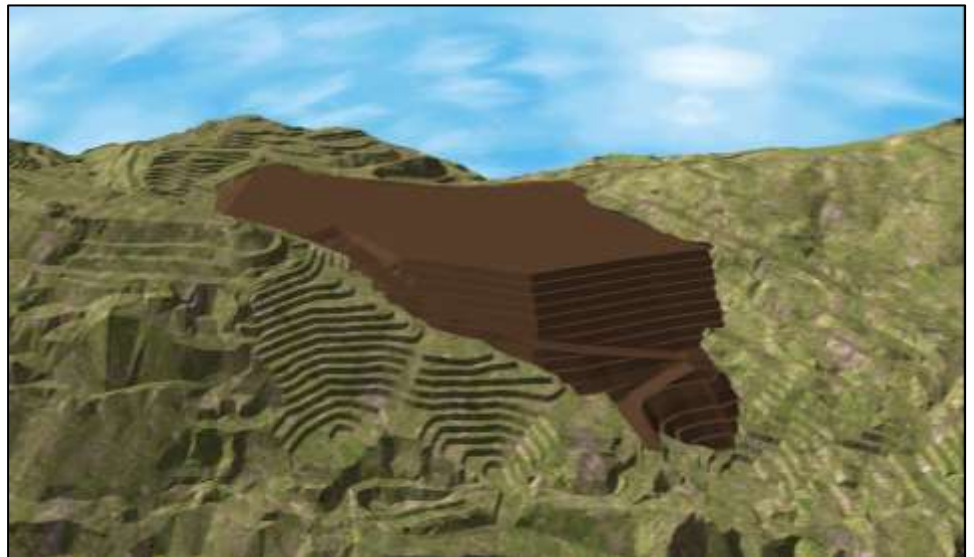




JUSTIFICATIONS GEOTECHNIQUES RELATIVES AU PROJET DE LA VERSE « REVANCHE »

Mine de Dothio

Client : SLN



Réf: Mecater/SLN/17/MS/A/2017

A	26/01/2018	<i>Création</i>		
Révision	Date	Objet de la modification		
		Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Nom et prénom		Monia SAYARI	Ghassen JAMELLEDDINE	Samir ENNOUR
Fonction		Adjoint au coordinateur projets NC	Coordinateur projets NC	Expert

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	1
2. CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE DU SITE	1
2.1. Etat actuel	1
2.2. Projet de rehausse et d'extension	3
2.2.1. Verse « Revanche – Phase 1 »	3
2.2.1. Verse « Revanche – Phase 2 »	7
2.2.2. Verse « Revanche – Phase 3 »	8
3. CONTEXTE HYDROLOGIQUE	12
3.1. Eléments méthodologiques	12
3.2. Estimation des débits de pointe au niveau des différents exutoires	12
4. CONTEXTE GEOTECHNIQUE	13
4.1. Contexte géologique de la verse	13
4.2. Caractérisation des matériaux constitutifs de la verse et de l'assise	15
4.2.1. Latérites stockées en verse	15
4.2.2. Les latérites en place	15
4.2.3. Sapolites terreuses	15
4.2.4. Sapolites rocheuses	16
4.3. Caractérisation des matériaux constitutifs de la verse et de l'assise	16
5. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	16
6. justification du dispositif de drainage	17
6.1. Présentation du dispositif de drainage de la verse « Revanche »	17
6.1.1. Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche – Phase 1 »	17
6.1.2. Dispositif de drainage de la verse au cours de la construction de la verse « Revanche – Phase 2 »	20
6.1.3. Dispositif de drainage de la verse au cours de la construction de la verse « Revanche – Phase 3 »	24
6.1.4. Dispositif de drainage de la verse en phase ultime	25
6.2. Présentation du dispositif de drainage	31
6.2.1. Mèche en cheminées N°1 et 2	31
6.2.2. Mèche N°1	31
6.2.3. Mèche N°2	32
6.2.1. Mèche N°3	32
6.2.2. Caniveau N°1	33
6.2.3. Caniveau N°2	33
6.2.4. Caniveau N°3	34
6.3. Dimensionnement des ouvrages hydrauliques	34
6.3.1. Mèches	34
6.3.1. Caniveaux	36

6.4.	Dispositif de sédimentation	37
6.4.1.	Détermination de la capacité théorique	37
6.4.2.	Dimensionnement de l'évacuateur de crues	38
7.	ANALYSE DE LA STABILITE DE LA VERSE « rEVANCHE »	40
7.1.	Démarche de la justification géotechnique	40
7.2.	Evaluation du potentiel de stabilité de la verse « Revanche – Phase 1 »	40
7.1.	Evaluation du potentiel de stabilité de la verse « Revanche – Phase 2 »	41
7.2.	Evaluation du potentiel de stabilité de la verse « Revanche – Phase ultime »	42
8.	DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PARTICULIERES	43
9.	SURVEILLANCE DE LA VERSE	45
10.	CONCLUSION	45

LISTE DES FIGURES

Figure N° 1 : Vue 3D de la verse existante	2
Figure N° 2 : Implantation des coupes de la verse « Revanche - Phase 1 et Phase 2 ».....	4
Figure N° 3 : Géométrie du talus Sud – Coupe A-A’.....	5
Figure N° 4 : Géométrie du talus Nord – Coupe B-B’	5
Figure N° 5 : Vue 3D des verses « Revanche – Phase 1 et Phase 2 ».....	6
Figure N° 6 : Géométrie du talus de la verse « Revanche – Phase 2 » – Coupe C-C’.....	7
Figure N° 7 : Implantation de la coupe D-D’- La verse « Revanche – Phase ultime ».....	9
Figure N° 8 : Géométrie du talus de la verse « Revanche – Phase ultime » – Coupe D-D’.....	9
Figure N° 9 : Vue 3D de la zone d’implantation de la verse « Revanche ».....	10
Figure N° 10 : Vue 3D de la verse « Revanche » en phase ultime	11
Figure N° 11 : Implantation des profils géologiques.....	14
Figure N° 12 : Profil géologique N°1 – Au niveau de la partie Nord de l’assise.....	14
Figure N° 13 : Profil géologique N°2 – Au niveau de la partie Sud de l’assise.....	15
Figure N° 14 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche - Phase 1 »	18
Figure N° 15 : Dispositif de drainage à la fin de la construction de la verse « Revanche - Phase 1 »	19
Figure N° 16 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche - Phase 2 » - En dessous de la cote 378 NGNC.....	21
Figure N° 17 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche - Phase 2 » - Entre les cotes 378 et 385 NGNC.....	22
Figure N° 18 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche - Phase 2 » - A partir de la cote 385 NGNC.....	23
Figure N° 19 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche - Phase 3 » - En dessous de la cote 375 NGNC.....	26
Figure N° 20 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche - Phase 3 » - Entre les cotes 375 et 378 NGNC.....	27
Figure N° 21 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche - Phase 3 » - Entre les cotes 378 et 385 NGNC.....	28
Figure N° 22 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche - Phase 3 » - A partir de la cote 385 NGNC.....	29
Figure N° 23 : Dispositif de drainage de la verse « Revanche » - En phase ultime	30
Figure N° 24 : Profil en long de la mèche N°1	32
Figure N° 25 : Profil en long de la mèche N°2	32
Figure N° 26 : Profil en long de la mèche N°3	33
Figure N° 27: Coupe type de la mèche.....	35
Figure N° 28 : Implantation des mèches.....	36
Figure N° 29 : Coupe type du caniveau.....	37
Figure N° 30 : Coupe type du déversoir du bassin de sédimentation existant.....	40
Figure N° 31 : Coupe type du déversoir du fond de fosse.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure N° 32 : Travaux de déblais au niveau du tracé de la mèche N°1	44
Figure N° 33 : Travaux de déblais au niveau du tracé de la mèche N°3	44
Figure N° 34 : Retrait minimal entre le pied du talus provisoire de la verse et le talus de la fosse.....	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N° 1 : Caractéristiques hydrologiques.....	13
Tableau N° 2 : Statistiques sur le groupe de faciès terreux des centres SLN (moyenne - écart type)	16
Tableau N° 3 : Caractéristiques géotechniques des différents matériaux.....	16
Tableau N° 4 : Dimensions des mèches.....	35
Tableau N° 5 : Dimensions des caniveaux.....	37
Tableau N° 6 : Capacité de rétention du bassin de sédimentation existant	38
Tableau N° 7 : Caractéristiques hydrologiques du bassin de sédimentation existant.....	39
Tableau N° 8 : Caractéristiques d'écoulement au-dessus des seuils pour une crue 1/100	39
Tableau N° 9 : Résultats de l'analyse de stabilité de la verse « Revanche – Phase 1 ».....	41
Tableau N° 10 : Résultats de l'analyse de stabilité de la verse « Revanche – Phase 2 ».....	42
Tableau N° 11 : Résultats de l'analyse de stabilité de la verse « Revanche – Phase ultime ».....	43

1. INTRODUCTION

Dans le cadre de l'exploitation de la mine de « Dothio », il est prévu de rehausser et d'étendre la verse existante. La verse finale sera nommée verse « Revanche ».

La verse « Revanche » offre une capacité de stockage de l'ordre de 719 000 m³. En phase ultime, la verse présentera un dénivelé maximal de 45 m avec une pente intégratrice maximale limitée à 27°.

La SLN a mandaté MECATER Ingénierie pour fournir les justifications géotechniques et hydrauliques du projet et de vérifier la conformité du projet aux règles de conception des verses à latérites.

Dans cette étude, nous présentons les justifications hydrauliques et géotechniques relatives au projet de la construction de la verse « Revanche », à savoir :

- Le dispositif de drainage et de mise hors d'eau ;
- La stabilité mécanique de la verse ;
- Les règles constructives.

2. CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE DU SITE

2.1. Etat actuel

La verse « Revanche » a été construite avec une pente intégratrice maximale de 27°. La mise en verse des stériles miniers a débuté à la cote 370 NGNC et s'est poursuivie jusqu'à atteindre la cote 398 NGNC.

Actuellement, la verse « Revanche » couvre une superficie de 2.8 ha. Elle présente une plateforme sommitale irrégulière avec des cotes allant de 386 à 398 NGNC et deux flancs libres (Cf. Figure N°1) :

- Flanc Est : Le flanc Est est implanté à la cote 375 NGNC et remonte jusqu'à la plateforme sommitale calée à la cote 386 NGNC, soit sur une hauteur proche de 11 m. Le flanc Est présente une pente intégratrice de 27°.
- Flanc Sud : Ce flanc est implanté à la cote 370 NGNC et remonte jusqu'à la plateforme sommitale calée à la cote 398 NGNC, soit une hauteur maximale de 28 m. Le flanc Sud s'étend sur une longueur proche de 250 m. Sa pente intégratrice maximale est de 27°. Au niveau de sa partie centrale le flanc est traversé par une piste d'accès permettant de limiter la pente intégratrice à 22°.



Figure N° 1 : Vue 3D de la verse existante

2.2. Projet de rehausse et d'extension

Le nouveau projet, objet de cette étude, prévoit une rehausse et une extension de la verse existante ; (Cf. Figures N°9 et 10).

Ce projet se fera en trois phases :

2.2.1. Verse « Revanche – Phase 1 »

La verse « Revanche – Phase 1 » est une rehausse de la verse existante. En effet, le stockage des stériles miniers durant la première phase de construction débutera à partir d'une banquette de la verse existante, soit à partir de la cote 386 NGNC. Le stockage s'étendra par la suite vers le Nord jusqu'à atteindre la cote ultime, soit la cote 402 NGNC. La verse présentera ainsi une hauteur maximale de 16 m. Le volume de stériles mis en verse est de l'ordre de 99 000 de m³.

L'emprise de la verse « Revanche – Phase 1 » couvre une superficie proche de 1.7 ha se situant entre les cotes 386 et 402 NGNC.

La zone d'ancrage de la verse « Revanche – Phase 1 » est pratiquement horizontale offrant ainsi un ancrage satisfaisant du pied de la verse. En effet, du côté Sud, la verse sera ancrée au niveau de la banquette de la verse existante. Par ailleurs, du côté Nord, la verse sera ancrée au niveau de la plateforme sommitale de la verse existante ; (Cf. Figures N°2, 3 et 4).

Nous estimons que la topographie de l'assise est favorable à la stabilité des produits stockés en permettant un ancrage satisfaisant du pied de la verse.

Le projet de la verse « Revanche – Phase 1 » a été conçu par la SLN en considérant deux pentes intégratrices : (Cf. Figures N°2, 3 et 4) :

- Du côté Sud et Est, la verse sera construite par des niveaux de 3 m qui présentent une pente locale de 44°. Une banquette de 1.5 m sera maintenue entre deux niveaux successifs, soit une pente intégratrice de la verse de 30°. Nous recommandons de refaire le design de la verse de façon à limiter la pente intégratrice à 27° ; (Cf. Figures N°2 et 3) ;
- Du côté Nord, la verse sera construite par des niveaux de 3 m qui présentent une pente locale de 34°. Une banquette de 1.5 m sera maintenue entre deux niveaux successifs. Ainsi, la pente intégratrice de la verse sera limitée à 26° ; (Cf. Figures N°2 et 4).

A la fin de la phase 1, la verse « Revanche » présentera une plateforme sommitale calée à la cote 402 NGNC et trois flancs libres : (Cf. Figures N°5) :

- **Flanc Sud :** C'est le talus qui présente le plus fort dénivelé. Ce flan est actuellement implanté à la cote 370 NGNC. Il sera rehaussé lors de la construction de la verse « Phase 1 » et ce, jusqu'à la plateforme sommitale calée à la cote 402 NGNC. A la fin de la construction de la verse « Phase 1 », le flanc Sud présentera un dénivelé maximal de 32 m ;
- **Flanc Est :** Ce flanc est actuellement implanté à la cote 375 NGNC. Il sera rehaussé lors de la construction de la verse « Phase 1 » et ce, jusqu'à la plateforme sommitale calée à la cote 402 NGNC. A la fin de la construction de la verse « Phase 1 », le flanc Est présentera un dénivelé maximal de 27 m ;
- **Flanc Nord :** Ce flanc sera implanté à la cote 390 NGNC et remonte jusqu'à la plateforme sommitale calée à 402 NGNC, soit une hauteur maximale de 12 m. Le flanc Nord présente une pente intégratrice de 26°. Le talus Nord est un talus provisoire qui sera totalement confiné par la verse finale.

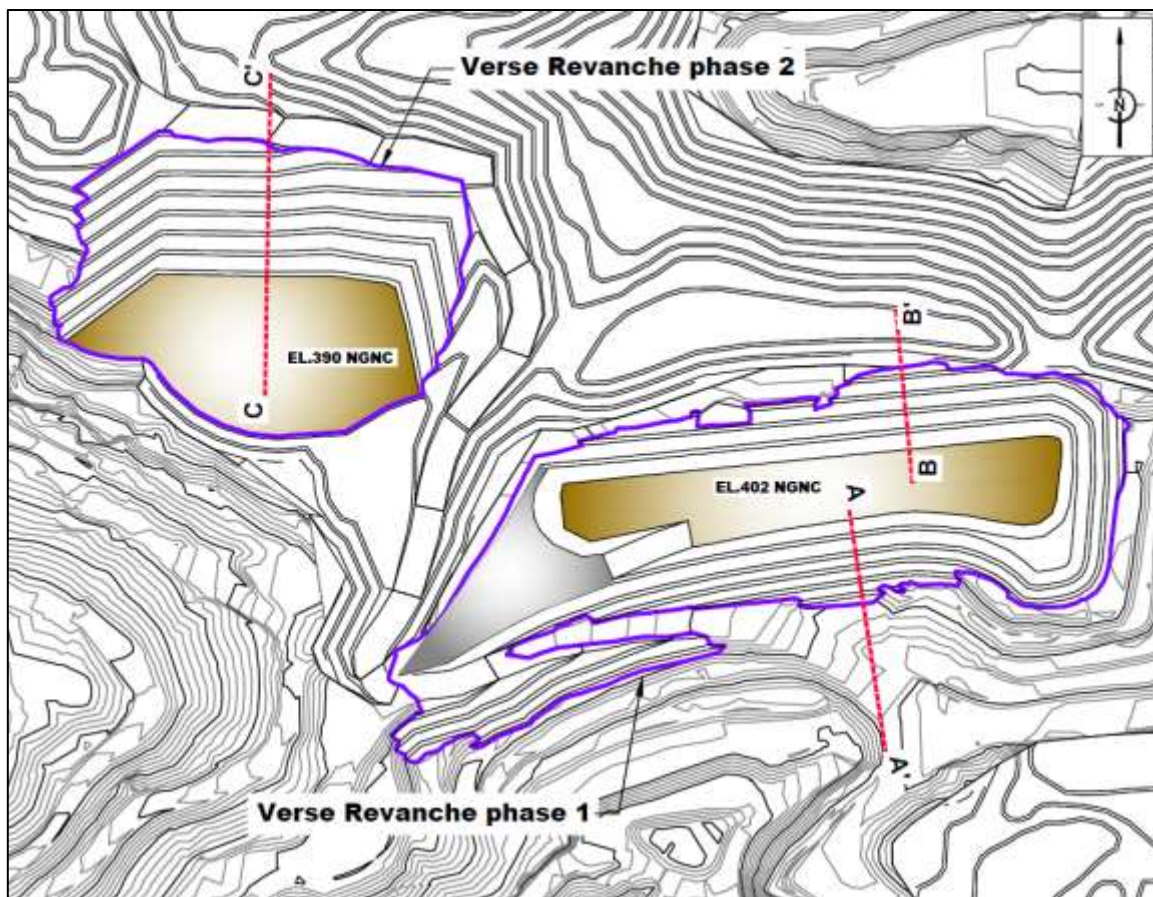


Figure N° 2 : Implantation des coupes de la verse « Revanche - Phase 1 et Phase 2 »

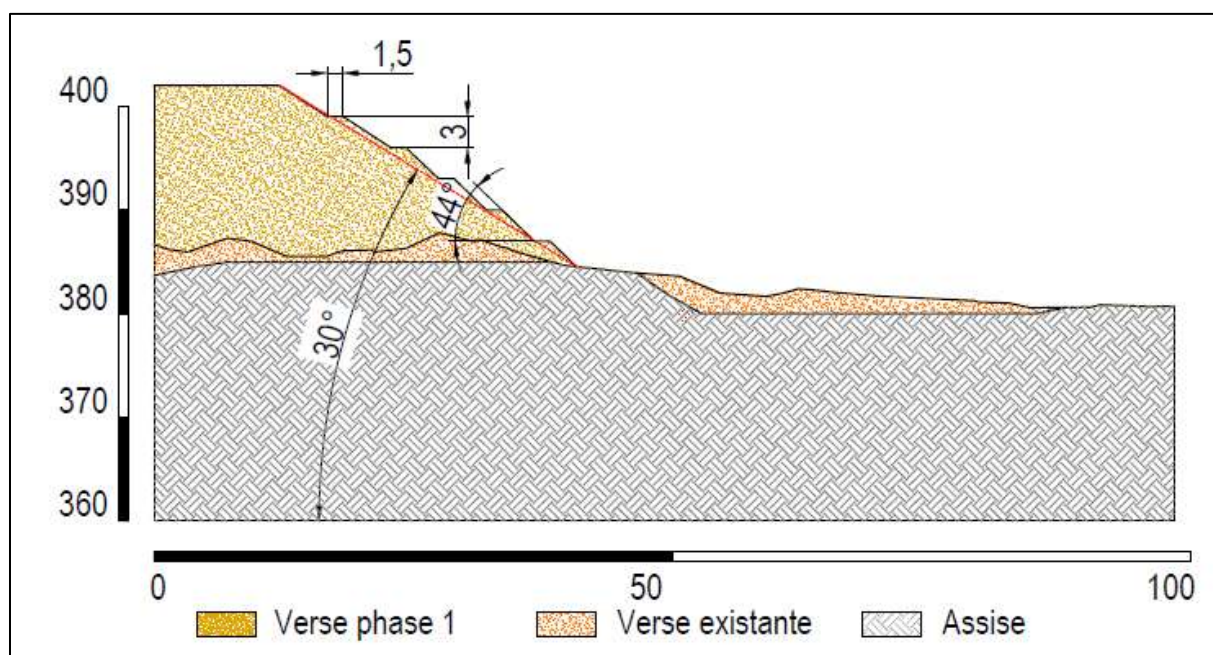


Figure N° 3 : Géométrie du talus Sud – Coupe A-A'

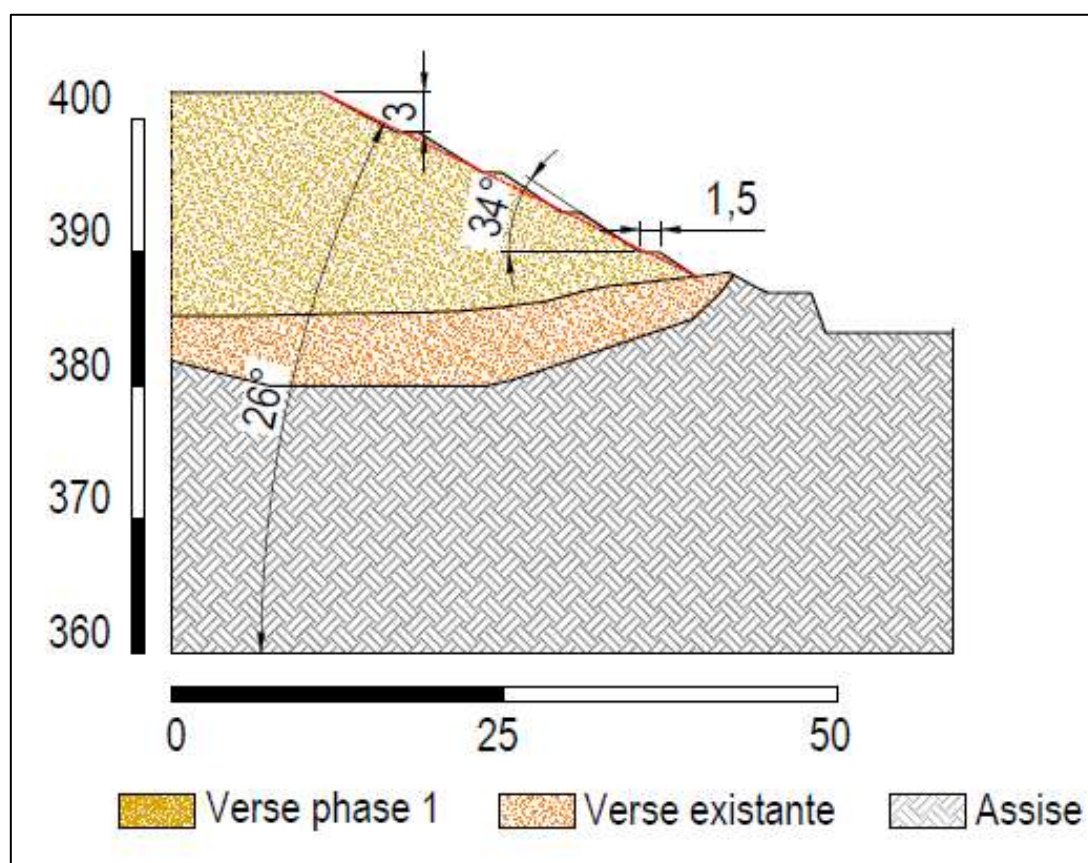


Figure N° 4 : Géométrie du talus Nord – Coupe B-B'

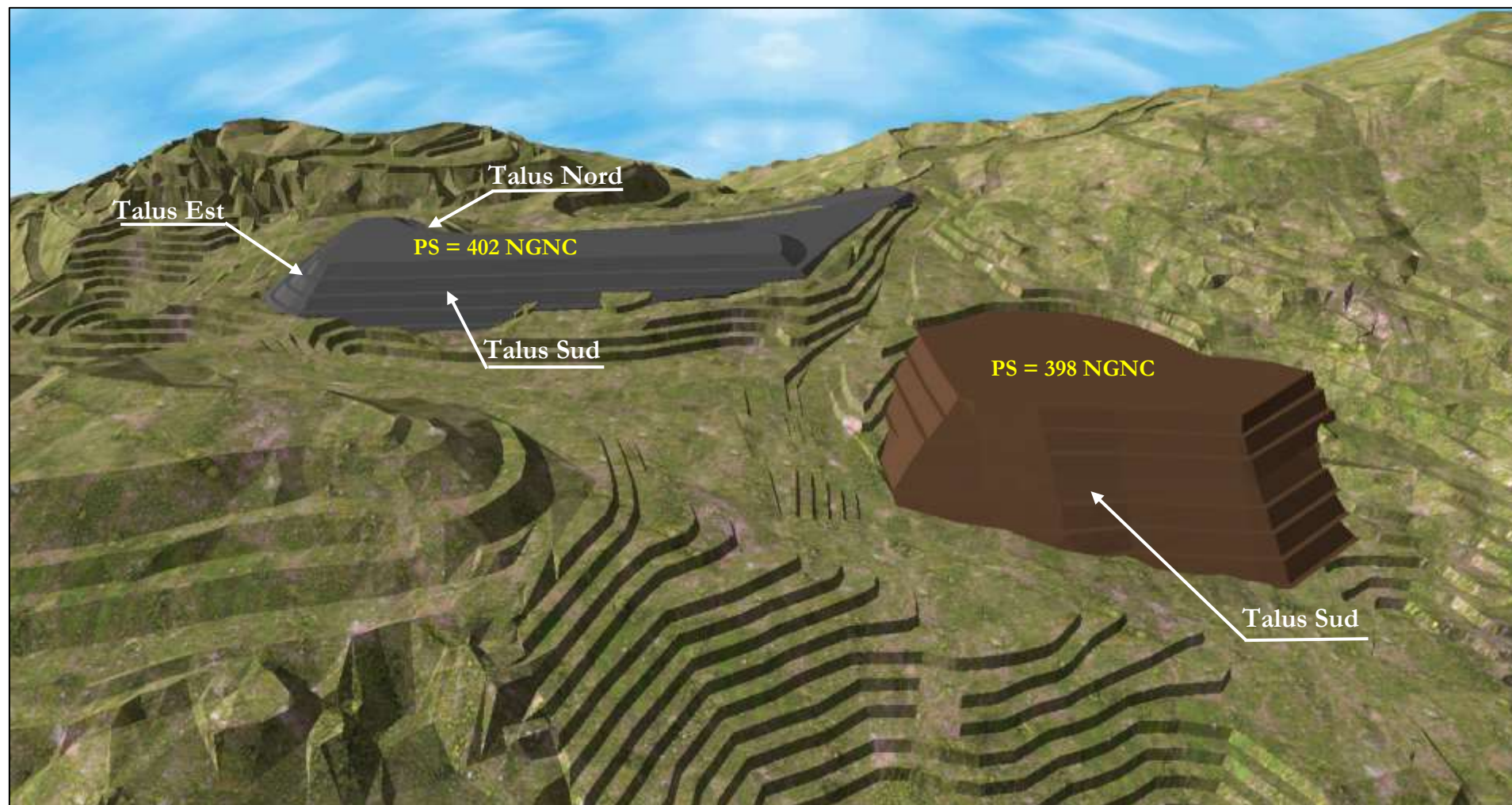


Figure N° 5 : Vue 3D des verses « Revanche – Phase 1 et Phase 2 »

2.2.1. Verse « Revanche – Phase 2 »

La verse « Revanche – Phase 2 » sera construite par comblement des niveaux défruités générés par l'exploitation. La verse « Phase 2 » sera totalement confinée par la verse finale.

Durant la deuxième phase de construction, le stockage des latérites débutera à partir du fond de fosse calé à la cote 360 NGNC et remonte contre les talus de la fosse jusqu'à atteindre la cote 390 NGNC. L'emprise du projet de la verse « Phase 2 » couvre une superficie de l'ordre de 1.1 ha ; (Cf. Figure N°9).

Elle présentera un dénivelé maximal de 21 m pour une pente intégratrice de 25°. Le volume de stériles mis en verse est de l'ordre de 133 000 m³.

La verse « Revanche – Phase 2 » est ancré au niveau de la piste d'accès au fond de fosse. Ainsi, la zone d'ancrage de la verse « Revanche – Phase 2 » est pratiquement horizontale ce qui permet un ancrage satisfaisant du pied de la verse.

Nous estimons que la topographie de l'assise est favorable à la stabilité des produits stockés en permettant un ancrage satisfaisant du pied de la verse.

La verse « Phase 2 » sera construite par des niveaux de 3 m qui présentent une pente locale de 30°. Une banquette de 1.5 m sera maintenue entre deux niveaux successifs. Ainsi, la pente intégratrice maximale de la verse est de 25° ; (Cf. Figures N°2 et 6).

La verse « Revanche - Phase 2 » présentera une plateforme sommitale calée à la cote 390 NGNC et un seul flanc libre : (Cf. Figure N°5). Ce flanc est orienté vers le Nord. Il est ancré à la cote 369 NGNC et remonte jusqu'à la plateforme sommitale située à la cote 390 NGNC, soit une hauteur maximale de 21 m. Il présente une pente intégratrice maximale de 25°. Ce flanc est temporaire et il sera totalement confiné par la verse finale.

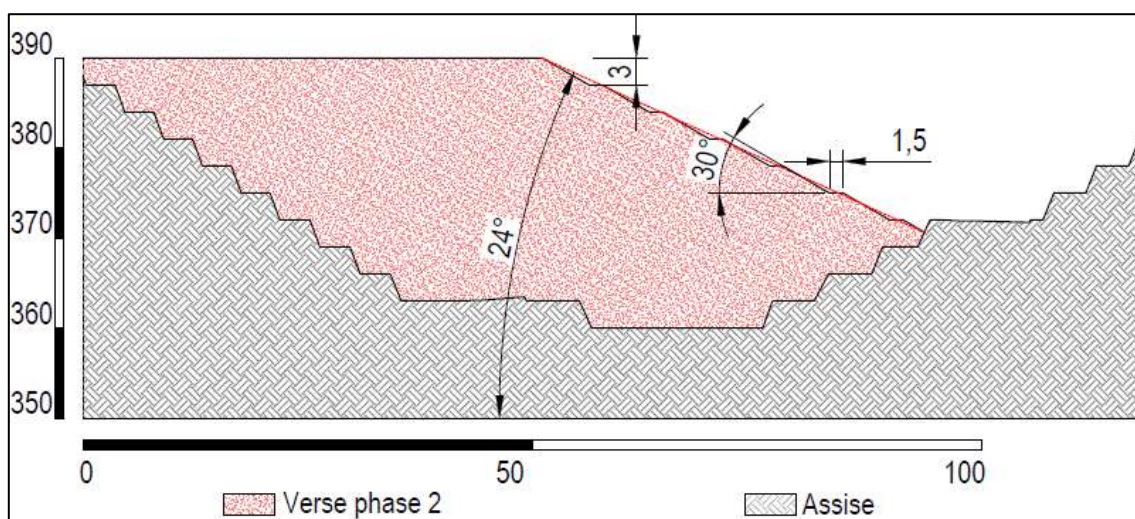


Figure N° 6 : Géométrie du talus de la verse « Revanche – Phase 2 » – Coupe C-C'

2.2.2. Verse « Revanche – Phase 3 »

La verse « Revanche – Phase 3 » sera construite par comblement des niveaux défruits générés par l'exploitation ; (Cf. Figure N°9).

En effet, le stockage des latérites débutera à partir du fond de fosse calé à la cote 360 NGNC et remonte contre les talus de la fosse ainsi que les talus des verses « Phase 1 et 2 » et ce, jusqu'à atteindre la cote 405 NGNC. L'emprise du projet de la verse « Phase ultime » couvre une superficie de l'ordre de 4.5 ha ; (Cf. Figure N°9).

Elle présentera un dénivelé maximal de 45 et permettra de stocker un volume de l'ordre de 485 000 m³, soit un volume total proche de 719 000 m³ de produits stockés en verse.

Du côté Nord, la verse sera ancrée au niveau du fond de fosse situé à la cote 360 NGNC. Par ailleurs du côté Sud, la verse sera ancrée au niveau d'une banquette de la verse existante. Ainsi, les zones d'ancrage de la verse sont pratiquement horizontales ce qui permet un ancrage satisfaisant du pied de la verse.

Nous estimons ainsi que le contexte topographique de l'assise est favorable à la stabilité des produits stockés. Il permet ancrage satisfaisant du pied de la verse et un confinement des produits stockés.

Le projet de la verse « Revanche – Phase ultime » a été conçue par la SLN en considérant deux pentes intégratrices :

- Du côté Sud et Est, la verse sera construite par des niveaux de 3 m qui présentent une pente locale de 44°. Une banquette de 1.5 m sera maintenue entre deux niveaux successifs, soit une pente intégratrice de la verse de 30°. Au niveau des zones traversées par la piste, la pente est limitée à 23°. Nous recommandons de refaire le design de la verse de façon à limiter la pente intégratrice à 27° ;
- Du côté Nord, la verse sera construite par des niveaux de 3 m qui présentent une pente locale de 34°. Une banquette de 1.5 m sera maintenue entre deux niveaux successifs. Le talus Nord est traversé par une piste d'accès limitant la pente intégratrice à 23° ; (Cf. Figure N°7 et 8).

En phase ultime, la verse « Revanche » présentera une seule plateforme sommitale calée à la cote 405 NGNC et trois flancs libres : (Cf. Figure N°10) :

- Flanc Sud : Ce flan est actuellement implanté à la cote 370 NGNC. Il sera rehaussé lors de la construction des verses « Phase 1 » et « Phase 3 » et ce, jusqu'à la plateforme sommitale calée à la cote 405 NGNC. En phase ultime, le talus Sud présentera un dénivelé maximal de 35 m ;
- Flanc Est : Ce flan est actuellement implanté à la cote 375 NGNC. Il sera rehaussé lors de la construction des verses « Phase 1 » et « Phase 3 » et ce, jusqu'à la

plateforme sommitale calée à la cote 405 NGNC. En phase ultime, le talus Est présentera un dénivelé maximal de 30 m ;

- Flanc Nord : Ce flanc est implanté à la cote 360 NGNC et remonte jusqu'à la plateforme sommitale calée à 405 NGNC, soit une hauteur maximale de 45 m. Le flanc Nord est traversé par une piste d'accès limitant sa pente intégratrice à 23°.

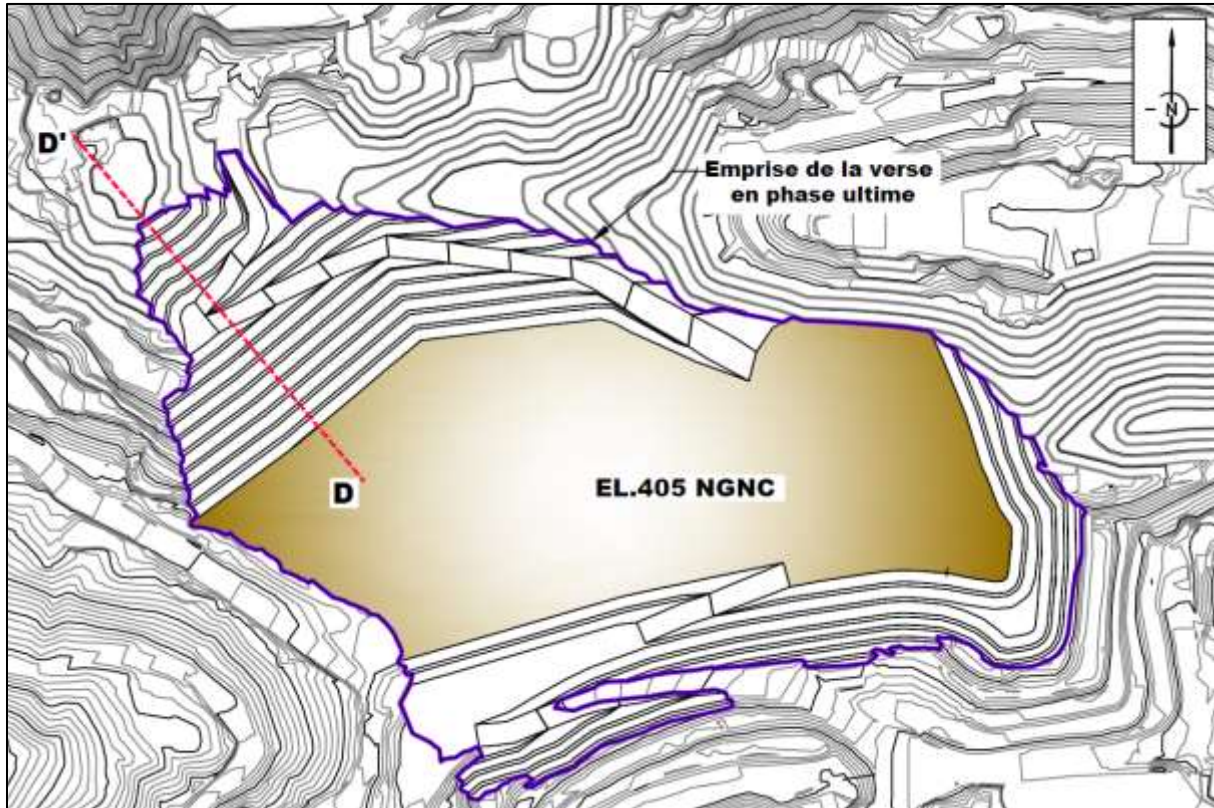


Figure N° 7 : Implantation de la coupe D-D'- La verse « Revanche – Phase ultime »

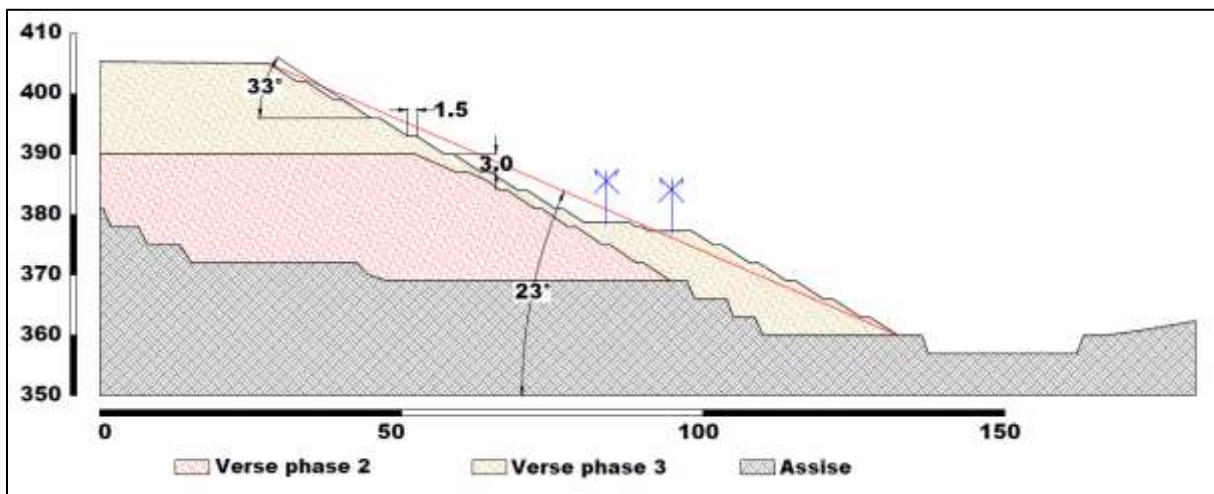


Figure N° 8 : Géométrie du talus de la verse « Revanche – Phase ultime » – Coupe D-D'

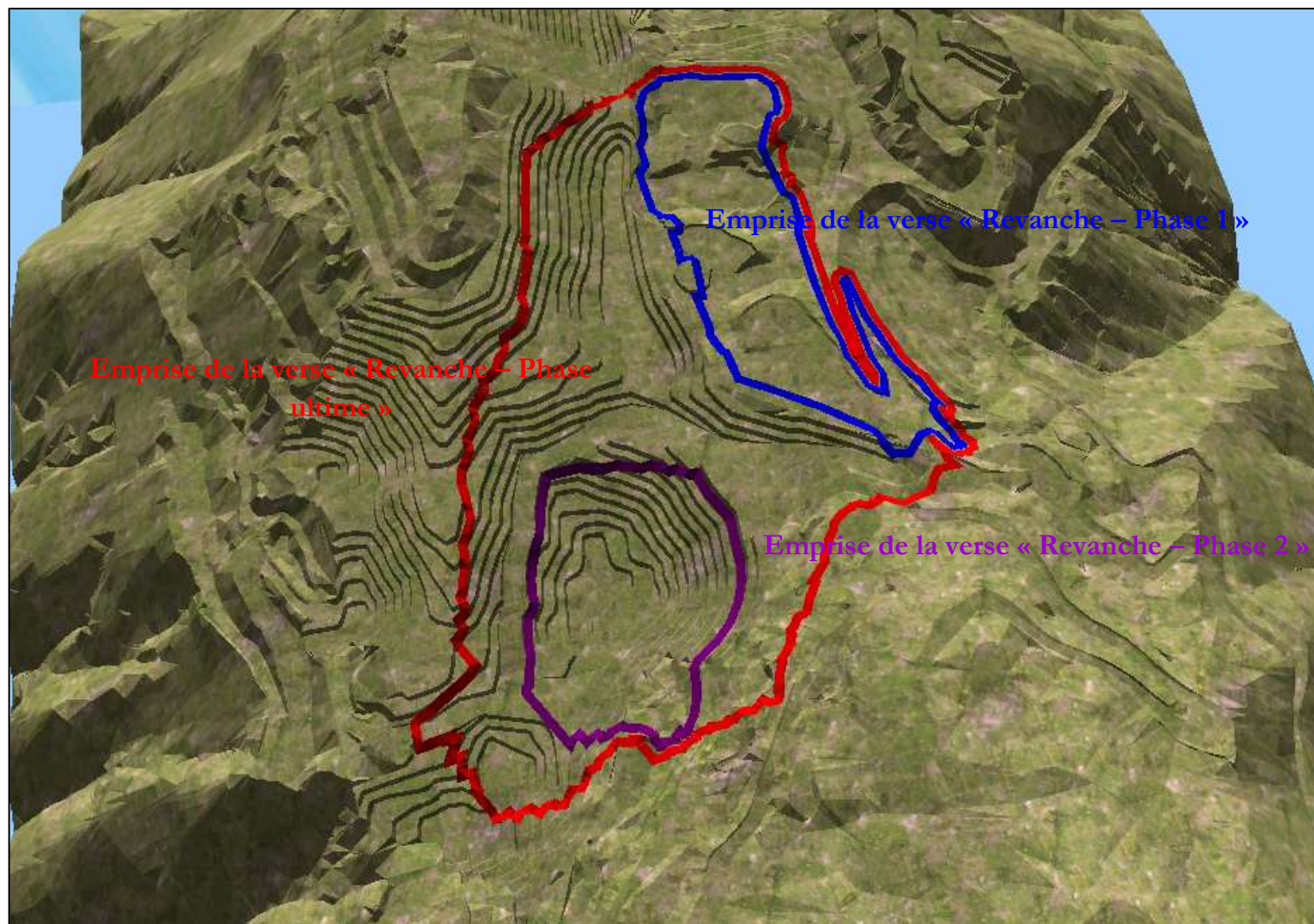


Figure N° 9 : Vue 3D de la zone d'implantation de la verse « Revanche »

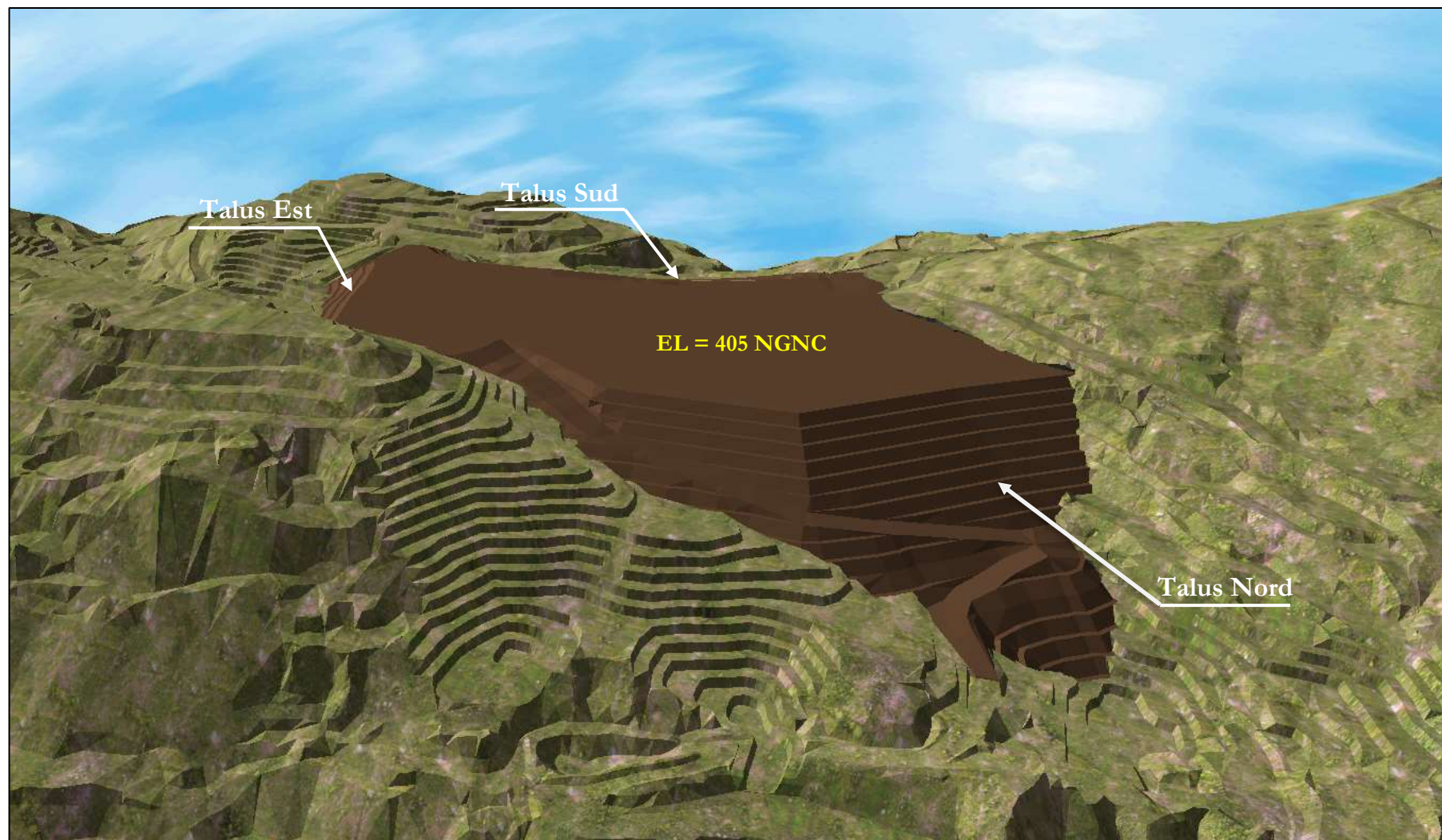


Figure N° 10 : Vue 3D de la verse « Revanche » en phase ultime

3. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

3.1. Eléments méthodologiques

Le site du projet collecte les eaux de ruissellement d'un bassin versant situé entre les cotes 460 et 360 NGNC.

En se basant sur les courbes IDF de la station météo de **Canala**, nous avons estimé l'intensité des pluies pour des récurrences vingtennale et centennale.

Les débits de crue au niveau des exutoires sont calculés par la formule rationnelle.

La méthode CIA consiste à calculer le débit maximum à partir de l'intensité de pluie relative à une récurrence donnée. Elle se présente sous la forme :

$$Q = \frac{C.I.A}{3,6}$$

- Q : Débit de pointe (m³/s) de période de retour T.
- A : Surface du bassin versant (km²).
- C : Coefficient de ruissellement relatif à la période de retour (**C=1**).
- I : Intensité de la pluie pour la période de retour T (mm).
- t_c : Temps de concentration du bassin versant donné par la formule de Giandoti (heures)

$$t_c = \frac{1,5L + 4\sqrt{S}}{0,8\sqrt{H}}$$

- L : Longueur du talweg principal (km).
- S : Surface du bassin versant (km²).
- H : Différence de l'altitude moyenne du bassin et celle de l'exutoire (m).

3.2. Estimation des débits de pointe au niveau des différents exutoires

La verse « Revanche » sera construite en trois phases. Au cours de la construction, le drainage de la plateforme sommitale se fera comme suit :

- Au cours de la construction de la verse « Revanche – Phase 1 », le drainage des eaux provenant de la plateforme sommitale et du bassin versant résiduel se fera en surface moyennant un caniveau aménagé le long de la piste frontale (Caniveau N°1). La décantation des eaux collectées par le caniveau se fera au niveau du bassin de sédimentation situé en aval de la verse existante ;
- Au cours de la construction de la verse « Revanche – Phase 2 », le drainage des eaux provenant de la plateforme sommitale et du bassin versant résiduel sera assuré par trois mèches en enrochements (mèches N°1, N°2 et N°3) placées contre le talus de la fosse. La décantation des eaux collectées par les trois mèches se fera au niveau du fond de fosse résiduel situé au pied de la future verse ;

- Au cours de la construction de la verse « Revanche – Phase 3 », le drainage des eaux provenant de la plateforme sommitale et du bassin versant résiduel sera assuré par deux mèches en cheminées N°1 et N°2 et trois mèches placées contre le talus de la fosse (mèches N°1, N°2 et N°3). La décantation des eaux collectées par ces mèches se fera au niveau du fond de fosse résiduel situé au pied de la future verse.

En phase ultime le drainage de la plateforme sommitale se fera en surface via un caniveau aménagé au niveau de la piste frontale la verse (Caniveau N°3). La décantation des eaux collectées par le caniveau se fera au niveau du fond de fosse résiduel situé au pied du talus Nord de la verse.

La mise hors d'eau du site de stockage durant les différentes phases de construction se fera par un caniveau aménagé le long de la piste d'accès située en amont de la verse (Caniveau N°2).

Les débits de pointes collectés par les différents ouvrages de drainage sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau N° 1 : Caractéristiques hydrologiques

Exutoires	S BV	Tc	I20	Q20	I100	Q100	Débit spécifique
	(ha)	(min)	(mm/h)	(m³/s)	(mm/h)	(m³/s)	(m³/s/km²)
Mèches N°1, 2 et 3 (au démarrage des travaux)	8.02	21.56	107	2.4	129	2.89	36.03
Caniveau N°1	7.27	23.09	106	2.14	128	2.59	35.62
Caniveau N°2	1.94	14.02	119	0.64	138	0.74	38.14
Caniveau N°3	4.7	22.69	106	1.39	128	1.68	35.74

4. CONTEXTE GEOTECHNIQUE

4.1. Contexte géologique de la verse

Les sondages réalisés au droit de la zone du projet permettent d'identifier deux types de profils géologiques caractérisant l'assise de la verse.

En effet, du côté Sud, la verse a été construite directement sur le terrain naturel. A ce niveau, le profil géologique serait composé du haut en bas par les trois horizons suivants ; (Cf. Figures N°11 et 13) :

- Un horizon de latérites en place identifié localement avec une épaisseur maximale ne dépassant pas les 12 m ;

- Un horizon de saprolites terreuses dont l'épaisseur est très variable et pouvant atteindre les 24 m ;
- Des saprolites rocheuses fracturées.

Par ailleurs, du côté Nord, la verse sera construite par comblement des niveaux défruités générés par l'exploitation. Ainsi, le fond de fosse faisant l'objet du comblement serait principalement formé de matériaux rocheux; (Cf. Figures N°11 et 12).

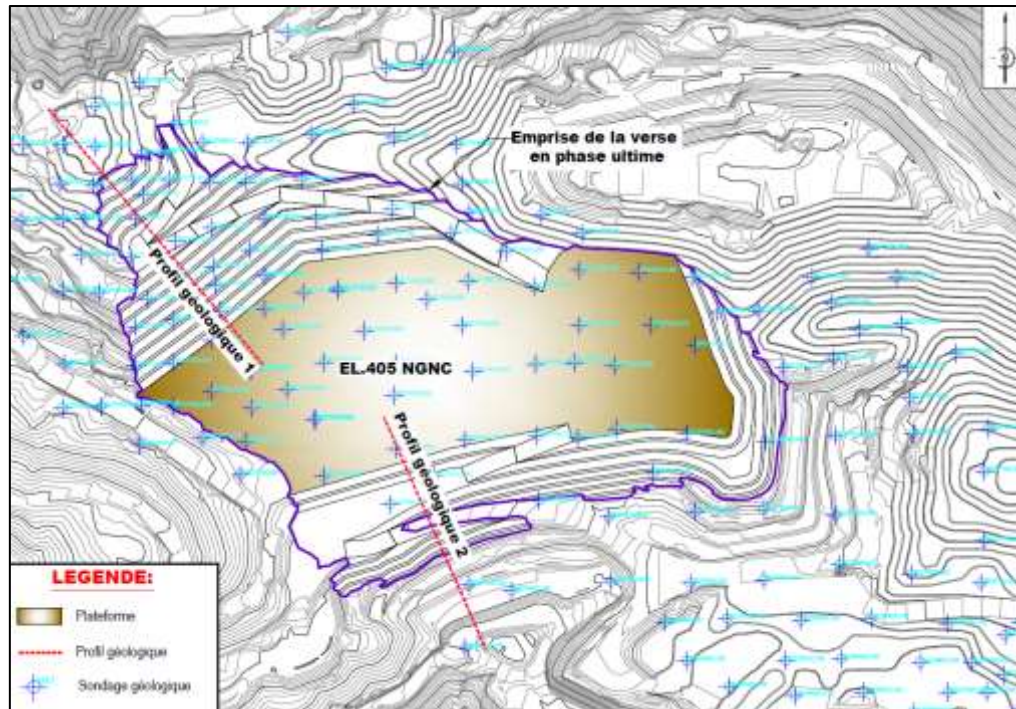


Figure N° 11 : Implantation des profils géologiques

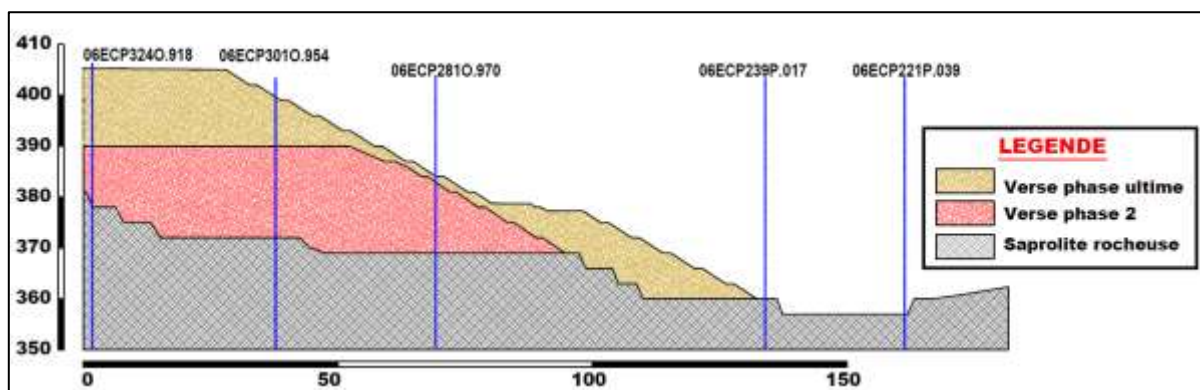


Figure N° 12 : Profil géologique N°1 – Au niveau de la partie Nord de l'assise

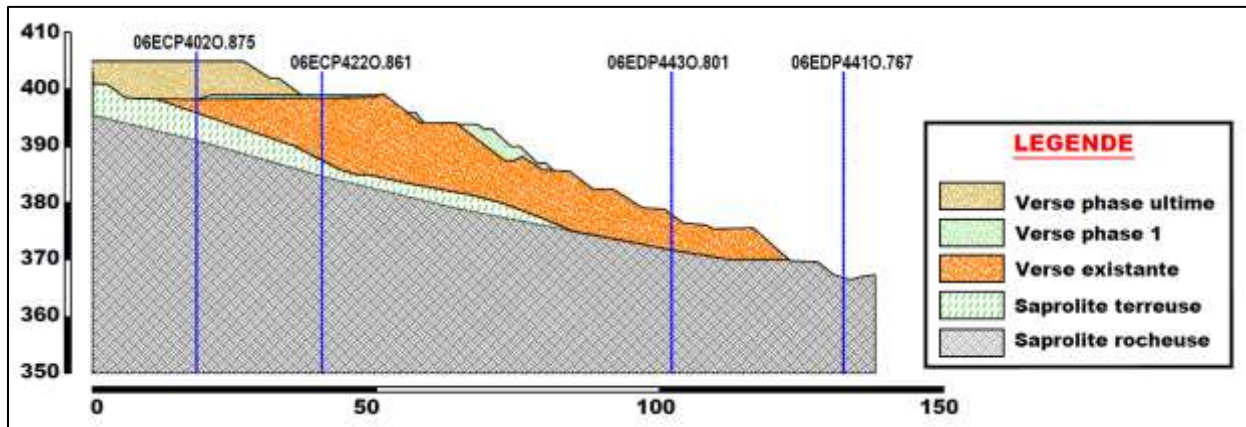


Figure N° 13 : Profil géologique N°2 – Au niveau de la partie Sud de l'assise

4.2. Caractérisation des matériaux constitutifs de la verse et de l'assise

4.2.1. Latérites stockées en verse

Les caractéristiques intrinsèques des latérites remaniées de la mine de Dothio ne présentent pas de différences significatives par rapport à celles des latérites des autres centres miniers :

- Elles ont une teneur en eau de l'ordre de 40%. Elles sont souvent proches de la saturation. Leur poids volumique humide est proche de 20 KN/m³.
- Leur cohésion non drainée est très variable. Elle dépend de la teneur en eau. Leur angle de frottement non drainé varie de 17° à 37° pour une réduction de la teneur en eau de 27 à 52 %.
- Leur cohésion intrinsèque est supérieure à 10 KPa. L'angle de frottement intrinsèque est de l'ordre de 38°.
- Elles sont moyennement compressibles (C_c de l'ordre de 0,2). Leur consolidation primaire est plutôt rapide (C_v de l'ordre de 10⁻² cm²/s). Sous charge fixe, elles subissent un fluage lent générant des tassements normaux assez importants.

4.2.2. Les latérites en place

Les latérites en place sont issues d'une altération en place de la roche mère. Ces matériaux présentent un comportement de sol limoneux avec des caractéristiques mécaniques peu variables à l'échelle de la Nouvelle Calédonie.

La campagne de caractérisation réalisée sur les différents centres de la SLN donne les résultats présentés dans le tableau N°2. La cohésion est proche de 15 KPa et l'angle de frottement est proche de 35°.

4.2.3. Sapolites terreuses

La couche de sapolites terreuses est très hétérogène. Elle est composée de limons argileux et de blocs rocheux dispersés.

Dans ce qui suit, nous allons adopter un angle de frottement de 25° et une cohésion drainée de 10 kPa. Ainsi, ce matériau constitue une surface de moindre résistance, comparés aux latérites en place et aux latérites en verse.

Tableau N° 2 : Statistiques sur le groupe de faciès terreux des centres SLN (moyenne - écart type)

Variables	Grp1 Alt 4	Grp2 Alt 5	Grp3 Latérite en place
effectifs	20	15	12
γ_d (kN/m ³)	12.4 – 2.5	11.4 – 3	9.5 - 1.5
γ_s (kN/m ³)	27 – 1.4	28 – 2.5	32 – 0.6
Sr (%)	77 – 16	83 – 20	96 - 10
w (%)	40 – 21	47 – 17	72 - 11
w _L (%)	60 – 14	74 – 12	70 - 6
IP	14 – 5	20 – 6	19 - 3.6
c (kPa)	42 – 24	50 – 37	35 - 24
Φ (°)	26.5 - 11	29 – 8.5	39 - 6

4.2.4. Saprolites rocheuses

Pour les saprolites rocheuses, nous avons considéré un angle de frottement de 35° et une cohésion de 40 kPa ce qui correspond à la valeur minimale.

4.3. Caractérisation des matériaux constitutifs de la verse et de l'assise

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°3.

Tableau N° 3 : 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	15	35
Saprolites terreuses	20	10	25
Saprolites rocheuses	22	>40	35

5. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Les conditions hydrogéologiques du site sont similaires aux conditions générales qu'on rencontre dans les massifs de péridotites en Nouvelle Calédonie à savoir :

- La partie sommitale du massif composée de plateaux ou de zones de faibles pentes permet une infiltration de l'eau de ruissellement à travers la couche de latérites et de

saprolites terreuses qui présentent des perméabilités en grand non négligeable (de l'ordre de 10^{-5} m/s).

- L'eau percole verticalement dans les saprolites rocheuses selon un chemin préférentiel correspondant aux zones les plus fracturées.
- Les sous-écoulements verticaux se bloquent souvent au niveau de la semelle de serpentine subhorizontale et donnent naissance à des résurgences d'eau sur les flancs du massif.
- Pendant la saison pluvieuse, une nappe temporaire peut se former dans les zones les plus fracturées du massif avec un niveau hydrostatique qui est souvent à plus de 10 m sous le toit des saprolites rocheuses.

Etant donné que le site de la verse se situe en crête du massif, il ne comporte aucune résurgence.

Nous estimons que ce contexte hydrogéologique est favorable à l'implantation de la verse « Revanche » et ne présente aucune contrainte qui nécessite la prise de dispositions particulières au moment de la construction de la verse.

6. JUTIFICATION DU DISPOSITIF DE DRAINAGE

6.1. Présentation du dispositif de drainage de la verse « Revanche »

6.1.1. Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche – Phase 1 »

La verse « Revanche – Phase 1 » est une rehausse de la verse existante. Actuellement, le drainage de la verse existante se fait moyennant une mèche existante. Cette mèche est située actuellement à la cote 393 NGNC, soit sous le talus Nord de la future verse « Phase 1 ».

Ainsi, cette mèche ne peut pas être utilisée durant la construction de la verse « Phase 1 » qui sera montée en dôme.

Au démarrage des travaux de construction de la verse « Revanche – Phase 1 », l'exploitant doit basculer à un drainage en surface.

En effet, les eaux de ruissellement provenant de la plateforme sommitale ultime seront interceptées par le caniveau N°1 aménagé au niveau de la piste frontale projetée sur le flanc Sud de la verse « Phase 1 ».

Les eaux évacuées par le caniveau N°1 seront décantées dans le bassin de sédimentation aménagé en aval de la verse ; (Cf. Figures N°14 et 15).

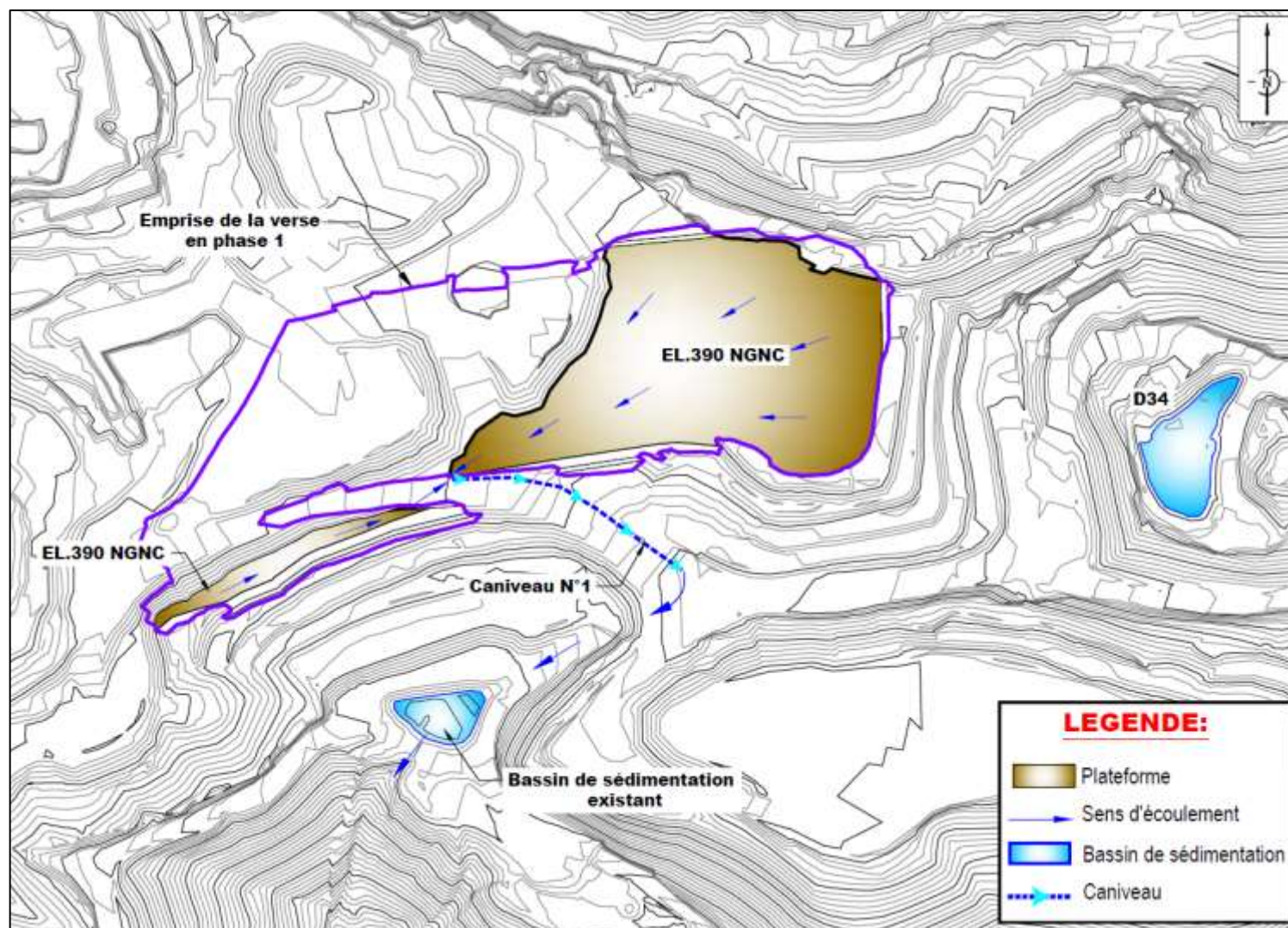


Figure N° 14 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche - Phase 1 »

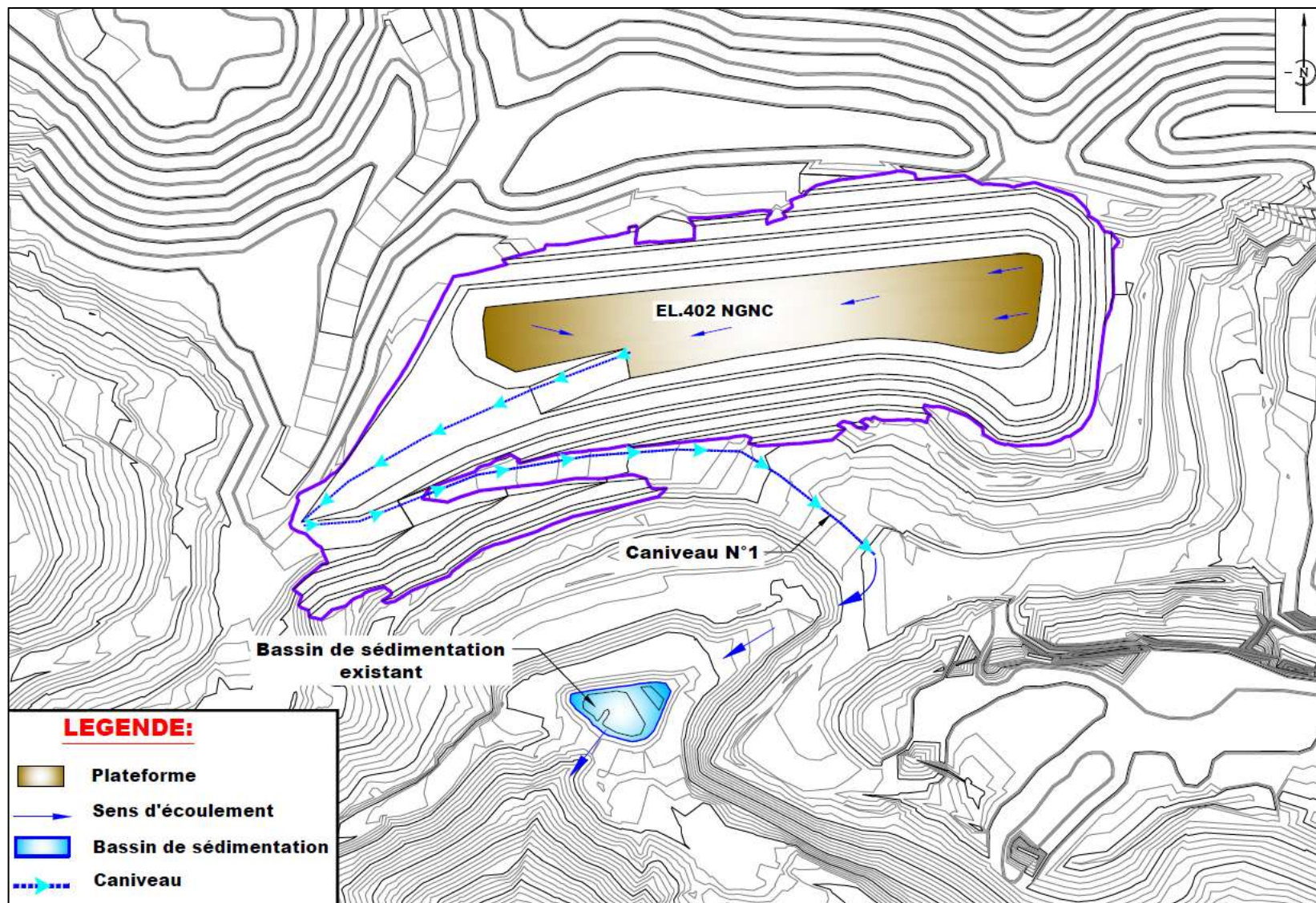


Figure N° 15 : Dispositif de drainage à la fin de la construction de la verse « Revanche - Phase 1 »

6.1.2. Dispositif de drainage de la verse au cours de la construction de la verse « Revanche – Phase 2 »

En dessous de la cote 378 NGNC

Au cours de la construction de la verse « Revanche – Phase 2 » et avant d'atteindre la cote 387 NGNC, le drainage de la plateforme sommitale se fera moyennant trois mèches en enrochement placées contre le talus de la fosse :

- Mèche N°1 : C'est la mèche principale. L'aménagement de cette mèche nécessite des travaux de déblais permettant de connecter les deux fonds de fosses situés à la cote 360 NGNC et d'assurer ainsi l'acheminement des eaux en dehors de la zone de stockage ;
- Mèche N°2 : Cette mèche sera aménagée à partir de la cote 360 NGNC et elle sera connectée à la mèche N°1 ;
- Mèche N°3 : Cette mèche sera également connectée à la mèche N°1. Elle contribuera au drainage de la verse « Phase 2 » et ce, jusqu'à atteindre la cote 378 NGNC. Toutefois, elle ne sera pas mise hors d'eau et elle sera utilisée par la suite durant la construction de la verse « Phase 3 ».

Les eaux de ruissellement collectées par les mèches seront décantées dans le fond de fosse résiduel situé en aval de la verse « Phase 2 » ; (Cf. Figure N°16).

Entre les cotes 378 et 385 NGNC

A partir de la cote 378 NGNC et avant d'atteindre la cote 385 NGNC, le drainage de la plateforme sommitale de la verse « Phase 2 » se fera moyennant deux mèches en enrochement placées contre le talus de la fosse : Mèche N°1 et mèche N°2.

La mèche N°1 contribuera ainsi au drainage de la verse « Phase 2 » et ce, jusqu'à atteindre la cote 385 NGNC. Toutefois, elle ne sera pas mise hors d'eau et elle sera réutilisée par la suite durant la construction de la verse « Phase 3 ».

Les eaux de ruissellement collectées par les deux mèches seront décantées dans le fond de fosse résiduel situé en aval de la verse « Phase 2 » ; (Cf. Figure N°17).

A partir de la cote 385 NGNC

A partir de la cote 385 NGNC et jusqu'à atteindre la cote 390 NGNC, le drainage de la plateforme sommitale de la verse « Phase 2 » se fera moyennant la mèche N°2. Les eaux de ruissellement collectées par la mèche N°2 transiteront par la mèche N°1 et seront ainsi décantées dans le fond de fosse résiduel situé en aval de la verse « Phase 2 » ; (Cf. Figure N°18).

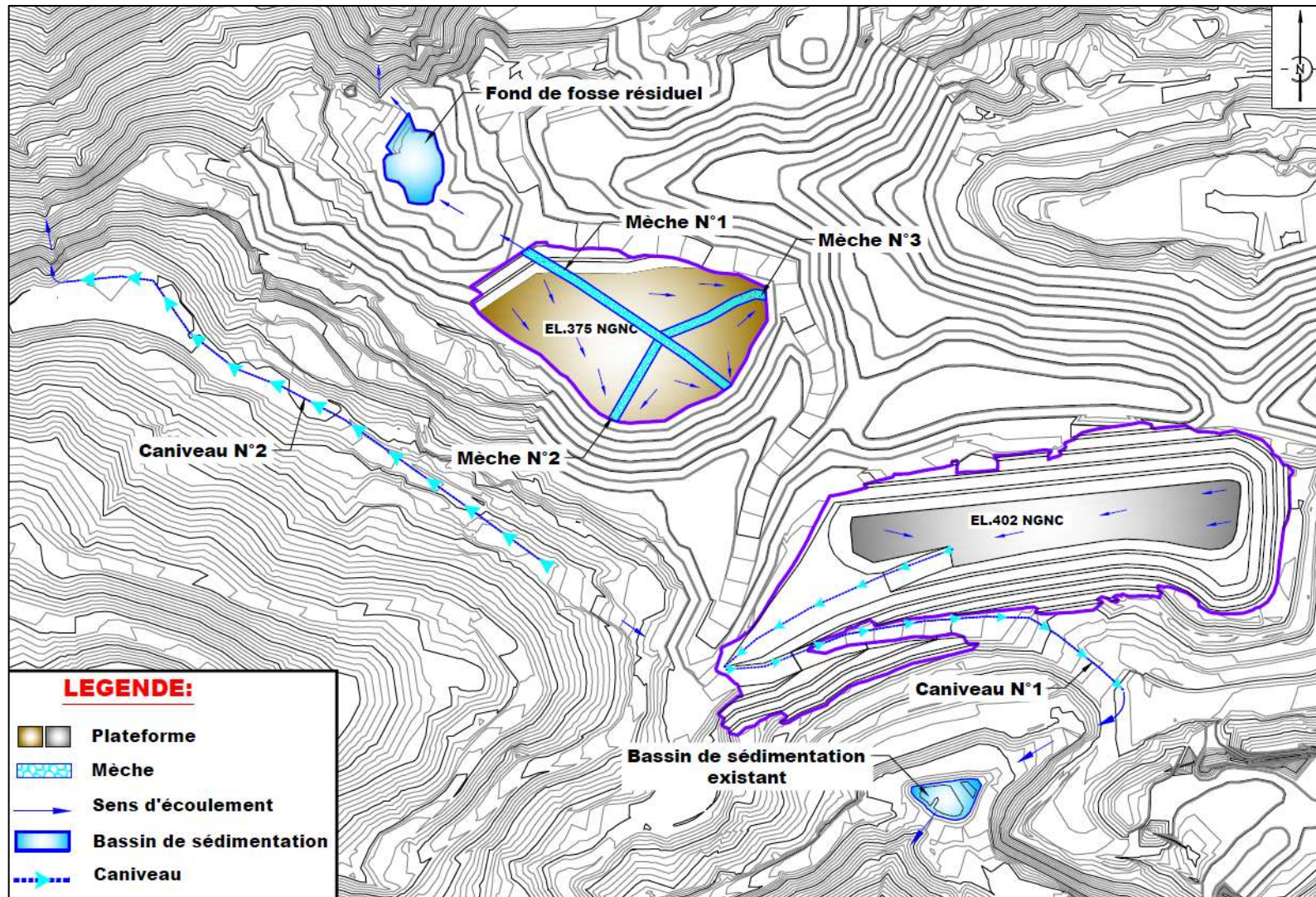


Figure N° 16 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche - Phase 2 » - En dessous de la cote 378 NGNC

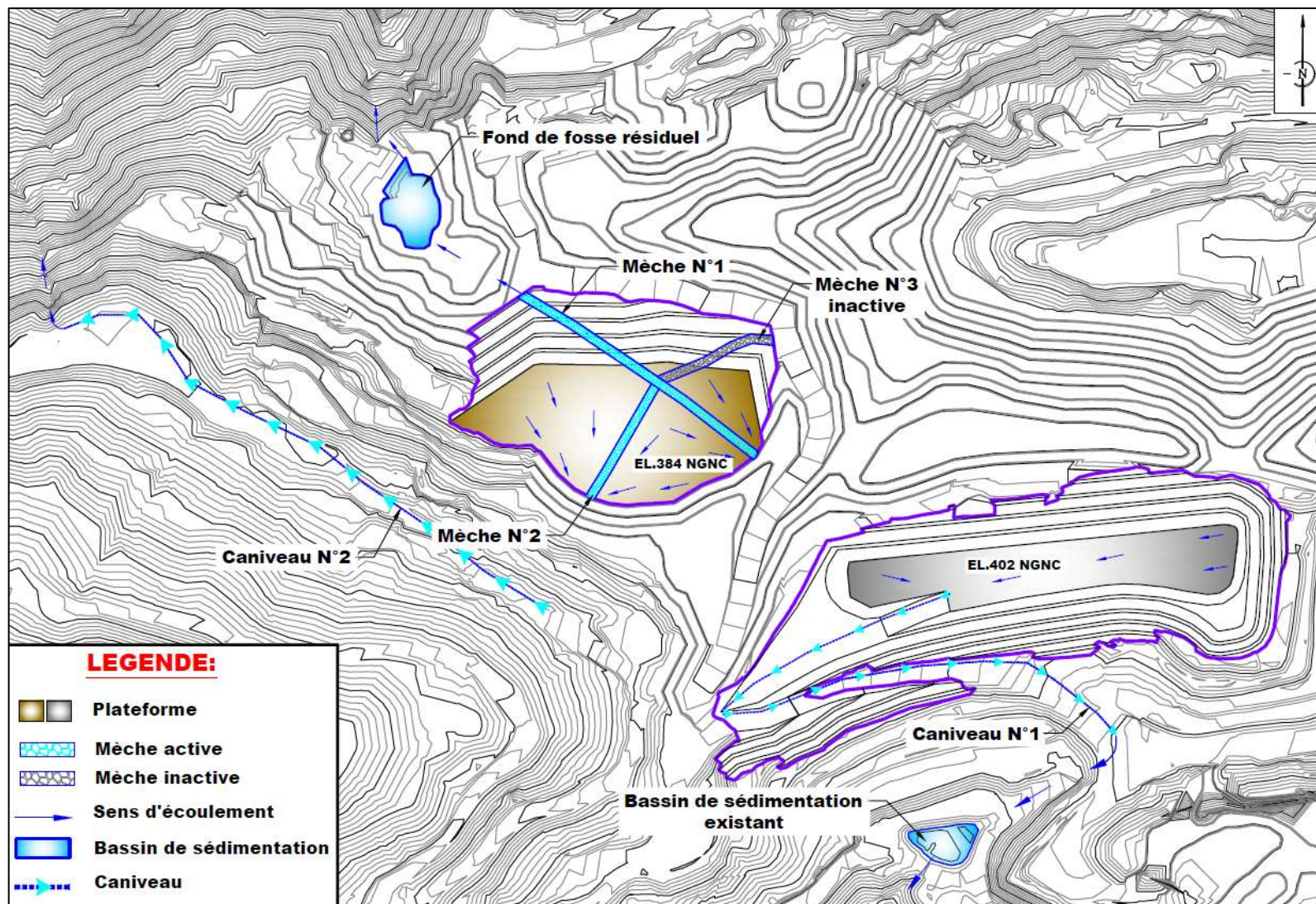


Figure N° 17 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche - Phase 2 » - Entre les cotes 378 et 385 NGNC

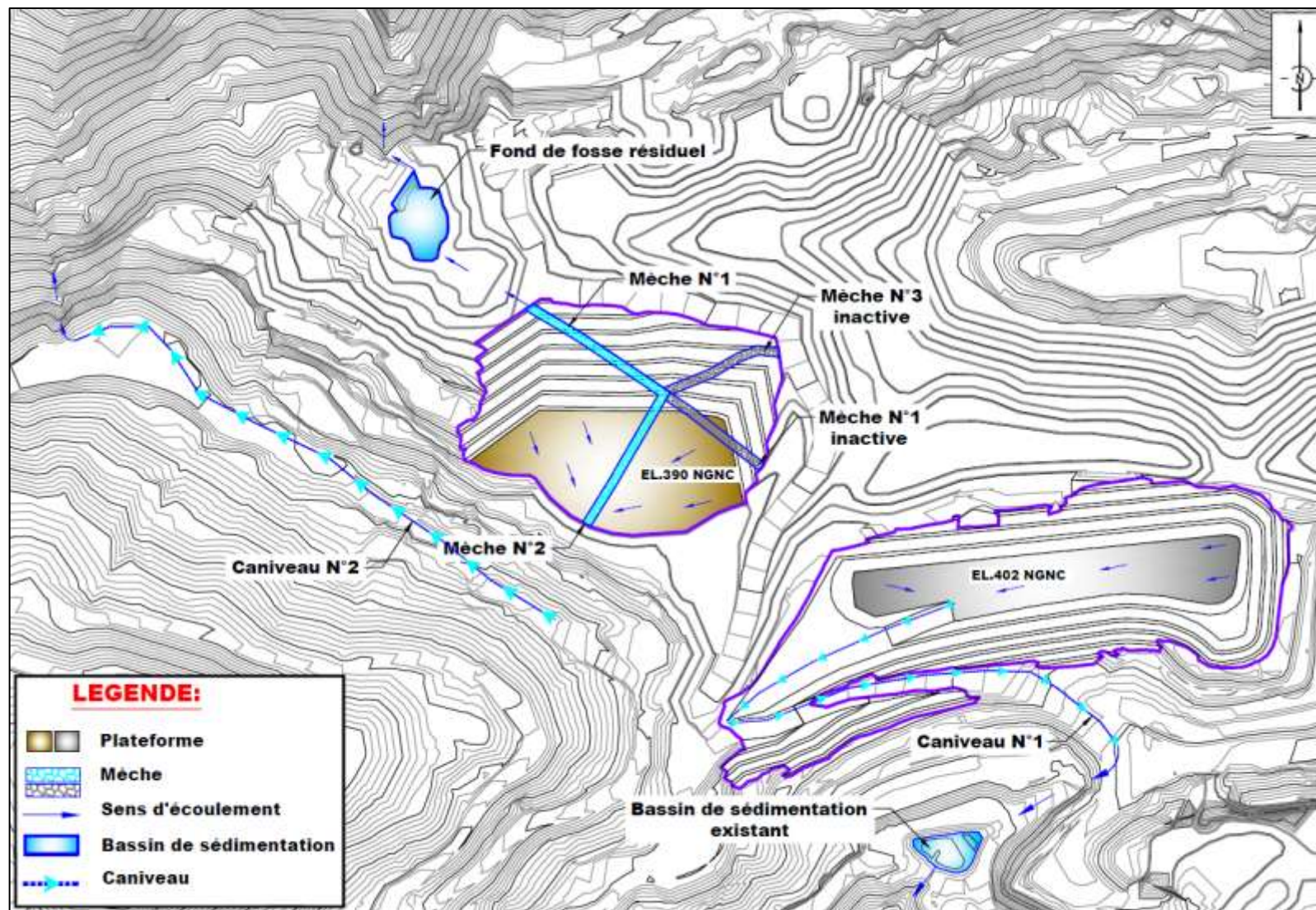


Figure N° 18 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche - Phase 2 » - A partir de la cote 385 NGNC

6.1.3. Dispositif de drainage de la verse au cours de la construction de la verse « Revanche – Phase 3 »

En dessous de la cote 378 NGNC

Le stockage des latérites durant la troisième phase se fera à partir du fond de fosse situé à la cote 360 NGNC puis monte contre le talus de la verse « Phase 2 ».

Si l'exploitant envisage de démarrer le stockage durant la saison sèche, il est possible de construire la verse jusqu'à la cote 378 NGNC sans drainage.

Par ailleurs, si la construction de la verse « Phase 3 » se fera durant la saison pluvieuse, l'exploitant doit mettre en place deux mèches en cheminée (mèches en cheminée N°1 et N°2) et ce, durant la construction de la verse « Phase 2 » : (Cf. Figures N°19 et 20).

- La mèche en cheminée N°1 sera connectée à la mèche N°1. Elle permettra le drainage de la plateforme sommitale et ce jusqu'à atteindre la cote 375 NGNC. Les eaux collectées par la mèches en cheminée transiteront par la mèche N°1 et seront décantées au niveau du fond de fosse résiduel situé au pied de la verse. A partir de la cote 375 NGNC, la mèche en cheminée N°1 sera mise hors d'eau et fermée par un bouchon de latérites compactées ;
- La mèche en cheminée N°2 sera connectée à la mèche N°1. Elle permettra le drainage de la plateforme sommitale et ce entre les cotes 375 et 378 NGNC. Les eaux collectées par la mèche en cheminée transiteront par la mèche N°1 et seront décantées au niveau du fond de fosse résiduel situé au pied de la verse. A partir de la cote 378 NGNC, la mèche en cheminée N°2 sera mise hors d'eau et fermée par un bouchon de latérites compactées.

Entre les cotes 378 et 385 NGNC

A partir de la cote 378 NGNC et avant d'atteindre la cote 385 NGNC, le drainage de la plateforme sommitale se fera par la mèche N°3.

Les eaux de ruissellement collectées par la mèche N°3 transiteront par la mèche N°1 puis seront décantées dans le fond de fosse résiduel situé au pied de la verse « Phase 3 » ; (Cf. Figure N°21).

A partir de la cote 385 NGNC

A partir de la cote 385 NGNC, la mèche N°1 sera prolongée. Ainsi, le drainage de la plateforme sommitale de la verse « Revanche – Phase 3 » se fera moyennant trois mèches en enrochement placées contre le talus de la fosse : (Cf. Figure N°22) :

- Mèches N°1 : La mèche N°1 sera aménagée durant la construction de la verse « Phase 2 » et sera prolongée durant la phase 3. A partir de la cote 397 NGNC, la mèche N°1 montera contre le talus Nord de la verse « Phase 1 ». La mèche N°1 demeure fonctionnelle et ce jusqu'à atteindre la phase ultime ;
- Mèche N°2 : La mèche N°2 sera aménagée durant la construction de la verse « Phase 2 » et sera prolongée durant la phase 3. La mèche N°2 demeure fonctionnelle et ce jusqu'à atteindre la phase ultime ;
- Mèche N°3 : La mèche N°3 sera aménagée durant la construction de la verse « Phase 2 et sera prolongée durant la phase 3. A partir de la cote 385 NGNC, cette mèche montera en cheminée.

Les eaux de ruissellement collectées par les trois mèches seront décantées dans le fond de fosse résiduel situé au pied de la verse « Phase 3 ».

6.1.4. Dispositif de drainage de la verse en phase ultime

En phase ultime, la gestion des eaux se fera en surface. En effet, les eaux de ruissellement provenant de la plateforme sommitale ultime seront interceptées par le caniveau N°3 aménagé projeté le long de la piste frontale du flanc Nord de la verse.

Ainsi, la plateforme sommitale de la verse sera nivelée vers le caniveau. Les eaux collectées seront décantées dans le fond de fosse résiduel situé au pied de la verse ; (Cf. Figure N°23).

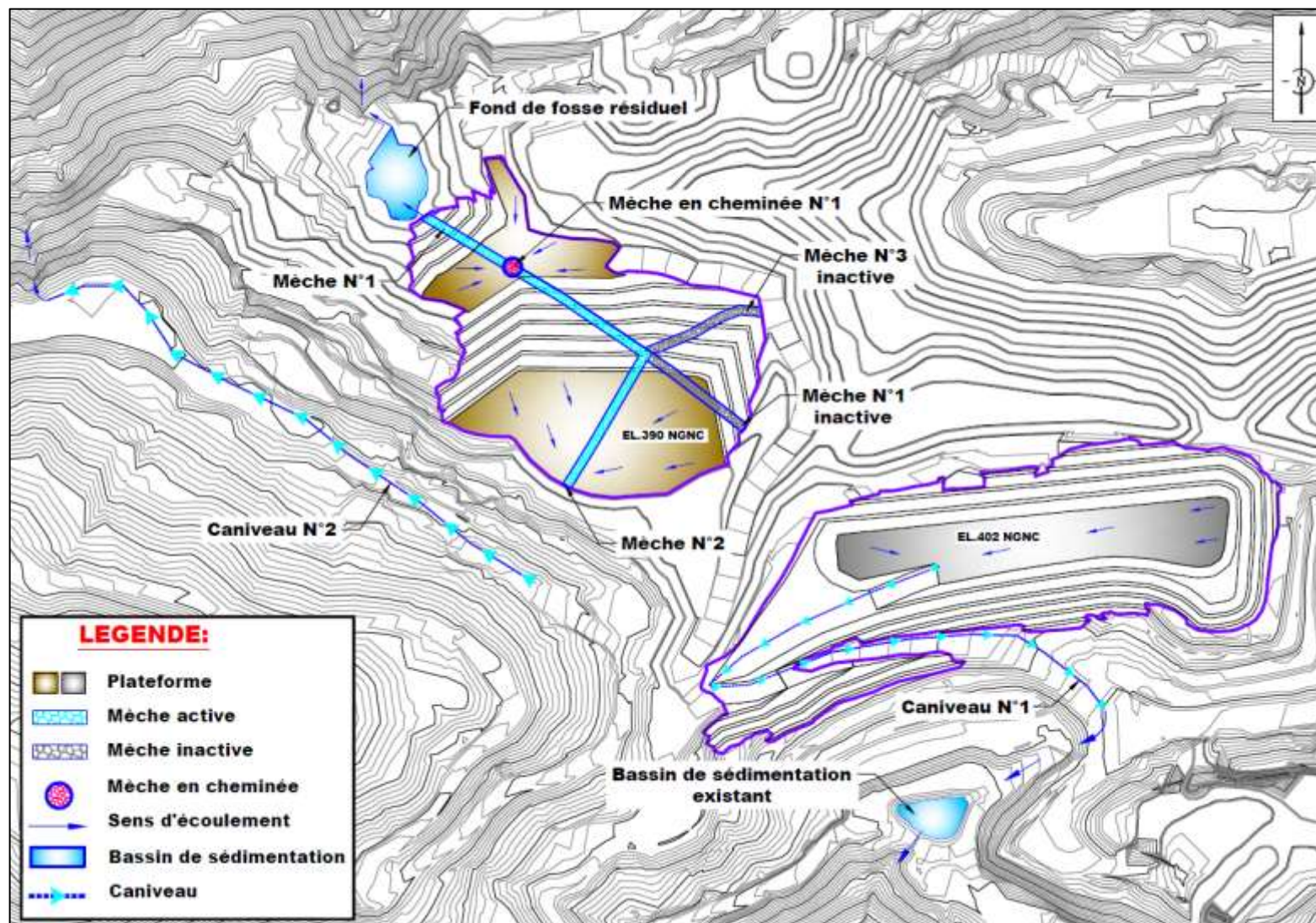


Figure N° 19 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la versée « Revanche - Phase 3 » - En dessous de la cote 375 NGNC

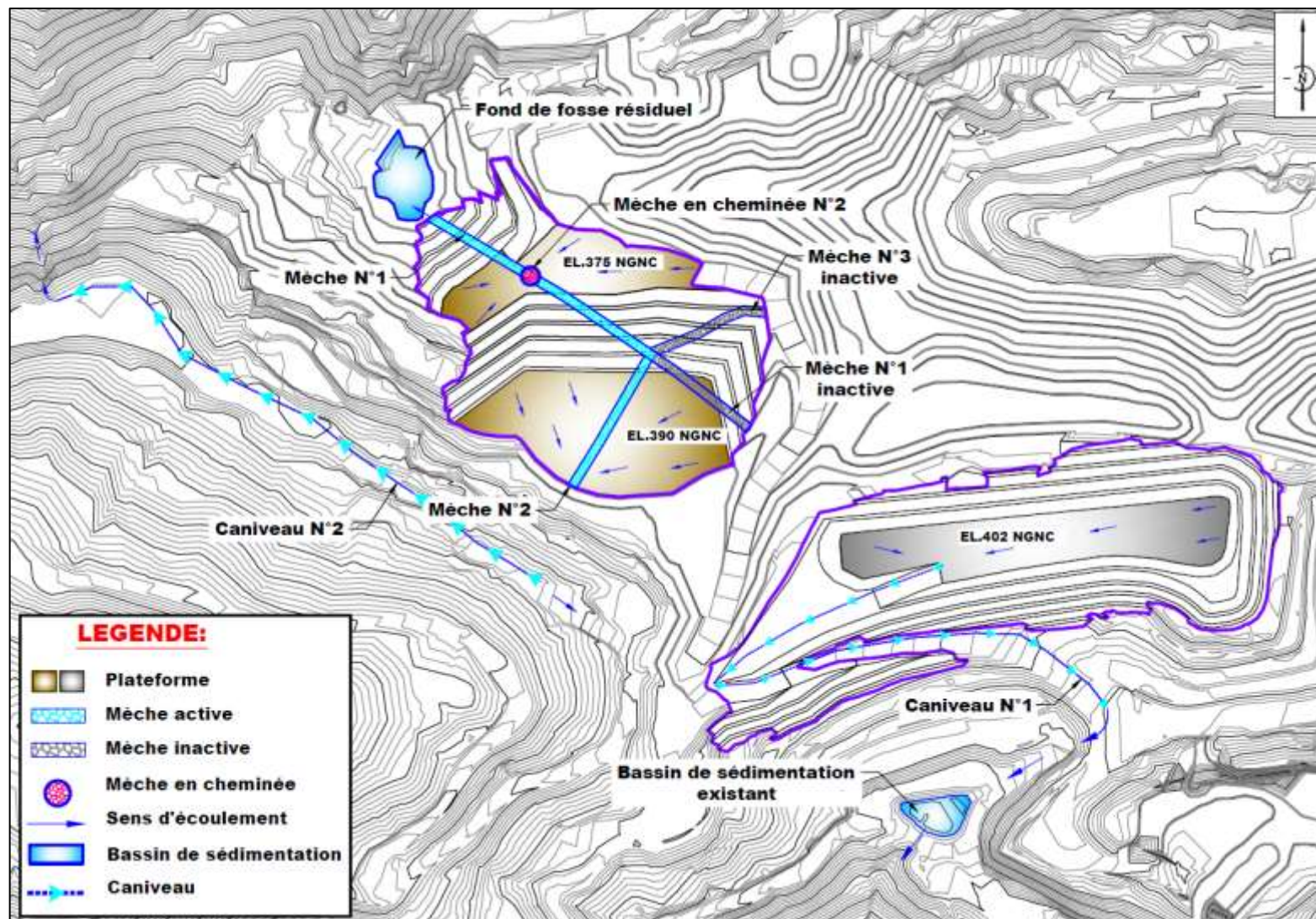


Figure N° 20 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche - Phase 3 » - Entre les cotes 375 et 378 NGNC

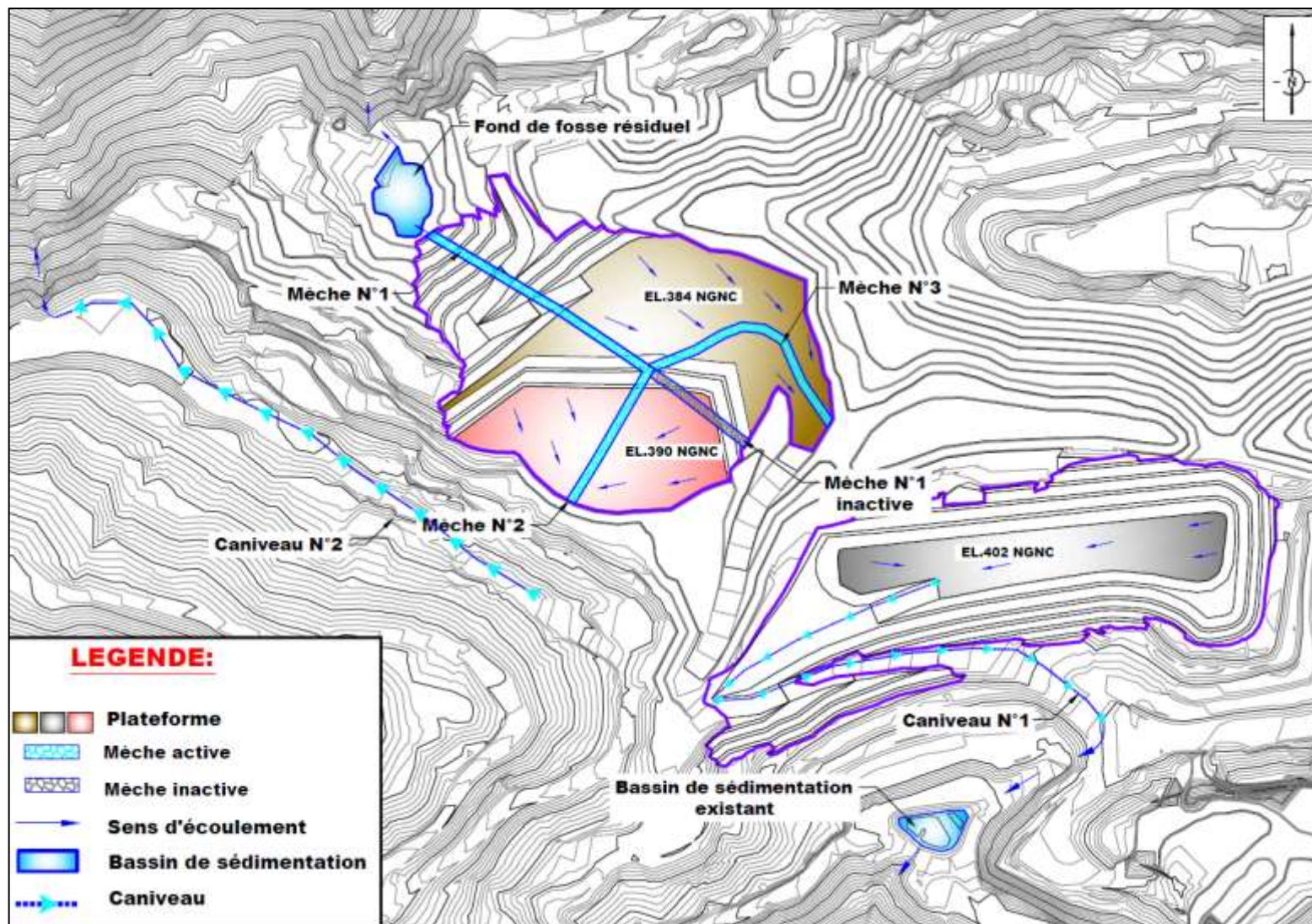


Figure N° 21 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche - Phase 3 » - Entre les cotes 378 et 385 NGNC

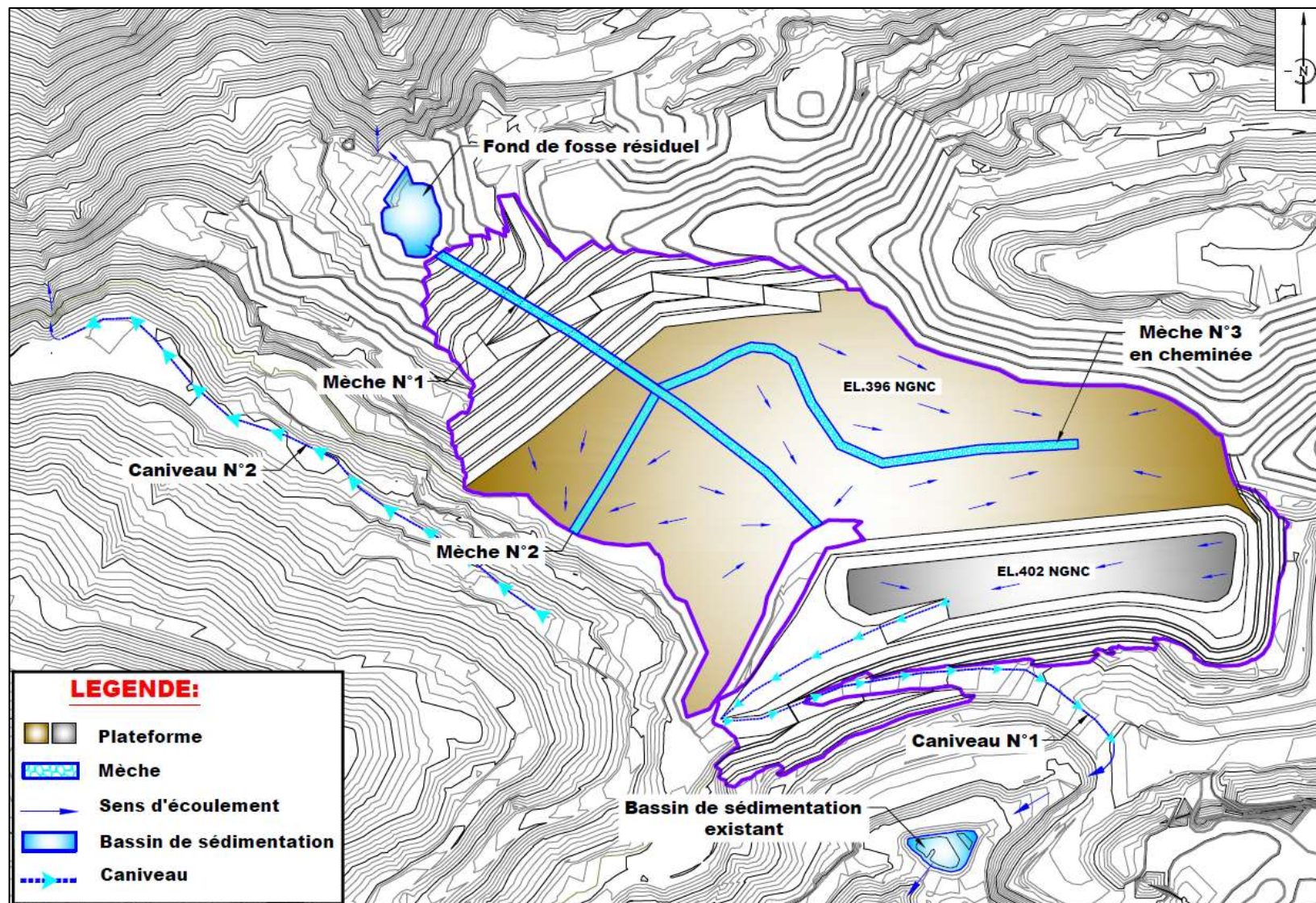


Figure N° 22 : Dispositif de drainage au cours de la construction de la verse « Revanche - Phase 3 » - A partir de la cote 385 NGNC

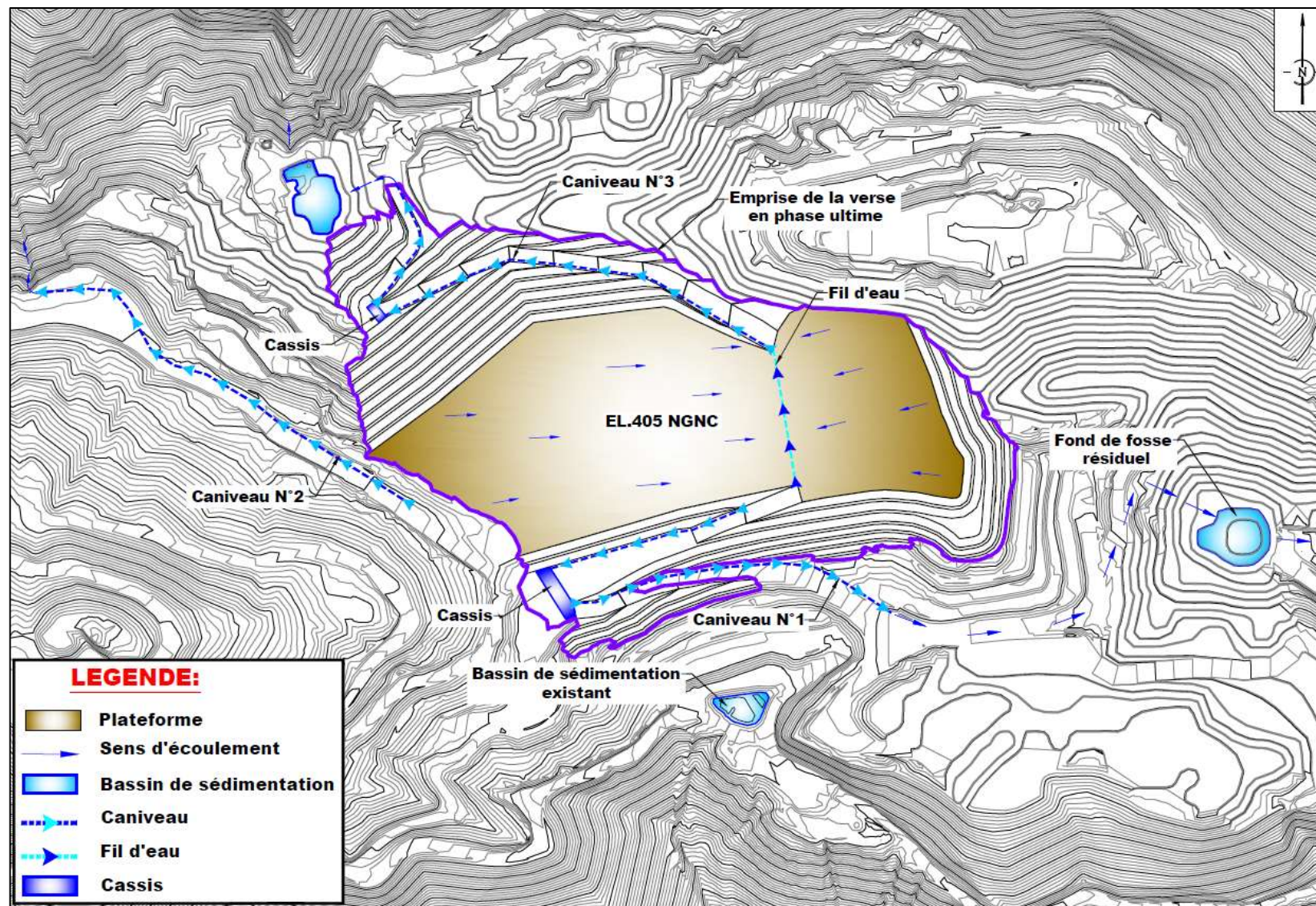


Figure N° 23 : Dispositif de drainage de la verse « Revanche » - En phase ultime

6.2. Présentation du dispositif de drainage

6.2.1. Mèche en cheminées N°1 et 2

Au démarrage des travaux de construction de la verse « Phase 3 », le drainage de la plateforme sommitale se fera par deux mèches en cheminée (Mèches en cheminée N°1 et 2). Chaque mèche sera aménagée avec une section de 5 m².

Ces mèches seront connectées à la mèche N°1 ; (Cf. Figures N°24). Elles permettront de drainer la plateforme sommitale de la verse « Phase 3 » et ce, jusqu'à la cote 378 NGNC.

A partir de la cote 375 NGNC, la mèche en cheminée N°1 sera mise hors d'eau et fermée par un bouchon de latérites compactées.

Par ailleurs, à partir de la cote 378 NGNC, la mèche en cheminée N°2 sera mise hors d'eau et fermée par un bouchon de latérites compactées.

6.2.2. Mèche N°1

C'est la mèche principale qui sera aménagée au démarrage des travaux de construction de la verse « Phase 2 ». L'aménagement de cette mèche nécessite des travaux de déblais permettant de connecter les deux fonds de fosses situés à la cote 360 NGNC et d'assurer ainsi l'acheminement des eaux en dehors de la zone de stockage. Cette mèche contribuera au drainage de la verse « Phase 2 » et ce, jusqu'à atteindre la cote 385 NGNC. Toutefois, elle ne sera pas mise hors d'eau et elle sera utilisée par la suite durant la construction de la verse « Phase 3 » ; (Cf. Figure N°24).

Ainsi, au démarrage des travaux de construction de la verse « Phase 3 », la mèche N°1 sera prolongée. A partir de la cote 397 NGNC, la mèche N°1 montera contre le talus Nord de la verse « Phase 1 ». La mèche N°1 demeure fonctionnelle et ce jusqu'à atteindre la phase ultime.

Elle permettra de drainer une partie des eaux de ruissellement transitant à travers la plateforme sommitale de la verse « Phase 3 ».

Le débit vingtennal évacué par la mèche N°1 est évalué à 2.4 m³/s. Au niveau de la zone nécessitant des travaux de déblais, nous recommandons de remodeler le fond de fosse de façon à assurer une pente minimale de 5%. A ce niveau la mèche fera une section de 35 m².

La mèche N°1 montera par la suite contre le talus de la fosse qui présente une pente moyenne de 40%. A ce niveau, la mèche N°1 présentera une section de 15 m².

En phase ultime, la mèche N°1 sera mise hors d'eau et fermée par un bouchon de latérites compactées.

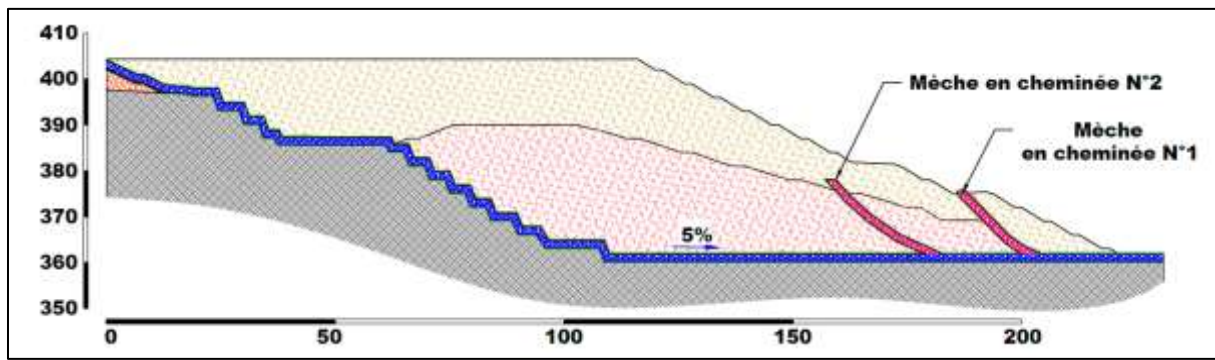


Figure N° 24 : Profil en long de la mèche N°1

6.2.3. Mèche N°2

Cette mèche sera aménagée à partir du fond de fosse calé à la cote 360 NGNC et montera contre le talus de la fosse. Elle sera connectée à la mèche N°1 et contribuera au drainage de la verse « Phase 2 » et ce, jusqu'à atteindre sa cote ultime, soit la cote 390 NGNC.

La mèche N°2 sera prolongée au cours de la construction de la verse « Phase 3 » et contribuera ainsi au drainage des eaux de ruissellement provenant de la plateforme sommitale de la verse « Phase 3 » ; (Cf. Figure N°25).

Le débit vingtennal évacué par les mèches N°2 est évalué à 0.8 m³/s. La pente moyenne le long du tracé de la mèche est de l'ordre de 50%. Ainsi, cette mèche présentera une section de 10 m².

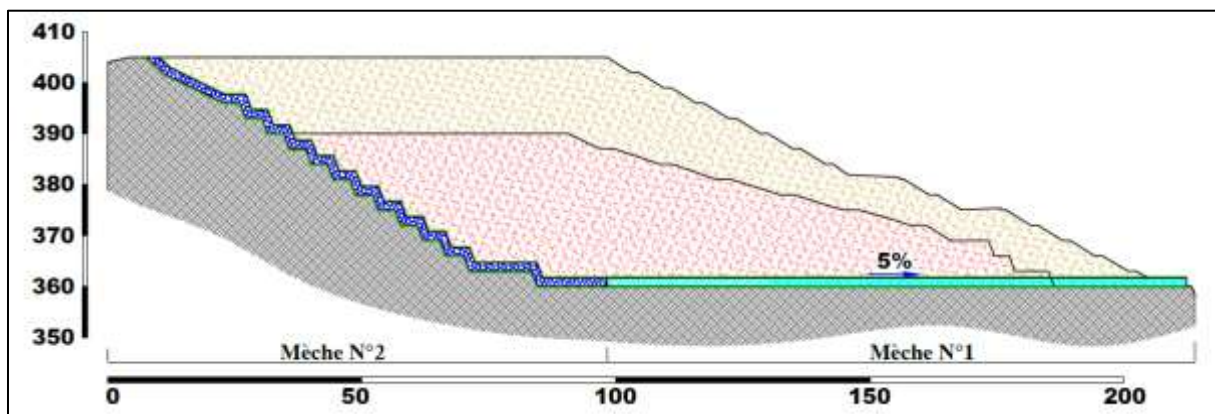


Figure N° 25 : Profil en long de la mèche N°2

6.2.1. Mèche N°3

La mèche N°3 sera aménagée au démarrage de la construction de la verse « Phase 2 ». Elle permettra de drainer une partie des eaux de ruissellement transitant à travers la plateforme sommitale de la verse « Revanche – Phase 2 » et ce jusqu'à atteindre la cote 378 NGNC. Toutefois, elle ne sera pas mise hors d'eau et elle sera prolongée durant la construction de la verse « Phase 3 » pour assurer le drainage de la plateforme sommitale.

La mèche N°3 évacuera un débit vintennal de l'ordre de 0.8 m^3 . Elle sera aménagée contre le talus de la fosse. La pente moyenne le long du tracé de la mèche est de l'ordre de 60% au niveau des fortes pentes et 5% au niveau des replats; (Cf. Figure N°26).

Ainsi, cet ouvrage présentera une section de 15 m^2 au niveau des replats et 10 m^2 au niveau des fortes pentes.

A partir de la cote 385 NGNC, des travaux de déblais permettant d'ouvrir le fond de fosse doivent être réalisés.

La mèche N°3 sera par la suite montée en cheminée. La mèche en cheminée doit être aménagée avec une section minimale estimée à 5 m^2 .

En phase ultime, la mèche N°3 sera mise hors d'eau et fermée par un bouchon de latérites compactées.

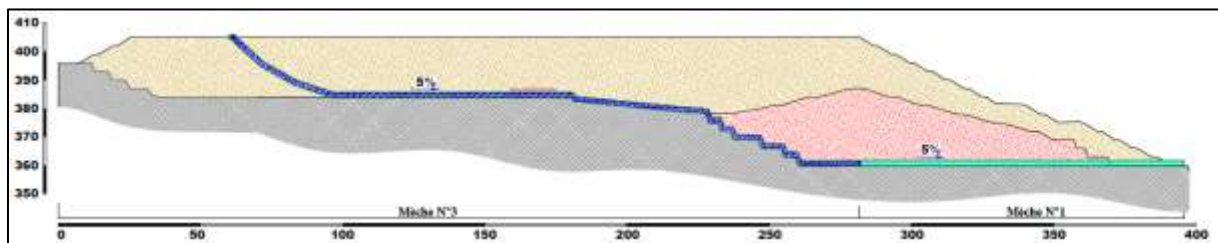


Figure N° 26 : Profil en long de la mèche N°3

6.2.2. Caniveau N°1

Au cours de la construction de la verse « Phase 1 », les eaux de ruissellement provenant de la plateforme sommitale ultime seront interceptées par le caniveau N°1 aménagé au niveau de la piste frontale projetée sur le flanc Sud de la verse « Phase 1 ». Le débit centennal évacué par le caniveau N°1 est évalué à $2.59 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ainsi, le caniveau fera 1 m de largeur à la base sur 1 m de profondeur et sera revêtu en enrochements ϕ 200 à 300 mm sur une épaisseur de 50 cm, posés sur du géotextile séparateur.

6.2.3. Caniveau N°2

Le caniveau N°2 sera aménagé le long de la piste d'accès située en amont de la verse. Cet ouvrage permettra d'intercepter une partie des eaux de ruissellement provenant du bassin versant résiduel et de les acheminer en dehors de la zone de stockage. Le débit centennal évacué par le caniveau N°2 est évalué à $0.74 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ainsi, le caniveau N°2 fera 1 m de largeur à la base sur 1 m de profondeur et sera revêtu en enrochements ϕ 200 à 300 mm sur une épaisseur de 50 cm, posés sur du géotextile séparateur.

6.2.4. Caniveau N°3

En phase ultime, le drainage de la plateforme sommitale se fera en surface moyennant un caniveau aménagé au niveau de la piste d'accès de la verse. Le débit centennal évacué par le caniveau est évalué à 1.68 m³/s.

Ainsi, le caniveau fera 1 m de largeur à la base sur 1 m de profondeur et sera revêtu en enrochements ϕ 200 à 300 mm sur une épaisseur de 50 cm, posés sur du géotextile séparateur.

6.3. Dimensionnement des ouvrages hydrauliques

6.3.1. Mèches

Au cours de la construction de la verse « Revanche », le drainage de la plateforme sommitale sera assuré par deux mèches en cheminées et trois mèches en enrochements placées contre le talus de la fosse ; (Cf. Figures N°29).

En appliquant la formule de Stephenson « 1979 », la section minimale S de la mèche est égale à :

$$S \geq Q \cdot \left(\frac{K_{st}}{gdn^2} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot i^{-\frac{1}{2}}$$

Avec :

$$\text{Coefficient de Stephenson : } K_{st} = \frac{800}{R_e} + K_t$$

R_e : nombre de Reynolds

K_t : paramètre représentant l'angularité de l'enrochement ($K=2$)

g : Constante gravitationnelle (m/s²)

d : diamètre moyen des blocs (=0,3m)

n : Porosité d'enrochement (=0,3)

i : gradient hydraulique = Dh/Dx avec h est la charge hydraulique

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques des différentes mèches :

Tableau N° 4 : Dimensions des mèches

Numéro de la mèche	Débit de la crue vingtennale	Pente au niveau des replats	Pente au niveau des fortes pentes	Section de la mèche au niveau des replats	Section de la mèche au niveau des fortes pentes
	(m ³ /s)	(%)	(%)	(m ²)	(m ²)
Mèche en cheminée N°1	2.4	-	-	5	
Mèche en cheminée N°2	2.4	-	-	5	
Mèche N°1	2.4	5	40	35	15
Mèche N°2	0.8	-	50	-	10
Mèche N°3 (en dessous de la cote 385 NGNC)	0.8	5	60	15	10
Mèche N°3 en cheminée (au-dessus de la cote 385 NGNC)	0.8	-	-	5	

Les mèches seront composées de blocs de diamètre $\phi 300$ à 500 mm correctement agencés et entourés par du géotextile séparateur ; (Cf. Figure N°27). En phase ultime, les mèches seront mises hors d'eau et colmatées par un bouchon de latérites compactées.

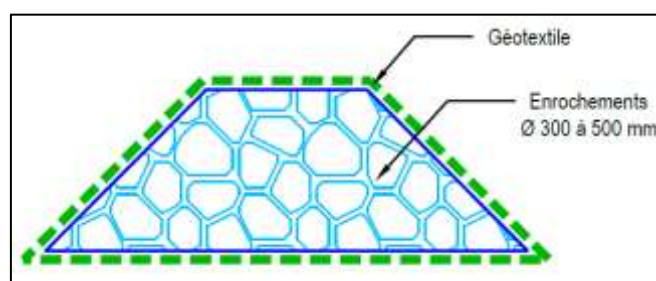


Figure N° 27: Coupe type de la mèche

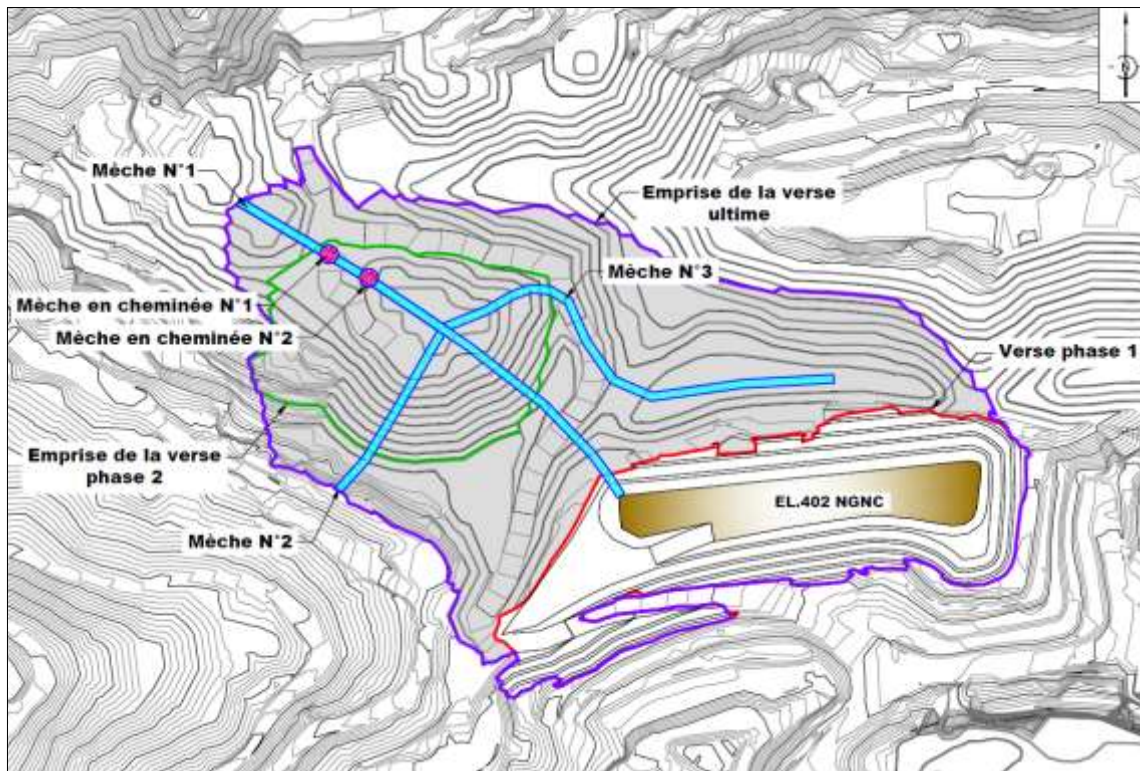


Figure N° 28 : Implantation des mèches

6.3.1. Caniveaux

Au cours de la construction de la verse « Phase 1 », le drainage de la plateforme sommitale se fera par le caniveau N°1 projeté le long de la piste frontale du talus Sud de la verse.

Les eaux de ruissellement provenant du bassin versant résiduel seront en partie interceptées par le caniveau N°2 projeté au niveau de la piste d'accès située en amont de la verse.

En phase ultime, le drainage de la plateforme sommitale se fera en surface moyennant le caniveau N°3 projeté le long la piste frontale du talus Nord de la verse.

Le dimensionnement des ouvrages à ciel ouvert est basé sur la formule de Manning-Strickler donnée par la formule :

$$Q = V.S = S.K.R_h^{2/3}.i^{1/2}$$

Avec : K : coefficient de Manning-Strickler (K=25)

R_h : Rayon hydraulique

I : pente de la descente

Étant donné que les caniveaux sont des ouvrages permanents, nous avons adopté la crue de récurrence centennale pour dimensionner cet ouvrage.

Les dimensions du caniveau ainsi que la charge lors du passage de la crue centennale sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau N° 5 : Dimensions des caniveaux

Ouvrage	Q100 (m ³ /s)	Pente moyenne (%)	Largeur à la base (m)	Profondeur (m)	Charge d'eau (m)	Vitesse maximale lors du passage de la crue centennale (m/s)
Caniveau N°1	2.59	7	1	1	0.537	3.14
Caniveau N°2	0.74	3	1	1	0.339	1.63
Caniveau N°3	1.68	10	1	1	0.384	3.17

Les caniveaux doivent être revêtus en enrochements ϕ 200 à 300 mm sur une épaisseur de 50 cm, posés sur du géotextile séparateur ; (Cf. Figure N°29).

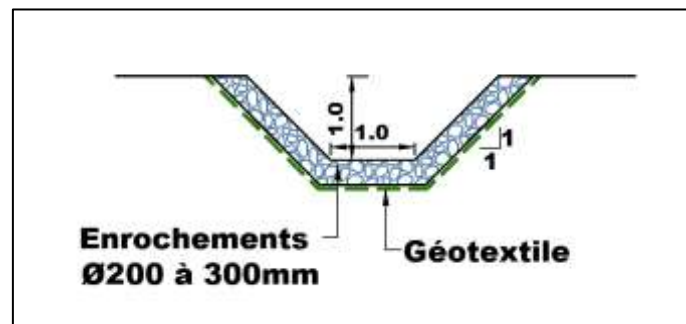


Figure N° 29 : Coupe type du caniveau

6.4. Dispositif de sédimentation

6.4.1. Détermination de la capacité théorique

Durant la construction de la verse « Phase 1 », la décantation des eaux provenant de la plateforme sommitale de la verse se fera au niveau du bassin de sédimentation situé en aval de la verse.

Durant la construction de la verse « Phase 2 et 3 » ainsi qu'en phase ultime, le drainage des eaux de ruissellement transitant à travers la zone de stockage se fera par trois mèches en enrochement. Les eaux collectées par les mèches seront décantées au niveau du fond de fosse situé au pied du talus Nord de la verse.

La capacité de rétention de référence du bassin de sédimentation existant en aval de la verse correspond au volume de la crue de récurrence biennale d'une durée de deux heures. Ce volume est déterminé par la formule suivante :

$$V = C \times H_{2h} \times S$$

Avec:

- V : Volume de la retenue (10^3 m^3)
- C : Coefficient de ruissellement pour la crue biennale (**C=1**)
- 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 (km^2)

Les capacités théoriques ainsi que les pourcentages de rétention du bassin de sédimentation sont présentés dans le tableau N°6.

Tableau N° 6 : Capacité de rétention du bassin de sédimentation existant

Ouvrages	Surface	Durée de la crue (h)	Coefficient de ruissellement	Hauteur de la pluie (mm)	Volume théorique (m^3)	Volume disponible (m^3)	Pourcentage (%)
Bassin de sédimentation	9.68	2	1	75.6	7318	765	10
Fond de fosse résiduel (Côté Nord)	9.10	2	1	75.6	6 880	1 630	24

Au démarrage des travaux de mise en verse, le bassin de sédimentation permettra de retenir un volume estimé à 765 m^3 , soit 10 % du volume de la crue 2h/2 ans.

Etant donné que le bassin est aménagé en crête et compte tenu du faible retrait par rapport au versant naturel, nous déconseillons l'approfondissement ou l'extension de l'ouvrage. En plus, cet ouvrage sera utilisé seulement au cours de la construction. Une fois, la fosse située du côté Est de la verse atteint sa cote ultime, l'exploitant peut acheminer les eaux provenant de la plateforme sommitale « Phase 1 » vers cette fosse qui présente une capacité suffisante pour retenir la totalité du volume de la crue 2h/2 ans.

Le fond de fosse résiduel situé au pied du talus Nord permettra de retenir un volume de 24% de la crue 2h/2 ans.

6.4.2. Dimensionnement de l'évacuateur de crues

Afin de dimensionner les évacuateurs de crues des retenues de sédimentation, nous avons déterminé le débit de crue de récurrence centennale au niveau de l'évacuateur.

Tableau N° 7 : Caractéristiques hydrologiques du bassin de sédimentation existant

Nom de l'ouvrage	S BV	Tc	Q100	Q100/S BV
	(ha)	(min)	(m³/s)	(m³/s/km²)
Bassin de sédimentation	9.68	25.71	3.40	35.12
Fond de fosse résiduel (Côté Nord)	9.10	23.03	3.25	35.71

La largeur de l'évacuateur est calculée par la formule du déversoir :

$$Q = \mu \cdot L \cdot H^{3/2} \sqrt{2g} \quad (\text{Formule du déversoir})$$

Où : Q : Débit centennal susceptible de transiter sur le seuil

μ : Coefficient de débit du seuil (on adopte pour notre cas un coefficient $\mu=0,4$)

L : Largeur du seuil (m)

H : Charge hydraulique sur le seuil (m)

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques d'écoulement au-dessus du seuil lors du passage de la crue centennale.

Tableau N° 8 : Caractéristiques d'écoulement au-dessus des seuils pour une crue 1/100

Nom de l'ouvrage	Q100 (m³/s)	Largeur évacuateur	Revanche totale (Cote crête- Cote retenue normale) (m)	Lame d'eau au-dessus du seuil lors du passage de la crue centennale (m)
Bassin de sédimentation existant	3.40	5	1	0.529
Fond de fosse résiduel (Côté Nord)	3.25	5	1	0.513

Les évacuateur des crues du bassin de sédimentation existant et du fond de fosse seront composés par des enrochements de diamètre minimal ϕ 300 mm sur une épaisseur de 1 m et posés sur du géotextile séparateur ; (Cf. Figure N°30).

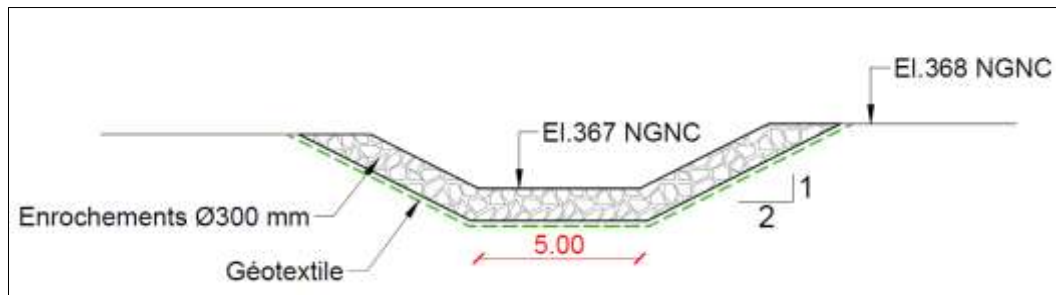


Figure N° 30 : Coupe type du déversoir du bassin de sédimentation existant

7. ANALYSE DE LA STABILITE DE LA VERSE « REVANCHE »

7.1. Démarche de la justification géotechnique

Pour l'analyse de la stabilité mécanique de la verse « Revanche », 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 (assise et latérites en verse). 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). Ces accélérations correspondent à la classification du site de l'étude en zone de sismicité faible à négligeable.

Pour ces conditions exceptionnelles, nous adoptons comme critère de stabilité un coefficient de sécurité proche de 1,1. Nous tenons à préciser que ces calculs sont menés en statique et ne tiennent pas compte des effets de vibration.

7.2. Evaluation du potentiel de stabilité de la verse « Revanche – Phase 1 »

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 l'assise.

Quatre coupes passant par le flanc libre de la verse ont été étudiées ; (Cf. Annexe N°2).

Les résultats des calculs des coefficients de sécurité pour les différents scénarii sont présentés dans le tableau N°9.

Les surfaces de glissement potentiel des coupes étudiées sont présentées dans l'annexe N°4.

Tableau N° 9 : Résultats de l'analyse de stabilité de la verse « Revanche – Phase 1 »

Numéro de la coupe	Coefficient de sécurité en conditions normales		Coefficient de sécurité de la verse suite à un séisme allégeant de 0.08 g		Coefficient de sécurité de la verse suite à un séisme pesant de 0.08 g	
	Intrinsèque	Profond	Intrinsèque	Profond	Intrinsèque	Profond
Coupe N°1	2.41	2.18	1.97	1.75	1.98	1.77
Coupe N°2	1.78	2.16	1.52	1.8	1.51	1.81
Coupe N°3	2.13	1.53	1.76	1.24	1.77	1.26
Coupe N°4	2.24	2.21	1.86	1.83	1.85	1.83

Les calculs de stabilité réalisés montrent que :

- En conditions normales, les coefficients de sécurité sont supérieurs à 1.5 ;
- En conditions sismiques, les coefficients calculés sont supérieurs à 1,2.

Nous estimons ainsi que le potentiel de stabilité de la verse « Revanche – Phase 1 » est suffisant pour couvrir les aléas géotechniques et naturels (séismes, pluies extrêmes, hétérogénéité locale des matériaux de l'assise ou de la verse, remontée du niveau de la nappe...).

7.1. Evaluation du potentiel de stabilité de la verse « Revanche – Phase 2 »

Compte tenu du contexte géotechnique du site, un seul mécanisme de rupture peut affecter la stabilité de la verse. Il s'agit de la rupture intrinsèque touchant uniquement le talus de la verse sans affecter l'assise.

Deux coupes passant par le flanc libre de la verse ont été étudiées ; (Cf. Annexe N°2).

Les résultats des calculs des coefficients de sécurité pour les différents scénarii sont présentés dans le tableau N°10.

Les surfaces de glissement potentiel des coupes étudiées sont présentées dans l'annexe N°4.

Tableau N° 10 : Résultats de l'analyse de stabilité de la verse « Revanche – Phase 2 »

Numéro de la coupe	Coefficient de sécurité en conditions normales		Coefficient de sécurité de la verse suite à un séisme allégeant de 0.08 g		Coefficient de sécurité de la verse suite à un séisme pesant de 0.08 g	
	Intrinsèque	Profond	Intrinsèque	Profond	Intrinsèque	Profond
Coupe N°5	2.24	-	1.84	-	1.85	-
Coupe N°6	1.92	-	1.86	-	1.85	-

Les calculs de stabilité réalisés montrent que :

- En conditions normales, les coefficients de sécurité sont supérieurs à 2 ;
- En conditions sismiques, les coefficients calculés sont supérieurs à 1,8.

Nous estimons ainsi que le potentiel de stabilité de la verse « Revanche – Phase 2 » est suffisant pour couvrir les aléas géotechniques et naturels (séismes, pluies extrêmes, hétérogénéité locale des matériaux de l'assise ou de la verse, remontée du niveau de la nappe...).

7.2. Evaluation du potentiel de stabilité de la verse « Revanche – Phase ultime »

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 l'assise.

Cinq coupes passant par le flanc libre de la verse ont été étudiées ; (Cf. Annexe N°3).

Les résultats des calculs des coefficients de sécurité pour les différents scénarii sont présentés dans le tableau N°11.

Les surfaces de glissement potentiel des coupes étudiées sont présentées dans l'annexe N°5.

Tableau N° 11 : Résultats de l'analyse de stabilité de la verse « Revanche – Phase ultime »

Numéro de la coupe	Coefficient de sécurité en conditions normales		Coefficient de sécurité de la verse suite à un séisme allégeant de 0.08 g		Coefficient de sécurité de la verse suite à un séisme pesant de 0.08 g	
	Intrinsèque	Profond	Intrinsèque	Profond	Intrinsèque	Profond
Coupe N°1	2	-	1.66	-	1.67	-
Coupe N°2	2.4	2.16	1.97	1.65	1.97	1.67
Coupe N°3	1.83	2.1	1.54	1.76	1.54	1.78
Coupe N°4	2.1	1.53	1.72	1.24	1.74	1.26
Coupe N°5	2.08	-	1.75	-	1.77	-

Ces résultats montrent que :

- En conditions normales, les coefficients de sécurité sont supérieurs à 1.5 ;
- En conditions sismiques, les coefficients calculés sont supérieurs à 1,2.

Nous estimons ainsi que le potentiel de stabilité de la verse « Revanche » est suffisant pour couvrir les aléas géotechniques et naturels (séismes, pluies extrêmes, hétérogénéité locale des matériaux de l'assise ou de la verse, ...).

8. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PARTICULIERES

Nous recommandons de respecter les dispositions constructives générales du guide pratique de construction des verses de la SLN ainsi que les dispositions particulières suivantes :

D1 : La mèche existante doit être mise hors d'eau puis fermée par un bouchon de latérites compactées et entourées de géotextile.

D2 : Assurer une pente minimale de 5% le long du tracé des mèches ;

D3 : La plateforme sommitale devra être inclinée à 4% vers l'entrée des mèches ;

D4 : L'aménagement de la mèche N°1 nécessite des travaux de déblais et ce afin de connecter les deux fond de fosse situés à la cote 360 NGNC. Il est recommandé d'assurer une pente minimale de 5% le long du tracé de la mèche N°1 ; (Cf. Figure N°31) ;

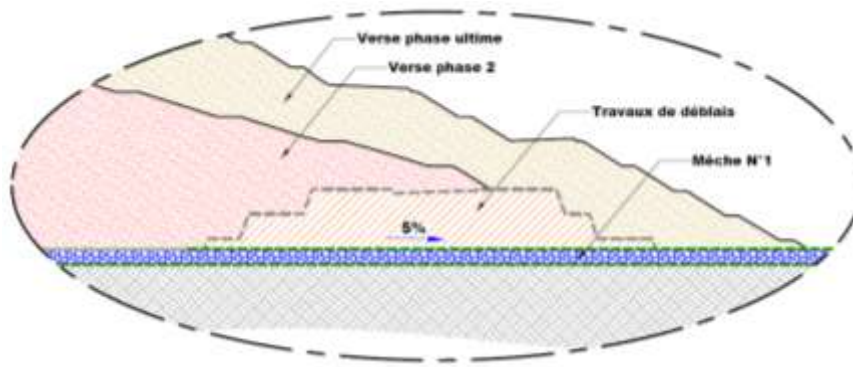


Figure N° 31 : Travaux de déblais au niveau du tracé de la mèche N°1

D5 : Afin de monter la mèche N°3 en cheminée, des travaux de déblai permettant d'ouvrir le fond de fosse situé à la cote 385 NGNC doivent être réalisés ; (Cf. Figure N°32) ;

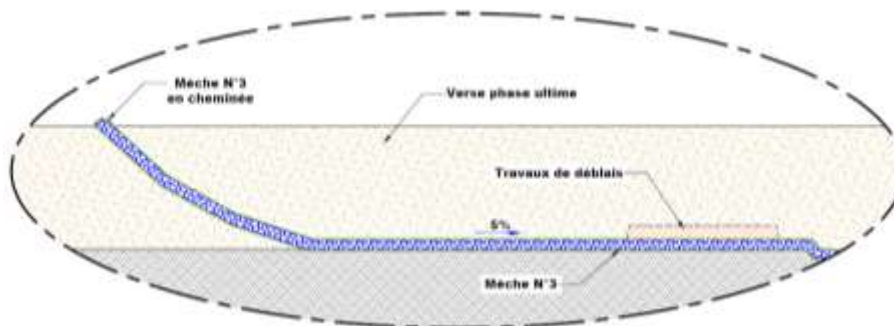


Figure N° 32 : Travaux de déblais au niveau du tracé de la mèche N°3

D5 : A partir de la cote 375 NGNC, la mèche en cheminée N°1 sera mises hors d'eau puis fermées par un bouchon de latérites compactées et entourées de géotextile ;

D6 : A partir de la cote 378 NGNC, la mèche en cheminée N°2 sera mises hors d'eau puis fermées par un bouchon de latérites compactées et entourées de géotextile ;

D7 : En phase ultime, les mèches N°1, 2 et 3 seront mises hors d'eau puis fermées par un bouchon de latérites compactées et entourées de géotextile ;

D8 : En phase ultime, la plateforme sommitale ultime devra être inclinée à 4% vers un fil d'eau qui débouche dans le caniveau aménagé le long de la piste frontale de la verse ;

D9 : Assurer la mise hors d'eau de la verse moyennant la piste existante en amont de la verse. Toutefois, nous recommandons de vérifier l'état du point de rejet et de le renforcer par des enrochements si nécessaire ;

D10 : En absence de données structurale, nous recommandons d'assurer un retrait minimal de 10 m entre le pied des talus Nord de la verse phase 1 et phase 2 et le talus de déblais de la fosse ; (Cf. Figure N°33).

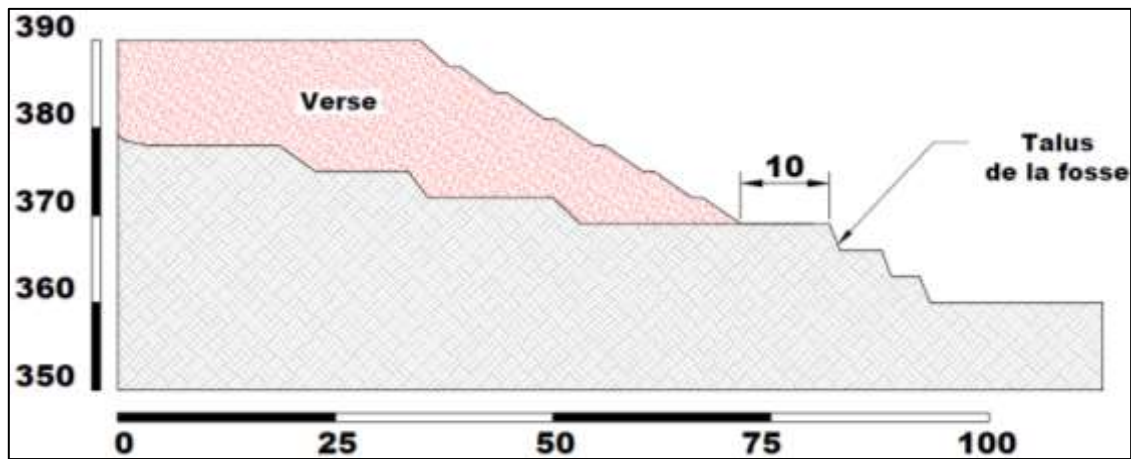


Figure N° 33 : Retrait minimal entre le pied du talus provisoire de la verse et le talus de la fosse

9. SURVEILLANCE DE LA VERSE

Le contexte géotechnique du site ne justifie pas la mise en place d'un dispositif d'auscultation. Cependant, un contrôle et une surveillance visuelle seront assurés de la façon suivante :

- Un suivi technique hebdomadaire réalisé par le responsable d'exploitation, ayant suffisamment d'expérience dans les nouvelles techniques de stockage des latérites.
- 2 à 3 visites d'inspection par an, assurées par un spécialiste en géotechnique.
- 1 visite d'inspection annuelle, assurée par un expert en géotechnique.

10. CONCLUSION

La construction de la verse « Revanche » nécessite essentiellement l'aménagement de cinq mèches en enrochements et trois caniveaux.

Durant la construction, la gestion des eaux se fera via les mèches en enrochements. En phase ultime, la gestion des eaux sera réalisée en surface. En effet, la plateforme sommitale sera nivelée vers un fil d'eau qui débouche dans le caniveau projeté le long de la piste frontale de la verse.

Le contexte géotechnique est favorable à la construction de la verse. En effet :

- La zone d'ancrage de la verse présente une faible pente ;
- L'analyse géotechnique montre que la stabilité de la verse est assurée en conditions normales et en conditions sismiques.

ANNEXE N°1 : DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS

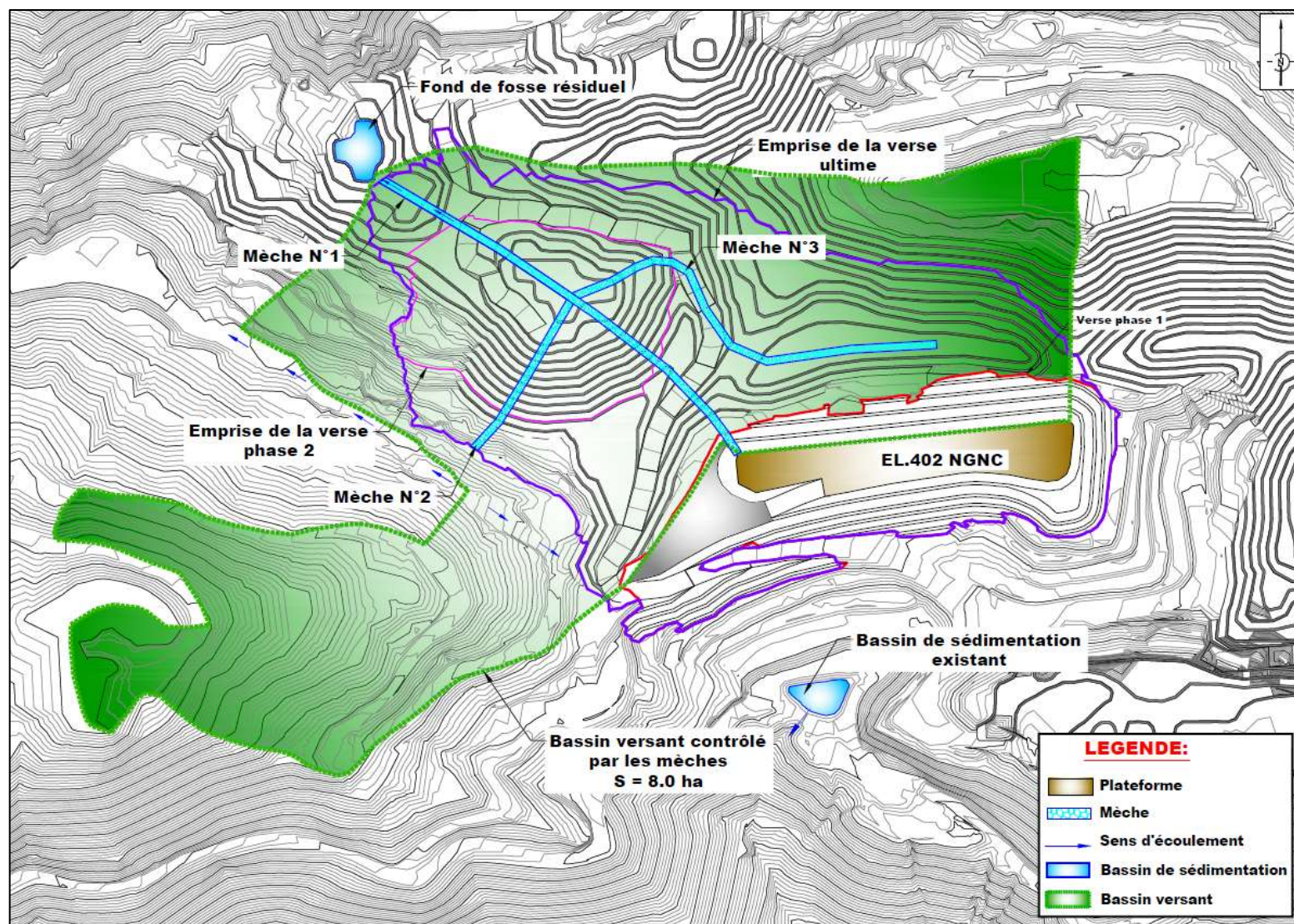


Figure - 1 : Délimitation du bassin versant contrôlé par les mèches N°1, 2 et 3 - Au démarrage des travaux

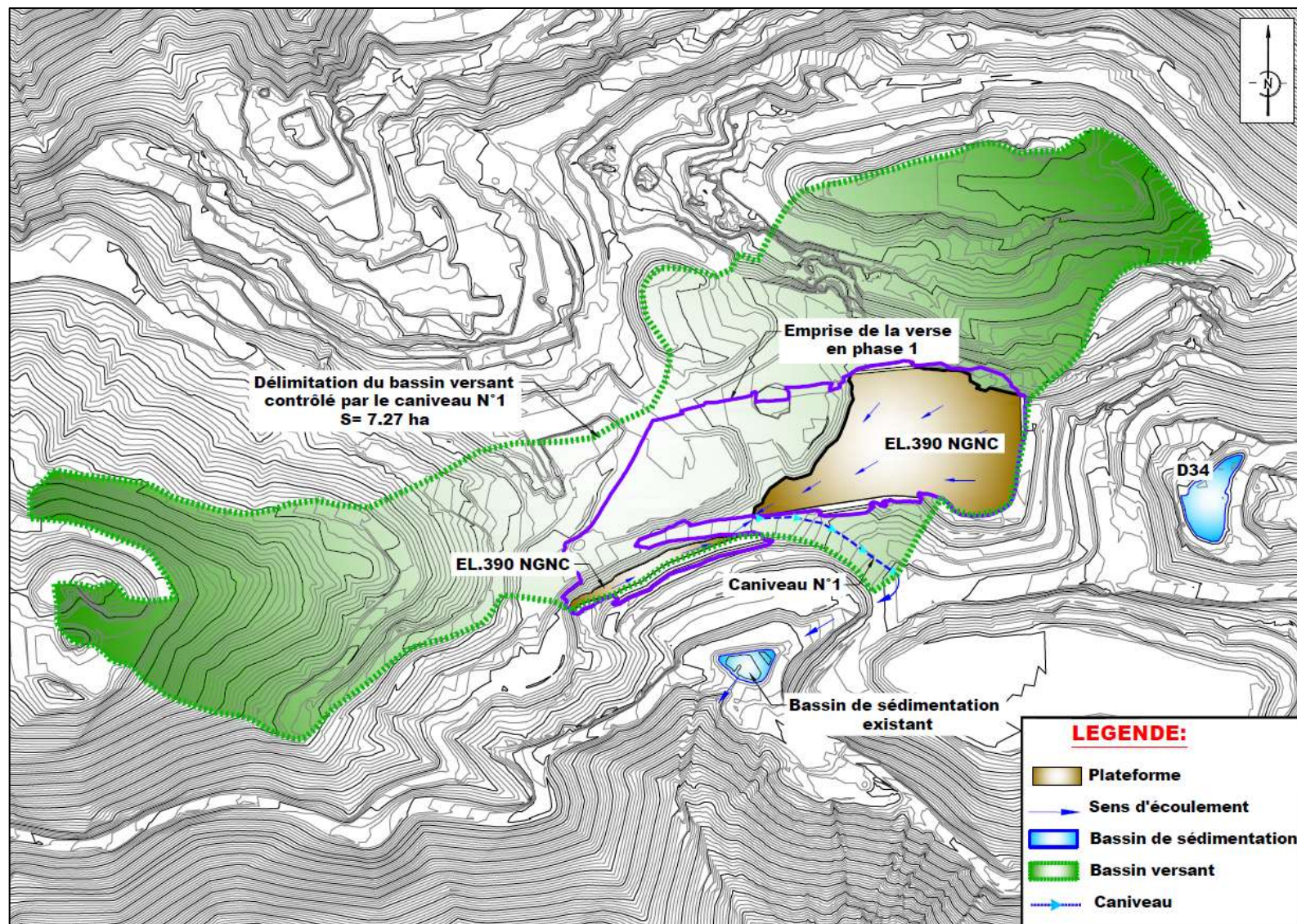


Figure - 2 : Délimitation du bassin versant contrôlé par le caniveau N°1

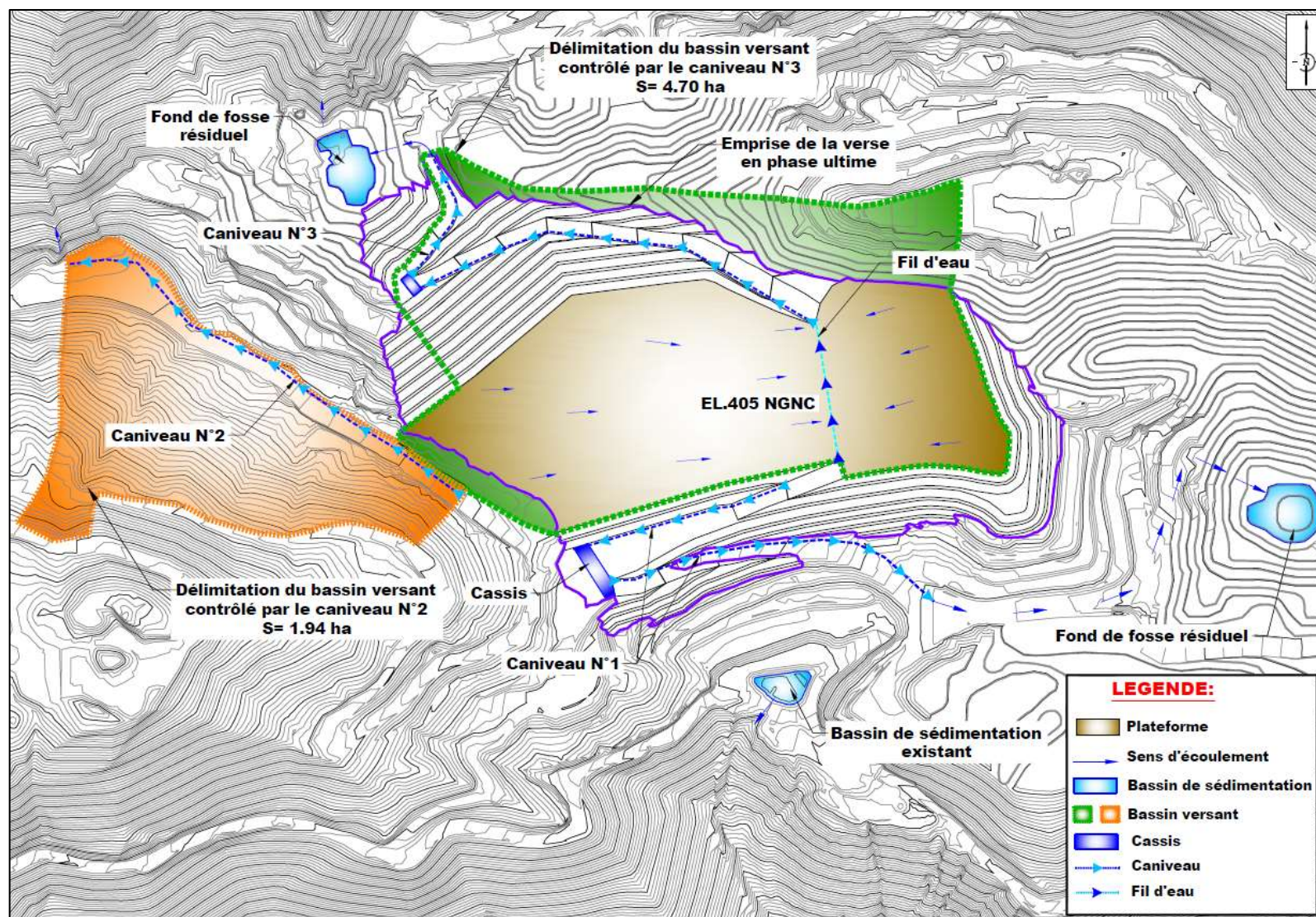


Figure - 3 : Délimitation du bassin versant contrôlé par les caniveaux N°2 et 3

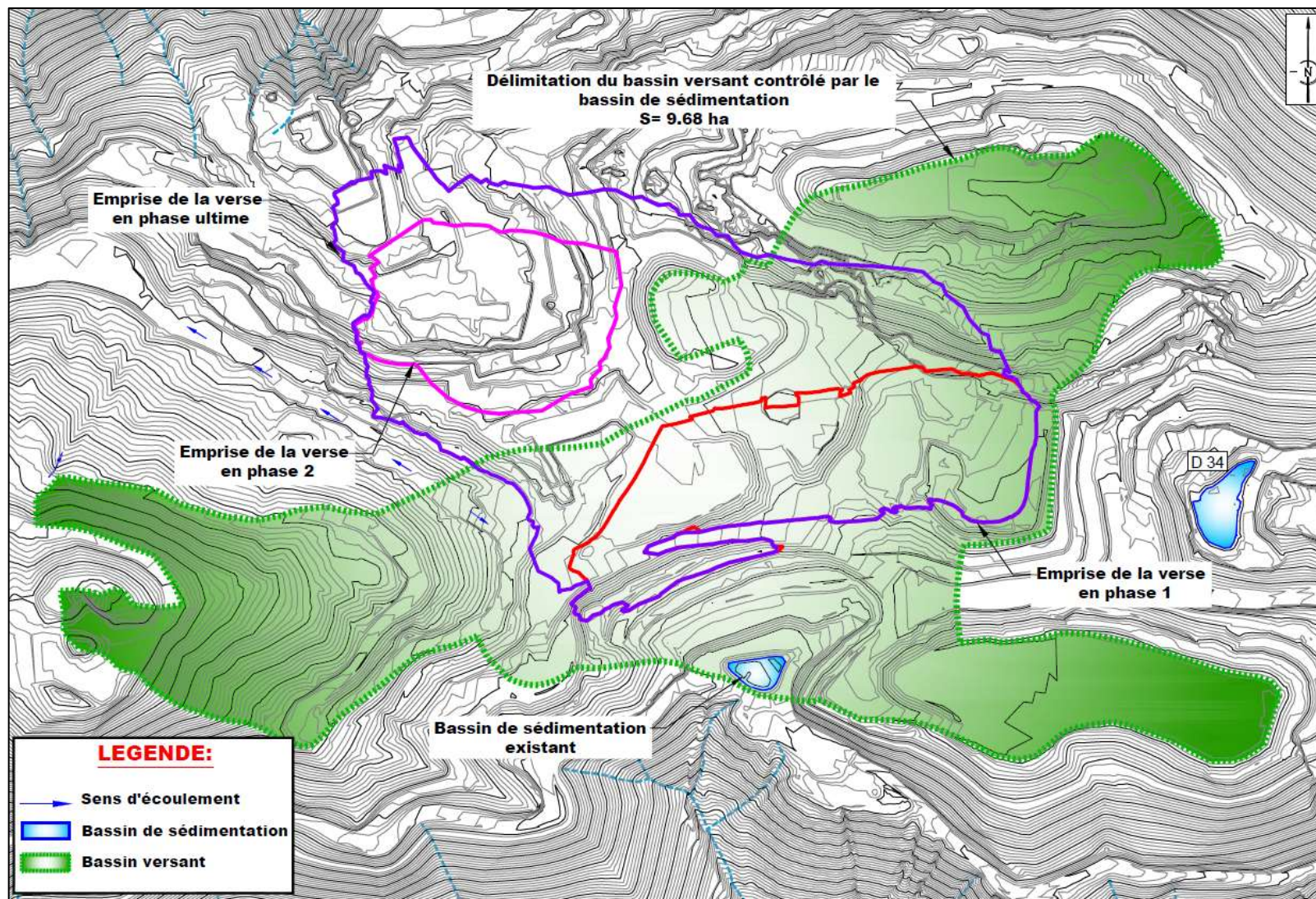


Figure - 4 : Délimitation du bassin versant contrôlé par le bassin de sédimentation existant en aval de la verse

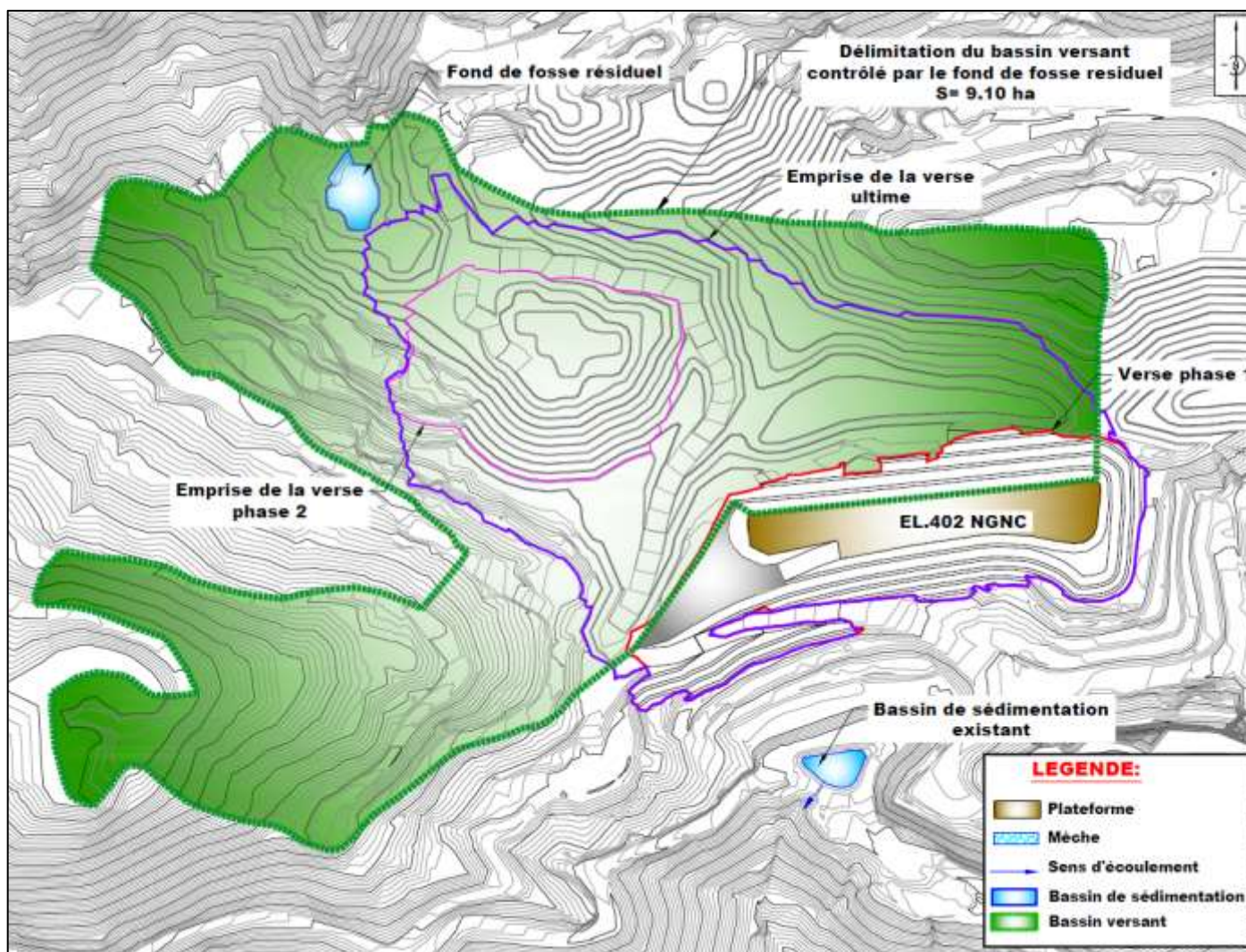


Figure - 5 : Délimitation du bassin versant contrôlé par le fon de fosse résiduel situé au pied du talus Nord de la verse

ANNEXE N°2 : COUPES GEOTECHNIQUES VERSES « PHASES 1 ET 2 »

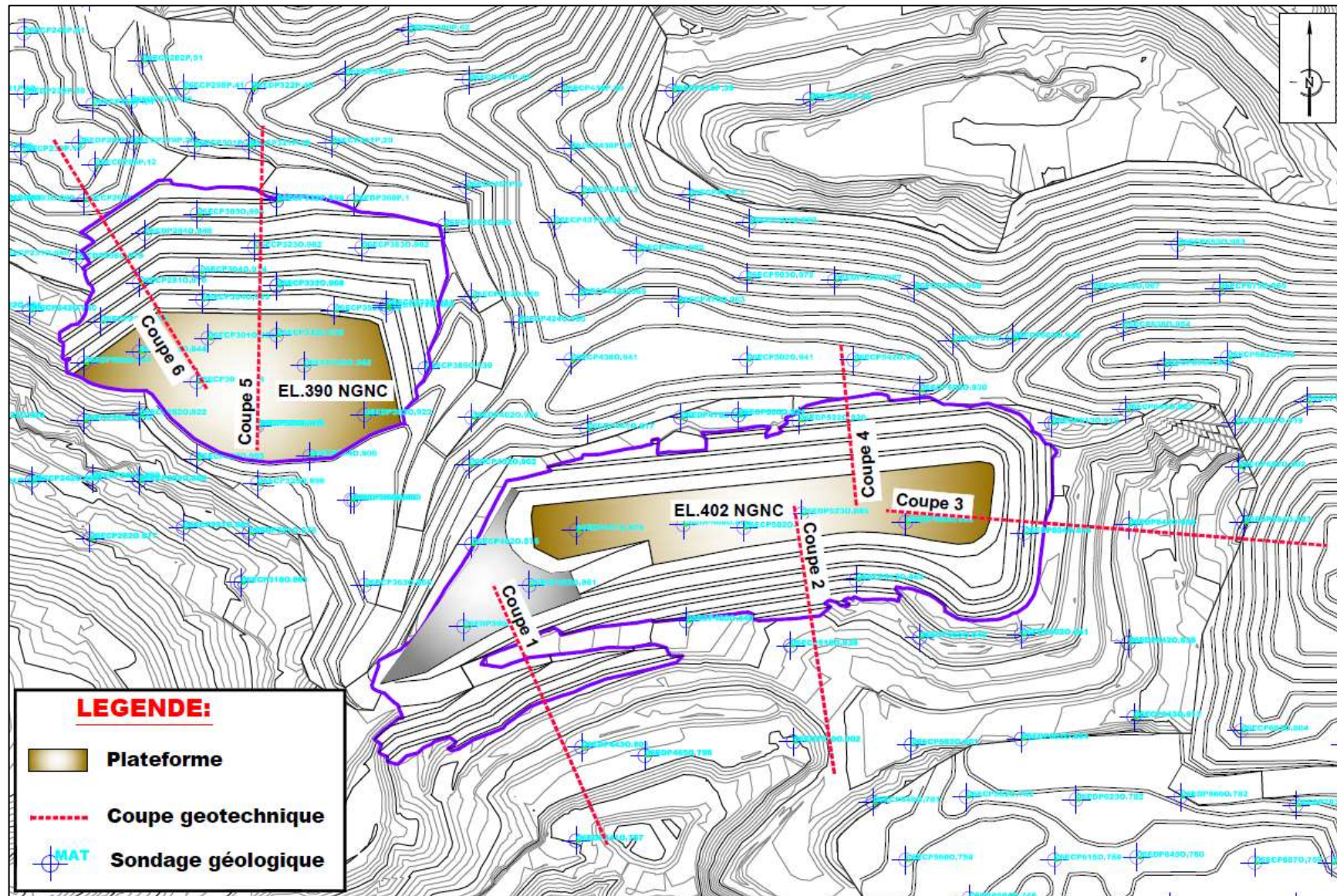


Figure - 6 : Implantation des coupes géotechniques des vers « Phases 1 et 2 »

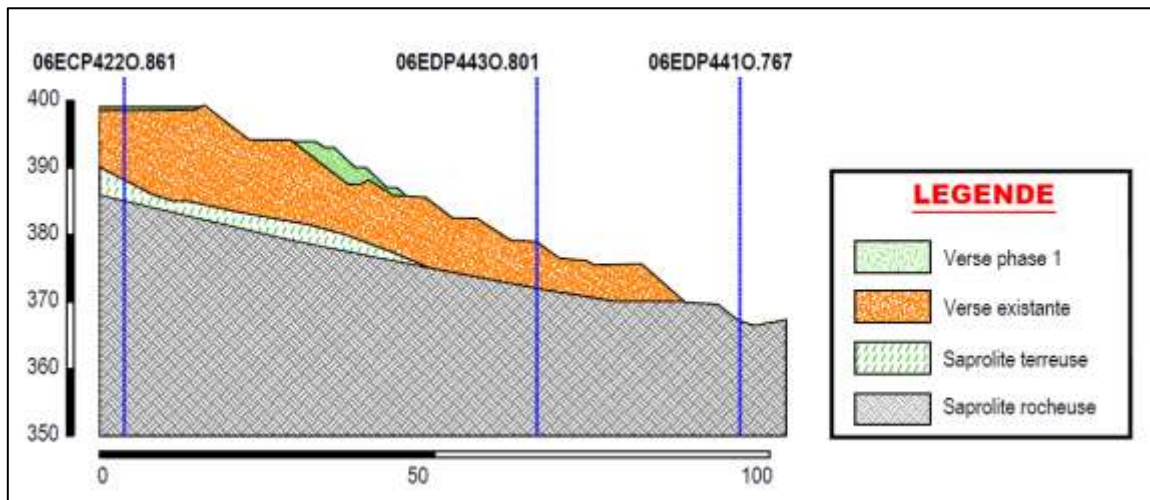


Figure - 7 : Coupe N°1

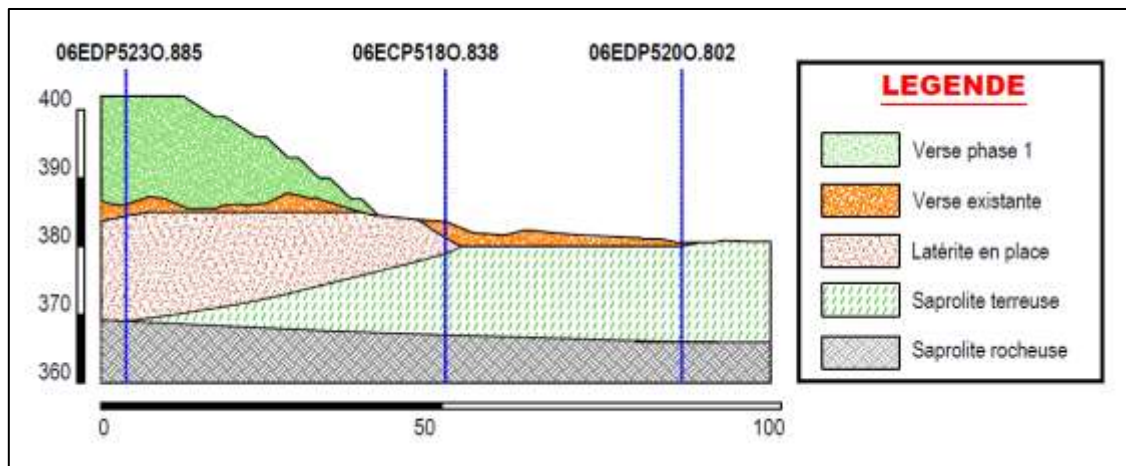


Figure - 8 : Coupe N°2

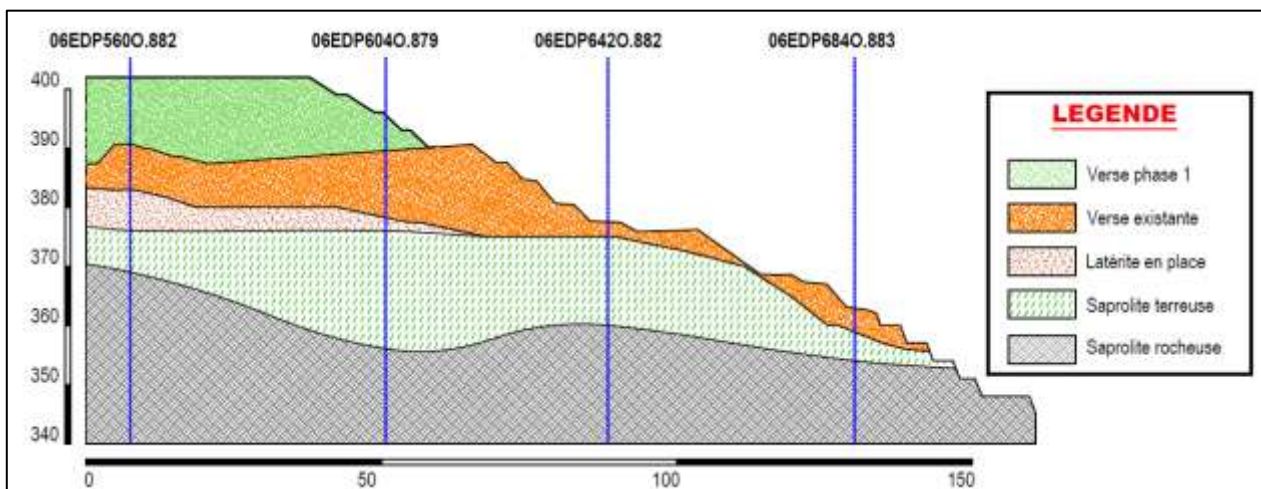


Figure - 9 : Coupe N°3

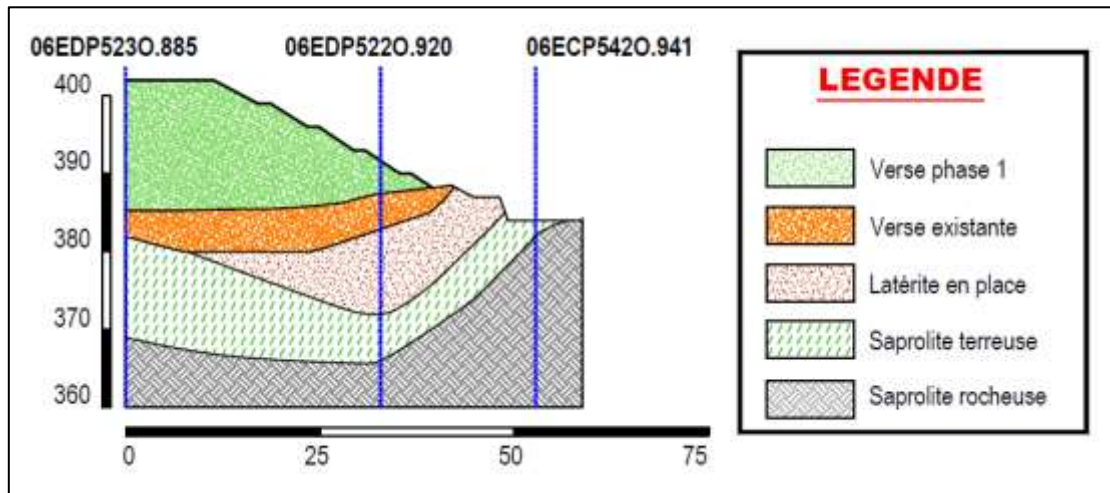


Figure - 10 : Coupe N°4

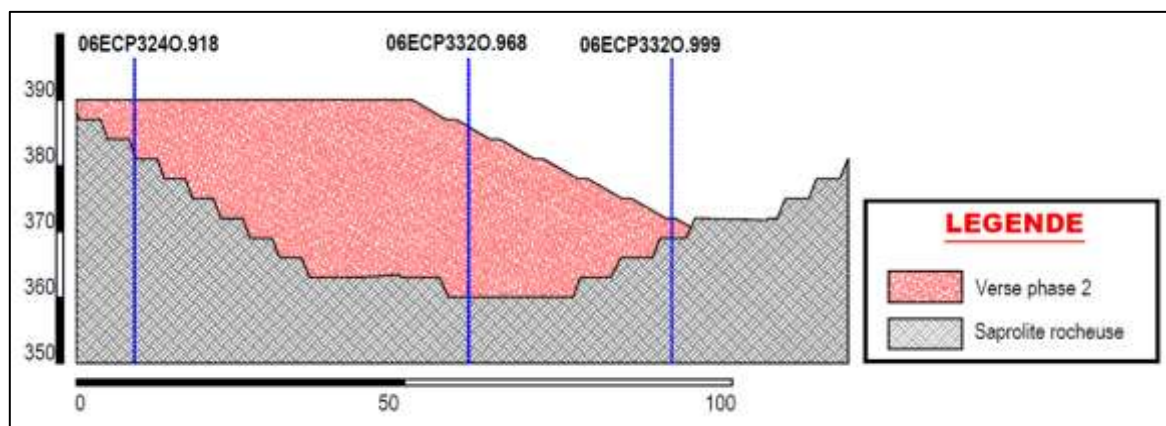


Figure - 11 : Coupe N°5

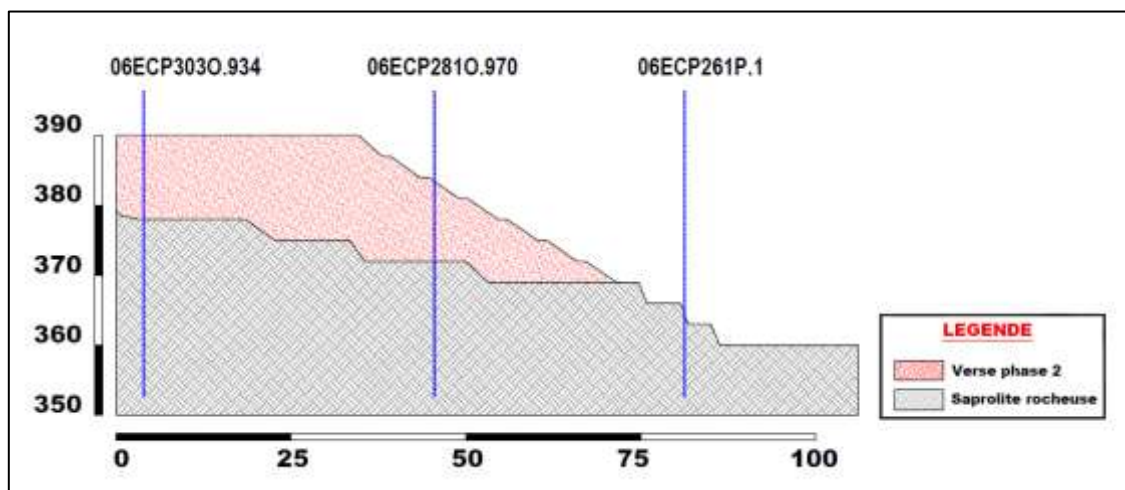


Figure - 12 : Coupe N°6

ANNEXE N°3 : COUPES GEOTECHNIQUES VERSE « PHASE ULTIME »

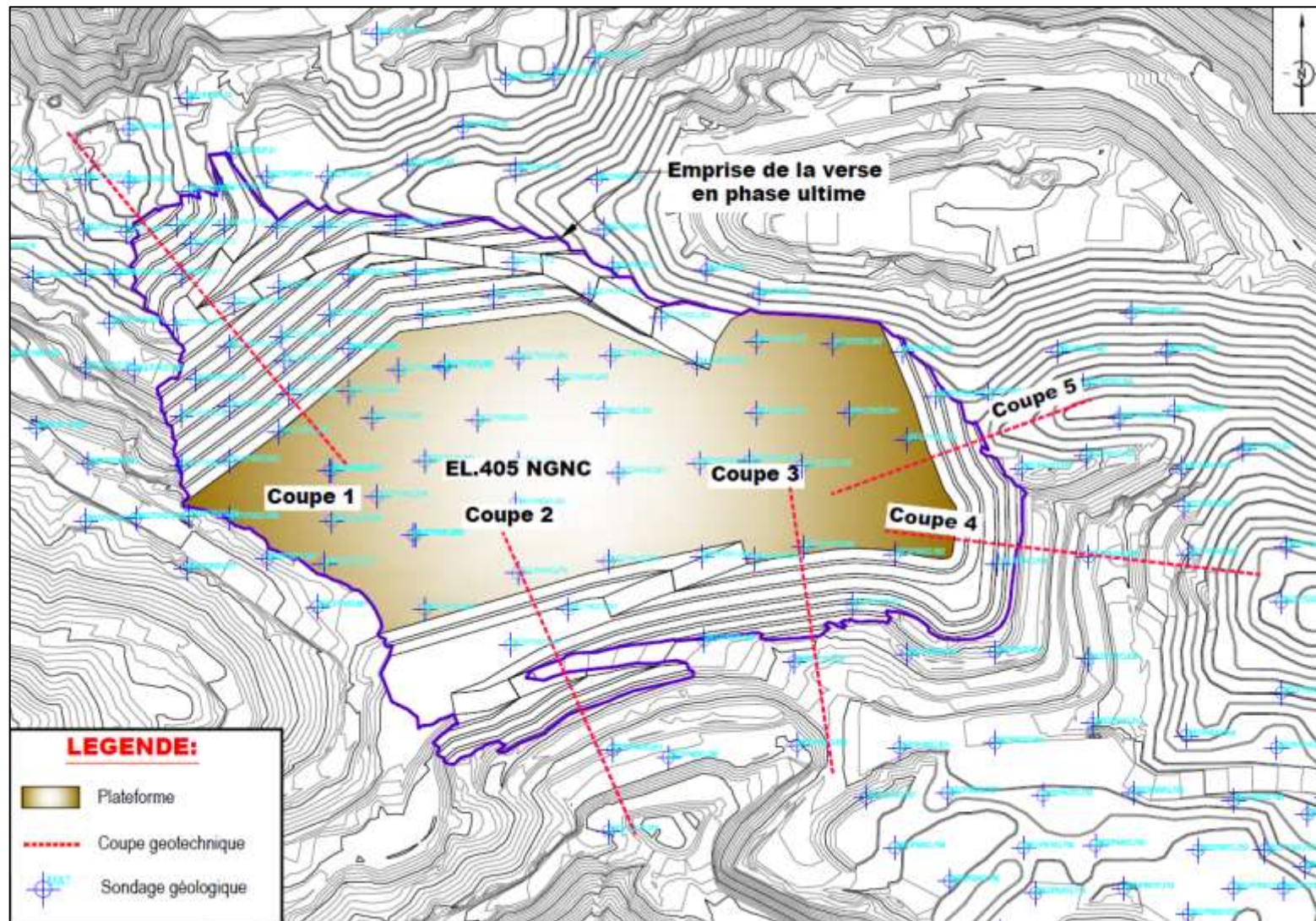
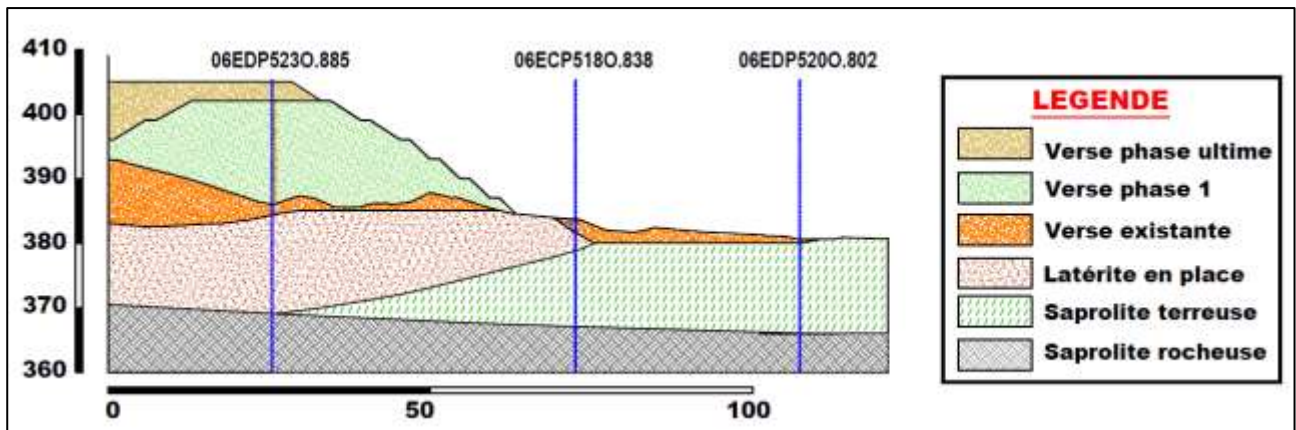
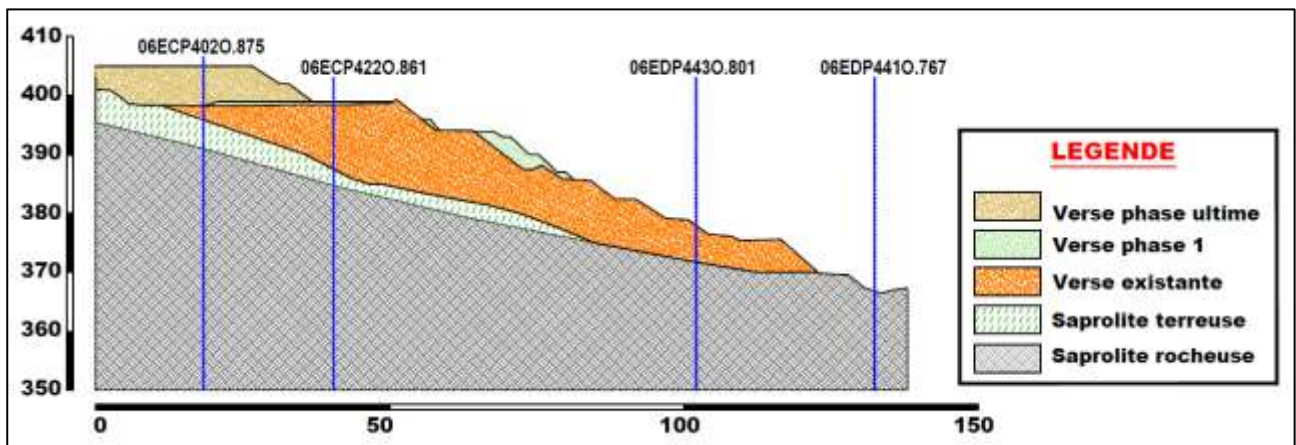
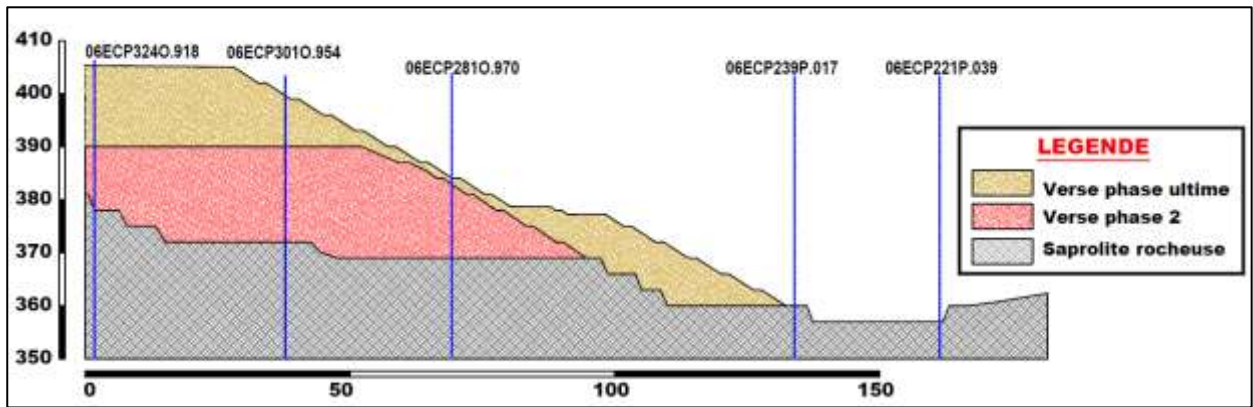
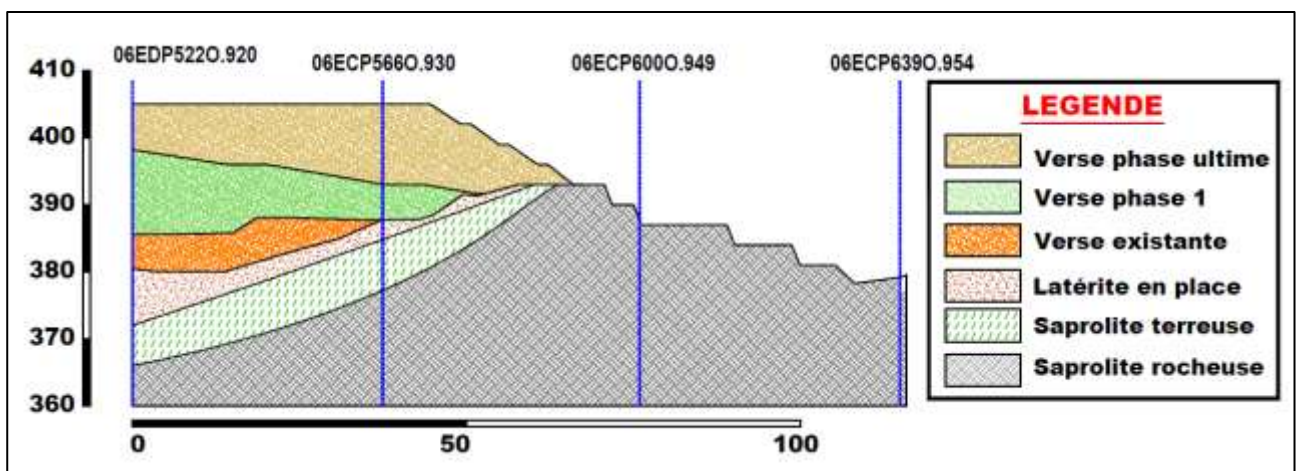
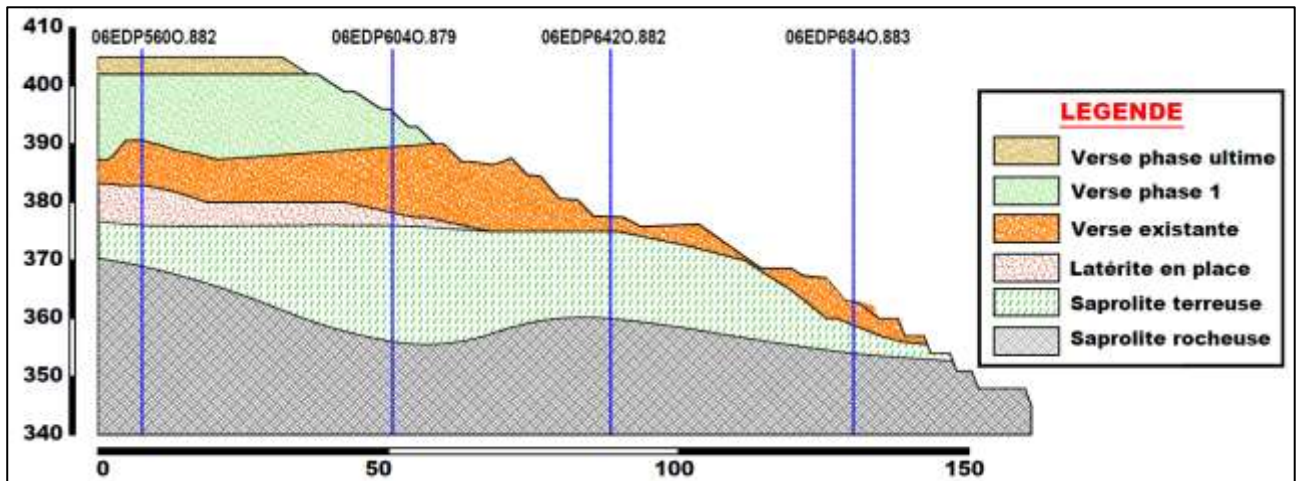


Figure - 13 : Implantation des coupes géotechniques de la verse en phase ultime





**ANNEXE N°4 : SORTIES TALREN VERSES « REVANCHE – PHASES 1 ET
2 »**

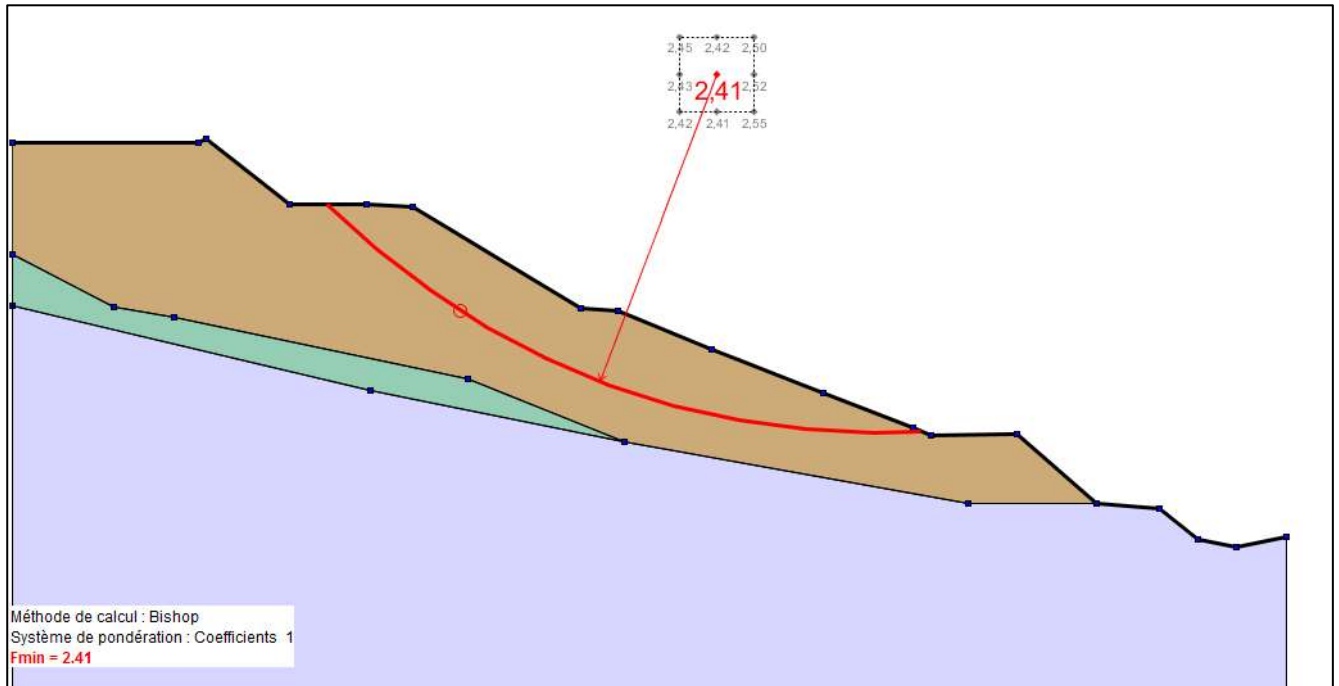


Figure - 19 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » en conditions normales - Coupe N°1 (FS=2.41)

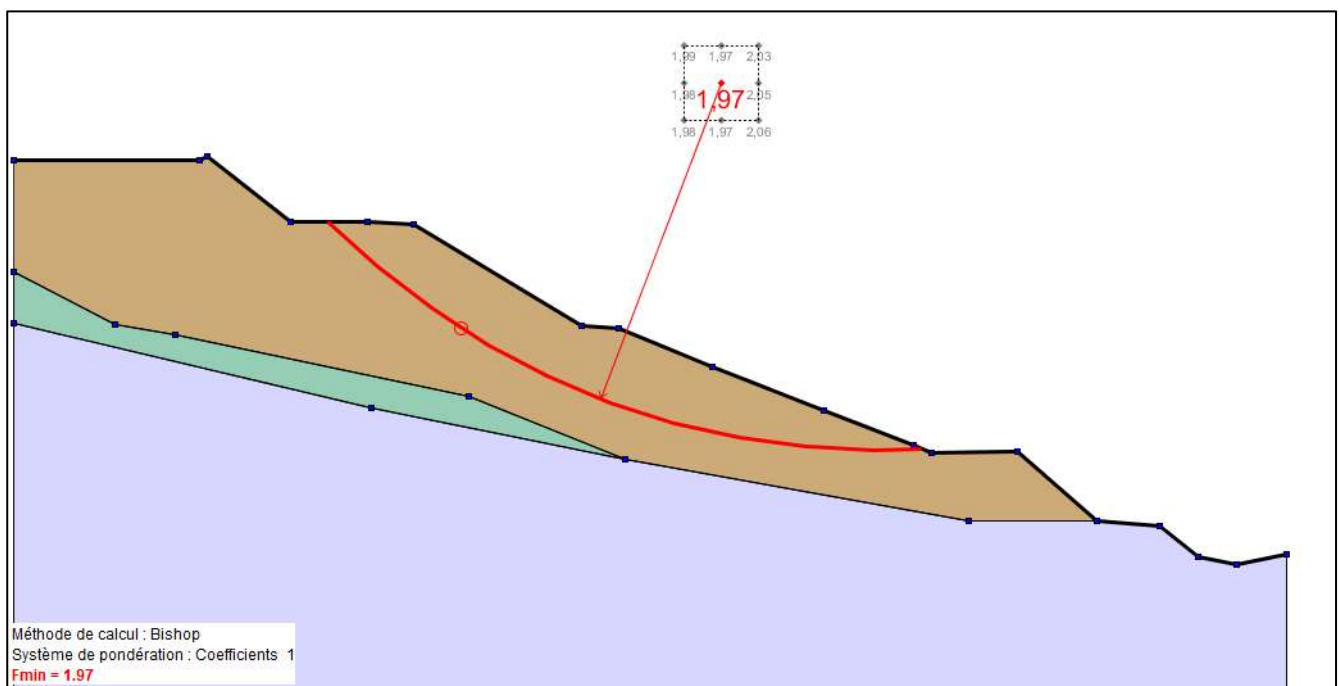


Figure - 20 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°1 (FS=1.97)

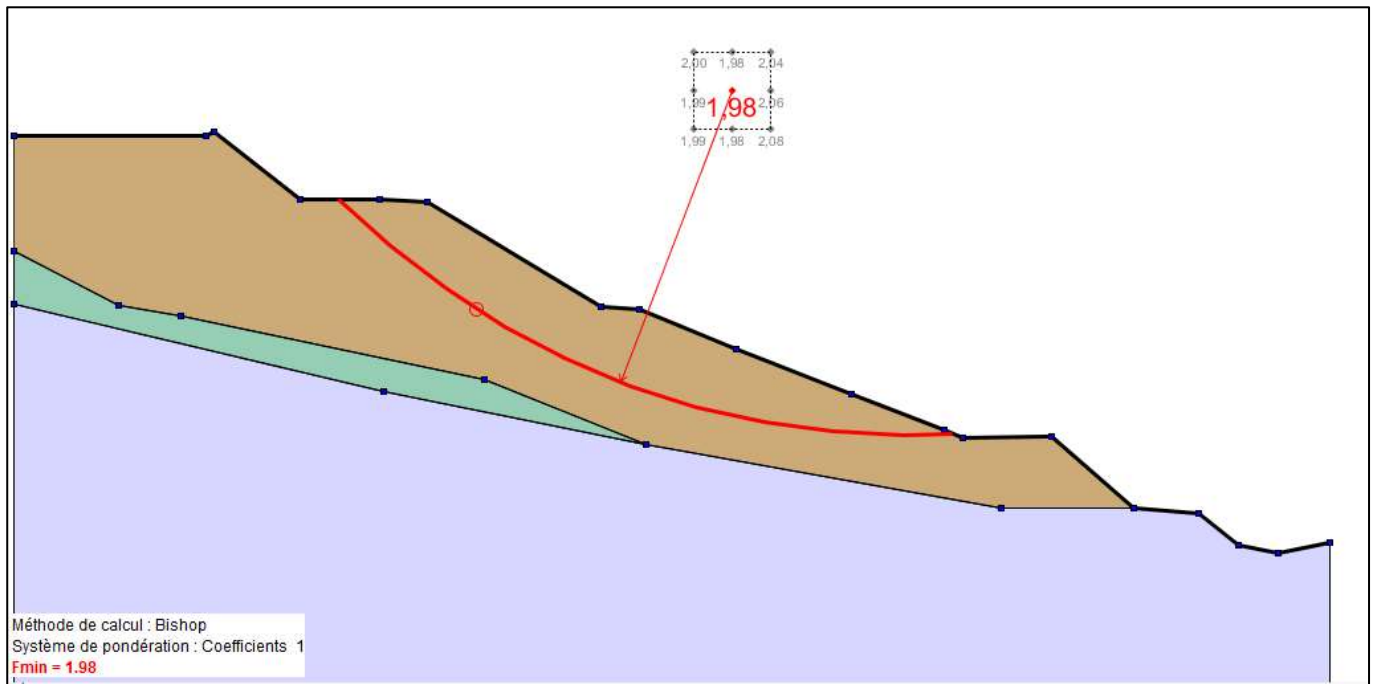


Figure - 21 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°1 (FS=1.98)

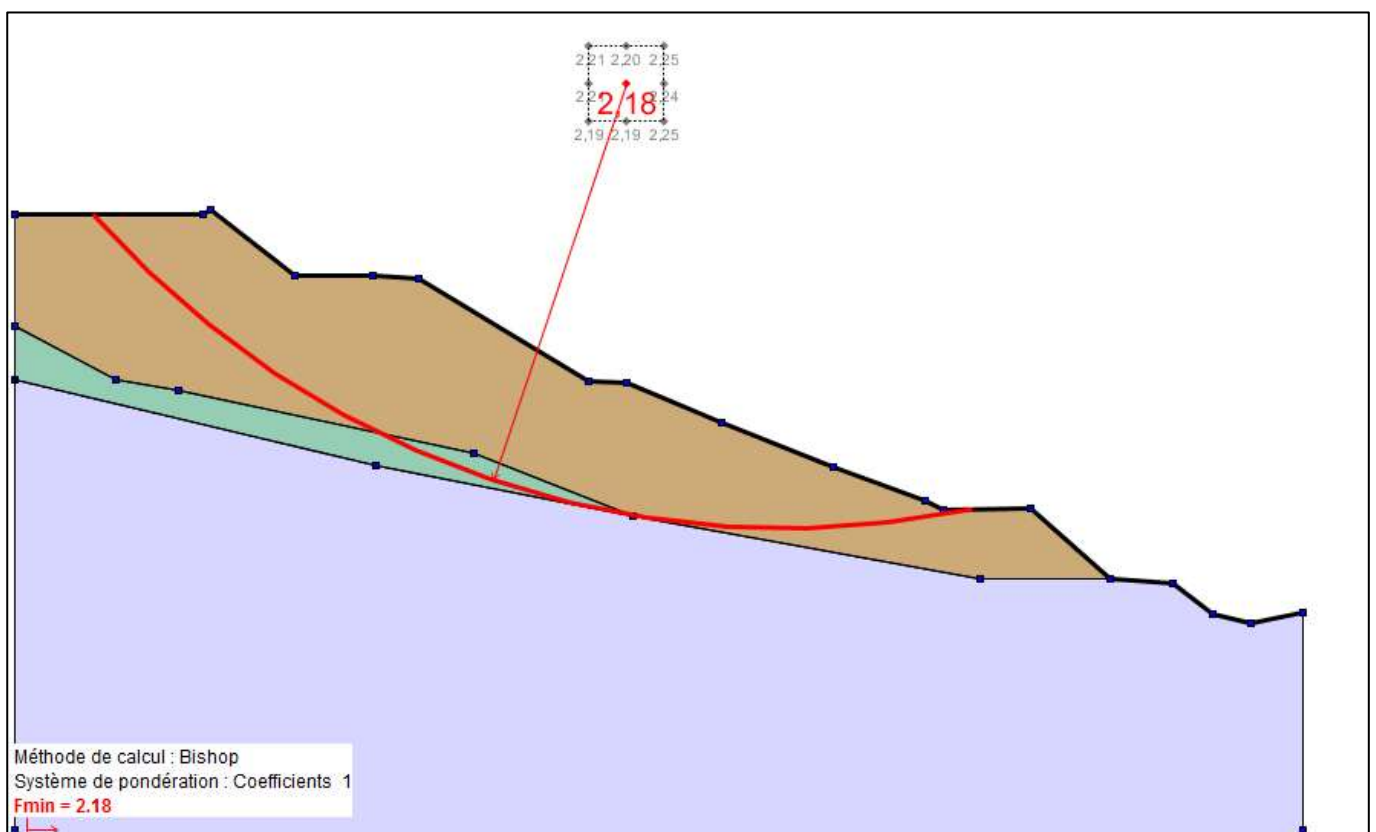


Figure - 22 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » au glissement profond en conditions normales - Coupe N°1 (FS=2.18)

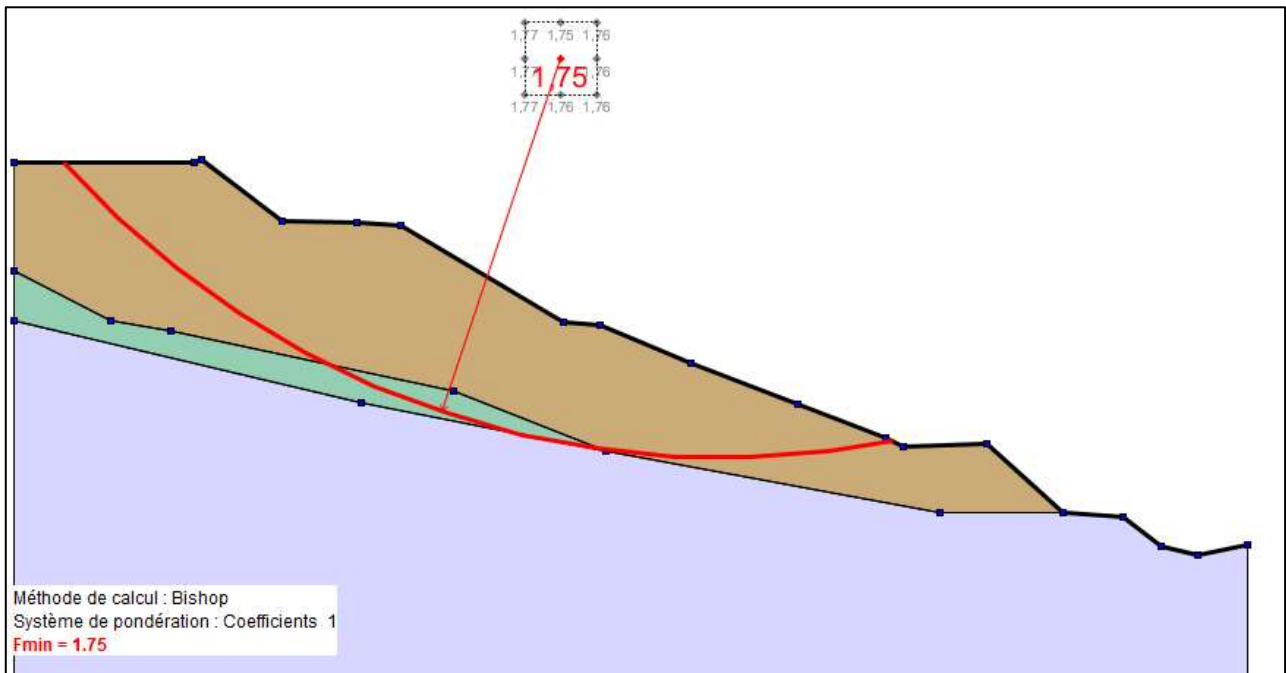


Figure - 23 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » au glissement profond suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°1 (FS=1.75)

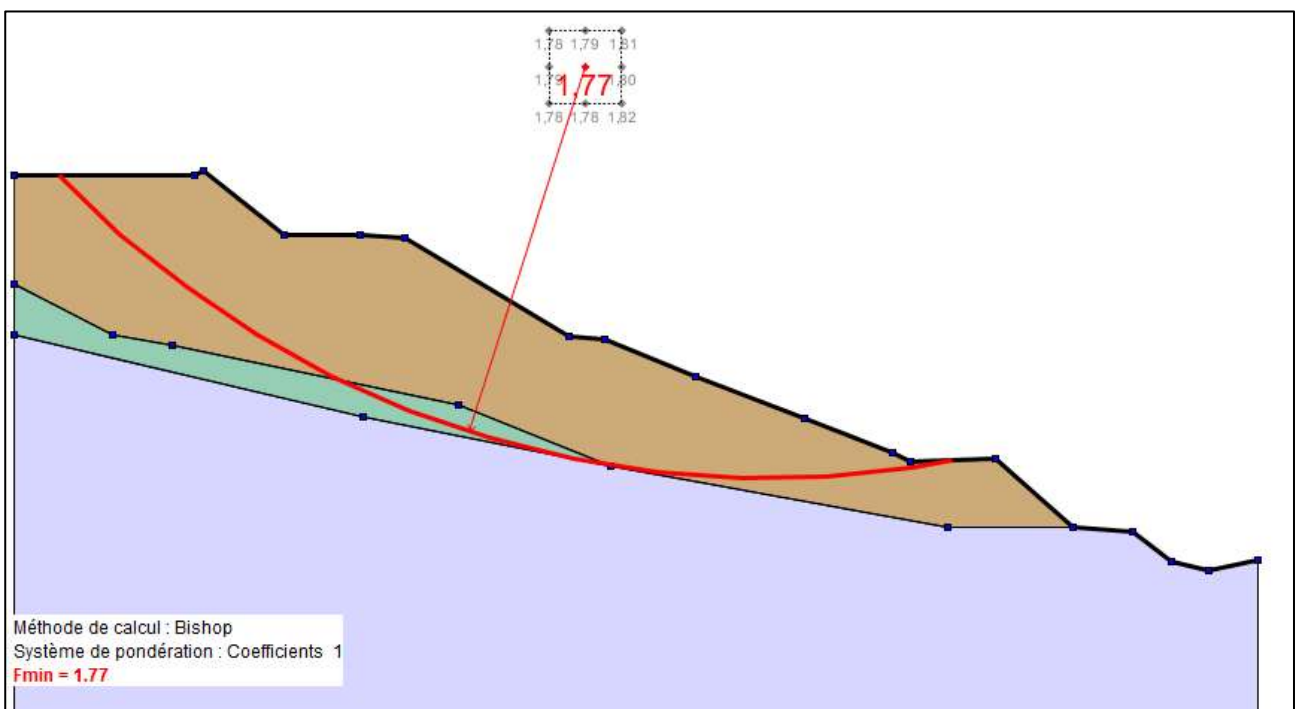


Figure - 24 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » au glissement profond suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°1 (FS=1.77)

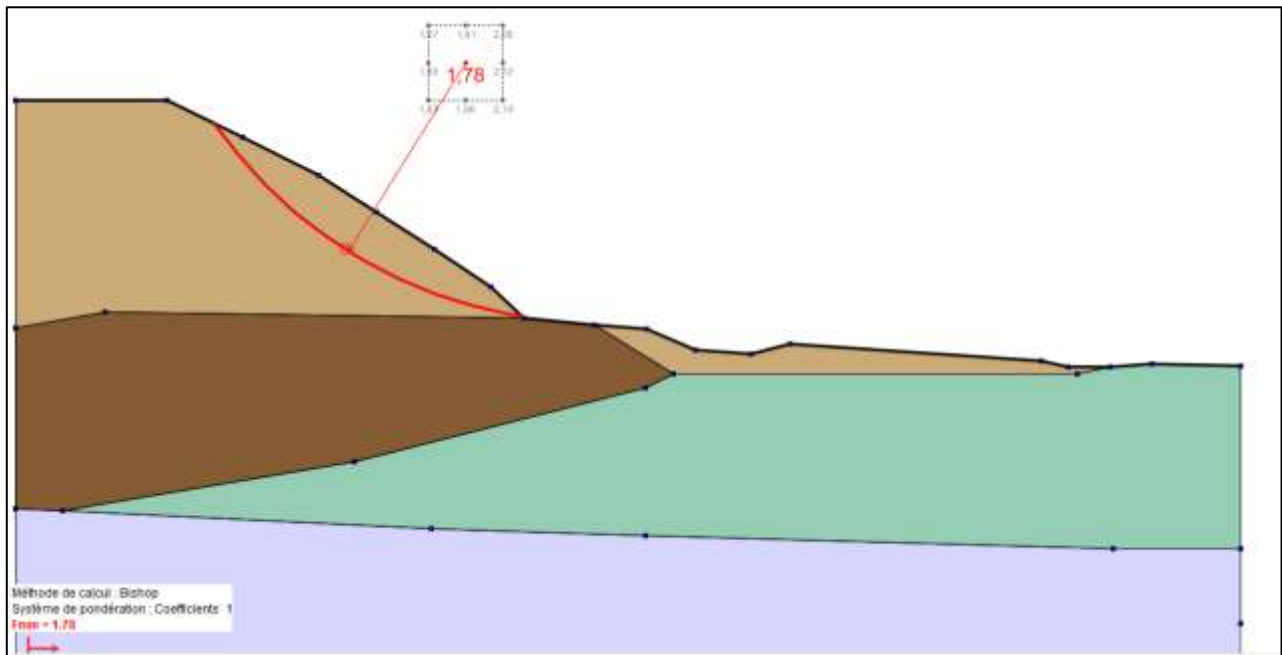


Figure - 25 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » en conditions normales - Coupe N°2 (FS=1.78)

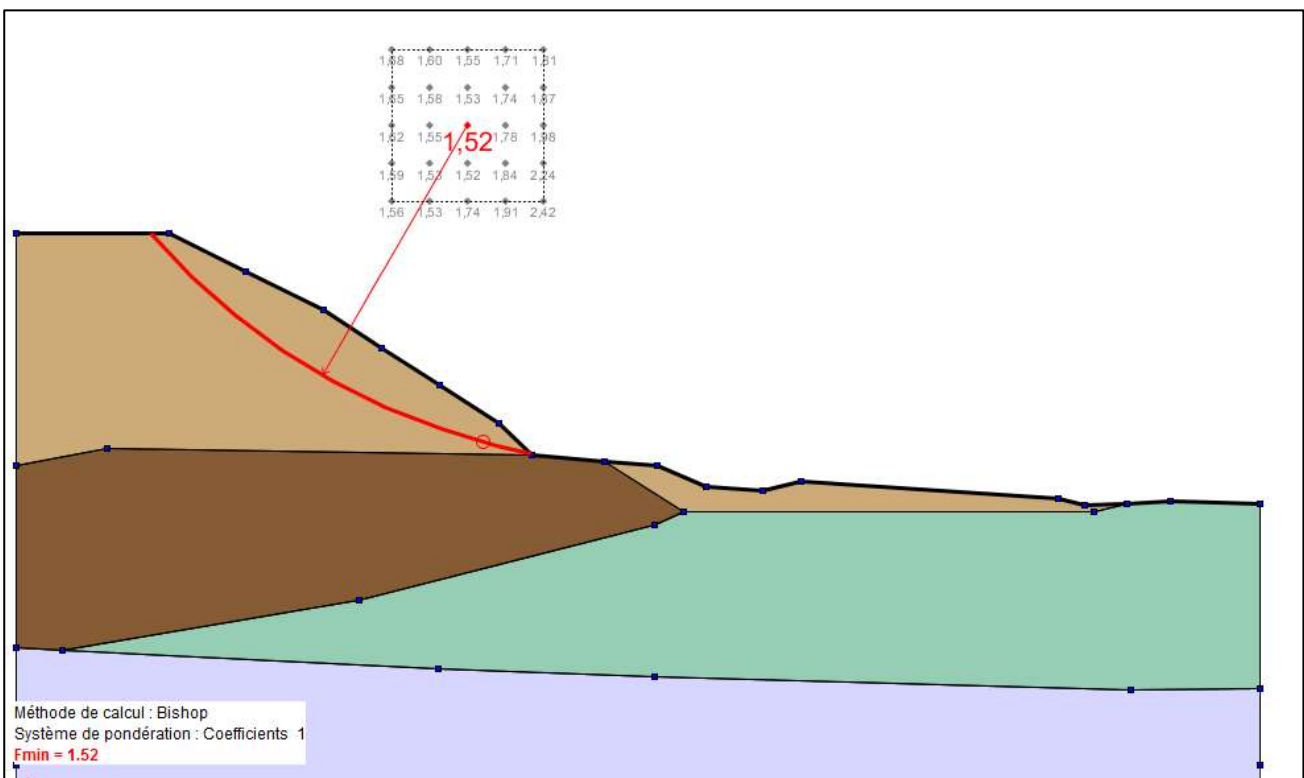


Figure - 26 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°2 (FS=1.52)

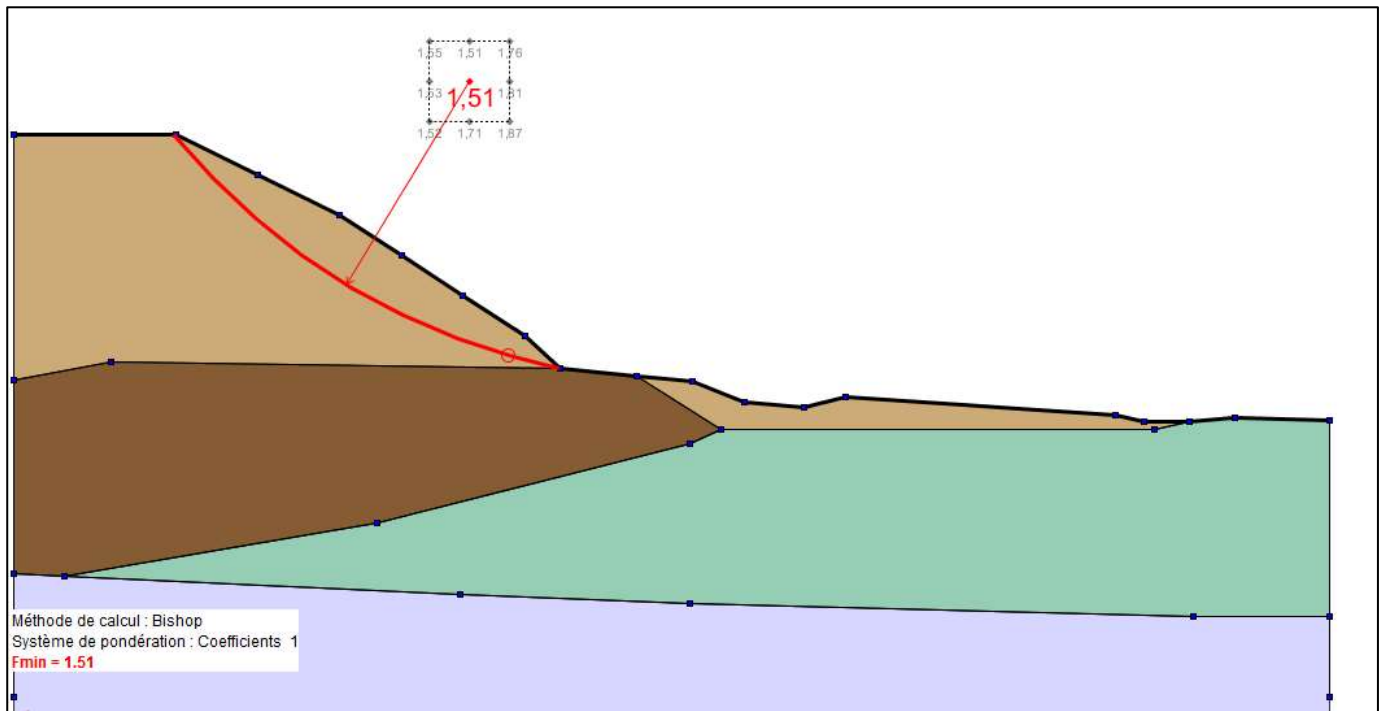


Figure - 27 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°2 (FS=1.51)

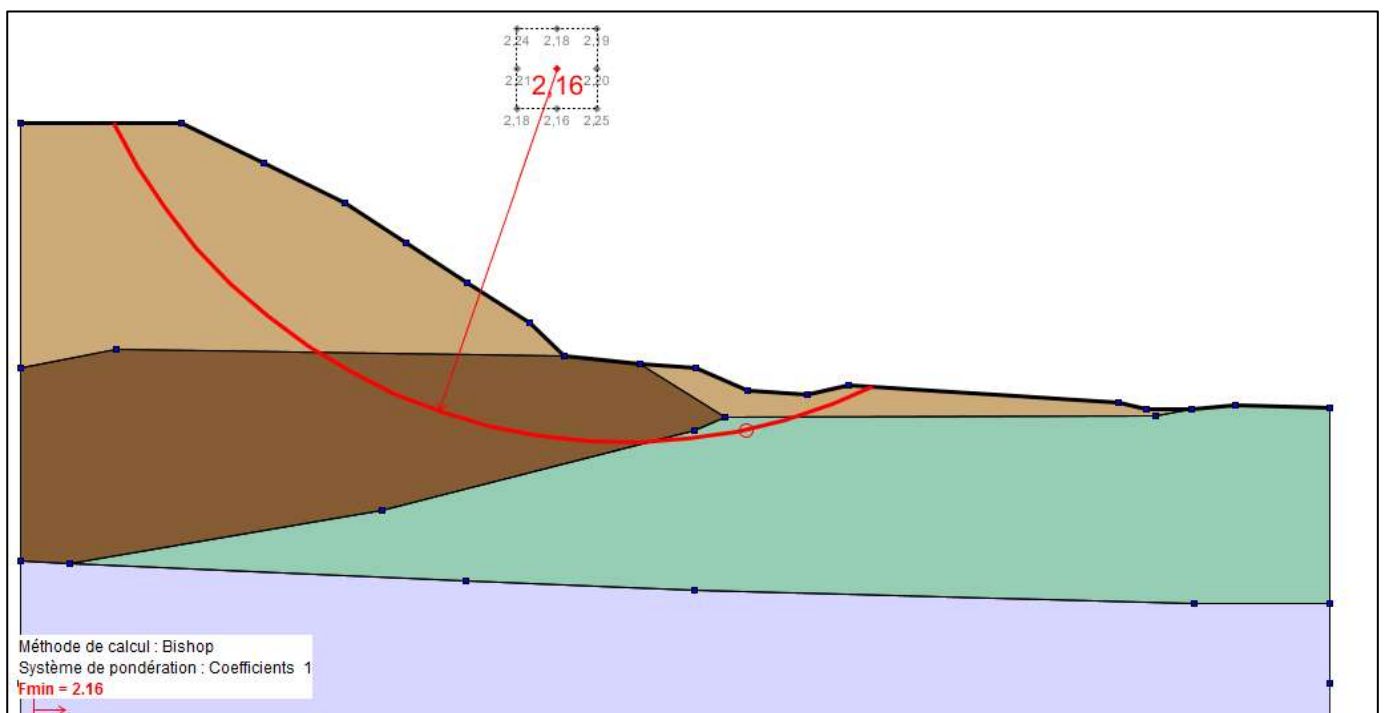


Figure - 28 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » au glissement profond en conditions normales - Coupe N°2 (FS=2.16)

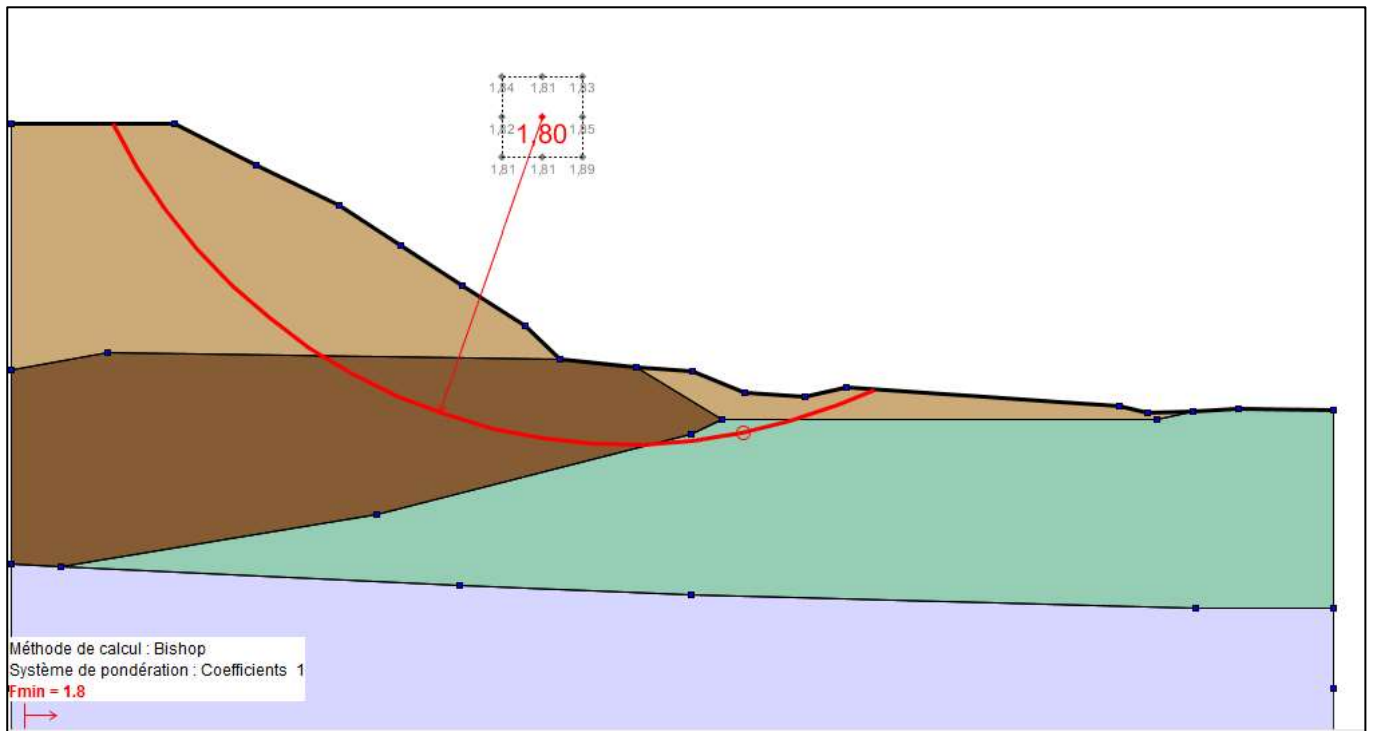


Figure - 29 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » au glissement profond suite à un séisme alléant de 0.08 g - Coupe N°2 (FS=1.80)

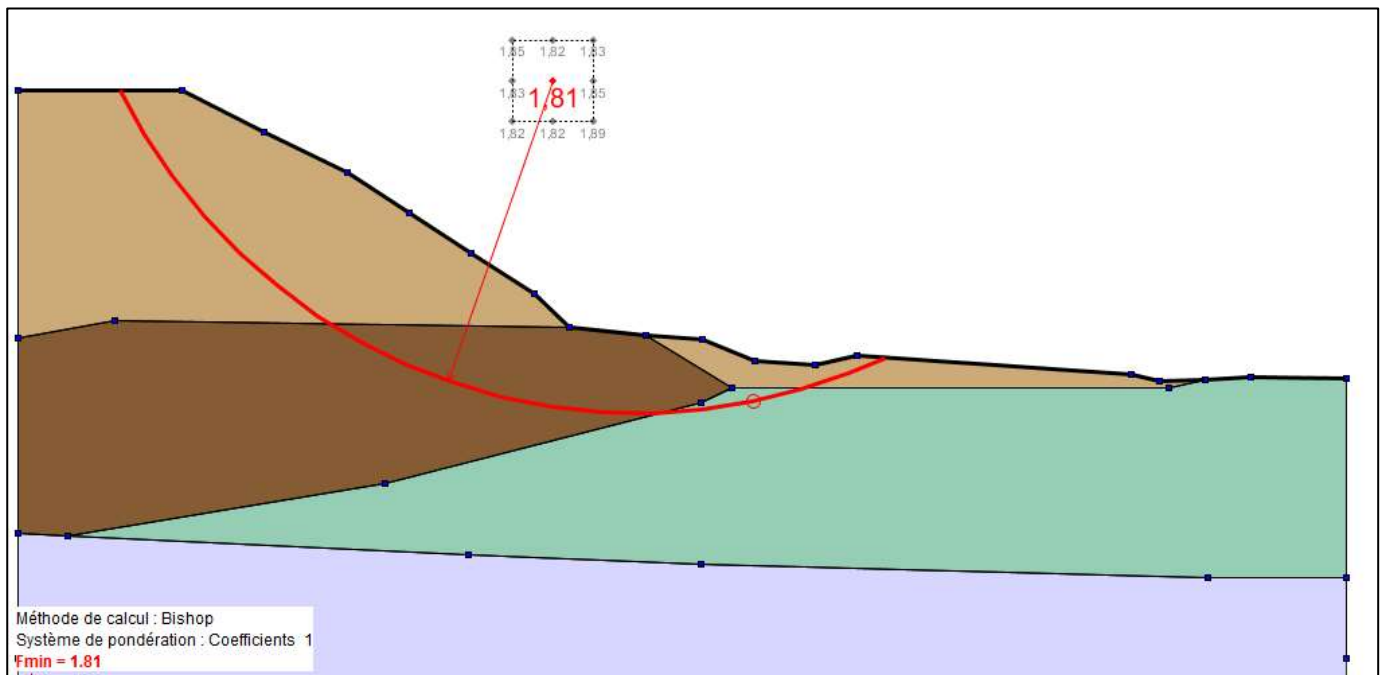


Figure - 30 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » au glissement profond suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°2 (FS=1.81)

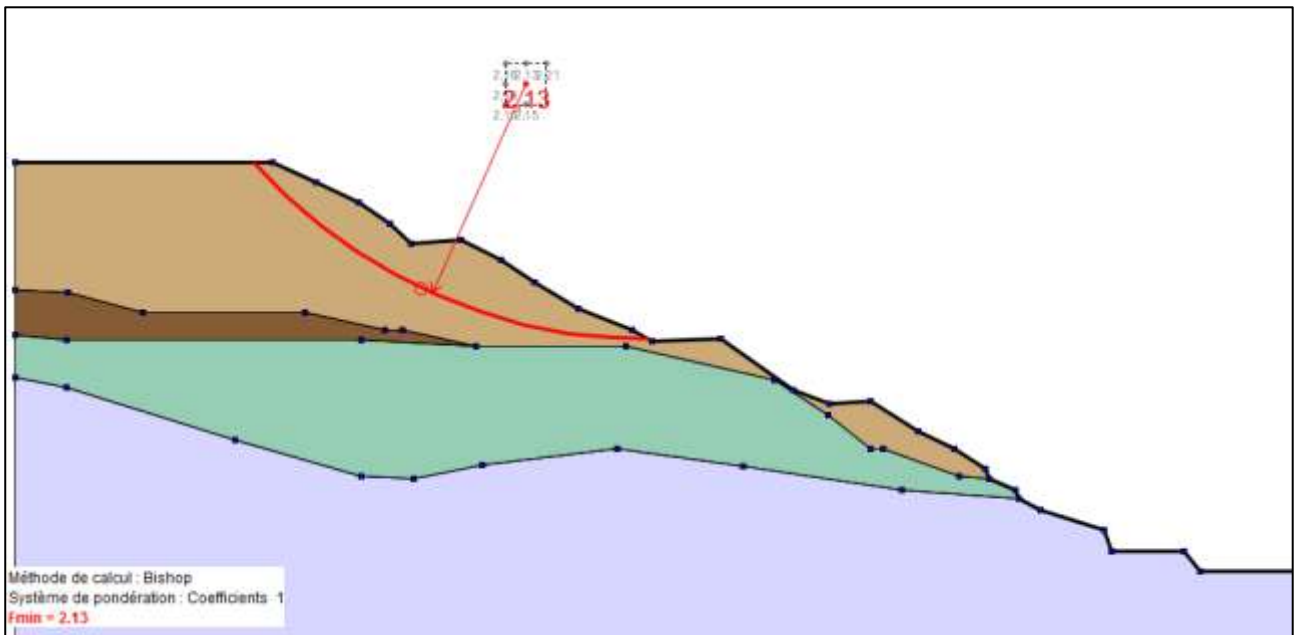


Figure - 31 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » en conditions normales - Coupe N°3 (FS=2.13)

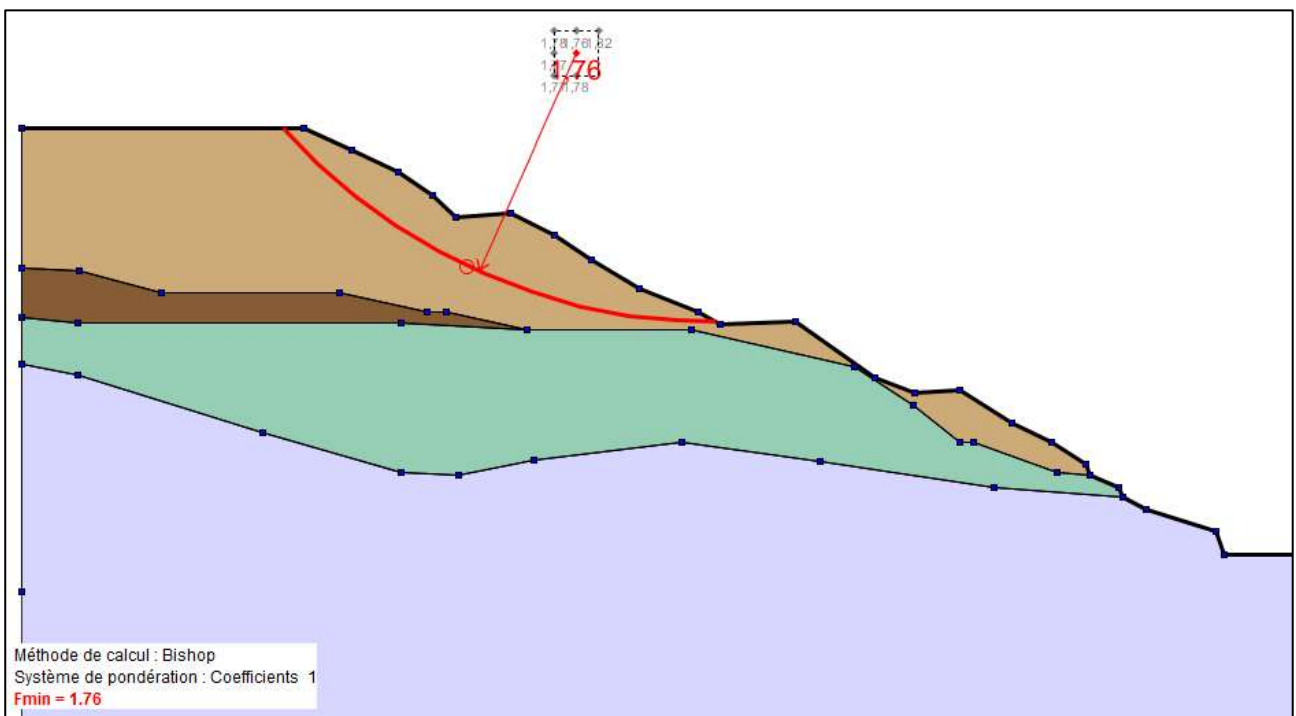


Figure - 32 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°3 (FS=1.76)

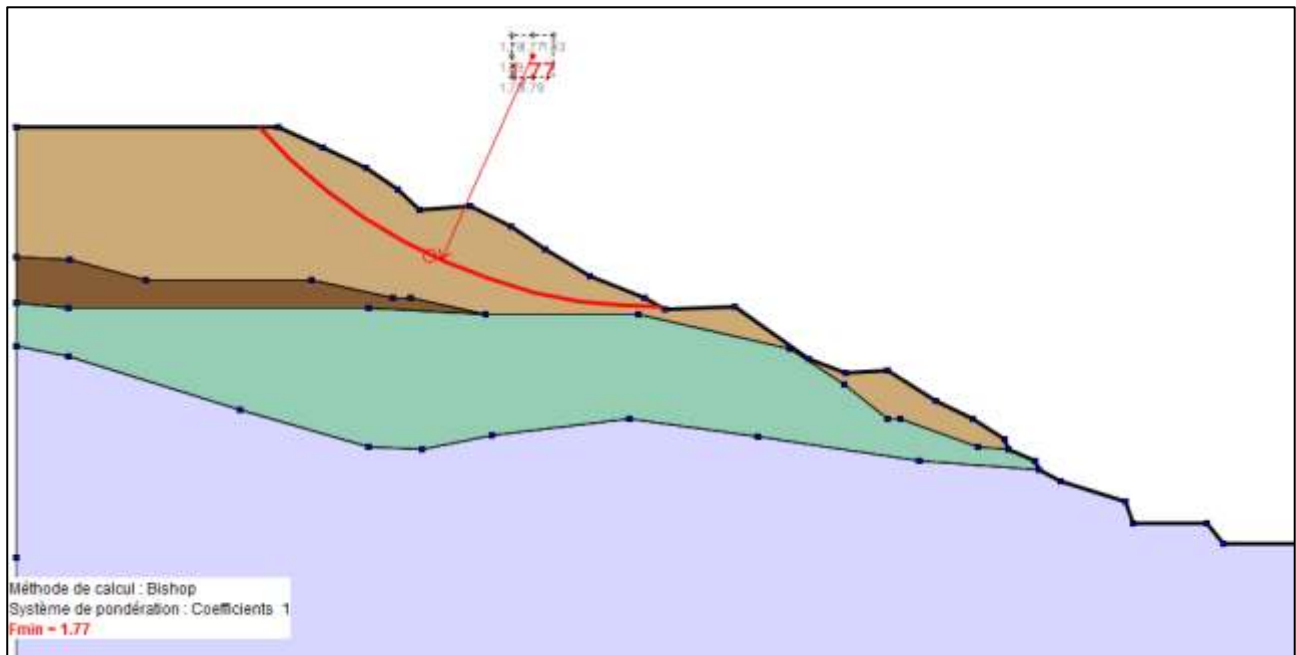


Figure - 33 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°3 (FS=1.77)

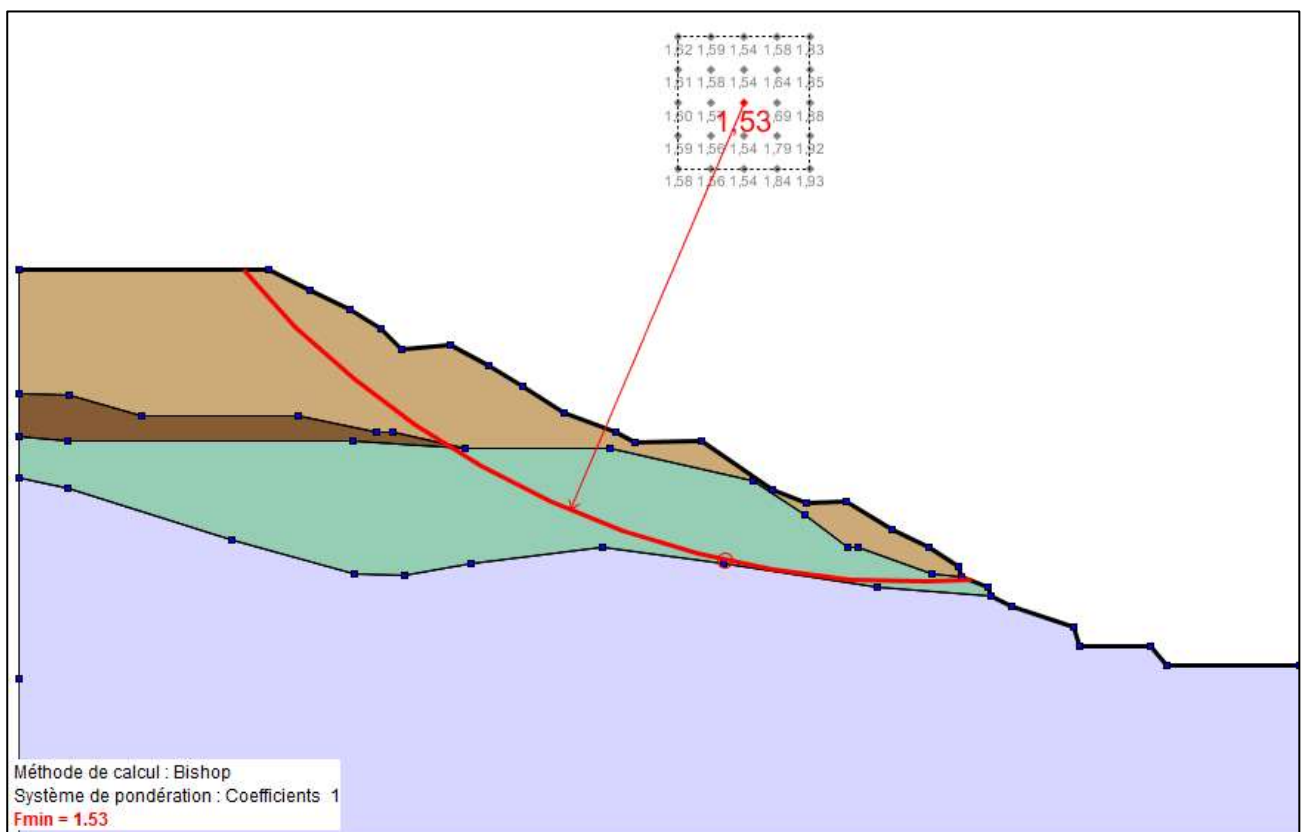


Figure - 34 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » au glissement profond en conditions normales - Coupe N°3 (FS=1.53)

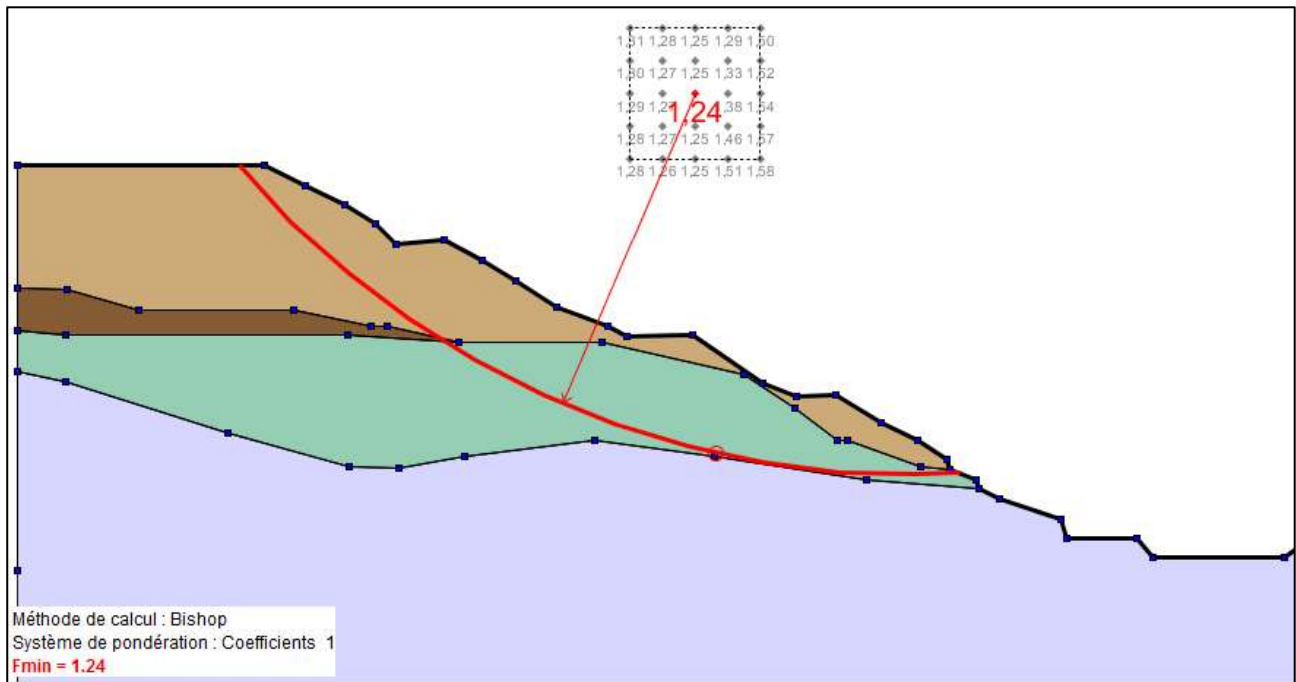


Figure - 35 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche » au glissement profond suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°3 (FS=1.24)

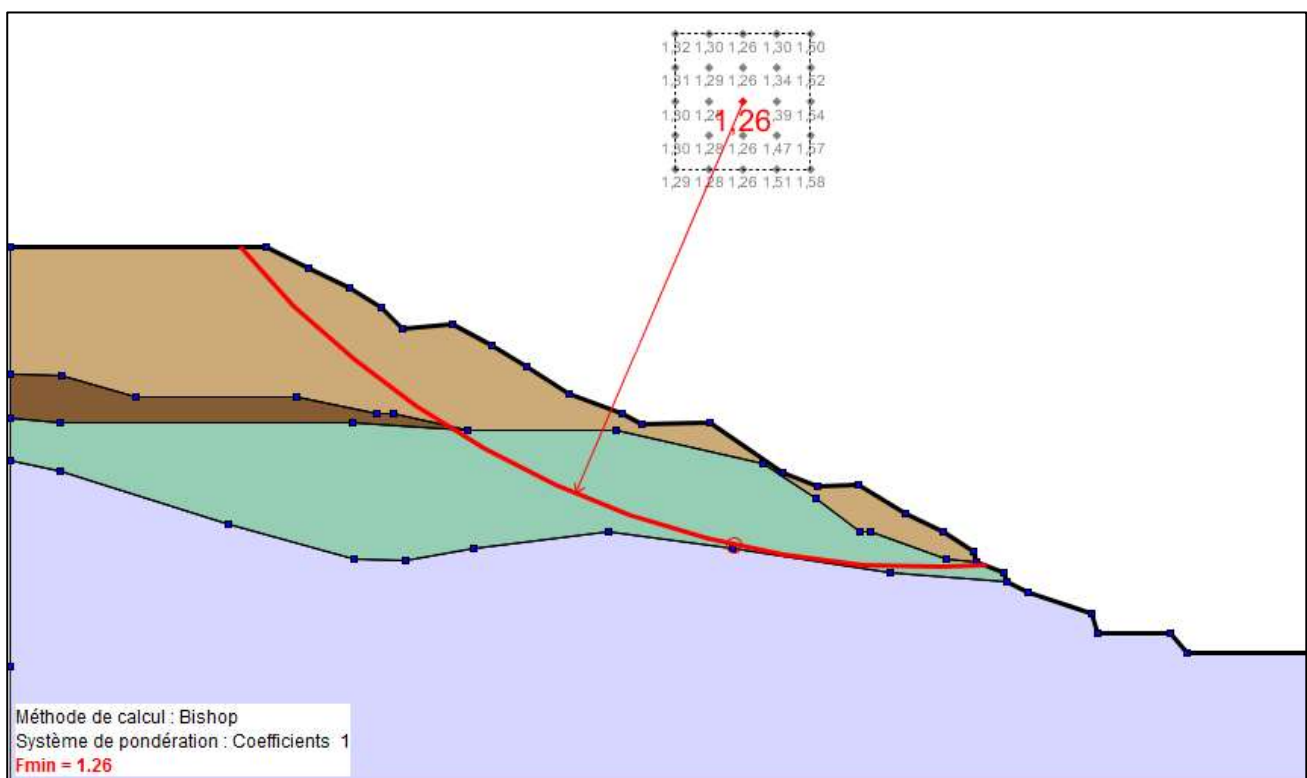


Figure - 36 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » au glissement profond suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°3 (FS=1.26)

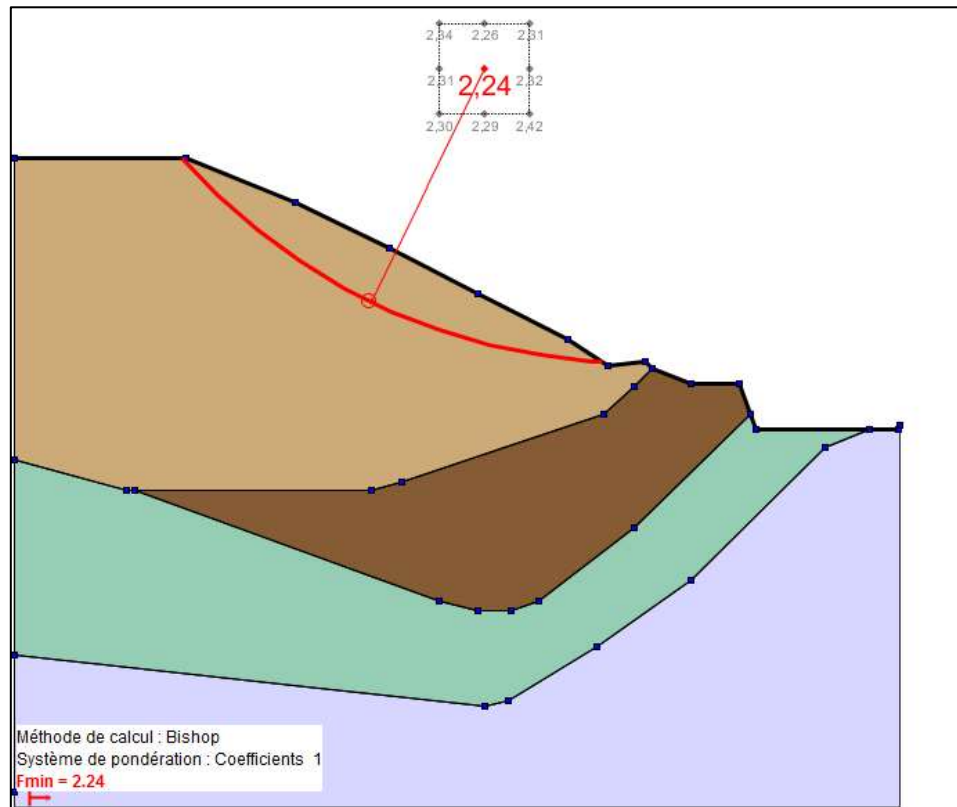


Figure - 37 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » au glissement en conditions normales - Coupe N°4 (FS=2.24)

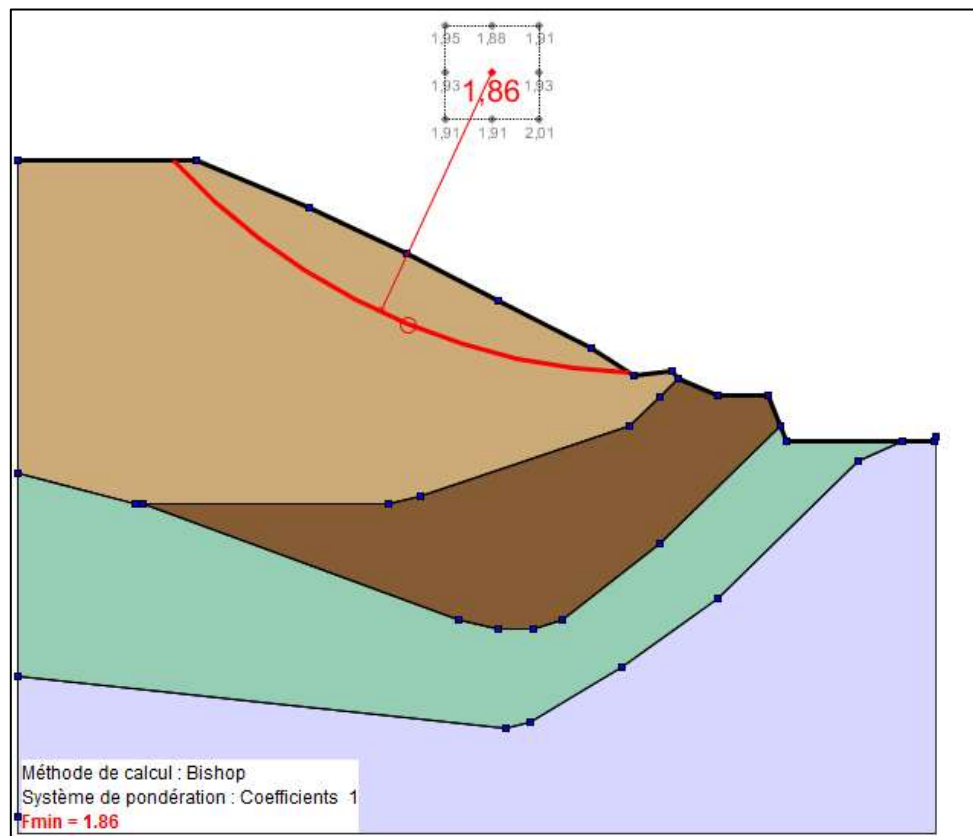


Figure - 38 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°4 (FS=1.86)

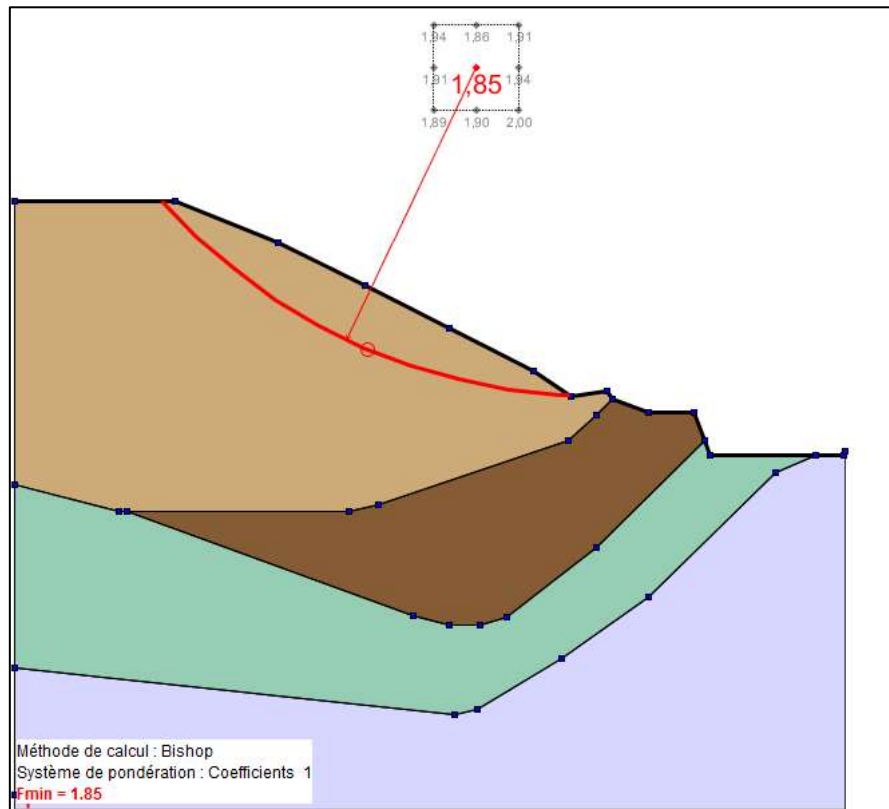


Figure - 39 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°4 (FS=1.85)

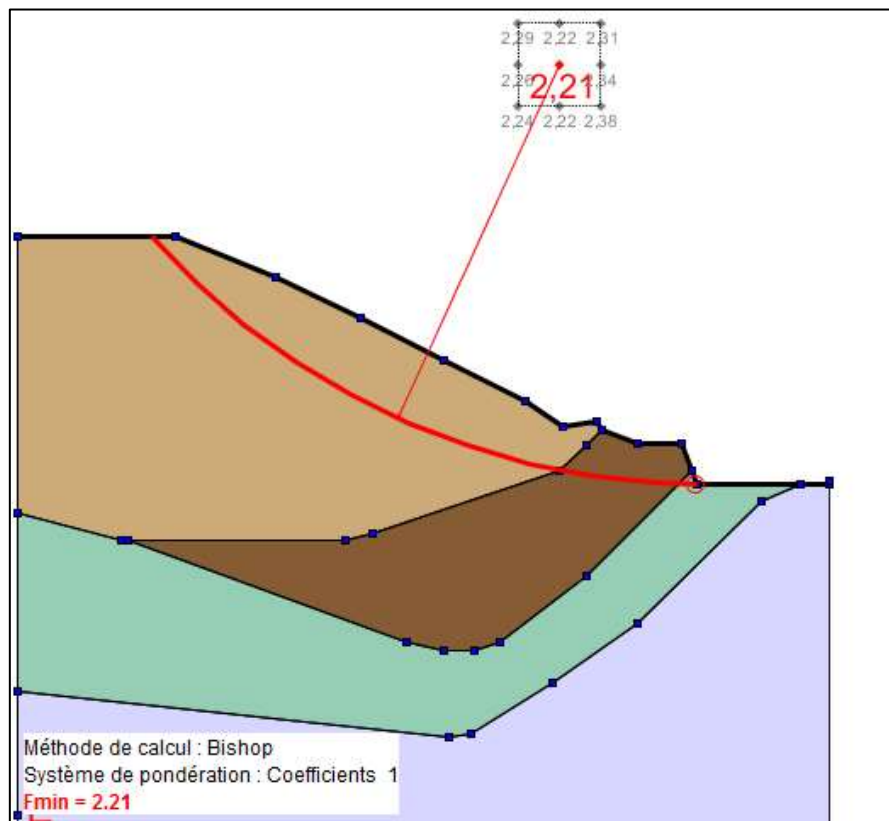


Figure - 40 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » au glissement profond en conditions normales - Coupe N°4 (FS=2.21)

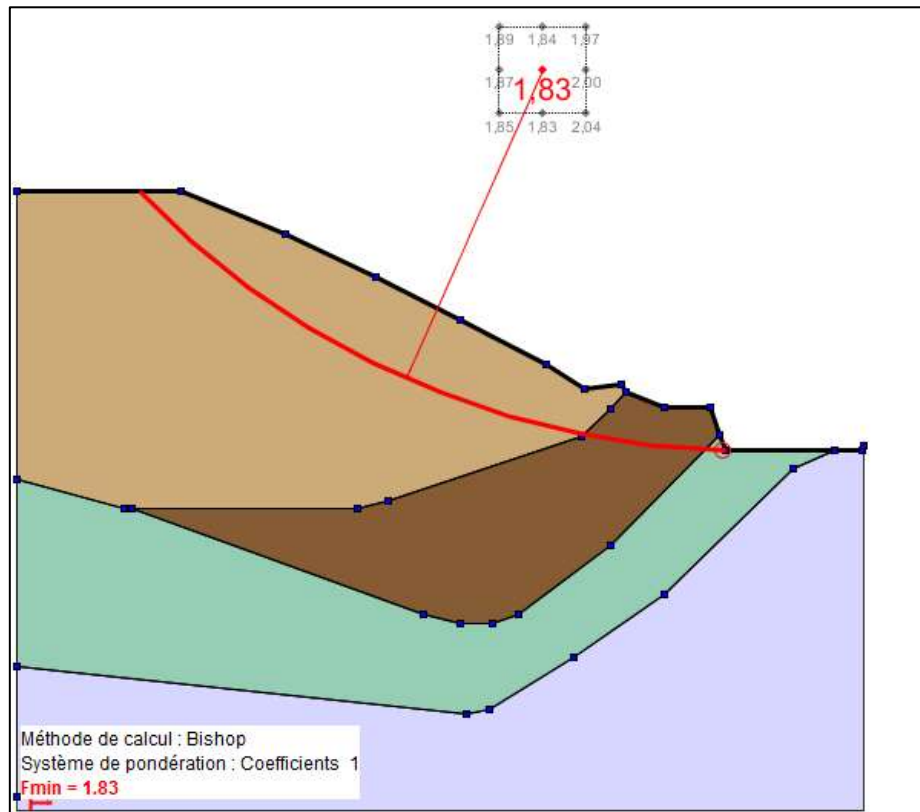


Figure - 41 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » au glissement profond suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°4 (FS=1.83)

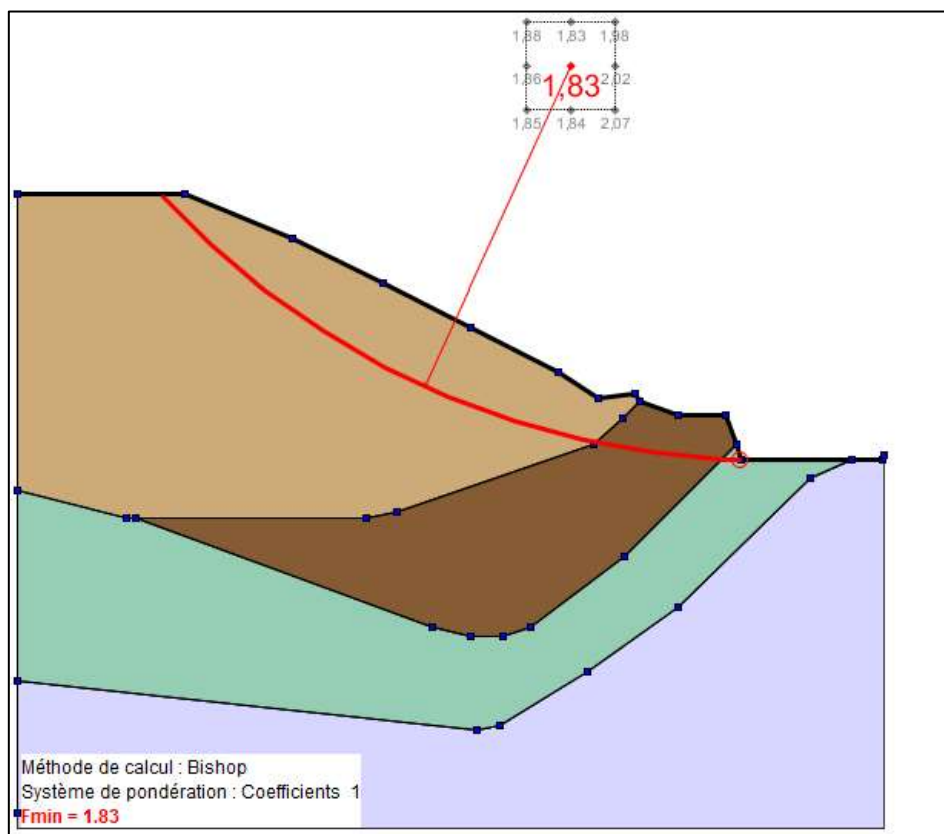


Figure - 42 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 1 » au glissement profond suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°4 (FS=1.83)

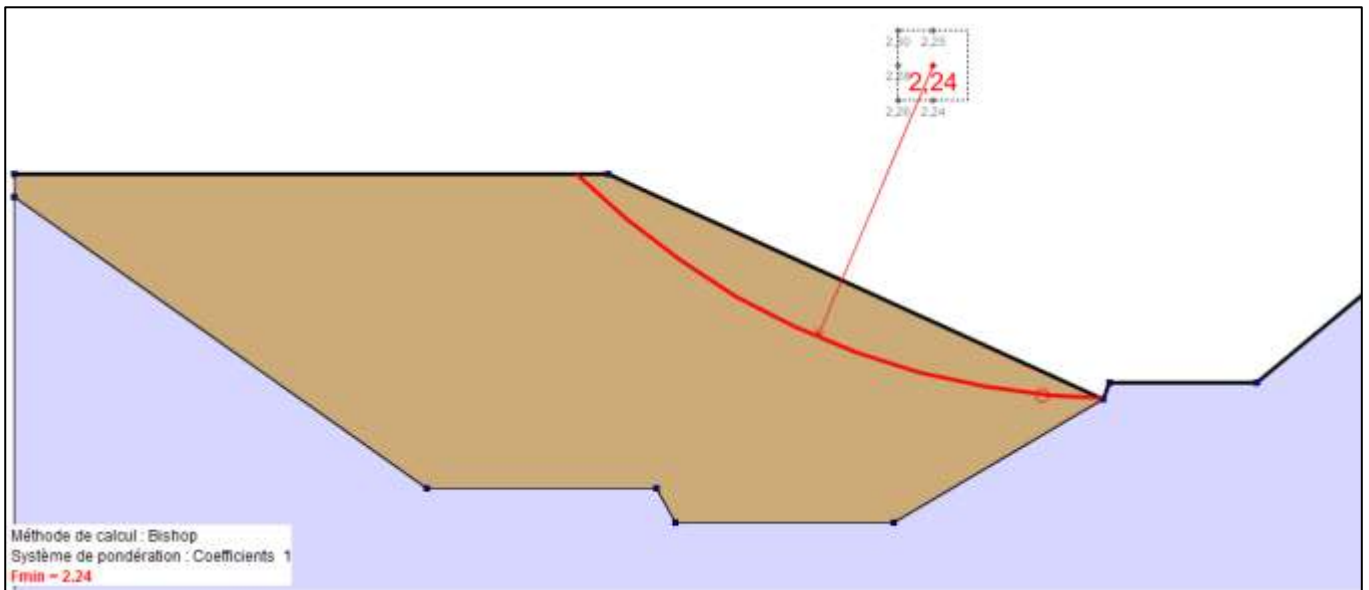


Figure - 43 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 2 » en conditions normales - Coupe N°5 (FS=2.24)

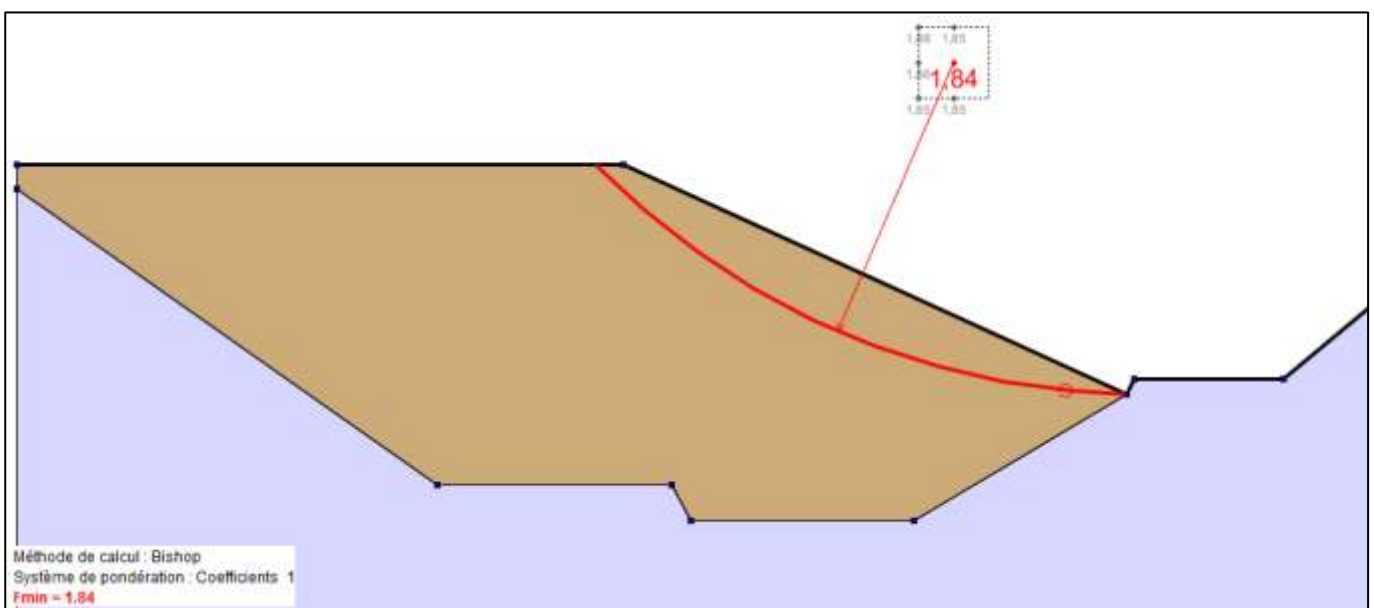


Figure - 44 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 2 » suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°5 (FS=1.84)

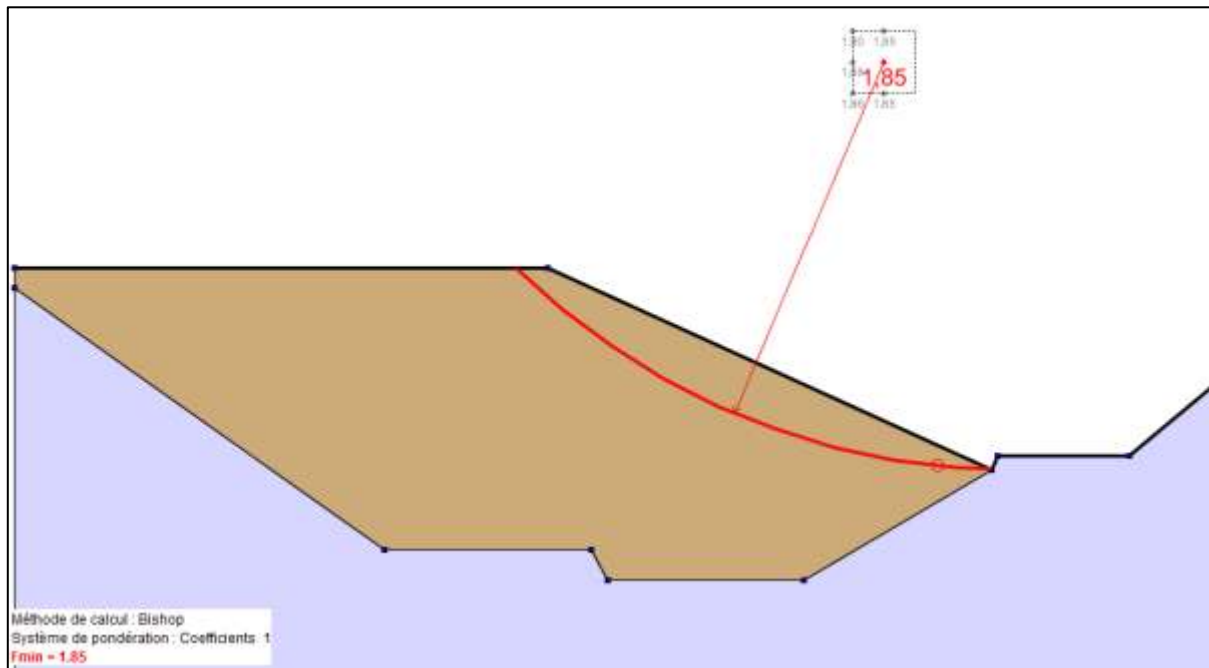


Figure - 45 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 2 » suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°5 (FS=1.85)

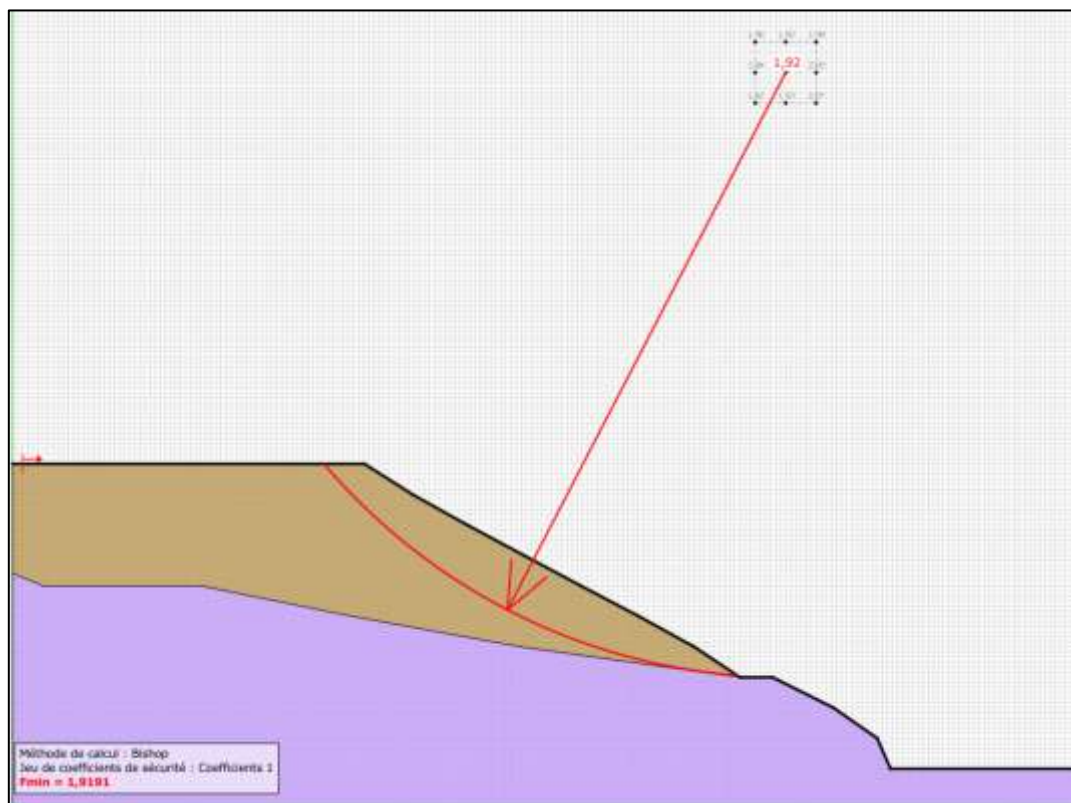


Figure - 46 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 2 » en conditions normales - Coupe N°6 (FS=1.92)

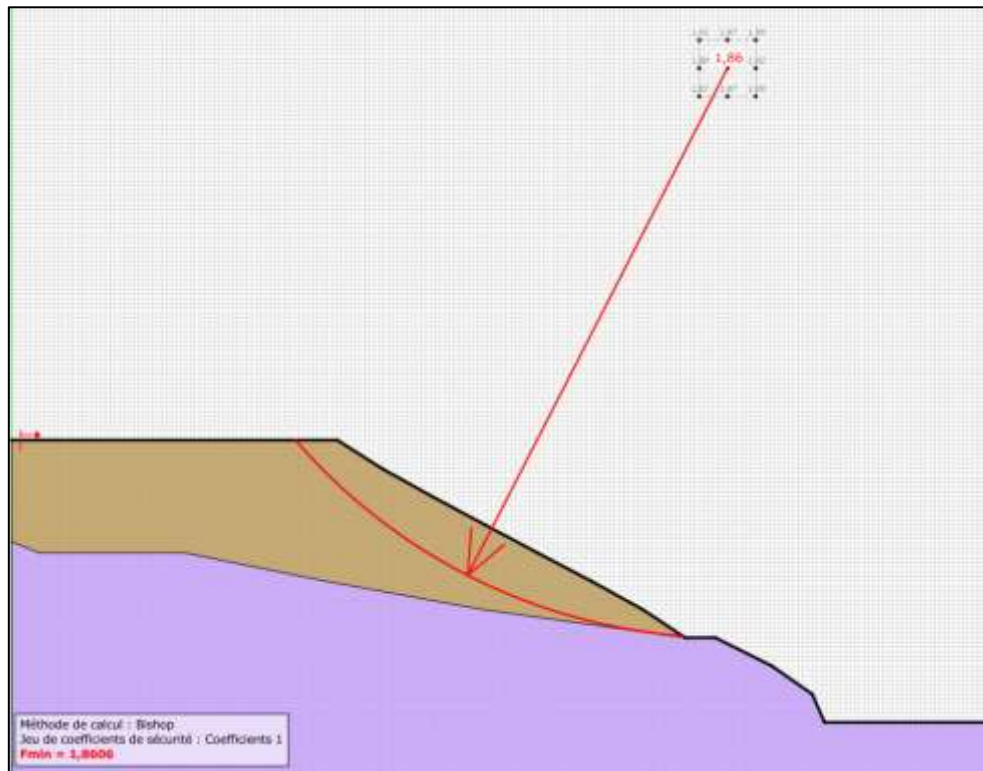


Figure - 47 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 2 » suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°6 (FS=1.86)

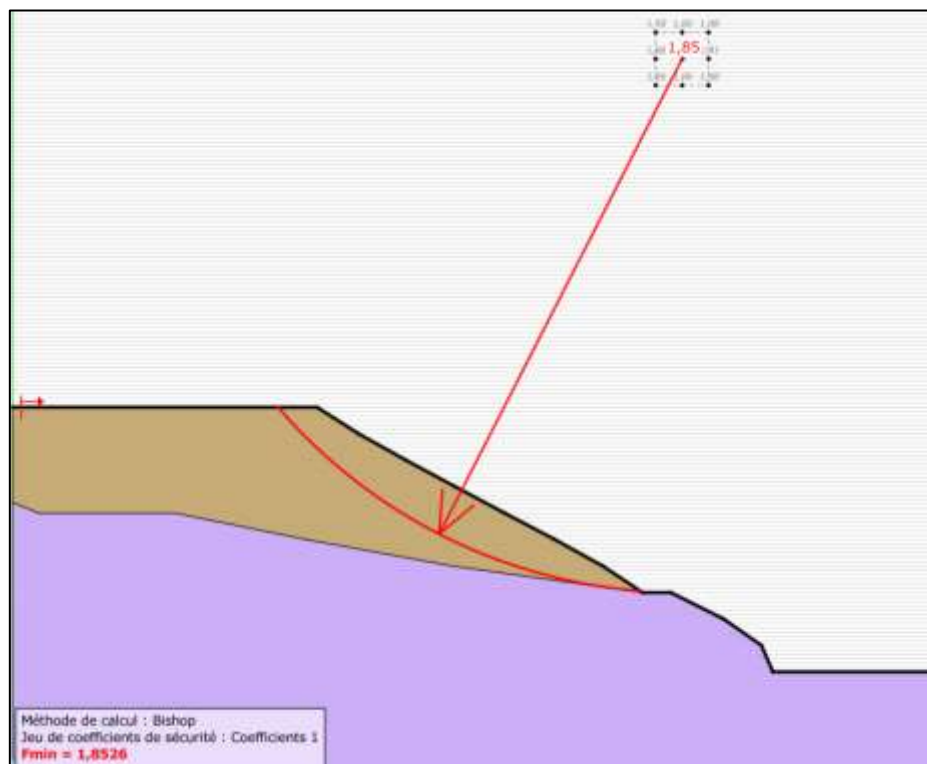


Figure - 48 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 2 » suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°6 (FS=1.85)

**ANNEXE N°5 : SORTIES TALREN VERSE « REVANCHE – PHASE
ULTIME »**

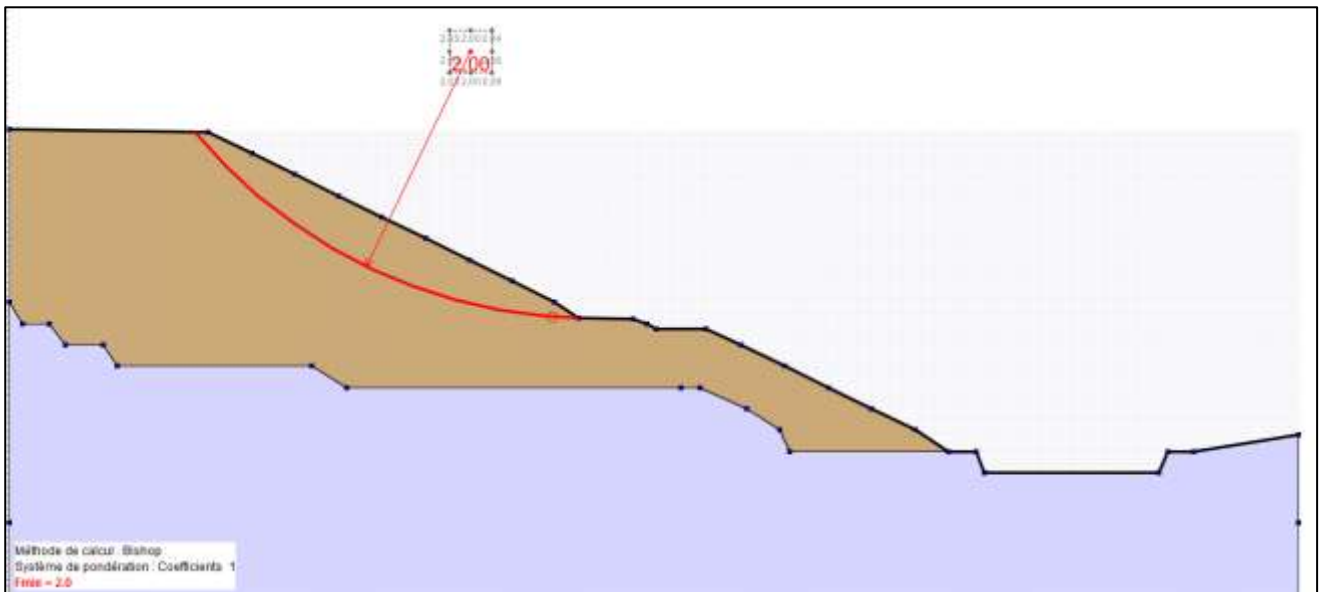


Figure - 49 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » en conditions normales - Coupe N°1 (FS=2.00)

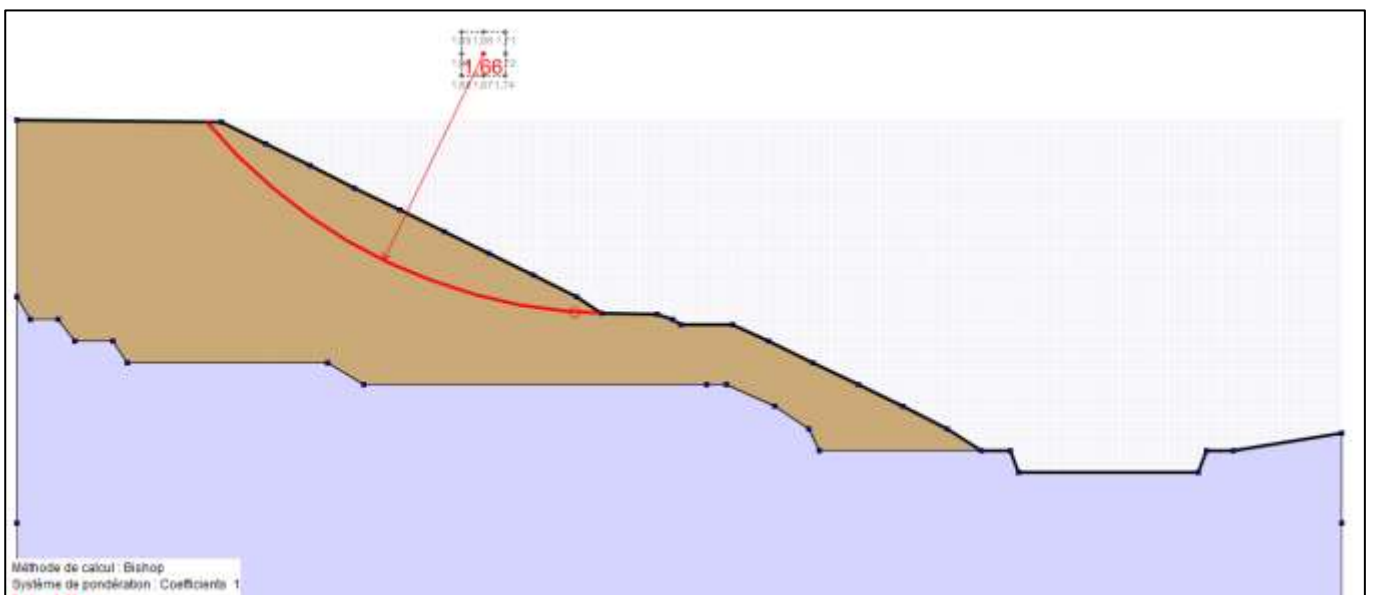


Figure - 50 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°1 (FS=1.66)

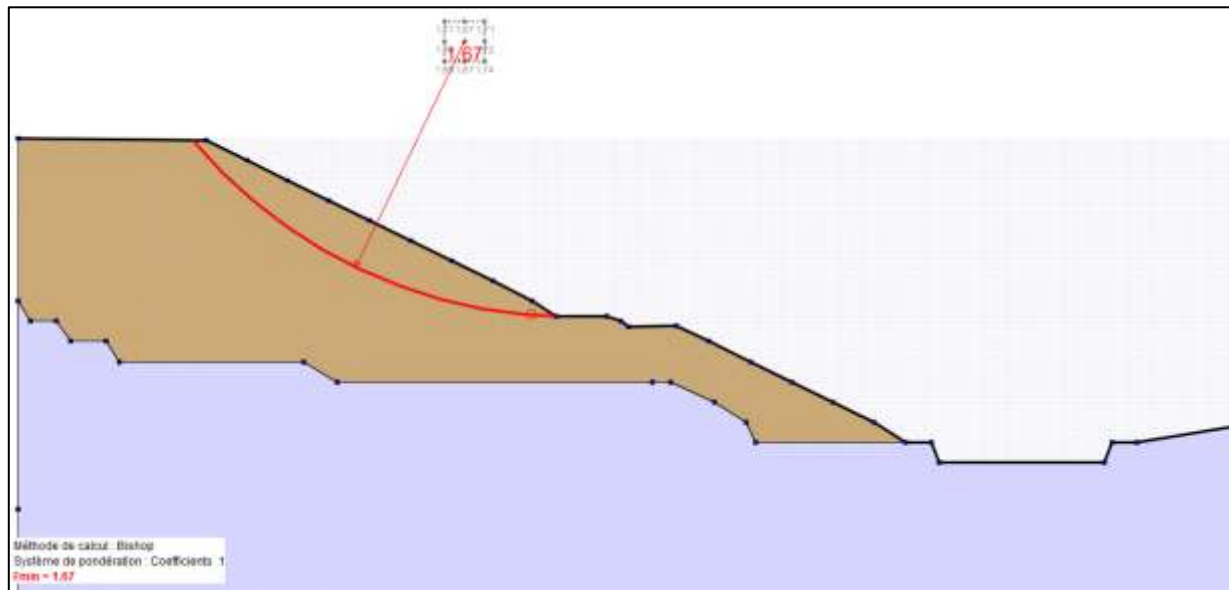


Figure - 51 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°1 (FS=1.67)

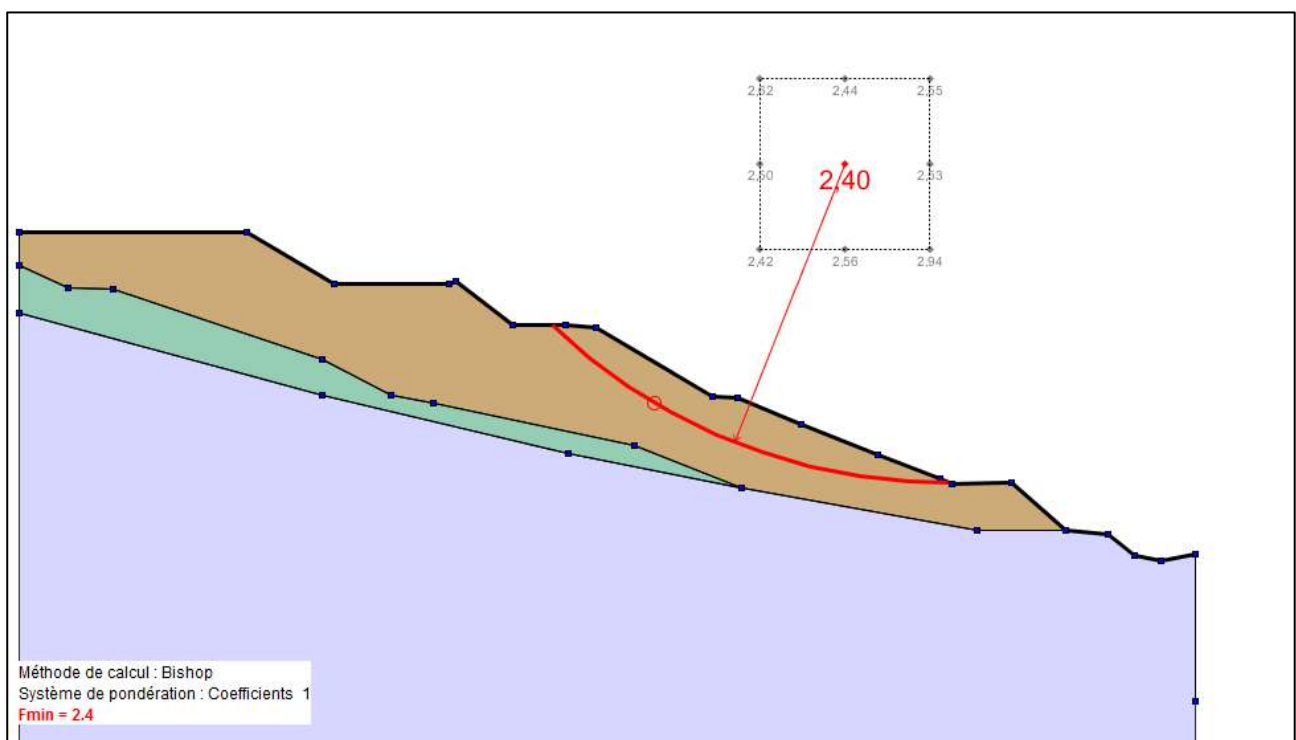


Figure - 52 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » en conditions normales - Coupe N°2 (FS=2.4)

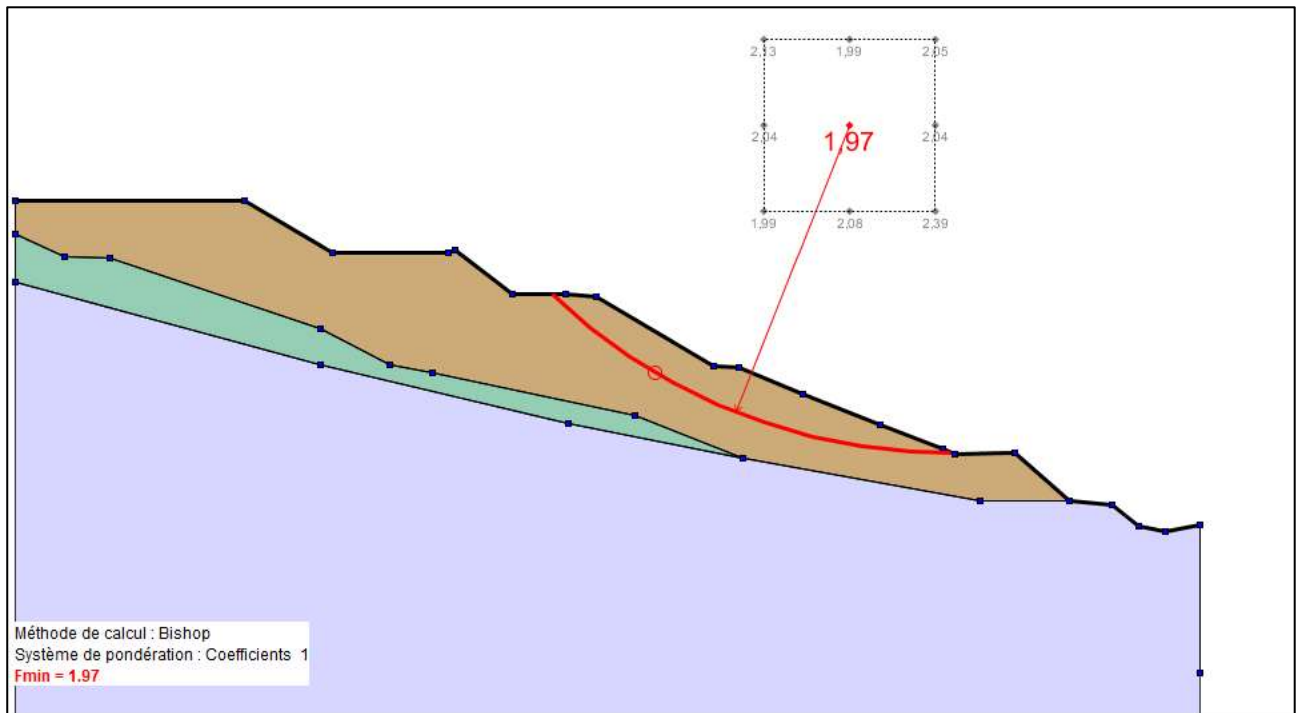


Figure - 53 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°2 (FS=1.97)

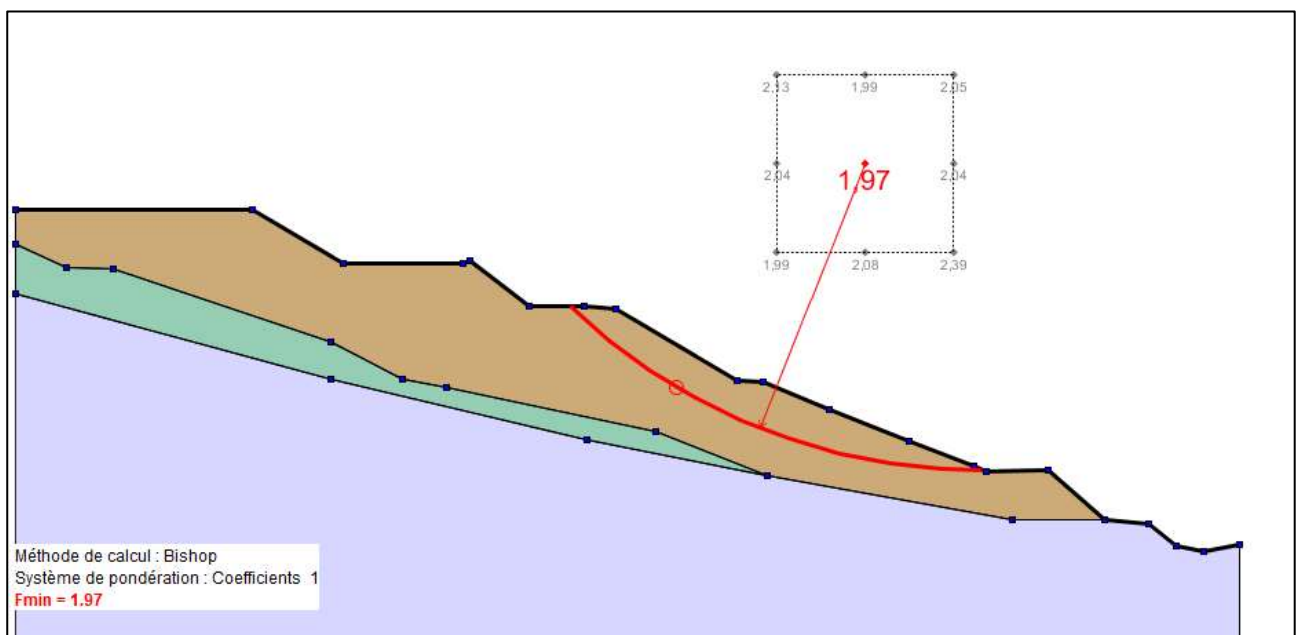


Figure - 54 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°2 (FS=1.97)

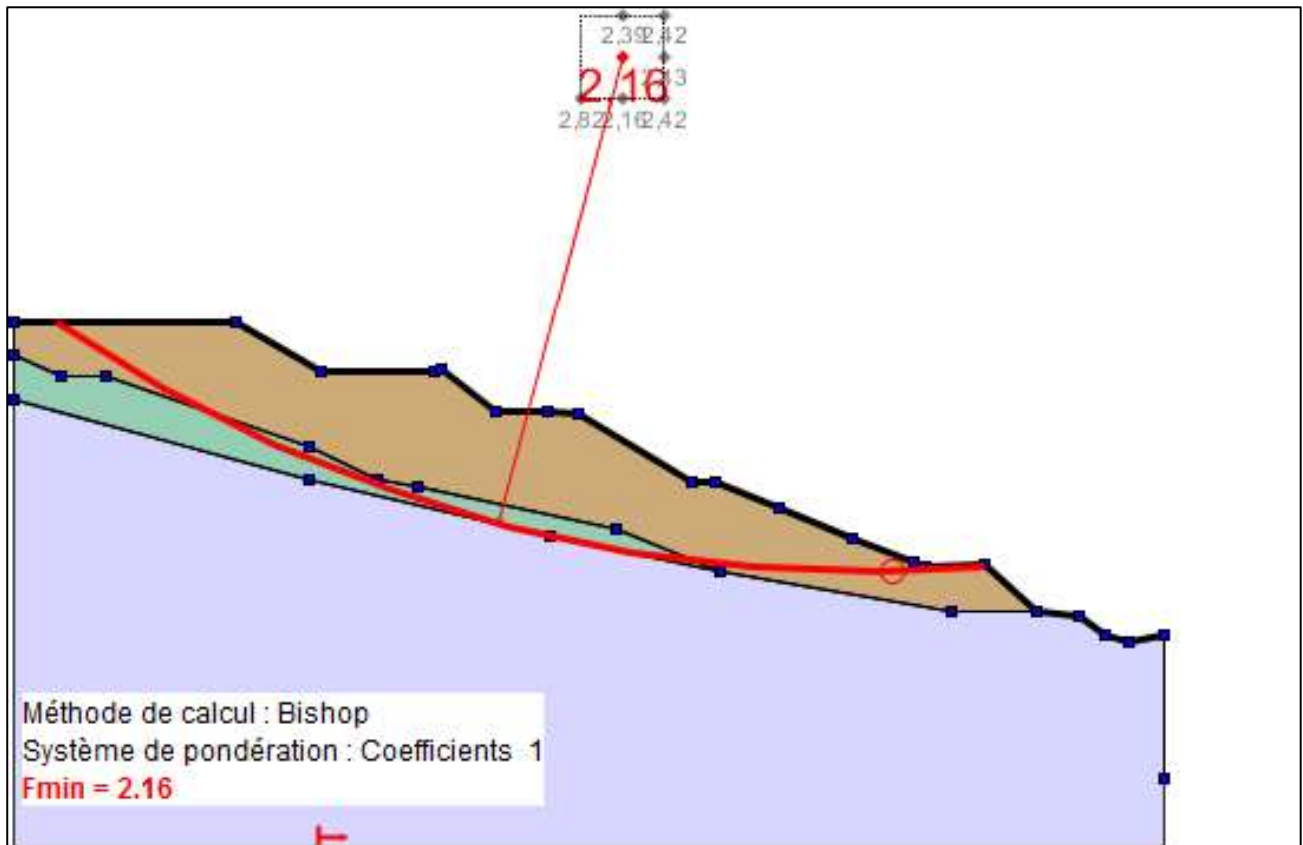


Figure - 55 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » au glissement profond en conditions normales - Coupe N°2 (FS=2.16)

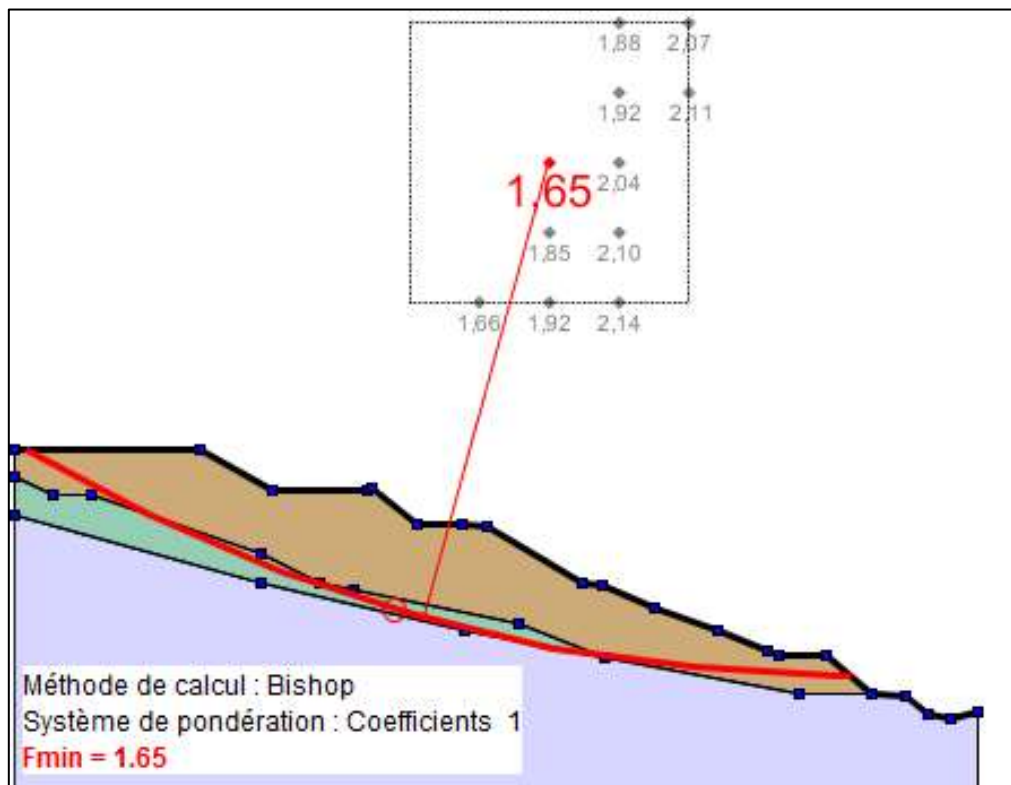


Figure - 56 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » au glissement profond suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°2 (FS=1.65)

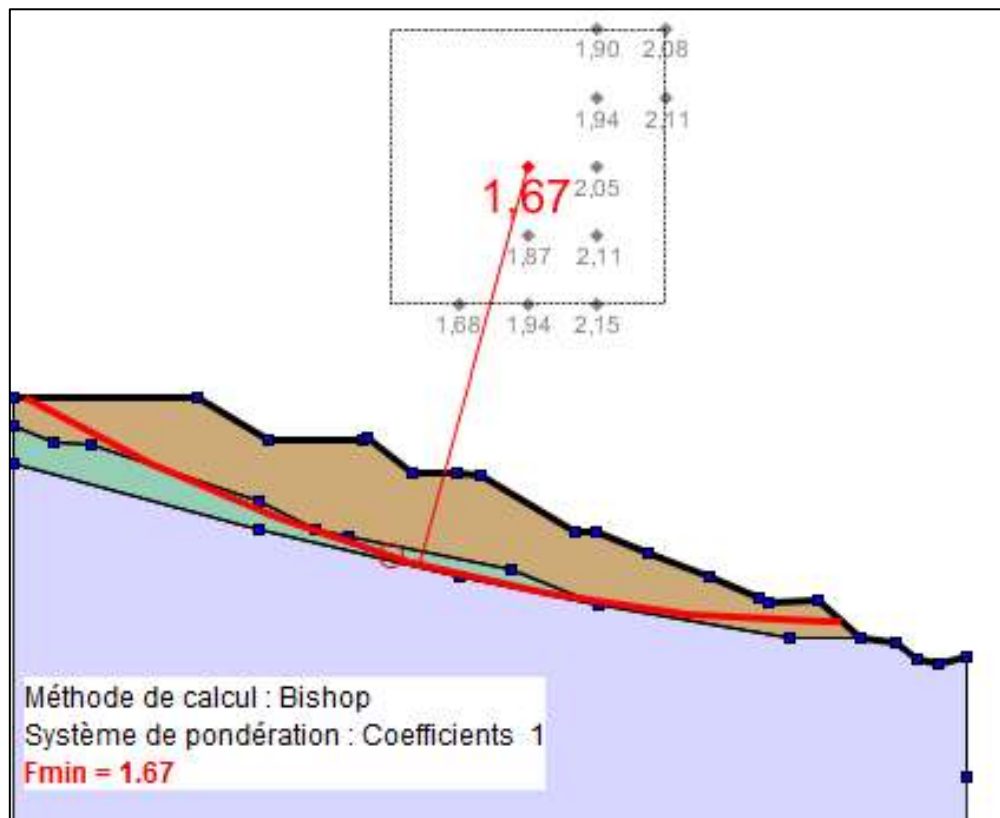


Figure - 57 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » au glissement profond suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°2 (FS=1.67)

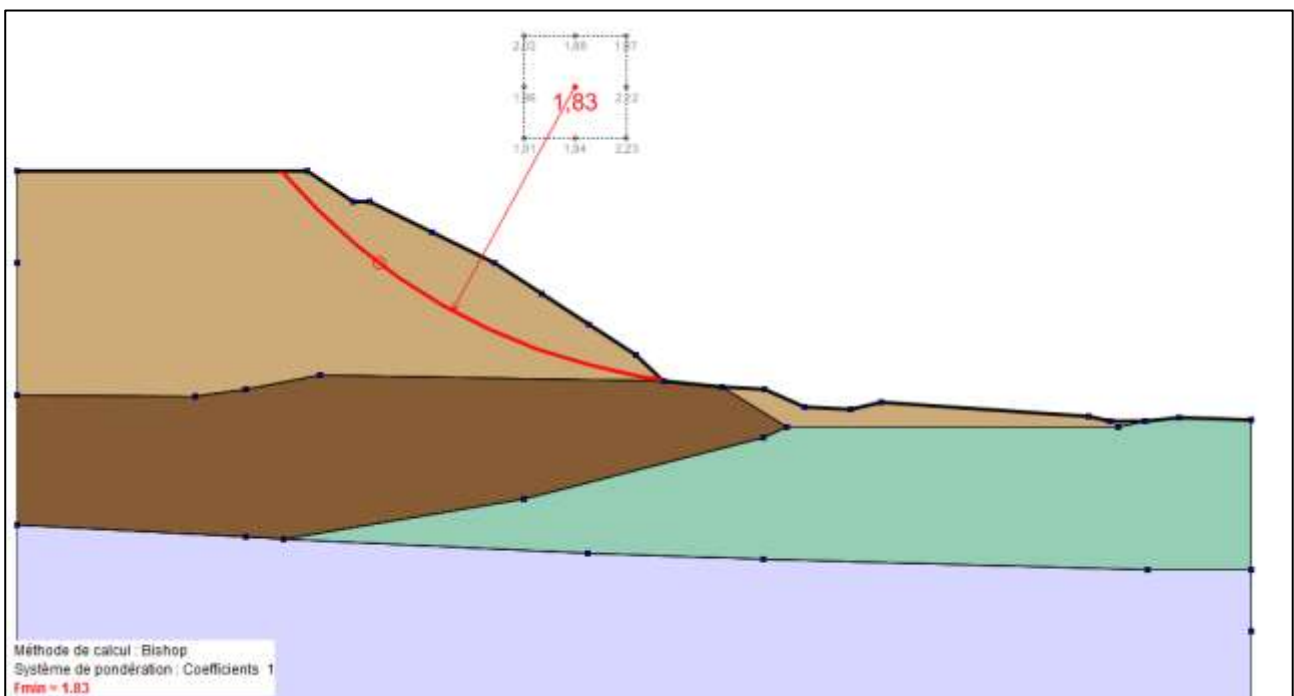


Figure - 58 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » en conditions normales - Coupe N°3 (FS=1.83)

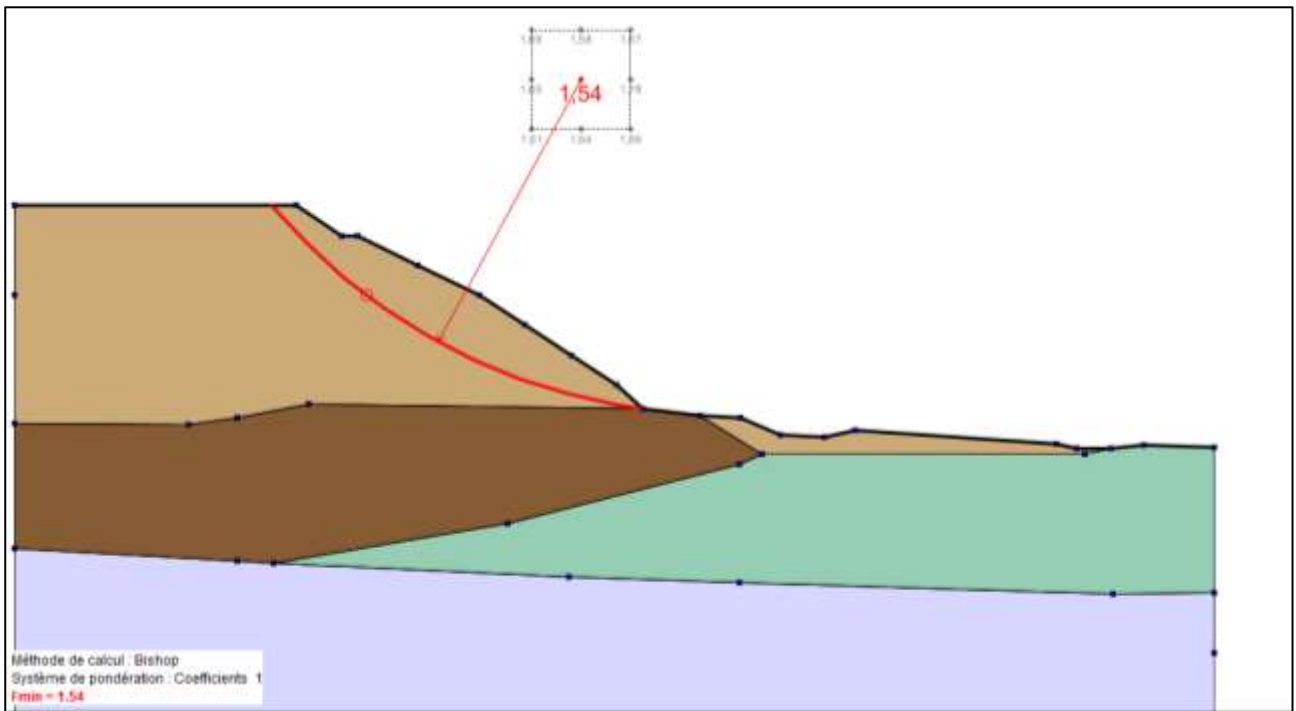


Figure - 59 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°3 (FS=1.54)

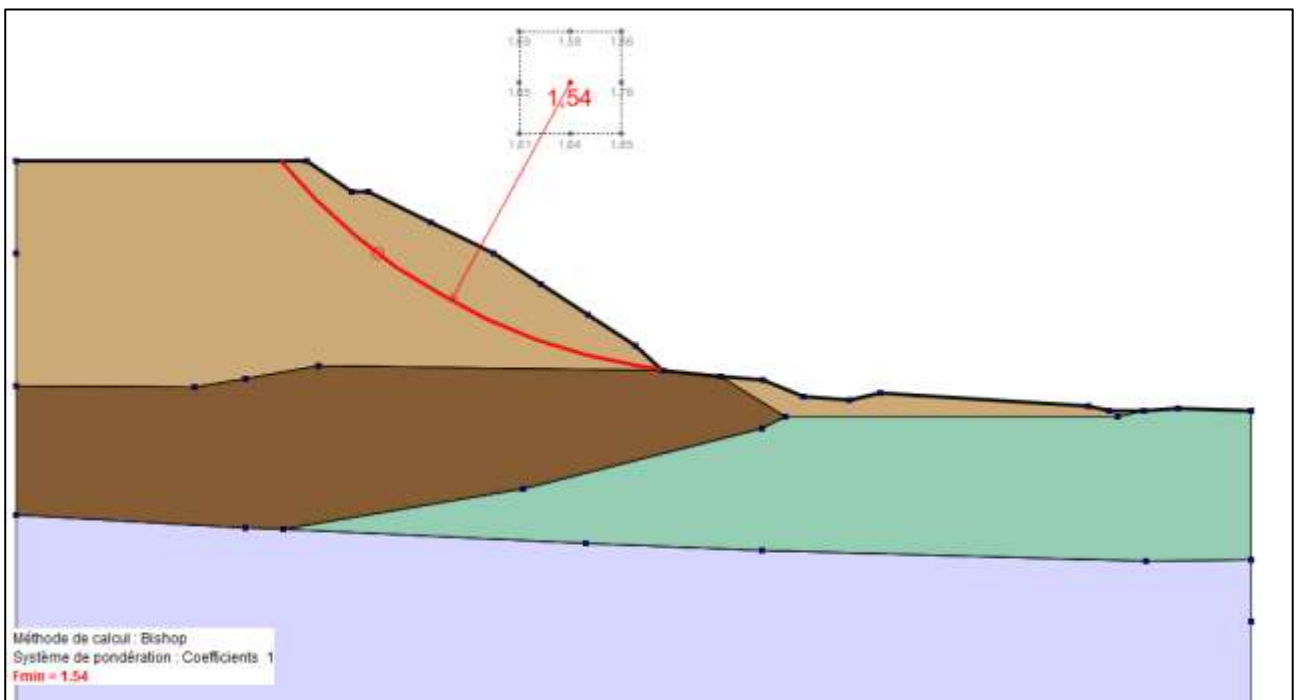


Figure - 60 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°3 (FS=1.54)

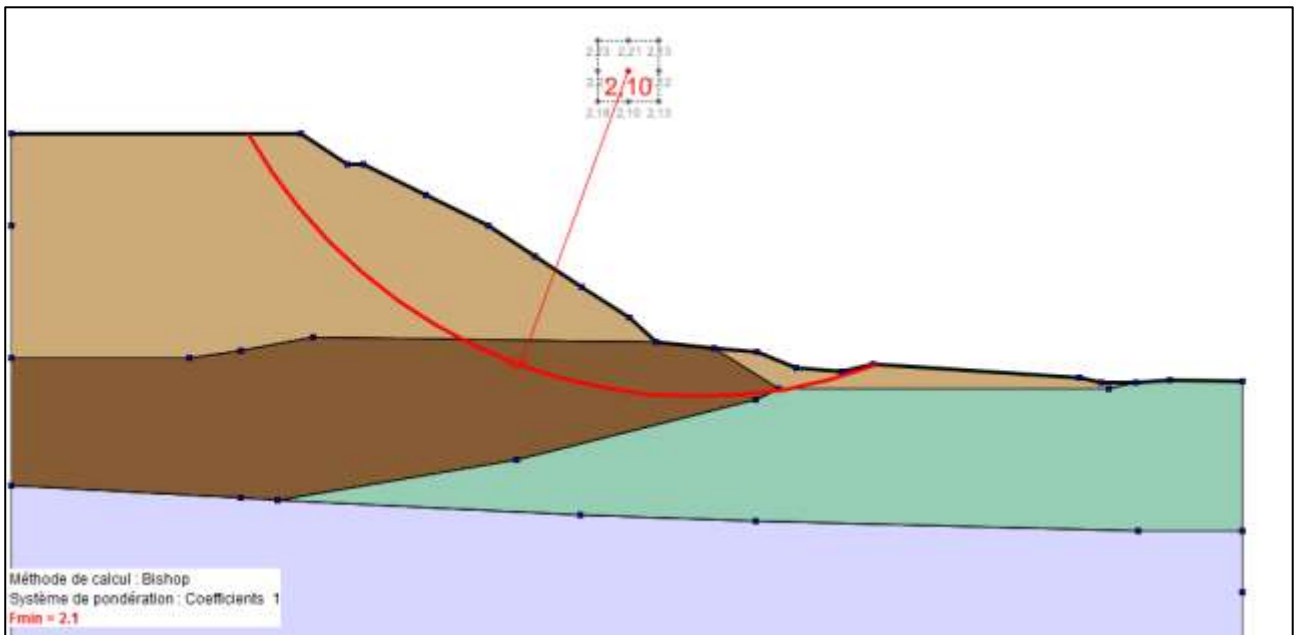


Figure - 61 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » au glissement profond en conditions normales - Coupe N°3 (FS=2.1)

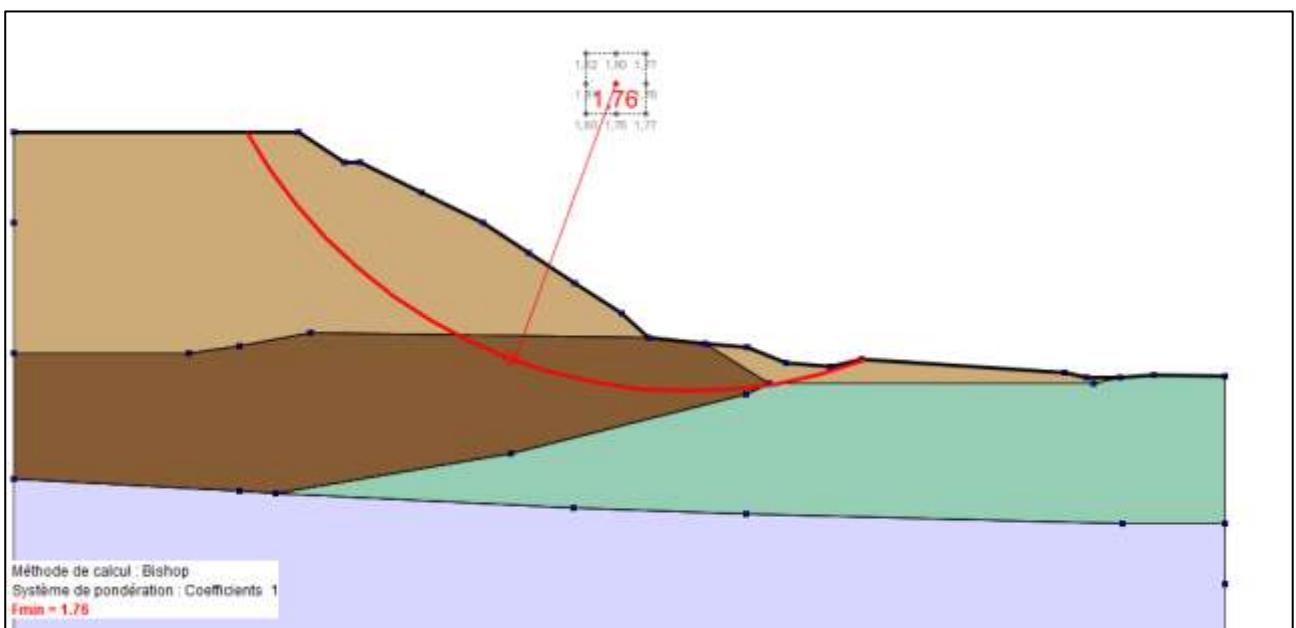


Figure - 62 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » au glissement profond suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°3 (FS=1.76)

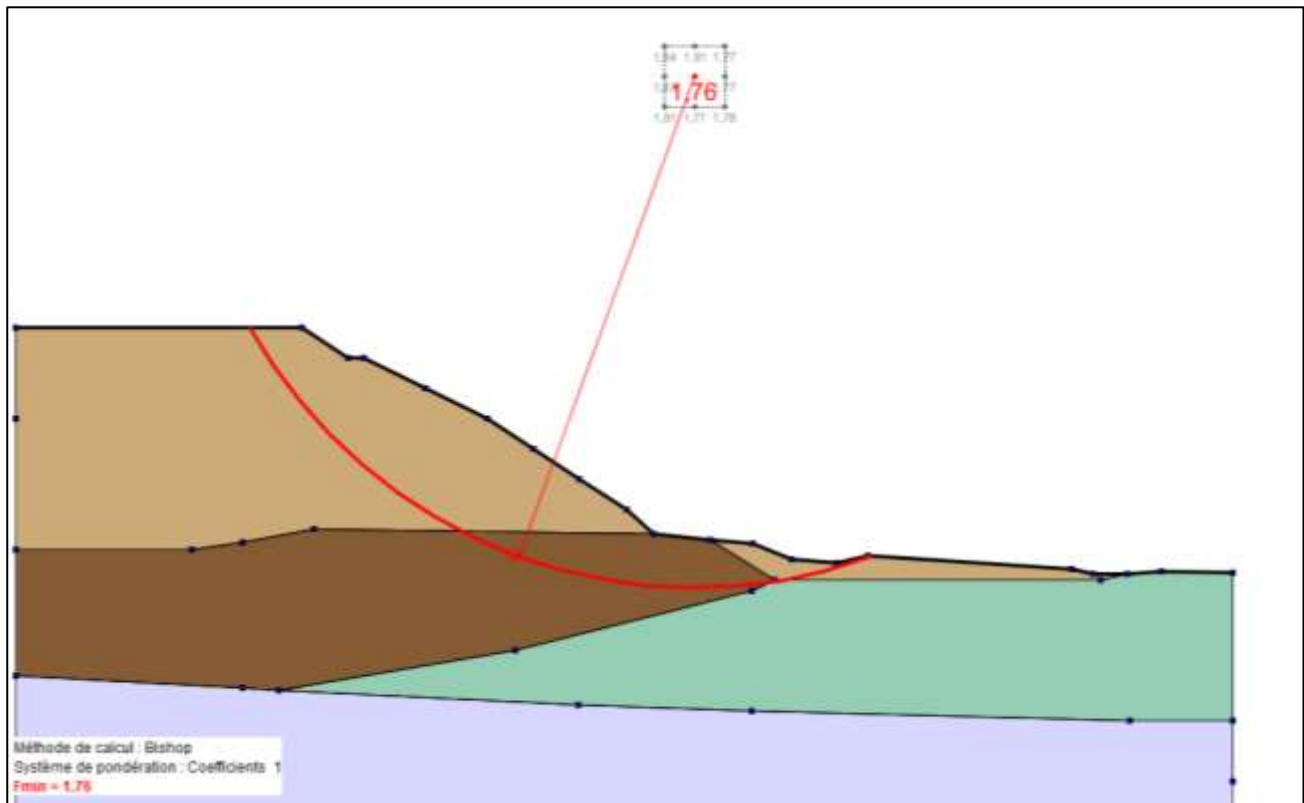


Figure - 63 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » au glissement profond suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°3 (FS=1.76)

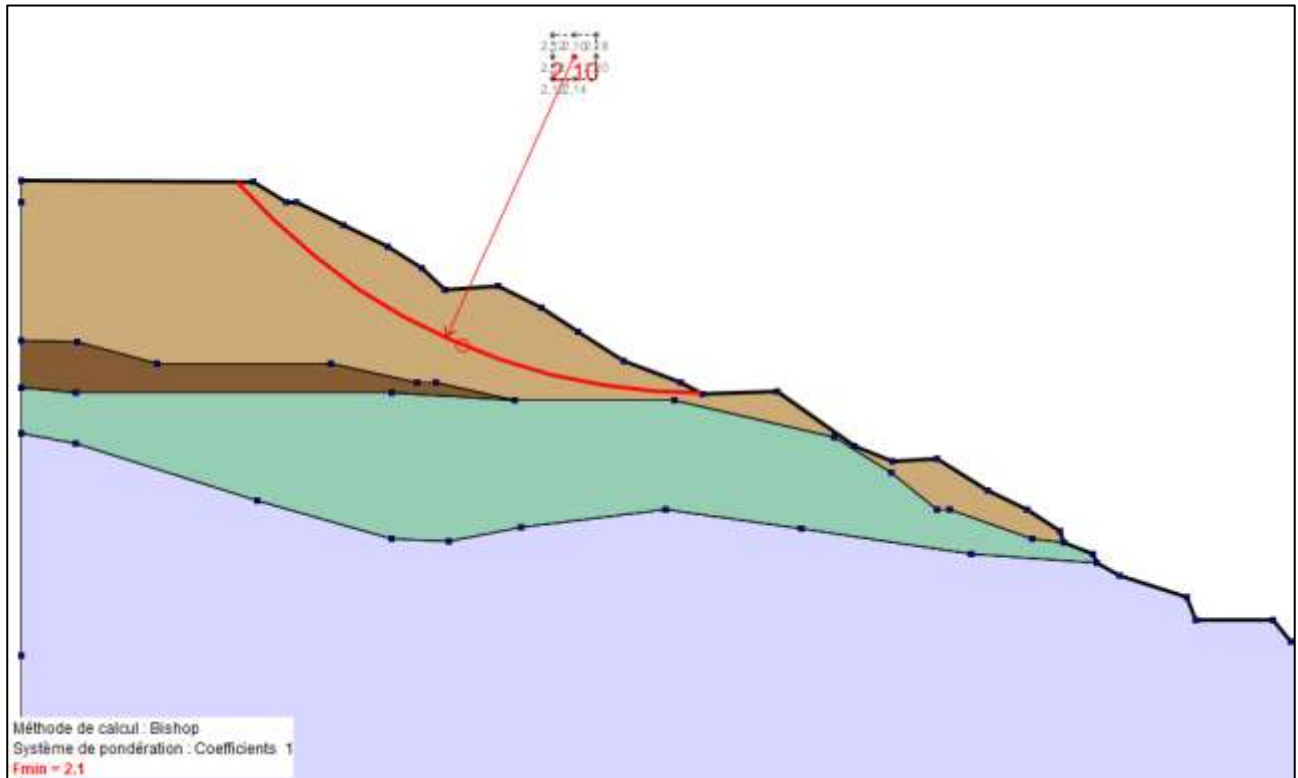


Figure - 64 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » en conditions normales - Coupe N°4 (FS=2.1)

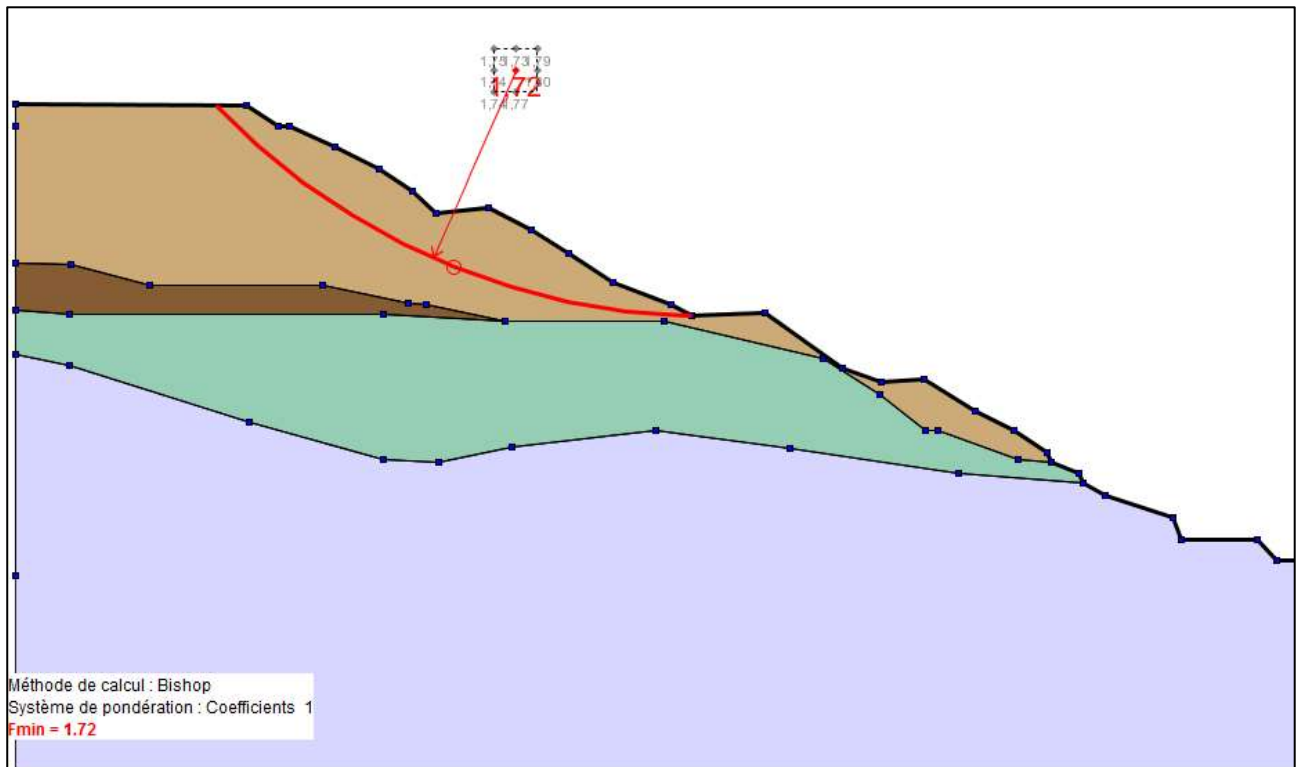


Figure - 65 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°4 (FS=1.72)

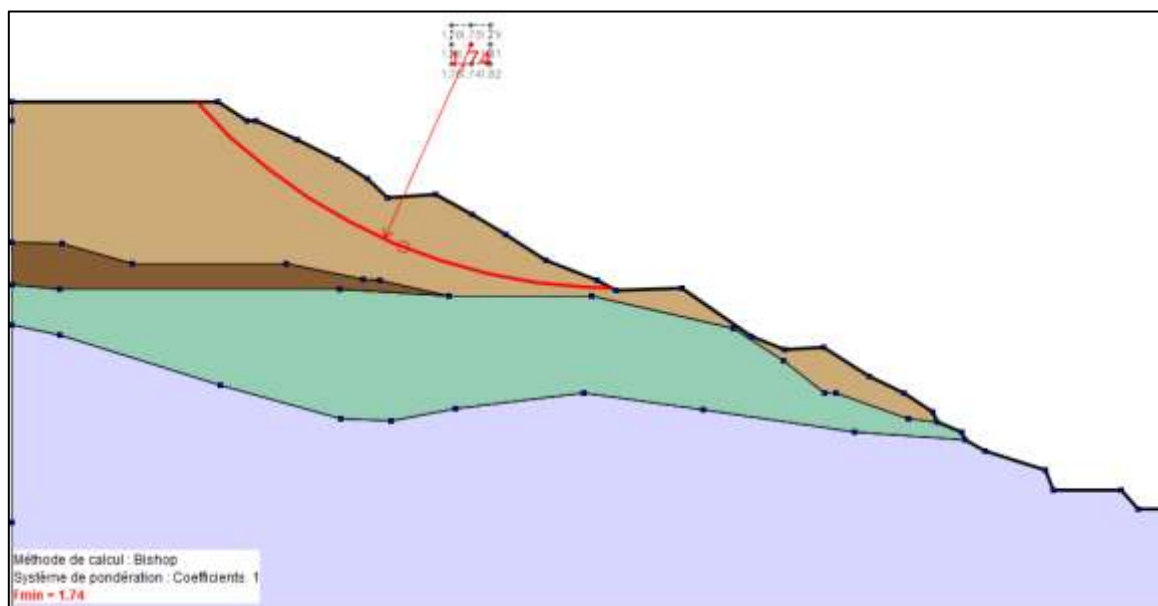


Figure - 66 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°4 (FS=1.74)

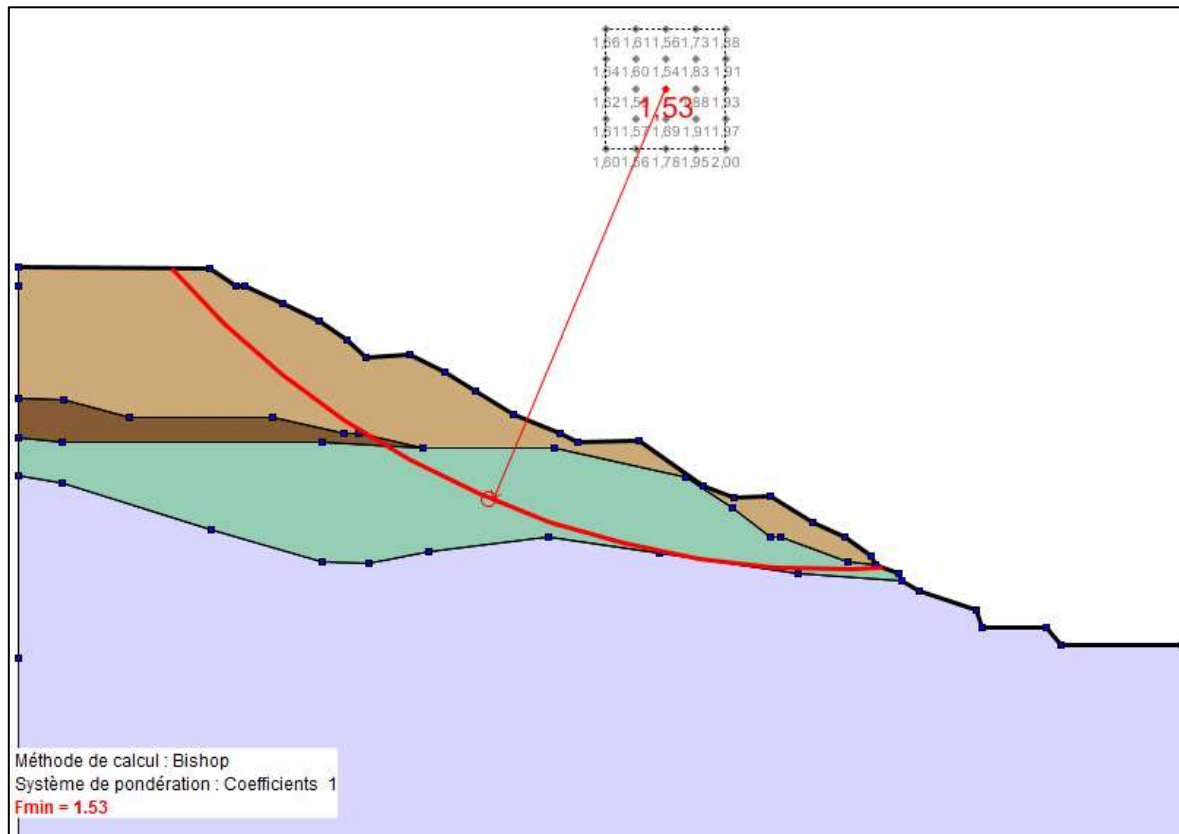


Figure - 67 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » au glissement profond en conditions normales - Coupe N°4 (FS=1.53)

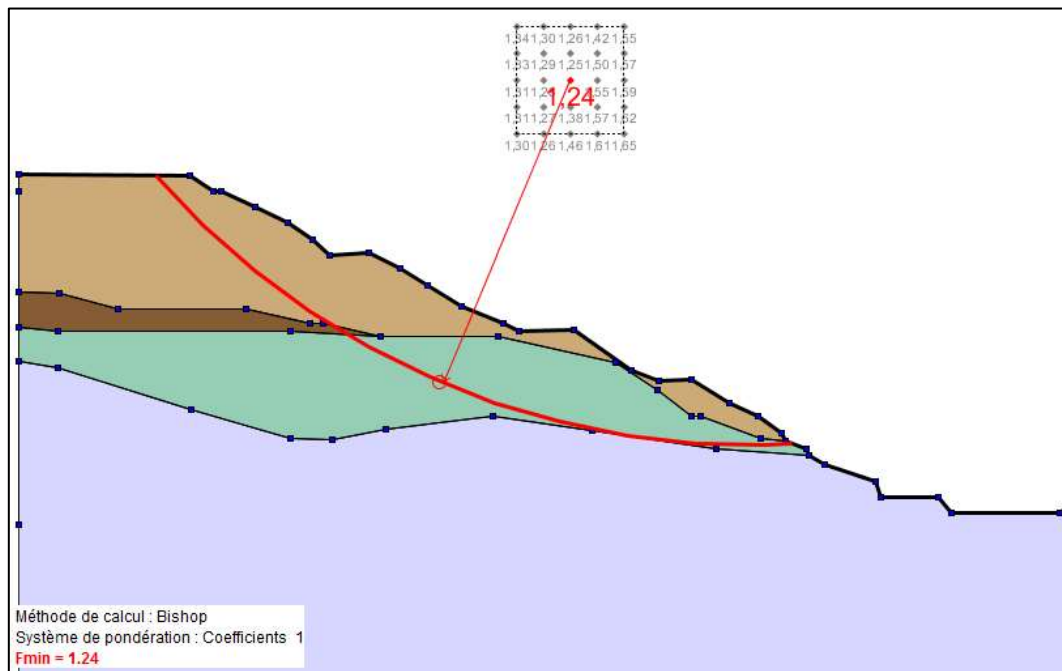


Figure - 68 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » au glissement profond suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°4 (FS=1.24)

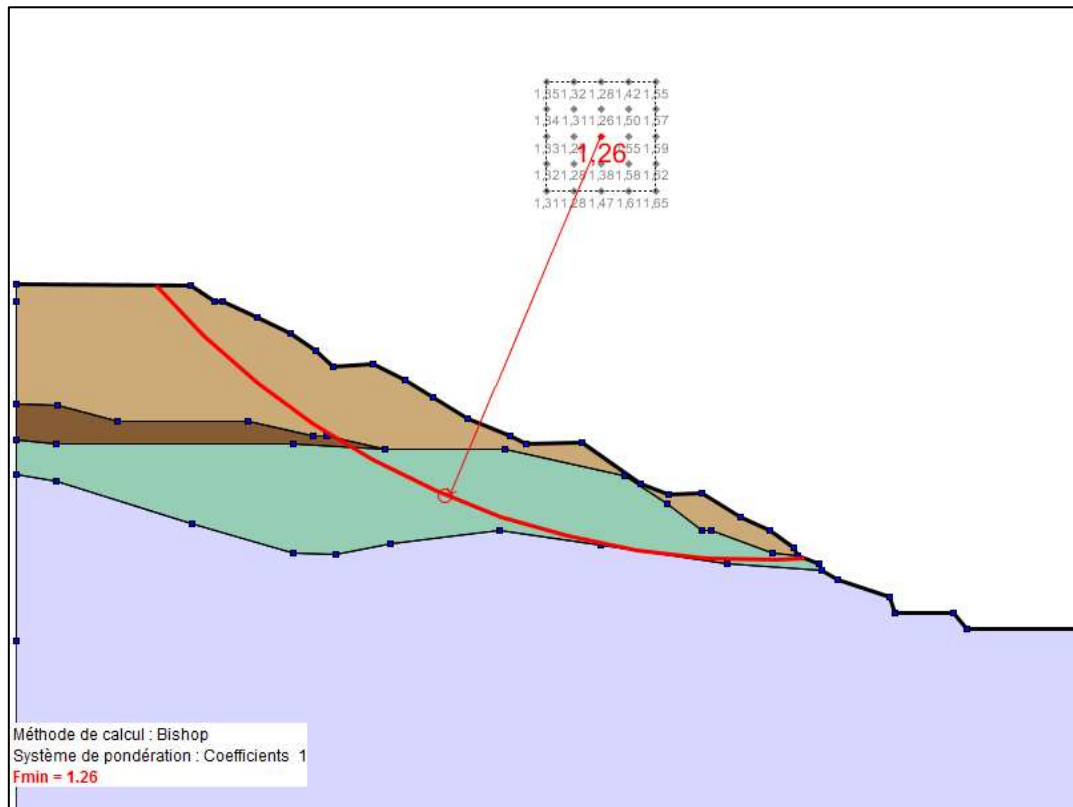


Figure - 69 : Stabilité du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » au glissement profond suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°4 (FS=1.26)

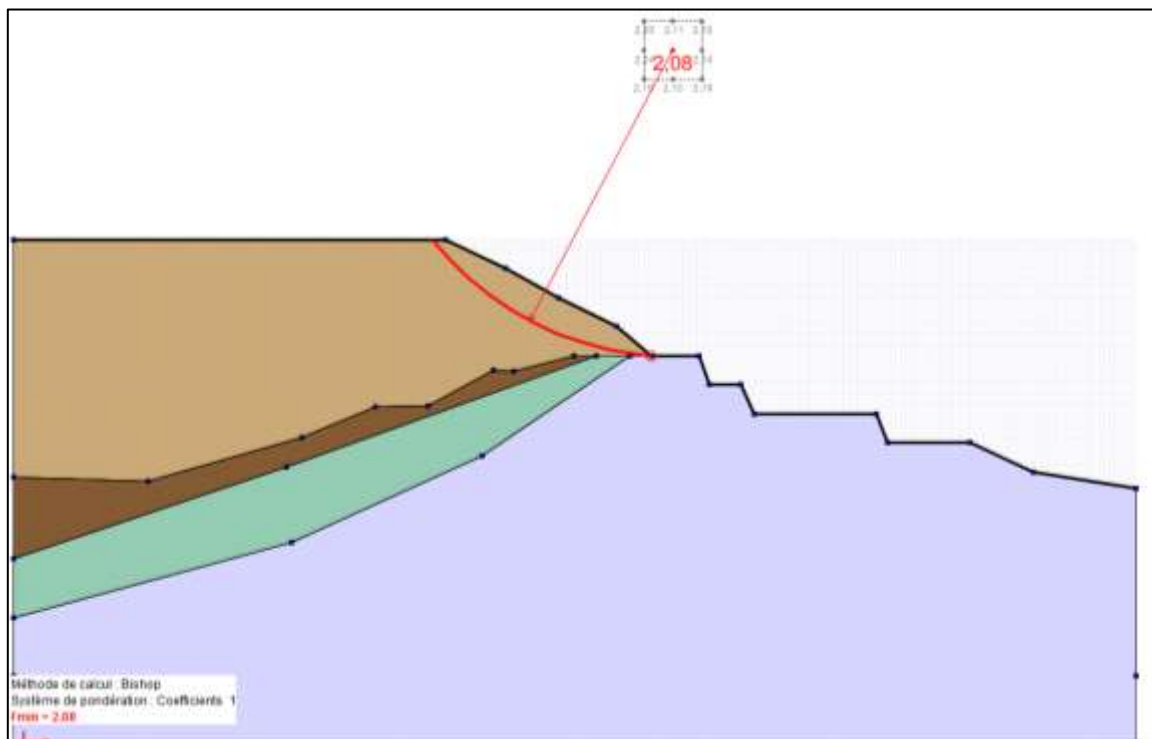


Figure - 70 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » en conditions normales - Coupe N°5 (FS=2.08)

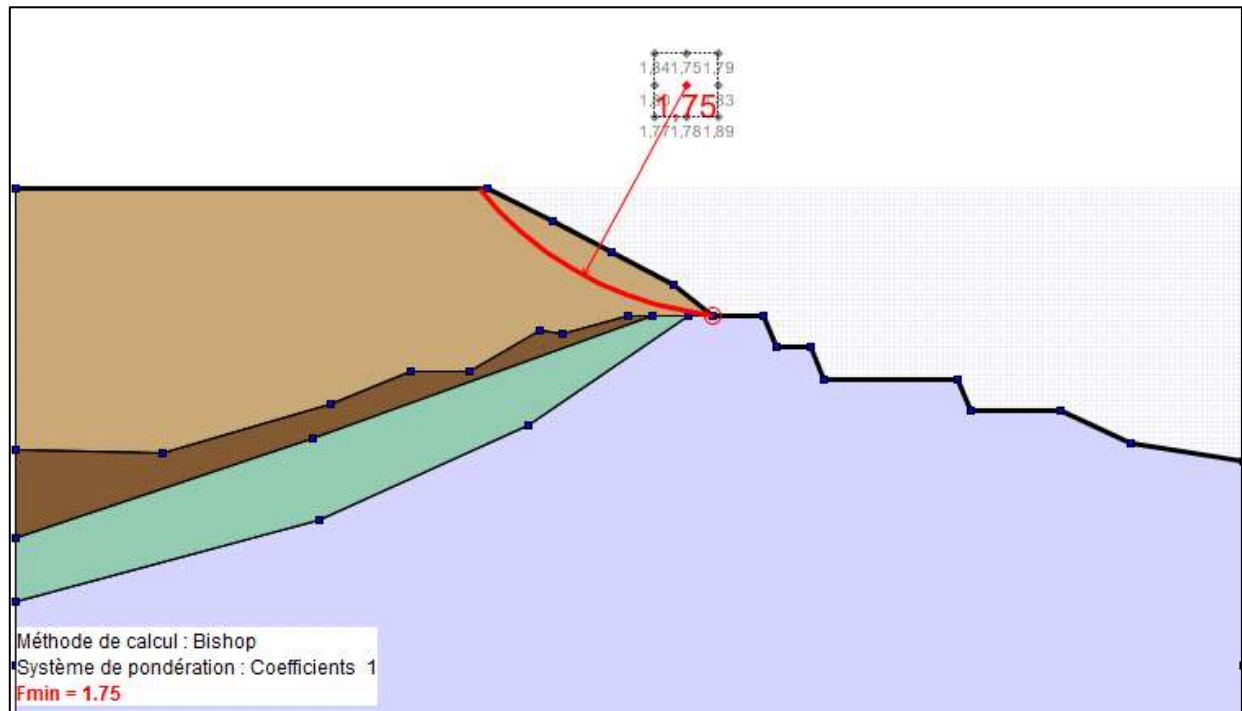


Figure - 71 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » suite à un séisme allégeant de 0.08 g - Coupe N°5 (FS=1.75)

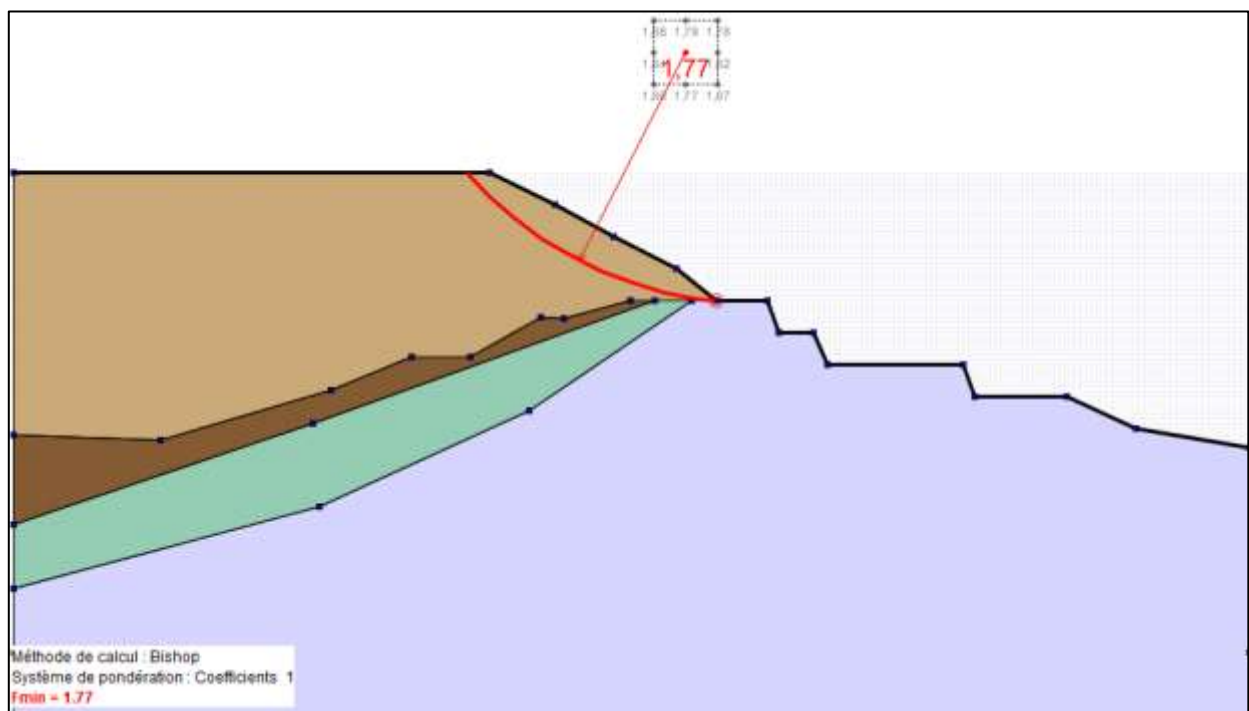


Figure - 72 : Stabilité intrinsèque du talus libre de la verse « Revanche – Phase 3 » suite à un séisme pesant de 0.08 g - Coupe N°5 (FS=1.77)