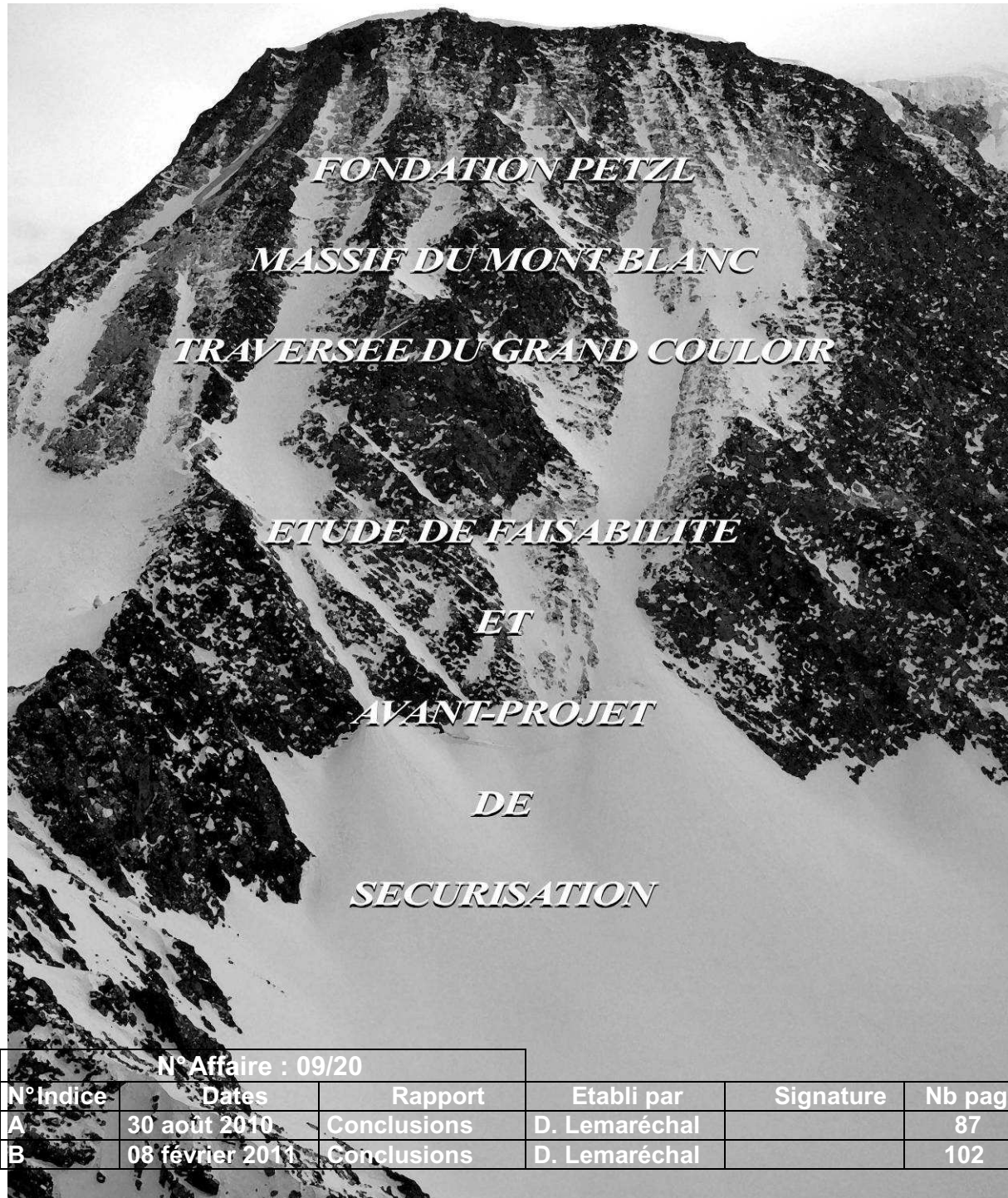




DIDIER LEMARECHAL
Ingénierie, Expertise judiciaire et privée,
Géotechnique, Montagne, Environnement
Les Meunières 38660 St Pancrasse
Tél : 06 87 37 67 18
@mail : didier.lemarechal@gmail.com



FONDATION PETZL
MASSIF DU MONT BLANC
TRAVERSEE DU GRAND COULOIR
ETUDE DE FAISABILITE
ET
AVANT-PROJET
DE
SECURISATION

N° Affaire : 09/20

N° Indice	Dates	Rapport	Etabli par	Signature	Nb pages
A	30 août 2010	Conclusions	D. Lemaréchal		87
B	08 février 2011	Conclusions	D. Lemaréchal		102

SOMMAIRE

	page
1. INTRODUCTION	4
2. ORGANISATION DE L'ETUDE ET CLASSIFICATION DES MISSIONS	4
2.1. Organisation.....	4
2.2. Objectifs et classification des missions géotechniques	5
3. SITUATION	5
4. CONSTATS DE FREQUENTATION ET DE SINISTRALITE.....	7
5. ETUDES REALISEES	9
6. GEOLOGIE, GEOTECHNIQUE.....	9
7. ALEA CHUTES DE BLOCS.....	11
7.1. Aléas de rupture.....	11
7.2. Aléa de chutes de blocs selon les directives du LCPC.....	14
7.3. Etudes de trajectographies	16
7.4. Résultat des modélisations	17
8. ALEA AVALANCHES	24
8.1. Caractéristiques géographiques :	24
8.2. L'avalanche à redouter	26
8.3. Les propositions de protections	27
8.4. Conclusion sur le risque lié aux avalanches.....	28
9. SOLUTIONS DE SECURISATION DU COULOIR DU GOUTER	29
9.1. Limitation de la fréquentation :	29
9.2. Signalisation, information, câble :	29
9.3. Purge de la paroi et ancrages :	30
9.4. Protection de la traversée du couloir par des filets ASM (Anti-Sous-Marins).....	30
9.5. Protection de la traversée du couloir par un ouvrage en béton armé :	31
9.6. Passerelle souple de type himalayen :	31
9.7. Galerie piétons :	33
10. AVANT-PROJETS DE DEUX DES SOLUTIONS DE SECURISATION DU COULOIR DU GOUTER.....	34
10.1. Passerelle himalayenne.....	34
10.1.1. Présentation de la solution	34
10.1.2. Estimation du coût de l'ouvrage et planning de travaux.....	43
10.1.3. Conclusions sur la faisabilité et l'avant projet de passerelle himalayenne.....	43
10.2. Galerie piétons.....	44

10.2.1. Présentation de la solution	44
10.2.2. Etude de faisabilité géotechnique.....	48
10.2.3. Estimation du coût des travaux.....	50
10.2.4. Planning de travaux	51
10.3. Limites des études d'avant projet	52
11. ETUDE DE FAISABILITE ENVIRONNEMENTALE.....	52
11.1. Analyse de l'Etat initial du site	54
11.1.1. Localisation	54
11.1.2. Paysages	54
11.1.3. Milieux naturels et Biodiversité	61
11.1.4. Autres éléments de diagnostic à prendre en compte	63
11.2. Description sommaire du projet	64
11.2.1. Descriptif sommaire	64
11.2.2. Exemples de projets similaires	64
11.2.3. Simulations d'implantation	65
11.3. Identification des enjeux et des effets probables du projet.....	66
11.3.1. Identification des enjeux	66
11.3.2. Effets probables du projet.....	67
11.4. Présentation des conditions de réalisation du projet	69
11.4.1. Prescriptions techniques d'intégration du projet.....	69
11.4.2. Etudes et démarches réglementaires à envisager	70
ANNEXES.....	72
ANNEXE 1	73
NORME NF P 94-500 – MISSIONS TYPE D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE	73
ANNEXE 2	76
Rapport avalanches du CEMAGREF	76
ANNEXE 3	85
Mémoire technique et estimation financière de la solution tunnel de petite section, par l'entreprise CAMPENON BERNARD.....	85

1. INTRODUCTION

A la demande de la FONDATION PETZL, MEIGE a réalisé l'étude de sécurisation de la traversée du Grand Couloir, située à 3.340 m d'altitude entre les refuges de Tête Rousse et du Goûter sur la voie d'accès dite « normale » du Mont Blanc.

Cette traversée est soumise à de nombreuses et dangereuses chutes de pierres et de blocs alors que 30 000 à 40 000 personnes par années empruntent cet itinéraire mythique.

La première partie de ce rapport correspond à l'étude de faisabilité. Y sont détaillés : un constat de fréquentation et de sinistralité ; les diverses contraintes et aléas : topographie, géotechnique, chutes de blocs ; puis plusieurs solutions envisageables et leurs degrés de sécurisation. Cette étude de faisabilité a pour but d'apporter des éléments techniques de discussion en précisant les avantages et inconvénients de chacune des solutions.

La deuxième partie du rapport est consacrée aux avant-projets suivants :

- passerelle de type himalayen,
- tunnel piéton de petite section.

2. ORGANISATION DE L'ETUDE ET CLASSIFICATION DES MISSIONS

2.1. Organisation

CHEF DE PROJET ET DIRECTION DES ETUDES :
Didier Lemaréchal – Ingénieur géotechnicien, expert
gérant de MEIGE

ETUDES DE FAISABILITE ET AVANT PROJET :

Géologie, géotechnique, études trajectographiques, fondations :

Didier Lemaréchal ingénieur gérant de Meige.

Structure métallique :

M.Thévenet : ingénieur spécialiste renommé des structures en câbles, ingénieur gérant d'Alpes Etudes.

Etude d'avalanches :

M. Rapin : ingénieur spécialiste du CEMAGREF.

Etude de faisabilité environnementale (faune / flore, intégration paysagère :

Un ingénieur environnement du bureau d'études Karum

2.2. Objectifs et classification des missions géotechniques

Nos missions ont pour objectifs :

- la faisabilité technique de sécurisation de la traversée du Grand Couloir,
- l'avant projet de deux solutions envisageables : une passerelle de type himalayen et un tunnel piéton de petite section.

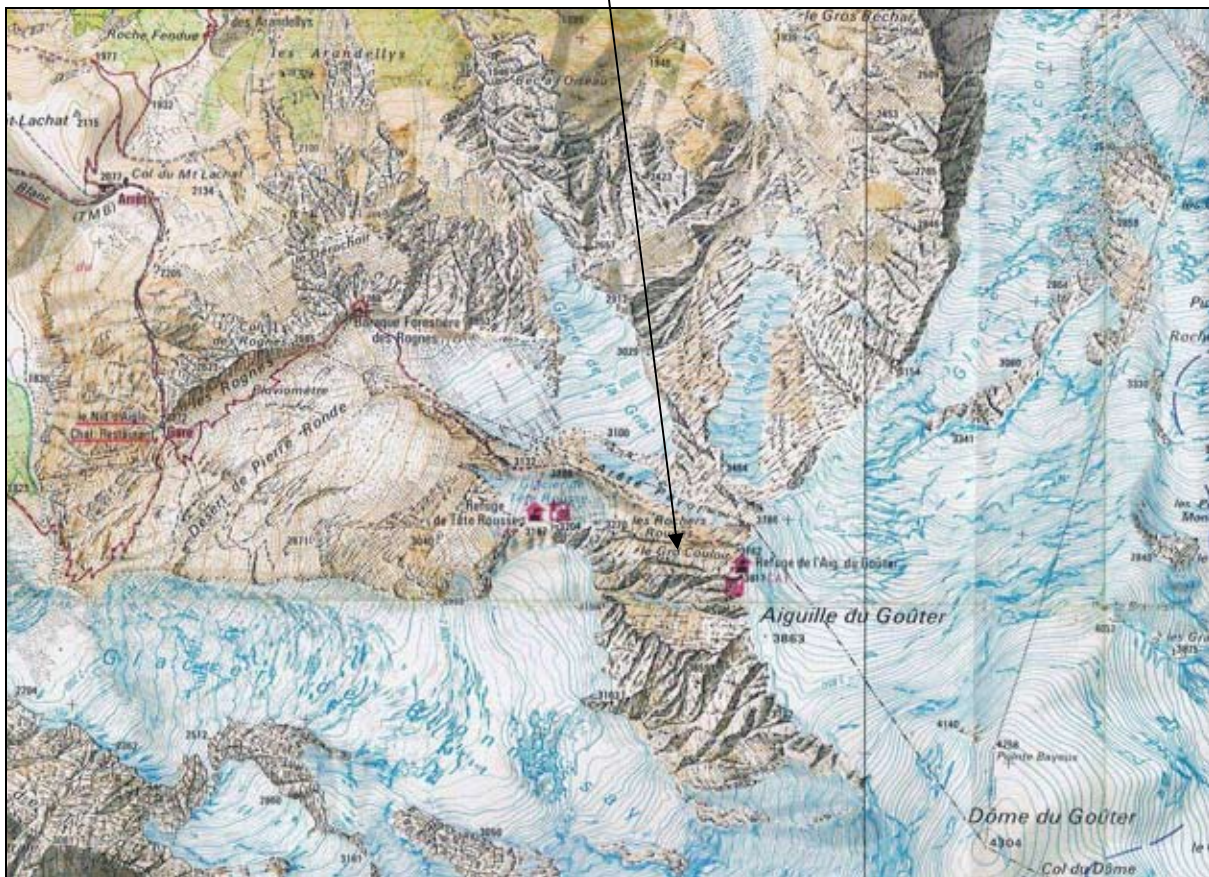
Conformément à la classification des missions géotechniques – norme NFP94-500 - dont un exemplaire est joint en annexe 1 :

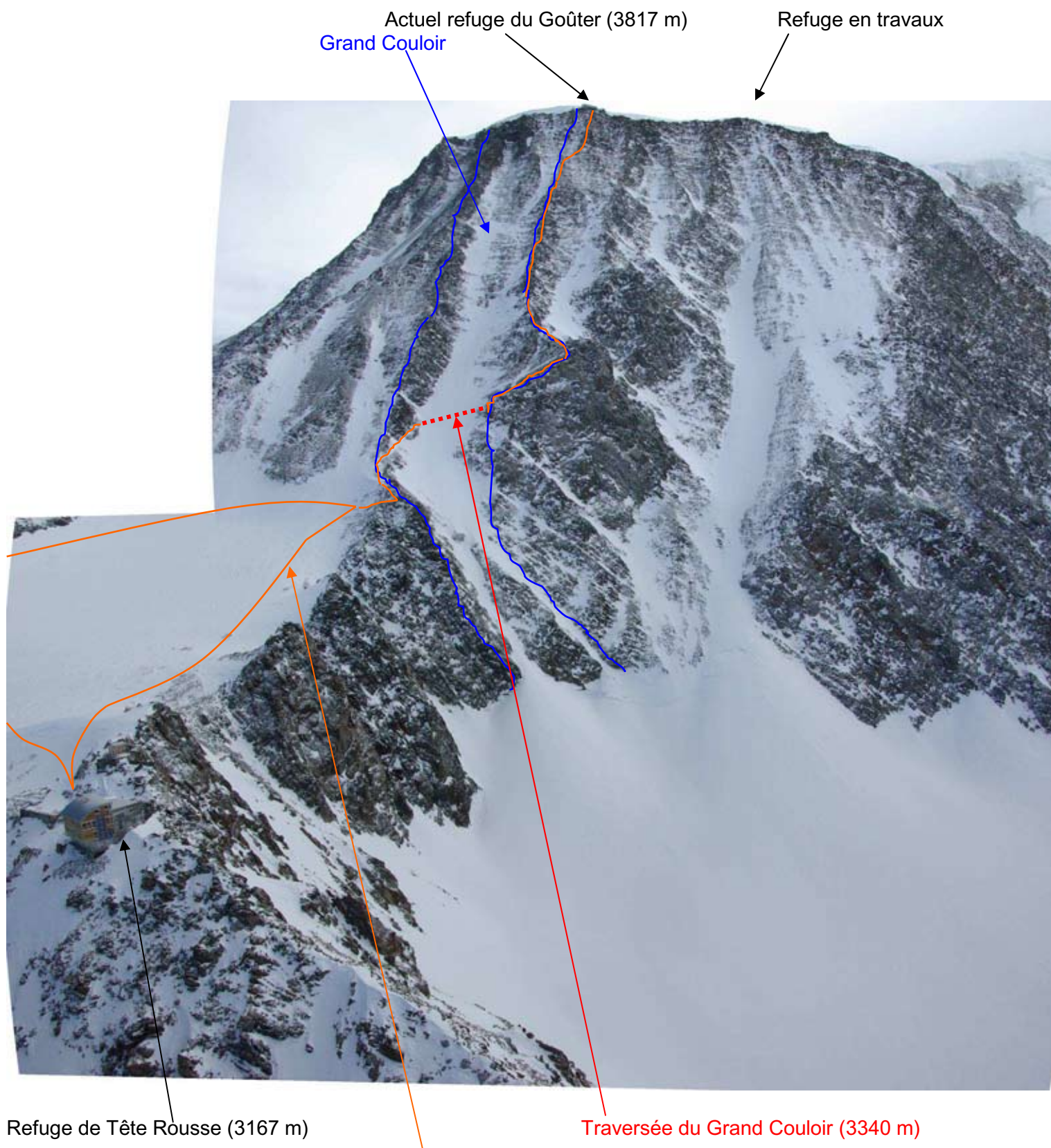
- elles peuvent être classées : G11 pour l'étude de faisabilité, G12 pour l'avant projet,
- elles devront être validées et complétées par des études de projet géotechnique G2 et des études d'exécution G3.

Ce rapport indice B a été élaboré avec des compléments d'informations. Il annule et remplace le rapport indice A

3. SITUATION

Le Grand Couloir est situé entre les refuges de Tête Rousse et Du Goûter dans le massif du Mont-Blanc sur la commune de Saint Gervais (74).





Liaisons entre les refuges de Tête Rousse, du Goûter et le Nid d'Aigle (gare amont du Tramway du Mont Blanc)

4. CONSTATS DE FREQUENTATION ET DE SINISTRALITE

Le tableau suivant présente les chiffres officiels d'accidents dans le Grand Couloir, en ne tenant pas compte des blessés non déclarés, car ces données sont basées sur les appels des alpinistes aux services de secours.

Années	Nombre d'accidents	Accidents mortels	Blessés
2001	8	2	6
2002	16	4	12
2003	57	6	51
2004	7	1	6
2005	4	2	2
2006	6	3	3
2007	7	2	5
2008	11	4	7
2009	5	3	2
Totaux en 9 années	121	27	94
Moyenne/année	13.4	3.0	10.4

En tenant compte de 2010, sur dix ans il y a donc eu une trentaine d'accidents mortels et plus d'une centaine de blessés dans le Grand Couloir,

Le réchauffement climatique est incontestable sur le massif du Mont-Blanc. Il suffit de constater la forte et constante régression des glaciers : Mer de Glace, Bossons... Ce tableau met en évidence la corrélation entre les chutes de blocs et le réchauffement climatique. En 2003, l'été le plus chaud de la décennie sur le Massif du Mont Blanc, le nombre d'accidents dans le Grand Couloir est bien supérieur à la moyenne : 57 dont 6 décès, justifiant un arrêté préfectoral déconseillant fortement son accès, en cours de saison estivale, pour cause de grosses chutes de pierres.

L'accroissement des chutes de blocs n'est pas surprenant car durant l'été 2003, nous avons pu constater de nombreux effondrements rocheux dans le massif du Mont-Blanc, notamment sur les Aiguilles de Chamonix. C'est la seule année où la sortie de l'Aiguille du Midi vers la vallée Blanche était totalement déneigée et déglacée.

Le risque objectif de chutes de pierres et de blocs dans le couloir du Goûter est déjà très fort. Le réchauffement climatique se poursuivant régulièrement, la fréquence des chutes de pierres et de blocs dans le Grand Couloir ne peut qu'augmenter.

Le Mont-Blanc est un des 50 sites les plus visités en Rhône Alpes. Selon Claude Barnier, gardien du refuge du Goûter, il y a 40 000 traversées du Grand Couloir par an en tenant

MEIGE

Fondation PETZL. Sécurisation de la traversée du Grand Couloir

compte des montagnards qui vont au refuge, de ceux qui bivouaquent et de ceux qui ne font que monter au refuge du Goûter, puis redescendre.

L'accès aux refuges de Tête Rousse et du Goûter est fréquenté par des alpinistes venant du monde entier.



Traversée du Grand Couloir le 22 juillet 2010

Le 22 juillet 2010 : deux alpinistes sont en difficulté durant 10 minutes dans le pierrier instable de la traversée du Grand Couloir alors que les chutes de pierres et de blocs sont très fréquentes.

Nous avons comptabilisé 18 chutes de pierres et de blocs durant 1 h 38 mn. Durant cette période, 68 personnes ont traversé. Il convient de préciser que, ce 22 juillet, la prévision météorologique était mauvaise pour le lendemain, diminuant ainsi la fréquentation de l'itinéraire.

Chaque pierre déclenchait de nombreuses autres chutes en cascade, les rendant presque impossibles à éviter. Des chutes de blocs de 0.7 à 1.0 m³ sont courantes. Des blocs de plusieurs m³ ont été constatés plusieurs fois durant cet été.

Le pierrier central est naturellement à la limite d'équilibre. Il est difficile à traverser, et représente en soi un risque d'accident.

Le câble en place était entre 4 et 6 m de hauteur par rapport au sol, décalé d'une dizaine de mètres en plan par rapport à la trace de traversée, ce 22 juillet 2010. Très rares étaient les alpinistes qui s'y assuraient avec une corde mousquetonnée.

5. ETUDES REALISEES

Ont été mises en œuvre pour cette étude :

- 2 visites avec survol en hélicoptère puis dépose in situ et redescente à pied. Une en hiver, le 16 mars 2010, et une en été, le 22 juillet 2010. Lors de ces visites, nous avons effectué :
 - un levé de distancemétrie et d'implantation de divers ouvrages envisageables ;
 - un levé géologique et structural ;
 - un comptage des chutes de pierres et blocs durant 1 h et 38 mn,
 - des photographies du site et de la face ;
- 1 visite en montant à pied à partir du Col de Voza le 9 août 2010, permettant de compléter les aspects géotechniques et avalanches,
- une étude d'avalanches de M. Rapin du CEMAGREF,
- une étude géotechnique et de chutes de blocs avec calculs de trajectographie,
- une étude de structure de M. Thévenet,
- une étude d'incidence environnementale : faune / flore, intégration paysagère, menée par le cabinet Karum,
- trois rencontres de la fondation Petzl avec M. Peillex, Maire de St Gervais,
- une réunion à St Gervais avec des guides de montagnes dont les présidents des compagnies : de St Gervais, de Chamonix, du Val d'Aoste, du Val Montjoie et le PGHM (Peloton de Gendarmerie de Haute Montagne).

6. GEOLOGIE, GEOTECHNIQUE

Sur le site même, la roche est constituée de gneiss et de micaschistes indifférenciés plus ou moins mylonitisés. Cette forte fracturation déclenche naturellement beaucoup de chutes de blocs lors des cycles de gel et dégel. La face étant en moyenne inclinée à 45 ° et sa partie haute à 50 °, les pierres et les blocs prennent de la vitesse dans le Grand Couloir.

L'arête en rive droite du couloir est orientée N 70 °.

La roche présente des bancs décimétriques à métriques parfois compacts, mais généralement friables. Les reliefs, notamment les rives du Grand Couloir, sont constituées par les bancs les plus résistants.

Les familles de discontinuités les plus représentées sont :

- F1 : foliation des gneiss et micaschistes : Nord 15° à 35 °, 50° à 58° Est. Cette famille est prédominante sur la face. Elle constitue les reliefs,

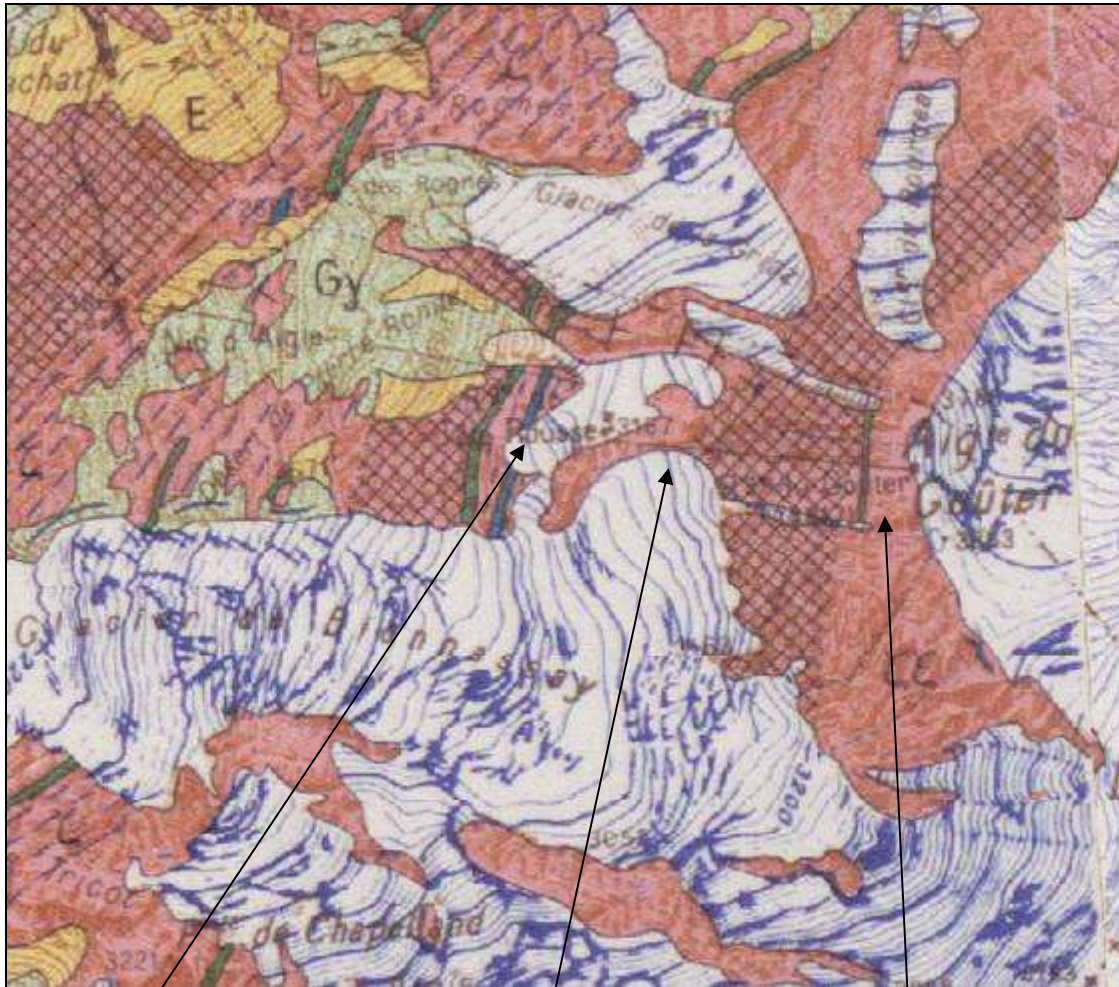
MEIGE

Fondation PETZL. Sécurisation de la traversée du Grand Couloir

- F2 : fracturation discontinue entre bancs rocheux : Nord 65°, 80° Ouest.

Les circulations d'eau s'effectuent en surface par ruissellement, et au sein du massif par la fracturation.

La roche est relativement peu altérée sauf lorsqu'elle est schisteuse. Certains bancs sont assez compacts, notamment en rive gauche. Par contre, la roche est très fracturée et décomprimée en surface, et sur une épaisseur métrique à plurimétrique.



Refuge de Tête Rousse Traversée du Grand Couloir

Refuge du Goûter

Extrait de carte géologique au 1 / 25 000 éditée par le BRGM, feuille de Saint- Gervais

7. ALEA CHUTES DE BLOCS

7.1. Aléas de rupture

Les pierres et les blocs sont prédécoupés par les discontinuités géologiques : fracturation et foliation, sur toute la hauteur du Grand Couloir.

Les précipitations et les alternances de gel et de dégel favorisent les chutes à partir de toutes les altitudes et toute la surface du couloir.

Les photographies datées de 2003 et les témoignages des guides nous ont permis de préciser les tailles de blocs au sommet du couloir du Goûter. Chaque chute de pierre déclenche souvent de nombreuses autres chutes en cascade, les rendant presque impossibles à éviter. Des blocs de 0.7 à 1.0 m³ sont courants. Des blocs de plusieurs m³ ont été constatés plusieurs fois, durant chaque été, notamment en 2010. Parfois les blocs sont plus gros. Par exemple celui figurant sur la photographie ci-dessous dont la taille peut être estimée de 15 à 18 m³, ce qui correspond au poids de 40 à 48 tonnes.

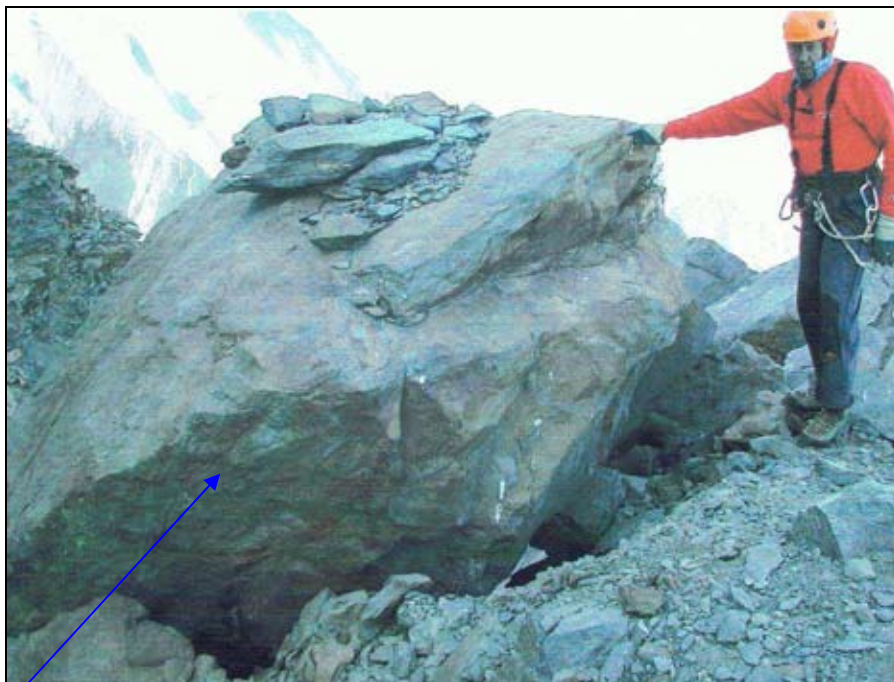
Dans le couloir, la neige et les pierriers amortissent les chutes de blocs.

Le réchauffement climatique augmente les chutes de blocs, notamment lors de l'été 2003 (Cf. paragraphe sinistralité).



(Document des syndicats de guides)

Empilement de blocs de tailles métriques en sommet de couloir.



(Document des syndicats de guides)

Bloc de 40 à 48 tonnes, tombé depuis 2003, qui était situé à 30 m sous le sommet du couloir.



(Document des syndicats de guides)



(Document des syndicats de guides)

Eboulements rocheux du 12 août 2003, en période de sécheresse dans le couloir du Goûter et limitrophes. Le réchauffement climatique se poursuivant régulièrement, la fréquence des chutes de pierres et de blocs dans le Grand Couloir ne peut qu'augmenter. Cela a été prouvé en 2003

Couloir du Goûter



(Document des syndicats de guides)



(Document des syndicats des guides)

Partie haute du couloir, mylonitisée, altérée et très décomprimée, constituant un potentiel important de chutes de pierres et de blocs.

7.2. Aléa de chutes de blocs selon les directives du LCPC

La grille d'évaluation des risques de chutes de blocs, figurant ci-dessous, est conforme aux directives du LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

La prise en compte :

- des tailles de pierres ou de blocs,
- de la géologie,
- de la probabilité de chute,
- de l'occurrence,
- des résultats des études de trajectographie,

permet d'estimer l'aléa (aléa général) très élevé pour qu'un bloc atteigne des personnes dans l'actuelle traversée du Grand Couloir.

Sachant que la fréquentation est très importante et la vulnérabilité très forte, le risque résultant peut être qualifié de très fort.

MEIGE	EVALUATION DES RISQUES D'ÉBOULEMENTS CONFORMEMENT AUX DIRECTIVES LCPC				
	SITE	Actuelle traversée du Grand Couloir	DATE	01-août-10	
1. ALEA DE RUPTURE					
Classe d'instabilité			Remarques		
Pierres	V < 10 dm ³				
Blocs	10 dm ³ < V < 5 m ³				
Eboulement en masse	5 m ³ < V < 100 m ³				
Eboulement en grande masse	V > 100 m ³				
Eboulement catastrophique	V > 1 000 000 m ³				
Facteurs déterminants	Remarques		Favorable	Défavorable	
Nature géologique du sol	Gneiss et micaschistes				
Fracturation du massif	Forte fracturation (mylonitisation)				
Centre de gravité des masses					
Probabilité de chute	TE > 90 %	E > 70 %	M > 50 %	F > 30 %	TF < 30 %
Délai (occurrence)	I < 1 mois	TCT < 2 ans	CT < 10 ans	MT < 30 ans	LT > 30 ans
Aléa de rupture	TE > 90 %	E > 70 %	M > 50 %	F > 30 %	TF < 30 %
2. ALEA DE PROPAGATION					
Aléa de propagation	TE > 90 %	E > 70 %	M > 50 %	F > 30 %	TF < 30 %
Fragmentation, bloc dimensionnant, trajectoire...	Calculs de trajectographies sur toute la hauteur du couloir				
3. ALEA GENERAL					
Aléa général	TE Très élevé	E Élevé	M Modéré	F Faible	TF Très faible
4. ENJEUX ET VULNERABILITE					
Fréquentation humaine	Très importante	Importante	Moyenne	Faible	
Importance stratégique	Forte	Moyenne	Faible		
Vulnérabilité	TF Très forte	F Forte	FA Faible		
5. EVALUATION DU RISQUE RESULTANT					
Risque résultant	Très fort	Fort	Moyen	Faible	Très faible

7.3. Etudes de trajectographies

Les témoignages et les photographies des présidents des compagnies des guides, nous ont amenés à préciser les hypothèses de calculs, notamment la taille des plus gros blocs et la géométrie des zones de départ.

Nous avons aussi affiné le fond topographique dont la précision reste celle de la carte IGN au 1/25000, ce qui reste adapté pour une étude de faisabilité et avant-projet. Un levé de type Lidar permettrait une plus grande précision.

A partir des ces compléments d'informations, nous avons réalisé une nouvelle modélisation trajectographique sous le logiciel PIR3D, permettant de prendre en compte l'acquisition d'un modèle en 3 dimensions.

Cette modélisation permet de préciser les trajectoires des blocs, les hauteurs de protection éventuellement utiles ainsi que les énergies en jeu.

Les paramètres de sol permettent de prendre en considération :

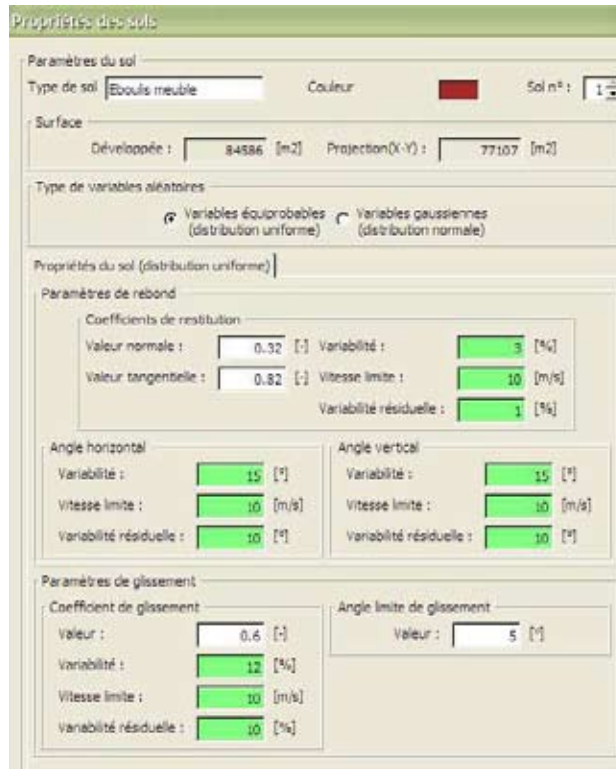
- les rebonds qui se définissent par des coefficients variables de restitution des vitesses et d'angle de rebond horizontal et vertical ;
- le glissement qui se définit en coefficients de glissement et l'angle limite de rebond, au-dessous duquel la pierre ne rebondit plus et se met à rouler.

Deux types de sols ont ensuite été créés, dont les caractéristiques trajectographiques sont calées sur des données issues de la bibliographie et de l'expérimentation du CETE :

Deux types de sols ont ensuite été créés, dont les caractéristiques trajectographiques sont calées sur des données issues de la bibliographie et de l'expérimentation du CETE :

- rocher altéré (en jaune) pour les zones de rocher affleurant, avec des coefficients de restitution recalés en fonction des observations de terrain (trajectoires réelles, zones d'atterrissement),

- éboulis meubles (en bordeaux) pour les pentes au pied du couloir, où les blocs s'accumulent, en conservant les coefficients de restitution issus des données du CETE et en tenant compte des observations de terrain:



3 zones de départ ont ensuite été prises en compte comme source potentiellement génératrice de chutes de blocs, avec les hypothèses récapitulées ci-après :

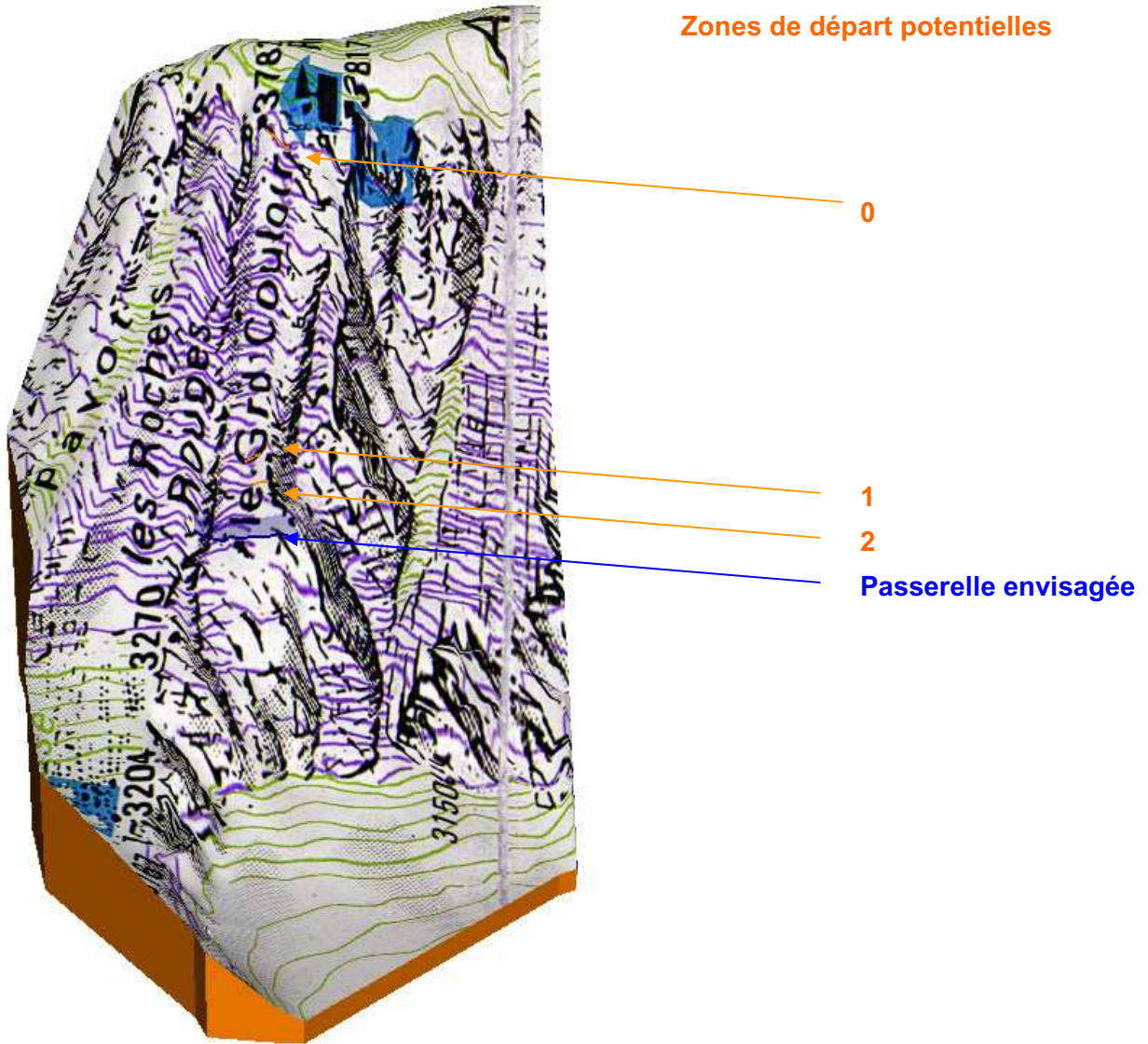
Zone de départ - altitude	Nombre de blocs générés	Masse (kg)	Hauteur initiale de chutes de blocs
0 – 3730 à 3740 m	10 000	47 700 (=18 m3)	15
1 – 3430 m	5 000	13 250 (=5 m3)	1
2 – 3410 m	5 000	13 250 (= 5 m3)	1

La passerelle a également été modélisée avec une hauteur de 26 m au dessus du sol, sur un linéaire de 130 ml, à une altitude de 3 380 m pour les 2 rives.

7.4. Résultat des modélisations

Les zones de départ potentielles sont identifiées ci-dessous :

Les zones de départ potentielles sont identifiées ci-dessous :



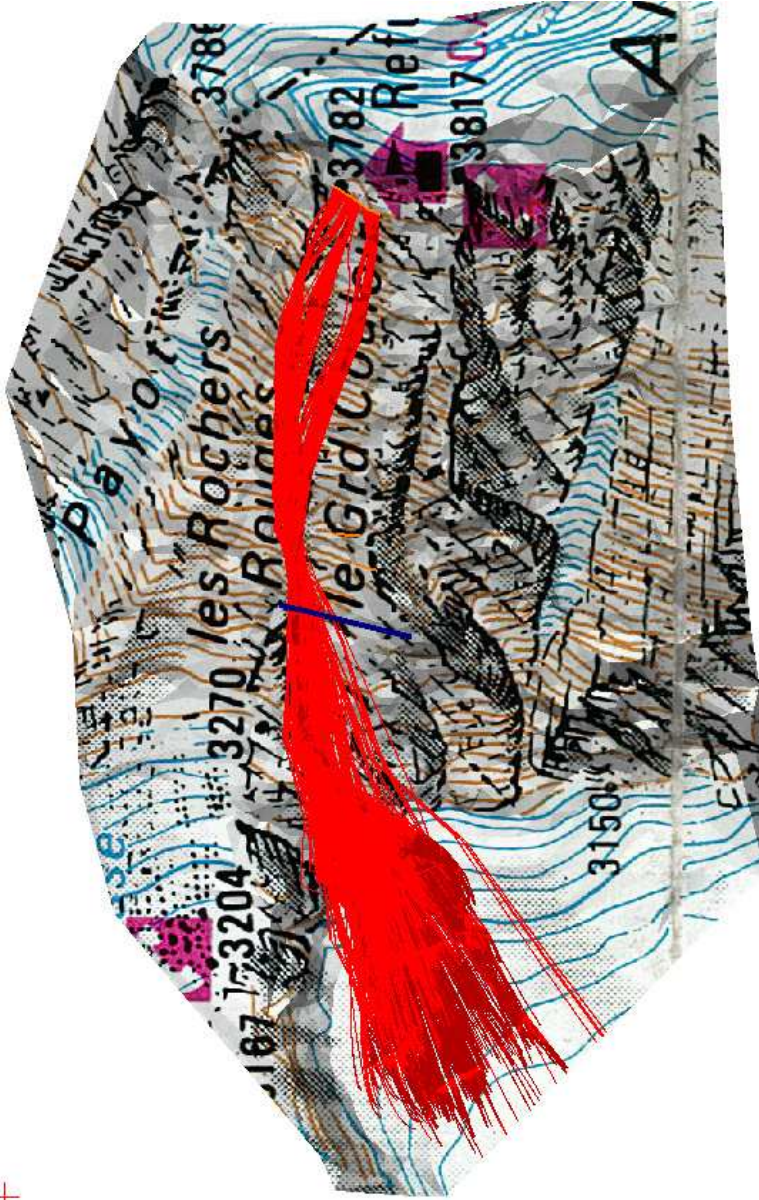
Vue 3 D de la topographie des lieux et des zones de départ de blocs

MEIGE

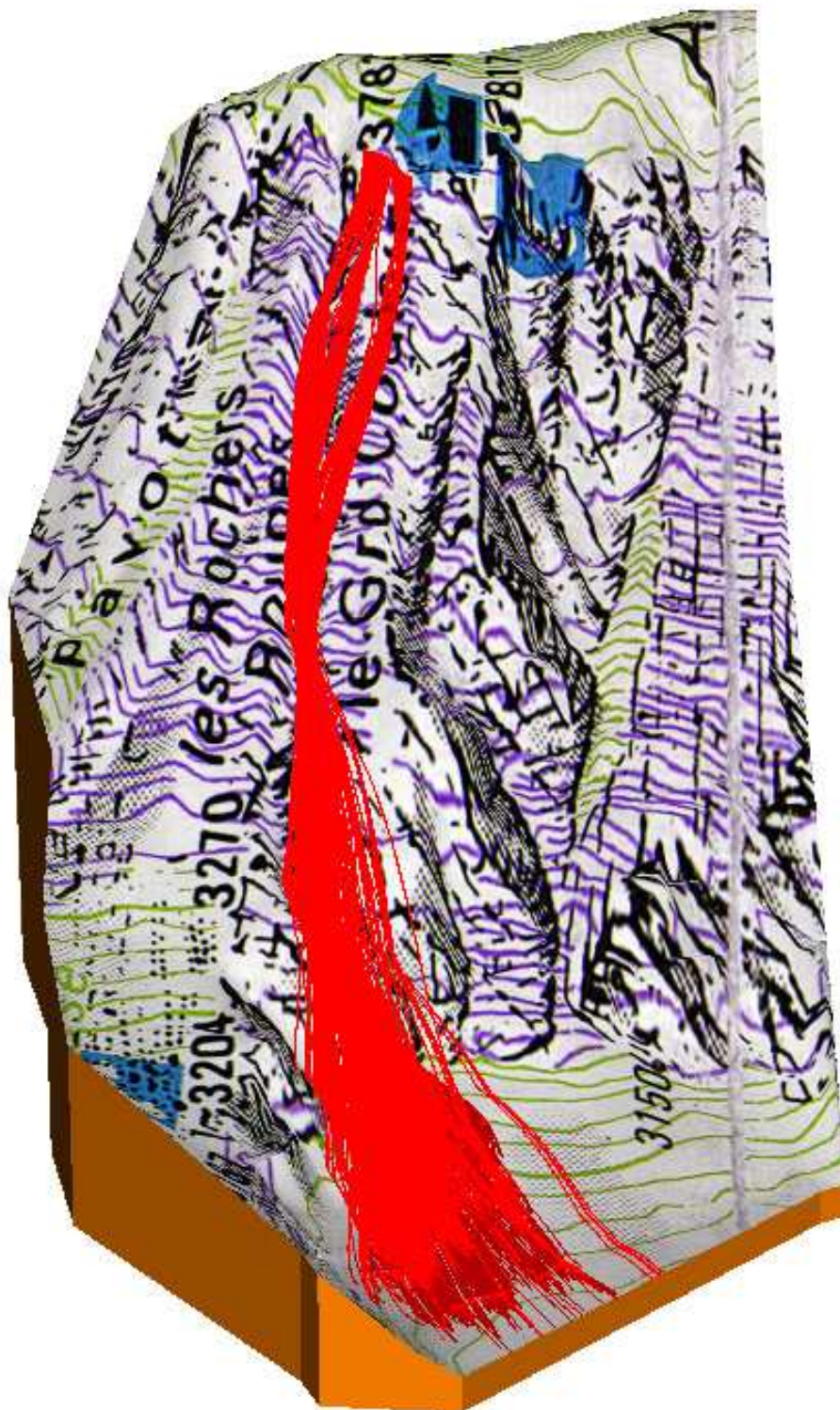
Fondation PETZL. Sécurisation de la traversée du Grand Couloir

Ci-dessous sont représentées les 10 000 trajectoires de chaque zone de départ avec les énergies de blocs atteignant la passerelle :

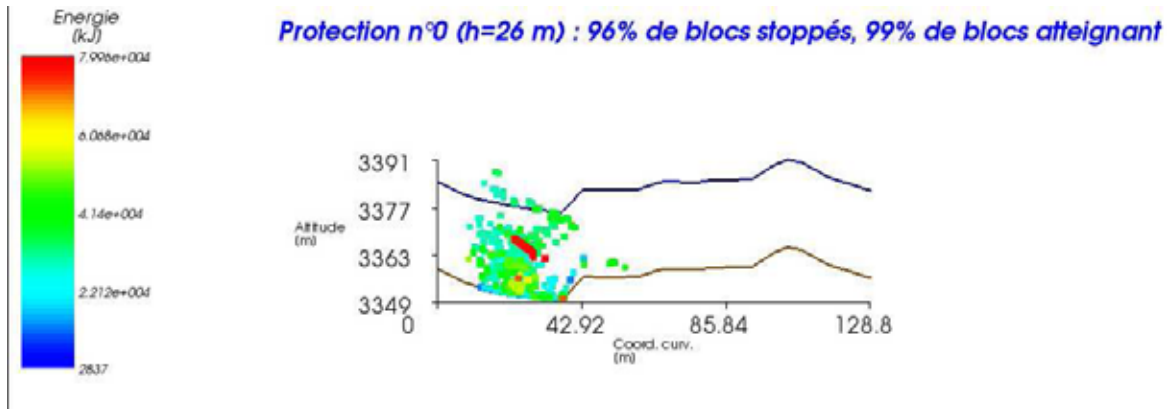
- zone 0 :



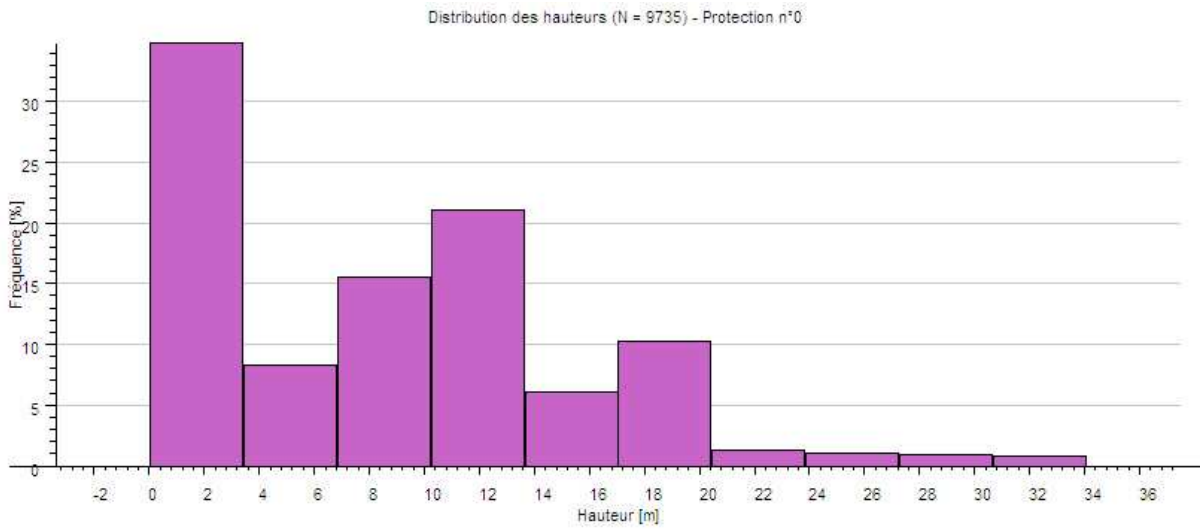
Vue 2D des trajectoires



Vue 3D des trajectoires



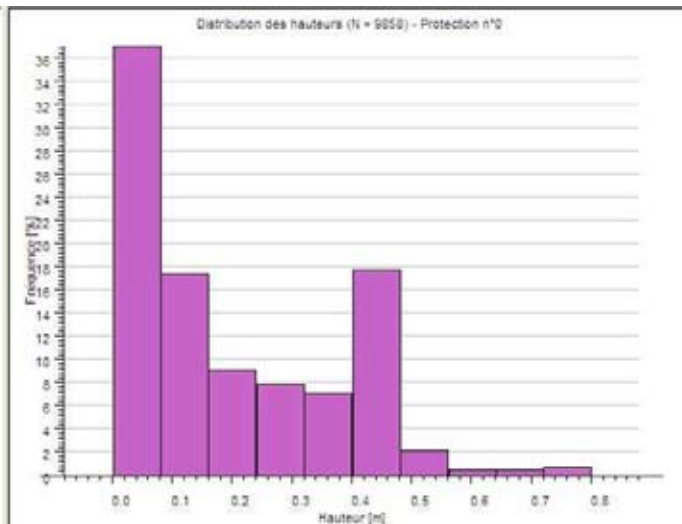
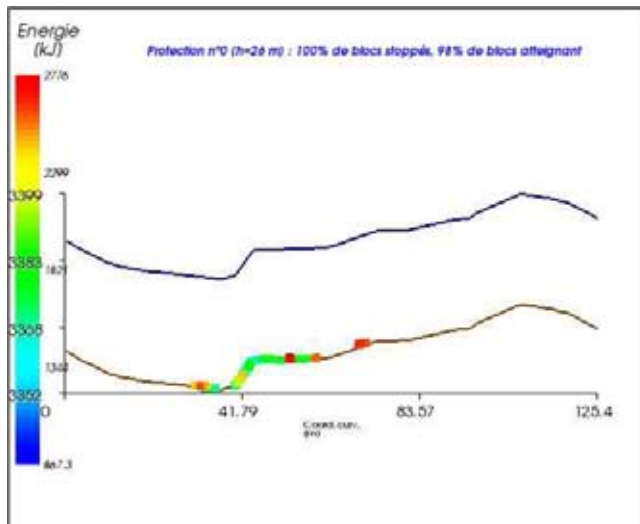
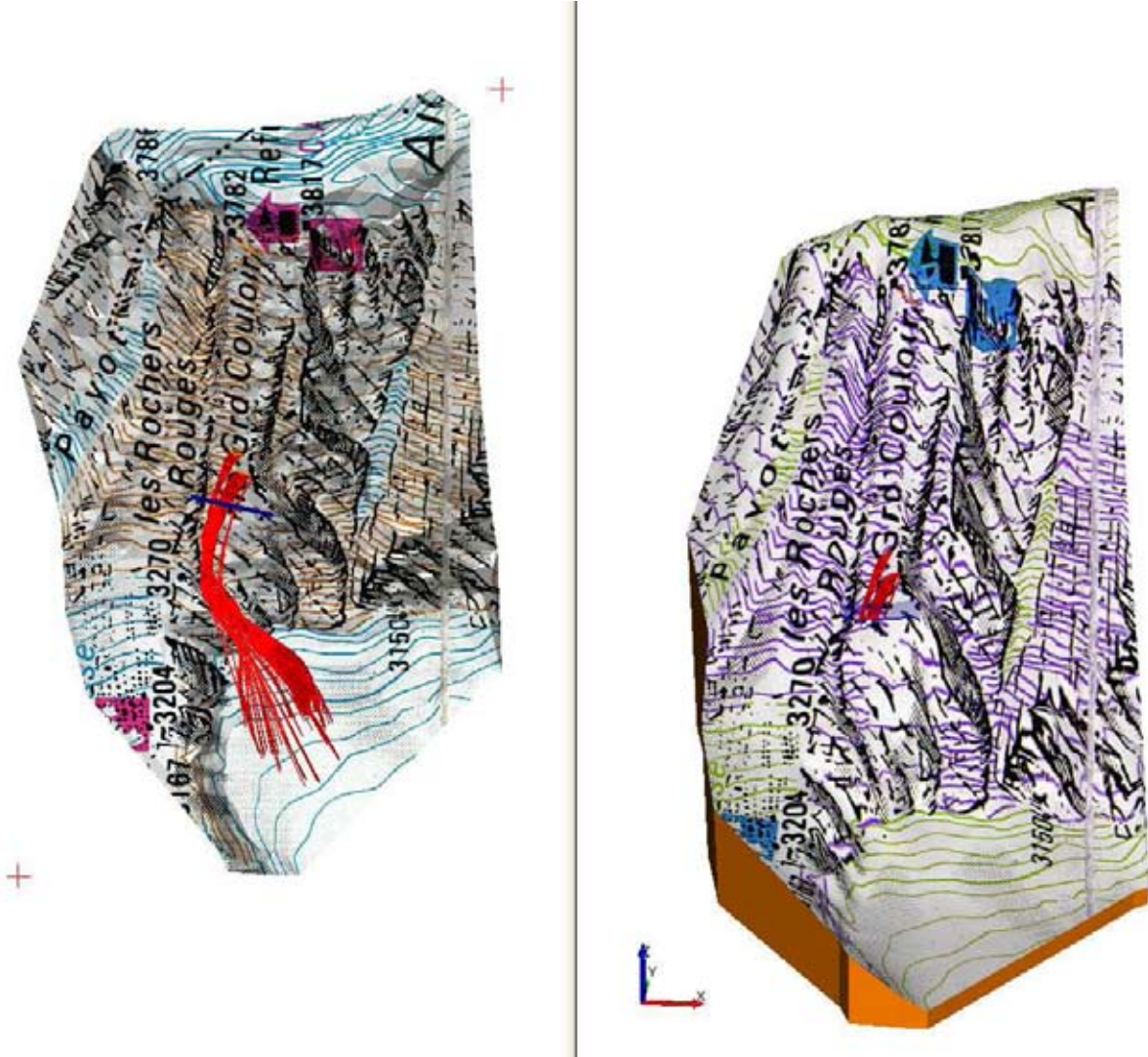
Hauteurs : 4% au dessus de la passerelle et H pouvant atteindre 34 m.



MEIGE

Fondation PETZL. Sécurisation de la traversée du Grand Couloir

- zones 1 et 2 :



Les constats sont alors les suivants :

Pour les blocs partant du sommet du couloir (zone 0), sur 10 000 trajectoires modélisées 3 % passent entre 25 m et 34 m au dessus du fond du couloir. Aucune trajectoire ne passe au-dessus de 34 m.

Pour les blocs partant des zones : 1 et 2, situées en rive droite du couloir (cf. graphe ci-dessus), sur 5000 trajectoires, nous constatons des trajectoires ne dépassant pas un mètre au-dessus du terrain naturel avec des énergies fortes.

Les règles de l'art, concernant la prise en compte statistique des résultats des études de trajectographies pour réaliser le zonage de l'aléa de chutes de pierres et de blocs, utilisent les seuils de probabilités d'atteinte d'un point comme suit :

Limite aléa fort – aléa moyen :	10^{-2} soit un bloc sur 100
Limite aléa moyen – aléa faible :	10^{-4} soit un bloc sur 10 000
Limite aléa faible – aléa très faible :	10^{-6} soit un bloc sur 1 000 000

Un ouvrage situé entre 25 m et 35 m subirait un aléa fort : 3 blocs sur 100.

Les énergies des blocs passant entre 25 m et 35 m au-dessus du couloir sont fortes, de l'ordre de 30 000 Kj.

Un ouvrage situé au-dessous de 35 m par rapport à l'axe du couloir serait exposé à un aléa fort. Par contre un ouvrage situé au dessus de 35 m voir 40 m ne serait pas exposé à cet aléa.

8. ALEA AVALANCHES

L'intégralité de l'étude de l'aléa avalanche, confiée à M. Rapin du CEMAGREF, figure en annexe n°2.

8.1. Caractéristiques géographiques :

Couloir n° 38 de la CLPA (carte de localisation probable des avalanches)

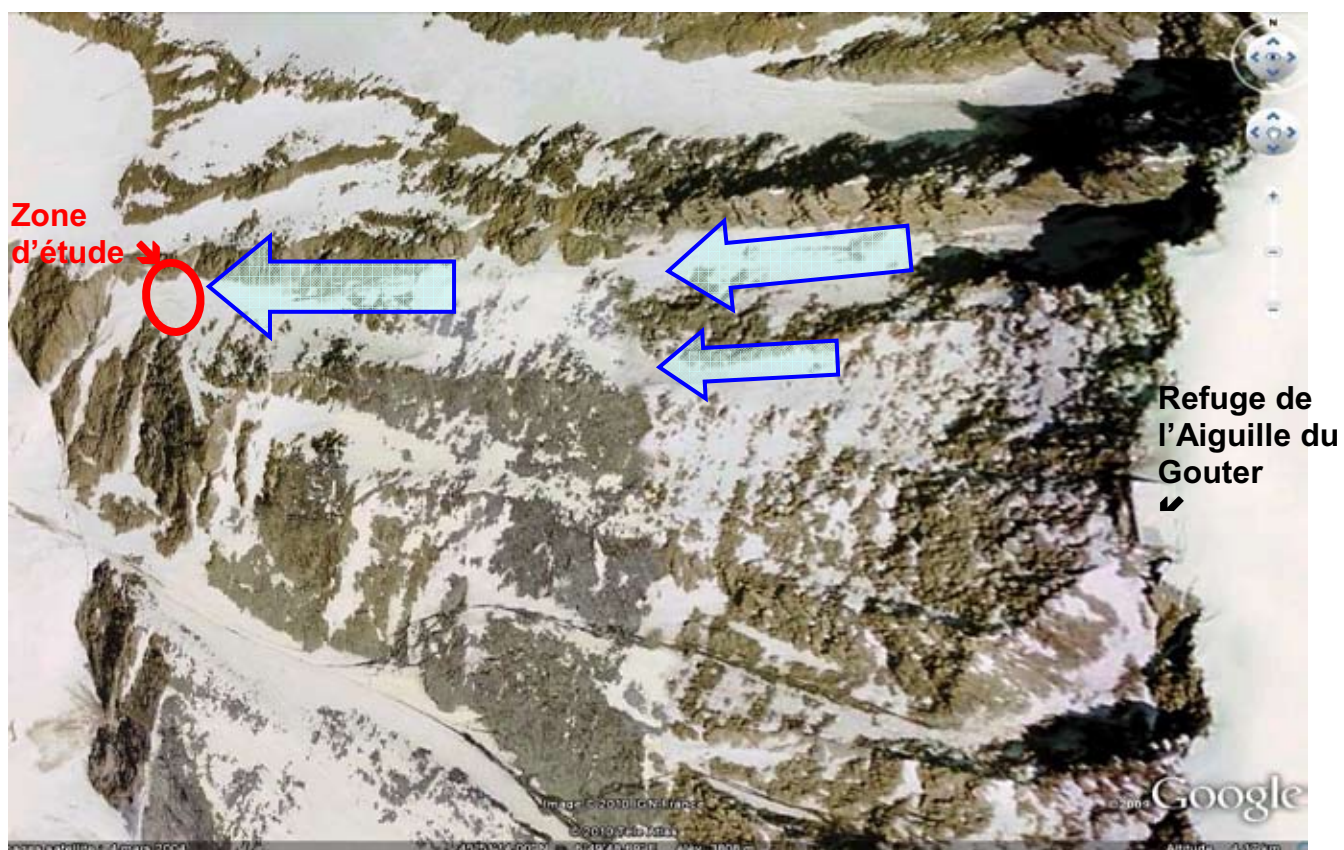
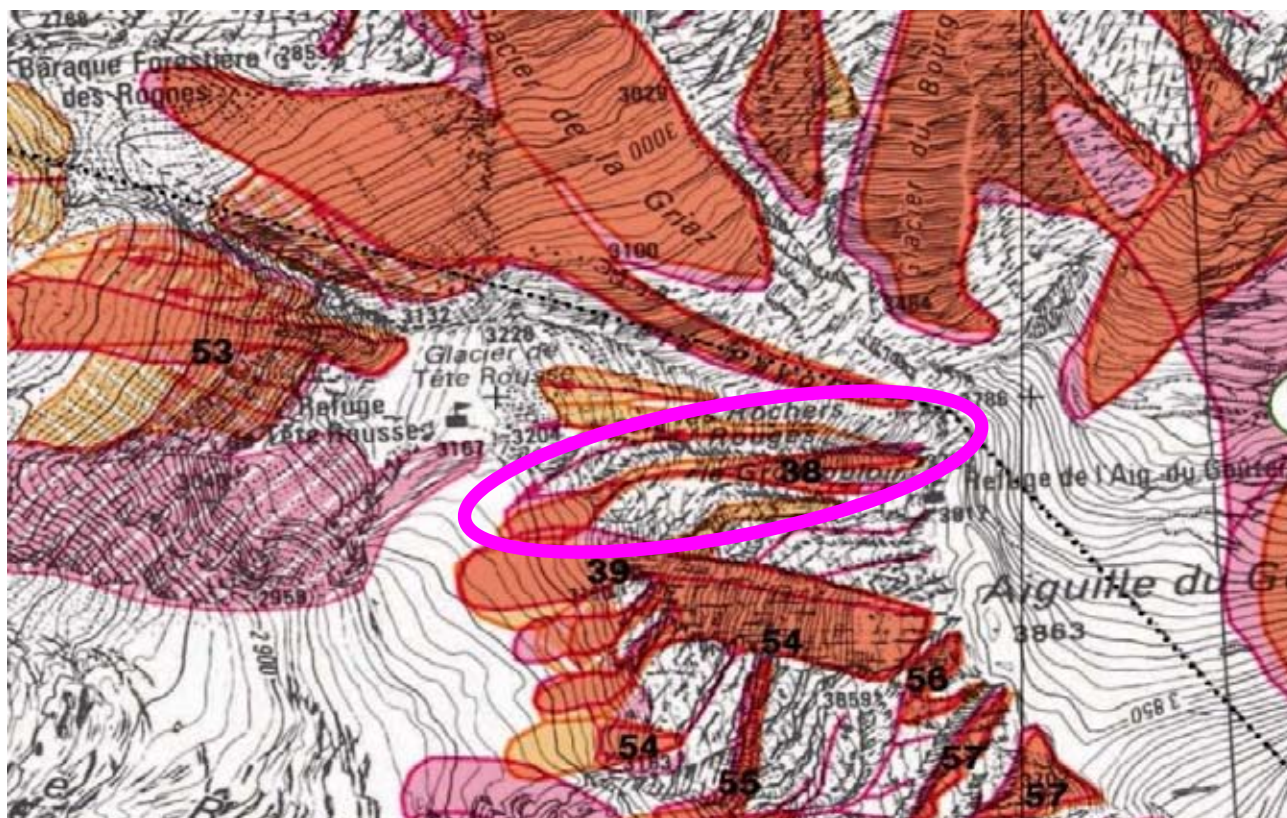


Image satellite Google-Earth



Carte de localisation des phénomènes d'avalanches.

Le site de l'avalanche CLPA n°38, « Aiguille du Gouter » (voir aussi photo 1), est :

- franchement exposé plein ouest,
- dans une zone de rocher très fracturé, avec un sommet de couloir en falaise, en particulier coté nord ; cotation 3.782 ;
- avec un effet du vent plutôt faible en accumulation (crête, certes glaciaire, mais plutôt étroite et dans le sillage improbable du Mont-Blanc)
- bifide, c'est-à-dire avec 2 zones de départ parallèles qui se rejoignent largement au-dessus de la zone d'étude ; celle plus au nord a une superficie de l'ordre de l'hectare, et celle plus au sud environ moins de la moitié ; Le couloir sud est indiqué avec un départ sommital plus bas de quelques dizaines de mètres (voir également photo GoogleEarth) ;
- transversalement bien incurvé, surtout dans sa rive droite ;
- à l'aval de la zone d'étude, encore sur une zone rocheuse très pentue puis sur la partie centrale nord du glacier de Bionnassay ;



Photo 3 : Le site ↑

- très fortement pentu jusqu'au-delà de la zone d'étude (le sentier) : mesure inclinomètre de 45° en moyenne depuis le sentier d'accès traversant, et de 40° sur la pente de proximité du sentier (sur une distance d'environ 200 m) ;
- soumis à une forte alternance gel / dégel et, donc, compte tenu notamment de sa géologie et de sa topographie, producteur de blocs en été et d'avalanches en hiver.

Tableau 1 : Caractéristiques géographiques essentielles des couloirs d'avalanches possibles

Nom	Zone(s) de départ				Zone d'écoulement		Site			
	Superficie en ha	Altitude max. en m	Orientation moyenne	Pente moyenne en °	Profil	Largeur d'écoulement ~ en m	Altitude d'arrivée en m	Dénivelée maximale en m	Distance horizontale en m	Pente moyenne en °
38Nord	~1	3780	O	~48	Légèrement	30	~3270	~510	~510	45
38Sud	~0,4	3750	O	~53	concave	20		~480	~480	45

Ainsi, entre le sommet de la zone de départ et la zone d'étude du sentier franchissant le couloir :

- l'aspect du terrain dans chaque zone de départ est toujours du rocher en masse, avec de multiples sortes de banquettes naturelles (très inclinées) (voir photos 1 et 3) ;
- les superficies de départ sont petites (branche nord) à très petites (branche sud) ;
- les altitudes sont très hautes, compte tenu de la latitude et de la climatologie régionale ;
- l'orientation du versant et la faible ombre portée depuis le sud font que la neige peut s'y transformer facilement avec l'action du soleil ;
- les pentes au départ sont très fortes ;
- l'allure en travers est nettement celle d'un couloir, pour la branche nord un petit chenal torrentiel ;
- les dénivelées sont petites ;
- les pentes moyennes sont très fortes ;
- le profil en long est très régulier, légèrement concave et plutôt biplan.

Il est fort probable que plusieurs avalanches tombent quasiment chaque hiver jusqu'au niveau de la zone d'étude.

8.2. L'avalanche à redouter

Compte tenu de la nature de l'ouvrage à protéger (passerelle aérienne, a priori non fréquentée lors des conditions avalancheuses), la période de retour de l'avalanche à redouter est à peine décennale.

Sans aucune donnée nivologique ni historique spécifique, mais compte tenu :

- de l'altitude très élevée pour les Alpes : neige pouvant rester longtemps très froide à froide,
- de la très forte pente rencontrée : difficulté d'avoir une très forte accumulation au départ, mais très régulière : évolution « continue » de la dynamique de l'écoulement, avec très bonne reprise de la neige récente ;
- de la relative étroitesse du couloir, malgré l'aspect bifide : peu de concentration, mais développement possible en hauteur ;

- de l'accroche rocheuse de la base du manteau neigeux et de la forme transversale de couloir : fonctionnement avalancheux très probablement à seuil : accroche plutôt bonne avec une faible épaisseur de neige (< 50 cm ?), mais très rapidement beaucoup moins bonne avec une plus forte épaisseur,
- de l'orientation au soleil qui, dès le début de l'après-midi, doit participer nettement dans un premier temps au tassement des petites couches de neige récente et, dans un deuxième temps, à une augmentation de l'instabilité de la couche transformée,
- de la situation de l'ouvrage bien au-dessus du fond rocheux du couloir (estimation entre 10 et 12 m),
- de la neige en place au niveau de l'ouvrage qui, compte tenu de la très forte pente, ne peut excéder quelques mètres (3 voire 4 m) (photo Google Earth + reliquat estival), ce qui conduit à une garde hivernale verticale libre sous l'ouvrage d'environ 6 à 8 m,

c'est une **avalanche de neige légère** (type initiation de poudreuse) d'ampleur moyenne qu'il faudrait prendre comme référence.

L'avalanche de neige humide, coulante, ne devrait affecter que de possibles câbles d'ancrages bas, qui pourraient être alors protégés dans des conditions techniques voisines de celles nécessaires à celles pour la protection pareblocs.

Au niveau du projet, les principales caractéristiques de cette avalanche de référence sont :

- ♦ épaisseur totale : ~40 m ;
- ♦ largeur : ensemble du couloir ;
- ♦ masse volumique moyenne : $5,5 \text{ kg/m}^3$;
- ♦ vitesse (selon la pente) : ~50 m/s
- ♦ (pression longitudinale de référence : ~7 kPa ;)
- ♦ **Dans la tranche d'épaisseur de la situation de l'ensemble du projet de passerelle :**
 - pression longitudinale (selon la pente, vers l'aval) : ~15 kPa ;
 - pression perpendiculaire à la pente : ~12 kPa ; dans les 2 sens (vers le ciel et vers le sol).

Avec une pente locale de 40° , la décomposition des ces pressions d'avalanche dans cette tranche d'épaisseur de situation de la passerelle conduit à :

- pressions horizontales : vers l'extérieur : 19,2 kPa ; vers la montagne : 3,8 kPa ;
- pressions verticales : vers le bas : 18,8 kPa ; vers le haut : 0,5 kPa.

8.3. Les propositions de protections

Ces propositions de protection sont les suivantes :

- il ne faudrait pas que l'état limite de service de l'ouvrage soit dépassé dans les conditions de l'avalanche (grand froid, personne sur la passerelle, poids de neige sur le platelage : $\sim 50 \text{ kg/m}^2$) ;
- bien intégrer la forte turbulence de l'avalanche : une partie de l'ouvrage peut être soumise à une pression dans un sens et une autre partie, au même moment, à une pression dans un autre sens ! Avec une variation très rapide (changements brutaux), pendant au moins une dizaine de secondes ;
- n'installer, si possible, aucune surface pleine sur l'ensemble de l'ouvrage (limitation drastique des effets de pression) ;

- si la surface de maille entre les câbles est supérieure à 200 cm², on ne considère que le diamètre apparent des câbles, avec un coefficient de sécurité de 1,3 ;
- si la surface de maille entre les câbles est comprise entre 60 et 200 cm², on considère la section comme à moitié pleine ;
- considérer le caillebotis de marche sur la passerelle comme une surface pleine (colmatage et forte adhésion par gel avec la neige tassée par la faible fréquentation hivernale), sur au moins les trois quarts de la largeur.

8.4. Conclusion sur le risque lié aux avalanches

Le risque d'avalanches sur le site du projet de passerelle, sur l'itinéraire d'accès au mont Blanc, entre les refuges de Tête Rousse et de l'Aiguille du Goûter, est significatif dans le couloir n°38 de la carte de localisation des avalanches (le Grand couloir sur la carte IGN Top25). Il doit être pris en compte dès la conception de ce projet.

Les efforts d'avalanches sont estimés dans ce rapport. Ils paraissent pouvoir être intégrés de façon à assurer une meilleure pérennité de l'ouvrage. Ils correspondent à une avalanche de période de retour sensiblement décennale. Le risque d'un impact plus exceptionnel d'avalanche est donc toujours possible. Le comportement d'un tel ouvrage dans une avalanche poudreuse, même relativement petite, n'étant pas connu, il doit donc être envisagé avec prudence.

Plusieurs précautions de protection sont également détaillées au paragraphe 8.3.

9. SOLUTIONS DE SECURISATION DU COULOIR DU GOUTER

En tenant compte des études ci-dessus détaillées : géotechnique, avalanches, chutes de blocs, les solutions de sécurisation de la traversée du Grand Couloir pourraient être les suivantes :

9.1. Limitation de la fréquentation :

Une diminution de la fréquentation pourrait être envisagée, mais cela ne modifierait pas l'accroissement des chutes de pierres en période de réchauffement. Un critère de risque diminuant alors qu'un autre augmente, font qu'il est difficile de pouvoir évaluer l'impact d'une telle solution. Dans tous les cas, le risque résultant pour les montagnards resterait très fort.

Il apparaît relativement illusoire, voire à contre-courant, de vouloir diminuer la fréquentation du site alors qu'il s'agit d'un « spot » mondial d'alpinisme.

9.2. Signalisation, information, câble :

Cette solution est actuellement effective. Durant les mois d'été, un népalais d'origine Sherpa, parlant 5 à 6 langues, informe les montagnards, posté dans un petit local implanté sur la montée aux refuges de Tête Rousse et du Gouter, au niveau de l'arête Payot.

Des panneaux d'information existent, juste au départ de la traversée du Grand Couloir, précisant la manière de s'encorder sur le câble en place dans la traversée du couloir durant l'été.



22 juillet 2010. Cabane d'information sur l'arête Payot.

La signalisation et l'information constituent une amélioration de la sécurité, pour les montagnards qui ne connaissent pas le site. Malgré cela, beaucoup de personnes passent en dehors des heures d'information ou simplement sans s'arrêter, et beaucoup d'alpinistes fréquentant les Alpes sont déjà informés d'un risque.

Le très fort risque objectif de chutes de pierres et de blocs dans le couloir du Goûter et assez bien identifié dans le milieu montagnard. Mais, hormis les professionnels, guides ou secouristes, peu de montagnards connaissent réellement l'aggravation de ce risque liée au réchauffement climatique.

Dans tous les cas, actuellement, les pratiquants sont contraints de traverser le Grand Couloir et de s'exposer aux chutes de blocs.

Malgré le panneau de signalisation, très peu d'alpinistes s'encordent sur le câble existant qui est par définition mal placé, car sa bonne implantation doit varier en fonction de la fonte de la neige. La hauteur de neige étant plurimétrique au printemps, puis diminuant jusqu'à mi-juillet. Elle peut être pluridécimétrique durant l'été lors de chutes de neige.

Le niveau de sécurité n'est que peu amélioré par l'information et le câble. Cette solution présente l'avantage de laisser la montagne relativement intact.

9.3. Purge de la paroi et ancrages :

Le niveau de sécurisation pourrait être très nettement amélioré par des purges de blocs annuelles et l'ancrage de blocs, instables mais ne pouvant pas être purgés. Cette solution est couramment utilisée en génie civil pour protéger des ouvrages, par exemple le TMB (Tramway du Mont- Blanc) entre le Col de Voza et le Nid d'aigle.

Par contre, cette solution est assez inadaptée au Grand Couloir pour plusieurs raisons :

- la roche est très fracturée sur tout le versant et les purges ne pourraient être que partiellement efficaces, laissant perdurer un risque fort,
- entre 3.300 m et 3.800 m d'altitude, les cycles gel-dégel sont fréquents au printemps et en été et cela atténuerait rapidement l'effet de la purge,
- ces travaux sont difficiles, voire dangereux sur un versant aussi fracturé,
- le nombre de blocs à ancrer serait important.

9.4. Protection de la traversée du couloir par des filets ASM (Anti-Sous-Marins)

Plusieurs filets pareblocs, disposés les uns au-dessus des autres, pourraient augmenter fortement la sécurisation de la traversée du Grand Couloir, mais leur intégration paysagère serait assez inadaptée et leur entretien lourd et dangereux :

- déstockage annuel des blocs piégés, nécessité par le grand nombre de chutes de pierres et de blocs,
- réparation des filets, poteaux et ancrage lors de chocs par des blocs métriques ou plurimétriques.

9.5. Protection de la traversée du couloir par un ouvrage en béton armé :

Une solution garantissant une sécurité totale pour les personnes consisterait à protéger la traversée par un ouvrage de type « Casquette » en béton armé, tel qu'il en était mis en œuvre comme galeries paravalanches au Chemin de Fer du Montanvers, ou entre les tunnels du Tramway du Mont blanc.

Par contre, un tel ouvrage serait inadapté à l'intégration environnementale et à l'éthique montagnarde du site.

9.6. Passerelle souple de type himalayen :

Une passerelle souple de type himalayen nous apparaissait adaptée pour très fortement réduire les risques de chutes de blocs et d'avalanches, sous réserve qu'elle soit fermée aux alpinistes lors des épisodes avalancheux. Elle aurait été intégrée au paysage. En effet, elle n'aurait été que très peu visible à quelques centaines de mètres.

L'esprit de la montagne n'aurait pas été dénaturé par un tel ouvrage, au contraire, car des passerelles de ce type sont très fréquentes en haute montagne au Népal, comme le montrent les deux photographies suivantes.



Passerelle située à proximité des Annapurnas

MEIGE

Fondation PETZL. Sécurisation de la traversée du Grand Couloir



Passerelle sur l'accès aux hautes vallées de l'Everest vers Namché

Ce type d'ouvrage est aussi adapté à l'occident. Pour exemple citons les 2 passerelles himalayennes du Lac du Monteynard (38), dont celle de 217 m ci-dessous :



Nous détaillons au paragraphe 10.1 pourquoi cette solution doit être abandonnée.

9.7. Galerie piétons :

Une galerie pour les piétons, souterraine de faible section (2.5 m x 2.5 m) peut être envisagée. Elle garantirait une sécurisation à 100 % de la traversée du Grand Couloir aussi bien pour les chutes de blocs que pour les avalanches. Une telle galerie permettrait une exploitation en hiver et en été tout en étant totalement intégrée à l'environnement. Il en existe plusieurs dans les Alpes.

Un tel ouvrage est techniquement très adapté, mais plus lourd financièrement qu'une passerelle, car il serait nécessaire de :

- ne pas rester trop près de la surface très fracturée du versant,
- soutenir la roche et de construire des ouvrages de têtes,
- prolonger la galerie pour éviter au maximum les chutes de blocs en rive gauche.

L'avant projet et l'estimation des coûts de travaux de cette galerie piétons figurent au paragraphe n°10.2 et en annexe 3.

10. AVANT-PROJETS DE DEUX DES SOLUTIONS DE SECURISATION DU COULOIR DU GOUTER

10.1. Passerelle himalayenne

10.1.1. Présentation de la solution

Nous avons envisagé (Cf. rapport indice A) une passerelle de type himalayen en câbles, implantée sur les arêtes rocheuses en rives du Grand Couloir, longue de 90 m pour la soustraire aux risques de chutes de pierres et de blocs, tel que décrit ci-dessous.

L'ouvrage aurait pu consister en :

- câbles porteurs clos de 60 mm de diamètre,
- ligne de vie indépendante,
- gardes corps à grandes mailles,
- platelage de 70 cm de large,
- flèche de 3.50 m,
- massifs de fondation et ancrage intégrés à la roche en place,
- dispositifs de réglages de tension des câbles protégés.

La passerelle n'aurait pas été démontée en hiver, sauf le platelage qui aurait été adapté à un démontage et remontage rapide. En été, la passerelle aurait pu supporter d'éventuelles petites avalanches sans démontage du platelage.

Le passage d'alpiniste n'aurait pas été autorisé :

- en été, lors d'avalanches à cause d'éventuelles turbulences et de la pression avec une neige poudreuse,
- en hiver, dès que le platelage est démonté.



Parcours actuel

Projet

Implantation de la passerelle himalayenne.



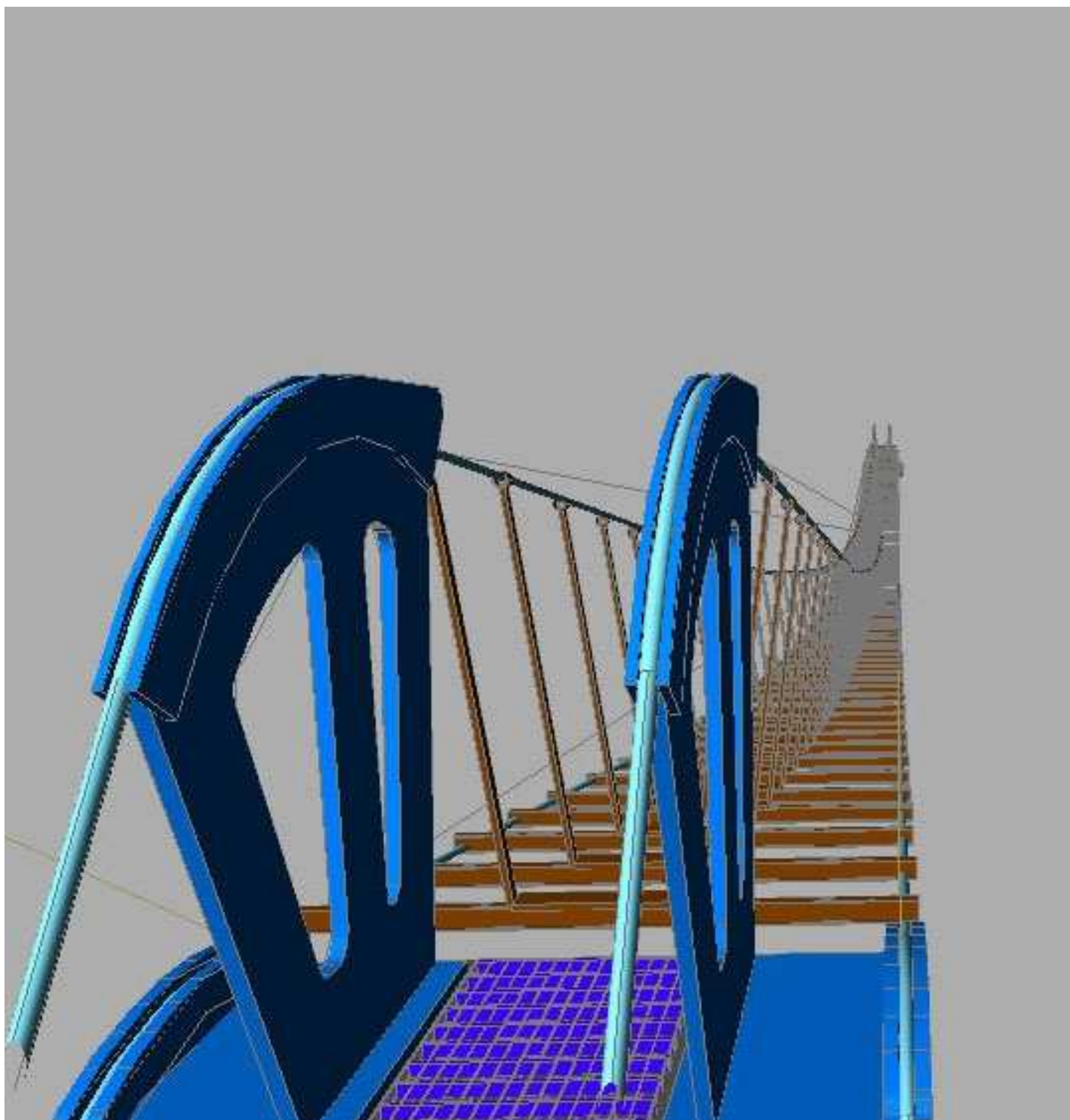
Ci-dessus le projet de passerelle en blanc pour pouvoir le visualiser. Ci-dessous le même projet mais en conditions réelle avec une couleur plus neutre. L'ouvrage n'aurait été que très peu visible.



MEIGE

Fondation PETZL. Sécurisation de la traversée du Grand Couloir





Vue de la passerelle en 3 D. Les couleurs neutre se seraient fondues au paysage rocheux.

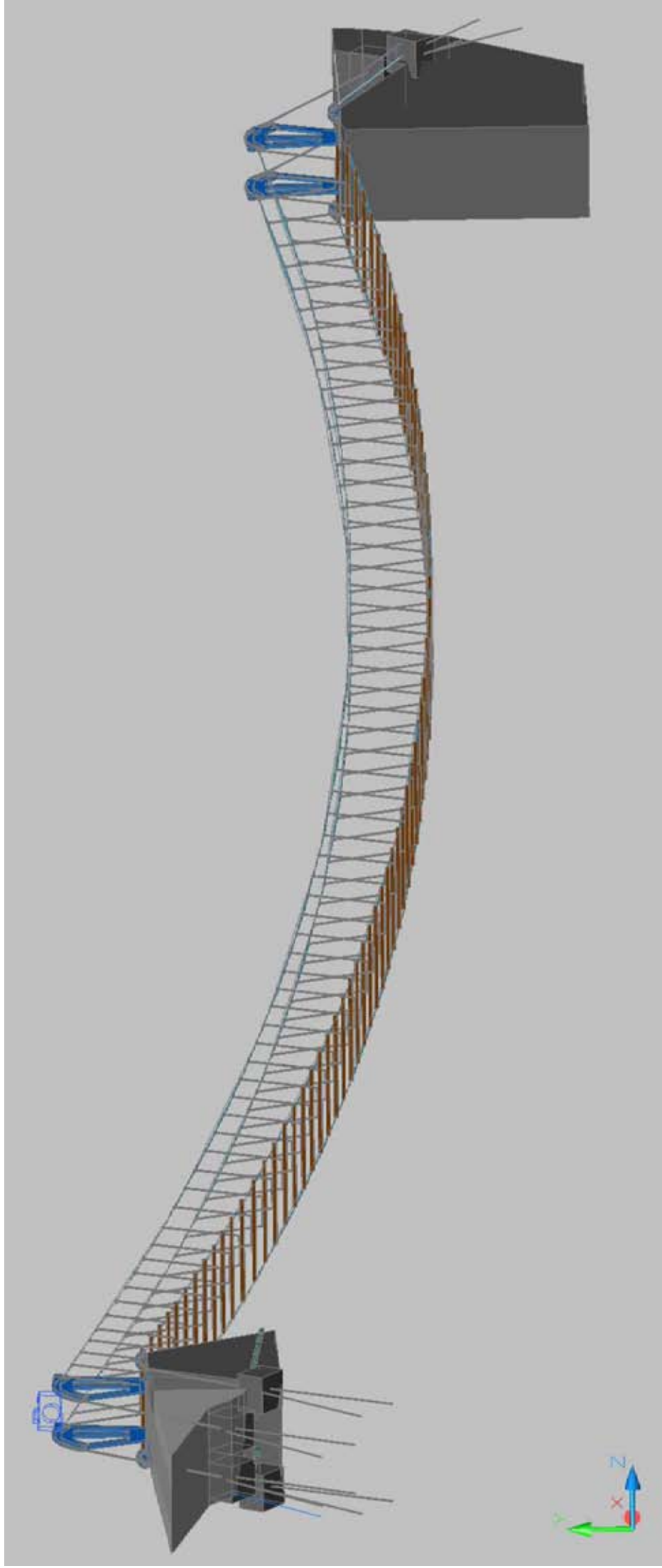
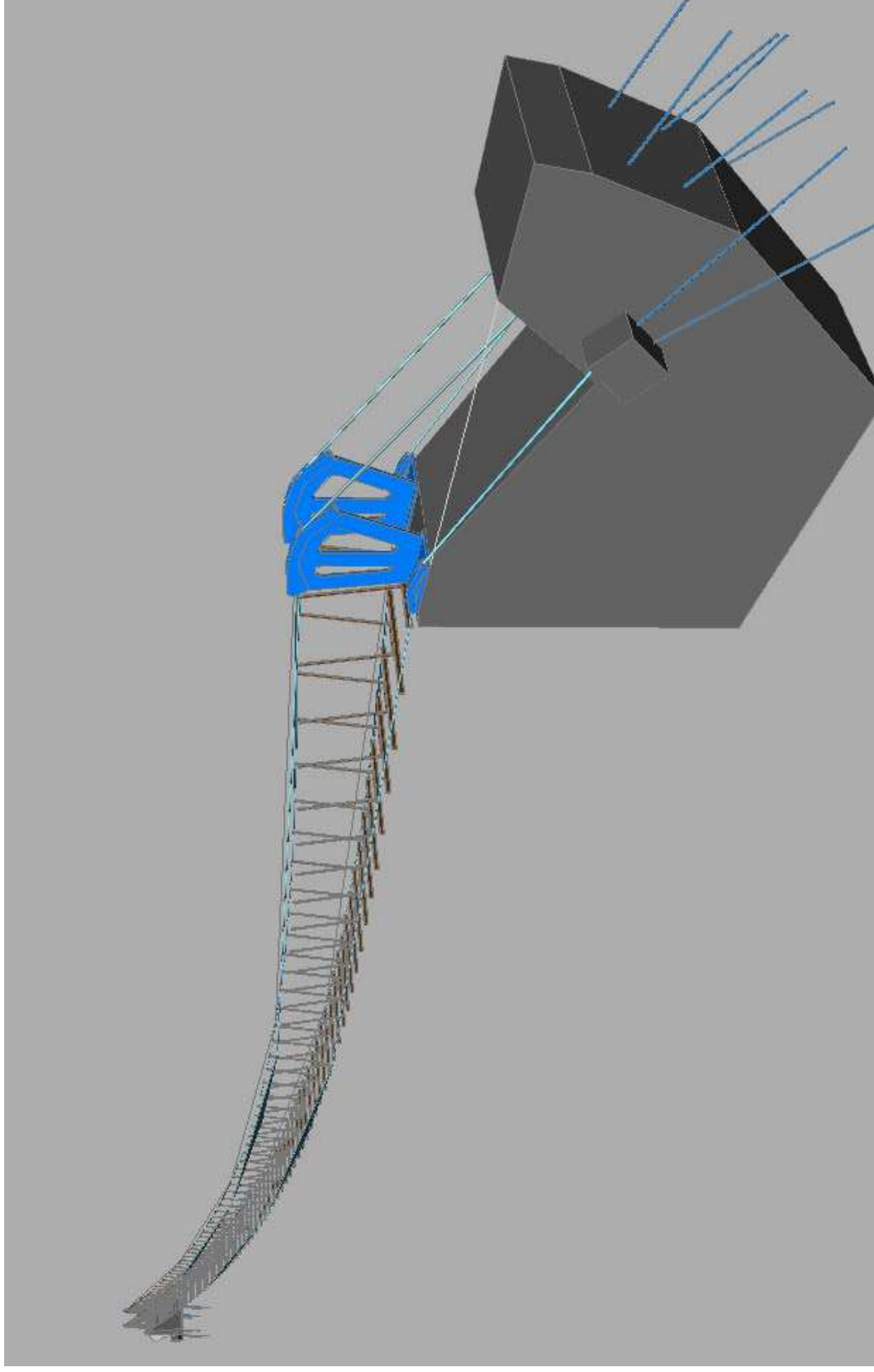
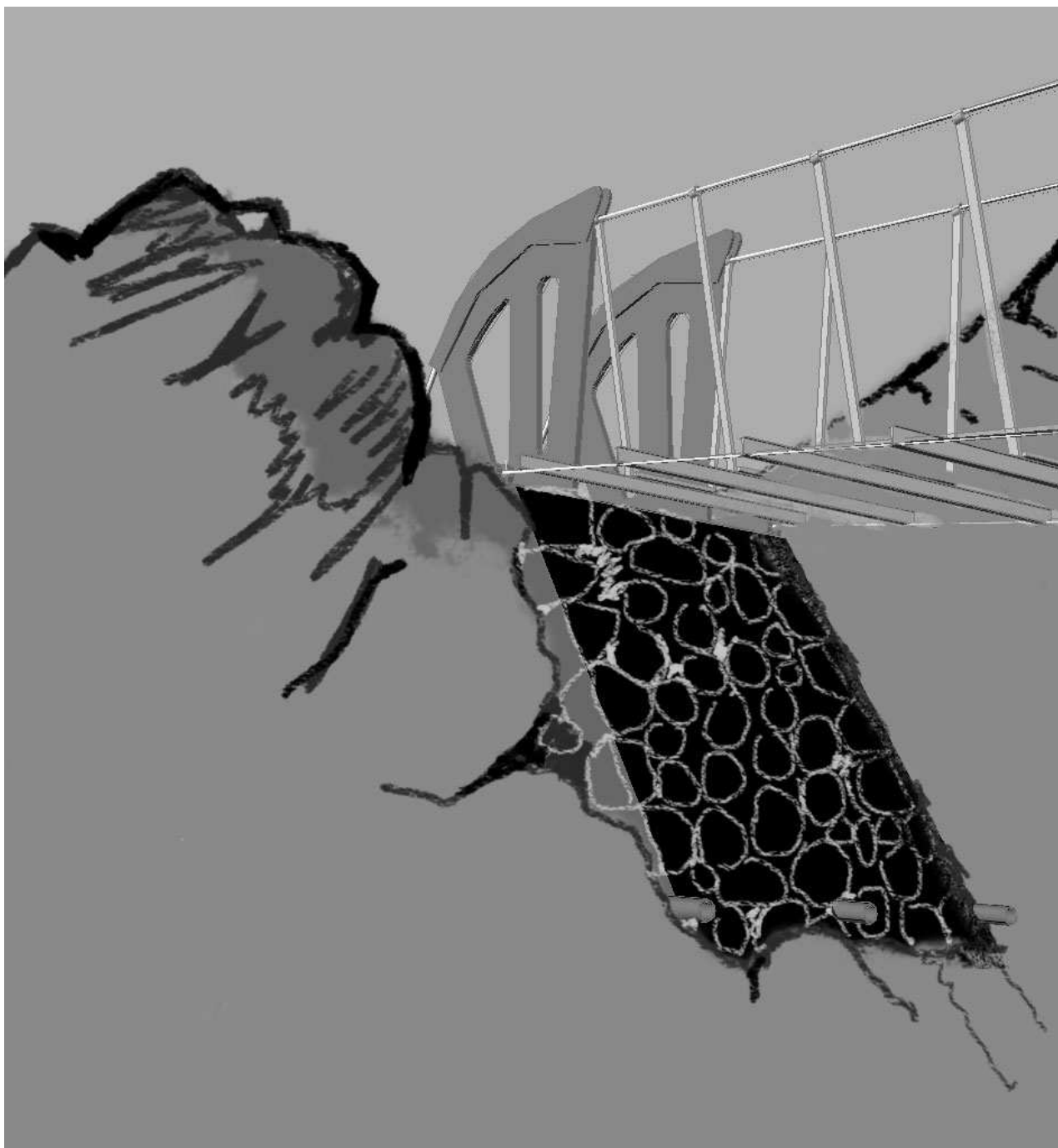


Image 3 D de la passerelle et de ses culées. Les ancrages dessinés sont indicatifs. Se référer à la note de calculs de fondations. Il s'agit d'une vue de projet. Les fondations et les ancrages n'auraient pas été visibles car encastrés dans les sols rocheux.



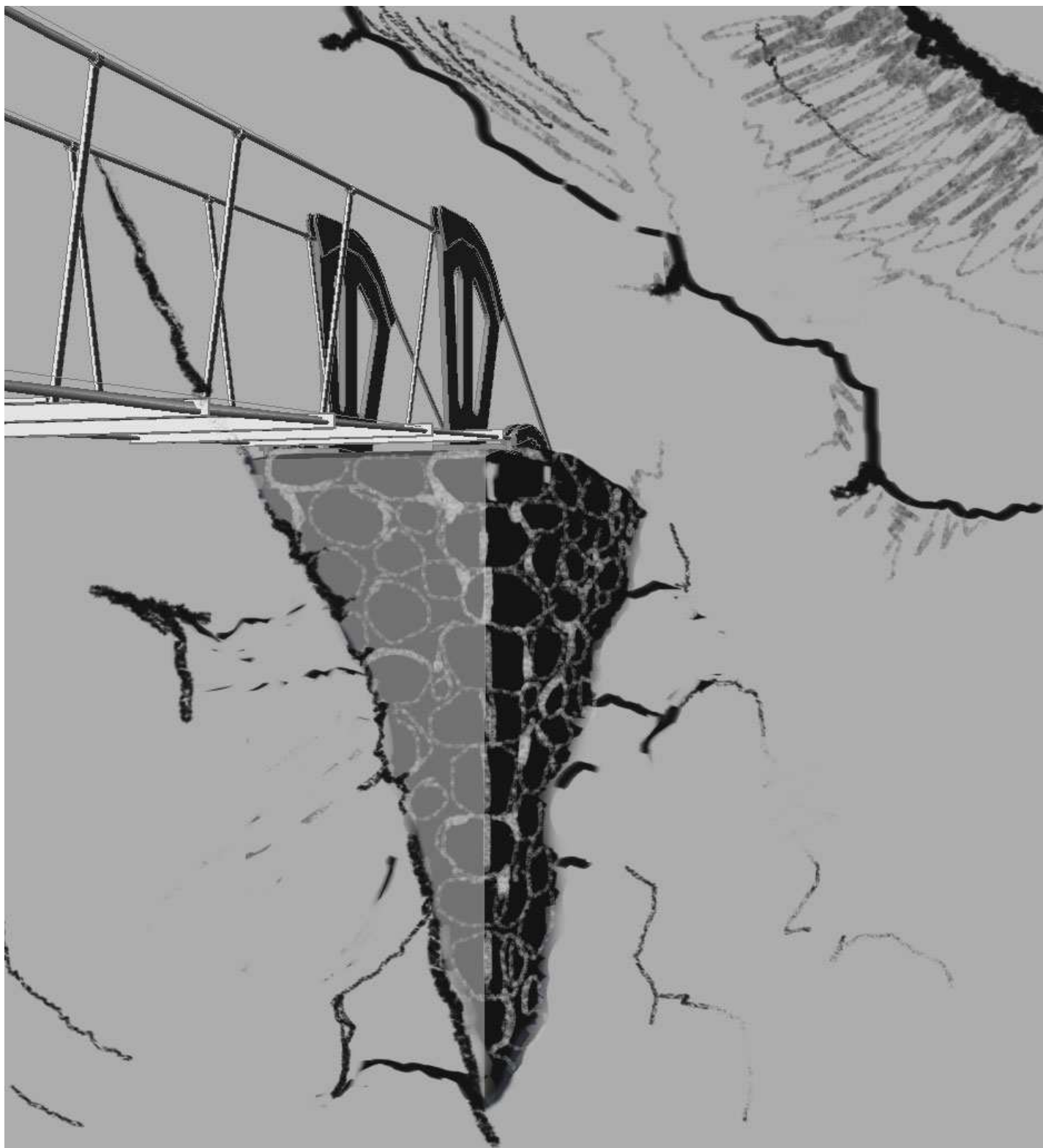
**Image 3 D de la culée rive gauche. Les ancrages dessinés sont indicatifs. Se référer à la note de calculs de fondations.
Il s'agit d'une vue de projet.**



Croquis de l'aspect paysager de l'extrémité (culée) de la rive droite. Toute la fondation aurait été encastrée et la seule partie vue aurait composé un parement en pierres du site.

MEIGE

Fondation PETZL. Sécurisation de la traversée du Grand Couloir



Croquis de l'aspect paysager de l'extrémité (culée) de la rive gauche. La majeure partie de la fondation aurait été encastrée et la seule partie vue aurait comporté un parement en pierres du site.

10.1.2. Estimation du coût de l'ouvrage et planning de travaux

Les travaux avaient été estimés au niveau Avant-Projet (Cf. rapport indice A) au montant de : **255 710,00 € HT ; 305 829,16 € TTC** . Cela ne comprenait pas les reconnaissances et études de projet G2.

Les travaux auraient pu être réalisés en été. Leur durée pouvait être estimée de 2.5 à 3.0 mois.

10.1.3. Conclusions sur la faisabilité et l'avant projet de passerelle himalayenne

Nous avons envisagé une passerelle de type himalayen de 90 m pour traverser le couloir du Goûter. Les compléments d'informations apportés par les guides de montagnes et les nouveaux calculs de trajectographies montrent qu'un ouvrage situé au-dessous de 35 m par rapport à l'axe du couloir serait exposé à un aléa fort de chutes de blocs (Cf. paragraphe 7) Par contre un ouvrage situé au dessus de 35 m voir 40 m ne serait pas exposé à l'aléa de chutes de blocs.

Les rives du couloir ne sont pas affectées par un aléa aussi fort. En rive droite un filet pare-blocs de type ASM (anti-sous-marins) aurait permis de sécuriser les piétons au niveau de la culée de la passerelle. Les ancrages, les fondations et les éléments de réglages auraient été sous le niveau du terrain naturel donc protégés. En rive gauche l'arête rocheuse diminue grandement le risque lié aux chutes de blocs, et comme pour la rive droite les massifs de fondation et ancrages auraient été enterrés.

Les énergies des blocs sont fortes.

Or, même en implantant la passerelle à l'altitude 3380 m sur les deux rives, la hauteur sous passerelle ne dépasse pas 25 à 26 m à l'axe du couloir, et un ouvrage du même type mais étudié pour passer 10 à 15 m plus haut nécessiterait des piles et ne serait plus intégré à l'environnement.

Pour ces raisons et malgré l'attrait et le coût raisonnable de cette solution de passerelle de type himalayien, nous sommes maintenant amenés à la déconseiller.

10.2. Galerie piétons

10.2.1. Présentation de la solution

Une galerie pour piétons de faible section est adaptée pour palier aux risques d'avalanches et de chutes de blocs, au droit de la traversée du couloir du Goûter, en toutes saisons.

Il s'agirait d'une galerie souterraine de 2.5 m de diamètre, longue de 180 mètres, arquée pour garder une couverture de roche suffisante, de l'ordre de 10 m.

Les deux têtes seraient aménagées avec de petits ouvrages constitués par des cintres et du béton projeté, comportant un tympan débordant de 1.0 m servant de protection contre les chutes de blocs.

Toutes les parties extérieures seraient maçonnées en pierres du site ou constituée de béton armé avec un parement pierre.

Le profil en long serait légèrement ascendant de la rive droite vers la rive gauche, avec une pente de 15 %.

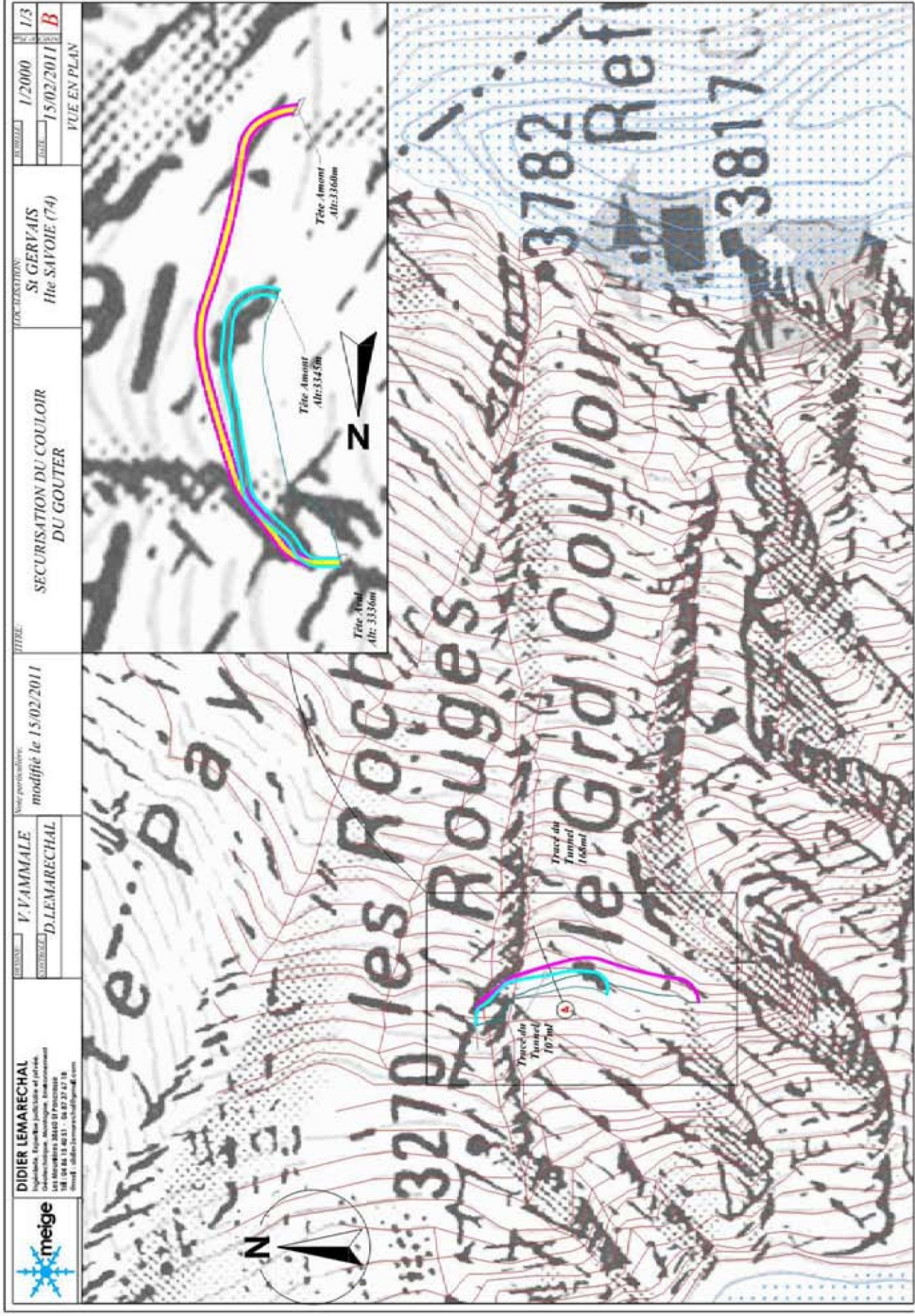
La longueur de ce projet de galerie pour piétons varie en fonction de l'implantation de la tête en rive gauche. Les calculs de trajectographie figurant au paragraphe 7.3, permettent de préciser le risque lié à cette implantation.

Nous avons envisagé et estimé financièrement les deux solutions extrêmes :

- la plus petite, longue de 107 m permettant de se protéger de la plus grande partie des chutes de blocs du couloir ;
- la plus longue : 168 m, permettant de réduire encore plus l'aléa de chutes de pierres et de blocs sur la rive gauche du couloir.

Des solutions intermédiaires sont envisageables. Le choix du niveau de risque résiduel revient aux pratiquants et professionnels guides....

Les plans : d'implantation, profil en long, coupes type et aménagement des têtes figurent ci-dessous :





DIDIER LEMARECHAL
 Ingénieur, Expertise judiciaire et privée,
 Géotechnique, Montage, Environnement
 Les Merisiers 38660 St Pancrasse
 Tél : 04 86 15 40 51 - 06 87 37 67 18
 email : didier.lemarechal@gmail.com

DESIGNER: **V. VAMMALE**
 CONTRÔLEUR: **D. LEMARECHAL**

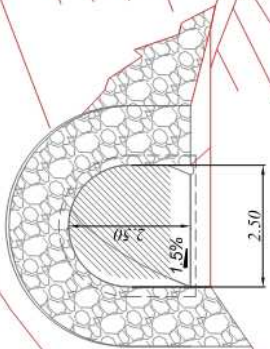
Note particulière:
**AVANT PROJET
 TUNNEL**
 modifié le 15/02/2011

TITRE:
**SECURISATION DU COULOIR
 DU GOUTER**

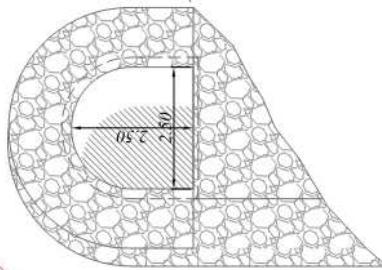
LOCALISATION:
**St GERVAIS
 Hte SAVOIE (74)**

ECHELLE: **1/100**
 DATE: **31/01/2011**
 INK/KN: **2/3**
B
 VUE DE FACE ET COUPE

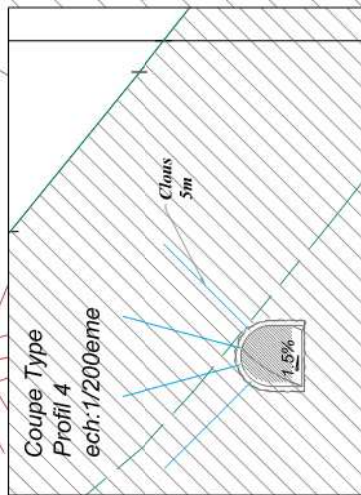
VUE DE FACE
 TETE AVAL



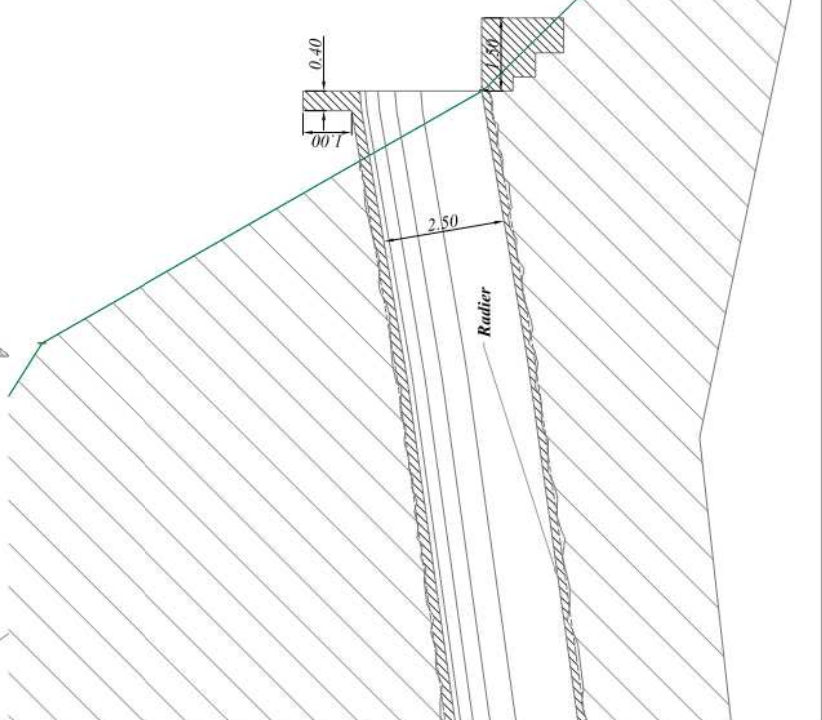
VUE DE FACE
 TETE AMONT

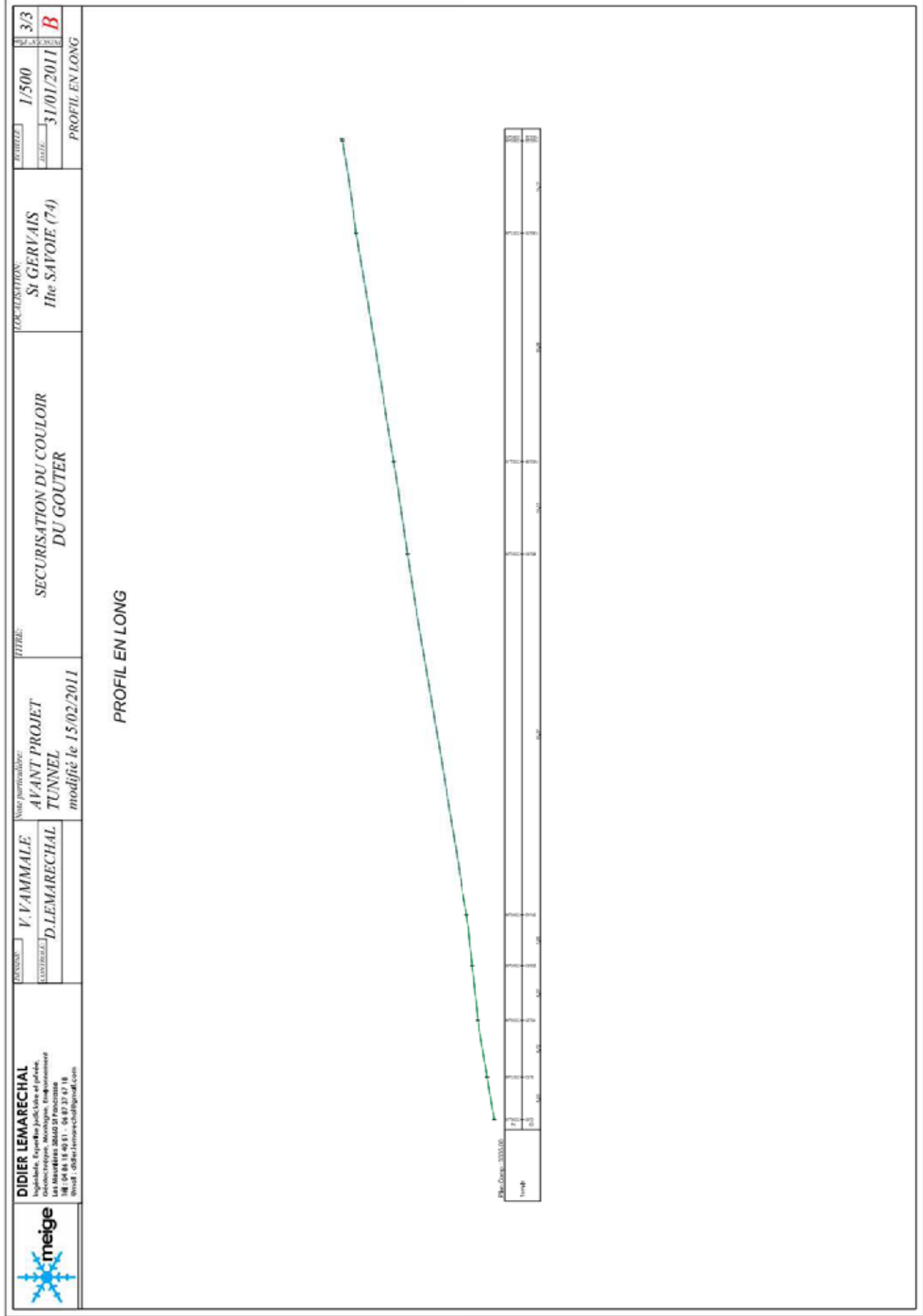


PROFIL EN LONG
 TETE AVAL



PROFIL EN LONG
 TETE AMONT





10.2.2. Etude de faisabilité géotechnique

Conformément au dossier pilote des tunnels et ouvrages souterrains AFTES (Association Française des Travaux en Souterrain), nous avons analysé les données géotechniques de ce projet de galerie piétons de petite section :

- **Géologie :**

Sur le site même, la roche est constituée de gneiss et de micaschistes indifférenciés plus ou moins mylonitisés. Les bancs sont décimétriques à métriques parfois compacts, mais généralement friables. Les reliefs, notamment les rives du Grand Couloir, sont constituées par les bancs les plus résistants. Les reconnaissances complémentaires devront vérifier les éventuels affleurements de roche plus tendre.

- **Altération :**

La roche est relativement peu altérée sauf lorsqu'elle est schisteuse. Certains bancs sont assez compacts, notamment en rive gauche. Par contre, la roche est très fracturée et décomprimée en surface, et sur une épaisseur métrique à plurimétrique.

L'état d'altération à la profondeur de l'ouvrage devra être reconnu lors des reconnaissances complémentaires par forages et sondages sismiques.

- **Conditions hydrogéologiques :**

Les circulations d'eau s'effectuent en surface par ruissellement, et au sein du massif par la fracturation.

▪ **la charge hydraulique** sera faible (H1) à moyenne (H2) et les eaux pourront être facilement évacuées gravitairement,

▪ **la perméabilité du massif** est anisotrope. Les écoulements se font par les discontinuités. Le coefficient de perméabilité le plus élevé et le rapport d'anisotropie devront être précisés lors des reconnaissances complémentaires et des études de projet.

- **Discontinuités.**

Les familles de discontinuités les plus représentées sont :

- F1 : foliation des gneiss et micaschistes : Nord 15° à 35° ; 50° à 58° Est. Cette famille est prédominante sur la face. Elle constitue les reliefs,
- F2 : fracturation discontinue entre bancs rocheux : Nord 65°, 80° Ouest.

Cette forte fracturation déclenche naturellement beaucoup de chutes de blocs lors des cycles de gel et dégel.

- **Caractéristiques mécaniques des roches :**

L'indice de continuité devra être déterminé lors des études de projet. La résistance peut être estimée élevée pour les bancs de gneiss et plus faible pour les bancs de

micaschistes. Ces résistances en compression uniaxiale et en traction devront être mesurées en laboratoire sur éprouvettes carottées sur site.

- **L'altérabilité de la roche** : sera à préciser lors des reconnaissances complémentaires.

Les contraintes naturelles :

Les contraintes dans le massif et les modifications apportées devront être précisées par des calculs de type convergence confinement ou équivalents. Dans les calculs il conviendra de prendre en compte une pression interstitielle même si les sondages étaient secs.

- **Déformabilité** : si besoins des essais au vérin permettraient de préciser la déformabilité du massif rocheux.

- **Effets sismiques du travail à l'explosif** :

Les mesures de vibrations permettront de préciser les charges unitaires maximum et la méthodologie (plan de tir) à envisager pour travailler à l'explosif, afin de préserver l'existant.

Sans être exhaustif, les principales dispositions constructives seront :

- amenée et repli des personnels et matériels sur site,
- protection du chantier aux têtes d'ouvrage, de type purges préventives et filets pare-blocs,
- confortements de la roche au niveau des têtes au moyen d'ancrages et de béton projeté, avant travaux de percement,
- déroctage à l'explosif par passes de 1.5 m avec confortements par clouage et béton projeté ou coffré (épaisseur 20 cm),
- série de contrôles (contraintes, vibrations, instrumentation notamment extensomètres, essais de compressions sur les bétons...) avant, pendant et après travaux,
- évacuation des 1200 m³ de déblais de déroctage et stockage définitif en fonction de la réponse à la demande d'autorisation, par l'intermédiaire de goulottes, blondin ou autre technique,
- réalisation des petits ouvrages de têtes, constitués : de cintres et de béton projeté, de murs maçonnés en pierres du site ou en béton armé comportant un parement en pierres, avec muret de protection contre les chutes de pierres (Cf. plans de principe)
- réalisation d'un radier comportant une pente latérale permettant à l'eau d'être collectée et évacuée gravitairement par une cunette longitudinale implantée d'un côté de la petite galerie,
- réalisation de murs en retour en béton armé avec parement en pierres du site ou maçonné,
- fourniture et mise en œuvre d'un éclairage succin, en leds, alimenté par panneaux solaires,
- fourniture et mise en œuvre de portes métalliques afin d'éviter le remplissage de la galerie par la neige en hivers,
- aménagements de sécurité tels que rampe.....,
- ...

10.2.3. Estimation du coût des travaux

Nous avons demandé un mémoire justificatif et une estimation financière à l'entreprise **Campenon Bernard**. Le document intégral figure en annexe 3.

A notre demande, l'entreprise Campenon Bernard a estimé le coût des travaux de réalisation d'une galerie piétons de 180 ml de long.

En reprenant les ouvrages de 107 ml et 168 ml les estimations financières sont les suivantes.

Tunnel de Ø 2.5 m long de 107 m :

N° prix	Désignation des travaux	U	Prix unitaire	Quantité	Montant HT Euros
1	Préparation et amenée des équipes et du matériel	ft	150 000,00	1	150 000,00
2	Amorce de la galerie et casquette	ml	16 000,00	3	48 000,00
3	Creusement de la galerie 5 m2 l = 2,5 m ; h=2,5 m ; pente 15 %	ml	2 800,00	107	299 600,00
4	Percement et sortie de la galerie	ft	32 000,00	1	32 000,00
5	Mise en place de boulons à ancrage ponctuel	u	50,00	320	16 000,00
6	Mise en place de treillis soudés	m2	15,00	214	3 210,00
7	Fourniture et mise en œuvre de béton en radier	T	955,00	72	68 760,00
8	Fourniture en mise en œuvre de béton projeté	T	1 150,00	60	69 000,00
TOTAL € H.T					686 570,00
TVA 19,6%					134 567,72
TOTAL € T.T.C					821 137,72

Tunnel de Ø 2.5 m long de 168 m :

N° prix	Désignation des travaux	U	Prix unitaire	Quantité	Montant HT Euros
1	Préparation et amenée des équipes et du matériel	ft	150 000,00	1	150 000,00
2	Amorce de la galerie et casquette	ml	16 000,00	3	48 000,00
3	Creusement de la galerie 5 m2 l = 2,5 m ; h = 2,5 m ; pente 15 %	ml	2 800,00	168	470 400,00
4	Percement et sortie de la galerie	ft	32 000,00	1	32 000,00
5	Mise en place de boulons à ancrage ponctuel	u	50,00	504	25 200,00
6	Mise en place de treillis soudés	m2	15,00	336	5 040,00
7	Fourniture et mise en œuvre de béton en radier	T	955,00	112	106 960,00
8	Fourniture en mise en œuvre de béton projeté	T	1 150,00	60	69 000,00
TOTAL € H.T					906 600,00
TVA 19,6%					177 693,60
TOTAL € T.T.C					1 084 293,60

Ne sont pas compris dans ces estimations :

Les éventuels aménagements complémentaires suivants :

- la fourniture et la mise en œuvre d'un éclairage succin, en leds, alimenté par panneaux solaires,
- la fourniture et la mise en œuvre de portes métalliques afin d'éviter le remplissage de la galerie par la neige en hivers,
- les aménagements de sécurité tels que rampe....,

Les reconnaissances complémentaires, et études de projet puis d'exécution,

La maîtrise d'œuvre des travaux.

10.2.4. Planning de travaux

Les travaux pourront être réalisés en un été, de juin à octobre (5 mois), en fonction des jours de beau temps.

Les équipes travailleront soit en deux grands postes, soit en trois postes, par 24 h. Deux volées par jour peuvent être envisagées. Cela correspond à 60 jours ouvrables de déroctage auxquels il faut ajouter les travaux préparatoires et les finitions.

10.3. **Limites des études d'avant projet**

Les limites de ces études d'avant projet (G 12) sont décrites dans la norme NF P 94-500 – Missions type d'ingénierie géotechnique, dont un extrait figure en annexe 1 de ce rapport.

Ces avant-projets devront nécessairement être confirmé par :

- des reconnaissances complémentaires, notamment et sans que cela soit exhaustif :
 1. un levé topographique précis du terrain au droit de l'ouvrage,
 2. des sondages de reconnaissances, destructifs et carrottés au niveau des culées ou des têtes de galerie, avec des essais pressiométriques et dilatométriques,
 3. des mesures vibratoires,
 4. des essais de traction sur des ancrages perdus scellés au niveau des culées à la profondeur des futurs ancrages définitifs,
 5. une étude géotechnique dont un levé précis de la fracturation,
 6. des essais de laboratoires de type : compression, brésilien....
 7.

- des études de projets (G 2) comportant au minimum,
 1. une justification de la stabilité du massif tenant compte de l'aspect structural (failles, fractures et autres discontinuités),
 2. une justification vis à vis d'éventuelles pressions intersticielles,
 3. un calcul de la nouvelle répartition des contraintes durant et après les travaux, méthode convergence confinement,
 4. une définition des seuils vibratoires à ne pas dépasser lors des travaux de déroctage,
 5. une justification des épaisseurs minimum de roche restant côté aval,
 6. les définitions et justifications des renforcements ou confortements (ancrages passifs, bétons projetés, bétons de structure...) à mettre en œuvre : en tête d'ouvrage, en section courante, lors du percement, en provisoire et en définitif,
 7. les plans de projets,
 8. les notes de calculs de tout ce qui est ci-dessus décrit,
 9. un descriptif des contrôles à mettre en œuvre lors des travaux,
 - 10.....

- des études d'exécutions (G3).

11. **ETUDE DE FAISABILITE ENVIRONNEMENTALE**

L'étude de faisabilité environnementale du projet de passerelle a été réalisée par le cabinet Karum. Elle figure intégralement ci-dessous. La galerie souterraine pour piétons impacterait encore moins l'environnement. Nous n'avons donc pas demandé une nouvelle étude de faisabilité environnementale. L'étude suivante est tout à fait adaptée à la faisabilité du projet de galerie souterraine de faible section.

Un complément d'étude environnementale devra être effectué ultérieurement lors : du projet détaillé, des études d'exécution, notamment en ce qui concerne le stockage des matériaux de déroctage et son intégration paysagère.

PREAMBULE

- **Nature du projet**

La présente étude de faisabilité concerne un projet de construction d'une passerelle traversant le Grand Couloir du Goûter sur l'itinéraire d'ascension du mont Blanc depuis Saint-Gervais, entre le refuge de Tête Rousse et l'accès au refuge du Goûter.

Il s'agira d'un ouvrage suspendu d'environ 90 mètres de long permettant de sécuriser la traversée du Grand Couloir, réputé pour sa dangerosité liée aux fréquentes chutes de pierres.

- **Spécificité du contexte**

Ce projet prend place dans un contexte très spécifique puisqu'il s'agit du site du Mont-Blanc, site de haute montagne à la fois très sensible, très exigeant mais aussi très fréquenté.

Le mont Blanc fait également l'objet d'un périmètre de site classé, ce qui traduit une forte sensibilité paysagère et environnementale, et impose la prise en compte de contraintes réglementaires fortes.

- **Objectifs de l'étude de faisabilité environnementale**

Cette mission intervient très à l'amont d'une démarche de réalisation effective du projet. Son objectif est d'assurer un accompagnement technique de la maîtrise d'ouvrage, lui permettant d'envisager, en amont, les conditions environnementales de faisabilité d'un tel aménagement, dans un site de haute montagne encore vierge d'équipement.

Il s'agit de :

- mieux cerner les sensibilités et les enjeux environnementaux,
- réaliser une analyse à la fois environnementale et technique : choix du site, modalités techniques de prise en compte des impératifs environnementaux dans les conditions particulières de ce secteur...
- anticiper les incidences en termes de démarche(s) réglementaire(s) en identifiant les études à mobiliser par la suite : étude d'impact du projet ou notice d'intégration environnementale, incidence Natura 2000...

Pour cela, l'étude de faisabilité environnementale se décline sous quatre volets :

- l'analyse de l'état initial du site,
- la description sommaire du projet,
- l'identification des enjeux et des effets probables de ce dernier,
- la présentation des conditions émises pour sa réalisation.

11.1. Analyse de l'Etat initial du site

11.1.1. Localisation

Le projet de passerelle se situe sur le versant ouest du mont Blanc, côté Saint-Gervais-les-Bains, dans le secteur du Goûter et de Bionnassay.

Sur le tracé de la voie normale d'ascension du mont Blanc, il correspond à la traversée du Grand Couloir entre le refuge de Tête Rousse et le refuge de l'aiguille du Goûter, à environ 3.300 m d'altitude. C'est un secteur de pentes très raides qui présente un aspect principalement rocheux et un caractère relativement instable.



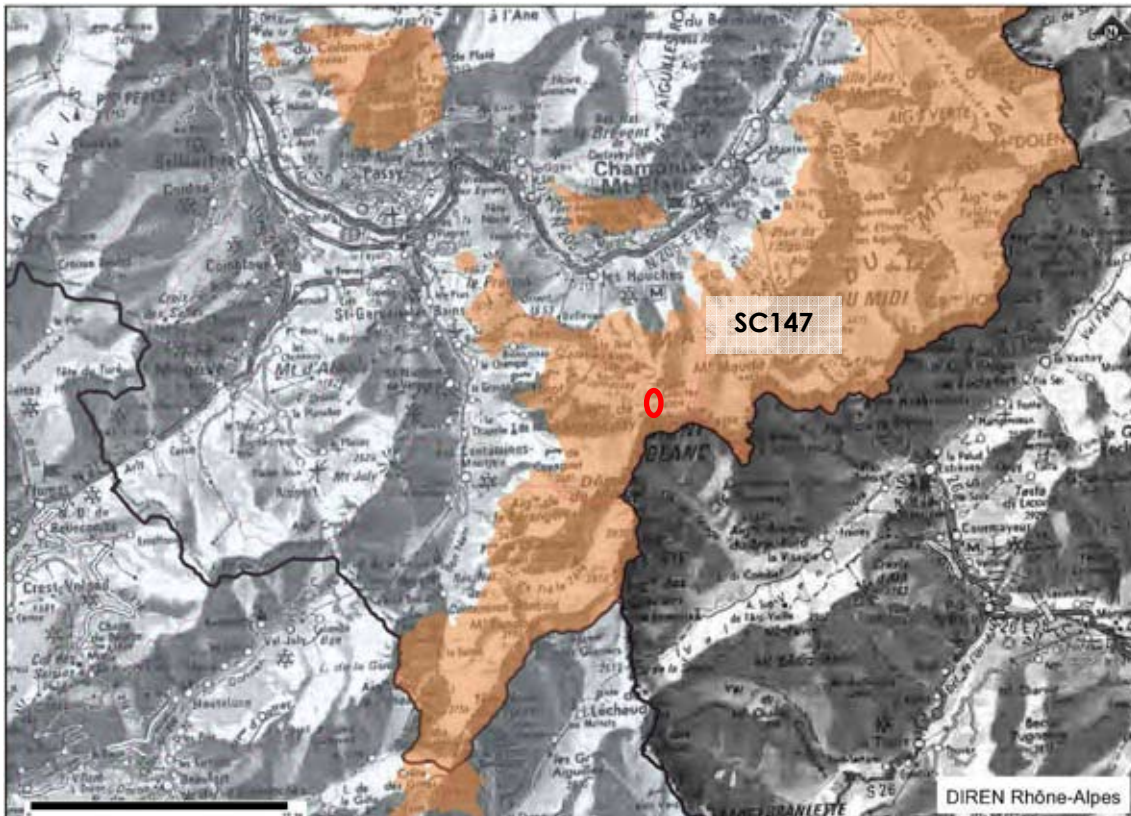
Carte de localisation du projet de passerelle

11.1.2. Paysages

Espaces paysagers protégés et/ou reconnus

Le site classé du Massif du Mont-Blanc

Le projet se situe au sein du site classé « SC147- MASSIF DU MONT BLANC (3 DÉCISIONS) ». Ce site classé couvre l'ensemble du massif, soit une surface totale de 25 354 hectares (cf. carte de localisation ci-après). Il a été classé parmi les sites à caractère pittoresque par arrêté du 14/06/1951. Il comprend l'ensemble des glaciers, sommets et terrains domaniaux d'altitude des communes de Chamonix, les Houches, les Contamines et Saint-Gervais-les-Bains.



Périmètre du site classé – Source : DIREN Rhône-Alpes *En rouge : Site du projet*

Les inventaires de paysages

Sans faire l'objet de protection particulière, les inventaires paysagers traduisent une reconnaissance partagée de l'identité paysagère locale. Deux inventaires sont à prendre en compte :

- **A l'échelle régionale : les 7 familles de paysages de Rhône-Alpes (DIREN Rhône-alpes, 2005)**

Le site d'étude se trouve au sein de l'unité paysagère « Hautes vallées du massif du Mont-Blanc et des contamines » (136 HS.S) correspondant à la famille des « paysages naturels ».

- **A l'échelle départementale : l'Atlas des paysages de Haute-Savoie (DDE/CAUE 74, 1997)**

Le site d'étude se trouve dans la logique de l'Unité Paysagère de la « Haute Vallée de l'Arve » dont les composantes à retenir sont les suivantes :

- des paysages prestigieux protégés : il s'agit des paysages naturels du massif du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges reconnus au niveau national. A ces paysages de haute montagne sont associés, à des altitudes plus basses, les Gorges de la Diosaz et les grands massifs forestiers, de part et d'autre de la vallée.
- des espaces ruraux limités, mais d'une grande importance paysagère, par leur présence, notamment dans les fonds de vallée.
- des espaces soumis à une forte pression urbaine et touristique : l'atlas note en face du versant du projet la transformation en cours de plusieurs hameaux et

du village de Bionnassay, en une zone à tendance de plus en plus résidentielle ou comportant des hébergements d'accueil touristique.

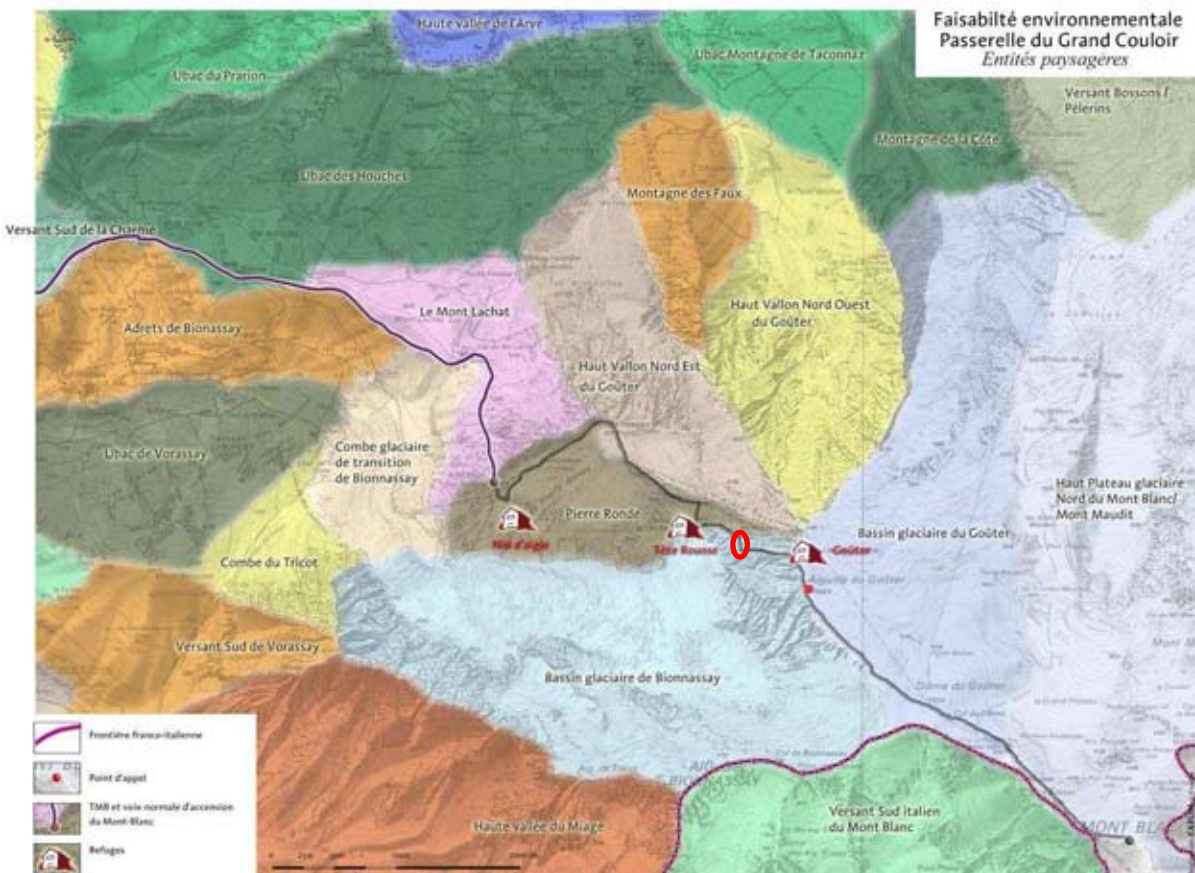
- d'équipements touristiques aux abords du massif du Mont-Blanc (cas du Tramway du Mont-Blanc et des domaines skiables des Houches et de Saint-Gervais, commune où se situe le site du projet).

Pour rappel : « Une unité paysagère regroupe des espaces dont l'ensemble des caractères de relief, d'hydrographie, d'occupation des sols, de forme d'habitat et de végétation présente une homogénéité d'aspect ».

Caractéristiques paysagères du site

A une échelle plus fine, la carte des entités paysagères présentée ci-après traduit les différents types de paysages environnants. Il s'agit de paysages de haute montagne, où les langues glaciaires alternent avec des éperons et arêtes rocheuses. Les couleurs dominantes sont le blanc des neiges éternelles et le gris foncé des espaces minéraux.

La logique orographique inclut le site du projet au bassin glaciaire de Bionnassay. La découverte du site par l'itinéraire d'ascension du mont Blanc par la voie normale inscrit davantage ce dernier dans le prolongement du désert de Pierre ronde.



Carte des entités paysagères

En rouge : Site du projet

Le Grand couloir concerné par le projet fait partie du versant rocheux, qui limite le glacier de Bionnassay au nord-est et marque la rupture entre ce dernier et le Dôme du Goûter.

MEIGE

Fondation PETZL. Sécurisation de la traversée du Grand Couloir

En été, il s'agit d'un paysage exclusivement minéral et monochrome, ponctué de quelques névés. La couleur dominante est le gris anthracite de la roche, qui offre ponctuellement des nuances de bruns et d'ocres selon sa composition géologique (Gneiss).

Les très fortes pentes de ce versant lui confèrent un aspect impressionnant et vertigineux depuis des vues rapprochées (cf. analyse des perceptions).



*Un paysage minéral vertigineux - Vue rapprochée du site depuis l'aval
En rouge : Site du projet*

Analyse des perceptions du site

NB : Cette première analyse des perceptions paysagères étant réalisée sans campagne de terrain, elle devra être vérifiée et complétée par une analyse sur site dans le cadre des phases ultérieures de définition du projet. Cette première approche permet néanmoins de mettre en évidence la place du site à l'échelle du grand paysage et son rôle dans la cohérence paysagère globale.

Pour caractériser le site depuis l'extérieur, trois perceptions sont distinguées :

- lointaines,
- rapprochées,
- exceptionnelles.

L'accès au site se faisant principalement en été, l'analyse des perceptions se base essentiellement sur des vues estivales. Seules quelques vues par hélicoptère permettent de donner une idée de l'aspect hivernal du site.

Les perceptions lointaines

- Depuis les sommets à l'ouest du mont Blanc

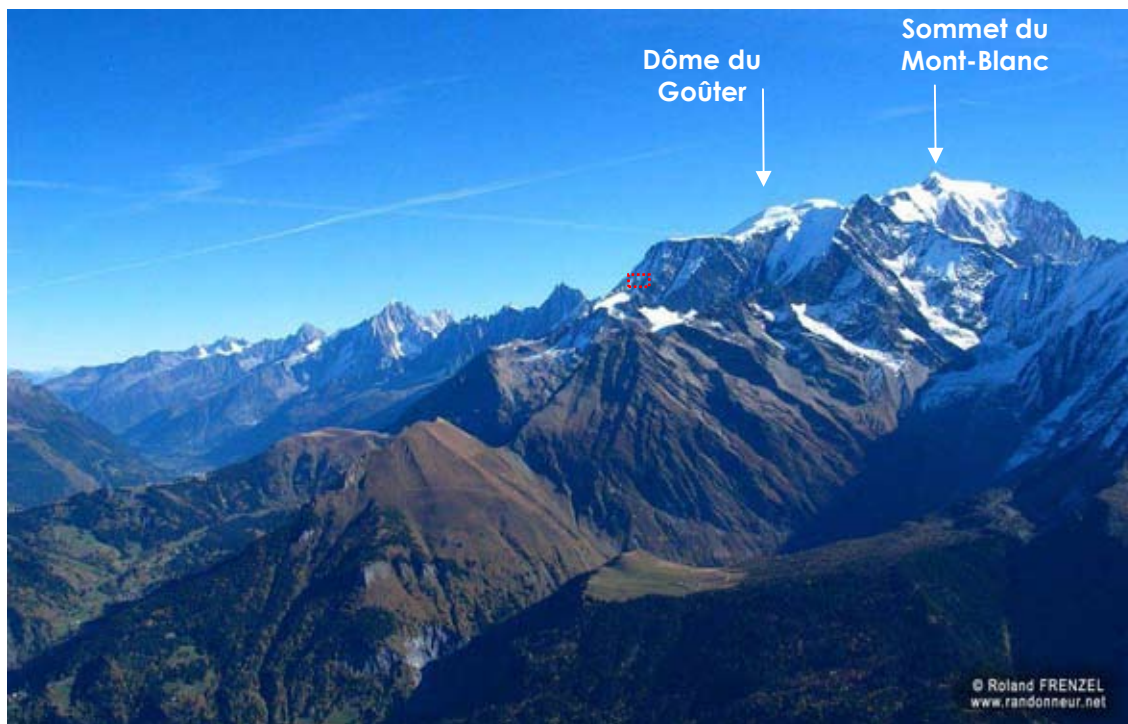
MEIGE

Fondation PETZL. Sécurisation de la traversée du Grand Couloir

A l'échelle du grand paysage, le site du projet est potentiellement perceptible depuis l'ensemble des sommets situés en face du versant ouest du Mont-Blanc. D'après les cartes IGN au 25000^e, on peut recenser les points de vue potentiels suivants : tables d'orientation du mont Joly et du mont d'Arbois, col du Joly, désert de Platé... Ils correspondent à des itinéraires de randonnées (GR Tour du Mont-Blanc ou variante) ou à des domaines skiables et supportent donc une fréquentation non négligeable, aussi bien en été qu'en hiver.

L'exemple du mont Joly (ci-dessous) montre cependant que ce type de perception est trop éloigné pour être significatif, par rapport au projet envisagé. Cet exemple permet néanmoins de mettre en évidence le rapport entre l'échelle très ponctuelle du site concerné et l'échelle grandiose du Mont-Blanc. Le regard est davantage attiré par les points d'appel emblématiques que sont le Dôme du Goûter et le sommet du mont Blanc.

L'aiguille du goûter correspond à un point d'appel secondaire. Le site du projet se situe sur le versant rocheux en contrebas de cette dernière.



Panorama depuis le Mont Joly – Source : Internet www.randonneur.net (Photo : Roland Frenzel)

En rouge : Site du projet

- **Depuis les piémonts et les fonds de vallées**

Depuis des points de vues situés sur le même versant que le projet (col de Voza, Col du Tricot) ou depuis les fonds de vallées, habités et plus fréquentés, on peut considérer que la présence de masques visuels de premiers plans (végétation, bâti, relief de piémont ou de milieu de versant) altère, dans la majorité des cas, la perception du site. A titre d'exemple, depuis le hameau de Bionnassay et le vallon du Tricot le site est majoritairement masqué, soit derrière le sommet du triangle des Rognes, soit derrière l'arrête rocheuse de Tête Rousse.

MEIGE

Fondation PETZL. Sécurisation de la traversée du Grand Couloir



Depuis le hameau de Bionnassay



Depuis le vallon du Tricot

Les perceptions rapprochées

- Depuis la voie normale

Les perceptions les plus significatives sont celles correspondant à des vues rapprochées depuis l'itinéraire d'ascension du mont Blanc par la voie normale. Il s'agit d'un itinéraire d'alpinisme qui peut être considéré comme une perception exceptionnelle, étant donné la difficulté technique (équipement, entraînement...), mais qui correspond à une course très fréquentée. Le site ne devient perceptible qu'à partir de l'arrivée au niveau du glacier de Tête Rousse depuis l'arrêt Payot.



Vue depuis le petit bungalow d'information de l'arrêt Payot (altitude 3.132 m)



Vue depuis Tête rousse à environ 100 m du refuge

En rouge : Site du projet



En arrivant sur le site

En rouge : Site du projet

- **Depuis les refuges**

Depuis le refuge de Tête Rousse, le site n'est pas perceptible car masqué par la présence d'une petite arrête rocheuse au premier plan. Les perceptions depuis les refuges du Goûter et du Nid d'aigle sont à vérifier mais on peut supposer que le site est peu perceptible. Depuis le refuge du nid d'aigle, le site est à priori masqué par l'éperon de tête rousse. Depuis le refuge de l'aiguille du Goûter, la perception du site en contrebas semble être délicate en pratique et le regard sera davantage attiré par les sommets et massifs alentours.

Les perceptions exceptionnelles

Les perceptions exceptionnelles correspondent aux vues potentielles depuis les autres itinéraires d'alpinisme alentours, ainsi qu'aux vues depuis la voie des airs (hélicoptère, avion, planeur...). Ces perceptions peuvent difficilement être considérées comme significatives pour l'évaluation des impacts paysagers d'un projet.

Quelques vues d'hélicoptère sont toutefois exposées ci-après, pour la compréhension générale du paysage et l'aperçu de son aspect hivernal. Elles permettent également de percevoir de près le refuge du Goûter. Ceci fait apparaître le volume non négligeable de ce bâtiment qui n'est cependant que peu perceptible de plus bas ou depuis les vues lointaines.

NB : Projet d'extension du refuge de l'aiguille du Goûter.

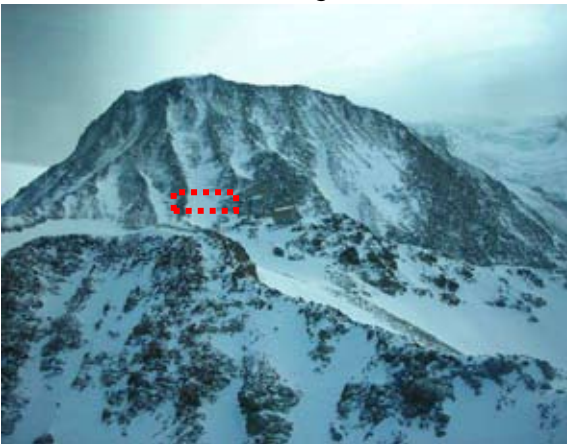
PERCEPTION DU SITE PAR HELICOPTERE



VUES ESTIVALES : Le grand couloir



Le refuge de l'aiguille du Goûter en été



VUES HIVERNALES : avec le refuge de Tête Rousse



Le grand couloir



Le refuge de l'aiguille du Goûter en hiver



Vue plongeante au-dessus du refuge

En pointillé rouge : Site du projet

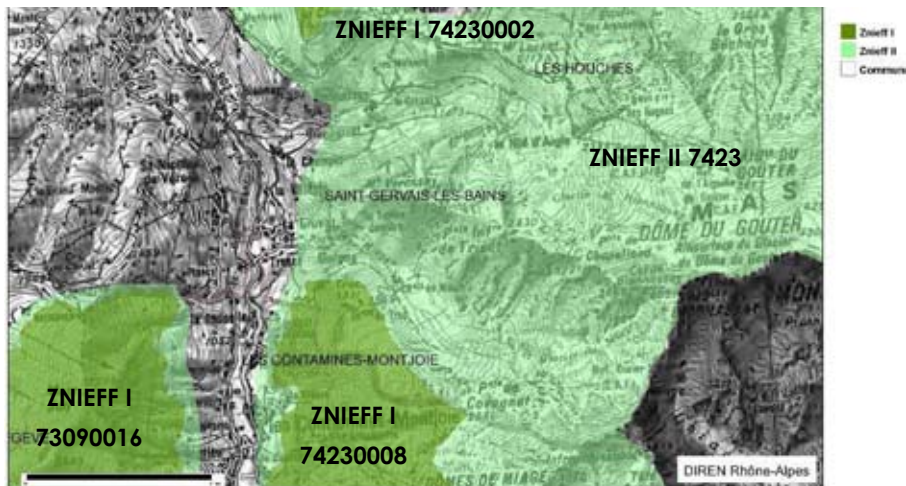
11.1.3. Milieux naturels et Biodiversité

Les espaces naturels remarquables

Le site concerné par le projet se situe au sein du périmètre de la ZNIEFF (Zone Naturelle d'intérêt Ecologique Floristique et Faunistique) de type 2 n°7423 « MASSIF DU MONT BLANC ET SES ANNEXES (surface : 41 270 hectares).

NB : Les ZNIEFF correspondent à des données d'inventaire qui ne constituent pas une mesure de protection juridique directe. Les ZNIEFF de type 2 correspondent à des grands ensembles naturels riches ou peu modifiés par l'homme qui offrent des potentialités biologiques importantes, notamment en termes de connexions biologiques entre les ZNIEFF de type 1 inclus dans leur périmètre.

Etant donné les caractéristiques peu favorables du site (cf. ci-après), ce dernier ne semble pouvoir correspondre à un passage privilégié de type corridors biologiques.



Périmètres des ZNIEFF dans le secteur d'étude – Source : DIREN Rhône-Alpes

Les caractéristiques écologiques

A 3.300 m d'altitude environ, le site d'étude correspond à l'étage nival où les enjeux floristiques et faunistiques sont limités. Le manteau neigeux important, et les conditions climatiques extrêmes rendent les conditions de vie des espèces végétales et animales presque impossibles. La présence potentielle de flore ou de faune patrimoniale paraît d'autant plus limitée par :

- la présence de neige une grande partie de l'année et la persistance de névés dans le grand couloir,
- le caractère très instable de cette zone d'éboulis,
- la fréquentation relativement importante de la voie normale.

Concernant la flore, la présence d'espèces pionnières (genres lichens, androsace, saxifrage dont certaines espèces peuvent être patrimoniales) reste possible au niveau des éperons rocheux.

Concernant la faune, la fréquentation ponctuelle du site reste possible par les ongulés de montagne (chamois, bouquetin...) ou par l'avifaune adaptée à l'altitude (chocards à bec jaune, accenteurs alpins et autres niverolles alpines...) mais ne correspondra pas à une zone de présence plus durable (de nichage, de nourriture ou de reproduction).

NB : Aucun relevé floristique n'ayant été réalisé dans le cadre de cette étude, ces données seront à valider et à compléter par une campagne de terrain.

11.1.4. Autres éléments de diagnostic à prendre en compte

Documents d'urbanisme

Le site d'étude se trouve sur la commune de Saint-Gervais-les-Bains.

Le PLU de Saint-Gervais-les-Bains a été approuvé en date du 15 février 2006 et complété le 10 mai 2006. L'ensemble de la zone d'étude est situé en zonage N1 du PLU, dont le règlement général est celui de la zone N avec des particularités en zone N1.

L'analyse des articles 1 et 2 du règlement de la zone N fait apparaître qu'un équipement du type de la passerelle en projet est autorisé en tant qu'aménagement lié à la pratique de la randonnée, sous réserve que les volumes édifiés et les exhaussements de sols nécessaires ne portent pas atteinte à l'intérêt des lieux, au sol, à l'activité agricole et à la qualité des paysages et des sites naturels.

L'incidence environnementale du projet apparaît donc comme une condition d'autorisation de ce dernier.

Hydrologie

Le secteur d'étude ne comporte aucun cours d'eau.

Il convient cependant de remarquer le rôle du grand couloir en tant que déversoir temporaire des eaux de ruissellement liées aux épisodes pluvieux et à la fonte des neiges, mais ces écoulements périodiques ne constituent pas un flux durable ; ils sont sans conséquence localement au sens hydrologique.

Le site du projet n'est concerné par aucune zone humide, nappe souterraine ou captage d'eau.

Risques naturels et chutes de blocs

Cf. Avant-projet de sécurisation de la traversée du Grand Couloir

Usages touristiques et montagnards

Fréquentation

Le grand couloir correspond à un passage obligé de l'itinéraire le plus fréquenté pour l'ascension du mont Blanc. La légendaire voie normale ou encore appelée « voie royale » fait partie des courses d'alpinisme les plus fréquentées d'Europe. Concernant le Grand Couloir, sa fréquentation est estimée entre 35 000 à 40 000 alpinistes par an. On remarque aussi l'émergence de nouveaux publics venant de Chine, d'Inde et de Russie. Les experts estiment que cette fréquentation devrait sensiblement augmenter dans les prochaines années

D'une capacité d'accueil de 105 places au total, le refuge actuel du goûter ne suffit plus à répondre à la demande existante. Un nouveau projet est en cours de réalisation (capacité d'accueil de 120 places d'après l'avant-projet)

Accidentologie

La corrélation de cette fréquentation importante et d'un risque constant de chutes de pierres a pour triste conséquence une fréquence importante d'accidents souvent mortels. Le Grand couloir aussi appelé « Couloir de la mort » est connu pour être un des passages les plus dangereux de la voie normale (3 morts et 121 interventions par an en moyenne).

CONCLUSION DE L'ETAT INITIAL

Le site du projet présente une sensibilité « théorique » forte d'un point de vue réglementaire, car le massif du Mont-Blanc est un site classé d'envergure nationale.

Concernant le paysage, le secteur du projet est essentiellement perceptible depuis des points de vue rapprochés, correspondant à l'itinéraire de la voie normale. Ces caractéristiques paysagères intrinsèques sont celles d'un versant vertigineux à dominante minérale.

Concernant la biodiversité, le site présente des conditions peu favorables à la présence d'une flore ou d'une faune patrimoniale.

En parallèle à ces caractéristiques environnementales, la problématique de sécurisation du site par rapport aux risques de chutes de pierres et à sa forte fréquentation sont également à prendre en compte.

11.2. Description sommaire du projet

11.2.1. Descriptif sommaire

Il s'agit d'une passerelle suspendue implantée entre les deux éperons rocheux qui encadrent le grand couloir légèrement au-dessus du cheminement existant.

Dimensionnement :

- environ 90 m de long,
- 70 cm de large pour le platelage horizontal,
- câbles courbes de 32 mm de diamètre : 4 câbles porteurs, 2 haubans, une ligne de vie,
- autres câbles de 6 ou 8 mm de diamètre.

11.2.2. Exemples de projets similaires

A titre d'exemple, deux projets de références (cf. photos ci-après) sont représentés afin de donner un aperçu du type de projet envisagé. Le projet de passerelle du Couloir du Goûter sera un intermédiaire entre la passerelle du Monteynard et celle de la via ferrata du Sautet.



Passerelle du Monteynard
Longueur = 200 m
Largeur du platelage = 1.50m



Via ferrata du Sautet
Longueur = 45 m
Largeur du platelage = 0.70 m

NB : On remarque que l'aspect filiforme et la colorimétrie de ce type de passerelles les rendent difficilement perceptibles sur un fond rocheux.

11.2.3. Simulations d'implantation

Les simulations d'implantation présentées page suivante ont pour objectif de localiser l'implantation de la passerelle sur la base des vues rapprochées les plus significatives. Il ne s'agit en aucun cas de simulations paysagères (type photomontage). En effet le trait rouge localisant le projet n'est représentatif ni de l'épaisseur des câbles ni de la colorimétrie de la future passerelle.



Simulation d'implantation depuis le petit bungalow d'information de l'arrêt Payot



Simulation d'implantation depuis Tête rousse à environ 100m du refuge

Autres simulations techniques du projet
Cf. Avant-projet de sécurisation de la traversée du Grand Couloir

11.3. Identification des enjeux et des effets probables du projet

11.3.1. Identification des enjeux

Au regard des sensibilités du site, le tableau présenté ci-après synthétise les enjeux environnementaux majeurs en présence et permet de les hiérarchiser.

THEMATIQUES	ENJEUX	HIERARCHISATION
PAYSAGE		
Aspect réglementaire : site classé	La préservation du caractère pittoresque et emblématique des paysages et la qualité des milieux naturels qui font l'intérêt du site classé	FORT Site classé d'envergure nationale
Perceptions lointaines depuis les sommets, fonds de vallée, piémonts	Le respect de la cohérence paysagère globale (Perception homogène d'un ensemble paysager cohérent, harmonieux et équilibré depuis des points de vue reconnus	FAIBLE Le site est peu perceptible depuis les vues lointaines
Perceptions rapprochées	Le respect de l'échelle du site : Aspect impressionnant et vertigineux du grand couloir	MOYEN Peu perceptible depuis les refuges mais itinéraire fréquenté
Caractéristiques paysagères intrinsèques du site	Le maintien de l'ambiance paysagère du site : univers minéral, colorimétrie et texture de la roche, géomorphologie...	MOYEN Site vierge et ambiance paysagère de haute montagne
MILIEUX NATURELS ET BIODIVERSITE		
Milieux naturels : ZNIEFF 2	La protection de la biodiversité potentielle en présence : Espèces pionnières, avifaune spécifique ...	FAIBLE Présence peu probable mais à vérifier
Biodiversité floristique et faunistique		
AUTRES		
Hydrologie	Pas d'enjeu	NUL
Fréquentation et accidentologie	La mise en sécurité d'un passage dangereux sur un itinéraire d'alpinisme très fréquenté	FORT

11.3.2. Effets probables du projet

Au regard des caractéristiques techniques du projet envisagé, les effets probables de ce dernier sont évalués pour chaque enjeu identifié précédemment.

Les effets probables concernant le paysage

- **Enjeu de préservation du caractère pittoresque et emblématique du site classé**

EFFETS PROBABLES

En terme de rapport d'échelle, le projet de passerelle s'inscrira de manière très ponctuelle par rapport à l'échelle du massif du Mont-Blanc qui fait l'objet du site classé. Le risque que la passerelle envisagée remette en cause le caractère pittoresque et emblématique du massif est minime. Il ne s'agit pas ici d'installer l'idée que le projet sera anodin, mais d'en relativiser raisonnablement l'échelle, face à ces paysages grandioses.

En terme de perceptions, le rapport d'échelle avec le panorama global du Mont-Blanc est détaillé dans les points ci-après.

- **Enjeu de respect de la cohérence paysagère globale**

La cohérence paysagère globale repose sur la perception homogène d'un ensemble paysager cohérent, harmonieux et équilibré depuis des points de vue reconnus. La cohérence paysagère globale repose donc sur le maintien de la qualité des perceptions lointaines du site, à l'échelle du grand paysage.

EFFETS PROBABLES

L'exemple du panorama depuis le mont Joly (Cf. §1.2.3.1) montre que le projet de passerelle sera difficilement perceptible depuis les sommets situés en face du Goûter à l'ouest du massif du Mont-Blanc. Ces points de vue, qui offrent une covisibilité potentielle du projet et du mont Blanc, sont en général trop éloignés et ne permettront pas de distinguer la passerelle de manière significative. A titre comparatif, les refuges de Tête rousse et du goûter qui correspondent à des volumes bâtis bien plus importants qu'une passerelle sont difficilement perceptibles depuis les points de vue en question.

Par ailleurs, l'implantation du projet au bas du versant rocheux du grand couloir limite l'effet de concurrence avec les lignes de force du paysage et les points d'appels identitaires. Le regard restera davantage attiré par le Dôme du Goûter et le sommet du mont Blanc, qui sont les éléments emblématiques du massif.

- **Enjeu d'intégration à l'échelle du grand couloir depuis les perceptions rapprochées**

Il s'agit de ne pas amoindrir l'échelle du grand couloir et de respecter les lignes de force du relief afin de préserver l'aspect impressionnant et vertigineux du site.

EFFETS PROBABLES

Il faut tout d'abord noter que le projet n'est pas ou peu perceptible depuis les refuges, qui correspondent aux lieux où les alpinistes s'arrêtent généralement. La perception du

paysage pendant les temps de marche est dynamique et donc souvent moins analysée en détail par l'observateur.

Les simulations d'implantation présentées précédemment (Cf. §2.3) permettent d'évaluer les effets visuels de la passerelle depuis les vues rapprochées.

Deux observations sont à retenir :

- le site d'implantation retenu, en contrebas du versant, à un endroit où les éperons latéraux du couloir se resserrent, est favorable. Cette implantation permet de maintenir la prédominance visuelle des lignes de force verticales du versant, et l'appréhension de l'échelle du grand couloir.
- le fait de marquer une ligne horizontale artificielle au sein du versant est un des effets probables négatifs que pourrait avoir la passerelle, depuis ces vues rapprochées. Cependant, l'aspect filiforme de cet équipement et la colorimétrie des câbles proche du fond rocheux tendent à minimiser cet effet.

- **Enjeu de maintien de l'ambiance paysagère propre au site**

Il s'agit de limiter au maximum l'artificialisation de ce site, quasi vierge d'équipement, afin de maintenir les caractéristiques qui font son ambiance paysagère particulière : univers minéral, colorimétrie et texture de la roche, géomorphologie...

EFFETS PROBABLES

La passerelle correspond à une artificialisation du site par l'insertion d'un équipement pouvant générer :

- des contrastes de texture, de couleur et de luminosité : La matière de la passerelle sera majoritairement l'acier qui peut potentiellement contraster avec la colorimétrie particulière du socle rocheux ou refléter davantage la lumière. Cependant, les exemples de projets réalisés (Monteynard, Sautet) montrent que ce type de matière se fond harmonieusement dans un paysage minéral.
- des effets de terrassement au niveau des points d'ancrage ou pendant le chantier : nécessité de socles béton débordants ou réalisation éventuelle d'une plateforme de réception pour les héliportages...

Les effets concernant les milieux naturels

- **La protection de la biodiversité potentielle en présence**

EFFETS PROBABLES

Concernant les milieux naturels, les effets probables peuvent être de deux types :

- destruction d'espèces floristiques patrimoniales de type pionnières (dont la présence n'a pas été vérifiée et semble a priori peu probable), par terrassement au niveau des points d'ancrage et création de pistes d'accès. Ce type d'effet dépend fortement de l'ampleur des travaux en surface, laquelle ne semble pas devoir être significative a priori.
- dérangement de la faune de haute montagne : ongulés ou avifaune (dont la présence n'a pas été vérifiée et semble également peu probable). Cet effet est à pondérer par rapport à la forte fréquentation déjà présente sur le site.

CONCLUSION SUR LES ENJEUX ET EFFETS PROBABLES DU PROJET

Il apparaît que l'enjeu environnemental le plus important relève de l'intégration paysagère du projet de passerelle, par rapport au caractère emblématique du site classé.

L'analyse des effets probables du projet relatif au paysage montre que les incidences potentielles sont modérées. L'amplitude restreinte du projet ne remet pas en cause la qualité des perceptions globales du massif du Mont-Blanc. Des effets potentiellement négatifs sont identifiés depuis les perceptions rapprochées et sur l'ambiance paysagère du site en lui-même. Des préconisations pour limiter ces derniers sont formulées dans le paragraphe suivant.

Par ailleurs, un enjeu fort de sécurisation de ce site dangereux, mais très fréquenté existe. Ces incidences environnementales doivent donc être relativisées par rapport à l'effet évidemment positif de la passerelle sur la mise en sécurité de la traversée du grand couloir, ceci étant l'objectif principal du projet

11.4. Présentation des conditions de réalisation du projet

Il s'agit des prescriptions techniques et des démarches réglementaires qui conditionnent la réalisation du projet.

11.4.1. Prescriptions techniques d'intégration du projet

Sur le plan technique, la réalisation du projet de passerelle est conditionnée par la justification de mesures d'intégration particulières concernant les points suivants :

- **Le choix de matériaux de colorimétrie adaptée**

Les matériaux utilisés devront présenter une colorimétrie proche de celle du socle rocheux en présence (dominance de gris anthracite) ainsi qu'une texture qui ne génère pas de reflet particulier (mat).

- **Le traitement des points d'ancrage**

La réalisation des points d'ancrage de la passerelle, de part et d'autre du couloir, apparaît comme l'intervention la plus délicate. Une attention particulière devra être portée sur :

- les fondations : toutes les parties prévues en fondation de l'ouvrage seront impérativement recouvertes de déblais rocheux pris sur place. Les éventuelles dalles béton apparentes devront justifier d'une colorimétrie et d'une texture adaptée, tout comme les éléments aériens de la passerelle.
- les éléments verticaux : éviter le rajout de tout édicule ou élément technique vertical supplémentaire présentant un volume impactant.

- **La limitation des terrassements et mouvements de sol**

Conformément au règlement du PLU (art. N1 et N2), les volumes terrassés pour l'ancrage de la passerelle ou pour l'accès des engins au site devront être limités, aussi bien pendant la phase travaux que pendant la phase d'exploitation. Les éventuels déblais ou remblais générés devront être remodelés, au plus proche du terrain initial. Les effets de talus résiduels devront faire l'objet d'une restauration paysagère : colorimétrie, restauration écologique si nécessaire.

11.4.2. Etudes et démarches réglementaires à envisager

Etudes préalables complémentaires

L'état initial de l'environnement réalisé dans le cadre du présent dossier devra être vérifié et complété par une campagne de terrain concernant :

- une analyse paysagère complémentaire sur site
- des inventaires floristiques (pertinence des relevés à évaluer en fonction de la surface au sol concernée par le projet : surfaces perturbées supérieures ou égales à 10 m², phase travaux incluse). A noter : la période favorable à de tels inventaires est très limitée dans la saison estivale.

Démarches réglementaires et demande d'autorisation

L'avancement et la mise en œuvre du projet nécessitent les démarches réglementaires suivantes :

- **Dossier commission des sites**

Le projet étant localisé au sein du site classé du massif du Mont-Blanc, il nécessite une demande d'autorisation spéciale de travaux en site classé auprès de la Commission départementale de la nature, des paysages et des sites de la Haute-Savoie, en application des articles L.341-1 à L.341-22 du code de l'environnement (avis du Préfet).

Néanmoins, la réputation du site induira probablement un examen dudit dossier à l'échelle nationale, auprès du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer. L'avis d'autorisation dépendra alors du Ministre chargé des sites.

Le contenu précis de ce type de dossier n'est pas réglementé. A titre indicatif, les éléments constitutifs du dossier pourront être les suivants :

- présentation des enjeux principaux du site,
- description et éléments visuels démonstratifs du projet,
- effets et mesures d'intégration envisagés.

- **Etude ou notice d'impact**

Le principe édicté par la loi du 10 juillet 1976 est que, pour les travaux et projets d'aménagements entrepris par une collectivité publique ou nécessitant une autorisation ou une décision d'approbation, l'étude d'impact est la règle et la dispense, l'exception.

Concernant le projet de passerelle, la dispense de réalisation d'une étude d'impact dépend de deux conditions :

- un coût estimatif du projet inférieur à 1 900 000 euros. C'est à priori le cas (sous réserve de l'estimation chiffrée),
- l'exclusion de la liste des aménagements, ouvrages et travaux qui sont assujettis à étude d'impact et ce, quel que soit le coût de leur réalisation d'après l'article R. 122-8 du Code de l'environnement. Un projet de type passerelle suspendue n'est pas explicitement exclu de cette liste. Il est donc préférable que cette incertitude soit levée après consultation des services instructeurs de la DREAL.

Etant donné la sensibilité du site et du projet, il est suggéré d'envisager à minima la réalisation d'une notice d'impact, en parallèle à la demande d'autorisation spéciale auprès de la commission des sites.

- **Etude Loi sur l'eau**

Le projet n'affectant pas de cours d'eau, de ressources en eau ou de milieux aquatiques, la réalisation d'une étude issue de la Loi sur l'eau de 1992 n'est pas nécessaire.

- **Natura 2000**

Aucune zone Natura 2000 n'ayant été identifiée à proximité du site ou sur le même bassin versant, le projet ne présente pas de risque d'incidences directe ou indirecte sur ce type d'espace naturel protégé.

ANNEXES

*

ANNEXE 1

NORME NF P 94-500 – MISSIONS TYPE D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

4 Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet.

Le modèle géologique et le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels liés aux aléas géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et de leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet : en effet, les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment).

L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions types d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2.

Les éléments de chaque mission sont spécifiés dans les chapitres 7 à 9. Les exigences qui y sont présentées sont, à respecter pour chacune des missions, en plus des exigences générales décrites au chapitre 5 de la présente norme.

— L'objectif de chaque mission, ainsi que ses limites, sont rappelés en tête de chaque chapitre.

Les éléments de la prestation d'investigations géotechniques sont spécifiés au chapitre 6.

Tableau 1 — Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Étape	Phase d'avancement du projet	Missions d'ingénierie géotechnique	Objectifs en termes de gestion des risques liés aux aléas géologiques	Prestations d'investigations géotechniques *
1	Étude préliminaire Étude d'esquisse	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Fonction des données existantes
	Avant projet	Étude géotechnique d'avant-projet (G12)	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences	Fonction des données existantes et de l'avant-projet
2	Projet Assistance aux Contrats de Travaux (ACT)	Étude géotechnique de projet (G2)	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences	Fonction des choix constructifs
3	Exécution	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences	Fonction des méthodes de construction mises en œuvre
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		Fonction des conditions rencontrées à l'exécution
Cas particulier	Étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ces éléments géotechniques	Fonction de la spécificité des éléments étudiés
* NOTE À définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante.				

Tableau 2 — Classification des missions types d'ingénierie géotechnique

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques.</p> <p>Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.</p>
<p>ÉTAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PREALABLES (G1)</p> <p>Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.</p> <p>ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE (G11)</p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques d'un site :</p> <ul style="list-style-type: none"> — Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours. — Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques. <p>ÉTUDE GÉOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)</p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir 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, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants). <p>Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).</p>
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)</p> <p>Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.</p> <p>Phase Projet</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisinants) et les valeurs seuils associées, certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet. — Fournir une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels. <p>Phase Assistance aux Contrats de Travaux</p> <ul style="list-style-type: none"> — Établir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). — Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.
<p>ÉTAPE 3 : EXÉCUTION DES OUVRAGES GÉOTECHNIQUES (G3 et G 4, distinctes et simultanées)</p> <p>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)</p> <p>Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.</p> <p>Phase Étude</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir 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 validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution. <p>Phase Suivi</p> <ul style="list-style-type: none"> — Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Etude. — Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats). — Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques. <p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)</p> <p>Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.</p> <p>Phase Supervision de l'étude d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none"> — Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées. <p>Phase Supervision du suivi d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none"> — Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.
<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.</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, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques. <p>Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.</p>

ANNEXE 2

RAPPORT AVALANCHES DU CEMAGREF

Pour la société MEIGE (38)

Haute-Savoie - St Gervais les Bains

François RAPIN
(Cemagref - France)

☎ : + 33 476 76 27 17 ;

✉ : francois.rapin@cemagref.fr

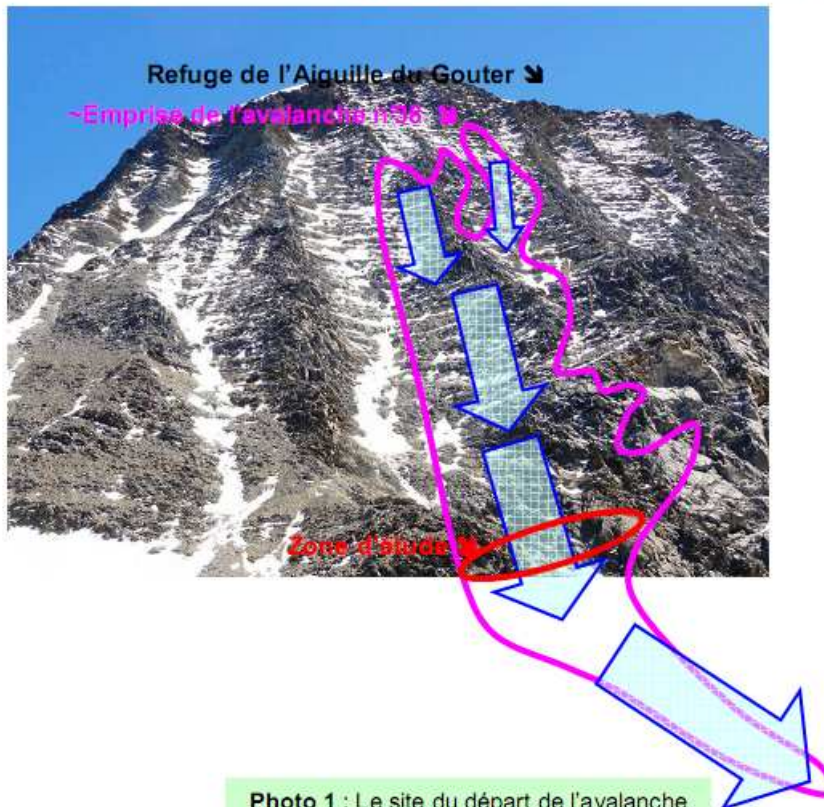



Photo 1 : Le site du départ de l'avalanche
CLPA n°38

	Haute-Savoie - St Gervais les Bains Avalanche n°38 de l'Aiguille du Gouter	Réf. : RP_74StGer vais_V1 Date : 12/08/2010 Page : 2/9
---	---	---

Sommaire

	Page
1 LA DÉFINITION DE LA DEMANDE	3
1.1 LE CONTRAT.....	3
1.2 LA MÉTHODOLOGIE.....	3
1.3 L'ITINÉRAIRE DE HAUTE MONTAGNE	4
2 LE SITE AVALANCHEUX	5
2.1 LES CARACTÉRISTIQUES GÉOGRAPHIQUES.....	5
2.2 L'AVALANCHE À REDOUTER.....	6
2.3 LES PROPOSITIONS DE PROTECTION	7
3 CONCLUSION	8
4 ANNEXES	9
4.1 Fiches signalétiques CLPA.....	9



1 LA DÉFINITION DE LA DEMANDE

1.1 LE CONTRAT

La société MEIGE a l'idée d'un ouvrage devant améliorer considérablement la sécurité contre les chutes de pierre sur la voie normale d'ascension du Mont Blanc, un peu au-dessus du refuge de Tête rousse. Il s'agit d'envisager les efforts dus aux avalanches pour mieux assurer la pérennité hivernale de l'ouvrage projeté.

Conformément à la proposition présentée le 05 août 2010, pour cette mission :

- ▶ Le Cemagref fournit un avis (selon Norme NF X 50-110 (mai 2003)) concernant les sollicitations dues aux avalanches sur un tracé traversant le couloir d'avalanche n°38 de la commune de Saint Gervais les Bains (74) et susceptible d'accueillir un projet d'ouvrage de cheminement.
- ▶ Le commanditaire organise l'accès au site. Il explicite son projet d'ouvrage sur place (implantation, altitudes, etc.). Il recueille l'ensemble des données éventuellement nécessaires (nivo-météorologie, historique des avalanches, photos, etc.).
- ▶ Après visite, le Cemagref explicite les types et les ordres de grandeurs (à ~10 kPa) des sollicitations dues aux avalanches sur l'ouvrage envisagé.
- ▶ Le commanditaire souhaite une grande confidentialité de l'étude (aucune divulgation extérieure pendant la préparation et l'étude elle-même du sujet).

La visite de terrain s'est tenue le lundi 09 août, accompagné par Didier LE MARECHAL. La mission s'effectue à partir des projets d'implantation connus à la date de cette visite, sans plan de projet, sans piquetage de terrain.

1.2 LA MÉTHODOLOGIE

Ce travail est réalisé à partir :

- D'aucun document que MEIGE aurait pu nous communiquer confidentiellement (pas de plan de projet d'implantation) ;
- De la carte de localisation des phénomènes d'avalanche, CLPA, topographique au 1/25000^{ème}, avec les fiches signalétiques correspondantes à l'avalanche n°38 ;
- De la photo de Google-Earth (de mars 2004, enneigé) ;
- D'aucune donnée spécifique de nivo-météorologie ;
- D'aucune autre donnée d'historique des avalanches (le refuge n'est pas gardé l'hiver (pas de témoignage, comme l'indique les fiches d'enquête CLPA)) ;
- De la visite du site effectuée le lundi 09 août, accompagné par Didier LE MARECHAL, avec beau temps ;
- des quelques photographies prises lors de la visite de terrain (sans aller dans les zones de départ) ;
- de discussions techniques avec Didier LE MARECHAL ;
- d'un complément rapide de modélisation numérique (AVAER6) sur un profil en long à 2 tronçons.

1.3 L'ITINÉRAIRE DE HAUTE MONTAGNE

La zone étudiée se situe sur la commune de Saint Gervais les Bains en Haute-Savoie, sur un des itinéraires de haute montagne d'accès au sommet du Mont-Blanc, sur la voie dite « normale », entre les refuges de Tête Rousse, à l'aval vers 3167 m et celui de l'Aiguille du Gouter, à 3817 m, à une altitude voisine de 3275 m. La carte IGN au 1/25000^{ème} indique « Le Gd Couloir ».

Sur une dizaine d'années un quarantaine de personnes seraient mortes à cause de ces chutes de blocs sur cette distance d'une bonne soixantaine de mètres.

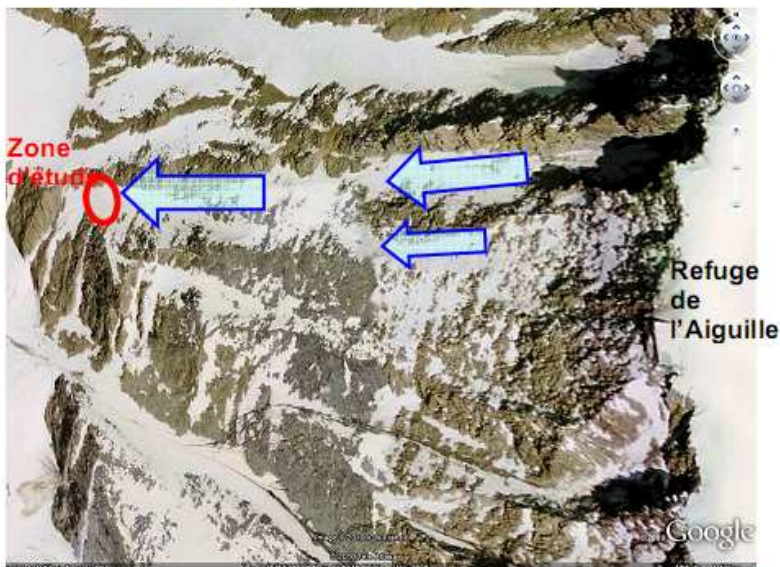
Plusieurs fois au cours de la visite des blocs sont descendus à forte vitesse, dont une ayant même touché un alpiniste (apparemment sans blessure). La fréquentation du parcours est très importante pendant la période d'ouverture des refuges (de début juin à fin septembre).

Le tracé en ce lieu était encore enneigé, mais il doit aussi être parcouru seulement sur du rocher. Il est plutôt pentu.



Photo 2 : Le passage du couloir 38

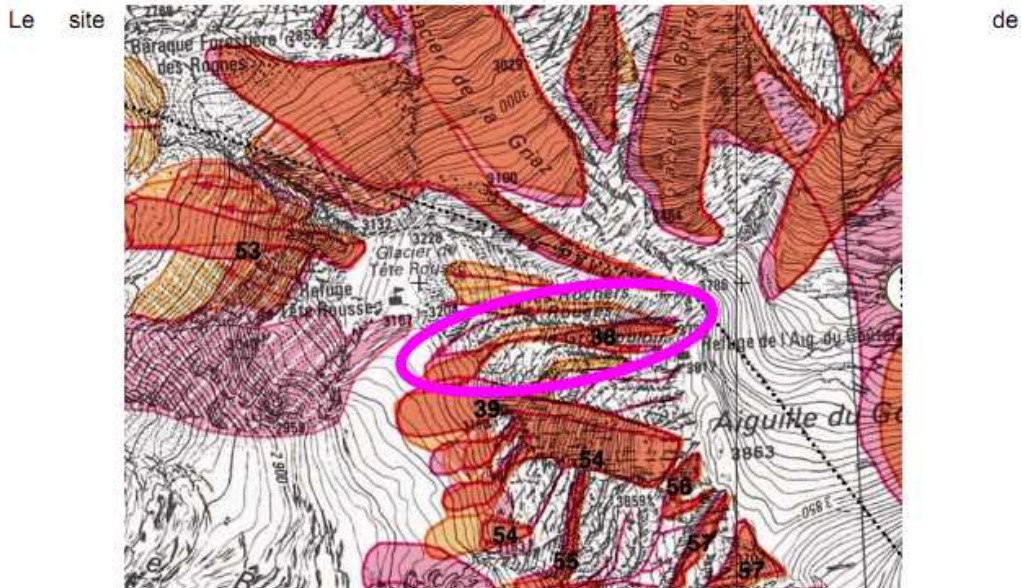
L'ouvrage projeté, une passerelle himalayenne, permettra de passer au dessus du couloir très dangereux. Il sera installé à demeure, de façon « pérenne ».



↑ Photo 2 : Image satellite Google-Earth

2 LE SITE AVALANCHEUX

2.1 LES CARACTÉRISTIQUES GÉOGRAPHIQUES



l'avalanche CLPA n°38, « Aiguille du Gouter » (voir aussi photo 1), est :

- Franchement exposé plein Ouest,
- Dans une zone de rocher très fracturé, avec un sommet de couloir en falaise,



↑ **Figure 1** : Carte de localisation des phénomènes d'avalanche (échelle en particulier coté Nord ; cotation 3782 ;

- Avec un effet du vent plutôt faible en accumulation (crête certes glaciaire mais plutôt étroite et dans le sillage improbable du Mont-Blanc)
- Bifide, c'est-à-dire avec 2 zones de départ parallèles qui se rejoignent largement au dessus de la zone d'étude ; Celle plus au Nord à une superficie de l'ordre de l'hectare et celle plus au sud environ moins de la moitié ; Le couloir sud est indiqué avec un départ sommital plus bas de quelques dizaines de mètres (voir également photo GoogleEarth) ;
- Transversalement bien incurvé, surtout dans sa rive droite ;
- A l'aval de la zone d'étude, encore sur une zone rocheuse très pentue puis sur la partie centrale nord du glacier de Bionnassay ;
- Très fortement pentu jusqu'au-delà de la zone d'étude (le sentier) : mesure inclinomètre de 45° en moyenne depuis le sentier d'accès traversant, et de 40° sur la pente de proximité du sentier (sur une distance d'environ 200 m) ;

Photo 3 : Le site ↑



Haute-Savoie - St Gervais les Bains Avalanche n°38 de l'Aiguille du Gouter

Réf. : RP_74StGervais_V1
Date : 12/08/2010
Page : 6/9

- Soumis à une forte alternance gel / dégel, et donc, compte tenu notamment de sa géologie et de sa topographie, producteur de blocs en été et d'avalanches en hiver.

Tableau 1 : Caractéristiques géographiques essentielles des couloirs

Nom	Zone(s) de départ				Zone d'écoulement		Site			
	Superficie en ha	Altitude max. en m	Orientation moyenne	Pente moyenne en °	Profil	Largeur d'écoulement ~ en m	Altitude d'arrivée en m	Dénivelée maximale en m	Distance horizontale en m	Pente moyenne en °
38Nord	~1	3780	O	~48	Légèrement concave	30	~3270	~510	~510	45
38Sud	~0,4	3750	O	~53		20		~480	~480	45

Ainsi entre le sommet de la zone de départ et la zone d'étude du sentier franchissant le couloir :

- L'aspect du terrain dans chaque zone de départ est toujours du rocher en masse, avec des multiples sortes de banquettes naturelles (très inclinées) (voir photos 1 et 3) ;
- Les superficies de départ sont petites (branche Nord) à très petites (branche Sud) ;
- Les altitudes sont très hautes, compte tenu de la latitude et de la climatologie régionale ;
- L'orientation du versant et la faible ombre portée depuis le sud fait que la neige peut s'y transformer facilement avec l'action du soleil ;
- Les pentes au départ sont très fortes ;
- L'allure en travers est nettement celle d'un couloir pour la branche Nord un petit chenal torrentiel ;
- Les dénivelées sont petites ;
- Les pentes moyennes sont très fortes ;
- Le profil en long est très régulier, légèrement concave et plutôt biplans.

Il est fort probable que plusieurs avalanches tombent quasiment chaque hiver jusqu'au niveau de la zone d'étude.

2.2 L'AVALANCHE À REDOUTER

Compte tenu de la nature de l'ouvrage à protéger (passerelle aérienne, a priori non fréquentée lors des conditions avalancheuses), la période de retour de l'avalanche à redouter est à peine décennale.

Sans aucune donnée nivologique ni historique spécifique, mais compte tenu :

- de l'altitude très élevée pour les Alpes : neige pouvant rester longtemps très froide à froide,
- de la très forte pente rencontrée : difficulté d'avoir une très forte accumulation au départ, mais très régulière : évolution « continue » de la dynamique de l'écoulement, avec très bonne reprise de la neige récente ;
- de la relative étroitesse du couloir, malgré l'aspect bifide : peu de concentration, mais développement possible en hauteur ;
- de l'accroche rocheuse de la base du manteau neigeux et de la forme transversale de couloir : fonctionnement avalancheux très probablement à seuil : accroche plutôt bonne avec une faible épaisseur de neige (< 50 cm ?), mais très rapidement beaucoup moins bonne avec une plus forte épaisseur,

**Haute-Savoie - St Gervais les Bains
Avalanche n°38 de l'Aiguille du Gouter**Réf. : RP_74StGer
vais_V1
Date : 12/08/2010
Page : 7/9

- de l'orientation au soleil qui, dès le début de l'après-midi, doit participer nettement dans un premier temps au tassement des petites couches de neige récente, et dans un deuxième temps à une augmentation de l'instabilité de la couche transformée,
- De la situation de l'ouvrage bien au dessus du fond rocheux du couloir (estimation entre 10 et 12 m),
- De la neige en place au niveau de l'ouvrage qui, compte tenu de la très forte pente ne peut excéder quelques mètres (3 voire 4 m (photo GoogleEarth + reliquat estival)), ce qui conduit à une garde hivernale verticale libre sous l'ouvrage d'environ 6 à 8 m,

c'est une **avalanche de neige légère** (type initiation de poudreuse) d'ampleur moyenne qu'il faudrait prendre comme référence.

L'avalanche de neige humide, coulante, ne devrait affecter que de possibles câbles d'ancrages bas, qui pourraient être alors protégés dans des conditions techniques voisines de celles nécessaires à celles pour la protection pareblocs.

Au niveau du projet, les principales caractéristiques de cette avalanche de référence sont :

- ▶ Épaisseur totale : ~40 m ;
- ▶ Largeur : ensemble du couloir ;
- ▶ Masse volumique moyenne : $5,5 \text{ kg/m}^3$;
- ▶ Vitesse (selon la pente) : ~50 m/s
- ▶ (Pression longitudinale de référence : ~7 kPa ;)
- ▶ **Dans la tranche d'épaisseur de la situation de l'ensemble du projet de passerelle :**
 - Pression longitudinale (selon la pente, vers l'aval) : ~15 kPa ;
 - Pression perpendiculaire à la pente : ~12 kPa ; dans les 2 sens (vers le ciel **et** vers le sol) ;


Avec une pente locale de 40° , la décomposition des ces pressions d'avalanche dans cette tranche d'épaisseur de situation de la passerelle conduit à :

- Pressions horizontales : vers l'extérieur : 19,2 kPa ; vers la montagne : 3,8 kPa ;
- Pressions verticales : vers le bas : 18,8 kPa ; vers le haut : 0,5 kPa.

2.3 LES PROPOSITIONS DE PROTECTION

Ces propositions de protection sont les suivantes :

- Il ne faudrait pas que l'état limite de service de l'ouvrage soit dépassé dans les conditions de l'avalanche (grand froid, personne sur la passerelle, poids de neige sur le platelage : $\sim 50 \text{ kg/m}^2$) ;
- Bien intégrer la forte turbulence de l'avalanche : une partie de l'ouvrage peut être soumise à une pression dans un sens et une autre partie, au même moment, à une pression dans un autre sens ! Avec une variation très rapide (changements brutaux), pendant au moins une dizaine de secondes ;
- N'installer si possible aucune surface pleine sur l'ensemble de l'ouvrage (limitation drastique des effets de pression) ;
- Si la surface de maille entre les câbles est supérieure à 200 cm^2 , on ne considère que le diamètre apparent des câbles, avec un coefficient de sécurité de 1,3 ? ;
- Si la surface de maille entre les câbles est comprise entre 60 et 200 cm^2 , on considère la section comme à moitié pleine ? ;
- Considérer le caillebotis de marche sur la passerelle comme une surface pleine (colmatage et forte adhésion par gel avec la neige tassée par la faible fréquentation hivernale), sur au moins les trois quarts de la largeur ;

	Haute-Savoie - St Gervais les Bains Avalanche n°38 de l'Aiguille du Gouter	Réf. : RP_74StGervais_V1 Date : 12/08/2010 Page : 8/9
---	---	---

3 CONCLUSION

Le risque d'avalanches sur le site du projet de passerelle sur l'itinéraire d'accès au Mont-Blanc, entre les refuges de Tête Rousse et de l'Aiguille du Gouter est significatif dans le couloir n°38 de la carte de localisation des avalanches (le Grand couloir sur la carte IGN Top25). Il doit être pris en compte dès la conception de ce projet.

Les efforts d'avalanches sont estimés dans ce rapport. Ils paraissent pouvoir être intégrés de façon à assurer une meilleure pérennité de l'ouvrage. Ils correspondent à une avalanche de période de retour sensiblement décennale. Le risque d'un impact plus exceptionnel d'avalanche est donc toujours possible. Le comportement d'un tel ouvrage dans une avalanche poudreuse, même relativement petite, n'étant pas connu il est donc envisagé avec prudence.

Plusieurs précautions de protection sont également détaillées.

Grenoble, le 13 août 2010
L'Ingénieur
François RAPIN

ANNEXE 3

MEMOIRE TECHNIQUE ET ESTIMATION FINANCIERE DE LA SOLUTION TUNNEL DE PETITE SECTION, PAR L'ENTREPRISE CAMPENON BERNARD