

ALPES



INGÉ



Exploitation du triangle Est – SOCAVA
Saint Jeoire (74)
Etude d'Avant-Projet

www.alpes-inge.com

G2 AVP – Indice 0

ÉTUDES TECHNIQUES - MAÎTRISE D'ŒUVRE

Demandeur : SOCAVA
 Projet : Exploitation du triangle Est
 Localisation / Commune : Saint-Jeoire (74)
 Intervenants :

- ✓ Maître d'ouvrage : SOCAVA
- ✓ Bureau d'étude G2 AVP : Alpes Ingé

Documents fournis ou à disposition : ✓ Relevé topographique Drone

N° d'affaire		AF22-002	N° commande client		
Ind	Date	Modifications	Pages	Établi par	Vérifié par
0	07/02/22	Première émission.	24 + annexe	L. BOLLIG	I. BRUNET

Lucas Bollig, ingénieur géotechnicien

ALPES INGE
 Ingénierie Conseil
 Eurokato
 38660 SAINT VALENT DE MERCUZE
 Tél. 04 76 08 81 81 - Fax 04 76 08 81 85
 E-mail : contact@alpes-inge.com
 Siren 428 143 838

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	4
2	RENSEIGNEMENTS GENERAUX	4
2.1	SITUATION GEOGRAPHIQUE ET DESCRIPTION DU SITE	4
2.2	CONTEXTE GEOLOGIQUE BIBLIOGRAPHIQUE	5
3	ETUDE STRUCTURALE	7
3.1	RECONNAISSANCES	7
3.2	DISCONTINUITES OBSERVEES	7
3.3	INSTABILITES FORMEES	9
3.3.1	<i>Falaises/fronts à N90 :</i>	9
3.3.2	<i>Falaises/fronts à N150 :</i>	10
4	ETUDE D'AVANT PROJET	11
4.1	SECURISATION DE LA FALAISE AMONT	11
4.2	DEFINITION DES FRONTS DE TAILLE	11
4.2.1	<i>Hypothèses de calcul</i>	11
4.2.2	<i>Stabilité des compartiments dièdres & glissements plans</i>	13
4.2.3	<i>Stabilité des bancs en basculement & fauchage</i>	13
4.2.4	<i>Travaux de confortements</i>	14
4.3	PRESCRIPTIONS DE MINAGE ET D'EXTRACTION	14
4.4	SECURISATION DE LA FALAISE SUD	15
4.4.1	<i>Modélisations trajectographiques</i>	15
4.4.2	<i>Sécurisations envisageables</i>	21
5	CONCLUSION	24

ANNEXES

Annexe 1 - NORME NF P 94-500 - MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

Annexe 2 - PLANCHES PHOTOS

Annexe 3 - PLANS

Annexe 4 - NOTE DE CALCULS SWEDGE

1 INTRODUCTION

A la demande et pour le compte de SOCAVA, Alpes Ingé a réalisé l'étude d'avant-projet pour l'exploitation du triangle Est de la carrière SOCAVA.

Afin de mener à bien notre mission, nous avons réalisé une visite de site :

- ❖ Une journée de reconnaissances en technique alpine le 11/01/22

L'objectif de cette étude est d'établir un diagnostic structural du massif rocheux à exploiter et des falaises le surplombant afin de définir les dispositions à respecter et les sécurisations à prévoir.

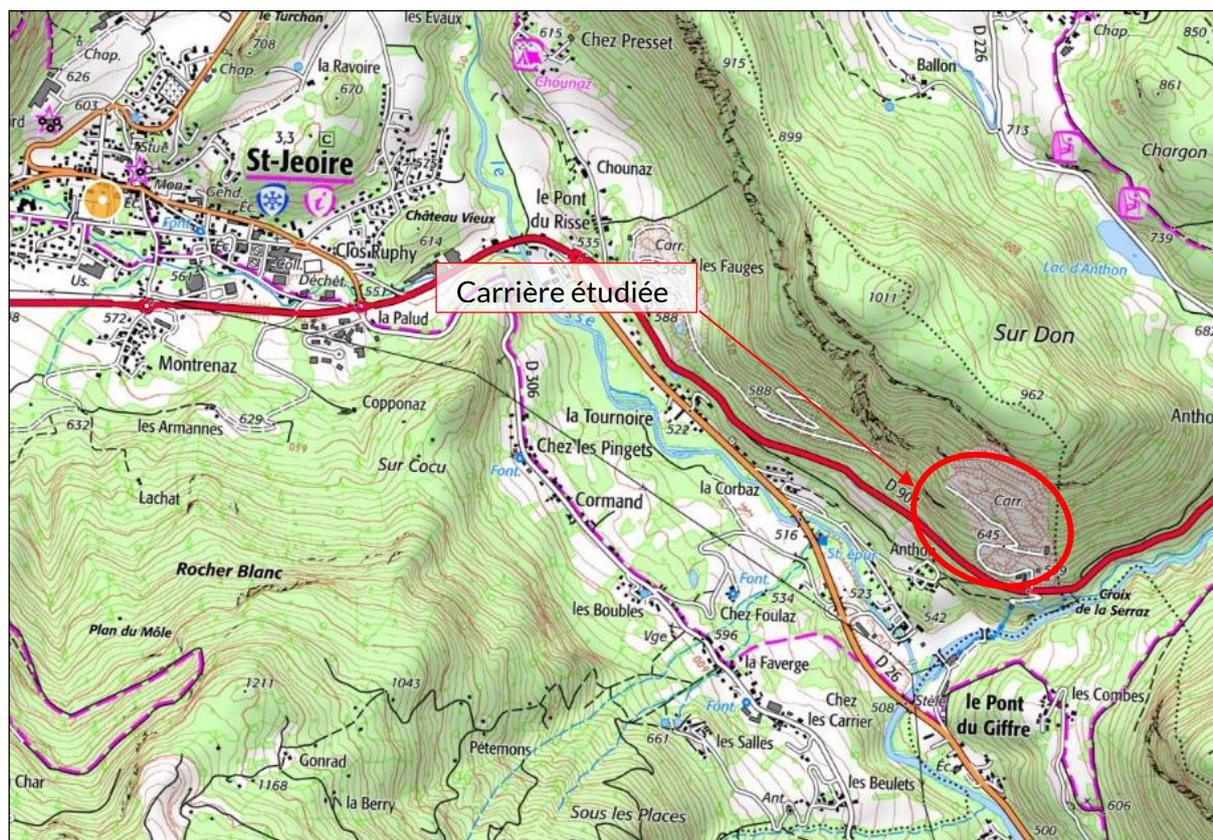
En référence à la norme NF P 94-500 - Classification des missions types d'ingénierie géotechnique - qui figure en **annexe 1** de ce rapport, notre mission est de type G2AVP - Etude géotechnique d'avant-projet.

NB : il est important de rappeler que la bonne réalisation de cette mission ne supprimera jamais les risques naturels en domaine de (haute) montagne. Il ne peut pas y avoir obligation de résultat dans ce domaine. Par conséquent, la surveillance du site régulière et l'entretien des éventuels ouvrages dans le temps sont nécessaire vis-à-vis des risques naturels.

2 RENSEIGNEMENTS GENERAUX

2.1 Situation géographique et description du site

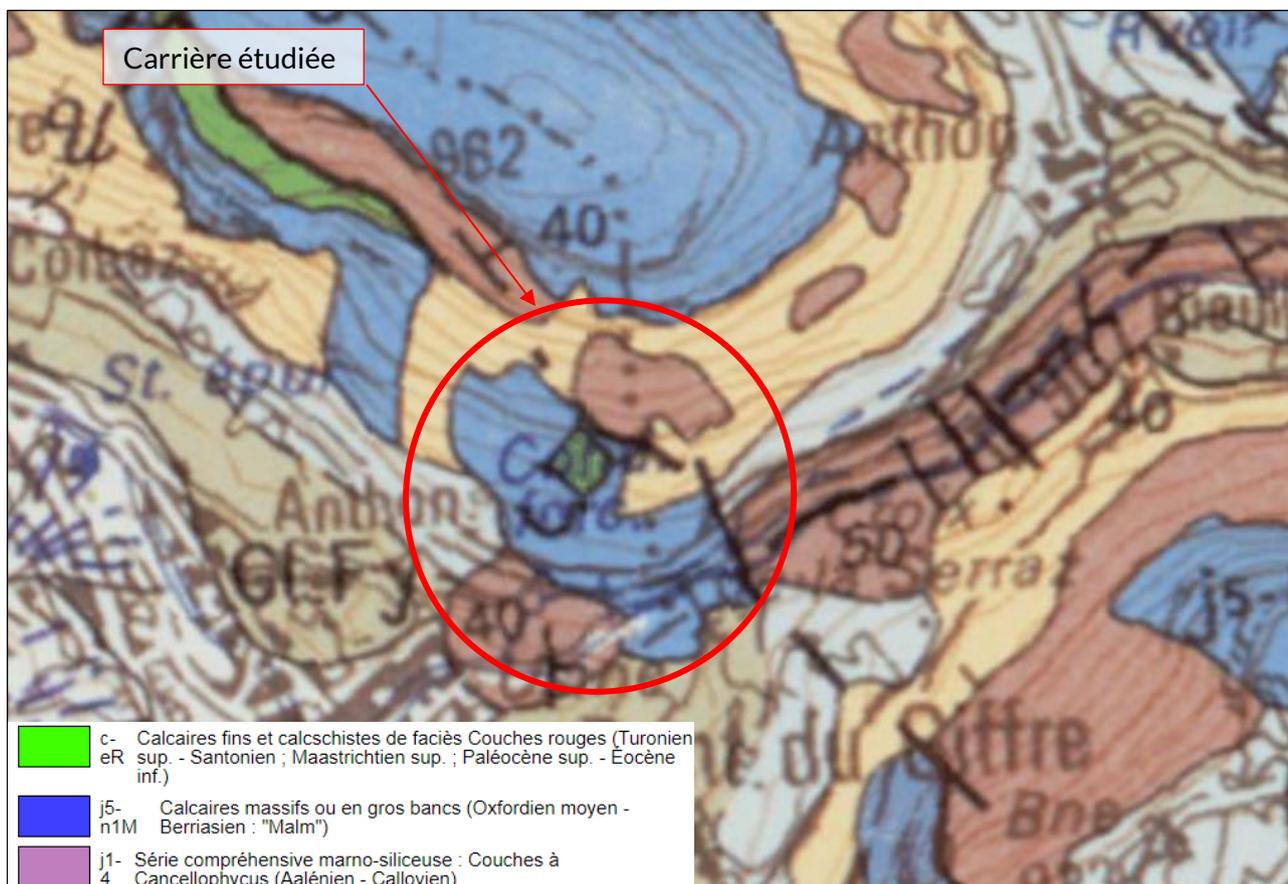
Le site se trouve à l'Est de Saint-Jeoire au bord de la RD 907.



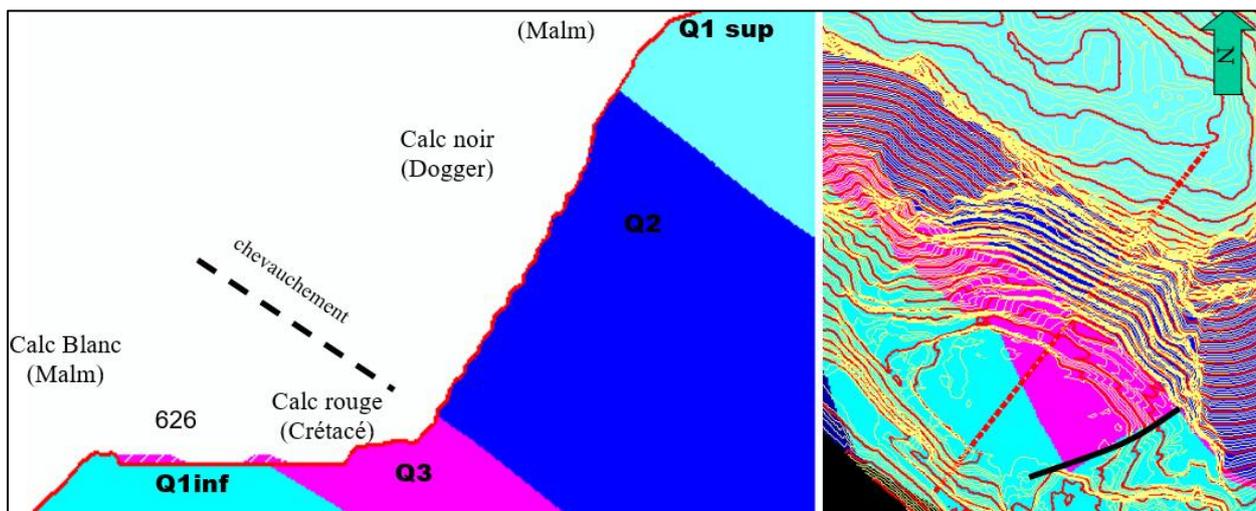


2.2 Contexte géologique bibliographique

D'après la carte géologique au 1/50 000^{ème}, les formations susceptibles d'être rencontrées sont :



D'après les études géologiques réalisées pour SOCAVA par un géologue spécialisé le contexte local implique un chevauchement entre les calcaires noirs (J_{1-4}) et les calcaires rouges du crétacée.



3 ETUDE STRUCTURALE

3.1 Reconnaissances

Les reconnaissances effectuées lors de notre visite sont présentées dans les planches photographiques en **annexe 2** de ce rapport.

3.2 Discontinuités observées

Sur l'ensemble du triangle Est une cinquantaine de plans de fracturations a été relevée, ceux-ci se décomposent en quatre familles principales (F1 à F4) qui se recoupent avec le plan de stratification S0.

Les discontinuités observées sont résumées dans les tableaux ci-dessous et sont représentées sur les canevas en page suivante.

	S0	
	Azimut	Pendage
Moyen	N 69	48° S
Min	N 50	40° S
Max	N 90	60° S

	F3	
	Azimut	Pendage
Moyen	N 114	55° S
Min	N 106	42° S
Max	N 130	60° S

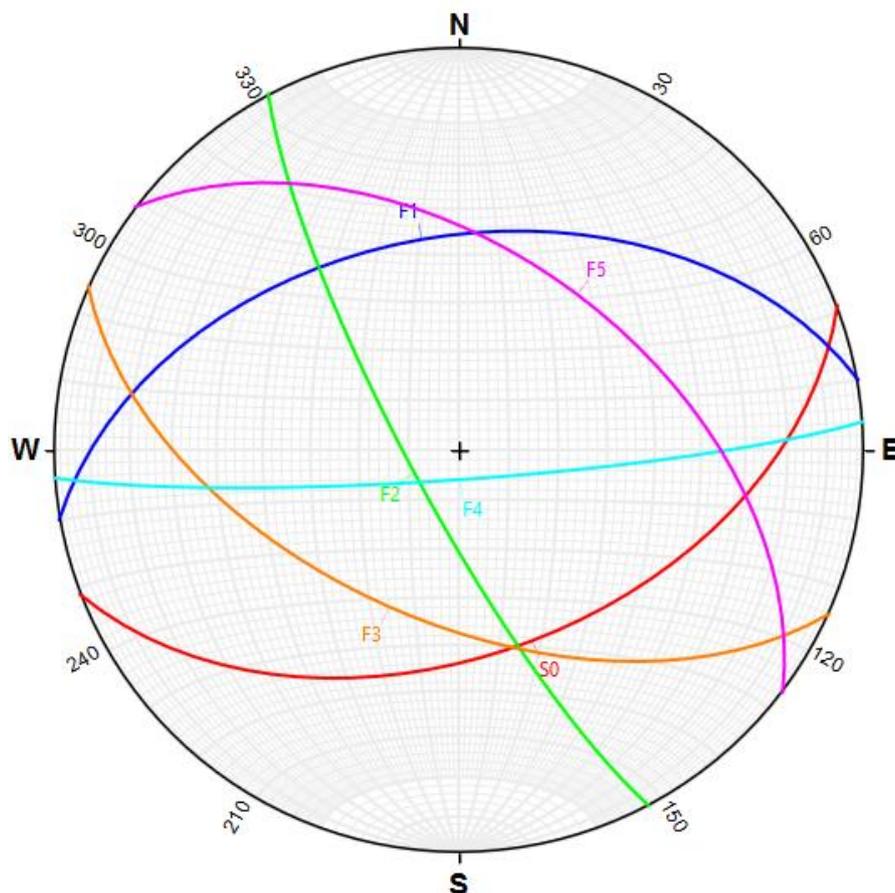
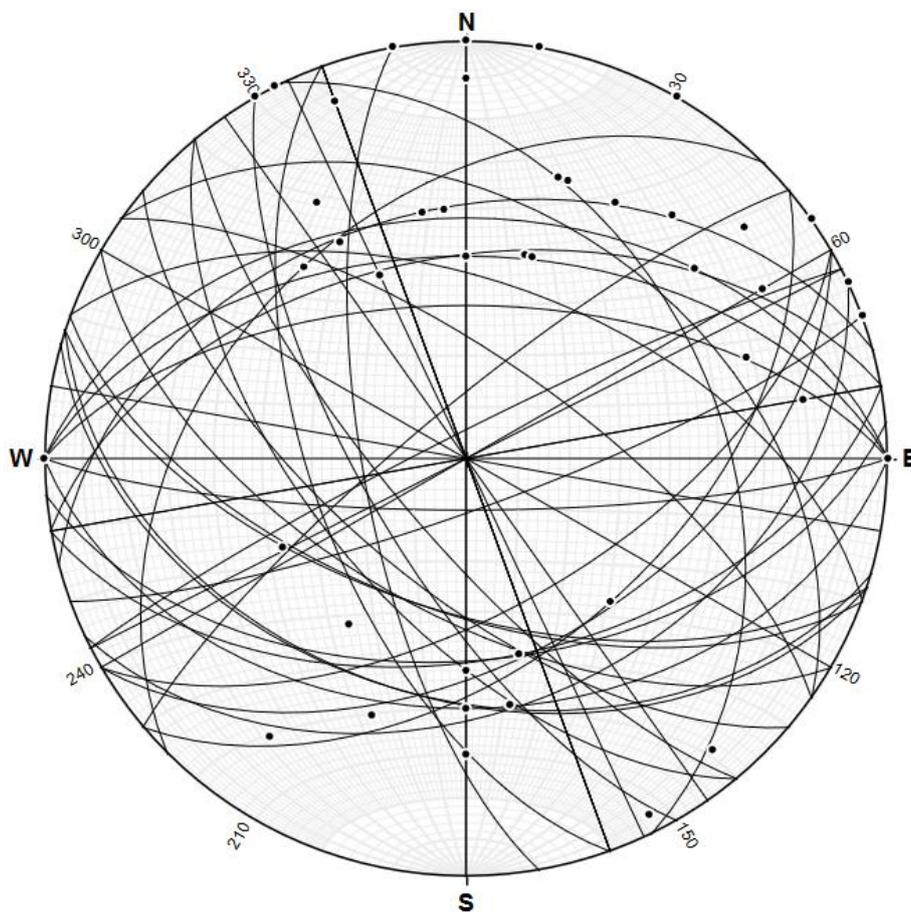
	F1	
	Azimut	Pendage
Moyen	N 80	46° N
Min	N 45	40° N
Max	N 90	60° N

	F4	
	Azimut	Pendage
Moyen	N 86	84° S
Min	N 50	80° N
Max	N 100	80° S

	F2	
	Azimut	Pendage
Moyen	N 152	80° W
Min	N 120	70° W
Max	N 180	90°

En plus des quatre familles principales une famille F5 qui pourrait correspondre à une variation de F1 s'observe localement.

	F5	
	Azimut	Pendage
Moyen	N 127	50° N
Min	N 110	40° N
Max	N 154	70° N

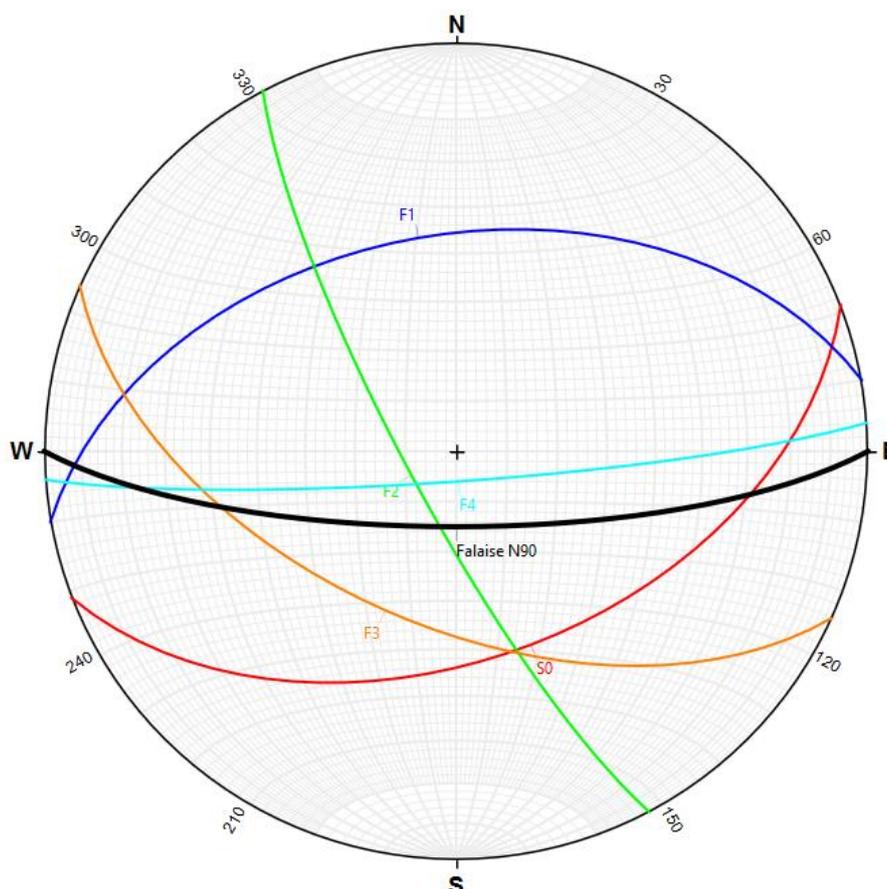


3.3 Instabilités formées

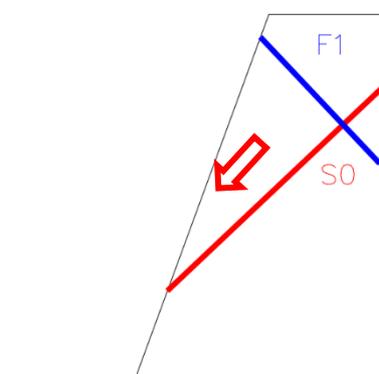
A l'heure actuelle sur la zone du triangle Est les falaises sont globalement orientées N90 et N150, les futurs fronts suivront eux aussi ces orientations.

A l'échelle du secteur la combinaison des falaises et fronts avec les différentes discontinuités décrites dans le paragraphe précédent, entraîne un découpage géométrique avec les mécanismes de rupture préférentiels suivants :

3.3.1 Falaises/fronts à N90 :

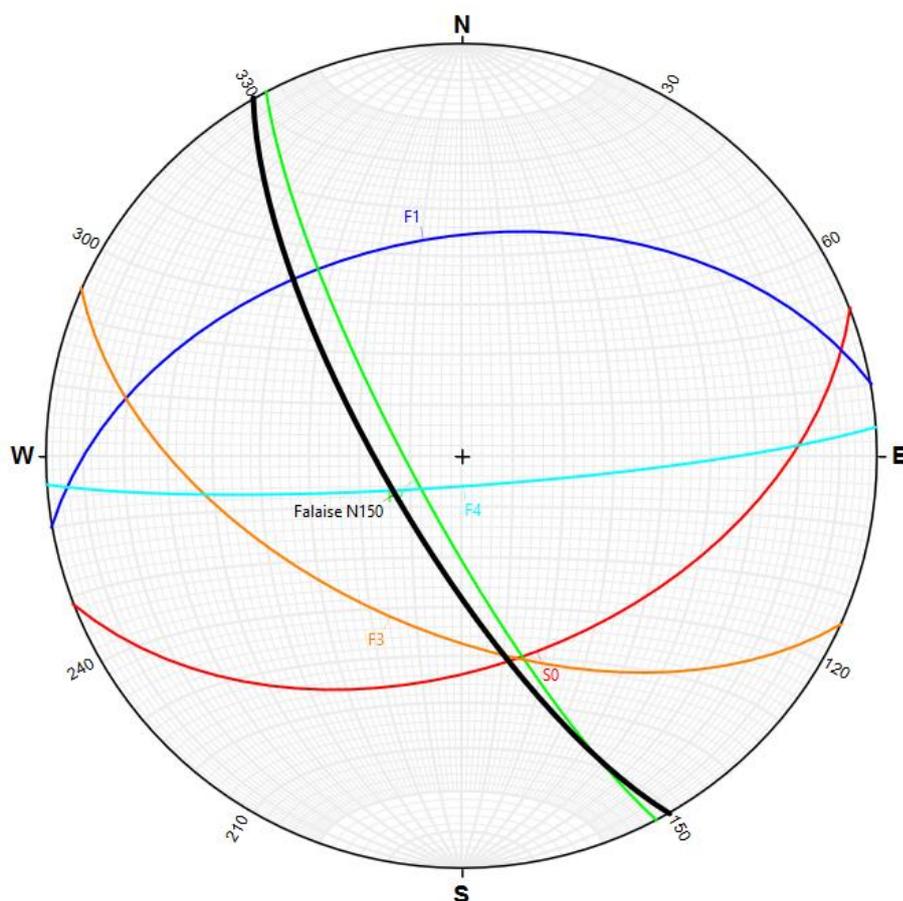


- ✓ Les familles S0 et F3 peuvent favoriser des **glissements plans**,
- ✓ La combinaison de F2 avec F3 ou S0 peut former des **glissements dièdres**,
- ✓ Le découpage parallèle à la falaise de F4 peut entraîner des ruptures par **basculement et/ou fauchage**.
- ✓ Le plan F1 peut créer des **surplombs instables** et participe au découpage des compartiments en arrière des fronts.

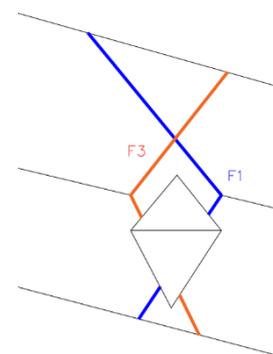


Exemple de glissement plan sur S0

3.3.2 Falaises/fronts à N150 :



- ✓ La familles F3 peut favoriser des **glissements plans**,
- ✓ Les combinaisons de F1, F3 et F4 peut former des **glissements dièdres**,
- ✓ Le découpage parallèle à la falaise de F2 peut entraîner des ruptures par **basculement et/ou fauchage**.



Exemple de glissement dièdre entre F1 et F3

Au-delà d'un découpage géométrique favorable à la rupture c'est l'état même des joints qui va dicter la stabilité d'un compartiment. En effet sur la frange superficielle de nombreuses fractures présentent une ouverture centimétrique et une altération marquée qui est due au climat, avec notamment :

- ✓ Une falaise exposée sud et sud-ouest avec des cycles gel/dégel qui entraînent :
 - Une contrainte mécanique dans les fissures (gonflement),
 - Des circulations d'eau au moment du dégel (Cf. effets décrits ci-dessous).
- ✓ Des circulations d'eau liées aux précipitations qui vont avoir pour effet :
 - Une érosion mécanique des fissures,
 - Une altération chimique des différents minéraux de la roche,
 - Une lubrification des joints de fracturation (notamment les remplissages terreux & argileux).

4 ETUDE D'AVANT PROJET

4.1 Sécurisation de la falaise amont

En partie amont des sécurisations de type grillage plaqué sont déjà en place, pour compléter ces sécurisations nous recommandons :

- ✓ La mise en place de 10 m supplémentaires à gauche du grillage, avec un avaloir en tête.
- ✓ De descendre le grillage en pied de talus et de le configurer en grillage pendu afin d'éviter l'accumulation de matériaux.
- ✓ L'ajout d'environ 20 ml de grillage pendu pour protéger l'exploitation.
- ✓ La mise en place d'un cordon de terre en pied de talus pour capter les pierres et blocs.

Les travaux sont présentés sur les planches photos en **annexe 2**.

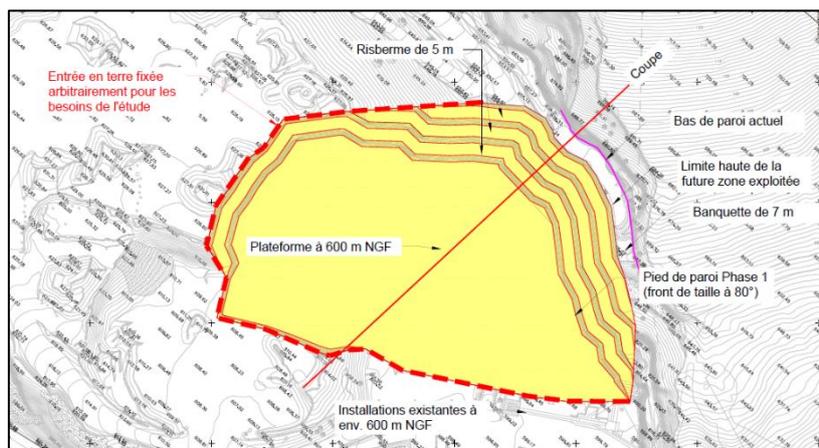
4.2 Définition des fronts de taille

A ce stade l'étude la stabilité des fronts de tailles définitifs a été étudiée,

Pour les besoins de l'étude deux phases ont été considérée :

- ✓ Phase 1 exploitation du triangle Est jusqu'à la côte 600 m (fond de carrière actuel),
- ✓ Phase 2 exploitation jusqu'à la côte 570 m.

A ce stade de l'étude nous avons considéré l'entrée en terre suivante (la limite en pointillés a été fixée arbitrairement pour pouvoir définir des volumes ; elle devra être confirmée ou modifiée par le maître d'ouvrage).



Les données d'entrée pour la définition des fronts sont :

- ✓ Une profondeur de minage de 15 m ce qui induit des talus de la même hauteur,
- ✓ Des risbermes de 5m de large qui permettront d'assurer une circulation dans le front et réduiront fortement la propagation de chutes de pierres ou de blocs.

Pour chaque orientation de front de taille nous avons étudié des fronts de taille à 80°.

Une vue en plan des phases proposées ainsi qu'une coupe des fronts définitifs sont présentés en **annexe 3**.

4.2.1 Hypothèses de calcul

❖ Caractéristiques du rocher

Les caractéristiques du massif sont issues des observations faites sur le terrain et de l'expérience d'Alpes Ingé dans des terrains similaires. Elles sont résumées ci-dessous :

Nature du rocher / discontinuités	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c' [kPa]	Ondulation [°]
Calcaire	27	45	2*	5

*La cohésion considérée a été réduite à 2 kPa pour tenir compte de l'altération et/ou de l'argilisation des joints

Les caractéristiques mécaniques du rocher ont été estimées à l'échelle globale du massif, il n'est pas exclu qu'à l'ouverture, des joints avec des caractéristiques plus défavorables apparaissent localement.

❖ Sollicitations

Les sollicitations appliquées sont définies ci-dessous :

✓ Données hydrauliques :

Aucune circulation d'eau notable n'a été constatée en dehors de la frange superficielle. Aucune surcharge hydraulique ne sera considérée à ce stade du projet. Si lors de l'exécution des venues d'eau sont constatées elles devront être prises en compte dans les dimensionnements de confortements éventuels

✓ Blocométrie :

Pour l'étude de stabilité des fronts seul les compartiments supérieurs à 1 m³ ont été étudiés. Il a été considéré que les blocs instables d'un volume inférieur à 1 m³ pourront facilement être purgés à la pelle lors de l'extraction.

❖ Coefficients de sécurité partiels et pondérateurs des actions

D'une manière générale, les calculs de stabilité sont basés sur les Eurocodes et les coefficients partiels de sécurités suivants seront employés :

Coefficient de sécurité		Approche 3 Statique/accidentelle
Sur le poids volumique	γ_γ	1,00
Sur l'angle de frottement interne	$\gamma_{\phi'}$	1,25
Sur la cohésion effective	$\gamma_{c'}$	1,25
Sur actions permanentes défavorable	γ_{Gsup}	/
Sur actions permanentes favorable	γ_{Ginf}	/
Sur actions variables défavorable	γ_{Qsup}	1,30
Sur action variable favorable	γ_{Qinf}	/
Sur la résistance en portance (ELU)	$\gamma_{R;v}$	/
Sur la résistance en portance (ELS)	$\gamma_{R;v}$	/
Sur la résistance en cisaillement	$\gamma_{R;h}$	/
Sur la résistance des terres en butée	$\gamma_{R;p}$	/
Sur la méthode en portance	$\gamma_{R;d}$	/
Sur la méthode en glissement	$\gamma_{R;d}$	1,0

4.2.2 Stabilité des compartiments dièdres & glissements plans

Les calculs ont été réalisés sur le logiciel SWEDGE selon l'approche 3 de l'Eurocode 7.

Les notes de calculs pour chaque configuration sont disponibles en **annexe 4**.

Les résultats principaux sont les suivants :

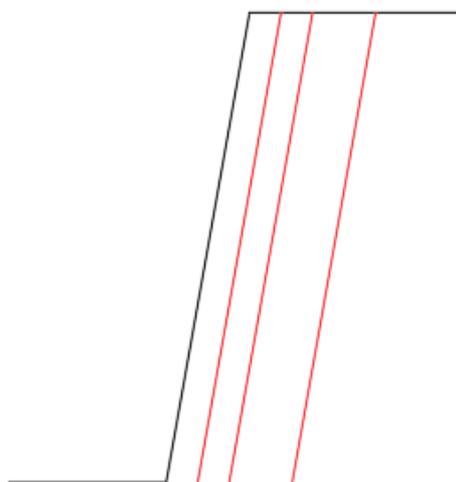
Blocs en glissement plan			
Pendage du front de taille	80°		
Orientation du front :	Nombre de combinaisons stables	Nombre de combinaisons instables	Volume maximal d'un compartiment instable (m ³)
N 85	19	21	1300
N143	26	12	185
N154	21	0	/

Blocs en glissement dièdre			
Pendage du front de taille	80°		
Orientation du front :	Nombre de combinaisons stables	Nombre de combinaisons instables	Volume maximal d'un compartiment instable (m ³)
N 85	2	3	185
N143	4	3	93
N154	5	0	/

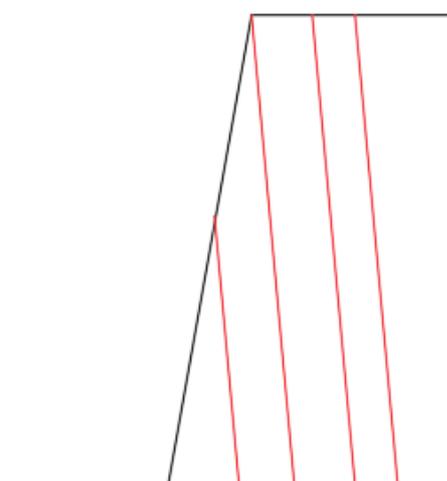
4.2.3 Stabilité des bancs en basculement & fauchage

Le logiciel SWEDGE ne permet pas d'étudier la stabilité des bancs en basculement ou fauchage, néanmoins d'après l'étude structurale on remarque qu'en moyenne les discontinuités subverticales (F2 et F4) présentes sur site sont inclinées vers la falaise ce qui réduit le risque de fauchage et basculement. Vu la variabilité dans les pendages il n'est cependant pas exclu que localement ces familles définissent des blocs en léger surplomb qui seront de fait plus sujet à un basculement.

Il conviendra de repérer ces plans à l'ouverture des fronts pour définir la nécessité ou non de confortements.



Configuration défavorable à un basculement ou fauchage.



Configuration favorable à un basculement ou fauchage.

4.2.4 Travaux de confortements

Pour les deux géométries proposées des travaux de confortements définitifs pourront s'avérer nécessaires.

Il pourra s'agir :

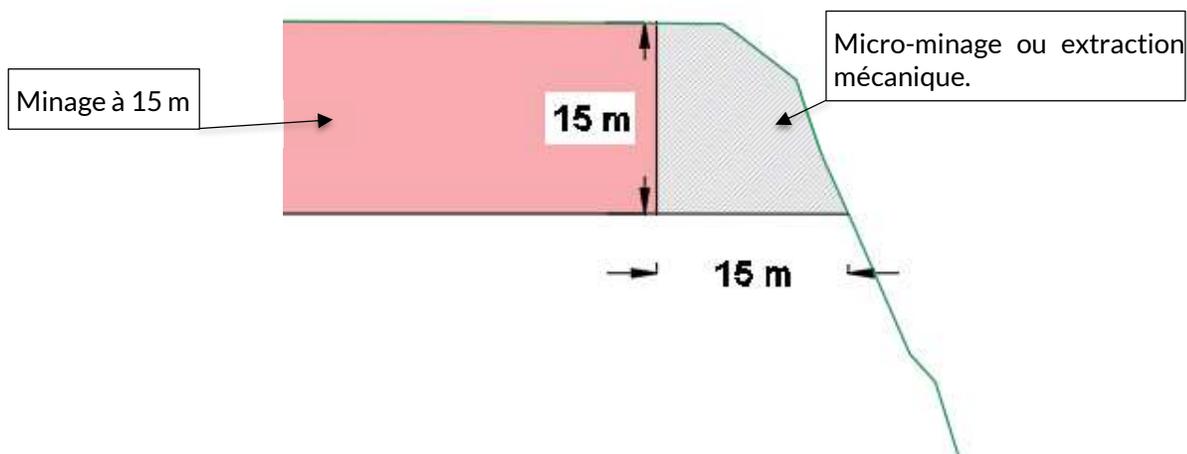
- ✓ De clouage pour les compartiments massifs
- ✓ Pour les petits volumes (pierres et petits blocs) des barrières grillagées placées sur les risbermes pourront collecter les éléments produits par les talus de 15 m de haut. A titre d'information il pourra s'agir d'une simple nappe de grillage fixée sur des ancres GEWI 25 manchonnés sur une hauteur de 1 m.

4.3 Prescriptions de minage et d'extraction

Pour l'exploitation du triangle Est le minage est prévu à une profondeur de 15 m.

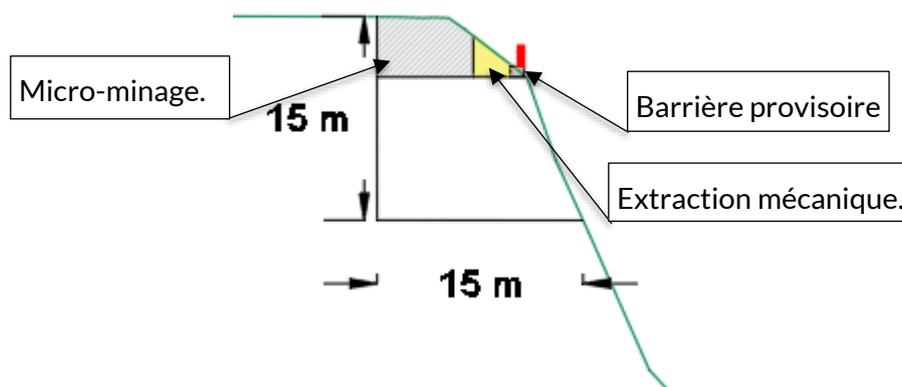
Pour l'exploitation de la phase 1 nous recommandons de laisser une bande de 15 m de large sans minage afin de ne pas engendrer de désordres (glissements plans sur S0 ou F3 notamment).

Cette frange de 15 m pourra être extraite par des moyen mécanique (BRH, Xcentric...) ou par micro-minage.



Selon les enjeux situés à l'aval et la possibilité de récupérer des matériaux en pied de falaise le micro-minage pourra se faire dès la crête de falaise ou depuis une banquette provisoire réalisée mécaniquement avec des dispositifs de protection provisoires (Blocs béton + Barrière bois).

Si du minage est prévu proche de la tête de falaise des dispositifs anti-projections devront être prévus.



Concernant le phasage d'exploitation il pourra être judicieux d'exploiter en premier lieu la frange des 15m ce qui facilitera les accès aux engins.

4.4 Sécurisation de la falaise sud

L'implantation du tapis primaire est prévue en pied de l'actuelle falaise sud du triangle Est.

Lors de l'exploitation il est possible que des blocs soient mis en mouvement (action des machines ou décrochage lors du minage), ces blocs n'atteindront vraisemblablement pas le tapis en lui-même mais il est possible que les pieds de fixation de celui-ci soient directement atteints.

Les travaux de sécurisation du tapis ne seront que nécessaire à partir de l'exploitation sous la cote 646. Lors de l'exploitation de la zone au-dessus de 646 m il sera suffisant de mettre en place des protections provisoires (barrières bois sur blocs bétons).

4.4.1 Modélisations trajectographiques

Pour déterminer les trajectoires de ces blocs une modélisation a été réalisée sur le logiciel Rocpro3D.

Une modélisation a été réalisée sur un profil 2D pour définir les ouvrages de protections envisageables.

La modélisation trajectographique est réalisée avec le logiciel RocPro 3D, à partir du modèle numérique de terrain fournis.

L'objectif du logiciel est de définir, pour un volume de départ, les points suivants :

- ✓ Les différentes trajectoires plausibles (hauteur de rebond, point d'impact et point d'arrêt),
- ✓ Les énergies en jeux,
- ✓ La vitesse et durée de propagation.

Ces différents points permettront le cas échéant de proposer les protections nécessaires pour mettre en sécurité les enjeux.

○ Définition des sols et instabilités potentielles

▪ Définition des sols

Dans le cadre de cette étude, trois types de sols ont été créés. Leurs caractéristiques ont été calées sur des données issues de la bibliographie, de l'expérimentation du CETE et des observations de terrain :

✓ Sol n°0 : Roche calcaire

Type de sol Couleur Sol n°

Surface
Développée [m2] Projetée (X-Y) [m2]

Type de variables probabilistes
 Uniformes Gaussiennes

Propriétés du sol (distribution uniforme) | Propriétés du sol (distribution Gaussienne)

Paramètres des rebonds

Coefficients de restitution (indépendants)

Valeur normale R_n [-] Variabilité Δ_R [%]
 Valeur tangentielle R_t [-] Vitesse limite $V_{R(lim)}$ [m/s]
 Variabilité limite $\Delta_R(lim)$ [%]

Déviations latérale et verticale (aplatissement)

Déviations latérales: Variabilité $\Delta_{\theta h}$ [°], Vitesse limite $V_{\theta h(lim)}$ [m/s], Variabilité limite $\Delta_{\theta h(lim)}$ [°]
 Déviations verticales: Variabilité $\Delta_{\theta v}$ [°], Vitesse limite $V_{\theta v(lim)}$ [m/s], Variabilité limite $\Delta_{\theta v(lim)}$ [°]

Paramètres du roulement

Coefficient de frottement

Valeur k [-] Variabilité Δ_k [%]
 Vitesse limite $V_k(lim)$ [m/s] Variabilité limite $\Delta_k(lim)$ [%]

Paramètres des transitions

Transitions FF->R et R->FF (cas aigu)
Angle β_{lim} [°]

Transition R->FF (cas obtus)
Angle β_{lim}' [°]

Type des graphiques
 Histogramme à Eps0
 Histogramme à EpsLim
 Fonction dEps(V)

✓ Sol n°1 : Sol meuble en pied de falaise (éboulis)

Type de sol Couleur Sol n°

Surface
Développée [m2] Projetée (X-Y) [m2]

Type de variables probabilistes
 Uniformes Gaussiennes

Propriétés du sol (distribution uniforme) | Propriétés du sol (distribution Gaussienne)

Paramètres des rebonds

Coefficients de restitution (indépendants)

Valeur normale R_n [-] Variabilité Δ_R [%]
 Valeur tangentielle R_t [-] Vitesse limite $V_{R(lim)}$ [m/s]
 Variabilité limite $\Delta_R(lim)$ [%]

Déviations latérale et verticale (aplatissement)

Déviations latérales: Variabilité $\Delta_{\theta h}$ [°], Vitesse limite $V_{\theta h(lim)}$ [m/s], Variabilité limite $\Delta_{\theta h(lim)}$ [°]
 Déviations verticales: Variabilité $\Delta_{\theta v}$ [°], Vitesse limite $V_{\theta v(lim)}$ [m/s], Variabilité limite $\Delta_{\theta v(lim)}$ [°]

Paramètres du roulement

Coefficient de frottement

Valeur k [-] Variabilité Δ_k [%]
 Vitesse limite $V_k(lim)$ [m/s] Variabilité limite $\Delta_k(lim)$ [%]

Paramètres des transitions

Transitions FF->R et R->FF (cas aigu)
Angle β_{lim} [°]

Transition R->FF (cas obtus)
Angle β_{lim}' [°]

Type des graphiques
 Histogramme à Eps0
 Histogramme à EpsLim
 Fonction dEps(V)

OK Cancel

▪ Définition des instabilités

Nous avons considéré deux cas, un départ au sommet de la plateforme à 657 m et un départ au sommet de la plateforme à 646 m.

Malgré une volumétrie de départ pouvant être de l'ordre du m^3 (Volume maximaux observés en falaise), la fragmentation du rocher lors des impacts génère des blocs de volumes d'au maximum $0,5m^3$. Les masses ont été paramétrées avec une forme sphérique et un volume moyen de $0,5m^3$, soit un diamètre moyen de 1.0 m.

En plus de blocs de $0,5 m^3$ des blocs de 100 L ont également été modélisés pour considérer le volume moyen qui pourra être mis en mouvement depuis le haut lors de l'exploitation.

Les hypothèses de modélisation sont résumées ci-dessous :

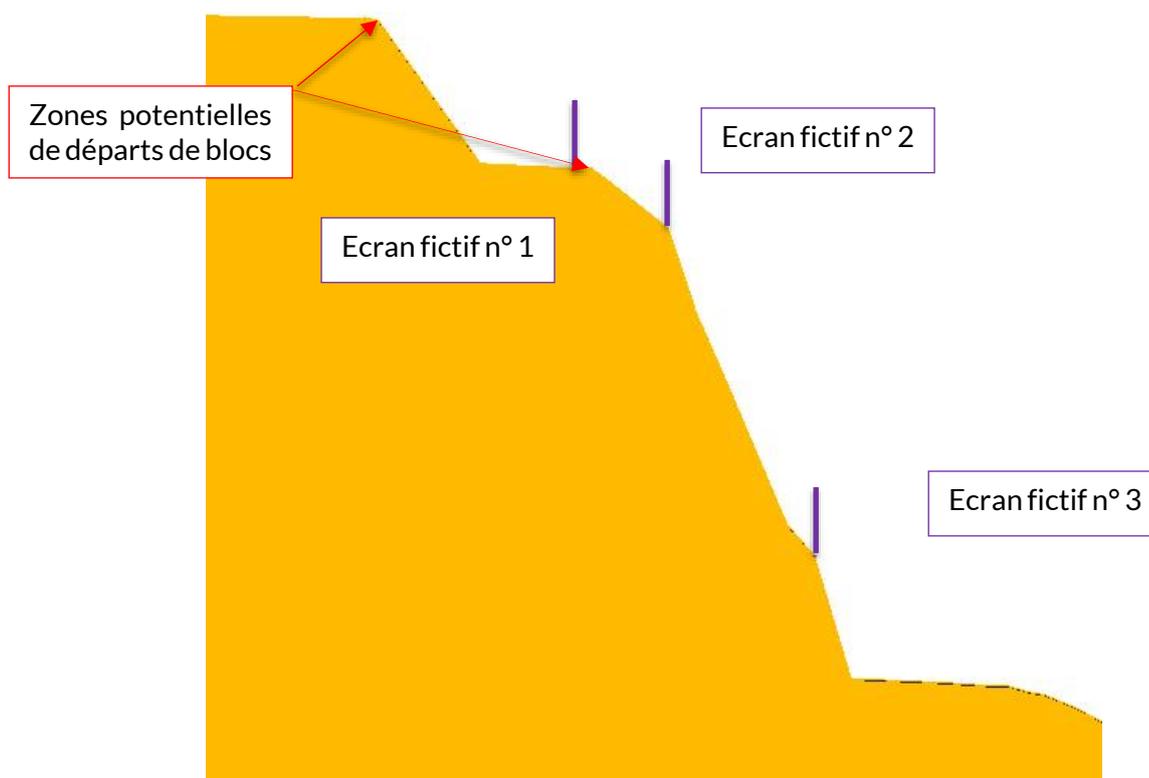
Situation	Nombre de blocs générés par zone de départ	Altitude lignes de départ des blocs	Volume	Masse
Versant - Tête de falaise	10 000	646 à 657 m	$0,5m^3$	1350 kg
Versant - Tête de falaise	10 000	646 à 657 m	$0,1m^3$	270 kg

▪ Implantation des aménagements

L'illustration ci-dessous présente la localisation des zones de départs ainsi que trois écrans fictifs.

Les écrans fictifs sont positionnés au niveau des ouvrages de protection pressentis. Ils permettent de définir les hauteurs de rebond et énergies des blocs dont la trajectoire intercepte l'écran.

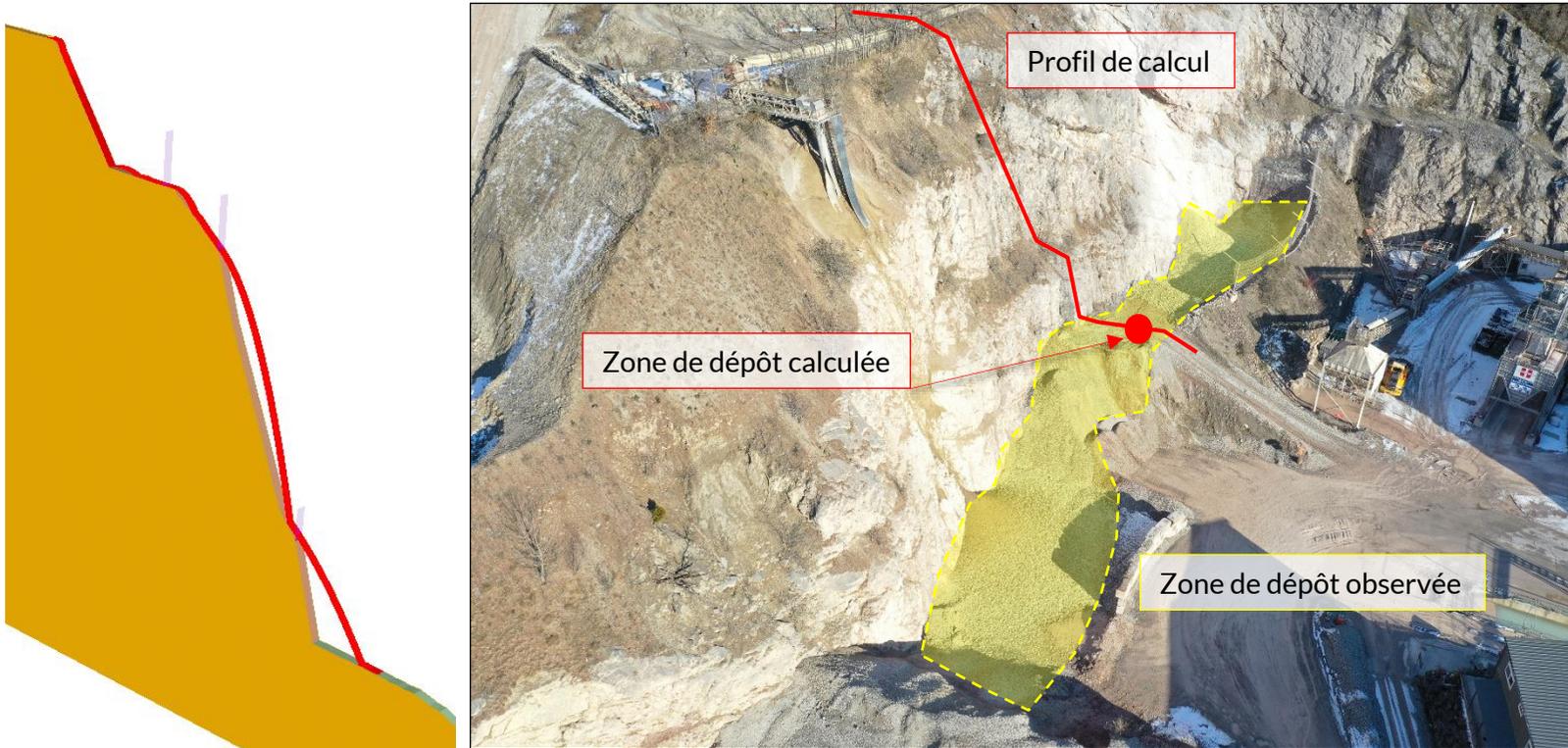
Ainsi l'écran fictif n°1 modélise l'implantation d'une barrière provisoire sur la risberme à 646 m et les écrans fictifs 2 et 3 représentent les implantations possibles d'écrans ou de déflecteurs.



○ Résultats des modélisations

❖ Modélisation

La modélisation trajectographique obtenue est présentée ci-dessous.



✓ Etendue des trajectoires :

Les résultats montrent que tous les blocs s'arrêtent sur le replat en pied de falaise ce qui est cohérent avec ce qui s'observe sur site. **Les chutes de blocs, quelles soient naturelles ou dues à l'exploitation n'impacteront que le pied de falaise Sud, elles restent donc dans l'enceinte de la carrière et n'atteindront en aucun cas la voie publique.**

Au pied de la falaise sud la circulation et l'accès aux personnes est interdite de ce fait seuls les ouvrages qui seront implantés à cet endroit pourront être atteints (pieds supports du futur tapis notamment).

✓ Energies, vitesses et hauteurs de rebonds :

L'étude trajectographique montre les résultats suivants au droit des écrans fictifs modélisés :

Ecran fictif	Energie max (90% blocs) 0.5 m ³	Energie max (90% blocs) 0.1 m ³ *	Hauteur d'interception max. (90 % des blocs)	Vitesse max (90% blocs)
Ecran fictif n°1	24 kJ	5 kJ	0.5 m	< 5 m/s
Ecran fictif n°2	26 kJ	5 kJ	0.5 m	< 6 m/s
Ecran fictif n°3	176 kJ	45 kJ	0.9 m	< 16 m/s

Le détail de répartition des énergies, des hauteurs d'interception et des vitesses sont présentés sur les diagrammes ci-après pour les différents ouvrages envisagés, pour plus de lisibilité seuls les histogrammes des blocs de 0,5 m³ ont été représentés.

❖ Ecran fictif n°1

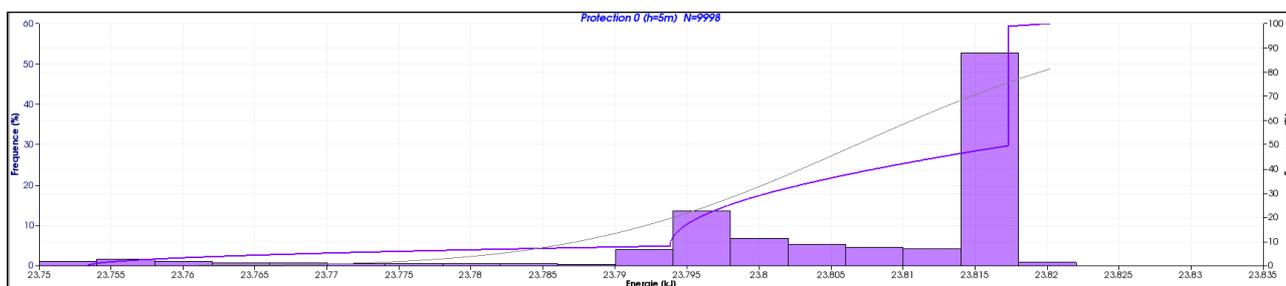


Diagramme des énergies d'interception

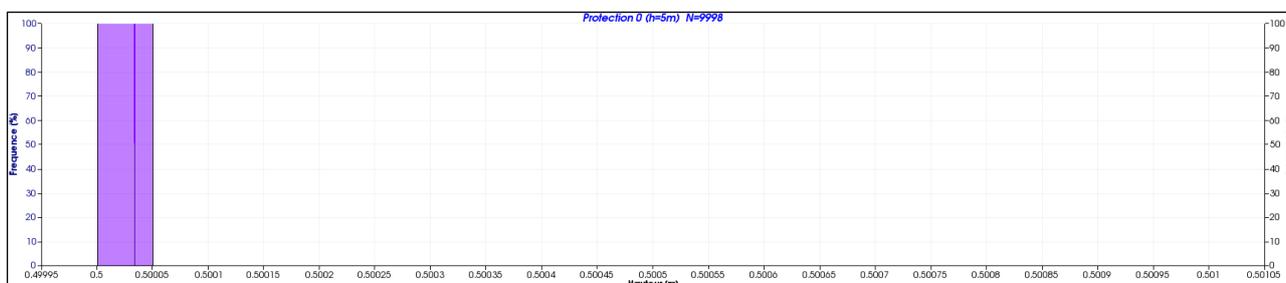


Diagramme des hauteurs d'interception

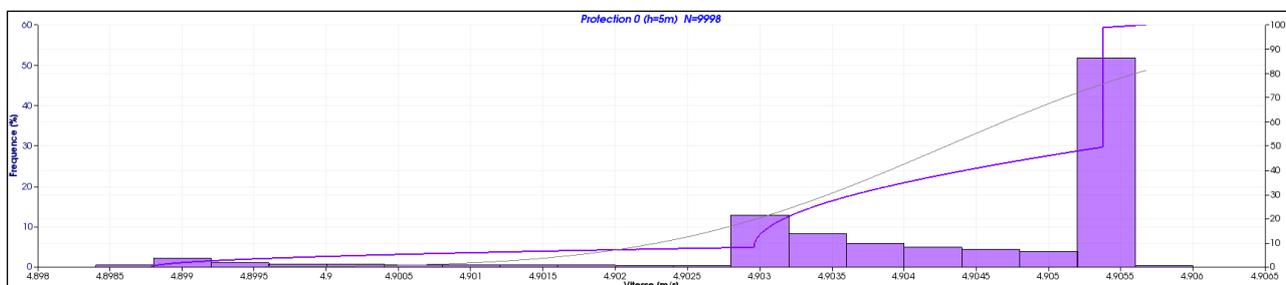


Diagramme des vitesses d'interception

❖ **Ecran fictif n°2:**

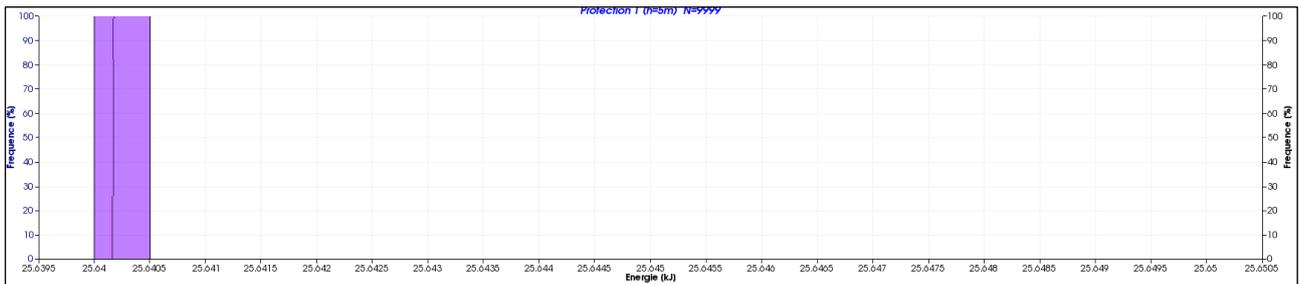


Diagramme des énergies d'interception

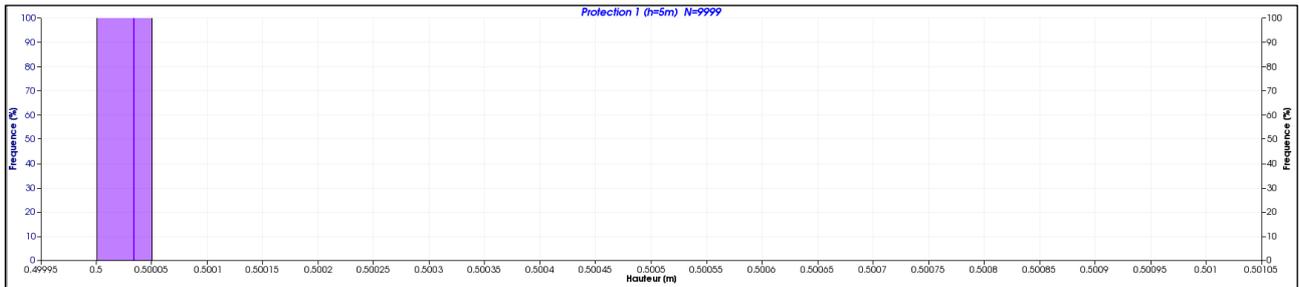


Diagramme des hauteurs d'interception

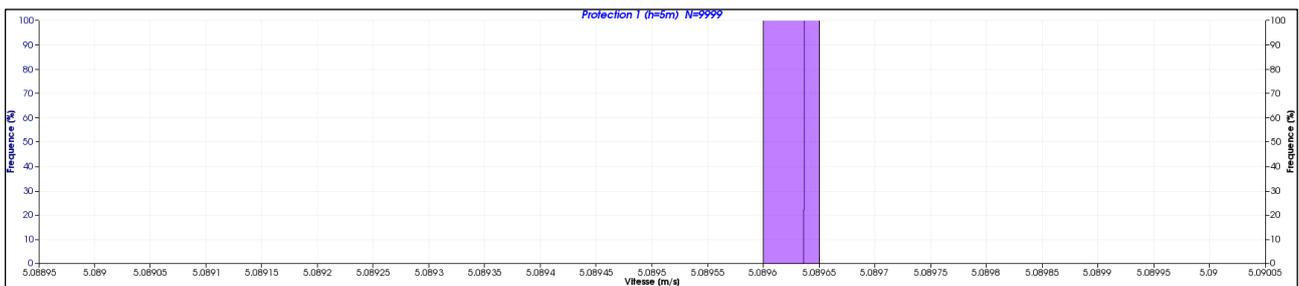


Diagramme des vitesses d'interception

❖ **Ecran fictif n°3:**

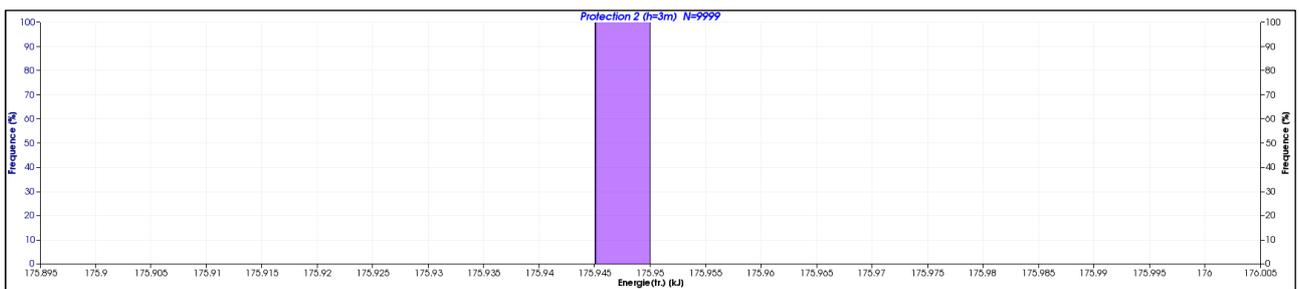


Diagramme des énergies d'interception

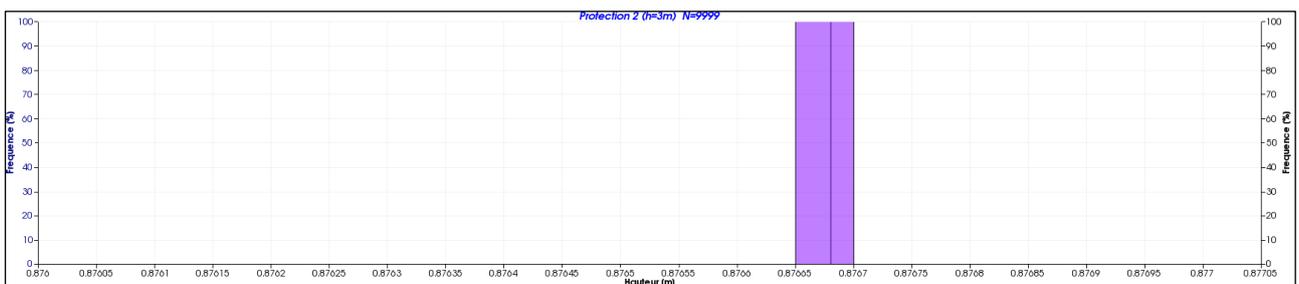


Diagramme des hauteurs d'interception

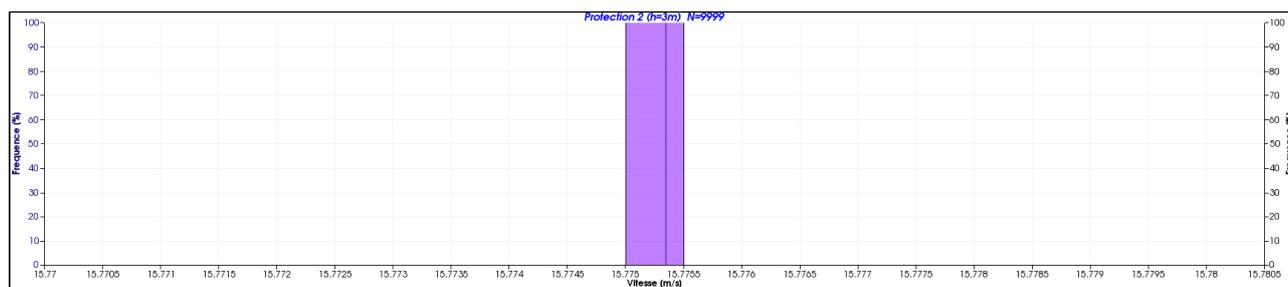


Diagramme des vitesses d'interception

4.4.2 Sécurisations envisageables

Ci-après sont présentées deux options de sécurisations du pied de la falaise Sud. Elles ont été proposées en corrélation avec les données actuelles du projet (phase AVP).

D'autres solutions de sécurisations pourront être envisagées une fois le projet d'exploitation finalisé.

En tous les cas les solutions retenues devront être dimensionnées par un BE spécialisé en phase projet (PRO).

Risberme intermédiaire :

Pour sécuriser la risberme à 646m une simple barrière statique en bois montée sur des blocs bétons sera suffisante (énergies faibles & trajectoires roulantes).

Tapis :

Pour la sécurisation des pieds du tapis et de la plateforme vers 600 m deux types de sécurisations sont envisageables.

A ce stade de l'étude deux types de sécurisations sont envisageables :

- ✓ La mise en place d'écrans dynamiques qui arrêteront les trajectoires,
- ✓ La mise en place de déflecteurs qui canaliseront les trajectoires.

Selon les implantations précises des ouvrages à l'aval et les enjeux associés (circulation d'engins ou de piétons) les deux solutions pourront être mise en place que ponctuellement ou sur tout le linéaire de la falaise.

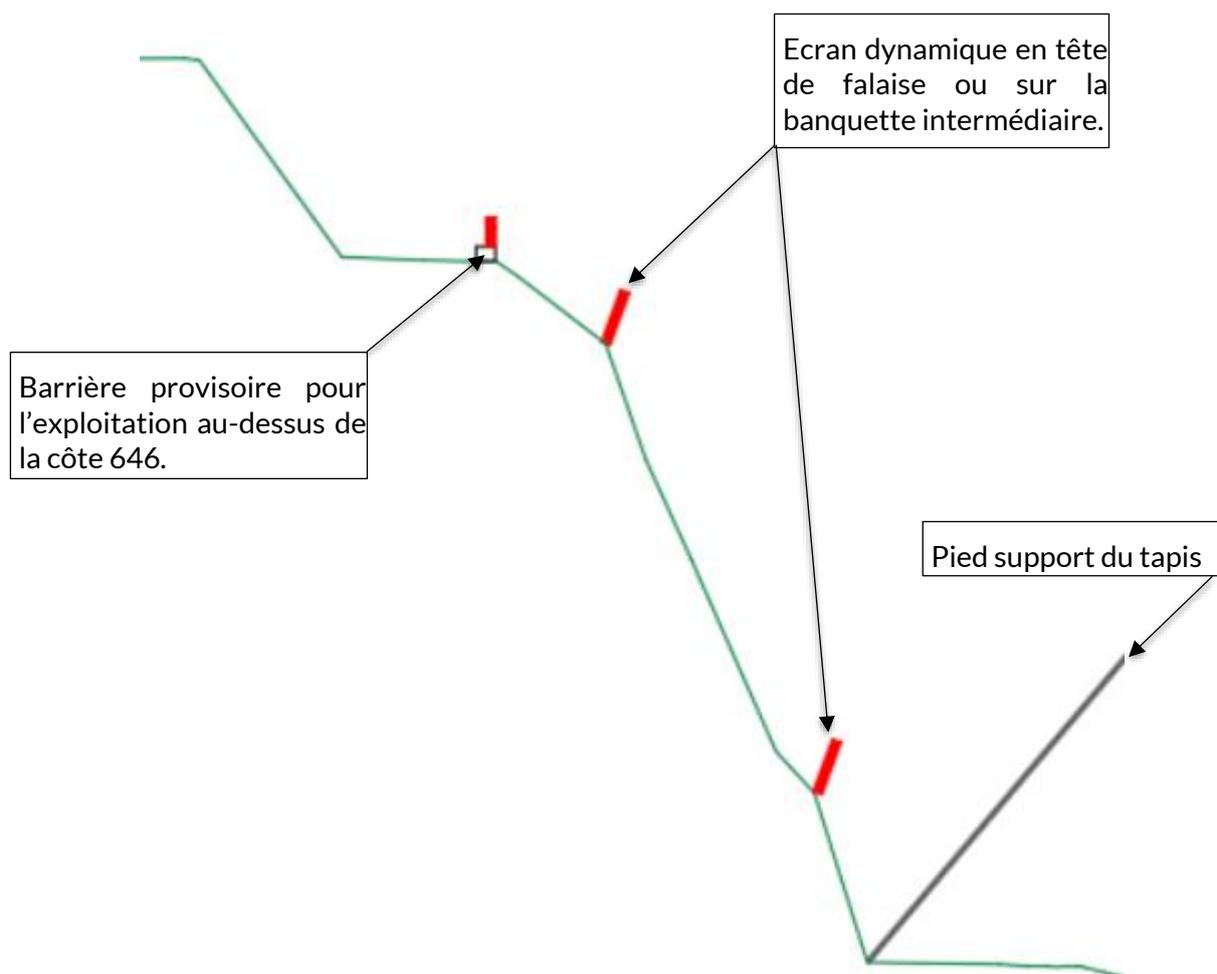
Selon la topographie une combinaison des deux solutions pourra aussi être étudiée en phase projet.

Pour comparer les deux solutions nous avons considéré leur mise en place sur toute la longueur de la falaise.

- ❖ Solution 1 : Mise en place de barrières dynamiques.

En fonction de l'implantation des pieds du tapis les écrans pourront astucieusement être placés sur la banquette en partie basse de la falaise, ce qui évitera de déplacer les ouvrages lors de l'exploitation.

La classe des écrans dépendra de la blocométrie minimale pouvant être produite dans la frange des 15 m. Pour des volumes de 100 L au maximum des écrans de classe 0 selon l'ETAG pourront être mis en œuvre. Pour des blocs de 500 L au maximum il faudra passer sur des écrans de classe 2 si ceux-ci sont implantés sur la banquette aval.



○ Avantages et inconvénients :

- + Faible emprise des ouvrages ;
- + Travaux de déplacements d'ouvrages réduits (voir inutiles si l'écran est placé sur la banquette intermédiaire.,
- Nécessité de purges des écrans (travaux spécialisés en technique acro.),
- Clouages ponctuels ou purges exhaustives pourront s'avérer nécessaires sous les écrans si ceux-ci sont installés en tête de paroi.

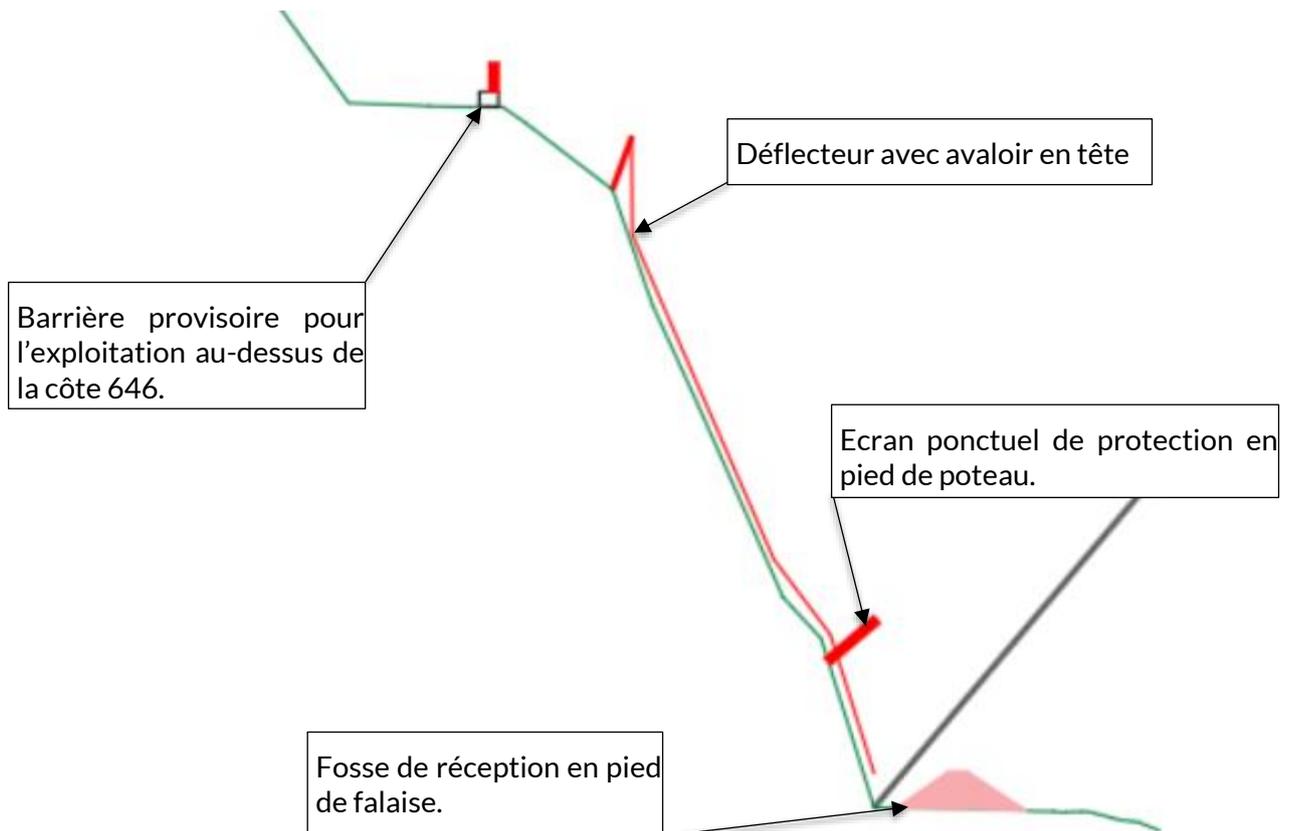
❖ Solution 2 :

Mise en place de déflecteurs avec avaloirs en tête et d'une fausse/merlon de réception en pied de talus.

Le dimensionnement des avaloirs dépendra lui aussi de la blocométrie produite en tête.

Pour des blocs d'au maximum 100 L une simple nappe de grillage double torsion sera suffisante, pour des blocs jusqu'à 500 L il faudra passer sur un ouvrage à double nappe.

Les pieds de tapis devront être équipés d'écrans dynamiques (classe 0) ponctuels pour les protéger des impacts.



Avantages et inconvénients :

- + Protection intégrale de la zone contre tous les départs qu'ils soient en tête ou en milieu de falaise,
- + Pas d'accumulation dans l'ouvrage.
- Nécessite la mise en place d'écrans au droit des pieds de tapis
- Nécessité d'un curage régulier du pied de falaise,
- Travaux de déplacement importants.

5 CONCLUSION

La présente étude a permis de définir les géométries de fronts envisageables et le type de sécurisation envisageables pour l'exploitation du triangle Est.

On retiendra de cette étude en phase avant-projet :

- ✓ Les discontinuités présentes sur le massif pourront définir des volumes instables,
- ✓ Les risques de chutes de blocs provenant du triangle Est concernent uniquement le pied de falaise Sud.

Il conviendra en phase projet de :

- ✓ Valider la géométrie et l'entrée en terre des fronts,
- ✓ Dimensionner les ouvrages de protection de la falaise Sud.

Les sécurisations et confortements définitifs devront être définis après ouverture des fronts et d'un examen détaillé par un géotechnicien.

Nous recommandons fortement un suivi géotechnique régulier lors de l'exploitation, celui-ci permettra :

- ✓ De valider les hypothèses considérées en phase avant-projet et projet,
- ✓ D'adapter si nécessaire les prescriptions d'exploitation,
- ✓ De définir si besoin des sécurisations provisoires ou définitives supplémentaires.

Annexe 1 – NORME NF P 94-500 – MISSIONS TYPES D'INGENIERIE
GEOTECHNIQUE

4.2.4 - Tableaux synthétiques

Tableau 1 – Enchaînement des missions d'Ingénierie géotechnique

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

Tableau 2 – Classification des missions d'Ingénierie géotechnique

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.</p>
<p>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</p> <p>Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours. • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs. <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques. <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités. <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). • Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 – Classification des missions d'Ingénierie géotechnique

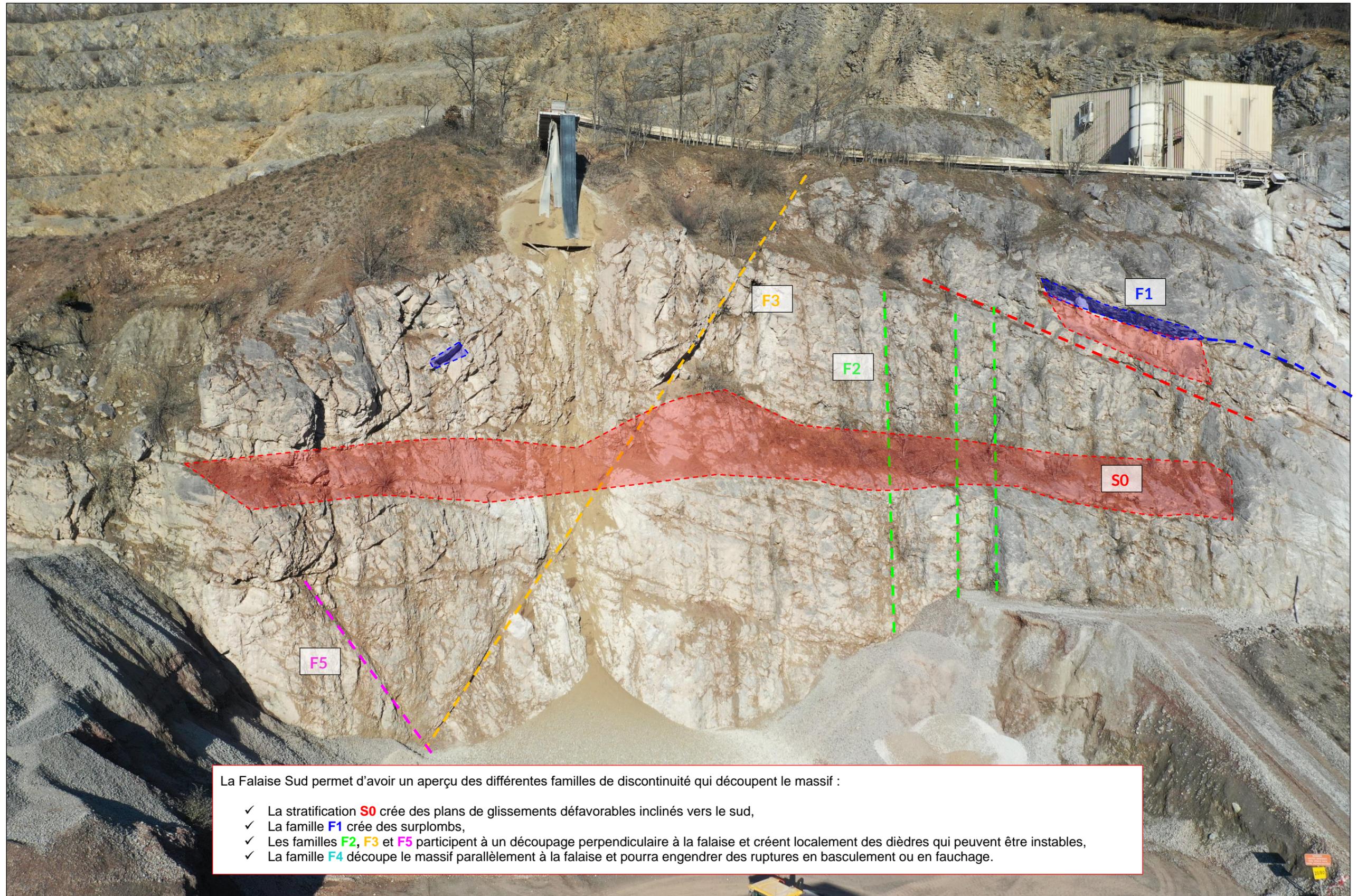
ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)
<p>Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Étude</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles). • Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi. <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude. • Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats). • Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIJO) <p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</p> <p>Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils. <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3). • donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIJO.
<p>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</p> <p>Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'état de l'état général de l'ouvrage existant. • Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Annexe 2 – PLANCHES PHOTOS

Carrière SOCAVA
Etude d'avant-projet – Vue générale de la zone



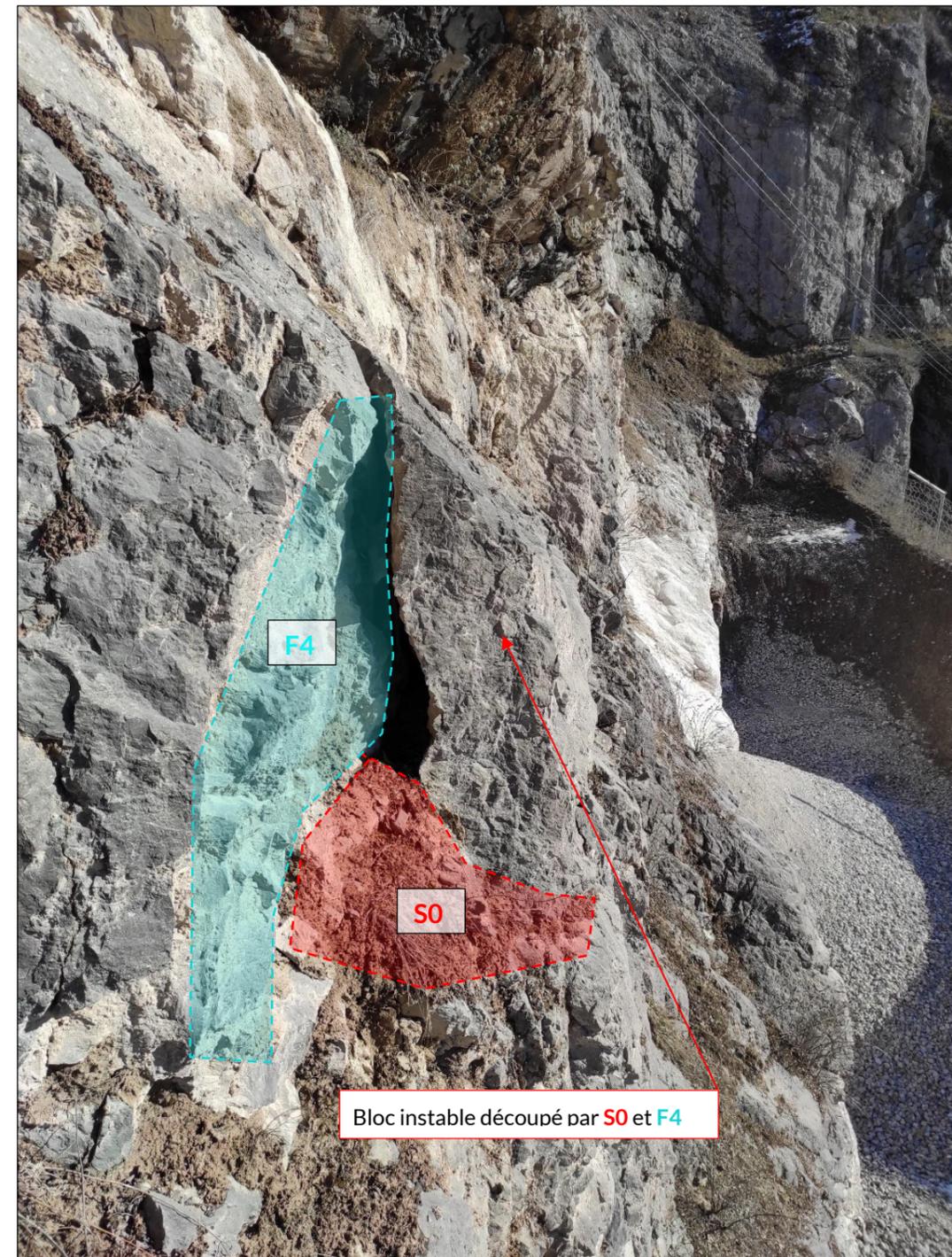
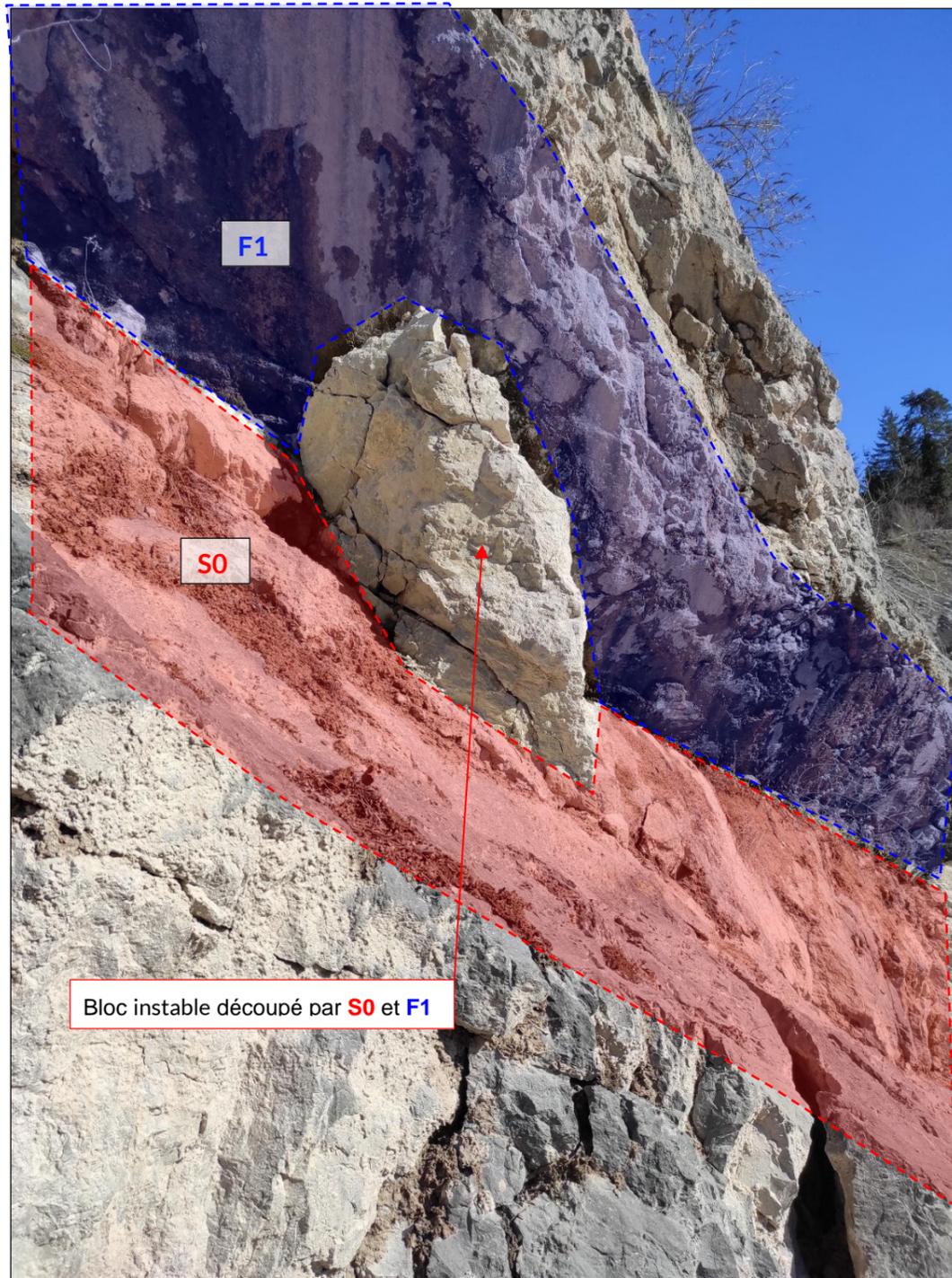
Carrière SOCAVA - Etude d'avant-projet Falaise Sud



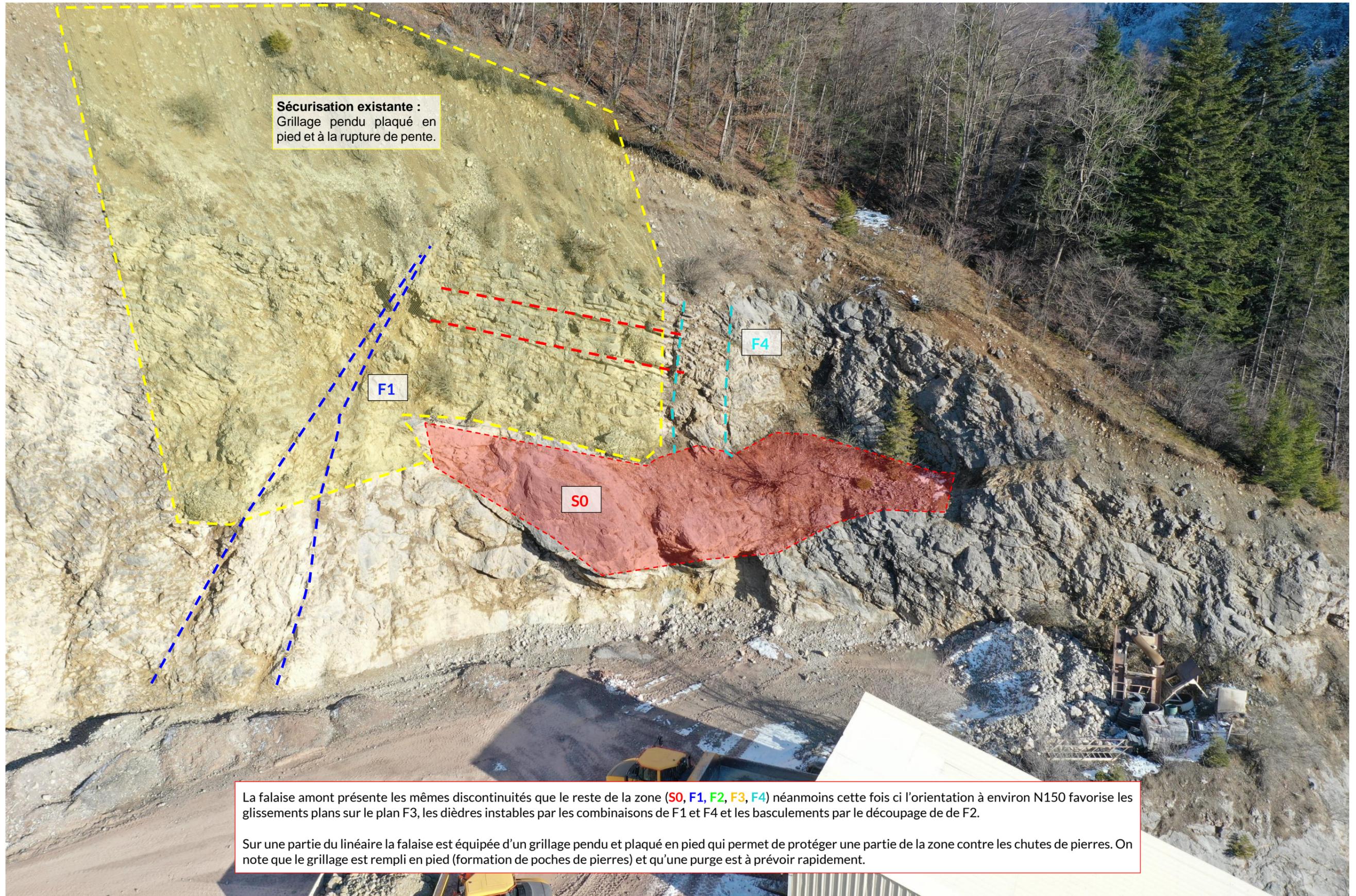
La Falaise Sud permet d'avoir un aperçu des différentes familles de discontinuité qui découpent le massif :

- ✓ La stratification **S0** crée des plans de glissements défavorables inclinés vers le sud,
- ✓ La famille **F1** crée des surplombs,
- ✓ Les familles **F2**, **F3** et **F5** participent à un découpage perpendiculaire à la falaise et créent localement des dièdres qui peuvent être instables,
- ✓ La famille **F4** découpe le massif parallèlement à la falaise et pourra engendrer des ruptures en basculement ou en fauchage.

Carrière SOCAVA - Etude d'avant-projet
Falaise Sud



Carrière SOCAVA - Etude d'avant-projet Falaise amont



Sécurisation existante :
Grillage pendu plaqué en pied et à la rupture de pente.

F1

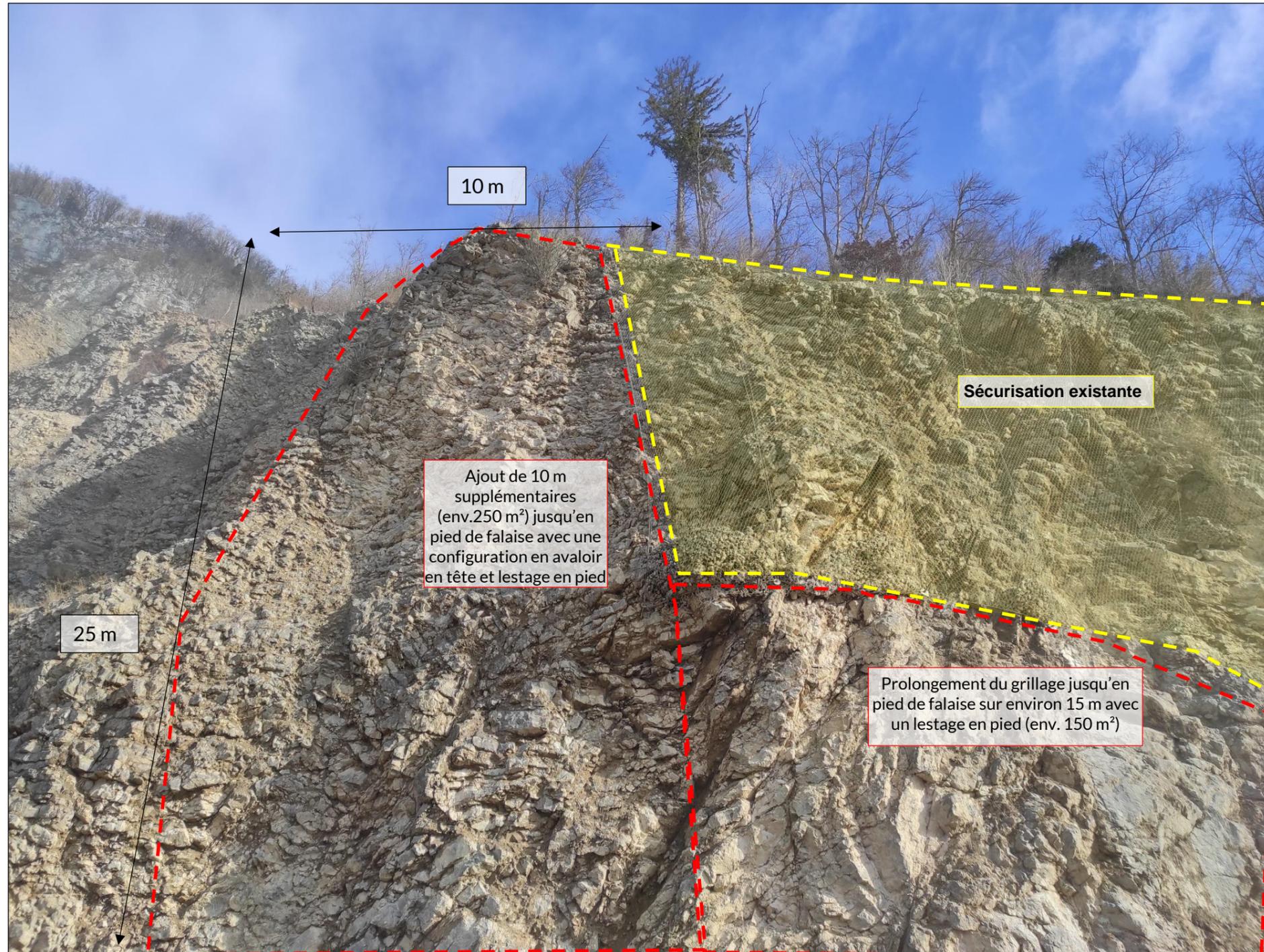
F4

S0

La falaise amont présente les mêmes discontinuités que le reste de la zone (S0, F1, F2, F3, F4) néanmoins cette fois ci l'orientation à environ N150 favorise les glissements plans sur le plan F3, les dièdres instables par les combinaisons de F1 et F4 et les basculements par le découpage de de F2.

Sur une partie du linéaire la falaise est équipée d'un grillage pendu et plaqué en pied qui permet de protéger une partie de la zone contre les chutes de pierres. On note que le grillage est rempli en pied (formation de poches de pierres) et qu'une purge est à prévoir rapidement.

Carrière SOCAVA - Etude d'avant-projet Falaise amont



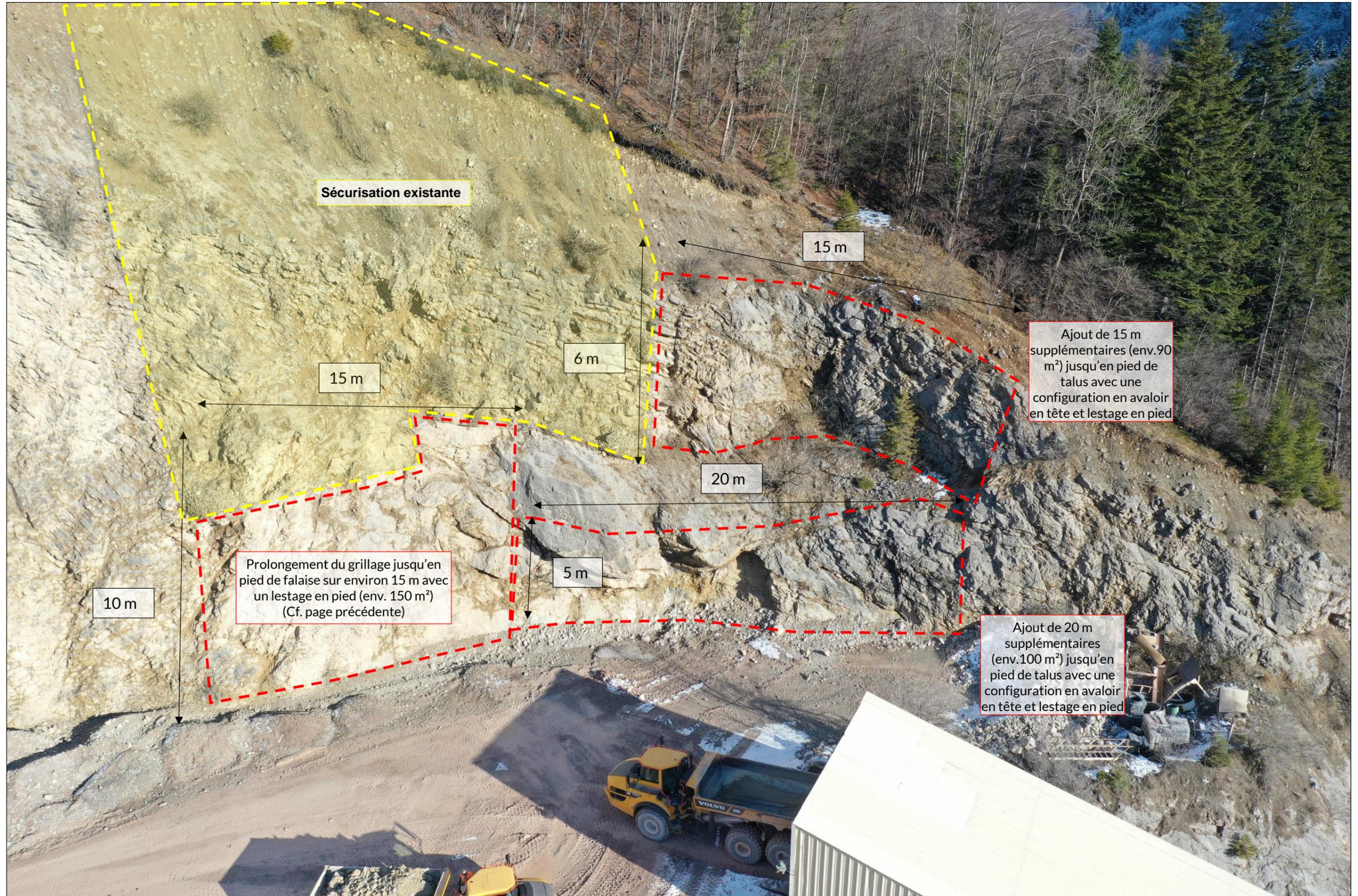
Pour la sécurité du personnel en l'état actuel nous recommandons :

- ✓ La purge du grillage existant,
- ✓ D'étendre la sécurisation existante sur 10 m vers la gauche (avec les ancrages de tête réhaussés pour réaliser une configuration en avaloir),

Pour la sécurisation du personnel lors de l'exploitation de la plateforme nous recommandons d'ajouter les protections suivantes (Cf. pages suivantes) :

- ✓ Ouvrir le pied de grillage existant et le prolonger jusqu'en pied en configuration grillage pendu,
- ✓ Etendre le grillage sur 15 m vers la droite avec une configuration en avaloir en tête,
- ✓ Réaliser un 2^{ème} avaloir en dessous pour capter les pierres de la banquette.,
- ✓ Prolonger le merlon en terre en pied sur toute l'emprise de la future risberme.

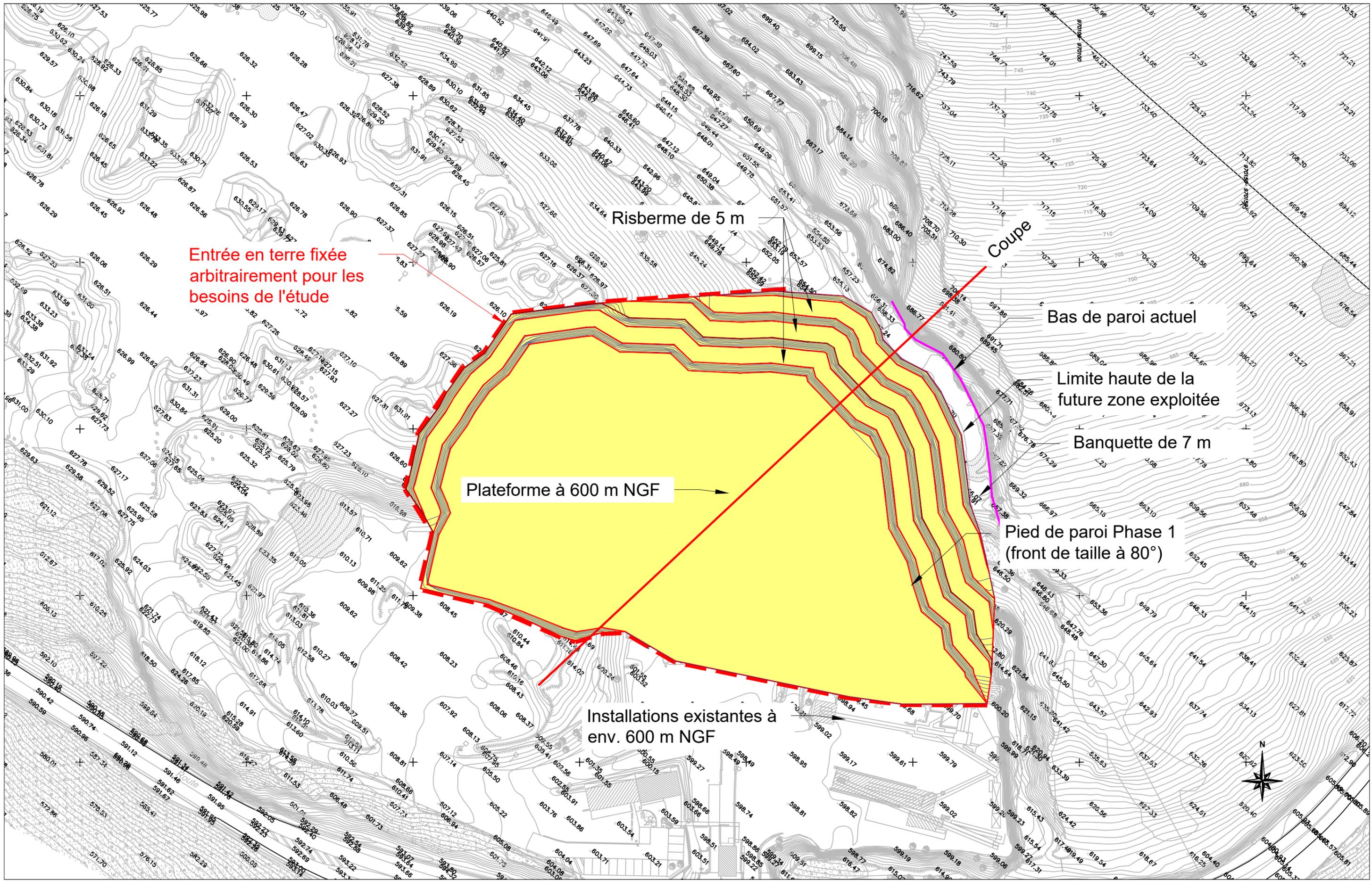
Carrière SOCAVA - Etude d'avant-projet Falaise amont

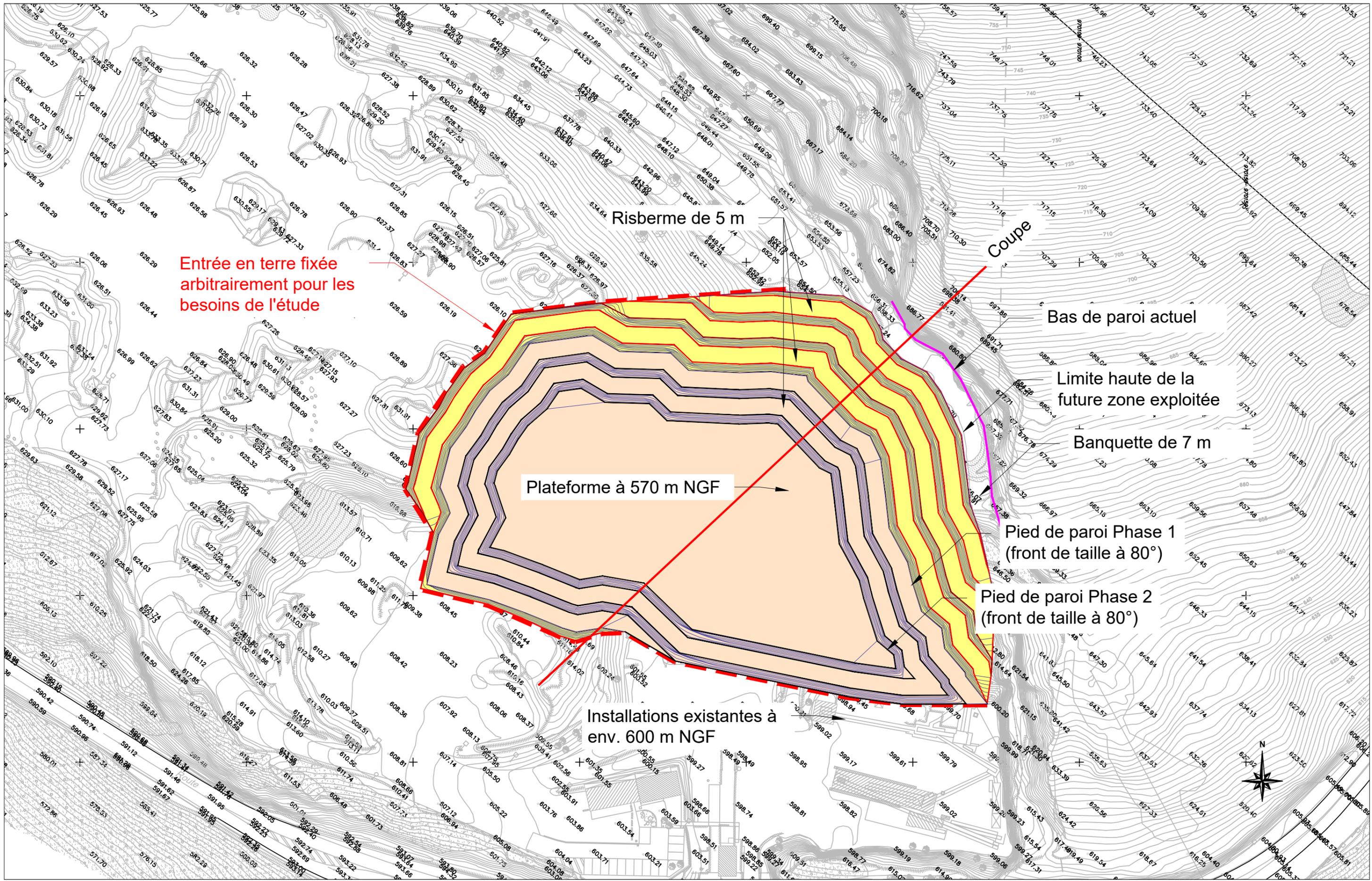


Carrière SOCAVA - Etude d'avant-projet Falaise amont



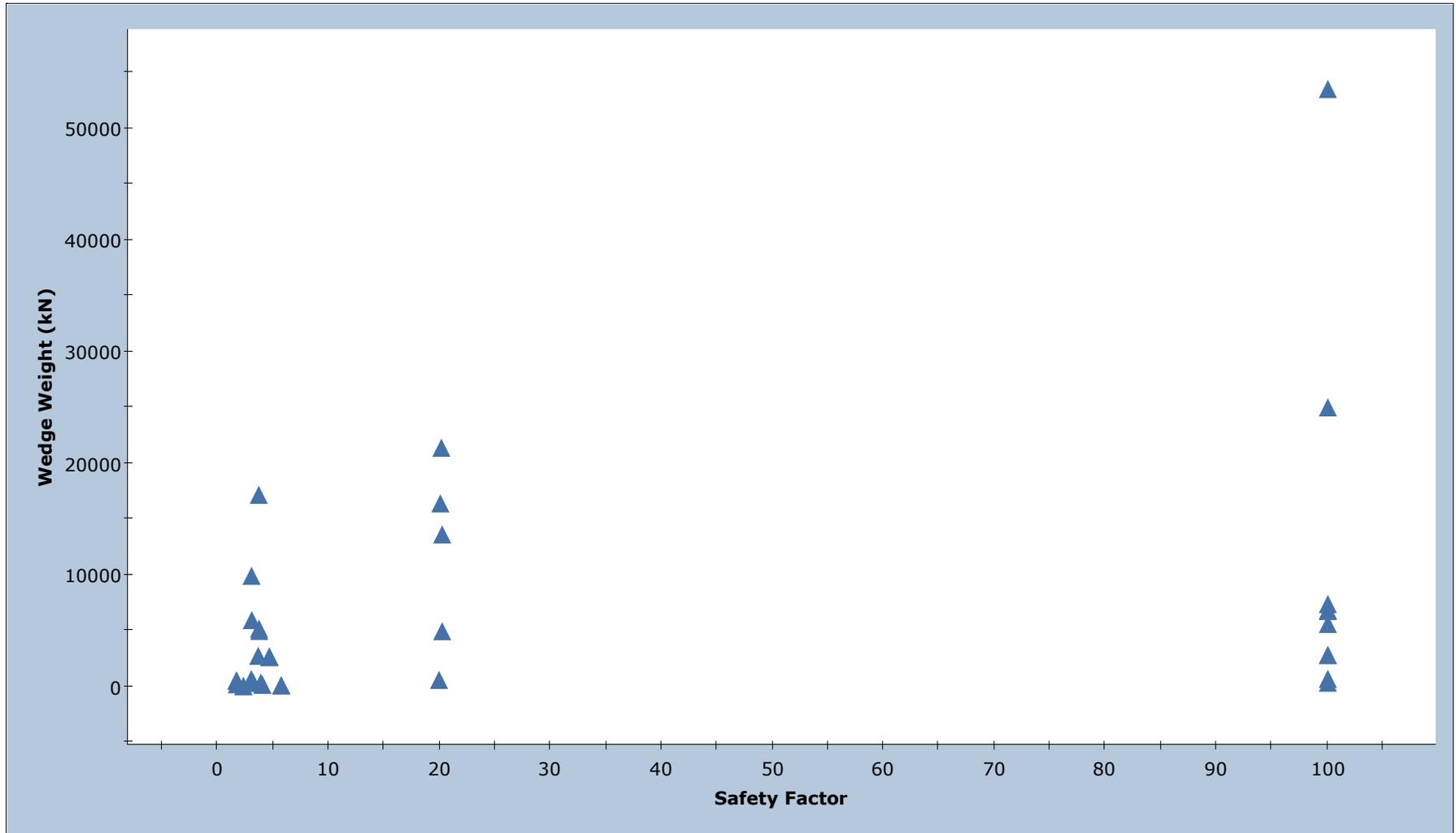
Annexe 3 – PLANS





Annexe 4 – NOTE DE CALCULS SWEDGE

Safety Factor vs. Wedge Weight (kN)



<i>Project</i>	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		
<i>Analysis Description</i>			
<i>Drawn By</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>	24/01/2022, 10:05:01	<i>File Name</i>	Socava n85.swd7

SWedge Analysis Information

SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Project Summary

File Name Socava n85
 Project Title SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
 Date Created 24/01/2022, 10:05:01

Analysis Results

Analysis Type - Combinations

Number of Combinations 60
 Number of Valid Wedges 39
 Number of Invalid Wedges 21
 Number of Failed Wedges 0
 Number of Stable Wedges 39

Current Wedge Data - Min FS Wedge

Safety Factor	1.7416
Wedge Height (On Slope) [m]	15.000
Bench Width (On Upper Face) [m]	0.560
Wedge Volume [m3]	22.217
Unfactored Wedge Weight [kN]	599.849
Wedge Weight Design Factor (Permanent Unfavourable Load)	1
Factored Wedge Weight [kN]	599.849
Wedge Area (Joint1) [m2]	6.073
Wedge Area (Joint2) [m2]	0.029
Wedge Area (Basal) [m2]	121.896
Wedge Area (Slope) [m2]	120.619
Wedge Area (Upper Face) [m2]	4.422

Effective Normal and Strength Properties

	Joint 1	Joint 2	Basal Joint
Effective Normal Force [kN]	431.092	0.000	146.533
Effective Normal Stress [kPa]	70.983	0.000	1.202
Shear Strength [kPa]	58.386	0.000	2.562
Strength due to Waviness [kPa]	4.968	0.000	0.084

Driving Force [kN] 406.108
 Resisting Force [kN] 707.279

Failure Mode

Sliding on intersection line (joint 1 and basal joint)

Joint 1 & Basal Joint Line of Intersection

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
42.611	322.665	22.156

Joint 2 & Basal Joint Line of Intersection

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
22.875	327.734	1.267

Trace Lengths

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	21.966	0.582
Joint 2	1.191	0.089
Basal Joint	14.731	14.731

Persistence

Joint 1 [m]	22.156
Joint 2 [m]	1.267
Basal Joint [m]	22.156
Tension Crack [m]	0.000

Intersection Angles

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Basal Joint	114.659	72.000
Joint 2 & Basal Joint	46.273	155.000

Dip and Dip Direction

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	46.000	350.000
Joint Set 2	50.000	37.000
Basal Joint	80.000	242.000
Slope	80.000	244.000
Upper Face	0.000	244.000

Joint Set 1 Data

Cohesion [kPa]	2
Cohesion Design Factor	1.25
Factored Cohesion [kPa]	1.6
Friction Angle [deg]	45
Friction Angle Design Factor	1.25
Factored Friction Angle [deg]	38.6598
Waviness Angle [deg]	5
Waviness Angle Design Factor	1.25
Factored Waviness Angle [deg]	4.00366

Joint Set 2 Data

Cohesion [kPa]	2
Cohesion Design Factor	1.25
Factored Cohesion [kPa]	1.6
Friction Angle [deg]	45
Friction Angle Design Factor	1.25
Factored Friction Angle [deg]	38.6598
Waviness Angle [deg]	5
Waviness Angle Design Factor	1.25
Factored Waviness Angle [deg]	4.00366

Basal Joint Data

Cohesion [kPa]	2
Cohesion Design Factor	1.25
Factored Cohesion [kPa]	1.6
Friction Angle [deg]	45
Friction Angle Design Factor	1.25
Factored Friction Angle [deg]	38.6598
Waviness Angle [deg]	5
Waviness Angle Design Factor	1.25
Factored Waviness Angle [deg]	4.00366

Slope Data

Slope Height [m]	15
Bench Width [m]	5
Unfactored Rock Unit Weight [kN/m ³]	27
Rock Unit Weight Design Factor	1
Factored Rock Unit Weight [kN/m ³]	27
Water Pressures in the Slope	NO
Overhanging Slope Face	NO
Externally Applied Force	NO
Tension Crack	NO

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 3

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Bolt tensile capacity	1
Seismic Coefficient	1
Water Pressure	1
Shotcrete Shear Strength	1

Wedge Vertices - Min FS Wedge

Coordinates in Easting, Northing, Up Format

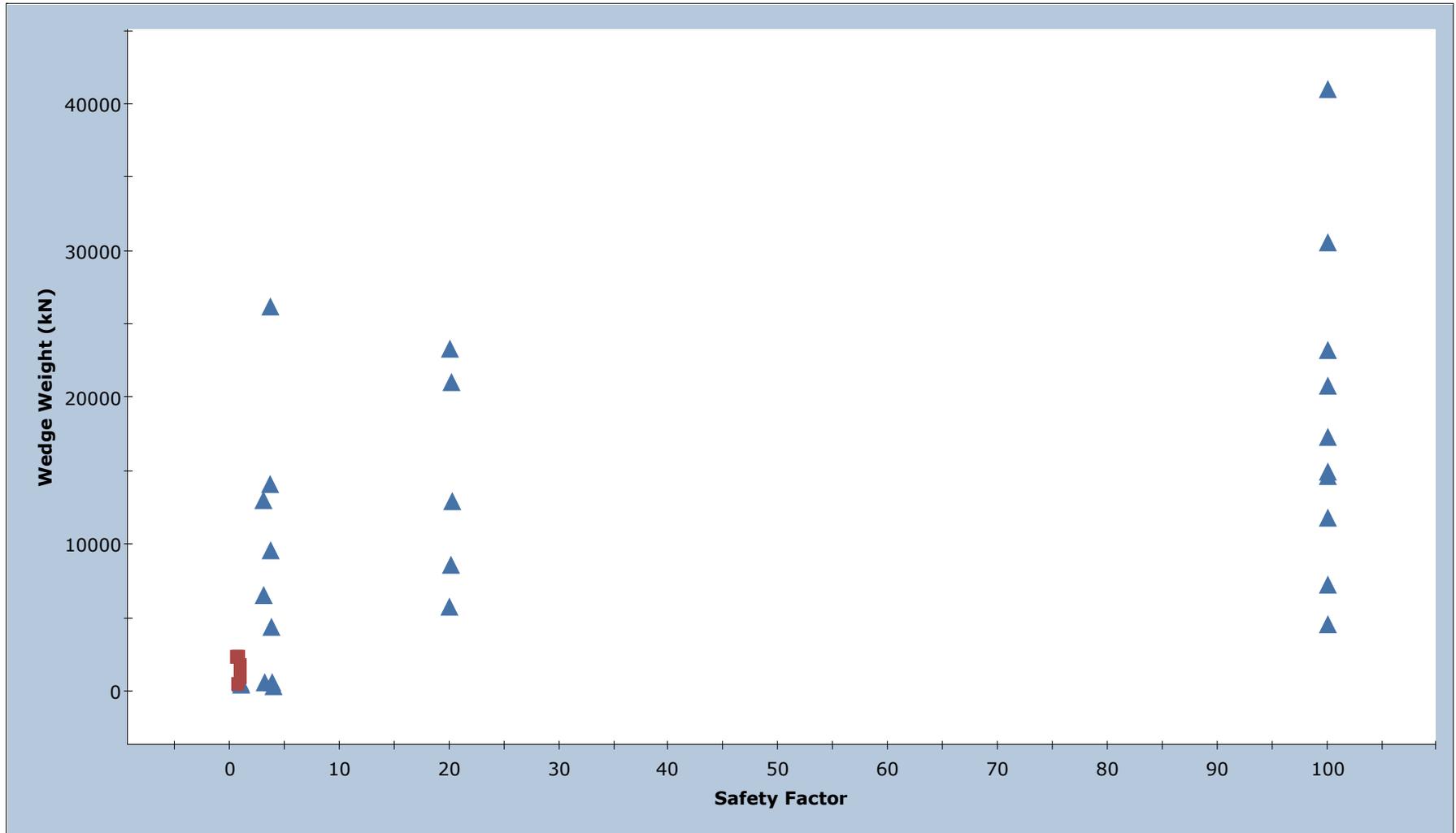
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope, 6=Basal Joint

Point	East	North	Up
134	9.316	-13.066	15.000
234	2.831	0.228	15.000
146	0.000	0.000	0.000
246	2.280	1.162	14.508
136	9.889	-12.965	15.000
236	2.903	0.175	15.000

Spill Width Parameters

Swelling Factor 1.5
 Angle of Repose of Failed Material 38 deg

Safety Factor vs. Wedge Weight (kN)



<i>Project</i>	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
<i>Analysis Description</i>		
<i>Drawn By</i>		<i>Company</i>
<i>Date</i>	24/01/2022, 10:05:01	<i>File Name</i> Socava n85.swd7

SWedge Analysis Information

SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Project Summary

File Name Socava n85
 Project Title SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
 Date Created 24/01/2022, 10:05:01

Analysis Results

Analysis Type - Combinations

Number of Combinations 60
 Number of Valid Wedges 38
 Number of Invalid Wedges 22
 Number of Failed Wedges 12
 Number of Stable Wedges 26

Current Wedge Data - Min FS Wedge

Safety Factor	0.6390
Wedge Height (On Slope) [m]	15.000
Bench Width (On Upper Face) [m]	1.584
Wedge Volume [m3]	87.947
Unfactored Wedge Weight [kN]	2374.577
Wedge Weight Design Factor (Permanent Unfavourable Load)	1
Factored Wedge Weight [kN]	2374.577
Wedge Area (Joint1) [m2]	100.825
Wedge Area (Joint2) [m2]	5.360
Wedge Area (Basal) [m2]	36.263
Wedge Area (Slope) [m2]	129.972
Wedge Area (Upper Face) [m2]	12.293

Effective Normal and Strength Properties

	Joint 1	Joint 2	Basal Joint
Effective Normal Force [kN]	0.000	0.000	1362.001
Effective Normal Stress [kPa]	0.000	0.000	37.559
Shear Strength [kPa]	0.000	0.000	31.647
Strength due to Waviness [kPa]	0.000	0.000	2.629

Driving Force [kN] 1945.139
 Resisting Force [kN] 1242.949

Failure Mode

Sliding on basal joint

Joint 1 & Basal Joint Line of Intersection

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
47.122	162.947	19.077

Joint 2 & Basal Joint Line of Intersection

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
-8.367	299.911	4.746

Trace Lengths

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	15.233	10.124
Joint 2	1.252	5.746
Basal Joint	22.246	0.000

Persistence

Joint 1 [m]	19.077
Joint 2 [m]	6.935
Basal Joint [m]	19.077
Tension Crack [m]	0.000

Intersection Angles

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Basal Joint	57.549	N/A
Joint 2 & Basal Joint	48.744	N/A

Dip and Dip Direction

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	80.000	242.000
Joint Set 2	50.000	37.000
Basal Joint	55.000	204.000
Slope	80.000	233.000
Upper Face	0.000	233.000

Joint Set 1 Data

Cohesion [kPa]	2
Cohesion Design Factor	1.25
Factored Cohesion [kPa]	1.6
Friction Angle [deg]	45
Friction Angle Design Factor	1.25
Factored Friction Angle [deg]	38.6598
Waviness Angle [deg]	5
Waviness Angle Design Factor	1.25
Factored Waviness Angle [deg]	4.00366

Joint Set 2 Data

Cohesion [kPa]	2
Cohesion Design Factor	1.25
Factored Cohesion [kPa]	1.6
Friction Angle [deg]	45
Friction Angle Design Factor	1.25
Factored Friction Angle [deg]	38.6598
Waviness Angle [deg]	5
Waviness Angle Design Factor	1.25
Factored Waviness Angle [deg]	4.00366

Basal Joint Data

Cohesion [kPa]	2
Cohesion Design Factor	1.25
Factored Cohesion [kPa]	1.6
Friction Angle [deg]	45
Friction Angle Design Factor	1.25
Factored Friction Angle [deg]	38.6598
Waviness Angle [deg]	5
Waviness Angle Design Factor	1.25
Factored Waviness Angle [deg]	4.00366

Slope Data

Slope Height [m]	15
Bench Width [m]	5
Unfactored Rock Unit Weight [kN/m ³]	27
Rock Unit Weight Design Factor	1
Factored Rock Unit Weight [kN/m ³]	27
Water Pressures in the Slope	NO
Overhanging Slope Face	NO
Externally Applied Force	NO
Tension Crack	NO

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 3

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Bolt tensile capacity	1
Seismic Coefficient	1
Water Pressure	1
Shotcrete Shear Strength	1

Wedge Vertices - Min FS Wedge

Coordinates in Easting,Northing,Up Format

1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope, 6=Basal Joint

Point	East	North	Up
134	2.238	1.426	15.000
234	-7.104	13.823	15.000
146	0.000	0.000	0.000
246	-7.877	14.751	14.670
123	-2.516	10.365	15.000
126	-3.807	12.410	13.980

Spill Width Parameters

Swelling Factor 1.5
 Angle of Repose of Failed Material 38 deg

SWedge Analysis Information

SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Project Summary

File Name Socava n85
 Project Title SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
 Date Created 24/01/2022, 10:05:01

Analysis Results

Analysis Type - Combinations

Number of Combinations 60
 Number of Valid Wedges 40
 Number of Invalid Wedges 20
 Number of Failed Wedges 19
 Number of Stable Wedges 21

Current Wedge Data - Min FS Wedge

Safety Factor	0.8309
Wedge Height (On Slope) [m]	15.000
Bench Width (On Upper Face) [m]	0.904
Wedge Volume [m3]	282.329
Unfactored Wedge Weight [kN]	7622.896
Wedge Weight Design Factor (Permanent Unfavourable Load)	1
Factored Wedge Weight [kN]	7622.896
Wedge Area (Joint1) [m2]	73.885
Wedge Area (Joint2) [m2]	357.866
Wedge Area (Basal) [m2]	22.469
Wedge Area (Slope) [m2]	431.282
Wedge Area (Upper Face) [m2]	24.842

Effective Normal and Strength Properties

	Joint 1	Joint 2	Basal Joint
Effective Normal Force [kN]	4571.407	0.000	650.056
Effective Normal Stress [kPa]	61.872	0.000	28.931
Shear Strength [kPa]	51.097	0.000	24.745
Strength due to Waviness [kPa]	4.330	0.000	2.025

Driving Force [kN] 5652.333
 Resisting Force [kN] 4696.792

Failure Mode

Sliding on intersection line (joint 1 and basal joint)

Joint 1 & Basal Joint Line of Intersection

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
47.859	164.698	2.298

Joint 2 & Basal Joint Line of Intersection

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
-37.610	81.356	21.247

Trace Lengths

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	42.592	3.280
Joint 2	1.386	51.807
Basal Joint	22.246	0.000

Persistence

Joint 1 [m]	42.592
Joint 2 [m]	53.154
Basal Joint [m]	2.298
Tension Crack [m]	0.000

Intersection Angles

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Basal Joint	56.017	N/A
Joint 2 & Basal Joint	117.007	N/A

Dip and Dip Direction

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	48.000	159.000
Joint Set 2	84.000	176.000
Basal Joint	55.000	204.000
Slope	80.000	175.000
Upper Face	0.000	175.000

Joint Set 1 Data

Cohesion [kPa]	2
Cohesion Design Factor	1.25
Factored Cohesion [kPa]	1.6
Friction Angle [deg]	45
Friction Angle Design Factor	1.25
Factored Friction Angle [deg]	38.6598
Waviness Angle [deg]	5
Waviness Angle Design Factor	1.25
Factored Waviness Angle [deg]	4.00366

Joint Set 2 Data

Cohesion [kPa]	2
Cohesion Design Factor	1.25
Factored Cohesion [kPa]	1.6
Friction Angle [deg]	45
Friction Angle Design Factor	1.25
Factored Friction Angle [deg]	38.6598
Waviness Angle [deg]	5
Waviness Angle Design Factor	1.25
Factored Waviness Angle [deg]	4.00366

Basal Joint Data

Cohesion [kPa]	2
Cohesion Design Factor	1.25
Factored Cohesion [kPa]	1.6
Friction Angle [deg]	45
Friction Angle Design Factor	1.25
Factored Friction Angle [deg]	38.6598
Waviness Angle [deg]	5
Waviness Angle Design Factor	1.25
Factored Waviness Angle [deg]	4.00366

Slope Data

Slope Height [m]	15
Bench Width [m]	5
Unfactored Rock Unit Weight [kN/m ³]	27
Rock Unit Weight Design Factor	1
Factored Rock Unit Weight [kN/m ³]	27
Water Pressures in the Slope	NO
Overhanging Slope Face	NO
Externally Applied Force	NO
Tension Crack	NO

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 3

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Bolt tensile capacity	1
Seismic Coefficient	1
Water Pressure	1
Shotcrete Shear Strength	1

Wedge Vertices - Min FS Wedge

Coordinates in Easting,Northing,Up Format

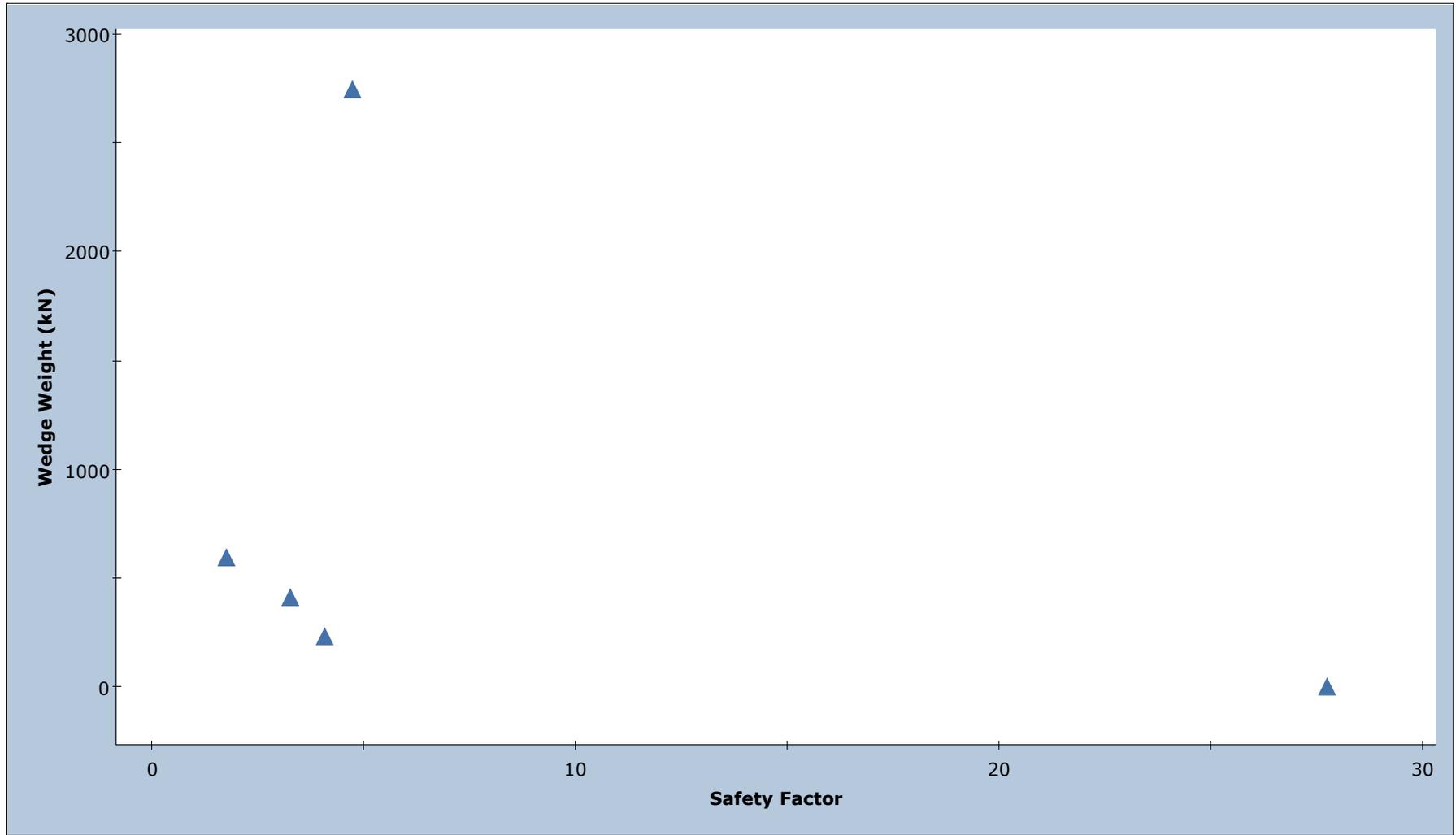
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope, 6=Basal Joint

Point	East	North	Up
134	-39.855	-0.832	15.000
234	14.888	3.958	15.000
146	0.000	0.000	0.000
246	16.233	4.017	14.670
123	-36.792	0.344	15.000
126	-0.407	1.487	1.704

Spill Width Parameters

Swelling Factor 1.5
 Angle of Repose of Failed Material 38 deg

Safety Factor vs. Wedge Weight (kN)



<i>Project</i>	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
<i>Analysis Description</i>		
<i>Drawn By</i>		<i>Company</i>
<i>Date</i>	24/01/2022, 10:05:01	<i>File Name</i> Socava n85.swd7

SWedge Analysis Information

SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Project Summary

File Name Socava n85
 Project Title SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
 Date Created 24/01/2022, 10:05:01

Analysis Results

Analysis Type - Combinations

Number of Combinations 15
 Number of Valid Wedges 5
 Number of Invalid Wedges 10
 Number of Failed Wedges 0
 Number of Stable Wedges 5

Current Wedge Data - Min FS Wedge

Safety Factor	1.7427
Wedge Height (On Slope) [m]	15.000
Bench Width (On Upper Face) [m]	0.560
Wedge Volume [m3]	22.220
Unfactored Wedge Weight [kN]	599.947
Wedge Weight Design Factor (Permanent Unfavourable Load)	1
Factored Wedge Weight [kN]	599.947
Wedge Area (Joint1) [m2]	6.073
Wedge Area (Joint2) [m2]	122.186
Wedge Area (Slope) [m2]	120.889
Wedge Area (Upper Face) [m2]	4.444

Effective Normal and Strength Properties

	Joint 1	Joint 2
Effective Normal Force [kN]	431.162	146.556
Effective Normal Stress [kPa]	70.994	1.199
Shear Strength [kPa]	58.395	2.560
Strength due to Waviness [kPa]	4.969	0.084

Driving Force [kN] 406.174
 Resisting Force [kN] 707.825

Failure Mode

Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 Line of Intersection

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
42.611	322.665	22.156

Trace Lengths

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	21.966	0.582
Joint 2	15.231	16.044

Persistence

Joint 1 [m] 22.156

Joint 2 [m] 22.156

Intersection Angles

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	46.273	72.000
Joint 1 & Crest	43.900	106.000
Joint 2 & Crest	89.826	2.000

Dip and Dip Direction

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	46.000	350.000
Joint Set 2	80.000	242.000
Slope	80.000	244.000
Upper Face	0.000	244.000

Joint Set 1 Data

Cohesion [kPa]	2
Cohesion Design Factor	1.25
Factored Cohesion [kPa]	1.6
Friction Angle [deg]	45
Friction Angle Design Factor	1.25
Factored Friction Angle [deg]	38.6598
Waviness Angle [deg]	5
Waviness Angle Design Factor	1.25
Factored Waviness Angle [deg]	4.00366

Joint Set 2 Data

Cohesion [kPa]	2
Cohesion Design Factor	1.25
Factored Cohesion [kPa]	1.6
Friction Angle [deg]	45
Friction Angle Design Factor	1.25
Factored Friction Angle [deg]	38.6598
Waviness Angle [deg]	5
Waviness Angle Design Factor	1.25
Factored Waviness Angle [deg]	4.00366

Slope Data

Slope Height [m]	15
Bench Width [m]	5
Unfactored Rock Unit Weight [kN/m3]	27
Rock Unit Weight Design Factor	1
Factored Rock Unit Weight [kN/m3]	27
Water Pressures in the Slope	NO
Overhanging Slope Face	NO
Externally Applied Force	NO
Tension Crack	NO

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 3

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Bolt tensile capacity	1
Seismic Coefficient	1
Water Pressure	1
Shotcrete Shear Strength	1

Wedge Vertices - Min FS Wedge

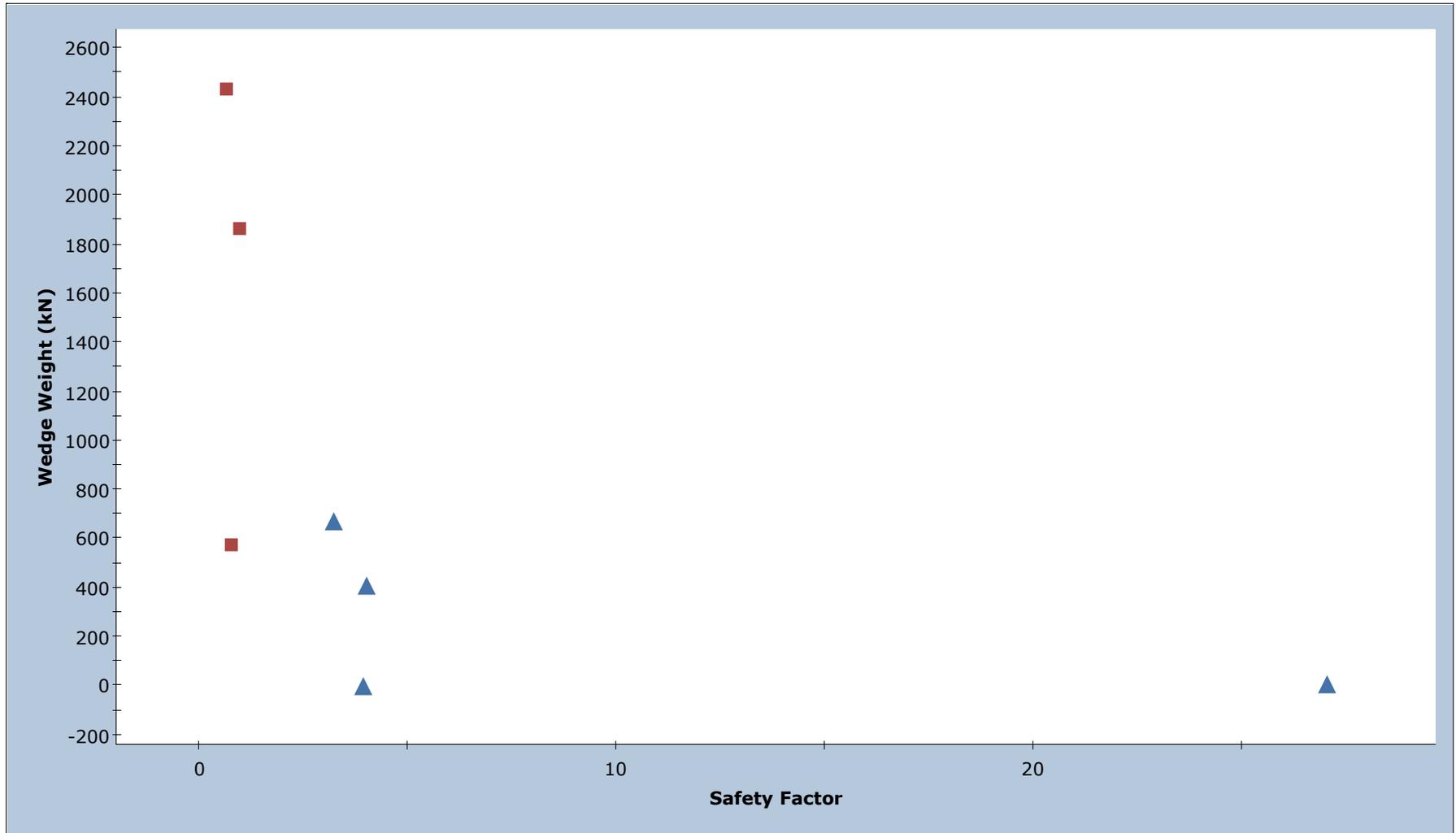
Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope

Point	East	North	Up
124	0.000	0.000	0.000
134	9.316	-13.066	15.000
234	2.357	1.201	15.000
123	9.889	-12.965	15.000

Spill Width Parameters

Swelling Factor 1.5
Angle of Repose of Failed Material 38 deg

Safety Factor vs. Wedge Weight (kN)



<i>Project</i>	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
<i>Analysis Description</i>		
<i>Drawn By</i>		<i>Company</i>
<i>Date</i>	24/01/2022, 10:05:01	<i>File Name</i> Socava n85.swd7

SWedge Analysis Information

SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Project Summary

File Name Socava n85
 Project Title SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
 Date Created 24/01/2022, 10:05:01

Analysis Results

Analysis Type - Combinations

Number of Combinations 15
 Number of Valid Wedges 7
 Number of Invalid Wedges 8
 Number of Failed Wedges 3
 Number of Stable Wedges 4

Current Wedge Data - Min FS Wedge

Safety Factor	0.6411
Wedge Height (On Slope) [m]	15.000
Bench Width (On Upper Face) [m]	2.107
Wedge Volume [m3]	90.063
Unfactored Wedge Weight [kN]	2431.700
Wedge Weight Design Factor (Permanent Unfavourable Load)	1
Factored Wedge Weight [kN]	2431.700
Wedge Area (Joint1) [m2]	102.556
Wedge Area (Joint2) [m2]	39.784
Wedge Area (Slope) [m2]	130.236
Wedge Area (Upper Face) [m2]	18.013

Effective Normal and Strength Properties

	Joint 1	Joint 2
Effective Normal Force [kN]	0.000	1394.766
Effective Normal Stress [kPa]	0.000	35.058
Shear Strength [kPa]	0.000	29.647
Strength due to Waviness [kPa]	0.000	2.454

Driving Force [kN] 1991.932
 Resisting Force [kN] 1277.088

Failure Mode

Sliding on joint2

Joint Sets 1&2 Line of Intersection

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
47.122	162.947	20.469

Trace Lengths

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	15.233	13.466
Joint 2	22.746	4.345

Persistence

Joint 1 [m] 20.469

Joint 2 [m] 22.746

Intersection Angles

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	48.744	142.000
Joint 1 & Crest	89.217	9.000
Joint 2 & Crest	42.039	29.000

Dip and Dip Direction

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	80.000	242.000
Joint Set 2	55.000	204.000
Slope	80.000	233.000
Upper Face	0.000	233.000

Joint Set 1 Data

Cohesion [kPa]	2
Cohesion Design Factor	1.25
Factored Cohesion [kPa]	1.6
Friction Angle [deg]	45
Friction Angle Design Factor	1.25
Factored Friction Angle [deg]	38.6598
Waviness Angle [deg]	5
Waviness Angle Design Factor	1.25
Factored Waviness Angle [deg]	4.00366

Joint Set 2 Data

Cohesion [kPa]	2
Cohesion Design Factor	1.25
Factored Cohesion [kPa]	1.6
Friction Angle [deg]	45
Friction Angle Design Factor	1.25
Factored Friction Angle [deg]	38.6598
Waviness Angle [deg]	5
Waviness Angle Design Factor	1.25
Factored Waviness Angle [deg]	4.00366

Slope Data

Slope Height [m]	15
Bench Width [m]	5
Unfactored Rock Unit Weight [kN/m3]	27
Rock Unit Weight Design Factor	1
Factored Rock Unit Weight [kN/m3]	27
Water Pressures in the Slope	NO
Overhanging Slope Face	NO
Externally Applied Force	NO
Tension Crack	NO

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 3

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Bolt tensile capacity	1
Seismic Coefficient	1
Water Pressure	1
Shotcrete Shear Strength	1

Wedge Vertices - Min FS Wedge

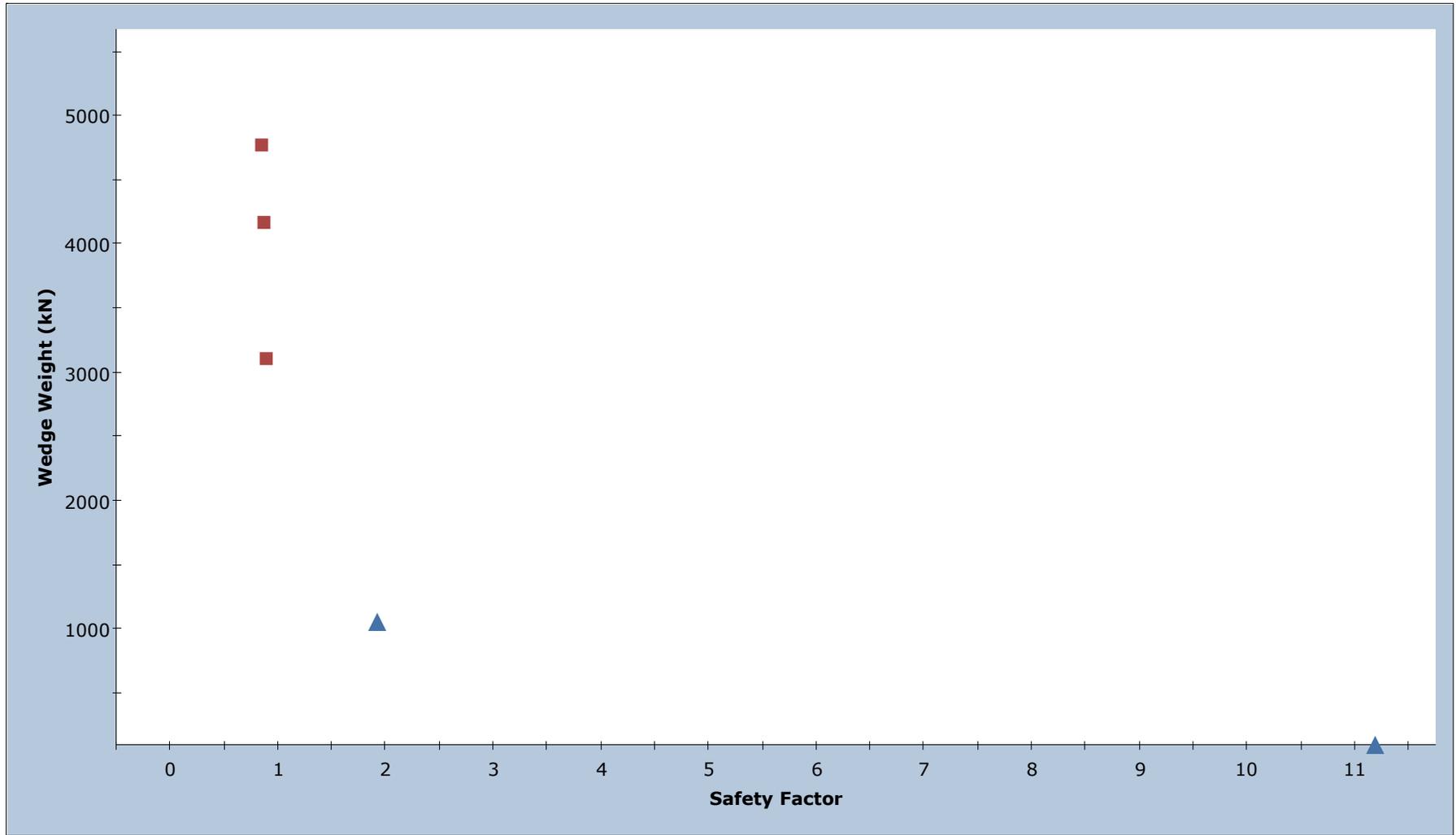
Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope

Point	East	North	Up
124	0.000	0.000	0.000
134	2.238	1.426	15.000
234	-8.054	15.083	15.000
123	-4.085	13.316	15.000

Spill Width Parameters

Swelling Factor 1.5
Angle of Repose of Failed Material 38 deg

Safety Factor vs. Wedge Weight (kN)



<i>Project</i>		SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
<i>Analysis Description</i>			
<i>Drawn By</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>		<i>File Name</i>	
24/01/2022, 10:05:01		Socava n85.swd7	

SWedge Analysis Information

SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Project Summary

File Name Socava n85
 Project Title SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
 Date Created 24/01/2022, 10:05:01

Analysis Results

Analysis Type - Combinations

Number of Combinations 15
 Number of Valid Wedges 5
 Number of Invalid Wedges 10
 Number of Failed Wedges 3
 Number of Stable Wedges 2

Current Wedge Data - Min FS Wedge

Safety Factor	0.8481
Wedge Height (On Slope) [m]	15.000
Bench Width (On Upper Face) [m]	3.921
Wedge Volume [m3]	176.707
Unfactored Wedge Weight [kN]	4771.102
Wedge Weight Design Factor (Permanent Unfavourable Load)	1
Factored Wedge Weight [kN]	4771.102
Wedge Area (Joint1) [m2]	143.556
Wedge Area (Joint2) [m2]	57.368
Wedge Area (Slope) [m2]	137.294
Wedge Area (Upper Face) [m2]	35.341

Effective Normal and Strength Properties

	Joint 1	Joint 2
Effective Normal Force [kN]	3192.490	0.000
Effective Normal Stress [kPa]	22.239	0.000
Shear Strength [kPa]	19.391	0.000
Strength due to Waviness [kPa]	1.557	0.000

Driving Force [kN] 3545.620
 Resisting Force [kN] 3007.127

Failure Mode

Sliding on joint1

Joint Sets 1&2 Line of Intersection

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
29.131	99.119	30.813

Trace Lengths

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	42.592	14.224
Joint 2	26.551	5.860

Persistence

Joint 1 [m] 42.592

Joint 2 [m] 30.813

Intersection Angles

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	14.053	122.000
Joint 1 & Crest	20.954	16.000
Joint 2 & Crest	144.994	42.000

Dip and Dip Direction

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	48.000	159.000
Joint Set 2	50.000	37.000
Slope	80.000	175.000
Upper Face	0.000	175.000

Joint Set 1 Data

Cohesion [kPa]	2
Cohesion Design Factor	1.25
Factored Cohesion [kPa]	1.6
Friction Angle [deg]	45
Friction Angle Design Factor	1.25
Factored Friction Angle [deg]	38.6598
Waviness Angle [deg]	5
Waviness Angle Design Factor	1.25
Factored Waviness Angle [deg]	4.00366

Joint Set 2 Data

Cohesion [kPa]	2
Cohesion Design Factor	1.25
Factored Cohesion [kPa]	1.6
Friction Angle [deg]	45
Friction Angle Design Factor	1.25
Factored Friction Angle [deg]	38.6598
Waviness Angle [deg]	5
Waviness Angle Design Factor	1.25
Factored Waviness Angle [deg]	4.00366

Slope Data

Slope Height [m]	15
Bench Width [m]	5
Unfactored Rock Unit Weight [kN/m3]	27
Rock Unit Weight Design Factor	1
Factored Rock Unit Weight [kN/m3]	27
Water Pressures in the Slope	NO
Overhanging Slope Face	NO
Externally Applied Force	NO
Tension Crack	NO

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 3

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Bolt tensile capacity	1
Seismic Coefficient	1
Water Pressure	1
Shotcrete Shear Strength	1

Wedge Vertices - Min FS Wedge

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope

Point	East	North	Up
124	0.000	0.000	0.000
134	-39.855	-0.832	15.000
234	-21.895	0.739	15.000
123	-26.575	4.266	15.000

Spill Width Parameters

Swelling Factor 1.5
Angle of Repose of Failed Material 38 deg