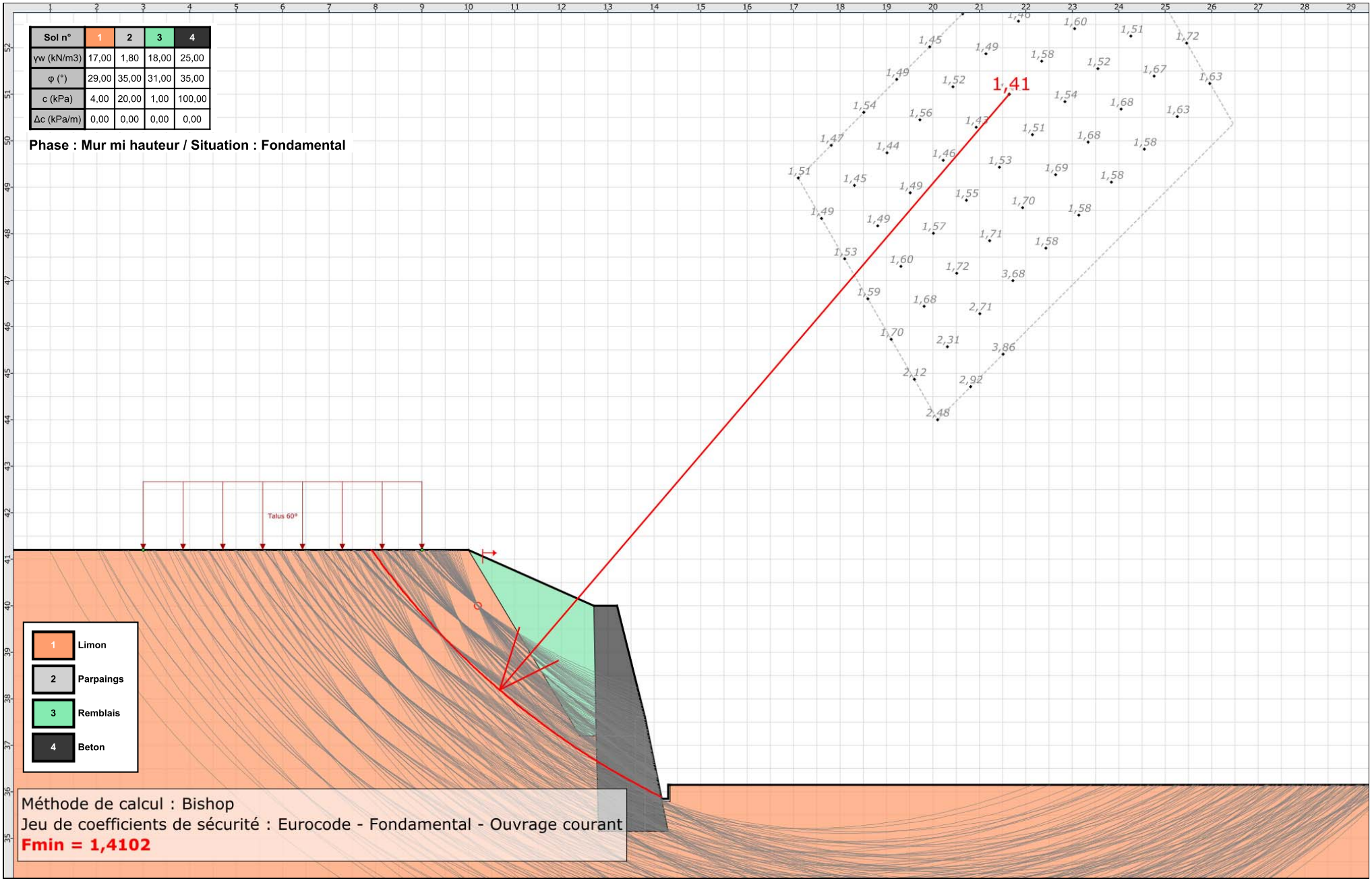
Imprimé le : 10 mars 2020 15:23:55
Calcul réalisé par : AXONE

Projet : Stabilité de talus

Echelle 1:110

Sol n°	1	2	3	4
γw (kN/m3)	17,00	1,80	18,00	25,00
φ (°)	29,00	35,00	31,00	35,00
c (kPa)	4,00	20,00	1,00	100,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Mur mi hauteur / Situation : Fondamental



terrasol
setec

Talren v5
v5.2.7

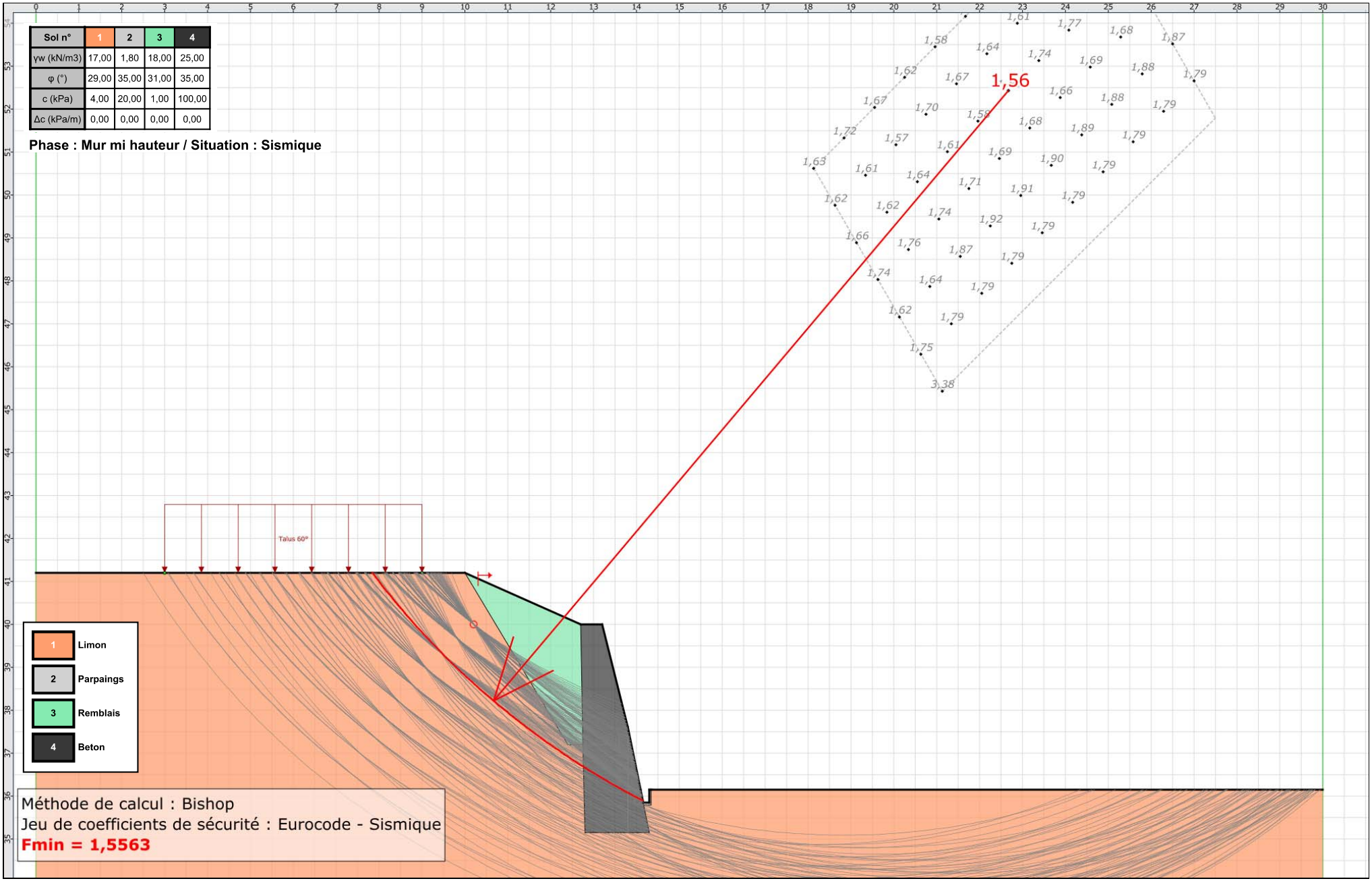
Imprimé le : 10 mars 2020 15:23:55
Calcul réalisé par : AXONE

Projet : Stabilité de talus

Echelle 1:119

Sol n°	1	2	3	4
γw (kN/m3)	17,00	1,80	18,00	25,00
φ (°)	29,00	35,00	31,00	35,00
c (kPa)	4,00	20,00	1,00	100,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Mur mi hauteur / Situation : Sismique



terrasol
setec

Talren v5
v5.2.7

Imprimé le : 10 mars 2020 15:23:56
Calcul réalisé par : AXONE

Projet : Stabilité de talus