

Demande d'autorisation d'exploitation

-

Site minier de Dent de Poya (DDP)

-

Pièce H - Exposé technique détaillé pour les cinq premières années d'activité (Annexes)

-

Centre minier de Poya

-

Commune de Poya – Provinces Nord & Sud

SUIVI DES MODIFICATIONS

Version	Date	Modifications
01	13/07/2023	Version initiale
02	14/03/2024	Version intégrant les compléments demandés dans le courrier n°2024-DIMENC-6060 du 31/01/2024

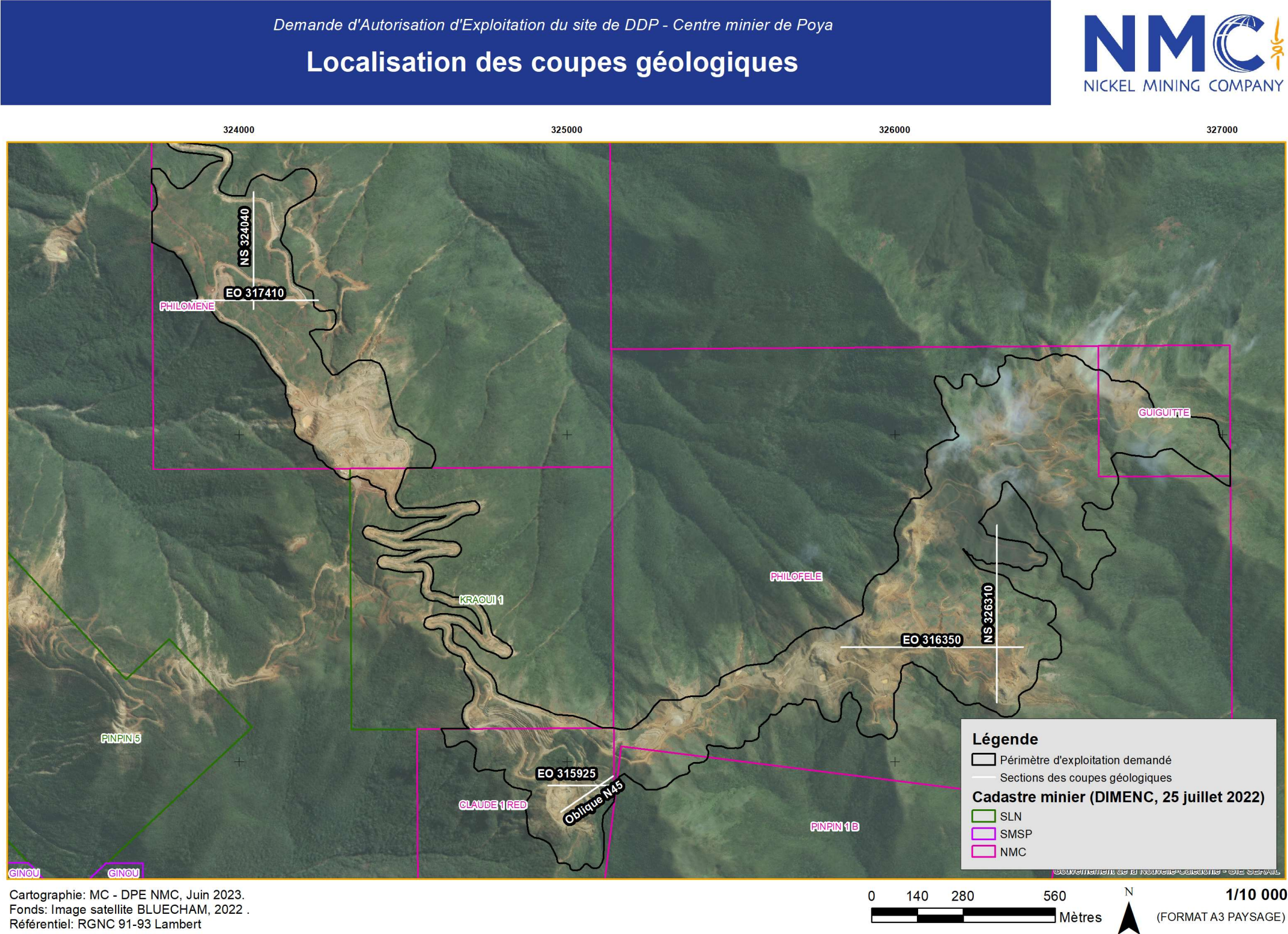
SOMMAIRE

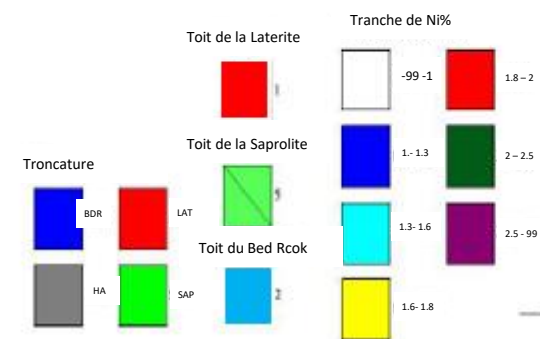
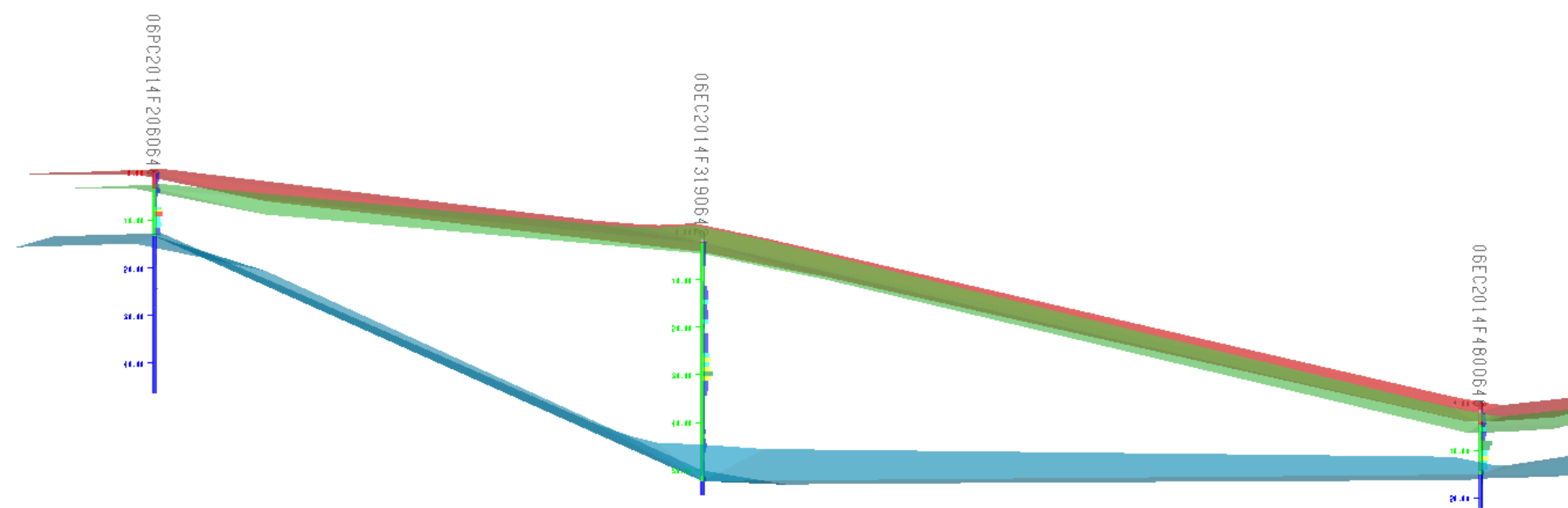
1	LOGS	3
2	COUPES GEOLOGIQUES.....	4
3	ETUDE DE STABILITE DES TALUS D'EXPLOITATION (MECATER, JANVIER 2023)	5
4	PLAN D'ASSURANCE QUALITE GENERAL NMC (PAQ) ET GUIDE NMC	6
5	NOTE DE CALCUL RELATIVE A LA STABILITE DE LA VERSE PHILOMENE	7
6	NOTE DE CALCUL RELATIVE A LA STABILITE DE LA VERSE PHILOFELE SUD.....	8
7	ESPECES VEGETALES UTILISEES EN REVEGETALISATION.....	9

1 Logs

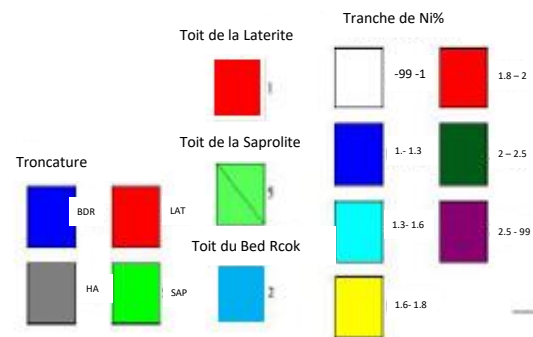
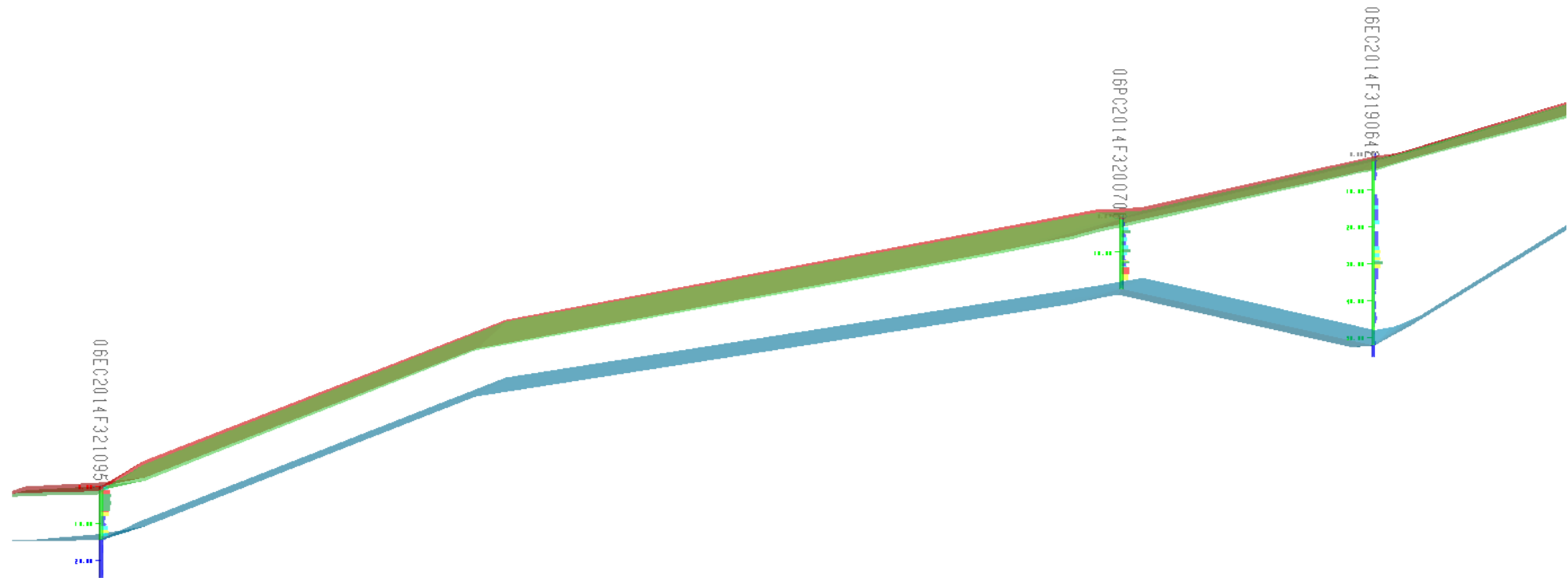
Voir fichier excel transmis avec la demande

2 Coupes géologiques

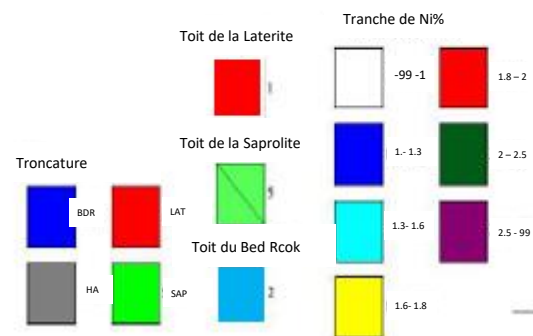
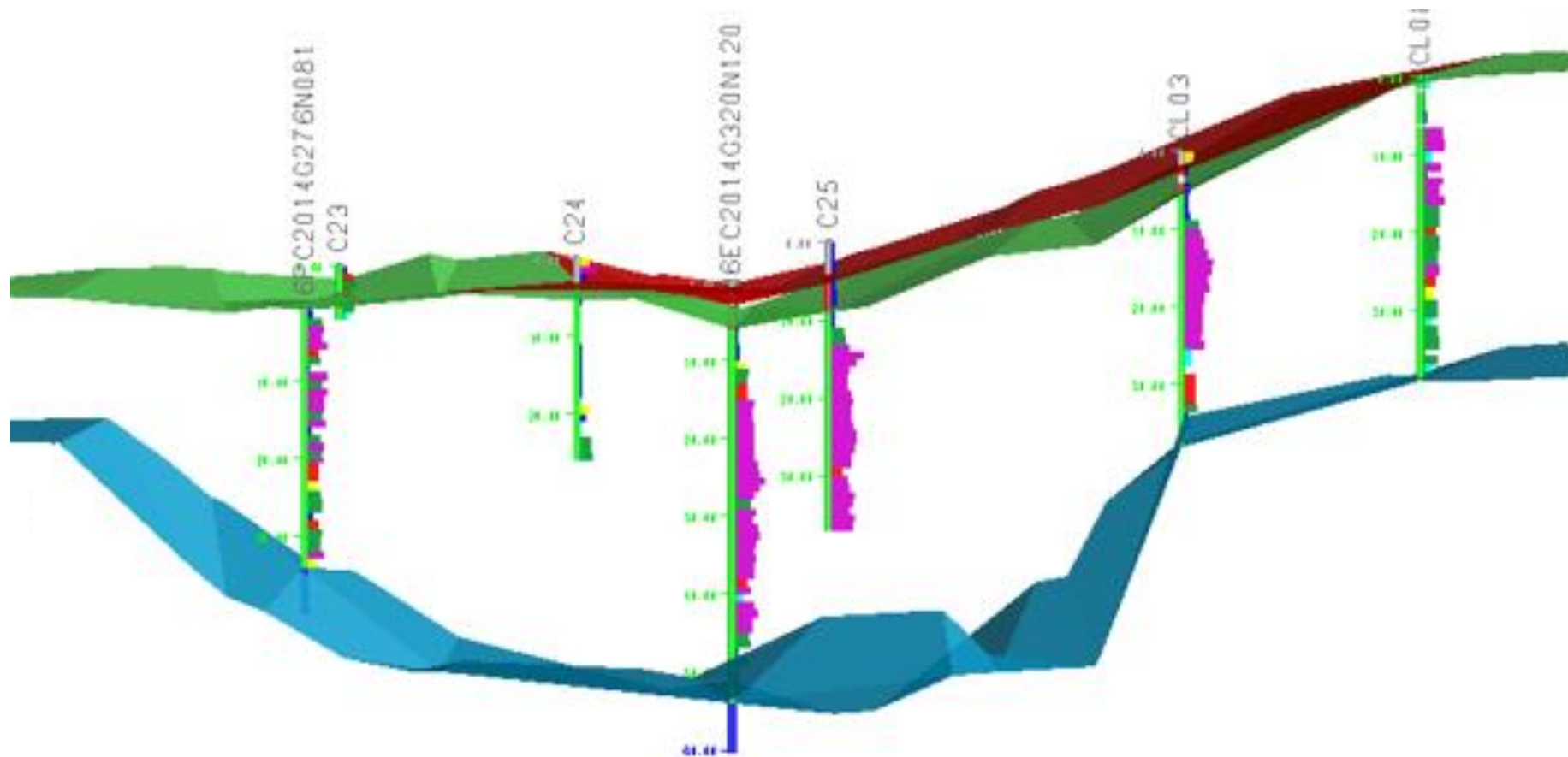




Nickel Mining Company - N.M.C.		
Centre de POYA DENT DE POYA Section EO : 317 410 Philomene		
Scale 1: 2100	Plan No.	Date: 22/12/2022



Nickel Mining Company - N.M.C.		
Centre de POYA		
DENT DE POYA		
Section NS : 324 040 Philomene		
Scale: 1: 2200	Plan No.	Date: 22/12/2022



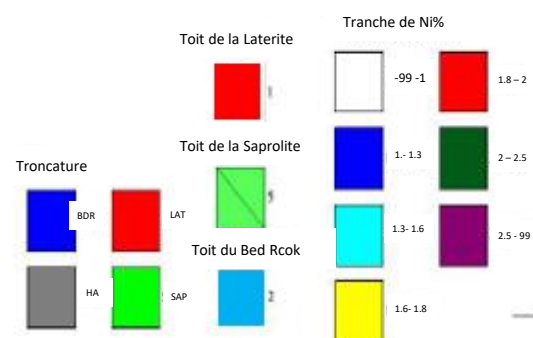
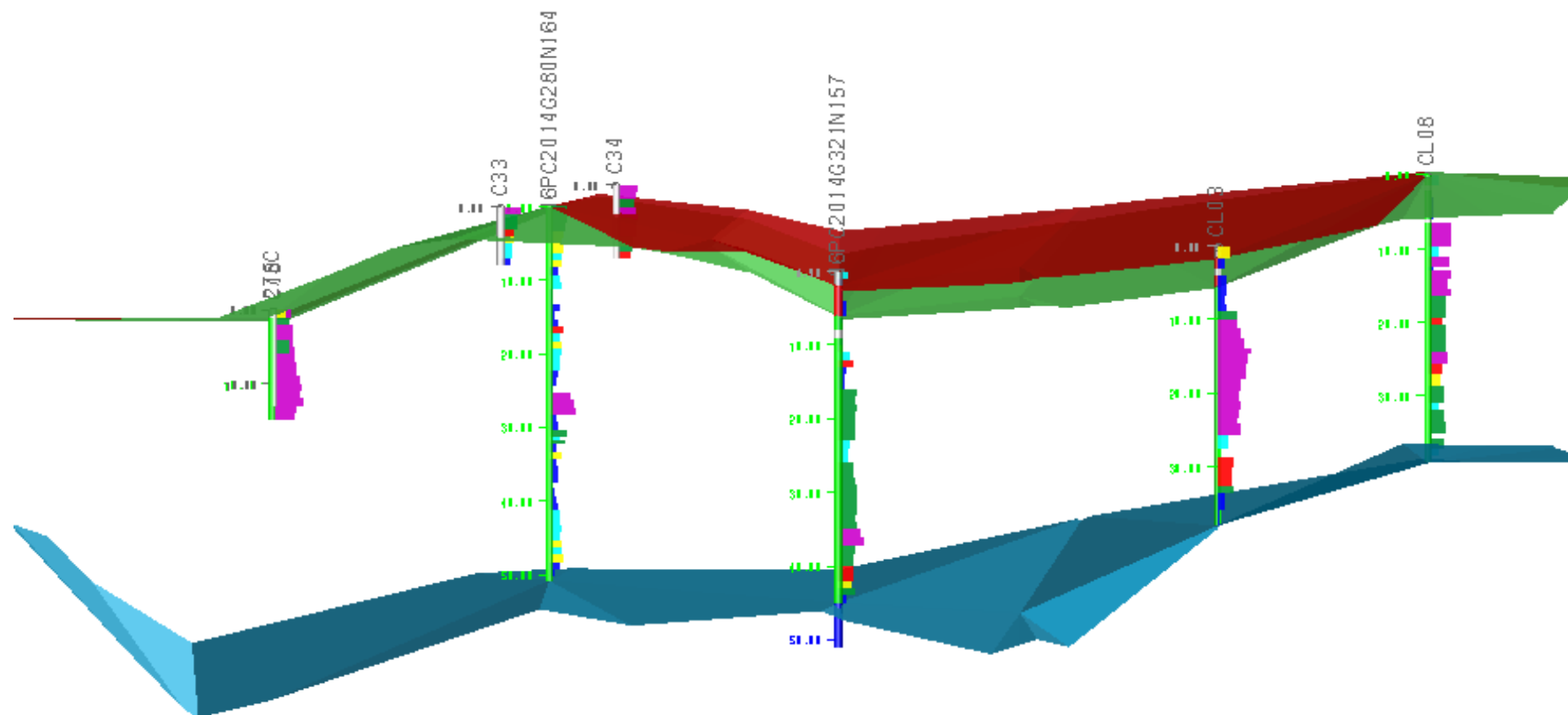
Nickel Mining Company - N.M.C.

Centre de POYA
DENT DE POYA
Section Oblique N45° Claude 1 red

Scale: 1: 825

Plan No.

Date: 22/12/2022



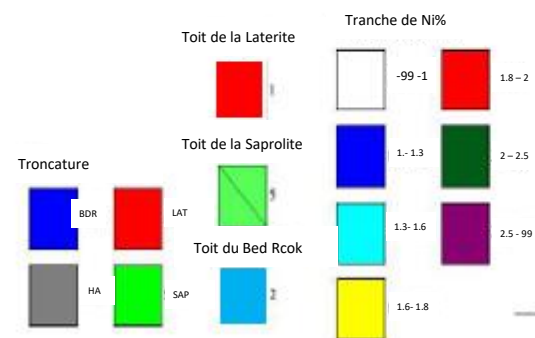
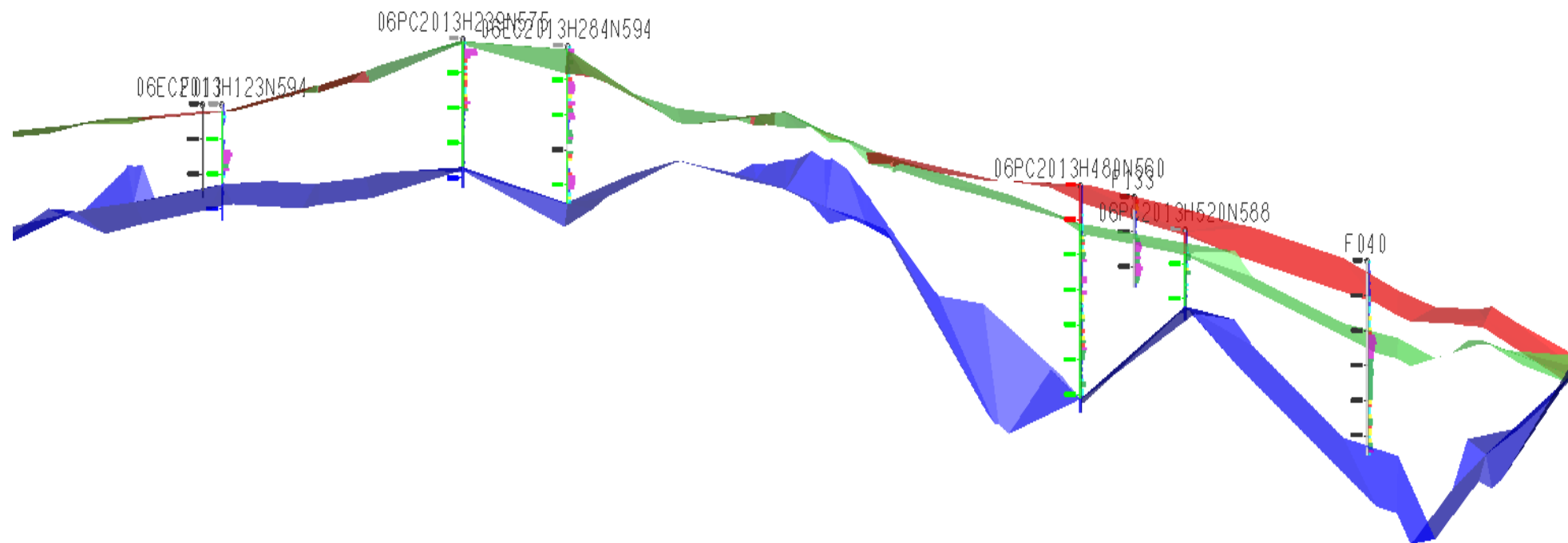
Nickel Mining Company - N.M.C.

Centre de POYA
DENT DE POYA
Section EO 315 925 Claude 1 red

Scale 1: 1650

Plan No.

Date: 22/12/2022



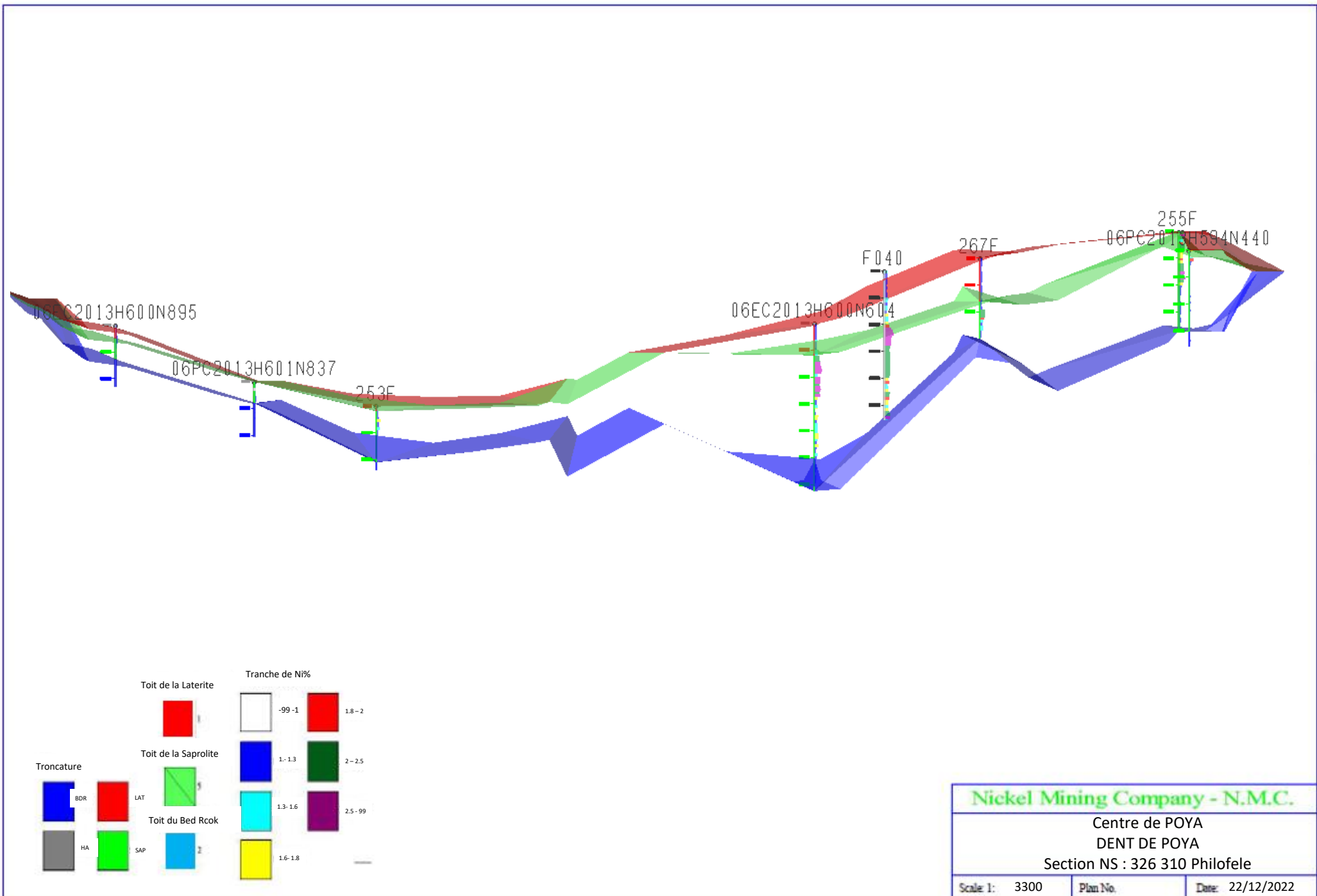
Nickel Mining Company - N.M.C.

Centre de POYA
DENT DE POYA
Section EO : 316 350 Philofele

Scale 1: 3800

Plan No.

Date: 22/12/2022



3 Etude de stabilité des talus d'exploitation (Mécater, Janvier 2023)



MINE DE POYA

ETUDE DE STABILITE DES TALUS D'EXPLOITATION DES FOSSES « CLAUDE », « PHILOFELE », « PHILOFELE NORD » & « GUIGUITTE »

Client : NMC



Réf: MC-22-124-NMC-05-R01-C

C	09/01/2023	MAJ suite aux commentaires NMC		
B	22/12/2022	MAJ suite aux commentaires NMC		
A	12/08/2022	Création		
Révision	Date	Objet de la modification		
		Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Nom et prénom		Fatma TLILI	Fadhel SFAXI	Ghassen JAMELLEDDINE
Fonction		Ingénieur d'études	Chef de projets NC	Directeur production

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	1
2	DOCUMENTS DE REFERENCE	1
3	DEMARCHE DE L'ANALYSE DE STABILITE DES FOSSES « CLAUDE » ET « PHILOFELE »	1
3.1	Démarche d'analyse de stabilité du talus terreux	1
3.2	Démarche d'analyse structurale du talus rocheux	1
3.3	Caractéristiques mécaniques	2
4	ETUDE DE LA STABILITE DE LA FOSSE « CLAUDE »	3
4.1	Présentation du projet de la fosse « CLAUDE »	3
4.2	Contexte géologique au droit de la fosse « CLAUDE »	4
4.3	Justification de la stabilité des talus terreux de la fosse « CLAUDE »	7
4.4	Synthèse de l'analyse de stabilité relative à la fosse « CLAUDE »	9
5	ETUDE DE LA STABILITE DE LA FOSSE « PHILOFELE »	10
5.1	Présentation du projet de la fosse « PHILOFELE »	10
5.2	Contexte géologique au droit de la fosse « PHILOFELE »	11
5.3	Analyse de stabilité des talus terreux de la fosse « PHILOFELE »	13
5.4	Synthèse de l'analyse de stabilité relative à la fosse « PHILOFELE »	15
6	ETUDE DE LA STABILITE DE LA FOSSE « PHILOFELE NORD »	16
6.1	Présentation du projet de la fosse « PHILOFELE NORD »	16
6.2	Contexte géologique au droit de la fosse « PHILOFELE NORD »	18
6.3	Analyse de stabilité des talus terreux de la fosse « PHILOFELE NORD »	20
6.4	Synthèse de l'analyse de stabilité relative à la fosse « PHILOFELE NORD »	21
7	ETUDE DE LA STABILITE DE LA FOSSE « GUIGUITTE »	22
7.1	Présentation du projet de la fosse « GUIGUITTE »	22
7.2	Contexte géologique au droit de la fosse « GUIGUITTE »	24
7.3	Analyse de stabilité des talus terreux de la fosse « GUIGUITTE »	26
7.4	Synthèse de l'analyse de stabilité relative à la fosse « Guiguitte »	28
8	CONCLUSION	30

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Exemple de présentation schématique sur le diagramme de Schmidt des discontinuités identifiées au niveau d'un talus de déblai rocheux	2
Figure 2 : Géométrie du talus de la fosse « Claude ».....	3
Figure 3 : Emprise de la fosse « Claude ».....	4
Figure 4 : Profil géologique type des talus d'exploitation de la fosse « Claude ».....	5
Figure 5 : Vue 3D du projet de la fosse « Claude ».....	6
Figure 6 : Implantation des coupes géotechniques de la fosse « Claude ».....	7
Figure 7 : Carte de zonage relative aux pentes à adopter pour l'exploitation de la fosse « Claude ».....	10
Figure 8 : Géométrie du talus de la fosse « Philofele ».....	10
Figure 9 : Emprise de la fosse « Philofele ».....	11
Figure 10 : Profil géologique type des talus d'exploitation de la fosse « Philofele ».....	11
Figure 11 : Vue 3D du projet de la fosse « Philofele ».....	12
Figure 12 : Implantation des coupes géotechniques de la fosse « Philofele ».....	13
Figure 13 : Carte de zonage relative aux pentes à adopter pour l'exploitation de la fosse « Philofele ».....	16
Figure 14 : Géométrie du talus de la fosse « Philofele Nord ».....	17
Figure 15 : Emprise de la fosse « Philofele Nord ».....	17
Figure 16 : Profil géologique type des talus d'exploitation de la fosse « Philofele Nord »	18
Figure 17 : Vue 3D du projet de la fosse « Philofele Nord ».....	19
Figure 18 : Implantation des coupes géotechniques de la fosse « Philofele Nord ».....	20
Figure 19 : Carte de zonage relative aux pentes à adopter pour l'exploitation de la fosse « Philofele Nord »	22
Figure 20 : Géométrie du talus de la fosse « Guignitte »	23
Figure 21 : Emprise de la fosse « Guignitte ».....	23
Figure 22 : Profil géologique type des talus d'exploitation de la fosse « Guignitte »	24
Figure 23 : Vue 3D du projet de la fosse « Guignitte ».....	25
Figure 24 : Implantation des coupes géotechniques de la fosse « Guignitte ».....	26
Figure 25 : Carte de zonage relative aux pentes à adopter pour l'exploitation de la fosse « Guignitte »	29
Figure 26 : Carte de zonage relative aux pentes à adopter pour l'exploitation des fosses.....	30

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques géotechniques des différents matériaux de la fosse	3
Tableau 2 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Claude ».....	7
Tableau 3 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Claude » en considérant une pente intégratrice de 30°.....	9
Tableau 4 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Claude » en considérant une pente intégratrice de 25°.....	9
Tableau 5 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Philofele »	14
Tableau 6 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Philofele » en considérant une pente intégratrice de 30°.....	15
Tableau 7 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Philofele » en considérant une pente intégratrice de 25°.....	15
Tableau 8 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Philofele Nord ».....	20
Tableau 9 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Philofele Nord » en considérant une pente intégratrice de 30°	21
Tableau 10 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Guignitte ».....	27
Tableau 11 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Guignitte » en considérant une pente intégratrice de 30°.....	28
Tableau 12 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Guignitte » en considérant une pente intégratrice de 25°.....	28

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	: COUPES GEOTECHNIQUES - FOSSE « CLAUDE ».....	- 1 -
ANNEXE 2	: ANALYSE DE STABILITE DES TALUS TERREUX - FOSSE « CLAUDE »..	- 9 -
ANNEXE 3	: ANALYSE DE LA STABILITE APRES OPTIMISATION DE LA GEOMETRIE DES TALUS TERREUX EN CONSIDERANT UNE PENTE INTEGRATRICE DE 30° - FOSSE « CLAUDE »	- 36 -
ANNEXE 4	: ANALYSE DE LA STABILITE APRES OPTIMISATION DE LA GEOMETRIE DES TALUS TERREUX EN CONSIDERANT UNE PENTE INTEGRATRICE DE 25° - FOSSE « CLAUDE »	- 47 -
ANNEXE 5	: COUPES GEOTECHNIQUES - FOSSE « PHILOFELE ».....	- 56 -
ANNEXE 6	: ANALYSE DE STABILITE DES TALUS TERREUX - FOSSE « PHILOFELE »..	- 69 -
ANNEXE 7	: ANALYSE DE LA STABILITE APRES OPTIMISATION DE LA GEOMETRIE DES TALUS TERREUX EN CONSIDERANT UNE PENTE INTEGRATRICE DE 30° - FOSSE « PHILOFELE »	- 118 -
ANNEXE 8	: ANALYSE DE LA STABILITE APRES OPTIMISATION DE LA GEOMETRIE DES TALUS TERREUX EN CONSIDERANT UNE PENTE INTEGRATRICE DE 25° - FOSSE « PHILOFELE »	- 131 -
ANNEXE 9	: COUPES GEOTECHNIQUES - FOSSE « PHILOFELE NORD ».....	- 136 -
ANNEXE 10	: ANALYSE DE STABILITE DES TALUS TERREUX - FOSSE « PHILOFELE NORD »	- 140 -
ANNEXE 11	: ANALYSE DE LA STABILITE APRES OPTIMISATION DE LA GEOMETRIE DES TALUS TERREUX EN CONSIDERANT UNE PENTE INTEGRATRICE DE 30° - FOSSE « PHILOFELE NORD ».....	- 153 -
ANNEXE 12	: COUPES GEOTECHNIQUES - FOSSE « GUIGUITTE ».....	- 156 -
ANNEXE 13	: ANALYSE DE STABILITE DES TALUS TERREUX - FOSSE « GUIGUITTE »...	- 160 -
ANNEXE 14	: ANALYSE DE LA STABILITE APRES OPTIMISATION DE LA GEOMETRIE DES TALUS TERREUX EN CONSIDERANT UNE PENTE INTEGRATRICE DE 30° - FOSSE « GUIGUITTE »	- 173 -
ANNEXE 15	: ANALYSE DE LA STABILITE APRES OPTIMISATION DE LA GEOMETRIE DES TALUS TERREUX EN CONSIDERANT UNE PENTE INTEGRATRICE DE 25° - FOSSE « GUIGUITTE »	- 180 -

1 INTRODUCTION

Dans le cadre de la déclaration d'autorisation d'exploitation minière (DAEM) du site de DDP, la NMC envisage d'exploiter les fosses « Claude », « Philofele », « Philofele Nord » et « Guiguitte ».

Dans ce cadre, la NMC a mandaté MECATER Ingénierie pour analyser la stabilité des talus des fosses listées ci-dessus.

Ainsi, nous présentons dans cette étude :

- Une évaluation du potentiel de stabilité intrinsèque des talus terreux des fosses étudiées ;
- Les préconisations d'adaptation de la géométrie des talus de fosse.

2 DOCUMENTS DE REFERENCE

La présente étude a été réalisée en se référant aux documents suivants :

- Les projets des fosses avec le topo « Claude » et « Philofele » ; (Réf : topo matériaux) ;
- Les données de géologie de surface ; (Réf : contour_sap_terreux / contour_sap_indetermine / contour_sap_dur / contour_lat / contour_bedrock) ;
- Cartographie de surface et données structurales ; (Réf : COMPIL_PS_DDP).

3 DEMARCHE DE L'ANALYSE DE STABILITE DES FOSSES « CLAUDE » ET « PHILOFELE »

3.1 Démarche d'analyse de stabilité du talus terreux

Les calculs de stabilité des talus terreux des fosses étudiées seront basés sur la méthode des tranches verticales à l'équilibre limite (Code de calcul Talren). Les calculs seront réalisés en considérant trois scénarii :

- En conditions normales : Nous adoptons comme critère de stabilité, en conditions normales, un coefficient de sécurité proche de 1,5 ;
- En conditions exceptionnelles : Pour ces calculs nous considérons les pressions d'eau, soit un coefficient de pressions interstitielles, $R_u = 0,2$. Nous adoptons comme critère de stabilité en conditions exceptionnelles, un coefficient de sécurité minimal de l'ordre de 1,1 ;
- En conditions sismiques : Nous avons introduit une accélération sismique de $\pm 0,08$ g. Pour ces conditions, nous adoptons comme critère de stabilité un coefficient de sécurité minimal de l'ordre à 1,1.

3.2 Démarche d'analyse structurale du talus rocheux

Durant cette analyse, nous considérons que les talus ultimes des fosses étudiées sont constitués essentiellement d'un assemblage de blocs rocheux jointifs et que les mouvements

de terrains ne peuvent avoir lieu que le long des discontinuités. Ainsi, l'étude de stabilité du talus sera basée sur une analyse de déplacement des blocs délimités par les discontinuités.

Cette analyse est basée sur deux étapes :

- La première étape consiste à projeter les discontinuités majeures et secondaires sur le plan stéréographique afin de déterminer les points d'intersection de ces discontinuités ;
- La deuxième étape consiste à identifier la zone critique qui peut être délimitée par l'angle de frottement interne estimé à 30° . A partir de cela, nous identifions les points d'intersection des plans à l'intérieur de cette zone. Ces points désignant les dièdres mobilisables ; (Cf. Figure 1).

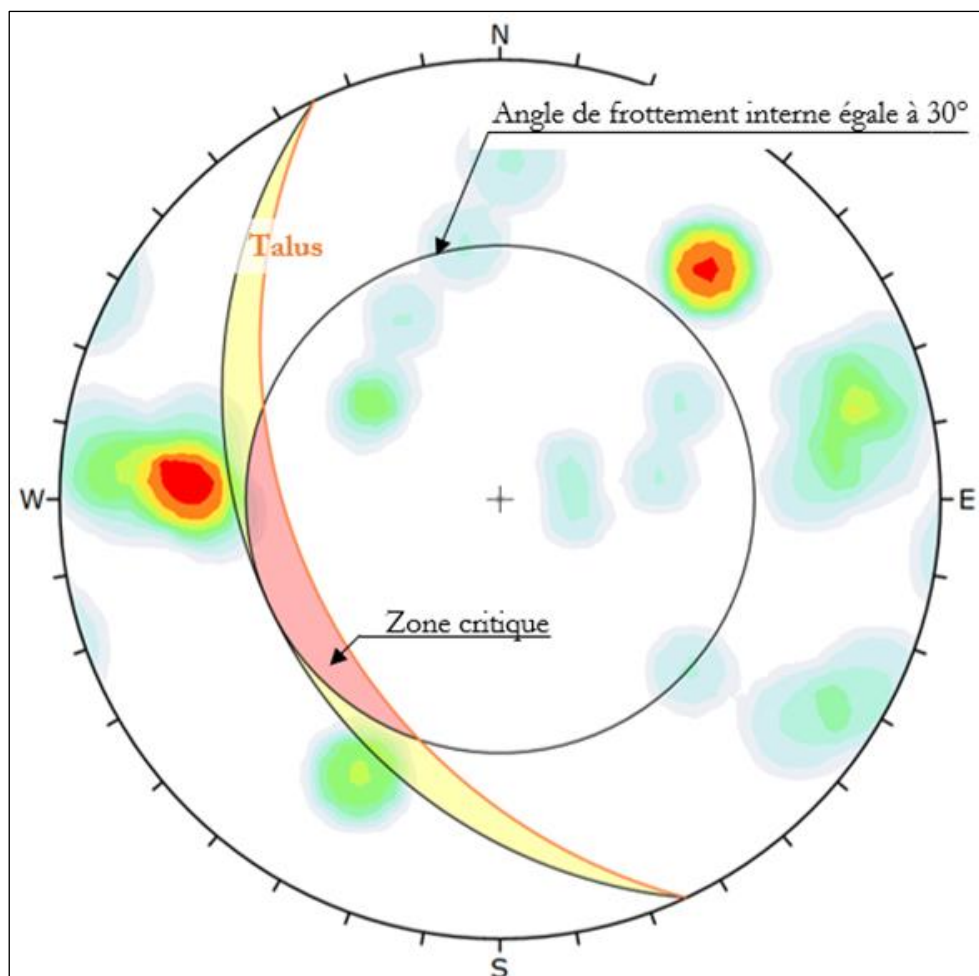


Figure 1 : Exemple de présentation schématique sur le diagramme de Schmidt des discontinuités identifiées au niveau d'un talus de déblai rocheux

3.3 Caractéristiques mécaniques

Les caractéristiques mécaniques des matériaux qui seront utilisées dans les calculs de stabilité mécanique sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Caractéristiques géotechniques des différents matériaux de la fosse

Matériaux	Poids volumique apparent (kN/m ³)	Cohésion (kPa)	Angle de frottement (°)
Latérites en place	18	10	35
Saprolites terreuses	16	15	27
Saprolites rocheuses	22	>40	>35

4 ETUDE DE LA STABILITE DE LA FOSSE « CLAUDE »

4.1 Présentation du projet de la fosse « CLAUDE »

La fosse « Claude » est une fosse fermée qui couvre une superficie d'environ 3,8 ha ; (Cf. Figure 3).

L'exploitation de la fosse se fera par niveau de 2,5 m de hauteur présentant une pente locale de 65°. Une banquette de 2,4 m de largeur sera aménagée entre deux niveaux successifs, soit une pente intégratrice de 35° (Cf. Figure 2).

L'accès au fond de fosse se fait par une rampe projetée avec une largeur d'environ 10 m. Les talus d'exploitation de la fosse « Claude » présentent un dénivelé maximal de 74,5 m, soit de la cote 822,5 NGNC à la cote 897 NGNC ; (Cf. Figure 5).

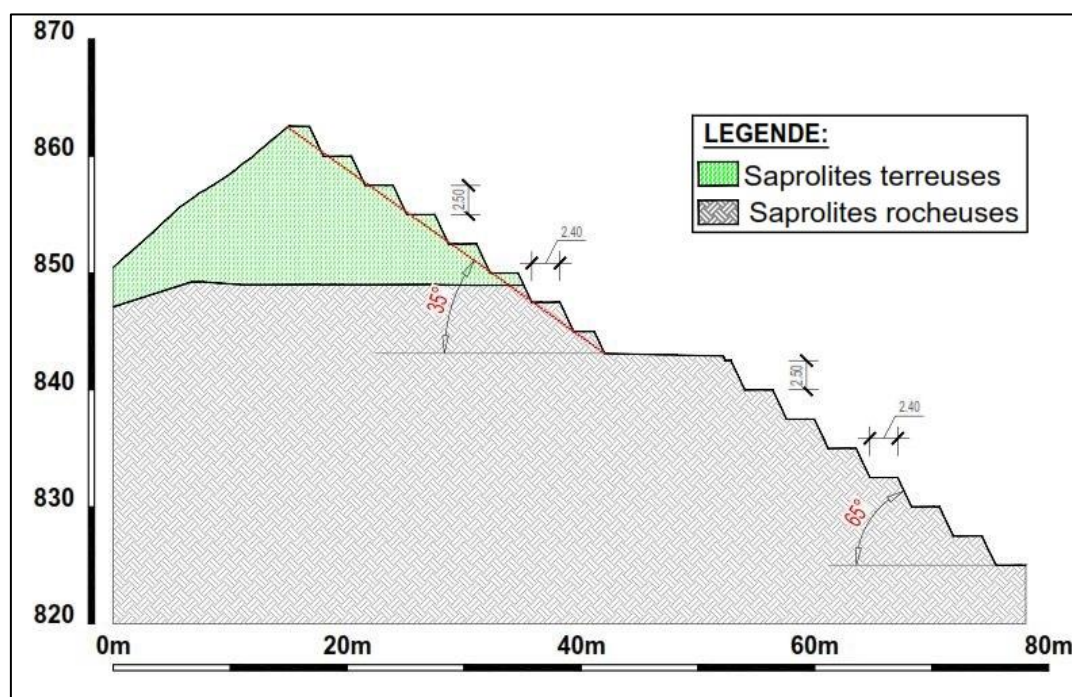


Figure 2 : Géométrie du talus de la fosse « Claude »



Figure 3 : Emprise de la fosse « Claude »

4.2 Contexte géologique au droit de la fosse « CLAUDE »

En se basant sur les données de sondages existants ainsi que le modèle géologique, nous avons réalisé plusieurs coupes pour évaluer le profil géologique caractérisant la fosse « Claude ».

Ces profils montrent qu'au droit de la zone d'étude, les terrains comportent trois horizons qui se présentent de haut en bas comme suit :

- Une couche de latérites en place sur une épaisseur qui peut atteindre 14 m ;
- Une couche de saprolites terreuses ;
- Une couche de saprolites rocheuses peu altérées.

Les talus d'exploitation de la fosse « Claude » seront des talus mixtes composés à la fois de matériaux terreux au niveau de leur partie supérieure, et de matériaux rocheux identifiés plus en profondeur ; (Cf. Figure 4).

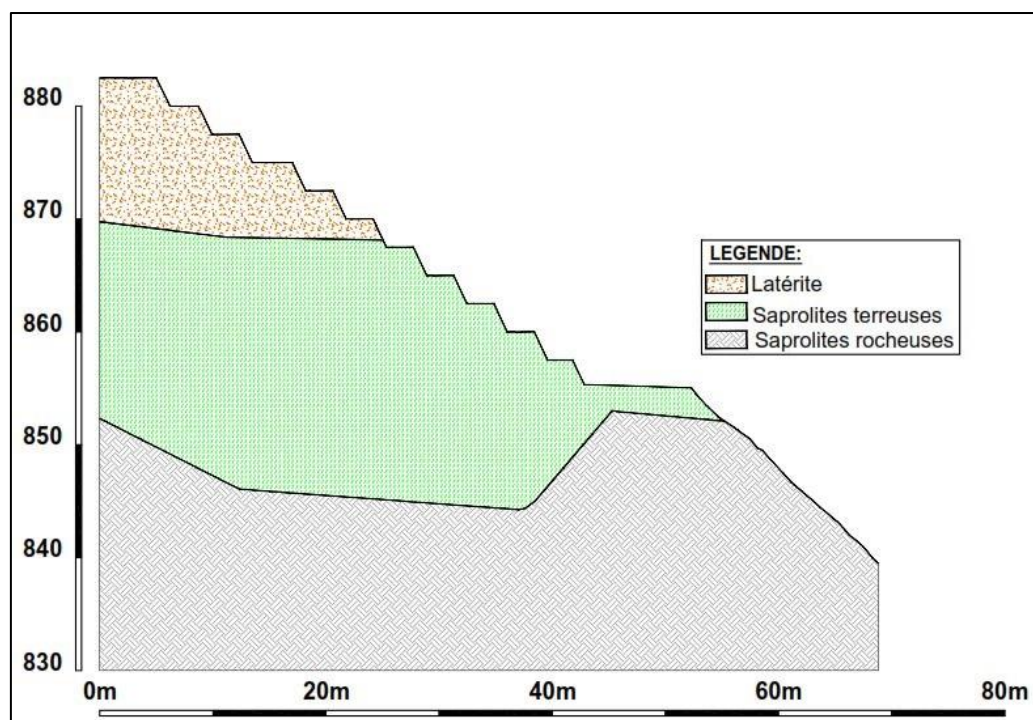


Figure 4 : Profil géologique type des talus d'exploitation de la fosse « Claude »

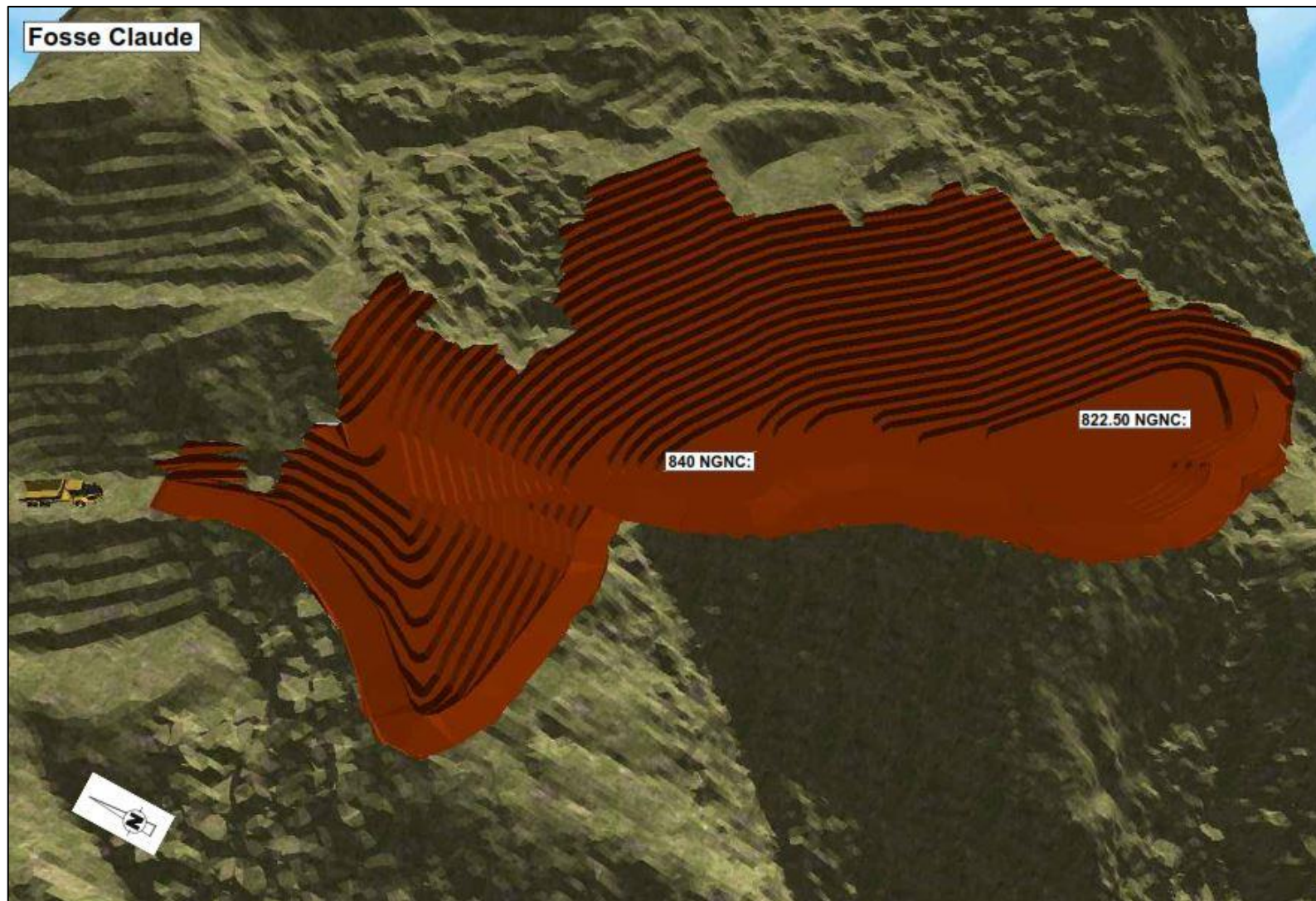


Figure 5 : Vue 3D du projet de la fosse « Claude »

4.3 Justification de la stabilité des talus terreux de la fosse « CLAUDE »

Afin de réaliser cette analyse, nous avons choisi douze coupes représentant les configurations les plus défavorables des talus de la fosse « Claude », c'est-à-dire le maximum de dénivelé et le maximum de pente ; (Cf. Annexe N°1).

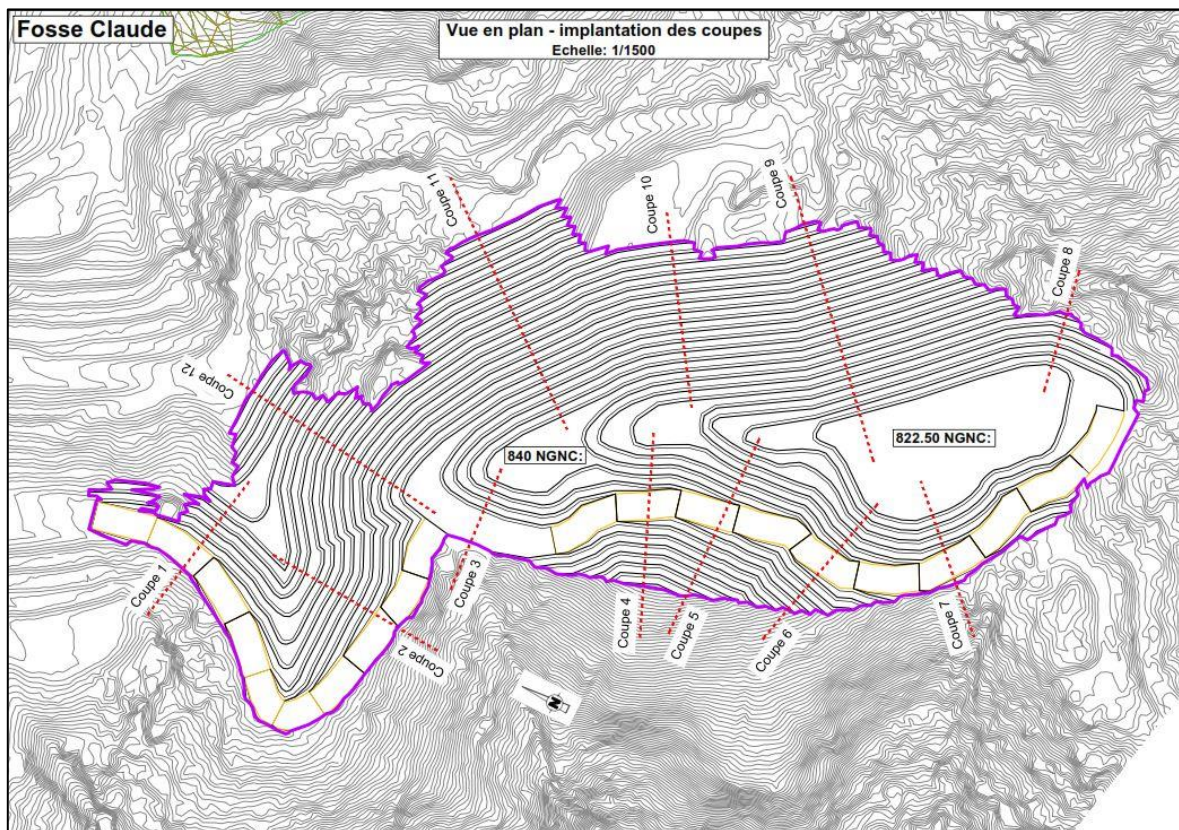


Figure 6 : Implantation des coupes géotechniques de la fosse « Claude »

Les résultats des calculs sont résumés dans le tableau 2. Les surfaces de glissements potentiels sont présentées dans l'annexe N°2.

Tableau 2 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Claude »

N° de la coupe		Coefficient de sécurité en conditions normales	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme allégeant de 0,08 g	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme pesant de 0,08 g	Coefficient de sécurité en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$)
Coupe 1		1,46	1,28	1,25	1,19
Coupe 2		<u>1,25</u>	<u>1,08</u>	<u>1,07</u>	<u>0,99</u>
Coupe 3		1,6	1,42	1,37	1,37
Coupe 4	Talus 1	1,43	1,26	1,22	1,19
	Talus 2	1,55	1,38	1,33	1,32
Coupe 5		1,61	1,42	1,37	1,38

Coupe 6	2,88	2,58	2,44	2,62
Coupe 7	1,66	1,46	1,41	1,42
Coupe 8	1,5	1,32	1,28	1,25
Coupe 9	<u>1,03</u>	<u>0,89</u>	<u>0,89</u>	<u>0,8</u>
Coupe 10	<u>1,1</u>	<u>0,96</u>	<u>0,94</u>	<u>0,87</u>
Coupe 11	<u>1,04</u>	<u>0,9</u>	<u>0,9</u>	<u>0,81</u>
Coupe 12	<u>1,08</u>	<u>0,94</u>	<u>0,93</u>	<u>0,85</u>

Ces calculs montrent que :

- En conditions normales, les coefficients de sécurité minimaux obtenus sont de l'ordre de 1,5 pour les talus au droit des coupes 1, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 ;
- En conditions normales, les coefficients de sécurité des talus au droit des coupes 2, 9, 10, 11 et 12 ne sont pas acceptables. En effet, au droit de ces coupes, les talus sont composés de saprolites terreuses sur une forte hauteur. Les calculs réalisés donnent des coefficients de sécurité nettement inférieurs à la valeur minimale requise de 1,5 ;
- Le coefficient de sécurité minimal obtenu en présence d'une accélération sismique de 0,08 g sont acceptables pour les talus au droit des coupes 1 et de 3 à 8 ;
- Le coefficient de sécurité minimal obtenu en présence d'une accélération sismique de 0,08 g n'est pas acceptable pour les coupes 2, 9 à 12. Les calculs réalisés donnent des coefficients de sécurité nettement inférieurs à la valeur minimale requise de 1,1 ;
- Le coefficient de sécurité calculé en considérant les pressions interstitielles est supérieur à 1,1 excepté pour les talus au droit des coupes 2, 9, 10, 11 et 12.

Ainsi, compte tenu de la configuration géologique défavorable au droit des coupes 2, 9 à 12, nous recommandons de réduire la pente pour améliorer le potentiel de stabilité de la fosse à ce niveau.

Optimisation de la pente des talus terreux de la fosse « Claude »

Dans cette partie, nous avons retenu les coupes dont les facteurs de sécurité ne sont pas satisfaisants.

Nous avons procédé à une réduction progressive de la pente de la fosse et nous avons recalculé les coefficients de sécurité associés à chaque pente.

Les optimisations de la pente ont été réalisées **en gardant la position du fond de fosse fixe et par conséquent, nous avons modifié l'entrée en terre de la fosse.**

Les calculs itératifs montrent que :

- La pente de la partie terreuse au droit de la coupe 2 doit être limitée à 30° ;

- La pente de la partie terreuse au droit des coupe 9 à 12 doit être limitée à 25° ;

Les résultats des calculs sont résumés dans les tableaux 3 et 4. Les surfaces de glissements potentiels sont présentées dans les annexes N°3 et N°4.

Tableau 3 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Claude » en considérant une pente intégratrice de 30°

N° de la coupe	Coefficient de sécurité en conditions normales	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme allégeant de 0,08 g	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme pesant de 0,08 g	Coefficient de sécurité en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$)
Coupe 2	1,41	1,21	1,2	1,13
Coupe 9	1,23	1,05	1,04	0,98
Coupe 10	1,26	1,07	1,06	1,01
Coupe 11	1,2	1,02	1,01	0,96
Coupe 12	1,25	1,06	1,06	0,99

Tableau 4 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Claude » en considérant une pente intégratrice de 25°

N° de la coupe	Coefficient de sécurité en conditions normales	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme allégeant de 0,08 g	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme pesant de 0,08 g	Coefficient de sécurité en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$)
Coupe 9	1,4	1,15	1,15	1,1
Coupe 10	1,45	1,21	1,21	1,18
Coupe 11	1,38	1,15	1,15	1,1
Coupe 12	1,4	1,16	1,16	1,12

4.4 Synthèse de l'analyse de stabilité relative à la fosse « CLAUDE »

L'analyse de stabilité des talus de la fosse « Claude » montrent que :

- Globalement, les talus terreux projetés avec une pente de 35° présentent un potentiel de stabilité acceptable (zone Sud à Sud-Ouest de la fosse) ;
- Au droit des coupes présentant une forte épaisseur de matériaux terreux (Coupe 9 à 12), la pente de la partie terreuse doit être limitée à 25°.

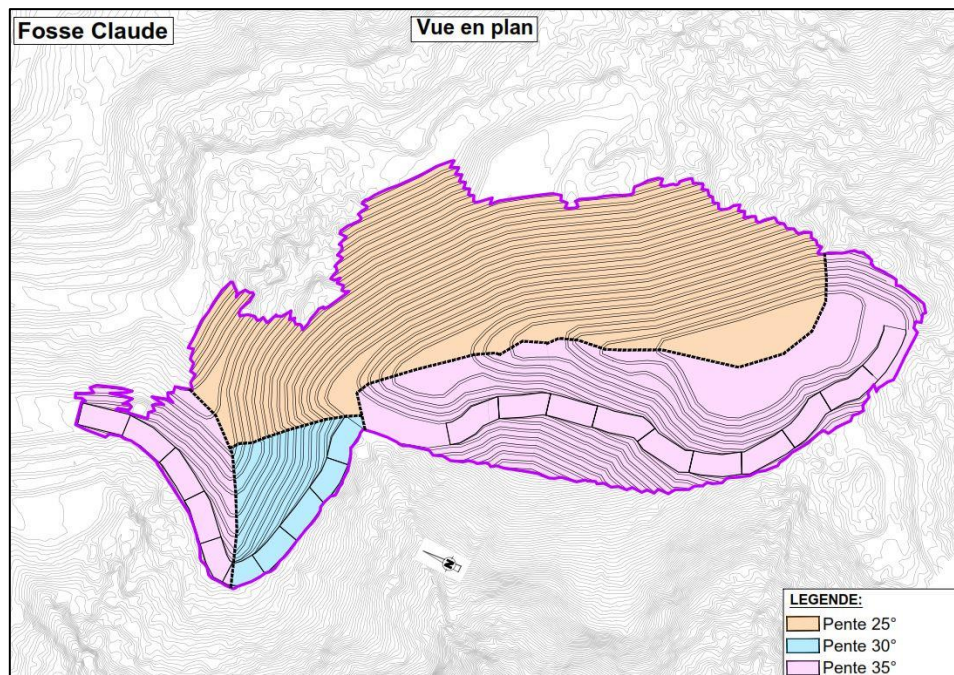


Figure 7 : Carte de zonage relative aux pentes à adopter pour l'exploitation de la fosse « Claude »

5 ETUDE DE LA STABILITE DE LA FOSSE « PHILOFELE »

5.1 Présentation du projet de la fosse « PHILOFELE »

La fosse « Philofele » est une fosse ouverte qui couvre une superficie d'environ 20 ha ; (Cf. Figure 9). L'exploitation se fera par niveau de 2,5 m de hauteur présentant une pente locale de 65°. Une banquette présentant une largeur de 2,4 m sera aménagée entre deux niveaux successifs, soit une pente intégratrice maximale variante de 30° à 35° ; (Cf. Figure 8).

L'accès au fond de fosse se fait par une rampe projetée avec une largeur d'environ 10 m. Les talus d'exploitation de la fosse « Philofele » présentent un dénivelé maximal de 118,5 m, soit de la cote 852,5 NGNC à la cote 971 NGNC ; (Cf. Figure 11).

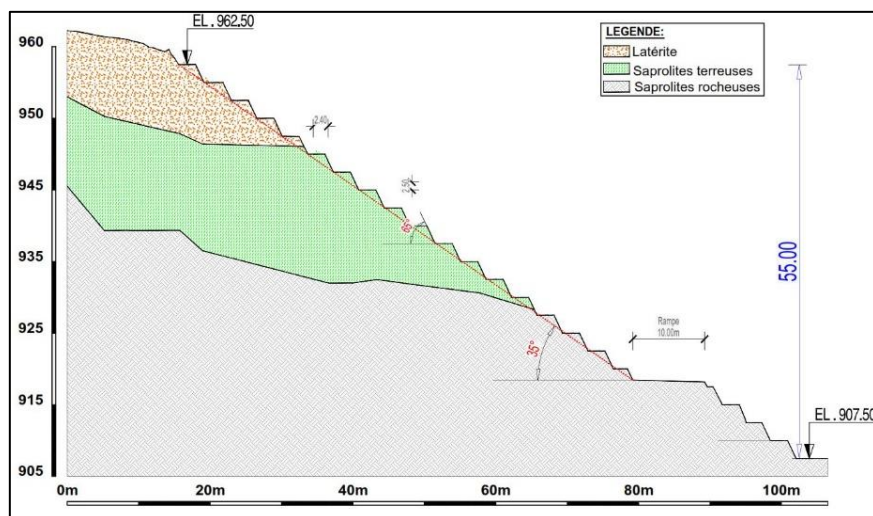


Figure 8 : Géométrie du talus de la fosse « Philofele »



Figure 9 : Emprise de la fosse « Philofele »

5.2 Contexte géologique au droit de la fosse « PHILOFELE »

En se basant sur les données de sondages existants ainsi que le modèle géologique de POYA, nous avons réalisé 35 coupes pour évaluer le profil géologique caractérisant la fosse « Philofele ».

Ces profils montrent que les talus d'exploitation seraient des talus mixtes composés de matériaux terreux au niveau de la partie supérieure et de matériaux rocheux à la base. Les matériaux terreux se présentent sous forme de latérites et de saprolites terreuses sur une épaisseur pouvant atteindre 28 m ; (Cf. Figure 10).

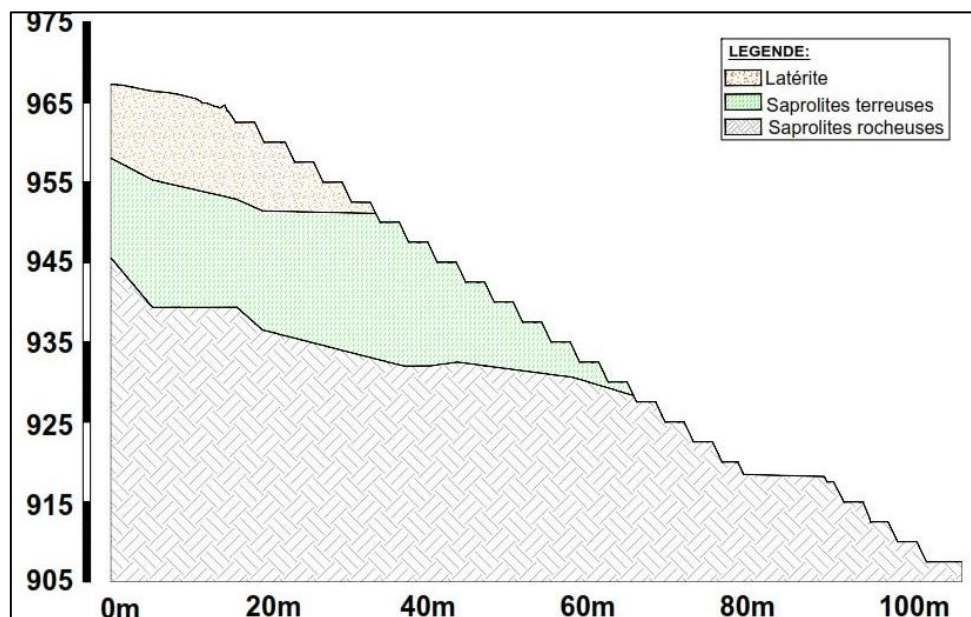


Figure 10 : Profil géologique type des talus d'exploitation de la fosse « Philofele »

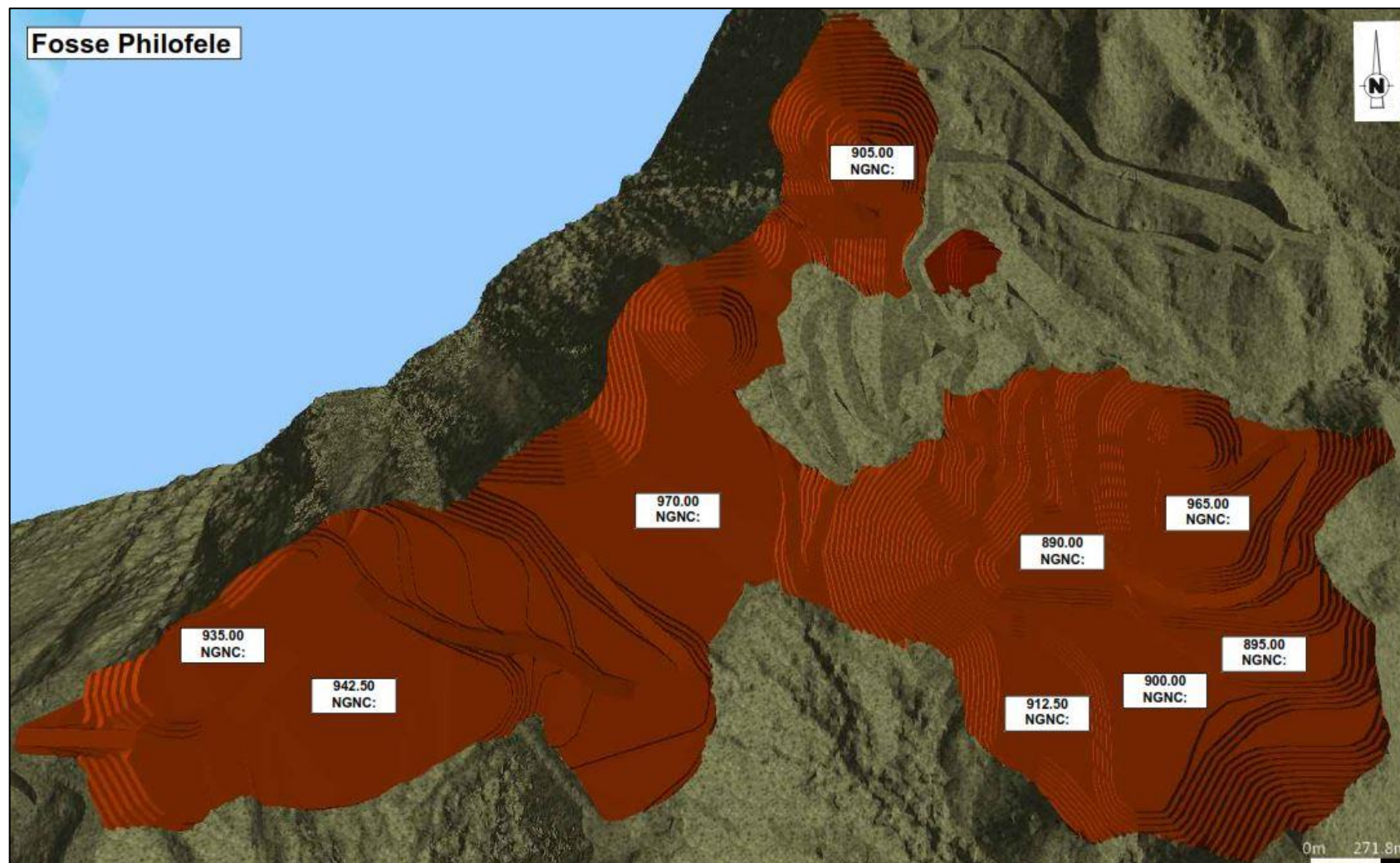


Figure 11 : Vue 3D du projet de la fosse « Philofele »

5.3 Analyse de stabilité des talus terreux de la fosse « PHILOFELE »

Afin de réaliser cette analyse, nous avons choisi 35 coupes représentant les configurations les plus défavorables des talus de la fosse « Philofele », c'est-à-dire le maximum de dénivelé et le maximum de pente ; (Cf. Annexe N°5).

Sur les 35 coupes choisies :

- 6 coupes présentent un talus rocheux nécessitant une analyse structurale. Le levé structural de ces zones n'est pas actuellement disponible ;
- 8 coupes ne sont pas couvertes par le modèle géologique existant fourni par la NMC.

L'étude de ces 14 coupes jugées utiles pour l'analyse de stabilité seront réalisées dans une version ultérieure du présent document une fois le levé structural et le modèle géologique seront disponibles.

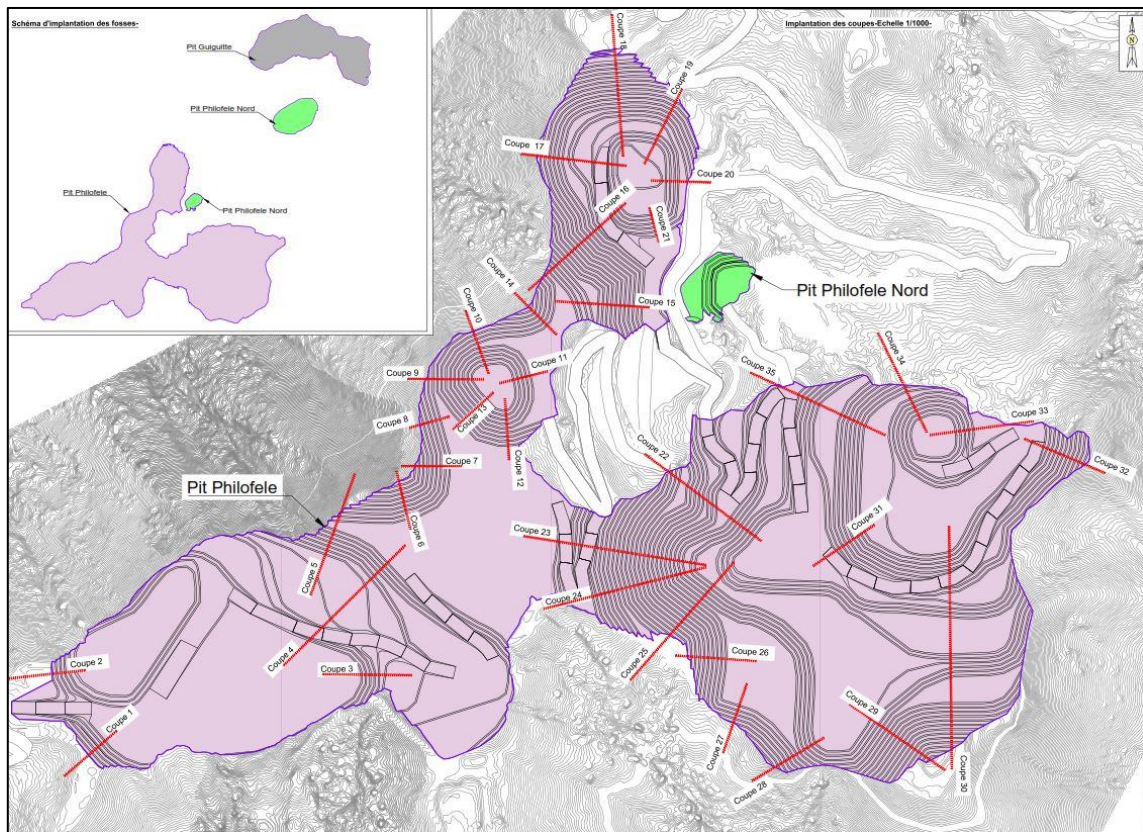


Figure 12 : Implantation des coupes géotechniques de la fosse « Philofele »

Ainsi, 21 coupes géologiques seront analysées. Les résultats des calculs sont résumés dans le tableau 5. Les surfaces de glissements potentiels sont présentées dans l'annexe N°6.

Tableau 5 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Philofele »

N° de la coupe	Coefficient de sécurité en conditions normales	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme allégeant de 0,08 g	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme pesant de 0,08 g	Coefficient de sécurité en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$)
Coupe 1	1,54	1,36	1,33	1,27
Coupe 2	1,63	1,44	1,4	1,37
Coupe 4	1,58	1,37	1,34	1,32
Coupe 6	2,01	1,77	1,7	1,75
Coupe 11	1,54	1,36	1,32	1,29
Coupe 12	<u>1,28</u>	1,12	1,1	<u>1,04</u>
Coupe 13	1,69	1,52	1,45	1,47
Coupe 14	1,53	1,33	1,31	1,21
Coupe 15	<u>1,23</u>	<u>1,05</u>	<u>1,04</u>	<u>0,98</u>
Coupe 16	<u>1,15</u>	<u>1</u>	<u>0,99</u>	<u>0,9</u>
Coupe 17 Talus 1	1,73	1,53	1,48	1,47
Coupe 17 Talus 2	1,77	1,58	1,53	1,72
Coupe 18	<u>1,25</u>	<u>1,09</u>	<u>1,07</u>	<u>1,01</u>
Coupe 19	1,38	1,2	1,18	1,13
Coupe 20	1,53	1,36	1,32	1,29
Coupe 21	1,92	1,72	1,64	1,68
Coupe 22 Talus 1	1,46	1,24	1,23	1,19
Coupe 22 Talus 2	1,47	1,31	1,26	1,24
Coupe 23	<u>1,29</u>	1,14	1,11	<u>1,07</u>
Coupe 29	<u>1,1</u>	<u>0,95</u>	<u>0,95</u>	<u>0,87</u>
Coupe 30 Talus 1	1,36	1,2	1,16	1,12
Coupe 30 Talus 2	1,77	1,5	1,48	1,49
Coupe 34	2,33	2,08	1,99	2,07
Coupe 35	1,55	1,36	1,33	1,3

Ces calculs montrent que :

- En conditions normales, les coefficients de sécurité minimaux obtenus ne sont pas acceptables pour les talus au droit des coupes 12, 15, 16, 18, 23 et 29 où les coefficients de sécurité sont inférieurs à la valeur minimale requise ;
- Le coefficient de sécurité minimal obtenu en présence d'une accélération sismique de 0,08 g est supérieur à 1,1 excepté les talus au droit des coupes 15, 16 et 29 ;
- Le coefficient de sécurité calculé en considérant les pressions d'eau est supérieur à 1,1 excepté les talus au droit des coupes 12, 15, 16, 18, 23 et 29 où le coefficient de sécurité est inférieur à la valeur minimale requise.

A l'issue de cette analyse, nous estimons que le potentiel de stabilité des talus au droit des coupes 12, 15, 16, 18, 23 et 29 n'est pas acceptable. A ce niveau, nous recommandons de réduire la pente.

Optimisation de la pente des talus terreux de la fosse « Philofele »

Dans cette partie, nous avons retenu les coupes dont les facteurs de sécurité ne sont pas satisfaisants.

Nous avons procédé à une réduction progressive de la pente de la fosse et nous avons recalculé les coefficients de sécurité associés à chaque pente. Les optimisations de la pente ont été réalisées **en gardant la position du fond de fosse fixe et par conséquent, nous avons modifié l'entrée en terre de la fosse.**

Les calculs itératifs montrent que la pente de la partie terreuse au droit des coupes à optimiser doit être limitée à 30° et à 25°. En effet :

- Les résultats de calcul pour une pente de talus de 30° dans la partie terreuse des coupes 12, 16, 18 et 23 montrent que le coefficient de sécurité est acceptable en conditions normales et en conditions exceptionnelles ;
- Pour les coupes 15 et 29, la pente doit être limitée à 25°.

Les résultats des calculs sont résumés dans les tableaux 6 et 7. Les surfaces de glissements potentiels sont présentées dans les annexes N°7 et N°8.

Tableau 6 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Philofele » en considérant une pente intégratrice de 30°

N° de la coupe	Coefficient de sécurité en conditions normales	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme allégeant de 0.08 g	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme pesant de 0.08 g	Coefficient de sécurité en considérant les pressions d'eau (Ru = 0.2)
Coupe 12	1,51	1,28	1,26	1,22
Coupe 15	<u>1,28</u>	1,1	<u>1,09</u>	<u>1,04</u>
Coupe 16	1,37	1,18	1,16	1,12
Coupe 18	1,38	1,19	1,17	1,12
Coupe 23	1,68	1,45	1,44	1,42
Coupe 29	<u>1,32</u>	1,13	1,11	1,06

Tableau 7 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Philofele » en considérant une pente intégratrice de 25°

N° de la coupe	Coefficient de sécurité en conditions normales	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme allégeant de 0.08 g	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme pesant de 0.08 g	Coefficient de sécurité en considérant les pressions d'eau (Ru = 0.2)
Coupe 15	1,64	1,38	1,36	1,37
Coupe 29	1,93	1,63	1,58	1,66

5.4 Synthèse de l'analyse de stabilité relative à la fosse « PHILOFELE »

L'analyse de stabilité des talus de la fosse « Philofele » montrent que :

- Globalement les talus terreux projetés avec une pente de 35° présentent un potentiel de stabilité acceptable. Par endroits, la pente doit être réduite à 30° et à 25° conformément à la carte de zonage présenté ci-dessous ;
- Les talus rocheux projetés avec une pente de 35° présentent un potentiel de stabilité acceptable. Une évaluation du potentiel de stabilité des talus rocheux sera réalisée suite à l'ouverture des premiers niveaux de la fosse, et ce, sur la base d'un levé structural détaillé.

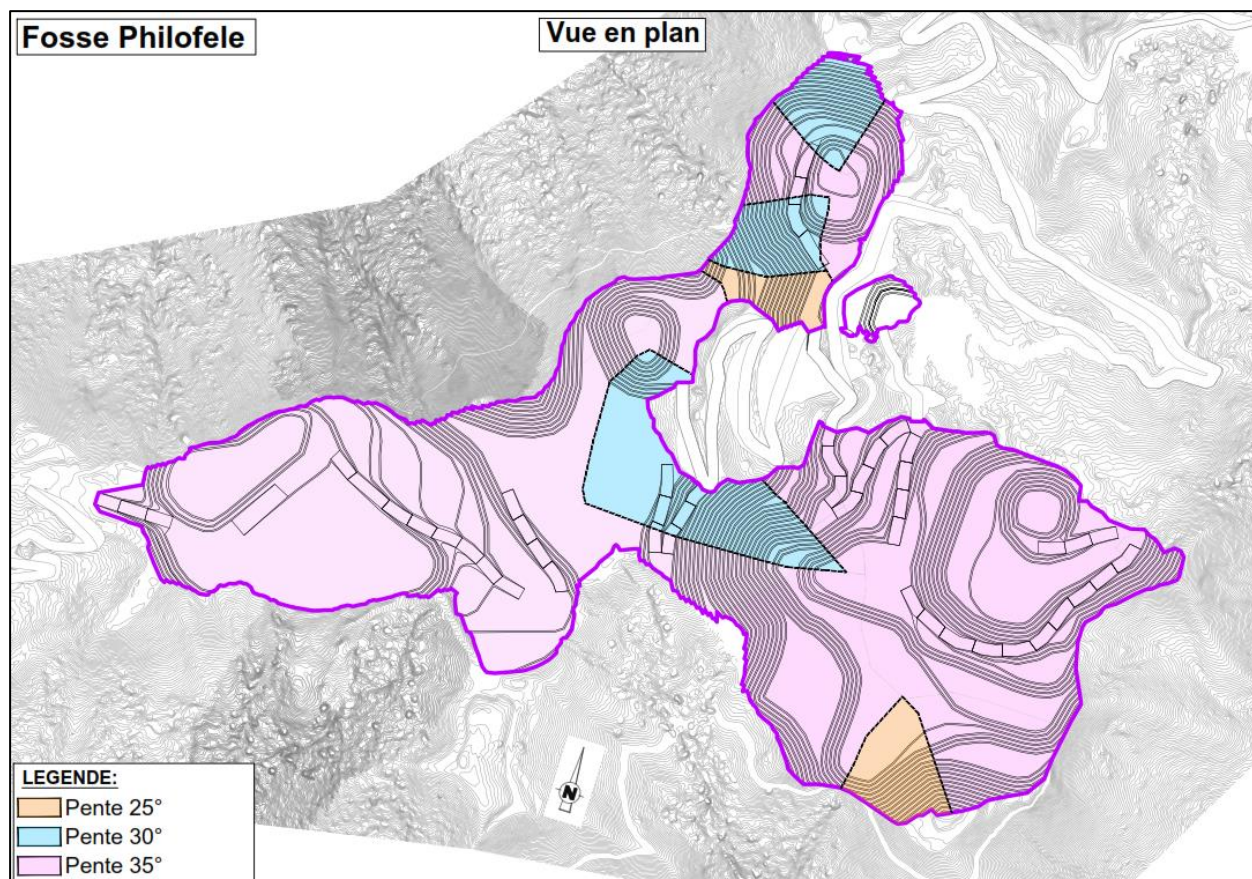


Figure 13 : Carte de zonage relative aux pentes à adopter pour l'exploitation de la fosse « Philofele »

6 ETUDE DE LA STABILITE DE LA FOSSE « PHILOFELE NORD »

6.1 Présentation du projet de la fosse « PHILOFELE NORD »

La fosse « Philofele Nord » est composée de deux zones d'exploitation. La zone Est couvre une superficie de 1,25 ha et la zone Ouest qui couvre une superficie de 0,25 ha. L'exploitation se fera par niveau de 2,5 m de hauteur présentant une pente locale de 65°. Une banquette présentant une largeur de 2,4 m sera aménagée entre deux niveaux successifs, soit une pente intégratrice maximale variante de 34° à 36° ; (Cf. Figure 14).

Les talus d'exploitation de la fosse « Philofele Nord » - Est présentent un dénivelé maximal de 32,5 m, soit de la cote 932,5 NGNC à la cote 965 NGNC.

Les talus d'exploitation de la fosse « Philofele Nord » - Ouest présentent un dénivelé maximal de 13 m, soit de la cote 905 NGNC à la cote 918 NGNC ; (Cf. Figure 17).

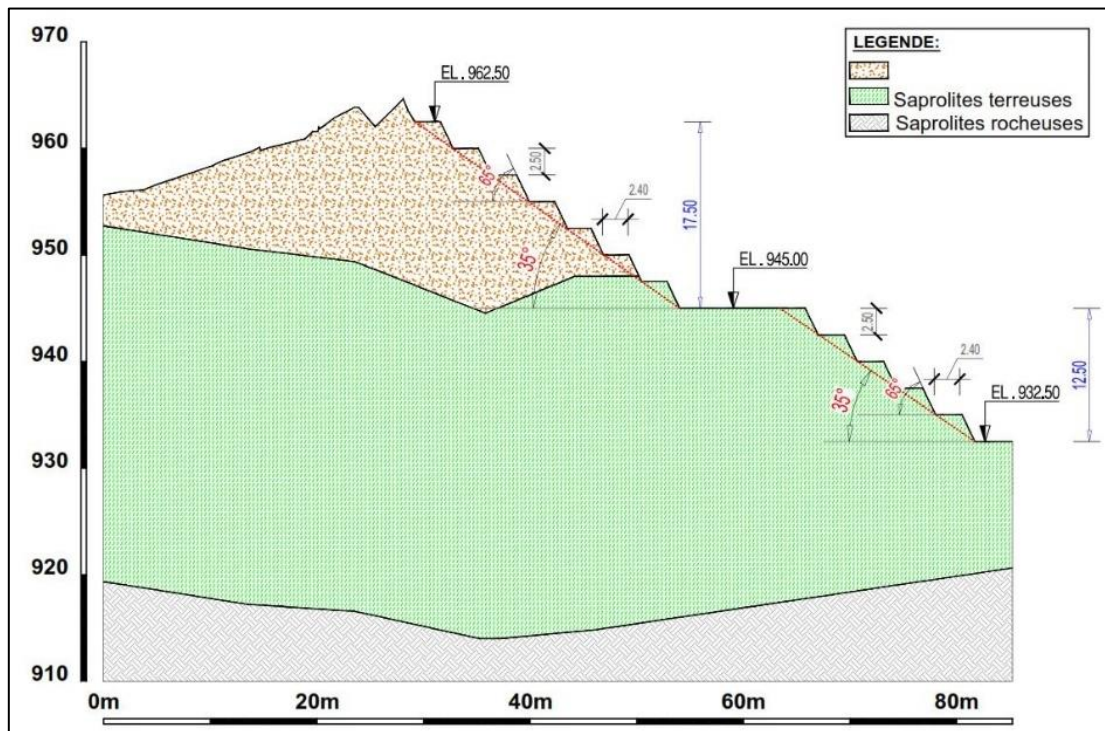


Figure 14 : Géométrie du talus de la fosse « Philofele Nord »

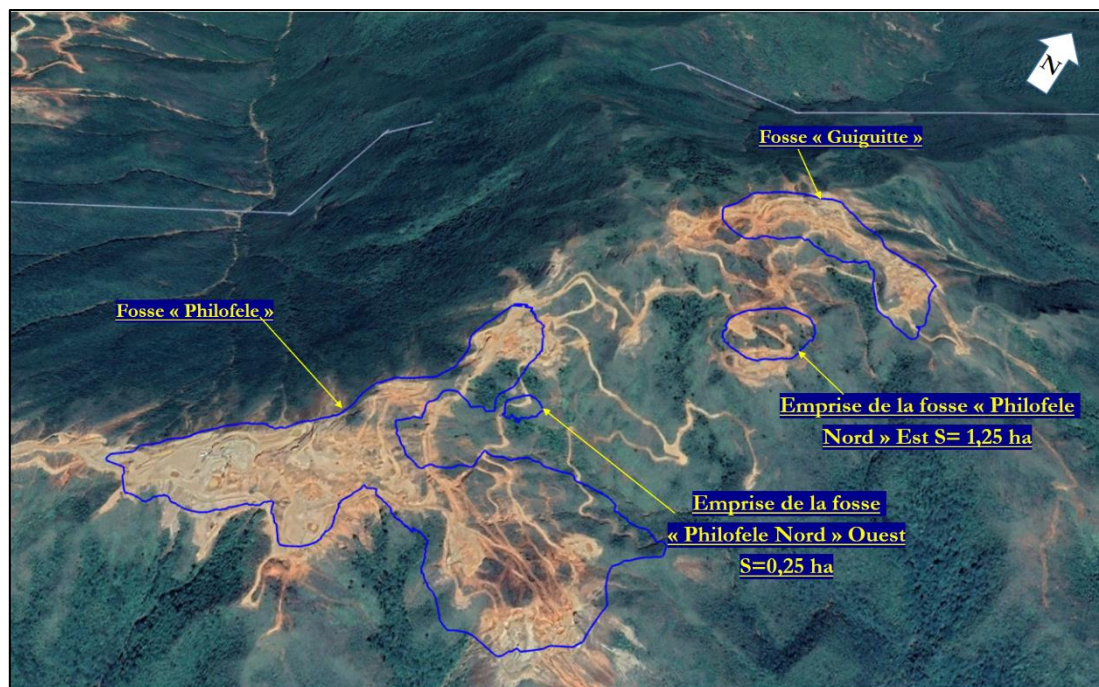


Figure 15 : Emprise de la fosse « Philofele Nord »

6.2 Contexte géologique au droit de la fosse « PHILOFELE NORD »

En se basant sur les données de sondages existants ainsi que le modèle géologique de PINPIN, nous avons réalisé plusieurs coupes pour évaluer le profil géologique caractérisant la fosse « Philofele Nord ».

Ces profils montrent que les talus d'exploitation seraient des talus mixtes composés de matériaux terreux et de matériaux rocheux. Les matériaux terreux se présentent sous forme de latérites et de saprolites terreuses sur une épaisseur pouvant dépasser 25 m ; (Cf. Figure 16).

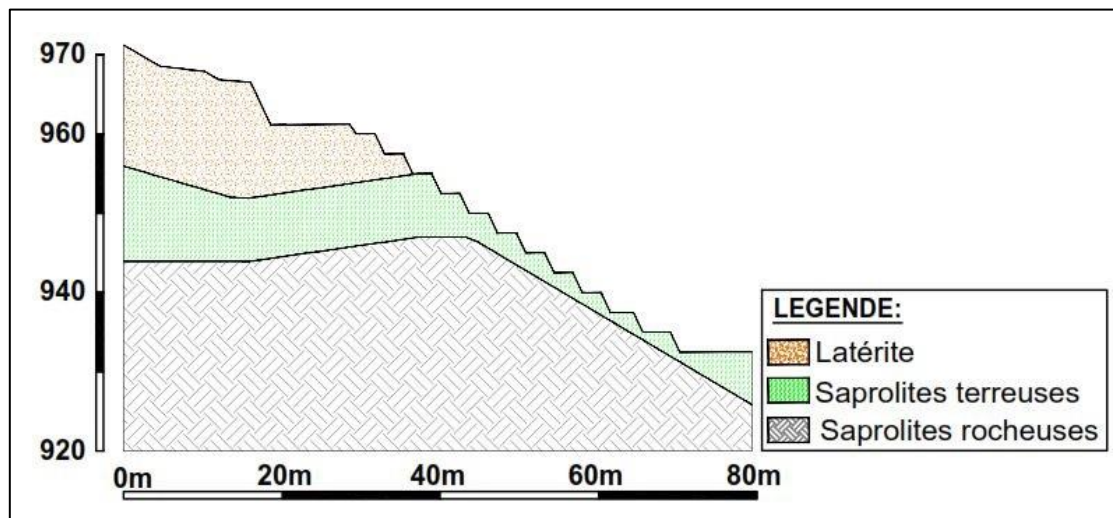


Figure 16 : Profil géologique type des talus d'exploitation de la fosse « Philofele Nord »

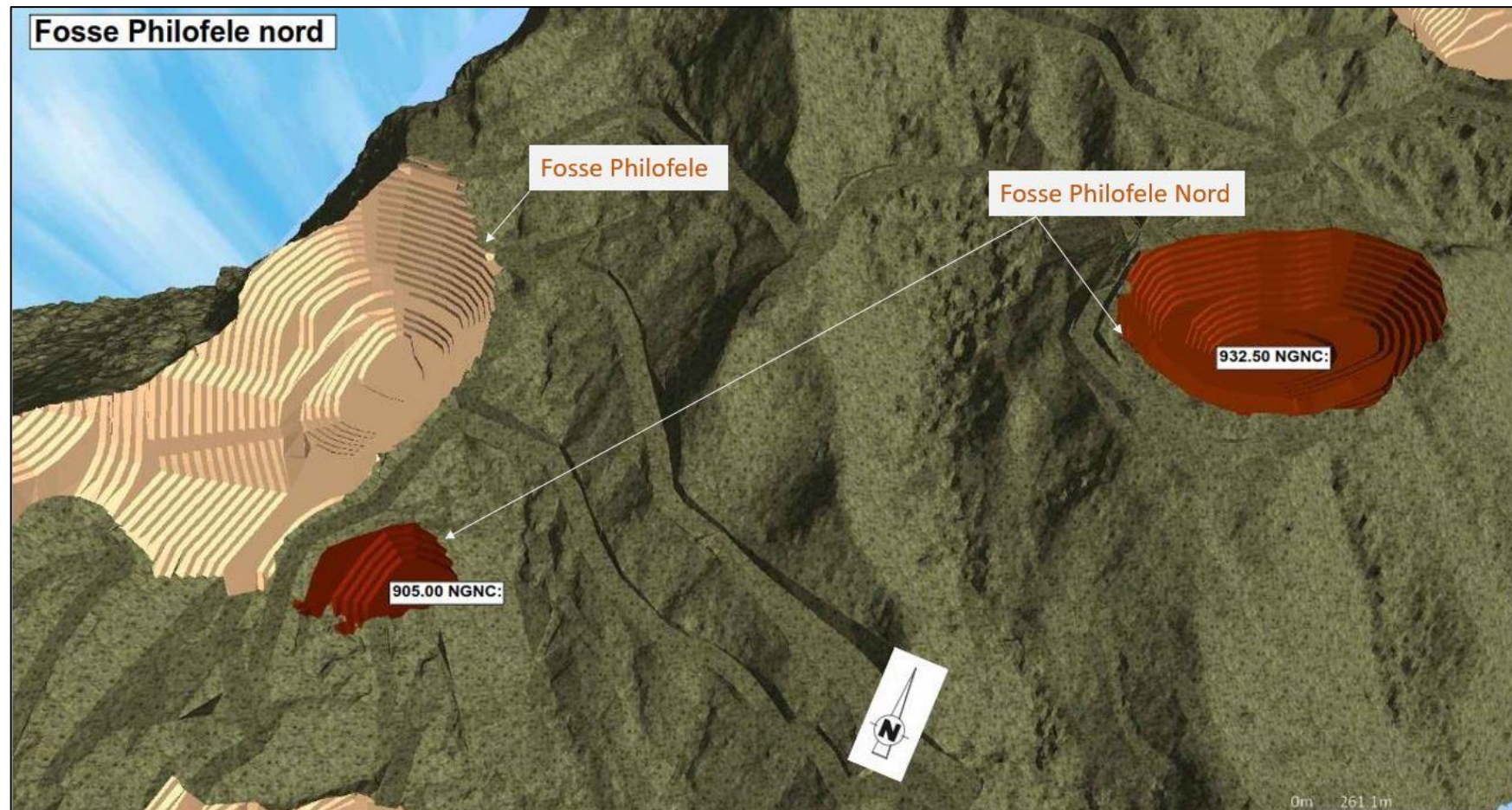


Figure 17 : Vue 3D du projet de la fosse « Philofele Nord »

6.3 Analyse de stabilité des talus terreux de la fosse « PHILOFELE NORD »

Afin de réaliser cette analyse, nous avons choisi 5 coupes représentant les configurations les plus défavorables des talus de la fosse « Philofele Nord », c'est-à-dire le maximum de dénivelé et le maximum de pente ; (Cf. Annexe N°9).

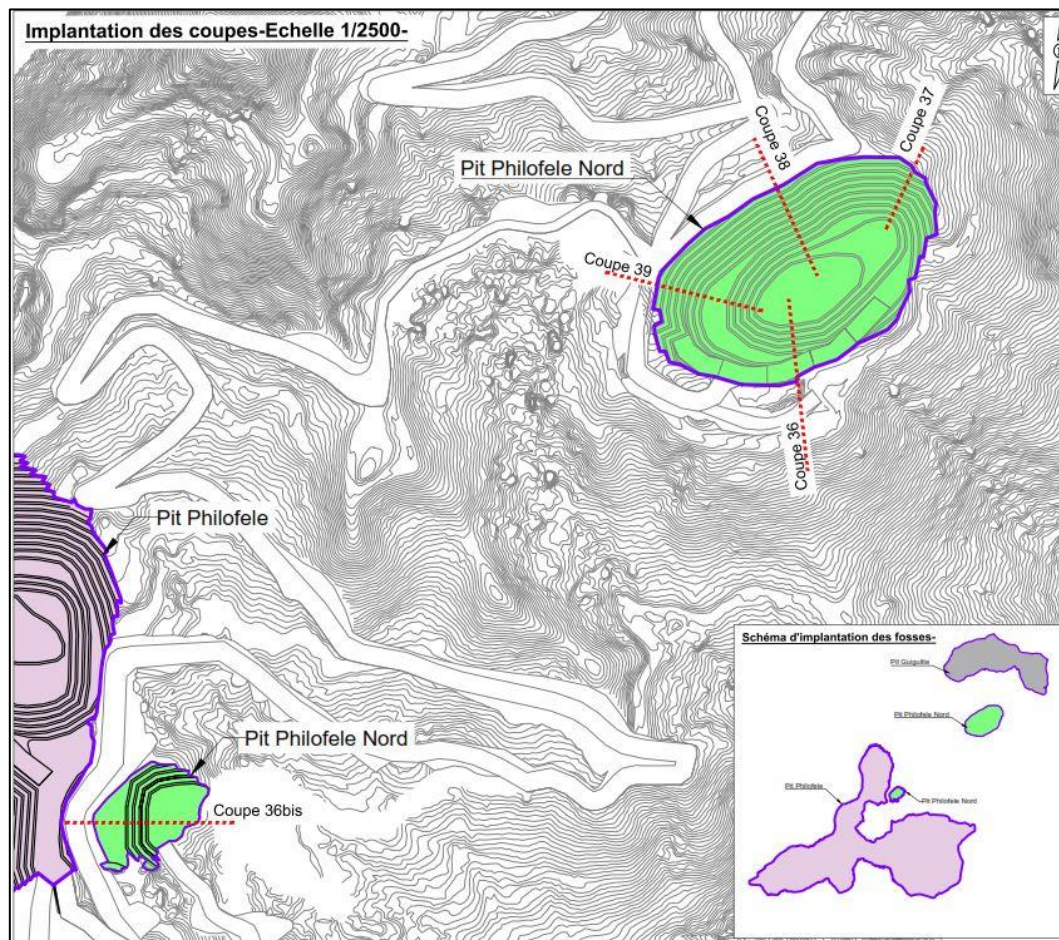


Figure 18 : Implantation des coupes géotechniques de la fosse « Philofele Nord »

Les résultats des calculs sont résumés dans le tableau 8. Les surfaces de glissements potentiels sont présentées dans l'annexe N°10.

Tableau 8 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Philofele Nord »

N° de la coupe	Coefficient de sécurité en conditions normales	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme allégeant de 0.08 g	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme pesant de 0.08 g	Coefficient de sécurité en considérant les pressions d'eau (Ru = 0.2)
Coupe 36 bis	1,68	1,49	1,44	1,43
Coupe 36	1,48	1,3	1,27	1,23
Coupe 37	<u>1,25</u>	1,1	<u>1,08</u>	<u>1,01</u>
Coupe 38	1,4	1,23	1,2	1,14
Coupe 39 Talus 1	1,41	1,23	1,21	1,11
Coupe 39 Talus 2	1,57	1,38	1,34	1,32

Ces calculs montrent que :

- En conditions normales, les coefficients de sécurité minimaux obtenus sont proches de 1,5 excepté pour le talus de la coupe 37 ;
- Le coefficient de sécurité minimal obtenu en présence d'une accélération sismique de 0,08 g est supérieur à 1,1 excepté le talus au droit de la coupe 37, où le coefficient de sécurité est de 1,08 ;
- Le coefficient de sécurité calculé en considérant les pressions d'eau est supérieur à 1,1 excepté le talus au droit de la coupe 37, où le coefficient de sécurité est inférieur à la valeur minimale requise.

A l'issue de cette analyse, nous estimons que le potentiel de stabilité des talus au droit de la coupe 37 n'est pas acceptable. A ce niveau, nous recommandons de réduire la pente.

Optimisation de la pente des talus terreux de la fosse « Philofele Nord »

Nous avons procédé à une réduction progressive de la pente de la fosse et nous avons recalculé les coefficients de sécurité associés à chaque pente. Les optimisations de la pente ont été réalisées **en gardant la position du fond de fosse fixe et par conséquent, nous avons modifié l'entrée en terre de la fosse.**

Les calculs itératifs montrent que la pente de la partie terreuse au droit de la coupe 37 doit être limitée à 30°. En effet, les résultats de calcul pour une pente de talus de 30° dans la partie terreuse montrent que le coefficient de sécurité est supérieur à 1,5 en conditions normales et 1,1 en conditions exceptionnelles.

Les résultats des calculs sont résumés dans le tableau 9. Les surfaces de glissements potentiels sont présentées dans l'annexe N°11.

Tableau 9 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Philofele Nord » en considérant une pente intégratrice de 30°

N° de la coupe	Coefficient de sécurité en conditions normales	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme allégeant de 0.08 g	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme pesant de 0.08 g	Coefficient de sécurité en considérant les pressions d'eau (Ru = 0.2)
Coupe 37	1,51	1,29	1,27	1,25

6.4 Synthèse de l'analyse de stabilité relative à la fosse « PHILOFELE NORD »

L'analyse de stabilité des talus de la fosse « Philofele Nord » montrent que les talus terreux projetés avec une pente de 35° présentent un potentiel de stabilité satisfaisant excepté pour la zone Nord Est. En effet, pour tous les scénarii étudiés, les coefficients de sécurité obtenus sont inférieurs aux valeurs minimales requises. Ainsi, nous recommandons de réduire la pente à 30° conformément à la carte de zonage présentée dans l'étude.

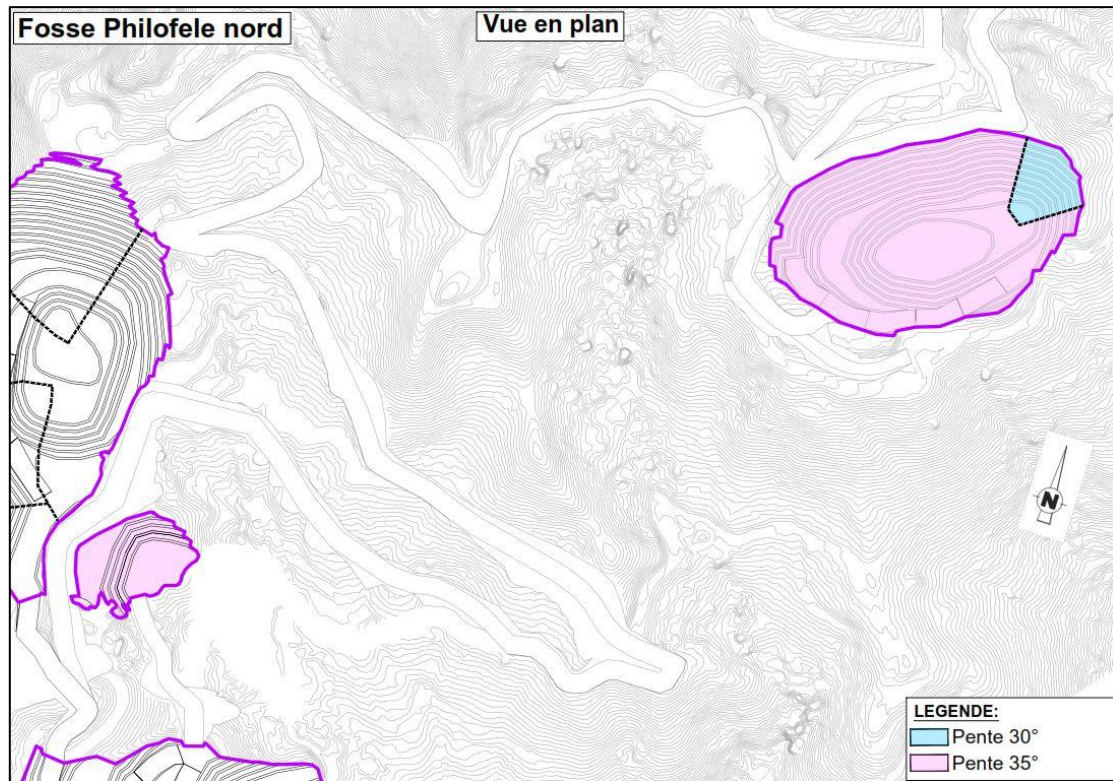


Figure 19 : Carte de zonage relative aux pentes à adopter pour l'exploitation de la fosse « Philofele Nord »

7 ETUDE DE LA STABILITE DE LA FOSSE « GUIGUITTE »

7.1 Présentation du projet de la fosse « GUIGUITTE »

La fosse « Guiguitte » est une fosse ouverte qui couvre une superficie d'environ 5 ha ; (Cf. Figure 21). L'exploitation se fera par niveau de 2,5 m de hauteur présentant une pente locale de 65°. Une banquette présentant une largeur variante de 2,4 m à 12 m sera aménagée entre deux niveaux successifs, soit une pente intégratrice maximale variant de 29° à 38° ; (Cf. Figure 20).

L'accès au fond de fosse se fait par une rampe projetée avec une largeur d'environ 10 m. Les talus d'exploitation de la fosse « Guiguitte » présentent un dénivelé maximal de 85 m, soit de la cote 925 NGNC à la cote 1010 NGNC ; (Cf. Figure 23).

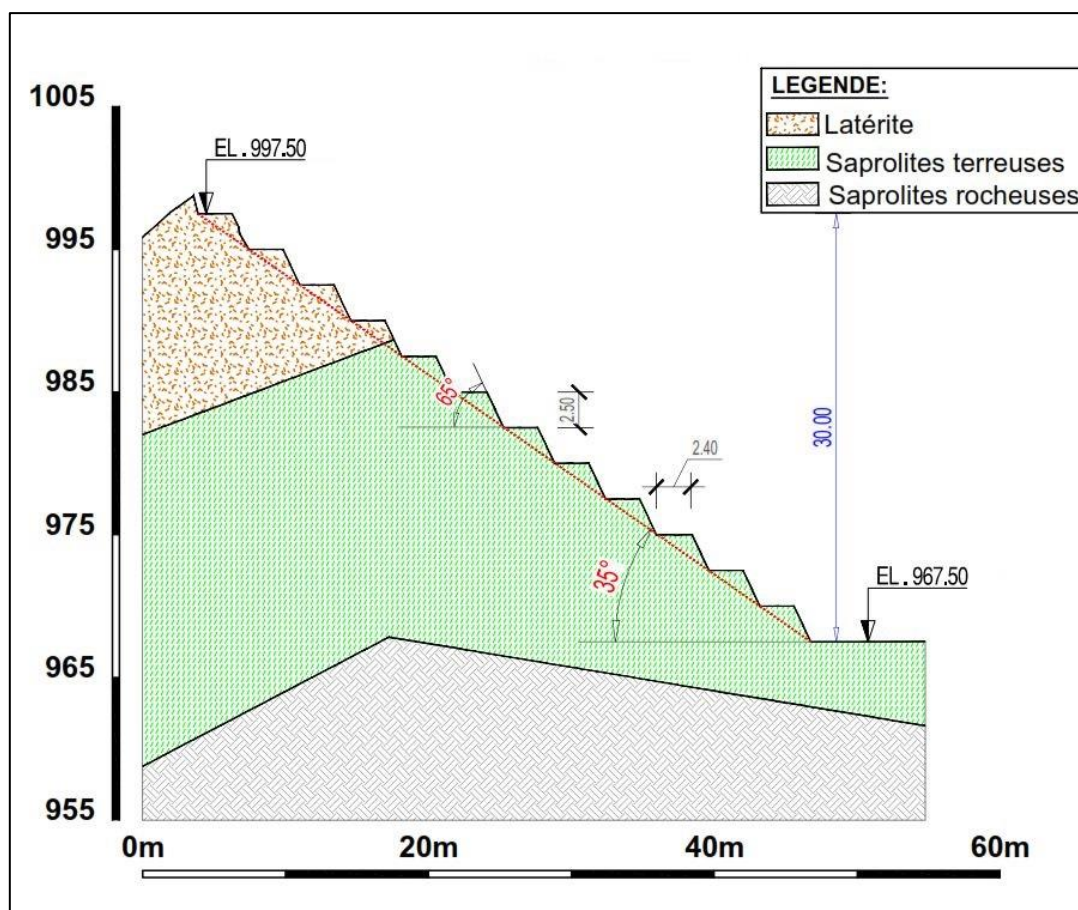


Figure 20 : Géométrie du talus de la fosse « Guiguitte »



Figure 21 : Emprise de la fosse « Guiguitte »

7.2 Contexte géologique au droit de la fosse « GUIGUITTE »

En se basant sur les données de sondages existants ainsi que le modèle géologique, nous avons réalisé plusieurs coupes pour évaluer le profil géologique caractérisant la fosse « Guiguitte ».

Ces profils montrent que les talus d'exploitation seraient des talus mixtes composés de matériaux terreux dans la partie supérieure et de matériaux rocheux à la base. Les matériaux terreux se présentent sous forme de latérites et de saprolites terreuses sur une épaisseur pouvant atteindre 30 m ; (Cf. Figure 22).

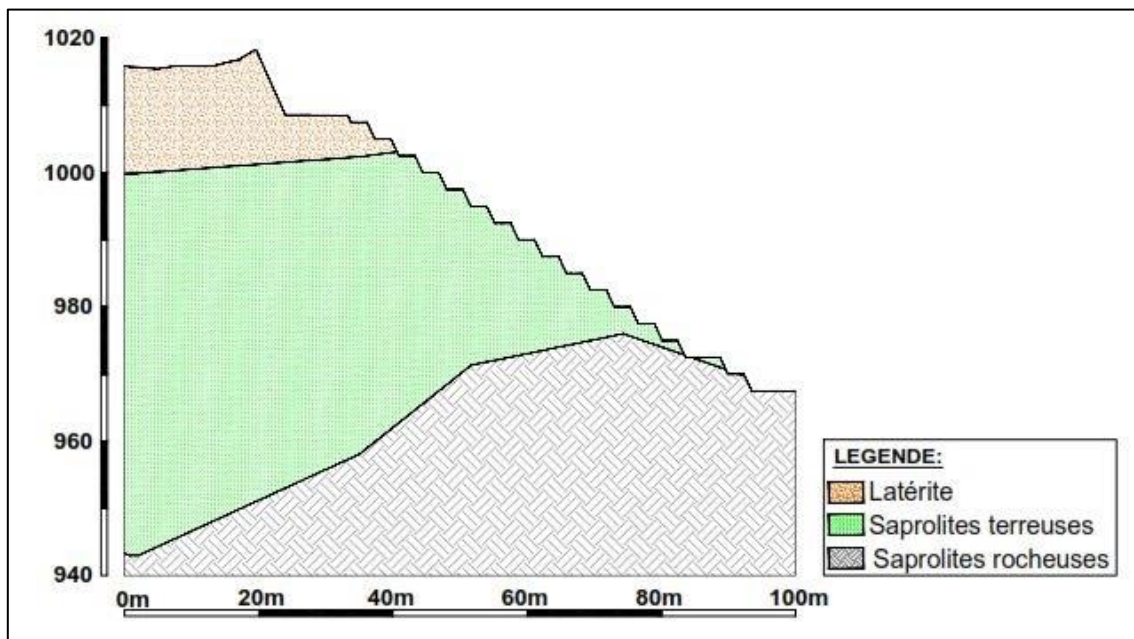


Figure 22 : Profil géologique type des talus d'exploitation de la fosse « Guiguitte »

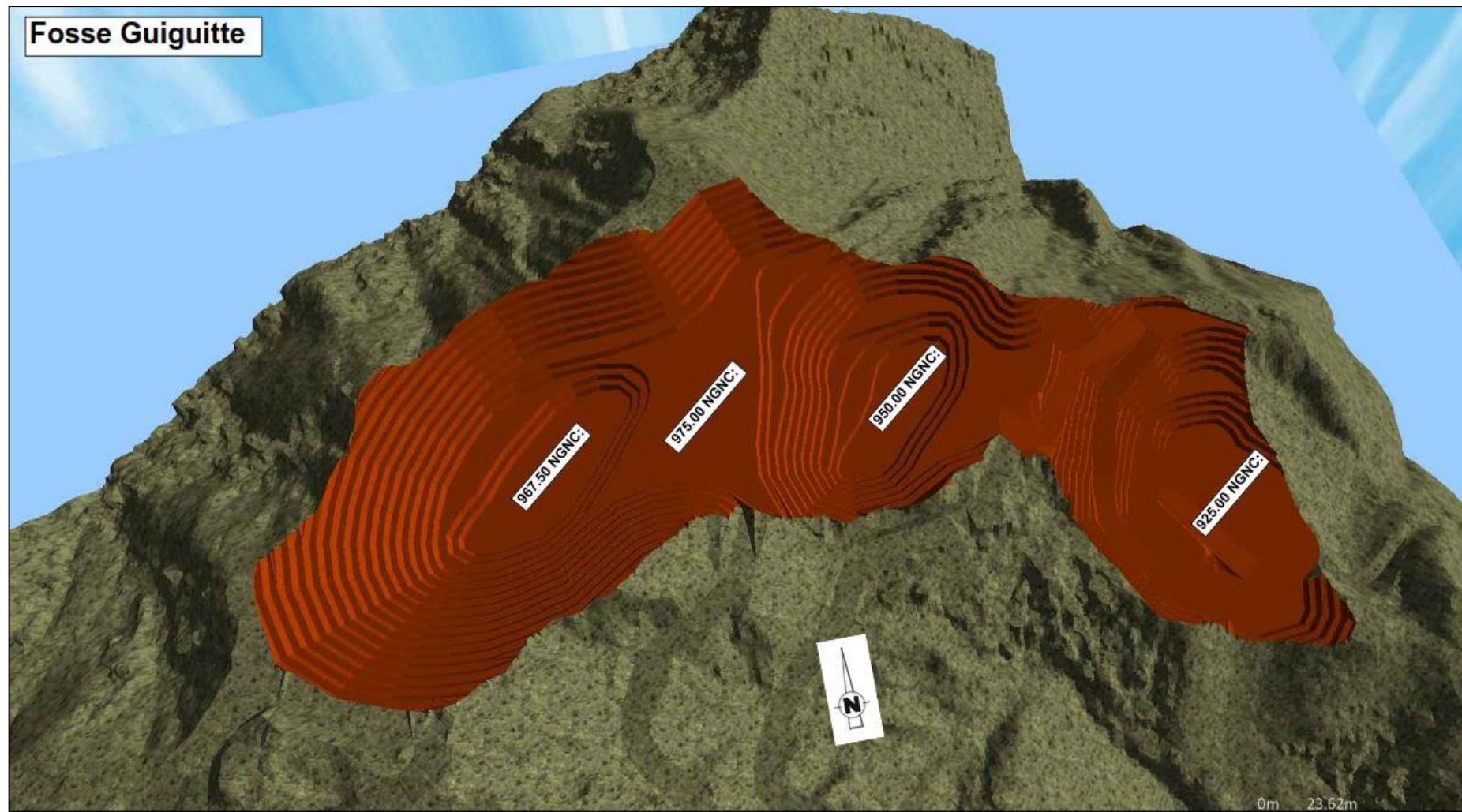


Figure 23 : Vue 3D du projet de la fosse « Guiguitte »

7.3 Analyse de stabilité des talus terreux de la fosse « GUIGUITTE »

Afin de réaliser cette analyse, nous avons choisi 8 coupes représentant les configurations les plus défavorables des talus de la fosse « Guiguitte », c'est-à-dire le maximum de dénivelé et le maximum de pente ; (Cf. Annexe N°12).

Sur les 8 coupes choisies :

- Une seule coupe présente un talus rocheux nécessitant une analyse structurale (coupe 44). Le levé structural de ces zones n'est pas actuellement disponible ;
- Trois coupes ne sont pas couvertes par le modèle géologique existant fourni par la NMC (coupe 42, 45 et 46).

L'étude de ces 4 coupes jugées utiles pour l'analyse de stabilité seront réalisées dans une version ultérieure du présent document une fois le levé structural et le modèle géologique seront disponibles.

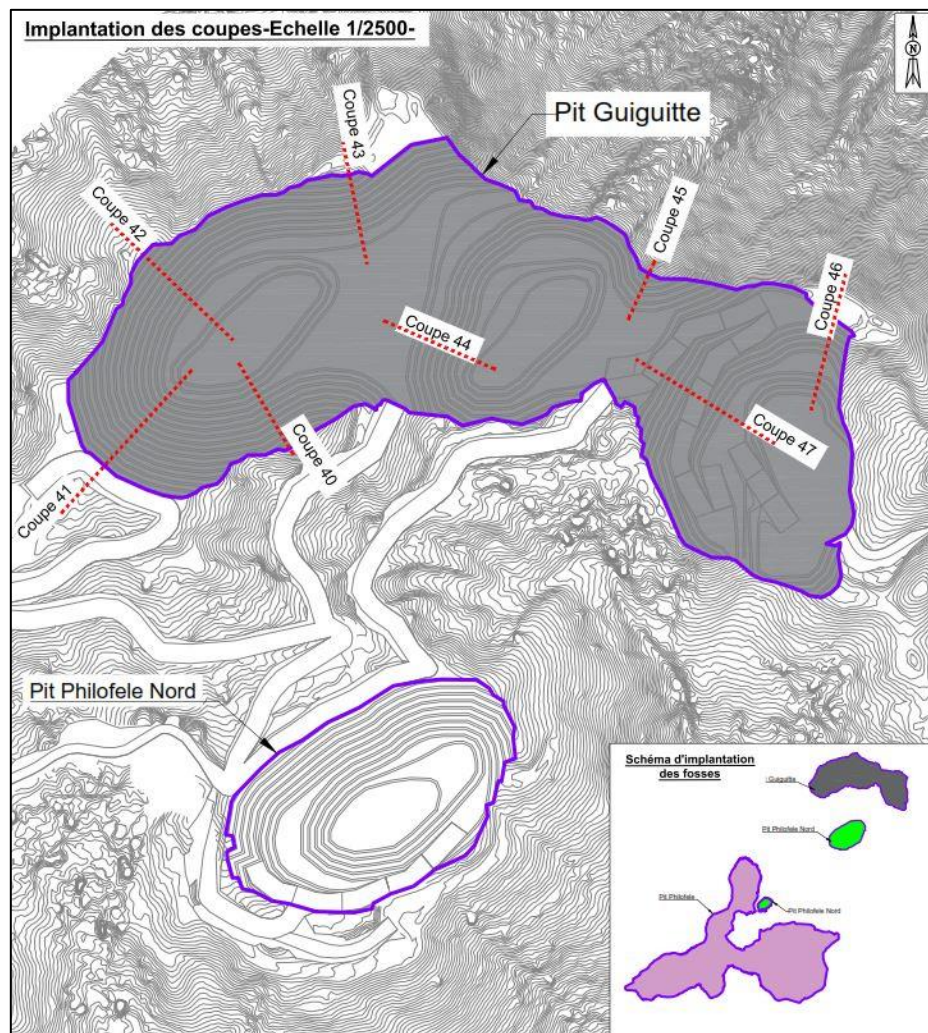


Figure 24 : Implantation des coupes géotechniques de la fosse « Guiguitte »

Les résultats des calculs sont résumés dans le tableau 10. Les surfaces de glissements potentiels sont présentées dans l'annexe N°13.

Tableau 10 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Guiguitte »

N° de la coupe	Coefficient de sécurité en conditions normales	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme allégeant de 0.08 g	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme pesant de 0.08 g	Coefficient de sécurité en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0.2$)
Coupe 40	<u>1,17</u>	<u>1,02</u>	<u>1,01</u>	<u>0,92</u>
Coupe 41	<u>1,15</u>	<u>1</u>	<u>0,99</u>	<u>0,91</u>
Coupe 43	<u>1,3</u>	1,14	1,11	<u>1,06</u>
Coupe 47 Talus 1	1,5	1,33	1,29	1,25
Coupe 47 Talus 2	1,69	1,5	1,45	1,44
Coupe 47 Talus 3	2,03	1,77	1,71	1,75

Ces calculs montrent que :

- En conditions normales, les coefficients de sécurité minimaux obtenus sont inférieurs à 1,5 excepté pour les talus au droit de la coupe 47, où les coefficients de sécurité sont supérieurs à la valeur minimale requise ;
- Le coefficient de sécurité minimal obtenu en présence d'une accélération sismique de 0,08 g est supérieur à 1,1 excepté les talus au droit des coupes 40 et 41, où le coefficient de sécurité atteint 0,99 ;
- Le coefficient de sécurité calculé en considérant les pressions d'eau est inférieur à 1,1 excepté pour les talus au droit de la coupe 47, où les coefficients de sécurité sont supérieurs à la valeur minimale requise.

A l'issue de cette analyse, le potentiel de stabilité des talus au droit des coupes 40, 41 et 43 n'est pas acceptable. A ce niveau, nous recommandons de réduire la pente.

Optimisation de la pente des talus terreux de la fosse « Guiguitte »

Nous avons procédé à une réduction progressive de la pente de la fosse et nous avons recalculé les coefficients de sécurité associés à chaque pente. Les optimisations de la pente ont été réalisées **en gardant la position du fond de fosse fixe et par conséquent, nous avons modifié l'entrée en terre de la fosse.**

Les calculs itératifs montrent que :

- La pente de la partie terreuse au droit des coupes 40 et 43 doit être limitée à 30° ;
- La pente de la partie terreuse au droit de la coupe 41 doit être limitée à 25° ;

Les résultats des calculs sont résumés dans les tableaux 11 et 12. Les surfaces de glissements potentiels sont présentées dans les annexes N°14 et N°15.

Tableau 11 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Guiguitte » en considérant une pente intégratrice de 30°

N° de la coupe	Coefficient de sécurité en conditions normales	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme allégeant de 0.08 g	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme pesant de 0.08 g	Coefficient de sécurité en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0.2$)
Coupe 40	1,46	1,23	1,21	1,18
Coupe 41	<u>1,28</u>	<u>1,09</u>	<u>1,09</u>	<u>1,01</u>
Coupe 43	1,51	1,3	1,28	1,24

Tableau 12 : Résultats de l'analyse de stabilité de la fosse « Guiguitte » en considérant une pente intégratrice de 25°

N° de la coupe	Coefficient de sécurité en conditions normales	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme allégeant de 0.08 g	Coefficient de sécurité intrinsèque de la verse suite à un séisme pesant de 0.08 g	Coefficient de sécurité en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0.2$)
Coupe 41	1,56	1,3	1,3	1,26

7.4 Synthèse de l'analyse de stabilité relative à la fosse « Guiguitte »

L'analyse de stabilité des talus de la fosse « Guiguitte » montrent que :

- Les talus terreux projetés avec une pente de 35° présentent un potentiel de stabilité non acceptable excepté la zone Est de la fosse ;
- La pente de la partie terreuse au droit des coupes 40 et 43 doit être limitée à 30° ;
- La pente de la partie terreuse au droit de la coupe 41 doit être limitée à 25° ;
- Les talus rocheux projetés avec une pente de 35° présentent un potentiel de stabilité acceptable. Une évaluation du potentiel de stabilité des talus rocheux sera réalisée suite à l'ouverture des premiers niveaux de la fosse, et ce, sur la base d'un levé structural détaillé.

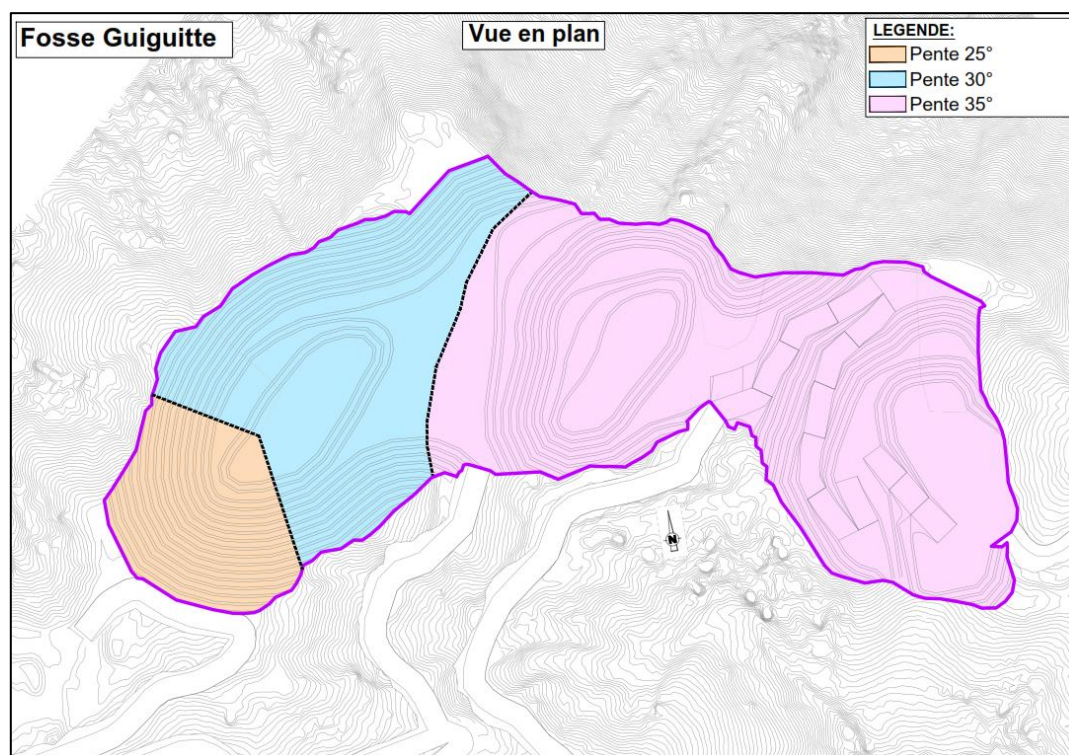


Figure 25 : Carte de zonage relative aux pentes à adopter pour l'exploitation de la fosse « Guiguitte »

8 CONCLUSION

Dans le cadre de l'exploitation de la mine POYA, la NMC envisage d'exploiter les fosses « Claude », « Philofele », « Philofele Nord » et « Guiguitte ».

Afin de réaliser cette analyse, nous avons choisi des coupes représentant les configurations les plus défavorables des talus de ces fosses, c'est-à-dire le maximum de dénivelé et le maximum de pente. Certaines coupes ne sont pas couvertes par le modèle géologique existant fourni par la NMC.

L'analyse de stabilité réalisée pour ces fosses montre que les talus terreux projetés avec une pente de 35° présentent un potentiel de stabilité acceptable. Localement, la pente doit être réduite à 30° et à 25° conformément aux cartes de zonage présentées dans l'étude.



Figure 26 : Carte de zonage relative aux pentes à adopter pour l'exploitation des fosses

Nous tenons à préciser que :

- Les pentes optimisées sont simulées sur des coupes 2D. Le but étant de vérifier la stabilité des talus optimisés au niveau des zones critiques. La NMC se chargera par la suite de modifier le projet de la fosse en considérant les pentes optimales préconisées et de l'adapter en tenant compte des contraintes opérationnelles ;
- Pour les talus rocheux de l'ensemble des fosses étudiées, une évaluation du potentiel de stabilité doit être réalisée suite à l'ouverture des premiers niveaux de chacune des fosses étudiées et ce, en se basant sur un levé structural détaillé.

ANNEXE 1 : COUPES GEOTECHNIQUES - FOSSE « CLAUDE »

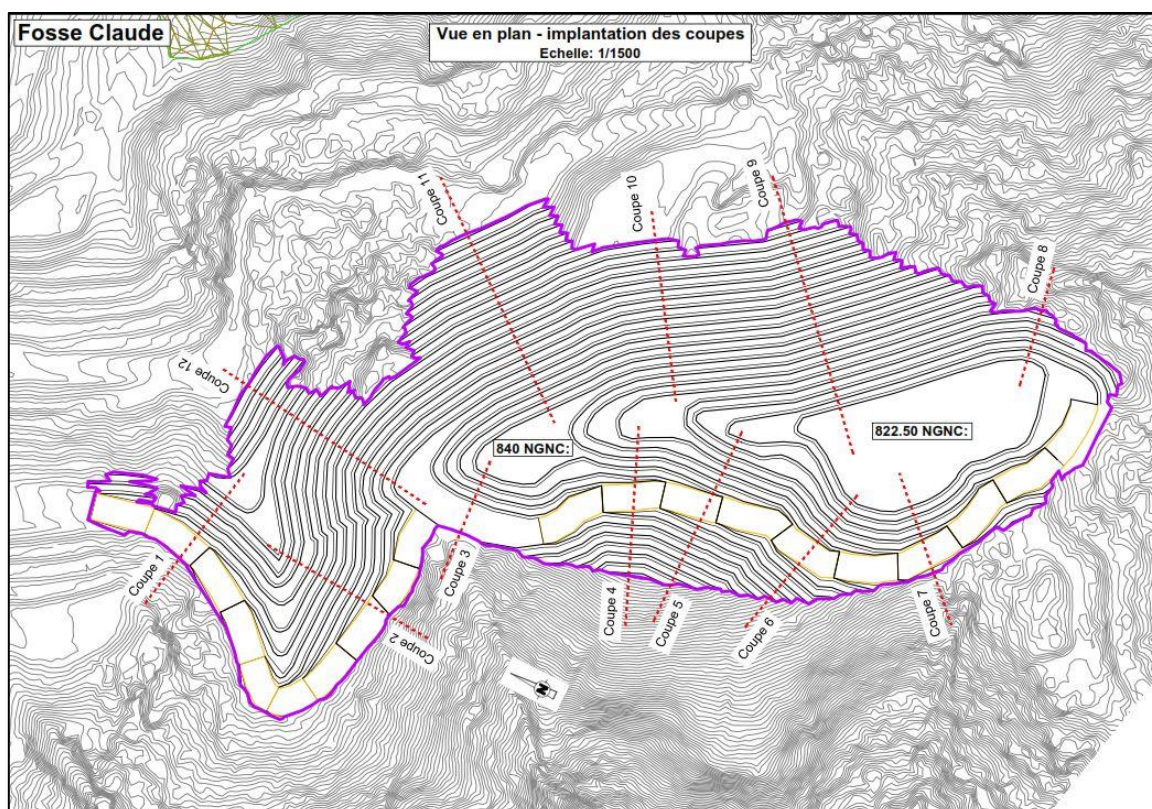


Figure N°1 : Implantation des coupes géotechniques de la fosse « Claude »

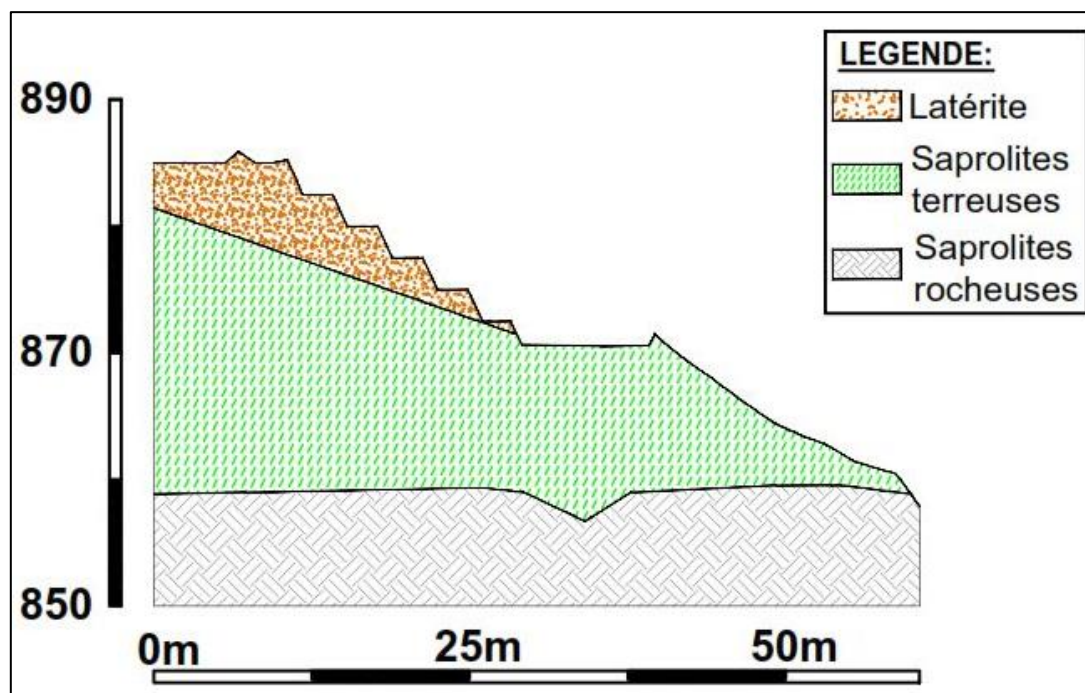


Figure N°2 : Coupe N°1

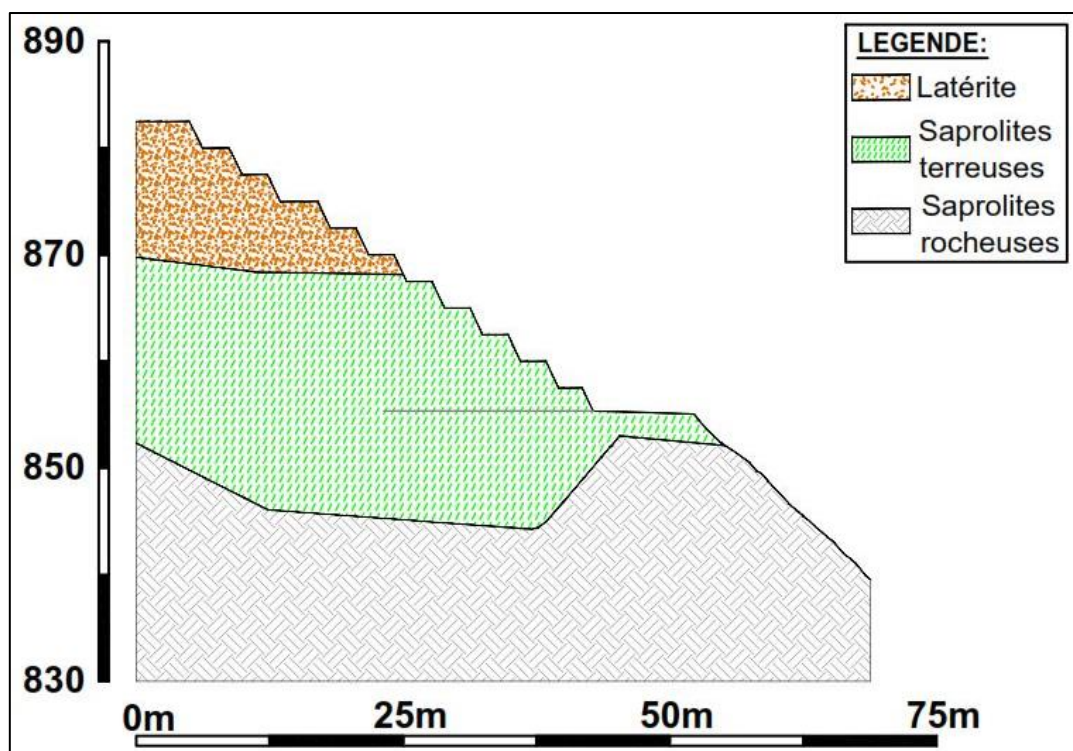


Figure N°3 : Coupe N°2

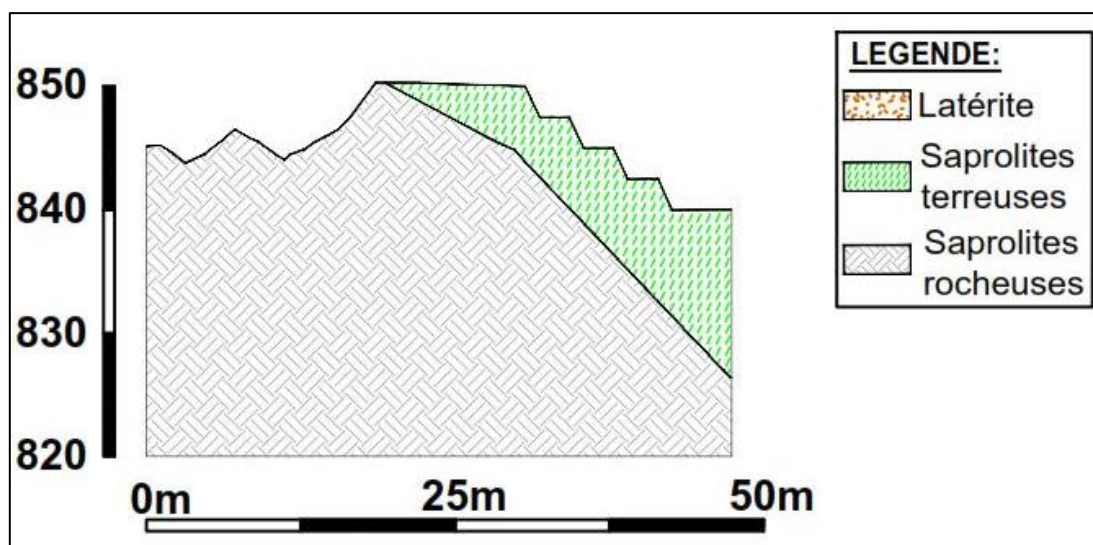


Figure N°4 : Coupe N°3

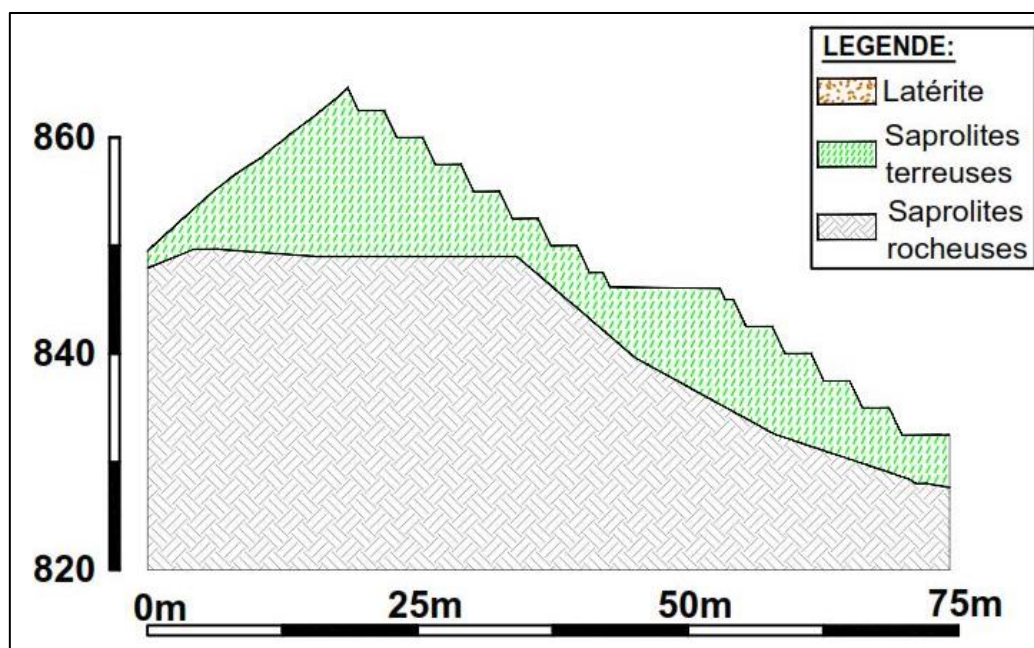


Figure N°5 : Coupe N°4

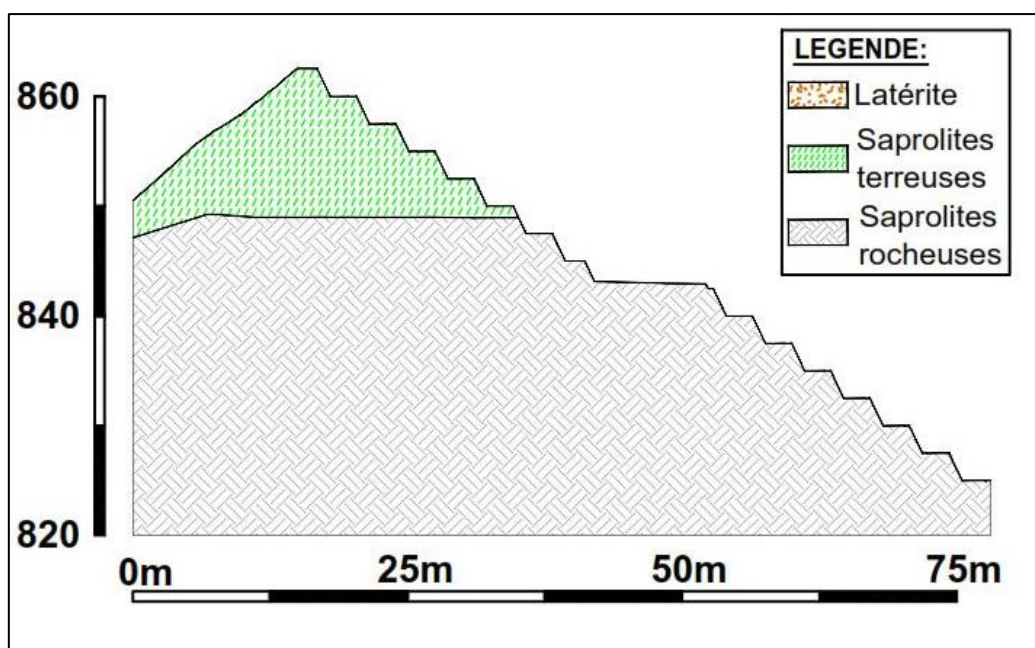


Figure N°6 : Coupe N°5

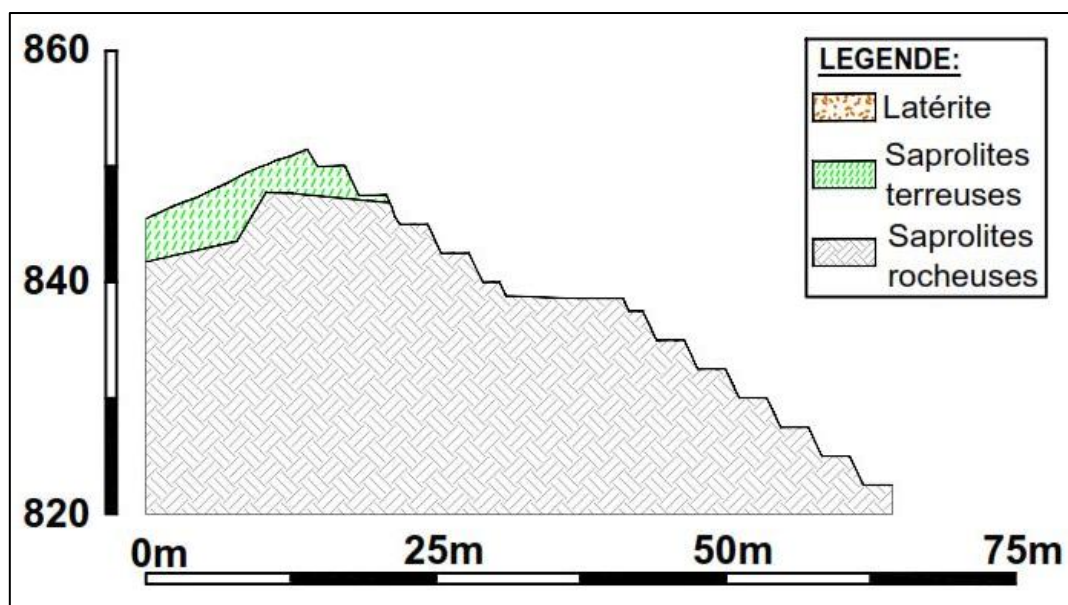


Figure N°7 : Coupe N°6

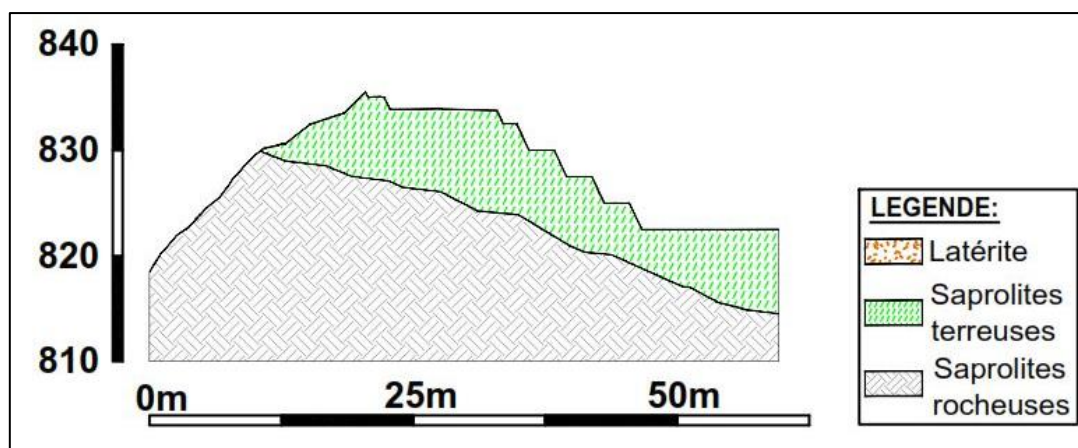
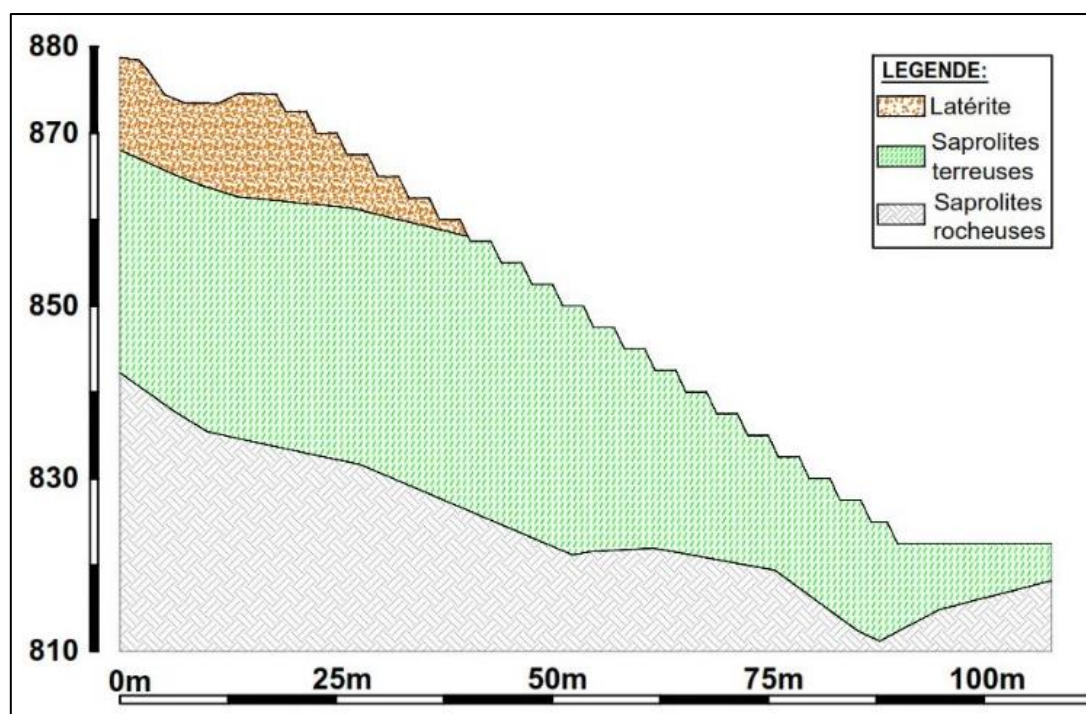
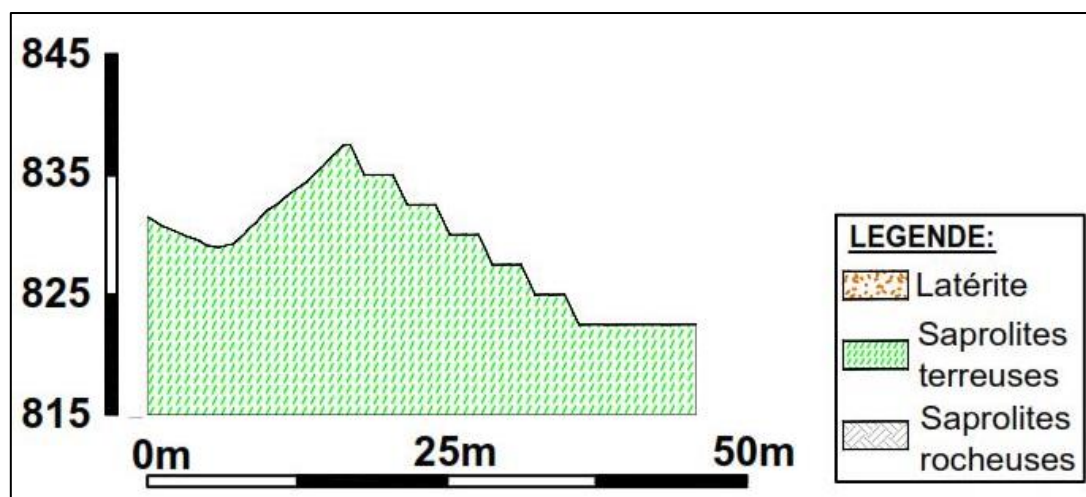


Figure N°8 : Coupe N°7



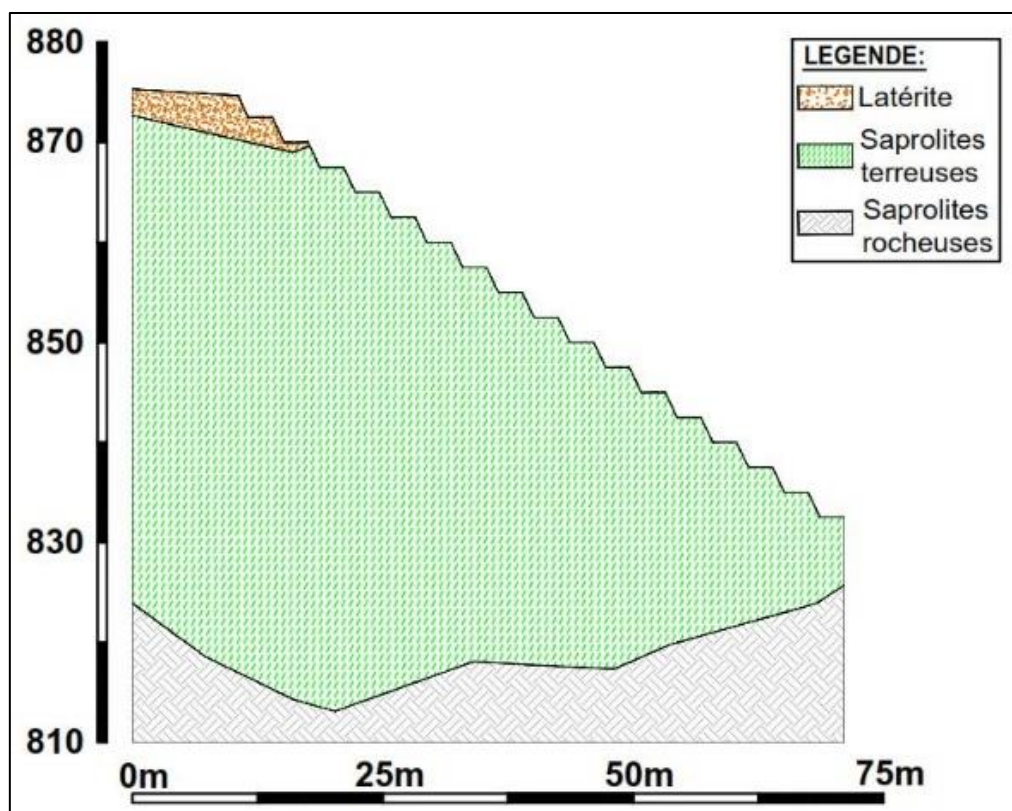


Figure N°11 : Coupe N°10

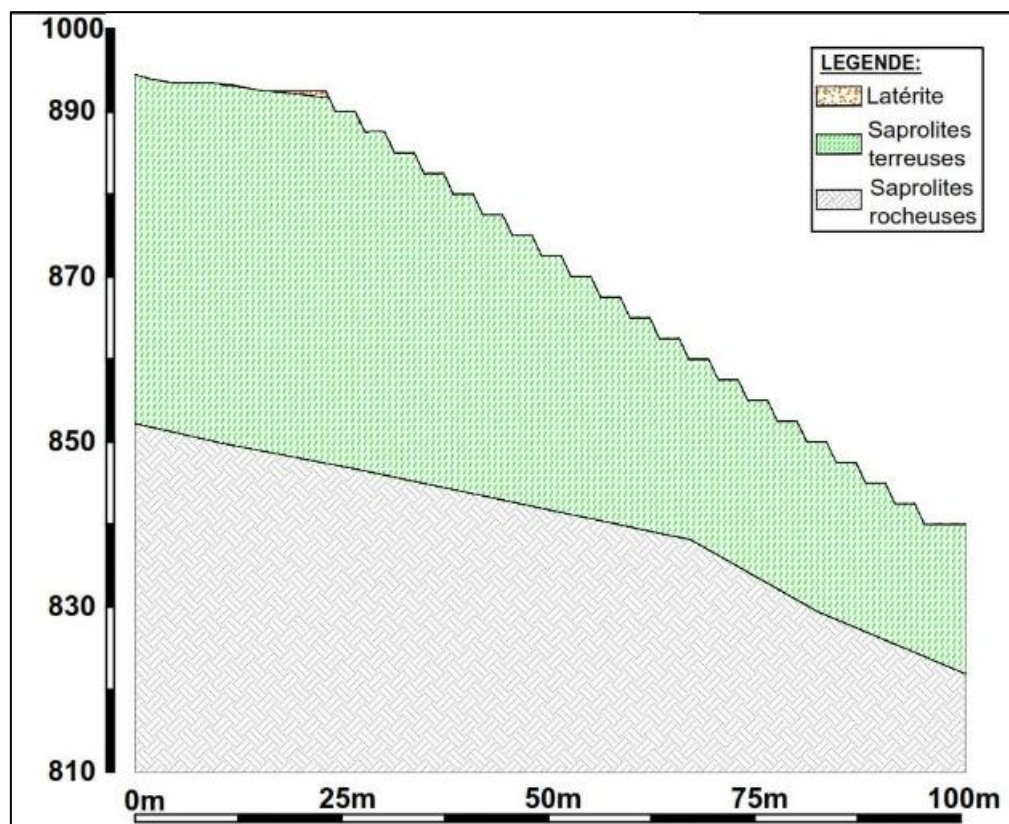


Figure N°12 : Coupe N°11

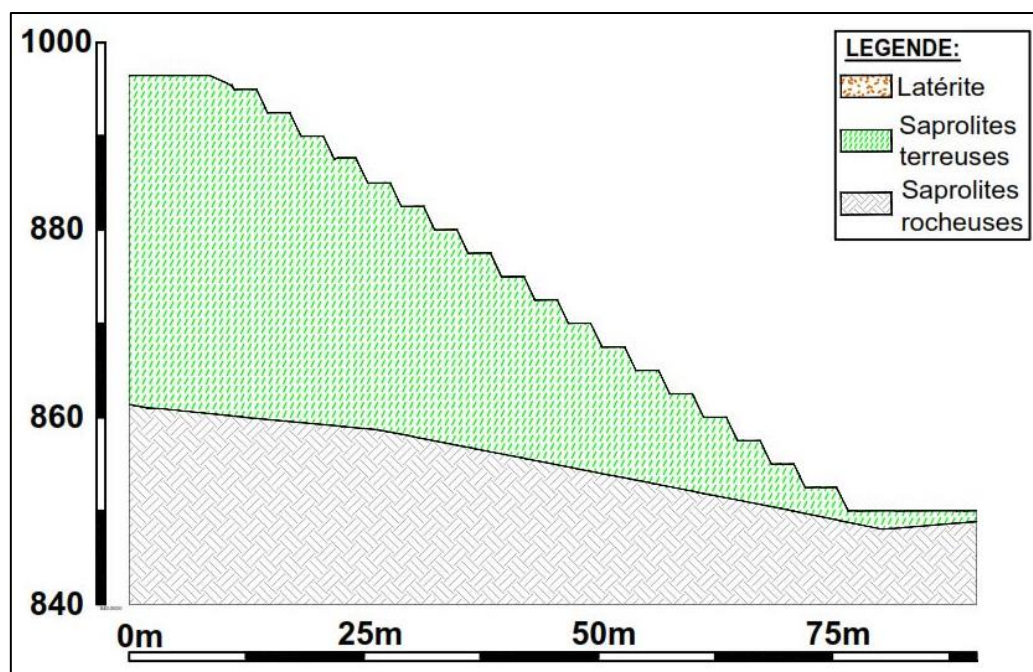


Figure N°13 : Coupe N°12

ANNEXE 2 : ANALYSE DE STABILITE DES TALUS TERREUX - FOSSE « CLAUDE »

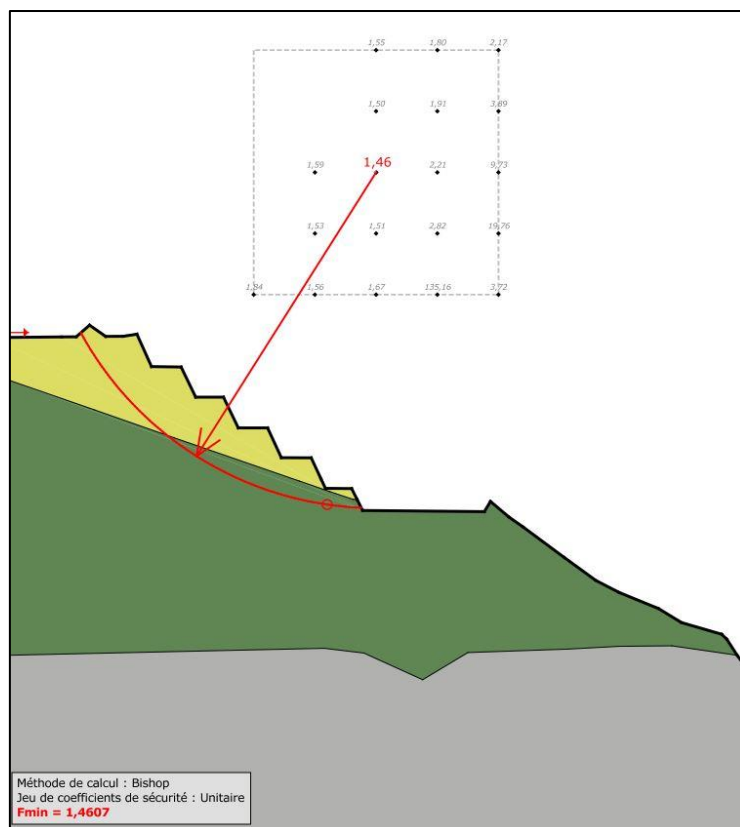


Figure N°14 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 1 (FS=1,46)

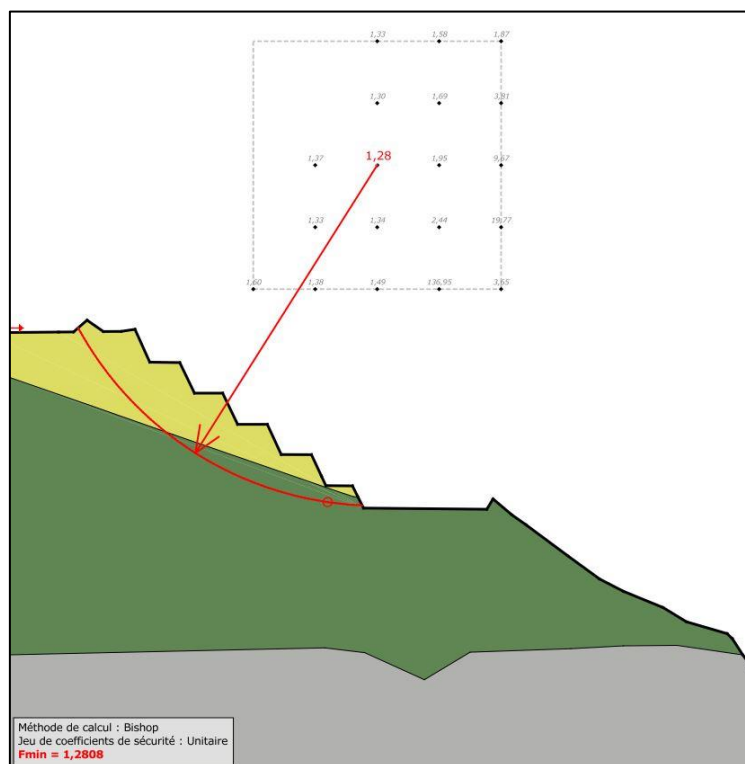


Figure N°15 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 1 (FS=1,28)

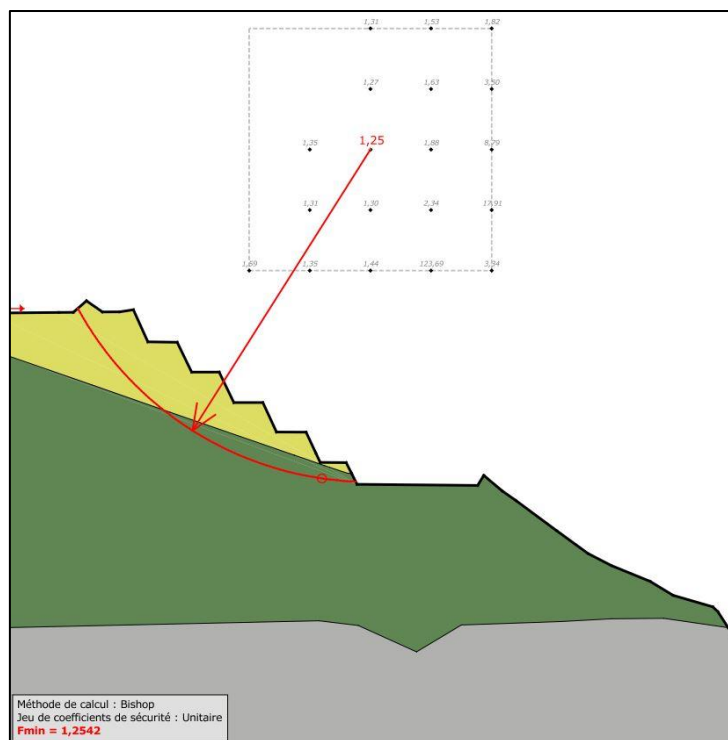


Figure N°16 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 1 (FS=1,25)

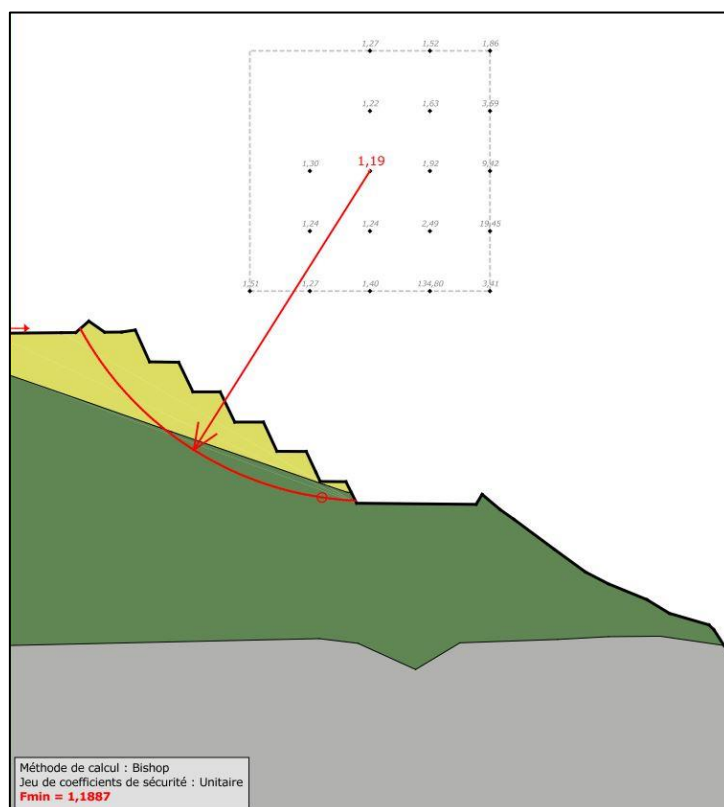


Figure N°17 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 1 (FS=1,19)

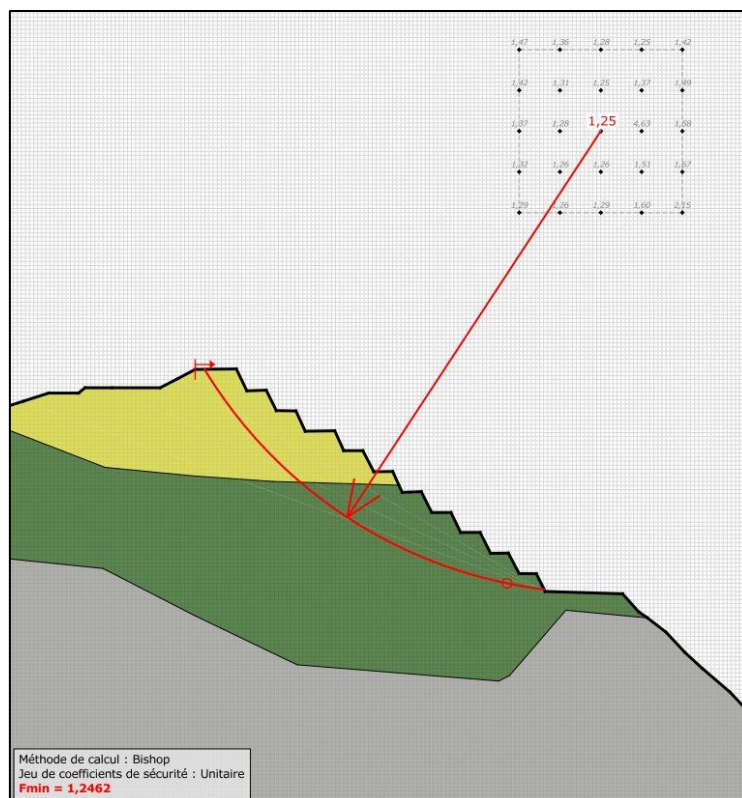


Figure N°18 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 2 (FS=1,25)

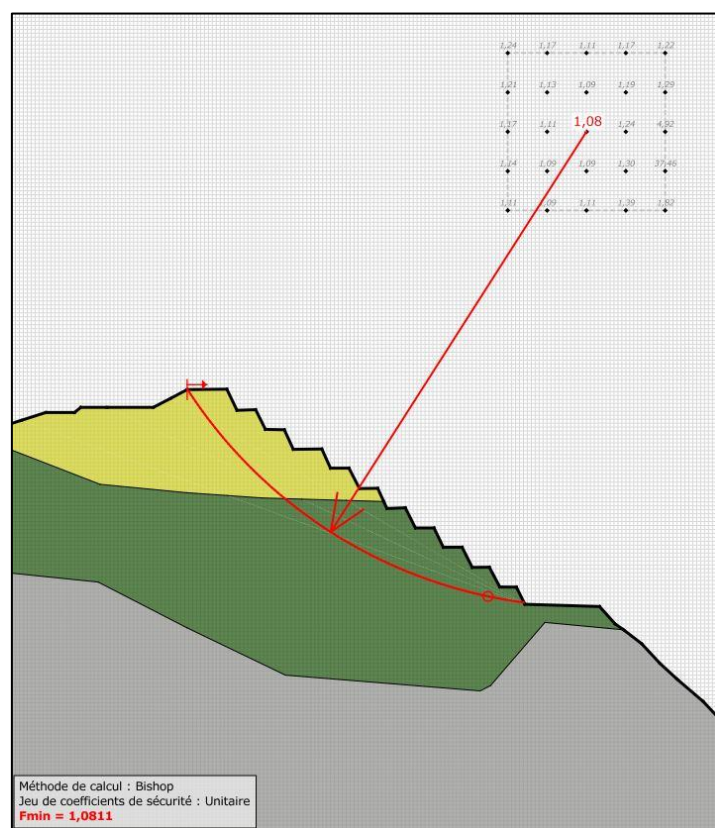


Figure N°19 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 2 (FS=1,08)

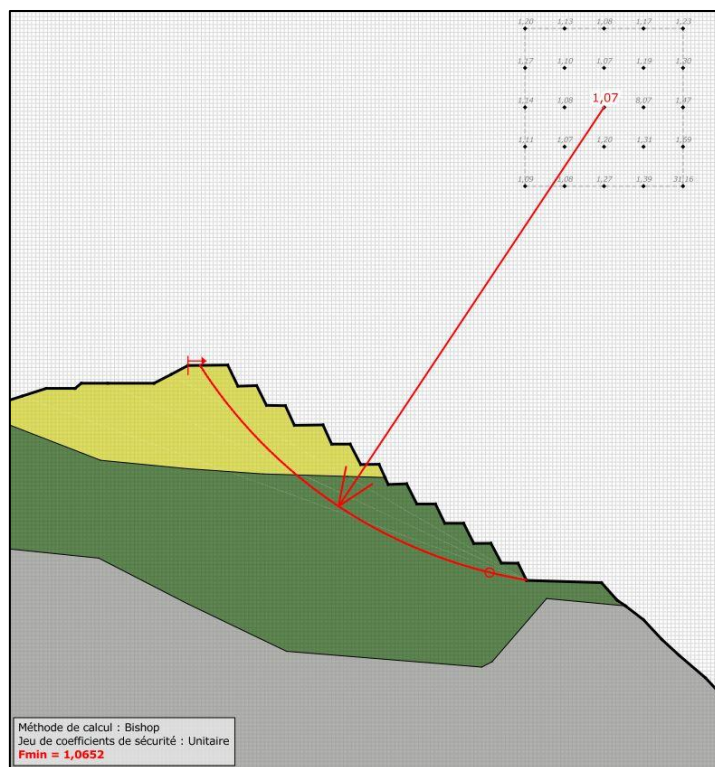


Figure N°20 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g – Coupe 2 (FS=1,07)

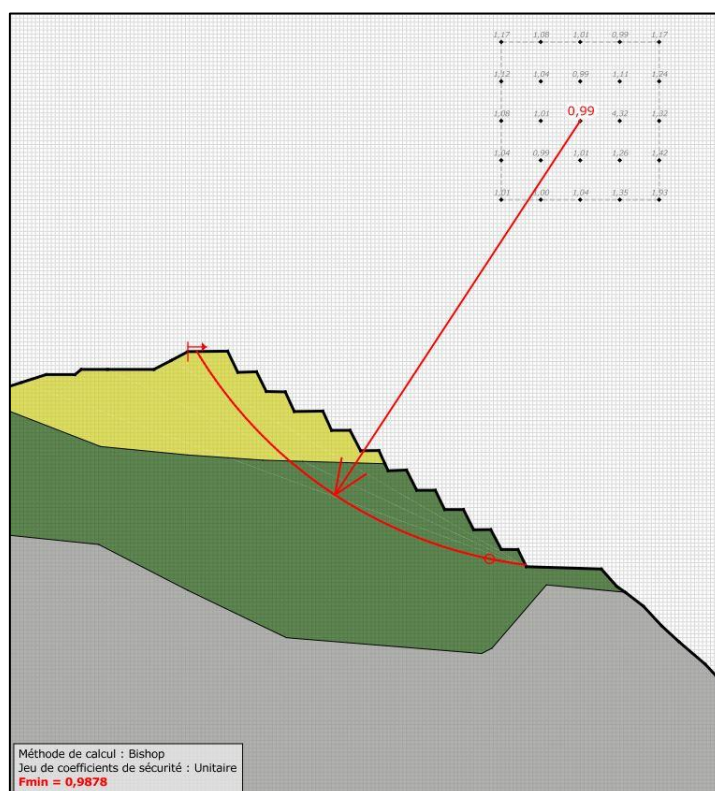


Figure N°21 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 2 (FS=0,99)

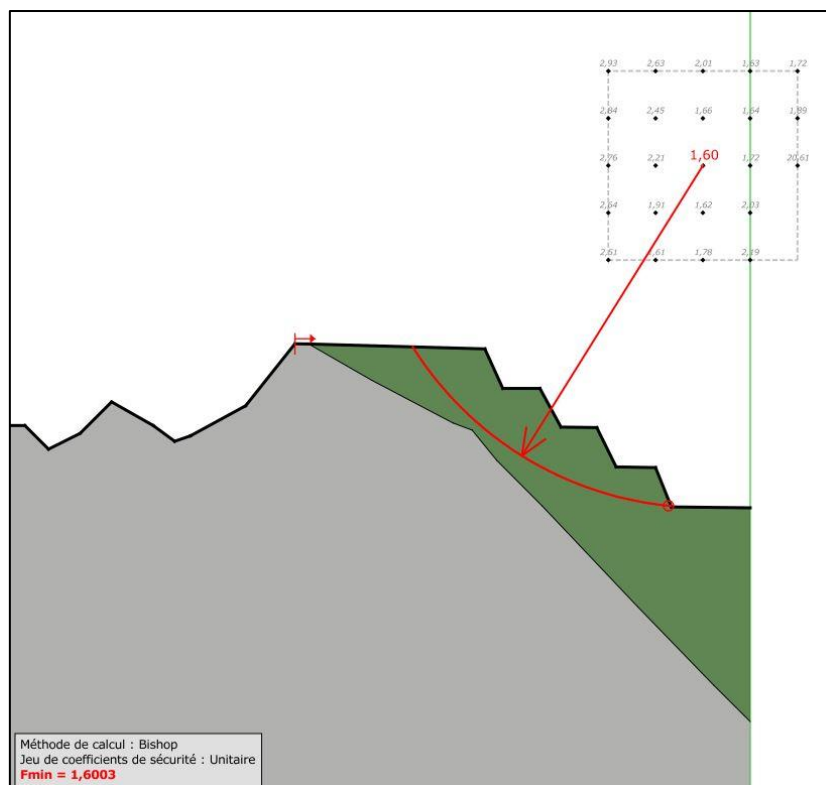


Figure N°22 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 3 (FS=1,6)

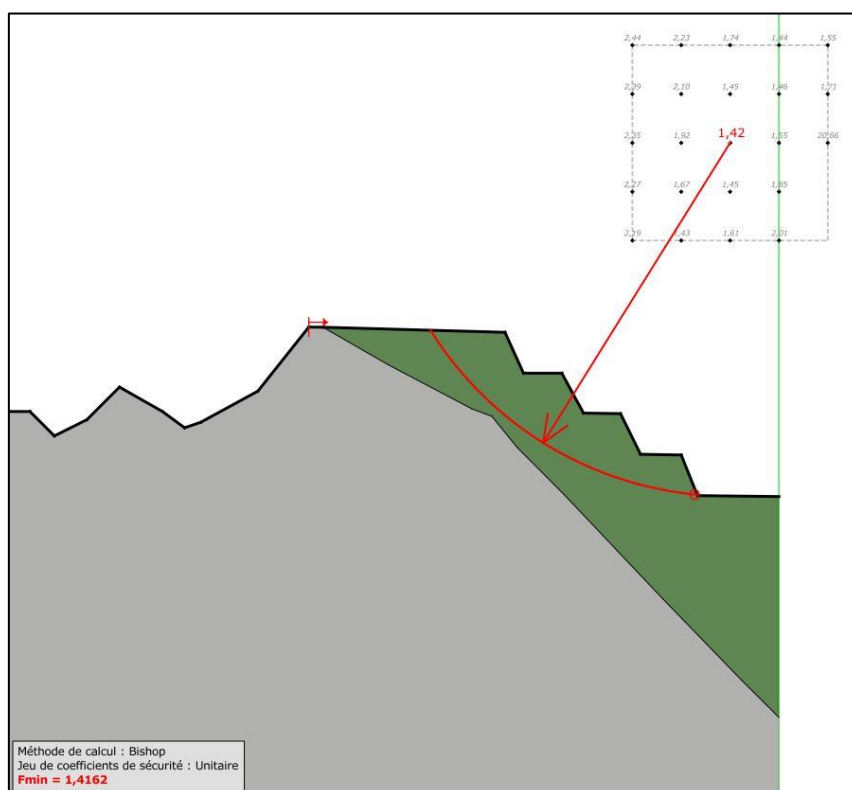


Figure N°23 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 3 (FS=1,42)

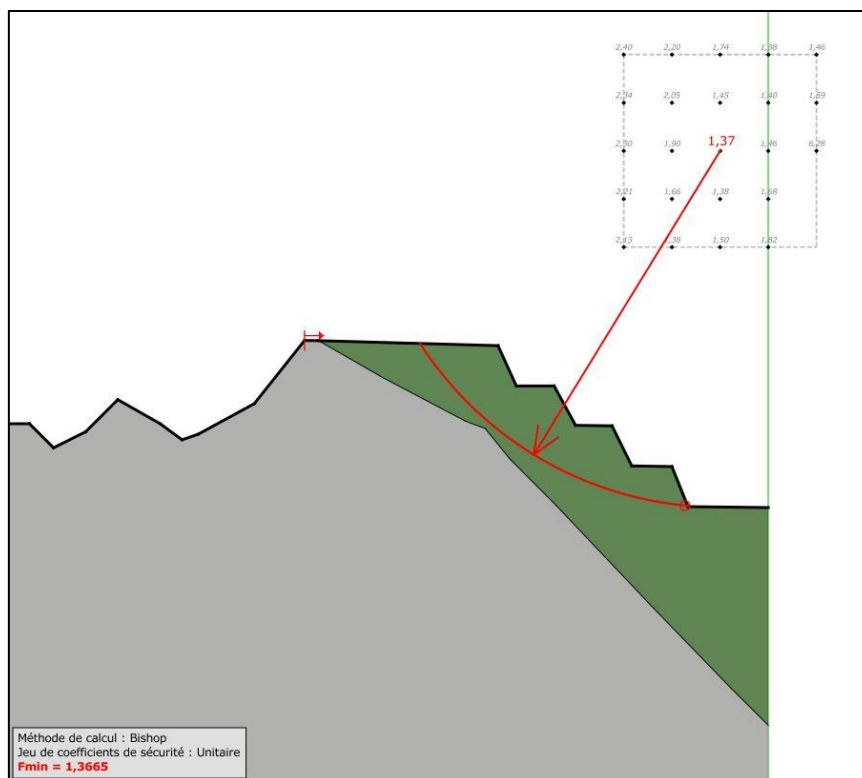


Figure N°24 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 3 (FS=1,37)

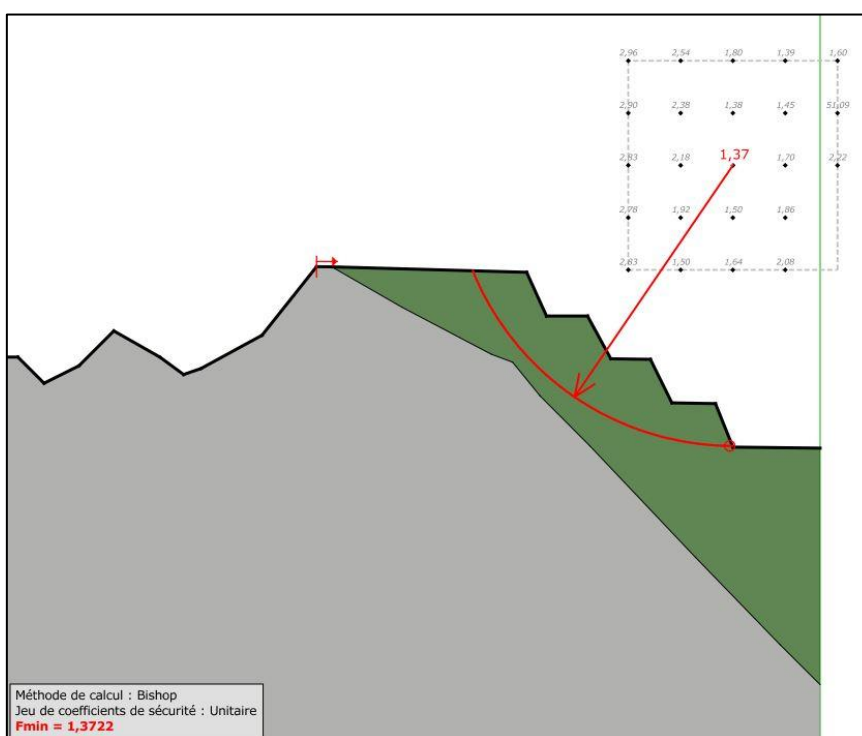


Figure N°25 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 3 (FS=1,37)

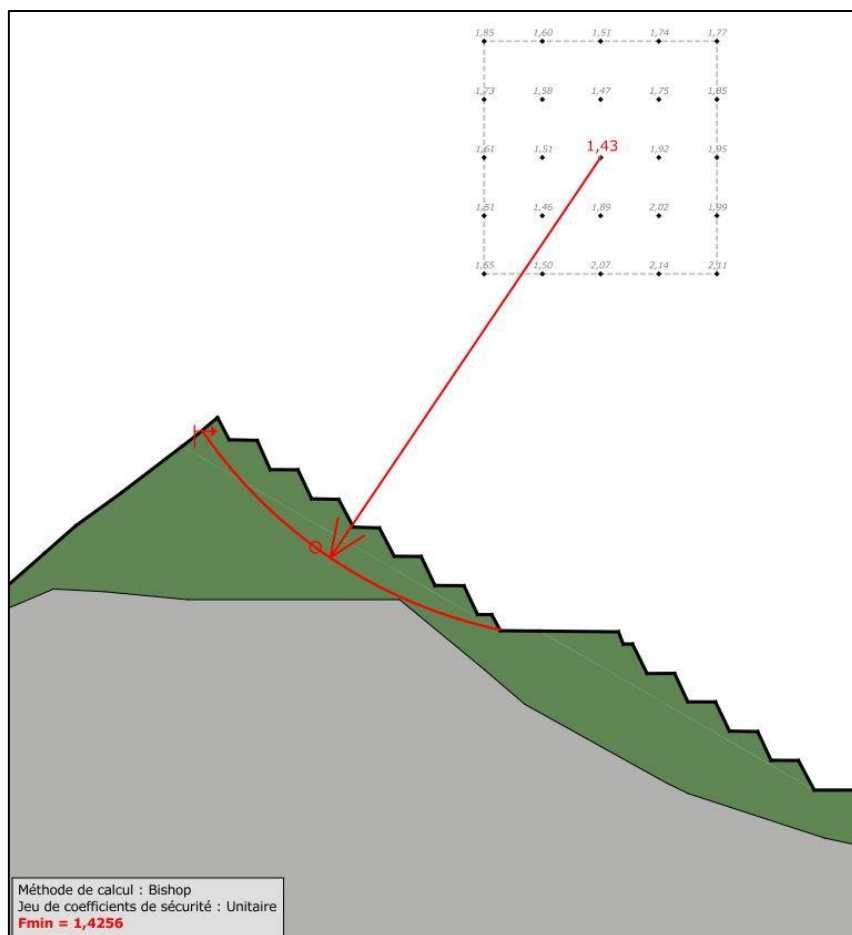


Figure N°26 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 4 - Talus 1 (FS=1,43)

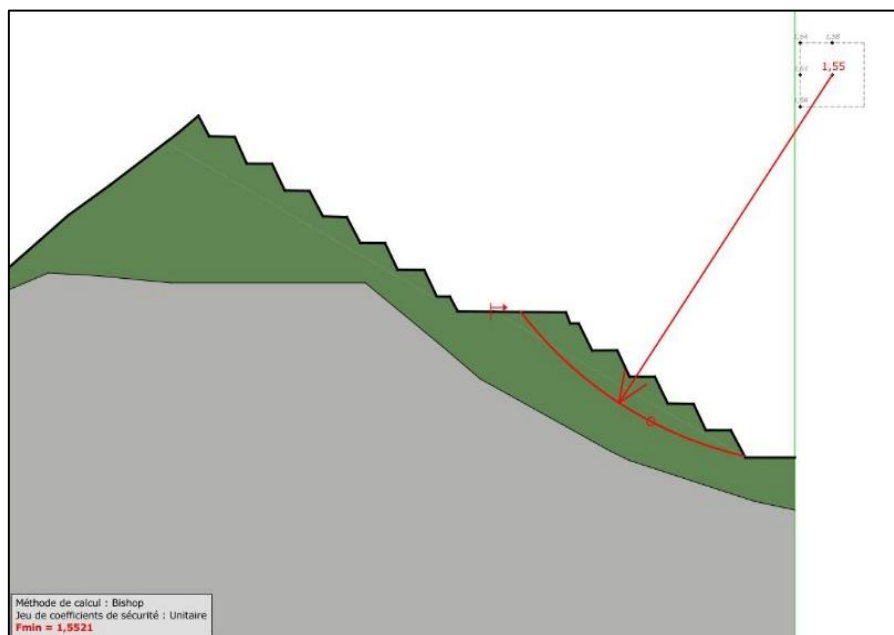


Figure N°27 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 4 - Talus 2 (FS=1,55)

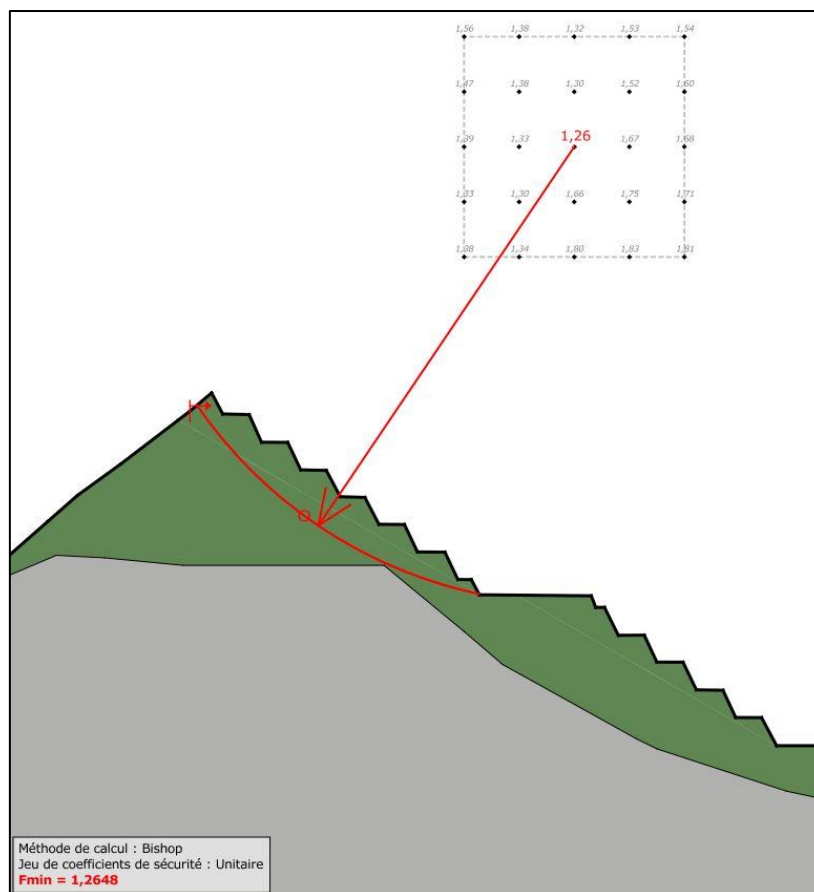


Figure N°28 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 4 - Talus 1 (FS=1,26)

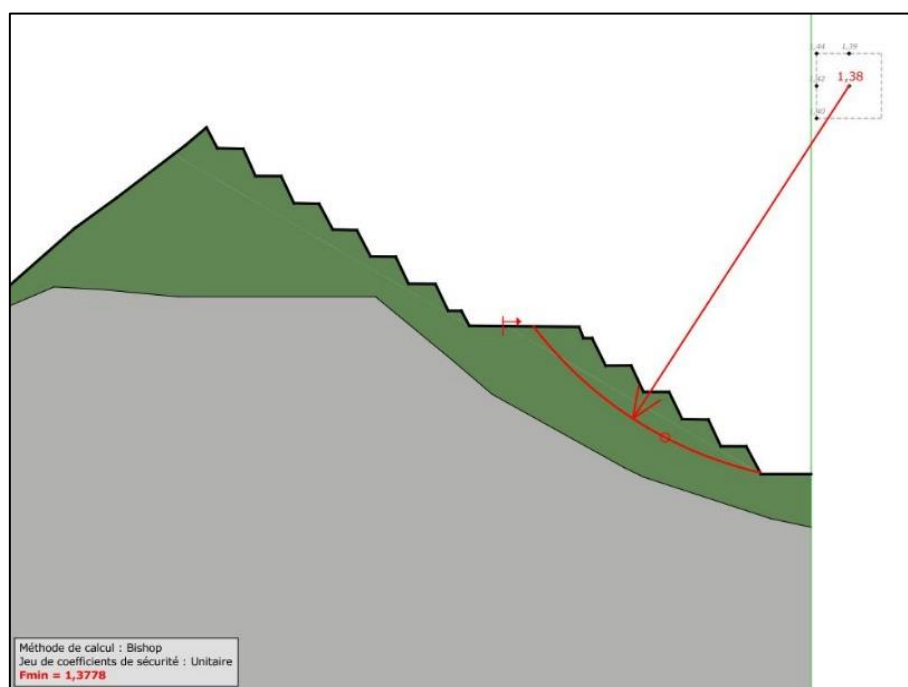


Figure N°29 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 4 - Talus 2 (FS=1,38)

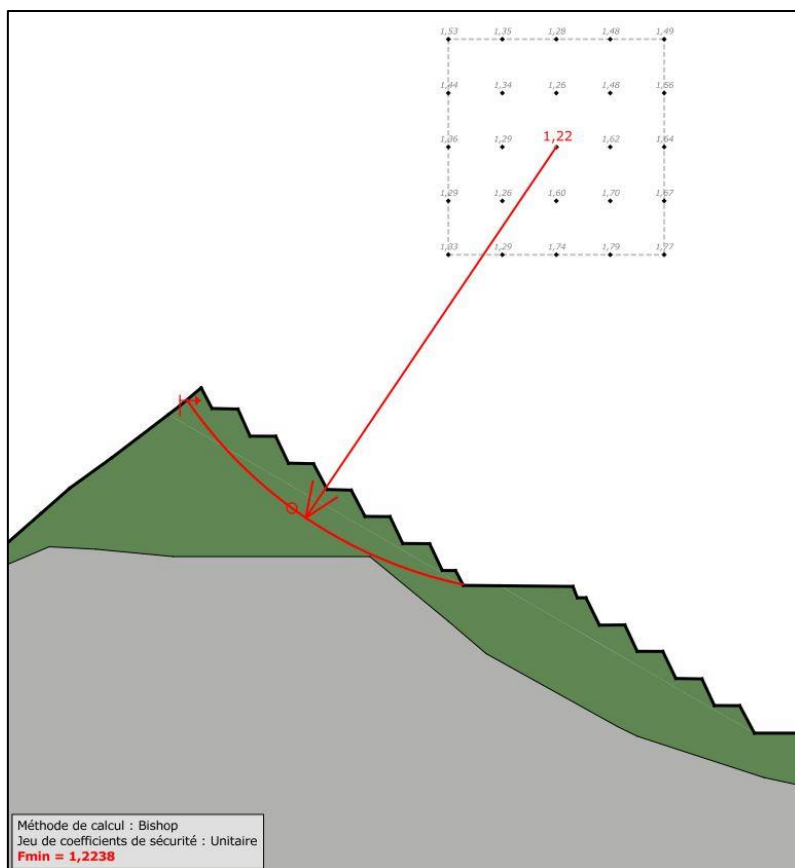


Figure N°30 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 4 - Talus 1 (FS=1,22)

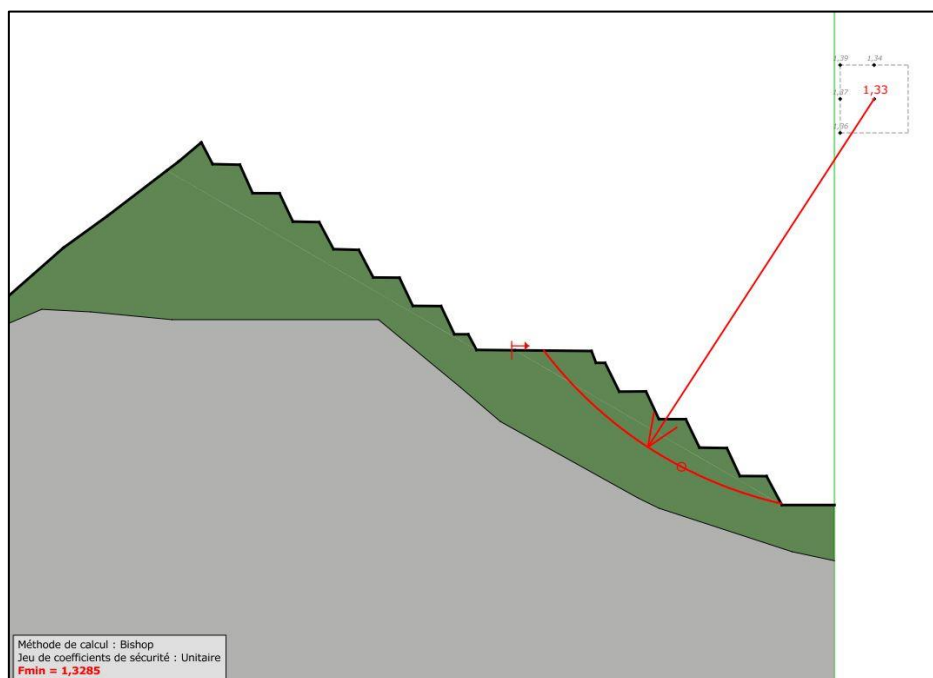


Figure N°31 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 4 - Talus 2 (FS=1,33)

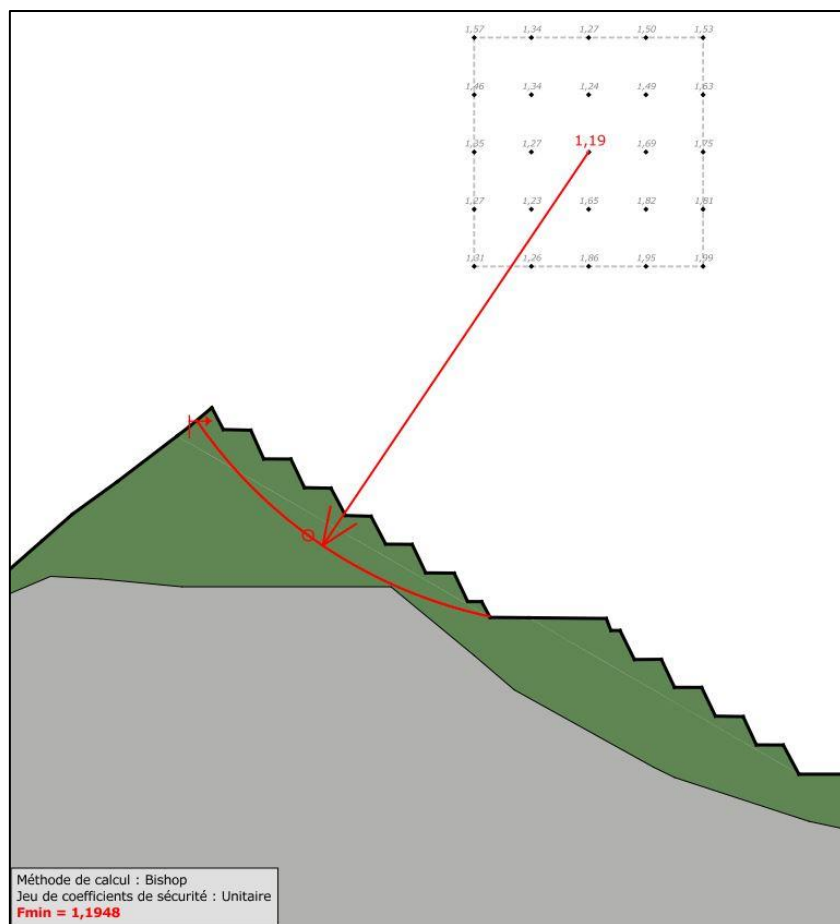


Figure N°32 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 4 - Talus 1 (FS=1,19)

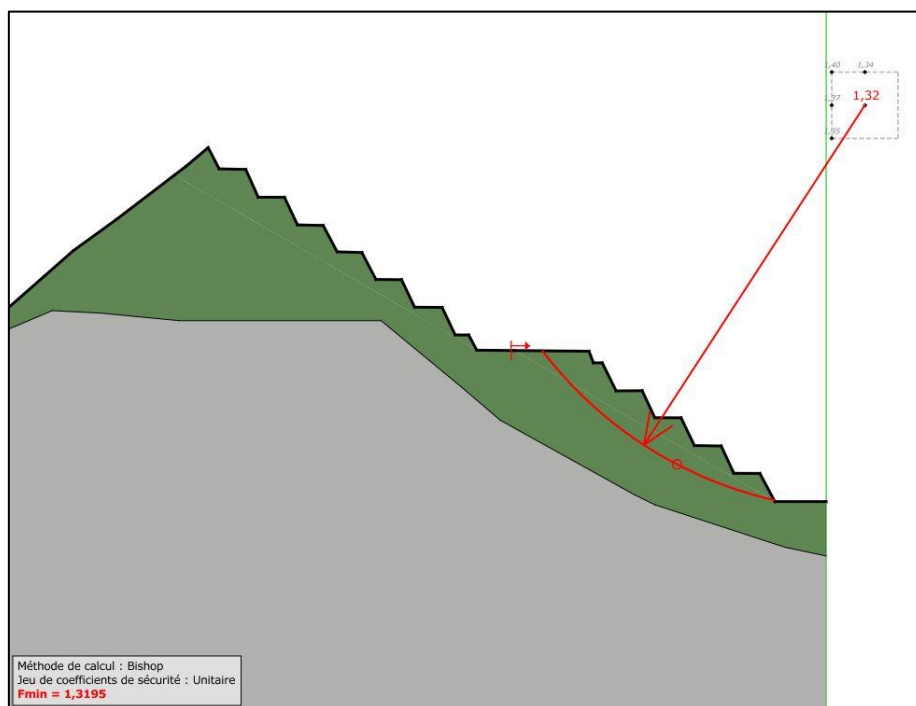


Figure N°33 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 4 - Talus 2 (FS=1,32)

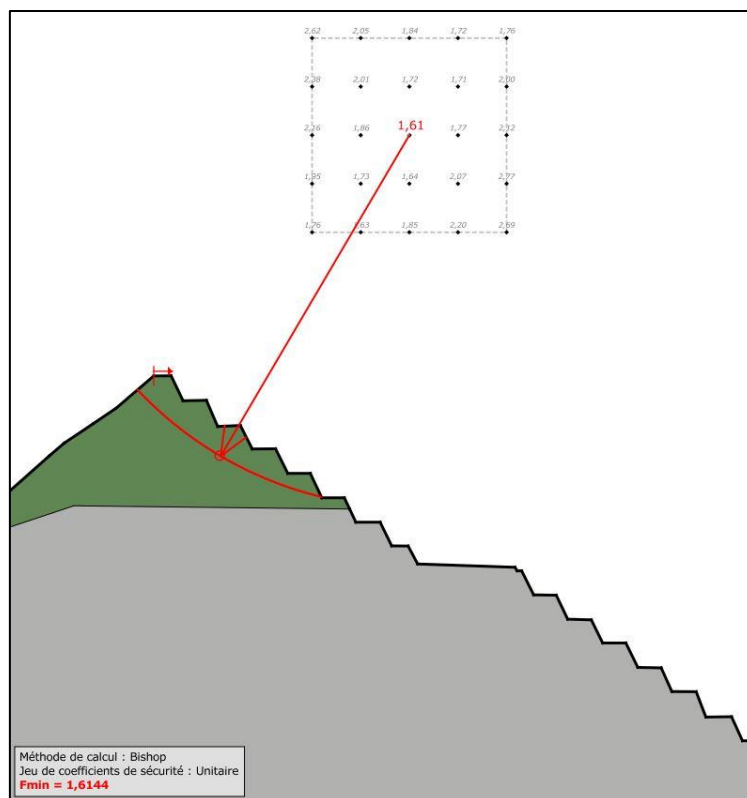


Figure N°34 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 5 (FS=1,61)

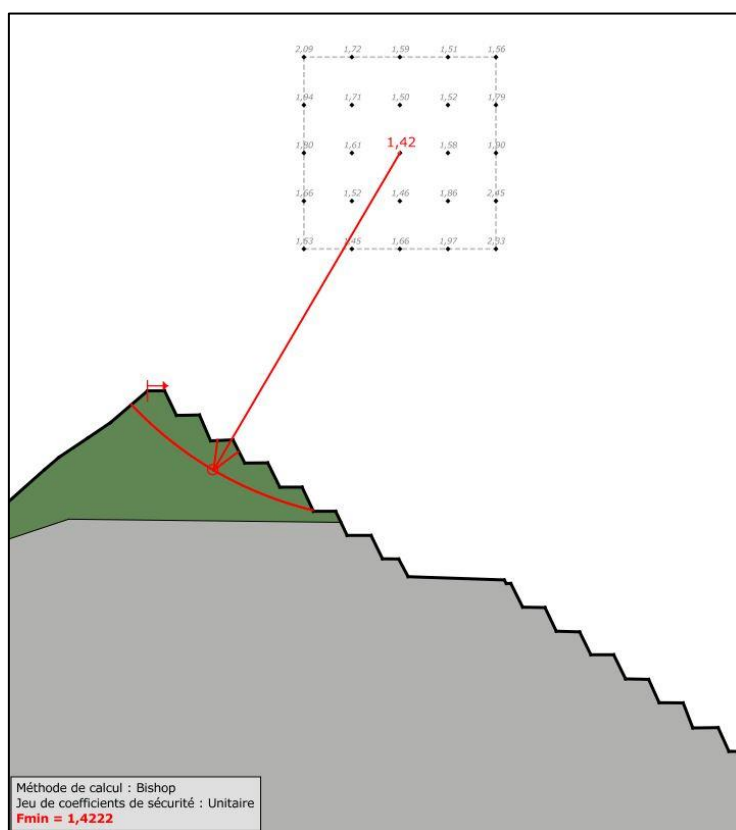


Figure N°35 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 5 (FS=1,42)

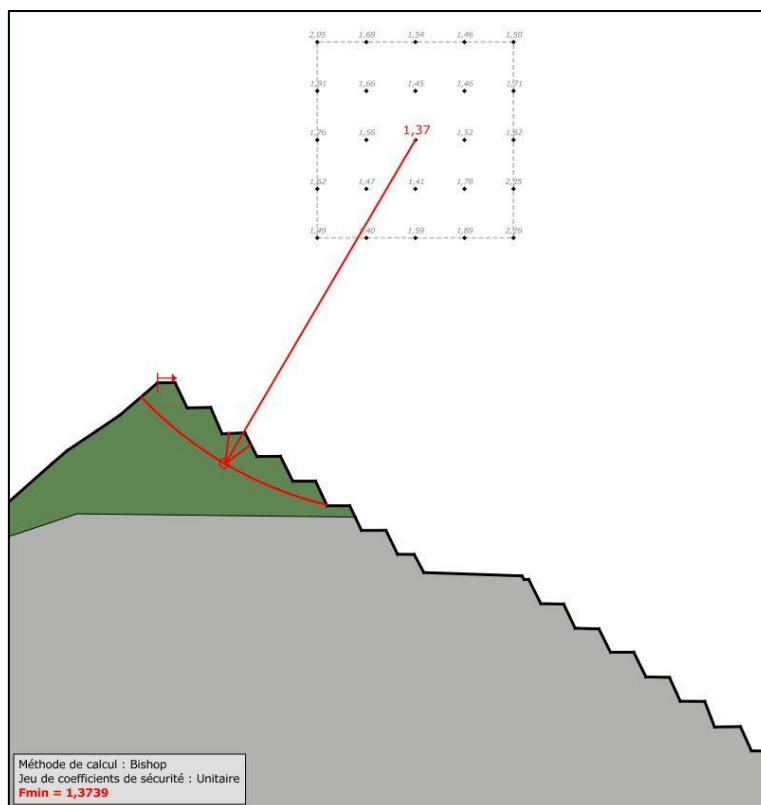


Figure N°36 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 5 (FS=1,37)

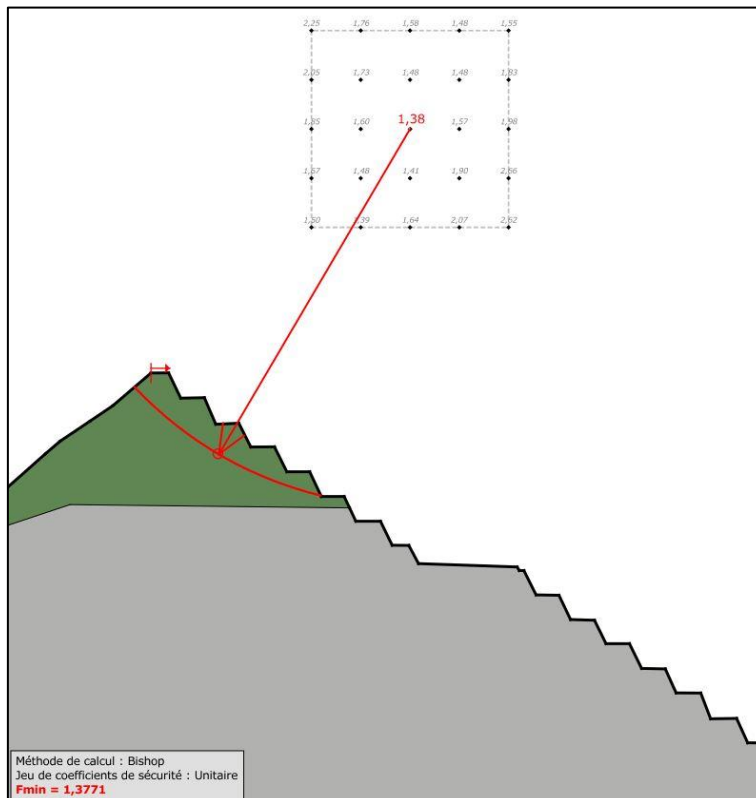


Figure N°37 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 5 (FS=1,38)

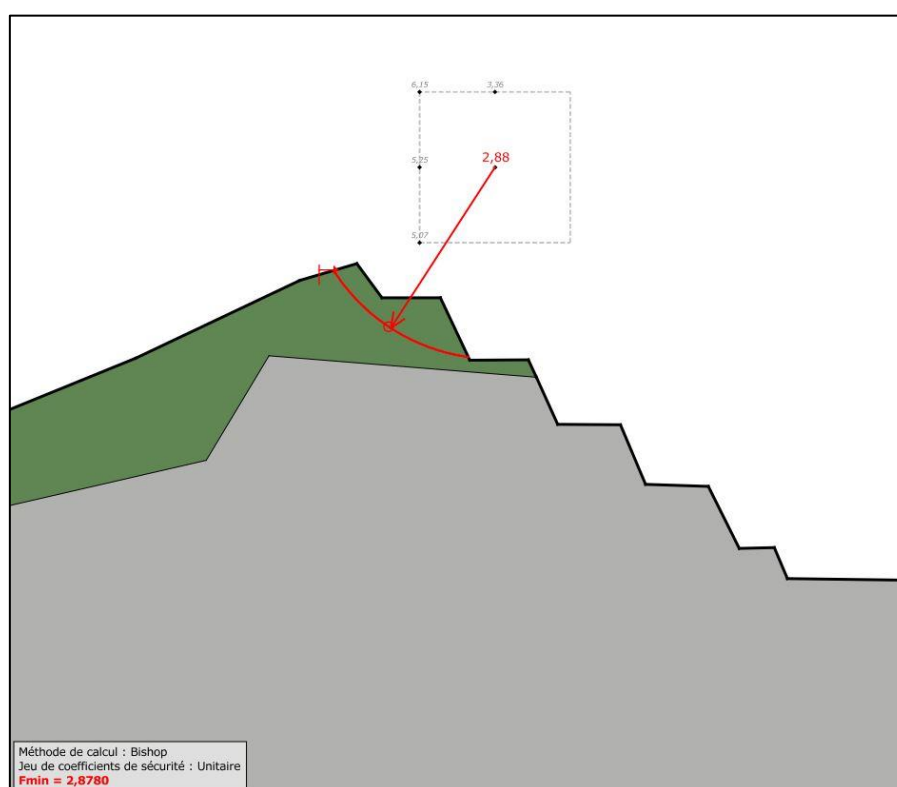


Figure N°38 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 6 (FS=2,88)

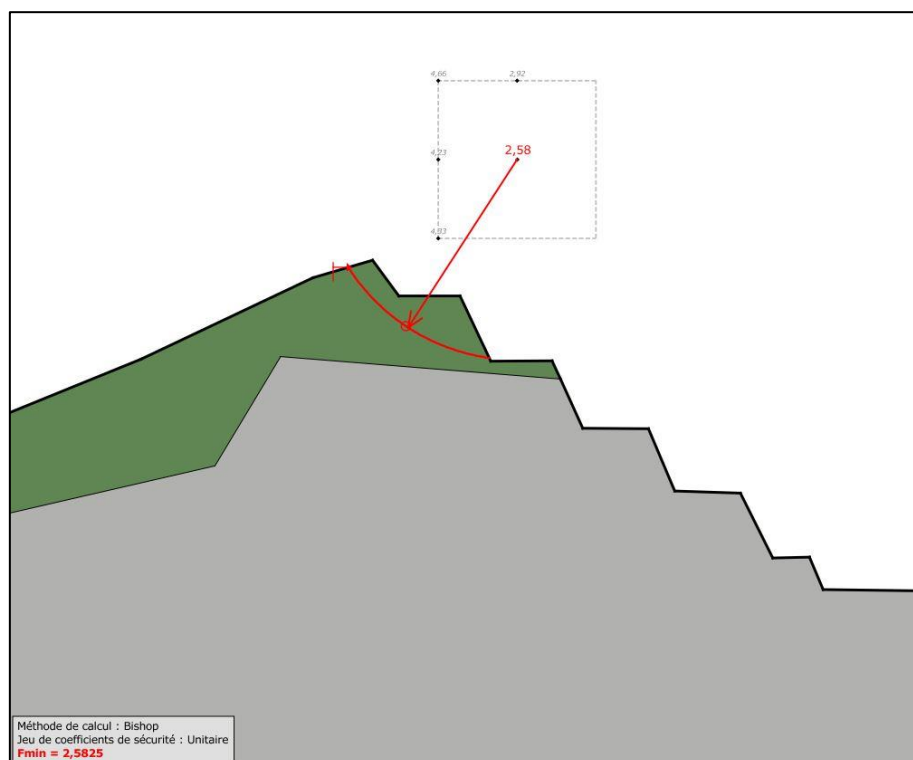


Figure N°39 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 6 (FS=2,58)

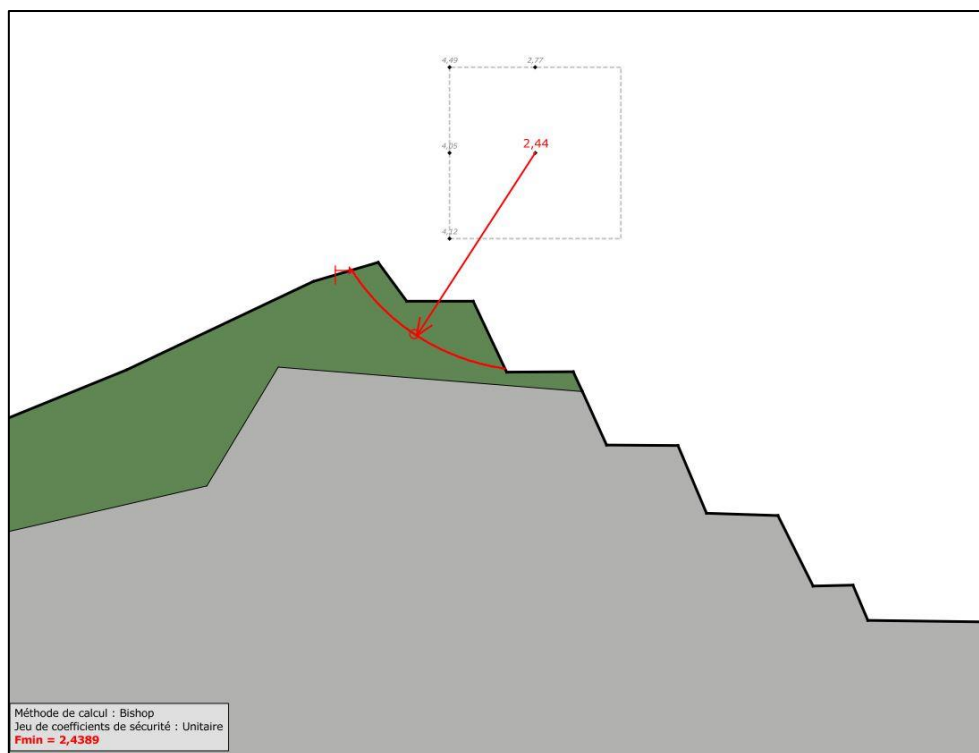


Figure N°40 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 6 (FS=2,44)

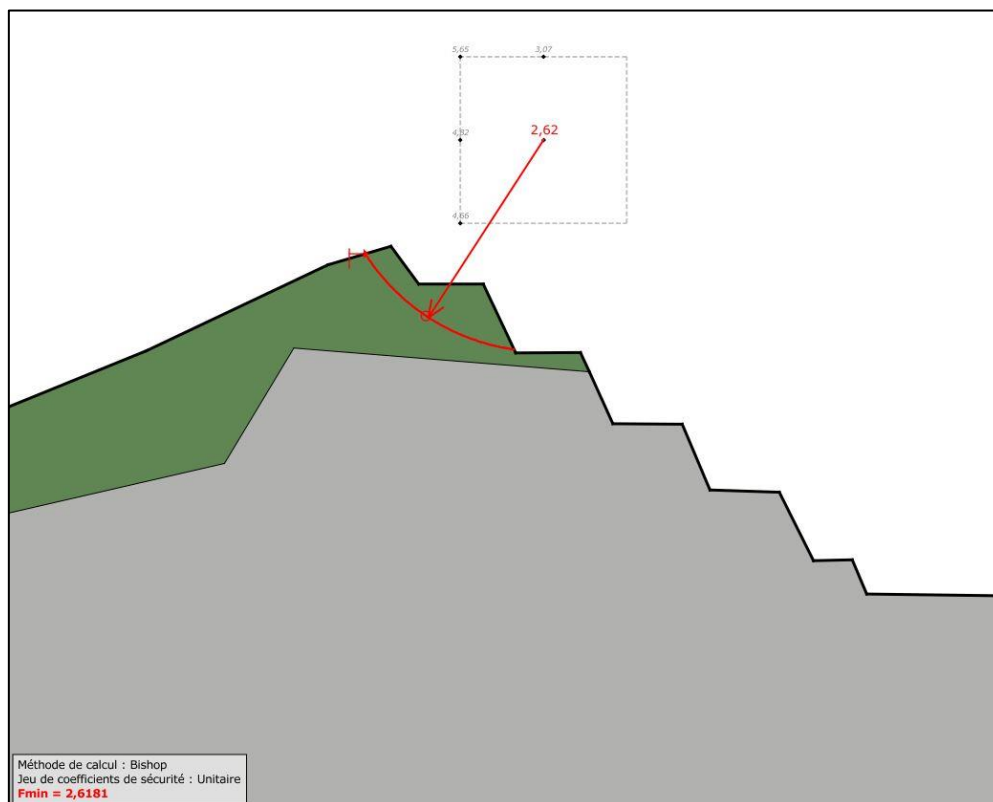


Figure N°41 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 6 (FS=2,62)

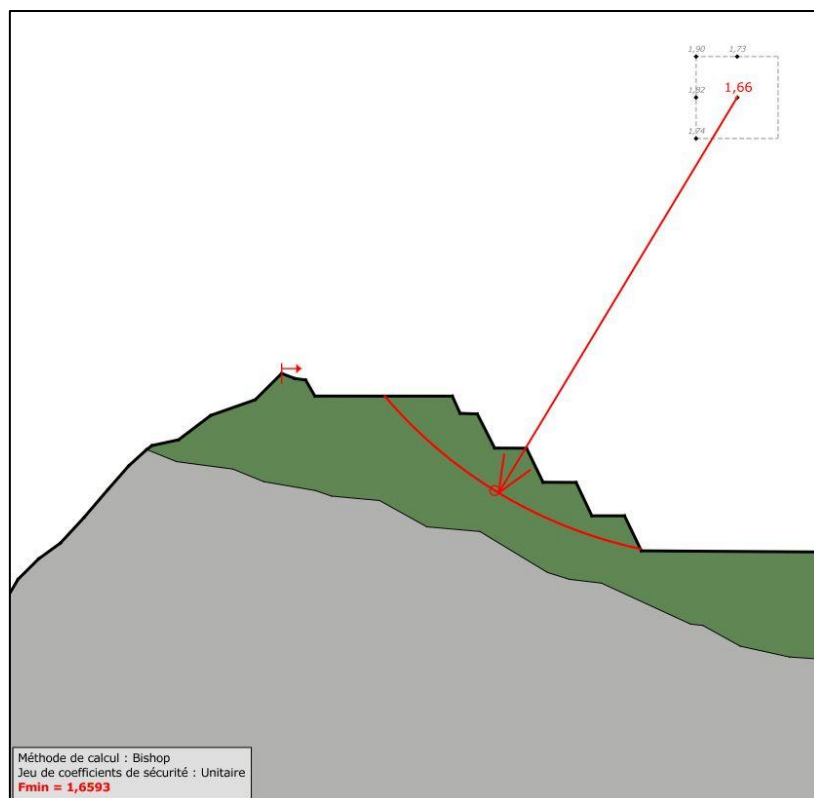


Figure N°42 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 7 (FS=1,66)

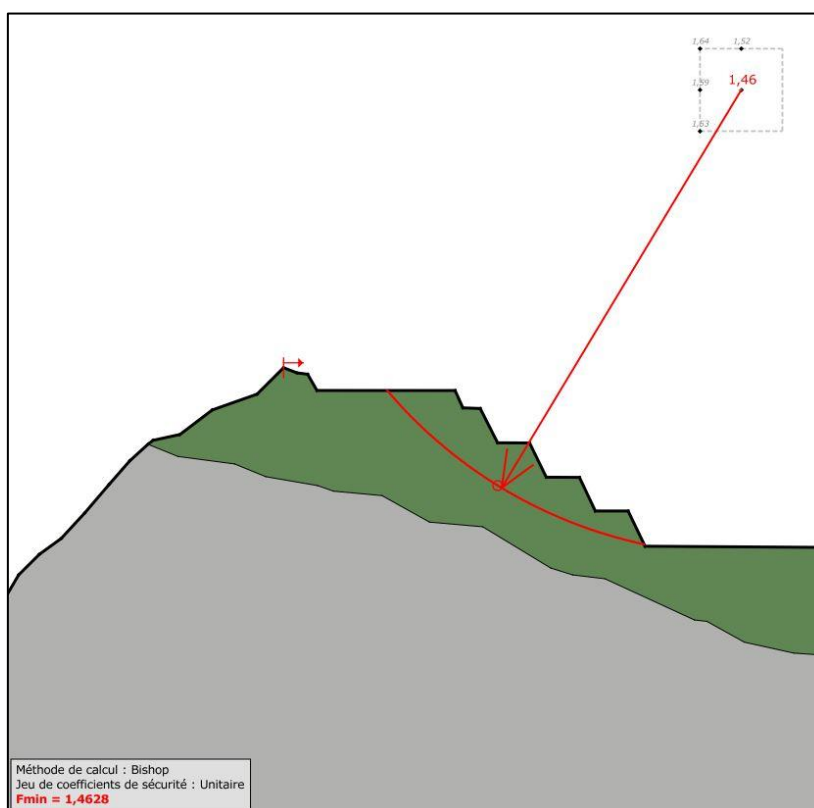


Figure N°43 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 7 (FS=1,46)

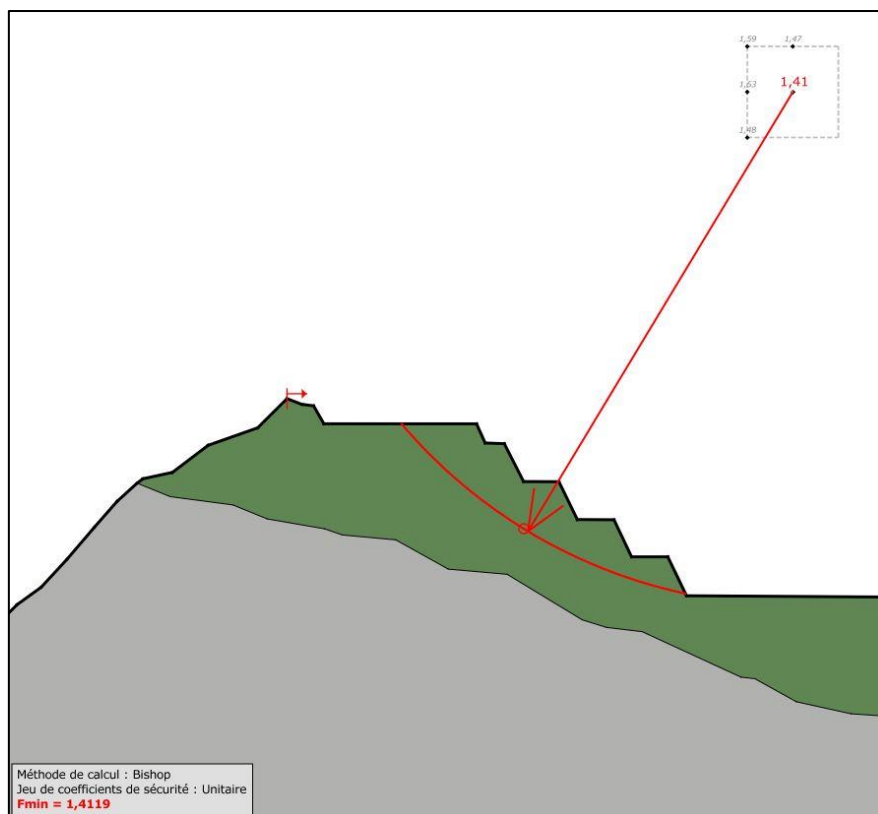


Figure N°44 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 7 (FS=1,41)

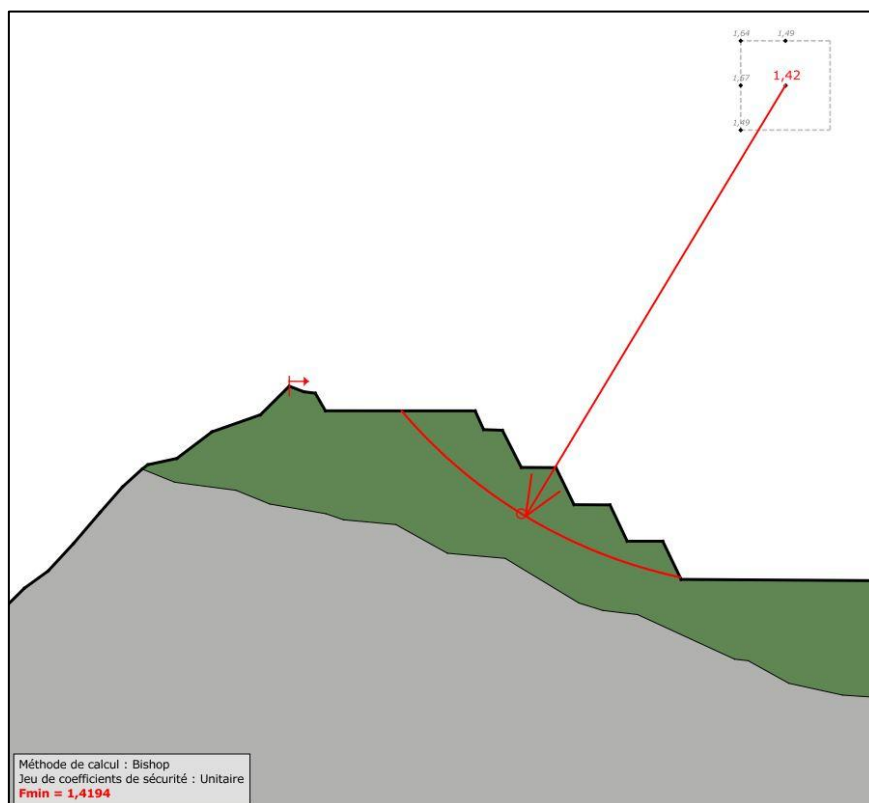


Figure N°45 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 7 (FS=1,42)

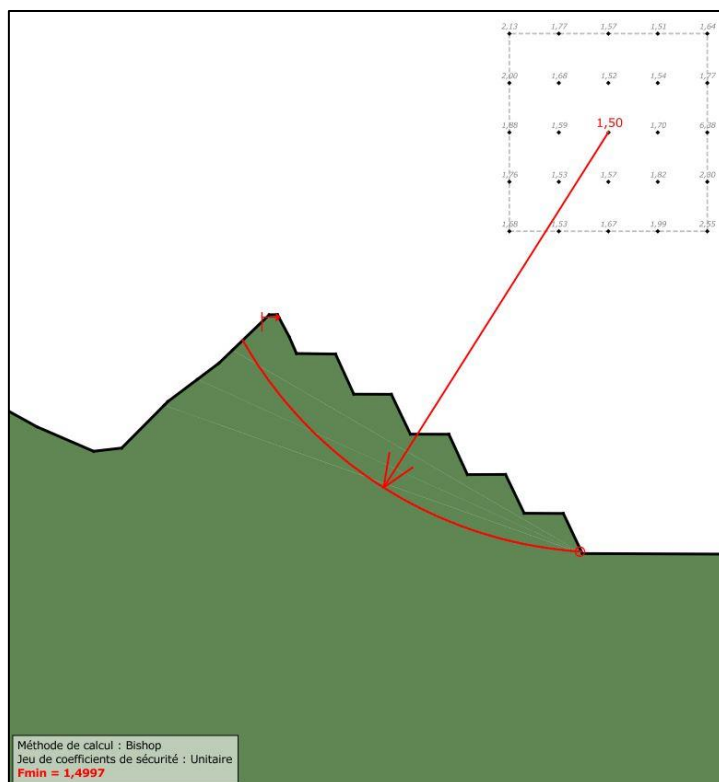


Figure N°46 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 8 (FS=1,5)

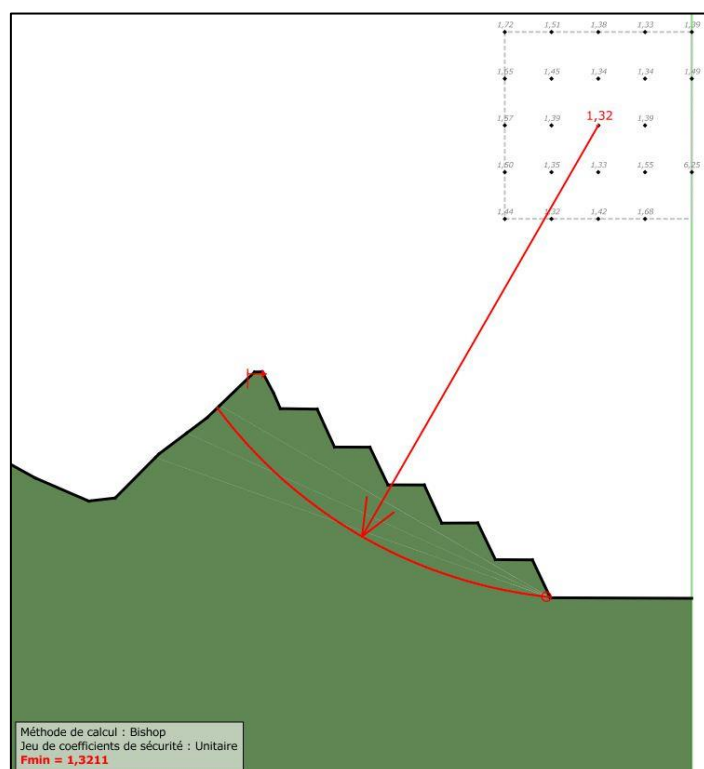


Figure N°47 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 8 (FS=1,32)

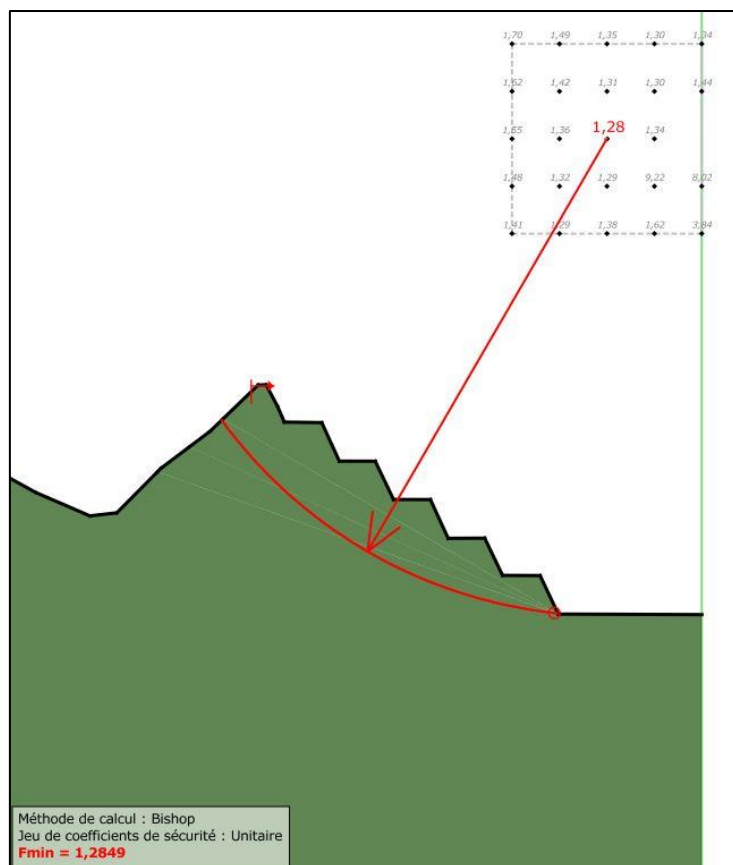


Figure N°48 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g – Coupe 8 (FS=1,28)

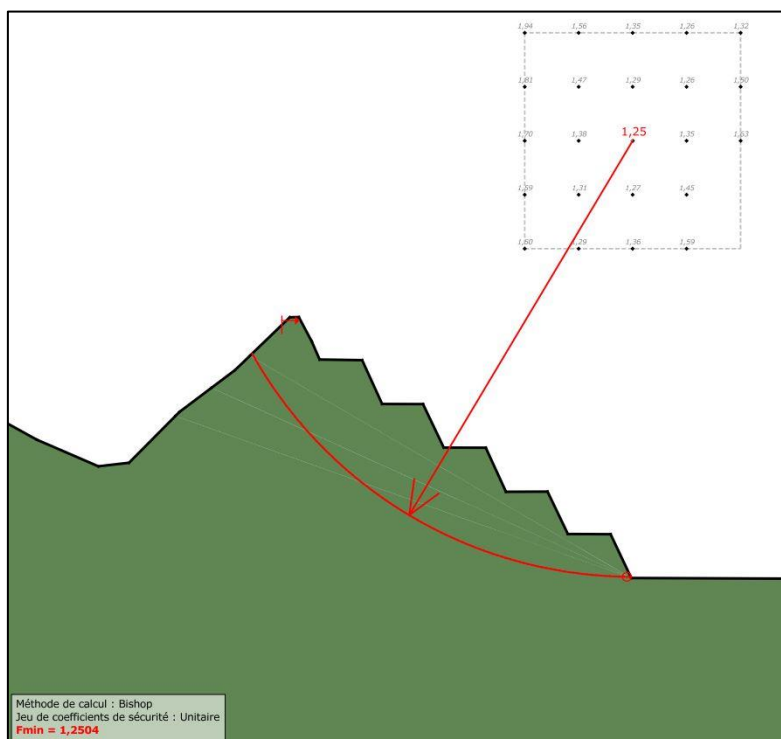


Figure N°49 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 8 (FS=1,25)

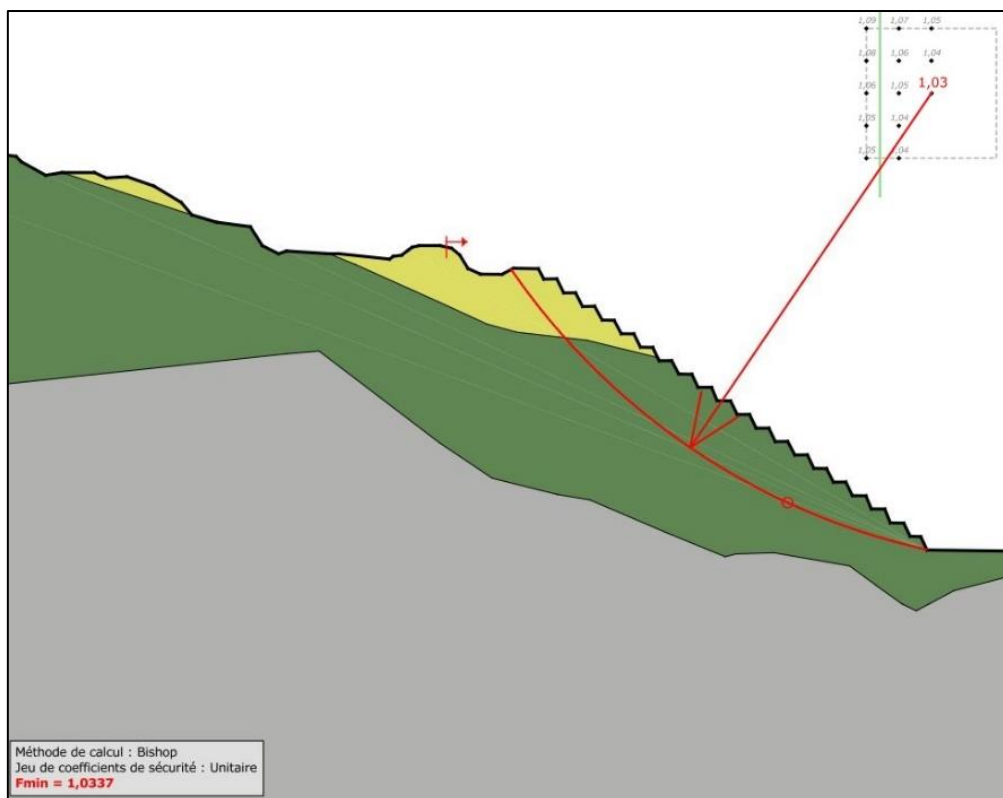


Figure N°50 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 9 (FS=1,03)

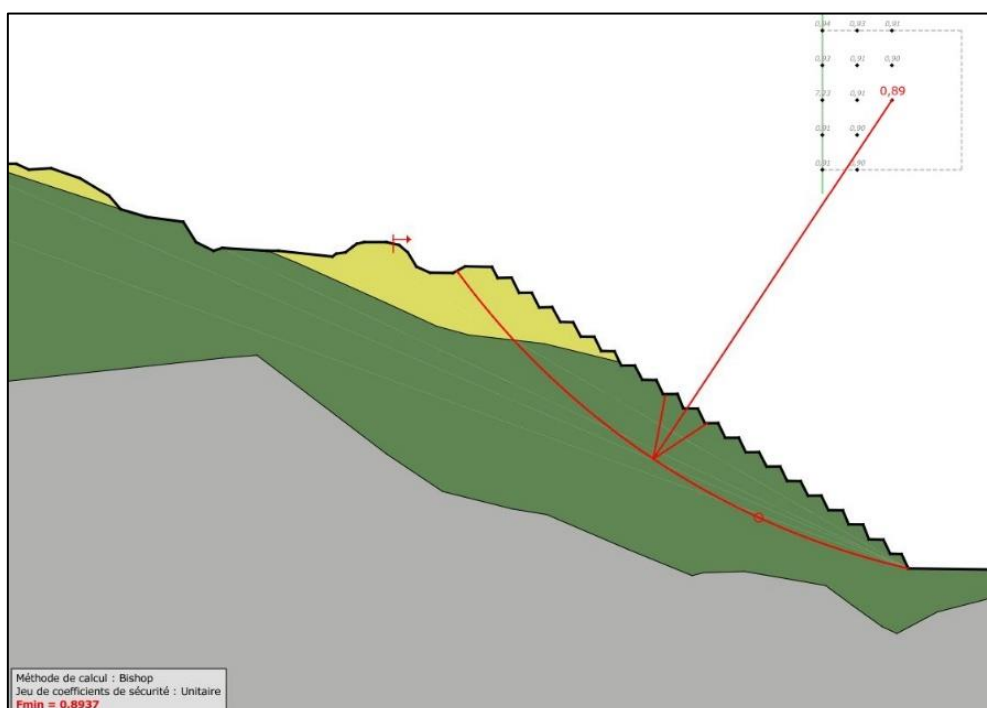


Figure N°51 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 9 (FS=0,89)

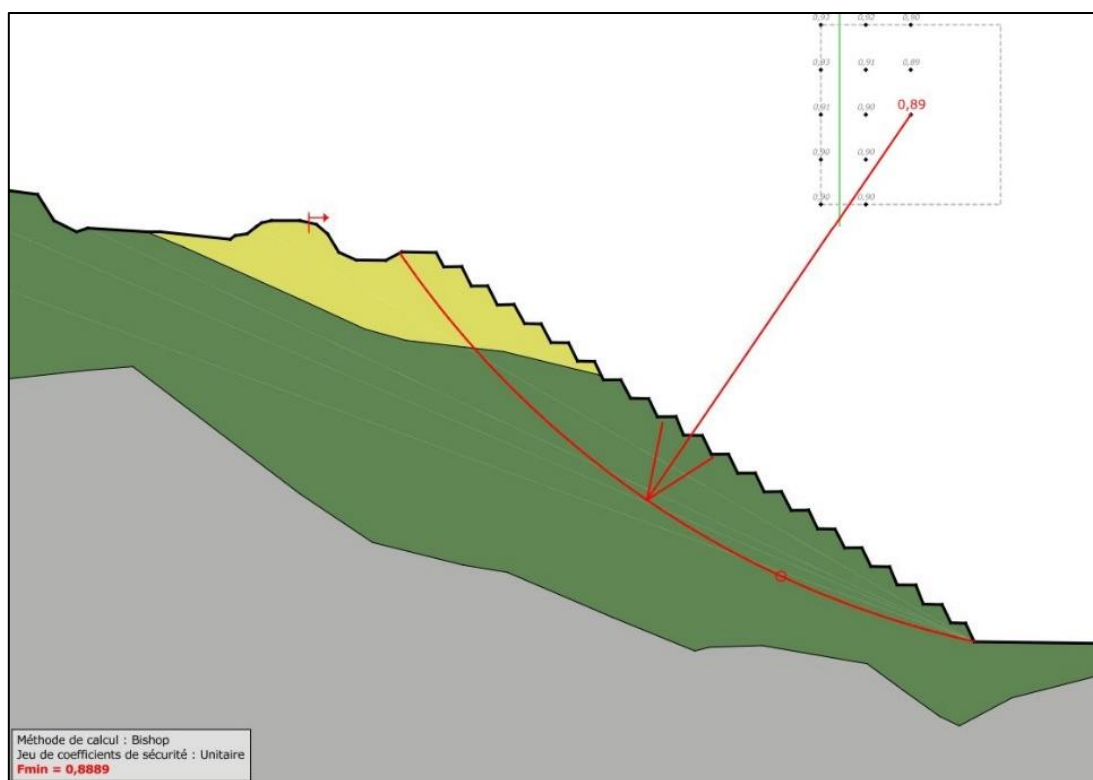


Figure N°52 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 9 (FS=0,89)

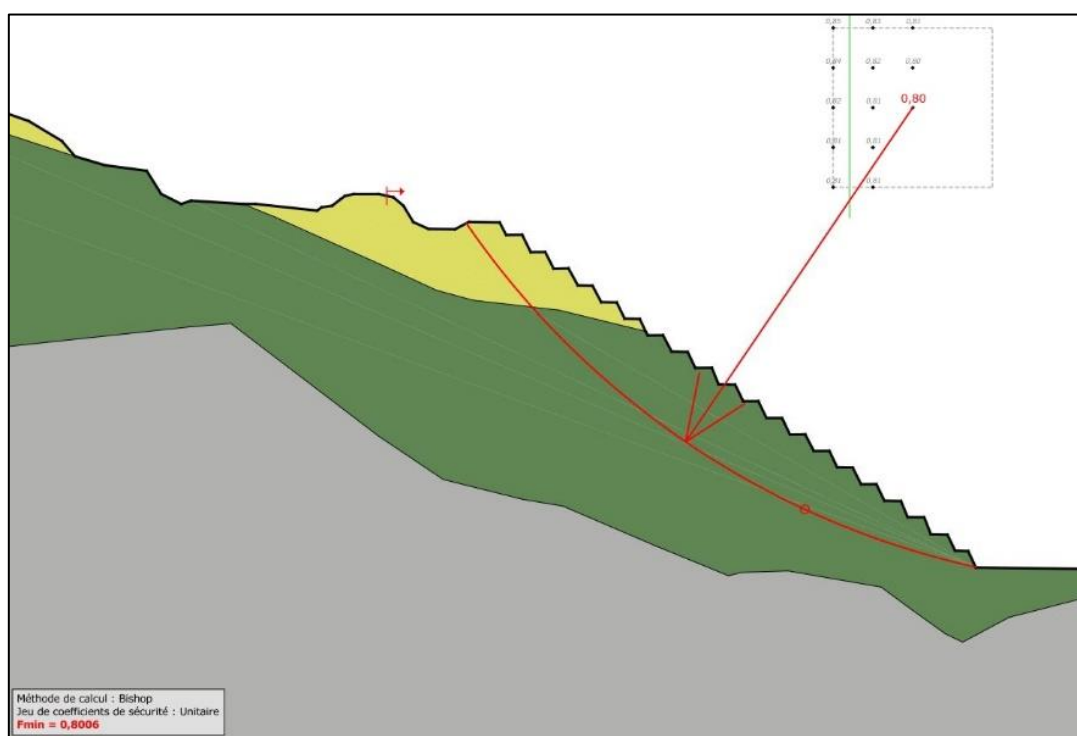


Figure N°53 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 9 (FS=0,8)

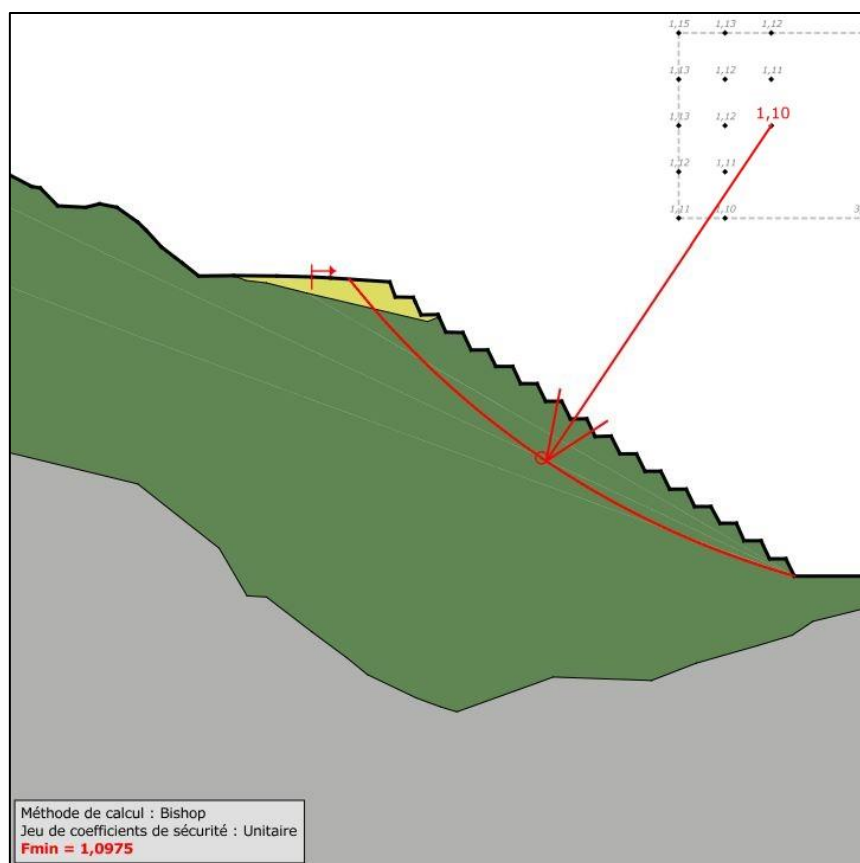


Figure N°54 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 10 (FS=1,1)

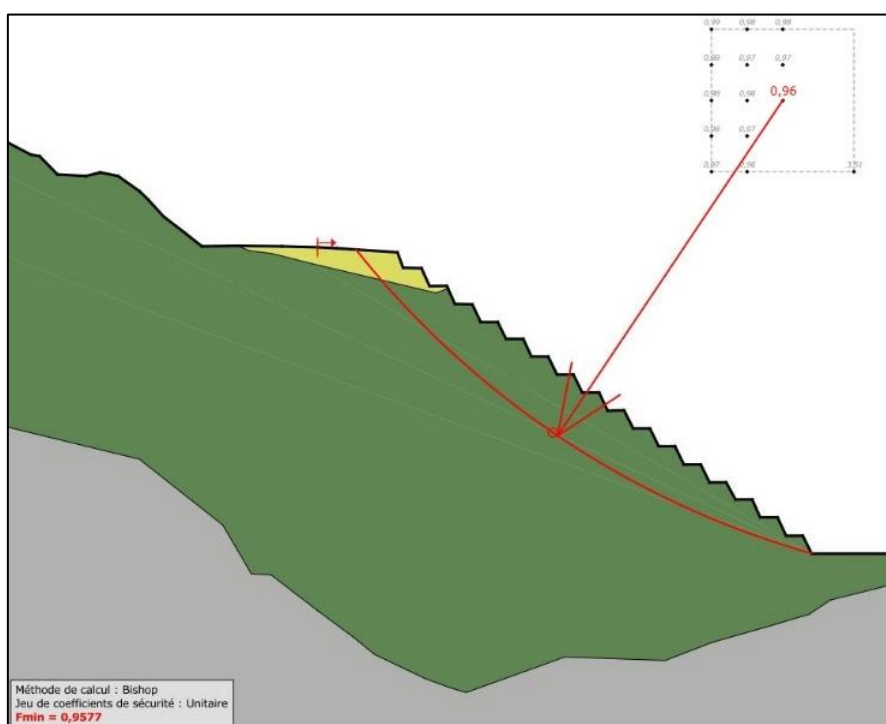


Figure N°55 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 10 (FS=0,96)

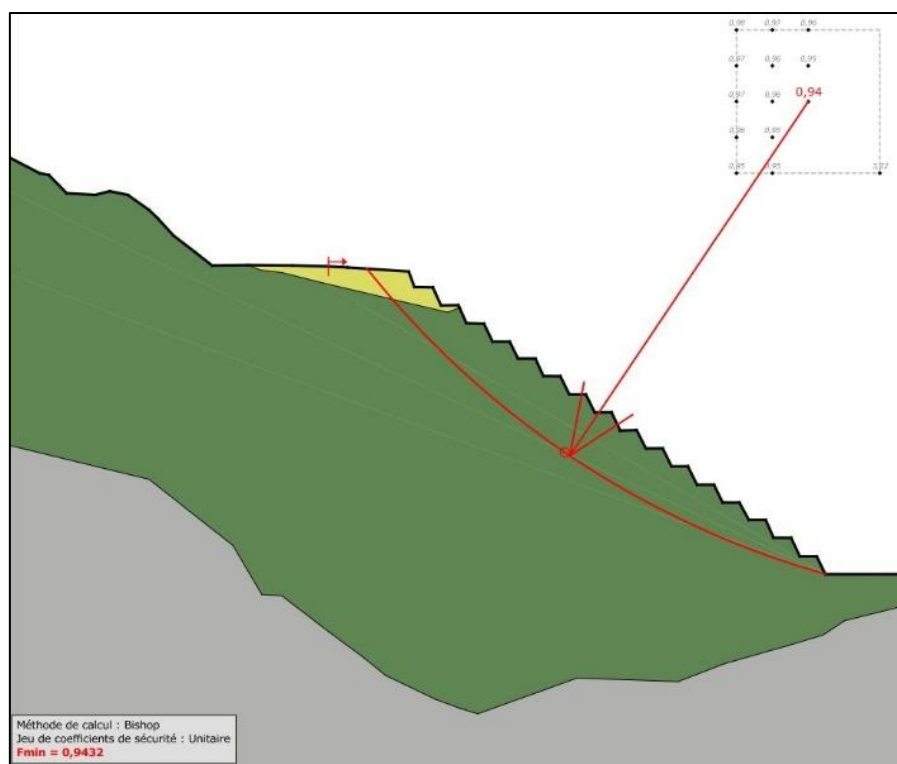


Figure N°56 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 10 (FS=0,94)

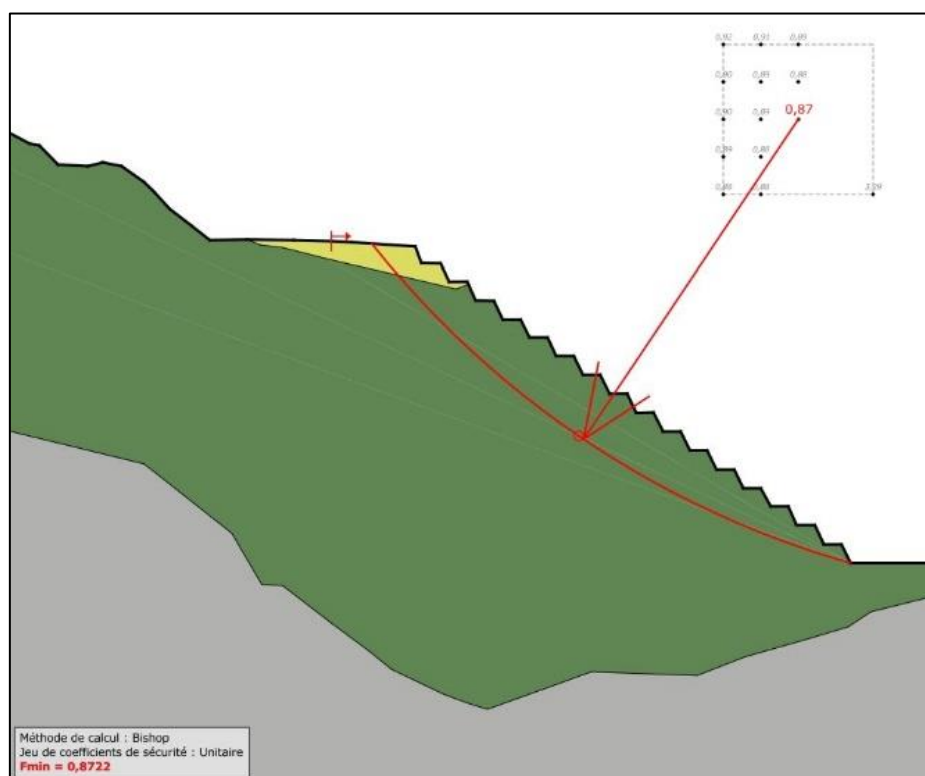


Figure N°57 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 10 (FS=0,87)

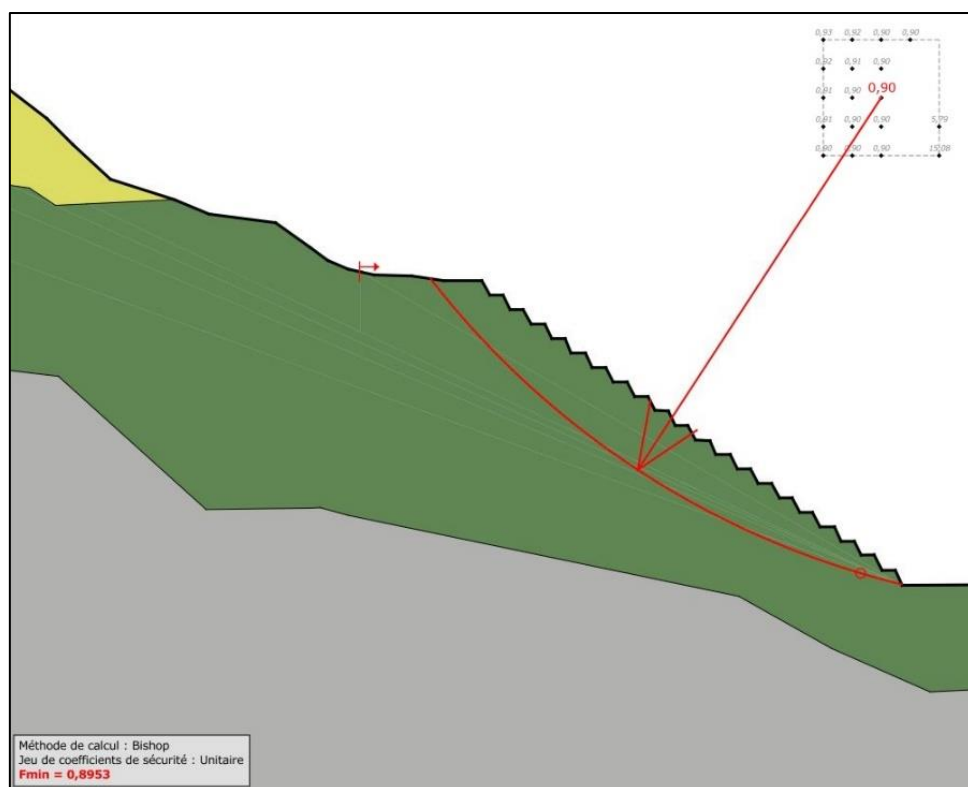


Figure N°60 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 11 (FS=0,9)

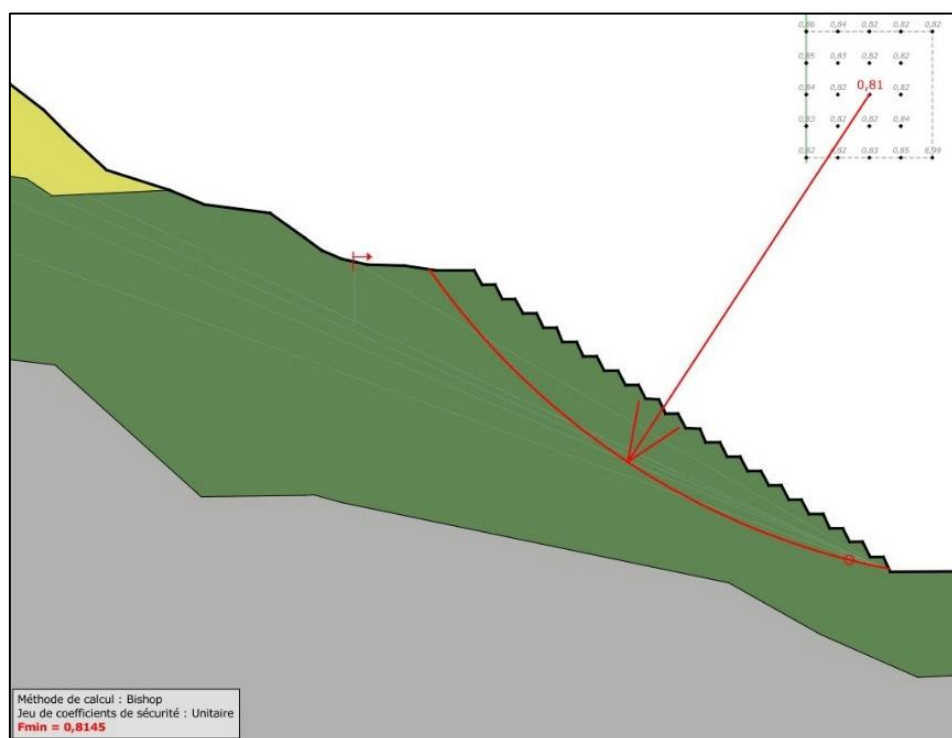


Figure N°61 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 11 (FS=0,81)

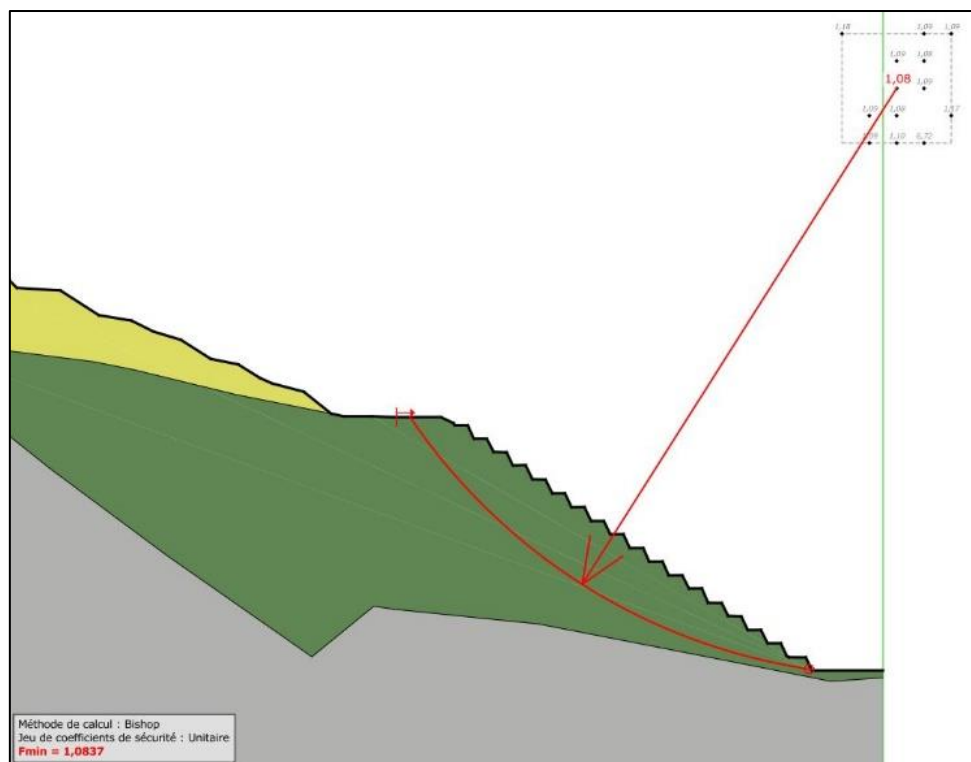


Figure N°62 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 12 (FS=1,08)

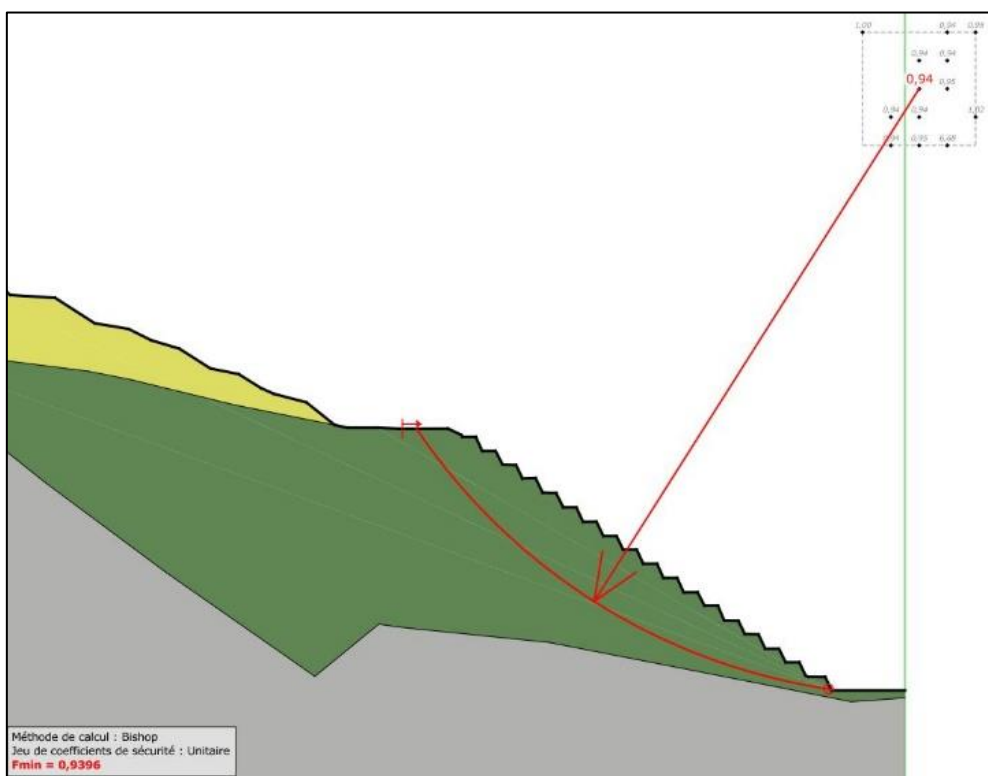


Figure N°63 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 12 (FS=0,94)

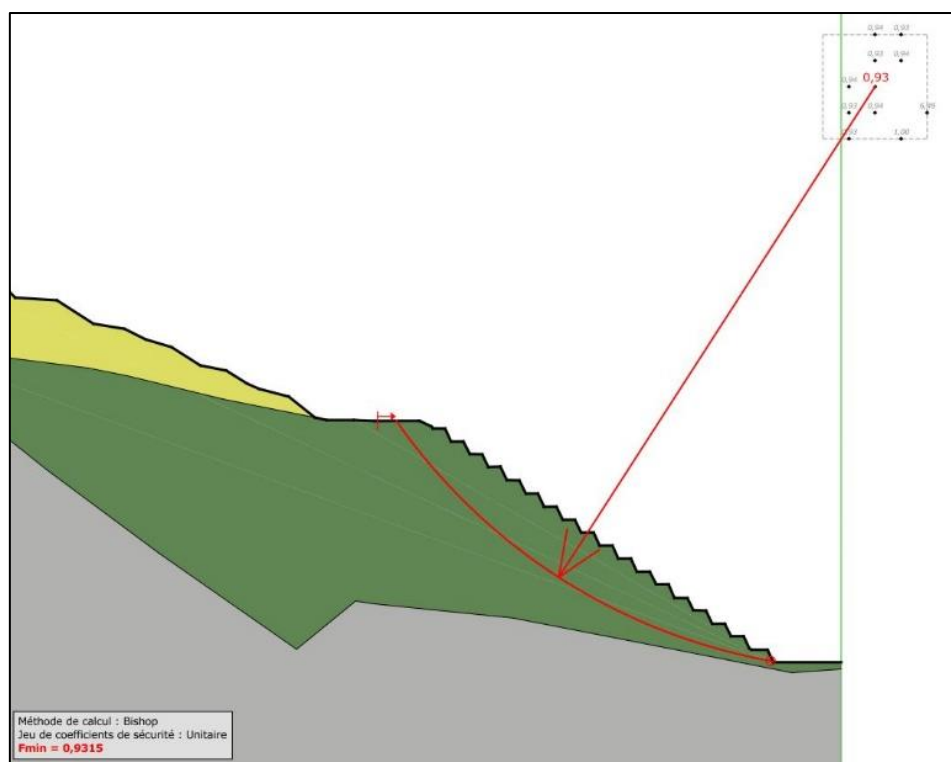


Figure N°64 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 12 (FS=0,93)

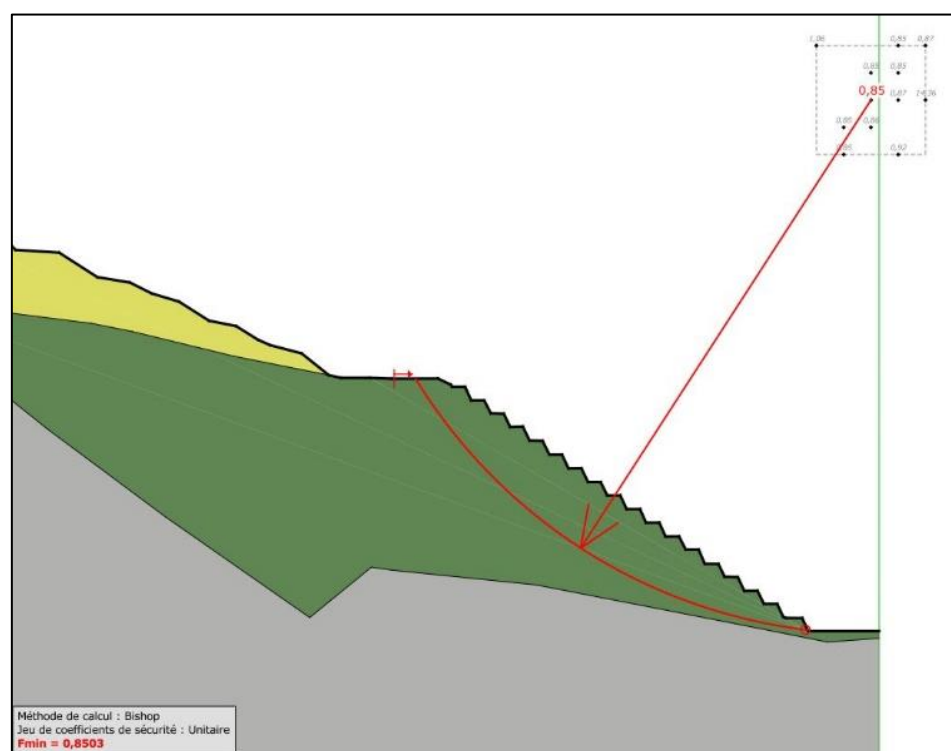


Figure N°65 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 12 (FS=0,85)

**ANNEXE 3 : ANALYSE DE LA STABILITE APRES
OPTIMISATION DE LA GEOMETRIE DES TALUS TERREUX
EN CONSIDERANT UNE PENTE INTEGRATRICE DE 30° -
FOSSE « CLAUDE »**

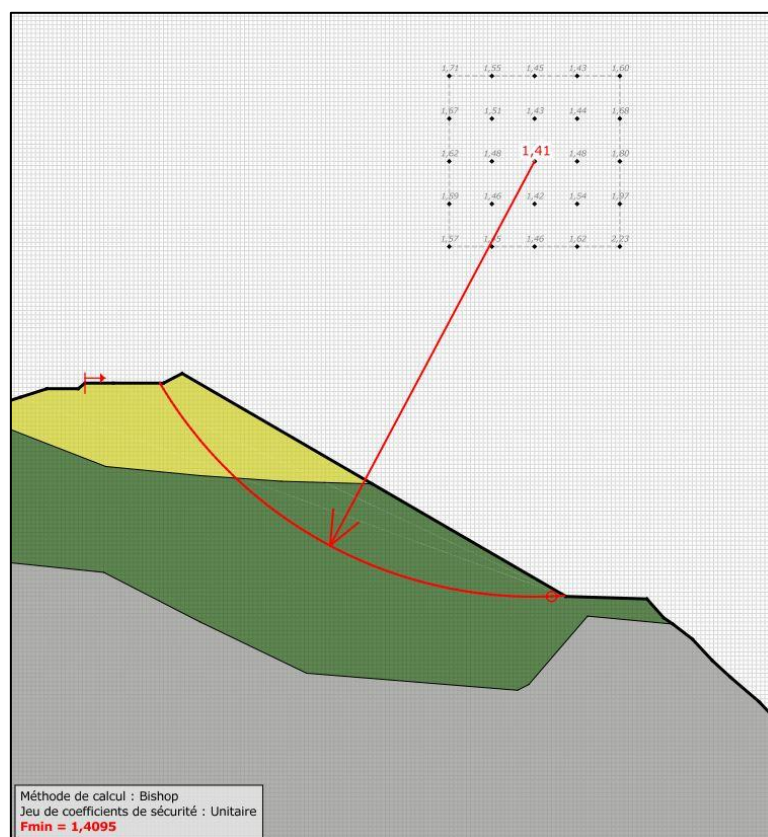


Figure N°66 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 2 (FS=1,41)

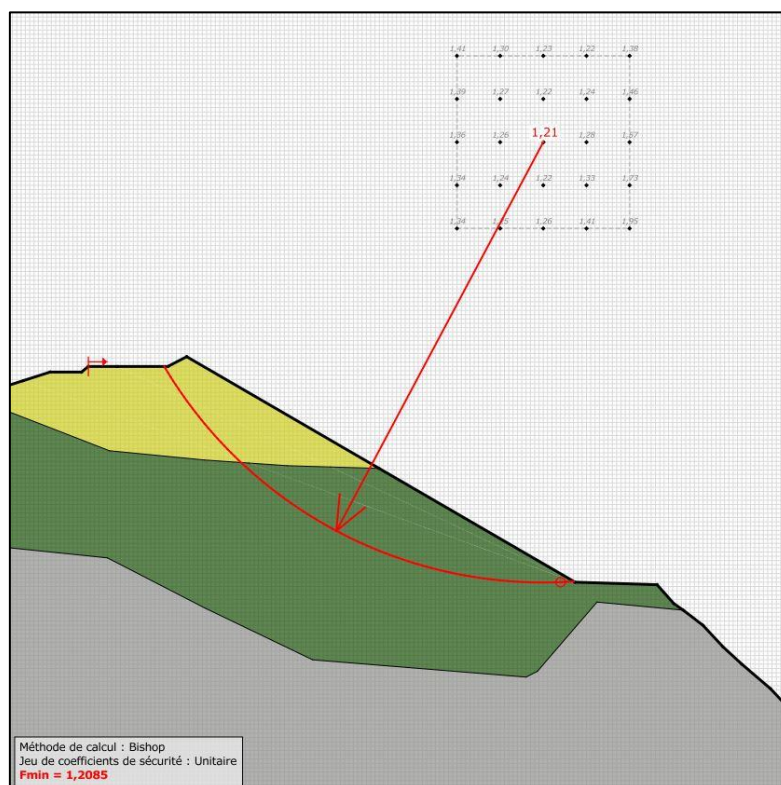


Figure N°67 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 2 (FS=1,21)

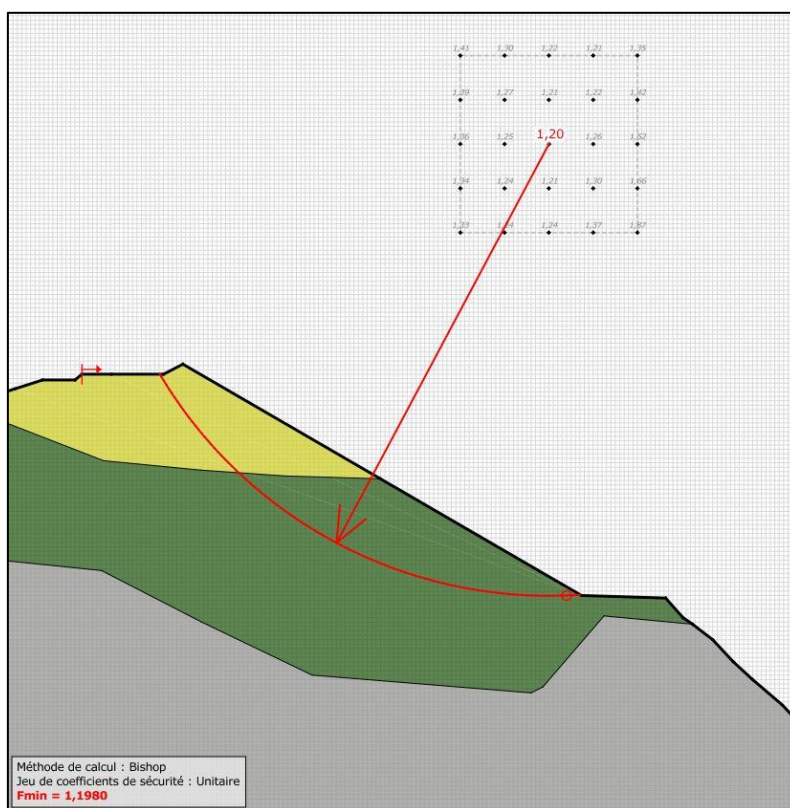


Figure N°68 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 2 (FS=1,2)

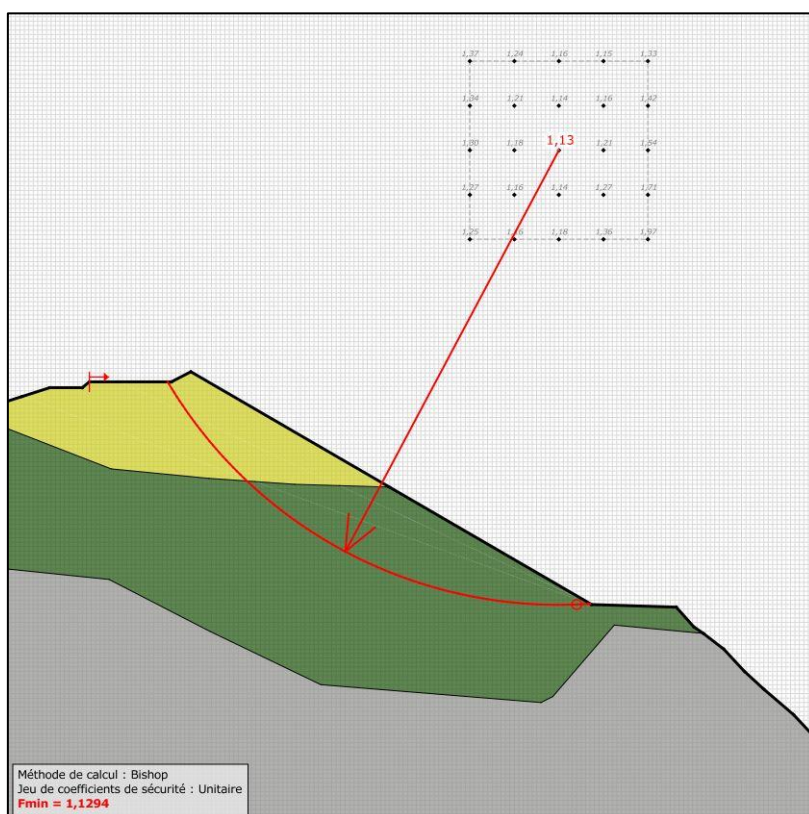


Figure N°69 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 2 (FS=1,13)

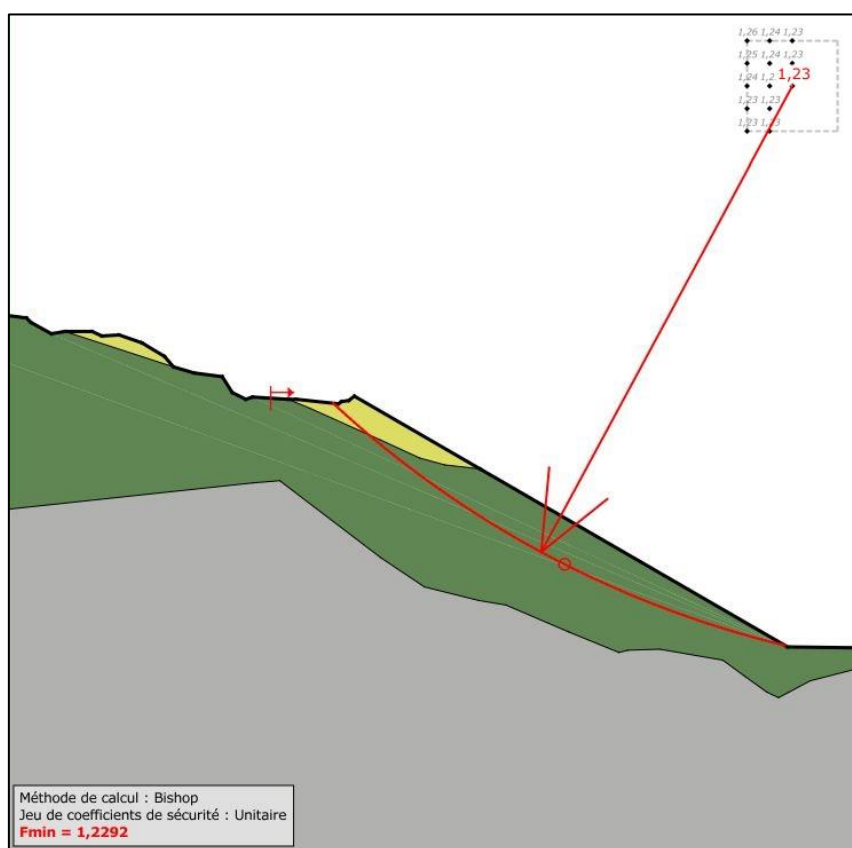


Figure N°70 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 9 (FS=1,23)

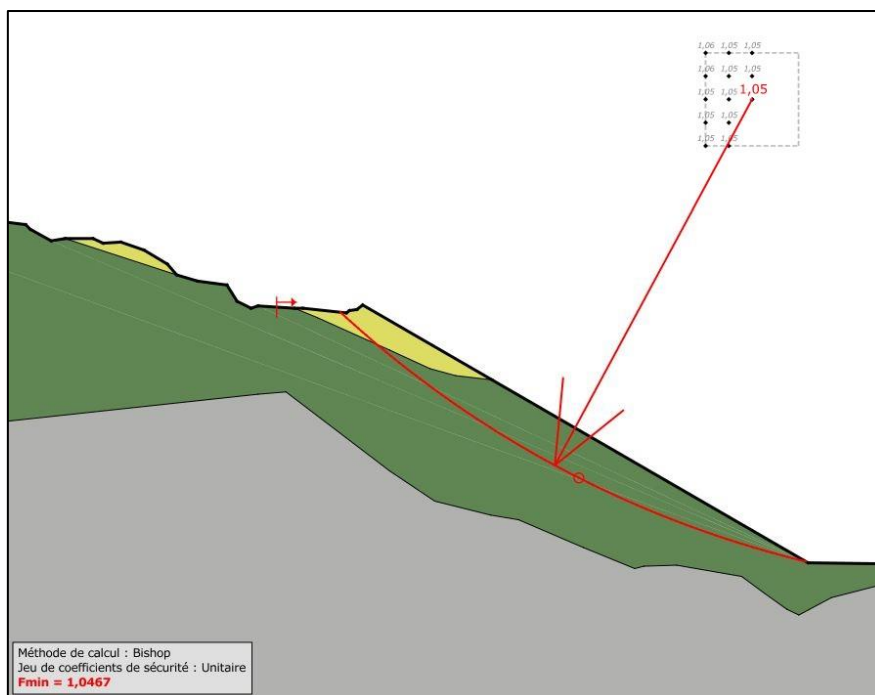


Figure N°71 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 9 (FS=1,05)

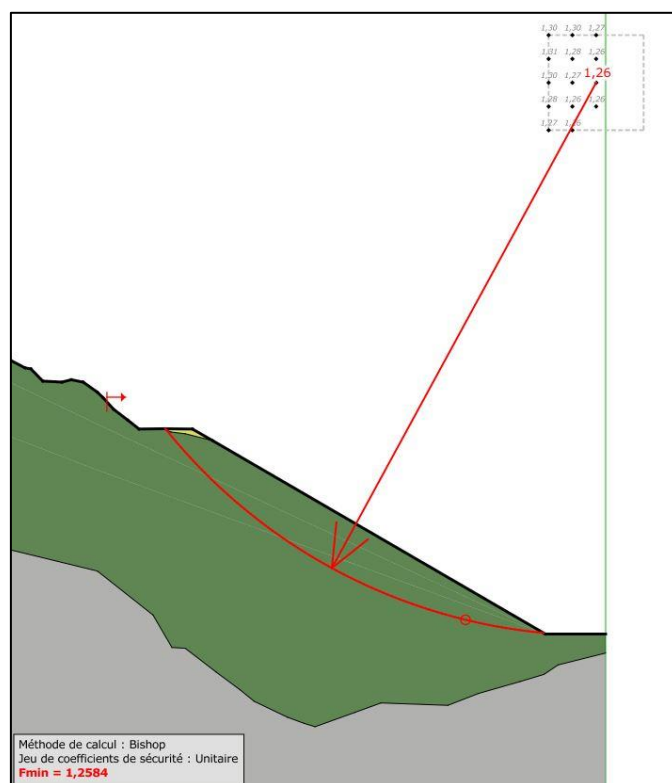


Figure N°74 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 10 (FS=1,26)

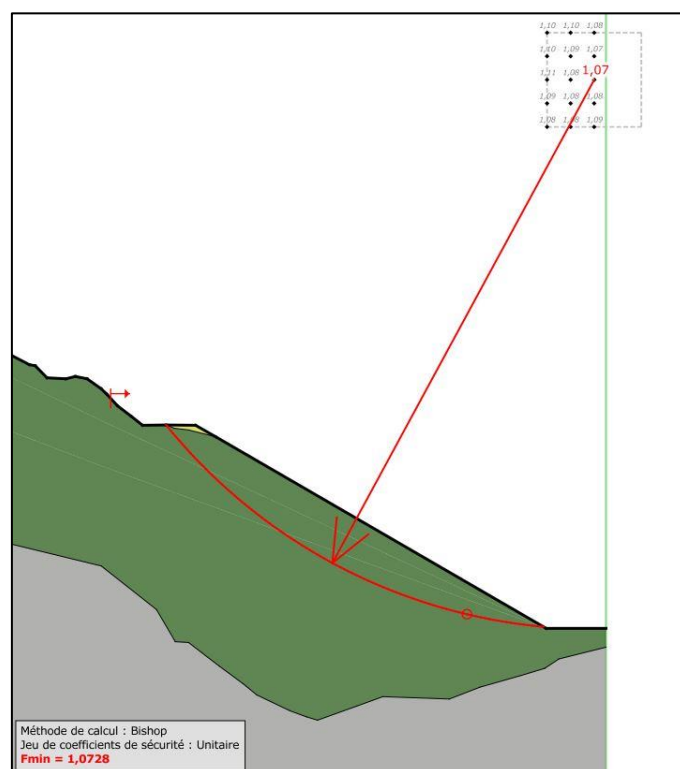


Figure N°75 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 10 (FS=1,07)

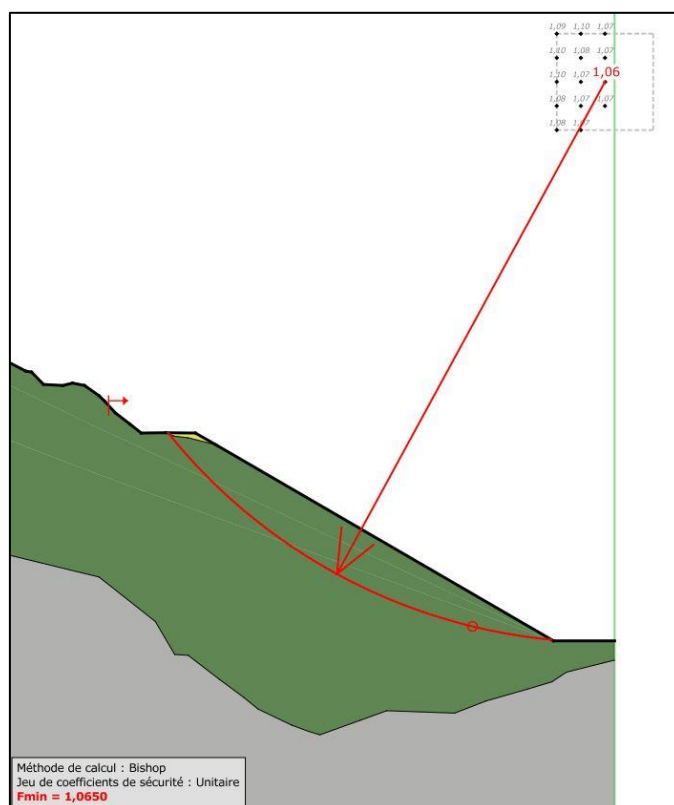


Figure N°76 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 10 (FS=1,06)

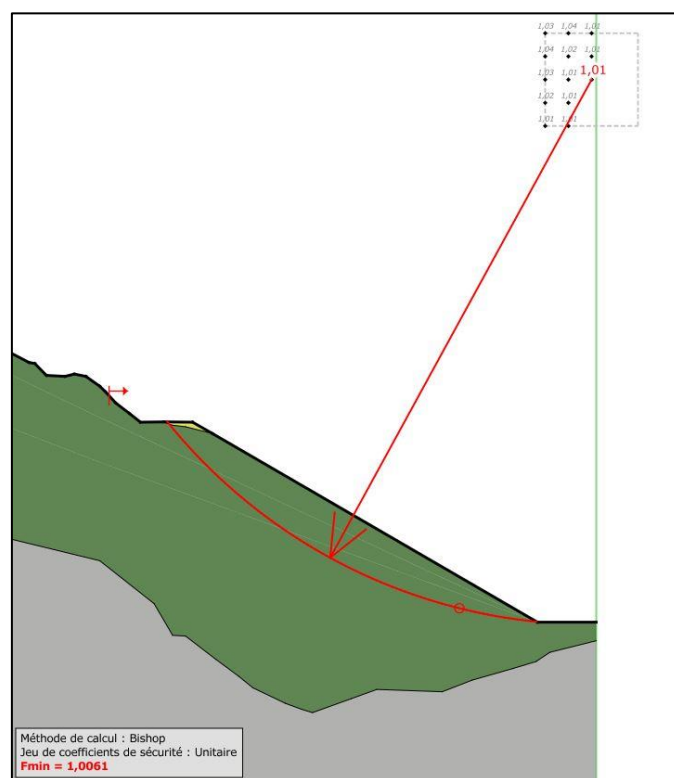


Figure N°77 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 10 (FS=1,01)

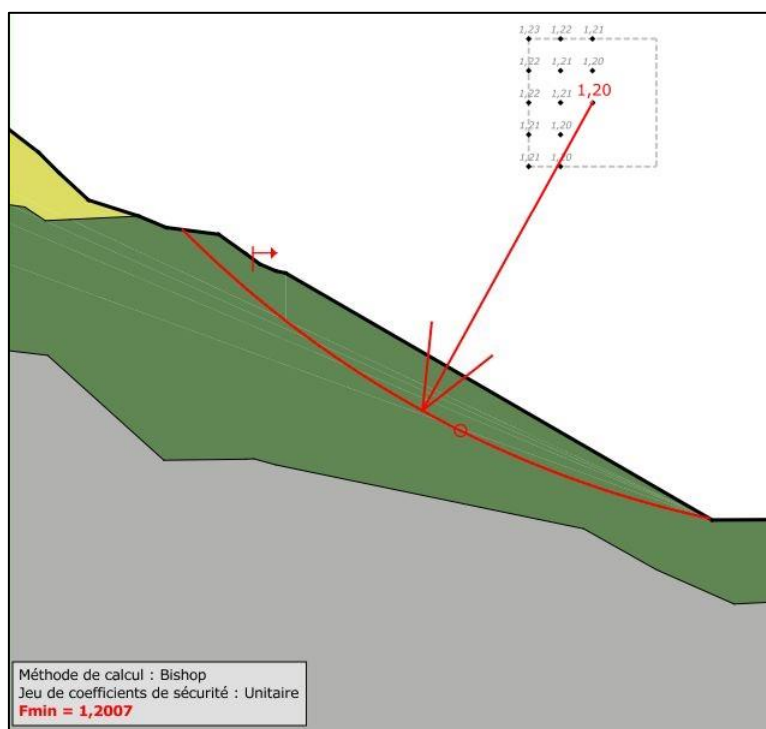


Figure N°78 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 11 (FS=1,2)

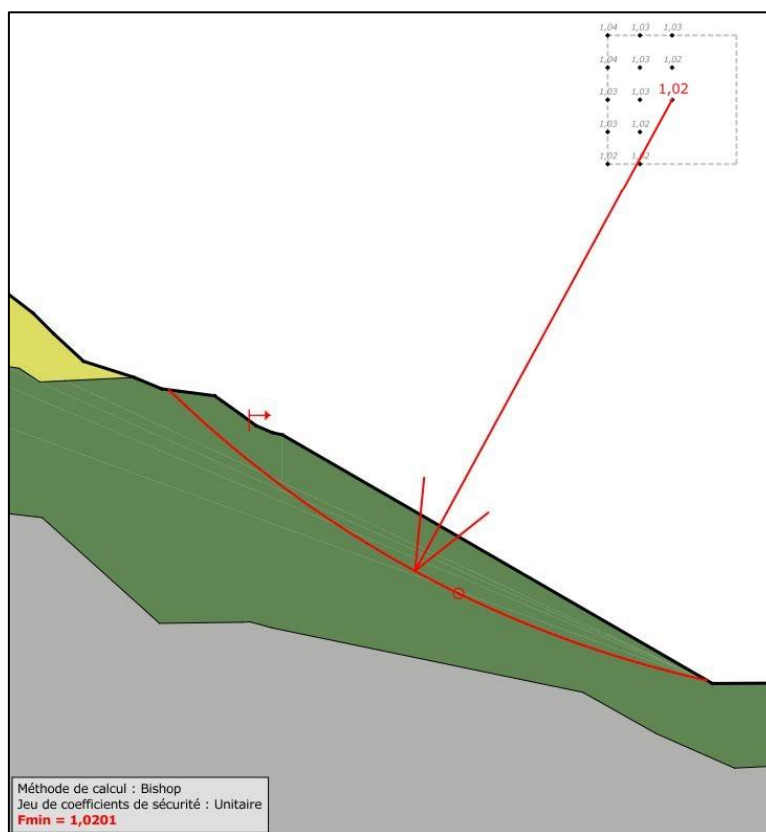


Figure N°79 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 11 (FS=1,02)

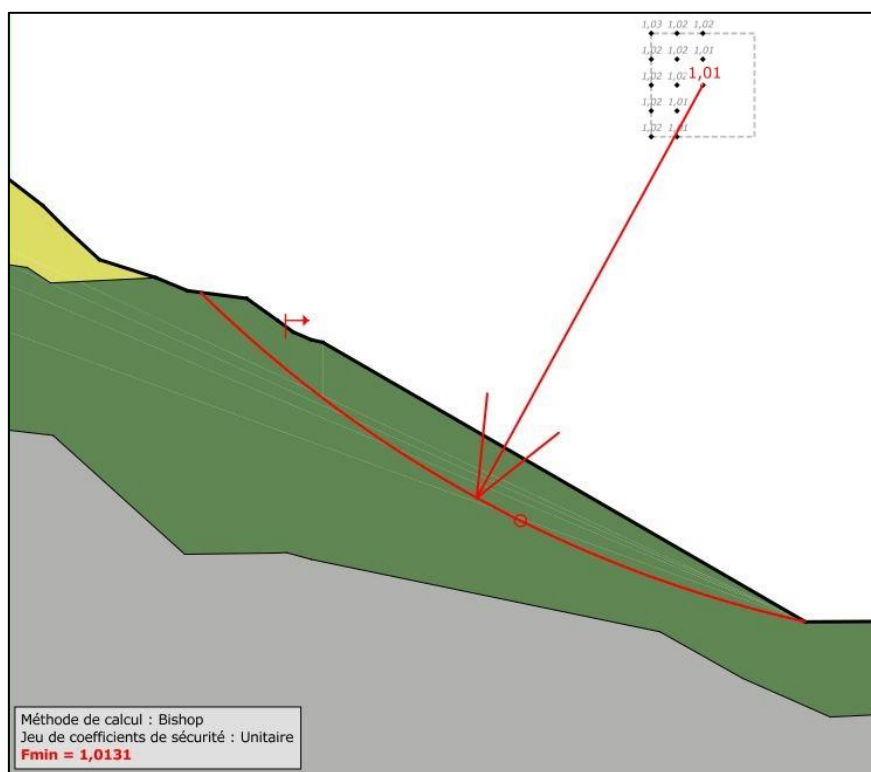


Figure N°80 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 11 (FS=1,01)

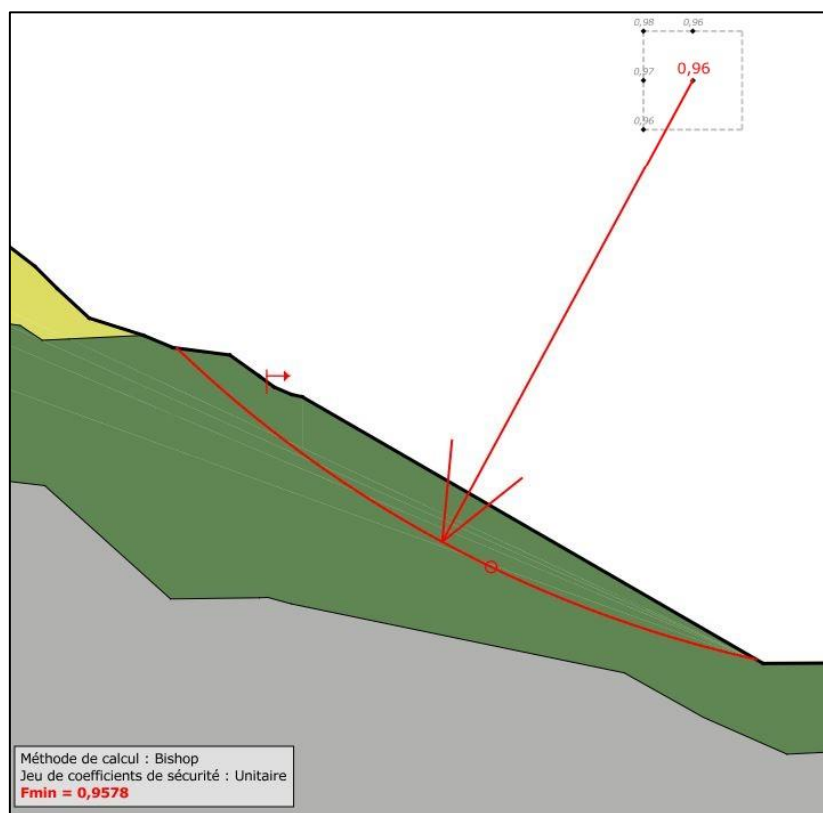


Figure N°81 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 11 (FS=0,96)

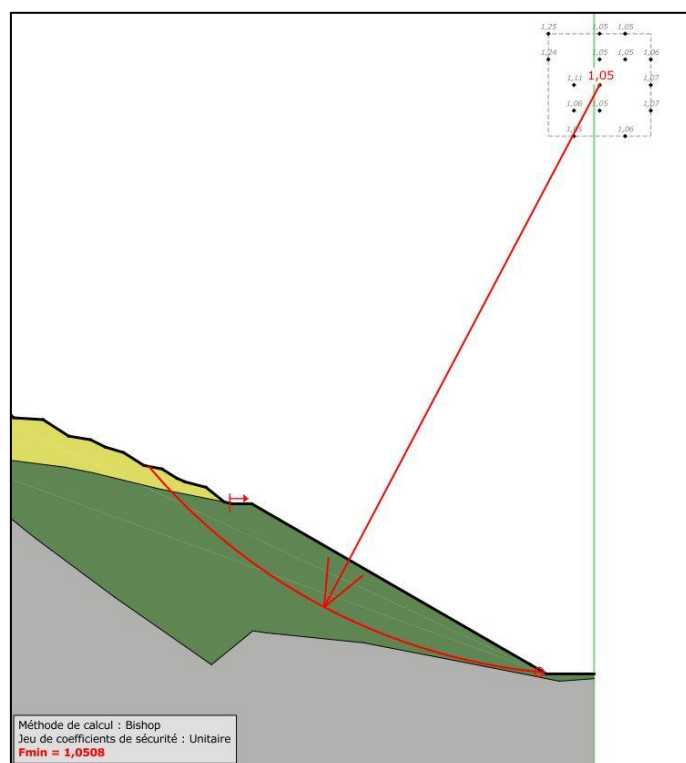


Figure N°84 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 12 (FS=1,05)

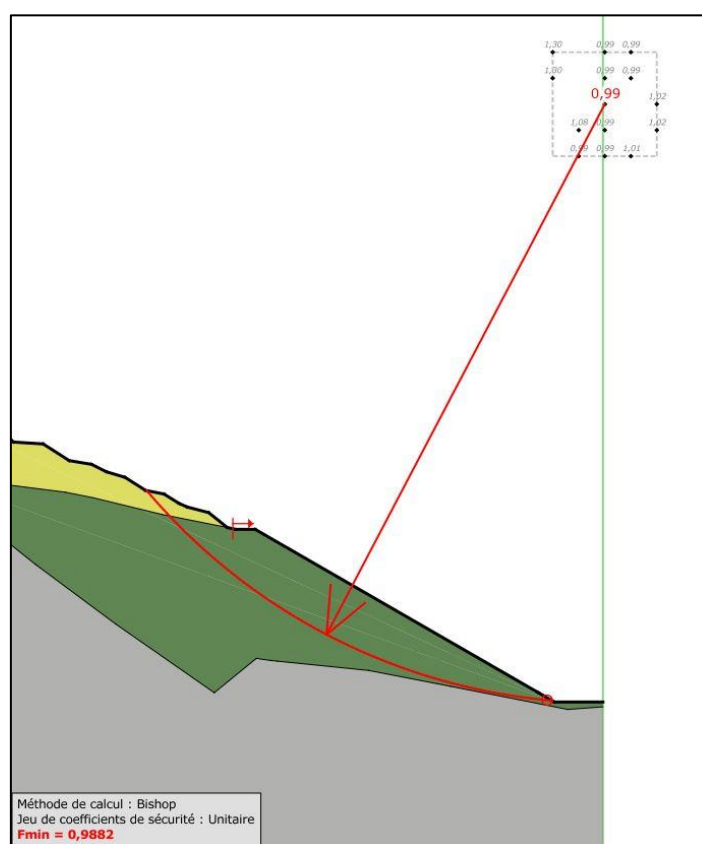


Figure N°85 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 12 (FS=0,99)

**ANNEXE 4 : ANALYSE DE LA STABILITE APRES
OPTIMISATION DE LA GEOMETRIE DES TALUS TERREUX
EN CONSIDERANT UNE PENTE INTEGRATRICE DE 25° -
FOSSE « CLAUDE »**

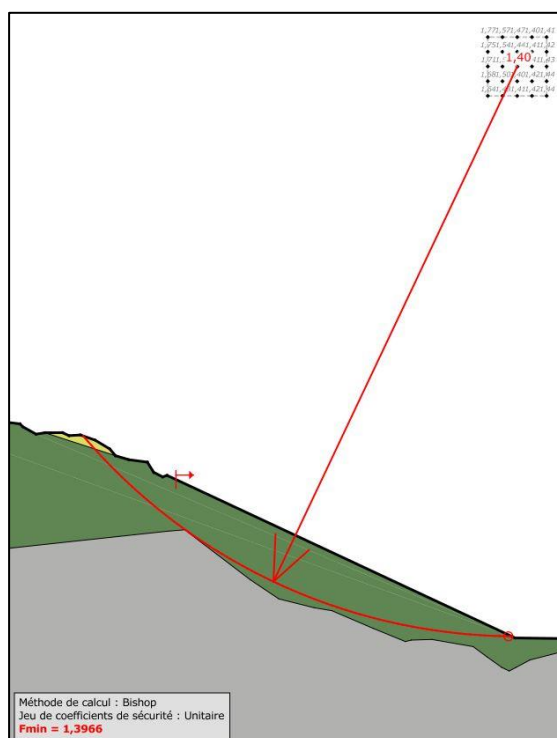


Figure N°86 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 9 (FS=1,4)

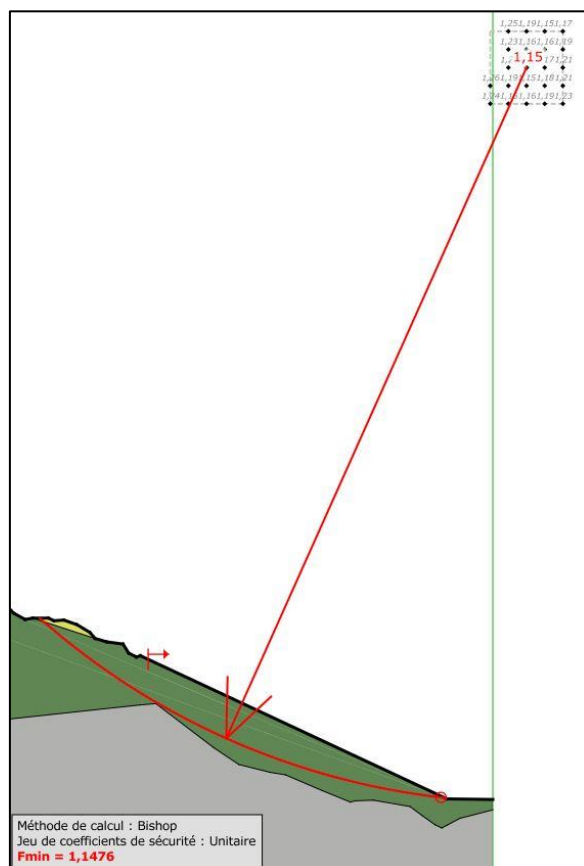


Figure N°87 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 9 (FS=1,15)



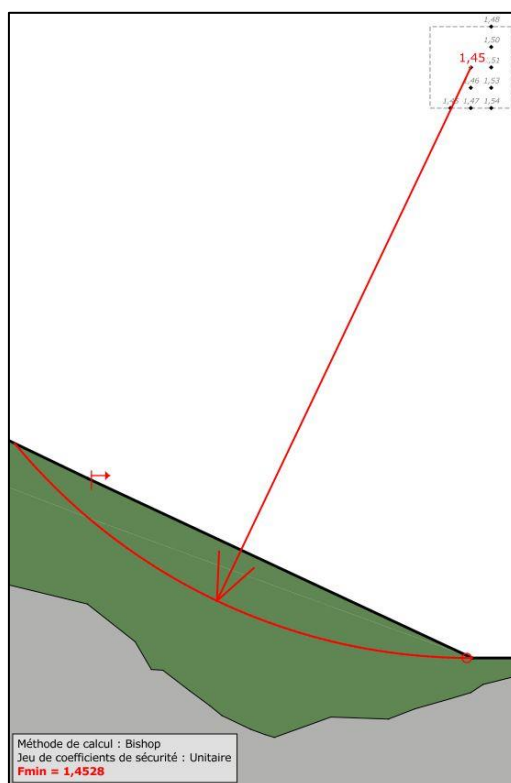


Figure N°90 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 10 (FS=1,45)

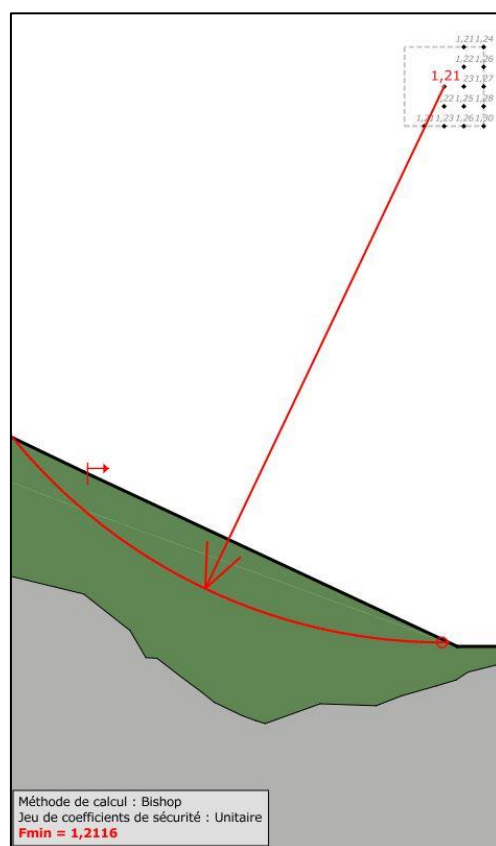


Figure N°91 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 10 (FS=1,21)

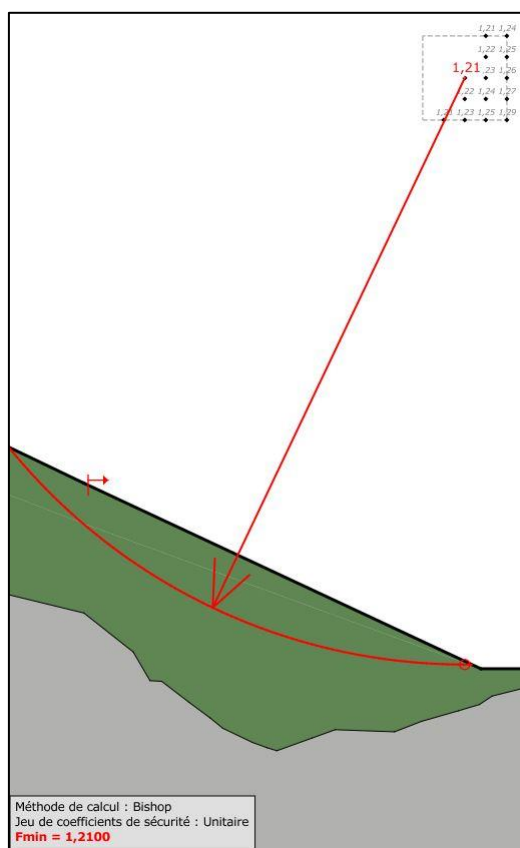


Figure N°92 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 10 (FS=1,21)

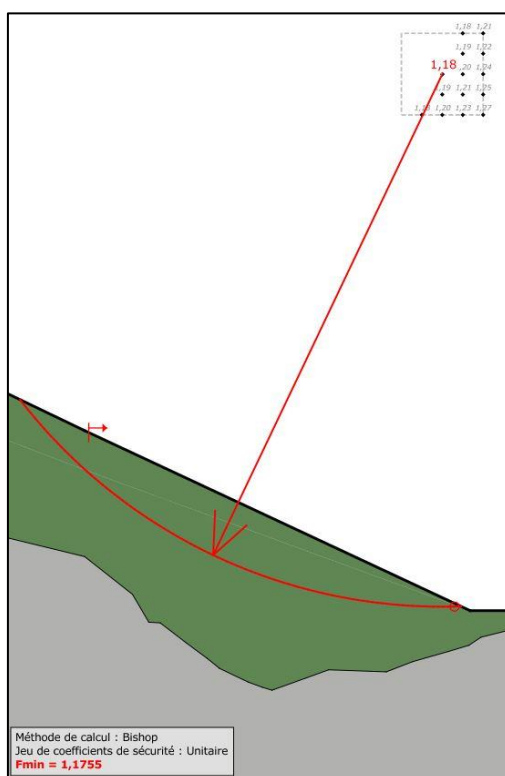


Figure N°93 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 10 (FS=1,18)

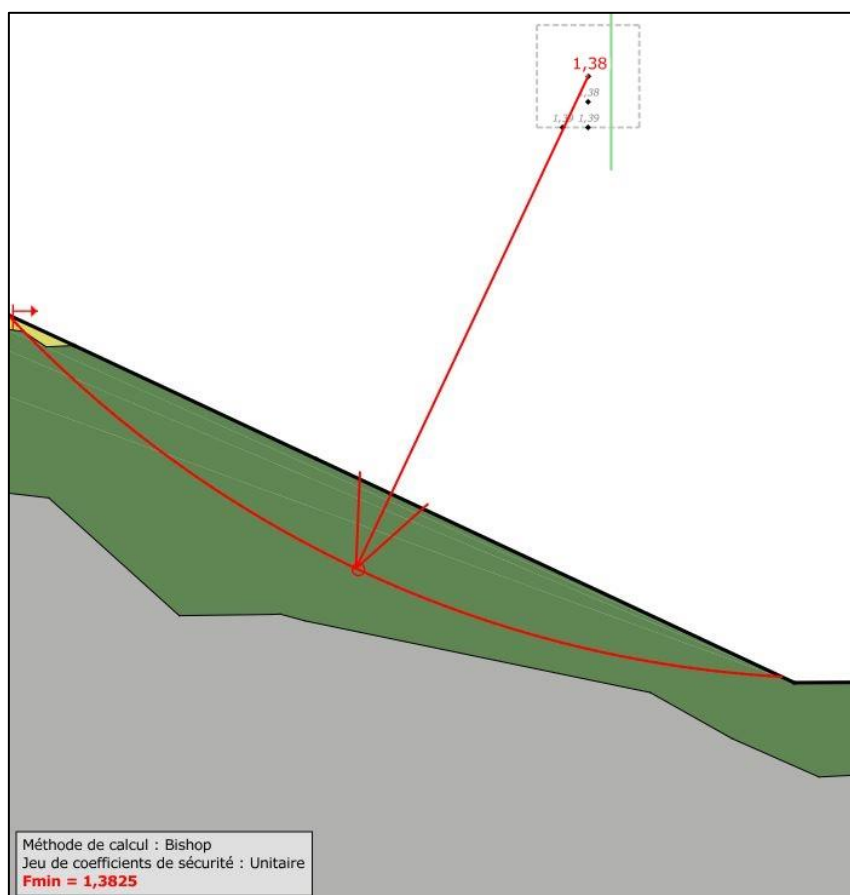


Figure N°94 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 11 (FS=1,38)

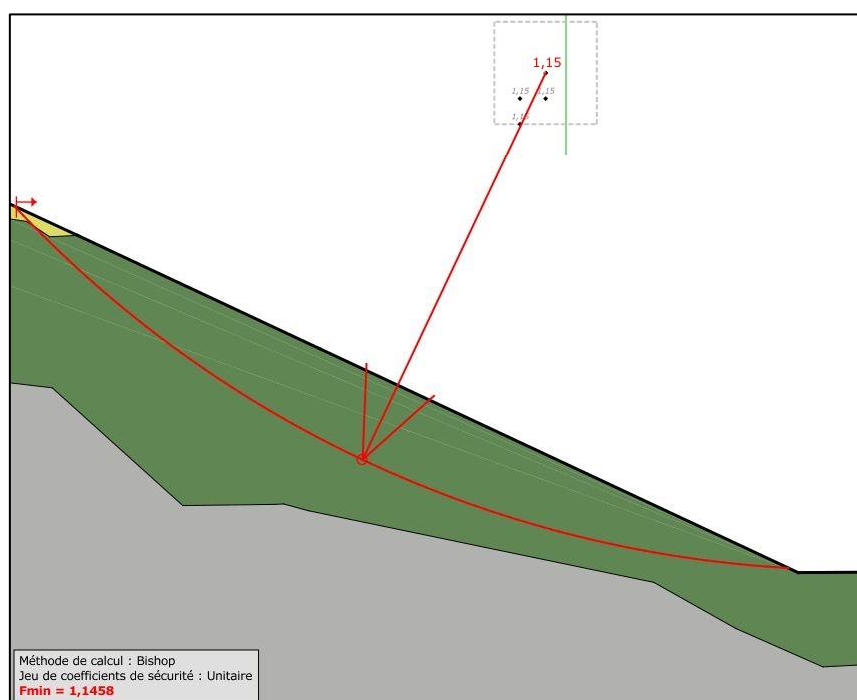


Figure N°95 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 11 (FS=1,15)

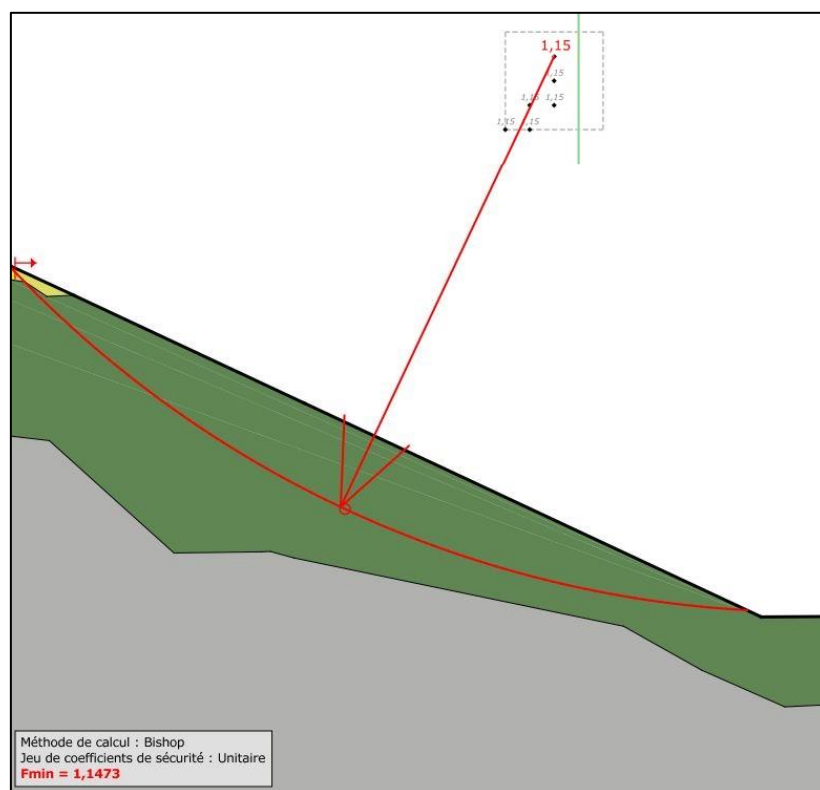


Figure N°96 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 11 (FS=1,15)

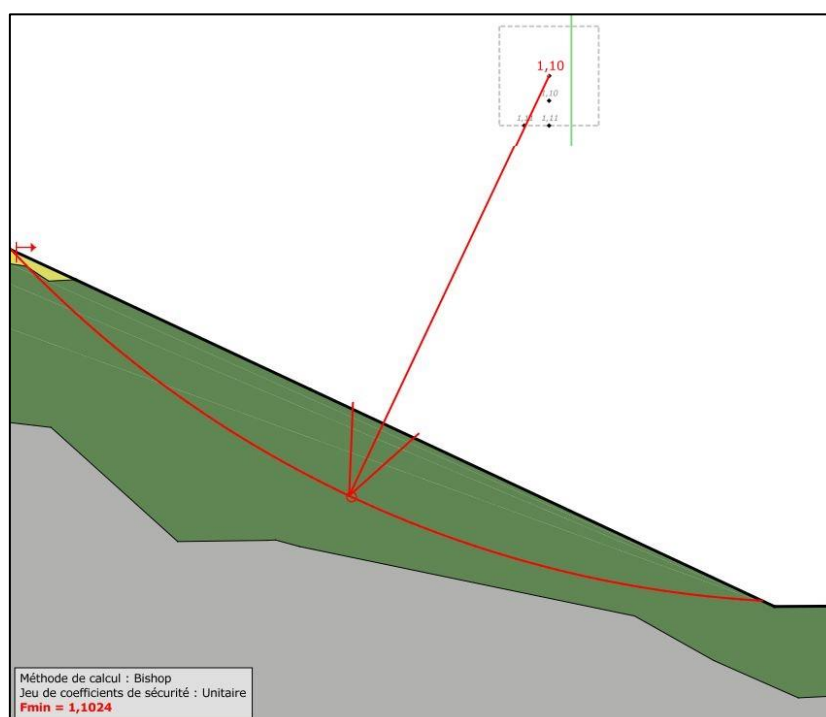


Figure N°97 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 11 (FS=1,1)

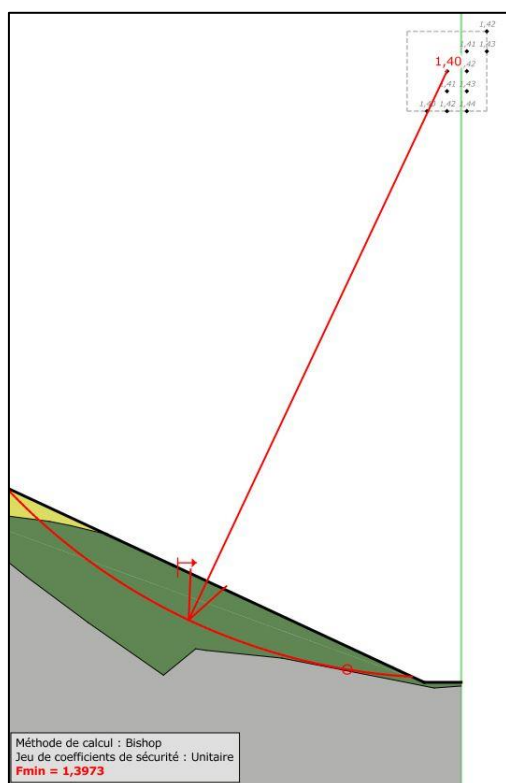
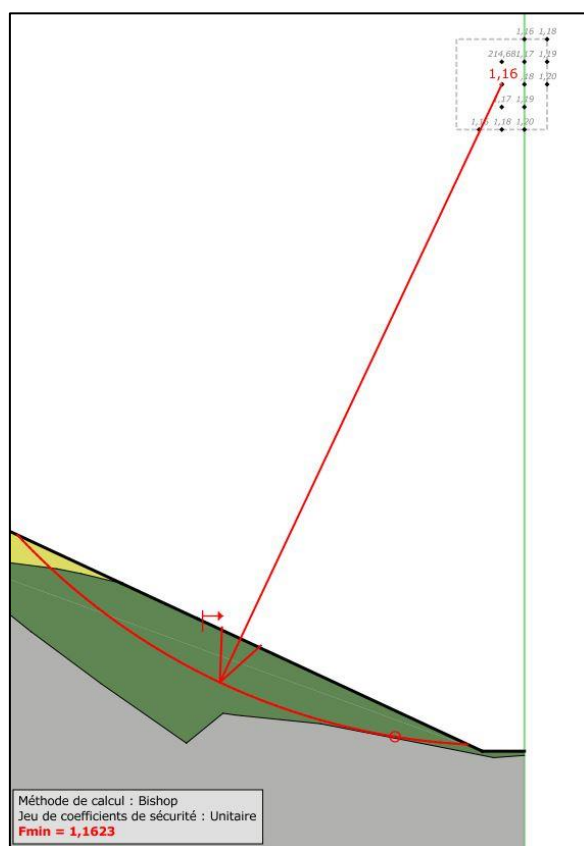


Figure N°98 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en conditions normales - Coupe 12 (FS=1,4)



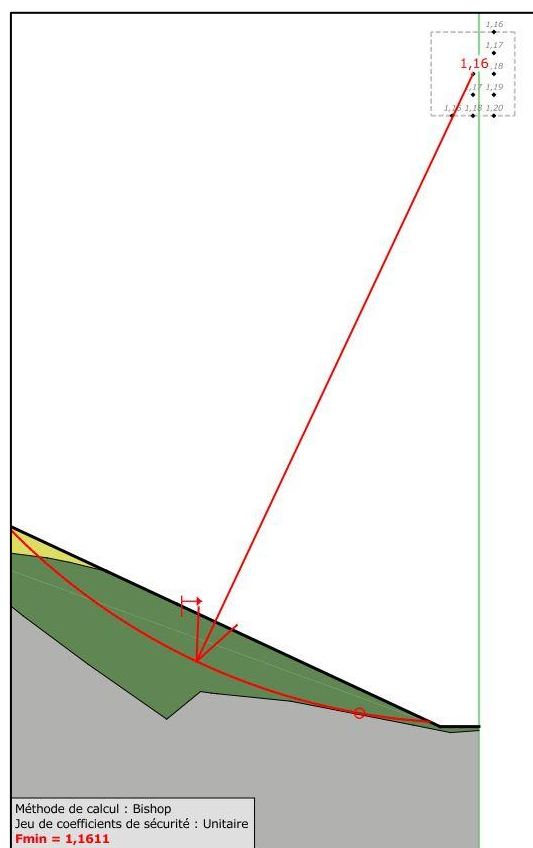


Figure N°100 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 12 (FS=1,16)

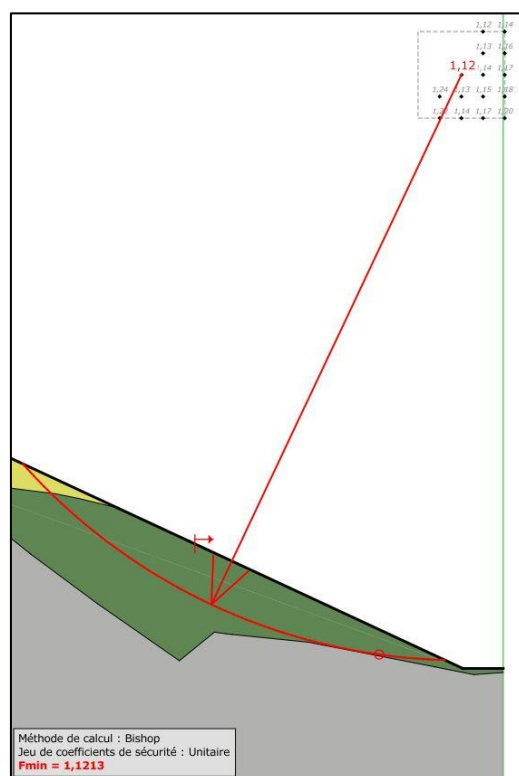


Figure N°101 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 12 (FS=1,12)

**ANNEXE 5 : COUPES GEOTECHNIQUES - FOSSE «
PHILOFELE »**

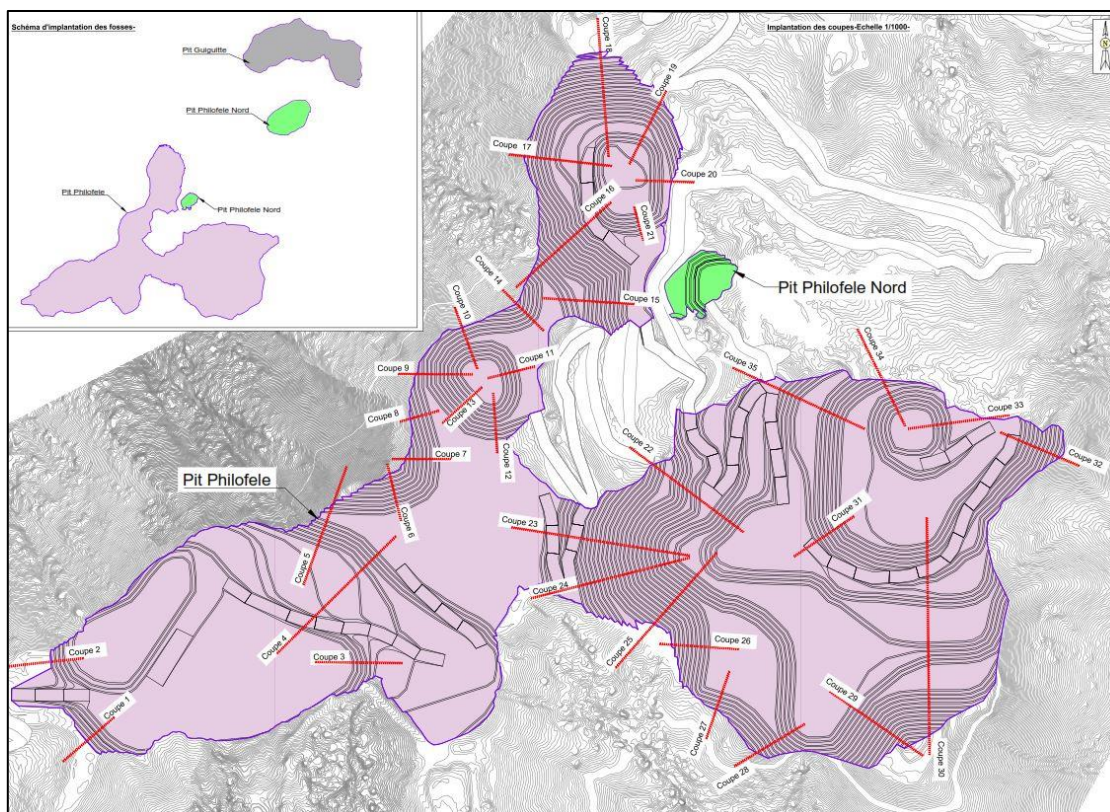


Figure N°102 : Implantation des coupes géotechniques de la fosse « Philofele »

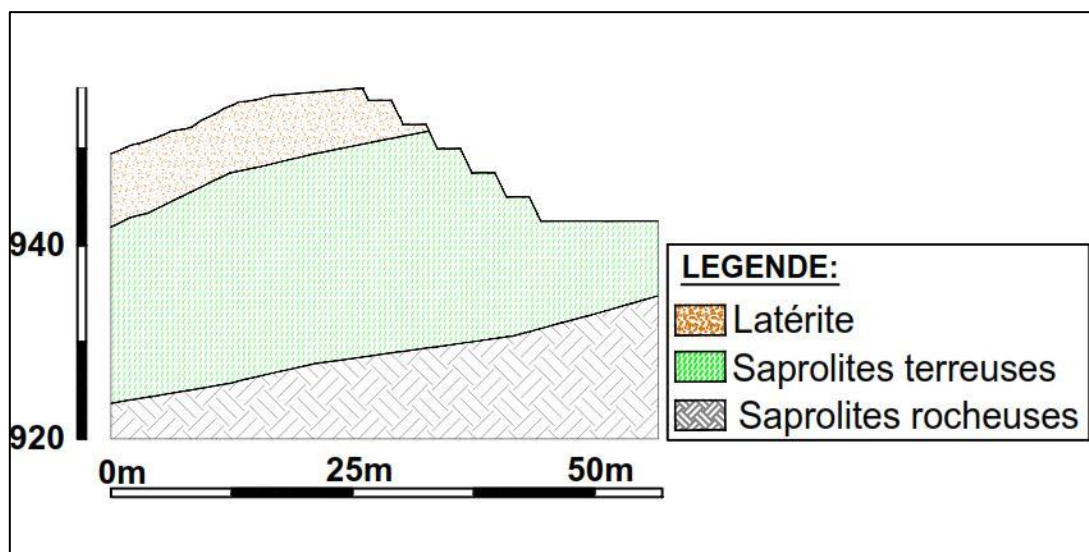


Figure N°103 : Coupe N°1

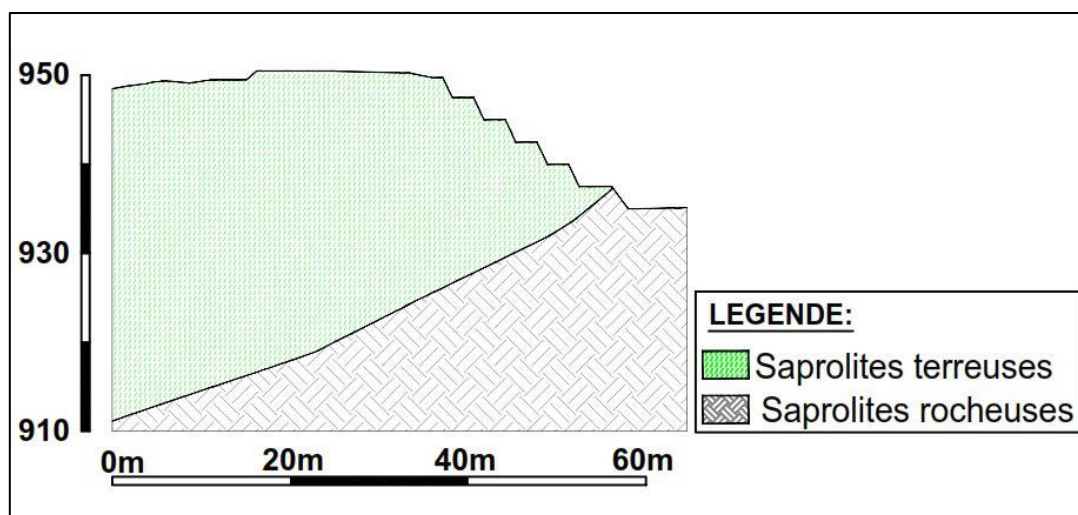


Figure N°104 : Coupe N°2

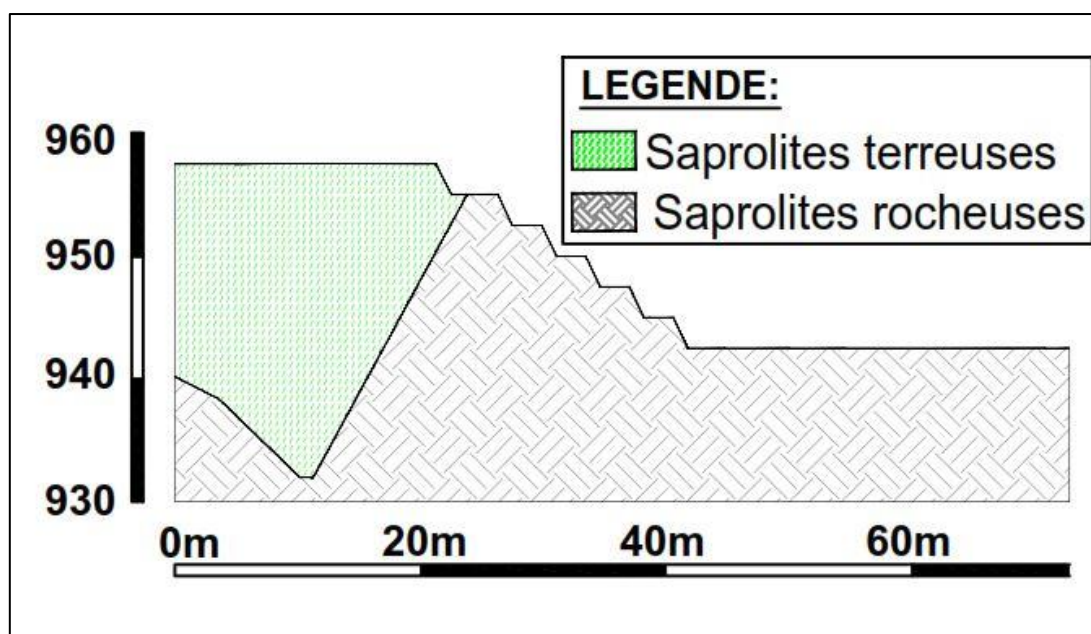


Figure N°105 : Coupe N°3

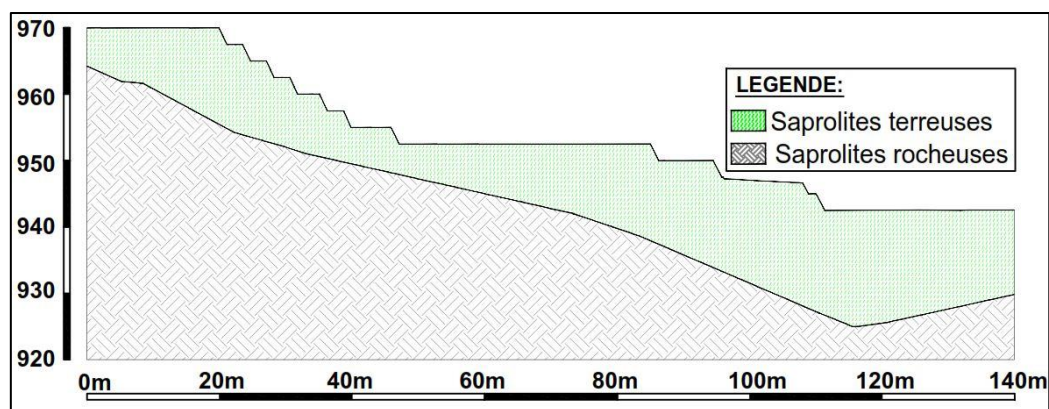


Figure N°106 : Coupe N°4

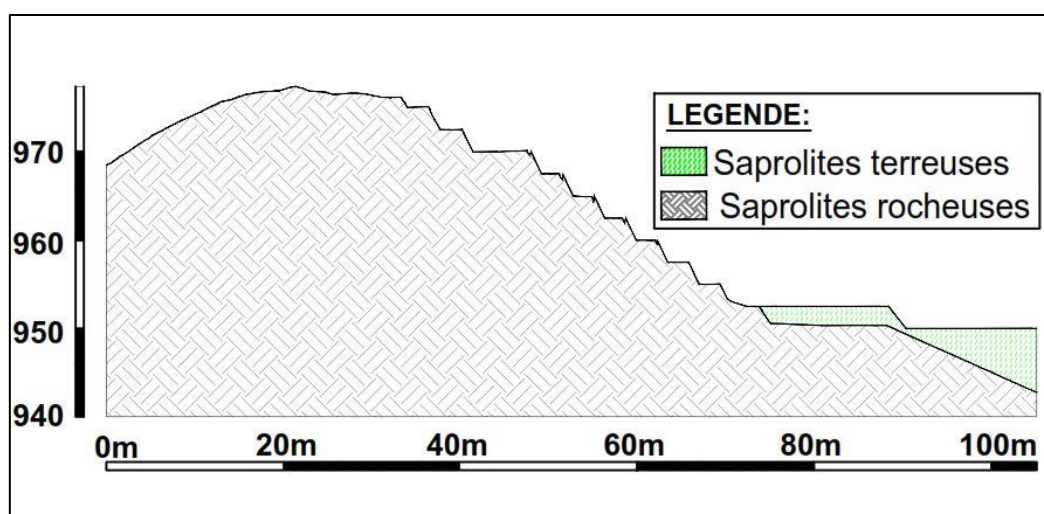


Figure N°107 : Coupe N°5

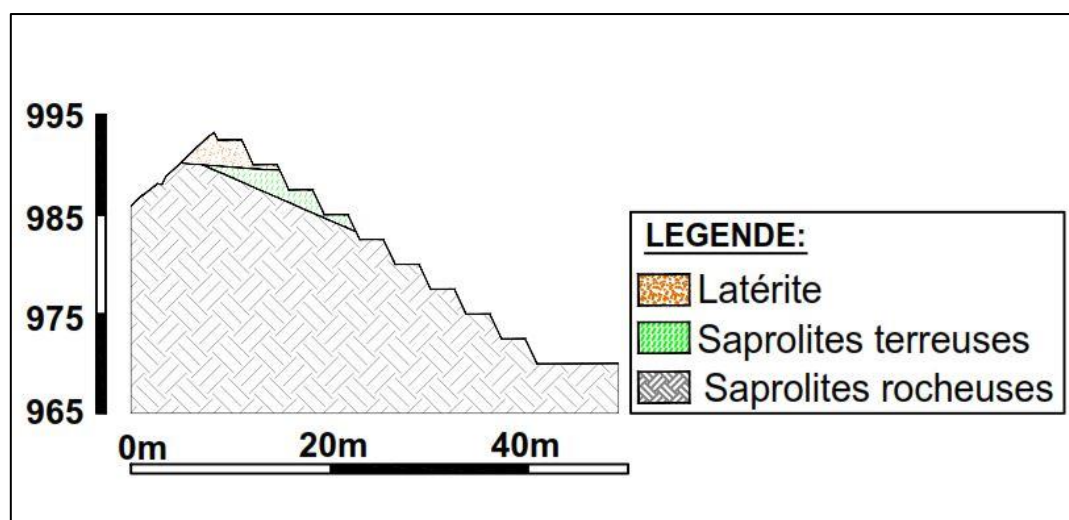


Figure N°108 : Coupe N°6

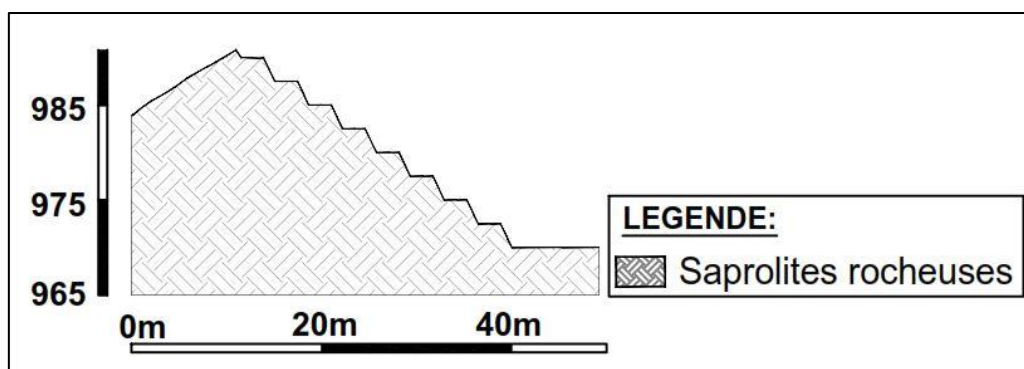


Figure N°109 : Coupe N°7

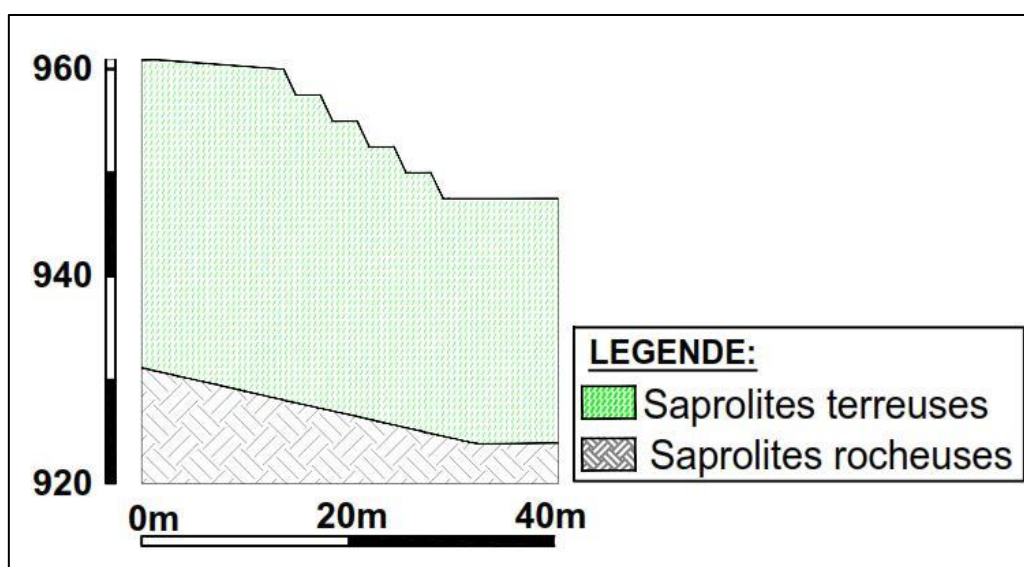


Figure N°110 : Coupe N°11

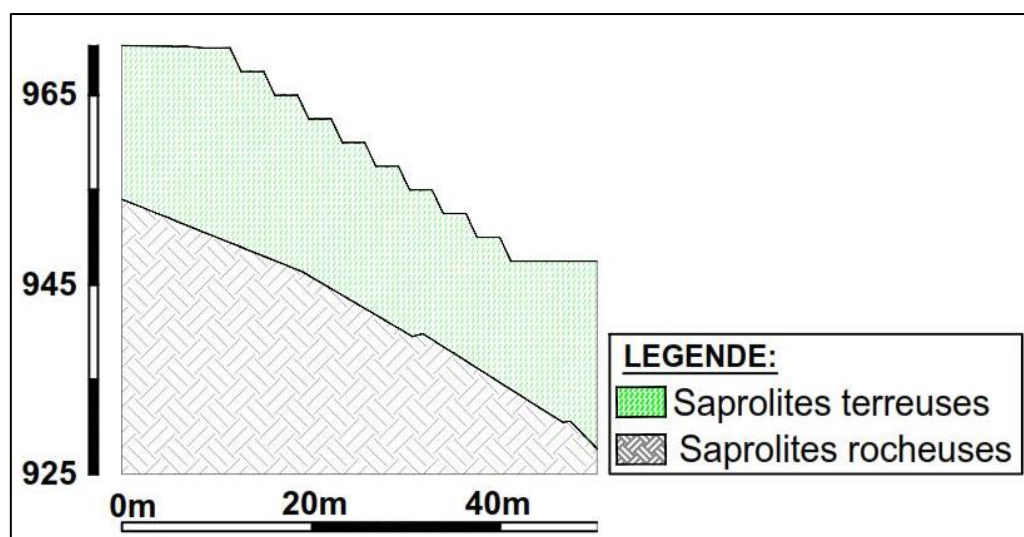
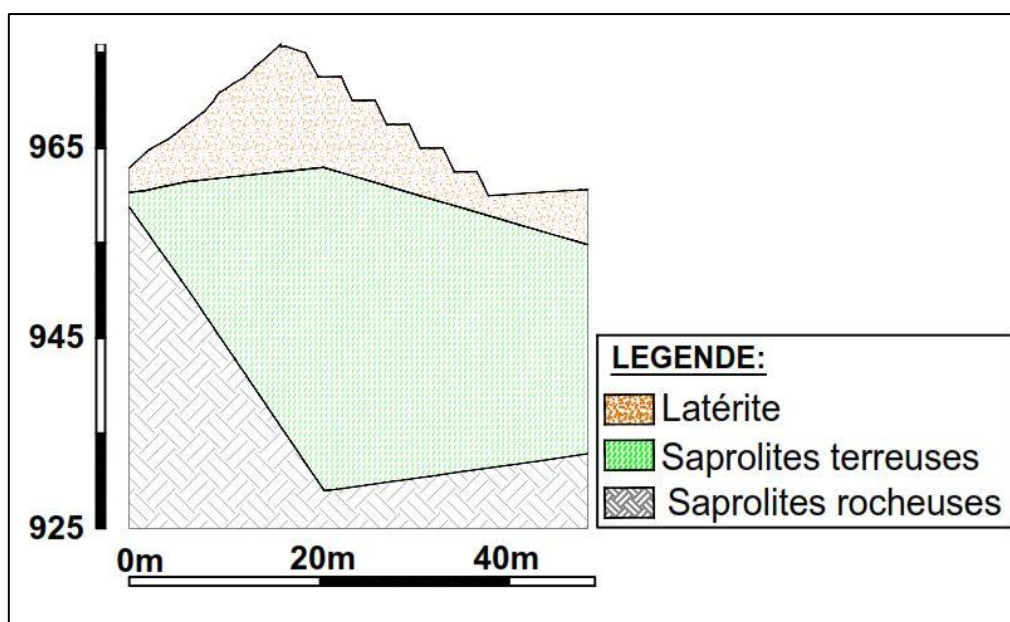
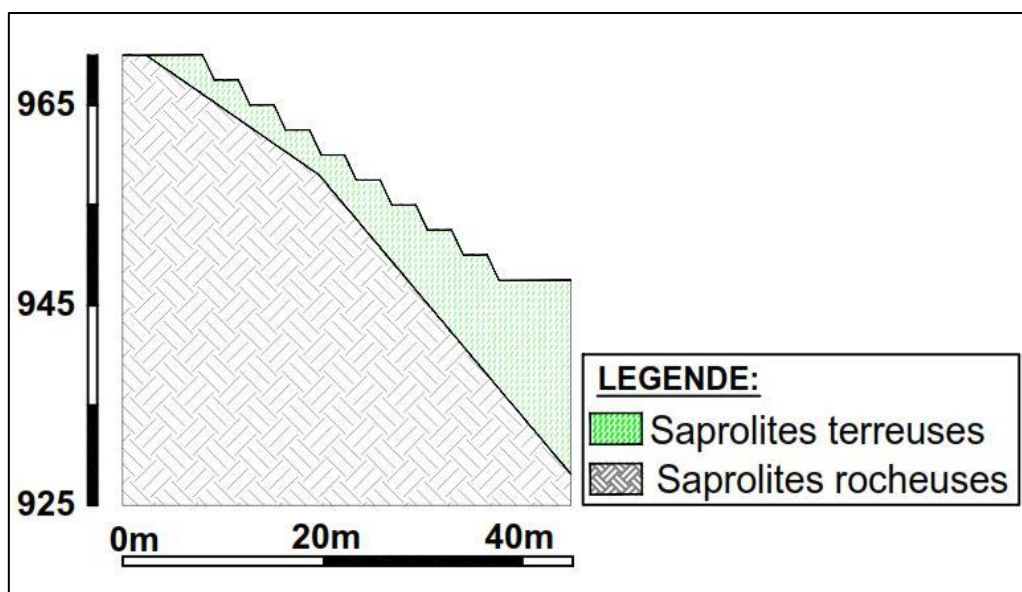


Figure N°111 : Coupe N°12



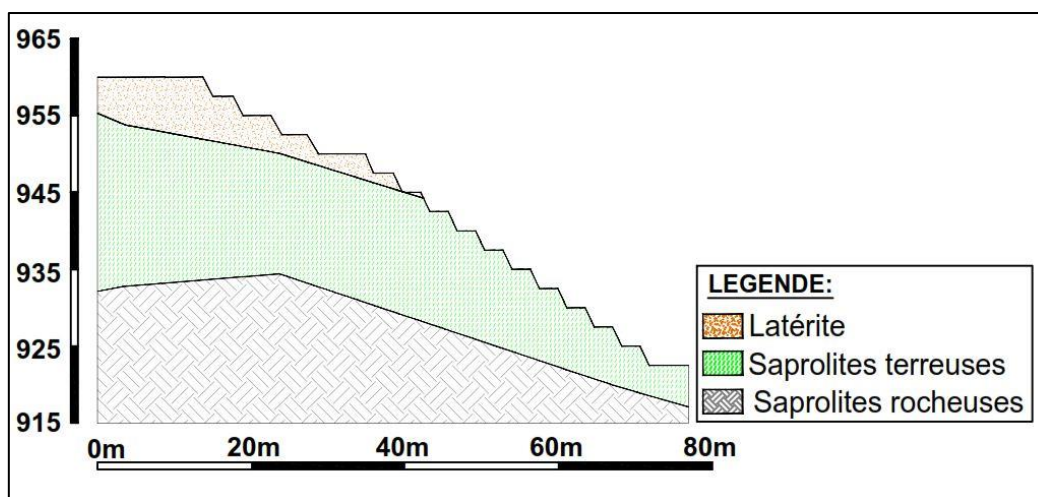


Figure N°114 : Coupe N°15

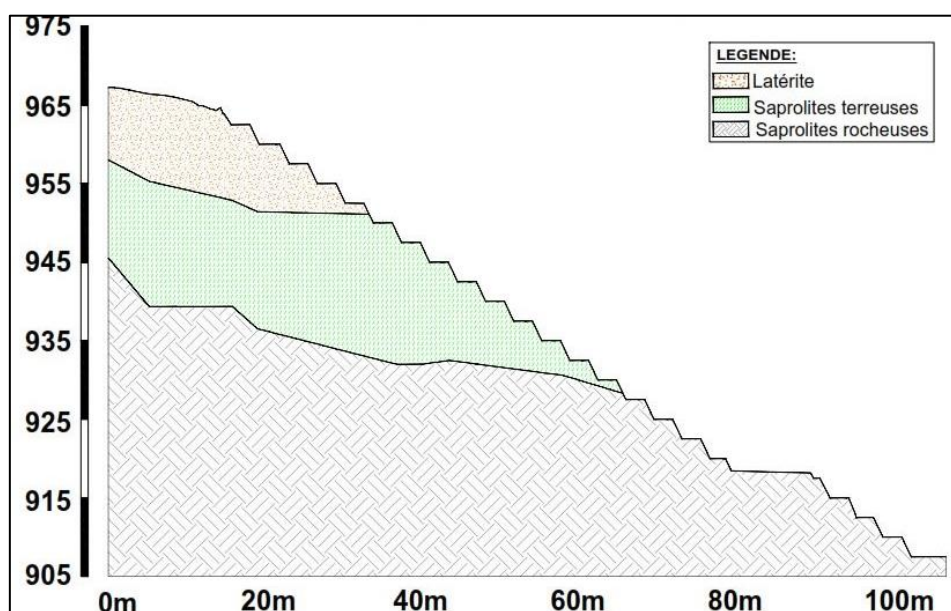
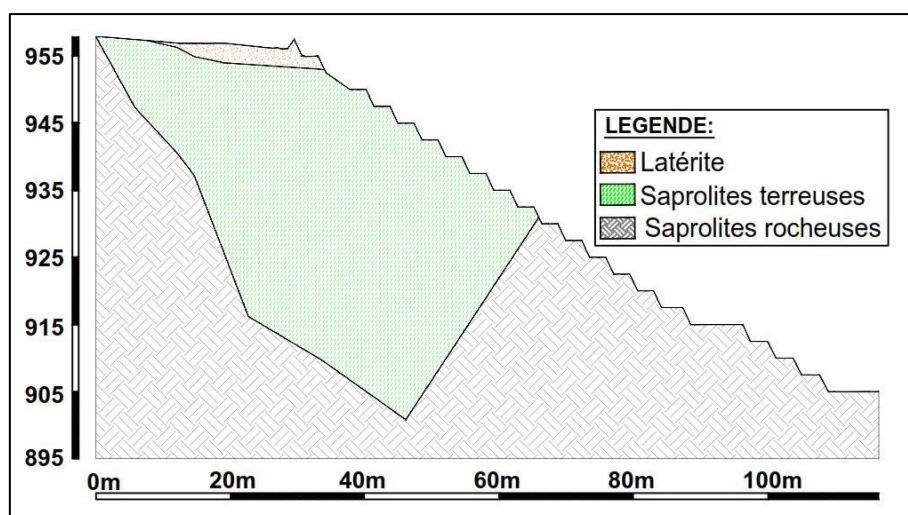
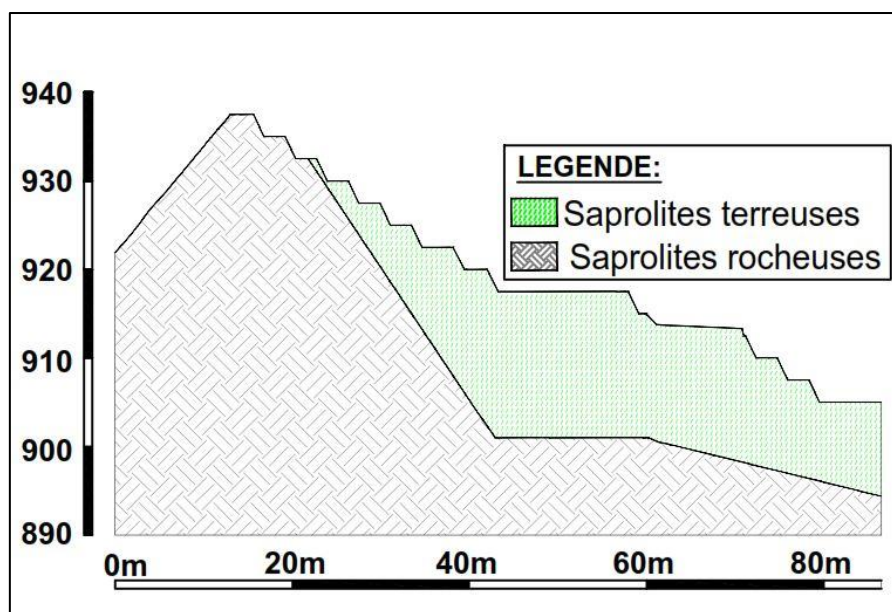


Figure N°115 : Coupe N°16



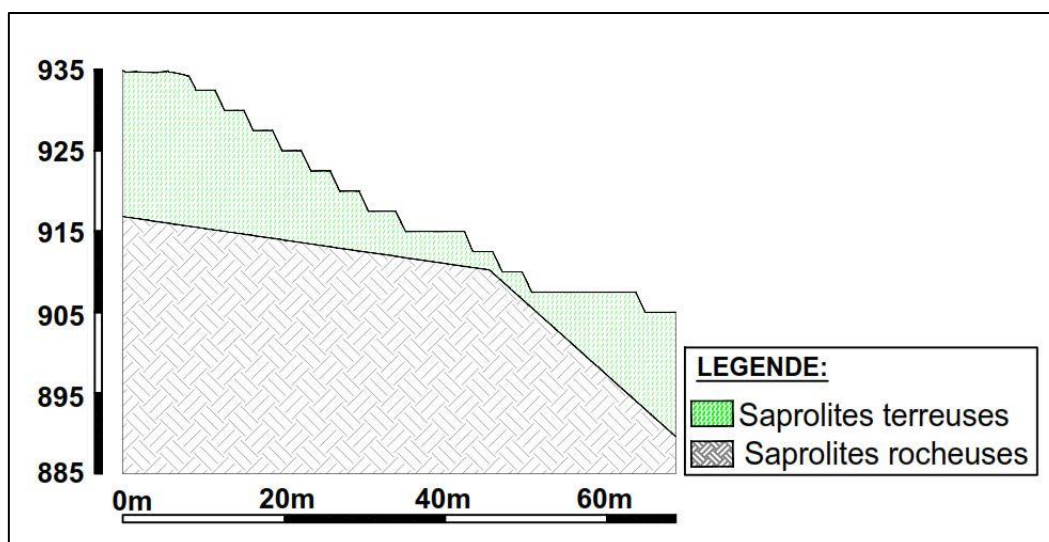


Figure N°118 : Coupe N°19

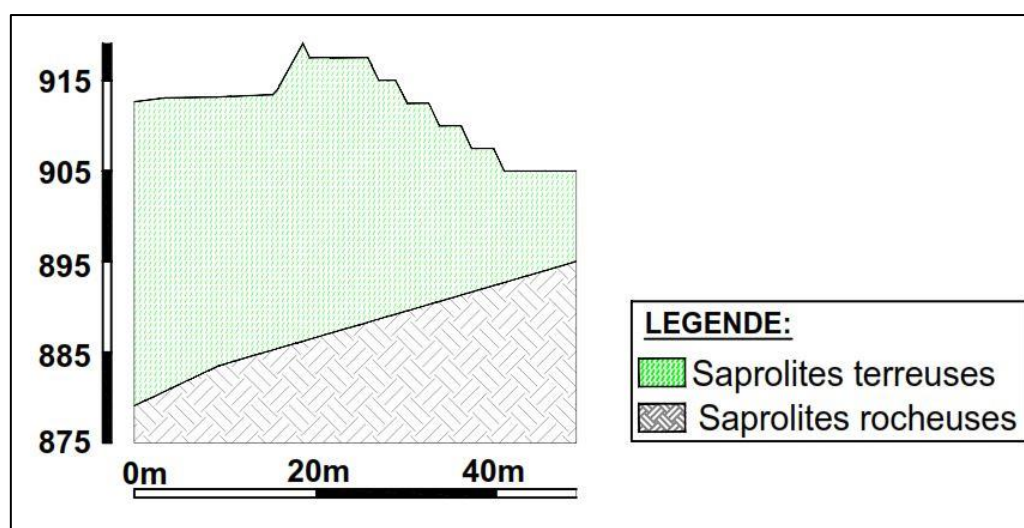


Figure N°119 : Coupe N°20

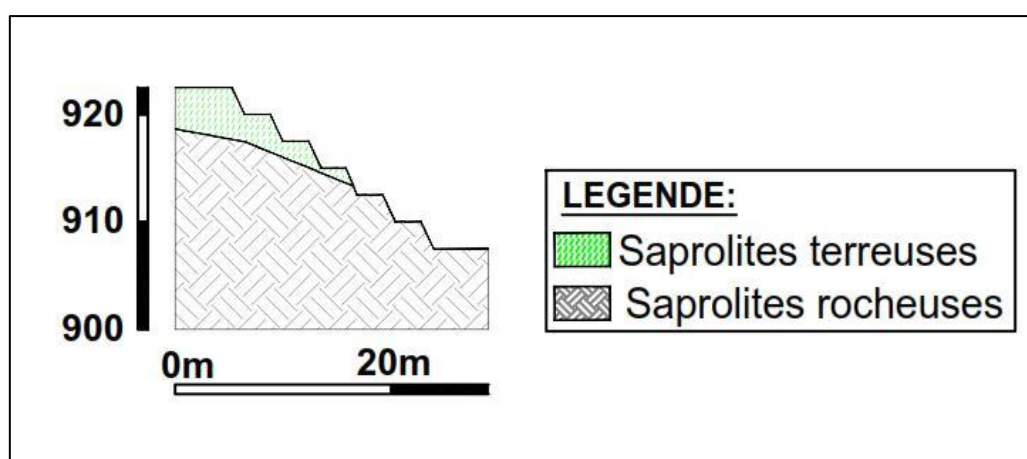


Figure N°120 : Coupe N°21

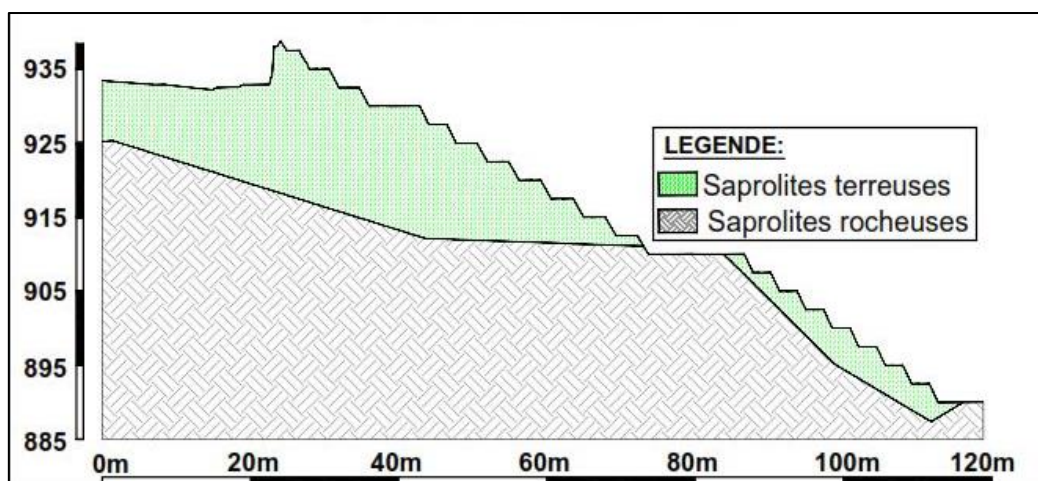


Figure N°121 : Coupe N°22

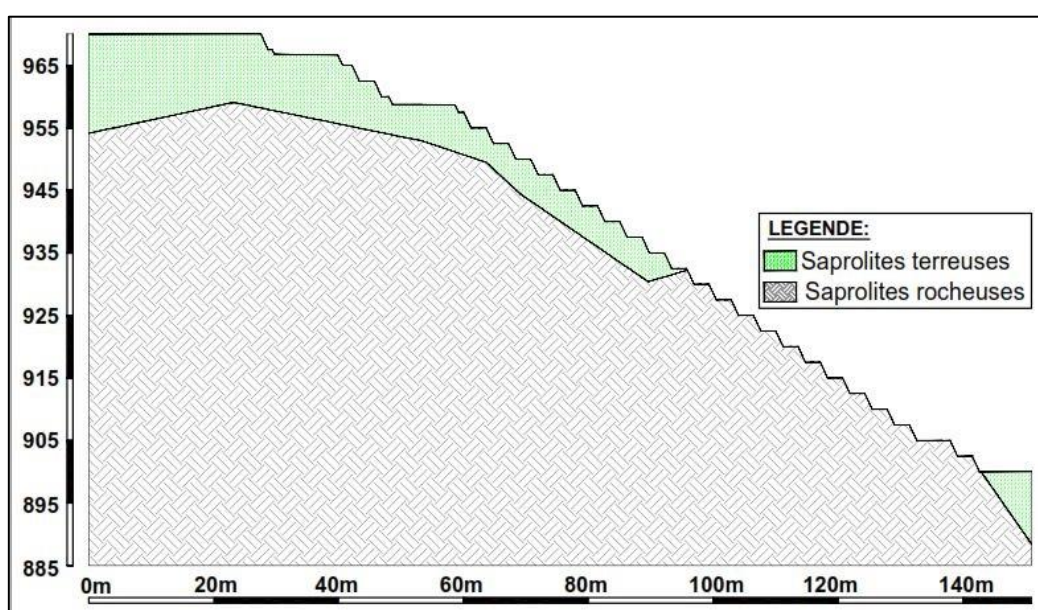
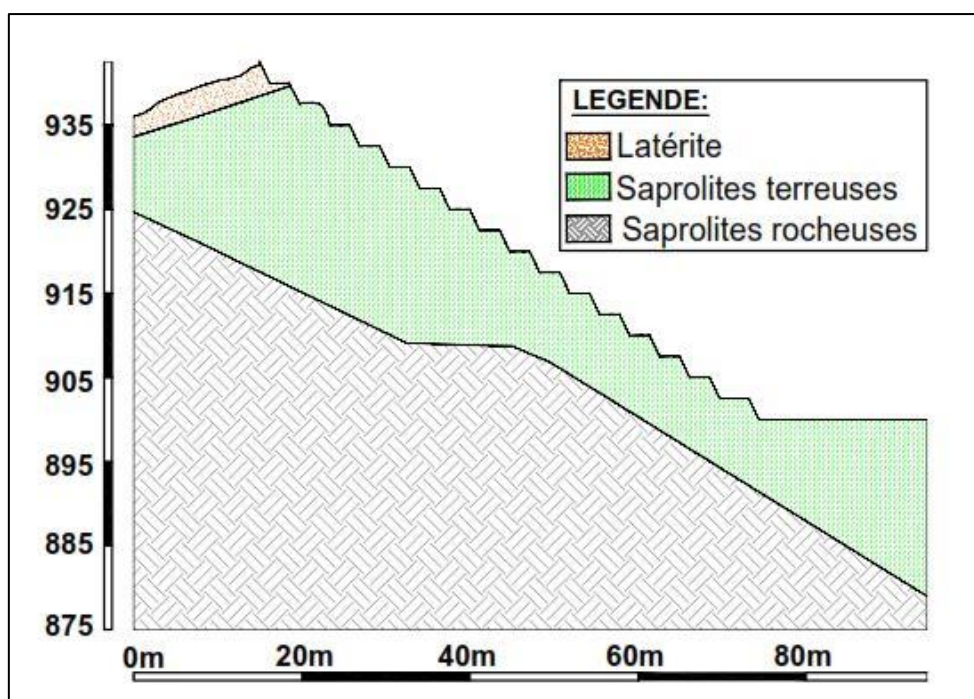
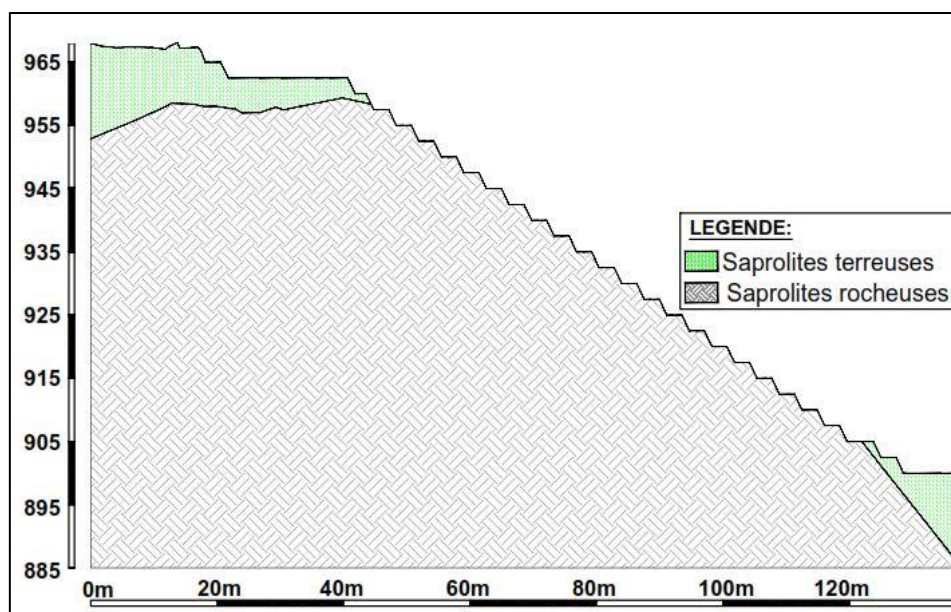


Figure N°122 : Coupe N°23



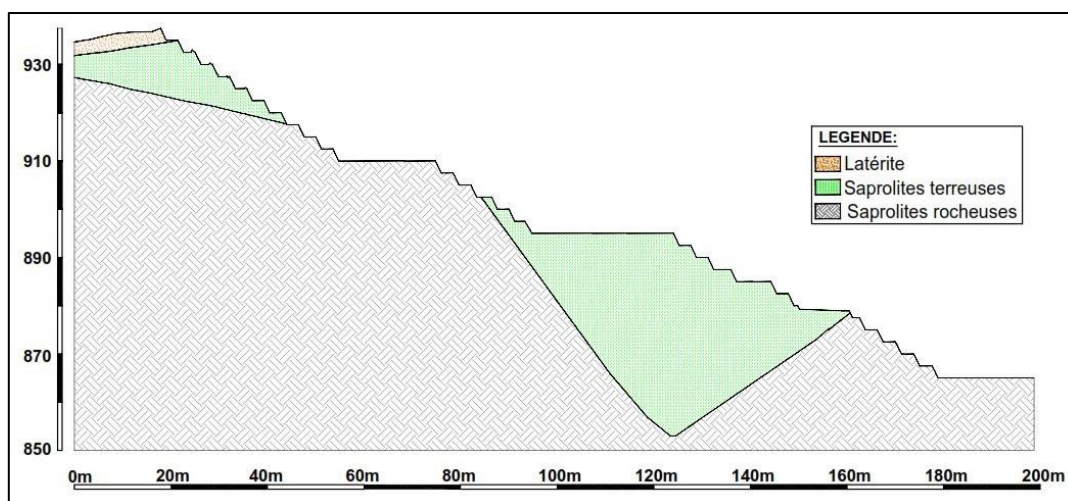


Figure N°125 : Coupe N°30

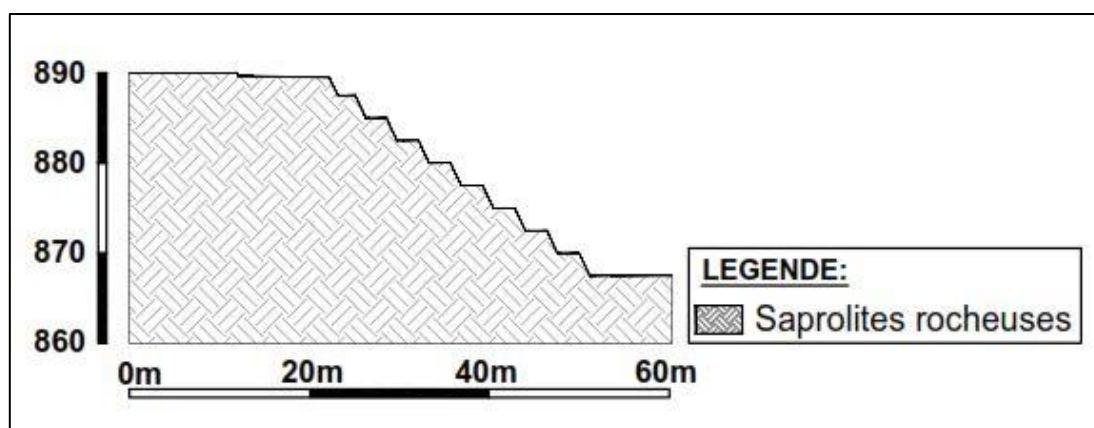


Figure N°126 : Coupe N°31

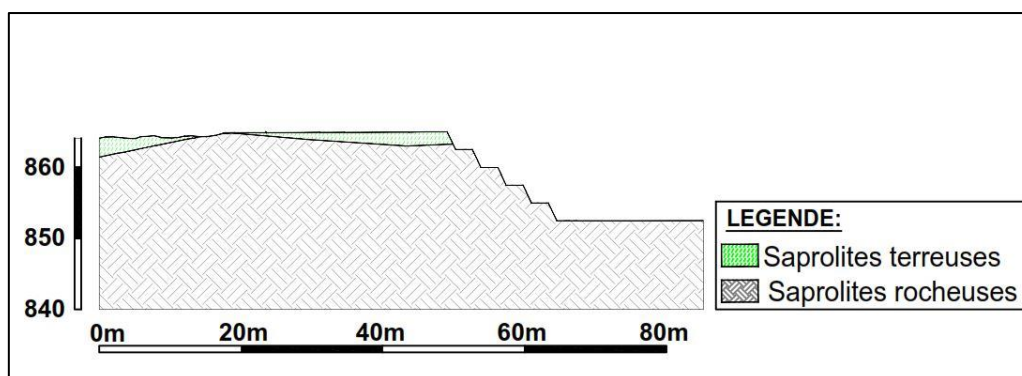
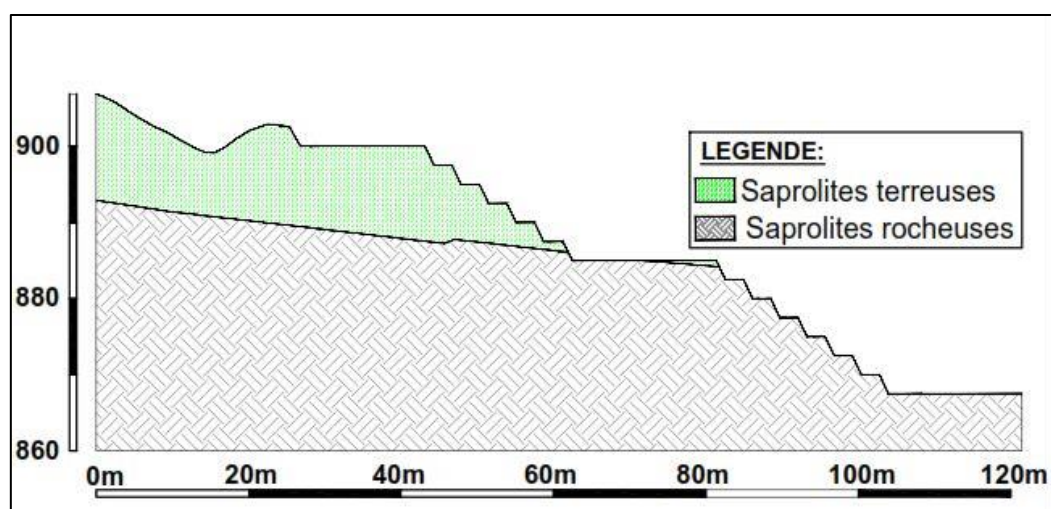
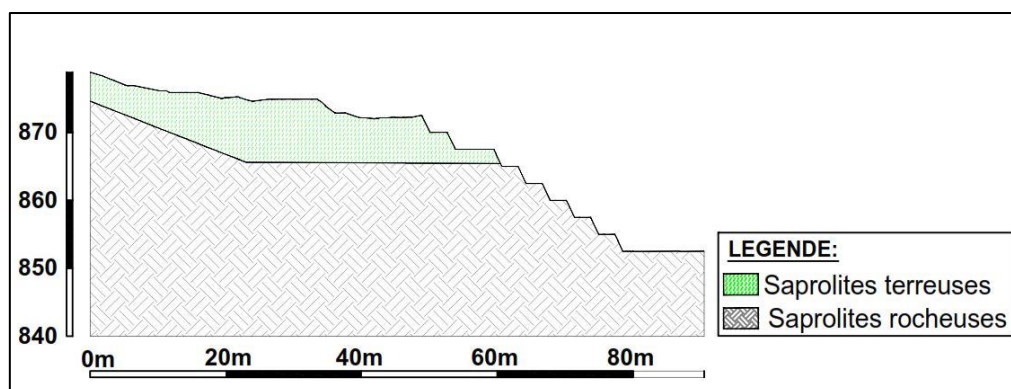


Figure N°127 : Coupe N°33



ANNEXE 6 : ANALYSE DE STABILITE DES TALUS TERREUX - FOSSE « PHILOFELE »

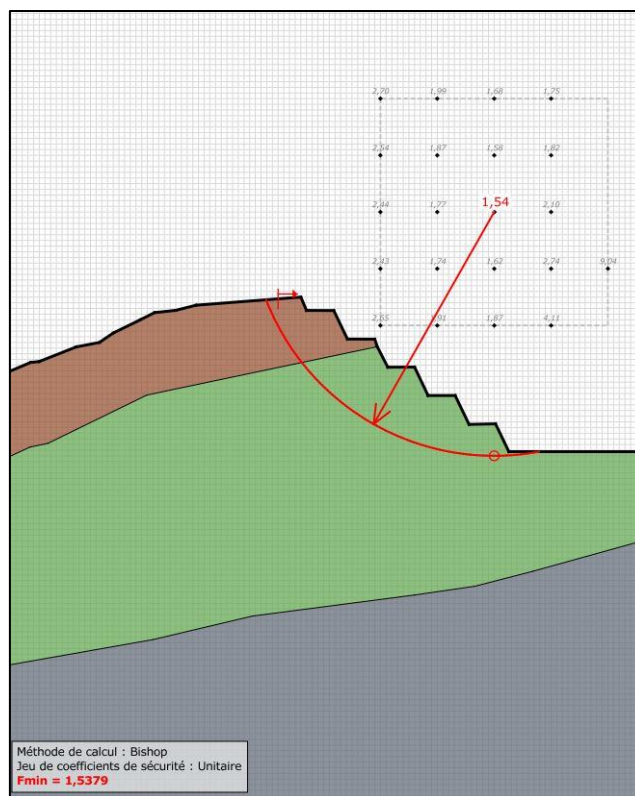


Figure N°130 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 1 (FS=1,54)

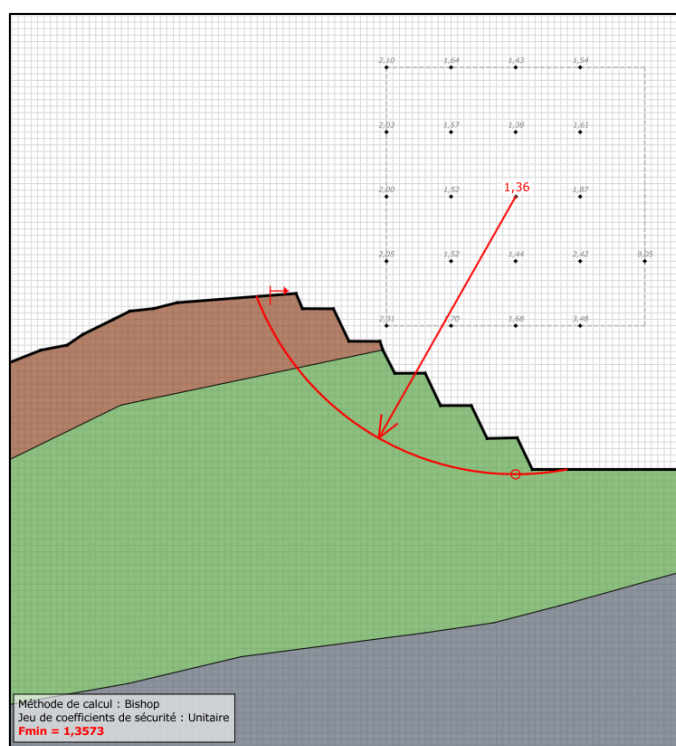


Figure N°131 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 1 (FS=1,36)

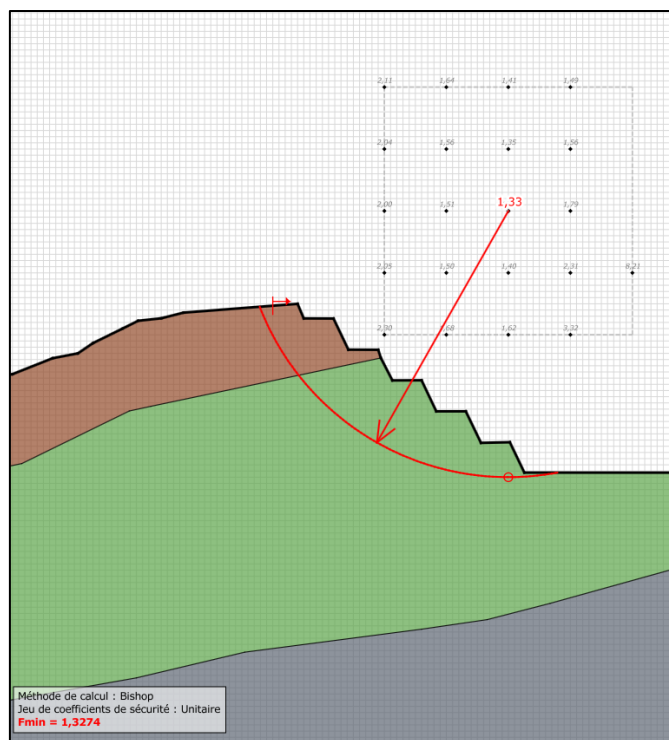


Figure N°132 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 1 (FS=1,33)

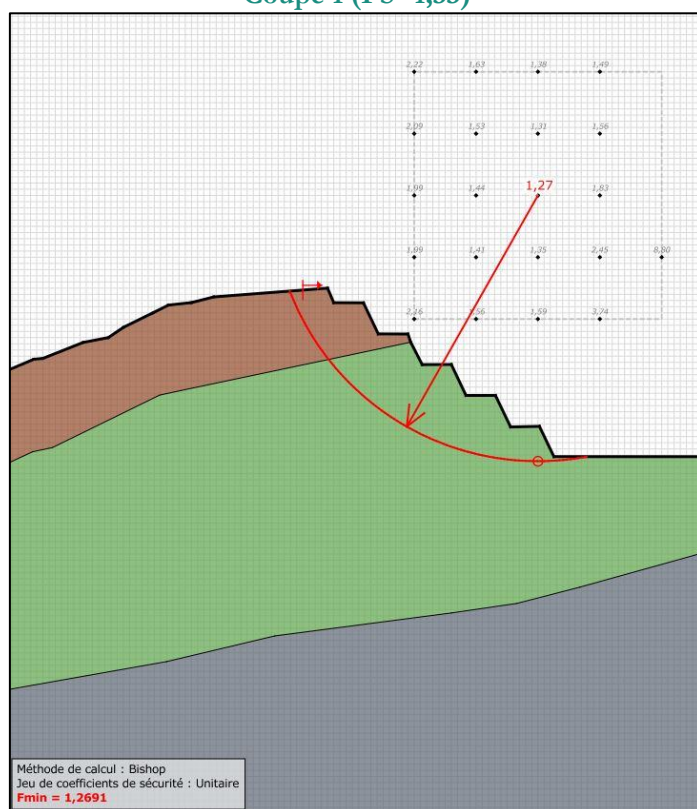


Figure N°133 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 1 (FS=1,27)

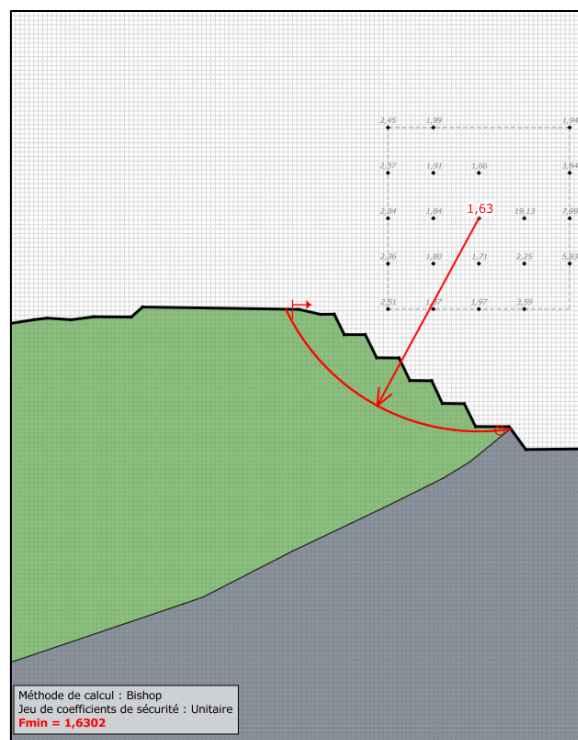


Figure N°134 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 2 (FS=1,63)

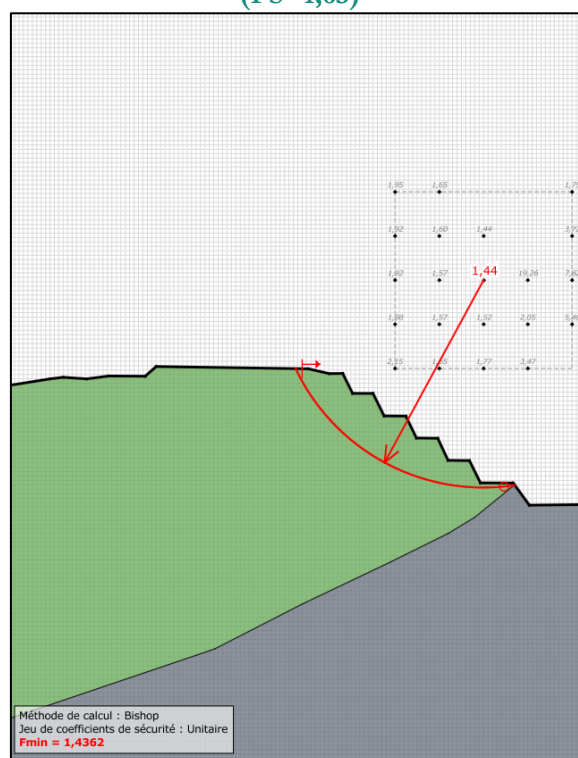


Figure N°135 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 2 (FS=1,44)

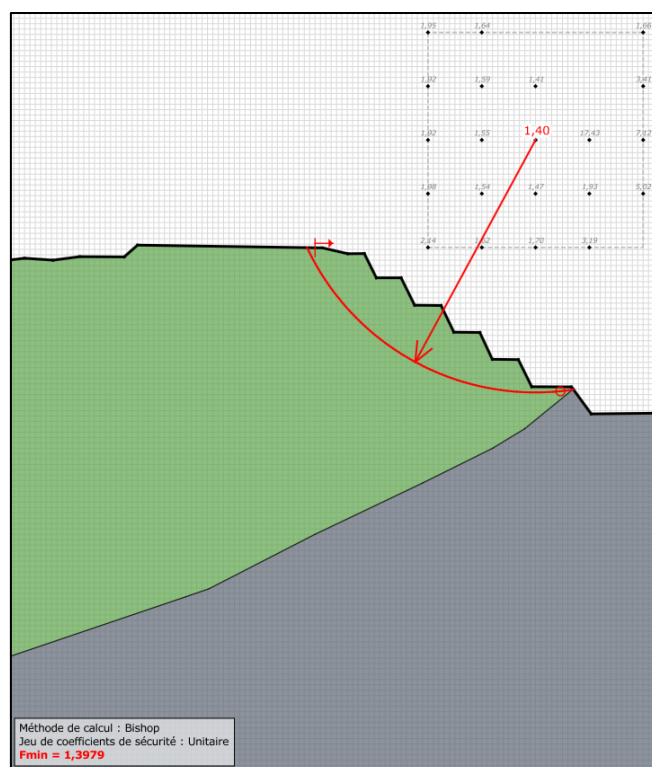


Figure N°136 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g – Coupe 2 (FS=1,4)

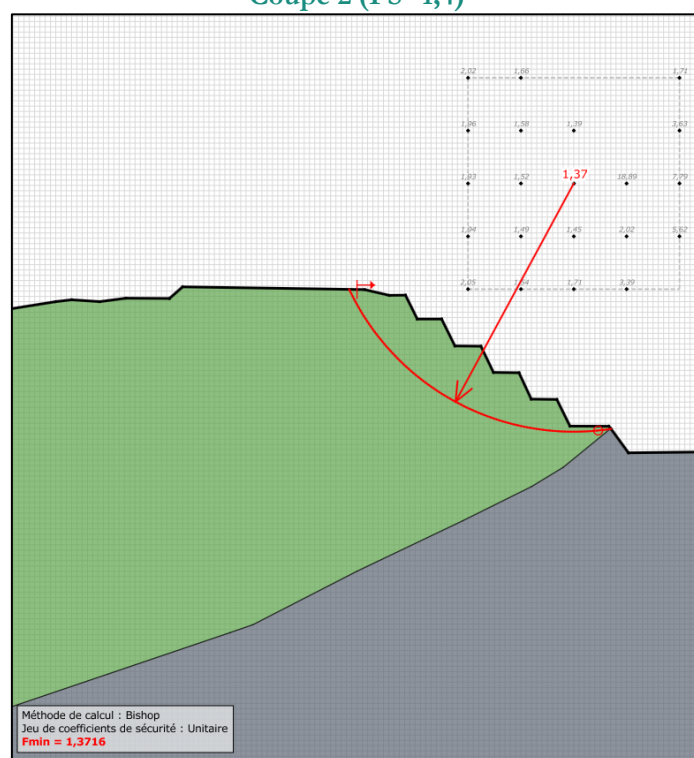


Figure N°137 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 2 (FS=1.37)

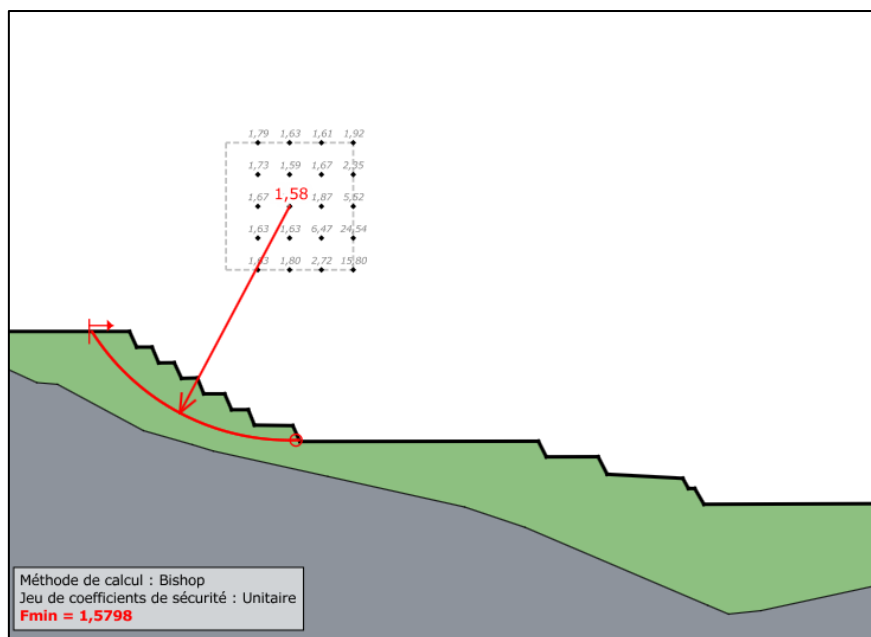


Figure N°138 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 4 (FS=1,58)

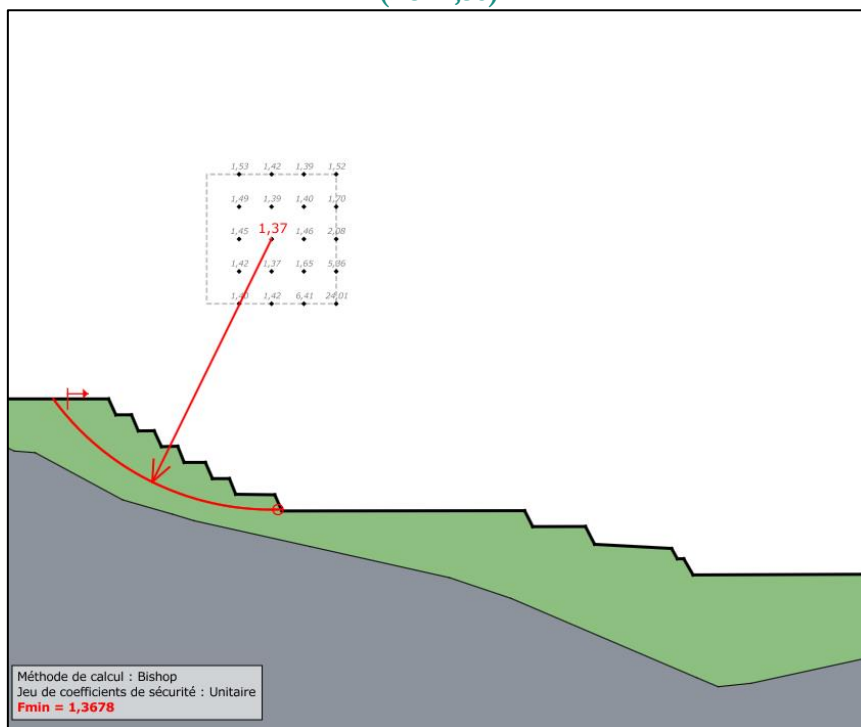


Figure N°139 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 4 (FS=1,37)

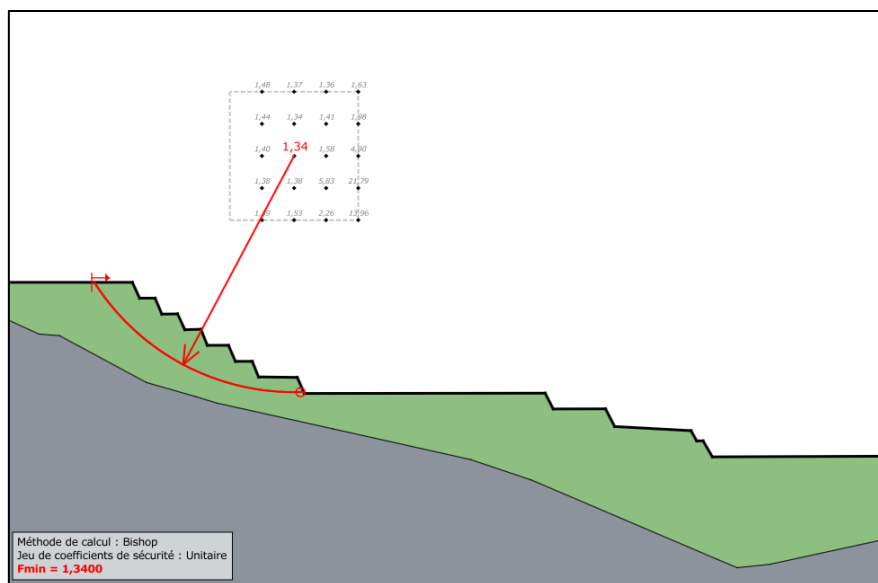


Figure N°140 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 4 - (FS=1,34)

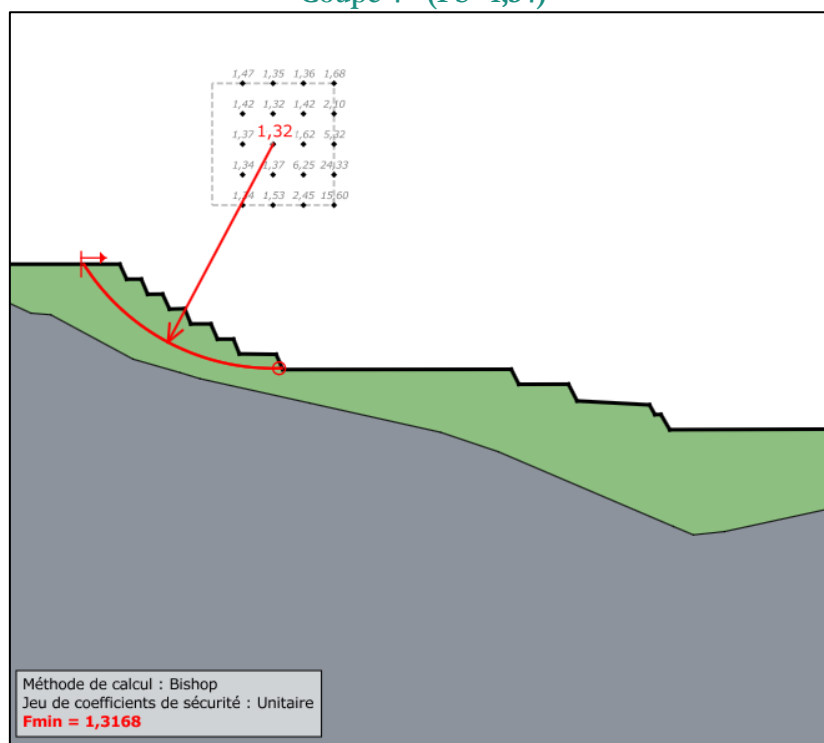


Figure N°141 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 4 (FS=1,58)

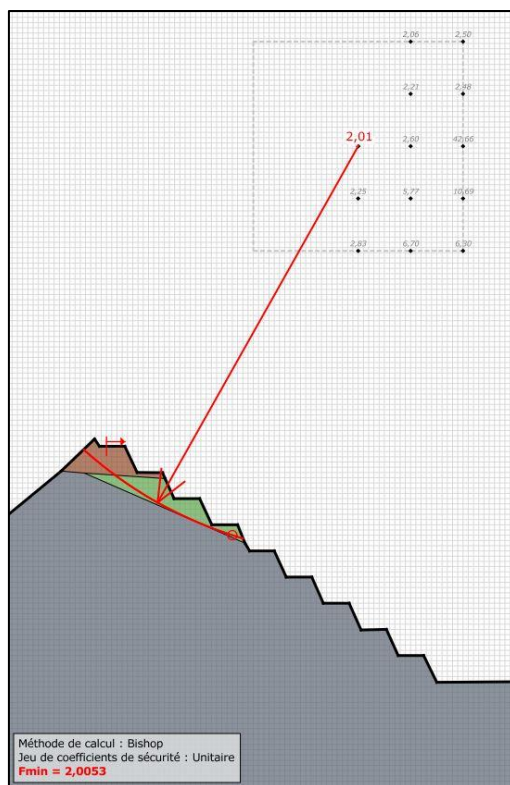


Figure N°142 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 6 (FS=2,01)

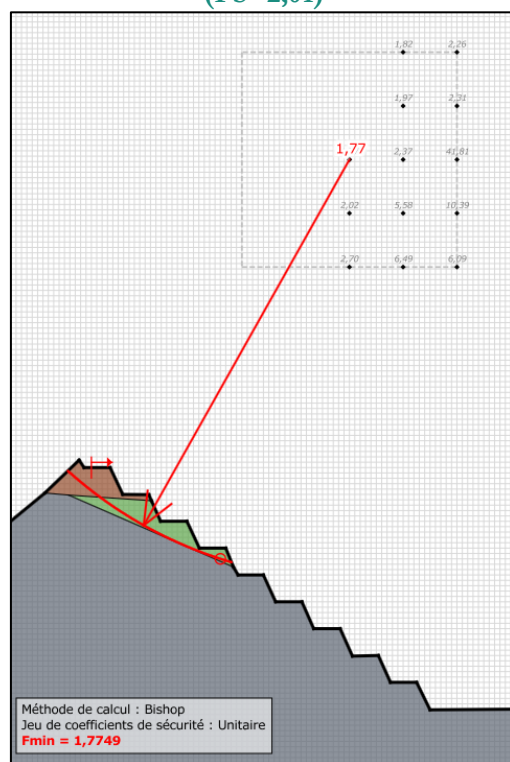


Figure N°143 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 6 (FS=1,77)

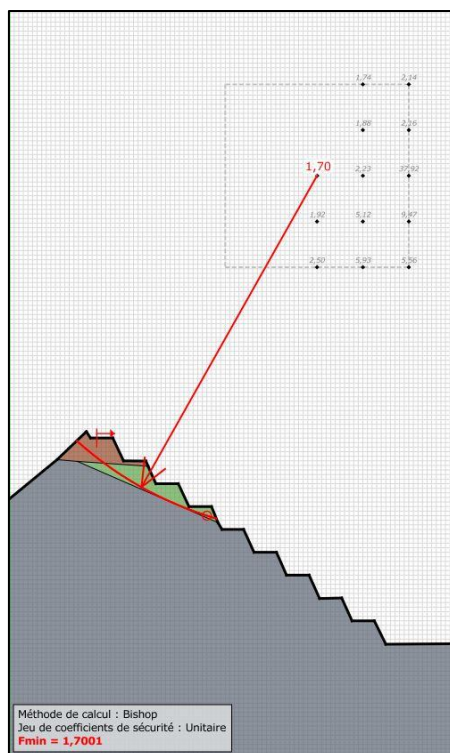


Figure N°144 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 6 (FS=1,7)

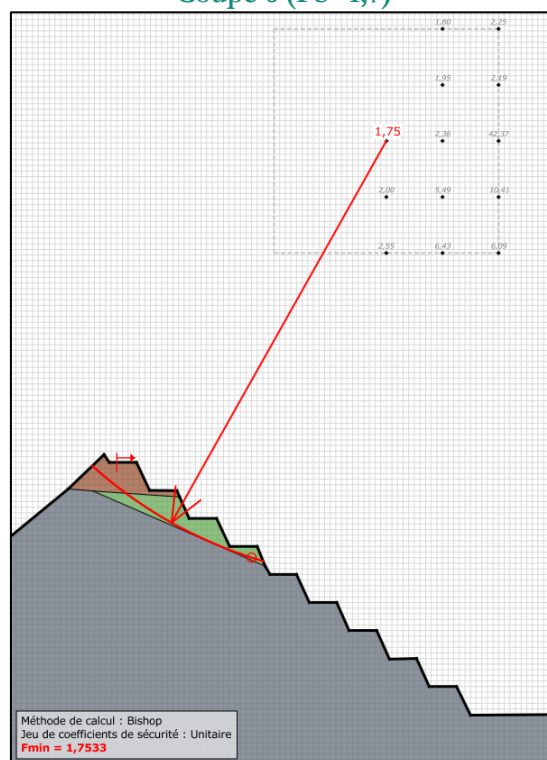


Figure N°145 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 6 (FS=1,75)

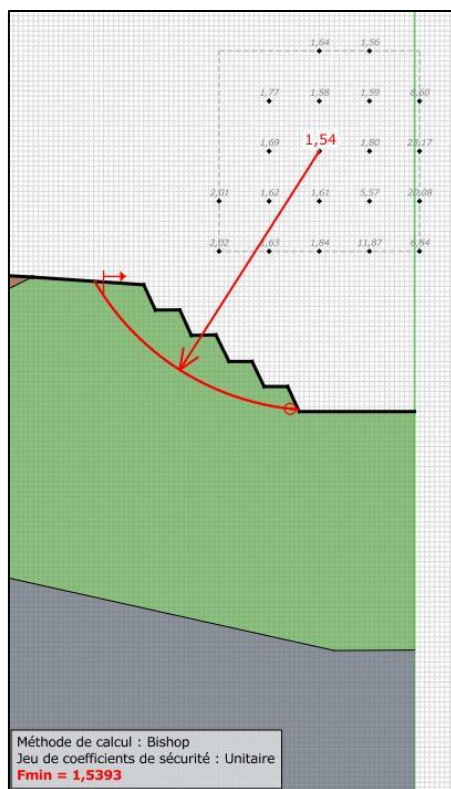


Figure N°146 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 11 (FS=1,54)

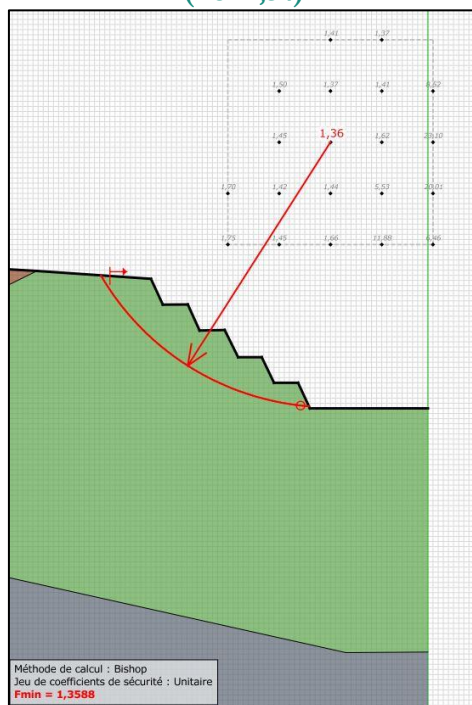


Figure N°147 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 11 (FS=1,36)

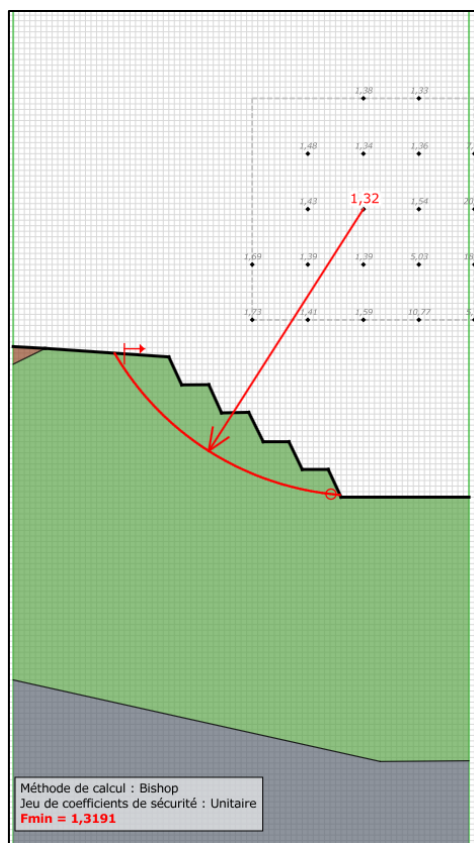


Figure N°148 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 11 (FS=1,32)

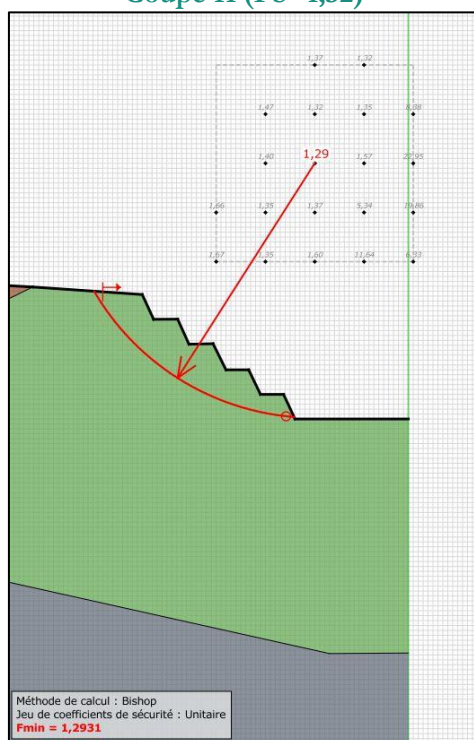


Figure N°149 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 11 (FS=1,29)

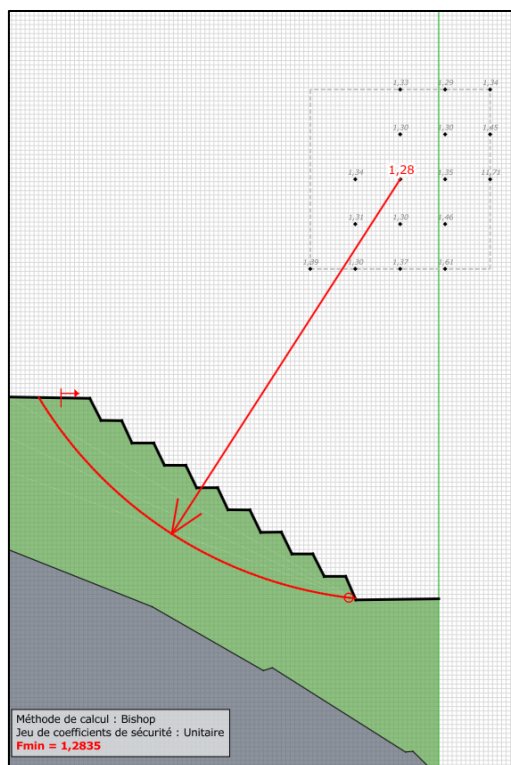


Figure N°150 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 12 (FS=1,28)

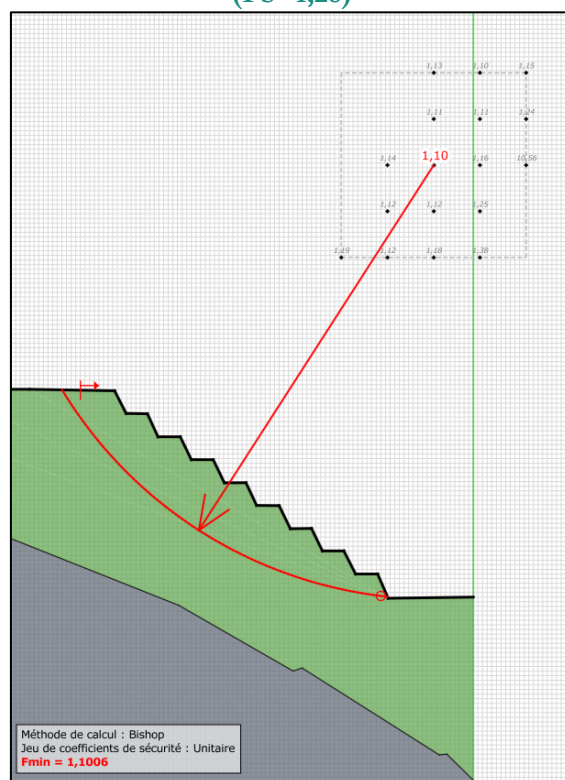


Figure N°151 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 12 (FS=1,1)

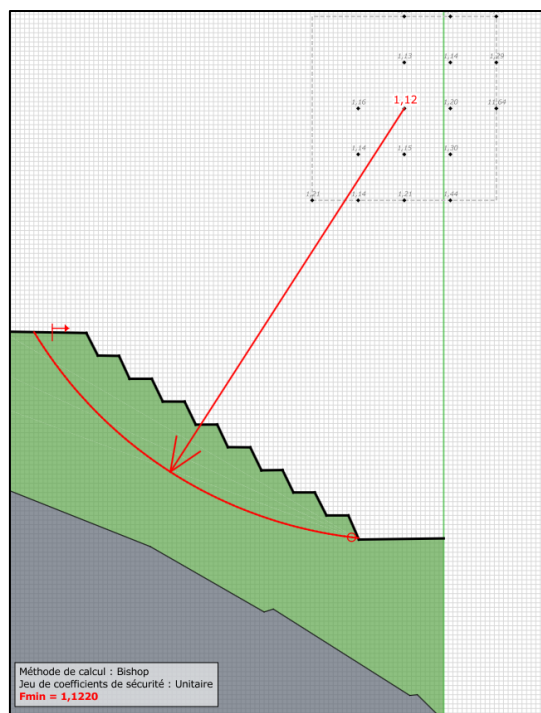


Figure N°152 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 12 (FS=1,12)

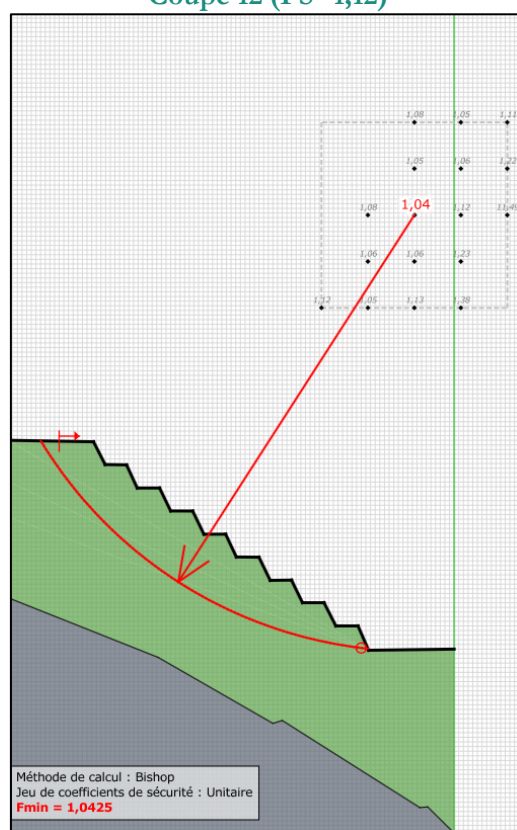


Figure N°153 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 12 (FS=1,04)

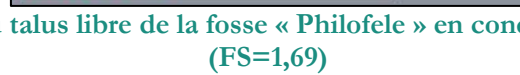


Figure N°154 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 13 (FS=1,69)

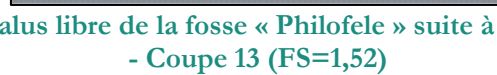


Figure N°155 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g
- Coupe 13 (FS=1,52)

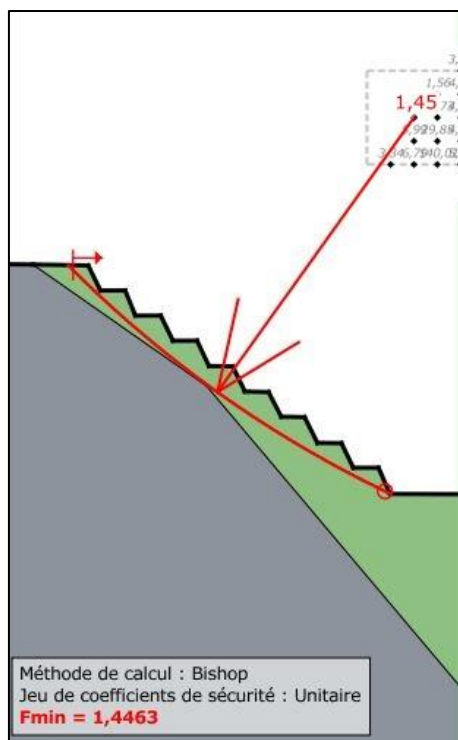


Figure N°156 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 13 (FS=1,45)

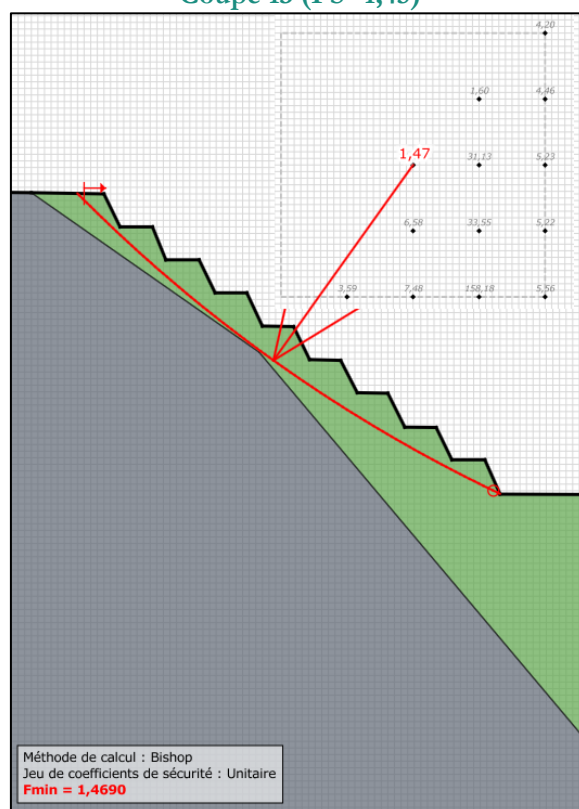


Figure N°157 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 13 (FS=1,47)

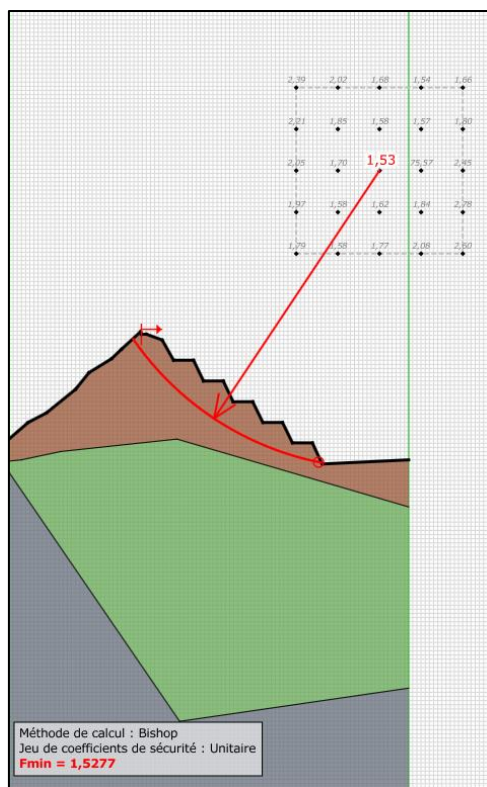


Figure N°158 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 14 (FS=1,53)

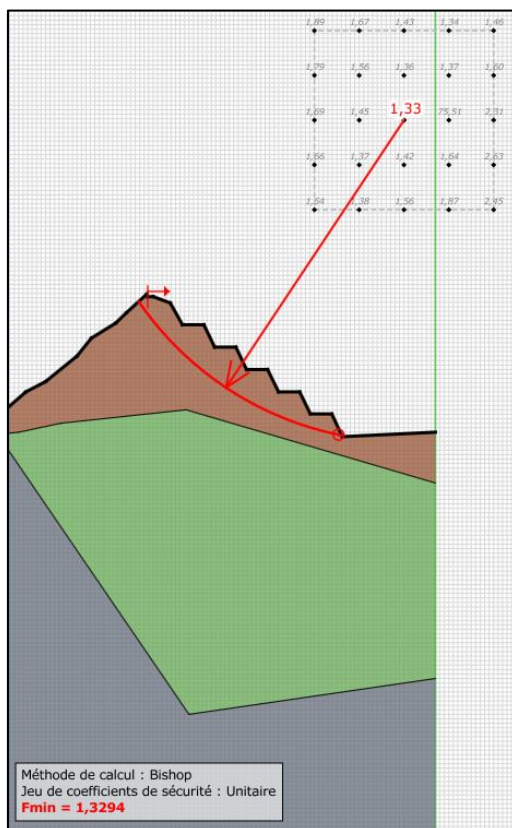


Figure N°159 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 14 (FS=1,33)

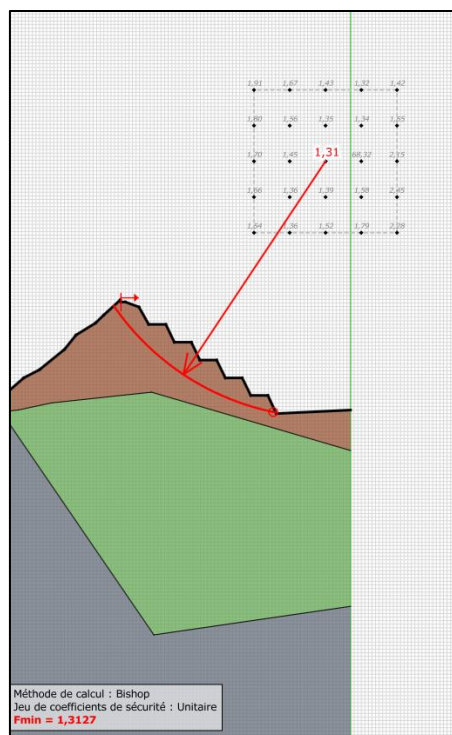


Figure N°160 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g – Coupe 14 (FS=1,31)

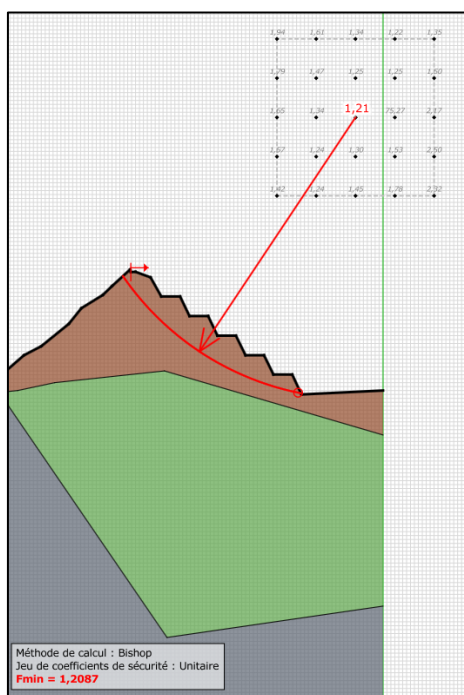


Figure N°161 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 14 (FS=1,21)

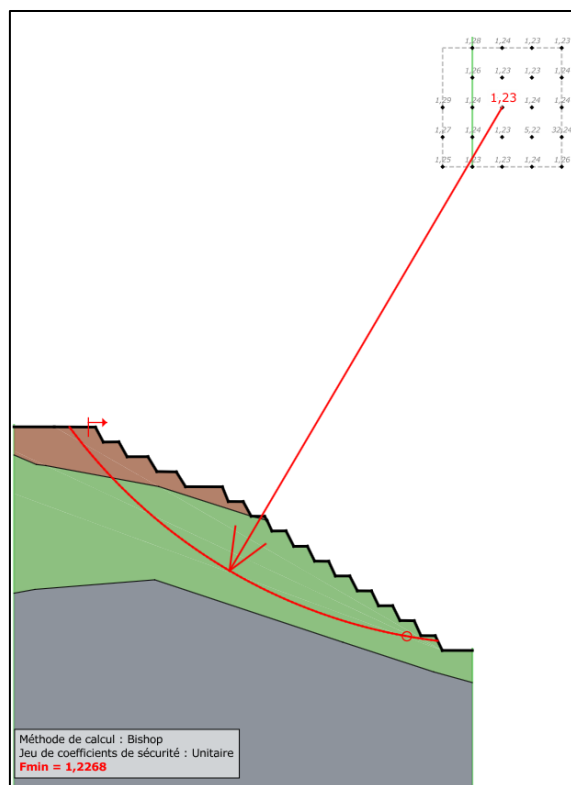


Figure N°162 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 15 (FS=1,23)

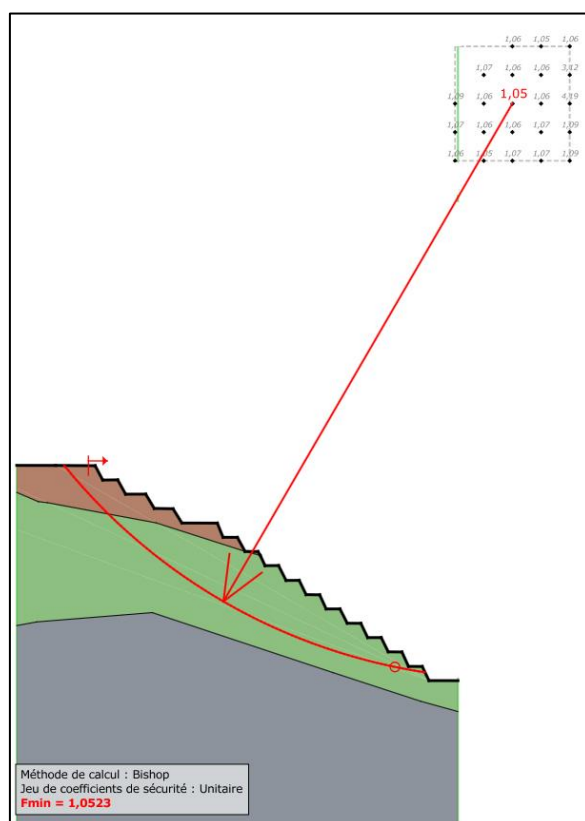
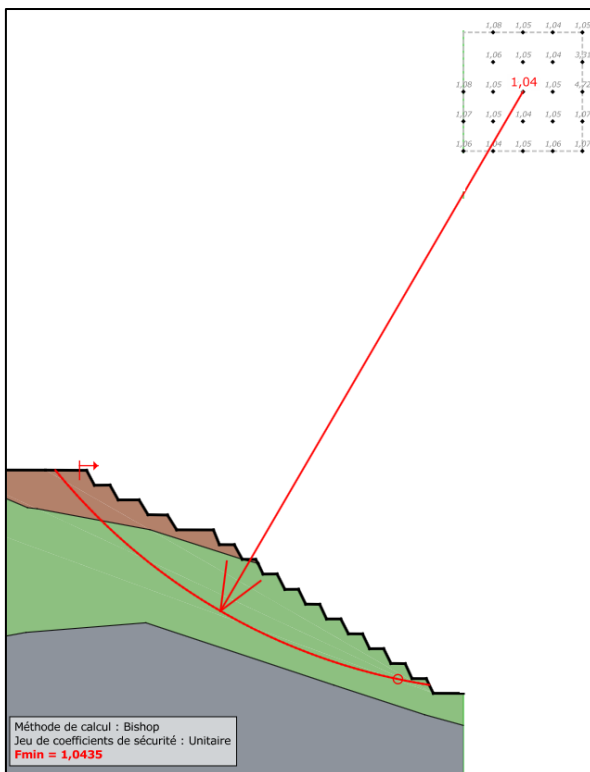
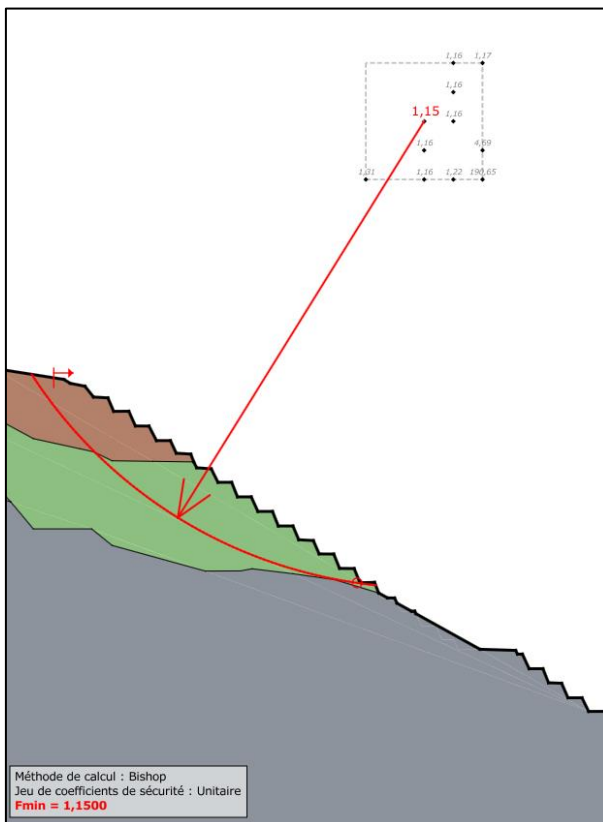


Figure N°163 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g – Coupe 15 (FS=1,05)





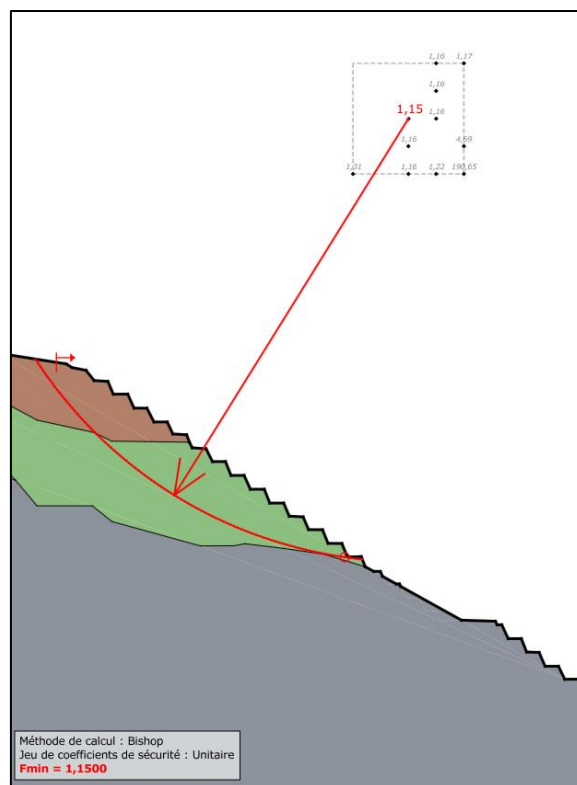


Figure N°166 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 16 (FS=1,15)

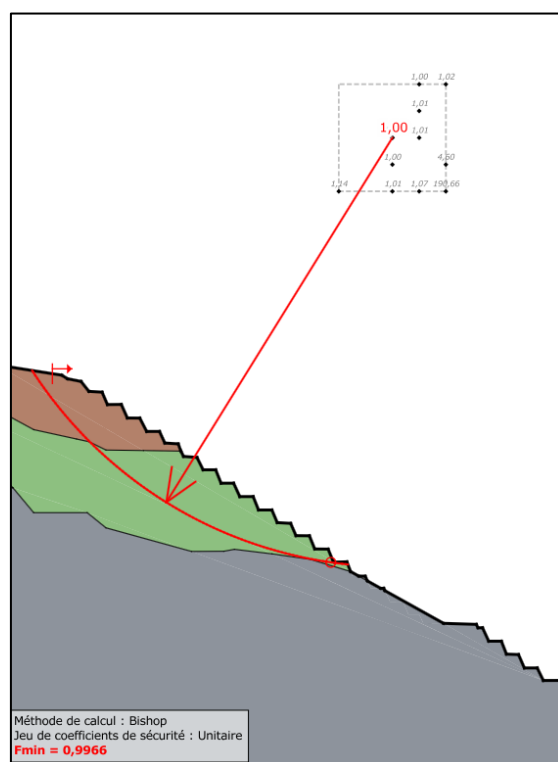


Figure N°167 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 16 (FS=1,00)

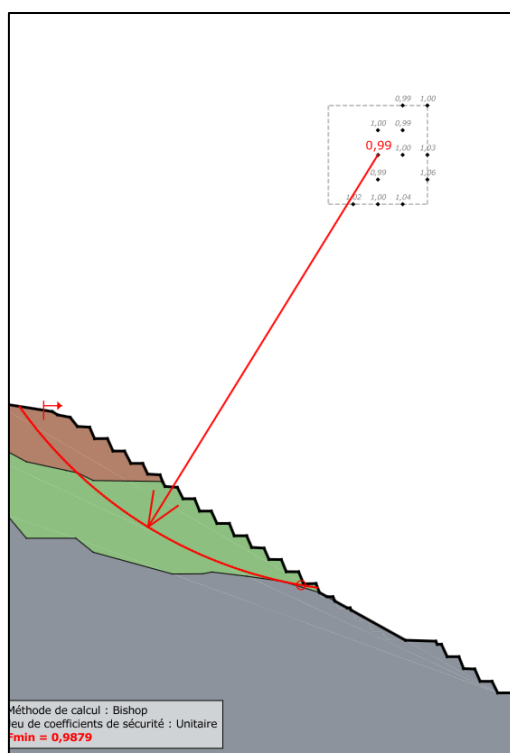
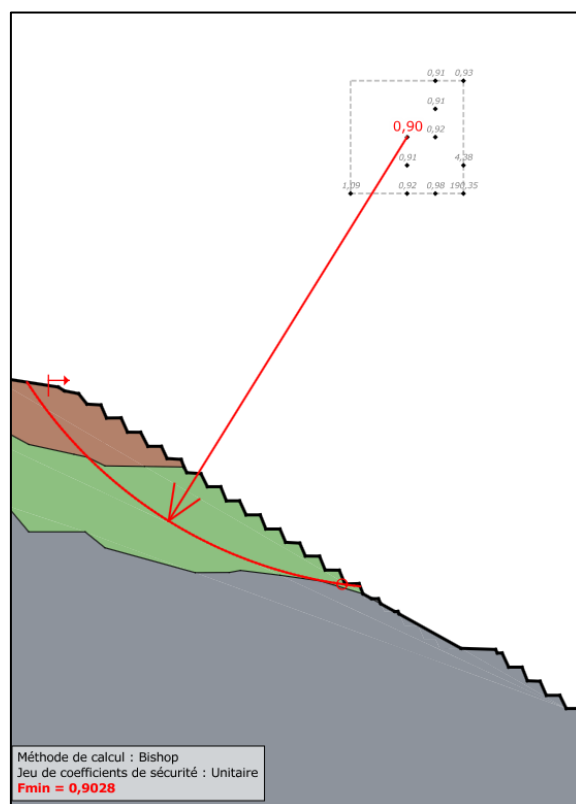


Figure N°168 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 16 (FS=0,99)



**Figure N°169 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau
(Ru = 0,2) - Coupe 16 (FS=0,9)**

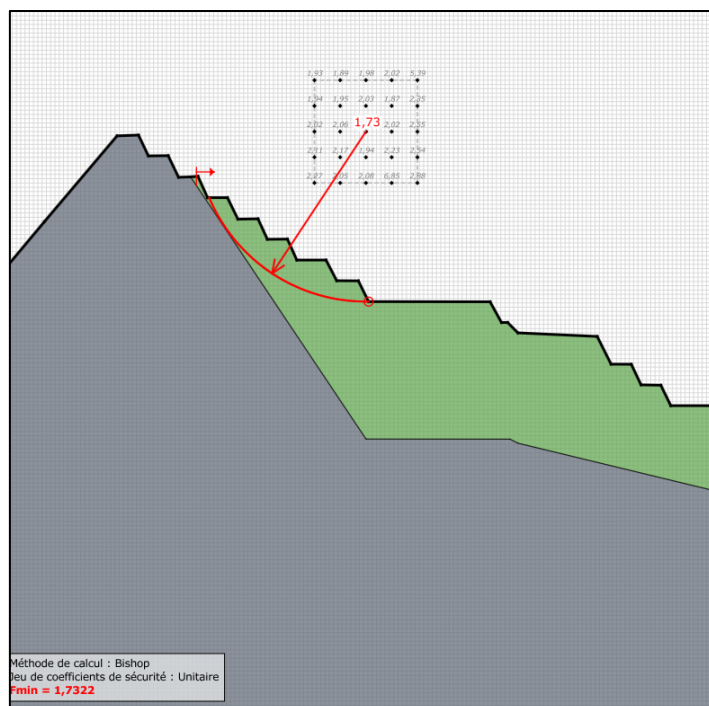


Figure N°170 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 17 - Talus 1 (FS=1,73)

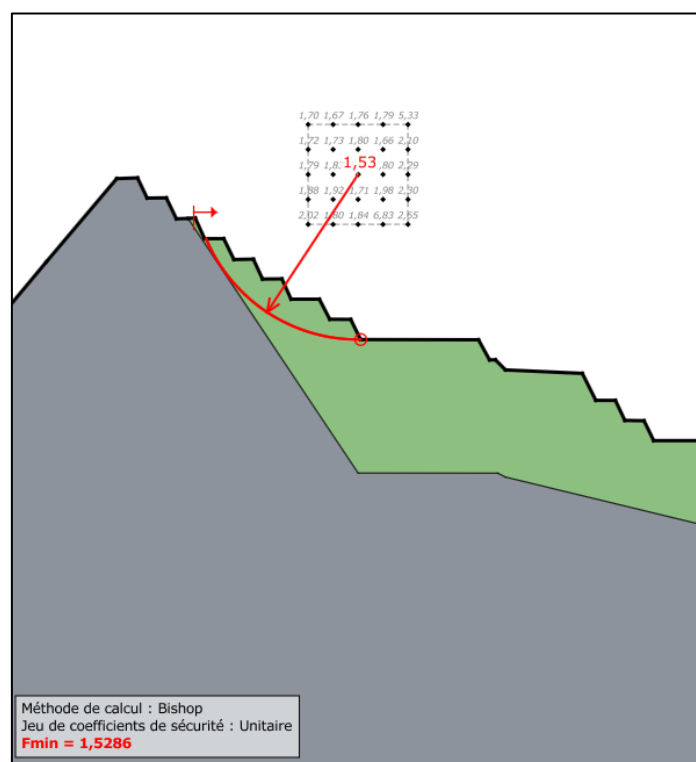


Figure N°171 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 17 - Talus 1 (FS=1,53)

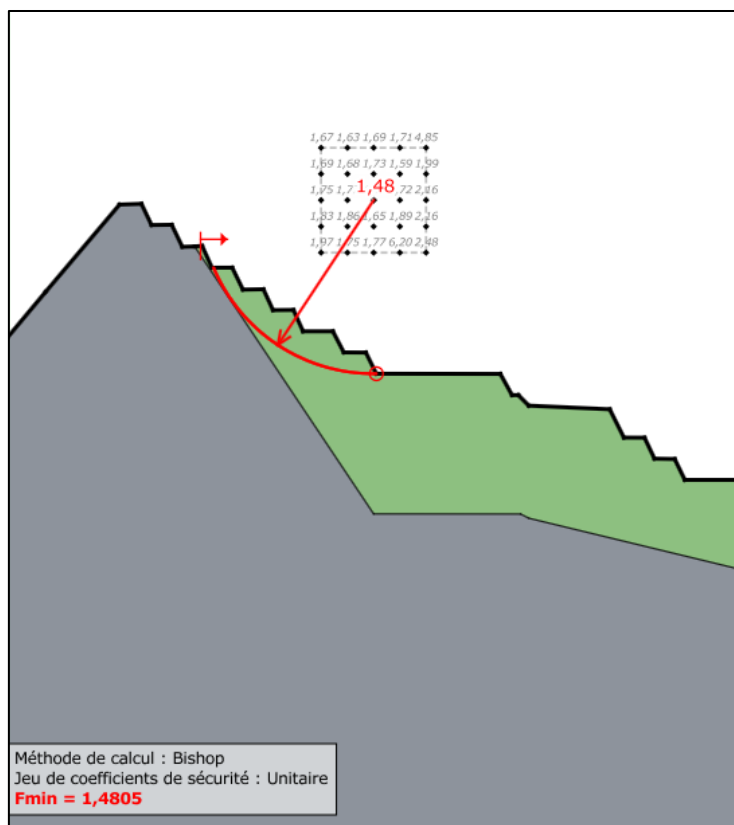


Figure N°172 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g – Coupe 17 -Talus 1 (FS=1,48)

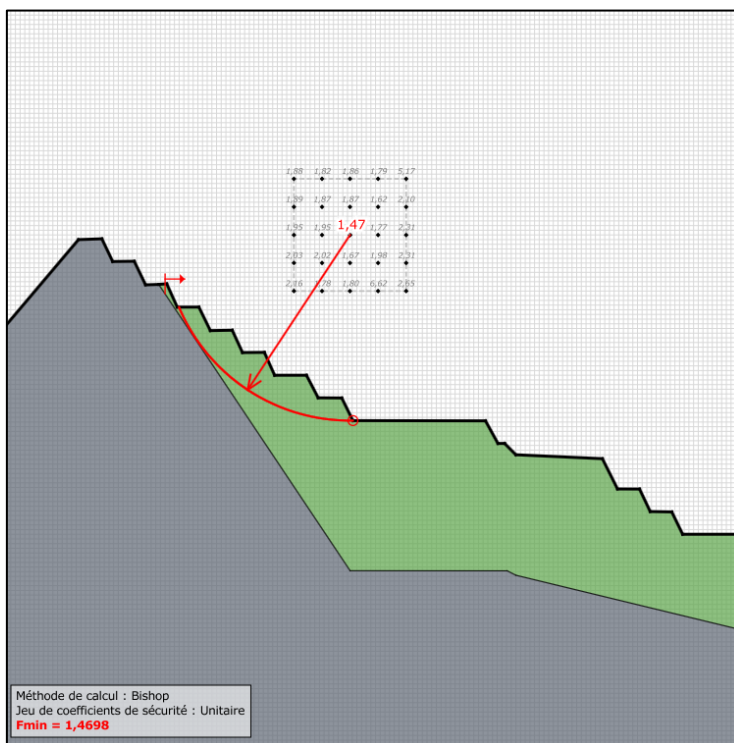


Figure N°173 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 17 -Talus 1 (FS=1,47)

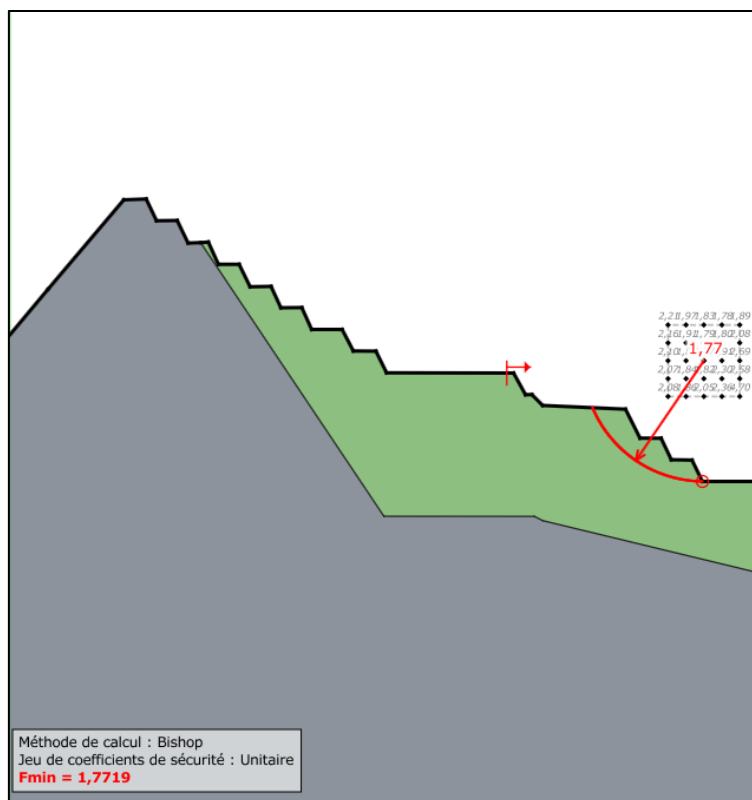


Figure N°174 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 17 - Talus 2 (FS=1,77)

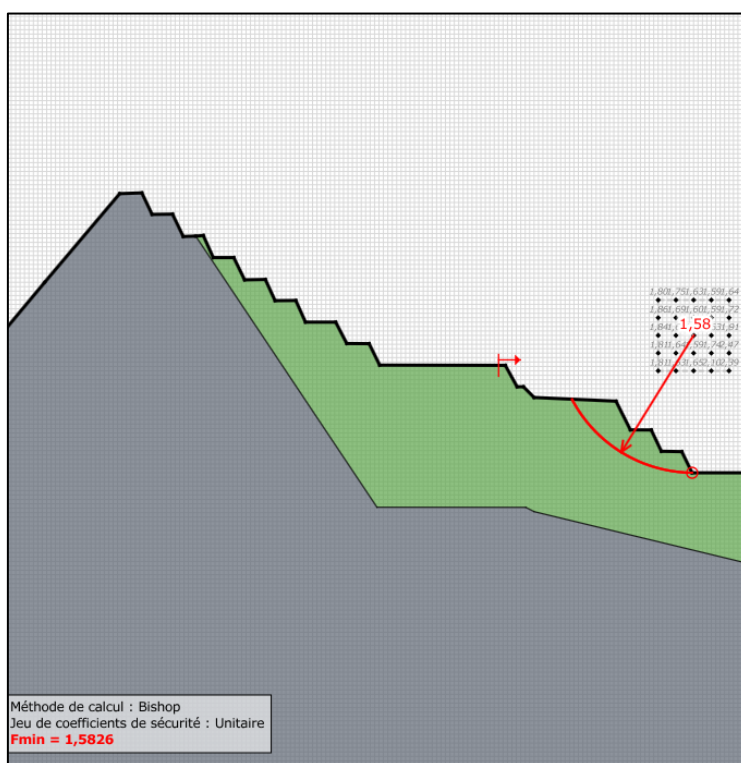
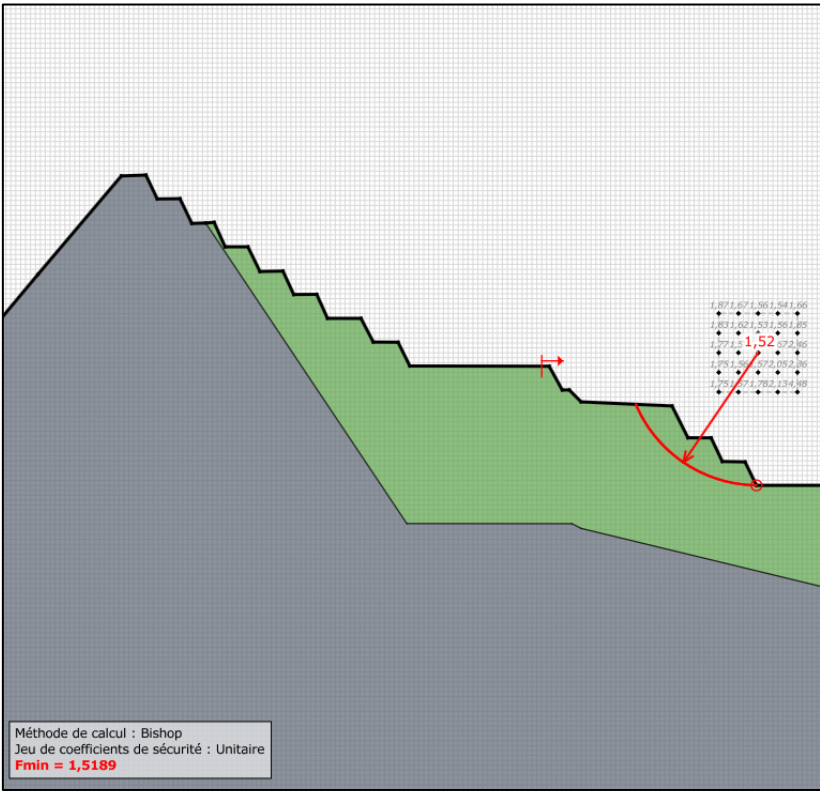
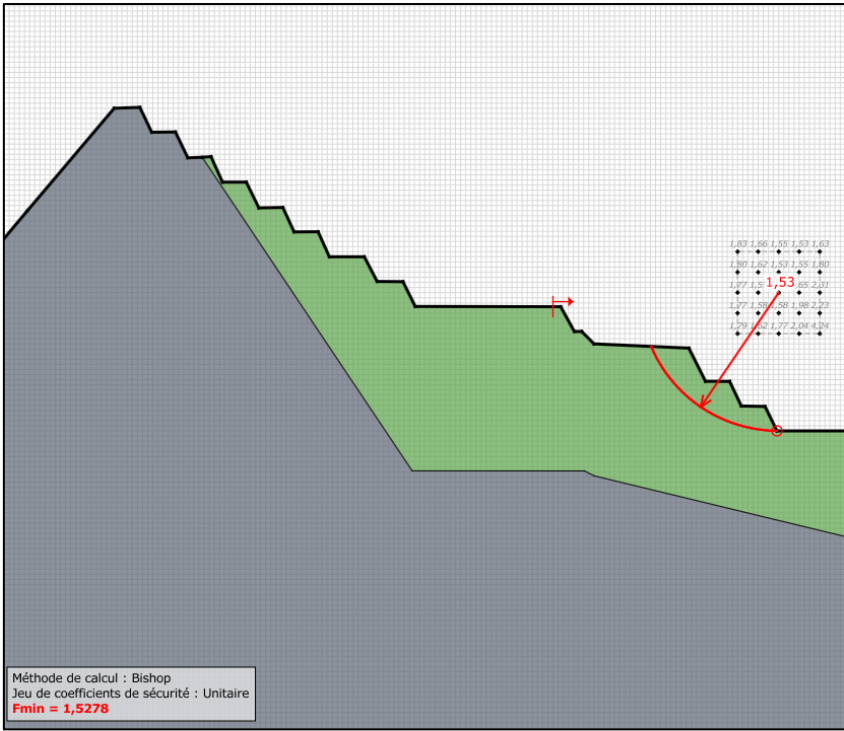


Figure N°175 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 17 - Talus 2 (FS=1,58)



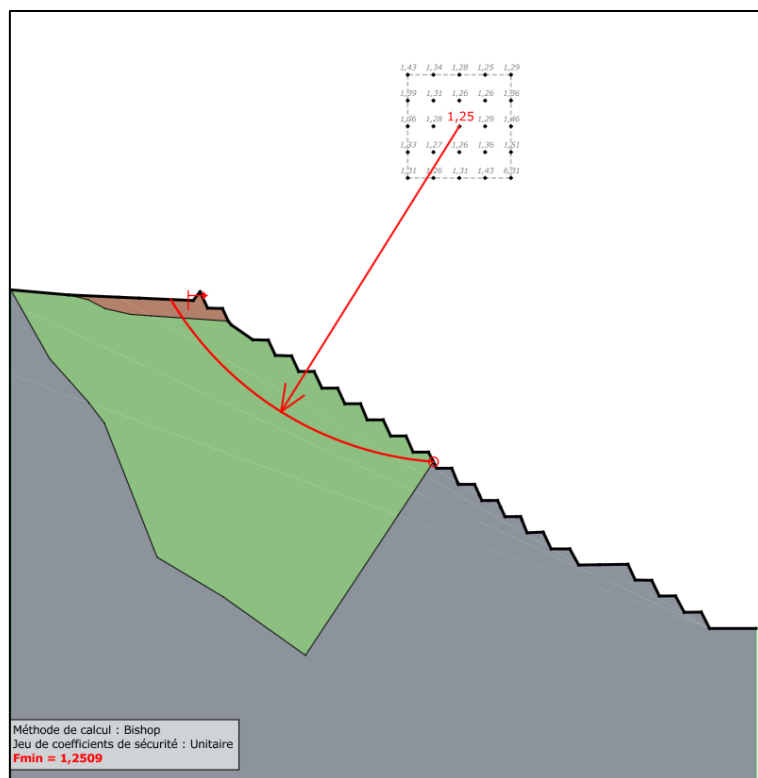


Figure N°178 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 18 (FS=1,25)

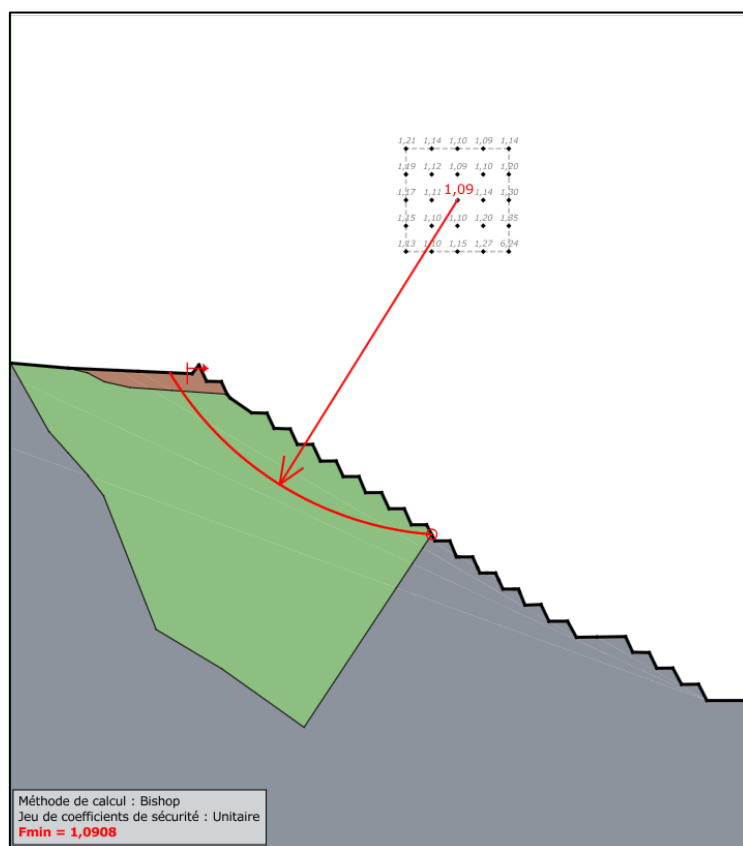


Figure N°179 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 18 (FS=1,09)

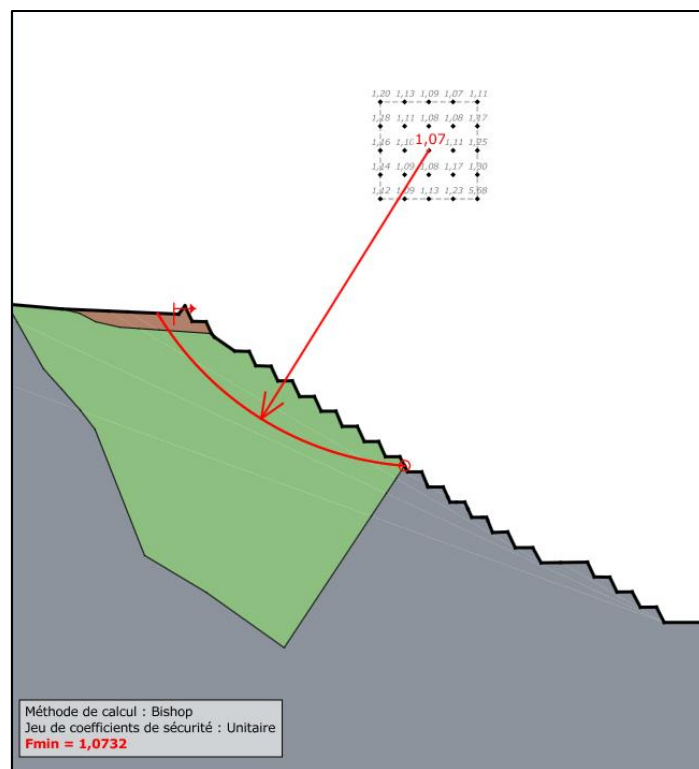


Figure N°180 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 18 (FS=1,07)

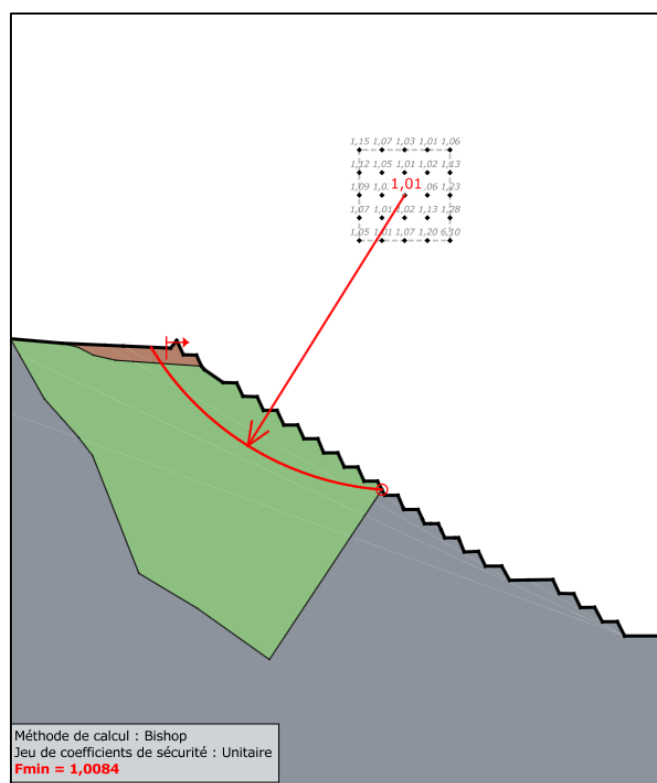
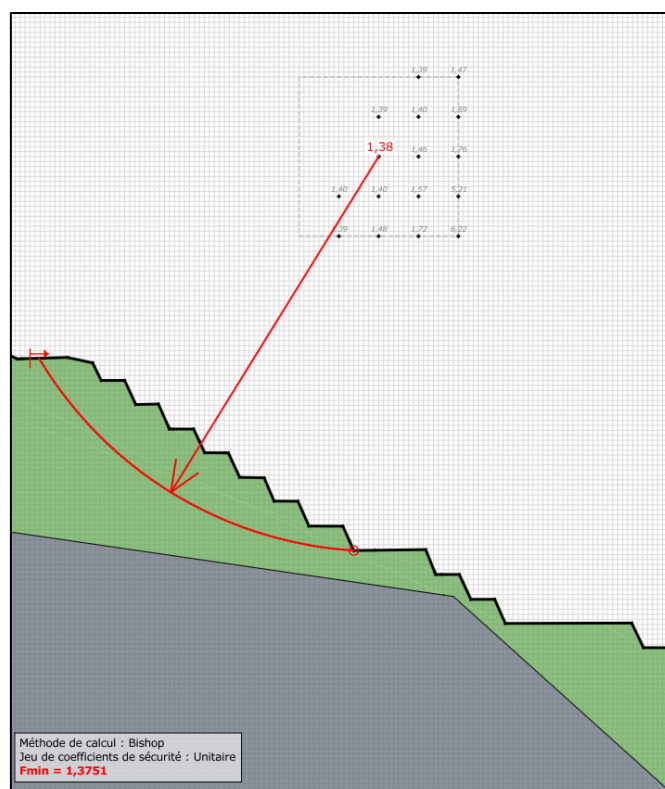
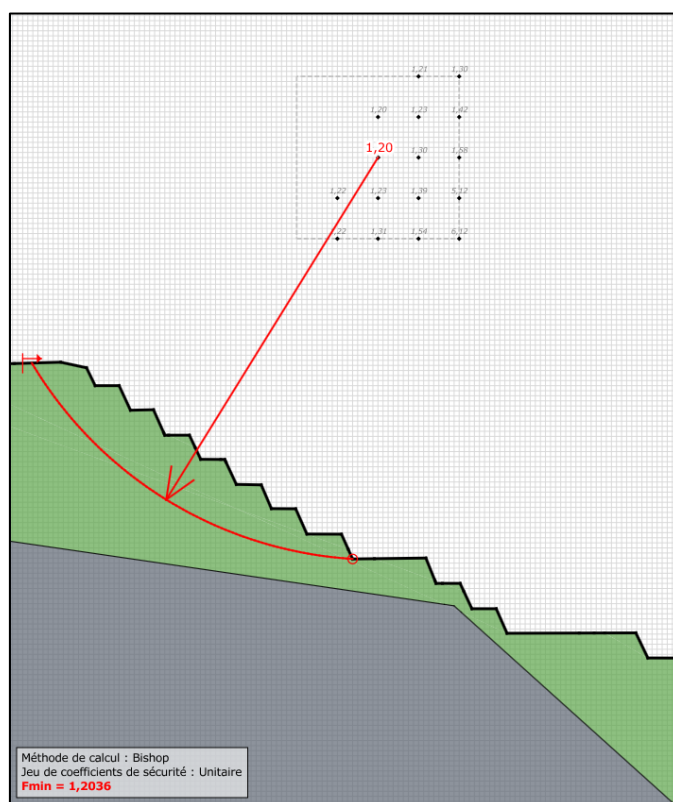


Figure N°181 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 18 (FS=1,01)



**Figure N°182 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 19
(FS=1,38)**



**Figure N°183 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g
- Coupe 19 (FS=1,2)**

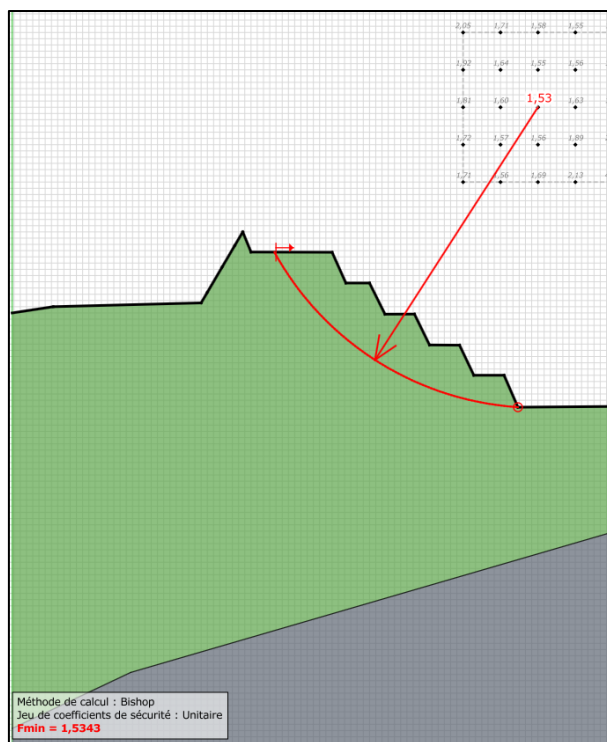


Figure N°186 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 20 (FS=1,53)

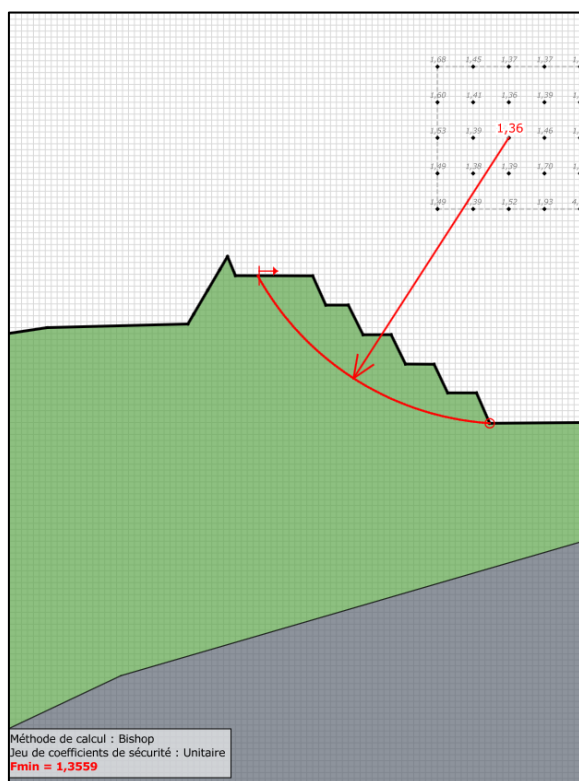


Figure N°187 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 20 (FS=1,36)



Figure N°188 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 20 (FS=1,32)

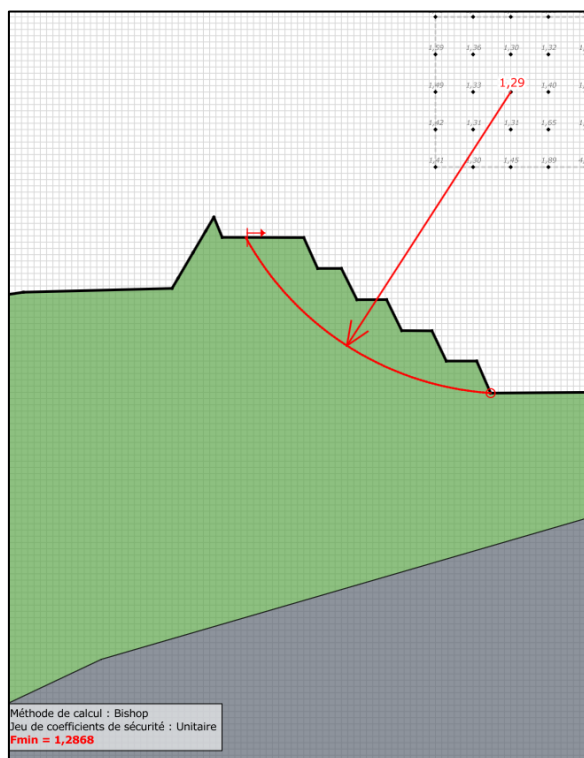


Figure N°189 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 20 (FS=1,29)

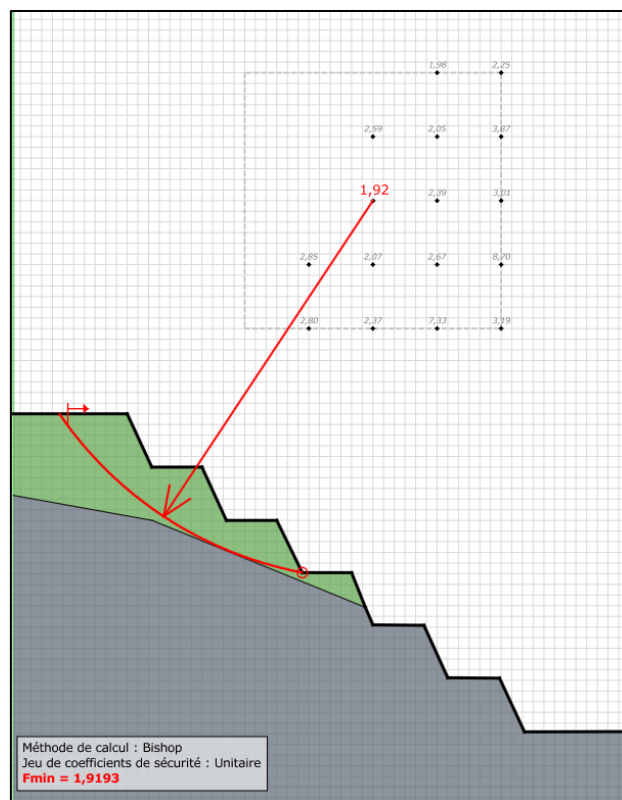


Figure N°190 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 21 (FS=1,92)

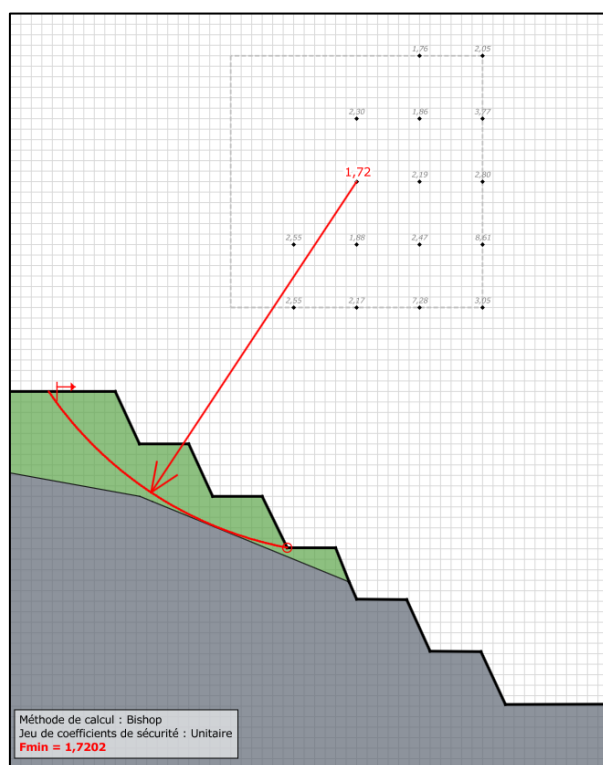


Figure N°191 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 21 (FS=1,72)

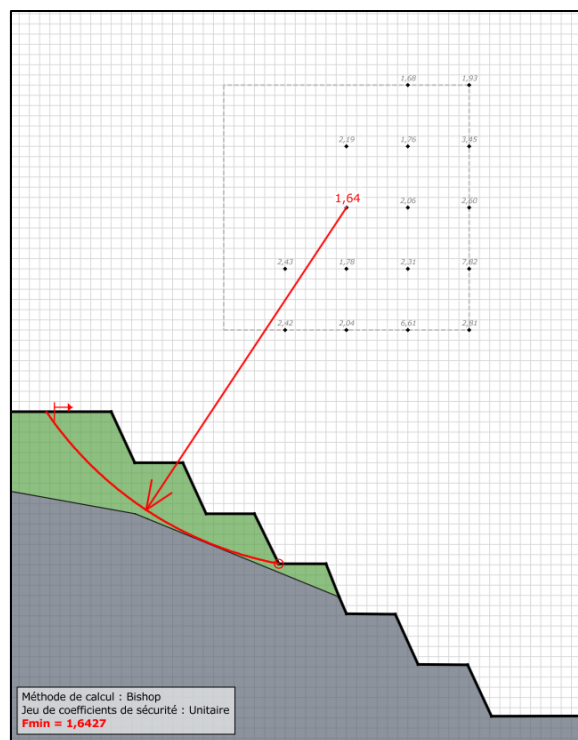


Figure N°192 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 21 (FS=1,64)

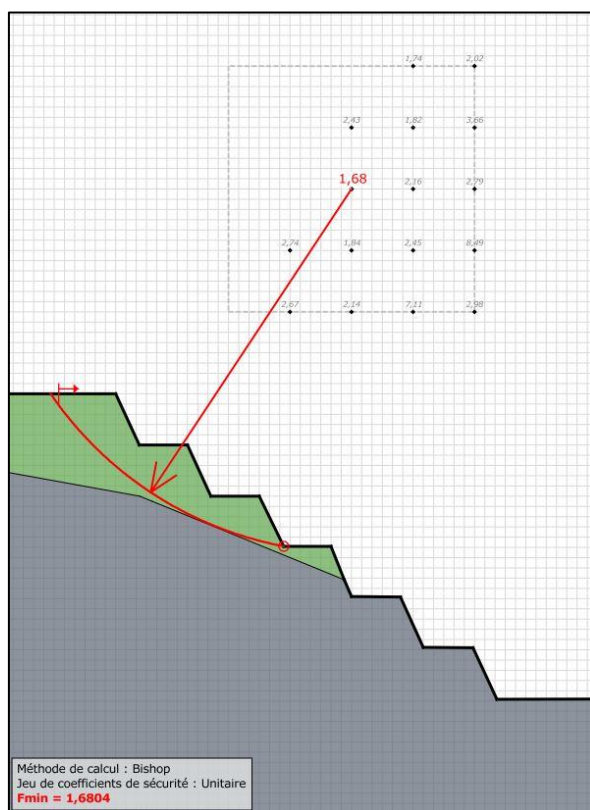


Figure N°193 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 21 (FS=1,68)

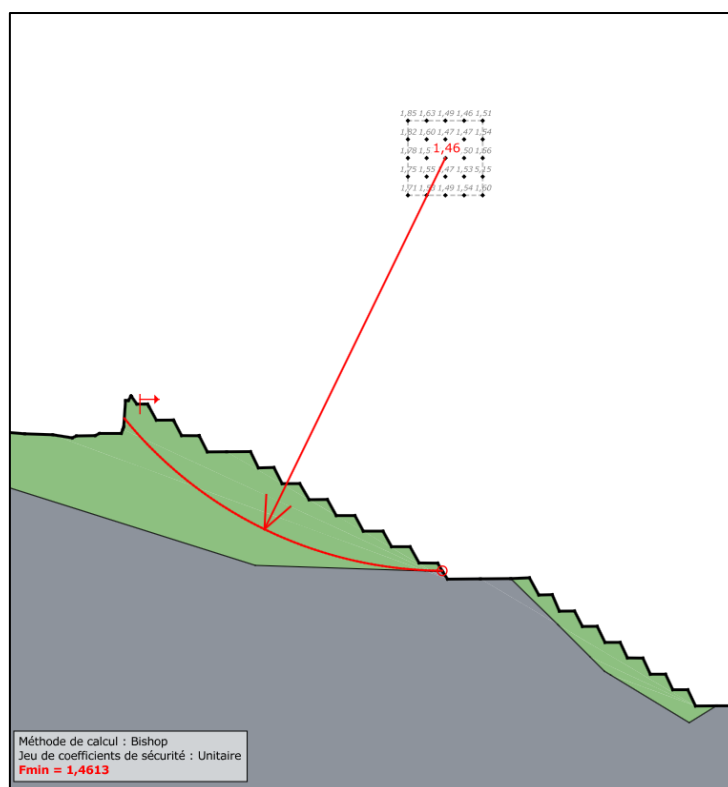


Figure N°194 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 22 - Talus 1 (FS=1,46)

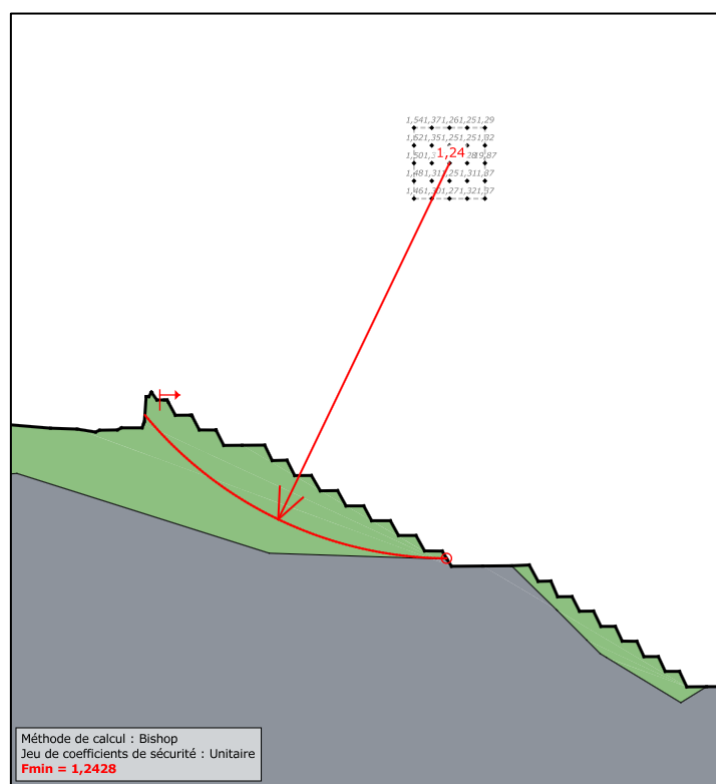


Figure N°195 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 22 - Talus 1 (FS=1,24)

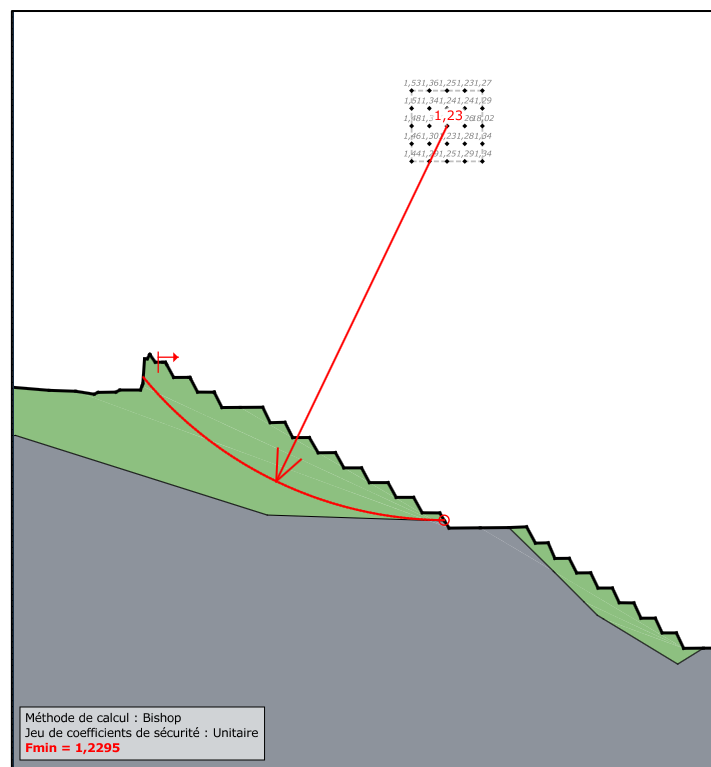


Figure N°196 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g – Coupe 22 - Talus 1 (FS=1,23)

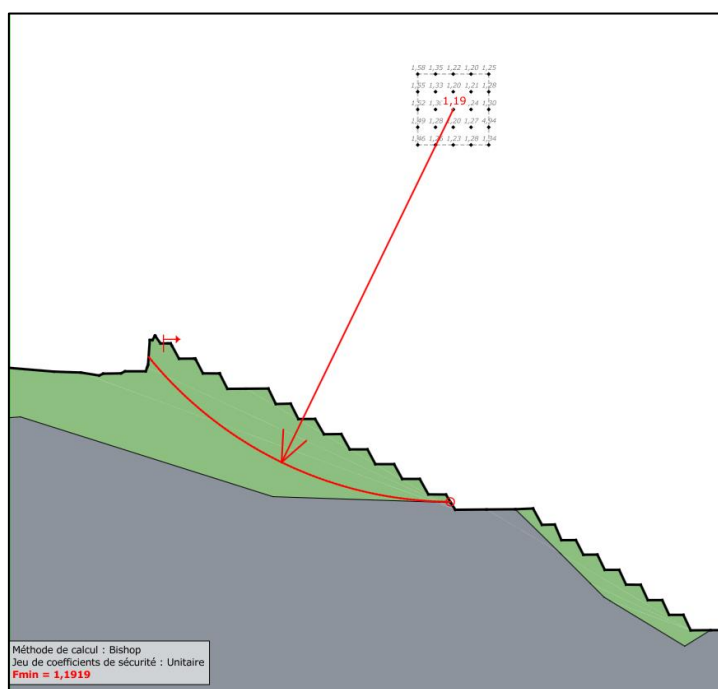


Figure N°197 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 22 - Talus 1 (FS=1,19)

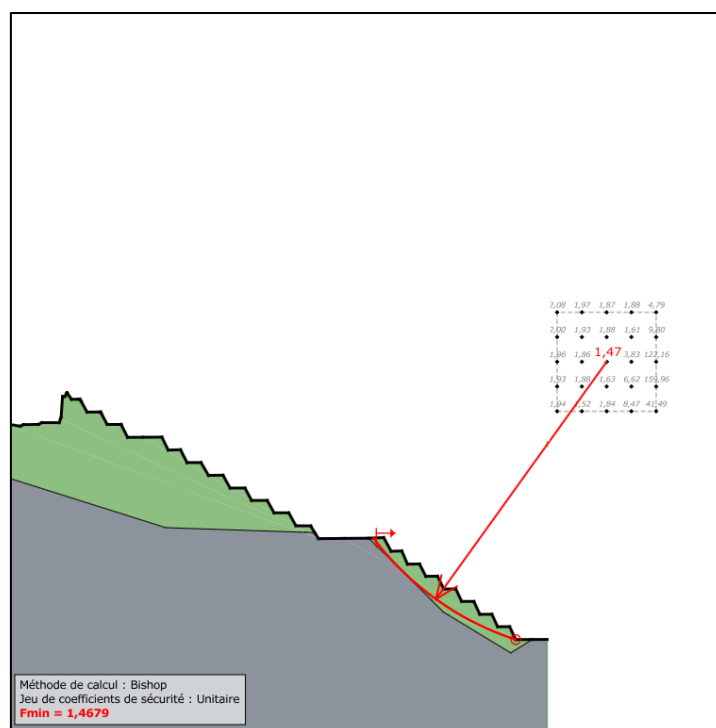


Figure N°198 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 22 - Talus 2 (FS=1,47)

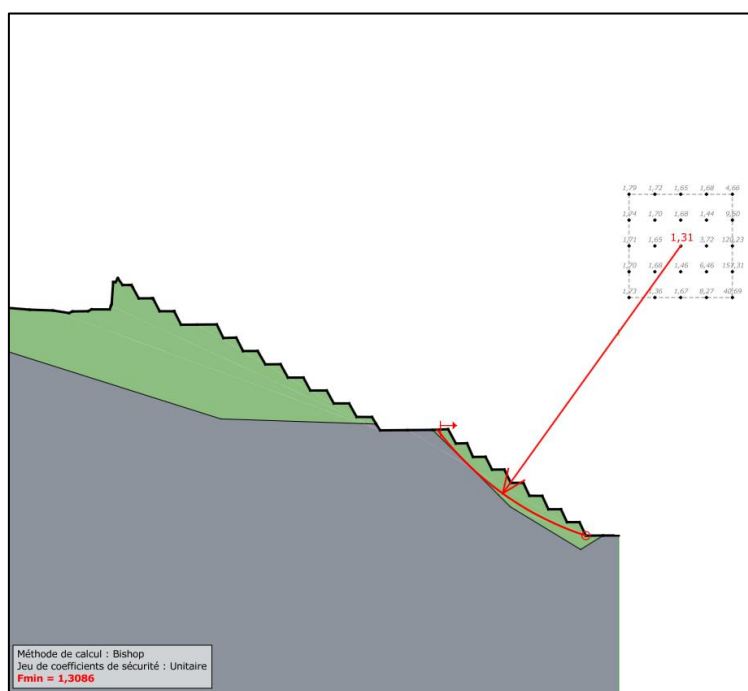


Figure N°199 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 22 - Talus 2 (FS=1,31)

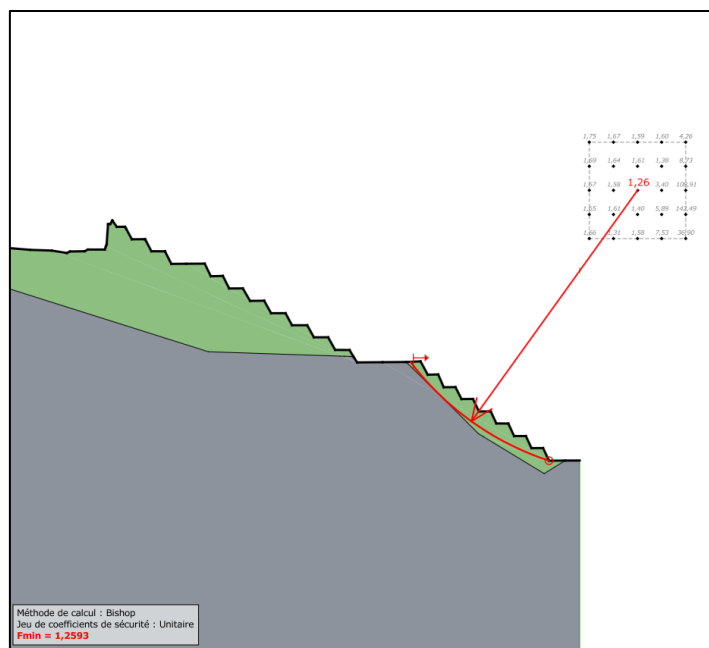


Figure N°200 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 22 - Talus 2 (FS=1,26)

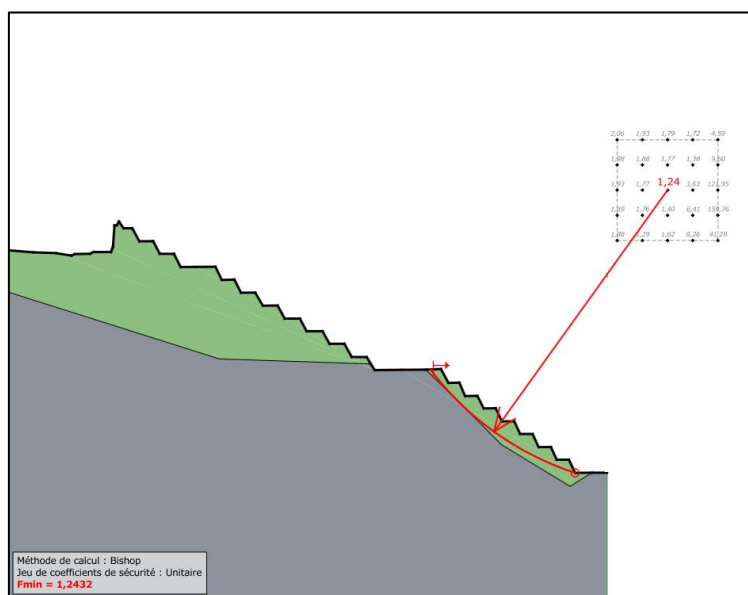


Figure N°201 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 22 - Talus 2 (FS=1,24)

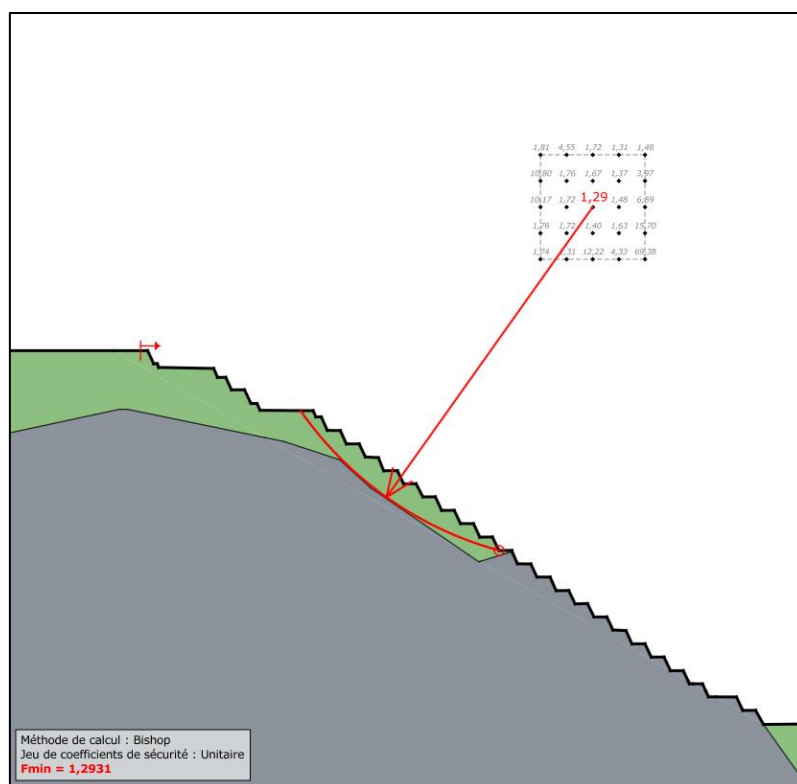


Figure N°202 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 23
(FS=1,29)

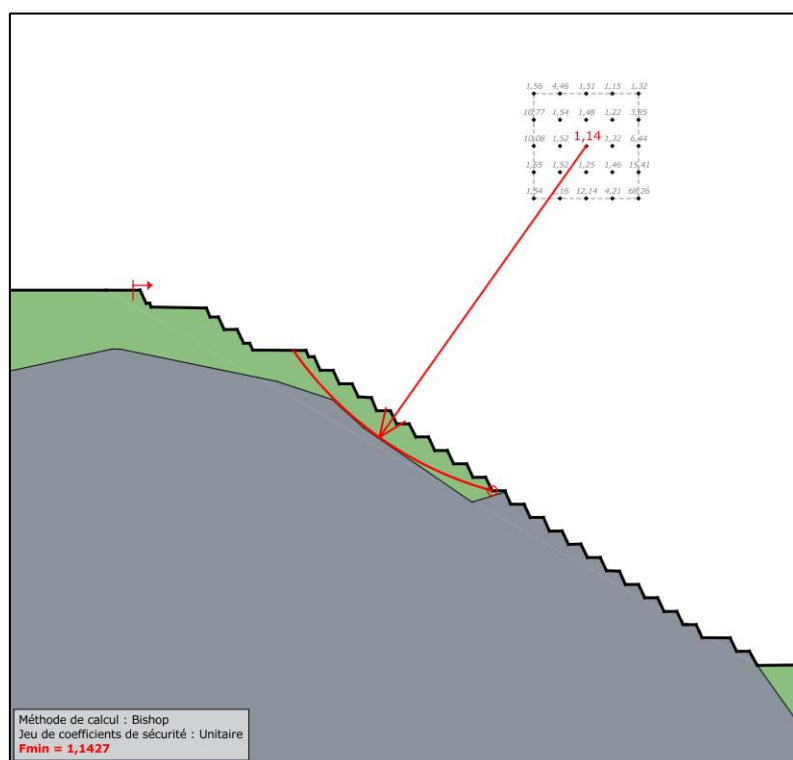


Figure N°203 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 23 (FS=1,14)

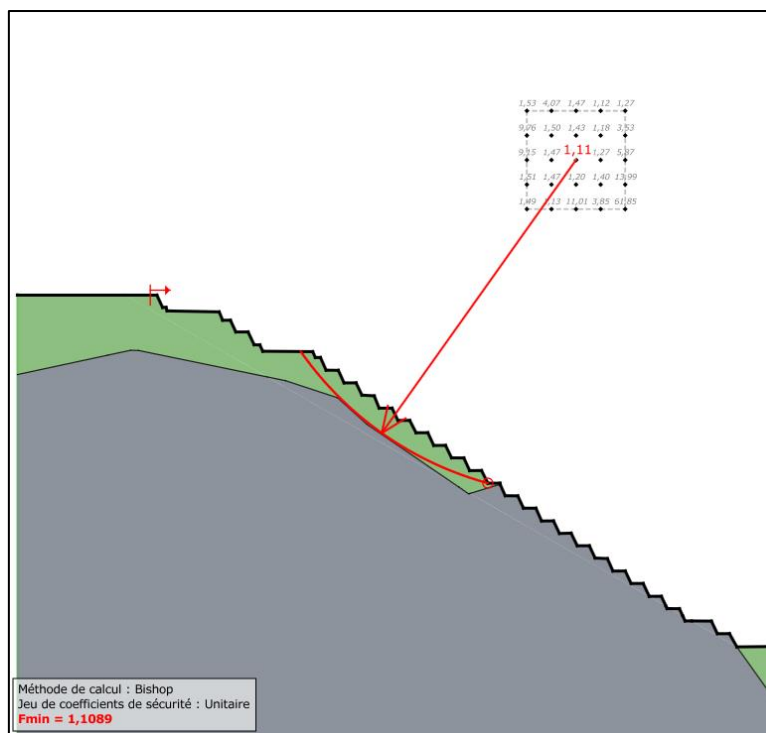


Figure N°204 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 23 (FS=1,11)

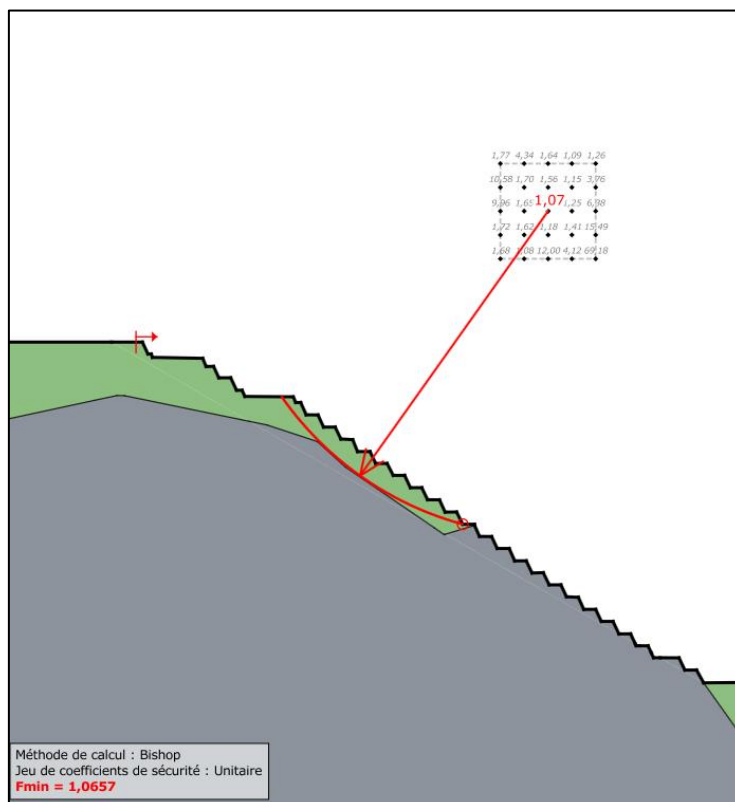


Figure N°205 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 23 (FS=1,07)

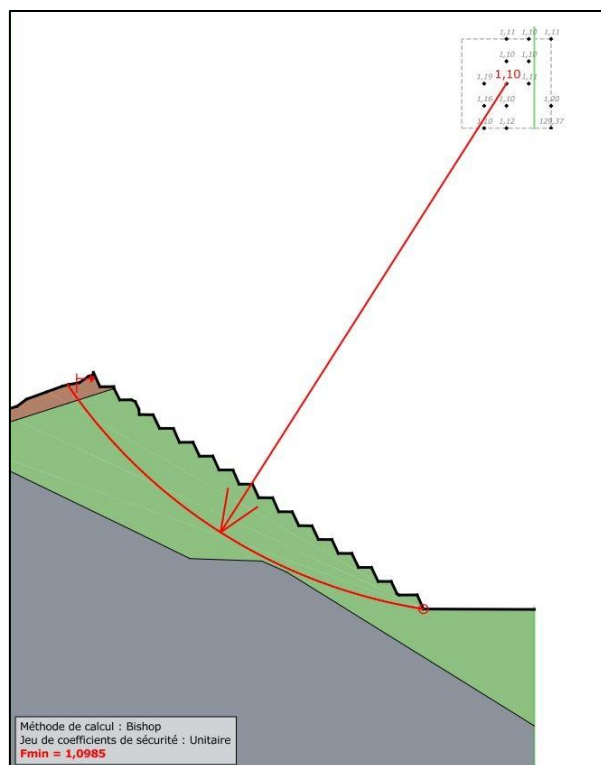


Figure N°206 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 29 (FS=1,1)

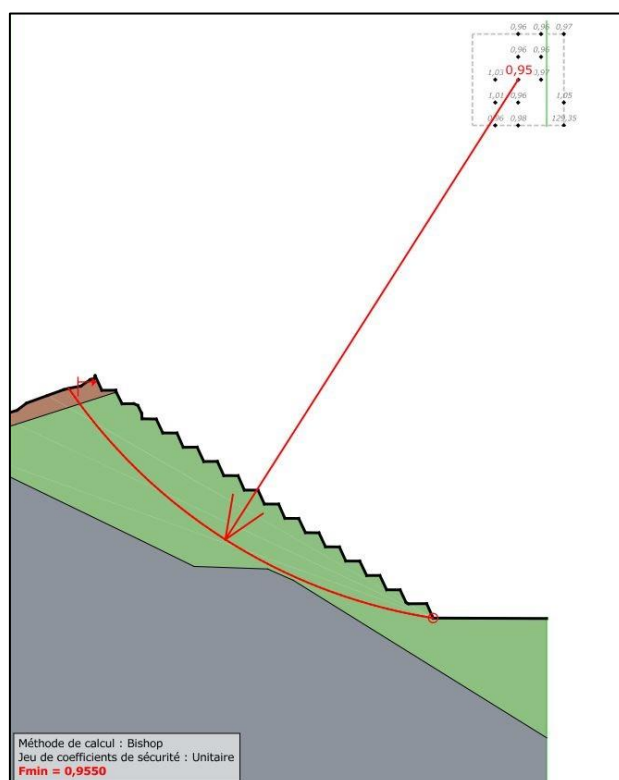


Figure N°207 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 29 (FS=0,95)

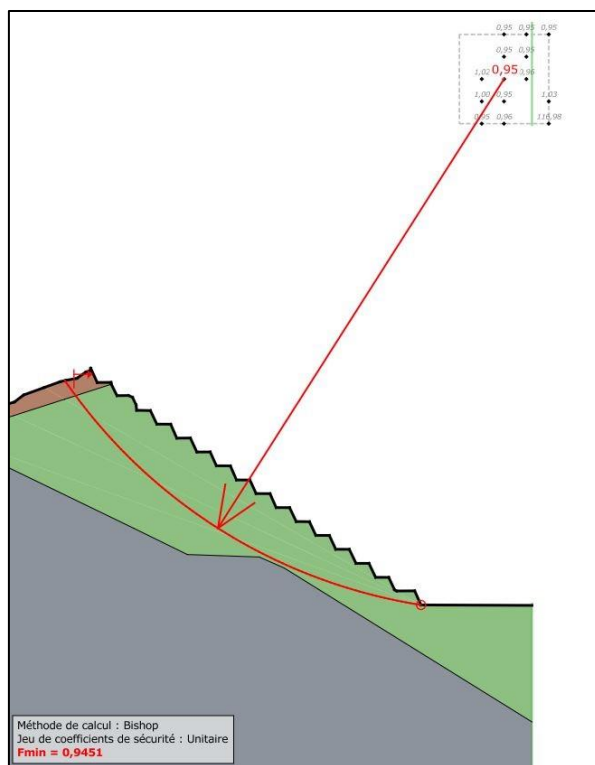


Figure N°208 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 29 (FS=0,95)

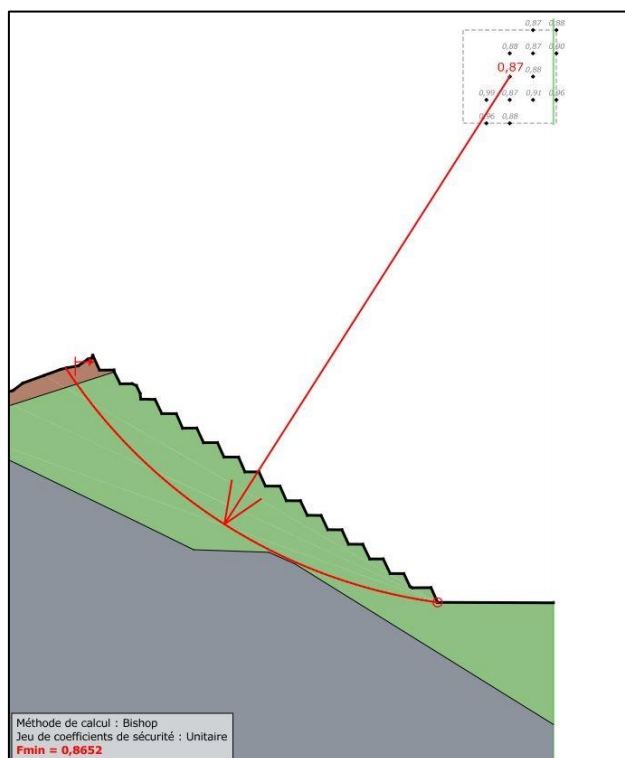
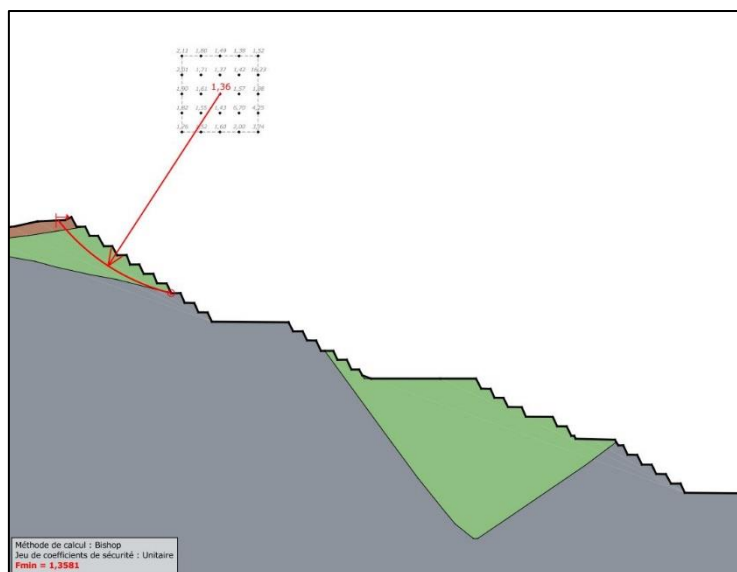
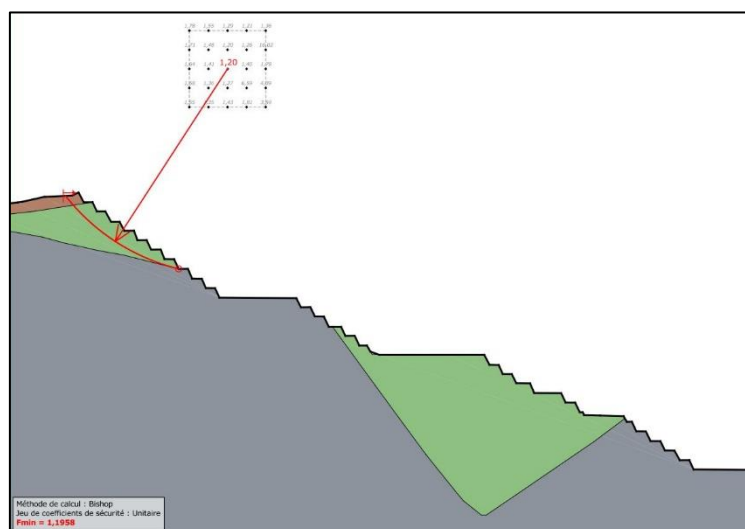


Figure N°209 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 29 (FS=0,87)



**Figure N°210 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 30
– Talus 1 (FS=1,36)**



**Figure N°211 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g
- Coupe 30 – Talus 1 (FS=1,20)**

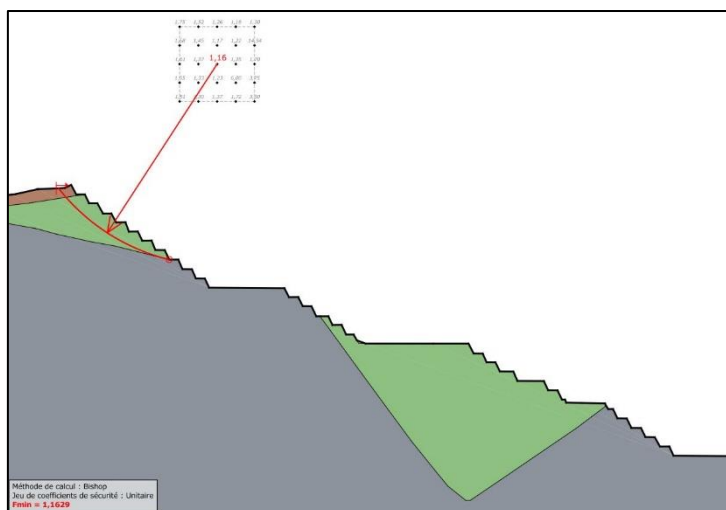
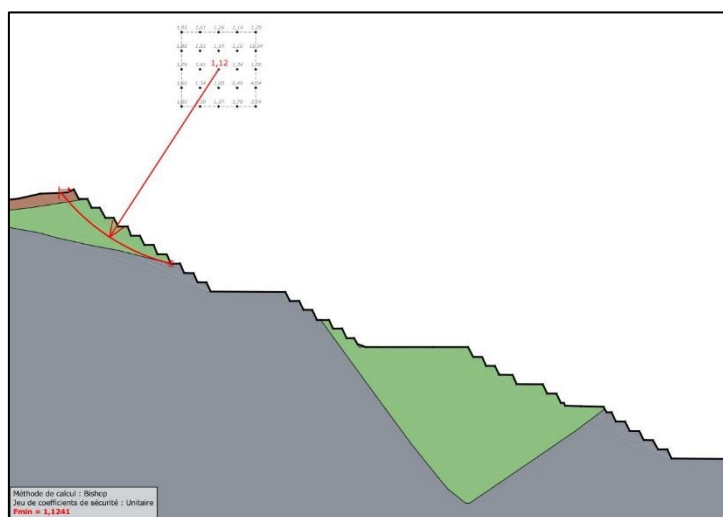
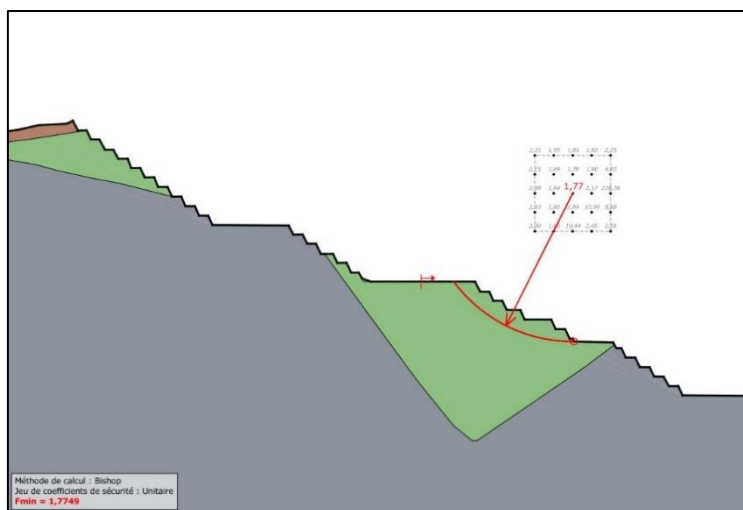


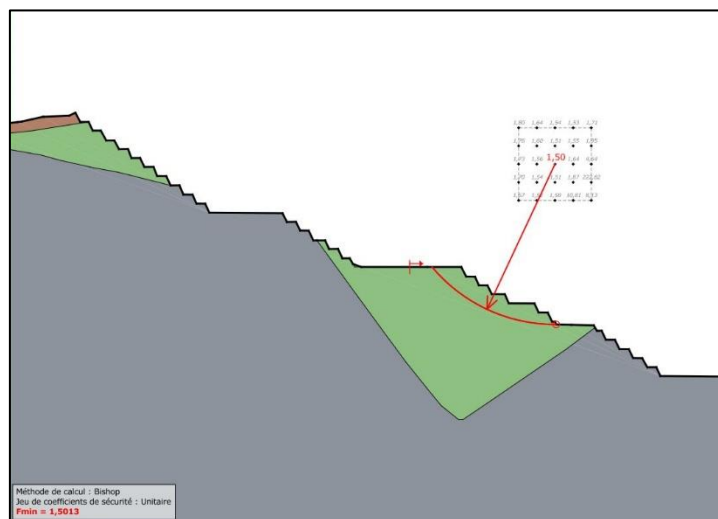
Figure N°212 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 30 – Talus 1 (FS=1,16)



**Figure N°213 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau
(Ru = 0,2) - Coupe 30 – Talus 1 (FS=1,12)**



**Figure N°214 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 30
– Talus 2 (FS=1,77)**



**Figure N°215 : Stabilité du talus libre de la fosse « Claude » suite à un séisme allégeant de 0,08 g -
Coupe 30 – Talus 2 (FS=1,5)**

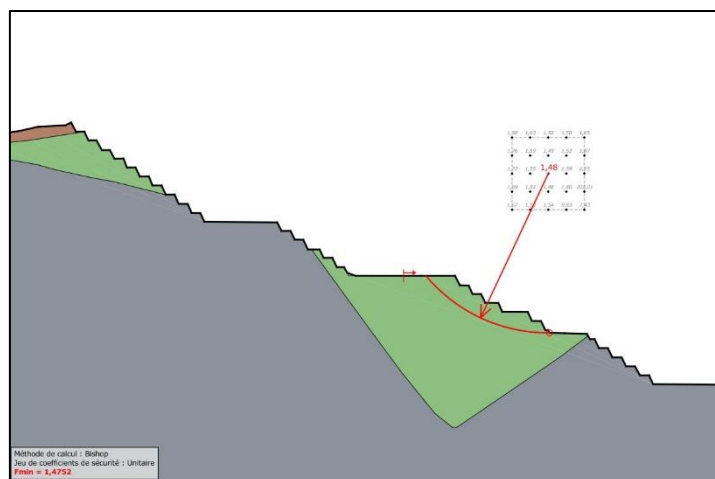


Figure N°216 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g – Coupe 30 – Talus 2 (FS=1,48)

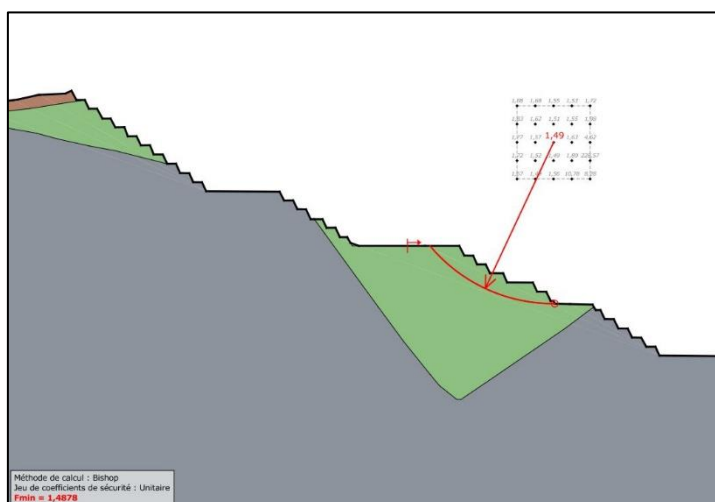


Figure N°217 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 30 – Talus 2 (FS=1,49)

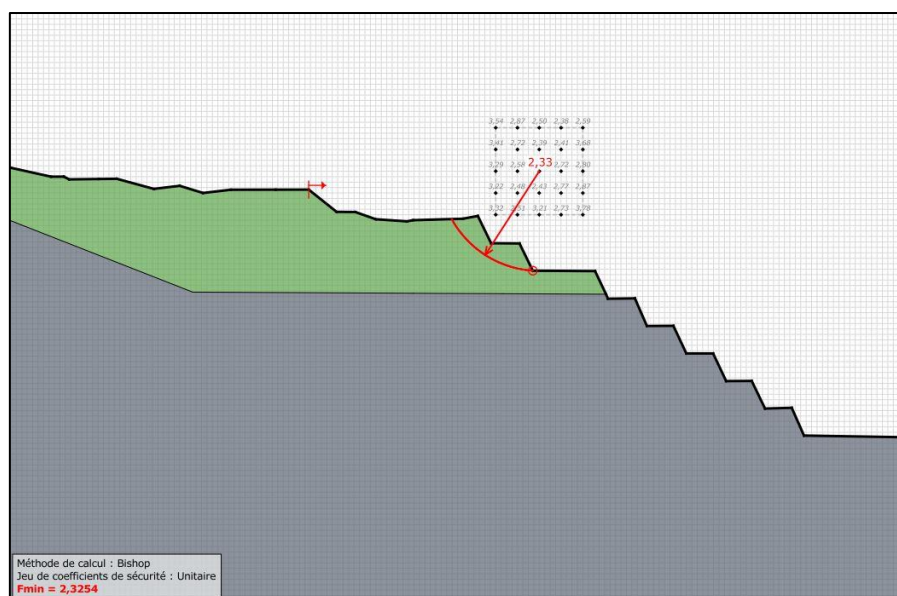


Figure N°218 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 34 (FS=2,33)

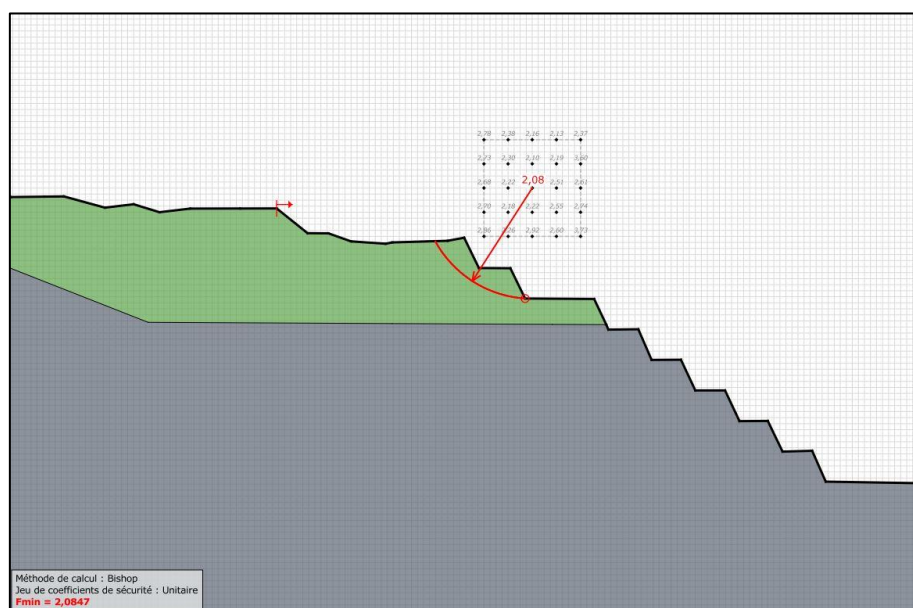


Figure N°219 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 34 (FS=2,08)

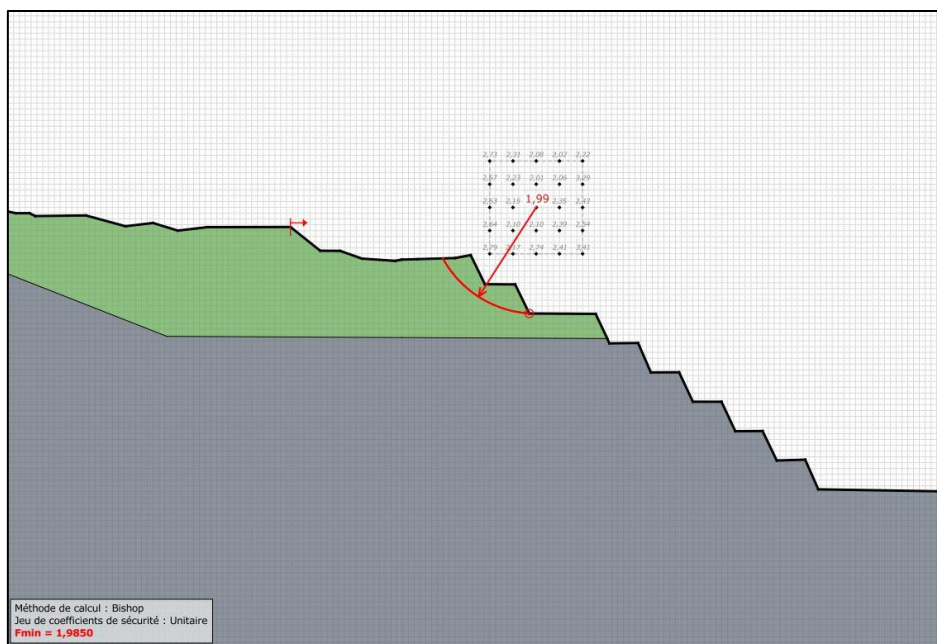


Figure N°220 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 34 (FS=1,99)

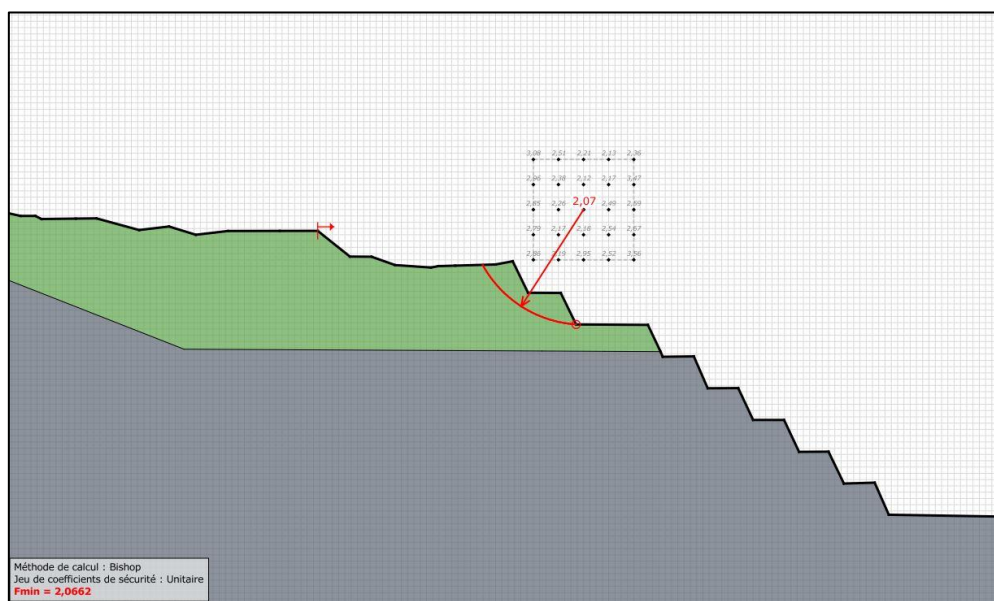


Figure N°221 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 34 (FS=2,07)

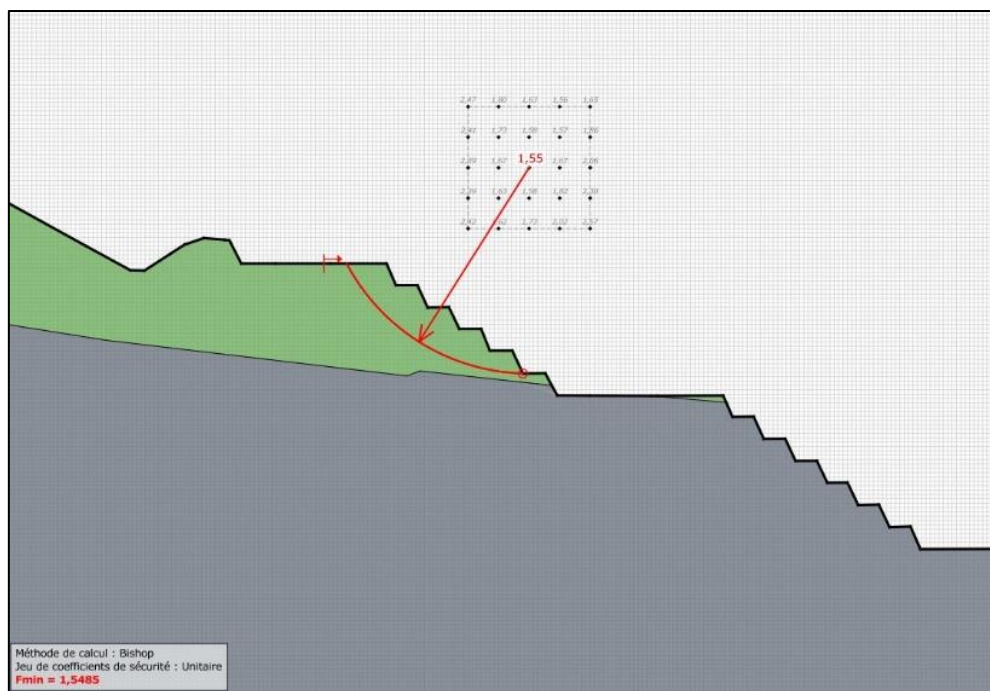


Figure N°222 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 35 (FS=1,55)

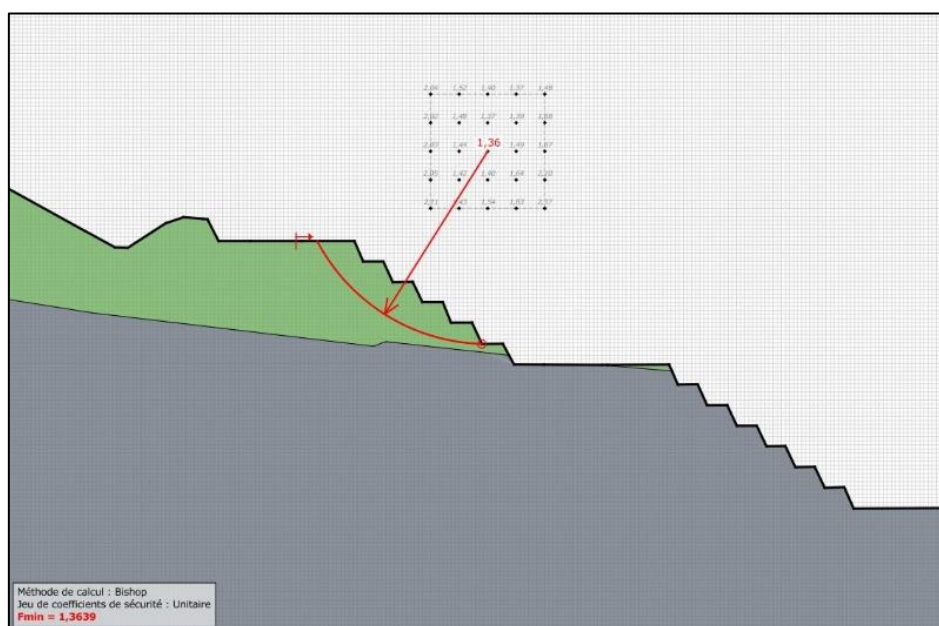


Figure N°223 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 35 (FS=1,36)

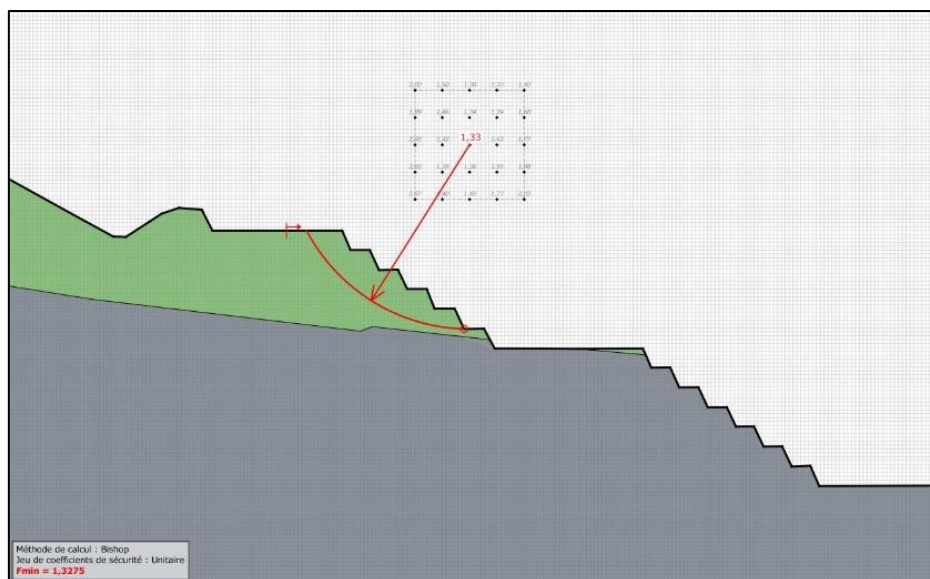


Figure N°224 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g – Coupe 35 (FS=1,33)

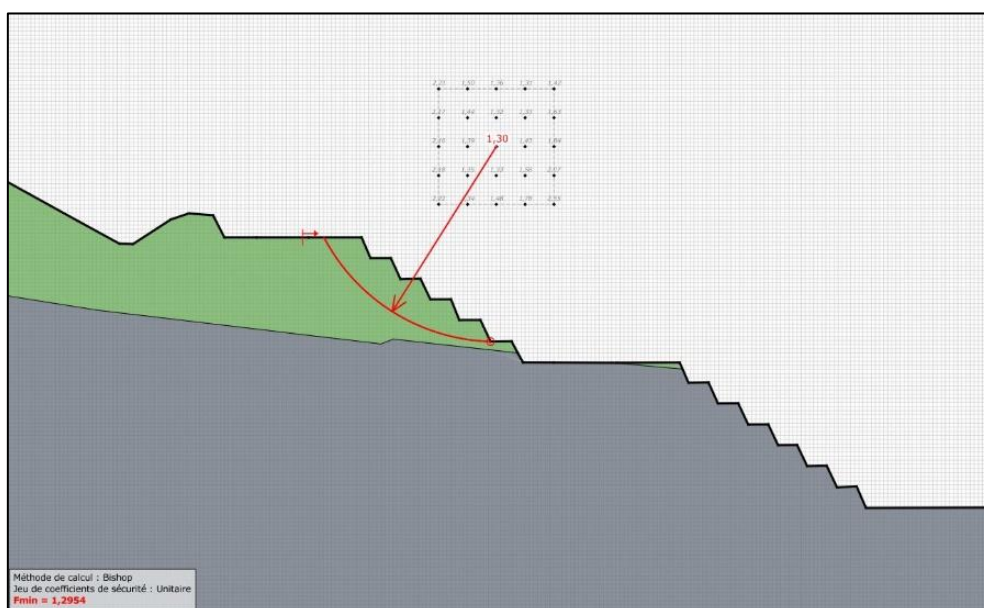


Figure N°225 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 35 (FS=1,3)

**ANNEXE 7 : ANALYSE DE LA STABILITE APRES
OPTIMISATION DE LA GEOMETRIE DES TALUS TERREUX
EN CONSIDERANT UNE PENTE INTEGRATRICE DE 30° -
FOSSE « PHILOFELE »**

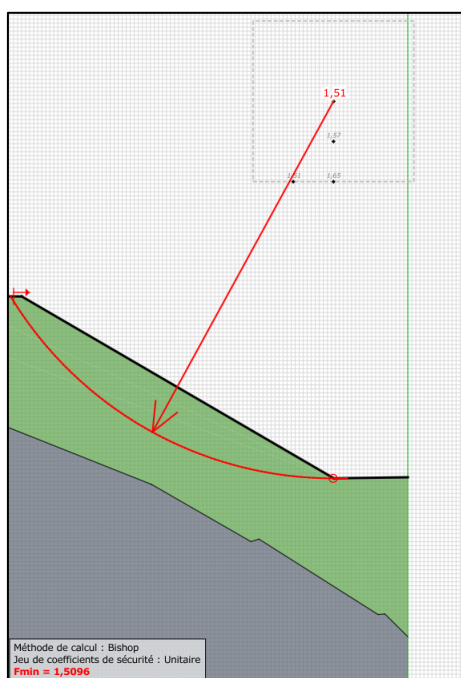


Figure N°226 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 12 (FS=1,51)

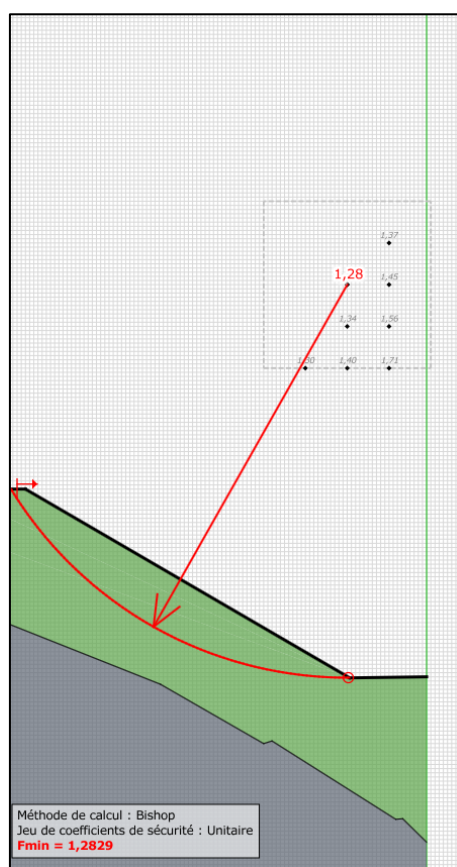


Figure N°227 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 12 (FS=1.28)

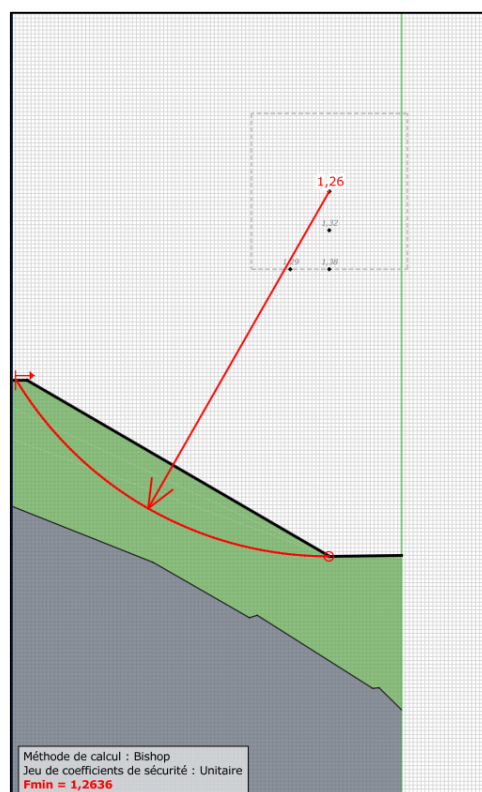


Figure N°228 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 12 (FS=1.26)

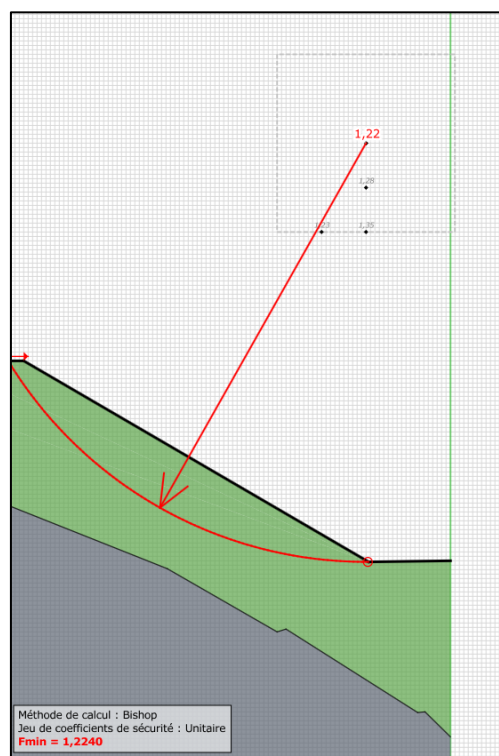
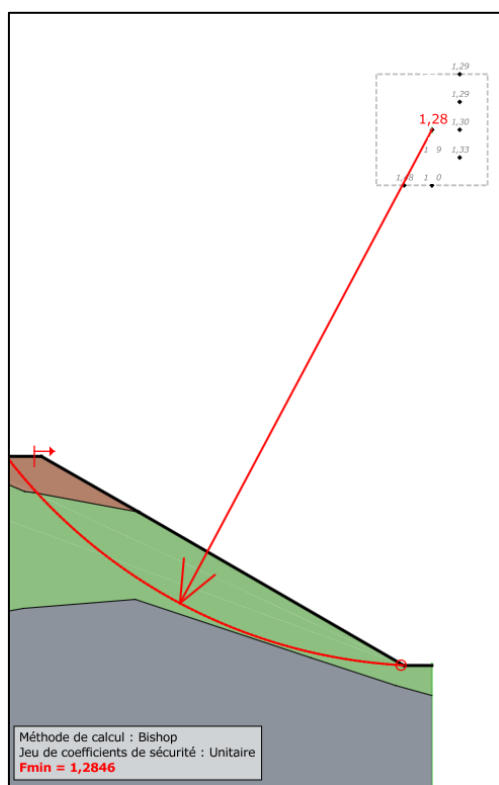
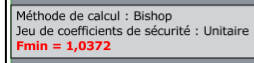
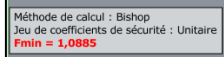


Figure N°229 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 12 (FS=1.22)





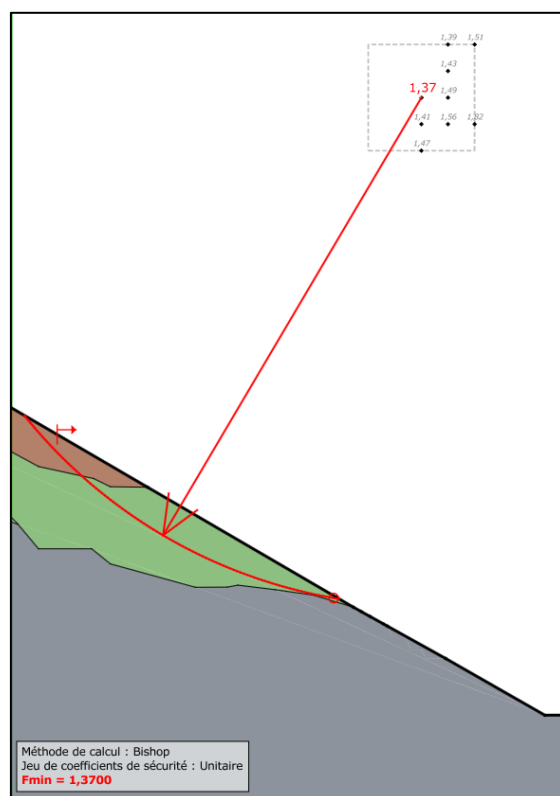


Figure N°234 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 16 (FS=1.37)

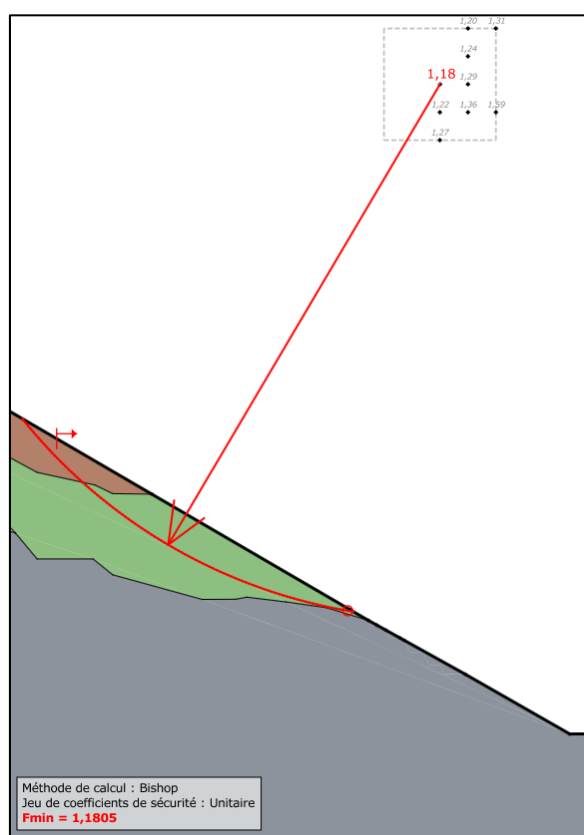


Figure N°235 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 16 (FS=1.18)

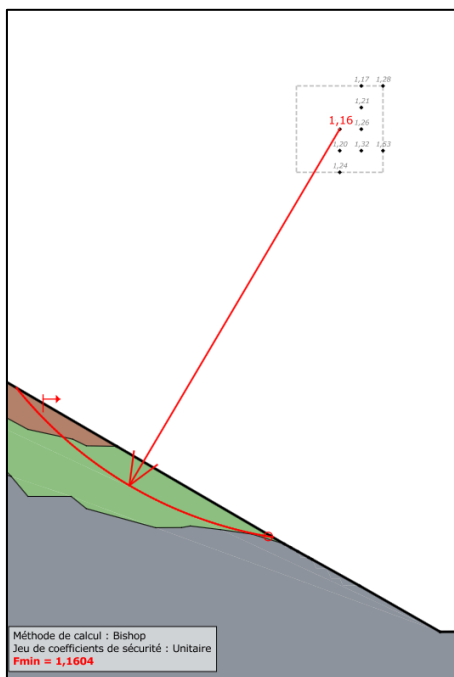


Figure N°236 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 16 (FS=1.16)

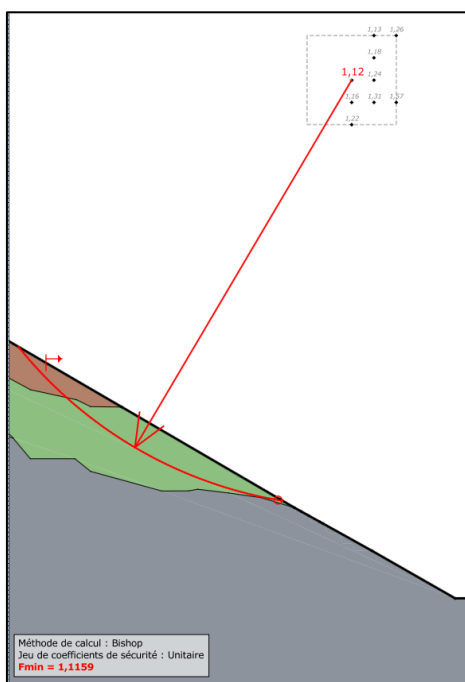


Figure N°237 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 16 (FS=1.12)

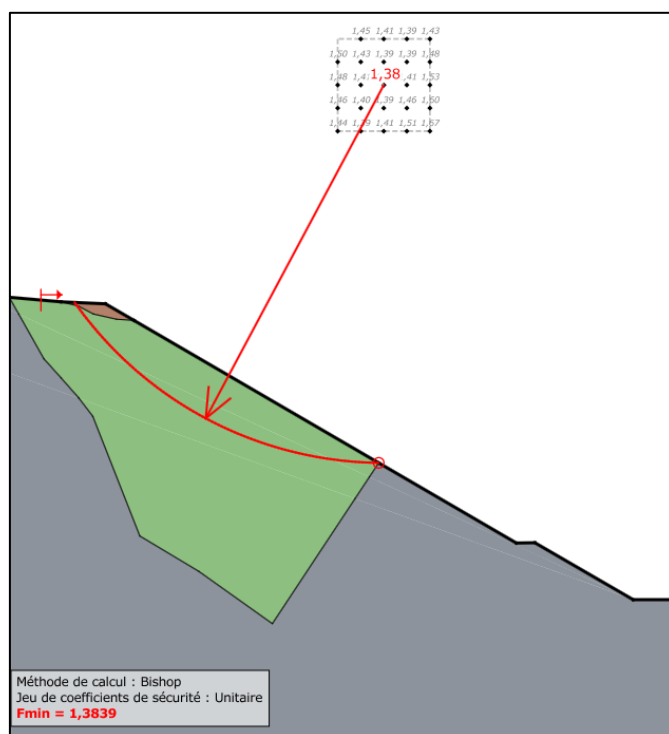


Figure N°238 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 18 (FS=1,38)

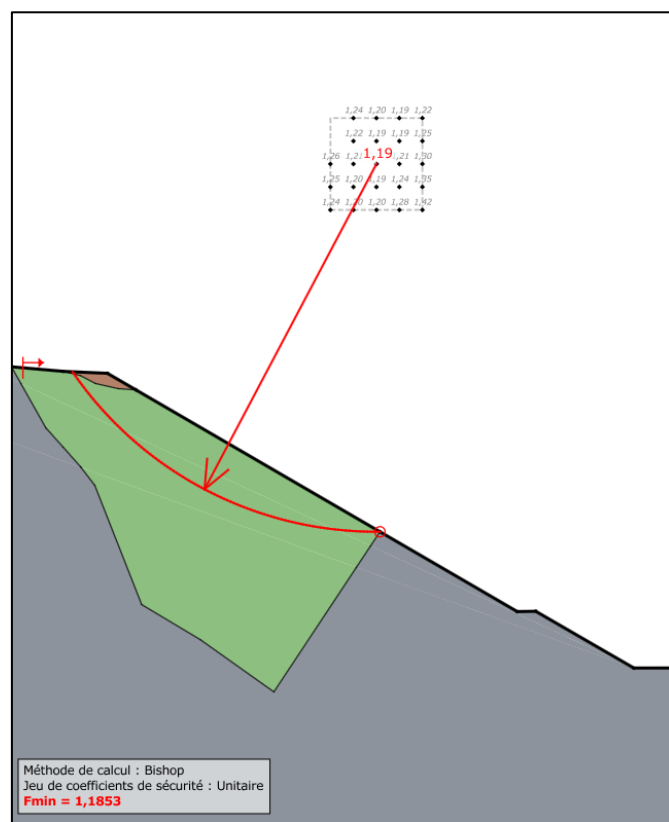


Figure N°239 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 18 (FS=1.19)

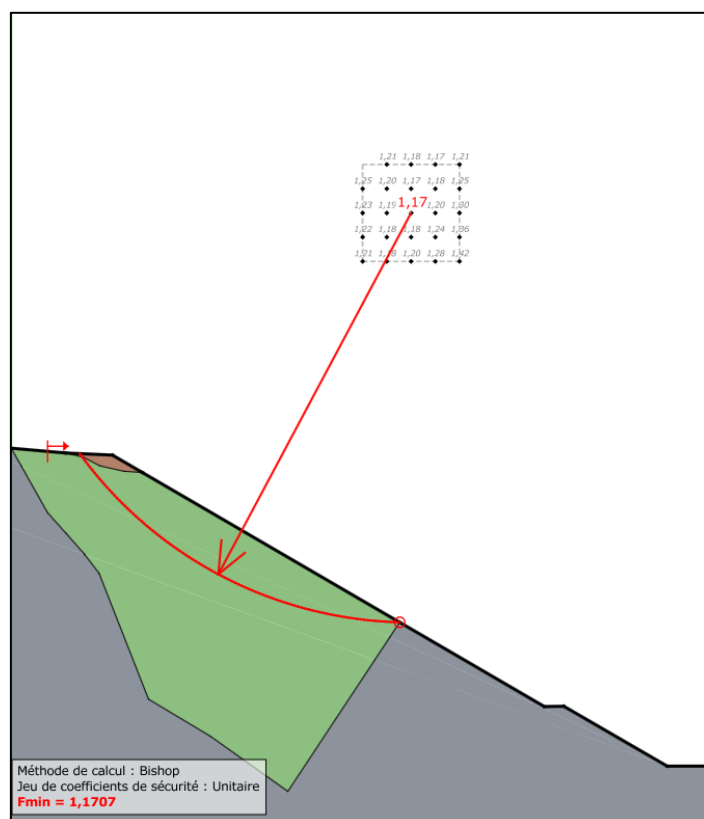


Figure N°240 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 18 (FS=1.17)

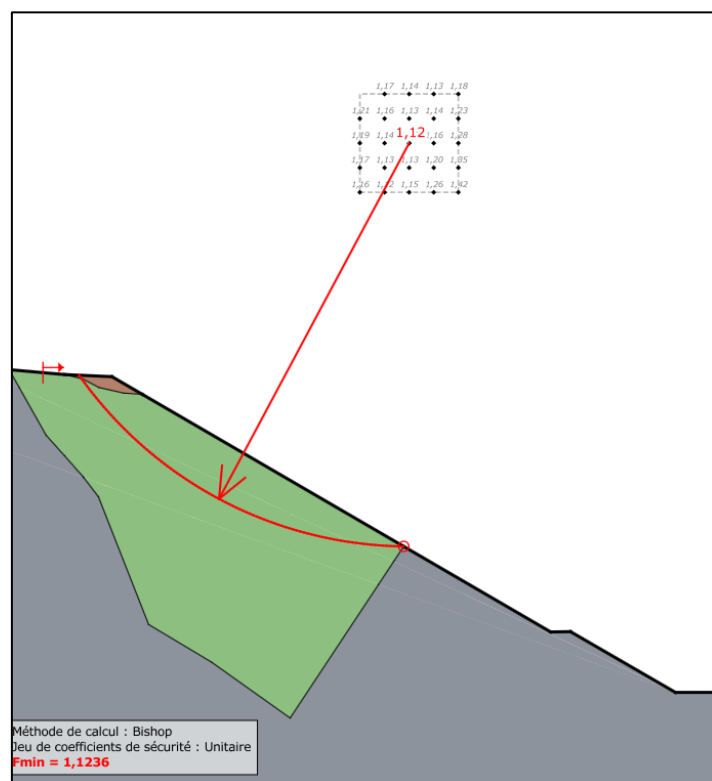


Figure N°241 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 18 (FS=1.12)

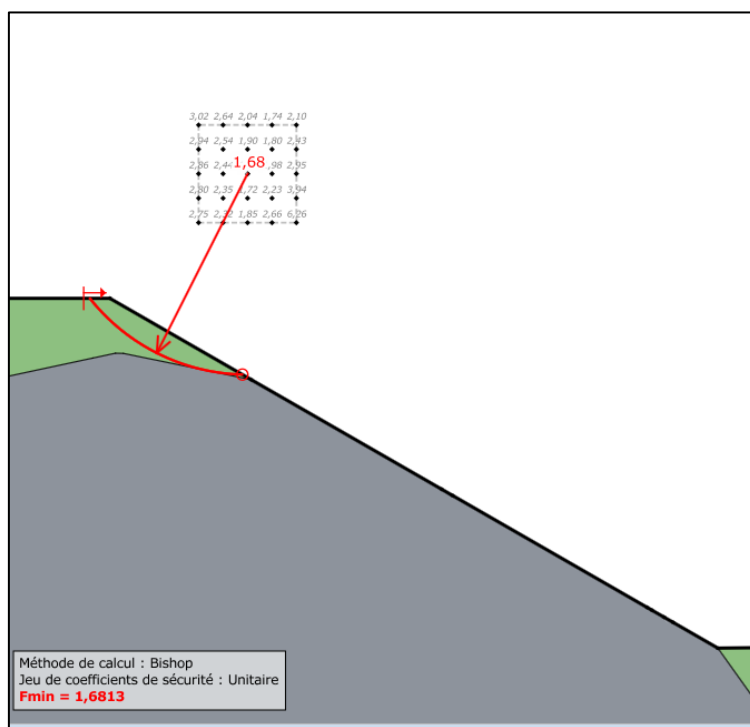


Figure N°242 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 23 (FS=1.68)

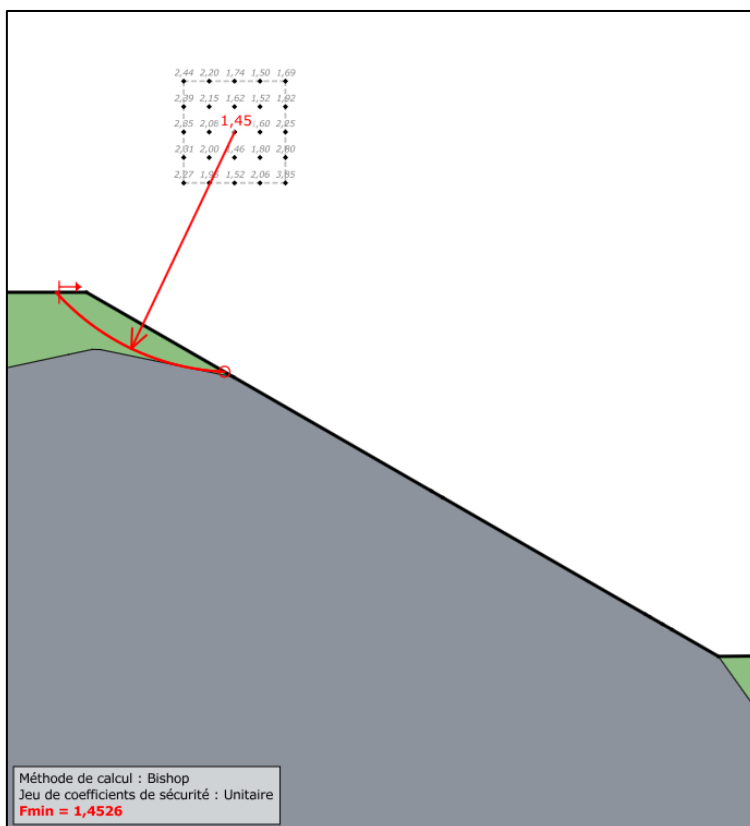


Figure N°243 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 23 (FS=1.45)

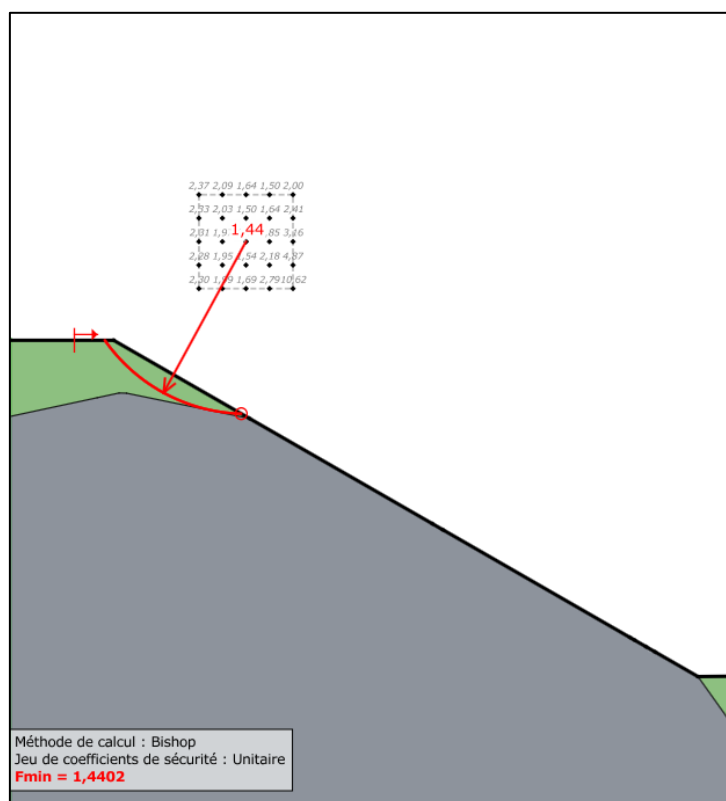


Figure N°244 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 23 (FS=1,44)

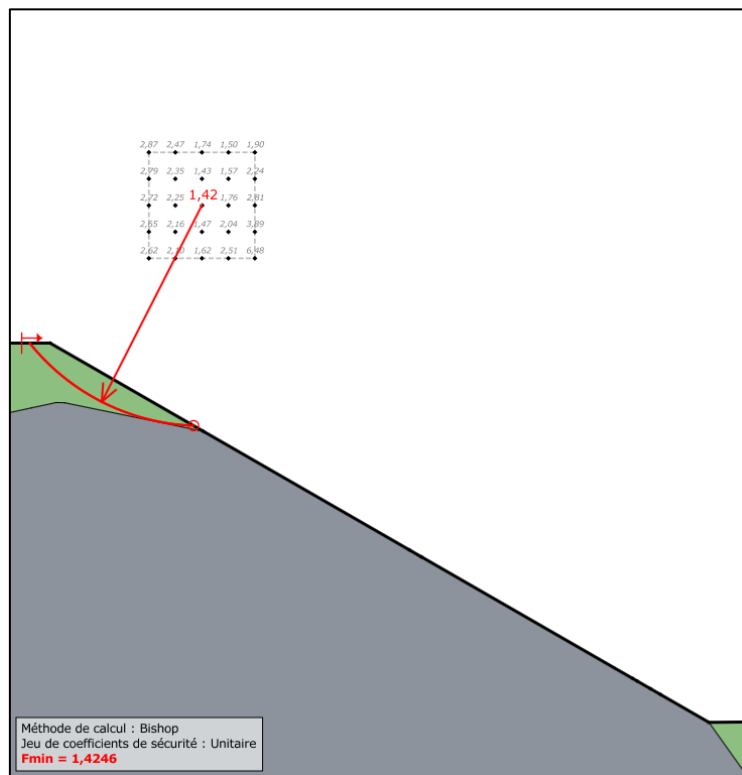


Figure N°245 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 23 (FS=1.42)

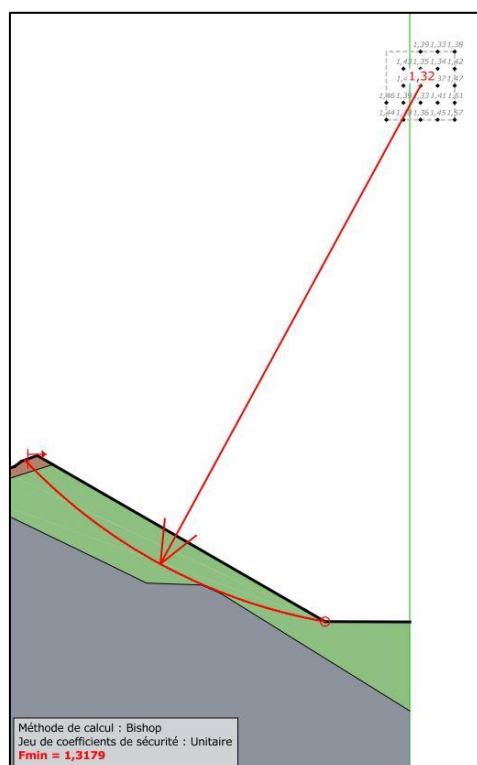


Figure N°246 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 29 (FS=1,32)

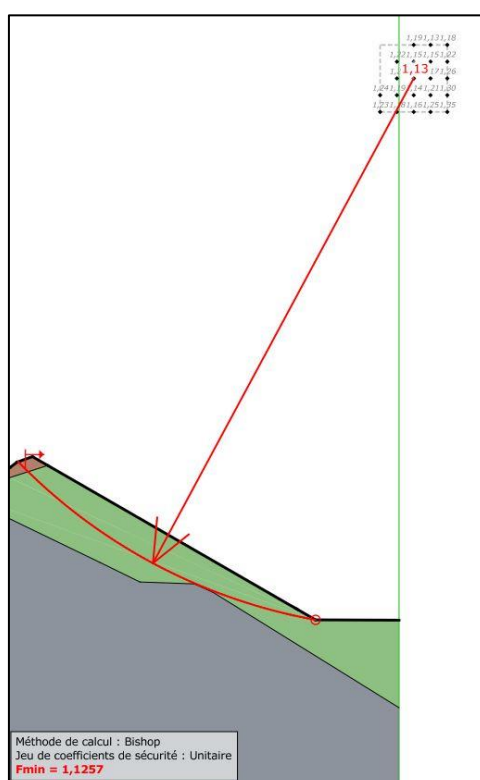


Figure N°247 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 29 (FS=1.13)

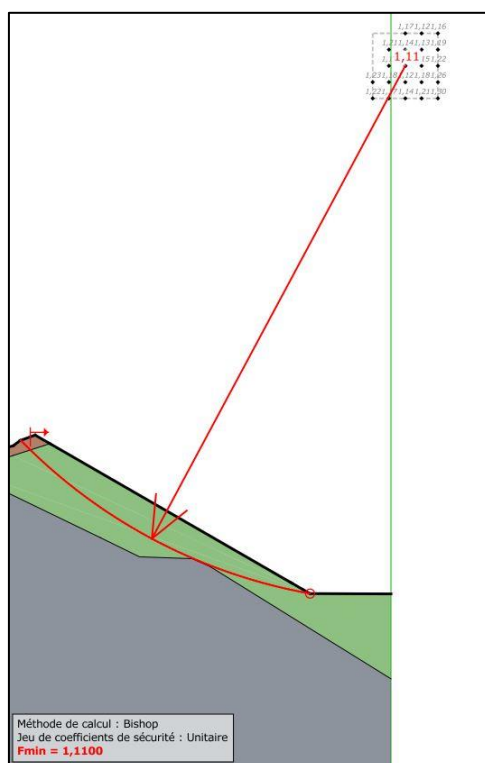


Figure N°248 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 29 (FS=1.11)

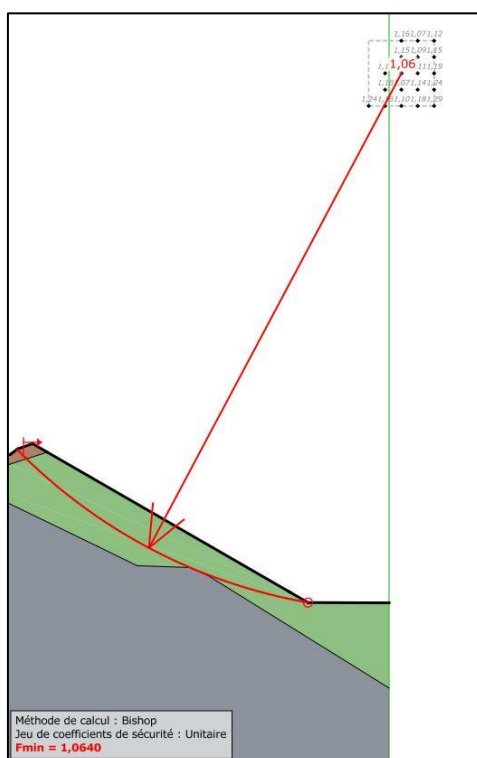


Figure N°249 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 29 (FS=1.06)

**ANNEXE 8 : ANALYSE DE LA STABILITE APRES
OPTIMISATION DE LA GEOMETRIE DES TALUS TERREUX
EN CONSIDERANT UNE PENTE INTEGRATRICE DE 25° -
FOSSE « PHILOFELE »**

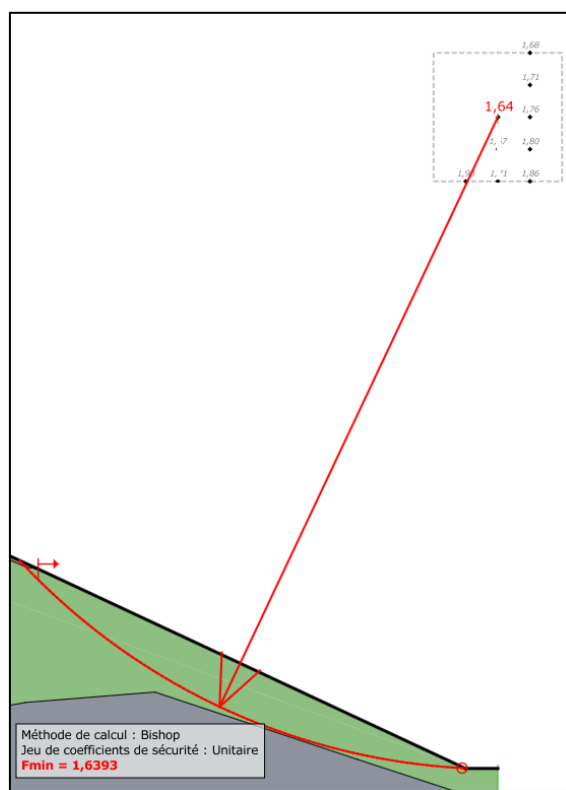


Figure N°250 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 15 (FS=1,64)

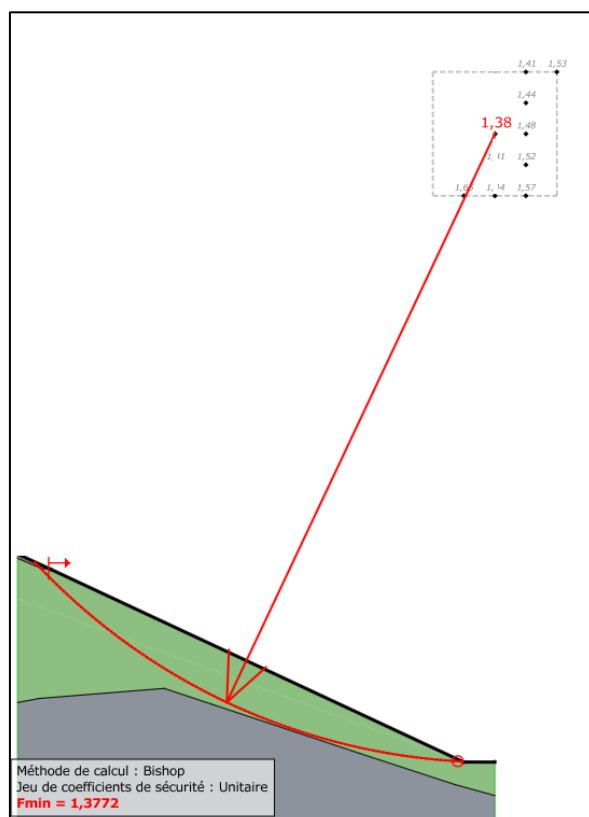


Figure N°251 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g – Coupe 15 (FS=1,38)

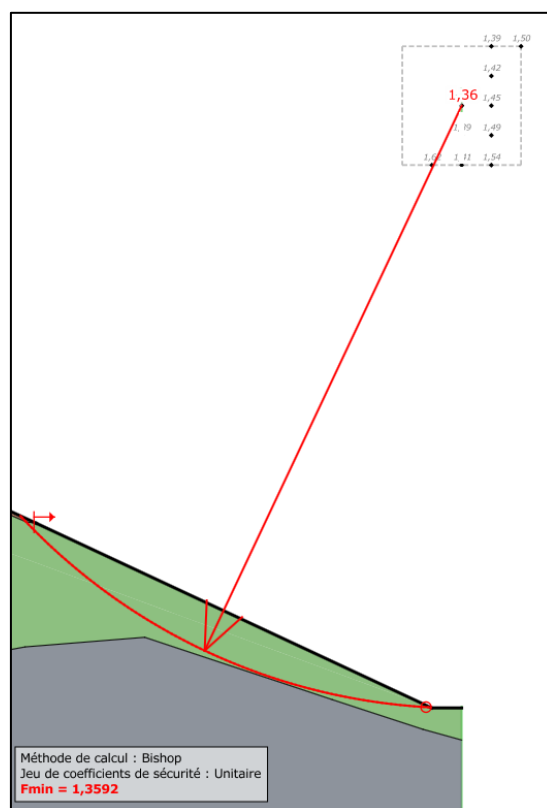


Figure N°252 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 15 (FS=1,36)

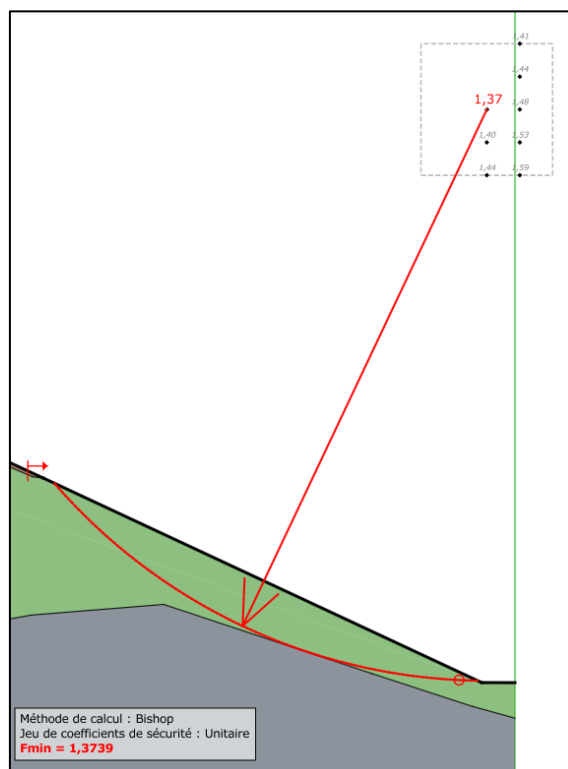


Figure N°253 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 15 (FS=1,37)

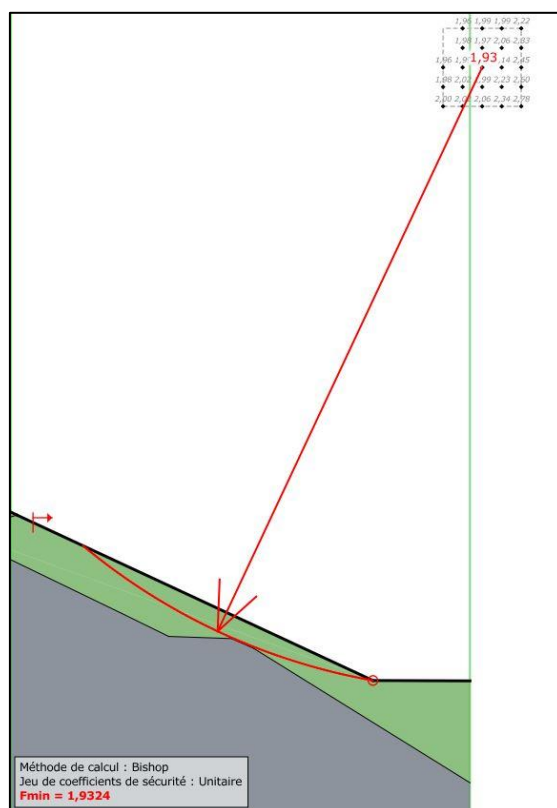


Figure N°254 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » en conditions normales - Coupe 29 (FS=1,93)

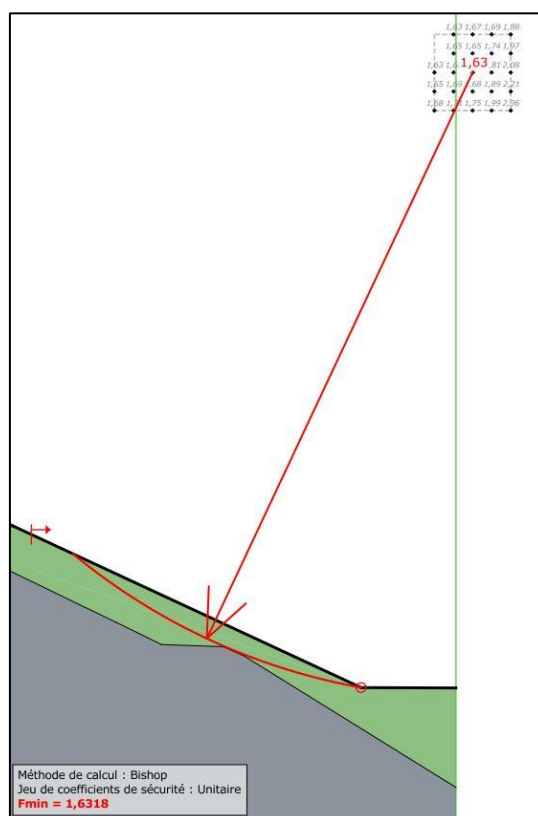


Figure N°255 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 29 (FS=1,63)

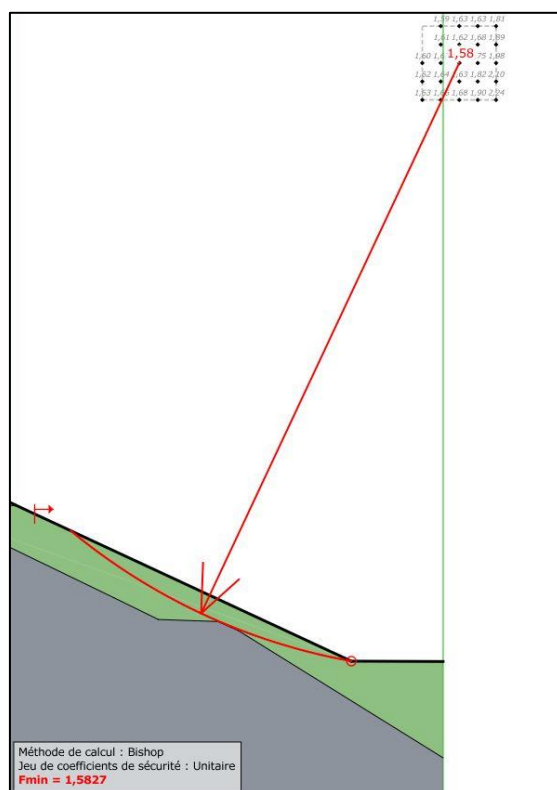
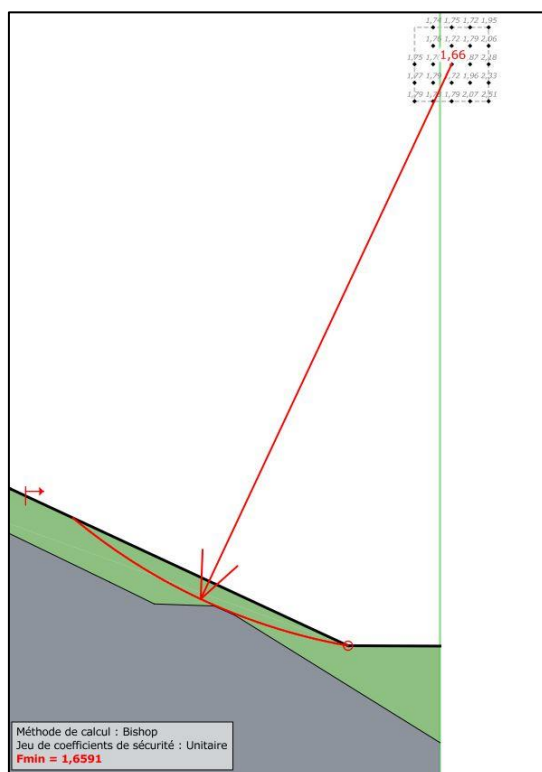


Figure N°256 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 29 (FS=1,58)



**ANNEXE 9 : COUPES GEOTECHNIQUES - FOSSE «
PHILOFELE NORD »**

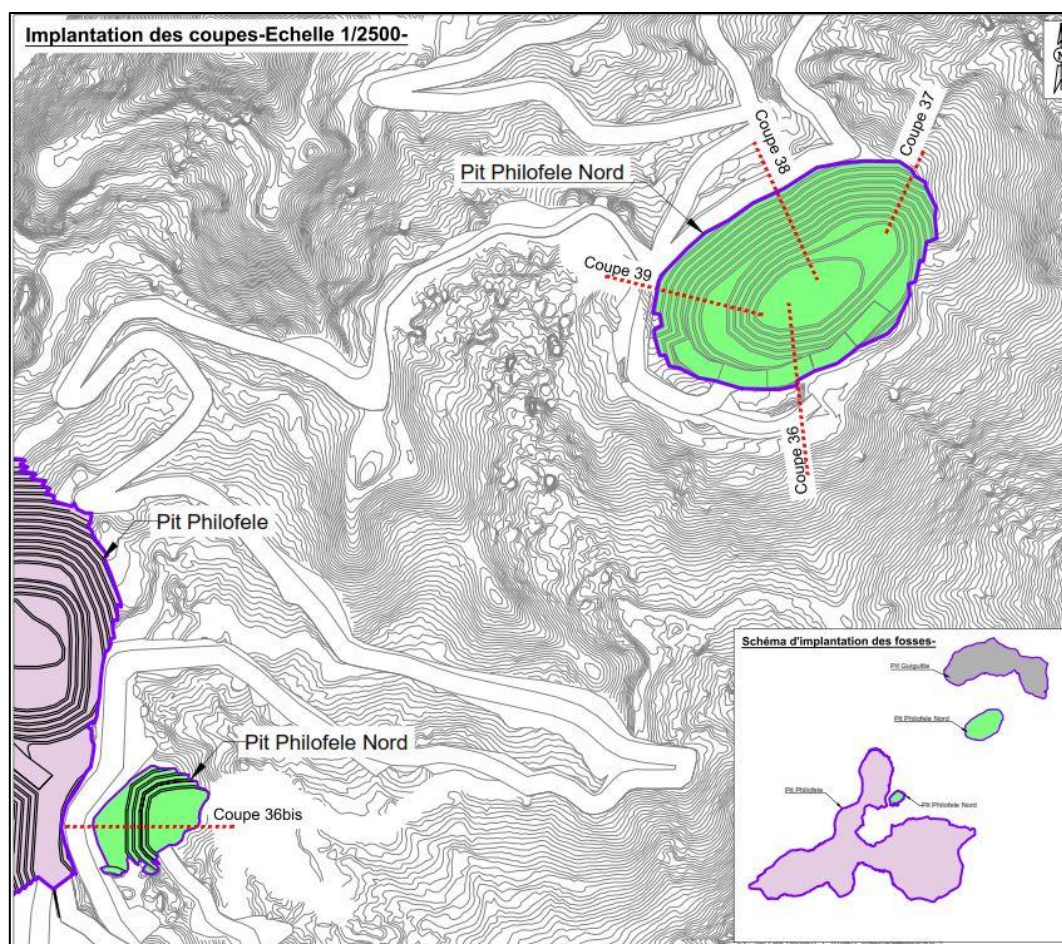


Figure N°258 : Implantation des coupes géotechniques de la fosse « Philofele Nord »

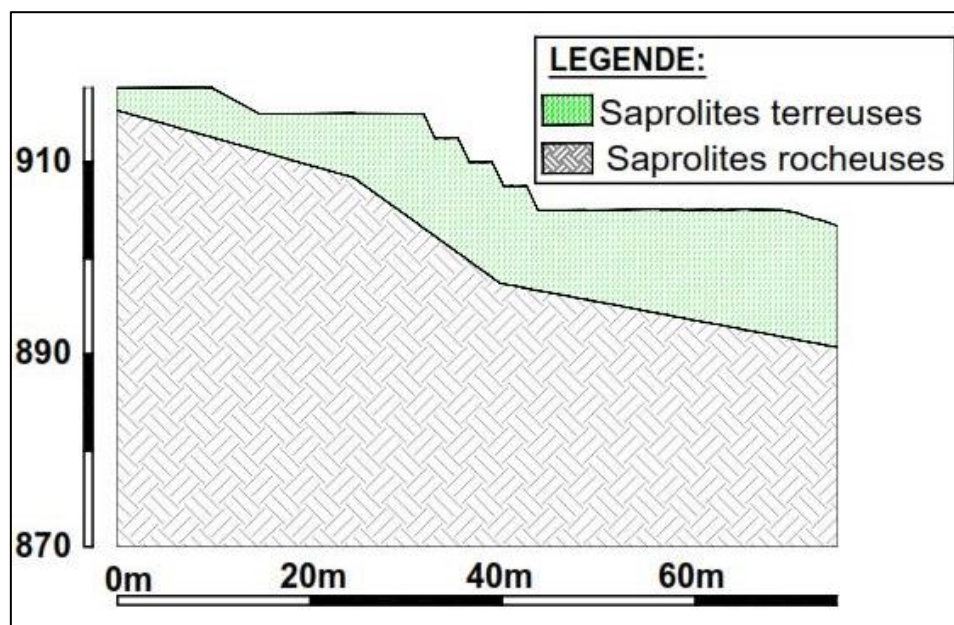


Figure N°259 : Coupe N°36 bis

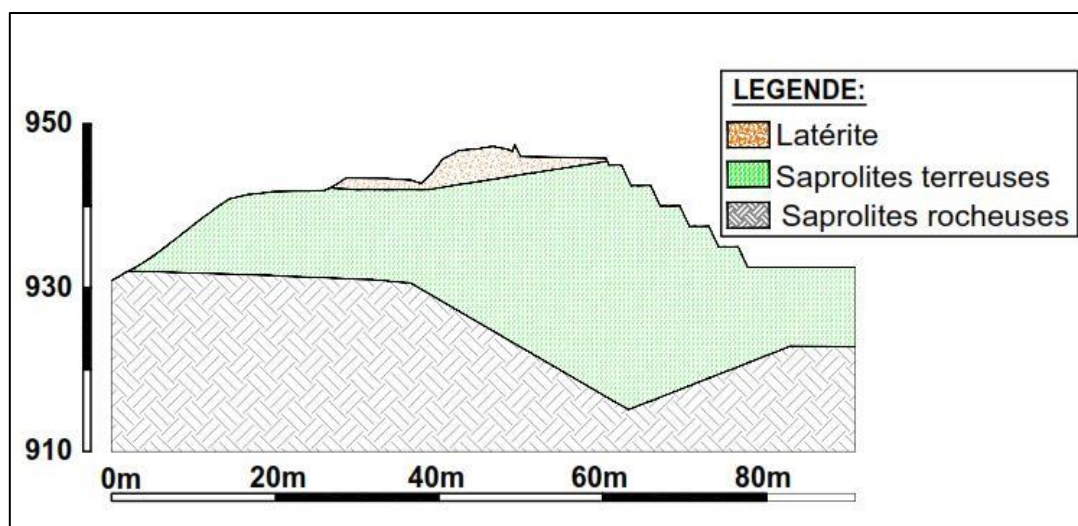


Figure N°260 : Coupe N°36

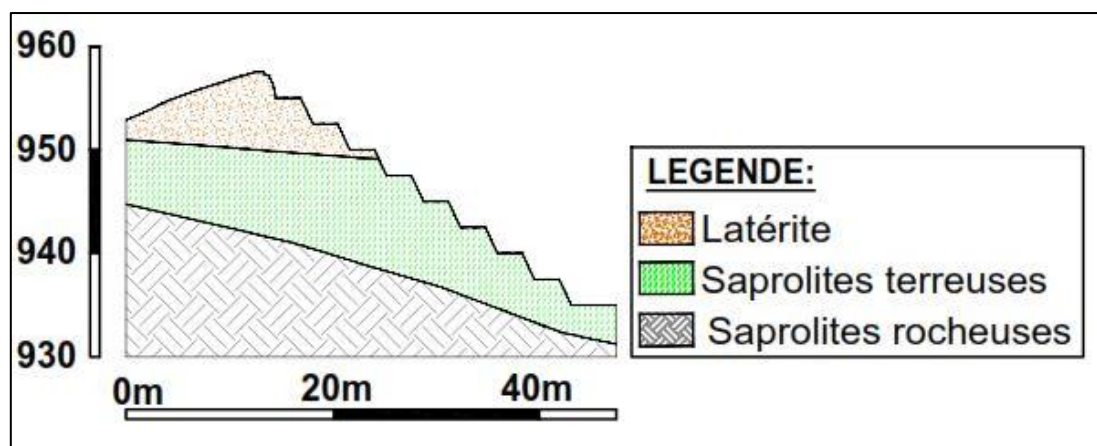


Figure N°261 : Coupe N°37

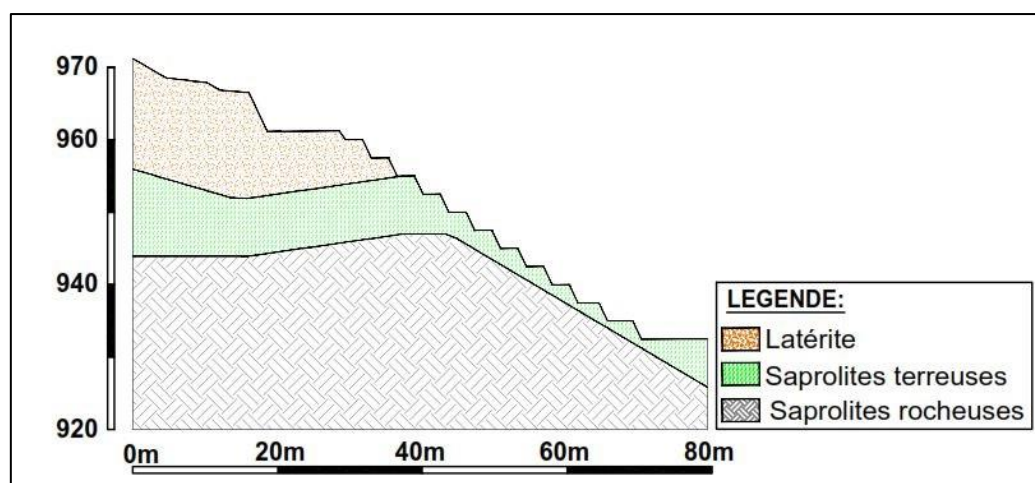


Figure N°262 : Coupe N°38

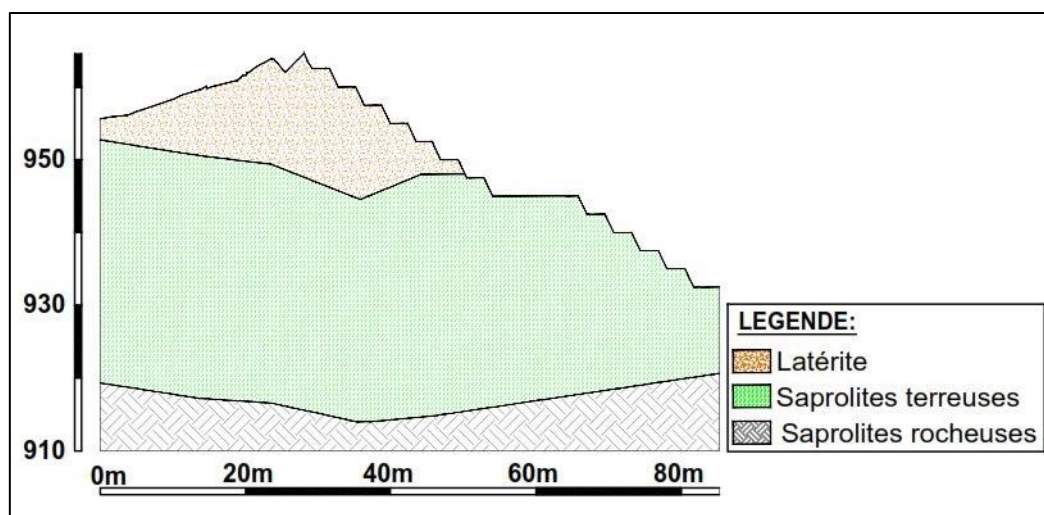


Figure N°263 : Coupe N°39

**ANNEXE 10 : ANALYSE DE STABILITE DES TALUS TERREUX -
FOSSE « PHILOFELE NORD »**

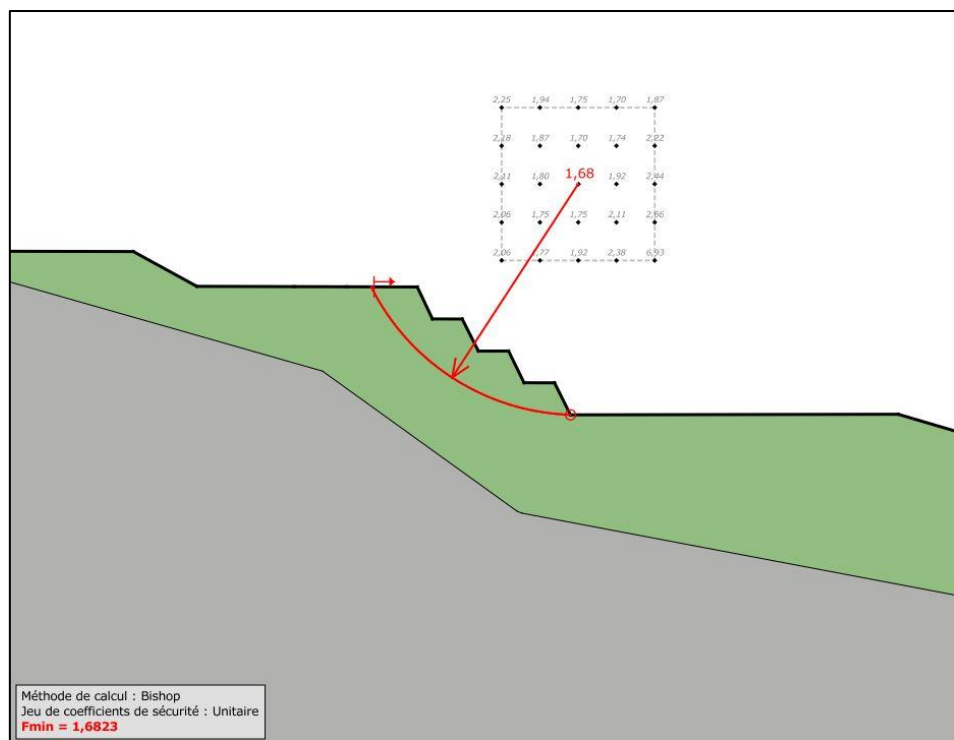


Figure N°264 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » en conditions normales - Coupe 36 bis (FS=1,68)

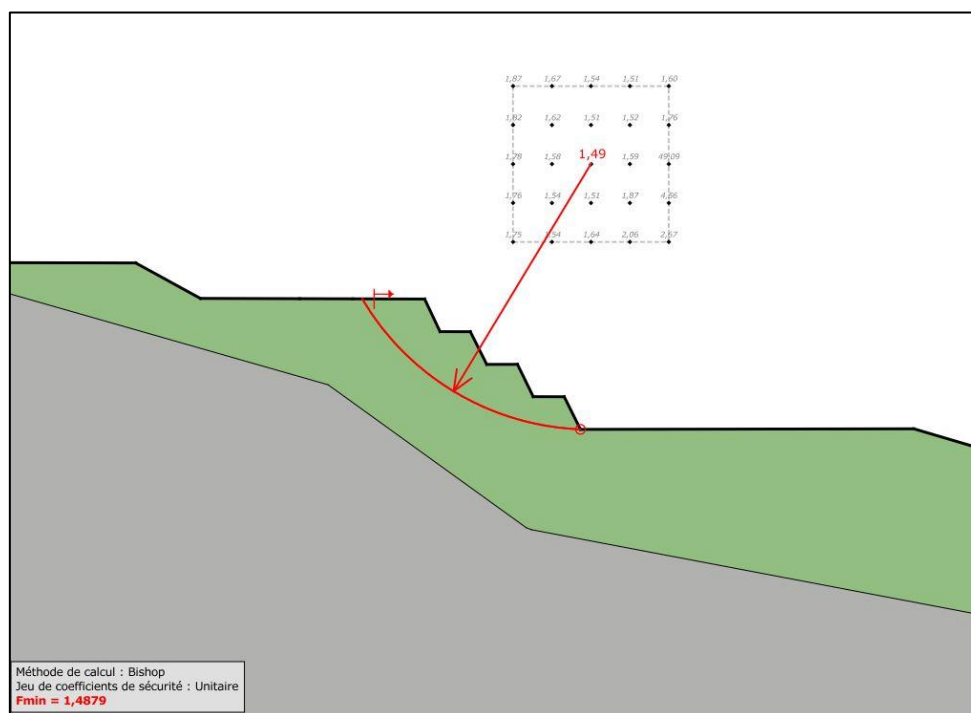


Figure N°265 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 36 bis (FS=1,49)

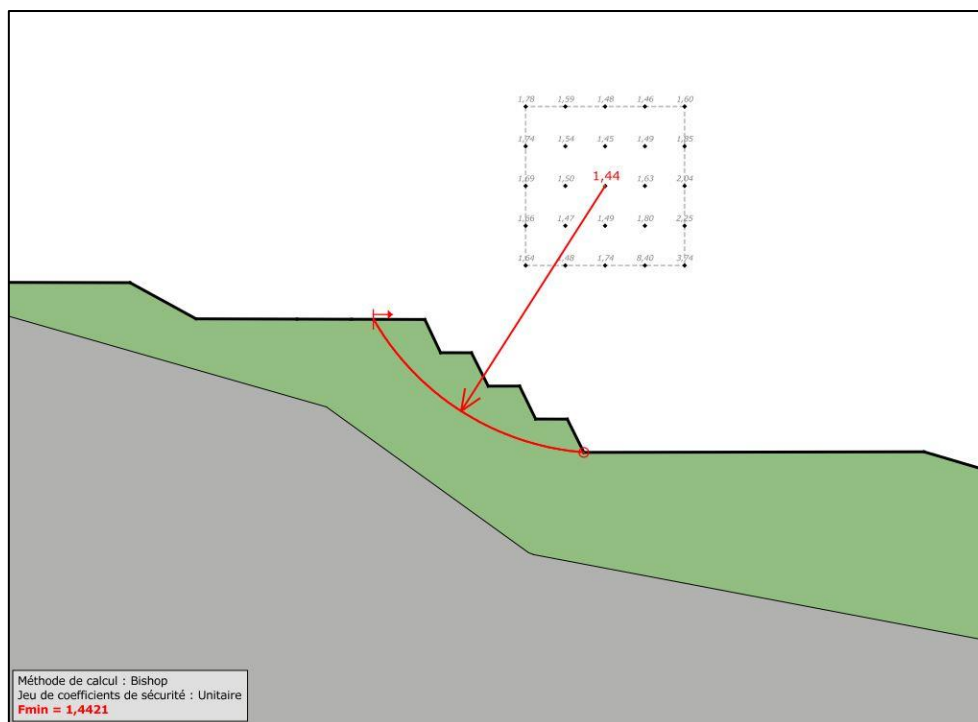


Figure N°266 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 36 bis (FS=1,44)

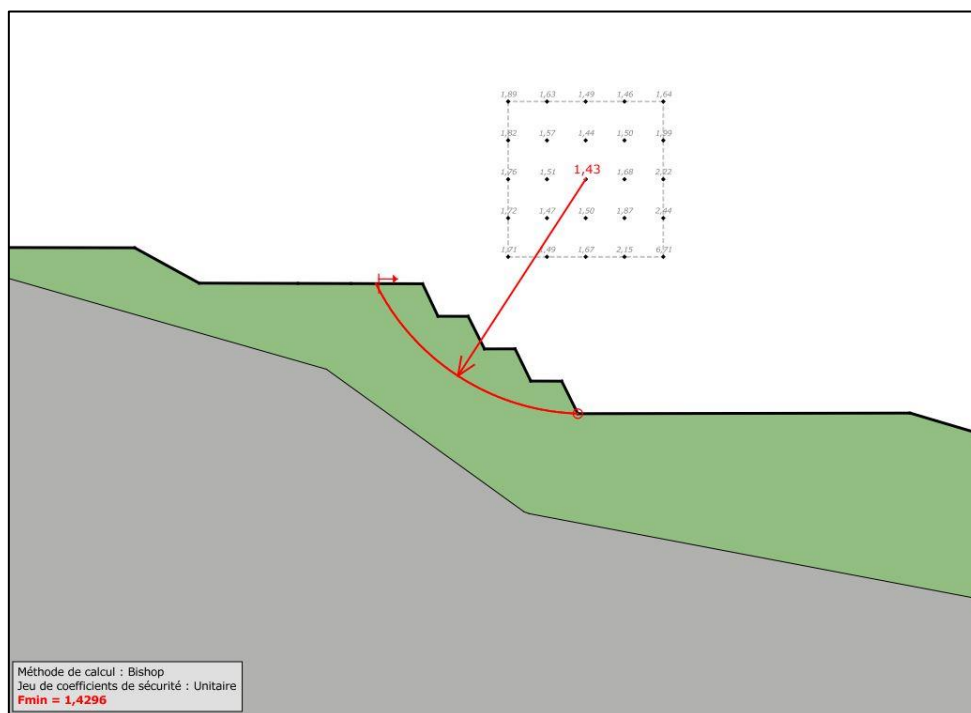


Figure N°267 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 36 bis (FS=1,43)

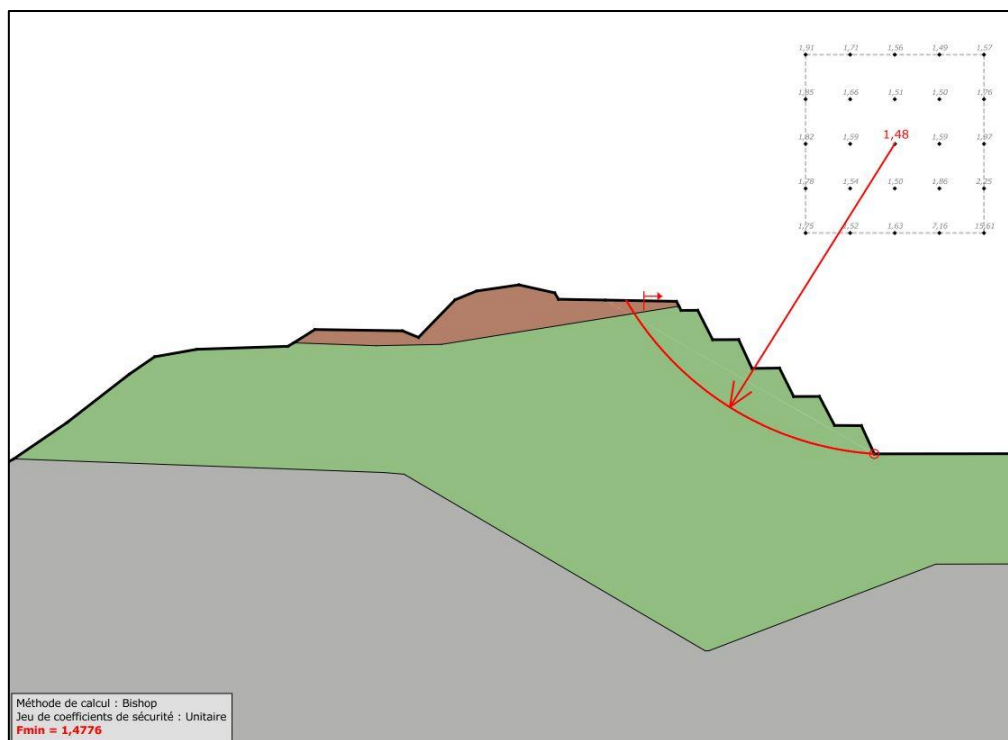


Figure N°268 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » en conditions normales - Coupe 36 (FS=1,48)

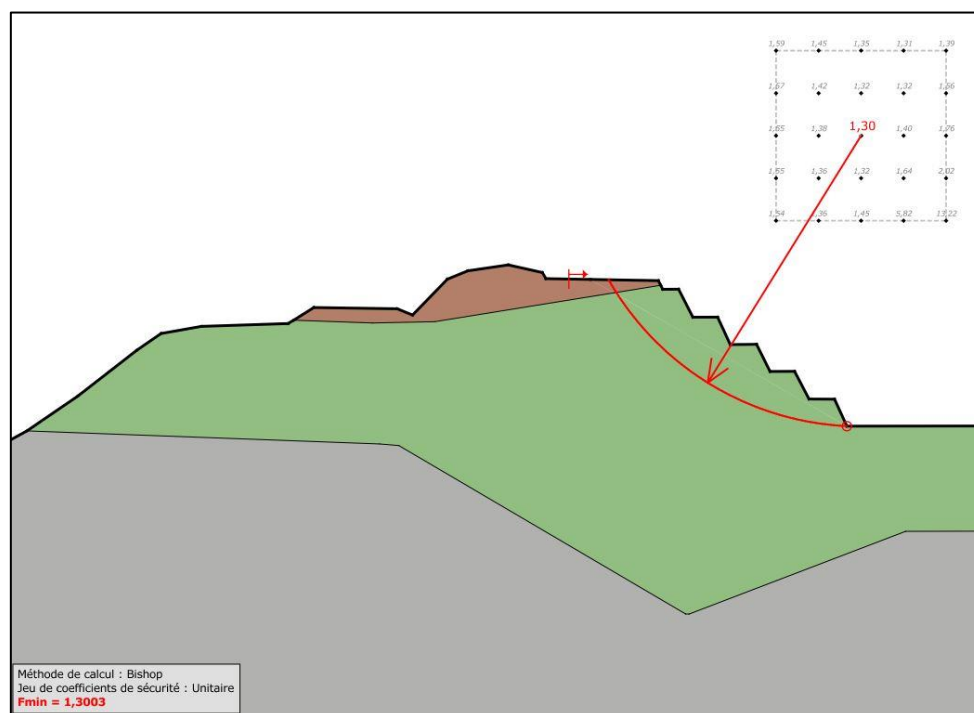


Figure N°269 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 36 (FS=1,3)

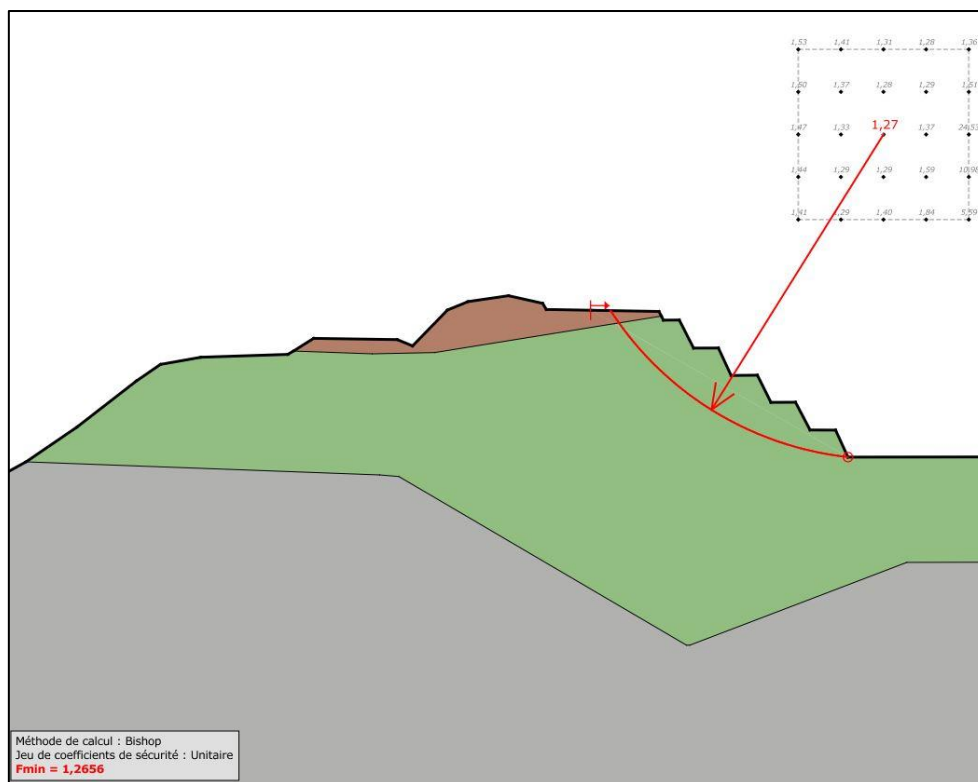


Figure N°270 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 36 (FS=1,27)

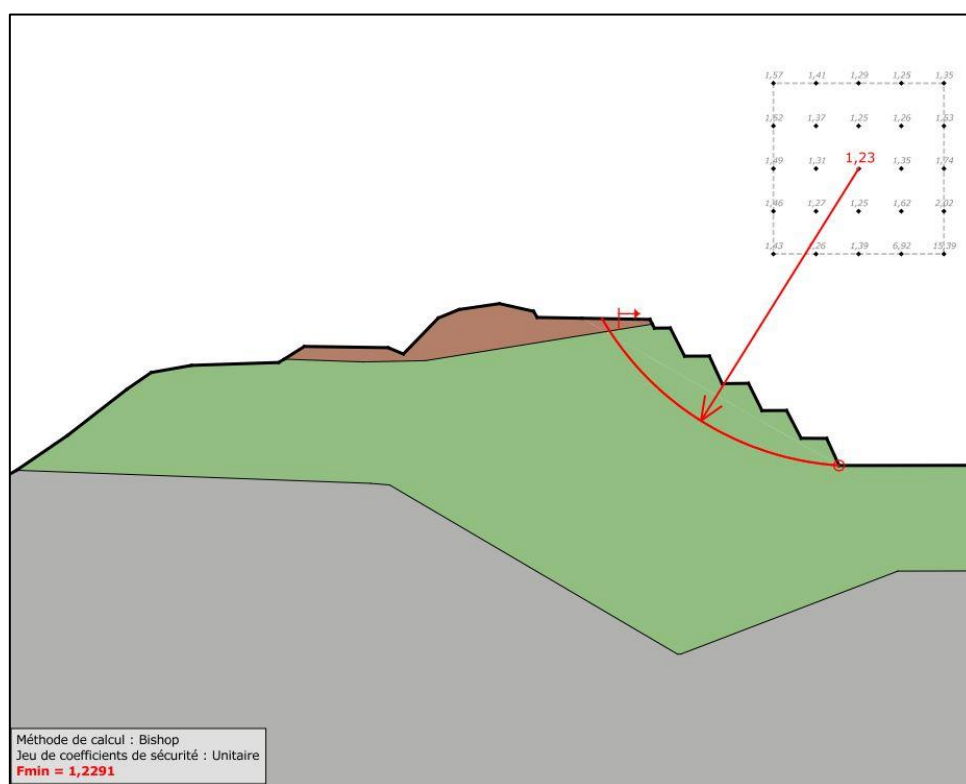


Figure N°271 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 36 (FS=1,23)

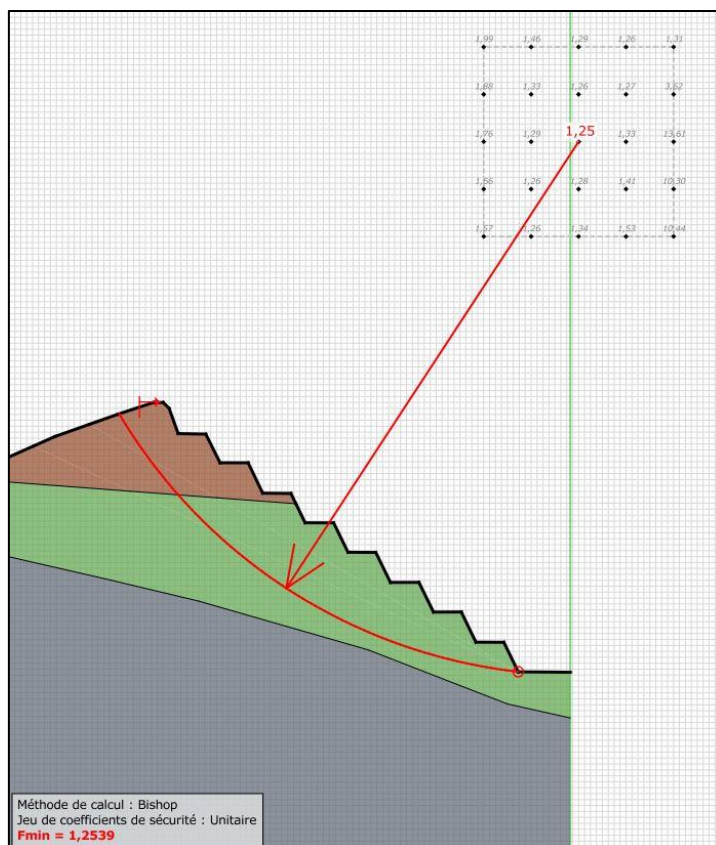


Figure N°272 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » en conditions normales - Coupe 37 (FS=1,25)

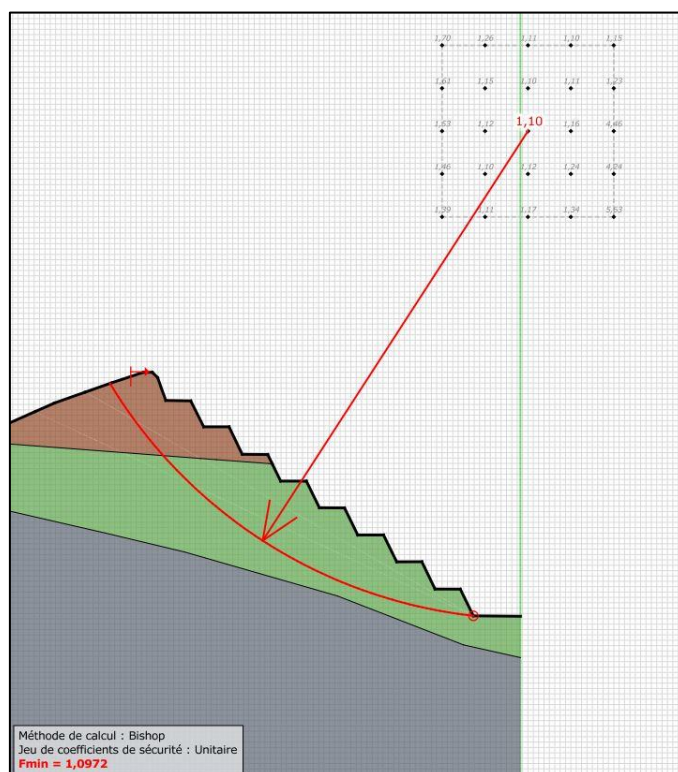


Figure N°273 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 37 (FS=1,1)

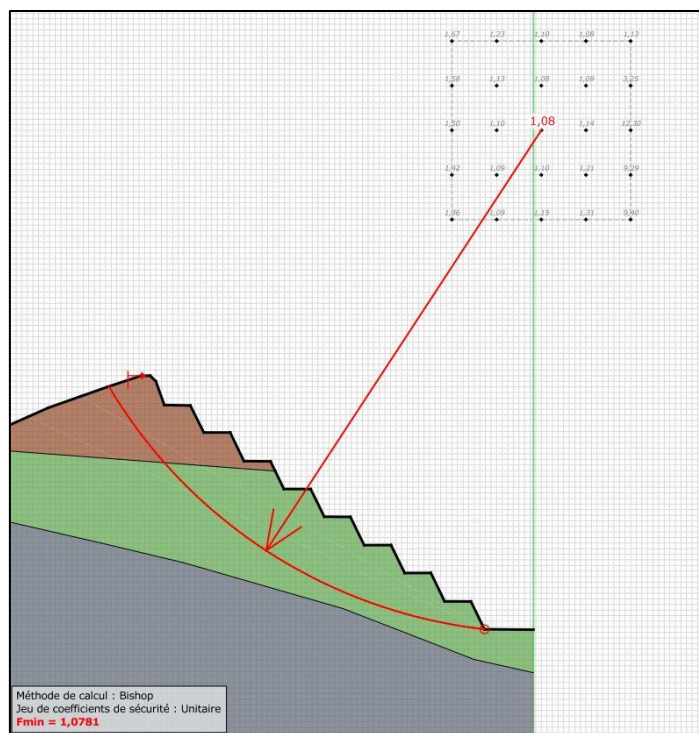


Figure N°274 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 37 (FS=1,08)

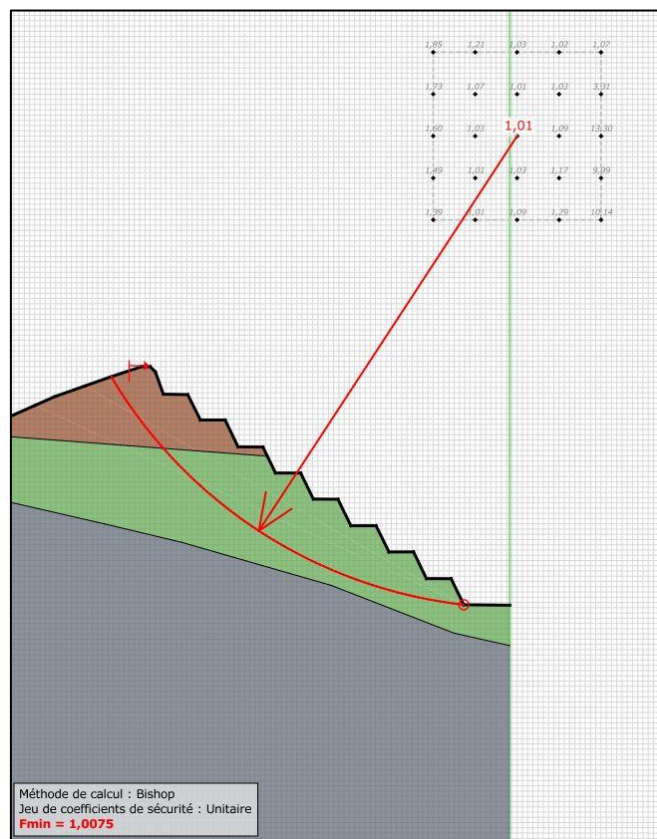


Figure N°275 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 37 (FS=1,01)

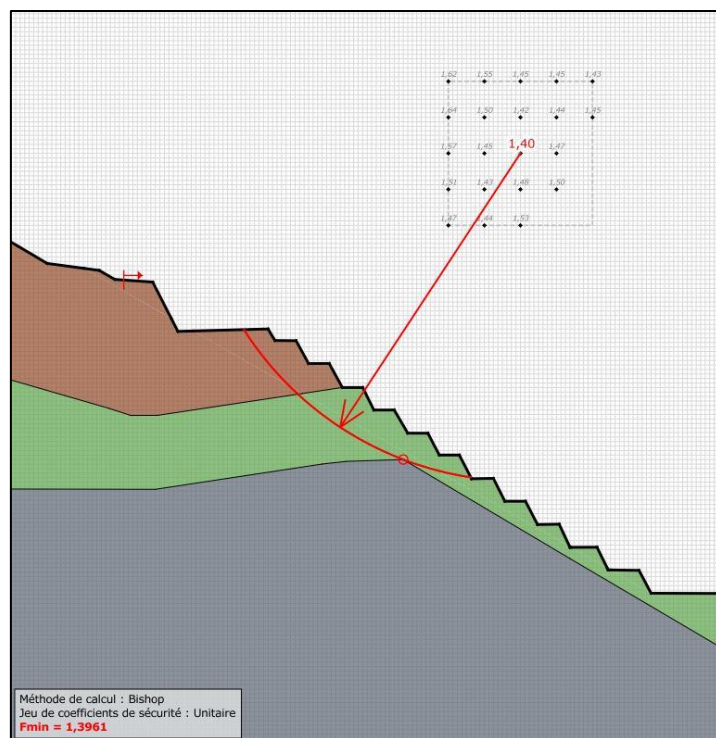


Figure N°276 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » en conditions normales - Coupe 38 (FS=1,40)

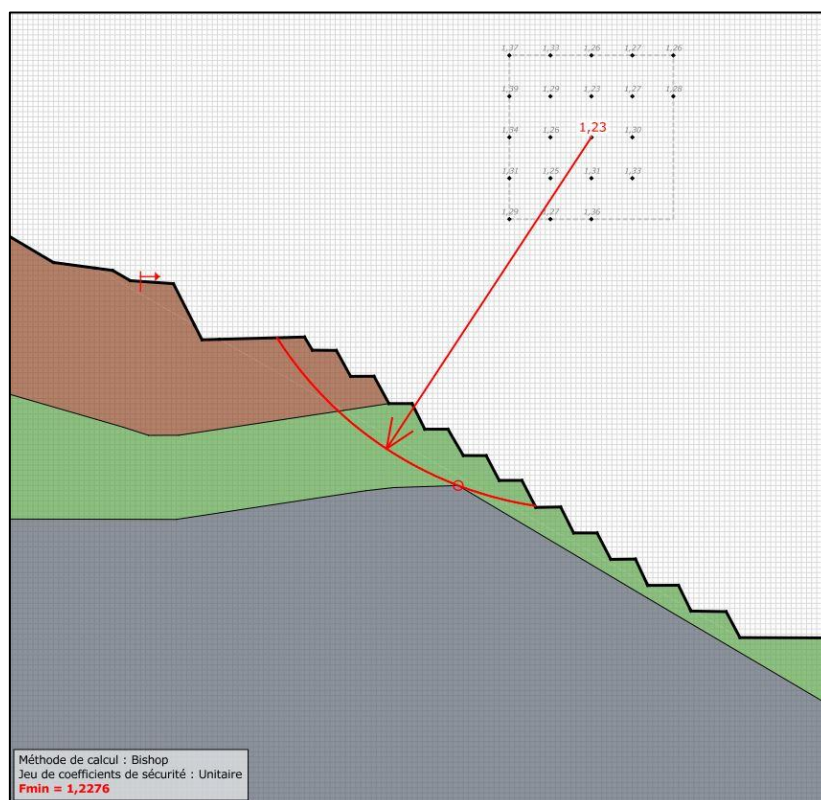


Figure N°277 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 38 (FS=1,23)

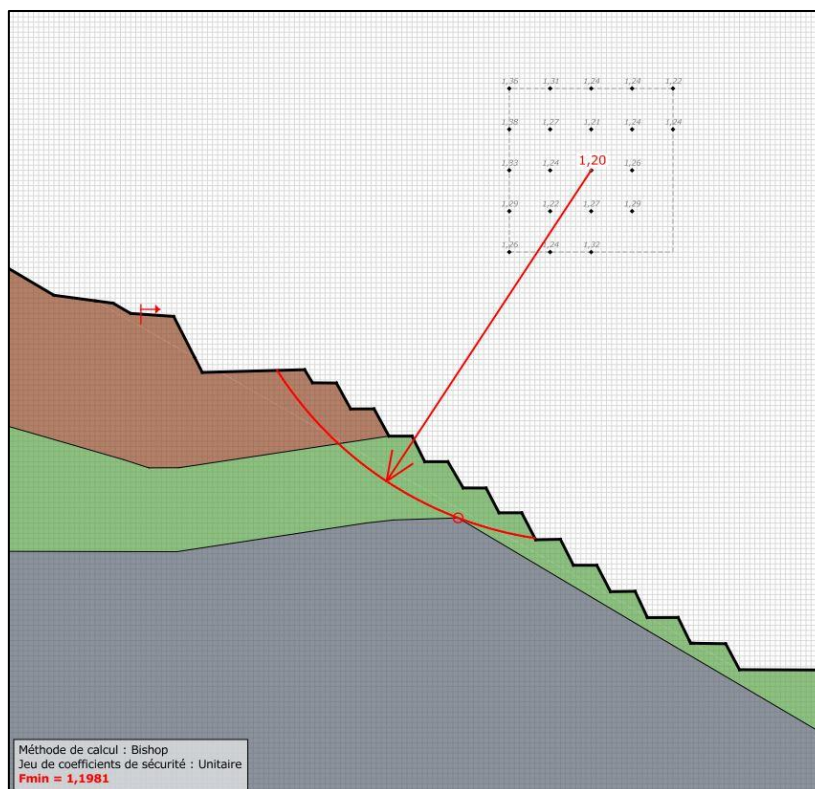


Figure N°278 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 38 (FS=1,2)

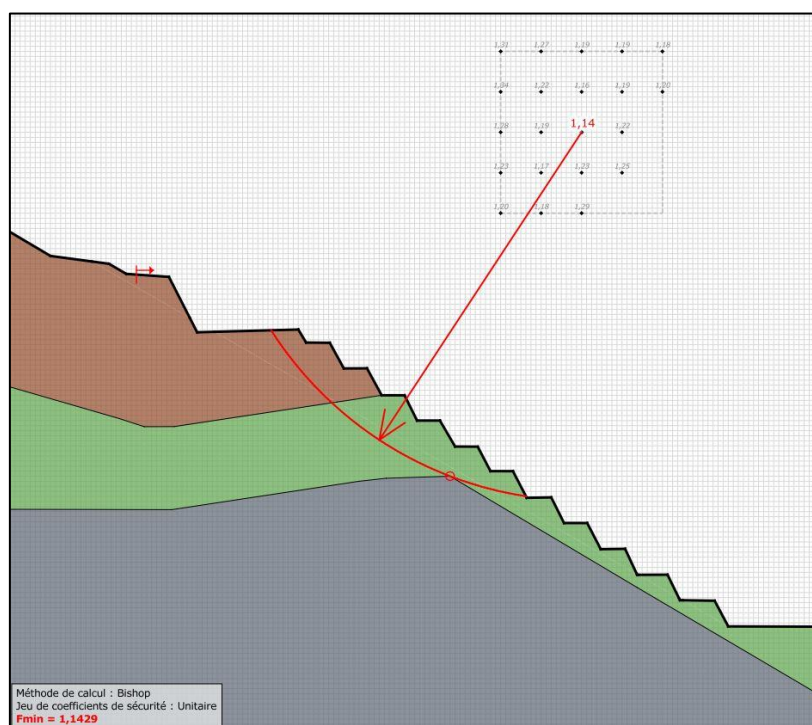


Figure N°279 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 38 (FS=1,14)

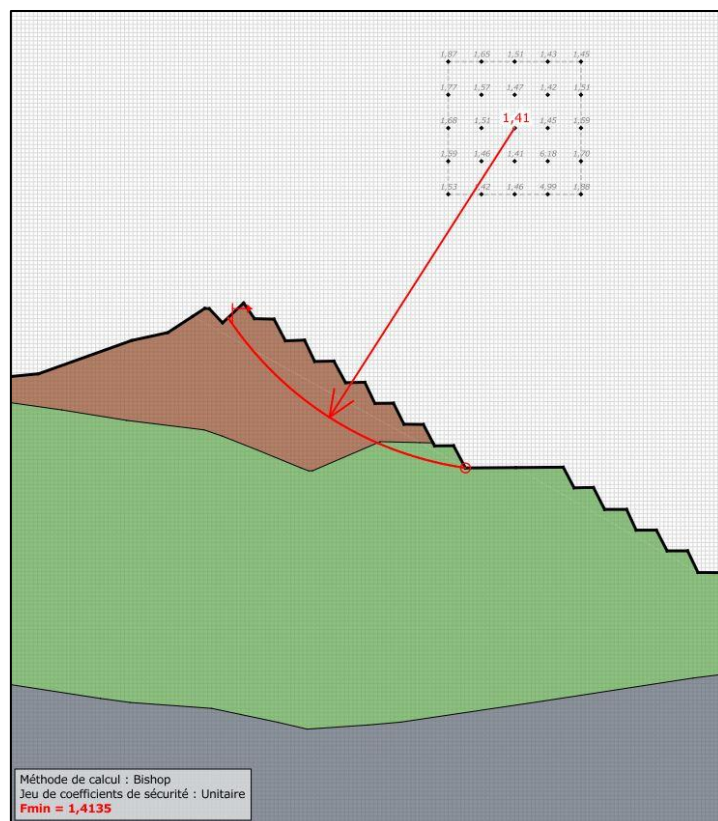


Figure N°280 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » en conditions normales - Coupe 39 – Talus 1 (FS=1,41)

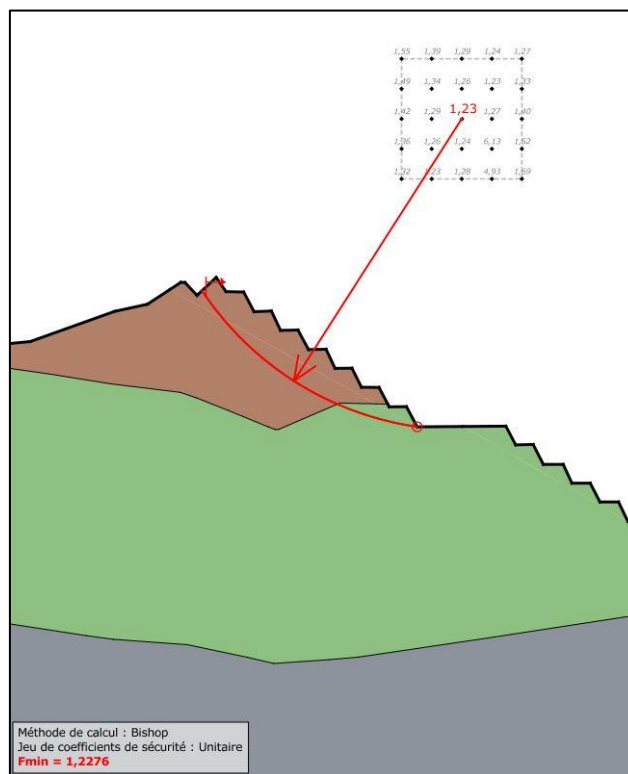


Figure N°281 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 39 – Talus 1 (FS=1,23)

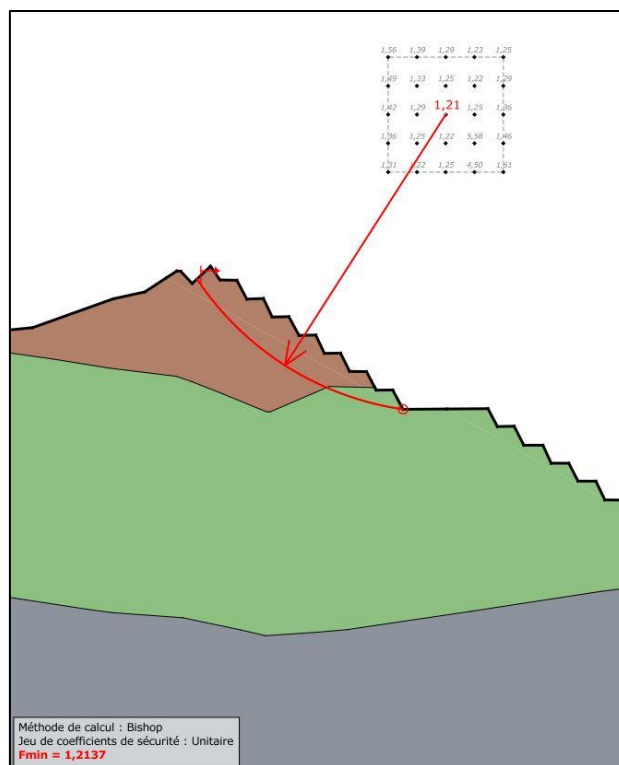


Figure N°282 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 39 – Talus 1 (FS=1,21)

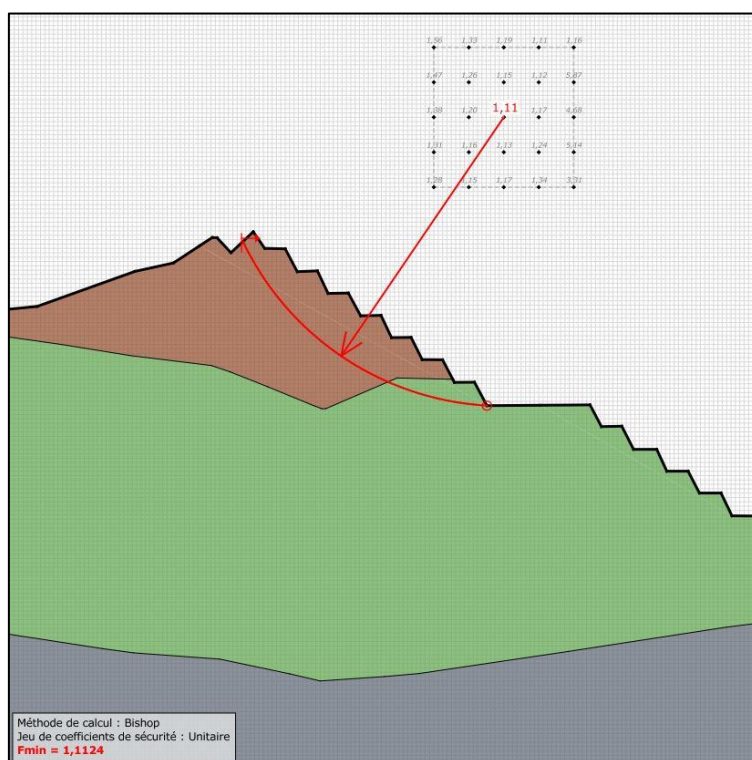


Figure N°283 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 39 – Talus 1 (FS=1,11)

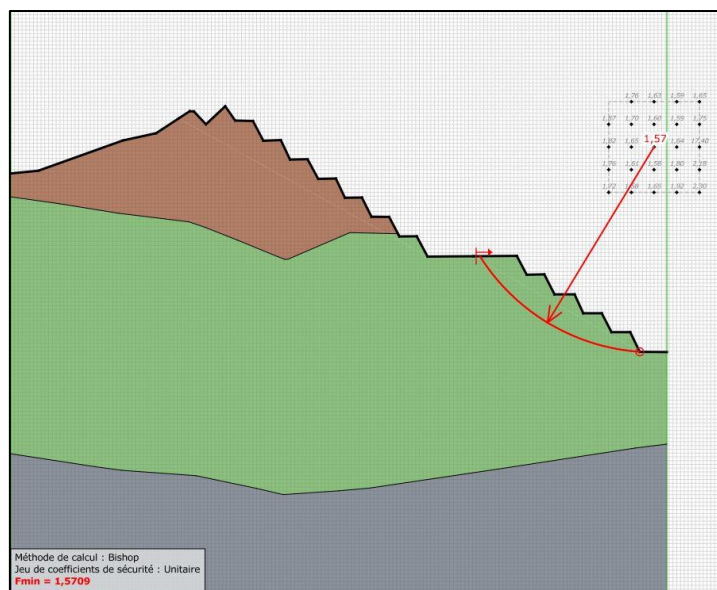


Figure N°284 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » en conditions normales - Coupe 39 - Talus 2 (FS=1,57)

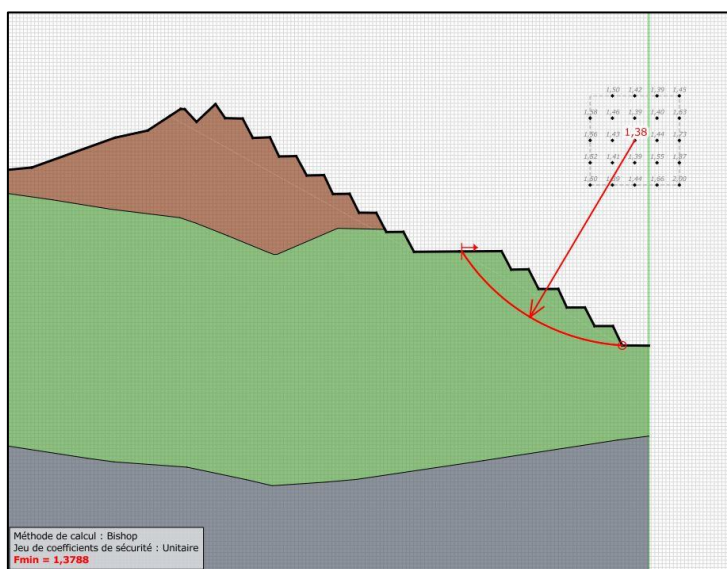


Figure N°285 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 39 - Talus 2 (FS=1,38)

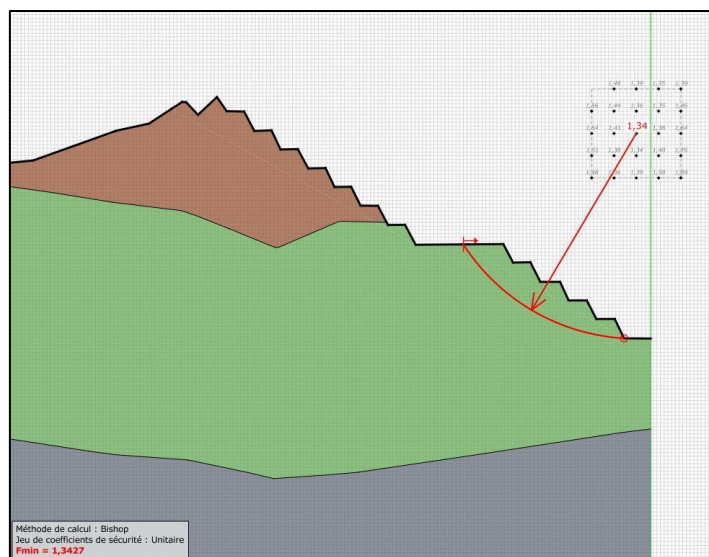


Figure N°286 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 39 - Talus 2 (FS=1,34)

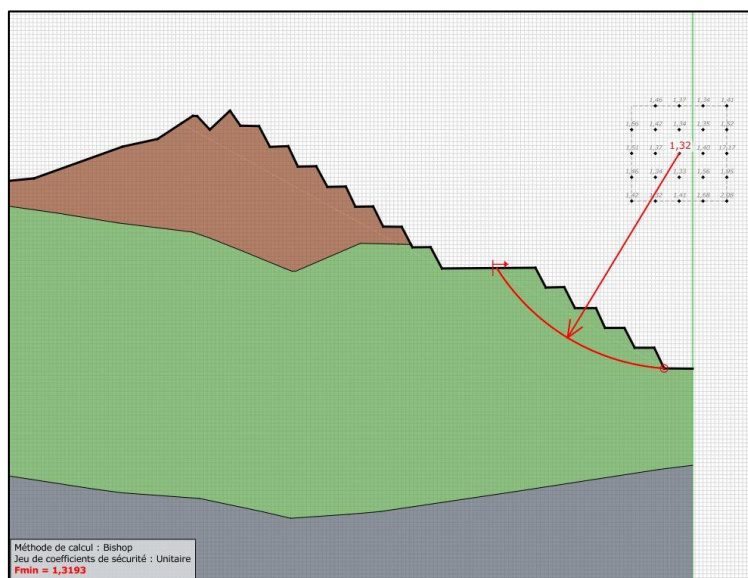


Figure N°287 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 39 - Talus 2 (FS=1,32)

**ANNEXE 11 : ANALYSE DE LA STABILITE APRES
OPTIMISATION DE LA GEOMETRIE DES TALUS TERREUX
EN CONSIDERANT UNE PENTE INTEGRATRICE DE 30° -
FOSSE « PHILOFELE NORD »**

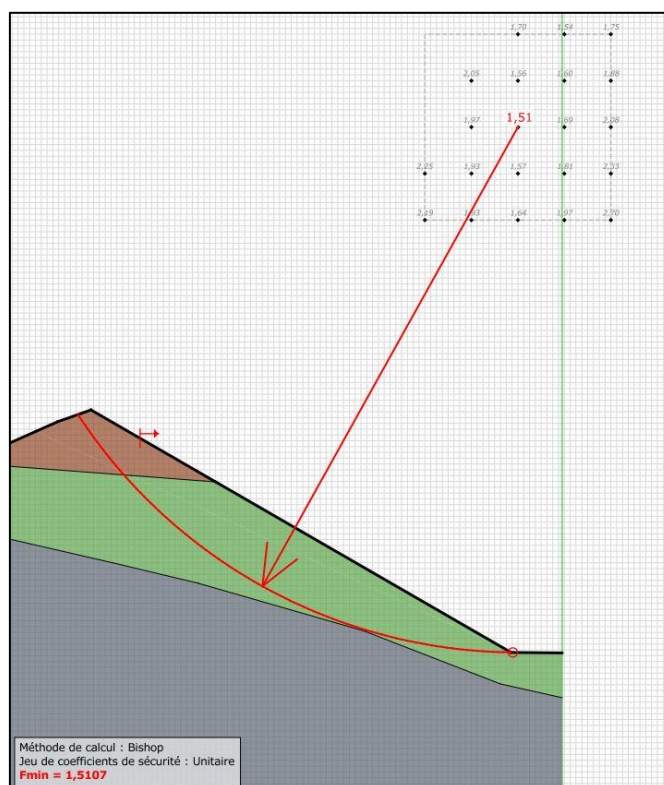


Figure N°288 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » en conditions normales - Coupe 37 (FS=1,51)

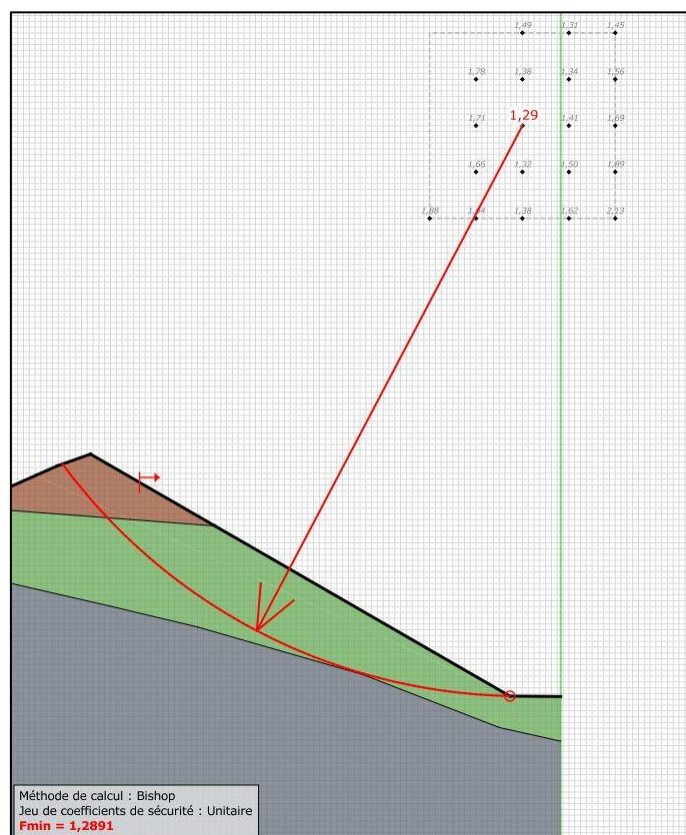
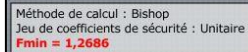
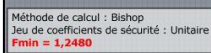


Figure N°289 : Stabilité du talus libre de la fosse « Philofele Nord » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 37 (FS=1.29)



0,08 g - Coupe 37 (FS=1.27)



d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 37 (FS=1.25)

ANNEXE 12 : COUPES GEOTECHNIQUES - FOSSE « GUIGUITTE

»

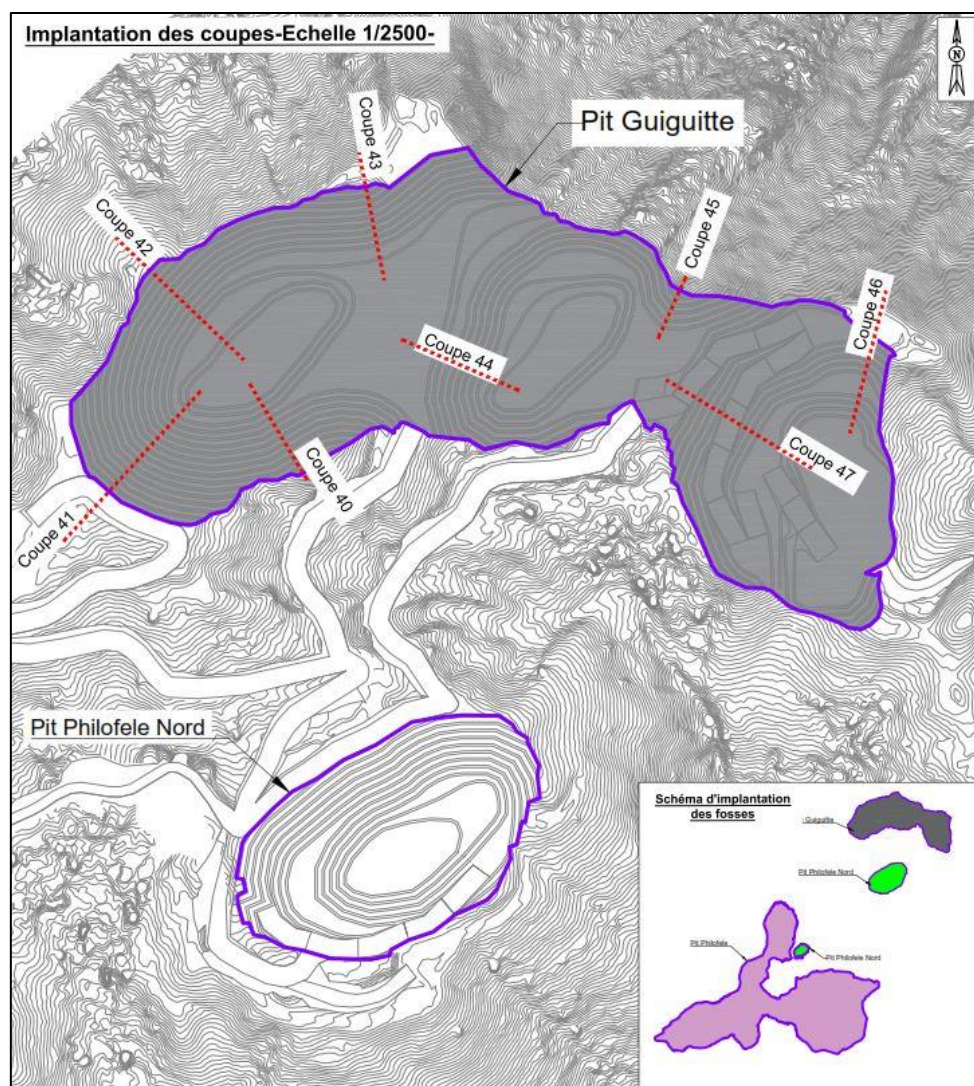


Figure N°292 : Implantation des coupes géotechniques de la fosse « Guiguite »

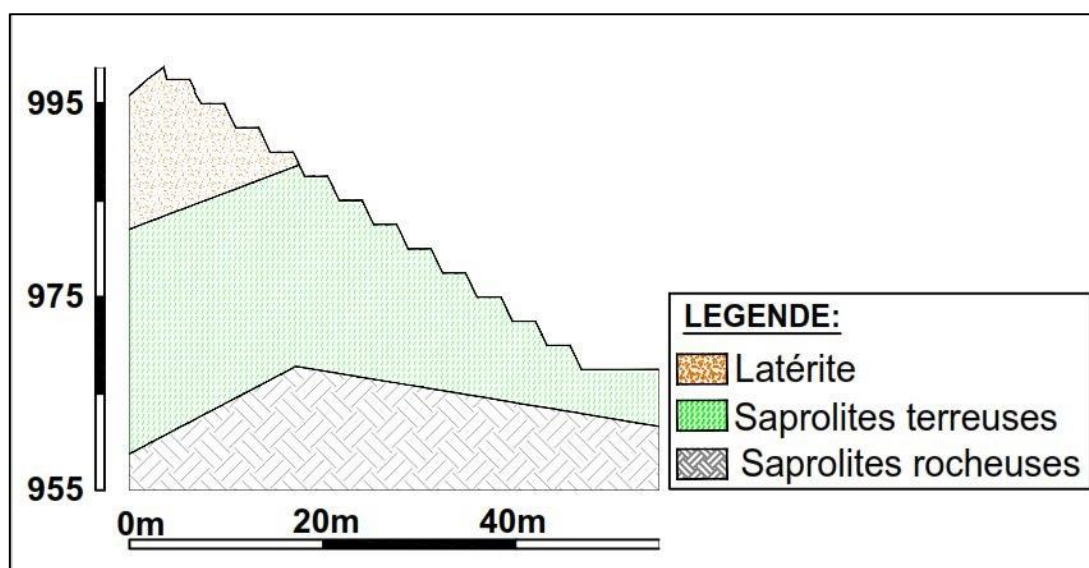


Figure N°293 : Coupe N°40

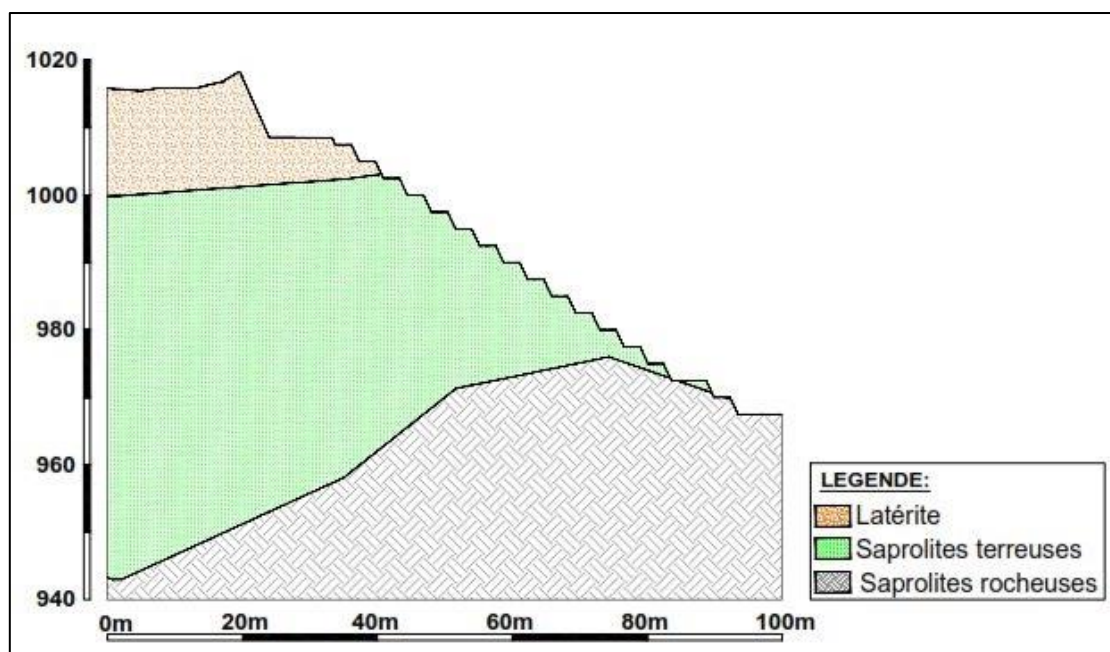


Figure N°294 : Coupe N°41

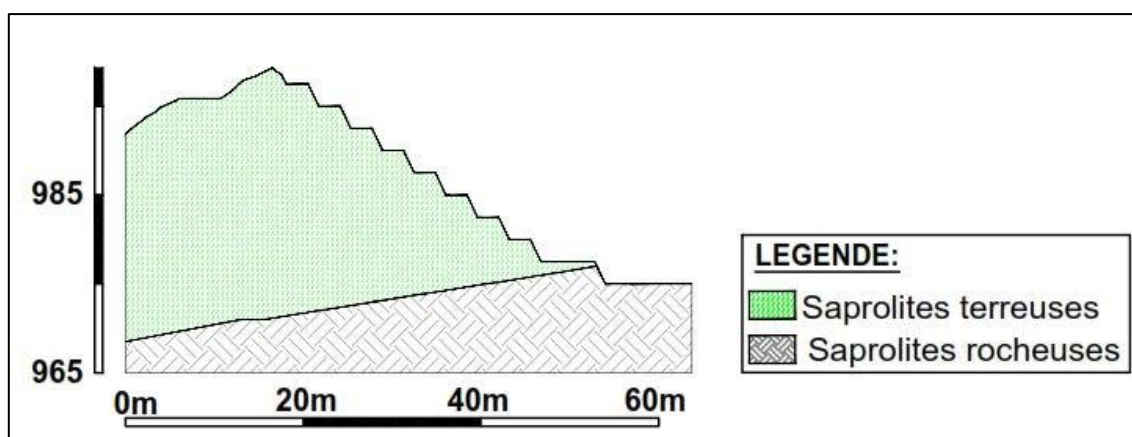


Figure N°295 : Coupe N°43

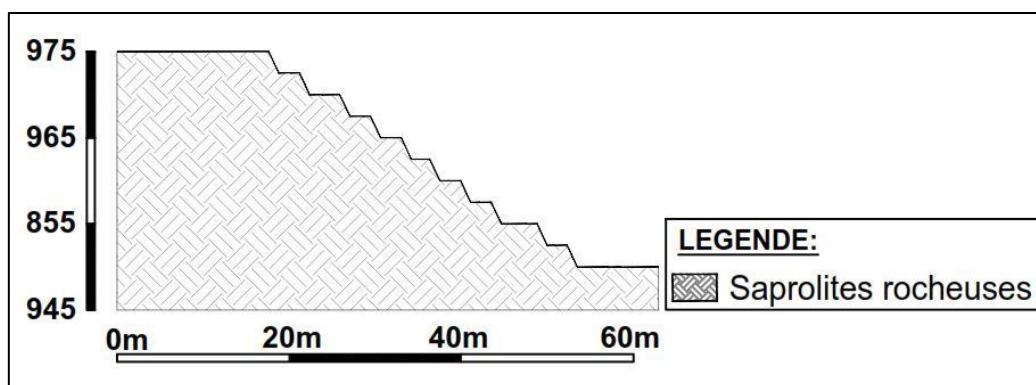


Figure N°296 : Coupe N°44

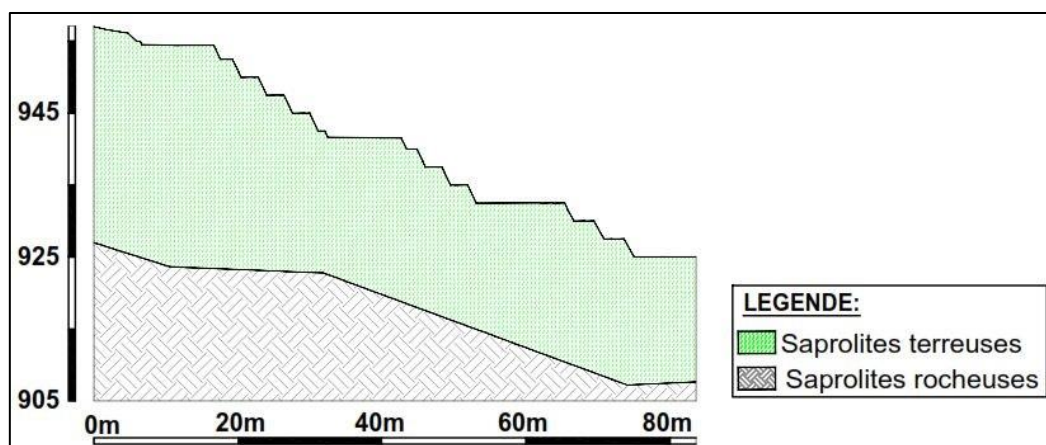
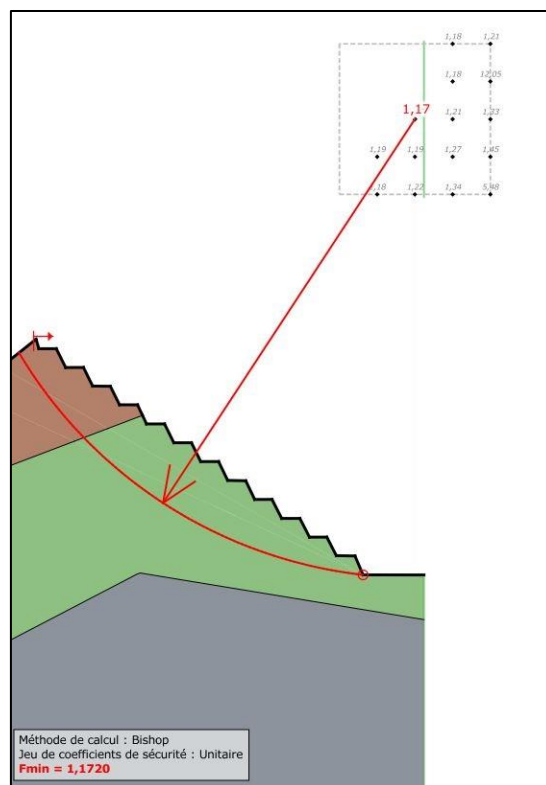


Figure N°297 : Coupe N°47

ANNEXE 13 : ANALYSE DE STABILITE DES TALUS TERREUX - FOSSE « GUIGUITTE »



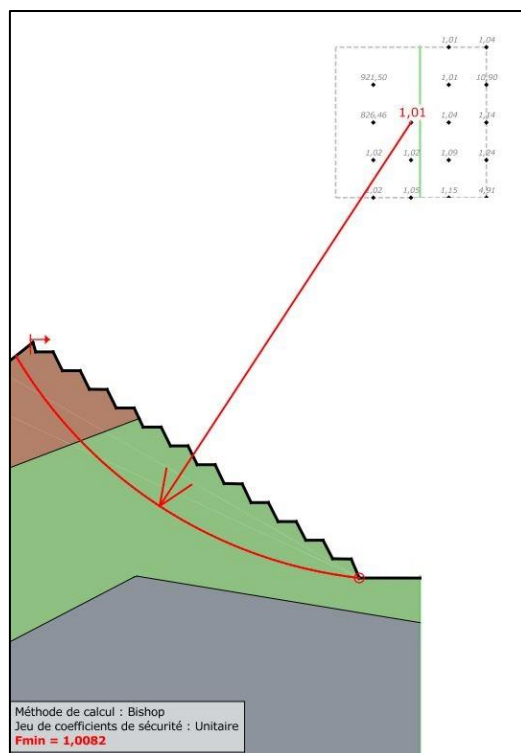


Figure N°300 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 40 (FS=1,01)

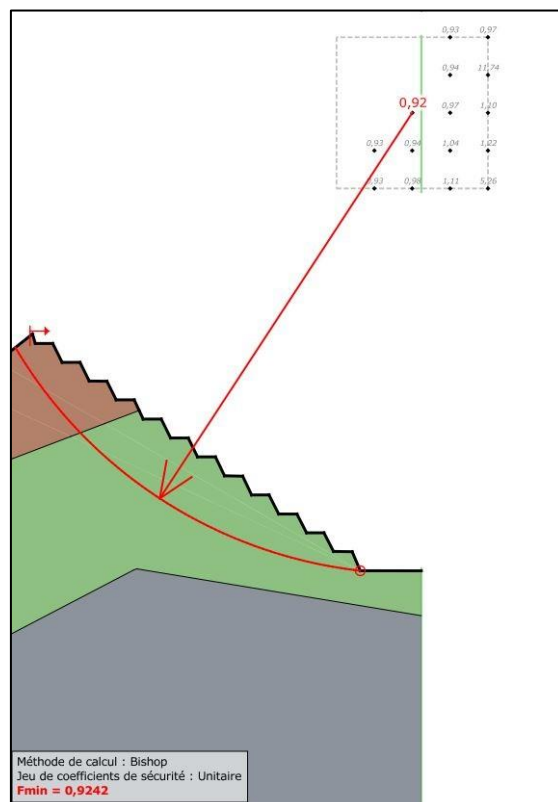


Figure N°301 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 40 (FS=0,92)

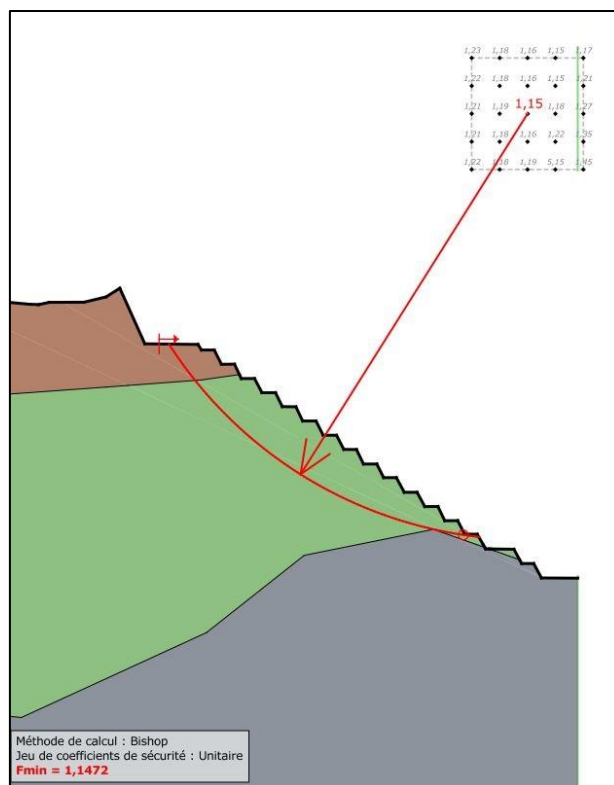


Figure N°302 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » en conditions normales - Coupe 41 (FS=1,15)

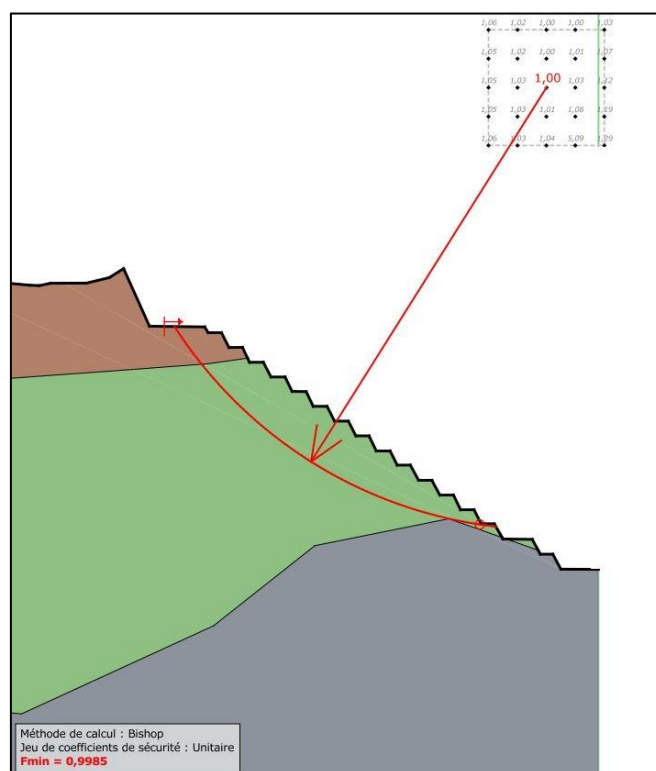


Figure N°303 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 41 (FS=1,00)

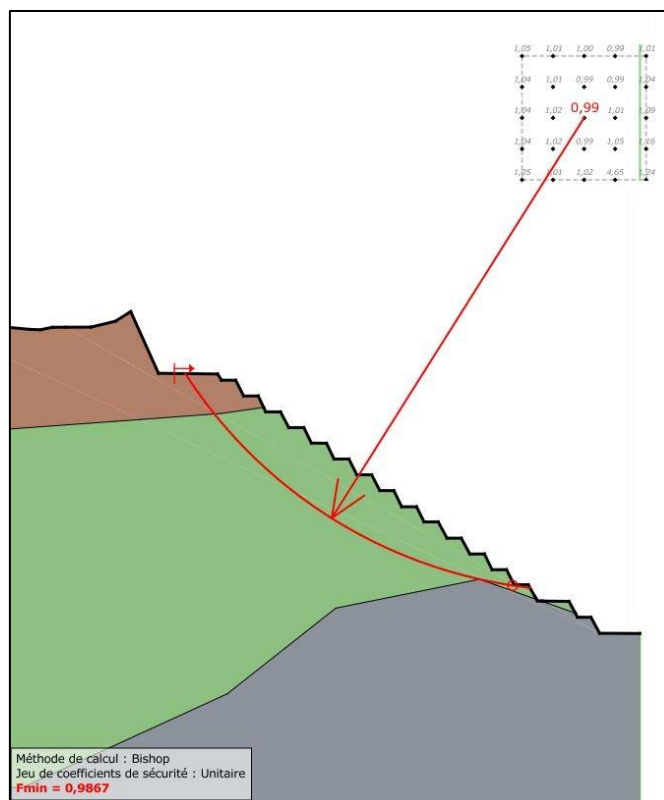


Figure N°304 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » suite à un séisme pesant de 0,08 g
– Coupe 41 (FS=0,99)

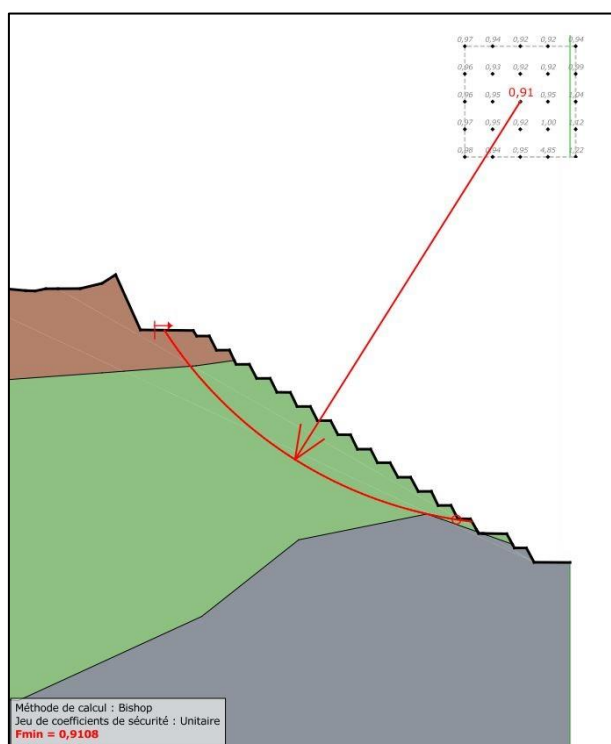


Figure N°305 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » en considérant les pressions d'eau
(Ru = 0,2) - Coupe 41 (FS=0,91)

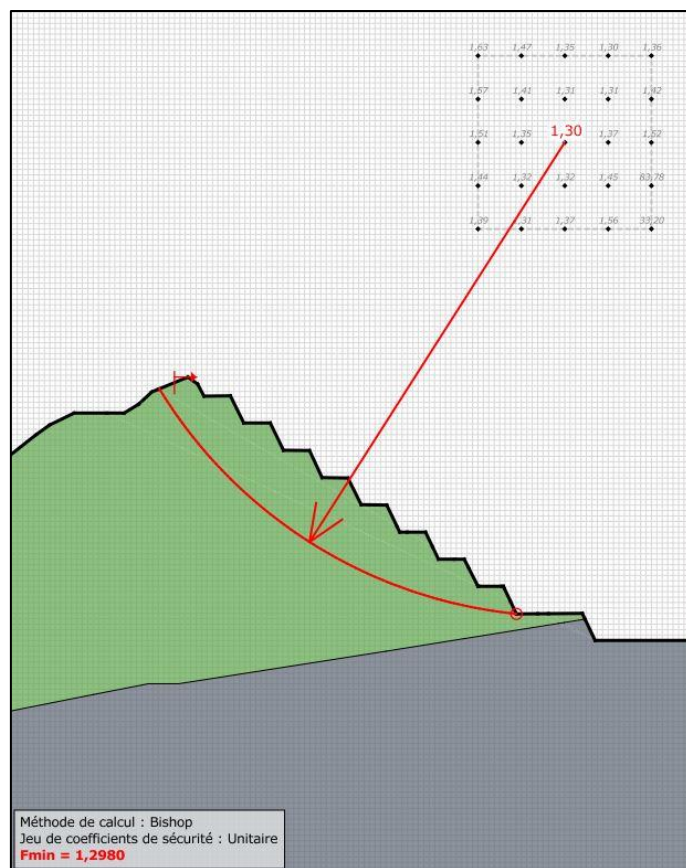


Figure N°306 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » en conditions normales - Coupe 43 (FS=1,3)

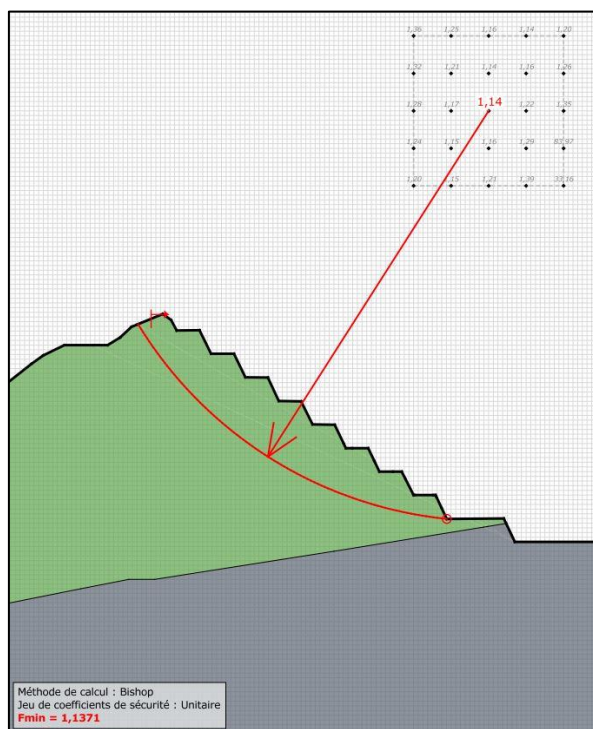


Figure N°307 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 43 (FS=1,14)

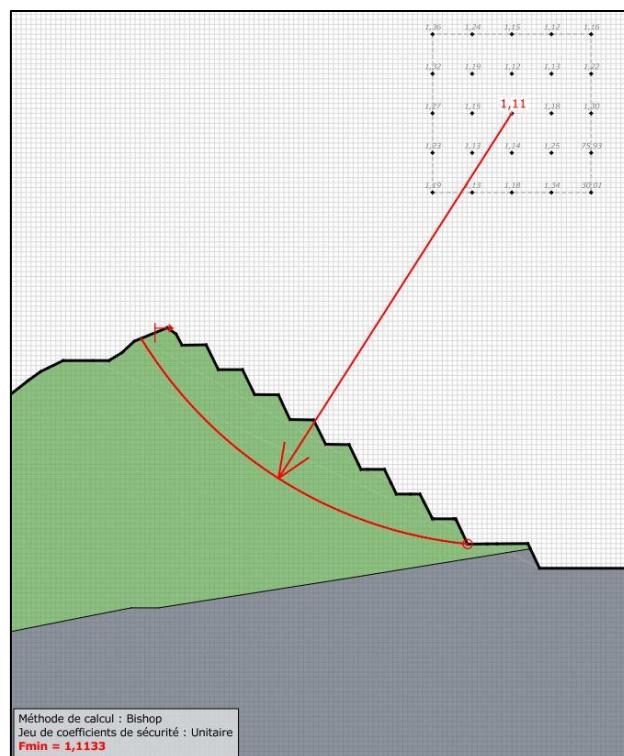


Figure N°308 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 43 (FS=1,11)

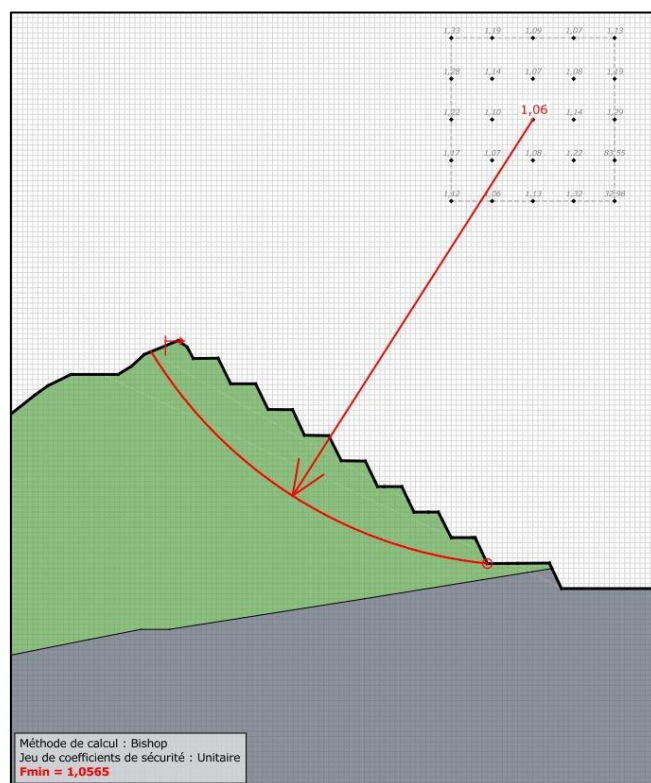


Figure N°309 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » en considérant les pressions d'eau ($R_u = 0,2$) - Coupe 43 (FS=1,06)

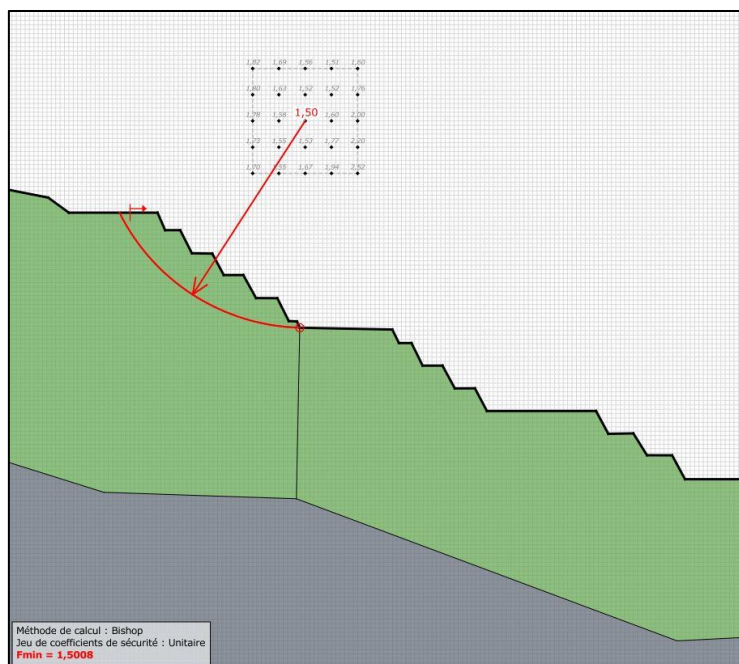


Figure N°310 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » en conditions normales - Coupe 47 – Talus 1 (FS=1,5)

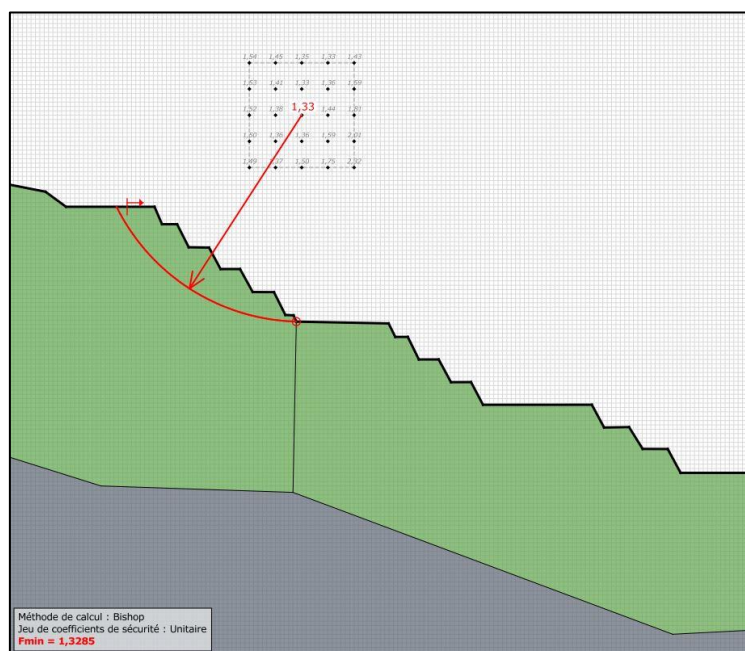


Figure N°311 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 47 – Talus 1 (FS=1,33)

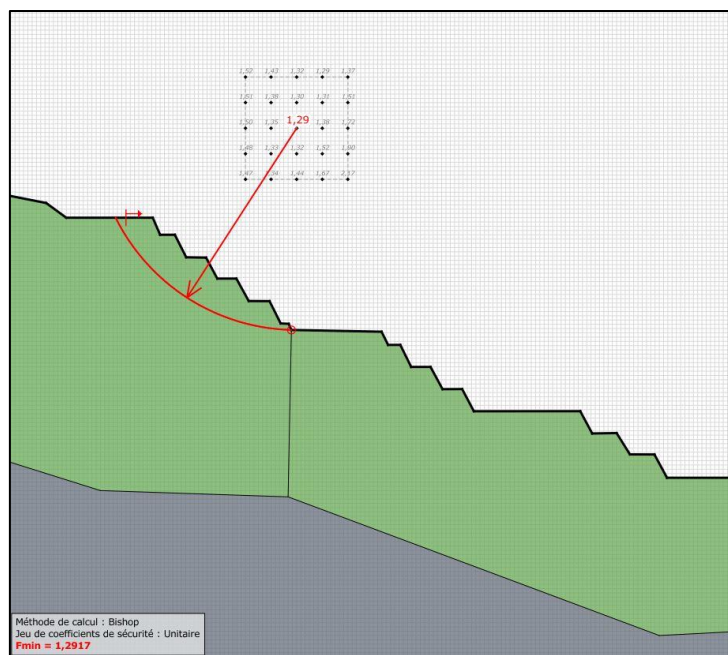


Figure N°312 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 47 – Talus 1 (FS=1,29)

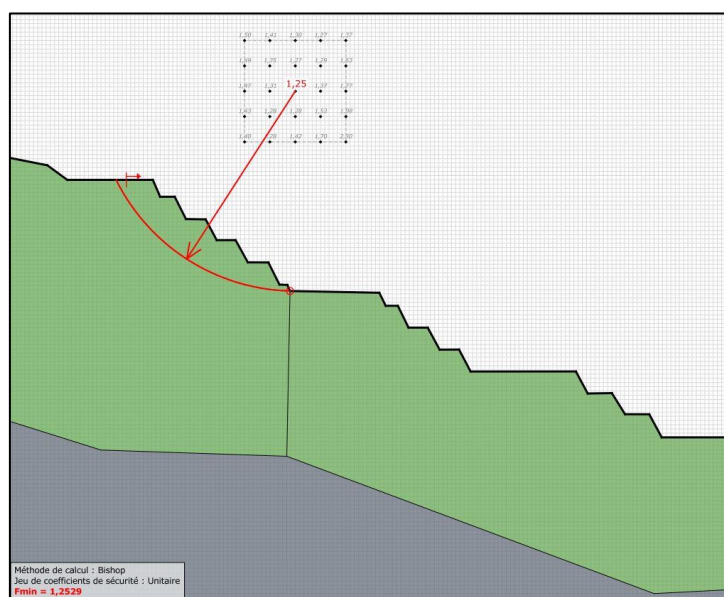


Figure N°313 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 47 – Talus 1 (FS=1,25)

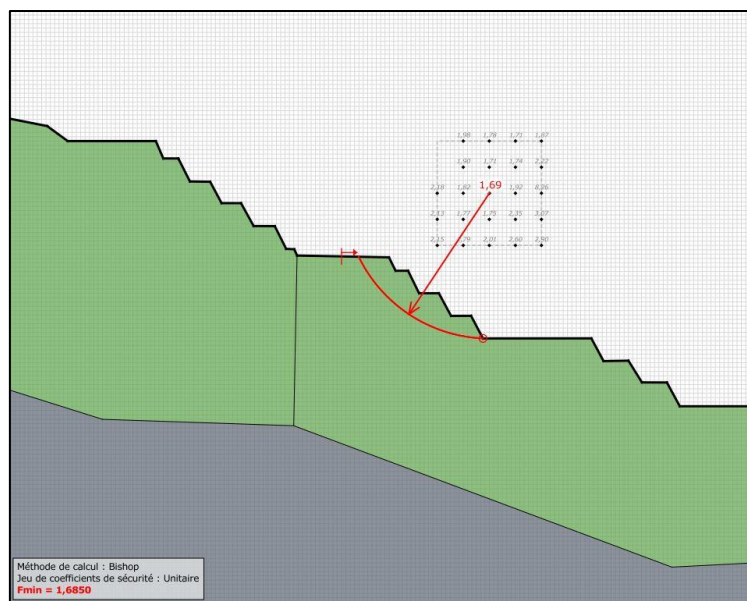


Figure N°314 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » en conditions normales - Coupe 47
– Talus 2 (FS=1,69)

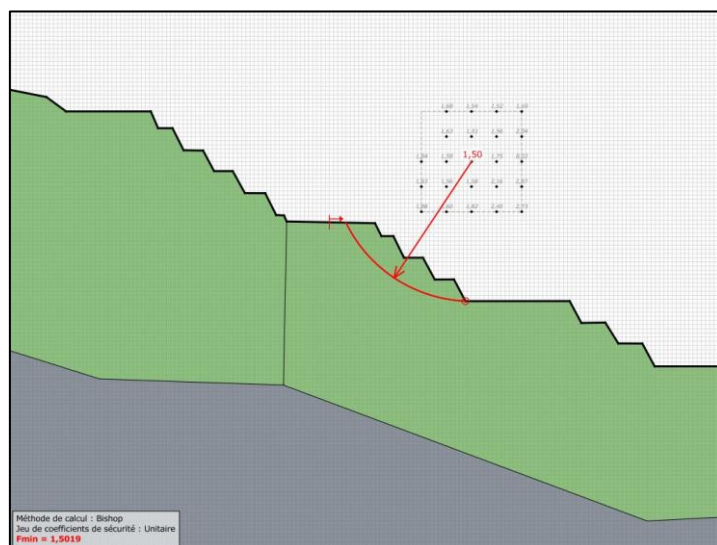


Figure N°315 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 47 – Talus 2 (FS=1,5)

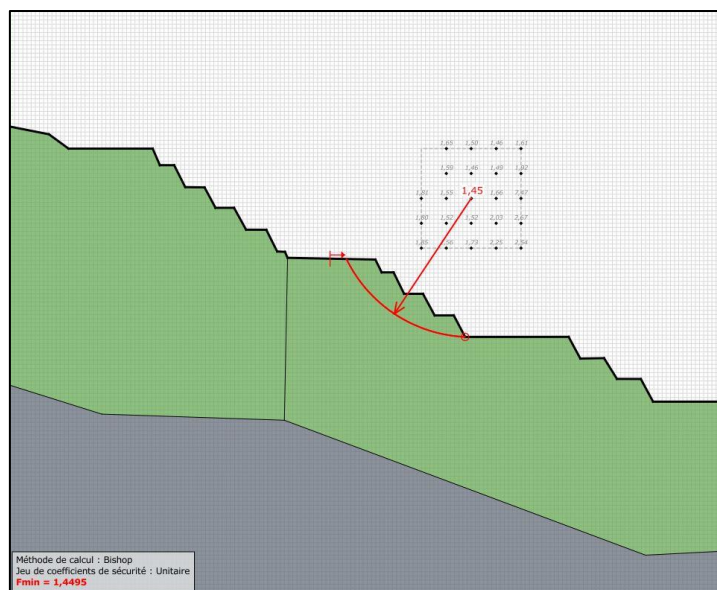


Figure N°316 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » suite à un séisme pesant de 0,08 g – Coupe 47 – Talus 2 (FS=1,45)

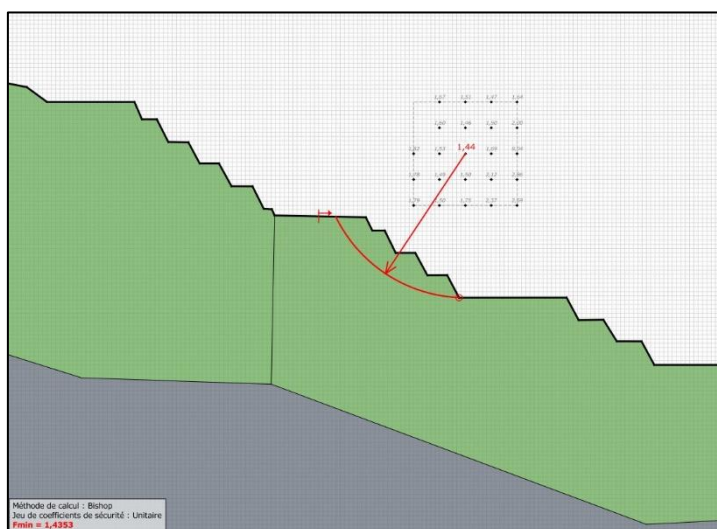


Figure N°317 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 47 – Talus 2 (FS=1,44)

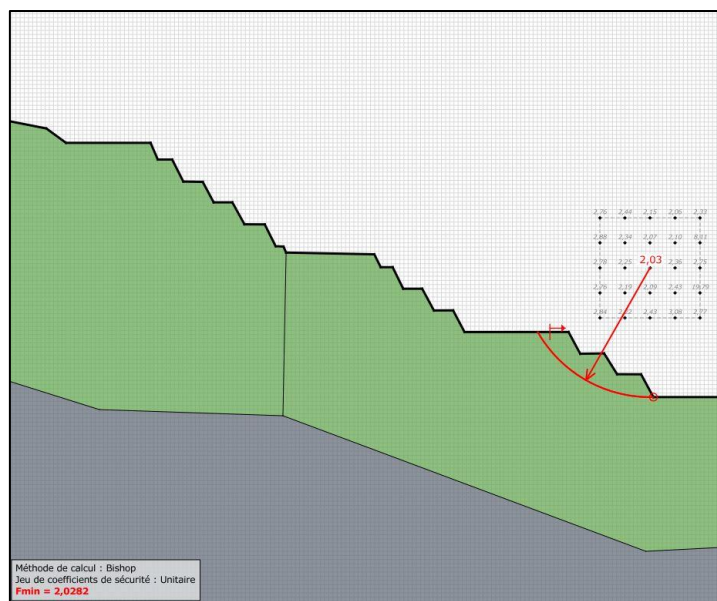


Figure N°318 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » en conditions normales - Coupe 47
– Talus 3 (FS=2,03)

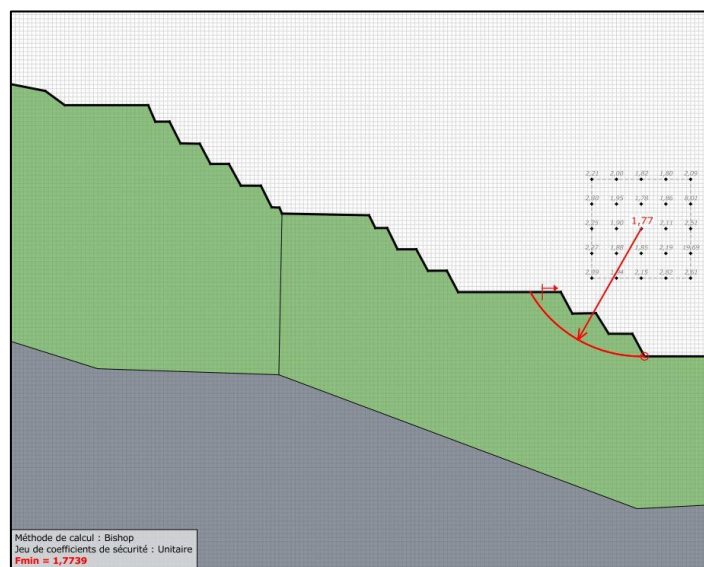


Figure N°319 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » suite à un séisme allégeant de 0,08 g – Coupe 47 – Talus 3 (FS=1,77)

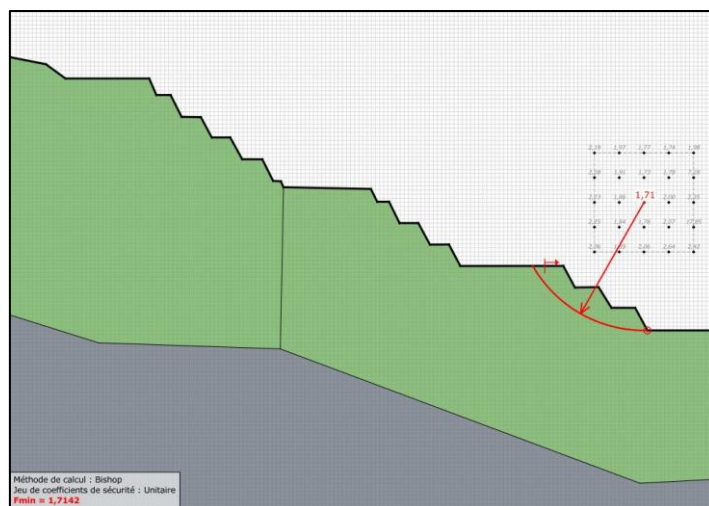


Figure N°320 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 47 – Talus 3 (FS=1,71)

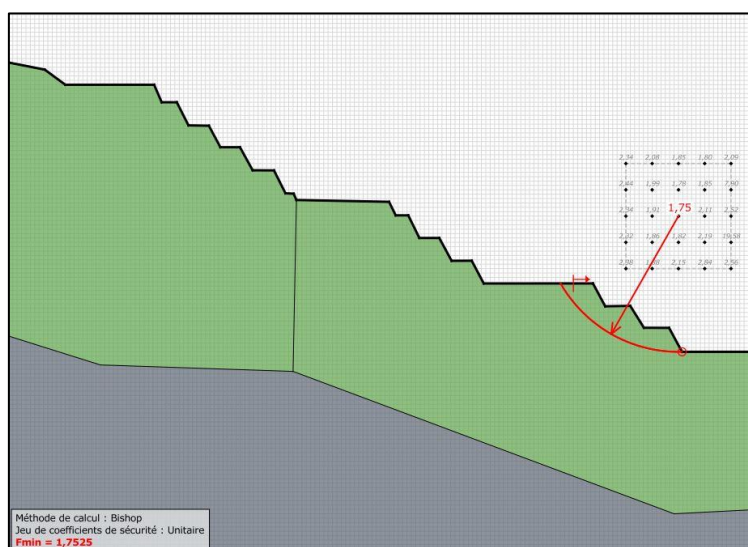


Figure N°321 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 47 – Talus 3 (FS=1,75)

**ANNEXE 14 : ANALYSE DE LA STABILITE APRES
OPTIMISATION DE LA GEOMETRIE DES TALUS TERREUX
EN CONSIDERANT UNE PENTE INTEGRATRICE DE 30° -
FOSSE « GUIGUITTE »**

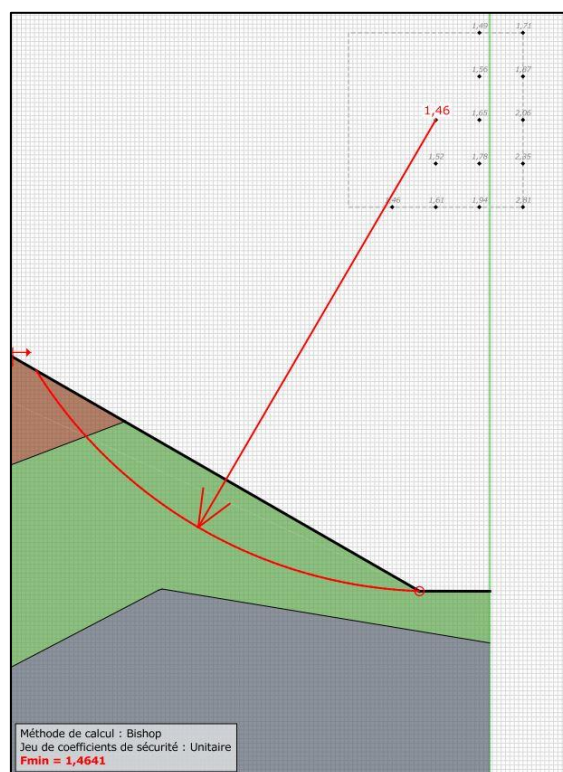


Figure N°322 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » en conditions normales - Coupe 40 (FS=1.46)

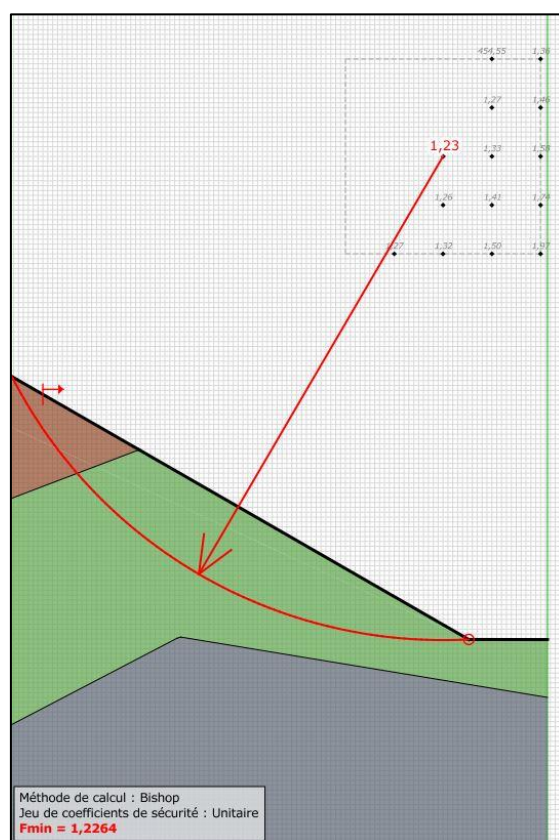


Figure N°323 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 40 (FS=1.23)

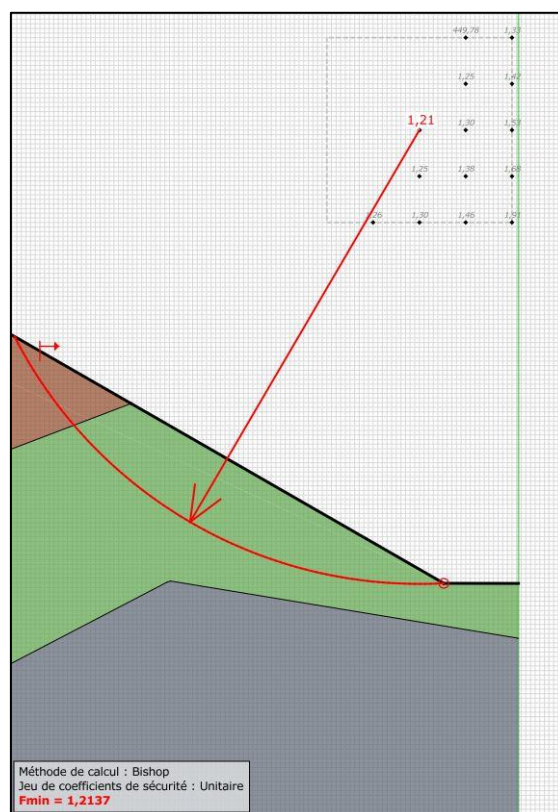


Figure N°324 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguite » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 40 (FS=1.21)

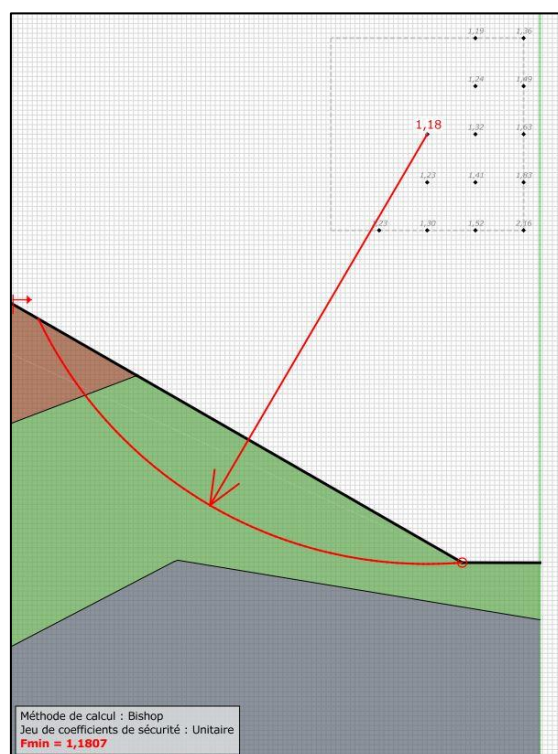


Figure N°325 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguite » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 40 (FS=1.18)

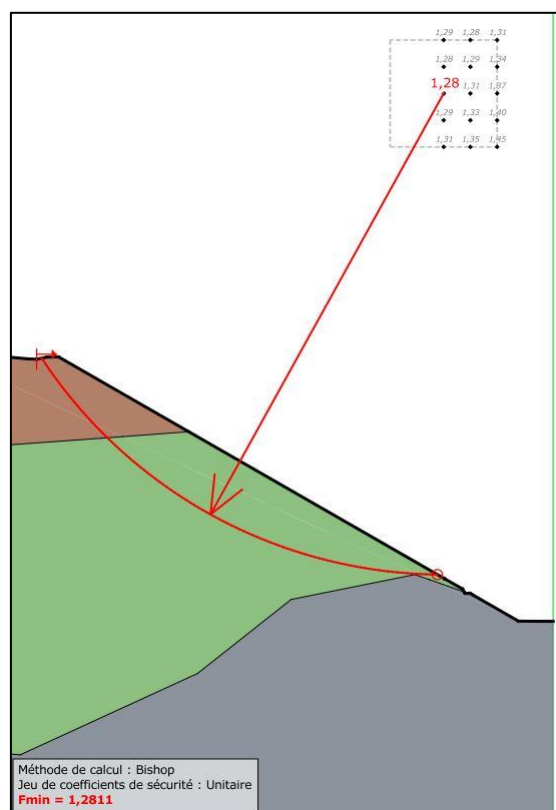


Figure N°326 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » en conditions normales - Coupe 41 (FS=1,28)

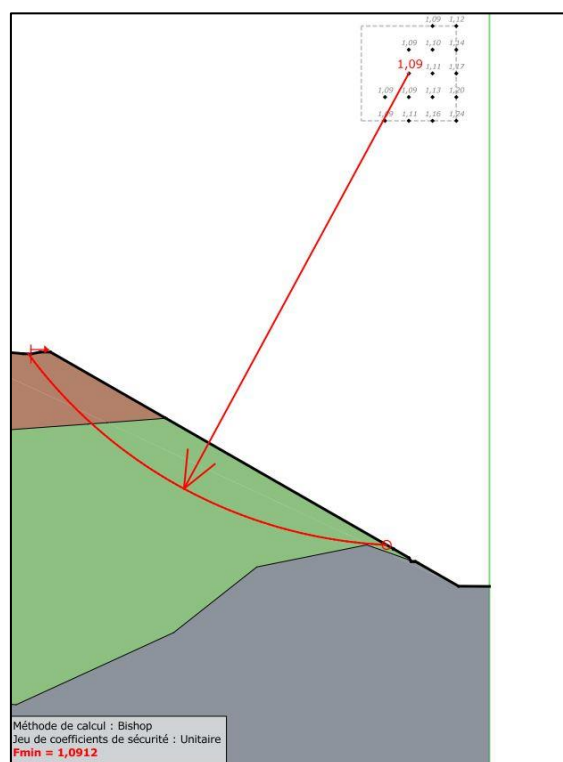


Figure N°327 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 41 (FS=1,09)

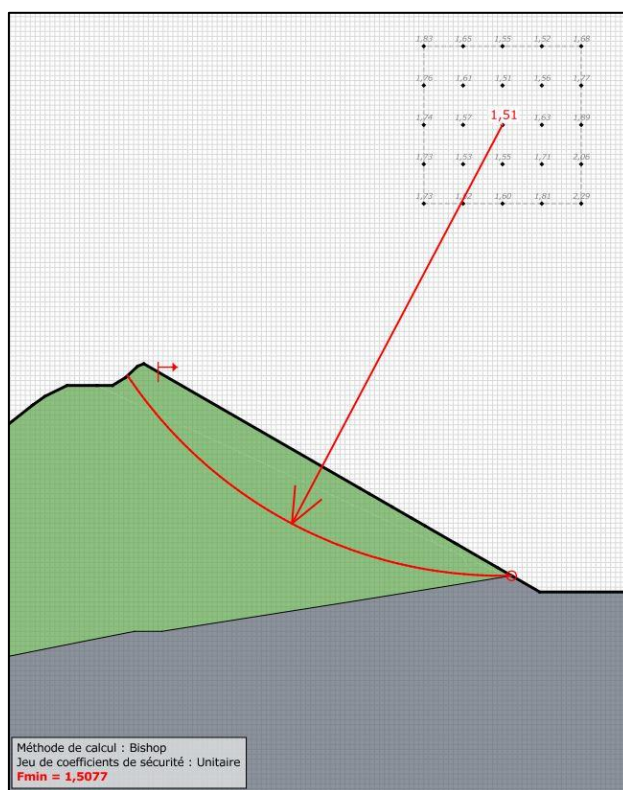


Figure N°330 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » en conditions normales - Coupe 43 (FS=1,51)

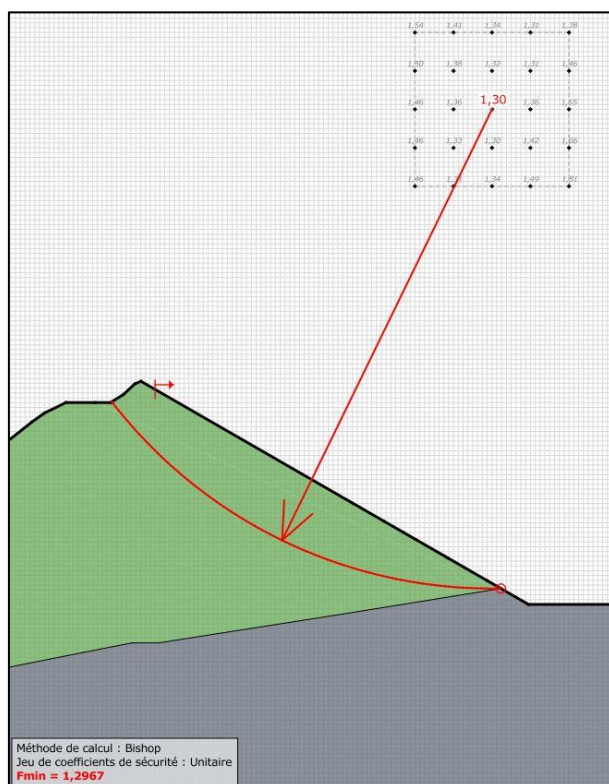


Figure N°331 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 43 (FS=1.3)

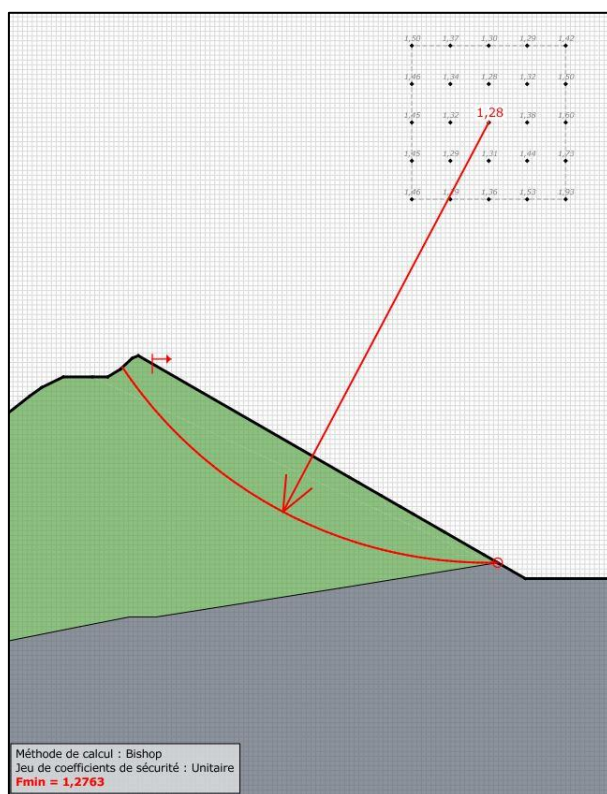


Figure N°332 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguite » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 43 (FS=1.28)

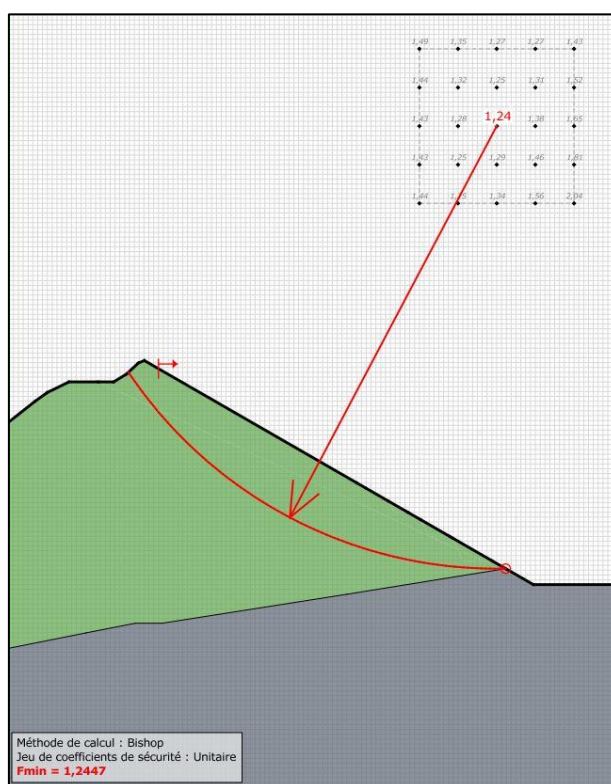


Figure N°333 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguite » en considérant les pressions d'eau (Ru = 0,2) - Coupe 43 (FS=1.24)

**ANNEXE 15 : ANALYSE DE LA STABILITE APRES
OPTIMISATION DE LA GEOMETRIE DES TALUS TERREUX
EN CONSIDERANT UNE PENTE INTEGRATRICE DE 25° -
FOSSE « GUIGUITTE »**

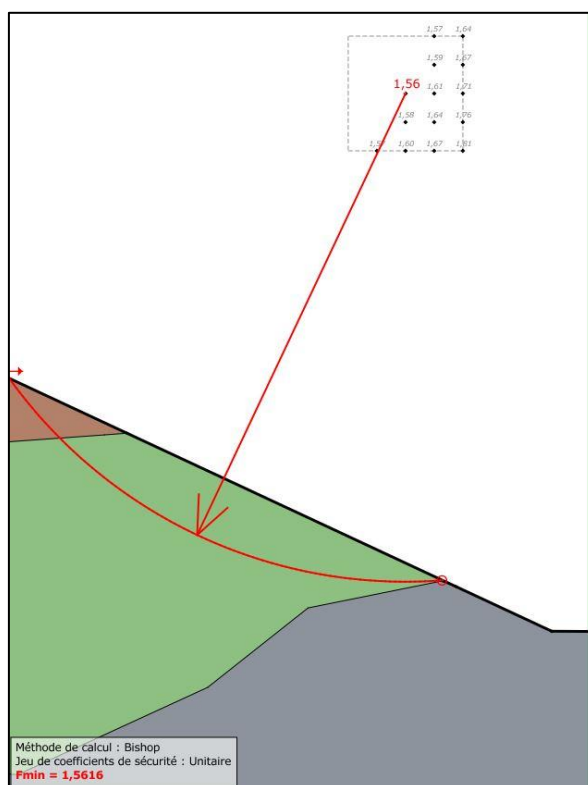


Figure N°334 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » en conditions normales - Coupe 41 (FS=1,56)

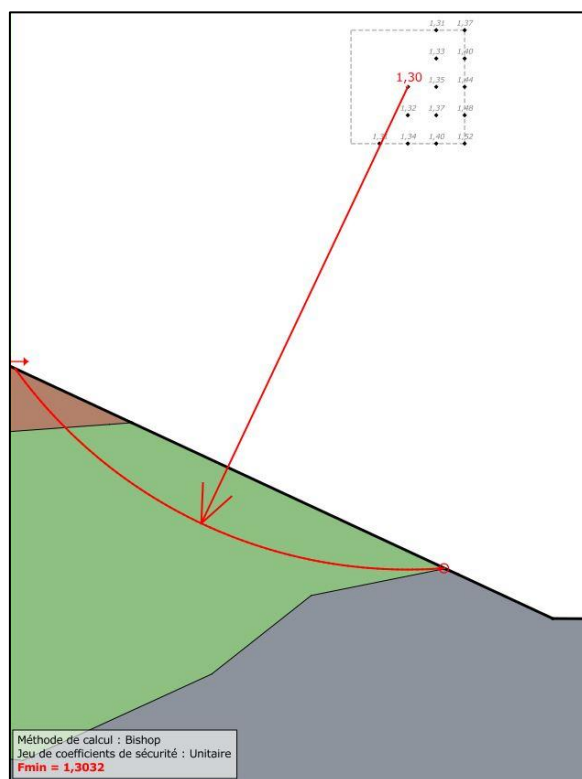
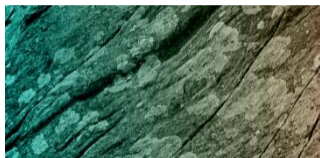


Figure N°335 : Stabilité du talus libre de la fosse « Guiguitte » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 41 (FS=1,3)

4 Plan d'assurance qualité général NMC (PAQ) et Guide NMC



PLAN D'ASSURANCE QUALITE GENERAL

Client : NMC



Réf: MC-20-110-NMC-01-R01-A

B	15/10/2020	Révision suite à la revue NMC	
A	28/01/2020	création	
Révision	Date	Objet de la modification	
		Rédacteur	Approbateur
Nom et prénom		Monia SAYARI	Ghassen JAMELLEDDINE
Fonction		Chef de projet	Expert en géotechnique

Validation NMC		
Nom et prénom	Yan CONSTANS	Jean FABRE
Fonction	Directeur des opérations NMC	Directeur de l'ingénierie minière NMC
Date et signature		

SOMMAIRE

1	PREAMBULE	1
2	PRESENTATION SOMMAIRE DES DIFFERENTS CENTRES MINIERES DE LA NMC	1
3	CHAMP D'APPLICATION	2
4	PRESENTATION DES DIFFERENTS RISQUES GEOTECHNIQUES	2
5	ETAPES DE CONSTRUCTION D'UNE VERSE A STERILES	2
6	TRAVAUX PREPARATOIRES	3
6.1	La mise hors d'eau du site	3
6.1.1	Principe de la mise hors d'eau	3
6.1.2	Etapas de construction	4
6.2	Aménagement des ouvrages de sédimentation	5
6.2.1	Principe	5
6.2.2	Présentation des différents types des ouvrages de sédimentation	5
6.2.3	Construction des différentes composantes des ouvrages de sédimentation	6
6.2.4	Dispositions constructives	7
6.3	Défrichement et récupération de la terre végétale	8
6.4	Campagne d'identification des anomalies	9
6.5	Traitement des anomalies	9
6.5.1	Curage des matériaux de mauvaise qualité mécanique	9
6.5.2	Aménagement des banquettes d'ancrage	10
6.5.3	Traitement des dolines	10
6.5.4	Drainage des résurgences	11
6.5.5	Etat de stabilité du versant aval	11
7	CONSTRUCTION DE LA VERSE	12
7.1	Butée de pied	12
7.2	Drainage de la verse	13
7.2.1	Principe de drainage de la verse	13
7.2.2	Ouvrages de drainage	13
7.3	Stockage des stériles	18
7.3.1	Déversement des stériles	18
7.3.2	Etalement des stériles et lissage de la plateforme sommitale	18
7.4	Construction du talus de la verse	19
7.4.1	Technique n°1 : Protection frontale par cordon rocheux	19

7.4.2	Technique n°2 : Protection frontale par merlon rocheux _____	21
7.4.3	Technique n°3 : Protection frontale par pralinage _____	22
7.5	Construction des bandes de roulement _____	24
7.5.1	Description de l'ouvrage _____	24
7.5.2	Fonctions _____	24
7.5.3	Mode de stockage _____	24
7.5.4	Dispositions constructives _____	25
7.6	Auscultation de la verse _____	26
7.6.1	Mesure de déplacements horizontaux _____	26
7.6.2	Mesure du niveau de la nappe à la base de la verse _____	26
7.6.3	Mesure des pressions interstitielles dans les stériles stockés en verse et dans l'assise	26
7.6.4	Seuil d'alerte _____	27
7.7	Suivi de la qualité d'exécution _____	29
7.7.1	Le suivi topographique de la verse _____	29
7.7.2	Inspection visuelle de la verse et des ouvrages annexes _____	29
7.7.3	Registre verse _____	30
7.8	Fermeture du site _____	30
7.8.1	Mise hors d'eau des mèches _____	31
7.8.2	Fermeture de la plateforme _____	32
8	CONCLUSION _____	33

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Rupture intrinsèque.....	2
Figure 2 : Rupture profonde.....	2
Figure 3 : Restitution des eaux dans le thalweg d'origine	4
Figure 4 : Restitution des eaux dans un thalweg limitrophe.....	4
Figure 5 : Fossé de mise hors d'eau en cours de construction.....	5
Figure 6 : Verse Thono préalablement préparée par étalage de top soil sur les banquettes avant un chantier de plantations _ Mine Ouazangou.....	8
Figure 7 : Stock de top soil dans l'attente de réutilisation - Centre de Kouaoua	9
Figure 8 : Curage des matériaux de mauvaise qualité	10
Figure 9 : Remodelage de la zone d'ancrage	10
Figure 10 : Traitement des dolines	11
Figure 11 : Retrait par rapport à la rupture de pente.....	11
Figure 12 : Structures défavorables	12
Figure 13 : Butée de pied.....	13
Figure 14 : Butée de pied de la verse AC1 (Site minier : Pinpin, Centre de Poya)	13
Figure 15 : Stockage des stériles.....	18
Figure 16 : Lissage et nivellement de la plateforme vers l'entrée de la mèche	18
Figure 17 : Aménagement du cordon rocheux.....	19
Figure 18 : Remplissage par des stériles miniers.....	19
Figure 19 : Superposition de deux cordons rocheux et remplissage par des stériles.....	20
Figure 20 : Construction du deuxième niveau et aménagement d'une banquette drainante.....	20
Figure 21 : Aménagement des banquettes drainantes	20
Figure 22 : Rehausse du talus	21
Figure 23 : Aménagement du merlon rocheux.....	21
Figure 24 : Remplissage par des stériles miniers.....	21
Figure 25 : Superposition de deux merlons rocheux et remplissage par des stériles.....	22
Figure 26 : Rehausse de la verse.....	22
Figure 27 : Mise en place des stériles du premier niveau	23
Figure 28 : Pralinage du premier niveau	23
Figure 29 : Rehausse de la verse.....	23
Figure 30 : Bandes de roulement internes et externes.....	24
Figure 31 : Principe de stockage des stériles dans des casiers	25
Figure 32 : Coupe type de la mèche mise hors d'eau.....	31
Figure 33 : Travaux de fermeture du dispositif de drainage interne	31
Figure 34 : Fermeture de la plateforme sommitale par des latérites compactées.....	32
Figure 35 : Gestion des eaux sur la plateforme sommitale après fermeture.....	32
Figure 36 : Chantier de semis hydraulique sur les talus de la verse AC2 (Mine Pinpin)	33
Figure 37 : Verse AC2 en cours de revégétalisation (Mine Pinpin).....	33
Figure 38 : Recouvrement du talus de la verse DST3 par du top soil (Mine de Ouazangou)	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Différents types d'ouvrages de sédimentation	5
Tableau 2 : Seuil d'alerte et plan d'actions en cas de dépassement du seuil.....	28

1 PREAMBULE

Les stériles miniers provenant de l'exploitation des différents centres de la NMC sont stockés dans des verses stabilisées. Ces verses sont construites soit directement sur le terrain naturel, soit en comblement des niveaux exploités.

Des ouvrages comme les verses à stériles sont sensibles aux phénomènes de glissement (glissement superficiel, profond, etc.). Dans le but d'assurer la pérennité de ces ouvrages, un ensemble de règles doit être respecté (règle de construction, de stabilité et de surveillance) et des ouvrages de gestion des eaux doivent être mis en place. En fonction de la catégorie de la verse, une note ou une étude de justification géotechnique détaillée sera élaborée.

Le présent document constitue le Plan d'Assurance Qualité général (PAQ) des verses à stériles de la NMC. Il s'agit d'un document technique qui a pour objectif de :

- Présenter les bonnes pratiques relatives à la construction des verses à stériles ;
- Présenter les dispositions constructives nécessaires pour garantir la pérennité de ces ouvrages ;
- Présenter les procédures de contrôle qualité.

2 PRESENTATION SOMMAIRE DES DIFFERENTS CENTRES MINIERES DE LA NMC

La NMC dispose aujourd'hui de quatre centres miniers et de sept sites « Tâcheronnés » entièrement dédiés à l'exploitation de minerai. Ces centres sont répartis sur la côte Est et la côte Ouest de la Nouvelle Calédonie :

- Centre de Ouaco : Le centre de Ouaco est situé dans les plaines de la côte Nord-Ouest de la Nouvelle-Calédonie, sur le territoire de la commune de Kaala-Gomen. Il se trouve à 40 kilomètres de Koumac et 65 kilomètres de Koné. Le centre d'Ouaco dispose d'un site minier : Ouazangou ;
- Centre de Poya : Le centre de Poya est situé au milieu de la côte Ouest, à mi-chemin entre le bourg agricole de Bourail et le pôle urbain de VKP. Le centre dispose d'un site minier : Pinpin ;
- Centre de Kouaoua : Le centre de Kouaoua dispose de trois sites miniers : SMMO36 (Kadjitra), Alice Philippe et SMMO37 ;
- Centre de Nakéty : Le centre de Nakéty occupe la côte Sud de la baie du même nom, sur la commune de Canala, à 18 kilomètres du bourg principal. Il se trouve dans une zone de la côte Est largement dédiée à l'activité minière entre Thio, au Sud, et Poro, au Nord. Le centre dispose de trois sites miniers : Edouard, Euréka-Ménélick et Circée ;

- Sites « Tâcheronnés » : il s'agit de sites exploités par des sous-traitants et des entreprises locales. Ces sites miniers sont les suivants : Dent de Poya, Taom, Koué, Wouala, Bogota et Ngo.

3 CHAMP D'APPLICATION

Le présent document servira de référence pour l'élaboration des PAQ spécifiques des différentes verses à stériles de la NMC.

4 PRESENTATION DES DIFFERENTS RISQUES GEOTECHNIQUES

Les verses à stériles peuvent être construites soit directement sur le terrain naturel, soit par comblement d'une fosse. Selon le contexte géotechnique de l'assise, deux mécanismes de rupture peuvent affecter les verses à stériles :

- Une rupture intrinsèque touchant uniquement le talus de la verse sans affecter le terrain naturel ; (Cf. Figure 1) ;

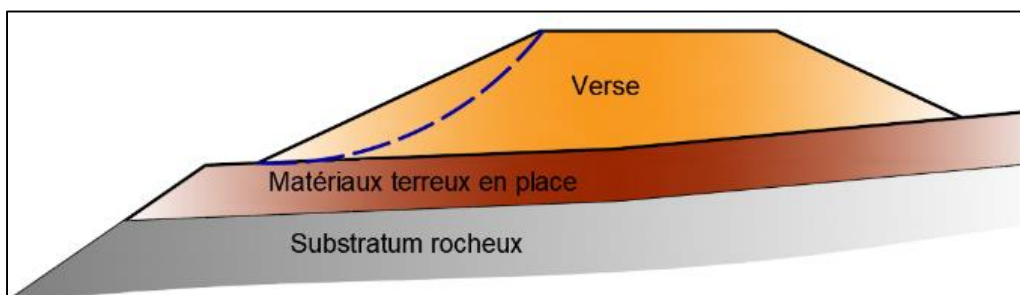


Figure 1 : Rupture intrinsèque

- Une rupture profonde affectant le talus de la verse ainsi que les matériaux de l'assise ; (Cf. Figure 2).

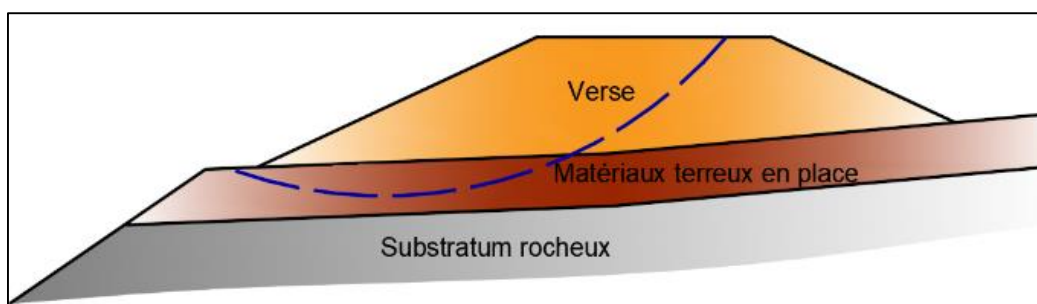


Figure 2 : Rupture profonde

Afin de limiter les risques géotechniques, les verses à stériles doivent être construites en respectant les règles générales de construction et de surveillance.

5 ETAPES DE CONSTRUCTION D'UNE VERSE A STERILES

La construction d'une verse à stériles doit se faire en respectant les étapes suivantes :

- Etape 1 : Les travaux préparatoires au droit de l'assise de la verse ;
- Etape 2 : La construction des différents composants de la verse (Ouvrages de drainage, talus de la verse, plateforme sommitale) ;
- Etape 3 : Le contrôle qualité au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

Dans ce qui suit, nous présentons les détails relatifs à chacune des étapes listées ci-dessus.

6 TRAVAUX PREPARATOIRES

Avant le montage de la verse, des travaux préparatoires au droit de l'assise de la future verse doivent être réalisés, et ce, après évaluation de l'intérêt floristique et faunistique du site, et après avoir obtenu l'autorisation de défrichement.

Les travaux préparatoires englobent l'ensemble des opérations suivantes :

- Aménagement d'un ouvrage de mise hors d'eau du site ;
- Aménagement des ouvrages de sédimentation en aval du site ;
- Défrichement et récupération de la terre végétale pour les verses projetées directement sur le terrain naturel ;
- Réalisation d'une campagne d'inspection de l'assise pour identifier les anomalies ;
- Traitement des anomalies identifiées au niveau de l'assise.

6.1 La mise hors d'eau du site

6.1.1 Principe de la mise hors d'eau

Avant le démarrage des travaux de mise en verse, le site doit être mis hors d'eau par un fossé aménagé en amont du site et permettant la déviation des eaux provenant du bassin versant amont ou latéral. Cette disposition constructive permet de réduire le débit transitant par le site de la verse et de diminuer par conséquent les sections des ouvrages hydrauliques (mèches et ouvrages de drainage en surface).

En fonction du contexte hydrologique et topographique du site, la restitution des eaux peut se faire :

- Soit dans le thalweg d'origine en aval de la verse ; (Cf. Figure 3) ;
- Soit dans un autre thalweg. Pour cette configuration, le débit d'eau rejetée dans le nouveau thalweg ne doit pas dépasser 20% de son débit naturel et le point de rejet doit être renforcé par des seuils en enrochements ; (Cf. Figure 4).

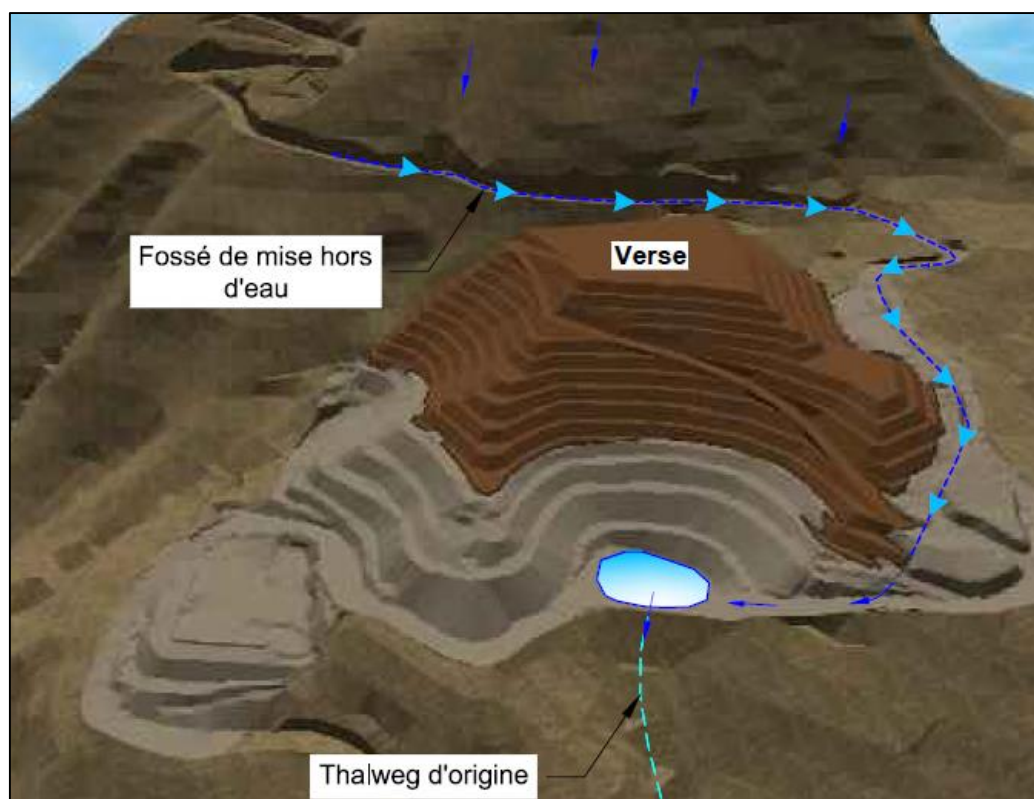


Figure 3 : Restitution des eaux dans le thalweg d'origine

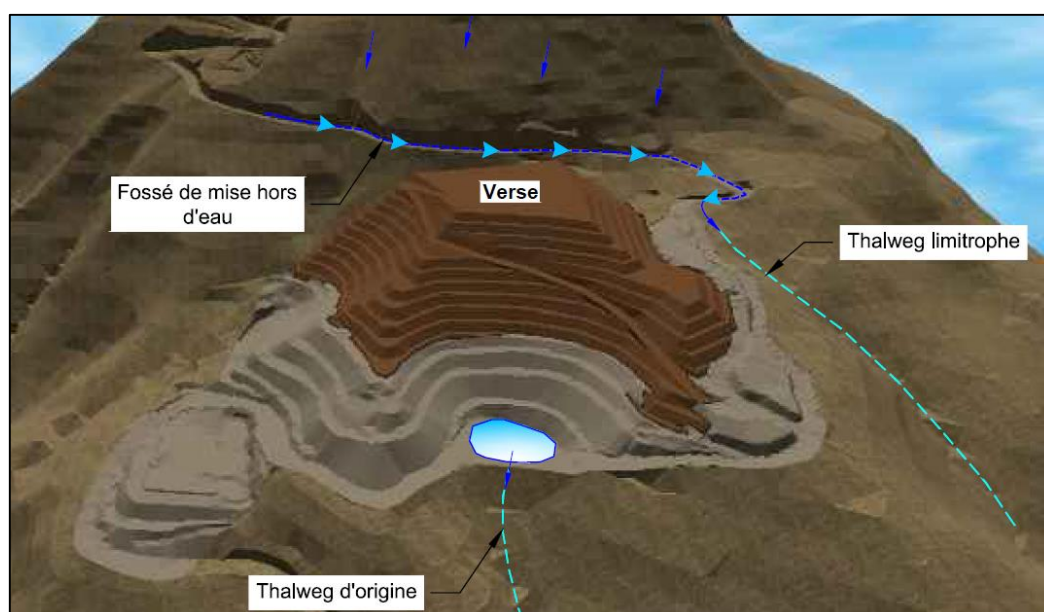


Figure 4 : Restitution des eaux dans un thalweg limitrophe

6.1.2 Etapes de construction

La construction d'un fossé de mise hors se fait suivant les étapes présentées ci-dessous :

- Elaboration d'un projet conformément aux dimensions préconisées dans l'étude de justification hydraulique de la verse ;
- Implantation de l'axe et des entrées en terre ;

- Excavation de l'emprise avec une pelle ;
- Réalisation d'un levé topographique pour vérifier les dimensions et la pente longitudinale notamment au niveau des passages à faible pente ;
- Protection des passages terreux par des enrochements posés sur du géotextile de séparation.



Figure 5 : Fossé de mise hors d'eau en cours de construction

6.2 Aménagement des ouvrages de sédimentation

6.2.1 Principe

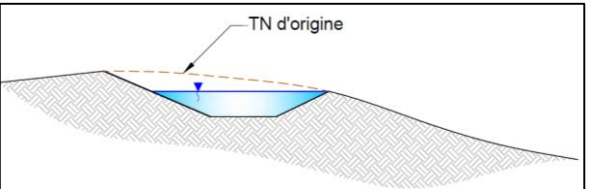
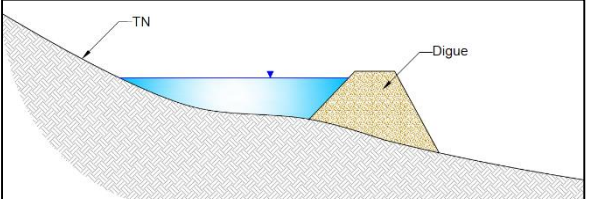
Au cours des travaux de mise en verse, les eaux transitant par le site de la verse sont décantées dans des ouvrages de sédimentation en aval de la verse. Après décantation, les eaux claires sont restituées dans le milieu naturel.

6.2.2 Présentation des différents types des ouvrages de sédimentation

En fonction de la configuration topographique du site ainsi que la capacité de stockage recherchée, les ouvrages de sédimentation peuvent être aménagés suivant les trois concepts ci-dessous :

Tableau 1 : Différents types d'ouvrages de sédimentation

Type d'ouvrage et description	Schéma conceptuel
Les ouvrages en déblai remblai : Il s'agit des ouvrages creusés dans le terrain naturel puis rehaussés par une digue en remblais	

<p>Les ouvrages en déblais : Ce sont des ouvrages creusés dans le terrain naturel ou dans un fond de fosse</p>	
<p>Les ouvrages en remblai : Ces ouvrages sont aménagés par construction d'une digue en remblais</p>	

Chaque ouvrage de sédimentation doit être muni d'un évacuateur de crue permettant d'évacuer les eaux de surverse de l'ouvrage. Cet évacuateur sera composé de :

- Un déversoir ;
- Un fossé connectant le déversoir au dernier point de rejet et permet de ramener les eaux vers l'aval de l'aménagement.

Les ouvrages sensibles doivent faire l'objet d'une étude de justification géotechnique confirmant la faisabilité de l'ouvrage. La sensibilité de l'ouvrage est évaluée en fonction de la capacité de stockage, la proximité de la rupture de pente, la hauteur de la digue, la configuration géologique, la hauteur d'eau dans la retenue ainsi que la sensibilité du site vis-à-vis de l'érosion interne.

6.2.3 Construction des différentes composantes des ouvrages de sédimentation

Etapas de construction des retenues de sédimentation en déblai

- Réalisation d'un projet de l'ouvrage en respectant les préconisations de l'étude ainsi que les dispositions constructives relatives aux ouvrages de sédimentation ;
- Implantation de l'entrée en terre de l'ouvrage par l'équipe topographie ;
- Excavation de la retenue moyennant une pelle ;
- Lissage des talus amont ;
- Renforcement des arrivées d'eau par des enrochements.

Etapas de construction des digues à noyau étanche

- Réalisation d'un projet en respectant les préconisations de l'étude ainsi que les dispositions constructives relatives aux ouvrages de sédimentation ;
- Implantation de l'emprise de la digue ;
- Préparation de l'assise de la digue : Défrichage et récupération de la terre végétale ;

- Mise en conformité de la zone d'ancrage si nécessaire : Décapage des matériaux de mauvaise qualité, reprofilage de la zone d'ancrage si la pente est supérieure à 10% ;
- Implantation du drain en enrochement à la base de la digue qui permet d'éviter de mettre en charge la talus aval ;
- Aménagement du drain en enrochement : Lissage de l'emprise du drain, mise en place du géotextile, mise en place des enrochements, recouvrement des enrochements par du géotextile ;
- Construction du noyau étanche avec des latérites compactées par couche de 50 cm ;
- Construction d'une carapace en enrochement au fur et à mesure de la rehausse de la digue.

Etapas de construction des digues en tout venant rocheux

- Réalisation d'un projet en respectant les préconisations de l'étude ainsi que les dispositions constructives relatives aux ouvrages de sédimentation ;
- Implantation de l'emprise de la digue ;
- Préparation de l'assise de la digue : Défrichement et récupération de la terre végétale ;
- Mise en conformité de la zone d'ancrage si nécessaire : Décapage des matériaux de mauvaise qualité, reprofilage de la zone d'ancrage si la pente est supérieure à 10% ;
- Construction de la digue avec des matériaux en tout venant rocheux.

Aménagement de l'évacuateur des crues (déversoir et fossé)

- Implantation de l'axe et des entrées en terre de l'évacuateur ;
- Excavation de l'emprise avec une pelle ;
- Renforcement de l'évacuateur de crue et du point de rejet par des enrochements posés sur du géotextile de séparation.

6.2.4 Dispositions constructives

Ci-dessous l'ensemble des dispositions constructives relatives aux ouvrages de sédimentation qui doivent être respectées :

- La retenue de sédimentation doit être aménagée au plus près possible du site de la verse, coté aval ;
- La digue doit être implantée dans un site offrant des conditions topographiques et géologiques favorables ;
- La vidange des ouvrages jugés sensibles doit être effectuée une fois les eaux stockées sont claires ;
- Le bassin doit être implanté au moins à 10 m du pied de la verse ;
- La hauteur d'eau maximale dans la retenue doit être limitée à 5 m ;

- Le déversoir doit être aménagé à une cote inférieure à celle du pied de la verse pour éviter de l'inonder ;
- Les retenues de sédimentation sont curées, une fois le niveau des sédiments atteint 30% de la capacité totale. Les produits de curage sont essorés et stockés dans la verse, loin du flanc libre : Pour les plateformes ultimes, il faut s'éloigner au maximum du flanc libre. Pour les verses en cours de construction, il faut s'assurer que ces produits ne soient pas stockés sous le flanc libre, après rehausse de la verse ;
- Pour les grands bassins versants, il faut favoriser la construction de plusieurs ouvrages de sédimentation en série plutôt qu'un grand ouvrage qui sera difficile à construire, à surveiller et à entretenir.

6.3 Défrichage et récupération de la terre végétale

Pour les verses qui seront construites directement sur le terrain naturel, des travaux de défrichage au droit de l'emprise de la verse doivent être réalisés.

Les travaux seront réalisés comme suit :

- Implantation de l'emprise de la future verse ;
- Déboisement dans l'emprise du projet en respectant les plans et les permis délivrés ;
- Essartage et transport de la terre végétale (ou top-soil) directement vers les zones à revégétaliser (Cf. Figure 6) ou vers des aires de stockage de la terre végétale (Cf. Figure 7).

Le top-soil doit être stocké de façon à conserver ses qualités germinatives et doit être réutilisé dès que possible pour la revégétalisation.

Il doit être ainsi stocké en merlons de 2 m de hauteur sur 3 m de largeur sans compactage ni lissage pour assurer la conservation des graines. La durée de stockage ne doit pas dépasser 6 mois.



Figure 6 : Verse Thono préalablement préparée par étalage de top soil sur les banquettes avant un chantier de plantations _ Mine Ouazangou



Figure 7 : Stock de top soil dans l'attente de réutilisation - Centre de Kouaoua

6.4 Campagne d'identification des anomalies

Le site de la verse peut présenter des contraintes géotechniques et hydrogéologiques pouvant impacter la stabilité de la future verse (résurgences, doline, cavités, matériaux de mauvaise qualité dans la zone d'ancrage, fracturation défavorable).

Ainsi, pour les verses qui sont construites directement sur le terrain naturel, une campagne d'identification des anomalies au droit de l'assise de la future verse doit être réalisée après travaux de défrichage.

Par ailleurs, pour les verses en comblement de fond de fosse, un diagnostic hydrogéologique préalable au comblement doit être réalisé. Il s'agit d'une étude hydrogéologique et géotechnique s'appuyant sur un relevé de terrain détaillé de la fosse finale avant son comblement.

L'objectif de cette démarche est d'identifier tout type d'anomalie au niveau de l'assise, définir les travaux de traitement de ces anomalies pour garantir la stabilité de la verse au cours de son édification ainsi qu'à long terme.

Nous présentons dans ce qui suit une procédure générale pour le traitement des différents types d'anomalies pouvant être identifiées sur le site d'une verse.

6.5 Traitement des anomalies

6.5.1 Curage des matériaux de mauvaise qualité mécanique

Les matériaux de mauvaise qualité mécanique sont généralement les matériaux peu cohésifs (comme les éboulis ou les anciennes masses glissées). L'existence de ces matériaux sur une grande épaisseur (plus de 5 m) au niveau de la zone d'ancrage constitue une contrainte géotechnique majeure. Lorsque l'épaisseur des matériaux de mauvaise qualité est faible, des travaux de curage permettant d'enlever ces matériaux doivent être réalisés. Cette disposition constructive permet d'améliorer les conditions d'ancrage du talus libre de la verse ; (Cf. Figure 8).

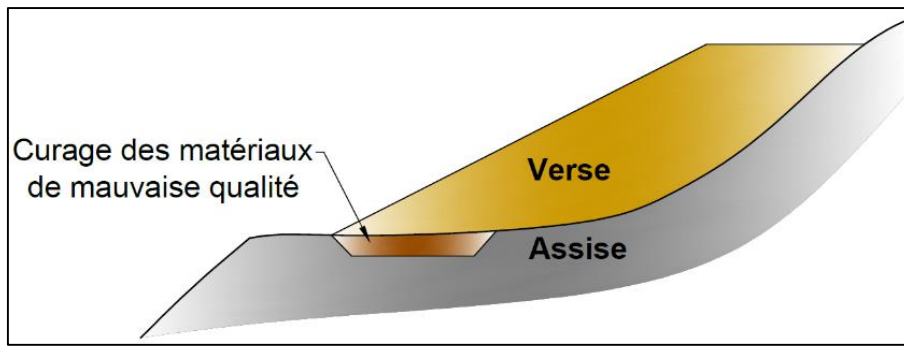


Figure 8 : Curage des matériaux de mauvaise qualité

6.5.2 Aménagement des banquettes d'ancrage

La zone d'ancrage est située au pied de la verse sur une distance égale au $\frac{1}{3}$ de la hauteur de la verse. Afin d'offrir des conditions d'ancrage satisfaisantes, la pente du terrain au droit de cette zone doit être inférieure à 10%.

Dans le cas où la pente de la zone d'ancrage dépasse 10%, des travaux de remodelage du terrain naturel par l'aménagement de banquettes d'ancrage doivent être réalisés ; (Cf. Figure 9). Cette disposition constructive permet de garantir un ancrage satisfaisant de la verse en réduisant les risques de glissement.

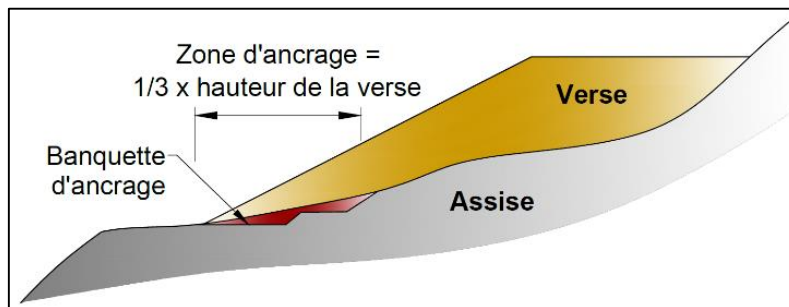


Figure 9 : Remodelage de la zone d'ancrage

6.5.3 Traitement des dolines

Cette opération consiste à traiter les cavités et les dolines identifiées dans le site du projet et ce, dans le but de prévenir d'éventuels effondrement du terrain sous le poids de la verse.

Le traitement sera effectué selon le principe suivant (Cf. Figure 10):

- Mise hors d'eau de la zone ;
- Excavation jusqu'à l'identification du terrain en place sous-jacent à l'anomalie ;
- Mise en place d'une nappe de géotextile en fond de fouille ;
- Remblaiement par minces couches (30 à 50 cm) de latérite compactée.

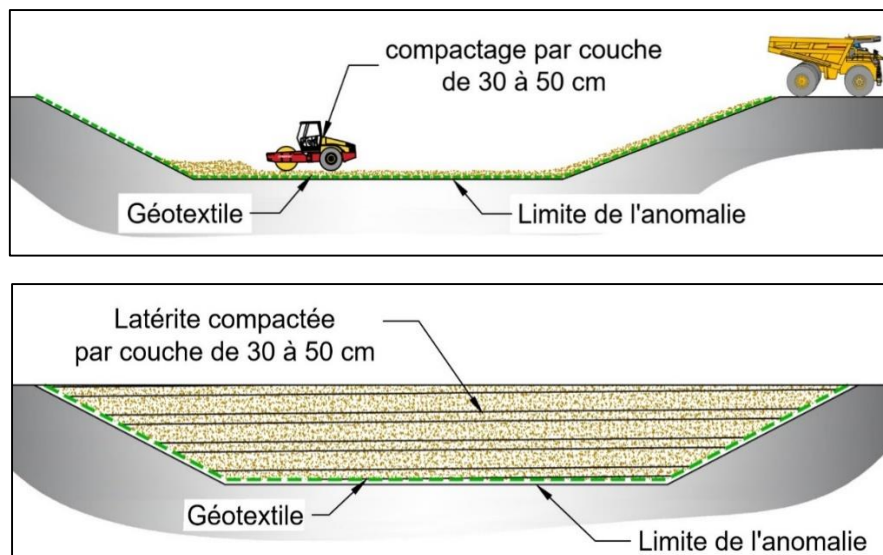


Figure 10 : Traitement des dolines

6.5.4 Drainage des résurgences

En cas d'identification des zones de résurgence, un système de drainage composé de drain en enrochements doit être mis en place au niveau de ces zones. Le but est d'intercepter et évacuer les eaux souterraines provenant des sources dans l'emprise de la verse et éviter ainsi la formation d'une nappe dans le remblai de la verse.

6.5.5 Etat de stabilité du versant aval

Pour les verses projetées en amont d'un versant aval à forte pente, le pied de la verse doit être situé au moins à 20 m en retrait par rapport à la rupture de pente et ce, afin d'éviter toute interaction entre le versant aval et le talus de la verse ; (Cf. Figure 11). Cette distance peut être optimisée en fonction des conditions géologiques et géotechniques du site.

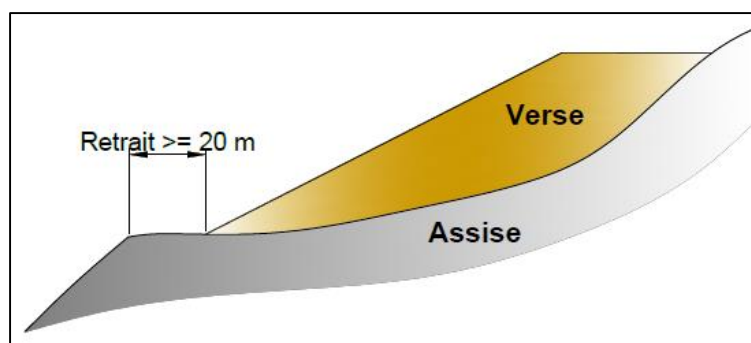


Figure 11 : Retrait par rapport à la rupture de pente

Ainsi, avant de procéder aux travaux de mise en verse, un levé structural doit être réalisé au niveau de l'assise et ce, afin d'évaluer la stabilité du versant en aval immédiat de la verse. En plus, une inspection visuelle du versant aval doit être également réalisée pour évaluer le contexte érosif et vérifier la faisabilité du projet de la verse.

Les structures défavorables peuvent être à l'origine d'un glissement plan ou dièdre affectant la stabilité du versant aval et par conséquent la stabilité de la verse ; (Cf. Figure 12).

En cas d'identification de structures défavorables, un retrait suffisant entre le pied de la verse et la crête du versant aval doit être définie de façon à éviter toute interaction entre le versant aval et le talus de la verse.

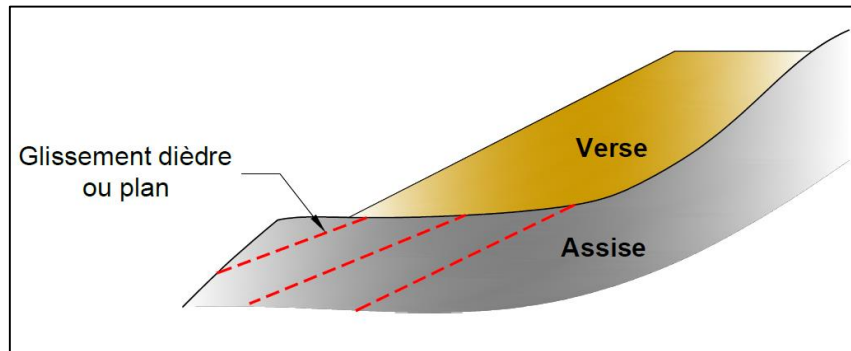


Figure 12 : Structures défavorables

7 CONSTRUCTION DE LA VERSE

Ce chapitre présente les techniques de construction des différentes composantes de la verse ainsi que la méthode de stockage des stériles durant les travaux de mise en verse.

Nous présentons ainsi dans ce qui suit les techniques relatives à :

- La construction de la butée de pied : Dans le cas des verses présentant un verrou au niveau de la zone d'ancrage, une butée de pied en gros blocs doit être aménagée ;
- L'aménagement du dispositif de drainage de la verse : Ce dispositif sera composé de mèches, de descentes d'eau et de fossés. Il permet d'assurer la collecte et l'évacuation des eaux de ruissellement transitant par le site de la verse durant les travaux de construction ainsi qu'en phase ultime ;
- Déversement et étalement des stériles : Les stériles seront étalés au bull dans le but d'améliorer leur compacité et de faciliter la gestion des eaux de ruissellement ;
- La construction des talus libres de la verse : Les talus de la verse doivent être protégés par des enrochements limitant ainsi l'érosion.

7.1 Butée de pied

Dans le cas des verses présentant un verrou au niveau du pied de la verse (par exemple les verses construites par comblement d'un thalweg), une butée de pied en gros blocs doit être aménagée afin de renforcer le pied de la verse et améliorer les conditions d'ancrage ; (Cf. Figure 13 et Figure 14).

La butée de pied correspond ainsi à une digue en enrochement aménagée au pied de la verse sur une hauteur de 5 m. Elle est composée de gros blocs 500 à 1000 mm bien agencés.

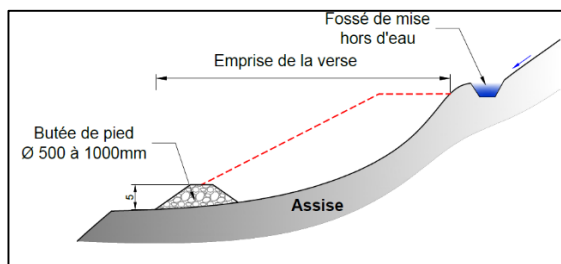


Figure 13 : Butée de pied



Figure 14 : Butée de pied de la versée AC1 (Site minier : Pinpin, Centre de Poya)

7.2 Drainage de la versée

7.2.1 Principe de drainage de la versée

La gestion des eaux sur une versée à stériles miniers doit se faire en respectant les règles générales suivantes :

- Limiter les volumes d'eau de ruissellement qui transitent par le site en privilégiant des sites à faibles bassins versants amont ou en aménageant une mise hors d'eau permettant de dévier les eaux provenant du bassin versant amont en dehors du site de la versée ;
- Minimiser les infiltrations d'eau dans le remblai de la versée (dévers vers les ouvrages de drainage, lissage de la plateforme...) ;
- Durant la construction, gérer les eaux de la plateforme sommitale par un dispositif de drainage interne composé de mèches en enrochements ;
- Une fois la versée fermée, gérer les eaux de la plateforme par un dispositif de drainage en surface composé de fossés et/ou de descentes d'eau enrochées ;
- Décanner les eaux chargées en particules fines provenant de la versée dans des bassins de sédimentation avant de les rejeter dans le milieu naturel ;
- Renforcer les exutoires dans le milieu naturel en aval des versées par des enrochements pour limiter au maximum le ravinement des creeks et thalwegs ;
- Durant les différentes phases de construction, drainer les banquettes par un dispositif de drainage en surface (fossés ou descentes d'eau enrochées) ;
- Partager les eaux rejetées en respectant autant que possible les bassins versant d'origine des cours d'eau : Après construction de la versée, le bassin versant du creek n'est pas augmenté de plus de 20 % par rapport à son état initial.

7.2.2 Ouvrages de drainage

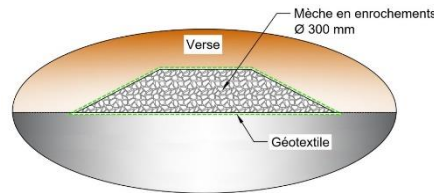
Les ouvrages de drainage aménagés au niveau des versées à stériles sont : mèches en enrochements, descentes d'eau, fossés et piste drainante. Les spécifications techniques de ces différents ouvrages sont détaillées dans les fiches techniques n°1 à 4.

Fiche N°1 : Mèches en enrochements

Fonction

Les mèches sont aménagées au niveau des lignes d'écoulements préférentiels ainsi qu'au niveau des résurgences. Elles permettent de drainer :

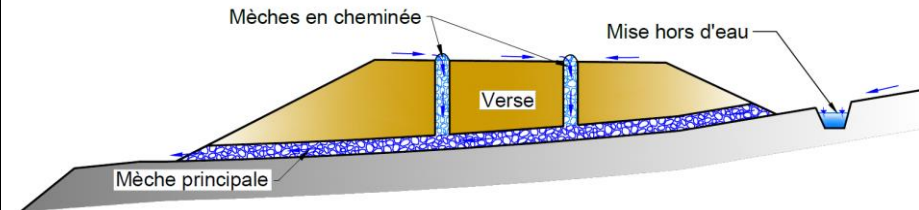
- Les eaux de surface au cours de construction de la verse ;
- Les éventuelles résurgences ;
- Les eaux de consolidation.

**Mode de construction**

- Implantation de l'emprise de la mèche en respectant les sections préconisées dans le cadre d'une étude de justifications hydrauliques de la verse ;
- Lissage de l'emprise de la mèche ;
- Pose du géotextile ;
- Pose des enrochements constituant la mèche à côté de l'emprise de la mèche (diamètre moyen = 300 mm) ;
- Reprise des enrochements par pelle et mise en place des enrochements sur le géotextile ;
- Déroulement du géotextile sur les enrochements constituant la mèche en assurant un recouvrement minimal de 30 cm entre deux nappes de géotextile.

**Dispositions constructives**

- Section minimale = 5 m² ;
- Reprofilage de l'assise au niveau des replats : pente minimale = 2 % ;
- Rehausse de la mèche au fur et à mesure de la montée de la verse ;
- Entrée de la mèche toujours en avance par rapport à la plateforme sommitale ;
- Nivellement de la plateforme vers l'entrée de la mèche ;
- Mise hors d'eau et fermeture de la mèche en fin des travaux (Cf. § 8.3.1) ;
- Afin de multiplier les points d'évacuation des eaux sur la plateforme sommitale, la mèche principale aménagée sur le terrain naturel (ou en fond de fosse) peut être connectée à des mèches en cheminée. Cette technique est très utilisée dans le cas des verses montant en dôme.

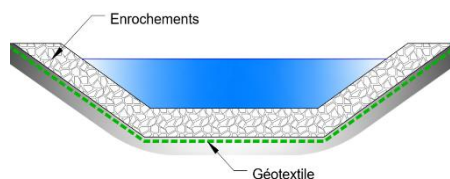


Fiche N°2 : Fossés

Fonction

Tranchée de section rectangulaire ou trapézoïdale aménagée :

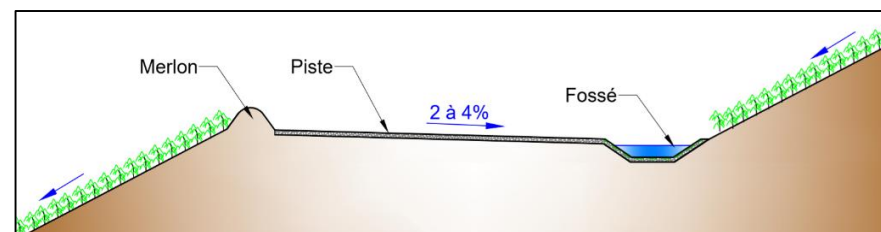
- En amont de la verse afin de collecter et dévier les écoulements du bassin versant résiduel amont.
- Le long de la piste d'accès afin de drainer :
 - ✓ Les eaux provenant de la plateforme sommitale ultime ;
 - ✓ Les eaux des banquettes ;
 - ✓ Les eaux de la piste (en conservant un dévers de 2 à 4% au niveau de la bande de roulement).

**Mode de construction**

- Implantation de l'ouvrage ;
- Décaissement et lissage du fond de forme de la tranchée à l'aide d'une pelle, en respectant la cote projet, la pente et la section définies dans l'étude ;
- Couverture du fossé par une couche de géotextile séparateur ;
- Ancrage du géotextile au niveau des bords du fossé ;
- Mise en place des enrochements avec une pelle en respectant le diamètre et l'épaisseur préconisés par l'étude.

**Dispositions constructives**

- La pente longitudinale minimale au niveau des fossés est de 2% ;
- Au niveau des faibles pentes, il est recommandé de faire un levé topographique après travaux d'excavation pour vérifier la conformité de la pente ;
- Pour les fossés aménagés au niveau des pistes d'accès, la bande de roulement doit être remodelée avec un dévers amont minimal de 2% à 4% pour drainer les eaux de la piste.



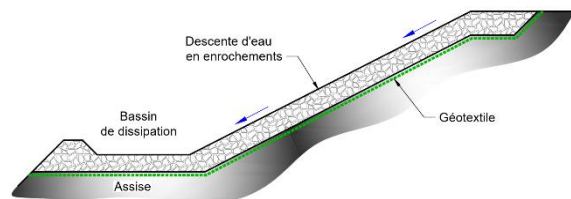
Fiche N°3 : Descentes d'eau

Fonction

Ouvrage aménagé sur le talus de la verse ou au niveau des interfaces verse-TN, soit au niveau d'un terrain à forte pente.

Les descentes d'eau permettent d'évacuer les eaux de la plateforme sommitale et des banquettes sans qu'il ait d'érosion liée à la forte pente.

Les descentes d'eau sont suivies systématiquement d'un bassin de dissipation en pied pour ralentir les écoulements.



Mode de construction

- Implantation de l'ouvrage ;
- Décaissement et lissage du fond de forme en respectant la section définie dans l'étude ;
- Remodelage du terrain en crête de la descente d'eau pour éviter les stagnations d'eau ;
- Couverture de la descente par une couche de géotextile séparateur ;
- Ancrage du géotextile au niveau des bords de la descente ;
- Mise en place d'enrochements à l'aide d'une pelle, en respectant le diamètre et l'épaisseur préconisés par l'étude.



Dispositions constructives

- Les descentes d'eau sont aménagées au fur et à mesure de la rehausse de la verse ;
- En crête de la descente d'eau, il faut bien s'assurer de l'horizontalité du terrain pour éviter la stagnation d'eau ;
- Pour les plateformes sommitales présentant une superficie importante, il est recommandé de multiplier les descentes d'eau pour mieux contrôler les écoulements et éviter les risques de débordement sur les talus.



Fiche N°4 : Piste drainante aménagée au niveau du talus de la verse

Fonction

La construction de la verse nécessite dans la plupart des cas, l'aménagement d'une piste frontale traversant le talus de la verse. Ces pistes sont généralement projetées avec une largeur minimale de 8 m.

Pour éviter d'aménager des fossés qui réduisent la largeur de la piste frontale, il est possible de transformer la piste frontale en une piste drainante.

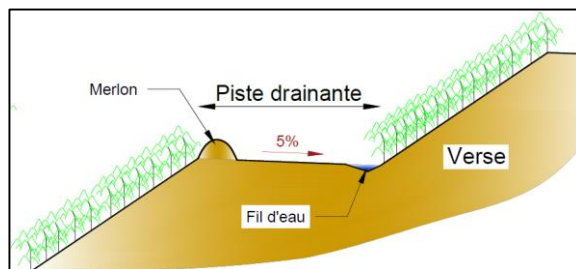
Les pistes drainantes ont ainsi un double rôle :

- Plateforme permettant un roulage minier sécurisé même en temps de pluies ;
- Ouvrage de drainage permettant d'intercepter et d'évacuer les eaux de ruissellement.

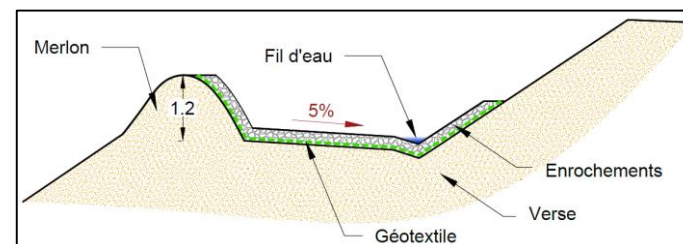
Les différentes composantes d'une piste drainante

Les pistes drainantes sont constituées (de l'amont vers l'aval) par :

- Un fil d'eau en forme triangulaire permettant d'évacuer les crues fréquentes,
- Une plateforme de roulage ayant un dévers amont minimal de 5% et renforcée par des enrochements pour permettre l'évacuation des crues exceptionnelles,
- Un merlon de protection permettant la circulation dans des conditions sécuritaires et offrant une revanche entre les plus hautes eaux et la crête du merlon

**Mode de construction**

- Prolongement de la piste pour le niveau supérieur (N+1) par la construction d'une rampe sur le flanc en partant du niveau (N) ;
- Remodelage de la piste pour assurer une pente longitudinale maximale de 10% et un dévers amont de 5% ;
- Excavation du fil d'eau triangulaire au niveau de la limite intérieure de la piste moyennant une pelle ;
- Construction du merlon de sécurité sur une hauteur de 1.2 m ;
- Tapisser la piste et les bords par la mise en place de blocs sur une épaisseur minimale de 50 cm afin de protéger l'ouvrage contre l'érosion.



7.3 Stockage des stériles

7.3.1 Déversement des stériles

Les stériles sont déversés par camions à partir de la limite extérieure de la verse puis étalés au bull : (Cf. Figure 15) :

- En période humide, le stockage se fait par couches épaisses avec une limitation de l'épaisseur à 5 m pour assurer la stabilité des produits stockés ;
- En période sèche, favorable pour le séchage, l'épaisseur de la couche peut être réduite à 1,5 m.

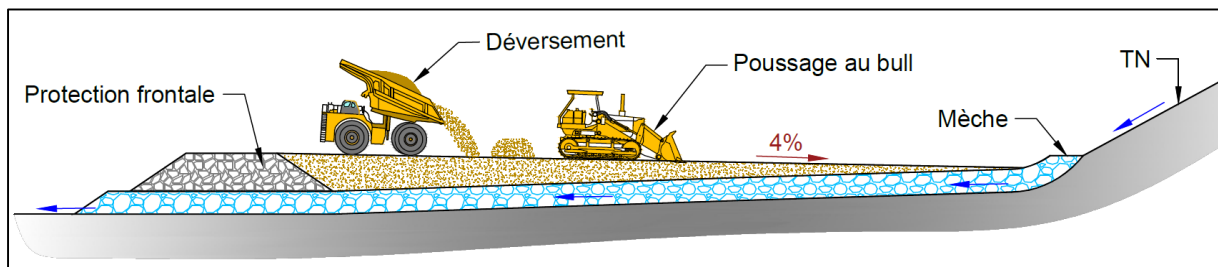


Figure 15 : Stockage des stériles

7.3.2 Etalement des stériles et lissage de la plateforme sommitale

La plateforme sommitale de la verse doit être plane avec un dévers minimal de 4 % vers les exutoires (mèches ou ouvrages de drainage en surface) ; (Cf. Figure 16).

Afin de faciliter les écoulements et de limiter l'érosion, la surface de la plateforme doit être systématiquement lissée à l'aide de la lame du bull.

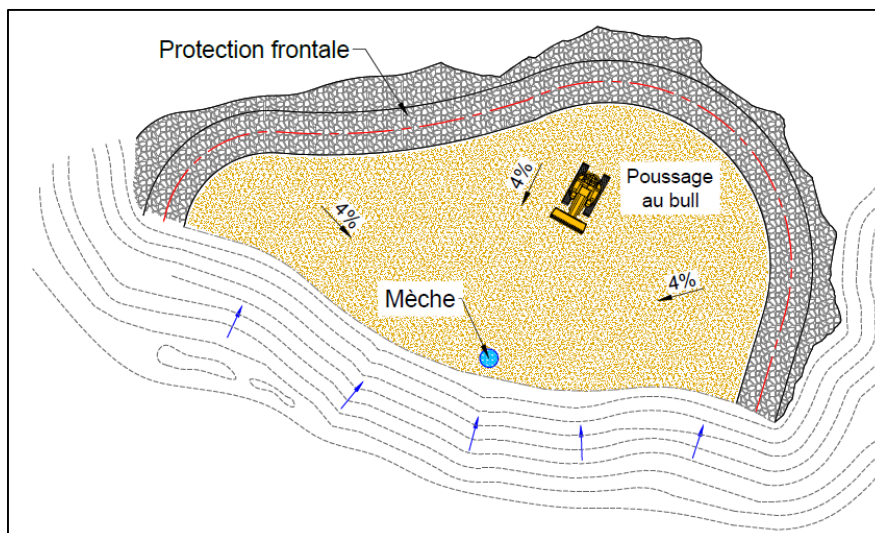


Figure 16 : Lissage et nivellement de la plateforme vers l'entrée de la mèche

7.4 Construction du talus de la verse

Les talus des verses sont construits par niveau de 5 m présentant une pente locale de 35°. Une banquette présentant une largeur minimale de 2.5 m pour les verses de grande hauteur et de 3.6 m pour les verses courantes doit être aménagée entre deux niveaux successifs.

Afin d'offrir un meilleur confinement du talus de la verse et le protéger contre l'érosion, une protection frontale du talus doit être aménagée au fur et à mesure de l'avancement des travaux de mise en verse.

En fonction de la disponibilité des matériaux, la protection frontale peut se faire suivant trois techniques différentes.

7.4.1 Technique n°1 : Protection frontale par cordon rocheux

Pour cette technique, la construction du talus de la verse se fait conformément aux étapes présentées ci-dessous :

- Construction d'un premier cordon rocheux au niveau de la limite extérieure de l'emprise. Ce cordon est aménagé avec une hauteur de 2.5 m et une pente de 35°. La largeur en crête est d'environ 2 m ; (Cf. Figure 17)

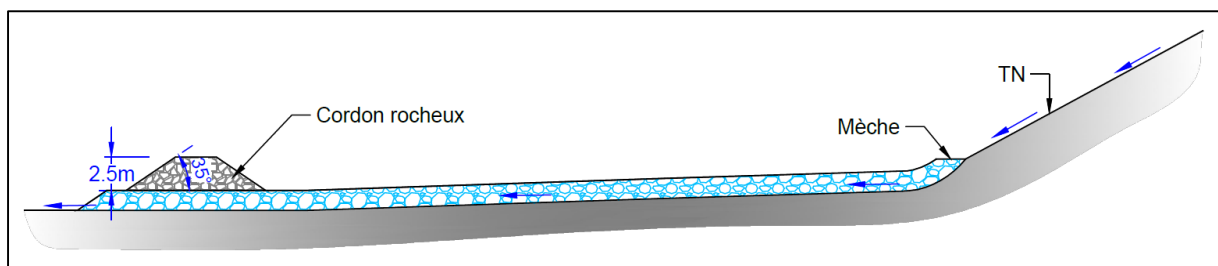


Figure 17 : Aménagement du cordon rocheux

- Remplissage par du stériles non compactés à partir de la limite extérieure vers l'entrée de la mèche située au niveau de la limite intérieure ; (Cf. Figure 18) ;

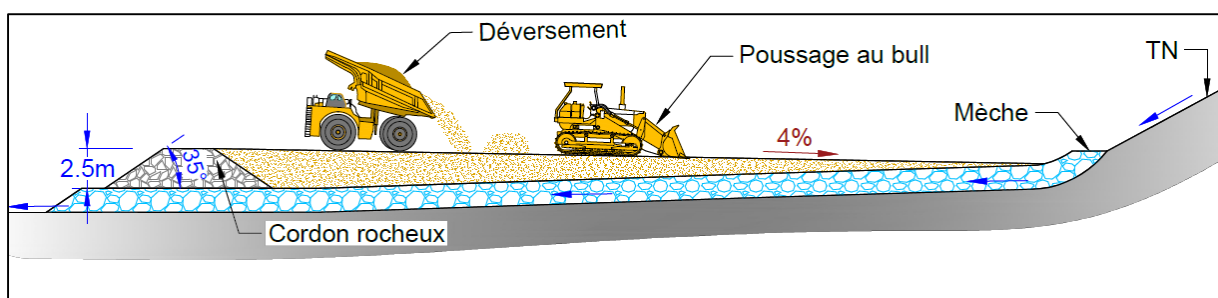


Figure 18 : Remplissage par des stériles miniers

- Mise en place du deuxième cordon rocheux de 2.5 m de hauteur et remplissage par des stériles miniers ; (Cf. Figure 19) ;

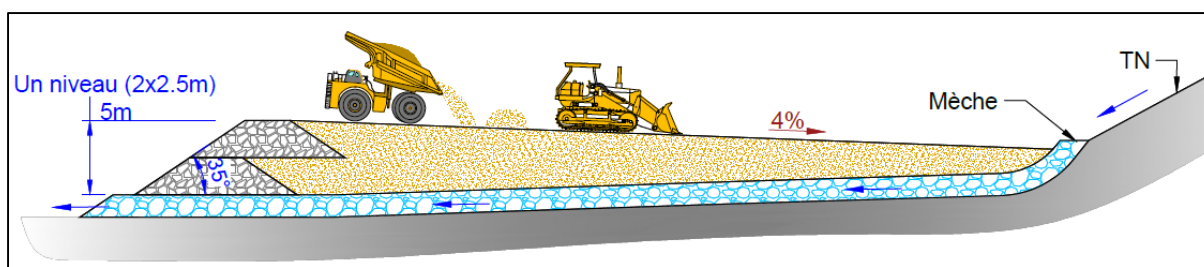


Figure 19 : Superposition de deux cordons rocheux et remplissage par des stériles

- Après la superposition de 2 digues, soit 5 m de hauteur, aménagement d'une banquette drainante avant de passer au niveau suivant (Cf. Figure 20 et Figure 21) :
 - ✓ La banquette doit être remodelée au bull pour assurer un dévers amont de 2% et une pente longitudinale régulière de 2% vers un exutoire (descente d'eau ou piste drainante). Les travaux de remodelage des banquettes doivent se faire avant la mise en place du top-soil ;
 - ✓ La largeur minimale de la banquette dépendra de la catégorie de la verse ;
 - ✓ Au niveau de la limite intérieure de la banquette, un fil d'eau triangulaire doit être excavé ;
 - ✓ Au niveau des banquettes qui seront accessibles par les engins, il faut aménager un merlon de 1.2 m de hauteur.

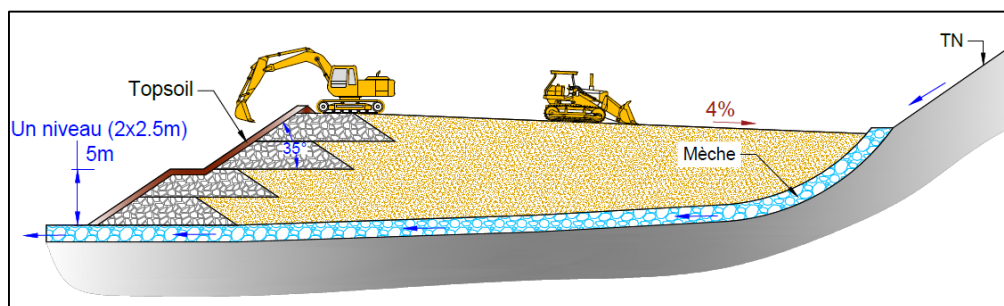


Figure 20 : Construction du deuxième niveau et aménagement d'une banquette drainante

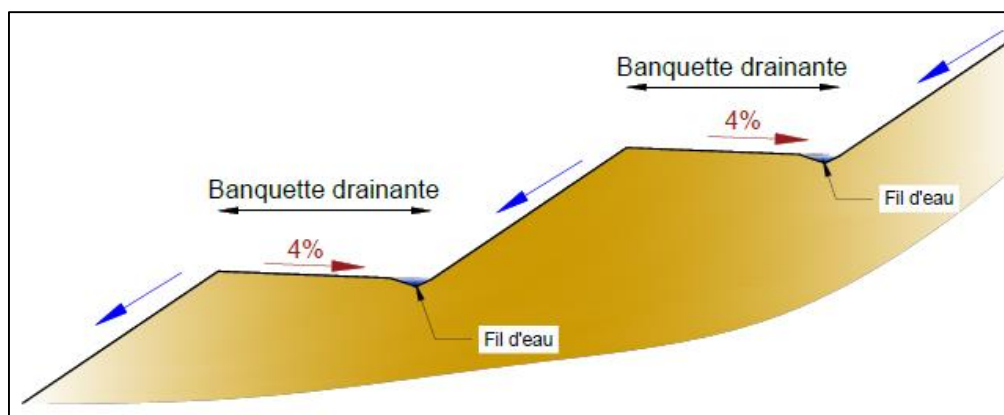


Figure 21 : Aménagement des banquettes drainantes

- Poursuite de la rehausse de la verse en respectant les étapes précédentes et ce, jusqu'à atteindre la cote ultime ; (Cf. Figure 22) ;

- Recouvrement par la terre végétale au fur et à mesure de l'avancement des travaux de mise en verse.

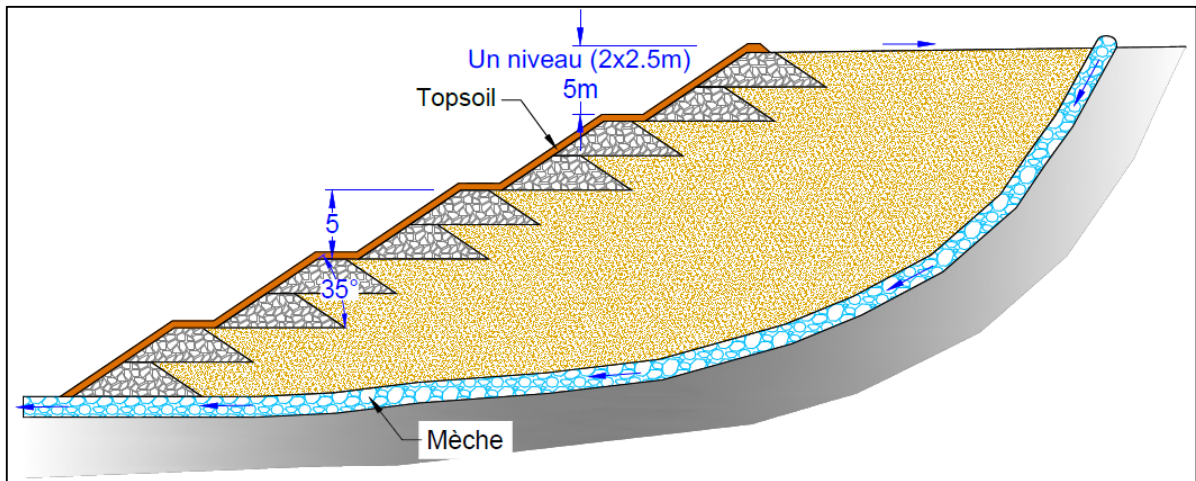


Figure 22 : Rehausse du talus

7.4.2 Technique n°2 : Protection frontale par merlon rocheux

Pour cette technique, la construction du talus de la verse se fait conformément aux étapes présentées ci-dessous :

- Construction d'un premier merlon rocheux sur une hauteur de 2.5 m au niveau de la limite extérieure de l'emprise ; (Cf. Figure 23) ;

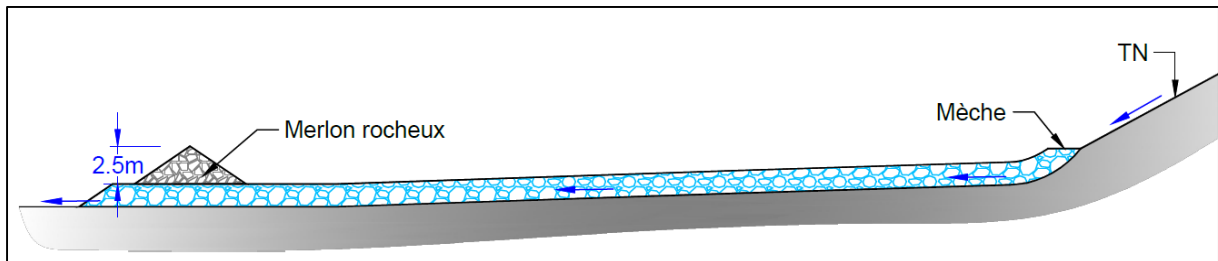


Figure 23 : Aménagement du merlon rocheux

- Remplissage par des stériles non compactés à partir de la limite extérieure vers l'entrée de la mèche située au niveau de la limite intérieure ; (Cf. Figure 24)

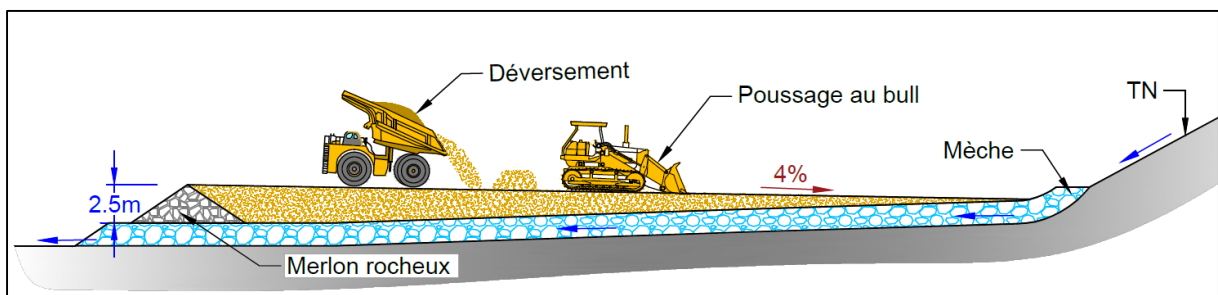


Figure 24 : Remplissage par des stériles miniers

- Mise en place du deuxième merlon rocheux et remplissage par des stériles ; (Cf. Figure 25) ;

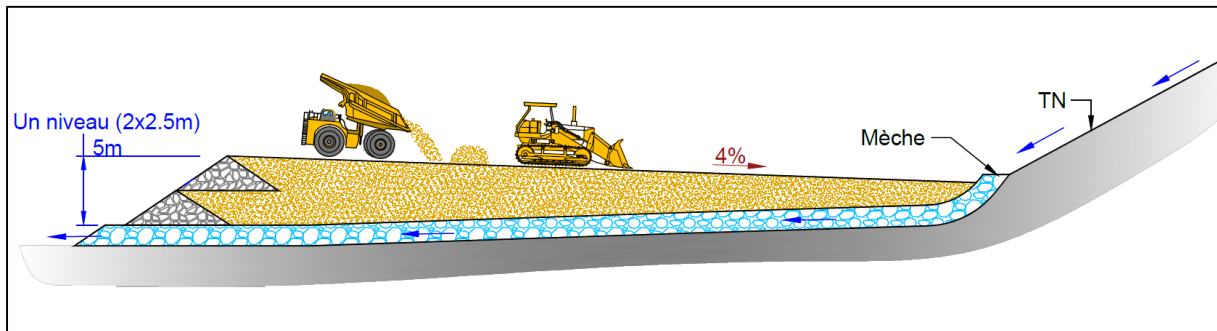


Figure 25 : Superposition de deux merlons rocheux et remplissage par des stériles

- Après la superposition de 2 merlons, soit 5 m de hauteur, aménagement d'une banquette drainante avant de passer au niveau suivant conformément à la méthode présentée ci-dessus (Cf. § 7.4.1) ;
- Poursuite de la rehausse de la verse en respectant les étapes précédentes et ce, jusqu'à atteindre la cote ultime ; (Cf. Figure 26Figure 22) ;
- Recouvrement par la terre végétale au fur et à mesure de l'avancement des travaux de mise en verse.

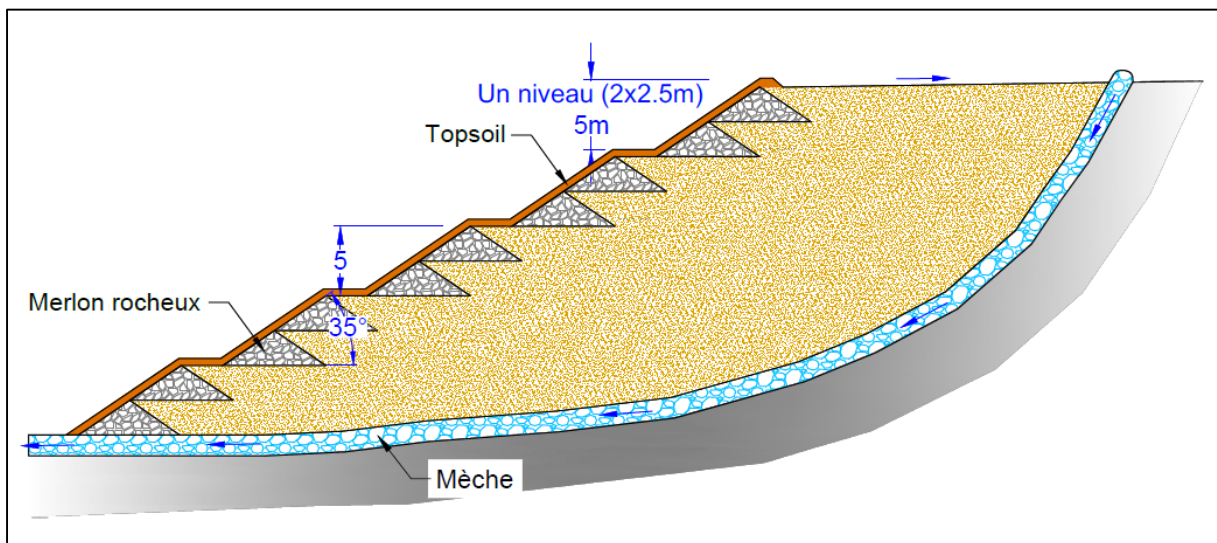


Figure 26 : Rehausse de la verse

7.4.3 Technique n°3 : Protection frontale par pralinage

Pour cette technique, la construction du talus de la verse se fait conformément aux étapes présentées ci-dessous :

- Stockage du premier niveau de stériles non compactés sur une hauteur de 5 m ; (Cf. Figure 27) ;

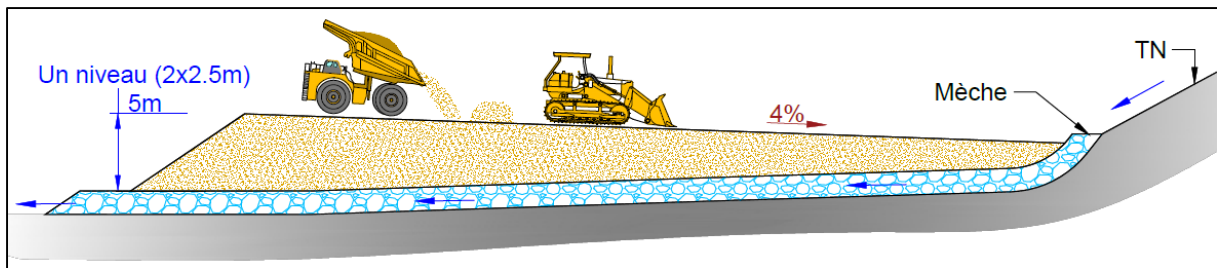


Figure 27 : Mise en place des stériles du premier niveau

- Lissage puis pralinage du talus de verse avec des matériaux rocheux sur une épaisseur minimale de 1 m : Lors des travaux de pralinage, il faut veiller à ce que les blocs soient bien ancrés ; (Cf. Figure 28);

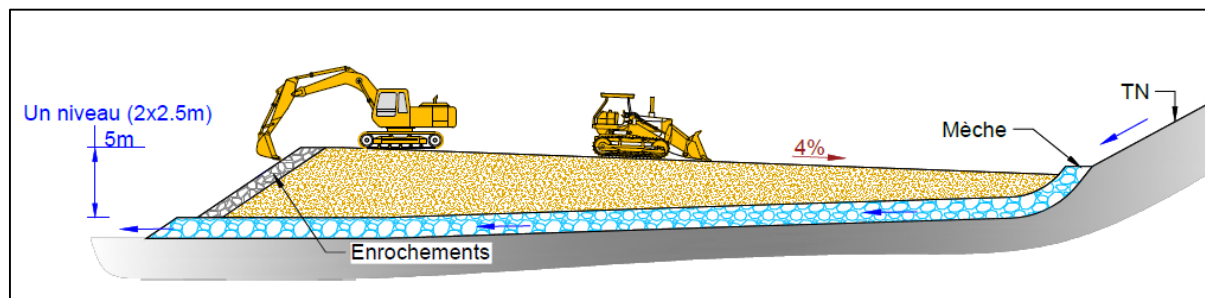


Figure 28 : Pralinage du premier niveau

- Aménagement d'une banquette drainante avant de passer au niveau suivant conformément à la méthode présentée ci-dessus (Cf. § 7.4.1) ;
- Poursuite de la rehausse en respectant les étapes présentées ci-dessous et ce, jusqu'à atteindre la cote ultime ; (Cf. Figure 29);
- Recouvrement par la terre végétale au fur et à mesure de l'avancement des travaux de mise en verse.

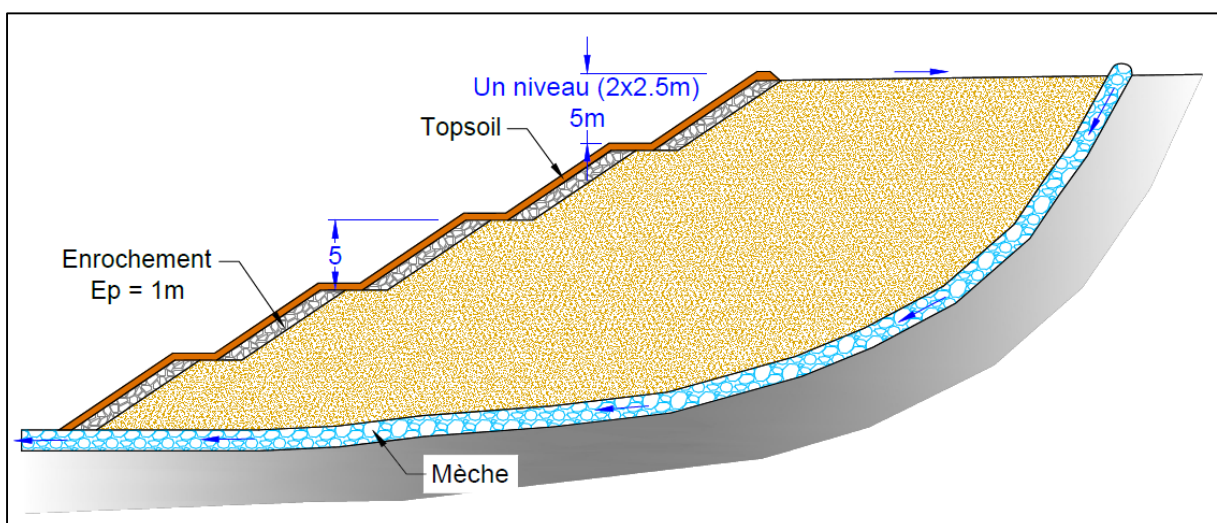


Figure 29 : Rehausse de la verse

7.5 Construction des bandes de roulement

7.5.1 Description de l'ouvrage

Les bandes roulement sont des digues composées de matériaux drainant et qui permettent de délimiter des casiers de stockage de stériles. On distingue : (Cf. Figure 30) :

- Les bandes de roulement externes qui sont aménagées au niveau de la limite externe de la verse et qui font office de protection frontale ;
- Les bandes de roulement internes qui sont aménagées au niveau de l'emprise de la verse et sont connectées à la bande de roulement externe.

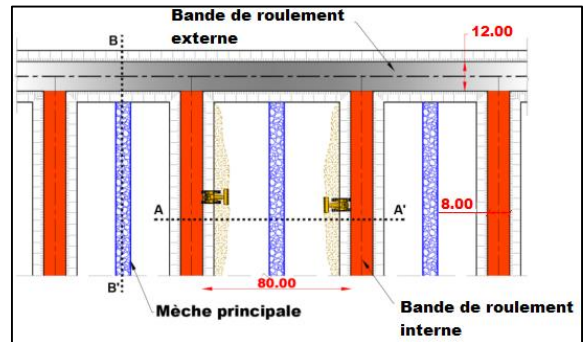


Figure 30 : Bandes de roulement internes et externes

7.5.2 Fonctions

Ces bandes de roulement permettent de :

- Améliorer les conditions de drainage interne de la verse en favorisant le drainage des eaux de consolidation ;
- La circulation des camions sur la plateforme sommitale de la verse et l'accès aux différentes cellules de stockage de stériles.

La technique de stockage par bande de roulement est recommandée :

- Dans les cas des verses présentant des plateformes sommitales de grande surface : Le stockage dans des casiers facilite le nivellement de la plateforme sommitale en réduisant les distances de poussage ;
- Dans les cas des verses à latérites : Les bandes de roulement facilitent la circulation des camions sur la plateforme sommitale ;
- Dans le cas des verses à forte cadence de stockage.

7.5.3 Mode de stockage

Le stockage de stériles se fera comme suit : (Cf. Figure 31):

- Déversement de stériles à partir des bandes de roulement internes ;
- Poussage au bull vers le centre du casier ;
- Etalement au bull et conservation d'une pente vers l'ouvrage de gestion des eaux.

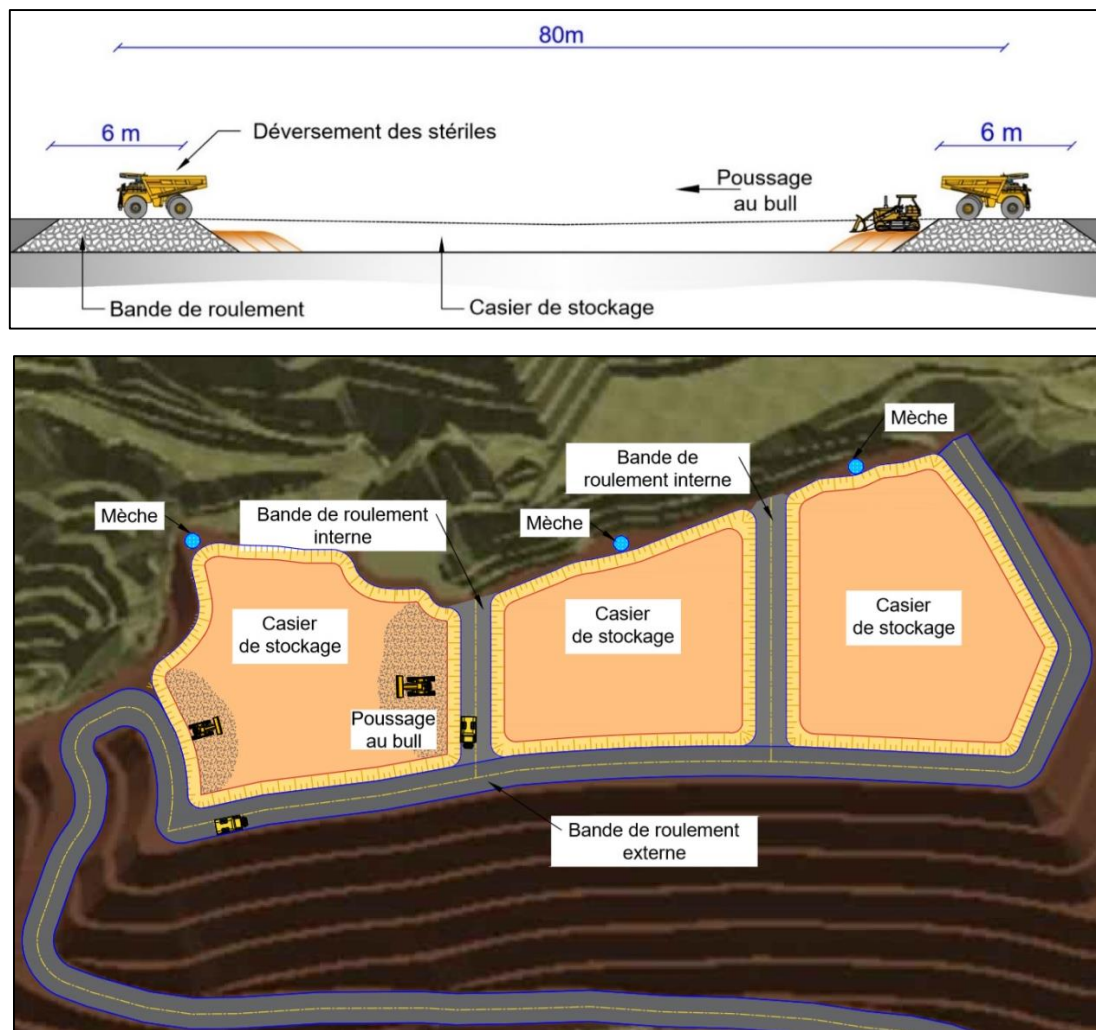


Figure 31 : Principe de stockage des stériles dans des casiers

7.5.4 Dispositions constructives

- Les bandes de roulement sont idéalement plus hautes que les casiers ;
- La construction des bandes de roulement doit précéder le déchargement des stériles dans les casiers ;
- Aménager un merlon de sécurité de 1.2 m de hauteur le long des bandes de roulement externes ;
- Dans le cas des verses montées avec une cadence de stockage inférieure ou égale à 20 m/an, les bandes de roulement internes sont espacées d'au moins 80 m entre axes ;
- Dans le cas des verses montées avec une cadence de stockage supérieure à 20 m/an, et afin d'accélérer la dissipation des surpressions, les bandes de roulement internes sont espacées de 40 m entre axes ;
- Les bandes de roulement sont aménagées par de matériaux rocheux sur une épaisseur de 4 à 5 m ;
- La largeur en crête d'une bande de roulement externe est de 12 m. Cependant, pour les bandes de roulement internes, la largeur en crête peut être réduite à 8 m.

Le contrôle qualité est une procédure de suivi qui permet de s'assurer du bon montage de la verse et de garantir ainsi la stabilité de la verse durant les travaux et après fermeture. Le contrôle qualité englobe ainsi l'ensemble des opérations suivantes :

- Auscultation de la verse : Mise en place d'instruments de suivi géotechnique (inclinomètre, piézomètre et cellule de mesure de pression interstitielle). Ces instruments permettent d'assurer une construction dans des conditions sécuritaires et de suivre le comportement de la verse à long terme ;
- Suivi de la qualité d'exécution pour vérifier la conformité du projet par rapport à la conception ;
- Fermeture du site : Cette opération vise à réduire les infiltrations à travers la plateforme sommitale et à reconstituer un réseau d'écoulement en surface compatible avec le réseau hydrographique initial.

7.6 Auscultation de la verse

Afin d'assurer une construction dans des conditions sécuritaires et de confirmer la stabilité mécanique de la verse à court et à long terme, un dispositif d'auscultation sera installé au fur et à mesure de la rehausse de la verse. Les données brutes d'auscultation et les comptes rendus doivent être sauvegardés dans le registre verse.

Le nombre et l'emplacement des instruments sont à adapter au cas par cas en fonction de la nature géologique de la zone, la cadence de stockage et la hauteur maximale de la verse.

7.6.1 Mesure de déplacements horizontaux

Les inclinomètres peuvent être implantés au pied de la verse et/ou sur le talus de la verse et ce, afin de mesurer les déplacements horizontaux. Ces mesures permettent de prévenir ainsi les risques d'instabilités en cours de construction et de confirmer la stabilité à long terme de la verse. Les tubes inclinométriques doivent être ancrés 10 m dans le rocheux.

7.6.2 Mesure du niveau de la nappe à la base de la verse

Afin de contrôler les possibles remontées du niveau de la nappe à la base de la verse, des piézomètres à tube ouvert doivent être installés. Ils sont crépinés dans l'assise, dans les drains et dans la verse. Les piézomètres font 60 mm de diamètre. Le nombre des piézomètres est à adapter au cas par cas en fonction des conditions hydrogéologiques du site.

7.6.3 Mesure des pressions interstitielles dans les stériles stockés en verse et dans l'assise

Afin de contrôler les éventuelles surpressions générées durant la consolidation des latérites de l'assise et des stériles stockés en verse, des capteurs de mesure des pressions interstitielles seront placés en tranchée ou en forage.

Le nombre des Capteurs de Pression Interstitielle « CPI » est à adapter au cas par cas en fonction de la géologie et de la vitesse de rehausse de la verse.

7.6.4 Seuil d'alerte

Nous présentons dans le tableau ci-dessous une synthèse des spécifications techniques de chaque instrument, les fréquences de mesures, le seuil d'alerte associé ainsi que le plan d'actions en cas de dépassement du seuil :

Tableau 2 : Seuil d'alerte et plan d'actions en cas de dépassement du seuil

Instrument	Spécifications techniques	Paramètre mesuré	Fréquence de mesure	Seuil critique		Plan d'actions en cas de dépassement du seuil
				Durant la phase de construction	Après la fermeture de la verse	
Inclinomètre	Ancré 10 m dans le substratum rocheux	Déplacement horizontal	✓ 1 mesure / mois en phase de construction ✓ 1 mesure/trimestre après la quasi stabilisation des mouvements	10 cm/an	1 cm/an	Si le diagnostic réalisé est défavorable, il faut ralentir ou arrêter le stockage.
Piézomètre	Crépiné dans l'assise et/ou dans la verse.	Niveau piézométrique	1 mesure/mois	5 m au-dessus du pied de la verse	5 m au-dessus du pied de la verse	✓ Réduire les infiltrations en réalisant les actions suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • En cours des travaux, basculer en gestion des eaux en surface. • En phase ultime, vérifier la fermeture et la mise hors d'eau des mèches ; • Recharger les points bas identifiés au niveau de la plateforme, la piste et les banquettes pour éviter la stagnation des eaux. ✓ Conforter le pied de la verse par une butée en enrochement.
Capteur de pressions interstitielles	Placé en tranchée ou en forage	Pressions interstitielles	Automatique (1 mesure toutes les 15 minutes)	200 kPa	< 50 kPa	Si le diagnostic réalisé est défavorable, il faut soit ralentir soit arrêter le stockage.

7.7 Suivi de la qualité d'exécution

Le suivi de la qualité d'exécution permet de vérifier la conformité du projet par rapport à la conception et de détecter les éventuelles anomalies. Il est composé de deux volets :

- Le suivi topographique de la verse ;
- L'inspection visuelle de la verse et des ouvrages annexes.

7.7.1 Le suivi topographique de la verse

Au fur et à mesure de l'avancement des travaux, le suivi topographique du chantier sera indispensable pour s'assurer de la conformité du projet par rapport à la conception.

Pour ce faire l'équipe topographie doit assurer l'implantation des niveaux de la verse, des bandes de roulement (ou des cordons rocheux), des ouvrages de drainage interne et en surface, ...

En plus, un levé topographique de la verse et des ouvrages associés est réalisé à minima trimestriellement et transmis à l'équipe Planification/Géotechnique de la NMC pour vérifier : La pente du talus de la verse, la largeur des banquettes, le nivellement de la plateforme, les sections des ouvrages de drainage et la cadence de stockage. Toute non-conformité identifiée doit être signalée et un compte rendu doit être élaboré et envoyé à toutes les personnes concernées pour lancer les travaux de correction. Le compte-rendu ainsi que le levé topographique sont archivés dans le registre de la verse par l'équipe Planification/Géotechnique.

7.7.2 Inspection visuelle de la verse et des ouvrages annexes

Afin de s'assurer du bon montage de la verse, des inspections techniques et visuelles des travaux sont prévues. Les inspections au cours du montage de la verse se font comme suit :

- Le responsable d'exploitation effectue une visite hebdomadaire pour vérifier l'état de la plateforme sommitale, des talus libres et du dispositif de drainage interne de la verse, et donner les consignes directement aux opérateurs pour faire les corrections nécessaires ;
- L'équipe Planification/Géotechnique de la NMC effectue régulièrement des visites de la verse active (*fréquence des visites à définir par l'équipe planification/géotechnique*) et systématiquement après les averses supérieures à 50 mm/j.

La visite se fait en présence du responsable d'exploitation. Lors de la visite, il est vérifié que les eaux sont correctement dirigées vers les entrées des mèches ou autres dispositifs d'évacuation des eaux (tels que les descentes d'eau ou le fossé de la piste d'accès). Il faut également vérifier l'état du dispositif de drainage interne (géotextile, position du drain par rapport à la plateforme ...). Un compte rendu de visite est rédigé listant toutes les anomalies repérées puis envoyé à toutes les personnes concernées pour lancer les travaux de correction. Le compte rendu est archivé dans le registre verse.

- L'équipe Planification/Géotechnique de la NMC effectue une visite de chantier 1 fois par trimestre accompagnée du responsable d'exploitation. Lors de la visite, il faut vérifier l'état de stabilité générale de la verse ; (protection frontale, ravinement, suintement ...). Un compte rendu de visite est rédigé listant toutes les anomalies repérées puis envoyé à toutes les personnes concernées pour lancer les travaux de correction. Le compte rendu est archivé dans le registre de la verse.
- L'équipe environnement de la NMC effectue régulièrement des visites de la verse active (*fréquence des visites à définir par l'équipe environnement*) et systématiquement après les averses supérieures à 50 mm/j.

La visite se fait en présence du responsable d'exploitation pour vérifier la conformité des ouvrages de gestion des eaux de surface (tels que les descentes d'eau et les fossés), ainsi que les ouvrages de sédimentation des eaux provenant de la verse. Un compte rendu de visite est rédigé listant toutes les anomalies repérées puis envoyé à toutes les personnes concernées pour lancer les travaux de correction. Le compte rendu est archivé dans le registre verse.

7.7.3 Registre verse

Conformément à la réglementation minière en Nouvelle Calédonie et aux exigences de la Dimenc, un registre verse sera mis en place par le planificateur « côte ». Ce registre permet l'archivage de tous les documents relatifs à la construction de la verse.

Le registre verse doit intégrer ainsi les éléments suivants :

- Documents déposés à la DIMENC pour son autorisation (plans, coupes, études hydrauliques et géotechniques si applicable...) ;
- Mise à jour topographique incluant la localisation des mèches ;
- Compte-rendu de visites / anomalies internes/externes ;
- Procès-verbal des travaux de mise en place des mèches ;
- Procès-verbal des travaux de fermeture ;
- Rapports d'installation des instruments d'auscultation ;
- Fiches d'audit internes/externes des verses ;
- Rapports d'auscultation (résultat et analyse des levés des inclinomètres, CPI, piézomètres).

7.8 Fermeture du site

La fermeture et la réhabilitation du site nécessitent un ensemble de travaux qui doivent permettre de :

- Réduire les infiltrations à travers la plateforme sommitale et de reconstituer un réseau d'écoulement en surface compatible avec le réseau hydrographique d'origine
- Empêcher la dégradation du site après la fin des travaux ;
- Minimiser l'impact de l'exploitation sur l'environnement local ;

- Assurer une intégration du site en fin de vie dans son environnement local.

Nous présentons dans ce qui suit l'ensemble des travaux de fermeture et de réhabilitation du site.

7.8.1 Mise hors d'eau des mèches

Le fonctionnement du dispositif de drainage interne composé de mèches en enrochement est limité à la phase de construction.

Ainsi, à la fin des travaux, les entrées des mèches sont fermées par un bouchon de latérites compactées sur 3 m d'épaisseur conformément au protocole suivant : (Cf. Figure 32 à Figure 33) :

- Décaissement de la partie supérieure des enrochements de la mèche sur une profondeur minimale de 3 m par rapport à la plateforme sommitale ;
- Lissage et mise en place d'une nappe de géotextile ;
- Mise en place des latérites propres par couche de 50 cm ;
- Compactage des latérites par couche de 30 cm moyennant le godet de la pelle.

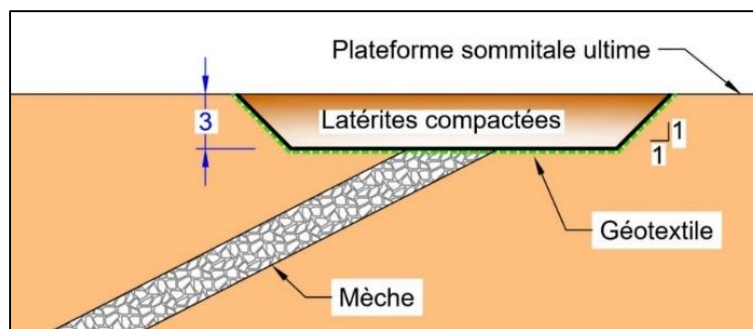


Figure 32 : Coupe type de la mèche mise hors d'eau



Figure 33 : Travaux de fermeture du dispositif de drainage interne

7.8.2 Fermeture de la plateforme

Au niveau de la plateforme sommitale, les travaux suivants doivent être réalisés afin de minimiser les infiltrations dans la verse : (Cf. Figure 34 à Figure 38) :

- Lissage et nivellement de la plateforme sommitale vers des fils d'eau débouchant dans les ouvrages de drainage en surface (fossé et/ou descente d'eau) ;
- Fermeture de la plateforme sommitale par une couche de latérites compactées sur une épaisseur de 1.5 m d'épaisseur (Le compactage des latérites se fait par couche de 50 cm) ;
- Recouvrement de la plateforme sommitale par une couche de 30 cm de top soil (ou revégétalisation par semi hydraulique).

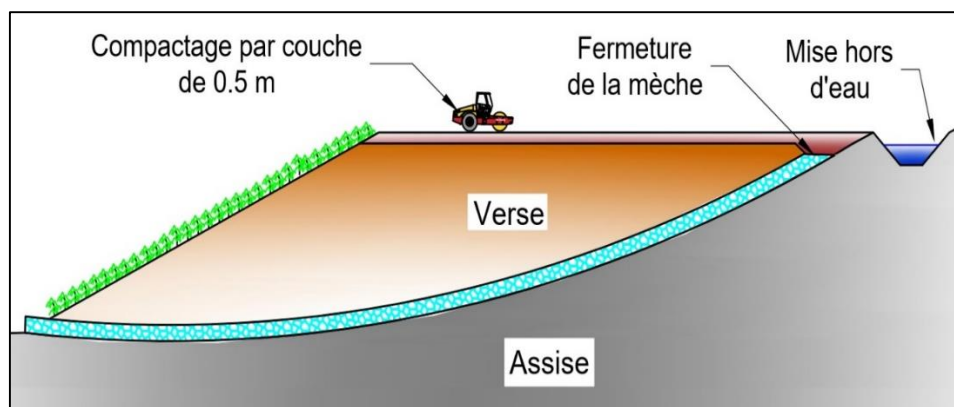


Figure 34 : Fermeture de la plateforme sommitale par des latérites compactées

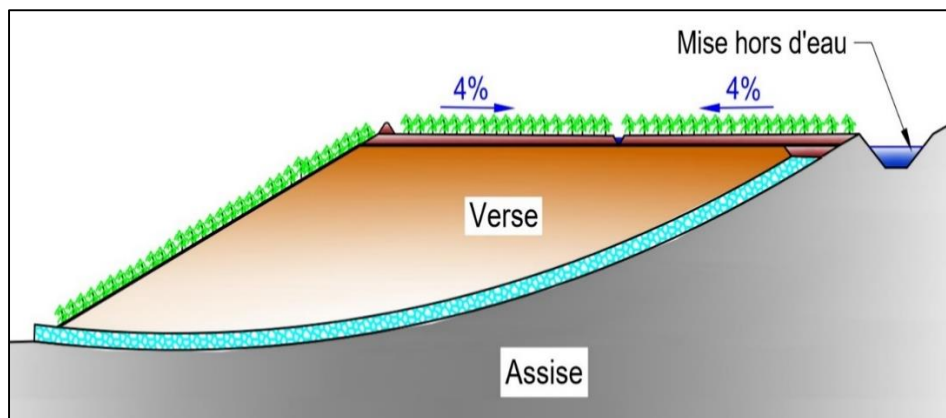


Figure 35 : Gestion des eaux sur la plateforme sommitale après fermeture



Figure 36 : Chantier de semis hydraulique sur les talus de la verse AC2 (Mine Pinpin)



Figure 37 : Verse AC2 en cours de revégétalisation (Mine Pinpin)



Figure 38 : Recouvrement du talus de la verse DST3 par du top soil (Mine de Ouanzangou)

Après la réalisation des travaux de réhabilitation, un suivi régulier du site doit être mis en place jusqu'au développement du couvert végétal et la stabilisation des talus. Ce suivi peut durer jusqu'à 5 ans, soit la durée nécessaire pour le développement du couvert végétal et la stabilisation des talus.

Ainsi, après fermeture du site, il est recommandé de :

- Continuer à faire les levés des instruments avec une fréquence mensuelle. Après stabilisation des mouvements, il est possible de passer à une fréquence trimestrielle ;
- Faire une visite d'inspection annuelle pour vérifier l'état de stabilité générale de verse et le fonctionnement des ouvrages de drainage de surface de la verse.

8 CONCLUSION

Le respect de l'ensemble des règles et des procédures de contrôle présentée dans le PAQ permettra d'assurer la pérennité des verses à stériles.

Il est à noter que ce document fera l'objet d'une révision régulière où il sera enrichi au fur et à mesure de l'évolution des pratiques minières et des retours d'expérience des intervenants sur les différents sites miniers de la NMC.

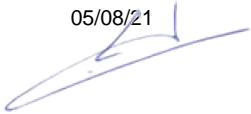



Guide pratique Conception et construction des verses



Nickel Mining Company

B	13/11/2020	Révision suite à la revue NMC
A	04/08/2020	création
Révision	Date	Objet de la modification
	Rédacteur	Approbateur
Nom et prénom	Monia SAYARI	Ghassen JAMELLEDDINE
Fonction	Chef de projet	Expert en géotechnique

Validation NMC		
Nom et prénom	Yan CONSTANS	Jean FABRE
Fonction	Directeur des opérations NMC	Directeur de l'ingénierie minière NMC
Date et signature	05/08/21 	27 juillet 2021 

PRESENTATION

Le présent document intitulé « Guide verse » est une présentation des bonnes pratiques relatives à la conception et à la construction des verses à stériles.

Il souligne les phases à suivre et les règles générales à respecter pour construire une verse tout en garantissant sa stabilité à court et à long terme.

Ce guide a été préparé par Mecater Ingénierie à partir d'une analyse critique de la cohérence des méthodes de travail actuellement utilisées par la NMC avec les bonnes pratiques référencées en Nouvelle Calédonie.

Ce guide permet de communiquer et d'uniformiser les bonnes pratiques pour les besoins du personnel de la NMC et de guider les exploitants dans leur travail de conception et de construction de verses.

Il s'articule en six volets :

- La définition des études géotechniques ;
- Les règles de conception des verses à stériles ;
- Les travaux préparatoires ;
- La construction de la verse ;
- Le dispositif d'auscultation ;
- Les dispositions de fermeture et de réhabilitation.

Ce guide ne détaille pas les éléments constitutifs des dossiers réglementaires devant être soumis aux autorités compétentes en vue d'obtenir les autorisations de construction ou d'exploitation.

Enfin, les méthodes et les techniques présentées dans ce document sont évolutives. Le guide verse doit être ainsi mis à jour en fonction de l'évolution des contraintes réglementaires et de l'amélioration des techniques, fruit de l'expérience de terrain et de la veille technologique.

Références :

- Diverses études réalisées par Mecater Ingénierie sur les sites miniers en Nouvelle-Calédonie ;
- Expertise sur les sites miniers en Nouvelle-Calédonie ;
- Charte des bonnes pratiques minières ;
- Code minier ;
- Code de l'environnement ;
- Guidelines for mine waste dump and stockpile design (*Mark Hawley et John Cunning, 2017*);
- Eurocode 7.

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 : DEFINITION DES ETUDES GEOTECHNIQUES	1
MECANISMES DE GLISSEMENT	1
ANALYSE DE LA STABILITE MECANIQUE	1
CHAPITRE 2: CONCEPTION DES VERSES A STERILES.....	2
CLASSIFICATION DES VERSES A STERILES	2
SYNOPTIQUE DE CONCEPTION DU PROJET DE VERSE	3
LES REGLES DE CONCEPTION DES VERSES COURANTES	4
LES REGLES DE CONCEPTION DES VERSES DE GRANDES HAUTEURS.....	5
CARACTERISTIQUES DES SITES FAVORABLES POUR LA CONSTRUCTION DES VERSES	6
JUSTIFICATIONS DU PROJET DE LA VERSE.....	8
CHAPITRE 3: TRAVAUX PREPARATOIRES.....	9
MISE HORS D'EAU DU SITE DE LA VERSE.....	10
AMENAGEMENT DES OUVRAGES DE SEDIMENTATION	11
PREPARATION DE L'ASSISE	12
CHAPITRE 4 : CONSTRUCTION DE LA VERSE	14
CONSTRUCTION D'UNE BUTEE DE PIED	15
DRAINAGE DE LA VERSE.....	16
<i>Fiche n°1 : Mèches en enrochements.....</i>	<i>19</i>
<i>Fiche n°2 : Fossés</i>	<i>19</i>
<i>Fiche n°3 : Construction des descentes d'eau</i>	<i>20</i>
<i>Fiche n°4 : Construction d'une piste drainante sur le talus de la verse.....</i>	<i>21</i>
CONSTRUCTION DU TALUS DE LA VERSE	23
CONSTRUCTION DES BANDES DE ROULEMENT	27
CHAPITRE 4 : DISPOSITIF D'AUSCULTATION	29
CHAPITRE 6: FERMETURE ET REHABILITATION.....	30
CHAPITRE 7: CONCLUSION.....	31
ANNEXE : JUSTIFICATIONS DU PROJET	32

CHAPITRE 1 : DEFINITION DES ETUDES GEOTECHNIQUES

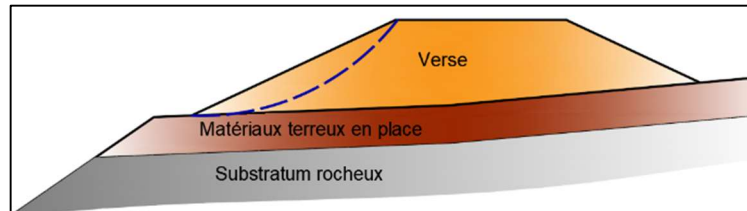
MECANISMES DE GLISSEMENT

Les matériaux stockés en verse peuvent être affectés par des instabilités qui se manifestent selon les mécanismes suivants :

- **Glissement en surface :**

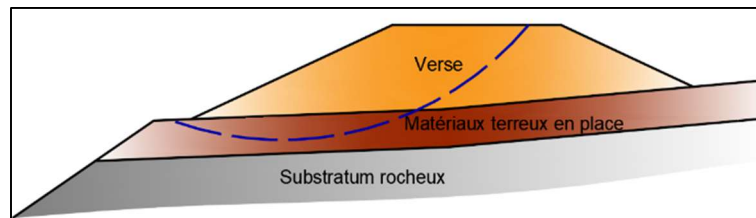
C'est une rupture intrinsèque touchant uniquement le talus de la verse sans affecter le terrain naturel.

Causes : Pente forte de l'assise et/ou mauvais drainage



- **Glissement profond :**

C'est une rupture profonde qui se manifeste par la formation d'une surface de glissement passant au niveau de l'assise de la verse.



Causes : Forte cadence de stockage et/ou décaissement au niveau du pied et/ou assise présentant des matériaux de moindre résistance mécanique et/ou mauvais drainage.

ANALYSE DE LA STABILITE MECANIQUE

La démarche de l'analyse de la stabilité mécanique de la verse comporte les étapes suivantes :

- **Etape 1 : Analyse de la stabilité de la verse en cours de construction et évaluation des tassements du terrain naturel sous l'effet du poids de la verse (*pour les cadences de stockage >20 m/an*)**

Le critère de stabilité adopté vis-à-vis des glissements au cours de la construction est un coefficient de sécurité **minimal de 1,3**.

- **Etape 2 : Analyse de la stabilité de la verse à long terme.**

Le critère de stabilité adopté est un coefficient de sécurité **minimal de 1,5**.

- **Etape 3 : Analyse de la stabilité de la verse vis-à-vis de l'aléa sismique.**

Pour ces conditions exceptionnelles, le critère de stabilité adopté est un coefficient de sécurité **minimal de 1,1**.

- **Etape 4 : Analyse de la stabilité de la verse en cas de remontée accidentelle du niveau de la nappe.**

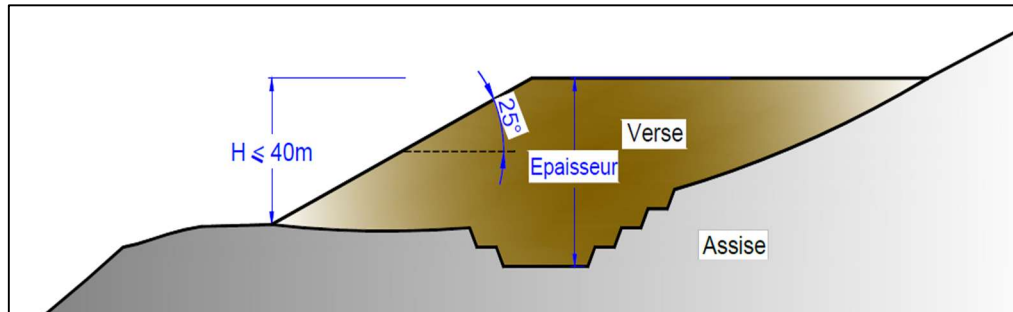
Pour ces conditions exceptionnelles, le critère de stabilité adopté est un coefficient de sécurité **minimal de 1,1**.

CHAPITRE 2 : CONCEPTION DES VERSES A STERILES

CLASSIFICATION DES VERSES A STERILES

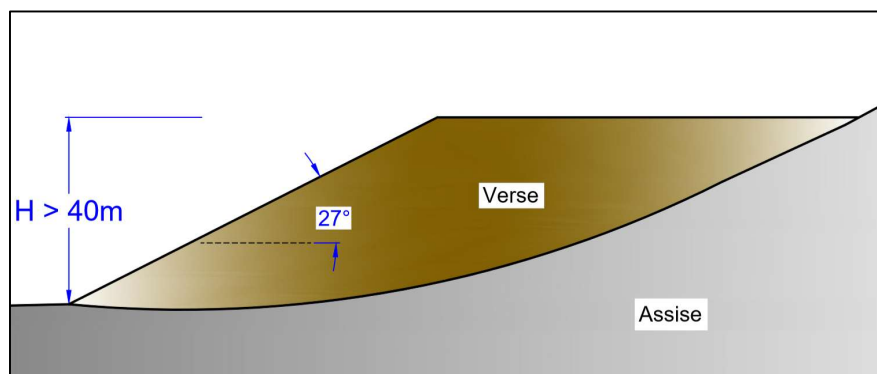
Les verses à stériles de la NMC sont classées en deux catégories :

- Verse courante : Hauteur inférieure ou égale à 40 m et pente intégratrice limitée à 25°



⇒ Les verses courantes ne nécessitent pas d'étude géotechnique spécifique à l'exception des projets qui présentent une épaisseur ou cadence de stockage > 20 m/an.

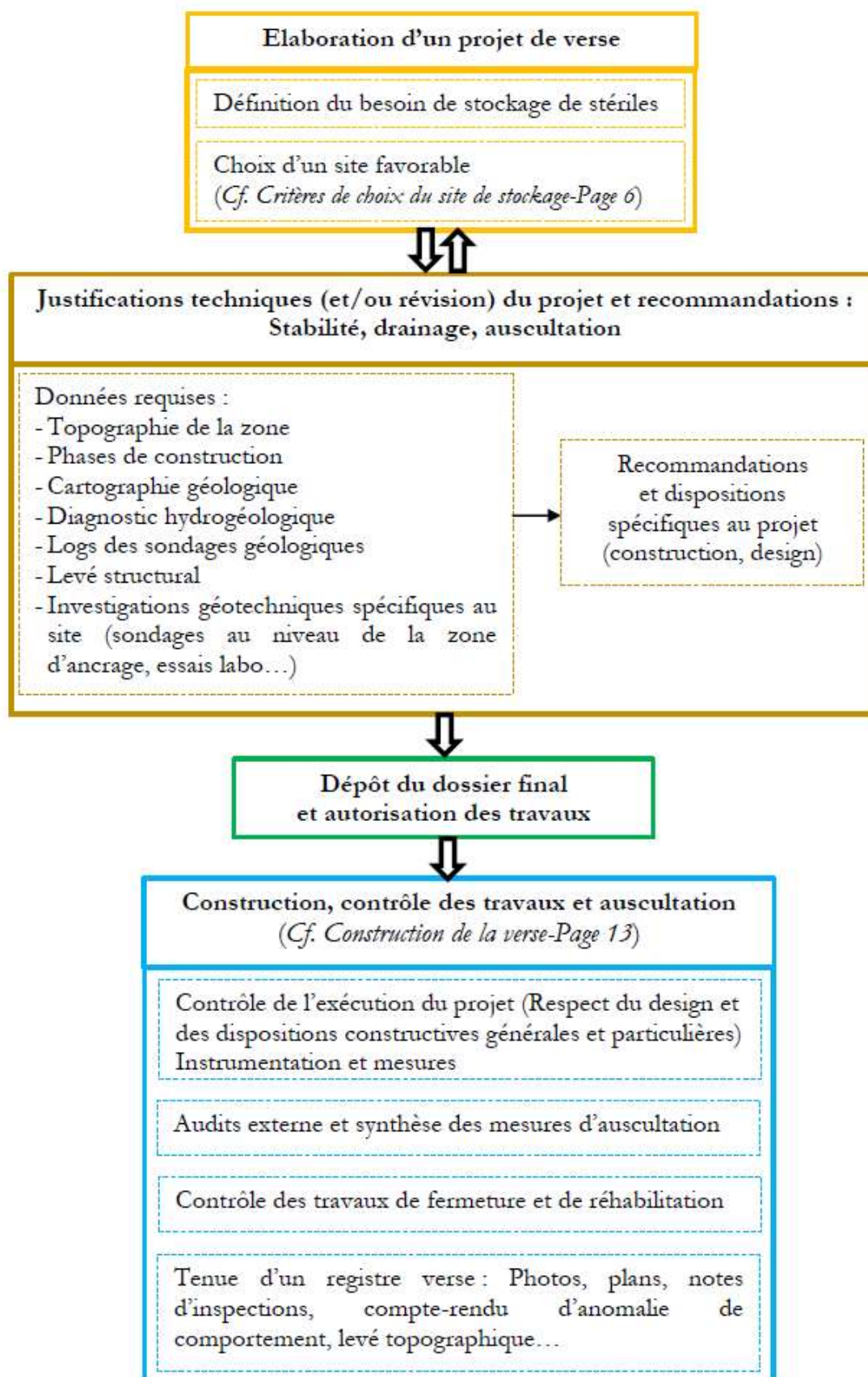
- Verse de grande hauteur : Hauteur supérieure à 40 m et pente intégratrice de 27°



⇒ Les verses de grande hauteur nécessitent des études géotechniques spécifiques ainsi qu'un dispositif d'auscultation permettant de contrôler l'état de stabilité de la versée.

Les techniques de construction sont communes aux deux catégories de verses.

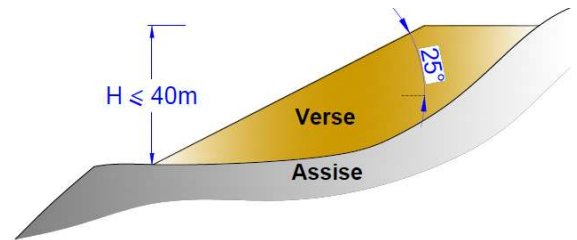
SYNOPTIQUE DE CONCEPTION DU PROJET DE VERSE



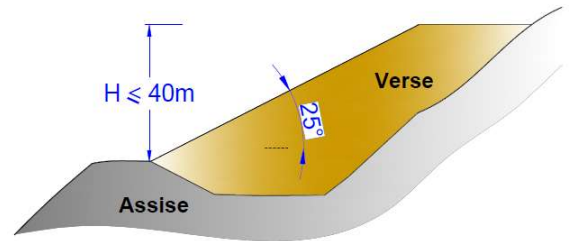
LES REGLES DE CONCEPTION DES VERSES COURANTES

La hauteur de la verse doit être inférieure ou égale à 40 m

La hauteur de la verse correspond au dénivelé entre le point bas au niveau du pied de la verse et la crête du talus.



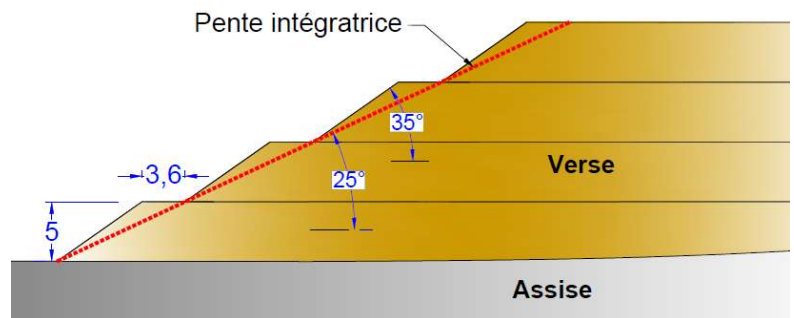
Dans le cas des comblements des fosses minières, la hauteur de la verse sera prise à la sortie topographique.



La pente intégratrice du talus doit être inférieure ou égale à 25°

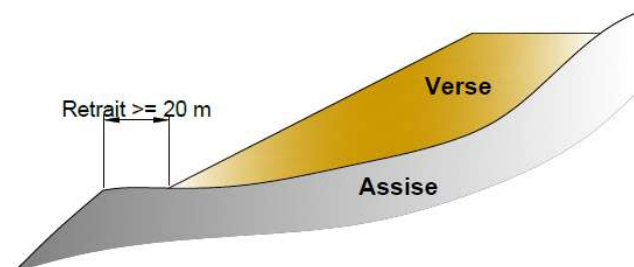
Limiter la pente intégratrice à 25° en adoptant la géométrie ci-dessous :

- Pente du niveau = 35°
- Hauteur du niveau = 5 m
- Largeur de la banquette = 3.6 m

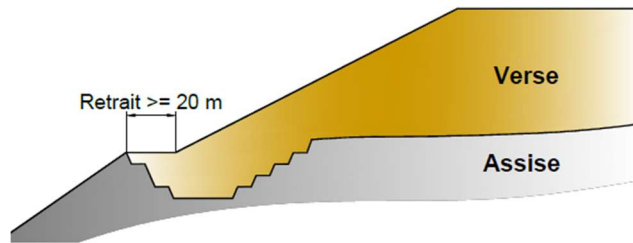


En absence de données suffisantes (*structurales, géologiques, hydrologiques, contexte érosif du site...*) et d'étude spécifique, le pied de la verse doit être située à une distance supérieure ou égale 20 m par rapport à la rupture de pente.

Pour les verses construites en amont immédiat d'un versant naturel à forte pente (*supérieure à 30°*) ou en amont d'un talus d'exploitation présentant une forte pente, un retrait minimal de 20 m doit être maintenu entre le pied de la verse et la rupture de pente.



Pour les verses construites en comblement de fosse, un retrait minimal de 20 m doit être maintenu entre la sortie topographique et la rupture de pente aval.



LES REGLES DE CONCEPTION DES VERSES DE GRANDES HAUTEURS

Les règles de conception présentées dans ce chapitre sont générales. Une étude spécifique devra être réalisée pour chaque verse, notamment les verses de grande hauteur.

La hauteur de la verse n'est pas limitée, elle peut atteindre 100 m

La hauteur d'une verse de grande hauteur est définie par le volume de stériles à mettre en verse.

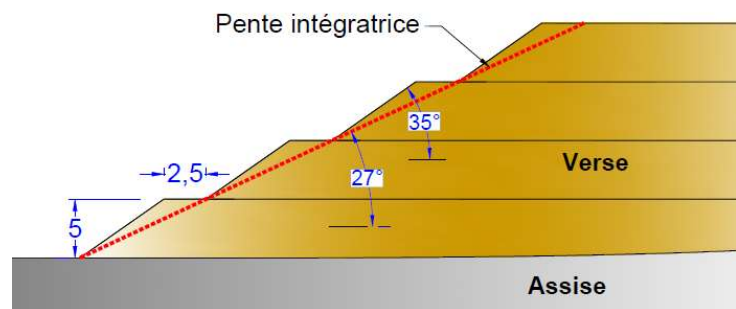
Dans le cas des verses en comblement de fosse minière, la stabilité du versant naturel aval est liée à la hauteur de la verse mise en place. Une contrainte mécanique supérieure à celle exercée par le terrain d'origine est susceptible de déclencher la rupture du terrain en aval de la verse.

Il est donc conseillé d'arrêter la verse à une cote inférieure ou égale à celle du terrain d'origine.

La pente intégratrice du talus doit être inférieure ou égale à 27°

Limiter la pente intégratrice à 27° en adoptant la géométrie ci-dessous :

- Pente du niveau = 35°
- Hauteur du niveau = 5 m
- Largeur de la banquette = 2.5 m



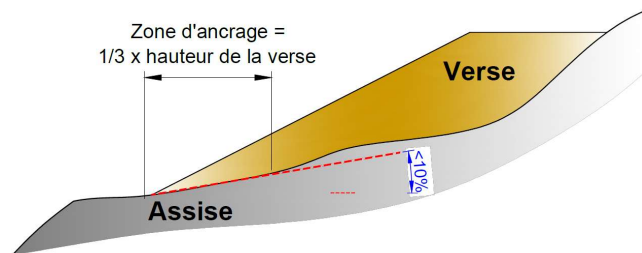
CARACTERISTIQUES DES SITES FAVORABLES POUR LA CONSTRUCTION DES VERSES

Le choix du site d'une verse à stériles (courante ou de grande hauteur) se base sur des critères géotechniques, hydrologiques et hydrogéologiques qui permettent de faciliter à la fois la mise en place des produits et de garantir leurs stabilités à court et à long terme. Le site choisi doit présenter un faible impact sur l'environnement et sur les ressources minérales.

Un site favorable doit présenter les caractéristiques suivantes :

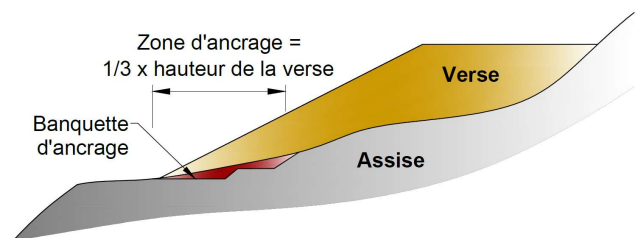
Existence d'un replat au niveau de la zone d'ancrage

La zone d'ancrage correspond au $\frac{1}{3}$ de la hauteur du talus de la verse. A ce niveau la pente du terrain doit être inférieure à 10% (6°).



Dans le cas où la pente dépasse 10%, des travaux de remodelage pour créer des banquettes d'ancrage doivent être réalisés.

Objectif : Garantir un ancrage satisfaisant de la verse en réduisant les risques de glissement.

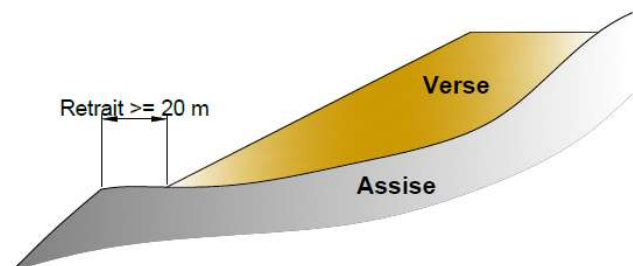


Retrait suffisant par rapport à la rupture de pente

Le pied de la verse doit être situé au moins à 20 m en retrait par rapport à la rupture de pente. Cette distance peut être optimisée en fonction des conditions géologiques et géotechniques du site.

Cependant, même en conditions favorables, un retrait minimal de 10 m doit être maintenu par rapport à la rupture de pente, et ce, afin de :

- Garder un accès au pied de la verse pour des éventuels travaux de correction
- Retenir les éventuelles chutes de blocs de la protection frontales

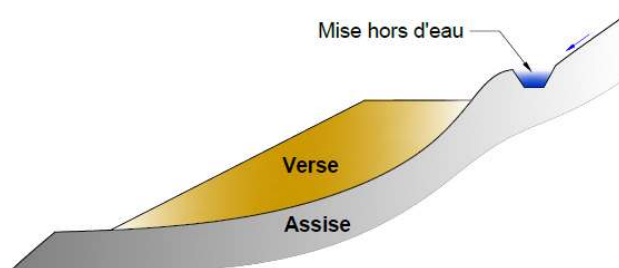


Objectif de conserver un retrait : Garantir la stabilité de la verse en évitant toute interaction entre le talus de la verse et le talus aval à forte pente (versant naturel ou talus d'exploitation).

Contexte hydrologique favorable

Le site de la verse doit présenter un faible bassin versant résiduel à l'amont du site de la verse.

Dans le cas des sites présentant un grand bassin versant amont, un ouvrage de mise hors d'eau doit être aménagé en amont immédiat de la verse.



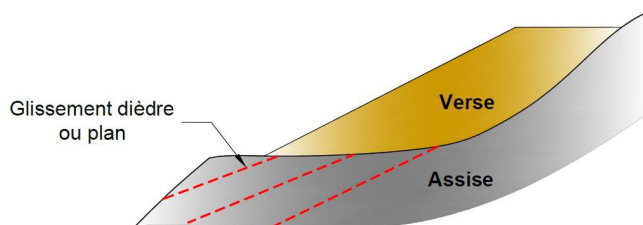
Objectifs :

- Optimiser la section des ouvrages de gestion des eaux (mèches et ouvrages de gestion des eaux en surface) ;
- Réduire les risques de débordement des eaux en période de forte crue.

Absence des structures géologiques défavorables

Les structures géologiques identifiées dans les environs du site doivent présenter des directions et des pentages favorables à la stabilité du versant aval ;

Le versant aval ne présente pas de signes d'instabilités (ravine, arrachement ...).

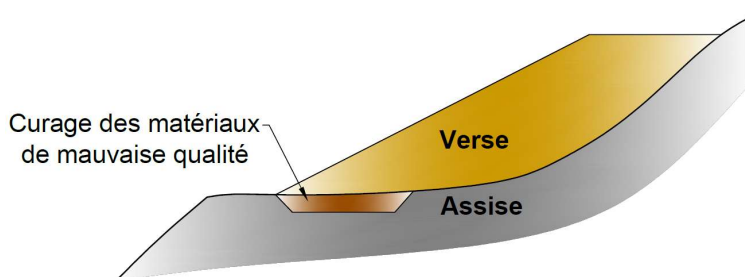


Objectif :

Eviter toute interaction entre le talus de la verse et le versant aval ;

Absence de matériaux de moindre résistance mécanique dans la zone d'ancrage

L'existence de matériaux de mauvaise qualité mécanique (*éboulis, anciennes masses glissées, matériaux terreux très plastiques*) sur une grande épaisseur (*plus de 5 m*) constitue une contrainte géotechnique majeure. Lorsque l'épaisseur des matériaux de mauvaise qualité est faible, un curage doit être réalisé.



Objectif : Assurer des conditions d'ancrage satisfaisantes du talus libre de la verse et limiter les risques liés à une déstabilisation de la verse par rupture profonde.

Conditions hydrogéologiques favorables

Le site de la verse doit présenter des conditions hydrogéologiques favorables : Absence des dolines, des résurgences, des fontis des cavités ouvertes pouvant entraîner la déstabilisation de la verse.

Au niveau des verses en comblement de fond de fosse, un diagnostic hydrogéologique préalable au comblement est indispensable.

Toute anomalie pouvant entraîner un risque de soutirage suite à la mise en verse doit être traitée.

Objectifs :

- Eviter les risques de soutirage ou de formation de nappe dans la verse pouvant entraîner la déstabilisation de la verse ;
- Proposer des solutions pour limiter ces risques (*solutions proposées par le bureau d'études et approuvées par la NMC*) : traitement des anomalies par étanchéification, mise en place des drains pour drainer les résurgences, définir un plan de gestion des eaux permettant de limiter au maximum les infiltrations des eaux dans la verse.



Respect des exigences réglementaires et environnementales

- L'emprise du projet doit respecter la limite de la concession minière ;
- Au niveau du site de la verse, il faut réaliser un inventaire floristique et faunistique pour vérifier l'absence d'espèces endémiques dans la zone du projet.

En cas d'identification de contraintes environnementales, l'emprise du projet devra être modifiée.

Absence de minerais au niveau du site de la verse

L'assise de la verse ne doit pas comporter de produits valorisables à court ou à long terme, sauf démonstration justifiée du caractère non économique de l'exploitation.

DESIGN DE LA VERSE

Après avoir choisi un site favorable, un projet de verse doit être élaboré en fonction des contraintes suivantes :

- Les contraintes géométriques : Adopter la géométrie de référence des verses en fonction de la catégorie ;
- Les contraintes d'exploitation : Volume à stocker, pistes d'accès.

JUSTIFICATIONS DU PROJET DE LA VERSE

La démarche de justification d'un projet de verse est présentée en annexe.

CHAPITRE 3 : TRAVAUX PREPARATOIRES

Les travaux préparatoires correspondent à l'ensemble des travaux réalisés au niveau du site de la verse avant de commencer les travaux de stockage.

Les travaux préparatoires sont ainsi réalisés après l'évaluation de l'intérêt floristique et faunistique du site et après avoir obtenu l'autorisation de défrichement.

Ces travaux consistent à :

- Aménager l'ouvrage de mise hors d'eau ;
- Aménager les ouvrages de sédimentation pour décanter les eaux chargées provenant de la verse ;
- Préparer l'assise pour les verses construites directement sur le terrain naturel : Défrichement et récupération du top soil ;
- Réduire les risques de glissement par l'amélioration des conditions d'ancrage du talus (remodelage de la zone d'ancrage et curage des matériaux de mauvaises qualité identifiés) ;
- Traiter les anomalies identifiées dans l'assise.

Il est à noter que le Plan d'Assurance Qualité (PAQ) des verses à stériles de la NMC détaille et définit :

- Les bonnes pratiques relatives à la construction des verses à stériles ;
- Les dispositions constructives nécessaires pour garantir la pérennité de ces ouvrages ;
- Les procédures de contrôle qualité.

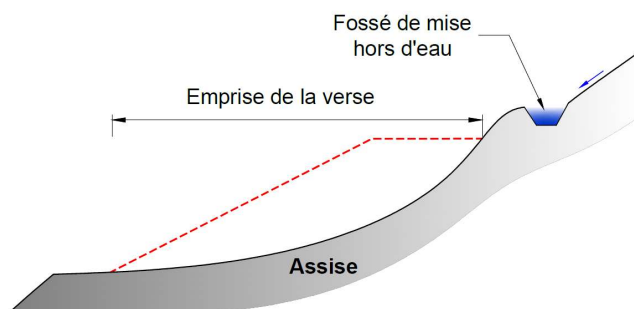
MISE HORS D'EAU DU SITE DE LA VERSE

Si les conditions topographiques sont favorables, il est recommandé de prévoir la mise hors d'eau du site.

Aménagement d'un fossé de mise hors d'eau en amont du site de la verse

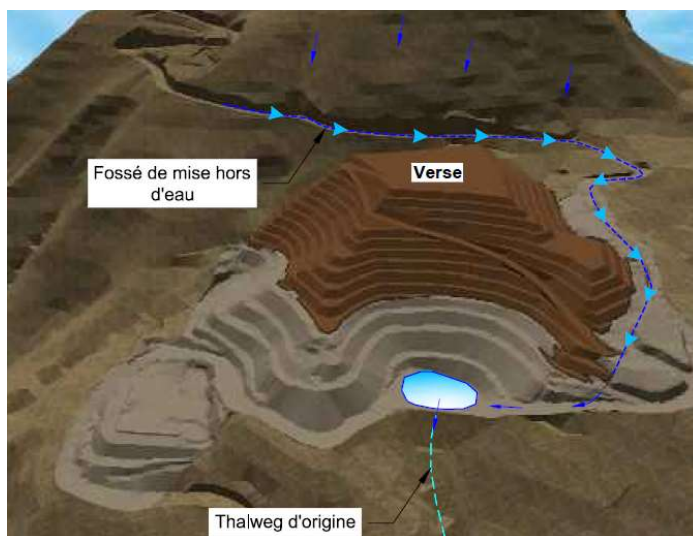
(Cf. *Drainage de la verse* - Page 21).

(Critères de dimensionnement et méthodes de calculs : Cf. *Annexe-Page -5-*).



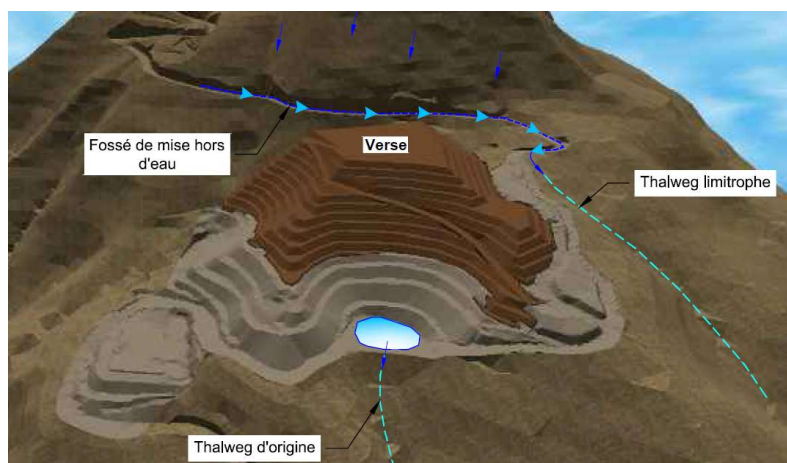
Restitution des eaux dans le thalweg d'origine en aval de la verse

Dans ce cas, les eaux collectées par le fossé de mise hors d'eau sont restituées dans le thalweg d'origine.



Rejet des eaux dans un autre thalweg

Dans certains cas, la restitution des eaux dans le thalweg d'origine n'est pas faisable (contrainte topographique, contrainte d'exploitation, contrainte coutumière ...). L'eau est donc rejetée dans un autre thalweg.

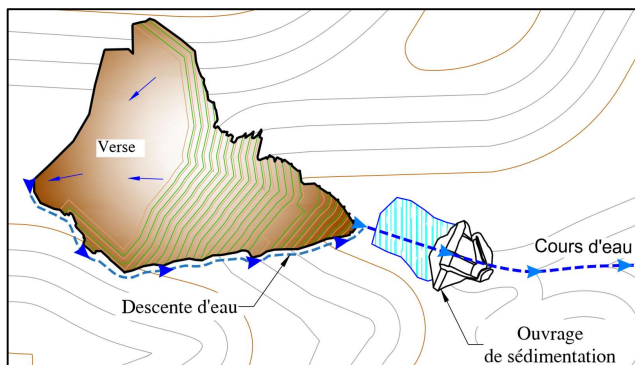


Pour cette configuration, le débit d'eau rejetée dans le nouveau thalweg ne doit pas dépasser 20% de son débit naturel et le point de rejet doit être renforcé par des seuils en enrochements.

AMENAGEMENT DES OUVRAGES DE SEDIMENTATION

Fonction :

Au cours des travaux de mise en verse, il les eaux transitant par le site de stockage sont décantées dans des ouvrages de sédimentation en aval de la verse. Après décantation, les eaux claires sont restituées dans le milieu naturel.



Dispositions constructives :

- Si les conditions topographiques sont favorables, la retenue de sédimentation doit être aménagée au plus près possible du site de la verse, coté aval ;

Autrement, un ouvrage de sédimentation pourrait être construit au niveau de l'exutoire du sous-bassin minier, avant le rejet dans le milieu naturel ;



- La digue doit être implantée dans un site offrant des conditions topographiques et géologiques favorables ;
- La vidange des ouvrages jugés sensibles doit être effectuée une fois les eaux stockées sont claires ;
- Le bassin doit être implanté au moins à 10 m du pied de la verse ;
- Le déversoir doit être aménagé à une cote inférieure à celle du pied de la verse pour éviter de l'inonder ;
- Les retenues de sédimentation sont curées, une fois le niveau des sédiments atteint 30% de la capacité totale. Les produits de curage sont essorés et stockés dans la verse, loin du flanc libre : *Pour les plateformes ultimes, il faut s'éloigner au maximum du flanc libre. Pour les verses en cours de construction, il faut s'assurer que ces produits ne soient pas stockés sous le flanc libre, après rehausse de la verse*
- Pour les grands bassins versants, il faut favoriser la construction de plusieurs ouvrages de sédimentation en série plutôt qu'un grand ouvrage qui sera difficile à construire, à surveiller et à entretenir.

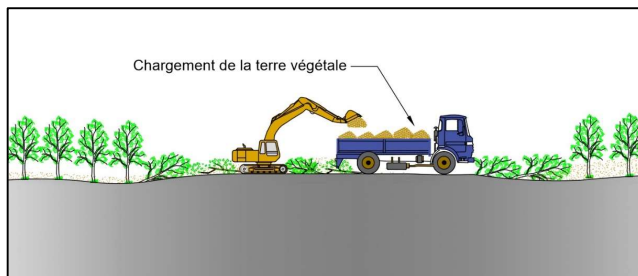
(Critères de dimensionnement et méthodes de calculs : Cf. Annexe-Page -5-).

PREPARATION DE L'ASSISE

Défrichage

Pour les verses qui seront construites directement sur le terrain naturel, des travaux de défrichage doivent être réalisés avant de procéder à la mise en verse

Les travaux seront réalisés comme suit :



- Déboisement dans l'emprise du projet en respectant les plans et les permis délivrés ;
- Décaissement et récupération de la terre végétale naturelle ("Top Soil") qui sera utilisée à des fins de revégétalisation ;
- Transport de la terre végétale directement vers les zones à revégétaliser ou vers des zones de stockage de terre végétale.

Stockage du top soil récupéré

Le top-soil doit être stocké de façon à conserver ses qualités germinatives et doit être réutilisé dès que possible pour la revégétalisation :

- Stockage en merlons de 2 m de hauteur sur 3 m de largeur sans compactage ni lissage pour assurer la conservation et la réutilisation de la terre végétale ;
- Durée de stockage < 3 mois, afin de garantir la conservation des graines.



Il est à noter que le nivellement des surfaces à revégétaliser doit se faire avant la mise en place du top soil.

Campagne d'identification des anomalies

Pour les verses projetées directement sur le terrain naturel, une visite d'inspection de l'assise doit être réalisée et ce, afin d'identifier les anomalies de l'assise.

La visite d'inspection sera effectuée soit par le géologue ou géotechnicien de la NMC soit par un bureau d'études mandatée.

Dans le cas des verses en comblement de fond de fosse, un diagnostic hydrogéologique préalable au comblement doit être réalisé.

Les différentes anomalies pouvant être identifiées sont :

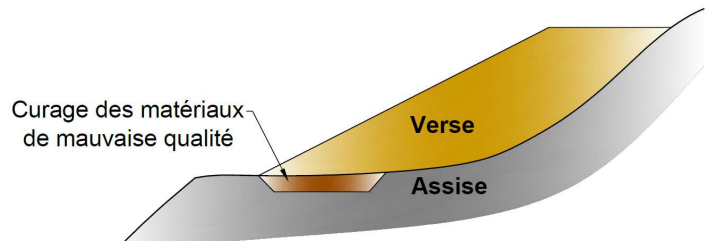
- Des matériaux de mauvaises qualité au niveau de la zone d'ancrage (des matériaux peu cohésifs) ;

- Forte pente au niveau de la zone d'ancrage (*pente supérieure à 10%*) ;
- Doline, soutirage, fontis, cavité.

Une fois identifiées, ces anomalies doivent être traitées avant de commencer la mise en verse.

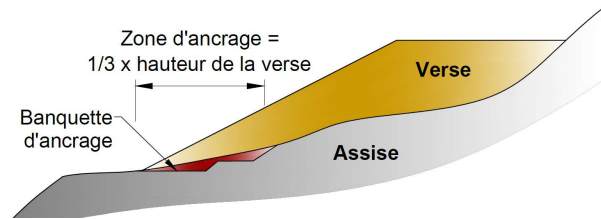
Curage des matériaux de mauvaise qualité

Les matériaux de mauvaise qualité identifiés au niveau de la zone d'ancrage doivent être curés.



Aménagement des banquettes d'ancrage

Dans le cas où la pente de la zone d'ancrage dépasse 10%, des travaux de remodelage du terrain naturel par l'aménagement de banquettes d'ancrage doivent être réalisés.

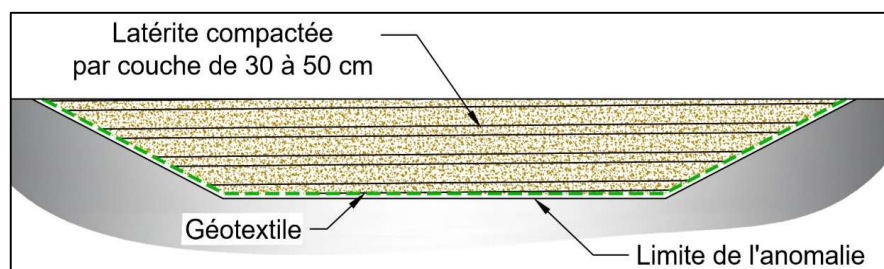
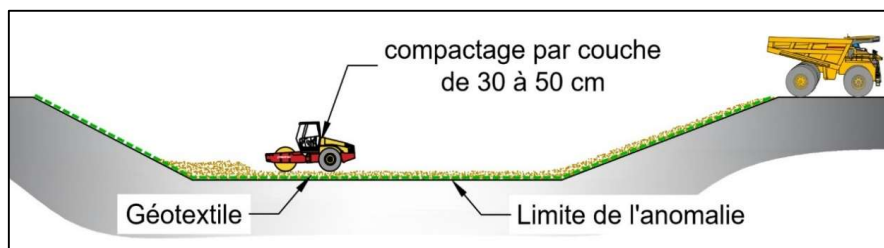


Traitement des dolines

Cette opération consiste à traiter les cavités et les dolines identifiées dans le site du projet et ce, dans le but de prévenir d'éventuels effondrement du terrain sous le poids de la verse.

Le traitement sera effectué selon le principe suivant :

- Mise hors d'eau de la zone ;
- Excavation jusqu'à l'identification du terrain en place sous-jacent à l'anomalie ;
- Mise en place d'une nappe de géotextile (*de type S72 ou équivalent*) en fond de fouille ;
- Remblaiement par minces couches (30 à 50 cm) de latérite compactée jusqu'à l'ouverture à la topographie.



CHAPITRE 4 : CONSTRUCTION DE LA VERSE

Ce chapitre présente les techniques de construction des différentes composantes de la verse ainsi que la méthode de stockage des stériles durant les travaux de mise en verse

Nous présentons ainsi dans ce qui suit les techniques relatives à :

- La construction de la butée de pied : Dans le cas des verses présentant un verrou au niveau de la zone d'ancrage, une butée de pied en gros blocs doit être aménagée ;
- L'aménagement du dispositif de drainage de l'emprise de la verse : Ce dispositif sera composé de mèches, de descentes d'eau et de fossés. Il permet d'assurer la collecte et l'évacuation des eaux de ruissellement transitant par le site de la verse durant les travaux de construction ainsi qu'en phase ultime ;
- Le déversement et étalement des stériles : Les stériles seront étalés au bull dans le but d'améliorer leur compacité et de faciliter la gestion des eaux de ruissellement ;
- La construction des talus : Le talus de la verse doit être protégé par des enrochements limitant ainsi l'érosion.

CONSTRUCTION D'UNE BUTÉE DE PIED

Dans le cas des verses présentant un verrou au niveau du pied de la verse, une butée de pied en gros blocs doit être aménagée.

Fonction

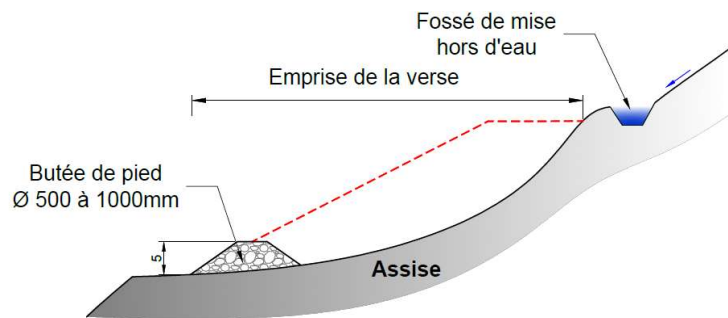
Renforcer le pied de la verse

Dispositions constructives

- Une butée de pied est une digue en enrochement aménagée au pied de la verse sur une hauteur de 5 m, une largeur en crête de 3 m et couvrant toute l'extension latérale de la zone d'ancrage ;
- Elle est composée de gros blocs 500 à 1000mm bien agencés.

Exemple de verse construite avec une butée de pied

Verse AC1 (Site minier : Pinpin, Centre de Poya) construite par comblement d'un thalweg. Au niveau de la zone d'ancrage, une butée de pied en enrochements a été mise place.



DRAINAGE DE LA VERSE

Principe de drainage de la verse

- Limiter les volumes d'eau de ruissellement qui transitent par le site de la verse en privilégiant des sites à faibles bassins versants amont ou en aménageant une mise hors d'eau permettant de dévier les eaux provenant du bassin versant amont en dehors du site de la verse ;
- Minimiser les infiltrations d'eau dans le remblai de la verse (dévers, lissage de la plateforme...) ;
- Durant la construction, gérer les eaux de la plateforme sommitale par un dispositif de drainage interne composé de mèches en enrochements ;
- Une fois la verse fermée, gérer les eaux de la plateforme par un dispositif de drainage en surface composé de fossés et/ou de descentes d'eau enrochées ;
- Décanter les eaux chargées en particules fines provenant de la verse dans des bassins de sédimentation avant de les rejeter dans le milieu naturel ;
- Renforcer les exutoires dans le milieu naturel en aval des verses par des enrochements pour limiter au maximum le ravinement des creeks et talwegs ;
- Durant les différentes phases de construction, drainer les banquettes par un dispositif de drainage en surface (fossés ou descentes d'eau enrochées) ;
- Partager les eaux rejetées en respectant autant que possible les bassins versants d'origine des cours d'eau : Après construction de la verse, le bassin versant du creek n'est pas augmenté de plus de 20 % par rapport à son état initial.

Ouvrages de drainage

Les ouvrages de drainage aménagés au niveau des verses à stériles sont : mèches en enrochements, descentes d'eau, fossés et piste drainante.

Les bonnes pratiques relatives à la construction des ouvrages de gestion des eaux ainsi que les procédures de contrôle qualité sont présentées dans le PAQ des verses à stériles de la NMC

Les spécifications techniques de ces différents ouvrages sont détaillées dans les fiches n°1 à 4.

Fiche n°1 : Mèches en enrochements

Fonction

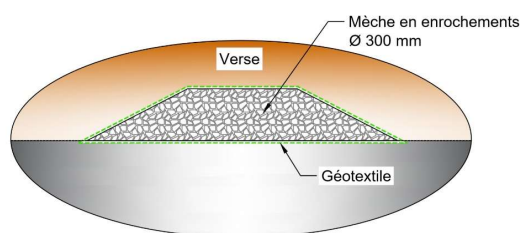
Les mèches sont aménagées au niveau des lignes d'écoulements préférentiels ainsi qu'au niveau des résurgences. Elles permettent de drainer :

- Les eaux de surface au cours de construction de la verse ;
- Les éventuelles résurgences ;
- Les eaux de consolidation.

(Justifications hydrauliques : Cf. Annexe-Page 32).

Mode de construction des mèches

- Implantation de l'emprise de la mèche en respectant les sections préconisées dans le cadre d'une étude de justifications hydrauliques de la verse ;
- Lissage de l'emprise de la mèche ;
- Pose du géotextile ;
- Pose des enrochements constituant la mèche à côté de l'emprise de la mèche (diamètre moyen = 300 mm) ;
- Reprise des enrochements par pelle et mise en place des enrochements sur le géotextile ;
- Déroulement du géotextile sur les enrochements constituant la mèche en assurant un recouvrement minimal de 30 cm entre deux nappes de géotextile.



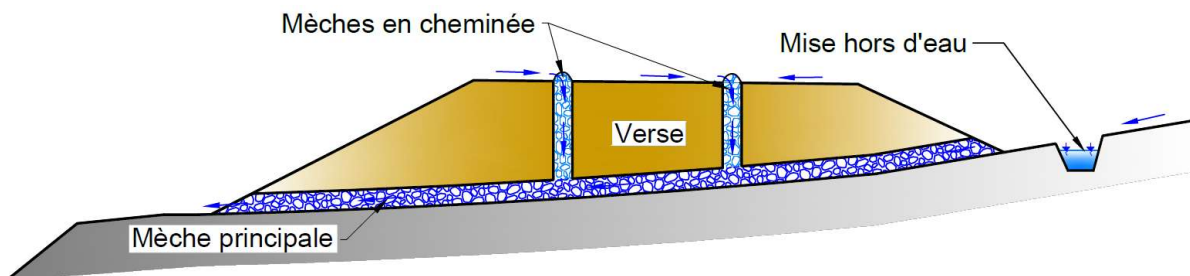
Pose de géotextile et mise en place des enrochements



Déroulement du géotextile

Dispositions constructives

- Section minimale = 5 m² ;
- Reprofilage de l'assise au niveau des replats : pente minimale = 2 % ;
- Rehausse de la mèche au fur et à mesure de la montée de la verse ;
- Entrée de la mèche toujours en avance par rapport à la plateforme sommitale ;
- Nivellement de la plateforme vers l'entrée de la mèche ;
- Mise hors d'eau et fermeture de la mèche en fin des travaux (Cf. Chapitre n°5) ;
- Afin de multiplier les points d'évacuation des eaux sur la plateforme sommitale, la mèche principale aménagée sur le terrain naturel (ou en fond de fosse) peut être connectée à des mèches en cheminée. Cette technique est très utilisée dans le cas des verses montant en dôme.

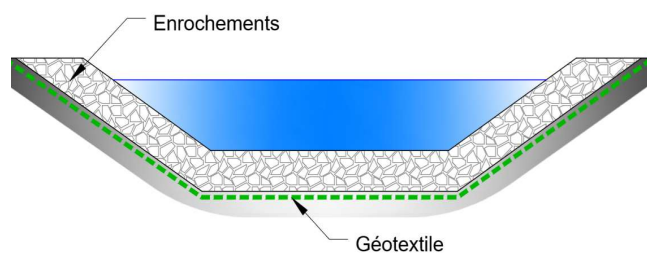


Fiche n°2 : Fossés

Fonction

Tranchée de section rectangulaire ou trapézoïdale aménagée :

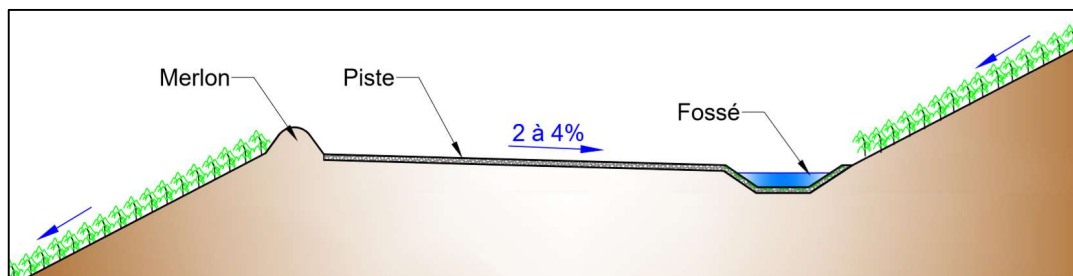
- En amont de la verse afin de collecter et dévier les écoulements du bassin versant résiduel amont.
- Le long de la piste d'accès afin de drainer :
 - ✓ Les eaux provenant de la plateforme sommitale ultime ;
 - ✓ Les eaux des banquettes ;
 - ✓ Les eaux de la piste (en conservant un devers de 2 à 4%).



(Justifications hydrauliques : Cf. Annexe-Page 32).

Mode de construction

- Implantation de l'ouvrage ;
- Décaissement et lissage du fond de forme de la tranchée à l'aide d'une pelle, en respectant la cote projet, la pente et la section définies dans l'étude ;
- Couverture du fossé par une couche de géotextile séparateur ;
- Ancrage du géotextile au niveau des bords du fossé ;
- Mise en place des enrochements avec une pelle en respectant le diamètre et l'épaisseur préconisés par l'étude.



Fiche n°3 : Construction des descentes d'eau

Fonction

Ouvrage aménagé sur le talus de la verse ou au niveau des interfaces verse-terrain naturel soit au niveau d'un terrain à forte pente.

Les descentes d'eau permettent de :

- Drainer les eaux provenant de la plateforme sommitale ;
- Drainer les eaux des banquettes.

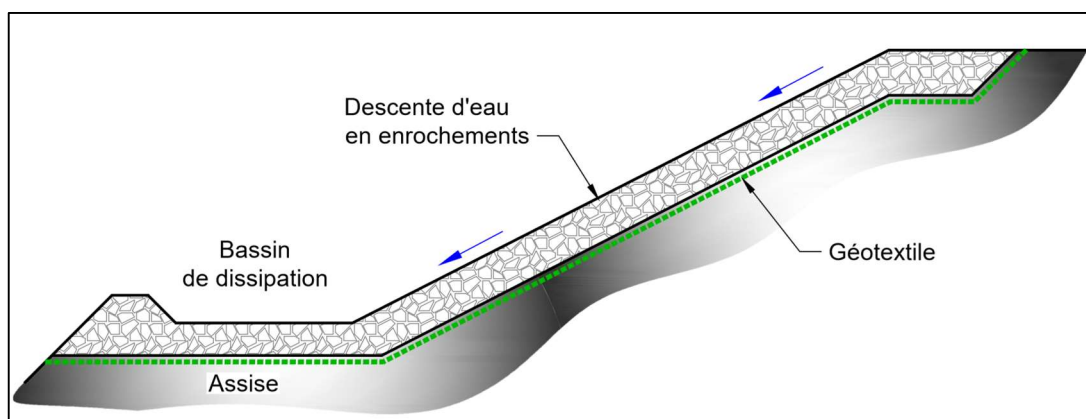


La descente d'eau sera munie d'un bassin de dissipation en pied pour ralentir les écoulements.

(Justifications hydrauliques : Cf. Annexe-Page 32).

Mode de construction

- Implantation de l'ouvrage ;
- Décaissement et lissage du fond de forme en respectant la section définie dans l'étude ;
- Remodeler le terrain en crête de la descente d'eau pour éviter les stagnations d'eau ;
- Couverture de la descente par une couche de géotextile séparateur ;
- Ancrage du géotextile au niveau des bords de la descente ;
- Mise en place d'enrochements à l'aide d'une pelle, en respectant le diamètre et l'épaisseur préconisés par l'étude de justifications hydraulique de la verse.



Fiche n°4 : Construction d'une piste drainante sur le talus de la verse

Fonction

La construction de la verse nécessite dans la plupart des cas, l'aménagement d'une piste frontale traversant le talus de la verse. Ces pistes sont généralement projetées avec une largeur minimale de 8 m.

Pour éviter d'aménager des fossés qui réduisent la largeur de la piste frontale, il est possible de transformer la piste frontale en une piste drainante.

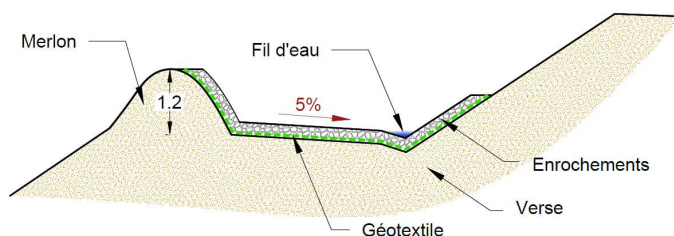
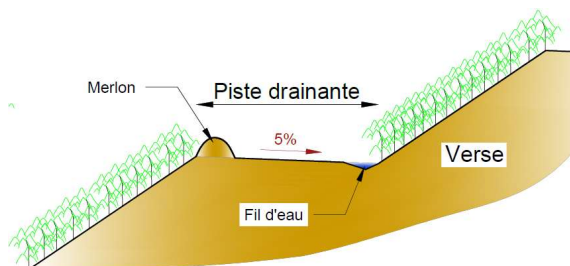
Les pistes drainantes aménagées au niveau du talus de la verse permettent de :

- Drainer les eaux collectées par la piste ;
- Drainer les eaux provenant du talus amont ;
- Acheminer les eaux vers un point de rejet ;
- Réduire la pente intégratrice du flanc libre de la verse.

(Justifications hydrauliques : Cf. Annexe-Page 32).

Mode de construction

- Prolongement de la piste pour le niveau supérieur (N+1) par la construction d'une rampe sur le flanc en partant du niveau (N) ;
- Remodelage de la piste pour assurer une pente longitudinale maximale de 10% et un dévers amont de 5% ;
- Excavation du fil d'eau triangulaire au niveau de la limite amont de la piste moyennant une pelle ;
- Construction du merlon de sécurité sur une hauteur de 1.2 m ;
- Tapisser la piste et les bords par la mise en place de blocs sur une épaisseur minimale de 50 cm afin de protéger l'ouvrage contre l'érosion.

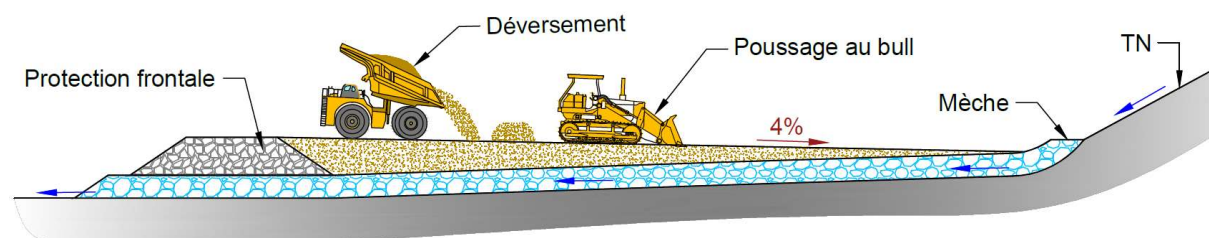


STOCKAGE DES STÉRILES

Déversement des stériles

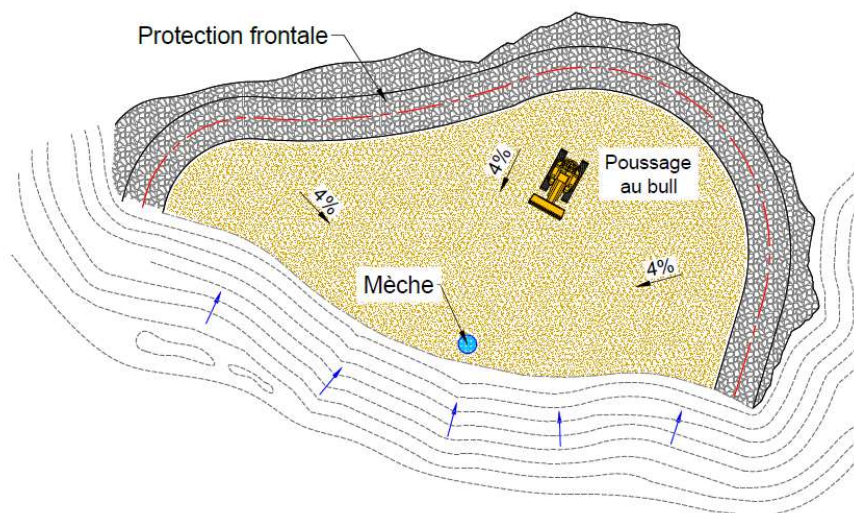
Les stériles sont déversés par camions à partir de la limite extérieure de la verse puis étalés au bull ;

- En période humide, le stockage se fait par couches épaisses avec une limitation de l'épaisseur à 5 m pour assurer la stabilité des produits stockés ;
- En période sèche, favorable pour le séchage, l'épaisseur de la couche peut être réduite à 1,5 m.



Etalage des stériles et lissage de la plateforme sommitale

- La plateforme sommitale de la verse doit être plane avec un dévers minimal de 4 % vers les exutoires (mèches ou ouvrages de drainage en surface) ;
- Afin de faciliter les écoulements et de limiter l'érosion, la surface de la plateforme doit être systématiquement lissée à l'aide de la lame du bull.



CONSTRUCTION DU TALUS DE LA VERSE

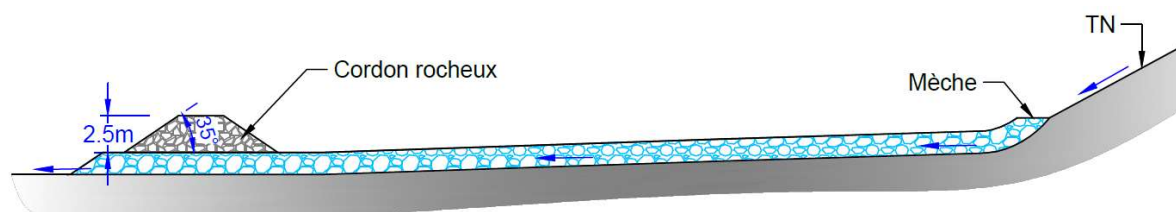
Les talus des verses sont construits par niveau de 5 m présentant une pente locale de 35°. Une banquette ayant une largeur minimale de 2.5 m pour les verses de grande hauteur et de 3.6 m pour les verses courantes doit être aménagée entre deux niveaux successifs.

Afin d'offrir un meilleur confinement du talus de la verse et le protéger contre l'érosion, une protection frontale du talus doit être aménagée au fur et à mesure de l'avancement des travaux de mise en verse.

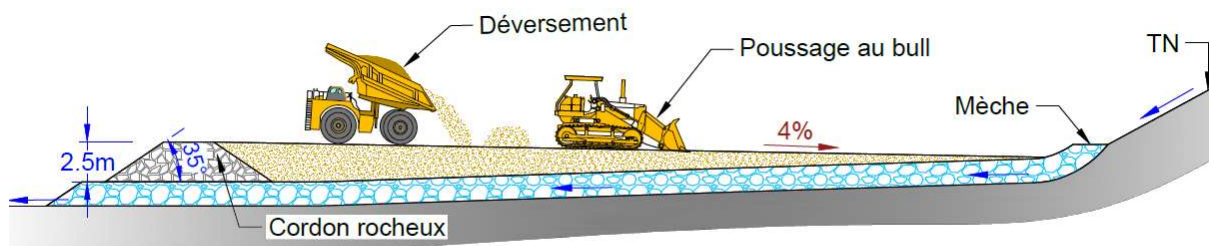
En fonction de la disponibilité des matériaux, la protection frontale peut se faire suivant trois techniques différentes.

Technique n°1 : Protection frontale par cordon rocheux

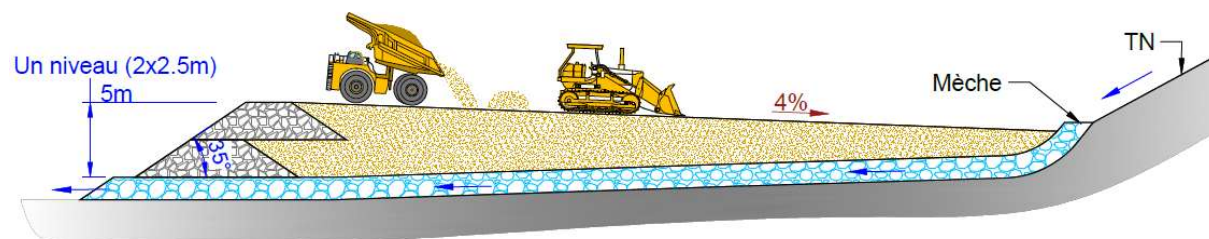
- Construction d'un premier cordon rocheux sur une hauteur de 2.5 m avec une pente de 35° et une largeur en crête d'environ 2 m ;



- Remplissage par des stériles non compactés à partir de la limite extérieure vers l'entrée de la mèche située au niveau de la limite intérieure ;

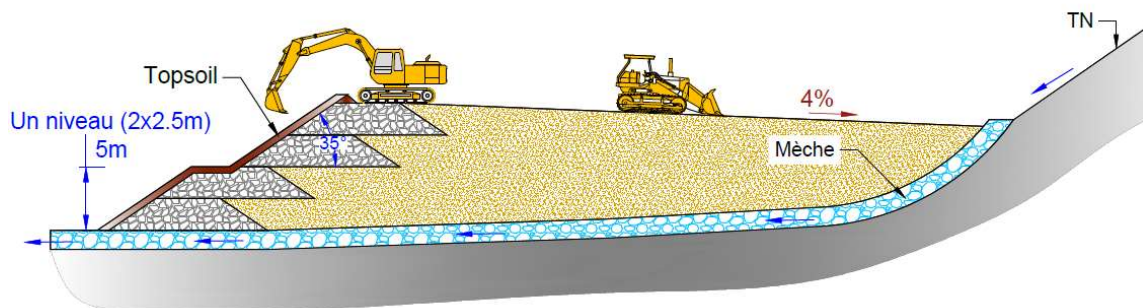
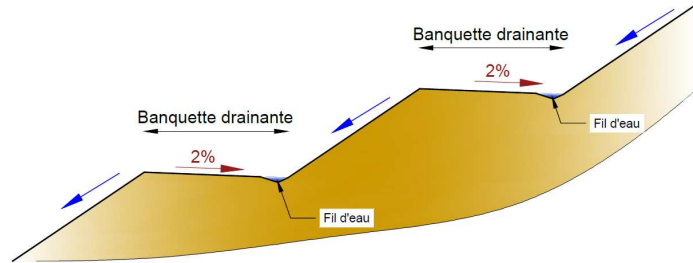


- Mise en place du deuxième cordon rocheux de 2.5 m de hauteur et remplissage par des stériles ;

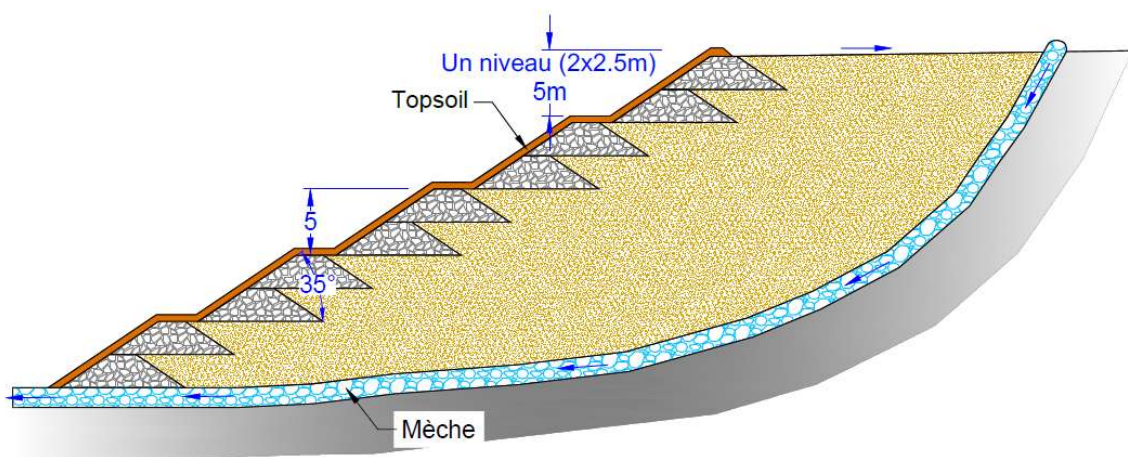


- Après la superposition de 2 digues, soit 5 m de hauteur, aménagement d'une banquette drainante avant de passer au niveau suivant. La largeur de la banquette dépend de la catégorie de la verse ;

- ✓ La banquette doit être remodelée au bull pour assurer un dévers amont de 2% et une pente longitudinale régulière de 2% vers un exutoire (descente d'eau ou piste drainante). Les travaux de remodelage des banquettes doivent se faire avant la mise en place du top-soil ;
- ✓ Au niveau de la limite amont de la banquette, un fil d'eau triangulaire doit être excavé.

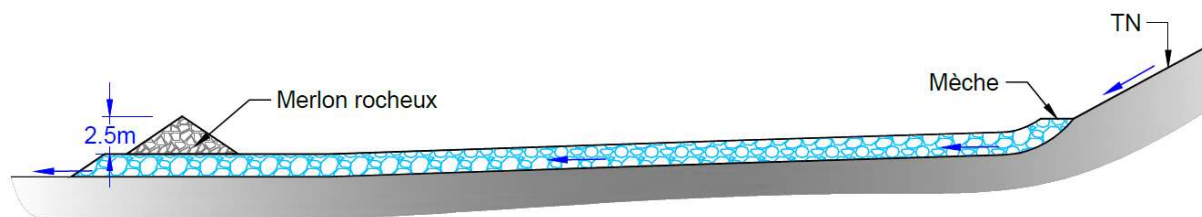


- Poursuite de la rehausse en respectant les étapes présentées ci-dessous et ce, jusqu'à atteindre la cote ultime ;
- Recouvrement du talus par la terre végétale au fur et à mesure de l'avancement des travaux de mise en verse.

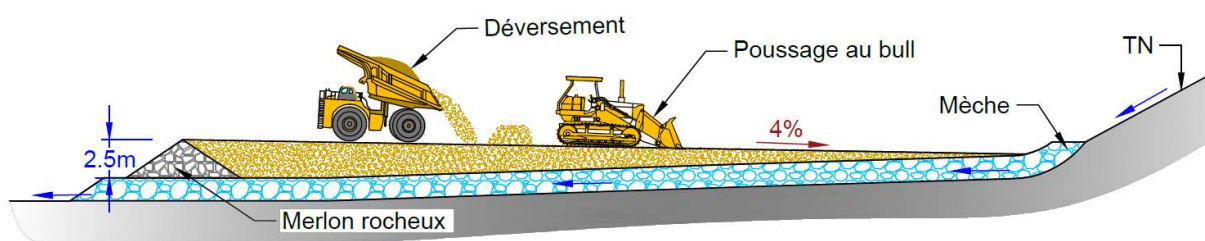


Technique n°2 : Protection frontale par merlon rocheux

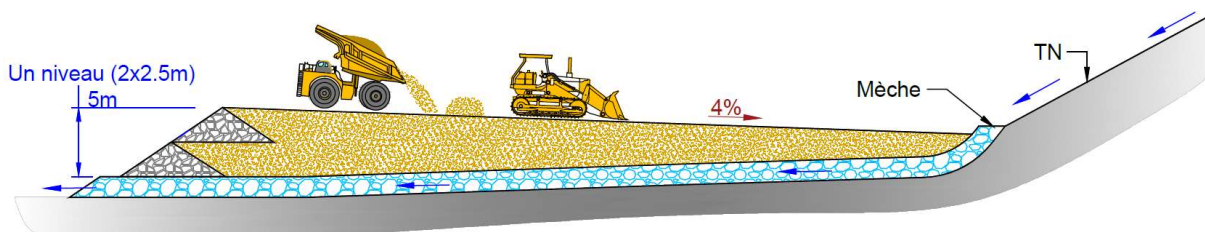
- Construction d'un premier merlon rocheux sur une hauteur de 2.5 m ;



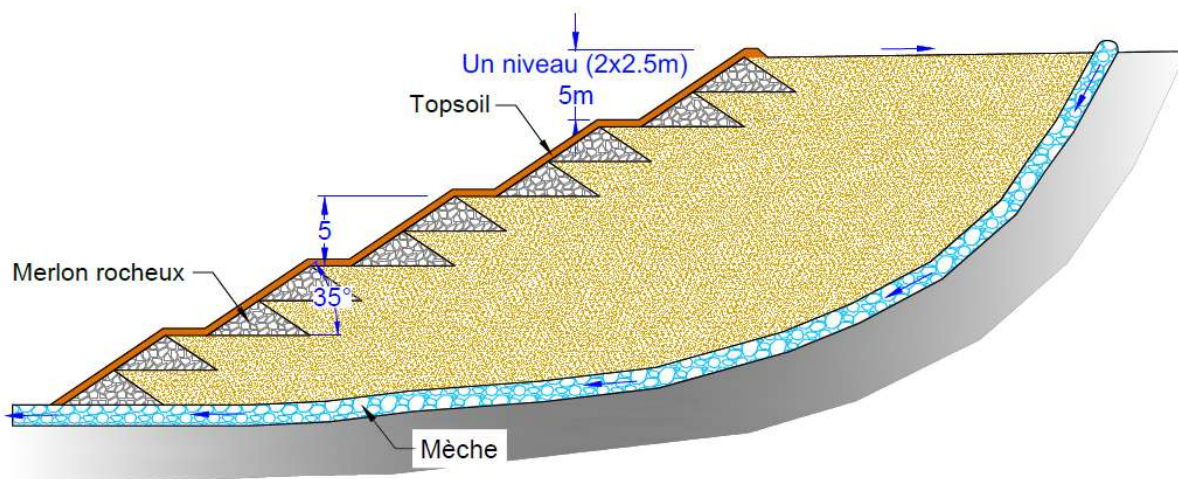
- Remplissage par des stériles non compactés à partir de la limite extérieure vers l'entrée de la mèche située au niveau de la limite intérieure ;



- Mise en place du deuxième merlon rocheux et remplissage par des stériles ;

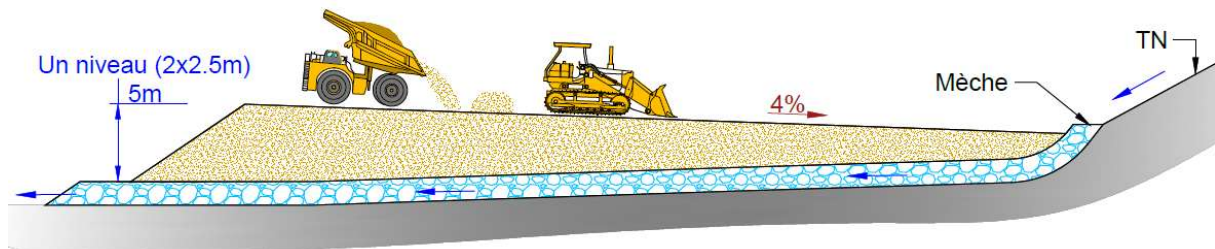


- Après la superposition de 2 merlons, aménagement d'une banquette drainante avant de passer au niveau suivant ;
- Poursuite de la rehausse en respectant les étapes présentées ci-dessous et ce, jusqu'à atteindre la cote ultime ;
- Recouvrement du talus par la terre végétale au fur et à mesure de l'avancement des travaux de mise en verse.

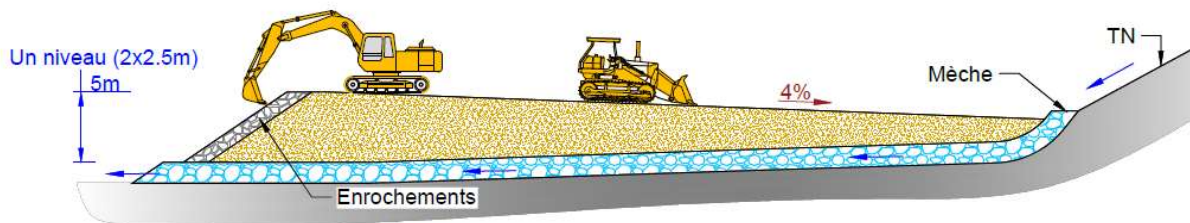


Technique n°3 : Protection frontale par pralinage

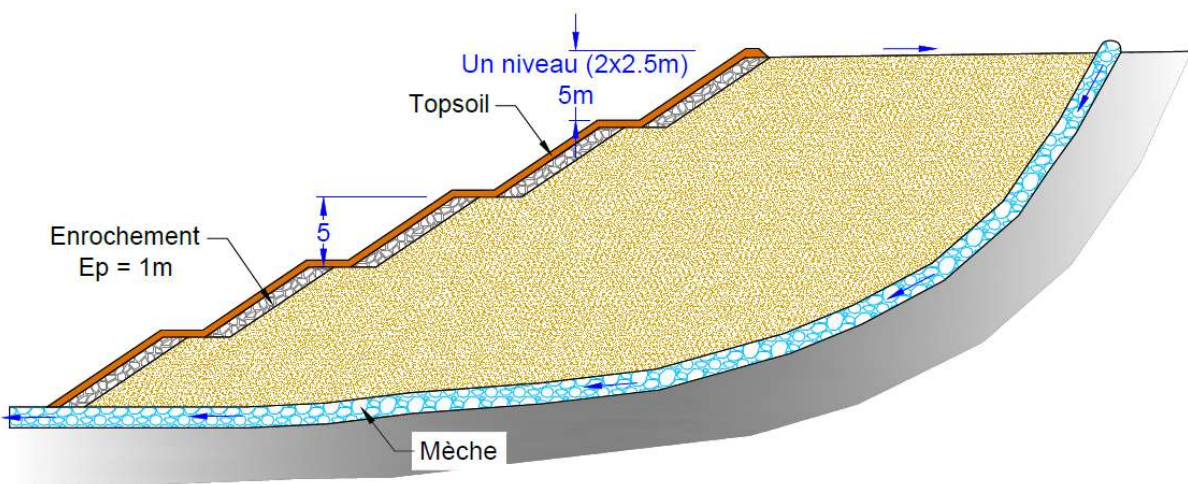
- Stockage du premier niveau de stériles non compactés sur une hauteur de 5 m ;



- Lissage puis pralinage du talus de verse avec des matériaux rocheux sur une épaisseur minimale de 1 m : Lors des travaux de pralinage, il faut veiller à ce que les blocs soient bien ancrés ;



- Aménagement d'une banquette drainante avant de passer au niveau suivant ;
- Poursuite de la rehausse en respectant les étapes présentées ci-dessous et ce, jusqu'à atteindre la cote ultime ;
- Recouvrement du talus par la terre végétale au fur et à mesure de l'avancement des travaux de mise en verse.

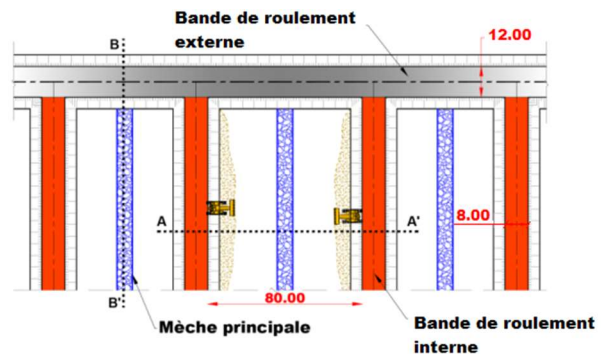


CONSTRUCTION DES BANDES DE ROULEMENT

Description de l'ouvrage

Les bandes de roulement sont des digues composées de matériaux drainant et qui permettent de délimiter des casiers de stockage de stériles. On distingue :

- Les bandes de roulement externes qui sont aménagées au niveau de la limite externe de la verse et qui font office de protection frontale ;
- Les bandes de roulement internes qui sont aménagées au niveau de l'emprise de la verse et sont connectées à la bande de roulement externe.



Fonctions

Ces bandes de roulement permettent de :

- Améliorer les conditions de drainage interne de la verse en favorisant le drainage des eaux de consolidation ;
- La circulation des camions sur la plateforme sommitale de la verse et l'accès aux différentes cellules de stockage des stériles ;

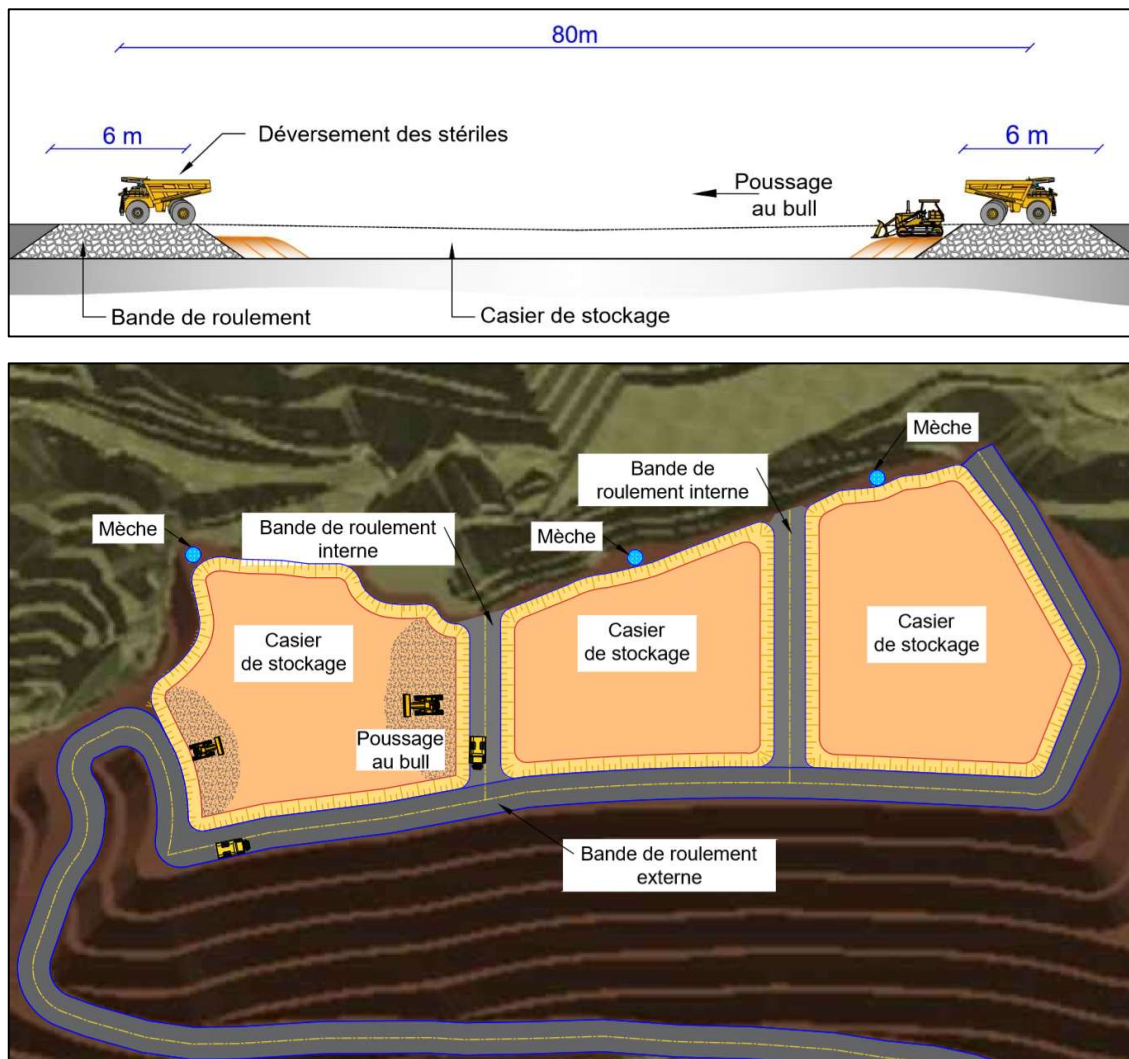
La technique de stockage par bande de roulement est recommandée :

- Dans les cas des verses présentant des plateformes sommitales de grande surface : Le stockage dans des casiers facilite le nivellement de la plateforme sommitale en réduisant les distances de poussage ;
- Dans les cas des verses à latérites : Les bandes de roulement facilitent la circulation des camions sur la plateforme sommitale ;
- Dans le cas des verses à forte cadence de stockage.

Mode de stockage

Le stockage de stériles se fera comme suit :

- Déversement de stériles à partir des bandes de roulement internes ;
- Poussage au bull vers le centre du casier ;
- Etalement au bull et conservation d'une pente vers l'ouvrage de gestion des eaux.



Dispositions constructives

- Les bandes de roulement sont idéalement plus hautes que les casiers ;
- La construction des bandes de roulement doit précéder le déchargement des stériles dans les casiers ;
- Aménager un merlon de sécurité de 1.2 m de hauteur le long des bandes de roulement externes ;
- Dans le cas des verses montées avec une cadence de stockage inférieure ou égale à 20 m/an, les bandes de roulement internes sont espacées d'au moins 80 m entre axes ;
- Dans le cas des verses montées avec une cadence de stockage supérieure à 20 m/an, et afin d'accélérer la dissipation des surpressions, les bandes de roulement internes doivent être espacées de 40 m entre axes ;
- Les bandes de roulement sont aménagées par de matériaux rocheux sur une épaisseur de 4 à 5 m ;
- La largeur en crête d'une bande de roulement externe est de 12 m. Cependant, pour les bandes de roulement internes, la largeur en crête peut être réduite à 8 m.

CHAPITRE 4 : DISPOSITIF D'AUSCULTATION

Le dispositif d'auscultation est défini par l'étude géotechnique en fonction de la géologie de l'assise, du contexte hydrogéologique, de la cadence de stockage et de la hauteur maximale de la verse.

La mise en place du dispositif d'auscultation se fait au fur et à mesure de la rehausse de la verse.

Objectifs

- Prévenir les risques d'instabilités en cours de construction et suivre le comportement de la verse à long terme ;
- Définir un plan d'action en cas de dépassement des seuils critiques :



Instrument	Spécifications techniques	Paramètre mesuré	Fréquence de mesure	Seuil critique		Plan d'action en cas de dépassement du seuil
				Durant la phase de construction	Après la fermeture	
Inclinomètre	Ancré 10 m dans le substratum rocheux	Déplacement horizontal	1 mesure / mois en phase de construction 1 mesure/an après la quasi stabilisation des mouvements	10 cm/an	1 cm/an	Si le diagnostic réalisé est défavorable, une note géotechnique spécifiera le ralentissement ou l'arrêt du stockage.
Piézomètre	Crépiné dans l'assise et/ou dans la verse.	Niveau piézométrique	1 mesure/mois	5 m au-dessus du pied de la verse	5 m au-dessus du pied de la verse	<ul style="list-style-type: none"> ■ Réduire les infiltrations en réalisant les actions suivantes : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Au cours des travaux, basculer en gestion des eaux en surface. ✓ En phase ultime, vérifier la fermeture et la mise hors d'eau des mèches ; ✓ Recharger les points bas identifiés au niveau de la plateforme, la piste et les banquettes pour éviter la stagnation des eaux. ■ Conforter le pied de la verse par une butée en enrochement.
Capteur de pressions interstitielles	Placé en tranchée ou en forage	Pressions interstitielles	Automatique (1 mesure toutes les 15 minutes)	200 kPa	< 50 kPa	Si le diagnostic réalisé est défavorable, il faut ralentir ou arrêter le stockage.

CHAPITRE 6 : FERMETURE ET REHABILITATION

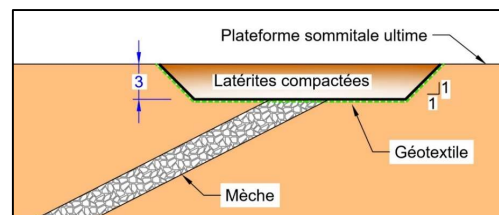
Objectifs

- Empêcher la dégradation du site après la fin des travaux ;
- Assurer son intégration dans l'environnement local.



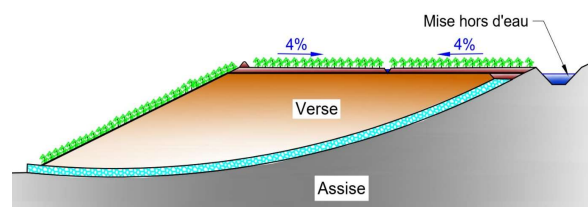
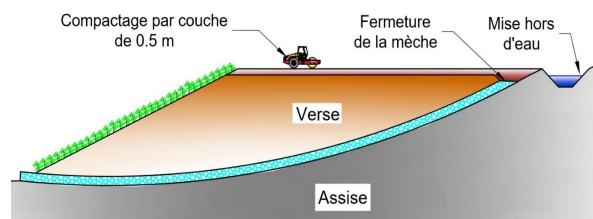
Travaux de fermeture et de réhabilitation

- Fermeture des mèches :
 - ✓ Décaissement de la partie supérieure des enrochements de la mèche sur une largeur minimale de 2 m et une profondeur minimale de 3 m par rapport à la plateforme sommitale ;
 - ✓ Mise en place d'une nappe de géotextile ;
 - ✓ Mise en place des latérites par couche de 50 cm ;
 - ✓ Compactage des latérites par couche de 50 cm par un compacteur ou par le godet de la pelle.



- Fermeture de la plateforme sommitale

- ✓ Fermeture de la plateforme sommitale par une couche de latérites compactée sur une épaisseur de 1.5 m d'épaisseur (Le compactage des latérites se fait par couche de 50 cm) ;
- ✓ Lissage et nivellement de la plateforme sommitale à 4 % vers les ouvrages de drainage en surface (fossé, descente d'eau, fil d'eau) ;
- ✓ Recouvrement de la plateforme sommitale par une couche de 30 cm de top soil (ou revégétalisation par semi hydraulique).



- Revégétalisation des talus et des banquettes (au fur et à mesure de la rehausse de la verse).

CHAPITRE 7 : CONCLUSION

Le présent guide comporte une formalisation des bonnes pratiques relatives à la conception et à la construction des verses à stériles.

Il permet de donner des ordres de grandeur des paramètres à prendre en compte et de vulgariser les bonnes pratiques pour les besoins du personnel de la NMC.

Il constitue aussi un référentiel pour les sous-traitants dans le cadre des prestations qui leur seront confiées.

Le recours à des pratiques différentes de celles présentées dans ce guide doit être justifié et validé par les référents techniques de la NMC.

Enfin ce document constitue une première version du guide qui sera enrichie au fur et à mesure de l'évolution des pratiques minières et des retours d'expérience des intervenants sur les sites de la NMC.

Il fera l'objet de révision périodique qui sera validée par les responsables des opérations et de l'ingénierie minière de la NMC.

ANNEXE : JUSTIFICATIONS DU PROJET

A. Justifications géotechniques

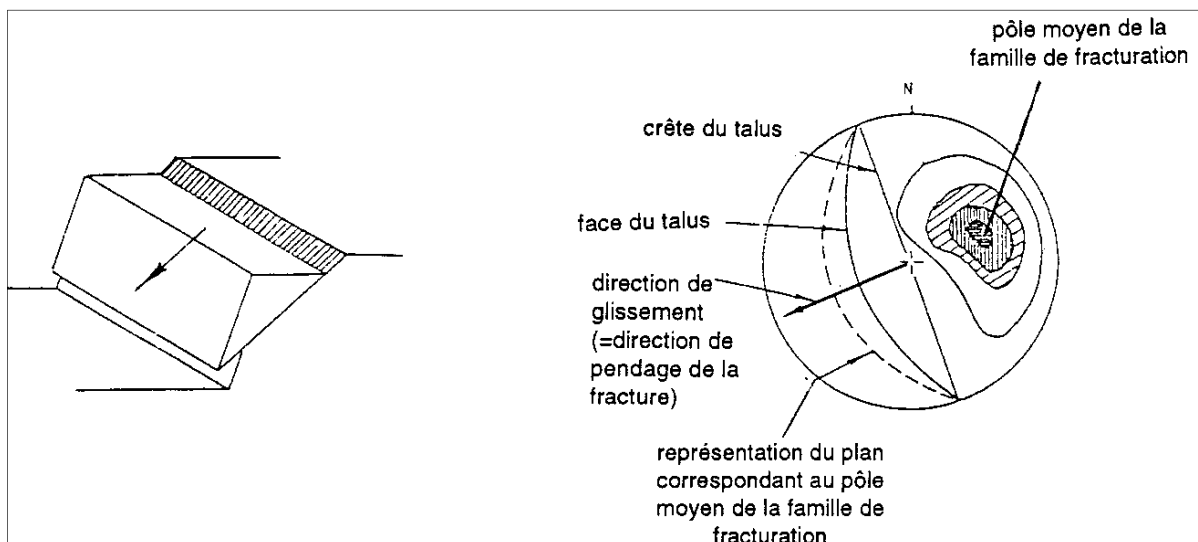
1. Vérification de l'absence de fracturations défavorables

Les éléments de base de l'analyse structurale sont les suivants :

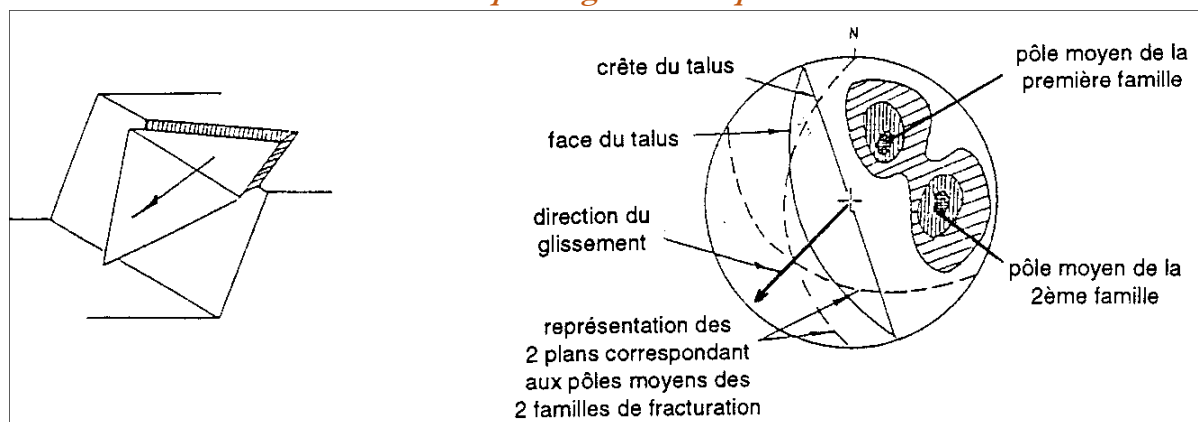
- Orientation moyenne et pendage moyen du talus à vérifier ;
- Orientation moyenne et pendage moyen des familles de fractures dominantes dans la zone étudiée.

La démarche d'analyse est la suivante :

- Ressortir les directions majeures du talus à vérifier ;
- Définir les structures majeures (direction et pendage) ;
- Projeter les structures majeures et les différents talus sur le diagramme de Schmidt ;
- Déterminer l'intersection entre les plans de talus et les discontinuités ;
- Identifier les surfaces de glissement potentiel.



Exemple de glissement plan



Exemple de glissement dièdre

2. Analyse de la stabilité de la verse

- Analyse de la stabilité de la verse en cours de construction ;
- Analyse de la stabilité de la verse à long terme ;
- Analyse de la stabilité de la verse en conditions exceptionnelles.

B. Justifications hydrauliques

Les ouvrages hydrauliques sont dimensionnés en se basant sur les courbes IDF de la station météo la plus proche du site du projet.

Les étapes de dimensionnement d'un ouvrage hydraulique sont les suivantes :

- Délimitation du bassin versant contrôlé par l'ouvrage et détermination des caractéristiques du bassin versant ;
- Calcul du temps de concentration ;
- Choix de la période de retour ;
- Calcul du débit de crue correspondant à la période de retour choisie ;
- Calcul de la section de l'ouvrage.

Critères de dimensionnement des ouvrages hydrauliques

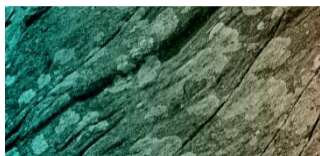
Ouvrages	Critères de dimensionnement
Ouvrage de sédimentation	<ul style="list-style-type: none">▪ Période de retour pour le dimensionnement de l'évacuateur de crue = centennale.▪ Capacité = Volume d'eau généré par une pluie d'une durée de 2 heures et d'une récurrence de 2 ans.
Mèche	<ul style="list-style-type: none">▪ Période de retour pour le dimensionnement = vingtennale▪ Pente minimale = 2%▪ Section minimale = 5 m²
Fossé	<ul style="list-style-type: none">▪ Vitesse < 4 m/s▪ La revanche minimale est de 30 cm pour des vitesses inférieures à 2.5 m/s et de 50 cm pour les vitesses supérieures.
Descente d'eau	<ul style="list-style-type: none">▪ Diamètre des enrochements = $V^2/45$▪ Période de retour pour le dimensionnement de l'évacuateur de crue = centennale.

Méthodes des calculs hydrologiques et hydrauliques

Description	Méthode de calcul	Code de calcul
Calcul des débits		
Temps de concentration	Temps de concentration t_c du bassin versant donné par la formule de Giandotti (heures) : $t_c = \frac{1,5L + 4\sqrt{S}}{0,8\sqrt{H}}$ Avec : L : Longueur de l'écoulement (km) ; S : Surface du bassin versant en km2 ; H : dénivelée moyenne en m	Analytique
Débit de pointe	Le débit maximum Q (m3/s) relative à une récurrence donnée est donné par la méthode CIA : $Q = \frac{C \times I \times S}{3.6}$ Avec : C : Coefficient de ruissellement ; I : Intensité de la pluie mm/h ; S : superficie du bassin versant (km²).	
Dimensionnement des ouvrages hydrauliques		
Mèche en enrochement	Formule de Stephenson « 1979 » : La section minimale S de la mèche est égale à : $S \geq Q \cdot \left(\frac{K_{st}}{gdn^2} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot i^{-\frac{1}{2}}$ Coefficient de Stephenson : $K_{st} = \frac{800}{R_e} + K_t$ Re : Nombre de Reynolds Kt : Paramètre représentant l'angularité de l'enrochement (K =2) g : Constante gravitationnelle (m/s-2) d : Diamètre moyen des blocs (=0.300 m) n : Porosité d'enrochement (=0,3) i : Gradient hydraulique = Dh/Dx avec h est la charge hydraulique	Analytique
Fossé, descente d'eau et banquettes drainante	Formule de Manning-Strickler : $Q = V .S = S .K .R_H^{2/3} .i^{1/2}$ K : Coefficient de Manning-Strickler (K=25) Rh : Rayon hydraulique I : Pente moyenne de l'ouvrage (%)	

Description	Méthode de calcul	Code de calcul
Dimensionnement des ouvrages hydrauliques		
Ouvrage de sédimentation	<p>Capacité de stockage = Volume de la crue de récurrence biennale d'une durée de deux heures</p> $V = C \times H_{2h} \times S$ <p>V : Volume de l'ouvrage (10³ m³) C : Coefficient de ruissellement H_{2h} : Hauteur de pluie relative à une durée de 2 heures et une période de retour de 2 ans (mm) S : Surface du bassin versant (km²)</p>	Analytique
Évacuateur de crues	<p>La largeur est calculée par la formule du déversoir :</p> $Q = \mu \cdot L \cdot H^{3/2} \sqrt{2g}$ <p>Q : Débit centennal susceptible de transiter sur l'évacuateur μ : Coefficient de débit du seuil L : Largeur de l'évacuateur (m) H : Charge hydraulique sur l'évacuateur (m)</p>	

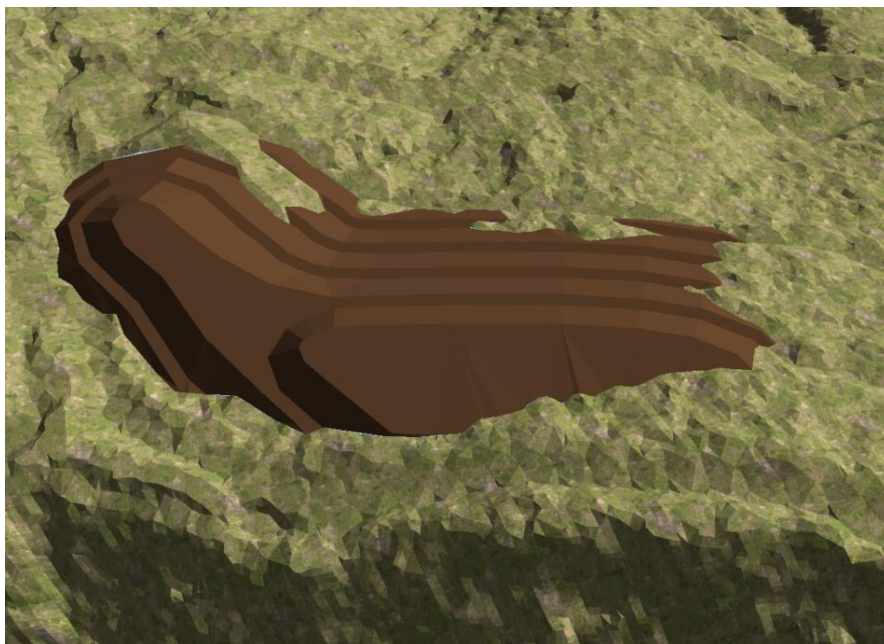
5 Note de calcul relative à la stabilité de la verse Philomène



JUSTIFICATIONS HYDRAULIQUES RELATIVES AU PROJET DE CONSTRUCTION DE LA VERSE « PHILOMENE »

Site minier : DDP

Client : NMC



Réf: MC-22-160-NMC-09-R04-A

A	02/12/2022	Création		
Révision	Date	Objet de la modification		
		Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Nom et prénom		Seif ASKRI	Ghassen JAMELLEDDINE	Ghassen JAMELLEDDINE
Fonction		Ingénieur hydraulicien	Directeur production	Directeur production

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	1
2	DOCUMENTS DE REFERENCE	1
3	DONNEES DE BASE POUR LA JUSTIFICATION HYDRAULIQUE	1
4	CRITERES DE DESIGN DES OUVRAGES HYDRAULIQUES	1
5	DESCRIPTION DU PROJET DE CONSTRUCTION DE LA VERSE « PHILOMENE »	2
6	CONTEXTE GENERAL DU SITE	7
6.1	Contexte topographique	7
6.2	Contexte géologique	7
6.3	Synthèse	7
7	JUSTIFICATION HYDRAULIQUE DU PROJET	8
7.1	Présentation du dispositif de drainage	8
7.2	Dimensionnement des descentes d'eau	9
8	DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PARTICULIERES	9
9	CONCLUSION	10

LISTE DES FIGURES

Figure N°1 : Implantation des coupes	3
Figure N°2 : Coupe A-A'	3
Figure N°3 : Coupe B-B'	4
Figure N°4 : Coupe C-C'	4
Figure N°5 : Coupe D-D'	4
Figure N°6 : Emprise de la verse « Philomène »	5
Figure N°7 : Vue 3D de la verse « Philomène »	6
Figure N°8 : Profil géologique type du site	7

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Paramètres de Montana	1
Tableau N°2 : Bases du design	1
Tableau N°3 : Méthode de calcul pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques	2
Tableau N°4 : Synthèse des principales caractéristiques du site de la verse Philomène	8
Tableau N°5 : Calculs des débits et des dimensions des ouvrages de drainage en surface	9

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1: DELIMITATION DES BASSINS VERSANT	- 1 -
--	-------

1 INTRODUCTION

Dans le cadre de l'exploitation de son site minier DDP, la Nickel Mining Company (NMC) envisage de construire une verse aménagée sur le terrain naturel pour le stockage des stériles latéritiques nommée verse « Philomène ».

Dans ce cadre, la NMC a mandaté MECATER Ingénierie pour fournir les justifications hydrauliques du projet de construction de la verse « Philomène » et pour vérifier la conformité du projet global vis-à-vis des règles de conception des verses à stériles miniers.

Ainsi, nous présentons dans cette étude :

- Les plans de gestion des eaux de la verse « Philomène » au cours de la construction et en phase ultime ;
- Les dispositions constructives à mettre en œuvre ;

2 DOCUMENTS DE REFERENCE

La présente étude a été réalisée en se référant aux documents suivants :

- Levé topographique ; (Réf : topo_cut_fosses_verses_finales_ddp.dxf) ;
- Design de la verse (Réf : cut_verses_finales_ddp.dxf) ;
- Données de sondage : (Réf : assay_domain_mod.csv) ;
- Contour de la verse Philomène : (Réf : contours_verses_Philomène.dxf).

3 DONNEES DE BASE POUR LA JUSTIFICATION HYDRAULIQUE

Les ouvrages hydrauliques sont dimensionnés en se basant sur les courbes IDF de la station météo de **Malmezac**.

Tableau N°1 : Paramètres de Montana

Temps de concentration 6 min $\leq t \leq 120$ min		
T	A	B
20 ans	344	0.339
100 ans	231	0.068

4 CRITERES DE DESIGN DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Les critères de design retenus pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques de la verse « Philomène » sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°2 : Bases du design

Description	Unité	Valeur
Période de retour pour le design de la descente d'eau de drainage de la verse	an	100
Diamètre des enrochements	m	$V^2/45$

La mise en œuvre des critères de design présentés dans le tableau N°2 sera réalisée suivant les méthodes de calcul détaillées dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°3 : Méthode de calcul pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques

Calcul des débits				
Temps de concentration	Temps de concentration t_c du bassin versant donné par la formule de Giandoti (heures) : $t_c = \frac{1,5L + 4\sqrt{S}}{0,8\sqrt{H}}$ Avec : L : Longueur de l'écoulement (km) ; S : Surface du bassin versant en km ² ; H : dénivelée moyenne en m			Analytique
Débit de pointe	Le débit maximum Q (m ³ /s) relative à une récurrence donnée est donné par la méthode CIA : $Q = \frac{C \times I \times S}{3.6}$ Avec : C : Coefficient de ruissellement ; I : Intensité de la pluie mm/h ; S : superficie du bassin versant (km ²).			Analytique
Dimensionnement des ouvrages hydrauliques				
Description	Valeur minimale requise	Période de retour	Méthode de calcul	Code de calcul
Ouvrages trapézoïdaux (Fossé, Fil d'eau descente d'eau)	0.5 m à la base	Dimensionnés pour Une récurrence de 100 ans (ouvrages permanents)	Formule de Manning-Strickler : $Q = V.S = S.K.R_H^{2/3}.i^{1/2}$ K : Coefficient de Manning-Strickler (K=25) Rh : Rayon hydraulique I : Pente moyenne de l'ouvrage (%)	Analytique

5 DESCRIPTION DU PROJET DE CONSTRUCTION DE LA VERSE « PHILOMÈNE »

La verse « Philomène » sera construite directement sur le terrain naturel. Elle permet d'apporter une capacité de stockage de l'ordre de 42 000 m³.

L'emprise de la verse couvrira une superficie de l'ordre de 1 ha se situant entre les cotes 560 et 585 NGNC ; (Cf. Figures N°6 & N°7).

Le stockage des stériles miniers débutera à partir de la cote 560 NGNC et remonte jusqu'à atteindre la cote ultime, soit la cote 585 NGNC. La verse présentera un dénivelé maximal de 25m.

La verse « Philomène » sera construite par niveaux de 5 m qui présentent une pente locale de 33°. Une banquette de 3m sera aménagée entre deux niveaux successifs. Ainsi une pente intégratrice maximale de 25°.

En phase ultime, la verse « Philomène » présentera deux plateformes sommitale calées aux cotes 580 NGNC et 585 NGNC et deux talus libres :

- Talus Nord-Est : Ce talus sera implanté à la cote 560 NGNC et remontera jusqu'à la plateforme sommitale calée à la cote 585 NGNC, soit une hauteur de 25 m. La pente intégratrice maximale au niveau de ce flanc est de 25° (Cf. Figure N°3).

- Talus Ouest : Ce talus sera implanté à la cote 573 NGNC et remontera jusqu'à la plateforme sommitale calée à la cote 580 NGNC, soit une hauteur de 7 m. La pente intégratrice maximale au niveau de ce flanc est de 25° (Cf. Figure N°5).

Conclusion : Le design de la verse « Philomène » respecte les critères géométriques des verses de grandes hauteurs.

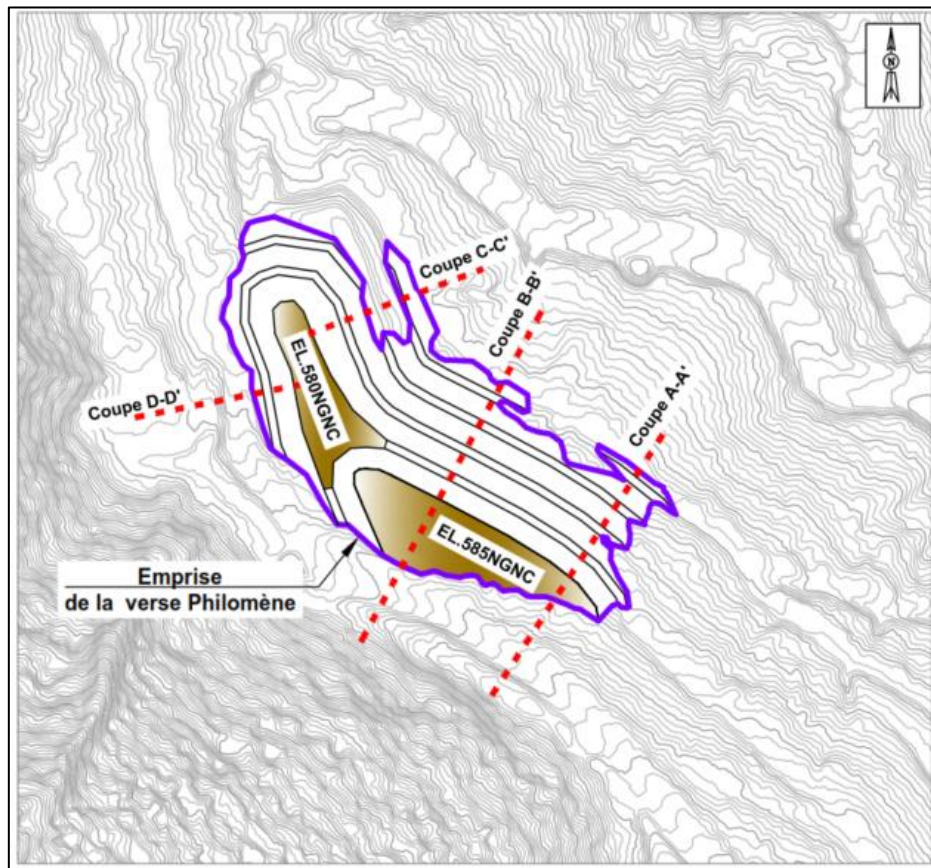


Figure N°1 : Implantation des coupes

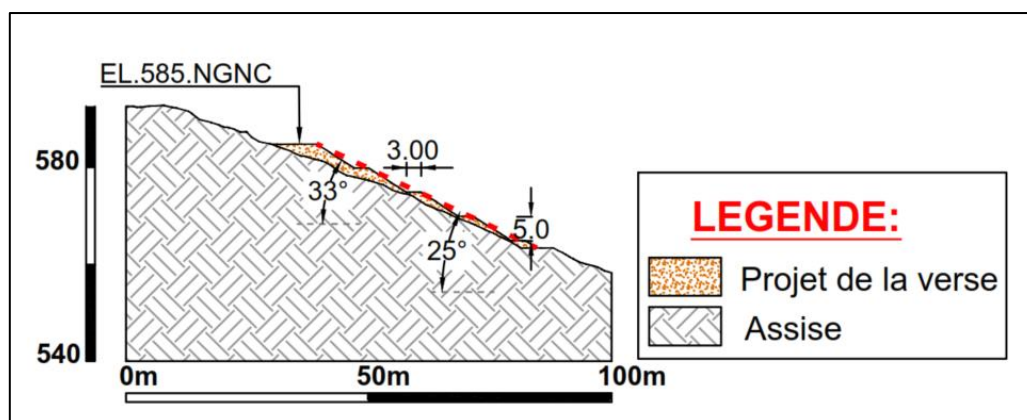


Figure N°2 : Coupe A-A'

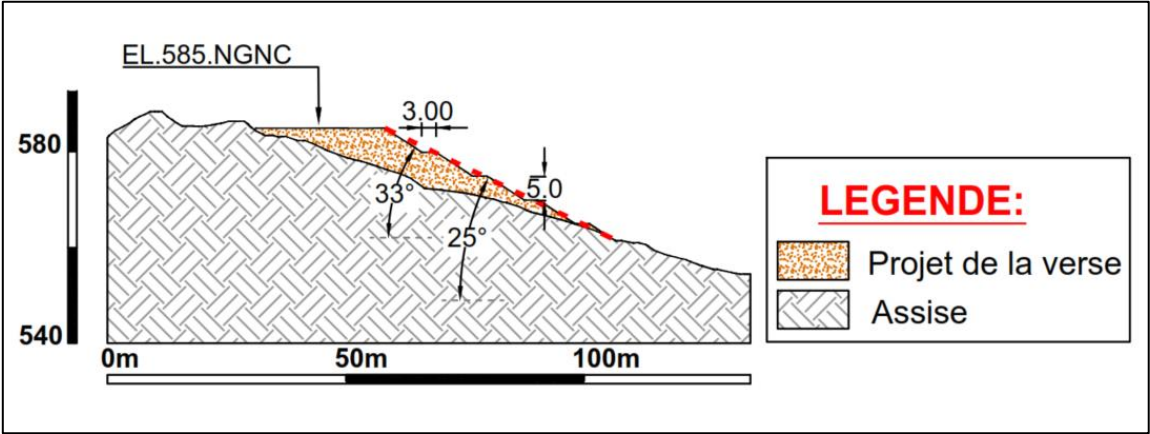


Figure N°3 : Coupe B-B'

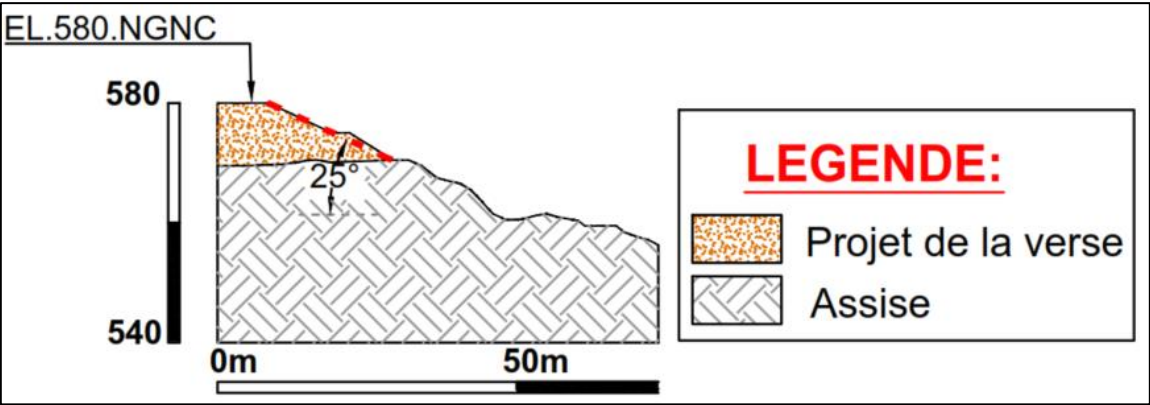


Figure N°4 : Coupe C-C'

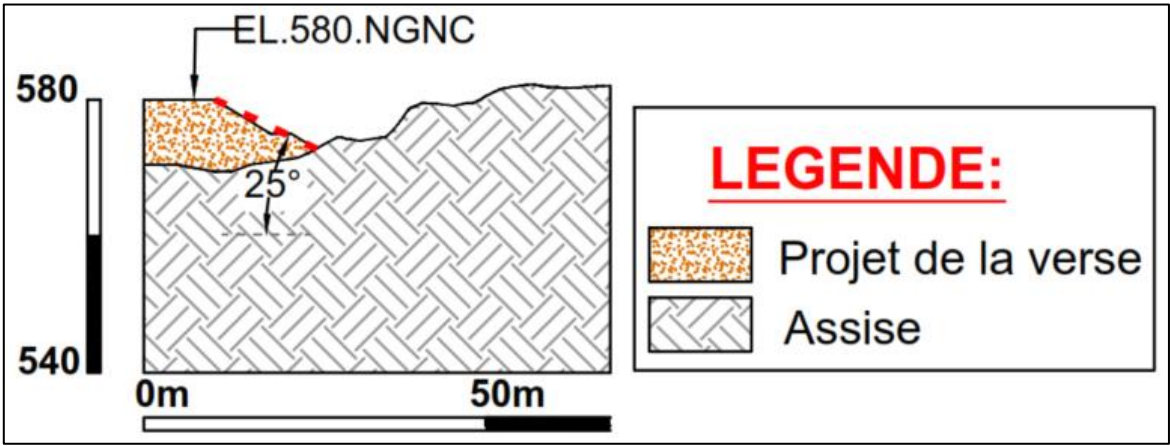


Figure N°5 : Coupe D-D'



Figure N°6 : Emprise de la verse « Philomène »

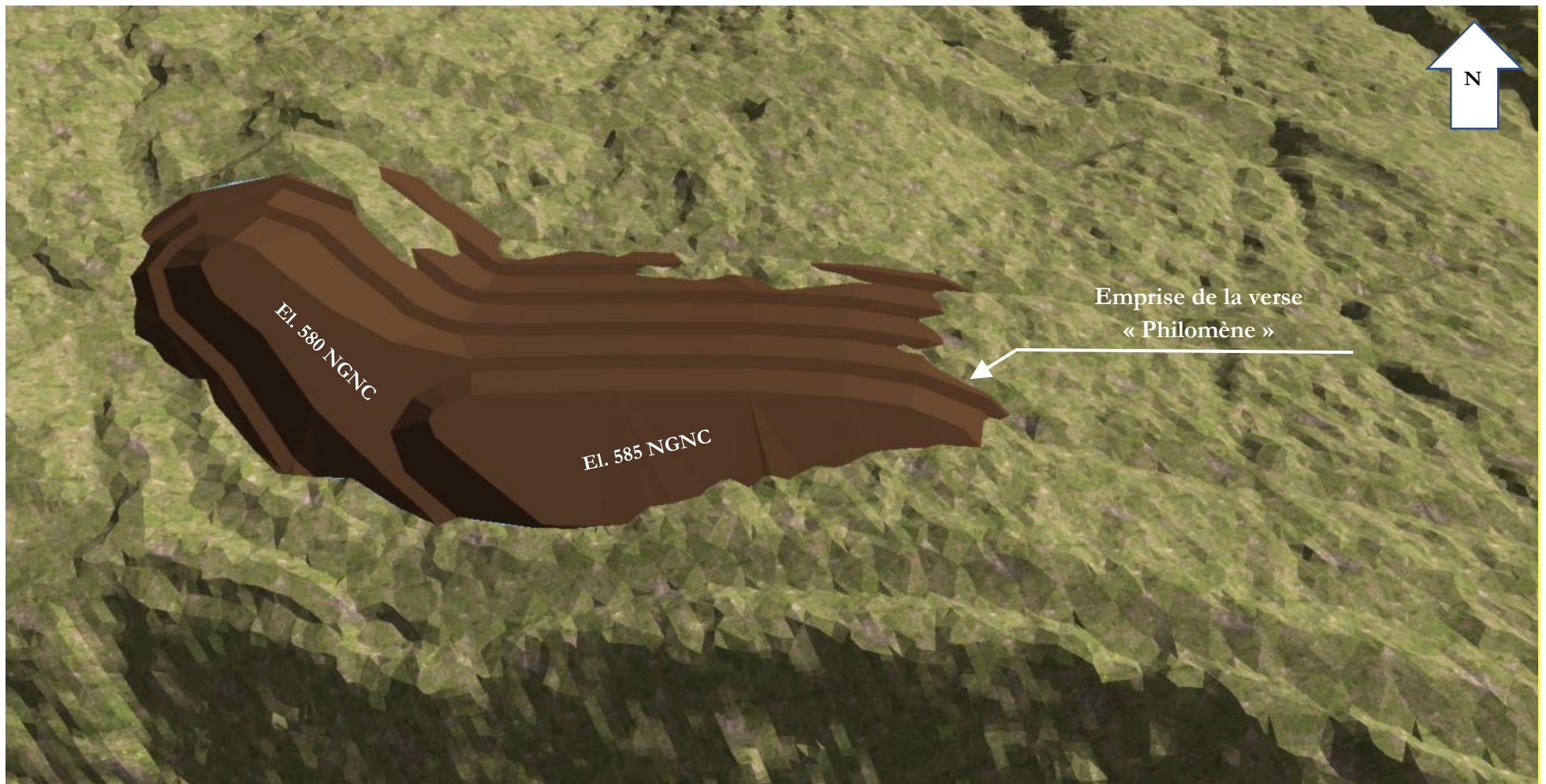


Figure N°7 : Vue 3D de la verse « Philomène »

6 CONTEXTE GENERAL DU SITE

6.1 Contexte topographique

La verse « Philomène » sera construite sur le terrain naturel. Le stockage des stériles débutera ainsi à partir de la cote 560 NGNC et se poursuivra jusqu'à la cote 585 NGNC.

La zone d'ancrage de la verse présente une pente de l'ordre de 25% ce qui n'est pas acceptable pour assurer la stabilité de la verse notamment vis-à-vis des glissements sur interface. **Ainsi un reprofilage de la zone d'ancrage de façon à limiter la pente à moins de 10% est indispensable.**

Conclusion : Le contexte topographique est globalement favorable à la stabilité des produits stockés.

Un reprofilage de la zone d'ancrage doit être réalisé de façon à limiter la pente à moins de 10%.

6.2 Contexte géologique

Selon les données de sondages fournis par la NMC, l'assise de la verse serait composée du haut en bas par les horizons suivants : (Cf. Figure N°7) :

- Un horizon de latérites en place présentant une épaisseur maximale d'environ 29 m ;
- Un horizon de saprolites terreuses hétérogènes composés de roche tendre et de matériaux terreux ayant une épaisseur variable qui peut atteindre 13 m ;
- Une couche de saprolites rocheuses

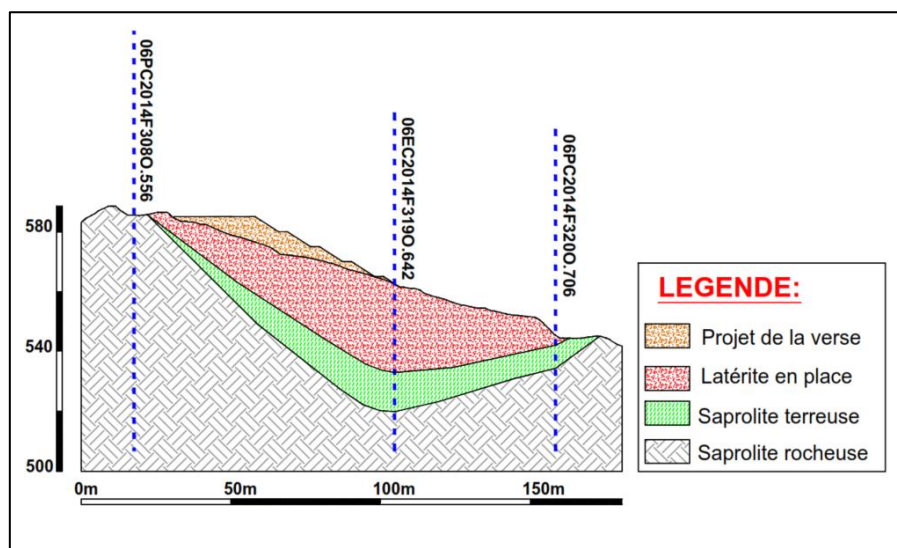


Figure N°8 : Profil géologique type du site

Conclusion : Le contexte géologique du site ne nécessite pas des dispositions constructives particulières.

6.3 Synthèse

Le tableau ci-dessous synthétise les principales caractéristiques de la verse « Philomène » :

Tableau N°4 : Synthèse des principales caractéristiques du site de la verse Philomène

Caractéristiques		Commentaires
Site	DDP	La verse a été conçue en respectant les critères géométriques des verses de grande hauteur
Catégorie	Verse courante	
Dénivelé maximal (m)	25	
Pente intégratrice (°)	25	
Volume (m³)	48 200 m³	
Cotes plateforme (NGNC)	580 et 585	
Nombre de talus et orientation	Deux talus : Talus Nord-Est et talus Ouest	Reprofilage de la zone d'ancrage de façon à limiter la pente à moins de 10%
Zone d'ancrage	Terrain naturel	
Pente au droit de la zone d'ancrage	> 10%	Configuration favorable
Bassin versant amont	Verse mise hors d'eau par la piste de roulage située en amont	

7 JUSTIFICATION HYDRAULIQUE DU PROJET

7.1 Présentation du dispositif de drainage

Au cours des travaux de construction ainsi qu'en phase ultime, la gestion des eaux de ruissellement de la verse se fera en surface moyennant les deux descentes N°1 et N°2.

En phase ultime, la verse « Philomène » présentera deux plateformes sommitales calées respectivement à la cote 580 et 585 NGNC.

La plateforme calée à la cote 585 NGNC sera nivelée vers un fil d'eau qui débouche dans la descente N°1 d'eau aménagée au niveau de l'interface Verse/TN. Les eaux collectées par la descente d'eau N°1 seront restituées vers le milieu naturel.

La plateforme calée à la cote 580 NGNC sera nivelée vers un fil d'eau qui débouche dans la descente N°2 d'eau aménagée au niveau de l'interface Verse/TN. Les eaux collectées par la descente d'eau N°2 seront restituées vers la piste de roulage.

Le plan portant la référence « **MC-22-160-NMC-09-P013-A** » présente le dispositif de drainage de la verse « Philomène ».

- Drainage des banquettes

Les eaux de surface transitant à travers les banquettes seront drainées par les deux descentes d'eau aménagées au niveau de l'interface Verse/TN.

Le plan portant la référence « **MC-22-160-NMC-09-P13-A** » présente le dispositif de drainage des banquettes en phase ultime.

7.2 Dimensionnement des descentes d'eau

Le dimensionnement des ouvrages de drainage en surface est synthétisé dans le tableau ci-dessous.

Tableau N°5 : Calculs des débits et des dimensions des ouvrages de drainage en surface

Ouvrage	S _{BV}	T _c	I ₁₀₀	Q ₁₀₀	Pente	Débit spécifique	Dimensions
	(ha)	(min)	(mm/h)	(m³/s)	(%)	(m³/s/km²)	
Descente N°1	0.7	10.14	197	0.38	47	54.81	-Largeur à la base = 1 m -Profondeur = 1 m -Lame d'eau = 0.103 m -Vitesse d'écoulement = 3.39 m/s -Enrochements = 200 à 300 mm sur une épaisseur minimale de 0.50 m
Descente N°2	0.8	13.49	194	0.43	10	53.76	-Largeur à la base = 1 m -Profondeur = 1 m -Lame d'eau = 0.175 m -Vitesse d'écoulement = 2.1 m/s -Enrochements = 200 à 300 mm sur une épaisseur minimale de 0.50 m

8 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PARTICULIERES

Nous recommandons de respecter les dispositions constructives générales de construction des verses ainsi que les dispositions particulières suivantes :

- **D1** : Les descentes d'eau projetées au niveau de l'interface verse/TN doivent être aménagées au fur et à mesure de la construction des verses ;
- **D2** : En phase ultime, la plateforme calée à la cote 585 NGNC doit être nivelée vers le fil d'eau qui débouche dans la descente d'eau N°1 ;
- **D3** : En phase ultime, la plateforme calée à la cote 580 NGNC doit être nivelée vers le fil d'eau qui débouche dans la descente d'eau N°2 ;
- **D4** : Au niveau de la zone d'ancrage de la verse, il faut reprofiler la zone d'ancrage de façon à limiter la pente à moins de 10%.

9 CONCLUSION

La verse « Philomène » sera construite sur le terrain naturel et en crête du versant naturel.

En phase ultime la verse présentera un dénivelé maximal de l'ordre de 25 m. Elle présentera deux talus orientés vers le Nord-Est et l'Ouest et projetés avec une pente intégratrice maximale limitée à 25°.

Au cours de la construction ainsi qu'en phase ultime, la gestion des eaux de ruissellement provenant de la plateforme sommitale de la verse ainsi que les banquettes se fera en surface moyennant les deux descentes d'eau aménagées au niveau de l'interface Verse/TN.

La zone d'ancrage de la verse présente une pente de l'ordre de 25% ce qui n'est pas acceptable pour assurer la stabilité de la verse notamment vis-à-vis des glissements sur interface. Ainsi un reprofilage de la zone d'ancrage de façon à limiter la pente à moins de 10% est indispensable.

ANNEXE 1 : DELIMITATION DES BASSINS VERSANT

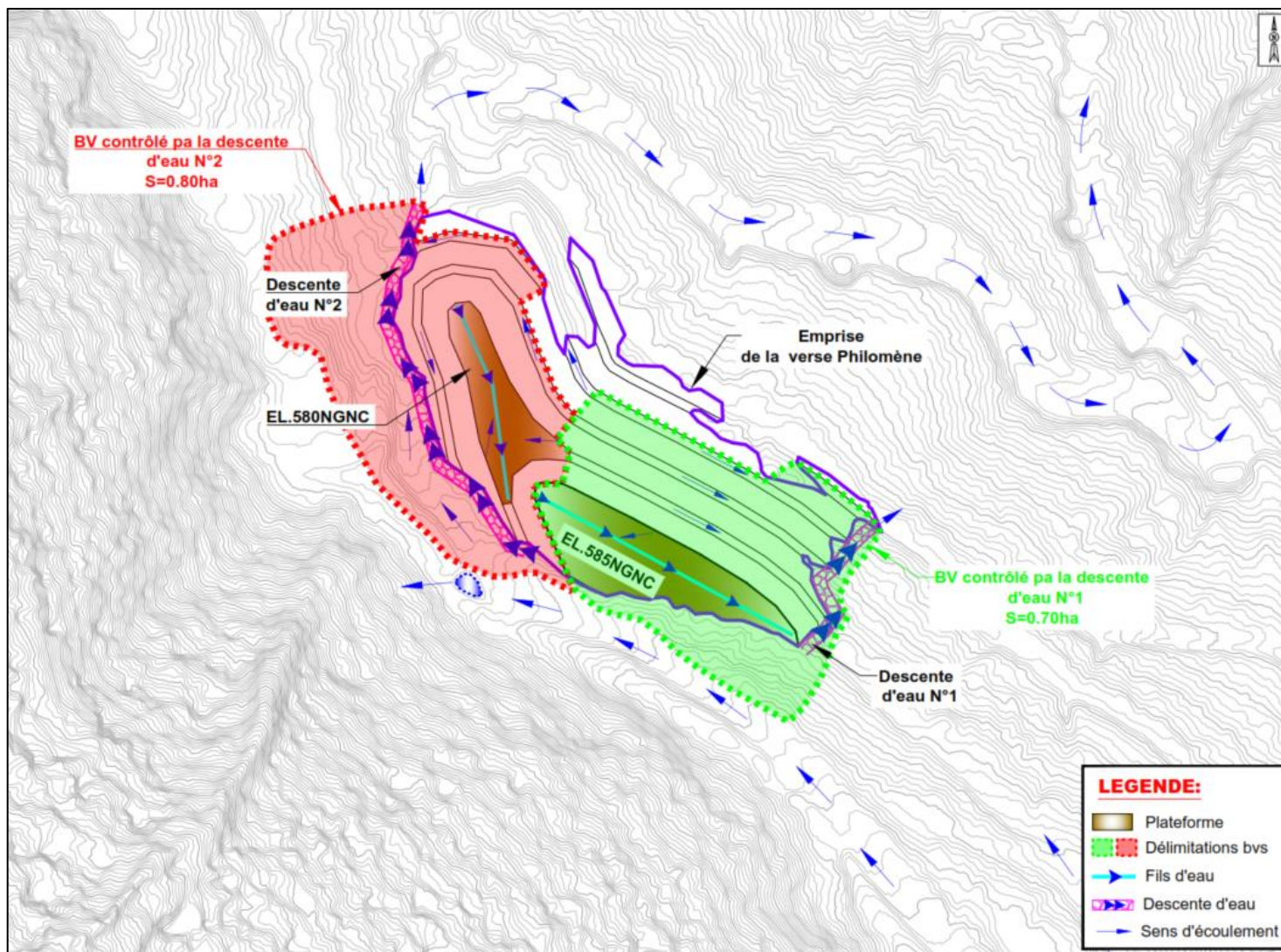
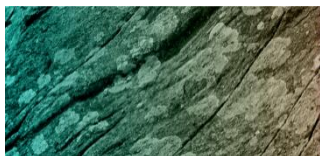


Figure N° 1 : Bassins versants contrôlés par les deux descentes N°1 & N°2

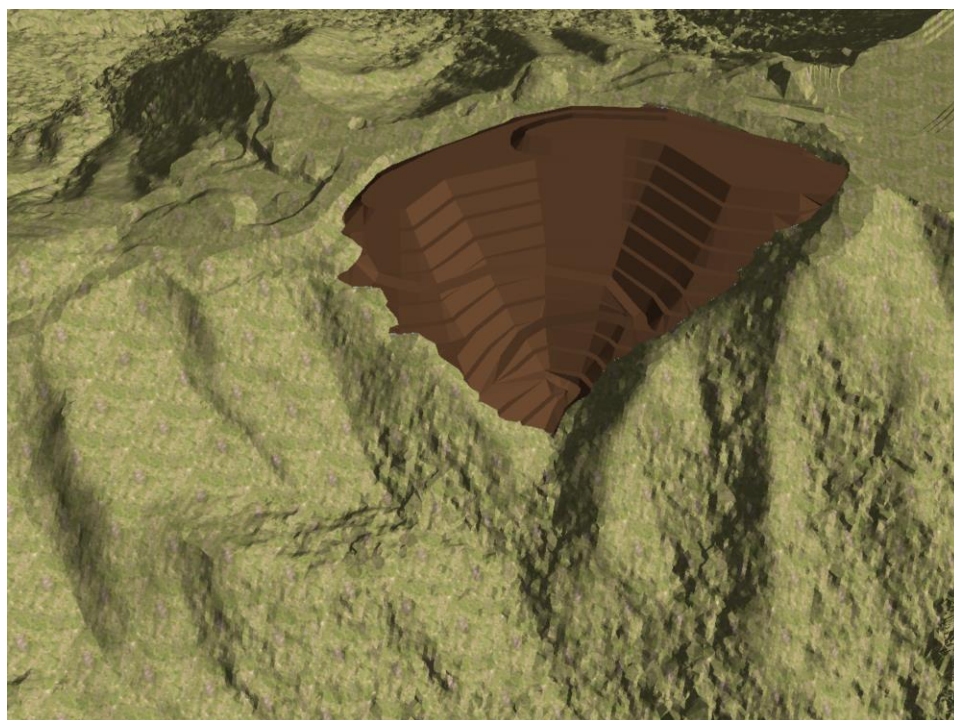
6 Note de calcul relative à la stabilité de la verse Philofèle Sud



JUSTIFICATIONS GEOTECHNIQUES ET HYDRAULIQUES RELATIVES AU PROJET DE CONSTRUCTION DE LA VERSE « PHILOFELE SUD »

Site minier : DDP

Client : NMC



Réf: MC-22-160-NMC-09-R01-A

A	25/11/2022	Création		
Révision	Date	Objet de la modification		
		Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Nom et prénom		Seif ASKRI Hamdi KAMEL	Seif ASKRI	Ghassen JAMELLEDDINE
Fonction		Ingénieur hydraulicien Ingénieur géotechnicien	Chef de projets	Directeur production

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	1
2	DOCUMENTS DE REFERENCE	1
3	DONNEES DE BASE	1
3.1.	Données de base pour la justification géotechnique	1
3.1.1.	Paramètres géo-mécaniques	1
3.1.2.	Données sismiques	1
3.2.	Critères de design pour la justification géotechnique	2
3.3.	Données de base pour la justification hydraulique	2
4	CRITERES DE DESIGN DES OUVRAGES HYDRAULIQUES	2
5	DESCRIPTION DU PROJET DE CONSTRUCTION DE LA VERSE « PHILOFELE SUD »	4
6	CONTEXTE GENERAL DU SITE	8
6.1	Contexte topographique	8
6.2	Contexte géologique	8
6.3	Synthèse	8
7	JUSTIFICATION HYDRAULIQUE DU PROJET	9
7.1	Présentation du dispositif de drainage	9
7.2	Dimensionnement des ouvrages hydrauliques	11
7.2.1.	Mèches enterrées en enrochements	11
7.2.2.	Fossé et descente d'eau	11
8	JUSTIFICATION GEOTECHNIQUE	11
9	SURVEILLANCE	12
10	DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PARTICULIERES	13
11	CONCLUSION	14

LISTE DES FIGURES

Figure N°1 : Implantation des coupes	4
Figure N°2 : Coupe A-A'	5
Figure N°3 : Coupe B-B'	5
Figure N°4 : Coupe C-C'	5
Figure N°5 : Emprise de la verse « PHILOFELE SUD »	6
Figure N°6 : Vue 3D de la verse « PHILOFELE SUD »	7
Figure N°7 : Profil géologique type du site	8
Figure 8 : Principe de reprofilage de la zone d'ancrage	13

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Caractéristiques géotechniques des différents matériaux	1
Tableau N°2 : Paramètres de Montana	2
Tableau N°3 : Bases du design	2
Tableau N°4 : Méthode de calcul pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques	3
Tableau N°5 : Synthèse des principales caractéristiques du site de la verse Philofele Sud	9
Tableau N°6 : Dimensionnement des mèches projetées au niveau de la verse « VCL1 »	11
Tableau N°7 : Calculs des débits et des dimensions des ouvrages de drainage en surface	11
Tableau N°8 : Résultats de l'analyse de stabilité de la verse « Philofele Sud » en conditions normales	12
Tableau N°9 : Résultats de l'analyse de stabilité de la verse « Philofele Sud » en conditions sismiques	12
Tableau N°10 : Cotes de fermeture des mèches en enrochements	13

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	: DELIMITATION DES BASSINS VERSANT	- 1 -
ANNEXE 2	: COUPES GEOTECHNIQUES ETUDIEES	- 4 -
ANNEXE 3	: SORTIES TALREN DE LA VERSE « PHILOFELE SUD »	- 7 -

1 INTRODUCTION

Dans le cadre de l'exploitation de son site minier DDP, la Nickel Mining Company (NMC) envisage de construire une verse aménagée sur le terrain naturel pour le stockage des stériles latéritiques nommé verse « Philofele Sud ».

Dans ce cadre, la NMC a mandaté MECATER Ingénierie pour fournir les justifications géotechniques et hydrauliques du projet de construction de la verse « Philofele Sud » et pour vérifier la conformité du projet global vis-à-vis des règles de conception des verses à stériles miniers.

Ainsi, nous présentons dans cette étude :

- Les plans de gestion des eaux de la verse « Philofele Sud » au cours de la construction et en phase ultime ;
- L'évaluation de la stabilité mécanique de la verse à long terme ;
- Les dispositions constructives à mettre en œuvre ;
- Le dispositif d'auscultation et de surveillance.

2 DOCUMENTS DE REFERENCE

La présente étude a été réalisée en se référant aux documents suivants :

- Levé topographique ; (Réf : topo_cut_fosses_verses_finales_ddp.dxf) ;
- Design de la verse (Réf : cut_verses_finales_ddp.dxf) ;
- Données de sondage : (Réf : assay_domain_mod.csv) ;
- Contour de la verse Philofele Sud : (Réf : contours_verses_philofele_sud.dxf).

3 DONNEES DE BASE

3.1. Données de base pour la justification géotechnique

3.1.1. Paramètres géo-mécaniques

Les caractéristiques mécaniques de l'ensemble des matériaux constitutifs de la verse ainsi que de l'assise, qui seront utilisées dans les calculs de stabilité mécanique sont résumées dans le tableau N°1.

Tableau N°1 : Caractéristiques géotechniques des différents matériaux

Matériaux	Poids volumique apparent (kN/m ³)	Cohésion (kPa)	Angle de frottement (°)
Latérites en verse	20	10	38
Latérites en place	18	10	35
Saprolites terreuses	16	15	27
Saprolites rocheuses	22	>40	>35

3.1.2. Données sismiques

L'accélération sismique de référence retenue pour le projet est de 0.08 g correspondant à la classification du site de l'étude en zone de sismicité faible à négligeable ; (Référence : *Évaluation probabiliste de l'aléa sismique de la Nouvelle-Calédonie*, BRGM/RP-54935-FR, 2008).

3.2. Critères de design pour la justification géotechnique

Pour l'analyse de la stabilité mécanique de la verse « Philofele Sud » nous avons suivi une démarche qui comporte deux étapes :

Etape 1 : Evaluation du potentiel de stabilité à long terme en conditions normales

Ces calculs seront basés sur la méthode des tranches verticales à l'équilibre limite, en utilisant les cohésions et les angles de frottement drainés des différents matériaux de l'assise et des latérites en verse.

Nous adoptons comme critère de stabilité en conditions normales, un coefficient de sécurité proche de 1,5.

Etape 2 : Analyse de la stabilité de la verse vis-à-vis de l'aléa sismique

Dans cette étape, nous supposons que le séisme survient en conditions long terme après la fin de la consolidation des matériaux. La méthode de calcul est identique à celle de l'étape 1, avec en plus l'introduction d'une accélération sismique ayant deux composantes : une composante horizontale (+0,08 g) et une composante verticale (+/- 0,053 g ; allégeant et pesant).

Pour ces calculs nous considérons les pressions d'eau, soit un coefficient de pressions interstitielles $R_u = 0,2$.

Pour ces conditions exceptionnelles, nous adoptons comme critère de stabilité un coefficient de sécurité proche de 1,1.

3.3. Données de base pour la justification hydraulique

Les ouvrages hydrauliques sont dimensionnés en se basant sur les courbes IDF de la station météo de Malmezac.

Tableau N°2 : Paramètres de Montana

Temps de concentration 6 min $\leq t \leq 120$ min		
T	A	B
20 ans	344	0.339
100 ans	231	0.068

4 CRITERES DE DESIGN DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Les critères de design retenus pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques de la verse « Philofèle Sud » sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°3 : Bases du design

Description	Unité	Valeur
Période de retour pour le dimensionnement des mèches en enrochements	an	20
Période de retour pour le design du fossé de drainage de la verse	an	100

Description	Unité	Valeur
Période de retour pour le design de la descente d'eau de drainage de la verse	an	100
Diamètre des enrochements	m	$V^2/45$

La mise en œuvre des critères de design présentés dans le tableau N°4 sera réalisée suivant les méthodes de calcul détaillées dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°4 : Méthode de calcul pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques

Calcul des débits				
Temps de concentration	Temps de concentration t_c du bassin versant donné par la formule de Giandoti (heures) : $t_c = \frac{1,5L + 4\sqrt{S}}{0,8\sqrt{H}}$ Avec : L : Longueur de l'écoulement (km) ; S : Surface du bassin versant en km ² ; H : dénivelée moyenne en m			Analytique
Débit de pointe	Le débit maximum Q (m ³ /s) relative à une récurrence donnée est donné par la méthode CIA : $Q = \frac{C \times I \times S}{3.6}$ Avec : C : Coefficient de ruissellement ; I : Intensité de la pluie mm/h ; S : superficie du bassin versant (km ²).			Analytique
Dimensionnement des ouvrages hydrauliques				
Description	Valeur minimale requise	Période de retour	Méthode de calcul	Code de calcul
Ouvrages trapézoïdaux (Fossé, Fil d'eau descente d'eau)	0.5 m à la base	Dimensionnés pour Une récurrence de 100 ans (ouvrages permanents)	Formule de Manning-Strickler : $Q = V.S = S.K.R_H^{2/3}.i^{1/2}$ K : Coefficient de Manning-Strickler (K=25) Rh : Rayon hydraulique I : Pente moyenne de l'ouvrage (‰)	Analytique
Mèches en enrochements	Section minimale de 5 m ²	Dimensionnées pour une récurrence de 20 ans	Formule de Stephenson « 1979 » : La section minimale S de la mèche est égale à : $S \geq Q \left(\frac{K_{st}}{gdn^2} \right)^{\frac{1}{2}}.i^{-\frac{1}{2}}$ Coefficient de Stephenson : $K_{st} = \frac{800}{R_e} + K_t$ Re : Nombre de Reynolds Kt : Paramètre représentant l'angularité de l'enrochement (K =2) g : Constante gravitationnelle (m/s ²) d : Diamètre moyen des blocs (=0,3 m) n : Porosité d'enrochement (=0,3) i : Gradient hydraulique = Dh/Dx avec h est la charge hydraulique	Analytique

5 DESCRIPTION DU PROJET DE CONSTRUCTION DE LA VERSE « PHILOFELE SUD »

La verse « Philofèle Sud » sera construite directement sur le terrain naturel. Elle permet d'apporter une capacité de stockage de l'ordre de 316 500 m³.

L'emprise de la verse couvrira une superficie de l'ordre de 2,64 ha se situant entre les cotes 894 et 955 NGNC ; (Cf. Figures N°5 & N°6).

Le stockage des stériles miniers débutera à partir de la cote 894 NGNC et remonte jusqu'à atteindre la cote ultime, soit la cote 955 NGNC. La verse présentera un dénivelé maximal de 61m.

La verse « Philofele Sud » sera construite par niveaux de 5 m qui présentent une pente locale de 33°. Une banquette de 2,5 m sera aménagée entre deux niveaux successifs. Ainsi une pente intégratrice maximale de 24°.

En phase ultime, la verse « Philofele Sud » présentera deux plateformes sommitale calées aux cotes 950 NGNC et 955 NGNC et un seul talus libre vers le sud. Ce talus sera implanté à la cote 894 NGNC et remontera jusqu'à la plateforme sommitale, soit une hauteur de 61 m. La pente intégratrice maximale au niveau de ce flanc est de 24° (Cf. Figure N°2).

Conclusion : Le design de la verse « Philofele Sud » respecte les critères géométriques des verses de grandes hauteurs.

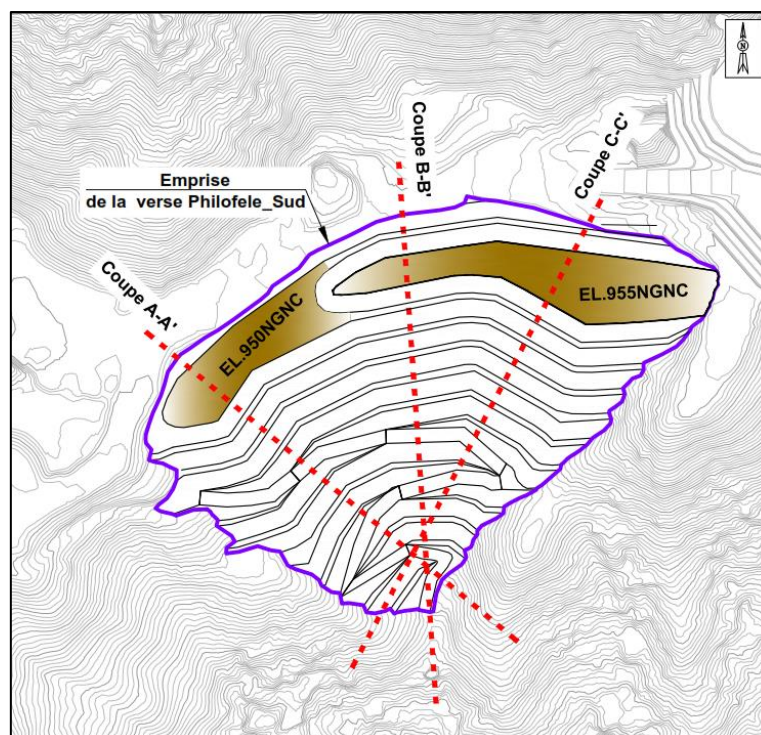


Figure N°1 : Implantation des coupes

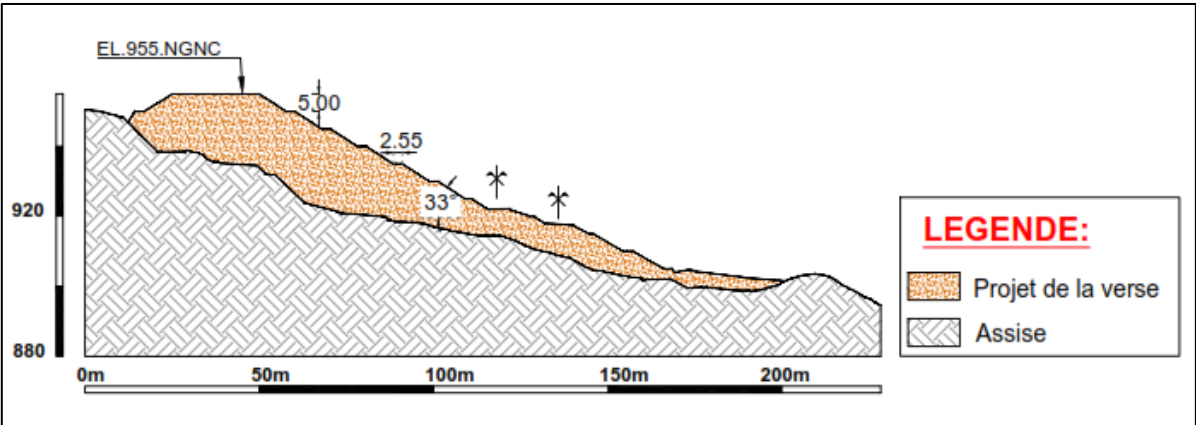
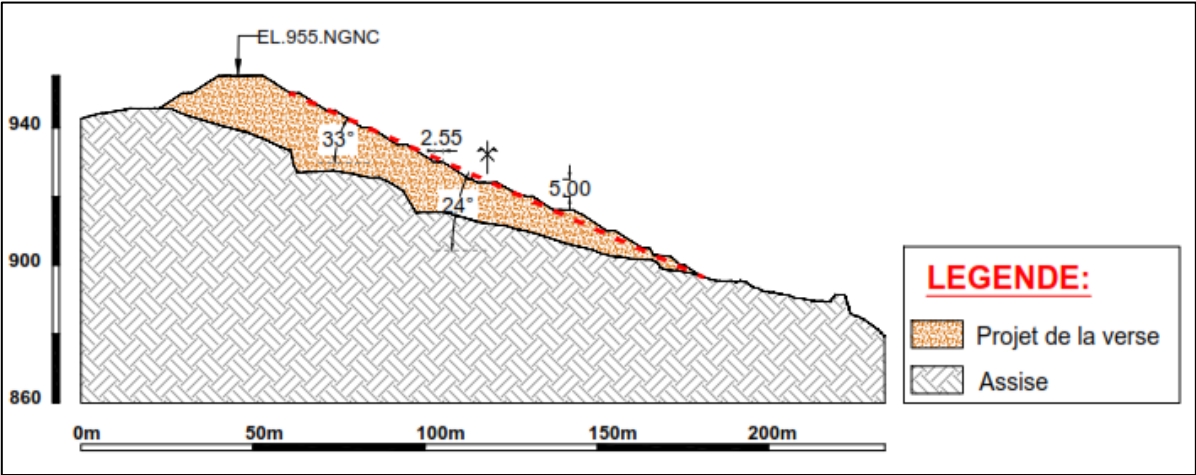
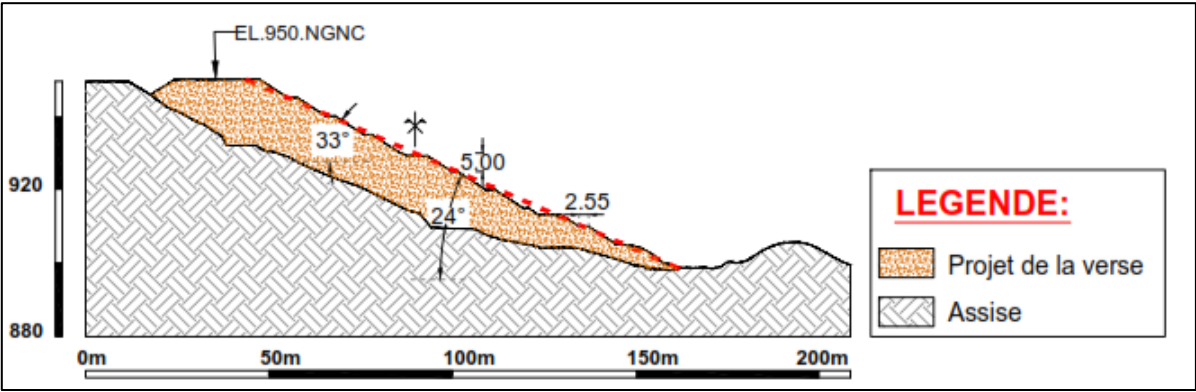




Figure N°5 : Emprise de la verse « PHILOFELE SUD »

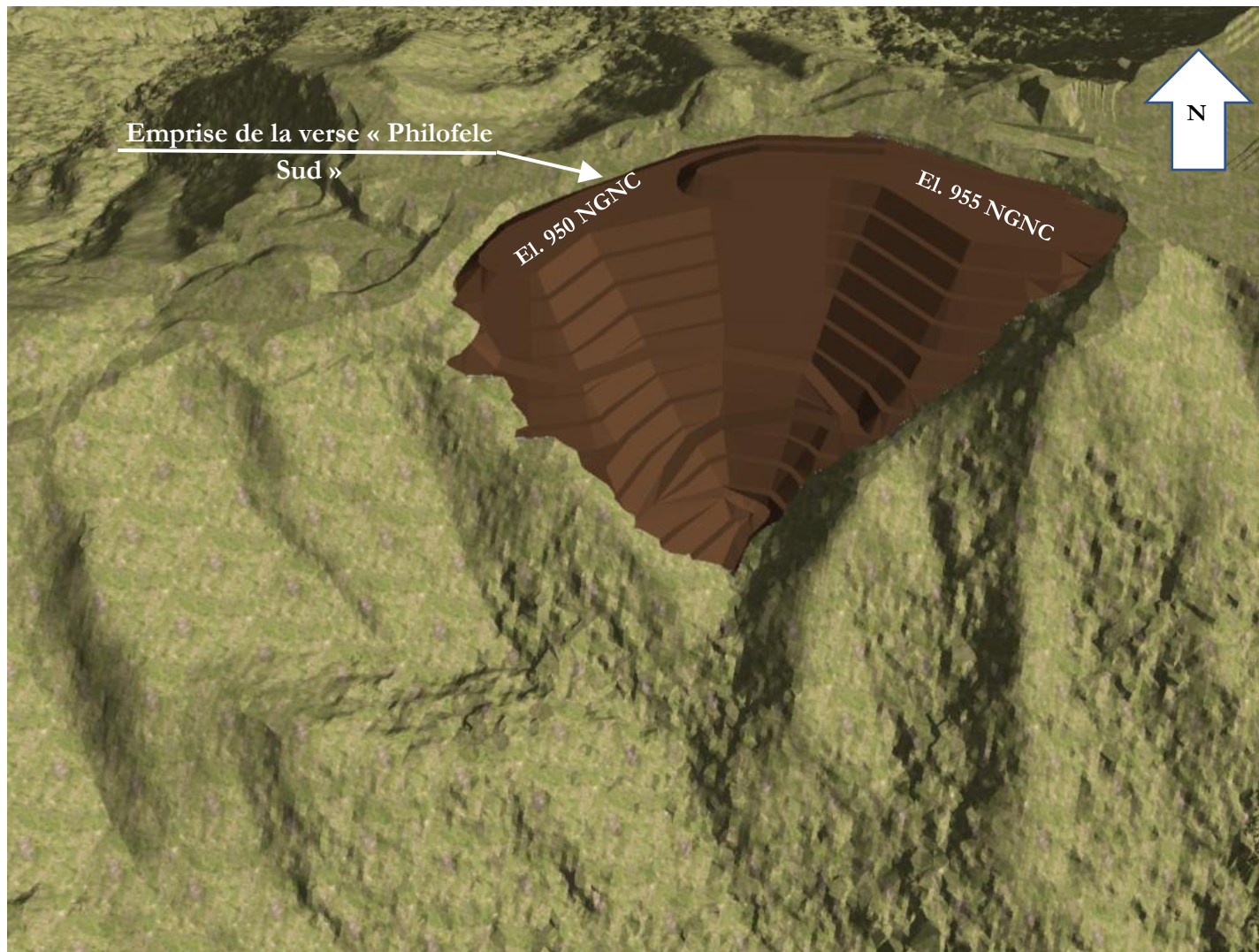


Figure N°6 : Vue 3D de la verse « PHILOFELE SUD »

6 CONTEXTE GENERAL DU SITE

6.1 Contexte topographique

La verse « Philofèle Sud » sera construite sur le terrain naturel. Le stockage des stériles débutera ainsi à partir de la cote 894 NGNC et se poursuivra jusqu'à la cote 955 NGNC.

La zone d'ancrage de la verse présente une pente de l'ordre de 18% ce qui n'est pas acceptable pour assurer la stabilité de la verse notamment vis-à-vis des glissements sur interface. Ainsi un reprofilage de la zone d'ancrage de façon à limiter la pente à moins de 10% est indispensable.

La verse est située en crête de versant et ne collecte ainsi que son impluvium.

Conclusion : Le contexte topographique est globalement favorable à la stabilité des produits stockés. Il permet un ancrage satisfaisant du pied de la verse. En plus, le site de la verse ne collecte que son impluvium.

6.2 Contexte géologique

Selon les données de sondages fournis par la NMC, l'assise de la verse serait composée du haut en bas par les horizons suivants : (Cf. Figure N°7) :

- Un horizon de latérites en place présentant une épaisseur maximale d'environ 15 m ;
- Un horizon de saprolites terreuses hétérogènes composés de roche tendre et de matériaux terreux ayant une épaisseur variable qui peut atteindre 20 m ;
- Une couche de saprolites rocheuses

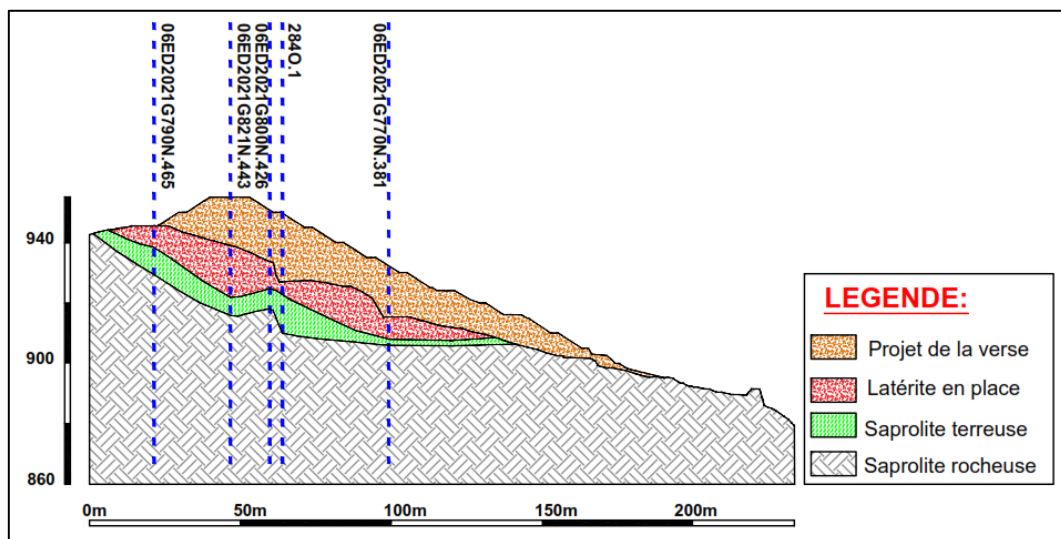


Figure N°7 : Profil géologique type du site

Conclusion : Le contexte géologique du site ne nécessite pas des dispositions constructives particulières.

6.3 Synthèse

Le tableau ci-dessous synthétise les principales caractéristiques de la verse « Philofele Sud »:

Tableau N°5 : Synthèse des principales caractéristiques du site de la verse Philofele Sud

Caractéristiques		Commentaires
Site	DDP	La verse a été conçue en respectant les critères géométriques des verses de grande hauteur
Catégorie	Verse de grande hauteur	
Dénivelé maximal (m)	61	
Pente intégratrice (°)	24	
Volume (m³)	316 500	
Cotes plateforme (NGNC)	950 et 955	
Nombre de talus et orientation	Un talus : Talus Sud	Reprofilage de la zone d'ancrage de façon à limiter la pente à moins de 10%
Zone d'ancrage	Terrain naturel	
Pente au droit de la zone d'ancrage	> 10%	
Retrait par rapport à la rupture de pente (m)	Retrait suffisant par rapport à la crête du versant naturel	
Bassin versant amont	Verse située en crête du versant et ne collecte que son impluvium	Configuration favorable

7 JUSTIFICATION HYDRAULIQUE DU PROJET

7.1 Présentation du dispositif de drainage

La verse « Philofèle Sud » est située en crête du versant et ne collecte ainsi que son impluvium.

- Au démarrage des travaux

Au démarrage des travaux et avant d'atteindre la cote 908 NGNC, le drainage de la plateforme sommitale de la verse se fera par une mèche en enrochements, nommée mèche N°1, aménagée au niveau de la ligne d'écoulement préférentiel.

La plateforme sommitale doit être lissée et nivelée avec une pente de 4% vers l'entrée de la mèche N°1.

Le plan portant la référence « **MC-22-160-NMC-09-P01-A** » présente le dispositif de drainage au cours de cette phase de construction de la verse « Philofèle Sud ».

- Entre les cotes 908 et 937 NGNC

A partir de la cote 908 NGNC, une deuxième mèche en enrochements nommée mèche N°2 sera aménagée. Ainsi, le drainage de la plateforme sommitale de la verse se fera moyennant les deux mèches N°1 et N°2.

A partir de la cote 937 NGNC, la mèche N°1 sera montée en cheminée et ce jusqu'à la phase ultime.

Le plan portant la référence « **MC-22-160-NMC-09-P02-A** » présente le dispositif de drainage au cours de cette phase de construction de la verse « Philofèle Sud ».

- Au-dessus de la cote 937 NGNC

Au cours de cette phase, le drainage de la plateforme sommitale de la verse se fera moyennant la mèche N°2 et la cheminée de la mèche N°1.

A la cote 950 NGNC, la mèche N°2 sera mise hors d'eau et fermée par un bouchon de latérites compactées.

A la cote 955 NGNC, la cheminée de la mèche N°1 sera mise hors d'eau et fermée par un bouchon de latérites compactées.

La plateforme sommitale doit être lissée et nivelée avec une pente de 4% vers les entrées des mèches.

Le plan portant la référence « **MC-22-160-NMC-09-P03-A** » présente le dispositif de drainage au cours de cette phase de construction de la verse « Philofèle Sud ».

- En phase ultime

En phase ultime, la verse « Philofèle Sud » présente deux plateformes sommitales calées respectivement à la cote 950 et 955 NGNC.

Au cours de cette phase, les entrées des mèches seront fermées et la gestion des eaux de ruissellement se fera en surface.

La plateforme sommitale calée à la cote 950 NGNC sera nivelée vers un fil d'eau qui débouche dans la piste située en amont immédiat de la verse.

La plateforme calée à la cote 955 NGNC sera nivelée vers un fil d'eau qui débouche dans la descente d'eau aménagée au niveau de l'interface Verse/TN. Les eaux collectées par la descente d'eau seront restituées vers le milieu naturel.

Le plan portant la référence « **MC-22-160-NMC-09-P04-A** » présente le dispositif de drainage au cours de cette phase de construction de la verse « Philofèle Sud ».

- Drainage des banquettes

Les eaux de surface transitant à travers les banquettes seront drainées par la descente d'eau au niveau de l'interface Verse/TN et le fossé de la piste d'accès à la verse.

Les eaux collectées seront restituées vers le milieu naturel

Le plan portant la référence « **MC-22-160-NMC-09-P04-A** » présente le dispositif de drainage des banquettes en phase ultime.

7.2 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques

Nous tenons à préciser que le débit retenu pour le dimensionnement de chaque ouvrage hydraulique correspond à la plus grande surface du bassin versant drainé durant les différentes phases de construction de la verse.

7.2.1. Mèches enterrées en enrochements

Le plan portant la référence « **MC-22-160-NMC-09-P05-A** » présente l'implantation des mèches de la verse « Philofèle Sud ».

Les dimensions des mèches en enrochements sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°6 : Dimensionnement des mèches projetées au niveau de la verse « VCL1 »

Numéro de la mèche	S BV	Tc	I20	Q20	Section de la mèche au niveau des replats	Section de la mèche au niveau des fortes pentes	Section cheminée
	(ha)	(min)	(mm/h)	(m³/s)	(m²)	(m²)	(m²)
Mèche N°1	1.95	15.87	135	0.66	10	5	5
Mèche N°2	0.6	12.99	144	0.22	5	5	-

7.2.2. Fossé et descente d'eau

Le dimensionnement des ouvrages de drainage en surface et des points de rejet est synthétisé dans le tableau ci-dessous.

Tableau N°7 : Calculs des débits et des dimensions des ouvrages de drainage en surface

Ouvrage	S _{BV}	T _c	I ₁₀₀	Q ₁₀₀	Pente	Débit spécifique	Dimensions
	(ha)	(min)	(mm/h)	(m³/s)	(%)	(m³/s/km²)	
Descente	1.3	13.23	194	0.63	35	48.45	-Largeur à la base = 1 m -Profondeur = 1 m -Lame d'eau = 0.14 m -Vitesse d'écoulement = 3.62 m/s -Enrochements = 200 à 300 mm sur une épaisseur minimale de 0.50 m
Fossé	1.15	13.41	194	0.56	10	48.40	-Largeur à la base = 1 m -Profondeur = 1 m -Lame d'eau = 0.204 m -Vitesse d'écoulement = 2.28 m/s -Enrochements = 100 à 200 mm sur une épaisseur minimale de 0.50 m

8 JUSTIFICATION GEOTECHNIQUE

Dans ce chapitre, nous étudions la stabilité de la verse à long terme. Compte tenu du contexte géotechnique du site, deux mécanismes de rupture peuvent affecter la stabilité de la verse :

- Une rupture intrinsèque touchant uniquement le talus de la verse sans affecter l'assise ;

- Une rupture profonde affectant la latérite en places et le remblai existant.

Pour l'étude de stabilité de la verse, nous avons choisi quatre coupes représentant les configurations extrêmes ; (Cf. Plan de référence : **MC-22-160-NMC-09-P07-A**).

Les résultats de calculs de stabilité de la verse sont présentés dans les tableaux N° 8 et 9. Les surfaces de glissements associées sont présentées en Annexe N°3.

Tableau N°8 : Résultats de l'analyse de stabilité de la verse « Philofele Sud » en conditions normales

N° de la coupe	Coefficient de sécurité intrinsèque	Coefficient de sécurité profond
Coupe 1	2,03	-
Coupe 2	2,06	1,88
Coupe 3	1,95	1,97
Coupe 4	2,03	2,41

Tableau N°9 : Résultats de l'analyse de stabilité de la verse « Philofele Sud » en conditions sismiques

Mécanisme de rupture	Rupture intrinsèque		Rupture profonde	
N° de la coupe	Coefficient de sécurité suite à un séisme allégeant de 0,08 g	Coefficient de sécurité suite à un séisme pesant de 0,08 g	Coefficient de sécurité suite à un séisme allégeant de 0,08 g	Coefficient de sécurité suite à un séisme pesant de 0,08 g
Coupe 1	1,3	1,31	-	-
Coupe 2	1,31	1,32	1,2	1,21
Coupe 3	1,26	1,27	1,24	1,25
Coupe 4	1,33	1,33	1,58	1,59

Les résultats des calculs montrent que pour l'ensemble des coupes étudiées :

- Le coefficient de sécurité minimal en conditions normales est supérieur à 1,8 ;
- Le coefficient de sécurité minimal en cas de sollicitation sismique est supérieur à 1,2.

Nous estimons ainsi que le potentiel de stabilité de la verse est suffisant pour couvrir les aléas géotechniques et naturels (séismes, hétérogénéité locale des matériaux de l'assise ou de la verse, ...).

9 SURVEILLANCE

Afin d'assurer une construction dans des conditions sécuritaires, nous recommandons d'installer un dispositif d'auscultation.

Ce dispositif sera composé de ; (**MC-22-160-NMC-09-P06-A**) :

- Un inclinomètre placé au niveau du talus Sud à la cote 930 NGNC et permet de mesurer les éventuels déplacements. L'inclinomètre descend jusqu'à 10 m dans la saprolite rocheuse ;

- Un piézomètre placé à la cote 930 NGNC et permet de mesurer les éventuels remontés du niveau de la nappe dans la verse. Il sera crépiné dans la verse et dans l'assise.

10 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PARTICULIERES

Nous recommandons de respecter les dispositions constructives générales de construction des verses ainsi que les dispositions particulières suivantes :

- **D1** : Au cours des travaux de construction, la plateforme sommitale doit être constamment nivelée à 4% vers les entrées des mèches ;
- **D2** : La descente d'eau projetée au niveau de l'interface verse/TN doivent être aménagée au fur et à mesure de la construction des verses ;
- **D3** : A partir de la cote 937 NGNC, la mèche N°1 sera montée en cheminée et ce jusqu'à la phase ultime.
- **D4** : En phase ultime, la plateforme calée à la cote 950 NGNC doit être nivelée vers le fil d'eau qui débouche dans la piste frontale en amont de la verse ;
- **D5** : En phase ultime, la plateforme calée à la cote 955 NGNC doit être nivelée vers le fil d'eau qui débouche dans la descente d'eau aménagée au niveau de l'interface Verse/TN.
- **D6** : Les mèches en enrochements de drainage interne de la verse seront mises hors d'eau et fermées par un bouchon de latérites compactées selon les cotes suivantes :

Tableau N°10 : Cotes de fermeture des mèches en enrochements

Numéro de la mèche	Cote fermeture (NGNC)
Mèche N°1	937
Mèche N°2	950
Cheminée de la mèche N°1	955

- **D7** : Au niveau de la zone d'ancrage de la verse, il faut reprofiler la zone d'ancrage de façon à limiter la pente à moins de 10%.

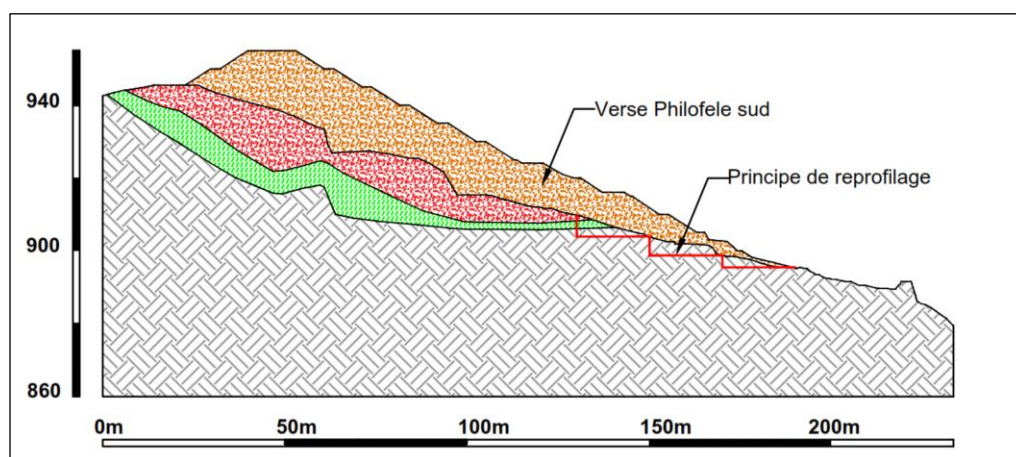


Figure 8 : Principe de reprofilage de la zone d'ancrage

11 CONCLUSION

La verse « Philofele Sud » sera construite sur le terrain naturel et en crête du versant naturel. En phase ultime la verse présentera un dénivelé maximal de l'ordre de 61 m. Elle présentera un seul flanc principal orienté vers le Sud et projeté avec une pente intégratrice maximale limitée à 24°.

La construction de la verse « Philofèle Sud » nécessite essentiellement l'aménagement de :

- Deux mèches en enrochements au niveau des lignes d'écoulement préférentielle ;
- Un fossé au niveau de la piste d'accès à la verse ;
- Une descente d'eau au niveau de l'interface Verse/TN.

Au cours de la construction de la verse, le drainage de la plateforme sommitale se fera moyennant les deux mèches en enrochements.

En phase ultime, la gestion des eaux de ruissellement provenant de la plateforme sommitale de la verse ainsi que les banquettes se fera en surface moyennant la piste d'accès et la descente d'eau.

L'analyse de stabilité à long terme montre que le facteur de sécurité obtenu est supérieur à 1,5 et ce, en conditions normales, et supérieur à 1,1 en conditions sismique. Les coefficients de sécurité calculés pour les différents scénarii étudiés sont supérieurs aux valeurs minimales requises. Nous estimons ainsi que la verse présentera un potentiel de stabilité satisfaisant.

Afin de confirmer ce potentiel de stabilité et dans le but d'assurer la construction de la verse dans des conditions sécuritaires, nous recommandons de mettre en place un dispositif d'auscultation composé d'un piézomètre et un inclinomètre.

ANNEXE 1 : DELIMITATION DES BASSINS VERSANT

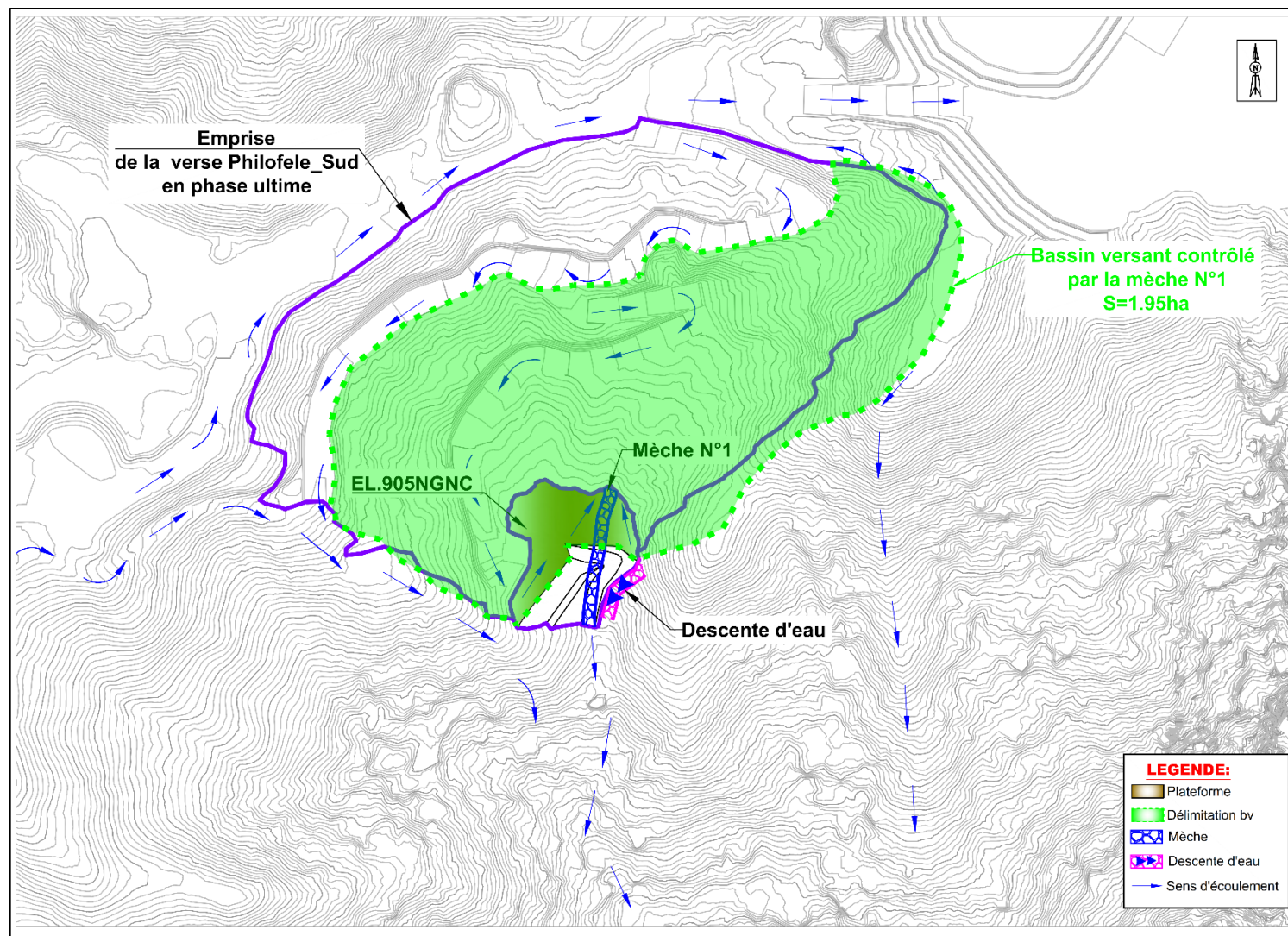


Figure N° 1 : Bassin versant contrôlé par la mèche N°1

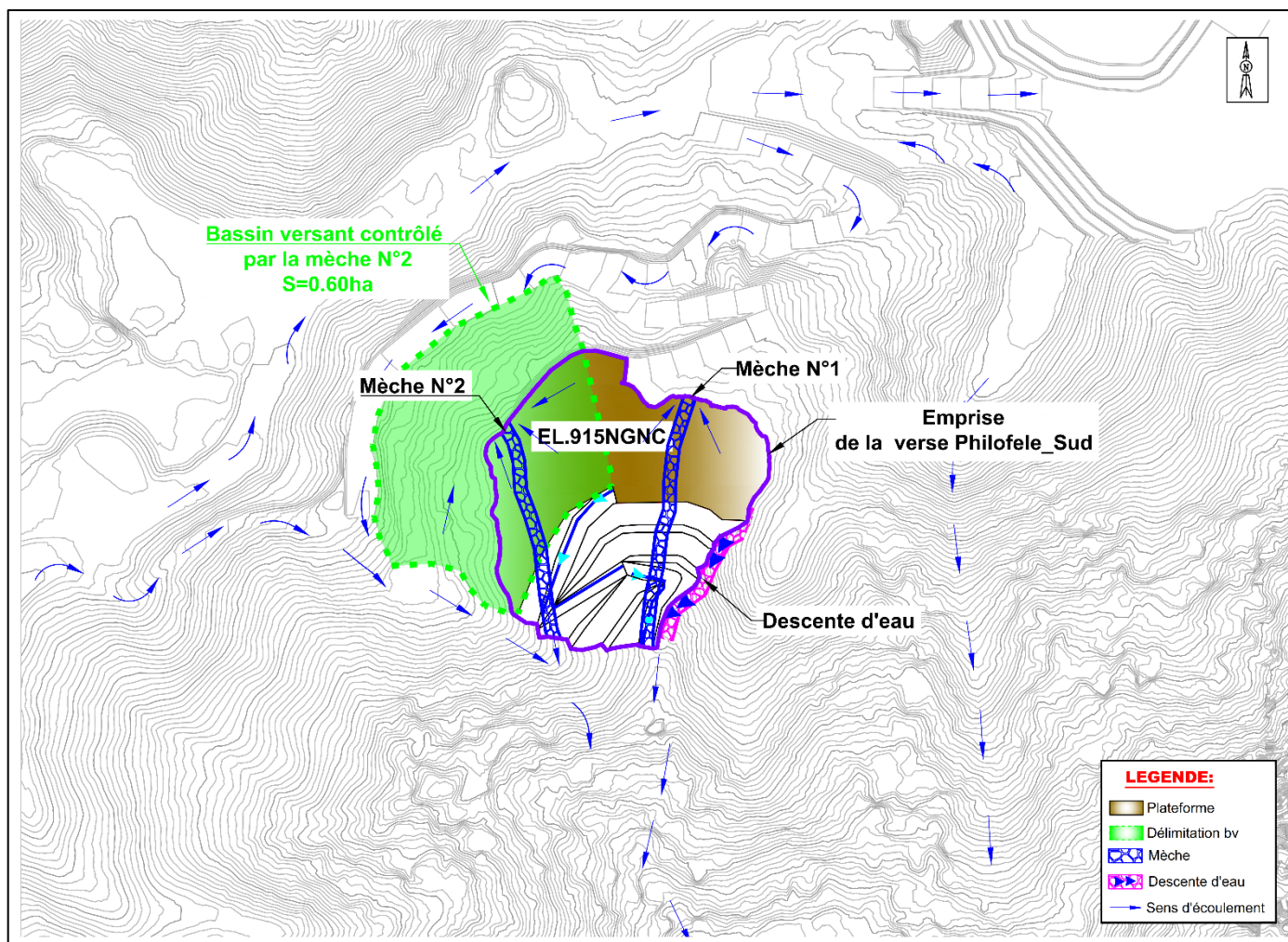


Figure N° 2 : Bassin versant contrôlé par la mèche N°1

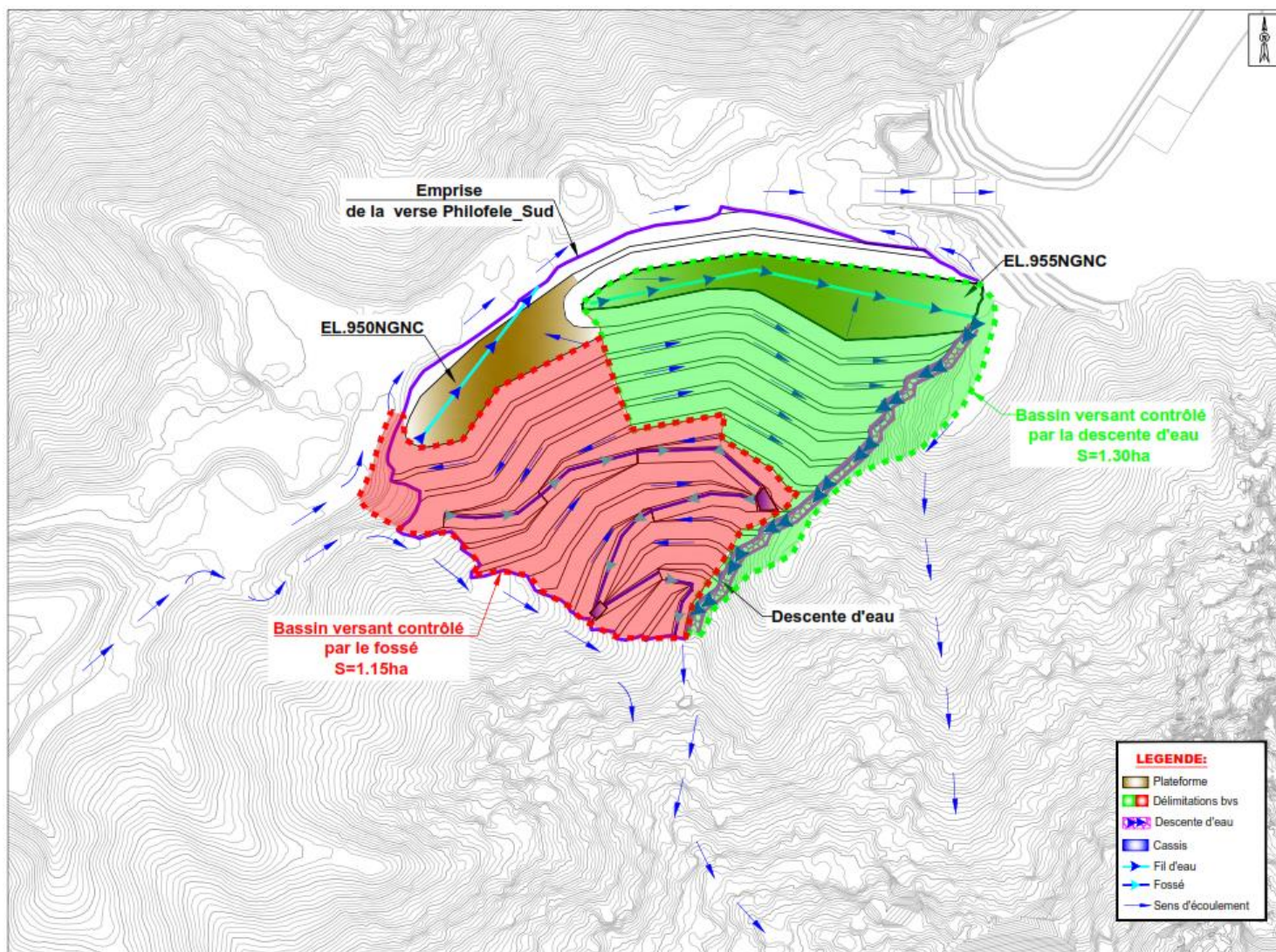


Figure N° 3 : Bassins versants contrôlés par la descente d'eau et la piste d'accès

ANNEXE 2 : COUPES GEOTECHNIQUES ETUDIEES

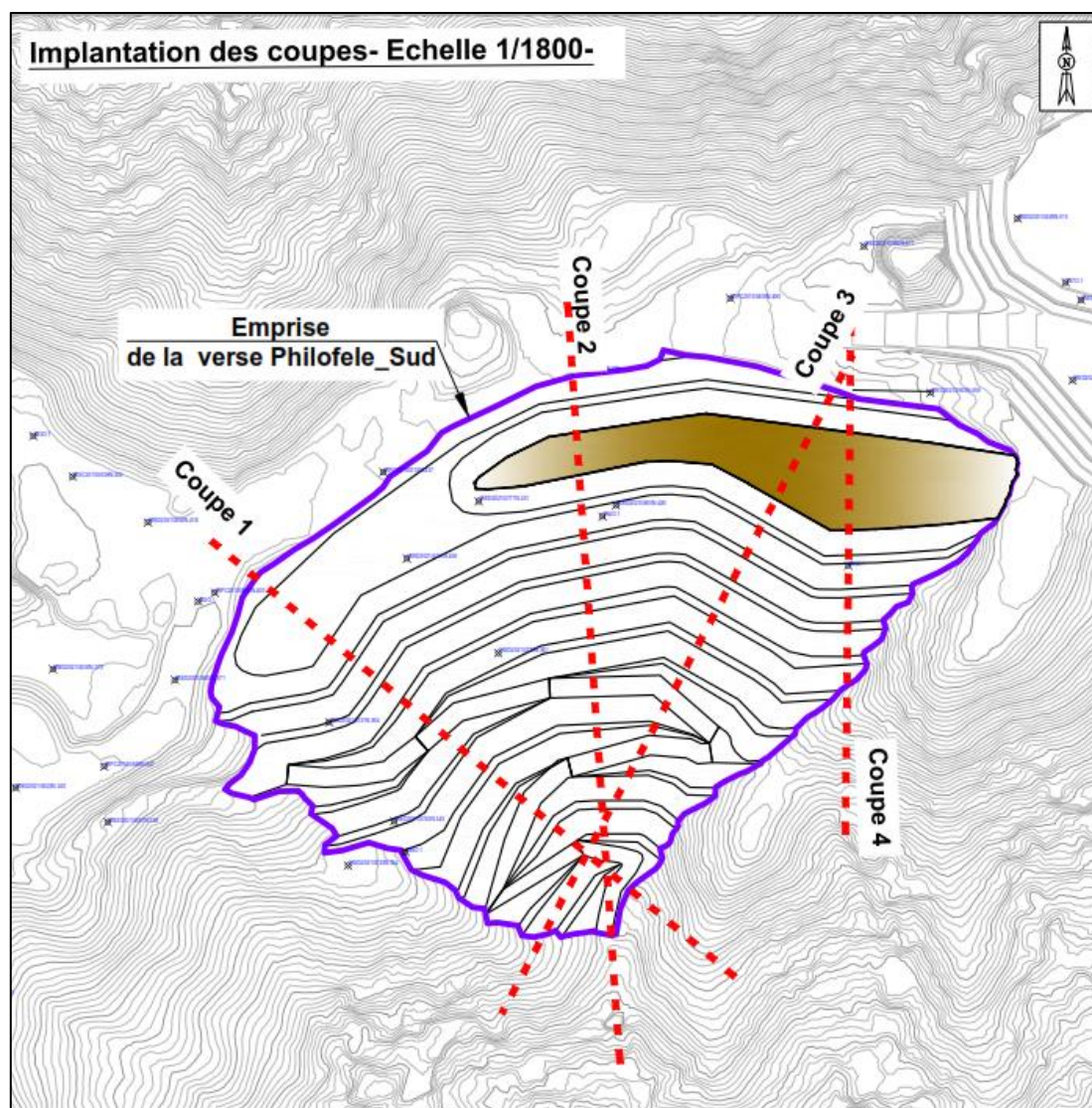


Figure N° 4 : Implantation des coupes géotechniques de la verse « Philofele Sud »

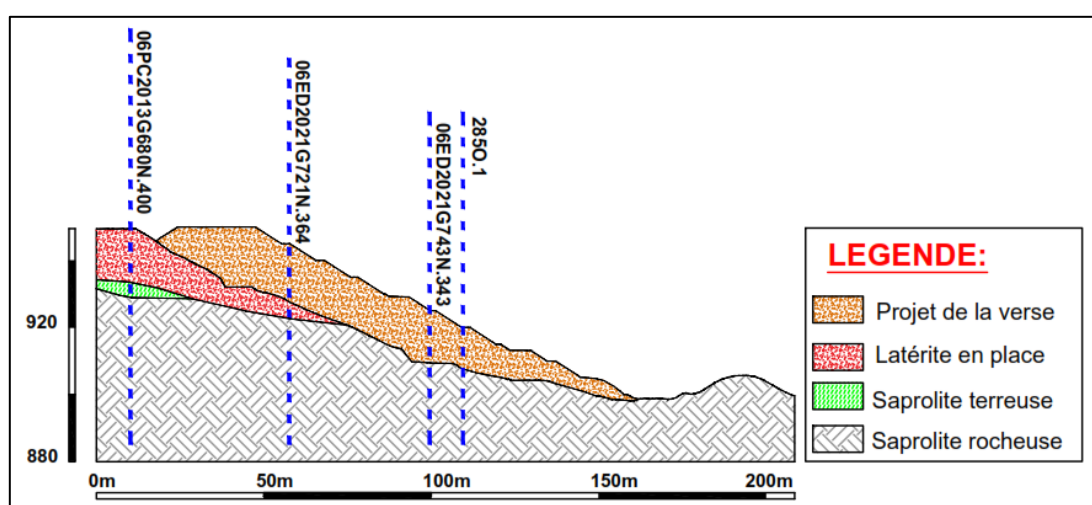


Figure N° 5 : Coupe N°1

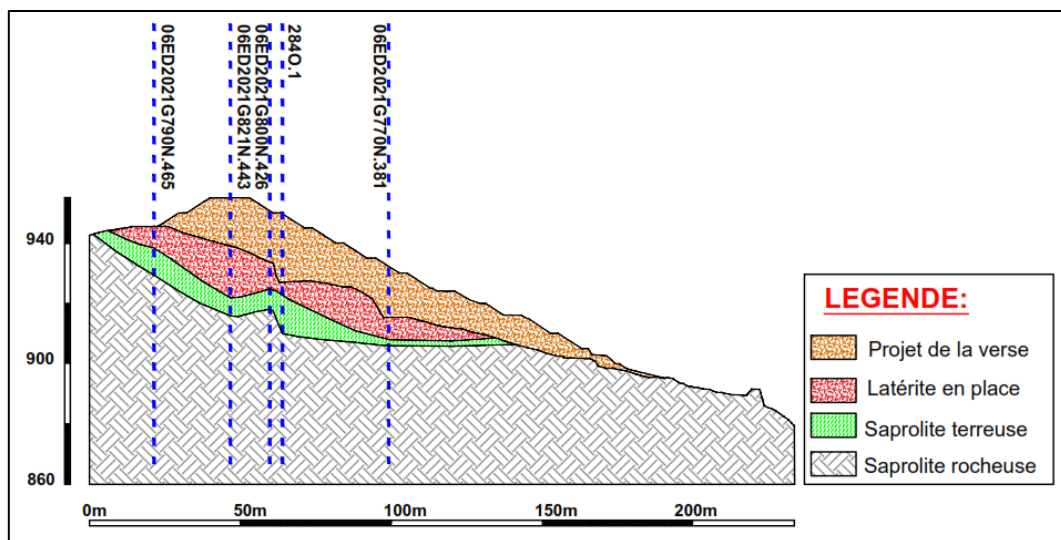


Figure N° 6 : Coupe N° 2

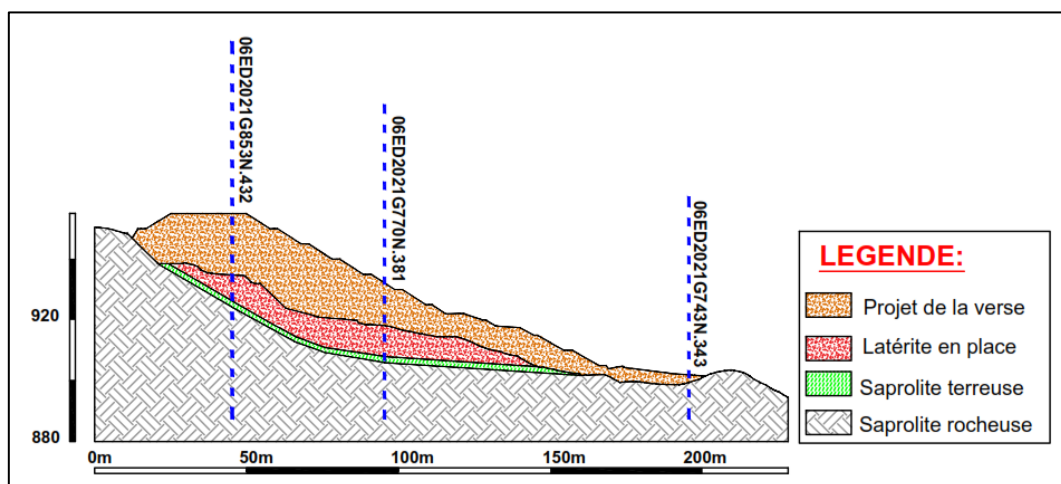


Figure N° 7 : Coupe N° 3

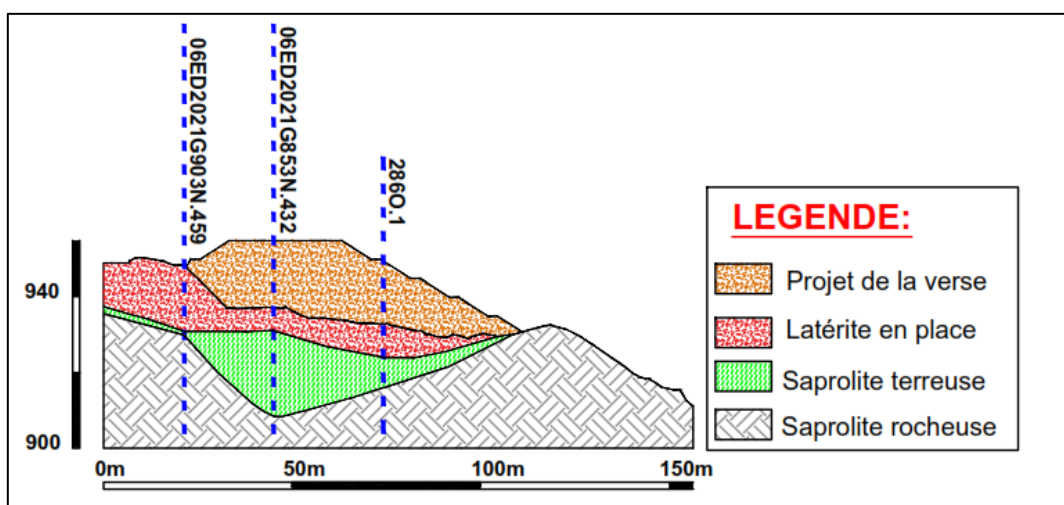


Figure N° 8 : Coupe N° 4

ANNEXE 3 : SORTIES TALREN DE LA VERSE « PHILOFELE SUD »

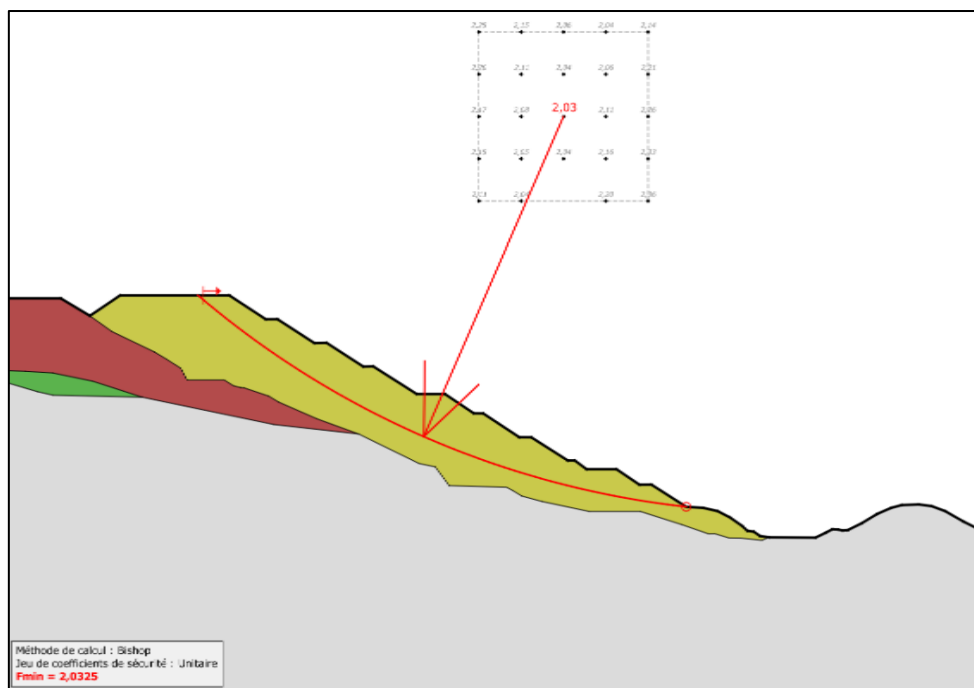


Figure N° 9: Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Philofele Sud » en conditions normales - Coupe 1 (FS=2,03)

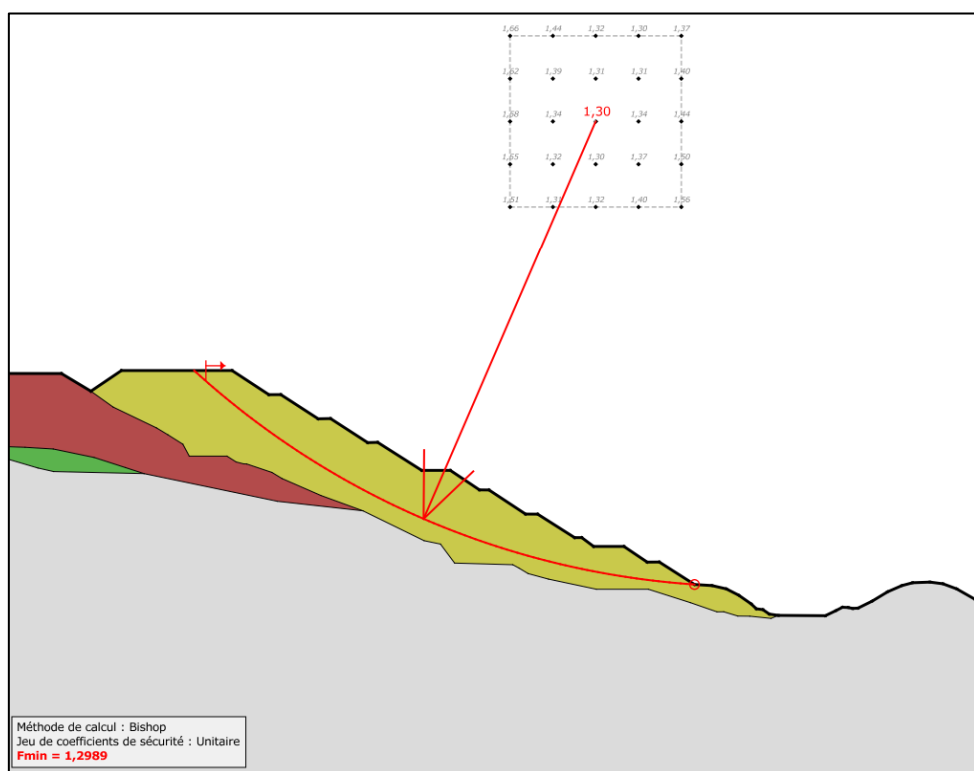


Figure N° 10: Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Philofele Sud » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 1 (FS=1,3)

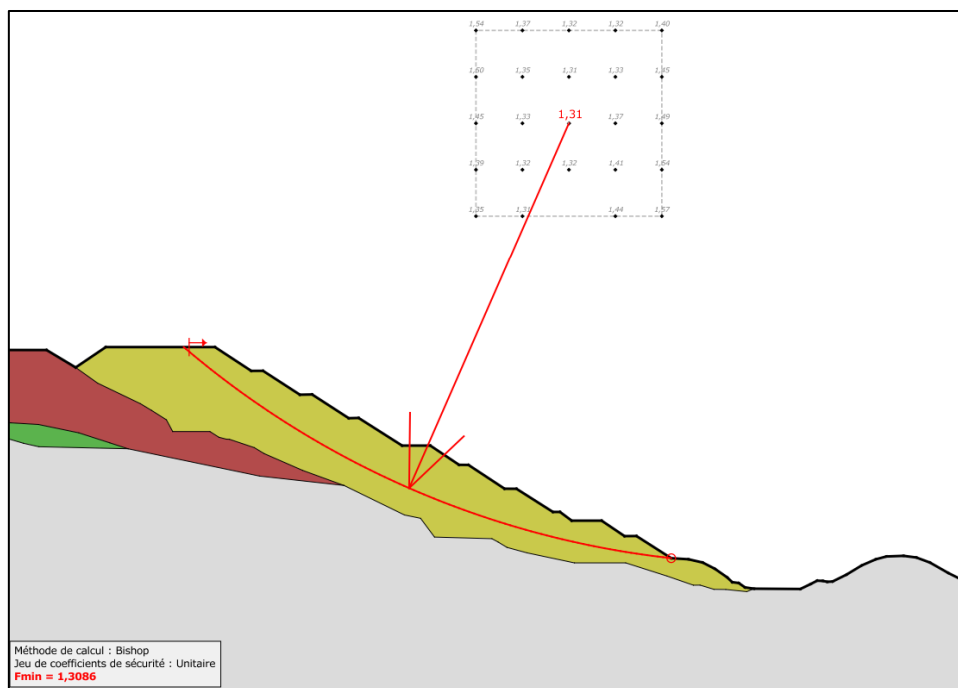


Figure N° 11: Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Philofele Sud » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 1 (FS=1,31)

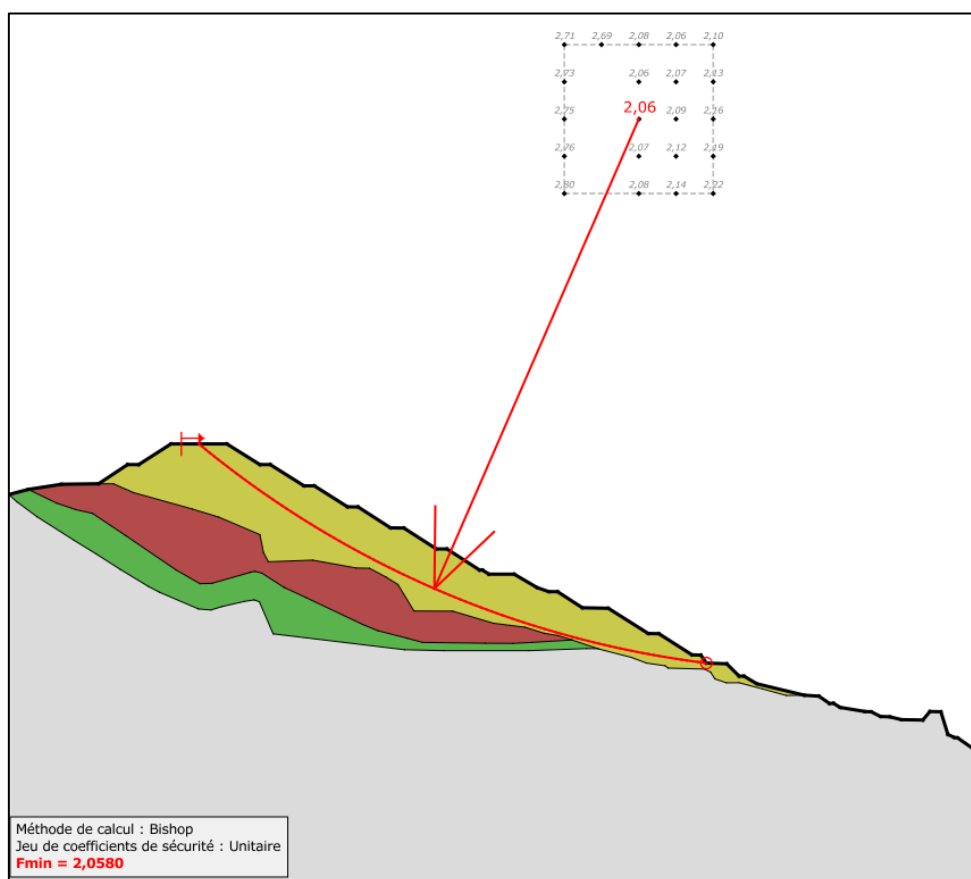


Figure N° 12: Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Philofele Sud » en conditions normales - Coupe 2 (FS=2,06)

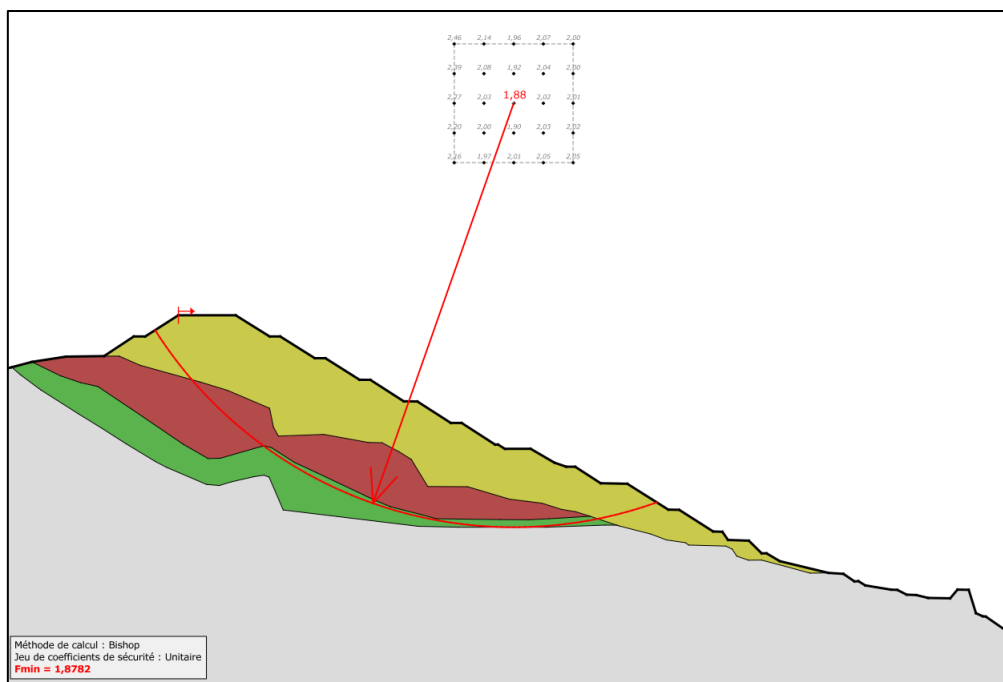


Figure N° 13: Stabilité profonde du talus libre de la verse « Philofele Sud » en conditions normales - Coupe 2 (FS=1,88)

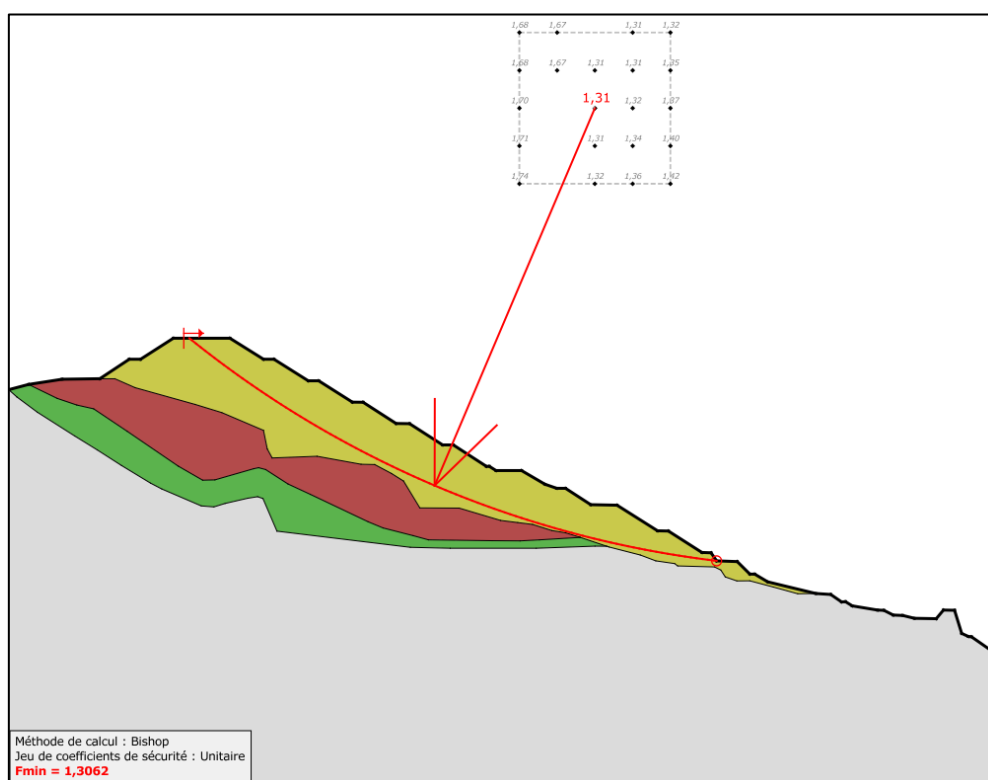


Figure N° 14: Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Philofele Sud » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 2 (FS=1,31)

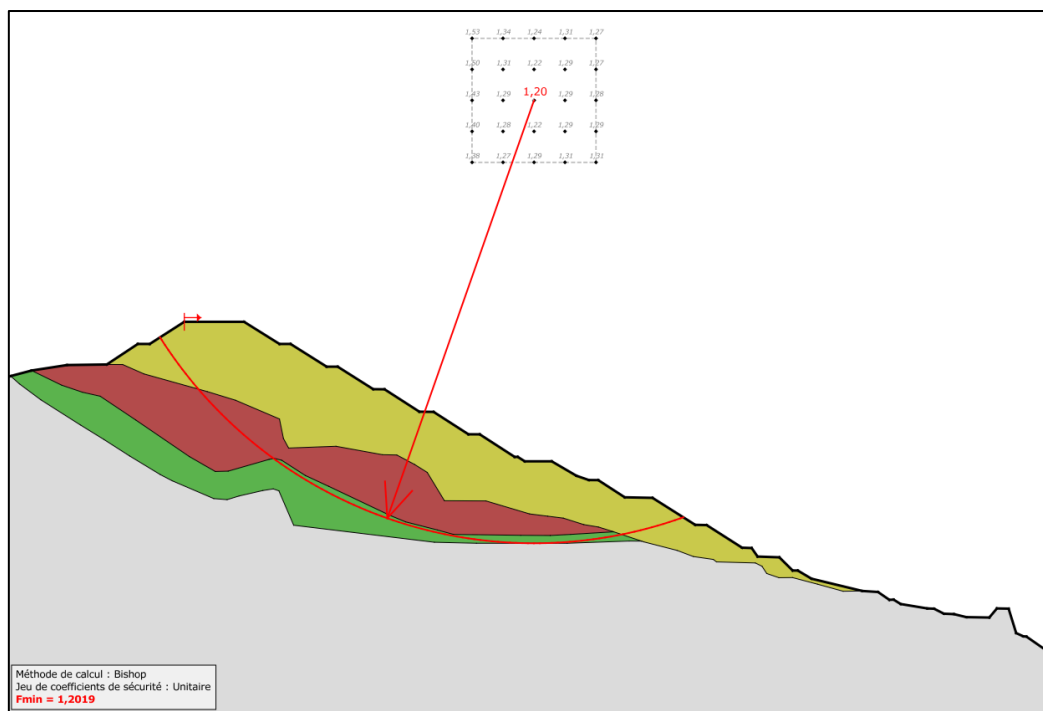


Figure N° 15: Stabilité profonde du talus libre de la verse « Philofele Sud » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 2 (FS=1,2)

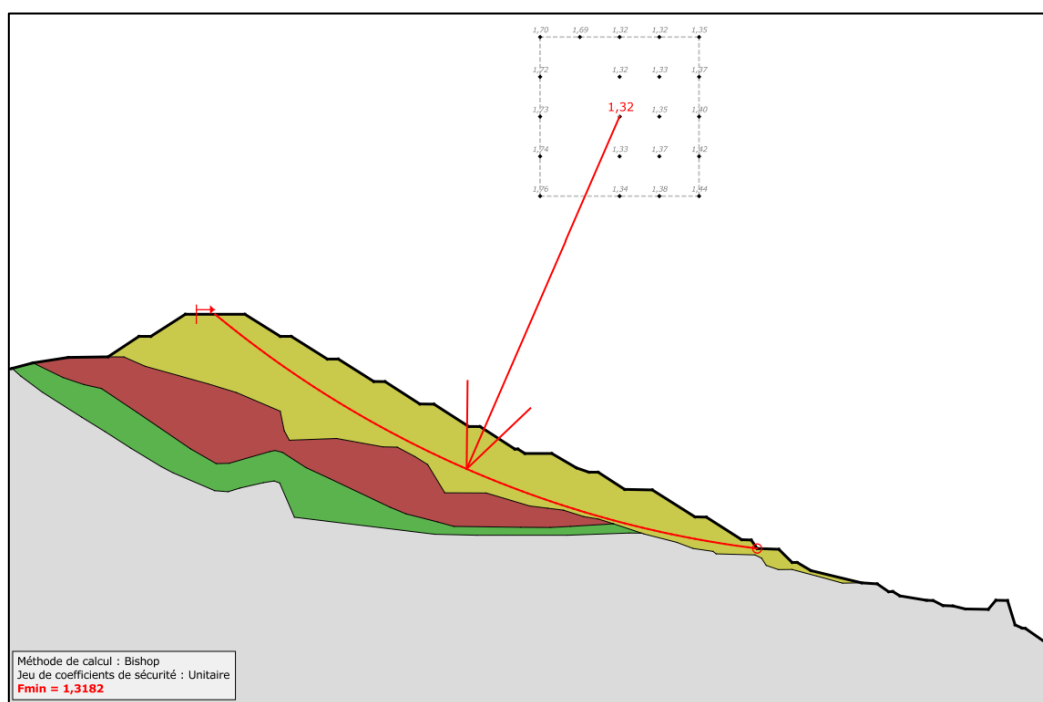


Figure N° 16: Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Philofele Sud » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 2 (FS=1,32)

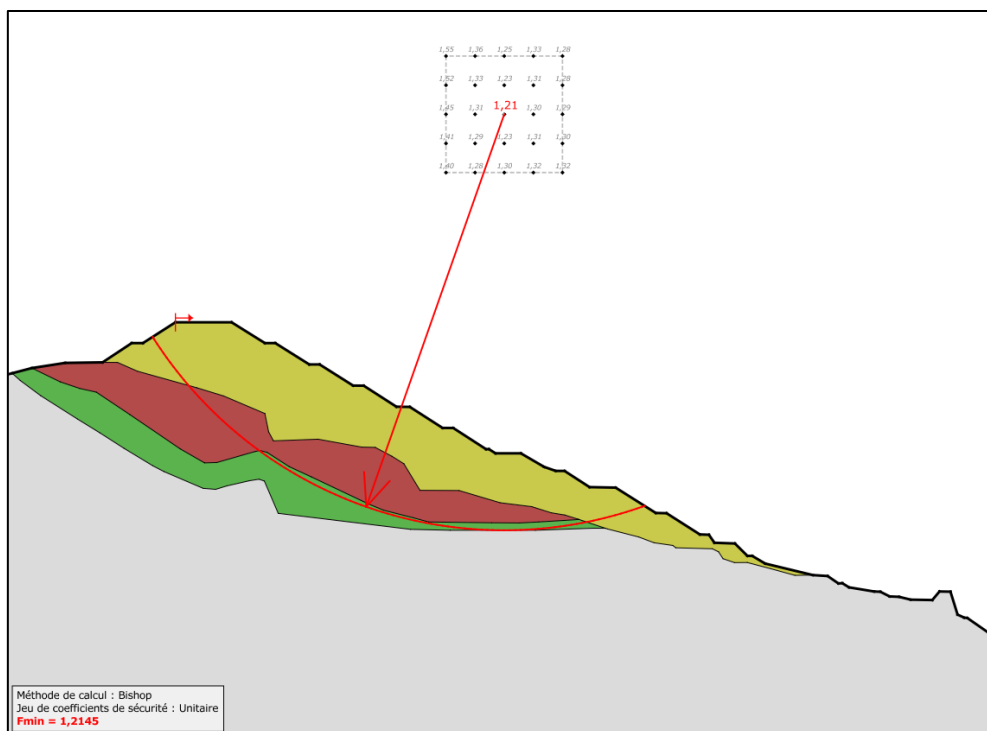


Figure N° 17: Stabilité profonde du talus libre de la verse « Philofele Sud » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 2 (FS=1,21)

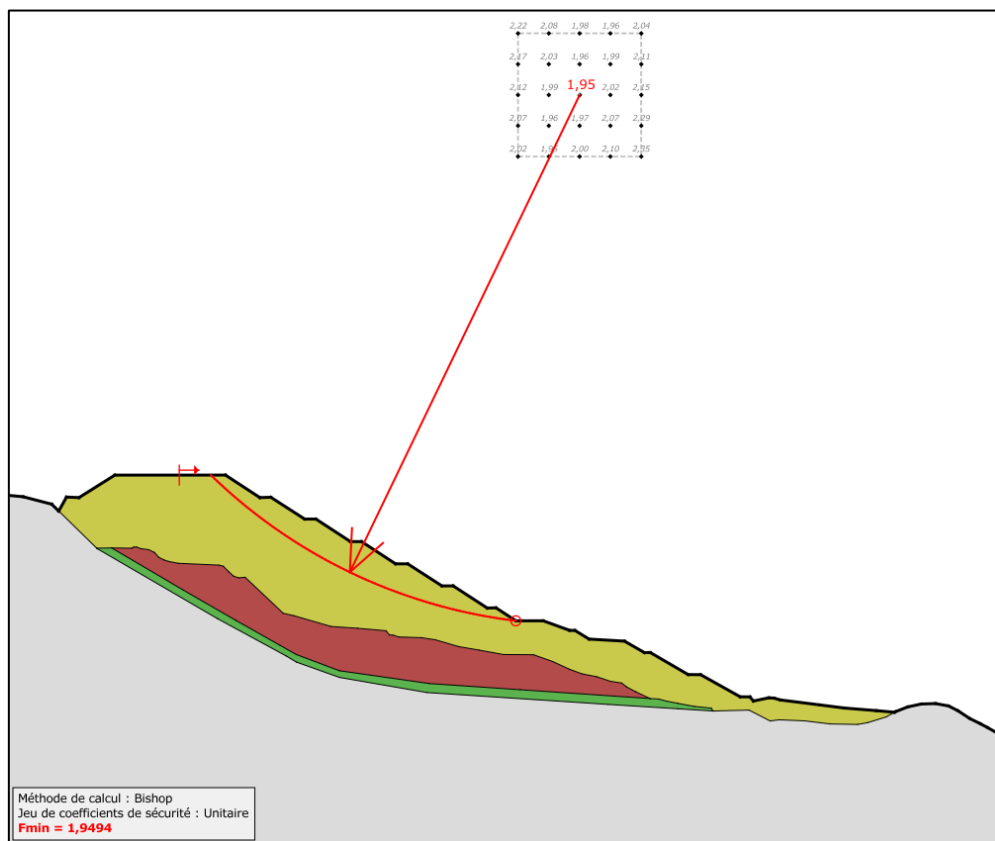


Figure N° 18: Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Philofele Sud » en conditions normales - Coupe 3 (FS=1,95)

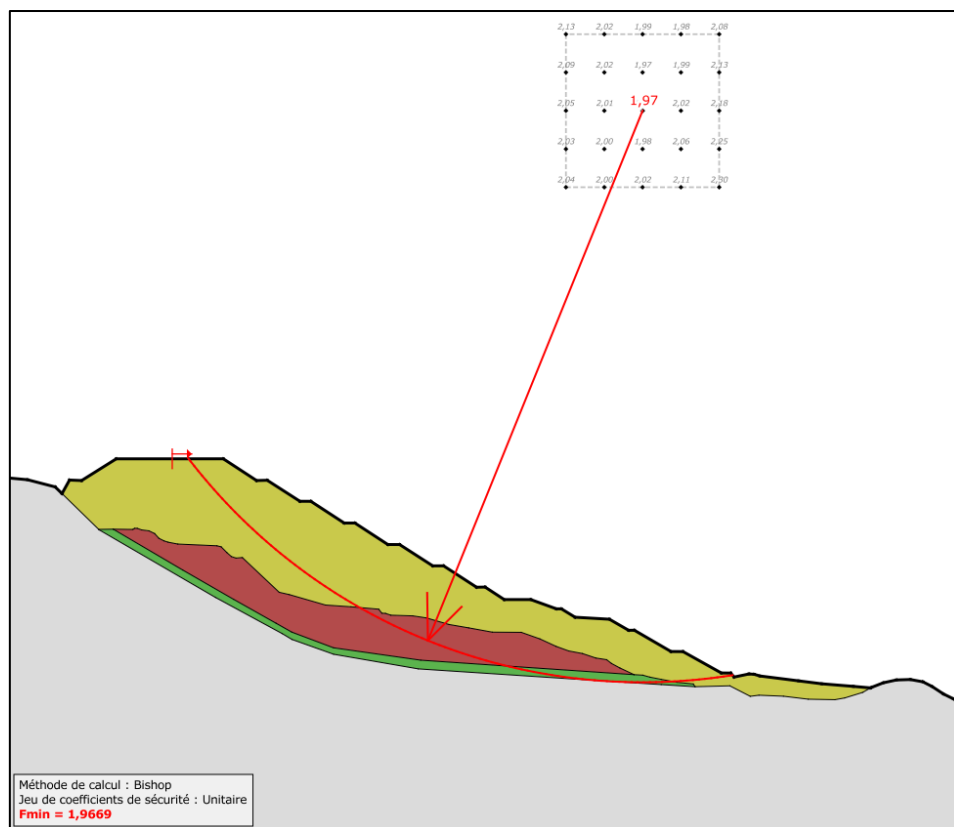


Figure N° 19: Stabilité profonde du talus libre de la verse « Philofele Sud » en conditions normales - Coupe 3 (FS=1,97)

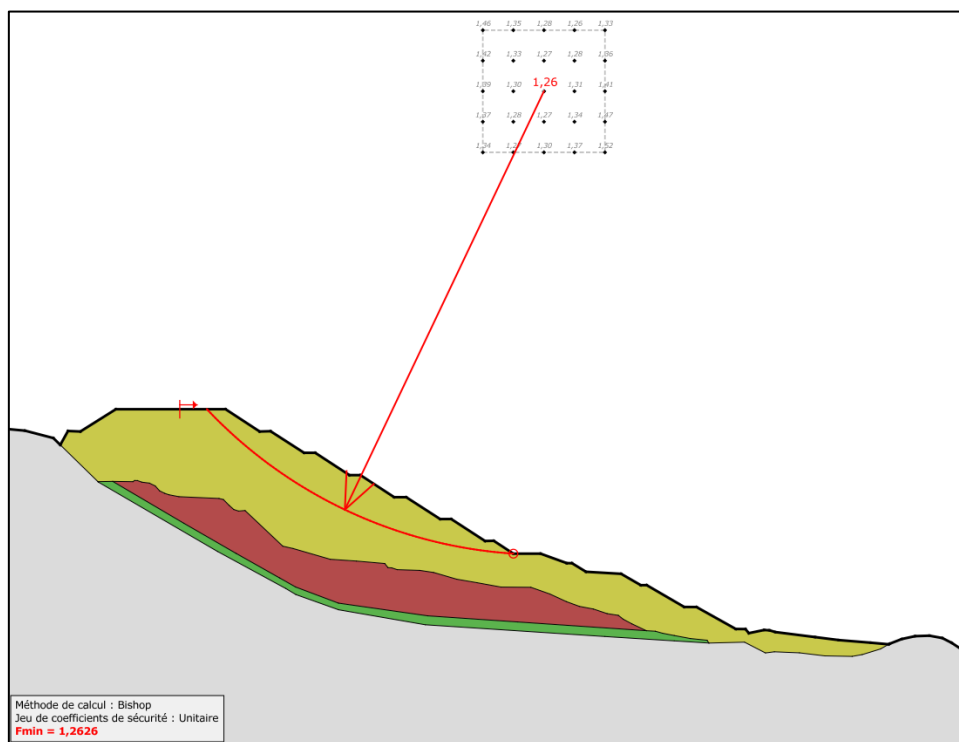


Figure N° 20: Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Philofele Sud » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 3 (FS=1,26)

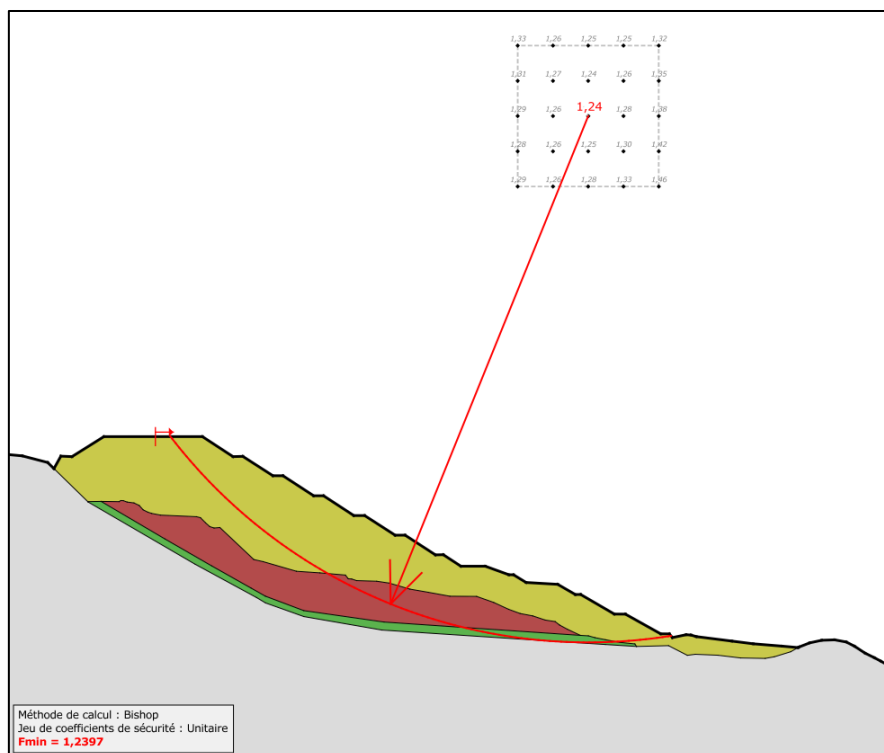


Figure N° 21: Stabilité profonde du talus libre de la verse « Philofele Sud » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 3 (FS=1,24)

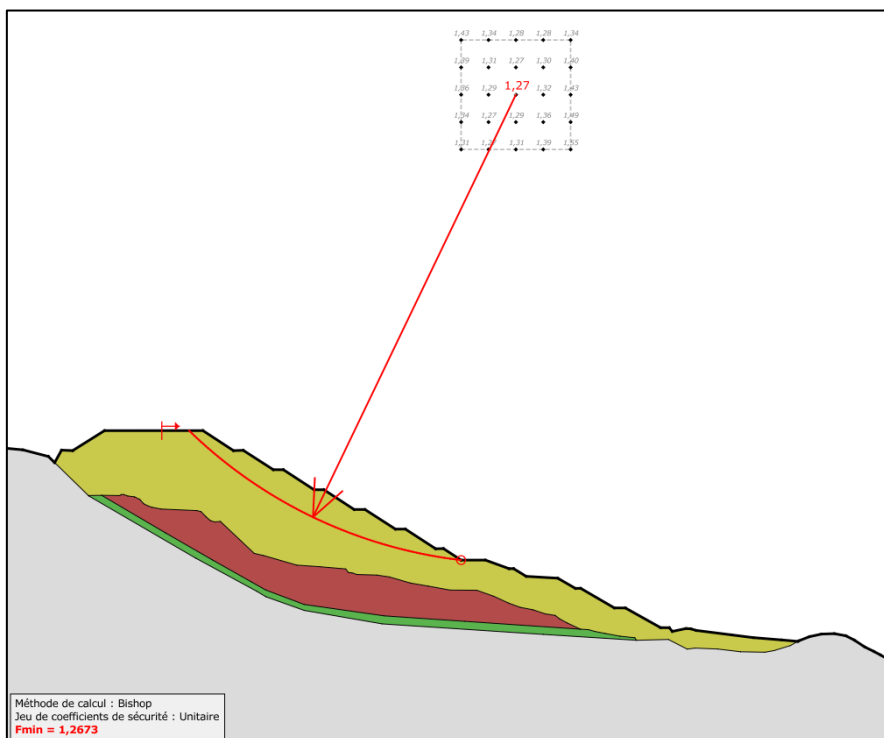


Figure N° 22: Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Philofele Sud » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 3 (FS=1,27)

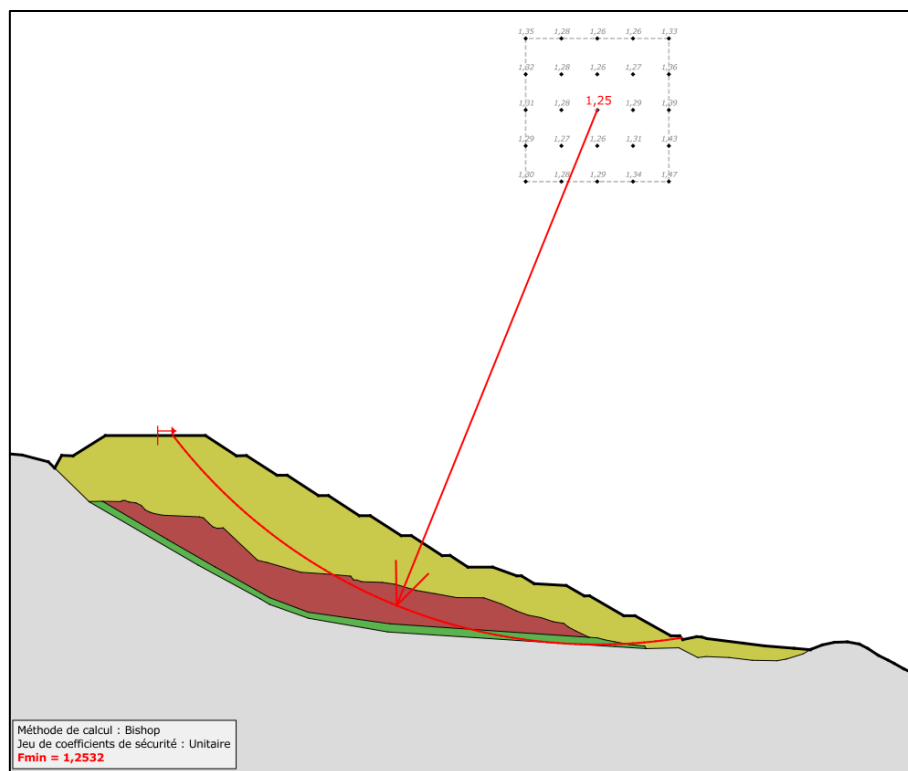


Figure N° 23: Stabilité profonde du talus libre de la verse « Philofele Sud » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 3 (FS=1,25)

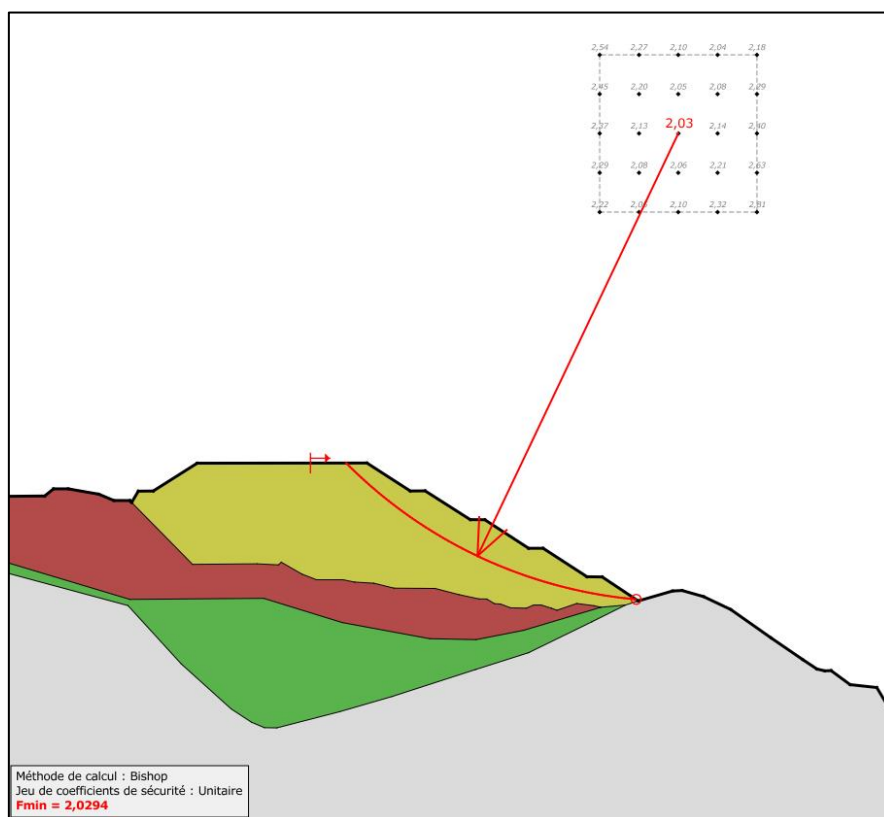


Figure N° 24: Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Philofele Sud » en conditions normales - Coupe 4 (FS=2,03)

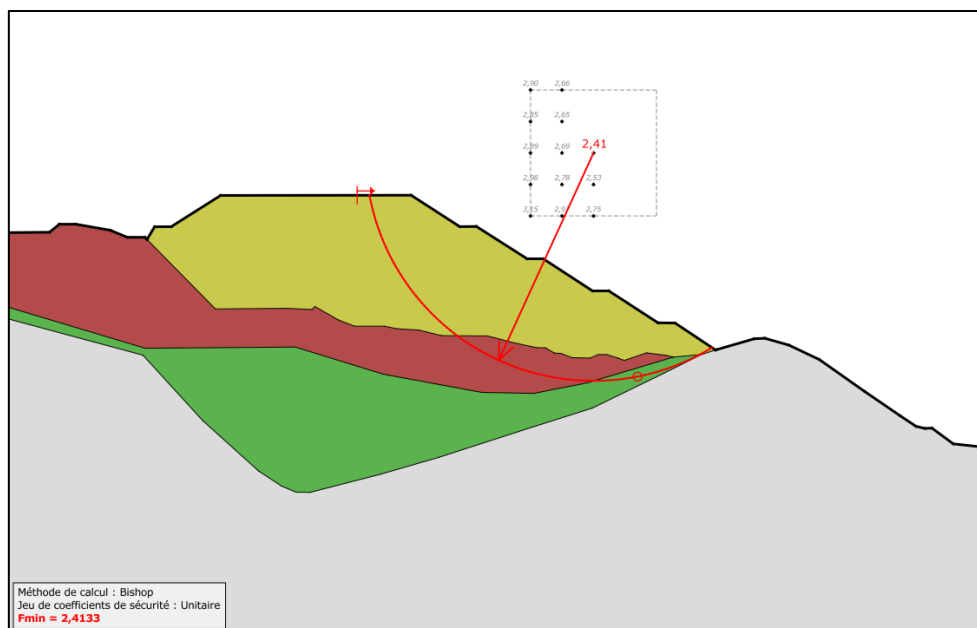


Figure N° 25: Stabilité profonde du talus libre de la verse « Philofele Sud » en conditions normales - Coupe 4 (FS=2,41)

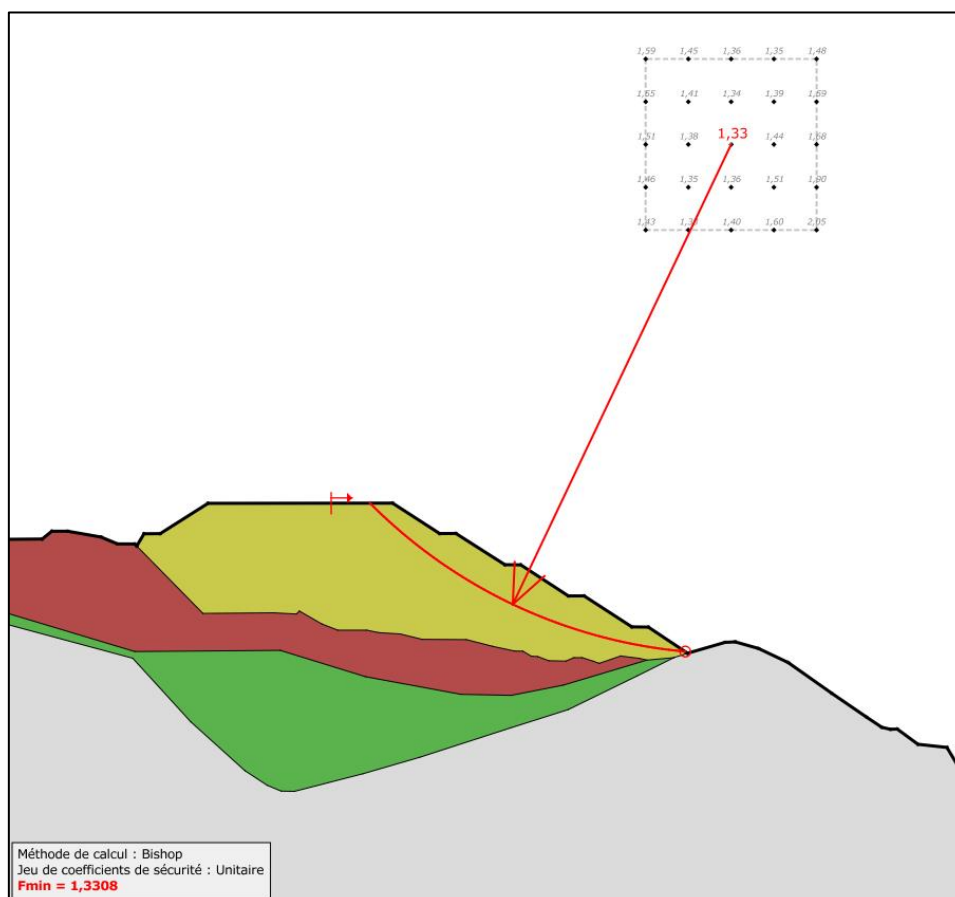


Figure N° 26: Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Philofele Sud » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 4 (FS=1,33)

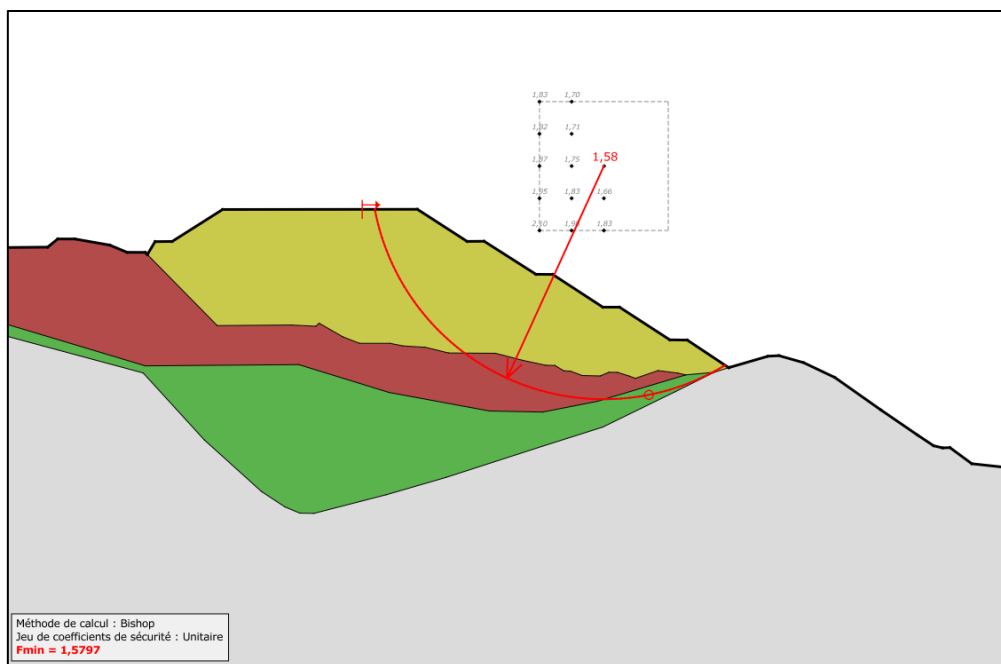


Figure N° 27: Stabilité profonde du talus libre de la verse « Philofele Sud » suite à un séisme allégeant de 0,08 g - Coupe 4 (FS=1,58)

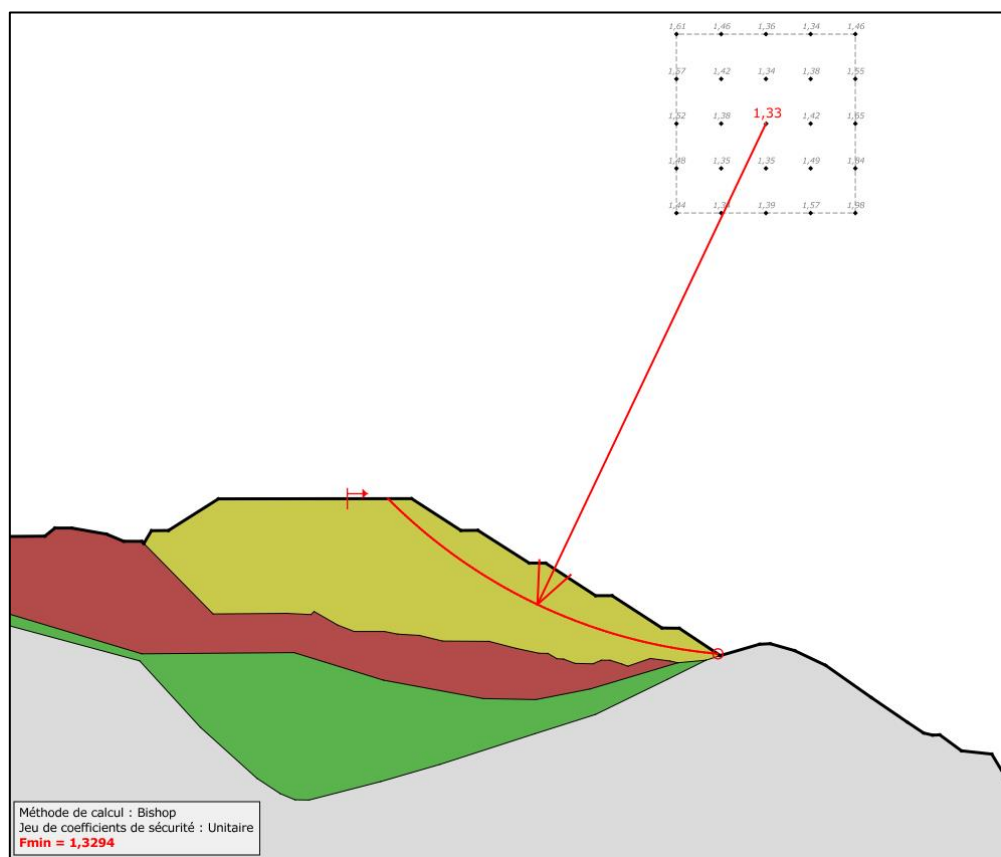


Figure N° 28: Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Philofele Sud » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 4 (FS=1,33)

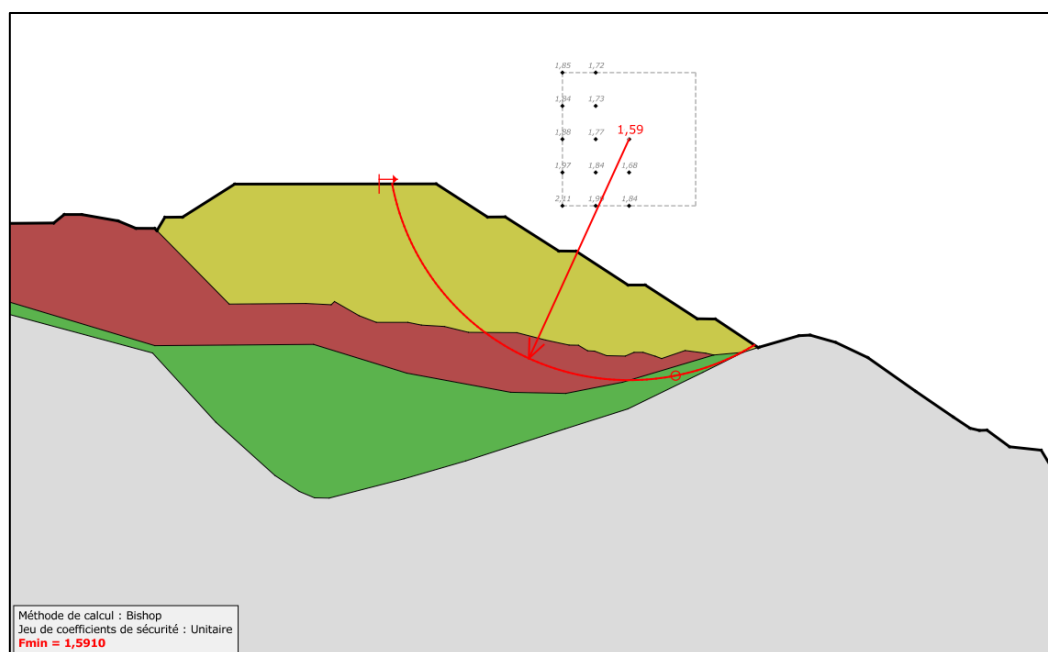


Figure N° 29: Stabilité profonde du talus libre de la verse « Philofele Sud » suite à un séisme pesant de 0,08 g - Coupe 4 (FS=1,59)

7 Espèces végétales utilisées en revégétalisation

Espèces utilisables en revégétalisation et inventoriées sur le site de Dent de Poya
<i>Acridocarpus austrocaledonicus</i>
<i>Araucaria montana</i>
<i>Chamaedendron nervosa</i>
<i>Cloezia artensis</i>
<i>Codia montana</i>
<i>Cunonia balansae</i>
<i>Dianella sp.</i>
<i>Dodonaea viscosa</i>
<i>Geissois lanceolata</i>
<i>Geissois pruinosa</i>
<i>Geniostoma densiflorum</i>
<i>Guioa glauca</i>
<i>Guioa villosa</i>
<i>Hibbertia lucens</i>
<i>Hibbertia pancheri</i>
<i>Ilex Sebertii</i>
<i>Joinvillea plicata</i>
<i>Lepidosperma perteres</i>
<i>Lomandra insularis</i>
<i>Machaerina deplanchei</i>
<i>Metrosideros laurifolia</i>
<i>Myodocarpus involucratus</i>
<i>Myrtastrum rufopunctatum</i>
<i>Normandia neocaledonica</i>
<i>Pancheria confusa</i>
<i>Peripterygia marginata</i>
<i>Pittosporum dzumacense</i>
<i>Pittosporum gracile</i>
<i>Polyscias dioica</i>
<i>Sannantha procera</i>
<i>Schoenus juvenis</i>
<i>Schoenus neocaledonicus</i>
<i>Syzygium frutescens</i>
<i>Tetraria raynaliana</i>
<i>Tristaniopsis calobuxus</i>
<i>Tristaniopsis guillainii</i>