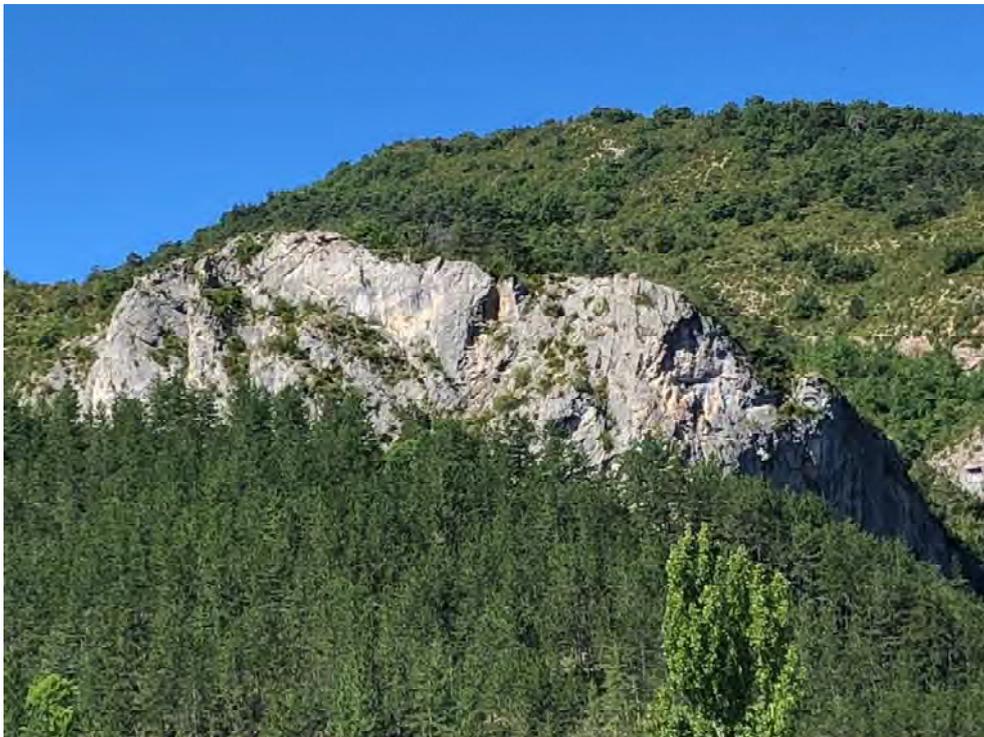




COMMUNE D'ORPIERRE (05)
VIA FERRATA DE PATURLE
ETUDE GEOTECHNIQUE DE PROJET



N° Affaire : AF20-054			N° Dossier : 01			
N° Indice	Dates	Etabli par	Signature	Vérifié par	Signature	Nb pages
0	22/12/2020	F. MACHET		I. BRUNET		38

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	3
2	RENSEIGNEMENTS GENERAUX	3
2.1	Situation et description du site	3
2.2	Contexte géologique et géotechnique local	4
2.3	Définition du projet de via ferrata	4
3	ETUDE DES CHUTES DE BLOCS	5
3.1	Présentation des reconnaissances	5
3.2	Synthèse des observations	5
4	ANALYSE DES RISQUES DE CHUTES DE BLOCS	6
4.1	Généralités	6
4.2	Aléa de rupture.....	6
4.3	Vulnérabilité.....	6
4.4	Synthèse : détermination du niveau de risque	6
5	DEFINITION DES TRAVAUX DE SECURISATION A ENVISAGER	8
5.1	Solutions envisagées	8
5.2	Travaux de purge	8
5.3	Confortement par ancrages des masses instables	8
5.4	Surveillance du site	9
6	CONCLUSIONS	10

ANNEXES

ANNEXE 1
NORME NF P 94-500 – MISSIONS TYPE D’INGENIERIE GEOTECHNIQUE
ANNEXE 2
PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES.....
ANNEXE 3
METHODE D’EVALUATION DES RISQUES DE CHUTES DE BLOCS

1 INTRODUCTION

A la demande et pour le compte de la commune d'Orpierre (05), Alpes Ingé a été missionné pour réaliser l'étude géotechnique de projet des travaux de sécurisation vis-à-vis des chutes de blocs de la future via ferrata de Paturle.

Cette mission s'inscrit dans le cadre du projet d'aménagement d'une via ferrata dans la falaise de Paturle. Elle est basée sur les observations faites lors de notre visite de site du 30 juin 2020 en compagnie de M. Robert BERGER de la société PRISME AVENTURES.

En référence à la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013 (Classification des missions types d'ingénierie géotechnique) qui figure en **annexe 1**, notre mission est de type G2 PRO – Etude géotechnique de conception – phase Projet.

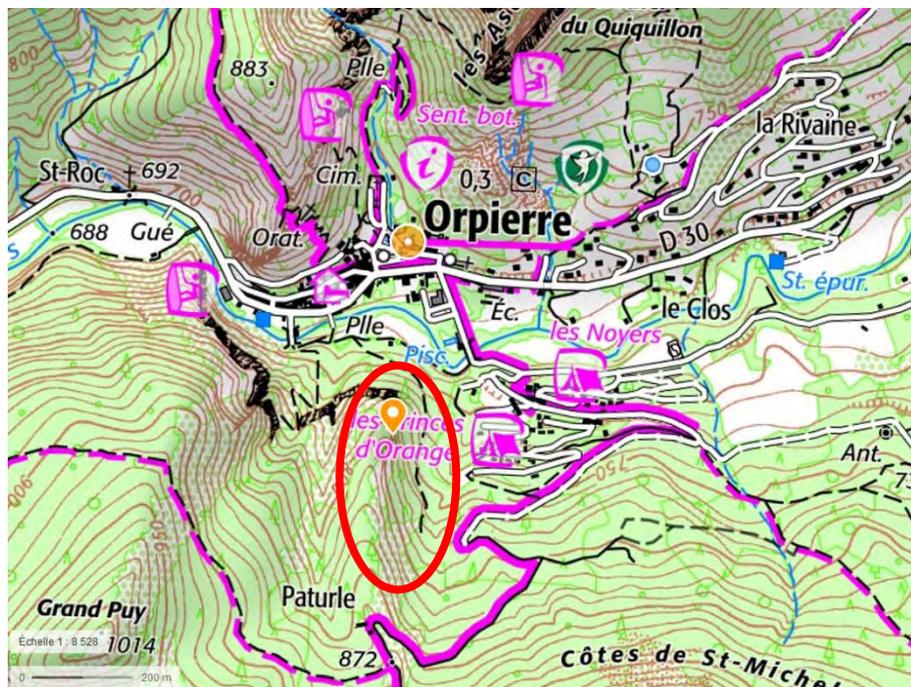
NB : la bonne réalisation de cette mission ne supprimera jamais les risques naturels en domaine de montagne, notamment : chutes de blocs, éboulements, glissements de terrains, avalanches. Il ne peut pas y avoir obligation de résultat dans ce domaine. Par conséquent, la surveillance et l'entretien des installations dans le temps sont nécessaires vis-à-vis des risques naturels.

2 RENSEIGNEMENTS GENERAUX

2.1 Situation et description du site

La falaise de Paturle se trouve environ 300 m au Sud du village d'Orpierre, à une altitude moyenne d'environ 800 m.

La falaise est globalement orientée à l'Est.



Extrait de carte topographique IGN (source : Géoportail)

2.2 Contexte géologique et géotechnique local

D'après la carte géologique de Serres au 1/50 000^{ème}, la falaise étudiée correspond principalement à la formation du Tithonique, puissante barre calcaire qui constitue le trait morphologique et structural dominant de tout le paysage. Au niveau de notre secteur d'étude, cette dernière est surmontée par des pentes appartenant à la formation du Berriasien.

La stratification et la fracturation du massif rocheux se recoupent pour former des blocs et écailles potentiellement instables.



Extrait de carte géologique au 1/50 000^{ème} (source : Infoterre)

2.3 Définition du projet de via ferrata

Dans les grandes lignes, la via ferrata se déroule du Nord au Sud de la falaise.

Le tracé imaginé par PRISME AVENTURES figure ci-dessous :



3 ETUDE DES CHUTES DE BLOCS

3.1 Présentation des reconnaissances

Les reconnaissances effectuées en falaise lors de notre visite sont présentées sur des planches photographiques numérotées de 1 à 17 qui figurent en **annexe 2** de ce rapport.

Elles ont pour objectif de présenter :

- les différentes zones de reconnaissance (A, B...) et les instabilités rencontrées,
- la nature des instabilités et leur classe (pierre, bloc ...),
- la géométrie caractérisant le volume de roche instable au départ,
- les trajectoires potentielles des volumes instables,
- l'état général des protections existantes ainsi que les désordres observés.

Pour la description des instabilités, les angles énoncés sont donnés en degrés par rapport à l'horizontale. Les indications **droite** et **gauche** sont données en regardant la falaise depuis le bas. La largeur est une mesure prise dans une direction parallèle aux courbes de niveau. L'épaisseur est une mesure prise perpendiculairement à l'axe de la pente ou au plan de glissement de la zone étudiée et la hauteur correspond à la différence d'altitude entre la base et le sommet de la zone décrite ou une mesure prise parallèlement à l'axe de la pente ou au plan de glissement de la zone étudiée.

3.2 Synthèse des observations

Nos observations se sont portées sur 4 sections repérées lors de notre visite. La présentation de ces sections figure sur les planches n° 1 à 17 en **annexe 2**.

L'ensemble des instabilités recensées se divise en 3 classes (cf. méthode d'analyse détaillée en **annexe 3**) :

- **les chutes de pierres** : il s'agit ici de petits volumes de roche ou de paquets de roche dont la fracturation au cours de la chute conduira à la formation de blocs de volume limité. Ce phénomène s'observe principalement dans les zones les plus fracturées, sur les vires et en tête de falaise.
- **les chutes de blocs** : il s'agit ici de compartiments rocheux en nombre limité de volume métrique à plurimétrique. Ils proviennent essentiellement des bancs compacts et des surplombs recoupés par plusieurs fissures dessinant des blocs et des écaillés individualisés avec des volumes pouvant aller jusqu'à plusieurs mètres cubes.
- **les éboulements en masse limitée** : il s'agit ici de compartiments rocheux (colonne, placages, surplombs) de plusieurs dizaines de mètres cube pouvant conduire à des éboulements de gros blocs. Ce phénomène n'a pas été observé dans la falaise.

4 ANALYSE DES RISQUES DE CHUTES DE BLOCS

4.1 Généralités

Le risque lié aux instabilités recensées sur le site résulte du croisement de deux composantes :

$$\text{Risque} = \text{Aléa de Rupture} \times \text{Vulnérabilité}$$

L'**aléa de rupture** d'un compartiment est défini en fonction de la probabilité d'occurrence du phénomène et de son imminence.

La **vulnérabilité** résulte du croisement entre l'exposition des enjeux aux trajectoires avec les dommages potentiels associés.

Le **niveau de risque** s'exprime selon cinq niveaux, la plage d'intensité allant de **très faible à très fort**.

L'ensemble de la méthode d'analyse est détaillé en **annexe 3**.

4.2 Aléa de rupture

Les masses recensées ici ont de manière générale un aléa de rupture « Faible » à « Modéré » à l'exception des masses B6 et D1 qui présentent un aléa de rupture plutôt « Elevé » à « Très élevé » à court terme.

4.3 Vulnérabilité

L'exposition aux trajectoires de la via ferrata est globalement « Importante » sur l'ensemble du tracé.

Les dommages potentiels sont liés à la taille et à l'énergie des blocs pouvant toucher la via ferrata. Ils sont généralement « Limités » à « Modérés », ce qui conduit à une vulnérabilité « Moyenne » sur l'ensemble de l'itinéraire, à l'exception des masses A1, A2, B6 et C2 qui présentent une vulnérabilité « Forte » compte tenu de leur taille.

NB : la notion de vulnérabilité est un critère qualitatif qui peut être soumis à l'appréciation du Maître d'ouvrage.

4.4 Synthèse : détermination du niveau de risque

Compte tenu de nos observations et des paramètres précités, le niveau de risque actuellement présent apparaît « **FAIBLE** » à « **MOYEN** » sur l'ensemble de l'itinéraire, à l'exception des masses B6 et D1 qui présentent un risque « **FORT** ».

Les travaux préconisés dans la suite de notre rapport viseront à réduire ce risque de manière à obtenir un **risque résultant « FAIBLE »** sur l'ensemble des sections étudiées.

Le tableau suivant présente l'analyse détaillée des risques pour chaque section et définit les grandes lignes des travaux de sécurisation à réaliser sur l'ensemble de la falaise :

CARACTERISTIQUES					ALEA DE RUPTURE = Occurrence x Délai			VULNERABILITE = Exposition trajectoires x Dommages			RISQUE = Alea de rupture x Vulnérabilité	TRAVAUX PRECONISES		
Section	Compartment	Nature	Volume au départ (m³)	Classe d'instabilité	Occurrence	Delai	Aléa de rupture	Exposition trajectoires	Dommages potentiels	Vunérabilité		Purge (jour/équipe)	Ancrages Ø 25 mm (ml)	Surveillance
A	Général	Falaise	< 0.01	Chute de pierres	Faible	Moyen terme	Faible	Importante	Limités	Moyenne	FABLE	0,25		
	Tête de falaise	Sommet de la falaise	< 0.01	Chute de pierres	Modérée	Court terme	Modéré	Importante	Limités	Moyenne	MOYEN	0,50		
	A1	Bloc	4	Chute de blocs	Faible	Moyen terme	Faible	Importante	Importants	Forte	MOYEN		6	A surveiller
	A2	Bloc	8	Chute de blocs	Faible	Moyen terme	Faible	Importante	Importants	Forte	MOYEN		9	A surveiller
	A3	Ecaille + petits blocs	< 0.01	Chute de pierres	Faible	Moyen terme	Faible	Importante	Limités	Moyenne	FABLE	0,25		
	A4	Bloc	< 0.5	Chute de blocs	Modérée	Court terme	Modéré	Importante	Modérés	Moyenne	MOYEN	0,25		
	A5	Bloc	< 0.5	Chute de blocs	Modérée	Court terme	Modéré	Importante	Modérés	Moyenne	MOYEN	0,25		
A6	Blocs entre sections A et B	< 0.5	Chute de blocs	Modérée	Court terme	Modéré	Importante	Modérés	Moyenne	MOYEN	1,00			
B	Général	Falaise	< 0.01	Chute de pierres	Faible	Moyen terme	Faible	Importante	Limités	Moyenne	FABLE	0,50		
	Tête de falaise	Sommet de la falaise	< 0.01	Chute de pierres	Modérée	Court terme	Modéré	Importante	Limités	Moyenne	MOYEN	1,00		
	B1	Grotte	< 0.1	Chute de blocs	Modérée	Court terme	Modéré	Moyenne	Modérés	Moyenne	MOYEN	0,50		
	B2	Surplomb au-dessus de la grotte	< 0.1	Chute de blocs	Modérée	Court terme	Modéré	Moyenne	Modérés	Moyenne	MOYEN	0,25		
	B3	Ecaille	< 0.1	Chute de blocs	Modérée	Court terme	Modéré	Importante	Modérés	Moyenne	MOYEN	0,25		
	B4	Ecaille	< 0.1	Chute de blocs	Modérée	Court terme	Modéré	Importante	Modérés	Moyenne	MOYEN	0,25		
	B5	Surplombs	< 0.5	Chute de blocs	Faible	Moyen terme	Faible	Importante	Modérés	Moyenne	FABLE	0,25		A surveiller
	B6	Bloc	3	Chute de blocs	Elevée	Court terme	Elevé	Importante	Importants	Forte	FORT	0,25	(6)	
	B7	Bloc	1	Chute de blocs	Modérée	Court terme	Modéré	Importante	Modérés	Moyenne	MOYEN	0,25		
	B8	Ecaille	< 0.5	Chute de blocs	Modérée	Court terme	Modéré	Importante	Limités	Moyenne	MOYEN	0,25		
B9	Ecaille	1	Chute de blocs	Modérée	Court terme	Modéré	Importante	Modérés	Moyenne	MOYEN	0,25			
C	Général	Falaise	< 0.01	Chute de pierres	Faible	Moyen terme	Faible	Importante	Limités	Moyenne	FABLE	0,25		
	Tête de falaise	Sommet de la falaise	< 0.01	Chute de pierres	Modérée	Court terme	Modéré	Importante	Limités	Moyenne	MOYEN	0,50		
	C1	Couloir entre sections B et C	< 0.1	Chute de blocs	Faible	Moyen terme	Faible	Importante	Limités	Moyenne	FABLE	0,50		
	C2	Bloc	7	Chute de blocs	Faible	Moyen terme	Faible	Importante	Importants	Forte	MOYEN	0,25	(6)	A surveiller
	C3	Petit pilier	< 0.1	Chute de blocs	Faible	Moyen terme	Faible	Importante	Limités	Moyenne	FABLE	0,50		
D	Général	Falaise	< 0.01	Chute de pierres	Faible	Moyen terme	Faible	Importante	Limités	Moyenne	FABLE	0,50		
	D1	Bloc	< 0.1	Chute de blocs	Très Elevée	Court terme	Très Elevé	Importante	Modérés	Moyenne	FORT	0,25		
	D2	Ecailles	< 0.1	Chute de blocs	Modérée	Court terme	Modéré	Moyenne	Modérés	Moyenne	MOYEN	0,25		
	D3	Bloc	1	Chute de blocs	Faible	Moyen terme	Faible	Moyenne	Modérés	Moyenne	FABLE	0,25		A surveiller
	D4	Bloc	1,5	Chute de blocs	Faible	Moyen terme	Faible	Moyenne	Modérés	Moyenne	FABLE	0,25		A surveiller
												10,00	15	

5 DEFINITION DES TRAVAUX DE SECURISATION A ENVISAGER

5.1 Solutions envisagées

Afin de réduire le risque lié aux chutes de blocs des sections étudiées, **des mesures de protections actives** sont à envisager pour permettre de conforter la falaise en supprimant ou en bloquant les masses instables.

Cette sécurisation sera assurée par la purge de tous les compartiments instables des sections étudiées. En fonction du résultat de la purge, la réalisation d'ancrages ponctuels de confortement pourra s'avérer nécessaire.

Certaines masses rocheuses instables devront faire l'objet d'une surveillance régulière pour juger de leur évolution.

Les travaux de sécurisation à envisager dans les différentes sections sont détaillés dans le tableau de la page 7 et sur les planches photographiques figurant en **annexe 2**.

Suite à ces travaux, le niveau de risque résiduel sera globalement faible sur l'ensemble du tracé de la via ferrata.

NB : ces travaux permettront d'améliorer la sécurité des usagers vis à vis des chutes de blocs et de traiter les principales masses instables, mais ils ne pourront pas assurer une sécurisation à 100 % de la falaise, ce qui est difficilement réalisable dans ce type de site.

5.2 Travaux de purge

Les travaux de purge seront réalisés manuellement en veillant à ne pas déstabiliser les blocs se trouvant à l'arrière des zones à purger. Ils seront confiés à une entreprise spécialisée en travaux acrobatiques.

Pour limiter les dégâts dans la forêt sous la falaise, nous préconisons la mise en place d'un écran provisoire d'une capacité d'environ 200 kJ fixé sur les arbres en pied de falaise.

Si des volumes instables importants sont identifiés au moment des purges, des travaux complémentaires de type confortement par ancrages pourront être rendus nécessaires. Ils devront être définis par un bureau d'études géotechnique.

La purge finale de tous les petits éléments instables dans et autour de l'itinéraire sera réalisée directement par l'entreprise chargée d'équiper la via ferrata.

5.3 Confortement par ancrages des masses instables

Ces travaux seront confiés à une entreprise spécialisée en travaux acrobatiques.

Les ancrages seront réalisés par des moyens manuels. L'entreprise devra respecter les recommandations du guide technique du CEMAGREF pour la mise en œuvre des ancrages et la réalisation des scellements.

Une attention particulière sera apportée à la foration des ancrages pour détecter la présence éventuelle de failles ou de zones de moindre résistance non visible en surface.

En cas de doute sur la qualité du rocher, l'entreprise contactera un bureau d'études géotechnique pour définir les mesures complémentaires à mettre en œuvre pour garantir la pérennité des ouvrages.

L'entreprise devra tenir, pour chaque ancrage réalisé, une fiche de suivi précisant notamment :

- la description des cuttings et la présence éventuelle de failles,
- les éventuelles venues d'eau,
- la longueur, le diamètre et l'inclinaison du forage réalisé,
- la longueur et le diamètre de la barre mise en place.

En complément, nous rappelons également les préconisations d'usage concernant les restrictions d'utilisation de la résine comme mortier de scellement :

- température d'utilisation comprise entre 10 et 25° ;
- absence de corps étrangers et d'eau dans le forage : trou de forage soufflé avant mise en œuvre de la résine ;
- mise en place de l'armature immédiatement après l'injection (armature non remuée) ;
- vérification de la résine qui « dégueule » du forage, après mise en place de la barre d'ancrage.

5.4 Surveillance du site

Certaines masses rocheuses instables devront faire l'objet d'une surveillance régulière pour juger de leur évolution et prévenir toute déstabilisation. Il s'agit notamment des masses A1, A2, B5, C2, D3 et D4.

Pour cela, nous préconisons à minima de réaliser une visite de surveillance annuelle, de préférence juste avant l'ouverture, pour vérifier l'état du massif rocheux dans ces zones.

Cette visite devra être suivie d'une purge si besoin.

6 CONCLUSIONS

A la demande de la commune d'Orpierre, Alpes Ingé a réalisé l'étude géotechnique de projet des travaux de sécurisation vis-à-vis des chutes de blocs de la future via ferrata de Paturle.

Cette mission s'inscrit dans le cadre du projet d'aménagement d'une via ferrata dans la falaise de Paturle, à l'initiative de la société PRISME AVENTURES.

Elle a pour objectif d'identifier les risques de chutes de blocs pouvant menacer la future via ferrata et ses sentiers d'accès et de retour et de définir les travaux à réaliser pour sécuriser le site.

Compte tenu de nos observations, le niveau de risque vis-à-vis des chutes de blocs apparaît globalement faible à moyen sur l'ensemble de la falaise, sauf pour certains compartiments rocheux bien individualisés où le niveau de risque est plutôt fort.

Des travaux de sécurisation sont à prévoir pour réduire les risques. Ils sont définis au paragraphe 5.

Suite à ces travaux, le niveau de risque résiduel sera globalement faible sur l'ensemble de la via ferrata.

Certaines masses rocheuses instables devront ensuite faire l'objet d'une surveillance régulière pour juger de leur évolution.

Au moment de la réalisation des travaux, nous vous recommandons de vous attacher les services d'un géotechnicien, dans le cadre d'une mission de type G4 – Supervision géotechnique d'exécution – afin de valider la bonne implantation et réalisation des ouvrages.

ANNEXE 1

NORME NF P 94-500 – MISSIONS TYPE 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 avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage	Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux		
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'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.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des 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.

Phase Projet (PRO)

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

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

Phase DCE / ACT

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

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

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

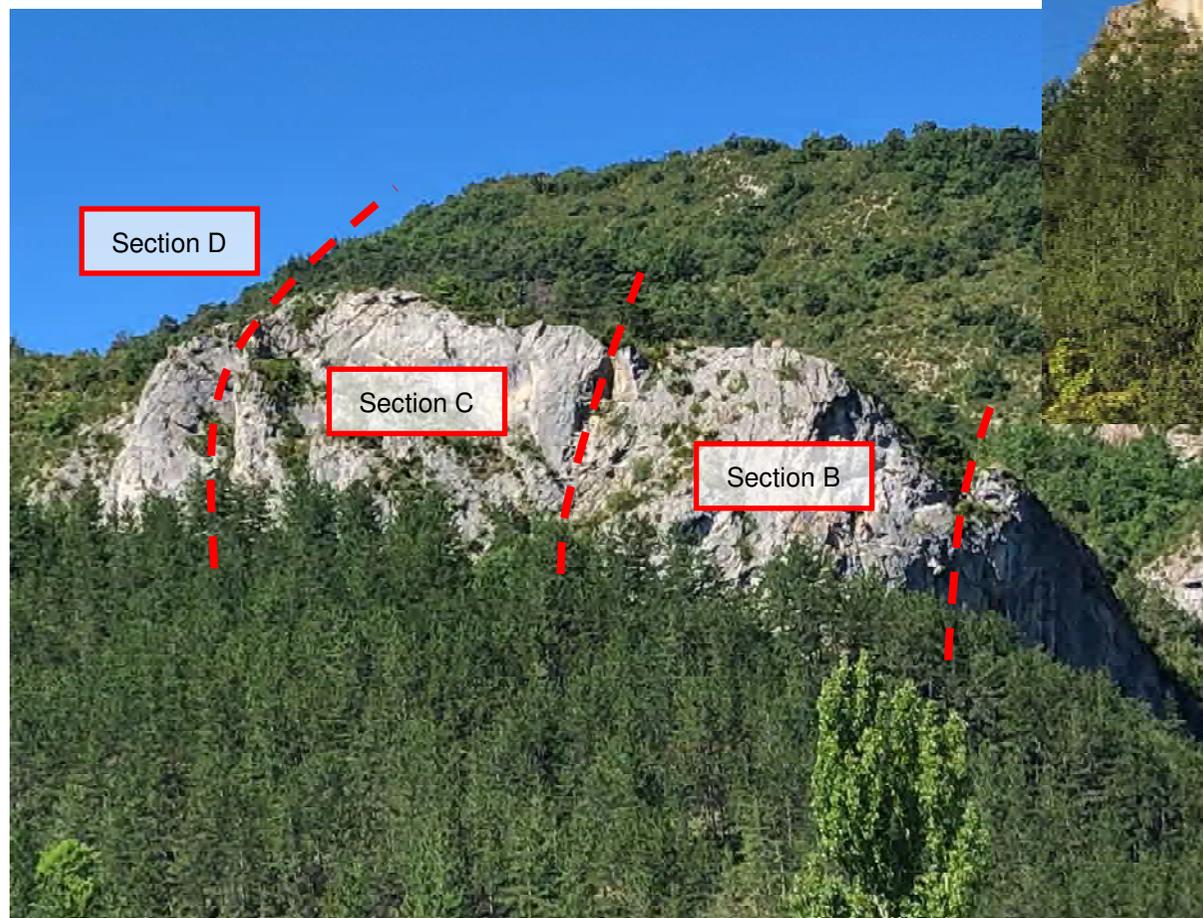
Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou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

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

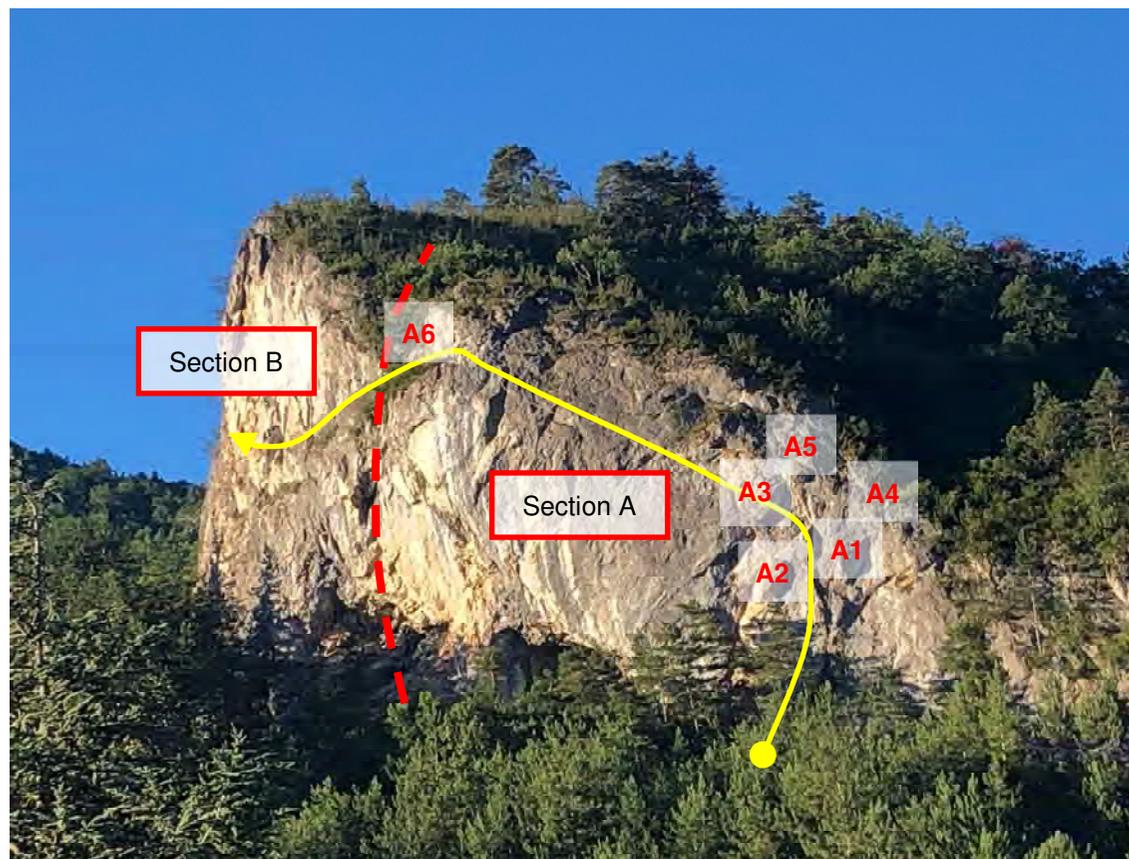
ANNEXE 2

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Vue d'ensemble du site et localisation des sections



Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Section A



Section A – Départ

Repérage des différents compartiments répertoriés

Travaux à réaliser :

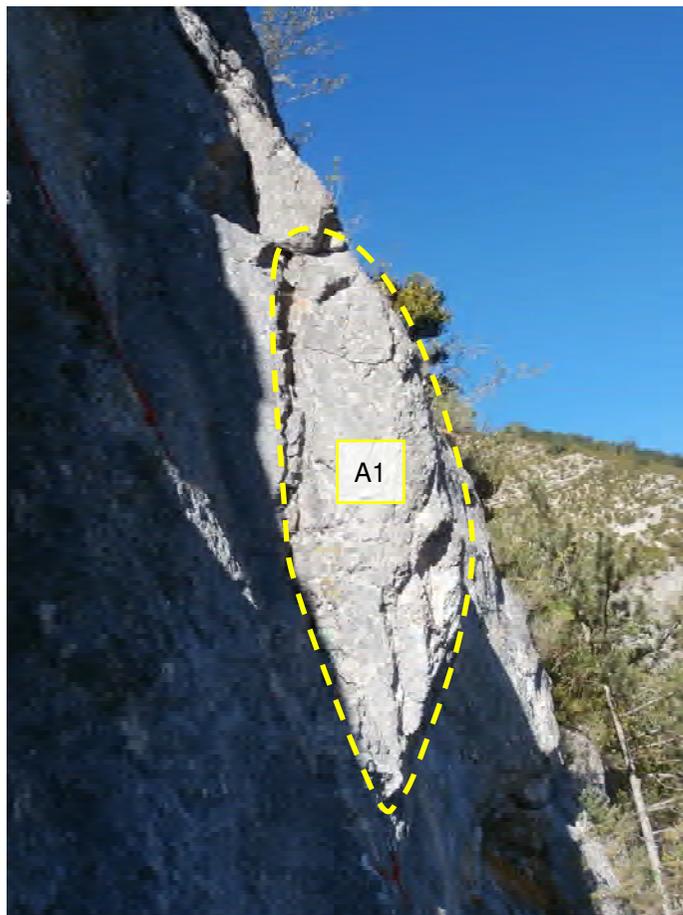
Purge manuelle des pierres et petits blocs instables sur l'ensemble de la section, notamment en tête de falaise.

Pour limiter les dégâts dans la forêt sous la falaise, possibilité de mettre en place un écran provisoire d'une capacité d'environ 200 kJ fixé sur les arbres en pied de falaise.

Dans l'ensemble, le risque de chutes de blocs est globalement faible sur l'ensemble de la section et moyen en tête de falaise (zones plus fracturées).

Quelques compartiments présentent également un risque moyen du fait de leur volume et de leur fracturation (cf. pages suivantes).

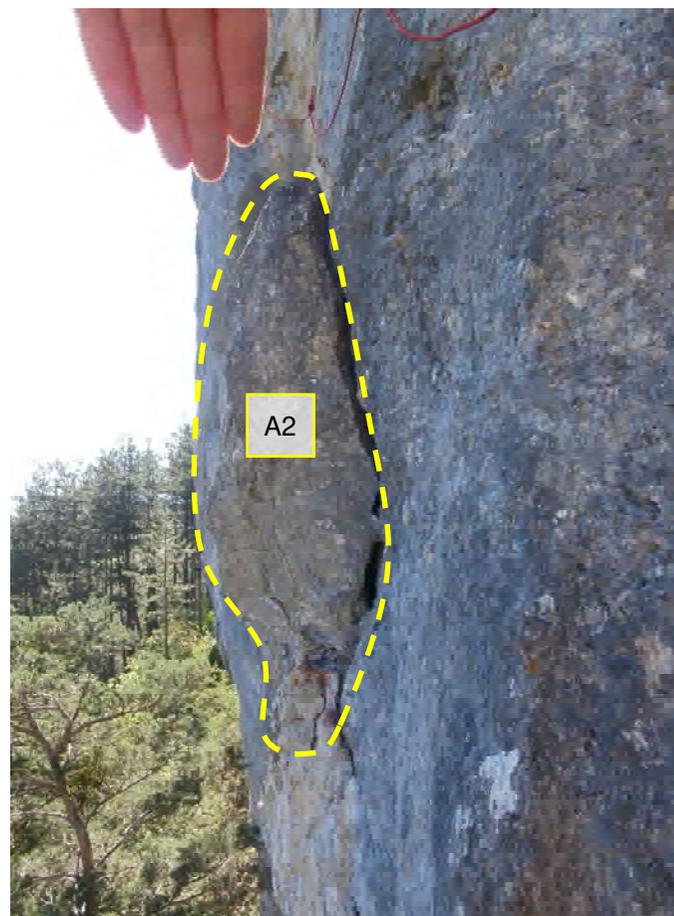
Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Section A



Bloc A1 d'environ 4 m³ (risque moyen) – Hauteur 3 m

Travaux à réaliser :

Confortement du bloc par 2 ancrages GEWI 25 mm de 3 m.



Bloc A2 d'environ 8 m³ (risque moyen) – Hauteur 4 m

Travaux à réaliser :

Confortement du bloc par 3 ancrages GEWI 25 mm de 3 m.

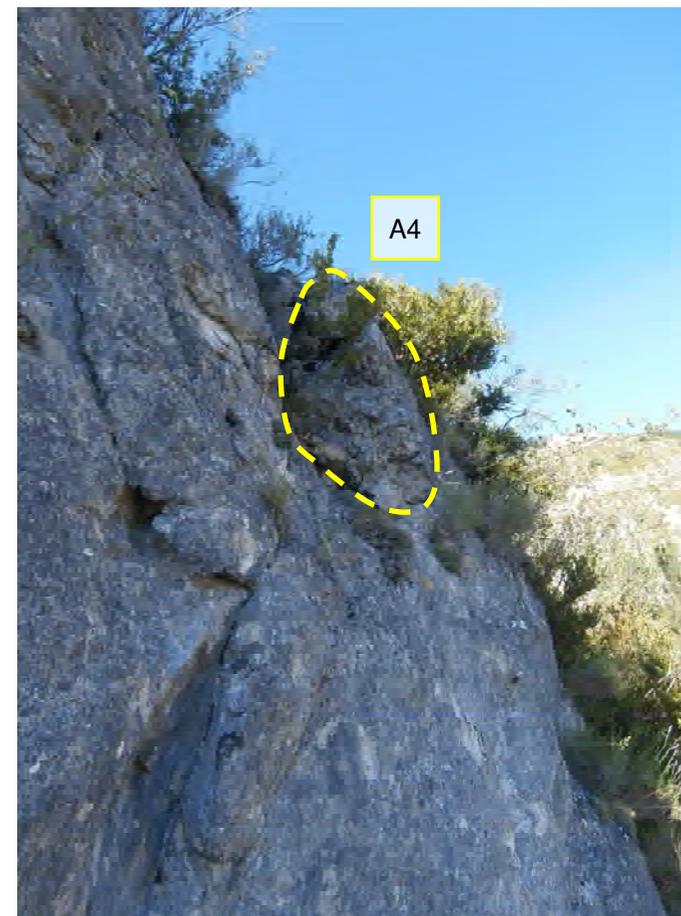
Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Section A



Echelle A3 (risque faible) – Hauteur 2.5 m

Travaux à réaliser :

Purge manuelle des petits blocs instables en bordure de l'échelle.

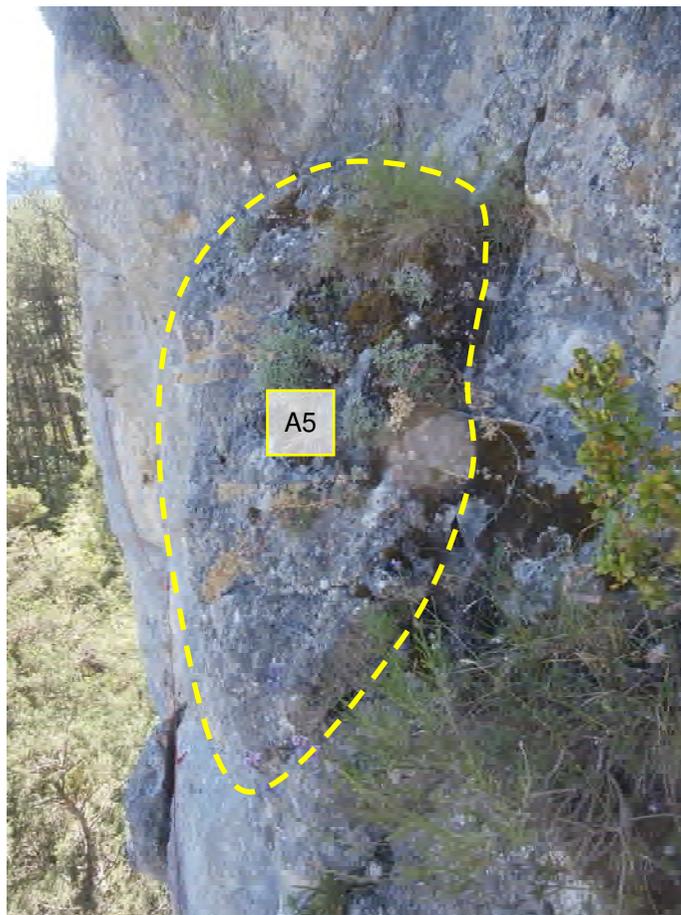


Bloc A4 d'environ 0.5 m³ (risque moyen)

Travaux à réaliser :

Purge manuelle du bloc.

Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Section A



Bloc A5 d'environ 0.5 m³ (risque moyen)

Travaux à réaliser :

Purge manuelle du bloc.

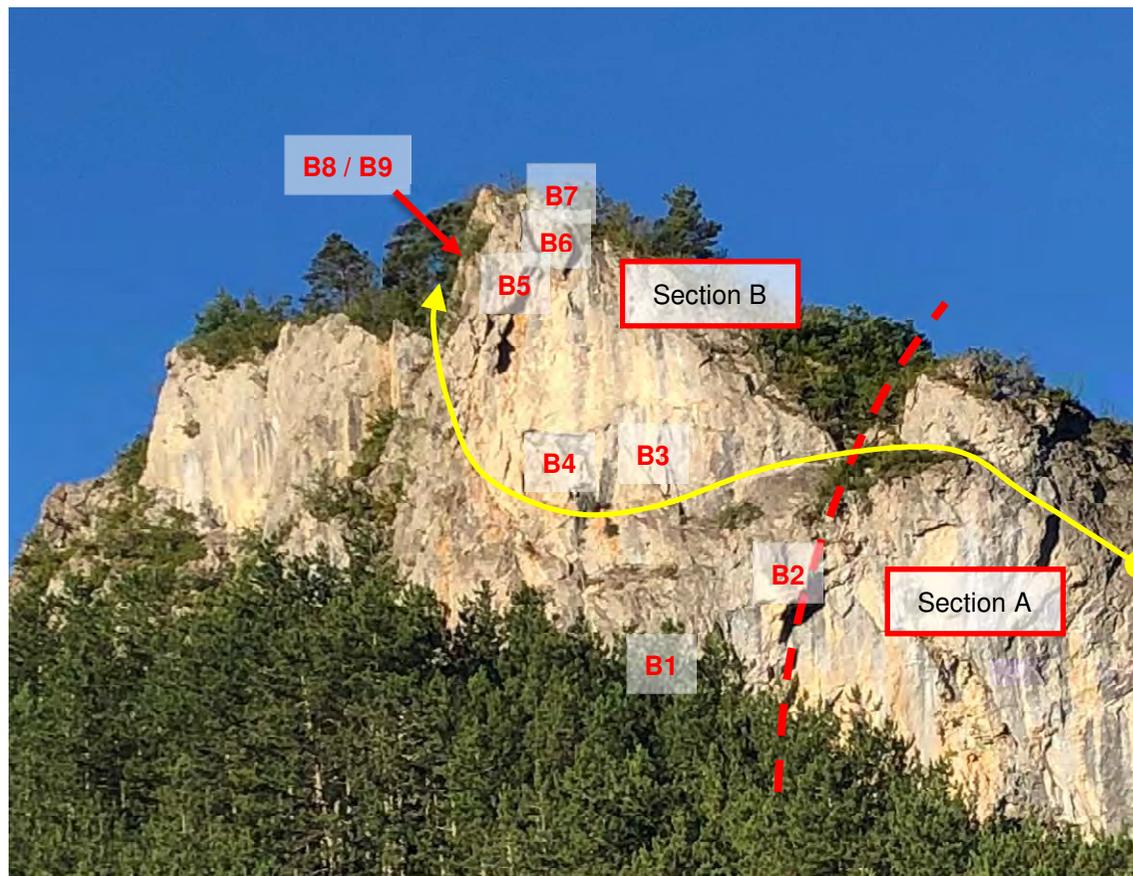
Ensemble de blocs A6 (risque moyen)

Travaux à réaliser :

Purge manuelle des blocs instables.



Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Section B



Section B

Repérage des différents compartiments répertoriés

Travaux à réaliser :

Purge manuelle des pierres et petits blocs instables sur l'ensemble de la section, notamment en tête de falaise.

Pour limiter les dégâts dans la forêt sous la falaise, possibilité de mettre en place un écran provisoire d'une capacité d'environ 200 kJ fixé sur les arbres en pied de falaise.

Dans l'ensemble, le risque de chutes de blocs est globalement faible sur l'ensemble de la section et moyen en tête de falaise (zones plus fracturées).

Quelques compartiments présentent également un risque moyen à fort du fait de leur volume et de leur fracturation (cf. pages suivantes).

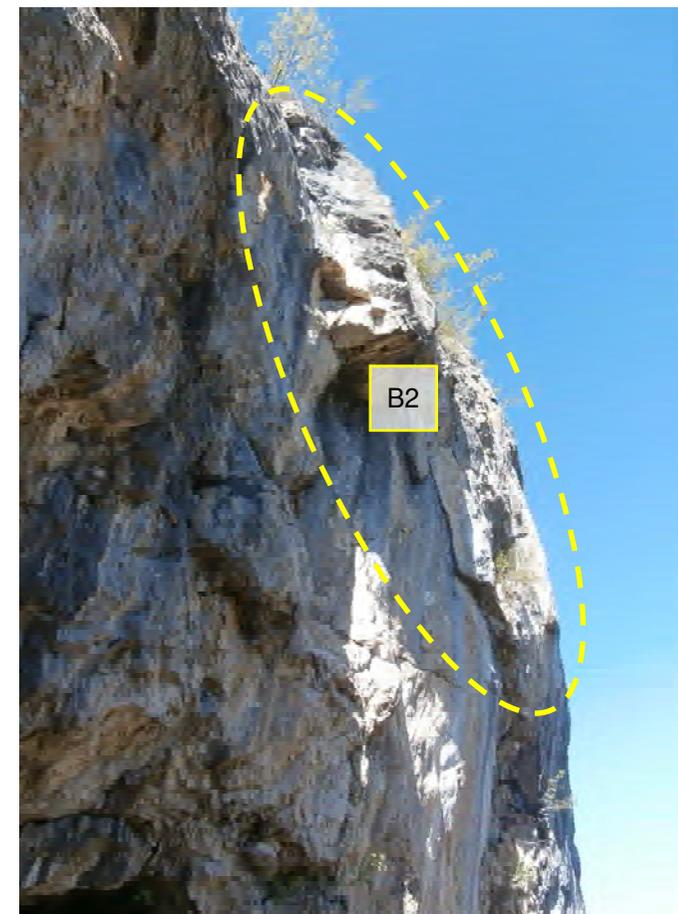
Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Section B



Grotte B1 – Ensemble de blocs (risque moyen)

Travaux à réaliser :

Purge manuelle des blocs instables dans la grotte.

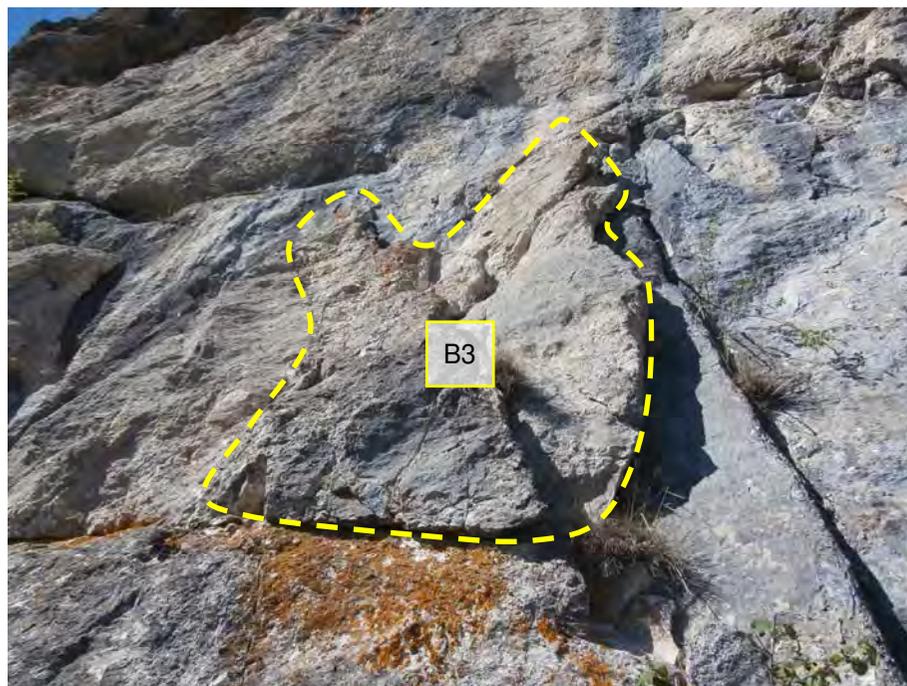


Surplomb B2 (risque moyen)

Travaux à réaliser :

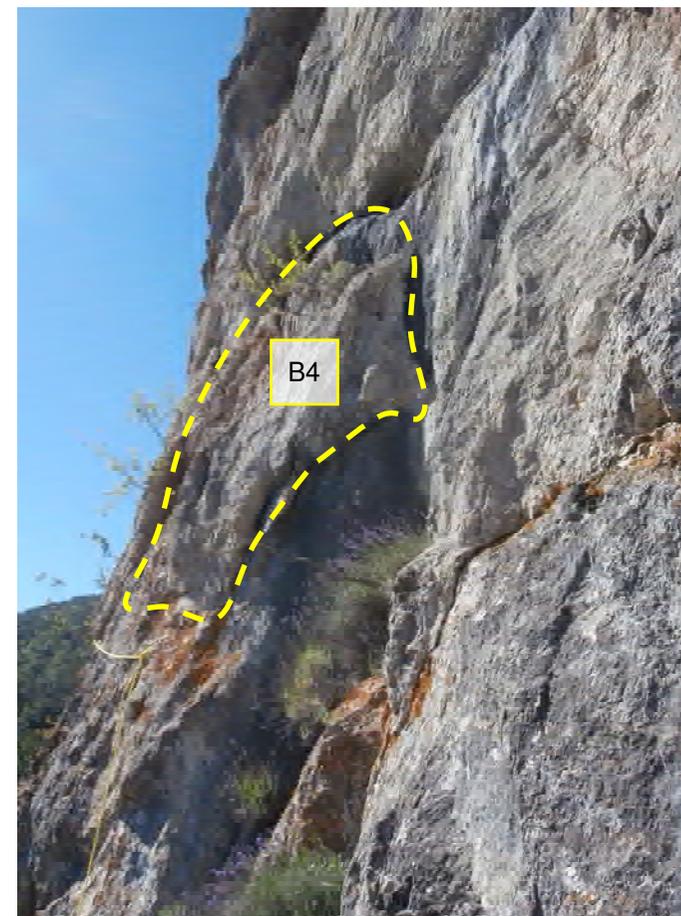
Purge manuelle des blocs instables dans le surplomb.

Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Section B



Ecaille B3 (risque moyen) – Hauteur 2.5 m

Travaux à réaliser :
Purge manuelle de l'écaille.



Ecaille B4 (risque moyen) – Hauteur 3 m

Travaux à réaliser :
Purge manuelle de l'écaille.

Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Section B



Surplomb B6 d'environ 3 m³ (**risque fort**)

Travaux à réaliser :

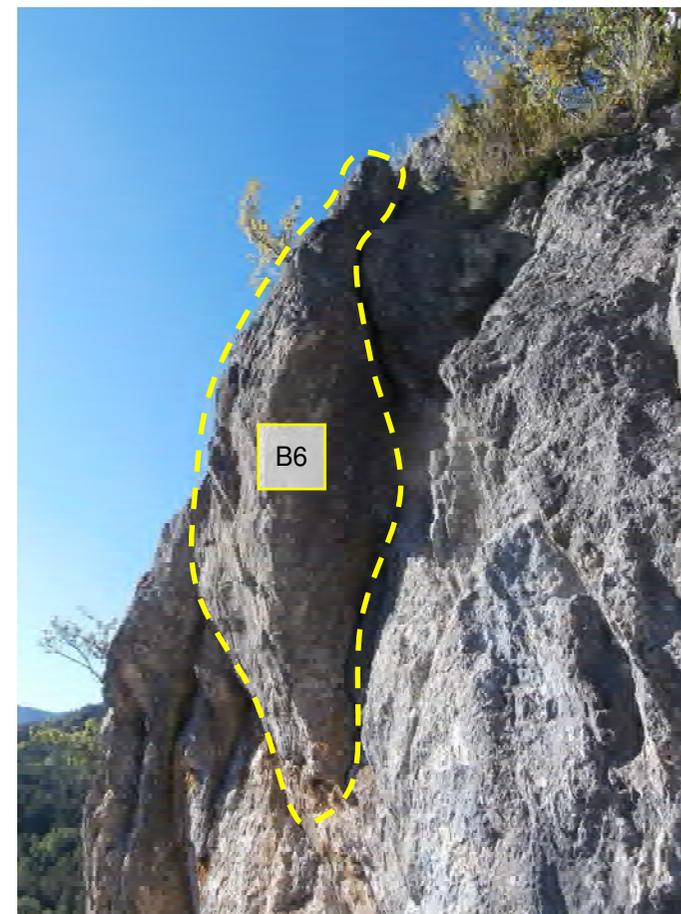
Purge manuelle du surplomb ou confortement du surplomb par 2 ancrages GEWI 25 mm de 3 m si la purge n'est pas possible.

Attention aux dégâts potentiels dans la forêt en-dessous en cas de purge.

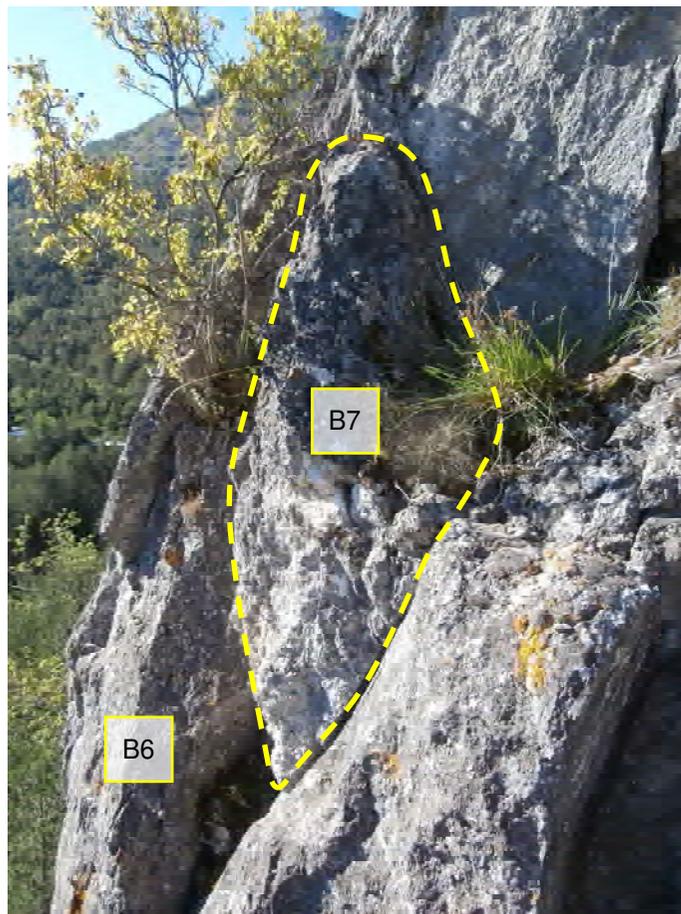
Surplomb B5 (risque faible)

Travaux à réaliser :

Purge manuelle des blocs instables dans le surplomb.



Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Section B



Bloc B7 d'environ 1 m³ (risque moyen)

Travaux à réaliser :

Purge manuelle du bloc.



Écaille B8 (risque moyen) – Hauteur 3 m

Travaux à réaliser :

Purge manuelle de l'écaille.

Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Section B

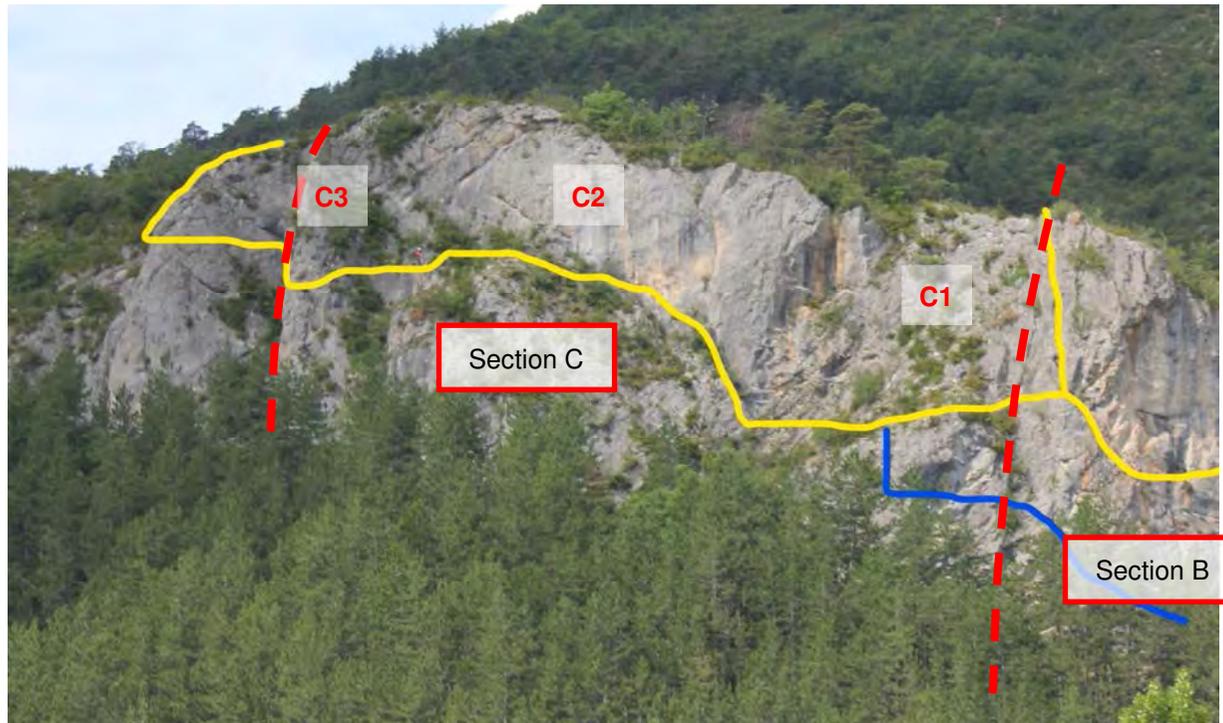


Ecaille B9 d'environ 1 m³ (risque moyen) – Hauteur 3 m

Travaux à réaliser :

Purge manuelle de l'échelle.

Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Section C



Section C

Repérage des différents compartiments répertoriés

Travaux à réaliser :

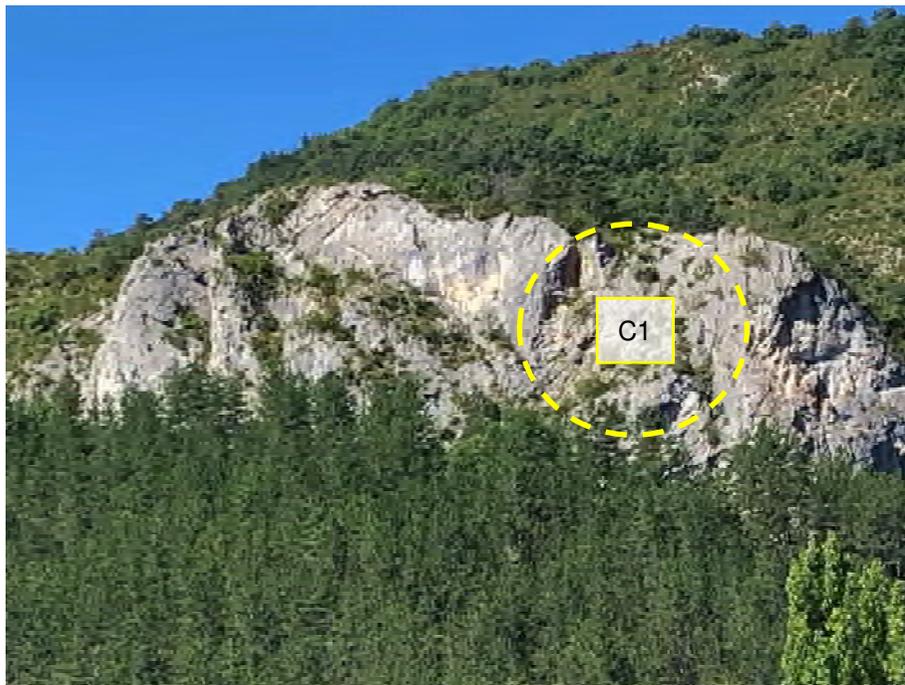
Purge manuelle des pierres et petits blocs instables sur l'ensemble de la section, notamment en tête de falaise.

Pour limiter les dégâts dans la forêt sous la falaise, possibilité de mettre en place un écran provisoire d'une capacité d'environ 200 kJ fixé sur les arbres en pied de falaise.

Dans l'ensemble, le risque de chutes de blocs est globalement faible sur l'ensemble de la section et moyen en tête de falaise (zones plus fracturées).

Quelques compartiments présentent également un risque moyen du fait de leur volume et de leur fracturation (cf. pages suivantes).

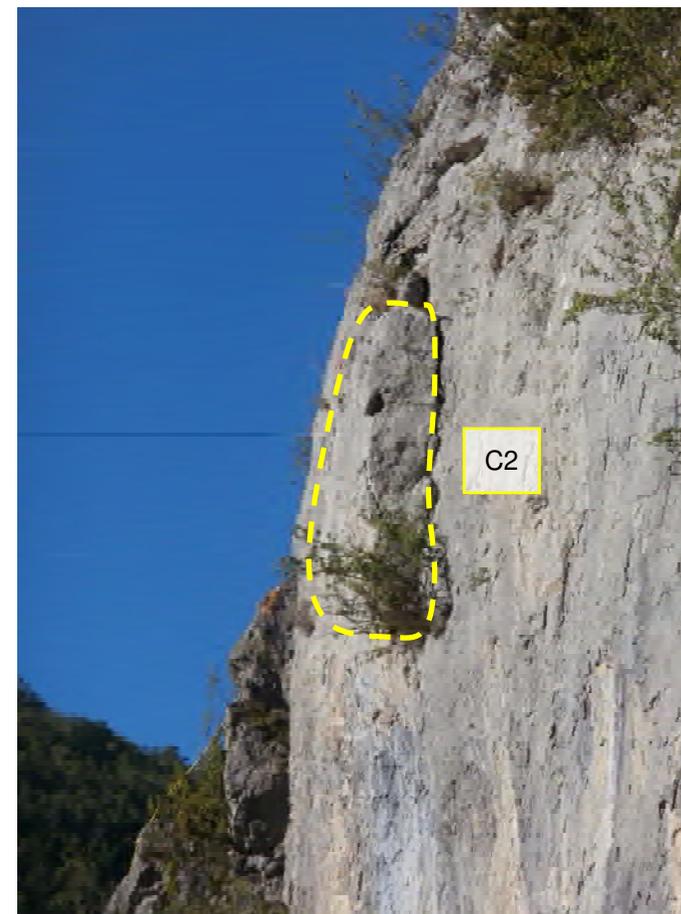
Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Section C



Couloir C1 entre les zones B et C (risque faible)

Travaux à réaliser :

Purge manuelle des blocs instables dans le couloir.



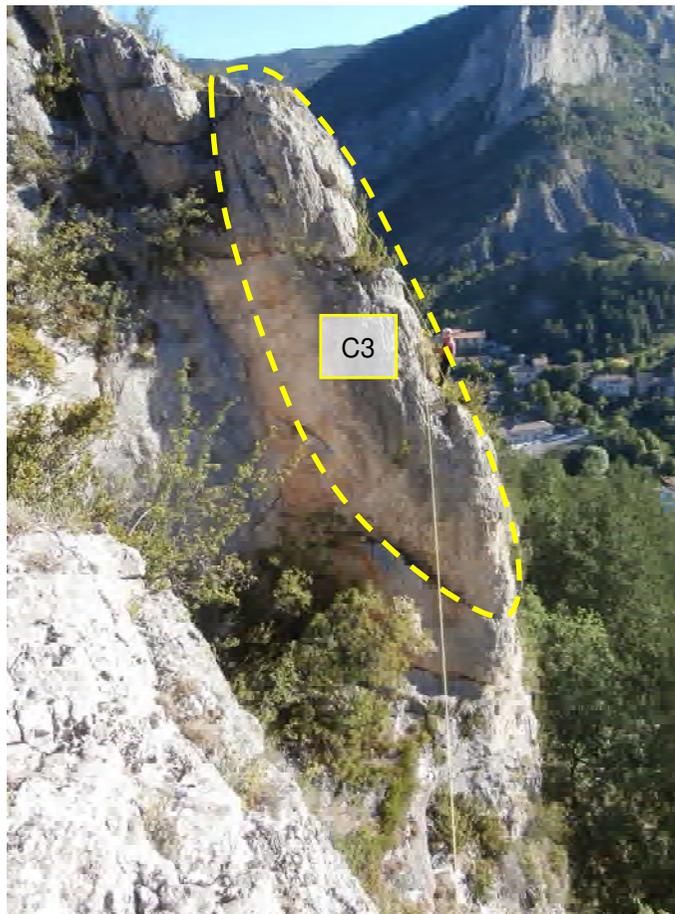
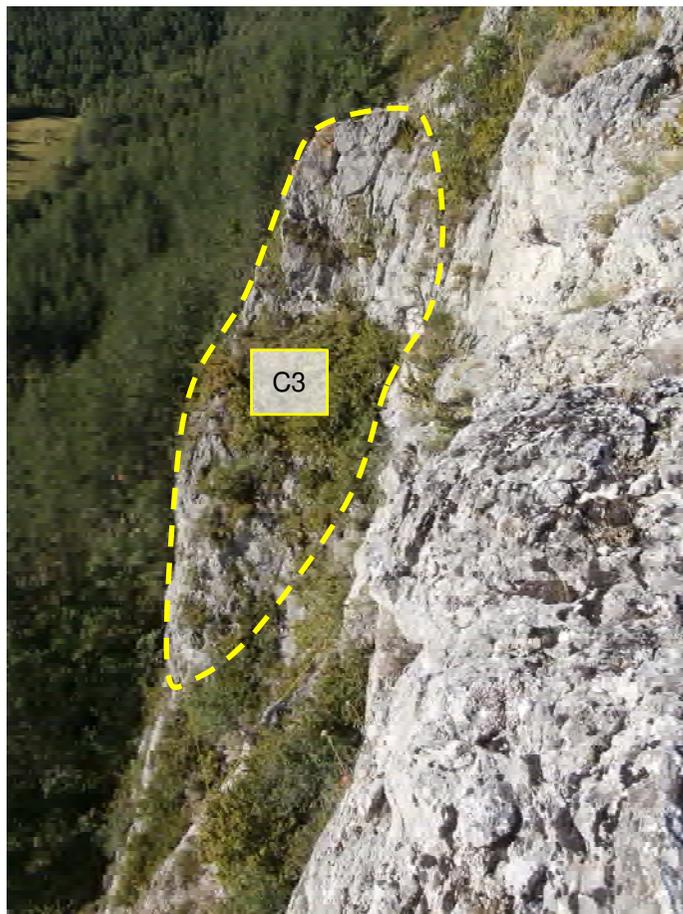
Bloc C2 d'environ 7 m³ (risque moyen)

Travaux à réaliser :

Purge manuelle du bloc ou confortement du bloc par 2 ancrages GEWI 25 mm de 3 m si la purge n'est pas possible.

Attention aux dégâts potentiels dans la forêt en-dessous en cas de purge.

Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Section C



Pilier C3 (risque faible) – Hauteur 6 m

Travaux à réaliser :

Purge manuelle des blocs instables dans le pilier.

Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs

Section D



Section D

Repérage des différents compartiments répertoriés

Travaux à réaliser :

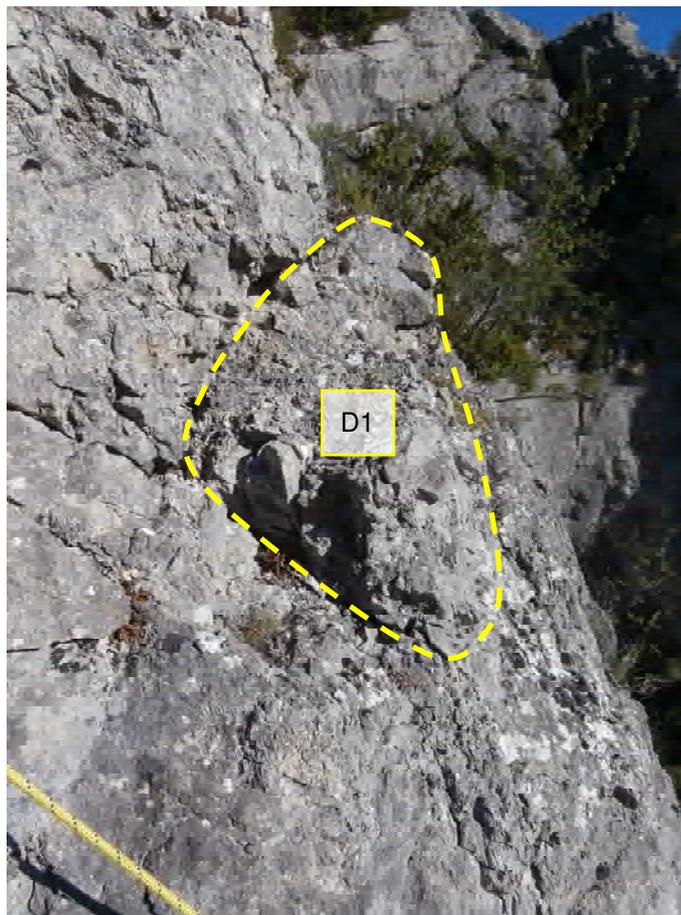
Purge manuelle des pierres et petits blocs instables sur l'ensemble de la section.

Pour limiter les dégâts dans la forêt sous la falaise, possibilité de mettre en place un écran provisoire d'une capacité d'environ 200 kJ fixé sur les arbres en pied de falaise.

Dans l'ensemble, le risque de chutes de blocs est globalement faible sur l'ensemble de la section.

Quelques compartiments présentent également un risque moyen à fort du fait de leur volume et de leur fracturation (cf. pages suivantes).

Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Section D



Bloc D1 d'environ 0.1 m³ (**risque fort**)

Travaux à réaliser :

Purge manuelle du bloc.

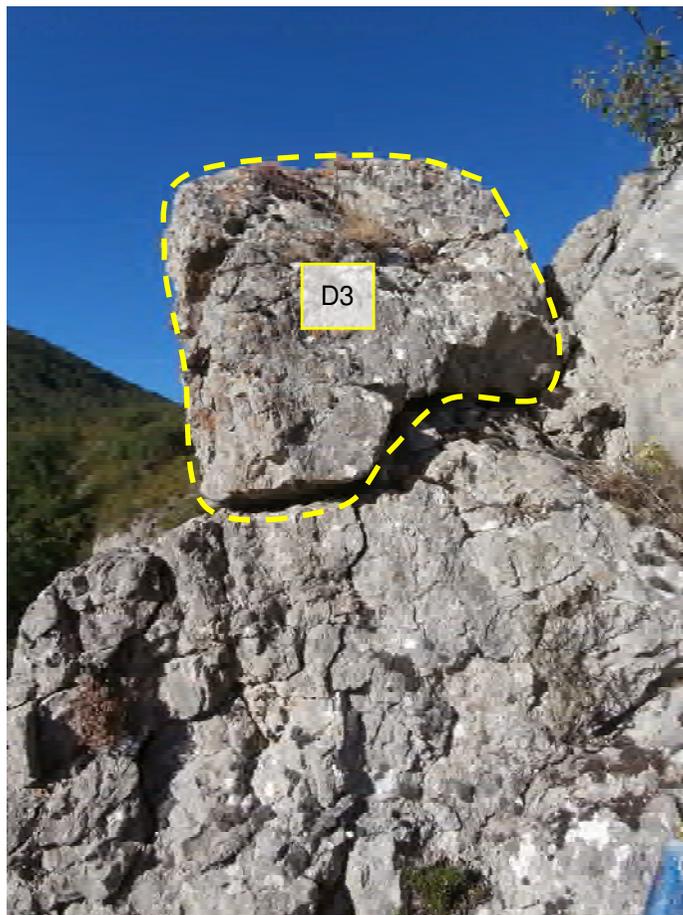
Ecailles D2 d'environ 0.1 m³ (risque moyen)

Travaux à réaliser :

Purge manuelle des écailles.



Via ferrata de Paturle – Orpierre (05) – Etude géotechnique des chutes de blocs Section D



Bloc D3 d'environ 1 m³ (risque faible)

Travaux à réaliser :

Purge manuelle des petits blocs instables autour du bloc.
Surveillance du bloc à prévoir.

Bloc D4 d'environ 1.5 m³ (risque faible)

Travaux à réaliser :

Purge manuelle des petits blocs instables autour du bloc.
Surveillance du bloc à prévoir.



ANNEXE 3

METHODE D'EVALUATION DES RISQUES DE CHUTES DE BLOCS

EVALUATION DES RISQUES D'ÉBOULEMENTS ROCHEUX (Selon les directives du LCPC)

Un risque naturel résulte du croisement de deux composantes :

$$\text{Aléa de Rupture} \times \text{Vulnérabilité} = \text{Risque}$$

1 - L'ALÉA DE RUPTURE

Le niveau d'**aléa de rupture** concerne un phénomène naturel rocheux répertorié par **classe**. On le définit à partir de la conjonction entre **l'occurrence** de déclenchement du phénomène et le **délai** dans lequel le phénomène peut se produire.

➤ **la classe** des instabilités (identifiée en falaise) est caractérisée par les volumes rocheux mis en jeu lors de la phase d'écroulement, conformément à la grille suivante :

Classe	Description
Chutes de pierres	Volumes unitaires inférieurs à 10 litres
Chutes de blocs	Volumes unitaires métriques à plurimétriques (dans le cas de formations massives, certains blocs peuvent dépasser les 50 m ³)
Eboulements en masse limitée	Volume total en jeu inférieur à quelques centaines de m ³
Eboulements en grande masse	Volume total en jeu pouvant dépasser le millier de m ³
Eboulement catastrophiques	Volume total pouvant atteindre et dépasser le million de m ³

➤ **L'occurrence** est définie à la date de l'étude et concerne une probabilité de déclenchement du phénomène considéré, induit par les facteurs déterminants mesurés sur site. On distingue :

Occurrence	Notation	Description
Très élevée	TE	Tous les facteurs déterminants et de forte intensité (<i>Occurrence du phénomène est normale, sa non occurrence serait exceptionnelle</i>)
Elevée	E	Tous les facteurs déterminants mais de faible intensité (<i>L'occurrence du phénomène est plus envisageable que sa non occurrence</i>)
Modérée	M	Tous les facteurs déterminants, sauf un. Le facteur non répertorié peut apparaître dans le temps. (<i>L'occurrence du phénomène est équivalente à sa non occurrence</i>)
Faible	F	Les facteurs déterminants sont diffus et / ou mal définis (<i>La non occurrence du phénomène est plus envisageable que son occurrence</i>)
Très faible	TF	Aucun facteur déterminant n'est visible (<i>La non occurrence du phénomène est normale, son occurrence serait exceptionnelle</i>)

Les facteurs déterminants, pour l'étude d'un compartiment rocheux particulier concernent sa géométrie (et notamment la position de son centre de gravité par rapport à l'axe principal de la paroi),

son niveau de fracturation, des données structurales telles que le pendage de la surface de décollement potentielle, le mécanisme de rupture envisagé mais aussi l'exposition aux intempéries de la zone étudiée, les indices d'évolution, la présence de végétation déstabilisante.

➤ **Le délai** à l'intérieur duquel le phénomène a une probabilité considérée de se produire est défini ainsi :

Délai	Notation	Description
Long terme	LT	Supérieur à 30 ans et de l'ordre du siècle
Moyen terme	MT	De l'ordre de 10 à 30 ans
Court terme	CT	De l'ordre de 2 à 10 ans
Très court terme	TCT	De l'ordre de plusieurs mois à 2 ans
Imminent	I	Prise en compte immédiate (le délai se compte en heures, jours, semaines ou mois)

Le délai à long terme caractérise la dérive maximale pour laquelle l'aléa est qualifiable.

Les délais sont des appréciations qui peuvent être sensiblement modifiées par des phénomènes naturels imprévisibles (événements climatiques, incendies, séismes...).

⇒ **Le niveau d'aléa de rupture** pour une classe de phénomène rocheux sera exprimé suivant cinq niveaux issus des combinaisons des tableaux détaillés ci-avant :

Aléa de rupture		Probabilité d'occurrence				
		TE = Très élevée > 90 %	E = Elevée > 70 %	M = Modérée > 50 %	F = Faible > 30 %	TF = Très faible < 30 %
Délai d'occurrence	I = Imminent < 1 mois	TE Très élevé	TE Très élevé	E Elevé	E Elevé	M Modéré
	TCT = Très court terme < 2 ans	TE Très élevé	E Elevé	E Elevé	M Modéré	M Modéré
	CT = Court terme < 10 ans	E Elevé	E Elevé	M Modéré	M Modéré	F Faible
	MT = Moyen terme < 30 ans	E Elevé	M Modéré	M Modéré	F Faible	F Faible
	LT = Long terme > 30 ans	M Modéré	M Modéré	F Faible	F Faible	TF Très faible

2 - LA VULNERABILITE

La **vulnérabilité** exprime le niveau de conséquences envisageables du phénomène naturel sur les enjeux.

Elle résulte du croisement entre **l'exposition aux trajectoires** et **les dommages potentiels**.

➤ **L'exposition aux trajectoires** de l'enjeu est caractérisée par la probabilité d'atteinte de l'enjeu lors de la propagation des éléments rocheux.

Elle tient compte des conditions de départ, de la topographie du site, de la proximité de l'enjeu par rapport à la zone d'initiation, des obstacles naturels et artificiels pouvant être rencontrés, et des éventuels indices d'anciennes propagations.

Sa définition est basée sur les résultats d'une simulation trajectographique ou, le cas échéant, sur l'appréciation d'un expert (approche qualitative). Elle est définie de la manière suivante :

	Classe d'exposition
Très faible	<i>Approche qualitative</i> : L'atteinte de l'enjeu par une trajectoire semble impossible <i>Approche trajectographique</i> : Inférieur à 1 bloc sur 1 000 000, soit $<10^{-6}$
Faible	<i>Approche qualitative</i> : L'atteinte de l'enjeu par une trajectoire serait considérée comme exceptionnelle <i>Approche trajectographique</i> : De 1 bloc sur 10 000 à 1 bloc sur 1 000 000, soit de 10^{-4} à 10^{-6}
Moyenne	<i>Approche qualitative</i> : la probabilité d'atteinte de l'enjeu par une trajectoire est plus faible que la probabilité de ne pas l'atteindre <i>Approche trajectographique</i> : De 1 bloc sur 100 à 1 bloc sur 10 000, soit de 10^{-2} à 10^{-4}
Importante	<i>Approche qualitative</i> : la probabilité d'atteinte de l'enjeu par une trajectoire est plus forte que la probabilité de ne pas l'atteindre <i>Approche trajectographique</i> : De 1 bloc sur 2 à 1 bloc sur 100, soit de 50% à 1% (10^{-2})
Très importante	<i>Approche qualitative</i> : l'atteinte de l'enjeu par une trajectoire semble garantie <i>Approche trajectographique</i> : Supérieur à 1 bloc sur 2, soit $> 50\%$

➤ **Les dommages potentiels** sont les dommages associés pouvant être subis par les enjeux, et dépendent donc de la classe de l'instabilité.

Il existe différents enjeux susceptibles d'être touchés par des trajectoires de blocs, on distingue :

- les infrastructures (routes, voies ferrées, réseaux divers...),
- les bâtiments (maisons individuelles, lotissements, immeubles...),
- les personnes (accès bâtiments, jardins, cheminement piéton, GR...).

Remarque : ce dernier enjeu doit être pris en compte lorsque des personnes peuvent être directement exposées aux trajectoires.

Les dommages potentiels seront exprimés suivant quatre niveaux d'intensité (cf. tableau page suivante).

Enjeux			Dommages potentiels
Infrastructures	Bâtiments	Personnes	
Le phénomène conduirait à des dégâts limités (endommagement de la structure, impact de faible intensité sur une partie de l'ouvrage sans coupure à prévoir).	Endommagement de toitures, impact de mur sans perforation.	Hors du cas de figure de passages ponctuels sous une zone concernée par des phénomènes de chutes de pierres et de blocs, les dommages potentiels seront toujours <u>très importants en cas d'exposition directe et prolongée de personnes.</u>	Limités
Le phénomène conduirait à une destruction partielle (endommagement et/ou percussio n sans destruction complète). Il peut conduire à la coupure ponctuelle d'un axe à caractère économique important.	Percussion avec destruction d'une <u>petite partie</u> du bâtiment (perforation du toit ou du mur)		Modérés
Le phénomène conduirait à la destruction de l'enjeu (destruction ou écrasement complet, impacts multiples de pierres ou destruction complète de la structure). Le phénomène peut avoir des répercussions économiques très importantes (fermeture sur une longue période).	Destruction ou écrasement complet ou en grande partie de bâtiments, impacts multiples de pierres ou de blocs sur un mur avec perforation certaine.		Importants
	Le phénomène conduirait à la destruction de l'enjeu et concerne plusieurs bâtiments (plusieurs parcelles) ou des constructions à forte densité de population (immeubles...)		Très importants

⇒ **La vulnérabilité** pour un enjeu donné sera exprimée suivant cinq niveaux issus des combinaisons des tableaux détaillés ci-avant :

Vulnérabilité		Exposition aux trajectoires				
		Très importante	Importante	Moyenne	Faible	Très faible
Dommages potentiels	Très importants	TF Très forte	TF Très forte	F Forte	M Moyenne	FA Faible
	Importants	TF Très forte	F Forte	F Forte	M Moyenne	FA Faible
	Modérés	F Forte	M Moyenne	M Moyenne	FA Faible	TF Très faible
	Limités	M Moyenne	M Moyenne	FA Faible	TF Très faible	

3 –DETERMINATION DU RISQUE

Le niveau de risque est déterminé par croisement entre la vulnérabilité et le niveau d'aléa de rupture.

Il est exprimé suivant **cinq niveaux** d'intensité :

Risque résultant		Aléa de rupture				
		TE = Très élevé	E = Elevé	M = Modéré	F = Faible	TF = Très faible
Vulnérabilité	TF = Très forte	Très fort	Très fort	Fort	Moyen	Faible
	F = Forte	Fort	Fort	Fort	Moyen	Faible
	M = Moyenne	Fort	Moyen	Moyen	Faible	Très faible
	FA = Faible	Moyen	Moyen	Faible	Très faible	
	TF = Très Faible	Faible	Faible	Très faible		