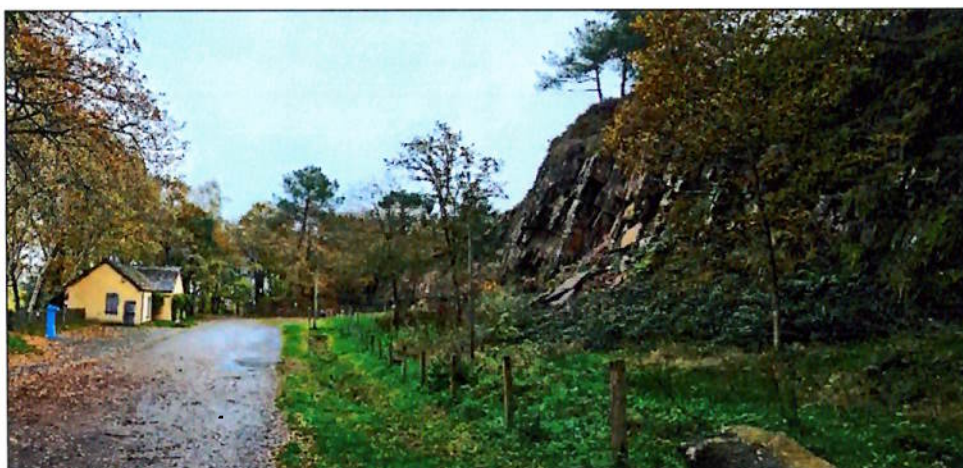


SAINT-MALON-SUR-MEL (35)

CARRIERE DE LA MARETTE

**PROTECTION CONTRE LES EBOULEMENTS
ROCHEUX**

**DIAGNOSTIC ET AVANT-PROJET
GEOTECHNIQUE**



À LA DEMANDE ET POUR LE COMPTE DU DEPARTEMENT D'ILLE-ET-VILAINE

Dossier	23-0913 I 1	
Indice	Modifications	Date
0	Version initiale	08/02/2024
A	Correction numération des compartiments	20/03/2024

Nombre de pages : 20 + annexe(s)



LIEU :	Carrière de la Murette
COMMUNE :	Saint-Malon-sur-Mel (35750)
OBJET :	Protection contre les éboulements rocheux
TYPE DE MISSION :	Diagnostic et avant-projet géotechnique
CLIENT :	Département d'Ille-et-Vilaine
DOSSIER SUIVI PAR :	R. CHARLET

CHARGE D'AFFAIRE :	F. ROY
CHEF DE PROJET :	F. ROY
INTERVENANTS	L. TOURNEUR
NOMBRE DE PAGES	20 + Annexes

Référence document :	23-0913_I_1_A_DIAG-AVP
----------------------	------------------------

Rédacteur : L. TOURNEUR

Contrôle : F. ROY

Visa :

Visa :

SOMMAIRE

1 - PRESENTATION	4
1.1 - Contexte et objet de l'étude	4
1.2 - Localisation du site d'étude	4
1.3 - Limites de l'étude	5
1.4 - Contexte foncier	5
1.5 - Evènements survenus	6
1.6 - Document antérieur	6
2 - CONTEXTE DU SITE	7
2.1 - Contexte morphologique	7
2.2 - Contexte géologique	9
2.2.1 - Géologie régionale	9
2.2.2 - Géologie locale	9
2.2.3 - Géologie structurale	9
2.2.4 - Hydrogéologie	10
2.3 - Aléas géotechniques	10
3 - RECONNAISSANCES	11
3.1 - Synthèse des reconnaissances visuelles	11
4 - DIAGNOSTIC	13
4.1 - Origines des phénomènes	13
4.2 - Evolution des phénomènes	13
5 - PRINCIPES DE TRAITEMENT	14
5.1 - Mise en sécurité provisoire	14
5.2 - Mise en sécurité définitive	14
5.2.1 - Objectifs	14
5.2.2 - Principes de gestion	14
5.3 - Analyse multicritère	15
5.4 - Contraintes environnementales et contraintes d'urbanisme	17
5.5 - Exemples d'ouvrages et intégration paysagère	17
5.6 - Suite à donner	18
6 - ESTIMATIONS FINANCIERES	19

ANNEXES

Annexe 1 : Norme NF P94-500 – Missions géotechniques

1 - PRESENTATION

1.1 - CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

Le présent rapport d'étude a été réalisé par le bureau d'Ingénieurs – Conseils GEOLITHE à la demande et pour le compte du département d'Ille-et-Vilaine.

Cette étude concerne la protection contre les éboulements rocheux au départ du versant de la carrière de la Marette, sur la commune de Saint-Malon-sur-Mel. Elle fait suite à deux éboulements rocheux, dont un a atteint le parking situé sur la plateforme aval.

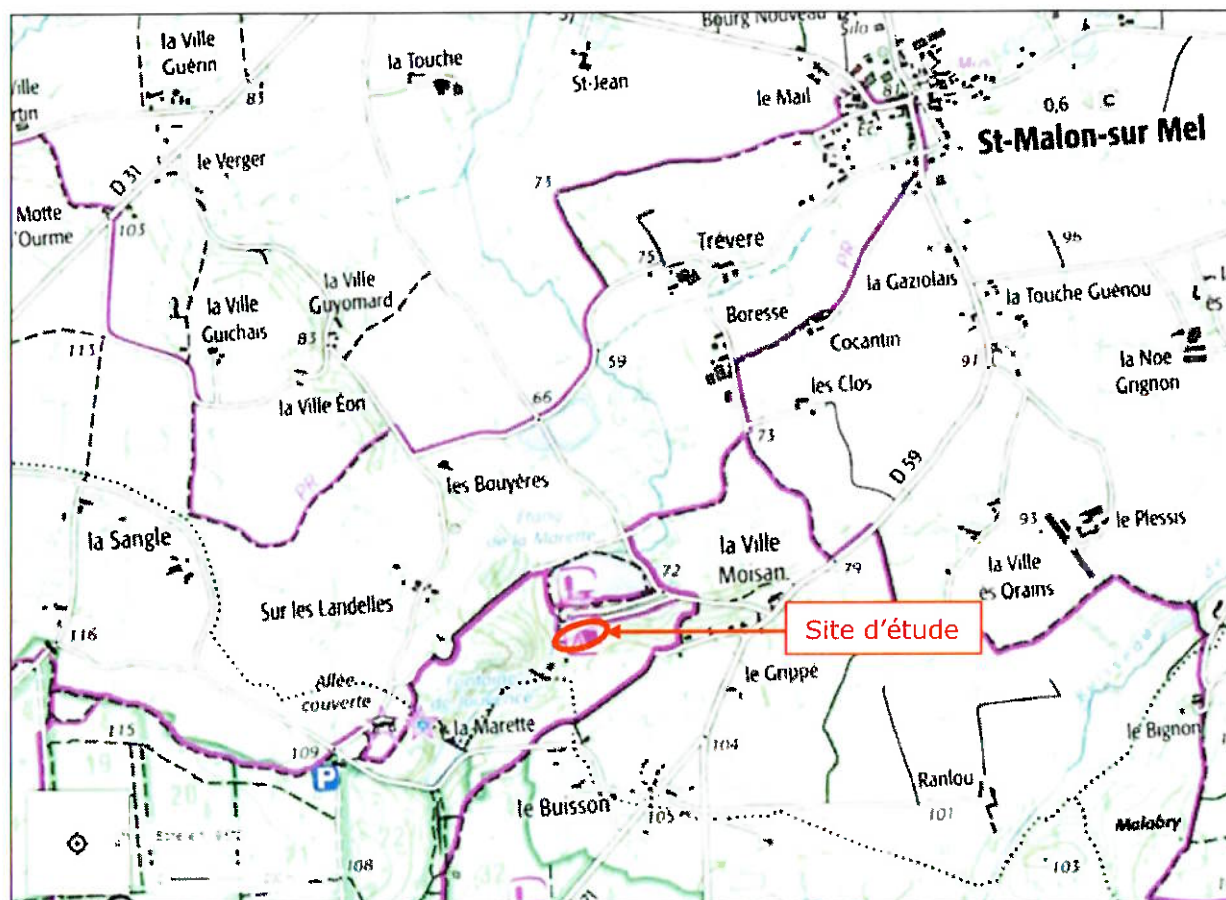
Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- ✓ Relever les indices d'instabilité du versant ;
- ✓ Relever les phénomènes potentiellement instables, ainsi que leurs origines et évolutions ;
- ✓ Définir et comparer les principes de protection et de parades ;
- ✓ Estimer le coût des principes de protection et de parades.

Il s'agit d'une étude de diagnostic et d'avant-projet géotechnique, missions G5/G2, phases DIAG/AVP, selon la classification des missions géotechniques, norme NF P 94-500 de novembre 2013.

1.2 - LOCALISATION DU SITE D'ETUDE

La localisation du site d'étude est précisée sur le plan ci-dessous :



Localisation du site sur la carte topographique IGN

1.3 - LIMITES DE L'ETUDE

L'étude concerne un versant rocheux correspondant à un ancien front de carrière d'une longueur en pied de $\pm 100\text{m}$.

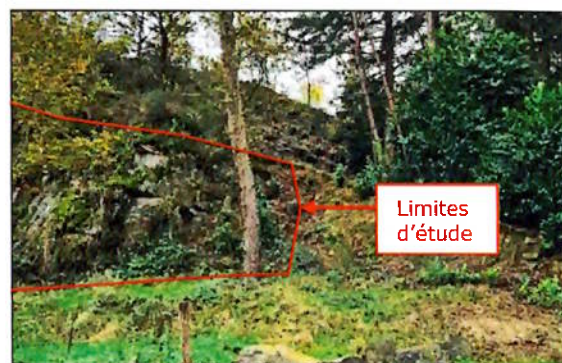
Les limites d'étude sont présentées sur la photographie ci-dessous. Ces limites ont été fixées sur site avec le Maître d'Ouvrage lors de la réunion d'échanges du 21/11/2023.

Ces limites sont les suivantes :

- *En amont*
 - La crête de versant rocheux
- *En aval*
 - La crête de versant rocheux
- *Latéralement*
 - La longueur de l'ancien front de carrière, soit $\pm 100\text{m}$. Les limites latérales sont présentées en détail ci-dessous.



Vue générale du site avec les limites d'étude

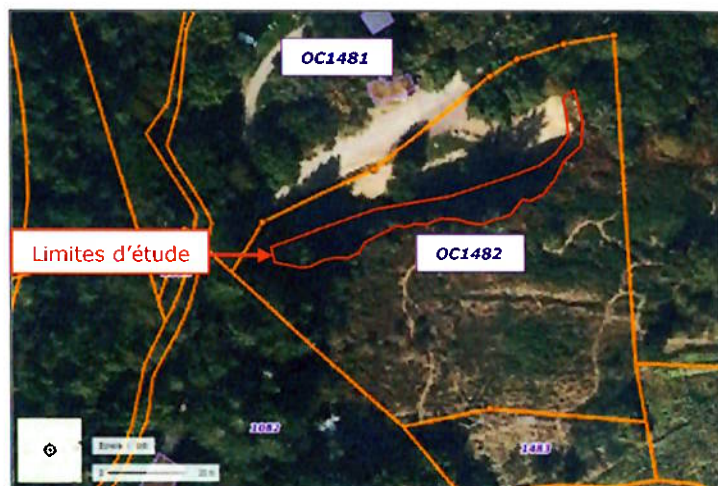


Détail des limites latérales de l'étude

1.4 - CONTEXTE FONCIER

D'après le plan cadastral disponible sur Géoportail, l'étude concerne la parcelle OC1482. Sa localisation est présentée ci-contre.

L'objectif est la protection contre les éboulements rocheux de la parcelle en contrebas au Nord, soit la parcelle OC1481 correspondant à la route.



Extrait de la carte des parcelles cadastrales

1.5 - ÉVÉNEMENTS SURVENUS

Cette étude fait suite à deux éboulements rocheux survenus.

Le premier éboulement est survenu en extrémité Est du versant. Le cône d'éboulis est directement en pied de versant, avec un volume total de $\pm 30 \text{ m}^3$. Le volume résiduel maximal est de 2 m^3 , avec majoritairement des éléments $< 1 \text{ m}^3$.

Le deuxième éboulement est survenu Ouest du versant. Le cône d'éboulis résultant de cet éboulement a atteint le parking de la plateforme aval, à une distance de 18m du versant. Le volume de cet éboulement n'a pas pu être estimé, étant donné que les éboulis ayant atteint le parking on était évacué et que le reste des éboulis reposent sur des éboulements plus anciens.

Nous avons noté la présence d'un élément éboulé de 3 à 4 m^3 en pied de versant.

Leurs localisations sont présentées ci-après :



Localisation des deux derniers éboulements sur le site d'étude



Détail de l'éboulement en limite Est



Vue en profil au droit de l'éboulement côté Ouest, avec localisation des éboulis ayant le parking

1.6 - DOCUMENT ANTERIEUR

Le rapport antérieur réalisé par GEOLITHE est le suivant :

- ✓ 13_486_1_1_a AVP ; Diagnostic et avant-projet géotechnique ; 03/03/2014

2 - CONTEXTE DU SITE

2.1 - CONTEXTE MORPHOLOGIQUE

Le site d'étude correspond à un linéaire en pied de versant de $\pm 100\text{m}$. Sur ce linéaire, la hauteur verticale du versant rocheux varie de 8 à 14m pour une pente de 60 à 90°.

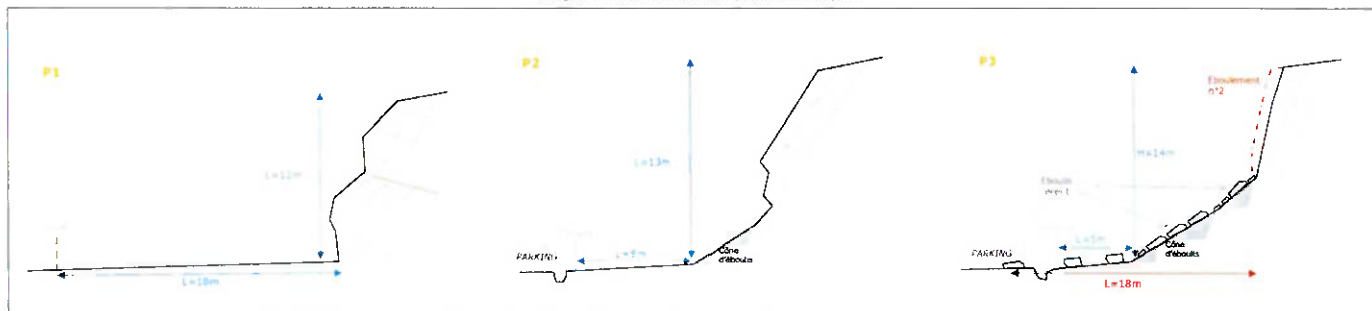
Le pied de versant correspond à un pré clôturé. Les enjeux sont situés entre 5 et 18m du pied versant ou du cône d'éboulis.

En partie Est, la plateforme ne contient pas ou peu d'éboulis. La partie Ouest contient des éboulis en quantité, sur $\pm 50\text{m}$.

En partie sommitale du versant, on retrouve une lande avec un sentier à plus de 5m de la crête.



Vue générale du site d'étude avec profils schématisés



Profils schématisés représentatifs du site d'étude

La localisation des profils et les enjeux sont présentés sur la vue en plan ci-dessous :



Vue en plan du site d'étude

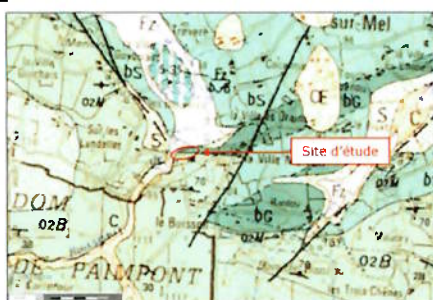
2.2 - Contexte géologique

2.2.1 - Géologie régionale

D'après la carte géologique du BRGM, le front de carrière correspondant au site d'étude a été taillé dans :

- Des alternances silto-gréseuses à grès dominants du Briovérien, noté [B], en partie Est.
- Des siltites micacées pourpres de l'Ordovicien, noté [O], en partie Ouest.

Les points structuraux situés autour du site d'étude indiquent une schistosité d'orientation N090 pour un pendage de 70° vers le Nord. Une faille supposée d'orientation N150 est indiquée au Nord du site d'étude.

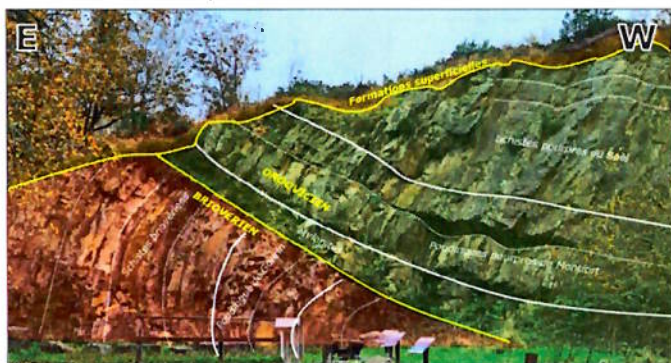


Extrait de la carte géologique au 1/50 000 de Montfort-sur-Meu - BRGM

2.2.2 - Géologie locale

Lors des reconnaissances, nous avons observé un versant rocheux de 8 à 14 m de haut pour un pendage allant de 60° à 90°. Ce versant correspond à un ancien front de carrière, taillé au droit d'une discordance Briovérien/Ordovicien que l'on retrouve en limite Est. Globalement, les différentes formations géologiques sont altérées et fracturées, avec une accentuation de ses caractéristiques fragilisantes au droit du contact discordant. En crête de versant, on retrouve une couche décimétrique de formations superficielles (limons).

Les différentes formations sont présentées ci-dessous :



Photographie du front de carrière en limite avec description géologique d'après J.-J. Chauvel et A. Philippot (1961)

2.2.3 - Géologie structurale

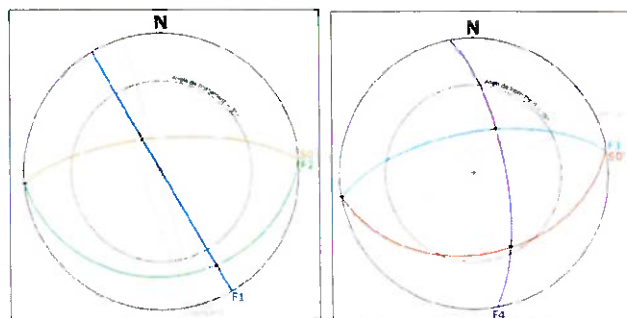
Lors des investigations sur site, nous avons pu mesurer les familles de discontinuité suivantes sur la falaise :

Secteur briovérien :

Famille de discontinuités	Orientation	Pendage	Fréquence
Azimet versant	N150 à N180	80°W	-
Schistosité S0	N080 à N090	45° à 90°N (présence d'un p1)	Centimétrique à décimétrique
Fracturation F1	N150	90°	Centimétrique à décimétrique
Fracturation F2	N080 à N090	0° à 45°S (présence d'un p1, plan perpendiculaire à S0)	Centimétrique à décimétrique

Secteur ordovicien :

Famille de discontinuités	Orientation	Pendage	Fréquence
Azimet versant	N065	80°N	-
Schistosité S0'	N080	40°S	Décimétrique à métrique
Fracturation F3	N080	65°N	Décimétrique à métrique
Fracturation F4	N170	70°E	Décimétrique à métrique



Canevas de Wulff au droit du secteur briovérien (à gauche) et ordovicien (à droite)

L'analyse structurale montre la possibilité de glissement de dièdres suivant les intersections S0/F1 au droit des surplombs sur le secteur briovérien.

Au droit du secteur ordovicien, des glissements plans sont possibles au droit des surplombs selon l'intersection des plans F3/F4.



Photographie du secteur ordovicien avec les familles de discontinuités, formant des glissements plans.



Glissement plan



Glissement de dièdre

Schémas :

2.2.4 - Hydrogéologie

Lors des reconnaissances sur site, nous avons observés un versant rocheux présentant des traces de suintement.

2.3 - ALEAS GEOTECHNIQUES

La synthèse des aléas est présentée ci-dessous (d'après le site Infoterre du BRGM) :

ALEA	NIVEAU D'ALEA
Cavités souterraines	Aucunes cavités recensées sur la commune
Séisme	Niveau 2 - Faible
Mouvements de terrains recensés	1 éboulement recensé sur la commune, à 100m du site d'étude
Retrait-gonflement des argiles	Exposition Faible

3 - RECONNAISSANCES

3.1 - SYNTHESE DES RECONNAISSANCES VISUELLES

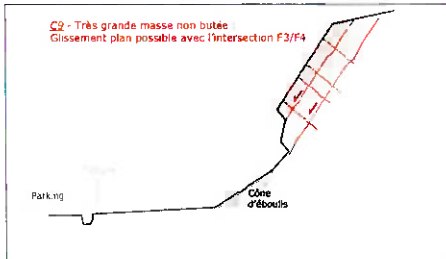
Les reconnaissances sont présentées ci-dessous sur les 2 planches photographiques ci-après.
Les principales zones instables sont les suivantes :



Vue générale du site d'étude avec localisation des compartiments instables

En fonction des volumes en jeu, on distingue les classes d'instabilités suivantes :

Classe d'instabilité	Volumes	Présence sur site
Perre	Inférieur à 0,1 m³	Sur l'ensemble de la paroi
Bloc	0,1 m³ à 2m³	Sur l'ensemble de la paroi
Masse	2 m³ à 20m³	Sur l'ensemble de la paroi
Grande masse	20 m³ à 100 m³	Localement sur la paroi

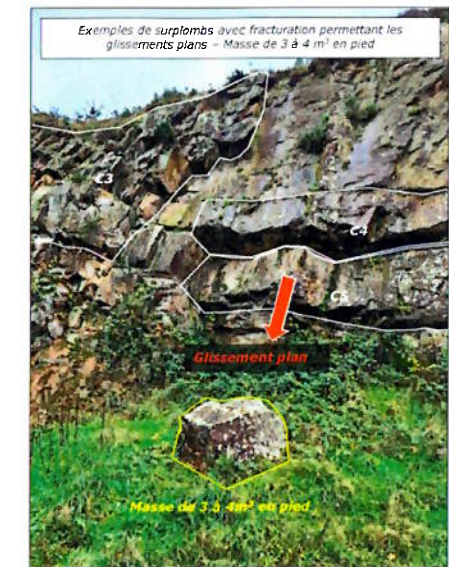


Profil synthétique des reconnaissances

Compartiment instable	Volumes	Classe d'instabilité
C1	2m³	Bloc
C2	9m³	Masse
C3	84m³	Grande masse
C4	30m³	Grande masse
C5	20m³	Masse
C6	88m³	Grande masse
C7	4m³	Masse
C8	25m³	Grande masse
C9	155m³ (volume total)	Ensemble de masses et grande masses
C10	10m³	Masse
C11	3m³	Masse
C12	9m³	Masse

Sur le site d'étude sont présents :

- Des pierres et des petits blocs instables omniprésents sur le versant, plus particulièrement en partie Ouest et haute du versant.
- Des blocs, masses instables et grandes masses, plus particulièrement sur la partie Ouest du versant.



4 - DIAGNOSTIC

4.1 - ORIGINES DES PHENOMENES

L'origine des phénomènes est la suivante :

- La fracturation de la falaise, générant des éléments omniprésents de types pierres et blocs et masses sur l'ensemble de la paroi, mais aussi ponctuellement de types masses, grandes masses et très grandes masses.
- La décompression active de la falaise (ancien front de carrière), générant une ouverture progressive des discontinuités géologiques.
- La géométrie avec surplombs de la falaise, incompatibles avec une stabilité à long terme.

A cela s'ajoute les actions de l'eau et du gel mais aussi les éventuels développements de végétation de type lierre et arbre pouvant dégrader la qualité de la falaise et générer dans le temps des phénomènes potentiellement instables.

4.2 - ANALYSE DE L'ALEA RESULTANT

En termes d'évolution, il faut s'attendre à :

- La répétition des éboulement rocheux de type pierres, blocs, masses et grandes masses, avec un délai d'occurrence à court terme (1 à 5 ans).

Au droit des cônes d'éboulis, sur un linéaire de 50m, l'atteinte du parking est très probable.

L'aléa résultant sur les enjeux au droit des cônes d'éboulis peut être considéré comme TRES ELEVE.

L'aléa résultant sur les enjeux sur la partie Est, sans ou avec peu d'éboulis peut être considéré comme FAIBLE.





5 - PRINCIPES DE TRAITEMENT

5.1 - MISE EN SECURITE PROVISOIRE

Lors de la réunion d'échanges sur site du 21/11/2023, nous avons conseillé de mettre en place une interdiction d'accès aux places de parking située à proximité immédiate de la clôture en attendant la mise en sécurité définitive.

5.2 - MISE EN SECURITE DEFINITIVE

5.2.1 - Objectifs

L'objectif du maître d'ouvrage est la mise en sécurité vis-à-vis des éboulements rocheux des enjeux aval (cours privées et habitations).

5.2.2 - Principes de gestion au droit des cônes d'éboullis

Pour assurer la protection contre les éboulements rocheux, compte tenu de nos observations lors de l'inspection du site d'étude, nous envisageons à ce stade les principes de gestion suivants :

NOTA :

Les principes de gestion comportent des parades dites « actives » (réduction de la probabilité et l'occurrence du phénomène) et « passives » (réduction de la probabilité d'atteinte ou du niveau de dommages potentiels sur les enjeux).
Les 3 principes présentés ci-dessous nécessitent des travaux de déroctage (parade active) pour les compartiments les plus instables et des travaux d'évacuation des éboulis en pied.

Principe 1 : Fosse de stockage (parade passive)

Ce principe de gestion consiste à créer une fosse en pied de versant. Cette fosse aura pour objectif de contenir et stocker les éléments rocheux issus des éboulements.

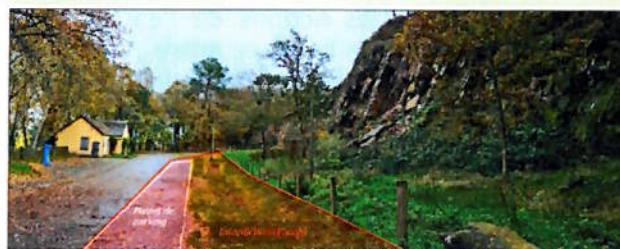
Principe 2 : Merlon à parement raidi (parade passive)

Ce principe de gestion consiste à mettre en place un merlon à parement raidi à la place de la clôture actuelle. Ce merlon aura pour objectif d'intercepter et stocker les éléments rocheux issus des éboulements.

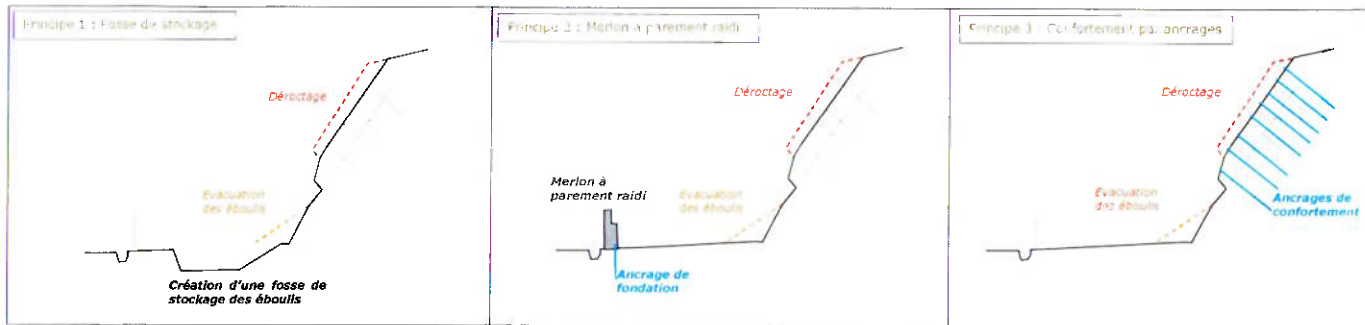
Principe 3 : Confortement par ancrages (parade active)

Ce principe de gestion consiste à conforter par ancrages les éléments instables pouvant ne pas être déroctés. Ce principe aura pour objectif d'ancrer les éléments instables directement sur le versant.

Ces différents principes sont schématisés ci-après, l'analyse multicritère et l'implantation en plan de ces différents principes sont présentées sur les pages suivantes.



Vue générale du site avec mise en sécurité provisoire adaptée

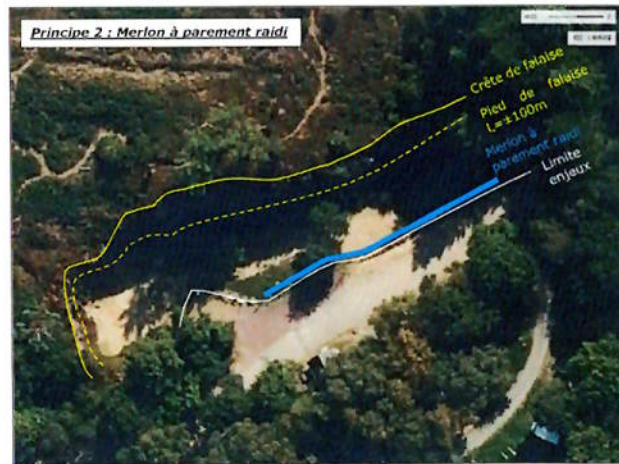


Profils schématiques des 3 principes de gestion envisageables

5.2.3 - Principes de gestion au droit de la falaise sans ou avec peu d'éboulis

Afin d'assurer la protection contre les éboulements rocheux au droit des zones sans ou avec peu d'éboulis, **l'interdiction d'accès devra être conservé sur toute la plateforme aval**, avec une évacuation des quelques éboulis. Cette évacuation aura pour but d'éviter d'avoir une accumulation trop importante d'éboulis, qui permet la propagation d'éléments sur les enjeux par la création d'une « rampe » d'éboulis.

5.3 - IMPLANTATION DES OUVRAGES



Vue en plan avec localisation des ouvrages pour les principes 1 & 2



5.4 - ANALYSE MULTICRITERE

Principe de gestion	Impact visuel	Incertitudes	Entretien/ Maintenance	Durée de vie	Risque pour le personnel d'entretien du pré aval	Délai travaux / mise en œuvre	Coût
1 - Fosse de stockage	Faible Ouvrage encaissé.	Epaisseur des terrains meubles sous le niveau de la plateforme et niveau de la nappe. Vérification trajectographique pour définir la profondeur de la fosse.	Evacuation des matériaux éboulés après chaque événement significatif.	La fosse en elle-même n'a pas de durée de vie. Seule une évacuation régulière des matériaux éboulés devra être réalisée.	Très Elevé. Parade passive, il n'y a pas de réduction de la probabilité d'occurrence des phénomènes.	+	+
2 - Merlon	Fort Ouvrage hors sol d'environ 2 à 3m.	Vérification trajectographique pour définir la hauteur du merlon.	Evacuation des matériaux éboulés après chaque événements significatifs	Cet ouvrage est conçu pour avoir une durée de vie de 75 ans.	Très Elevé. Parade passive, il n'y a pas de réduction de la probabilité d'occurrence des phénomènes.	++	+++
3 - Confortement par ancrages	Moyen à Faible Seules les têtes d'ancrage sont visibles.	Force corrosive et valeur de frottement, mais relativement bien maîtrisé.	Suivi des évolutions en falaise et remise en peinture pour maîtriser la corrosion.	Cet ouvrage est conçu pour avoir une durée de vie de 75 ans.	Elevé. Réduction de la probabilité d'occurrence des phénomènes de masses et au-delà. Les chutes de blocs et pierres persisteront	+++	++

Tableau d'analyse multicritère