

**PLAN LOCAL D'URBANISME
MODIFICATION SIMPLIFIEE N°1**

Commune de la Giettaz

M A I R I E



LA GIETTAZ
en Aravis

1) INTRODUCTION

La commune de la Giettaz a déposé le 21 mars 2025 une demande d'examen au cas par cas pour un plan local d'urbanisme dans le cadre d'un projet de modification de zonage de son PLU.

Après étude du dossier envoyé, l'autorité environnementale, dans sa décision n°2025-ARA-AC-3795, a conclu que le dossier était soumis à évaluation environnementale.

Conformément aux dispositions du VII de l'article R. 122-3-1 du code de l'environnement, la commune de la Giettaz souhaite déposer un recours administratif préalable, recours qui a été envoyé le 27 juin 2025.

Après un entretien en réunion visio le 26 mai 2025 avec les services de la DREAL, la DDT Savoie et la SATELC, il a été convenu que la commune de la Giettaz produirait une note afin d'apporter des informations complémentaires pour le projet, afin que les services instructeurs aient le maximum d'informations en leur possession pour statuer sur le recours administratif préalable.

C'est l'objet du présent document qui a pour objectif d'apporter des compléments d'information ainsi que de précisions permettant de mieux appréhender sa modification de zonage et son impact potentiel.

2) OBJET DE LA MODIFICATION SIMPLIFIEE

Lors des études sur le projet de remplacement du télésiège de Col de Balme sur la commune de la Clusaz, il a été constaté des erreurs graphiques de délimitation de parcelle, notamment celles qui délimitent la frontière entre les limites des communes de la Clusaz et de la Giettaz. Un travail a été réalisé avec les services des cadastres des 2 départements pour corriger ces erreurs graphiques.

Cette correction a mis en avant le fait que les aménagements existants du domaine skiable de la Clusaz possédaient une emprise sur le territoire communal de la Giettaz.

L'objet de la modification est motivé par 2 points : **la régularisation d'une activité de domaine skiable existant depuis plus de 30 ans et l'adaptation du zonage pour permettre la réalisation d'un projet d'aménagement, le remplacement du télésiège du Col de Balme, sur la commune limitrophe de la Clusaz.**

Sur la partie sommitale du territoire communal de la Giettaz, en limite avec la commune de la Clusaz, au niveau du Col de Balme, l'emprise du domaine skiable existant de la Clusaz a été classé en zone naturelle N. Il s'avère que lors de l'élaboration du PLU, la présence du domaine skiable sur ce secteur a été omis.

Pour que le règlement graphique corresponde à l'activité réelle existante sur ce secteur préalable de l'élaboration du PLU et encore aujourd'hui, il convient de corriger le règlement graphique en le passant de la zone N à la zone Ns, zonage existant dans le PLU de la commune et spécifiquement adapté aux activités et équipements de domaine skiable.

Parallèlement, le projet de remplacement du télésiège du col de Balme sur la Clusaz projette de futurs terrassements ayant une emprise sur le territoire communal de la Giettaz.

La commune a d'ores et déjà autorisé la réalisation des travaux de terrassement sur la parcelle communale 0B0001, acté par la délibération 33/2024 du 17 septembre 2024.

Toutefois, le règlement graphique actuel du PLU en N ne permet pas l'aboutissement des procédures d'urbanisme nécessaires pour les aménagements évoqués, mais ces derniers deviennent possibles si le zonage du secteur passe en Ns.

Cette modification de règlement est uniquement graphique et n'aurait aucune incidence sur le règlement écrit du PLU actuel. Les aménagements projetés sont compatibles avec le règlement de la zone Ns.

Afin de régulariser une situation existante et d'anticiper les futurs besoins d'aménagements du secteur du col de Balme à la Clusaz, la commune de la Giettaz souhaite réaliser une modification simplifiée du PLU.

3) AMENAGEMENTS A L'ORIGINE DE LA PROCEDURE

Suite à vos interrogations dans l'avis 2025-ARA-AC3795, nous vous confirmons qu'il s'agit bien des travaux de remplacement du télésiège du Col de Balme et de ses aménagements de piste connexe qui motivent la procédure de modification n°1 du PLU de la Giettaz.

Ces aménagements, dans leur partie en sommet de crête et en limite entre les communes de la Giettaz et la Clusaz, ont une emprise sur la commune de la Giettaz.

En l'état, il n'est pas possible de réaliser des terrassements nécessaires car le zonage N de la commune de la Giettaz, effectif dans cette zone, ne permet pas la réalisation de terrassement de piste de ski.

Toutefois, le zonage Ns de la commune de la Giettaz, dont le règlement écrit existe depuis la création du PLU, autorise les exhaussements et affouillements de sol liés aux équipements et travaux relatifs aux services publics ou d'intérêt collectifs et au domaine skiable.

L'objet de la modification est de convertir une partie de la zone N en zone Ns.

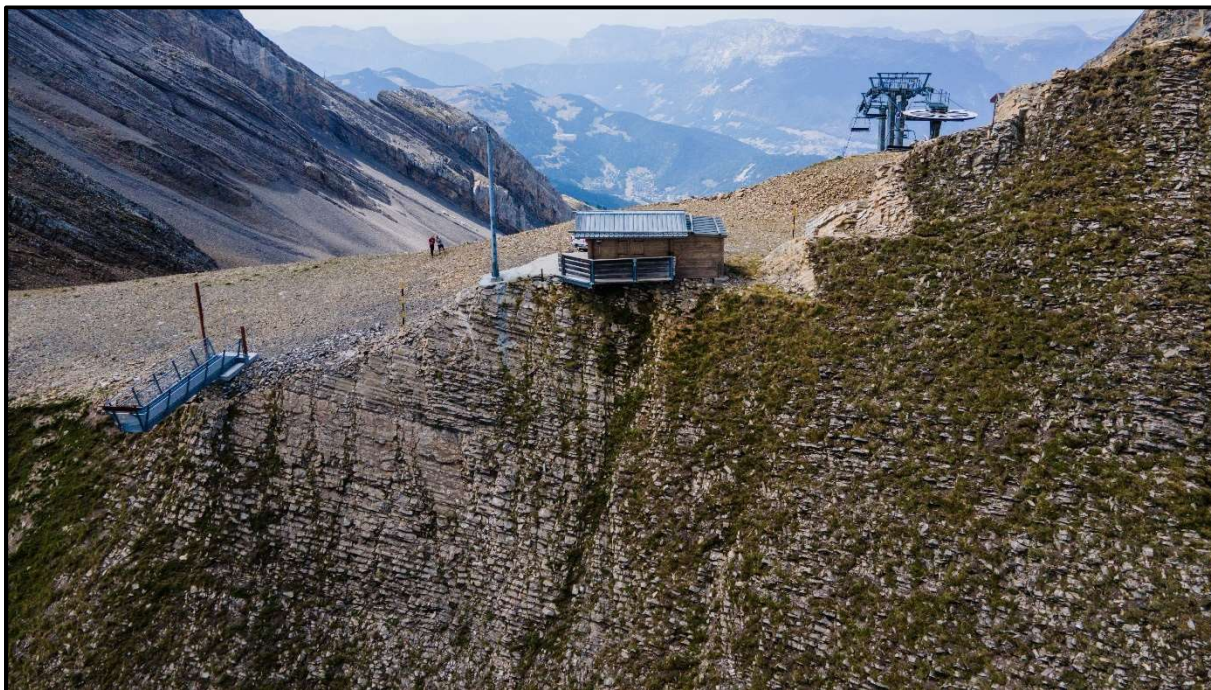
4) JUSTIFICATION DE LA SURFACE DE ZONAGE CONVERTIE

La surface de 6 800 m² demandée pour la conversion de la zone N en zone Ns est justifiée de la façon suivante :

- 2 000 m² sont concernés par des terrassements de piste de ski nécessaires dans le cadre du projet de réaménagement de la plateforme d'arrivée du nouveau télésiège de la Combe de Balme.
- 4 800 m² sont estimés pour permettre la pose de filets pare pierres afin d'éviter tout risque de chute de blocs du côté de la Giettaz, conformément aux prescriptions de l'étude géotechnique qui traite de cette thématique. Cette surface a été arbitrairement estimée afin de pouvoir se laisser des marges de manœuvre pour implanter des équipements dans des pentes extrêmement raides, supérieures à 300%, et des falaises. Les études géotechniques d'exécution auront pour objectif de limiter l'emprise de ces ouvrages de protection.

Suite à la réunion du 26 mai 2025 et après échanges avec les services de la DDT Savoie, il s'avère que la zone des 4800 m² peut rester en zone N car cette dernière n'interdit pas les ouvrages nécessaires à la sécurisation des risques. Par conséquent, cette surface ne fait plus partie des conversions envisagées et seulement les 2000 premiers m² restent concernés par la conversion de zonage, soit une diminution de plus de 70 %.

Rappelons que la surface de 2000 m² est prévue uniquement pour un aménagement de piste de ski après la plateforme de débarquement de télésiège. Au-delà, la pente dans ces endroits, à la limite de la falaise, est telle que seuls des ouvrages de protection peuvent prendre place. La photo ci-dessous témoigne de la pente coté Giettaz.



5) PRECISIONS CONCERNANT LES ENJEUX EN MATIERE DE PAYSAGES

L'impact sur le paysage a été un enjeu fort tant pour le montage du projet de remplacement du télésiège du Col de Balme que pour sa prise en compte dans l'étude d'impact.

Cette dernière a fait l'objet de chapitres entièrement destinés à cette thématique sur une vingtaine de pages.

L'impact qui concerne le secteur de la gare amont, et par conséquent à proximité du zonage de PLU à convertir sur la Giettaz est considéré comme fort.

Ainsi, des efforts d'intégration de la gare amont du télésiège ont été réalisés. Cette gare utilise des matériaux dont les couleurs rappellent les falaises et les éboulis environnants.

Cela permet de mieux intégrer la remontée mécanique dans son environnement paysager proche mais aussi de limiter sa perception depuis des points de vus plus lointain, comme les sommets du Torraz ou du Croisse Baulet sur la commune de la Giettaz.

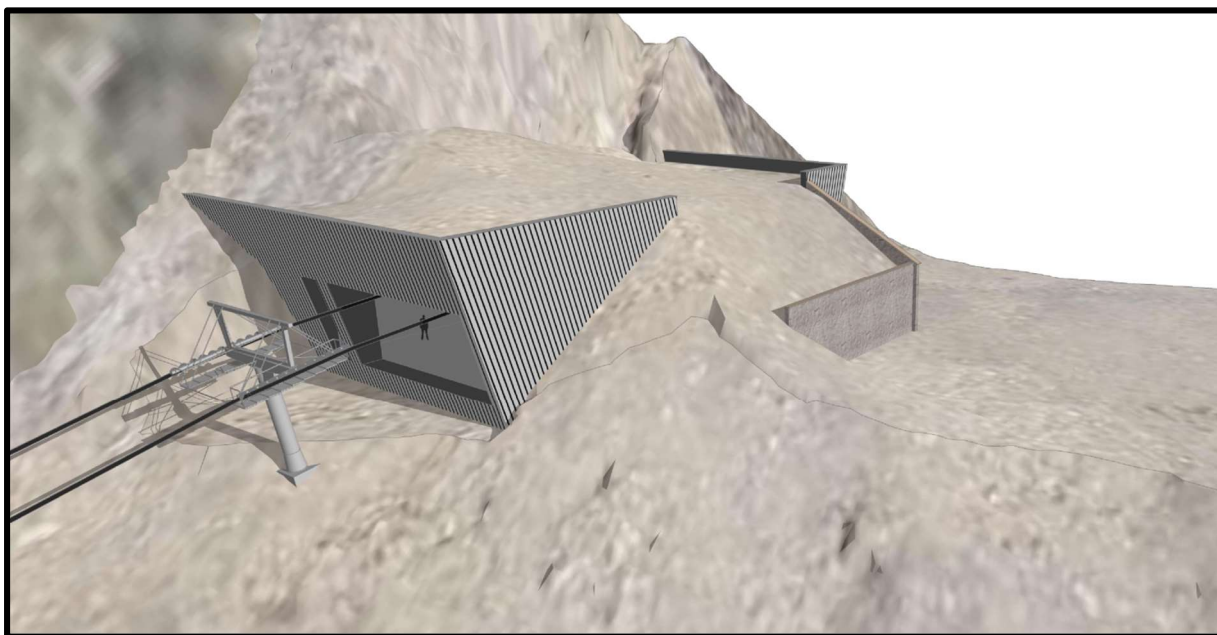
Pour mémoire, ce point de crête n'est pas visible depuis le village de la Giettaz et partiellement visible depuis le hameau du plan en fonction du point de perception retenu.

De plus, la gare amont a été imaginée en la recouvrant partiellement de rochers, afin de lui donner l'impression d'être intégrée dans un éboulis.

Parallèlement les ouvrages du chalet du poste de secours et du mat webcam (équipements visibles sur la photo page 5) seront démontés pour être intégrés dans le nouveau bâtiment.

Enfin, le bâtiment a été positionné en recul de la ligne de crête afin que sa perception soit minime.

Des éléments graphiques sont fournis en annexe 1 du présent document, en complément de éléments de l'étude d'impact du télésiège qui sont disponibles sur demande et dont la MRAE dispose déjà dans le cadre de l'instruction de l'étude d'impact et de sa note de réponse à l'avis.



6) PRECISIONS CONCERNANT LES ENJEUX EN TERMES DE RISQUES

Dans l'étude d'impact initialement déposée, l'étude du risque avalanche n'avait pas été jointe, parce qu'en cours de mise à jour, et l'étude géotechnique présentait des manquements sur la thématique du risque de chute de blocs.

Dans son avis, la MRAE a effectivement bien identifié ces thématiques manquantes.

La SATELC, dans sa note de réponse à l'avis, a fourni une étude du risque avalanche (*Étude des risques d'avalanches sur le projet de TSD de Balme – Rapport Octobre 2024*) ainsi qu'une étude géotechnique comprenant un chapitre sur le risque de chute de blocs et son traitement préventif. Ce dernier document est joint en annexe 3 de la présente note.

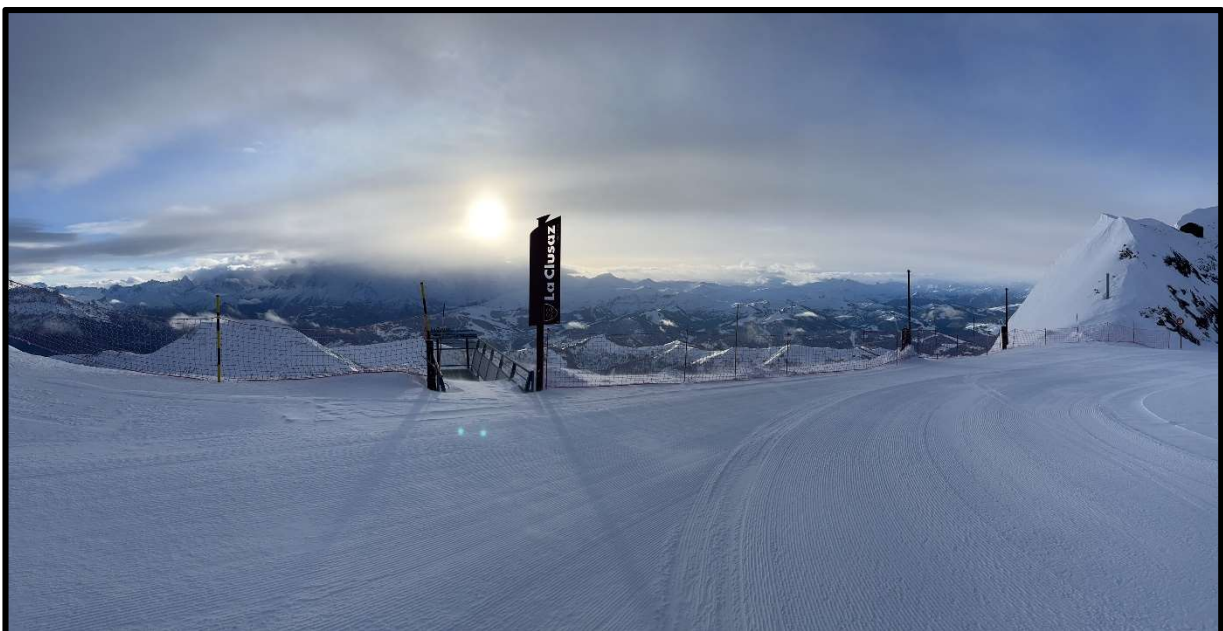
Concernant le risque avalanche :

Le domaine skiable de la Clusaz est présent la combe de Balme depuis plus de 60 ans et le col de Balme est sécurisé en termes d'avalanche depuis plus de 40 ans coté Clusaz.

En effet, aucun déclenchement préventif n'est réalisé coté Giettaz. Cela est justifié par le fait qu'aucun enjeux (habitation ou piste de ski) n'existe dans le secteur et qu'il n'y a pas d'exploitation de piste de ski coté Giettaz lié au domaine skiable de la Clusaz. Compte tenu des fortes pentes, les avalanches partent « naturellement » et régulièrement sur le versant de la Giettaz.

Le projet de réaménagement tout comme le projet de conversion de zonage sur la commune de la Giettaz ne sont pas de nature à modifier le risque d'avalanche dans ce secteur.

Le service des pistes de la Clusaz met en place des dispositifs de filets pour que les skieurs ne puissent pas s'aventurer vers les falaises et le versant de la Giettaz comme le montre la photo suivante.

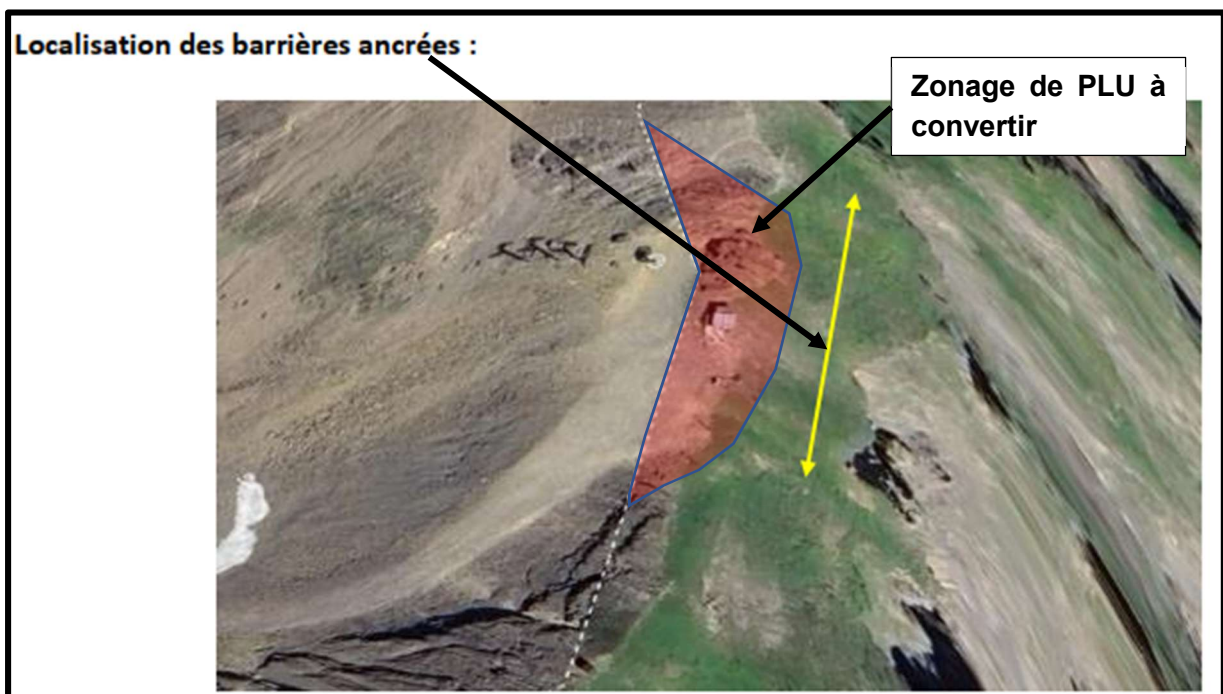


Concernant le risque de chute de blocs :

Cette thématique a fait l'objet d'un chapitre spécifique (p36 à 41) dans le cadre de l'étude géotechnique du projet du Col de Balme, dont le document est joint en annexe 3 de la présente note. Les investigations géotechniques complémentaires ont donc été réalisées pour cette thématique. Des solutions techniques sont proposées pour prévenir le risque de chute de bloc, tant pendant la période des travaux du télésiège que pour son exploitation ultérieure.

L'étude conclue à la nécessité de mettre en place des dispositifs de protection contre les chutes de blocs sur le versant de la Giettaz, ce qui explique la demande de conversion de 4800 m² évoqués dans le chapitre 4 de la présente note **mais depuis retiré car ces équipements sont réalisables en zone N.**

Voir schéma illustratif ci-dessous issu de l'étude géotechnique.



Concernant l'exposition du public au risque :

Il est estimé que le remplacement du télésiège du col de Balme pourrait générer une augmentation de la fréquentation de 20 % de la Combe de Balme. Cette fréquentation est uniquement générée sur la saison d'hiver puisque le télésiège n'a pas vocation à fonctionner sur une autre période de l'année.

Pendant la saison d'hiver, le service des pistes de la Clusaz s'assure que le domaine skiable est sans danger pour les pratiquants. Dans cet optique, le risque d'avalanche est traité dans le cadre du Plan d'Intervention pour le Déclenchement des Avalanches (PIDA) qui sécurise le domaine skiable avant toute ouverture du public.

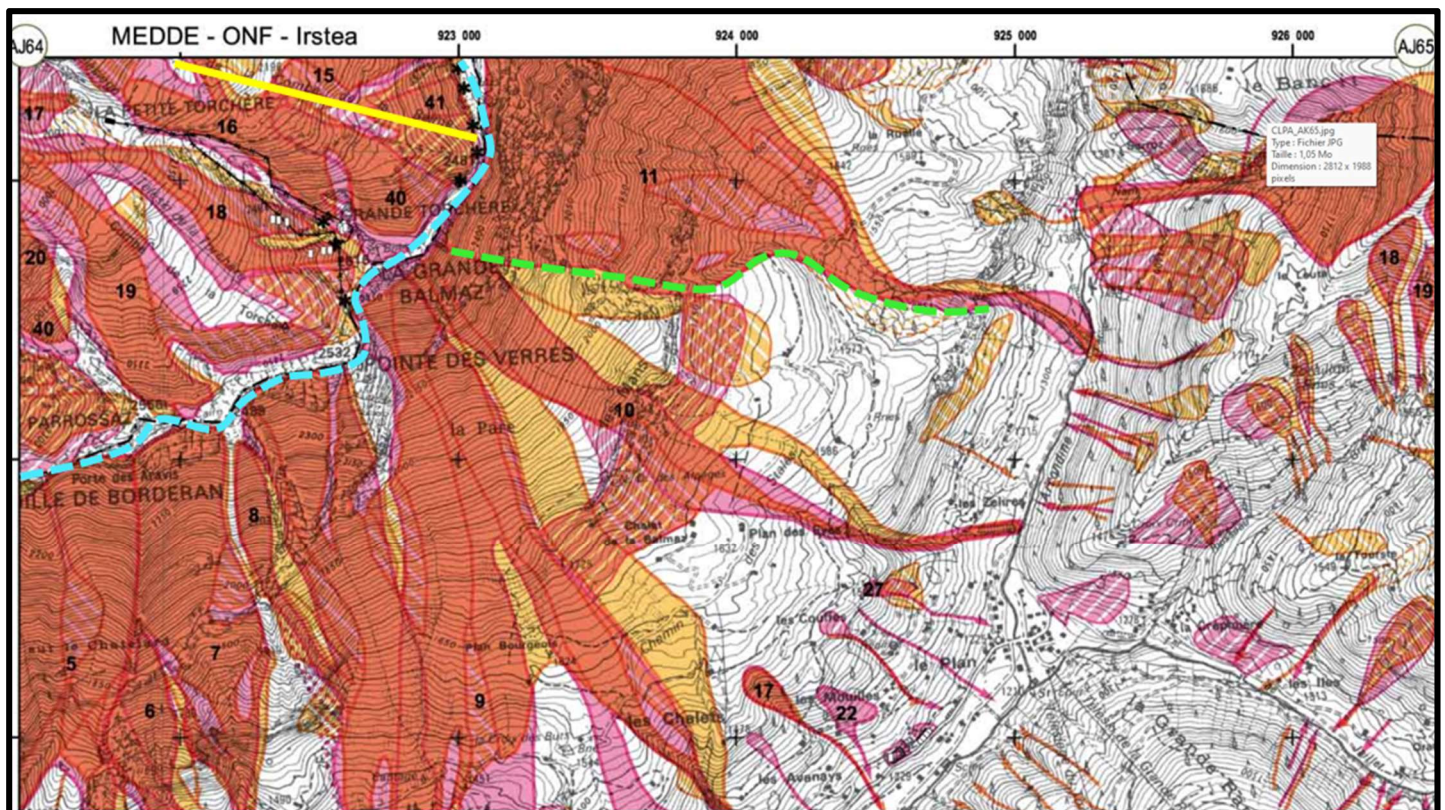
Parallèlement, les équipes d'exploitation du domaine skiable surveille et traite les phénomènes de chute de blocs et ce à toute période de l'année.

Dans ce contexte, l'exposition au risque est maitrisée et n'est pas aggravée, tant par le nouveau télésiège que par la conversion de zonage sur la Giettaz. La gestion de ce genre d'aléas est maitrisée dans le cadre de l'exploitation du domaine skiable de la Clusaz.

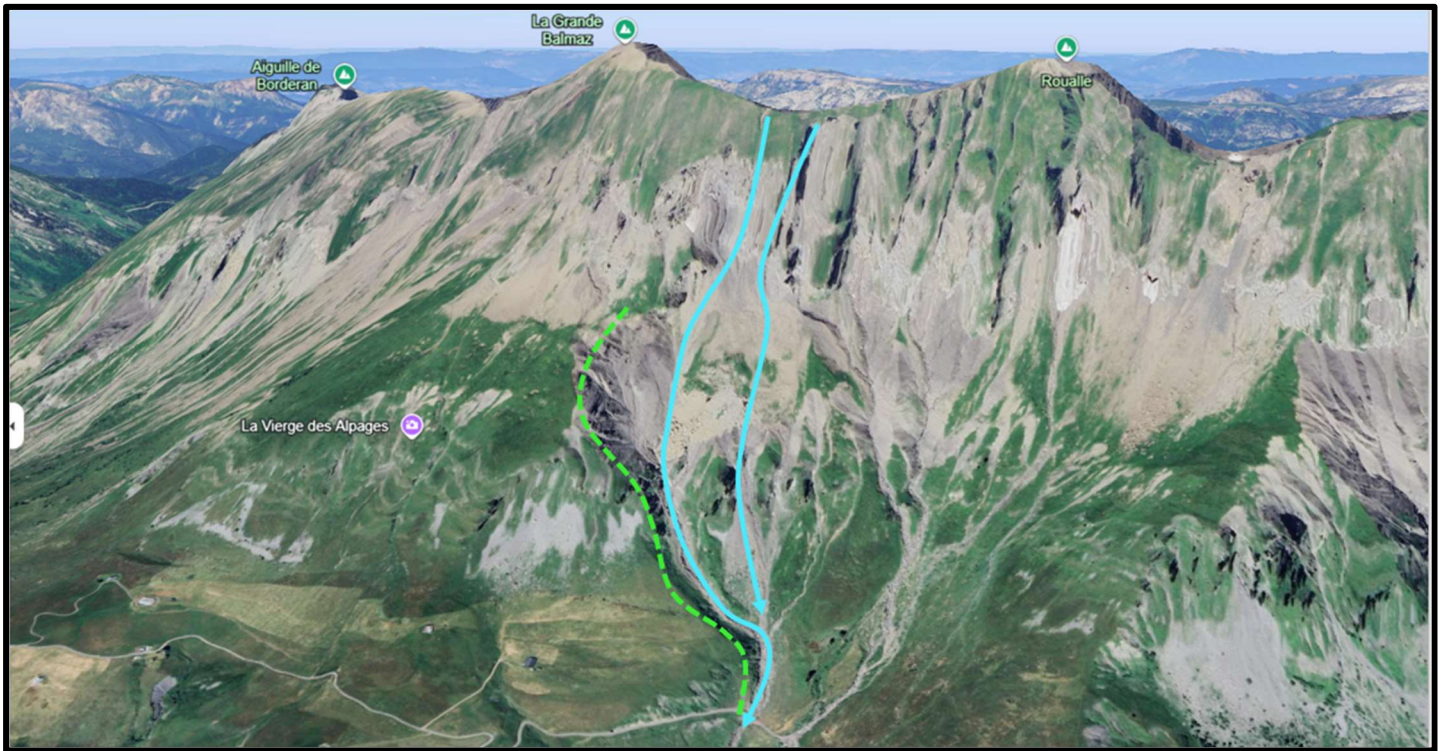
Dans la zone qui fait l'objet de la conversion de zonage, il n'est pas prévu de remontée mécanique ou de bâtiment susceptible d'augmenter cette exposition aux risques.

Les illustrations suivantes montrent la morphologie du versant coté Giettaz.

Le trait en pointillé vert matérialise un sommet de merlon naturel qui conditionne fortement les chutes de blocs et d'avalanche en termes de trajectographies. Cela est particulièrement flagrant sur la carte CLPA illustrant les coulées d'avalanche.



Les flèches bleues du photomontage suivant illustrent les principales trajectographies de chute de blocs depuis le col de Balme sur le versant de la Giettaz. Les chutes se trouvent, comme en hiver pour les avalanches, fortement conditionnées dans leurs trajectoires par le merlon naturel présent (trait en pointillé vert). Il en résulte un seul point de traversé au niveau du premier aménagement humain que constitue un chemin d'exploitation d'alpage. Aucun enjeu n'est situé à l'aval.



Enfin, le projet améliore la situation actuelle : actuellement si le public a besoin d'aller sur le poste de secours, celui-ci est situé en bord de crête. Le projet prévoit que le poste de secours soit intégré au bâtiment du télésiège, donc en retrait de la ligne de crêtes, limitant ainsi l'exposition au risque.

7) MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTIONS PREVUES

Dans le cadre de l'étude d'impact du projet de remplacement du télésiège du Col de Balme, 18 mesures ont été prévues et sont synthétisées dans le tableau suivant :

MESURES ET MODALITES DE SUIVI	COUT ESTIMATIF (€)
MESURE D'EVITEMENT (ME)	
ME 1 : BASES DE VIE DU CHANTIER ET ENGINS DE CHANTIER EQUIPES DE KITS ANTIPOLLUTION	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
ME 2 : PLAN DE CIRCULATION DES ENGINS DE CHANTIER	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
ME 3 : MISE EN DEFENS DES ZONES SUJETTES A INCIDENCES POTENTIELLES	2 750€ HT
ME 4 : VITESSE DE DEPLACEMENT DES ENGINS DE CHANTIER ADAPTEE	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
ME 5 : CONCERTATION AVEC LES EXPLOITANTS AGRICOLES ET GESTION PASTORALE DU SITE	2 250€ HT
ME 6 : MISE EN SECURITE DES ZONES DE CHANTIER	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
ME 7 : LUTTE CONTRE LA DISSEMINATION DES ESPECES INVASIVES	SURCOUT POUR LE CHANTIER DE 1 000 A 1 500 €.
MESURE DE REDUCTION (MR)	
MR 1 : DEMONTAGE ET EVACUATION ANCIENS EQUIPEMENTS	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
MR 2 : INTEGRATION ARCHITECTURALE POUR LES GARES ET LOCAUX ASSOCIES, CHOIX DES MATERIAUX ET COULEURS	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
MR 3 : INSERTION PAYSAGERE ET TOPOGRAPHIQUE DES MASSIFS DE PYLONES	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
MR 4 : TRAITEMENT COHERENT DES TALUS ET RACCORDS AU TERRAIN NATUREL	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
MR 5 : INTEGRATION PAYSAGERE DE LA TRANCHEE ASSOCIEE AU RESEAU NEIGE	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
MR 6 : REVEGETALISATION DES SURFACES PAR LA TECHNIQUE DE L'ETREPAGE*	327 000€ HT
MR 7 : REVEGETALISATION COMPLEMENTAIRE DES SURFACES TERRASSEES PAR APPORT D'UN SEMIS DE PLANTES HERBACEES LOCALES*	93 400€ HT
MR 8 : LIMITATIONS DES NUISANCES POUR L'ENVIRONNEMENT ET LA POPULATION	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
MR 9 : ADAPTATION DU CALENDRIER DES TRAVAUX AFIN D'EVITER LES PERIODES SENSIBLES POUR LA FAUNE	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX

MR 10 : ADAPTATION DES HORAIRES POUR LES ROTATIONS D'HELICOPTERE EN PERIODE DE REPRODUCTION DES GALLIFORMES DE MONTAGNE	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
MR 11 : MAINTIEN DE LA BONNE VISIBILITE DES CABLES DE REMONTEES MECANIQUES POUR LIMITER LES RISQUES DE PERCUSSION POUR LES OISEAUX	8 000€ HT
MODALITE DE SUIVI (MS)	
MS 1 : SUIVI ENVIRONNEMENTAL DES TRAVAUX	17 250€ HT
MS 2 : SUIVI DES MESURES D'ETREPAGE ET DE VEGETALISATION	9 600€ HT
Coût total des mesures	447 150
Part relative par rapport au coût du projet (13 100 000€)	= 3,4%

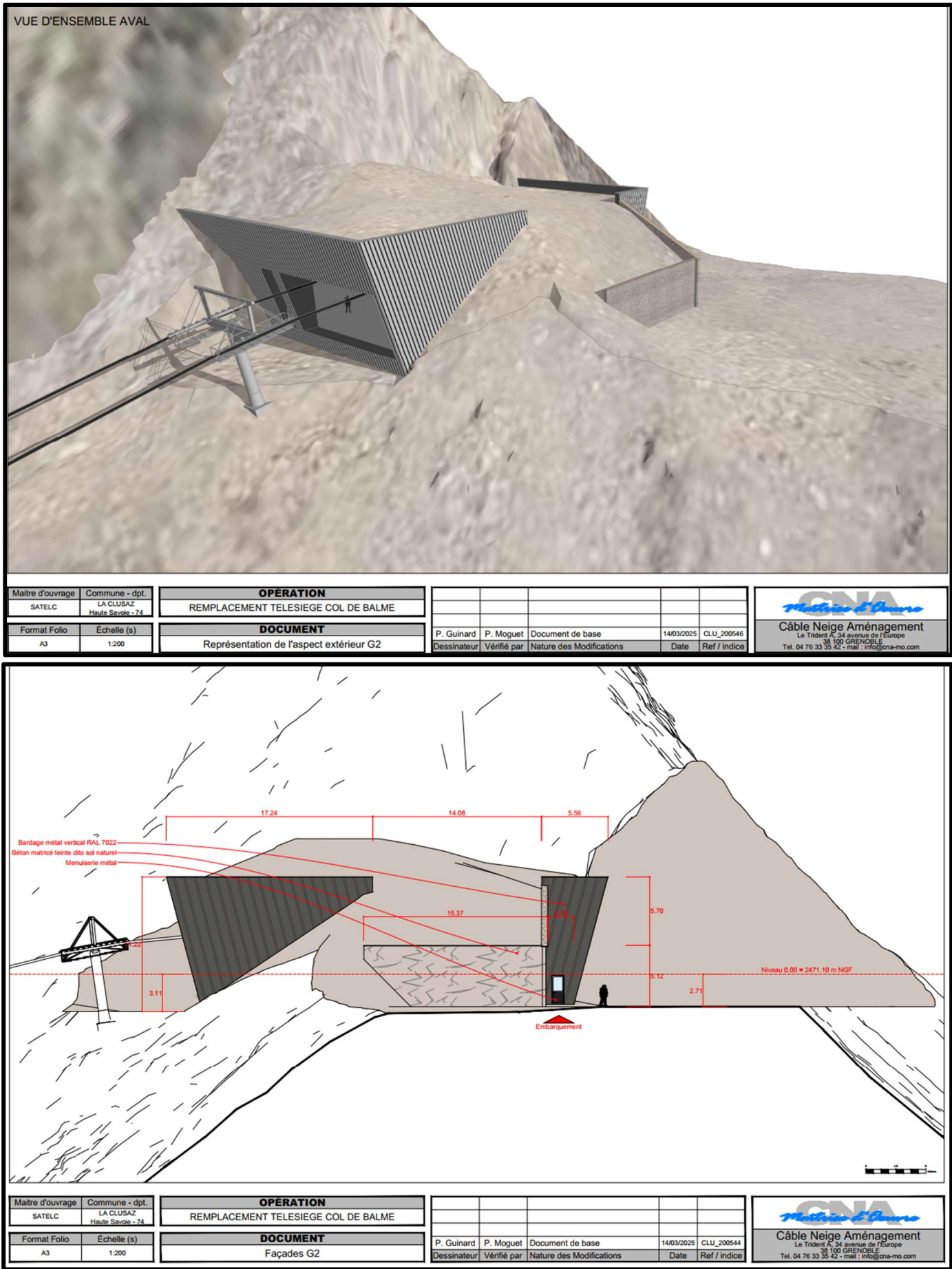
Ces mesures sont détaillées dans le chapitre 7 de l'étude d'impact et seront appliquées dans la zone de conversion de zonage du PLU de la Giettaz. Voir annexe 4 de la présente note. Ces mesures nous semblent pertinentes et adaptées pour accompagner l'évolution du PLU dans le secteur compte tenu des enjeux rencontrés.

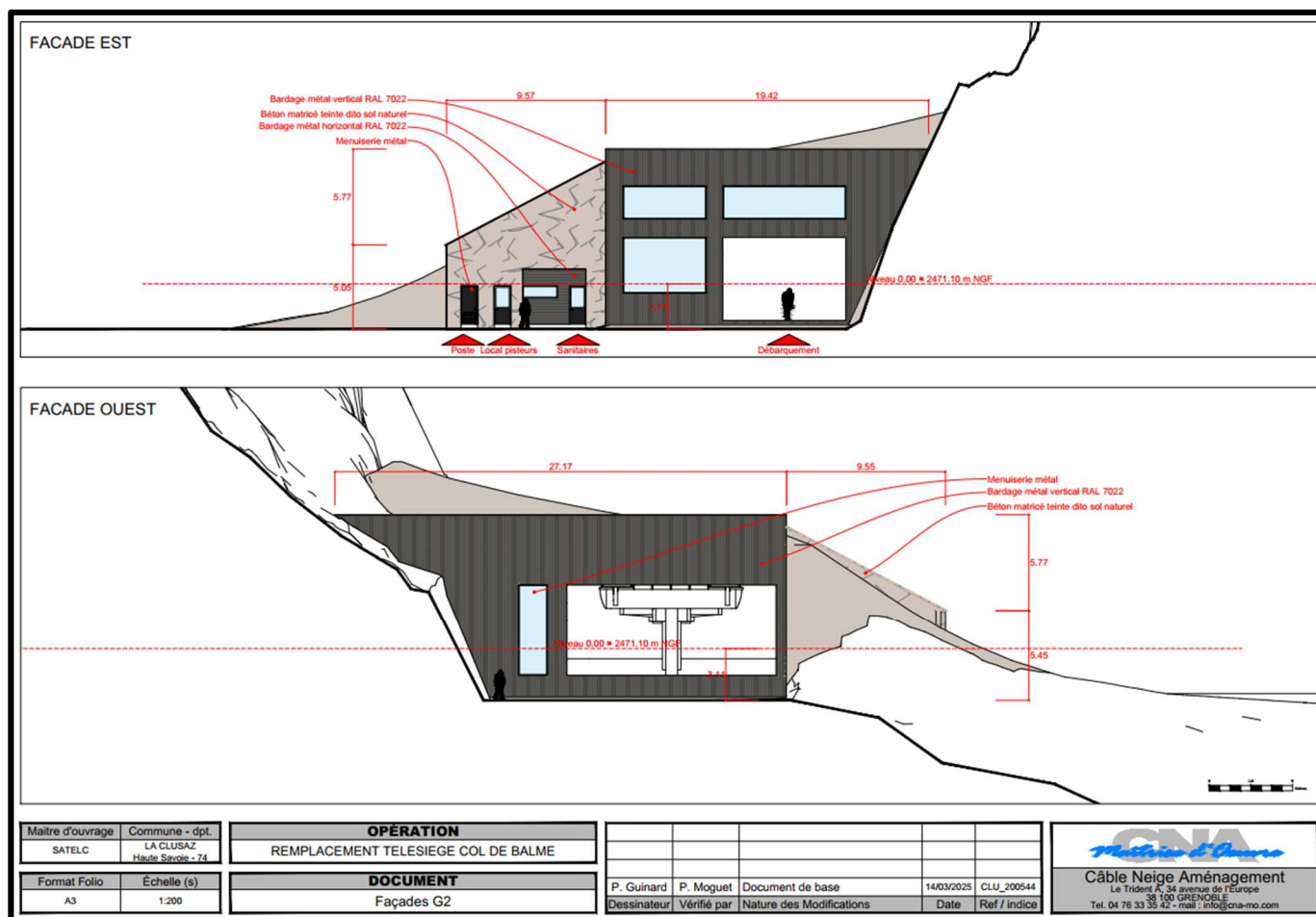
ANNEXES

- **ANNEXE N°1 : DOCUMENTS D'INSERTION ET PHOTOMONTAGE**
- **ANNEXE N°2 : ÉTUDE DU RISQUE D'AVALANCHE**
- **ANNEXE N°3 : ÉTUDE GEOTECHNIQUE**
- **ANNEXE N°4 : EXTRAIT DE L'ETUDE D'IMPACT DU COL DE BALME
CONCERNANT LES MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION
PRÉVUES.**

- **ANNEXE N°1 : DOCUMENTS D'INSERTION ET PHOTOMONTAGE**







- **ANNEXE N°2 : ÉTUDE DU RISQUE D'AVALANCHE**



Ingénieurs-conseils

Étude des risques d'avalanches sur le projet de TSD de Balme Station de La Clusaz, Haute-Savoie

Rapport

Octobre 2024

Table des matières

1	Contexte nivo-météorologique	6
1.1	Données météorologiques	6
1.2	conditions climatiques	6
1.2.1	Vue générale	6
1.2.2	Valeurs sur les stations voisines de La Clusaz	7
1.3	Analyse des précipitations	8
1.3.1	Méthode	8
1.3.2	Aperçu général sur la chronique des précipitations de neige	8
1.3.3	Analyse par la méthode du renouvellement	12
1.3.4	Analyse par la théorie des valeurs extrêmes	16
1.4	Épaisseur du manteau neigeux	18
1.5	Effet de l'altitude	20
1.6	Synthèse	22
2	Analyse du risque d'avalanche	23
2.1	Méthodes	23
2.2	Données	23
2.3	Éléments historiques	24
2.3.1	Enquête permanente sur les avalanches	24
2.3.2	Carte de localisation des phénomènes d'avalanches	25
2.3.3	PIDA et témoignage du service des pistes	28
2.4	Analyse spatiale du risque d'avalanche	31
2.4.1	Principe	31
2.4.2	Secteur de la Petite Torchère	33
2.4.3	Secteur de la Grande Torchère	33
2.4.4	Secteur de la Roualle	35

2.5	Synthèse	38
3	Analyse par simulation numérique des avalanches	39
3.1	Principe et hypothèses du calcul	39
3.1.1	Modèle utilisé pour le calcul	39
3.1.2	Paramètres utilisés pour le calcul	40
3.1.3	Hypothèses et rendu du calcul	41
3.2	Résultats des simulations numériques	43
3.2.1	Avalanches dans le cadre d'un PIDA	43
3.2.2	Avalanches naturelles	48
4	Synthèse	53

Objet de l'étude

Contexte

LA STATION DE LA CLUSAZ étudie le remplacement de l'actuel télésiège à pinces fixes de la *combe de Balme* par un nouvel appareil. L'exploitant souhaite disposer d'une étude des phénomènes d'avalanches menaçant le projet. L'appareil et le périmètre de notre zone d'étude sont localisés sur la figure 1.

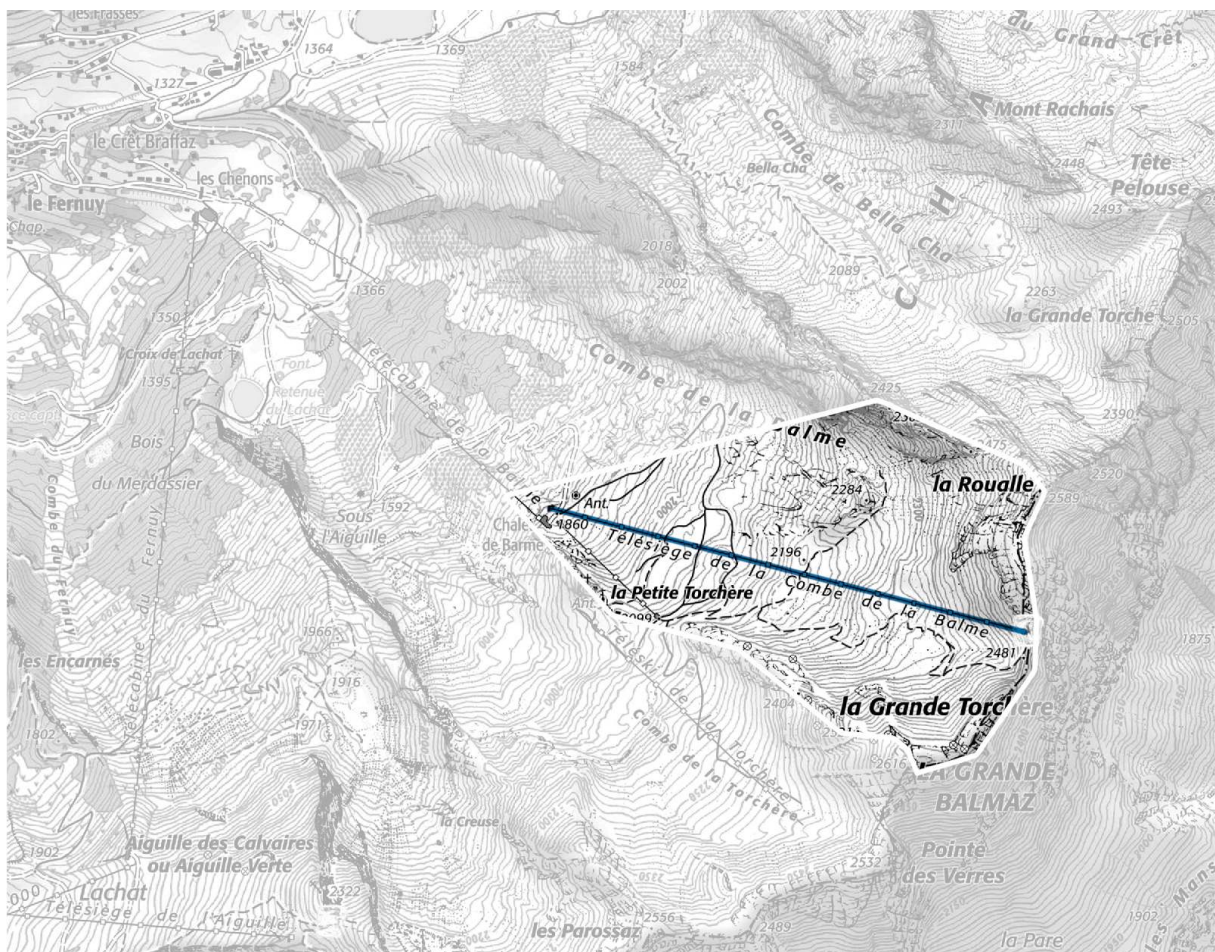


Figure 1 – Localisation de la remontée mécanique (segment bleu) et de la zone d'étude (contour blanc). Échelle 1:25 000. Fond topographique Géoportail © IGN Paris 2024.

Mission

La station de La Clusaz demande au groupement Toraval de caractériser les phénomènes d'avalanches affectant le projet. Nous fournissons une appréciation du risque d'avalanche sur le nouvel appareil, accompagnée d'un tableau des efforts d'avalanches estimés pour la période de retour de référence choisie par le maître d'ouvrage.

Comme nous le pratiquons habituellement pour ce type d'appareil, nous proposons deux scénarios affectés de deux périodes de retour (T) différentes :

- avalanches $T = 30$ ans (chances de 1/30 de se produire en moyenne chaque année); et
- avalanches $T = 100$ ans (chances de 1/100 de se produire en moyenne chaque année).

Le présent rapport s'accompagne d'un supplément électronique représentant une scène tridimensionnelle interactive du versant à l'adresse suivante :

http://telec.toraval.fr/3d/clusaz_2024.html

Contexte nivo-météorologique

1.1 Données météorologiques

L'analyse nivo-météorologique s'est appuyée sur les documents suivants :

- les données nivo-météorologiques de la station de La Clusaz (les Converses) située à une altitude de 1180 m et fonctionnant depuis 1959 ;
- les données nivo-météorologiques de la station de La Clusaz située à une altitude de 1597 m au niveau de la G2 du télémix du Bossonnet et fonctionnant depuis 2016 ;
- les données nivo-météorologiques de la station du Grand-Bornand située à une altitude de 1300 m et fonctionnant depuis 1992 ;
- la thèse d'A. Kiefer Weisse, « Étude des précipitations exceptionnelles de pas de temps court en relief accidenté (Alpes françaises) », thèse de doctorat INPG, Grenoble (1998) ;
- la thèse d'A. Djerboua, « Prédétermination des pluies et crues extrêmes dans les Alpes franco-italiennes. Préviation quantitative des pluies journalières par la méthode des analogues », thèse de doctorat, INPG, Grenoble (2001).

1.2 conditions climatiques

1.2.1 Vue générale

La Clusaz se situe à la périphérie d'une zone très humide, qui couvre les massifs des Aravis, du Chablais, des Bauges, et les Aiguilles Rouges (voir figure 1.1). Cette zone est relativement homogène en termes de précipitations même si naturellement les effets du relief, dont la variabilité est très marquée, se font sentir sur les précipitations de longue durée (plus de 24 h). Suivant en quelque sorte le principe « premier arrosé, plus enneigé », on note à altitude égale un meilleur enneigement sur la bordure occidentale (Aravis côté Thônes), que dans le Val d'Arly et les précipitations extrêmes y sont également plus fortes.

La pluie journalière décennale à La Clusaz est de l'ordre de 90 mm alors que la pluie journalière centennale est dans la fourchette 115–130 mm. En termes de chutes de neige cumulées sur 3 jours, il faut s'attendre à des valeurs de l'ordre de 160 cm pour une période de retour $T = 10$ ans et 230 cm pour $T = 100$ ans vers 1500 m ; ce sont donc des valeurs relativement

fortes compte tenu de l'altitude modeste du site (elles sont comparables à ce que l'on trouve pour les stations d'altitude des Alpes du Nord, au-dessus de 1800–2000 m).

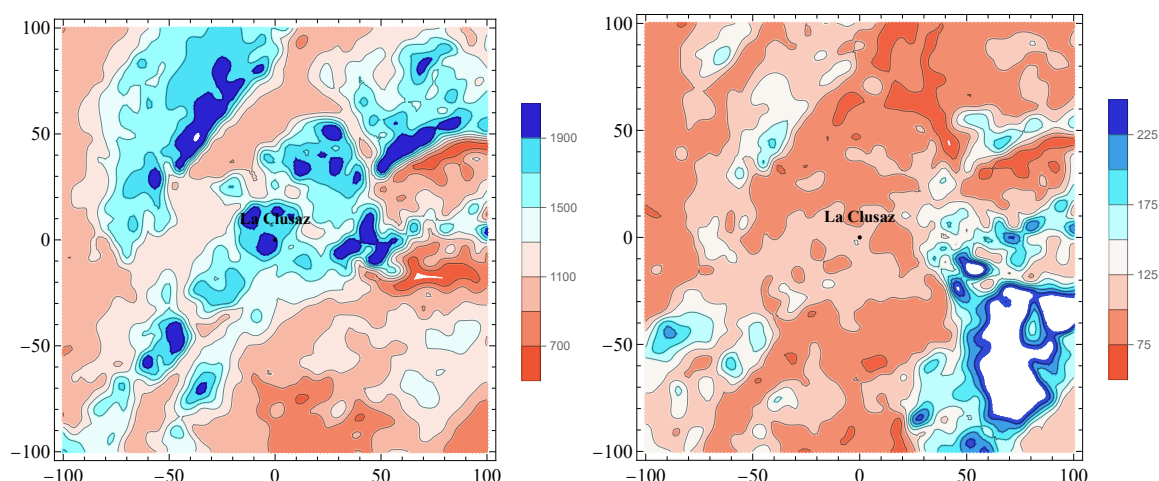


Figure 1.1 – Carte des isovalues des cumuls moyens annuels de précipitation (à gauche) et des plus fortes précipitations journalières observées sur la période 1971–2008 (à droite). Valeurs en mm. Les données ont été cadrées sur La Clusaz (indiquée par un point). Source : données Alpine Precipitation Grid Dataset (EURO4M-APGD) (doi:10.18751/Climate/Griddata/APGD/1.0).

Si les valeurs journalières n'atteignent pas de valeurs records (comme par exemple dans les Alpes du Sud), les cumuls de précipitation sur plusieurs jours peuvent devenir impressionnants et sont assez proches des valeurs remarquables mesurées sur les Préalpes. Ainsi, le cumul moyen annuel de précipitations excède 1930 mm sur La Clusaz, soit le double des valeurs observées sur la haute Tarentaise (900 mm), et proche des records mesurés à Saint-Pierre-de-Chartreuse (2050 mm).

La situation particulière du massif des Aravis en fait une zone sensible à toutes les dépressions d'ouest (40 % des passages perturbés), de sud-ouest (25 %), et de nord-ouest (20 %). Les épisodes de nord-ouest sont particulièrement redoutables car ils s'accompagnent en général d'une diminution de température et la neige peut s'abaisser à basse altitude. L'intensité des précipitations peut être particulièrement importante et ce d'autant que le massif du Mont-Blanc est en toute première ligne pour ce type de passage perturbé. Comme l'a montré l'épisode de novembre 1996, de très fortes chutes de neige peuvent être également provoquées par le contact d'air chaud et humide pulsé par un courant de sud (Méditerranée) avec de l'air froid venu du nord ou stocké dans les vallées. Compte tenu du réchauffement climatique, ce dernier type de scénario peut devenir plus fréquent dans les années à venir.

1.2.2 Valeurs sur les stations voisines de La Clusaz

Le tableau 1.1 récapitule les quantiles de précipitation (neige) durant la saison « hivernale » (c'est-à-dire ici du 15 novembre au 15 mai) et en fonction de la période de retour T et de la durée de la précipitation. On ne considère ici que des durées de 1 ou 3 jours, qui servent classiquement à faire l'analyse statistique. On note immédiatement une grande disparité des valeurs, bien marquée pour $T = 100$ ans avec un écart d'environ 55 % entre Megève et Le Grand-Bornand. L'altitude, mais surtout la position (voir *supra*, § 1.2.1) sont les paramètres-clés de cette variabilité régionale.

Tableau 1.1 – Stations de mesures météorologiques à proximité de La Clusaz. On indique la distance D de la station (par rapport au chef-lieu), son altitude, la date de création du poste (année à partir de laquelle on a des mesures continues), puis les quantiles de précipitations (solides) en cm pour des durées de 1 et 3 jours en fonction de la période de retour T .

	D (km)	alt (m)	créat.	$T = 10$ ans		$T = 30$ ans		$T = 100$ ans	
				P_1	P_3	P_1	P_3	P_1	P_3
La Clusaz	0	1180	1959	48	92	54	106	59	118
Megève	16	1080	1959	58	105	67	123	77	140
Le Grand-Bornand	5,5	1300	1992	59	71	65	155	71	185

1.3 Analyse des précipitations

1.3.1 Méthode

On se place ici dans le cadre de l'existence d'un régime stationnaire (ou faiblement instationnaire) des précipitations au fil des décennies et on admet que les précipitations sont représentées par une seule loi de distribution dite « loi de valeurs extrêmes » :

$$C = \begin{cases} \mu - \frac{\sigma}{\xi} \left[1 - \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right)^{-\xi} \right] & \text{si } \xi \neq 0, \\ \mu - \sigma \ln \left[1 - \ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] & \text{si } \xi = 0. \end{cases} \quad (1.1)$$

On va aussi considérer un modèle plus simple à ajuster, une loi exponentielle, à partir d'un modèle dit de *renouvellement* :

$$C = \mu + \sigma \ln T. \quad (1.2)$$

1.3.2 Aperçu général sur la chronique des précipitations de neige

Nous reportons sur la figure 1.2 la distribution dans le temps de ces chutes de neige journalières. L'agglomération en amas de points résulte simplement du caractère saisonnier des chutes de neige. Le caractère aléatoire des chutes de neige, notamment la densité des amas et les valeurs extrêmes observées sur une saison, sont très variables d'une année à l'autre.

Le cumul des chutes de neige sur de longues périodes est également très variable. Si on s'intéresse à la distribution des cumuls mensuels, la figure 1.3 montre la variabilité des mesures depuis 1959 (1992 pour Le Grand-Bornand). Si on passe au cumul sur une saison entière (de décembre à avril), on note des variations également très importantes :

- dans la fourchette 96–832 cm (moyenne saisonnière 440 cm sur la période 1959–2022) pour La Clusaz, et
- dans la fourchette 225–970 cm (moyenne saisonnière 568 cm sur la période 1992–2022) pour Le Grand-Bornand.

Sans surprise on retrouve cette disparité si l'on examine l'épaisseur moyenne du manteau neigeux. On note toutefois qu'il n'y a pas de corrélation directe systématique entre précipitations mensuelles et épaisseur moyennée du manteau neigeux, ce qui est normal car la température et le vent sont des facteurs essentiels de conservation d'un manteau neigeux.

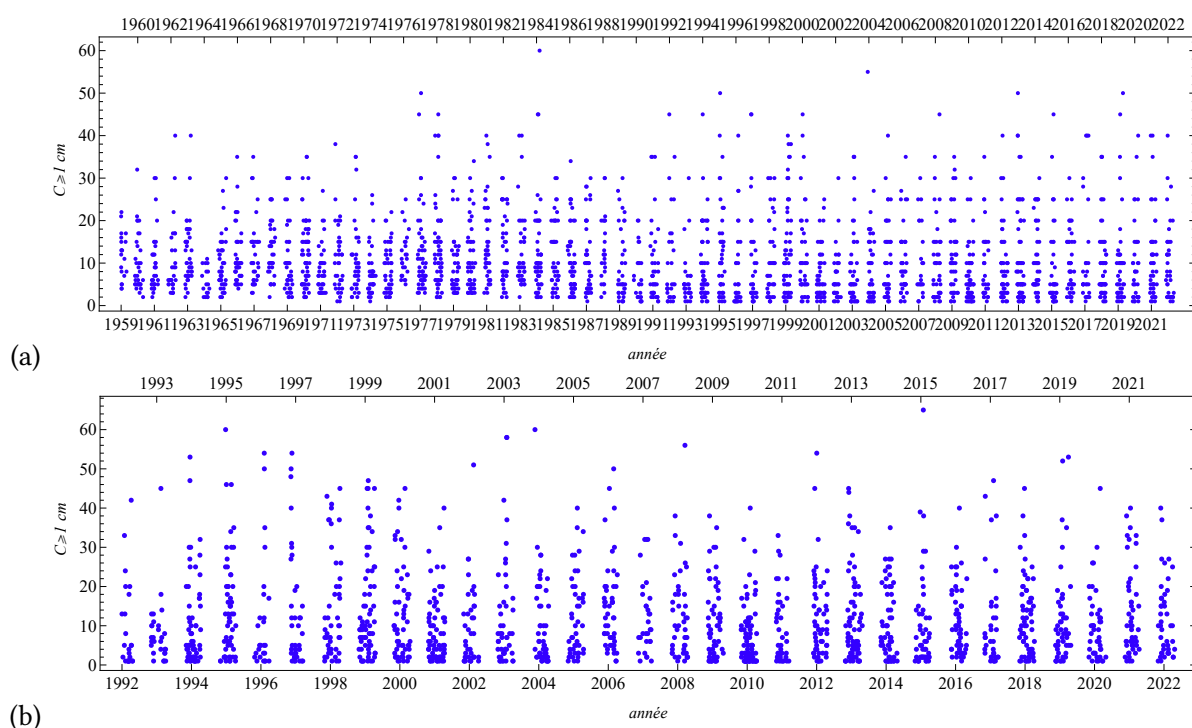


Figure 1.2 – Répartition dans le temps des chutes de neige journalières sur (a) La Clusaz et (b) Le Grand-Bornand .

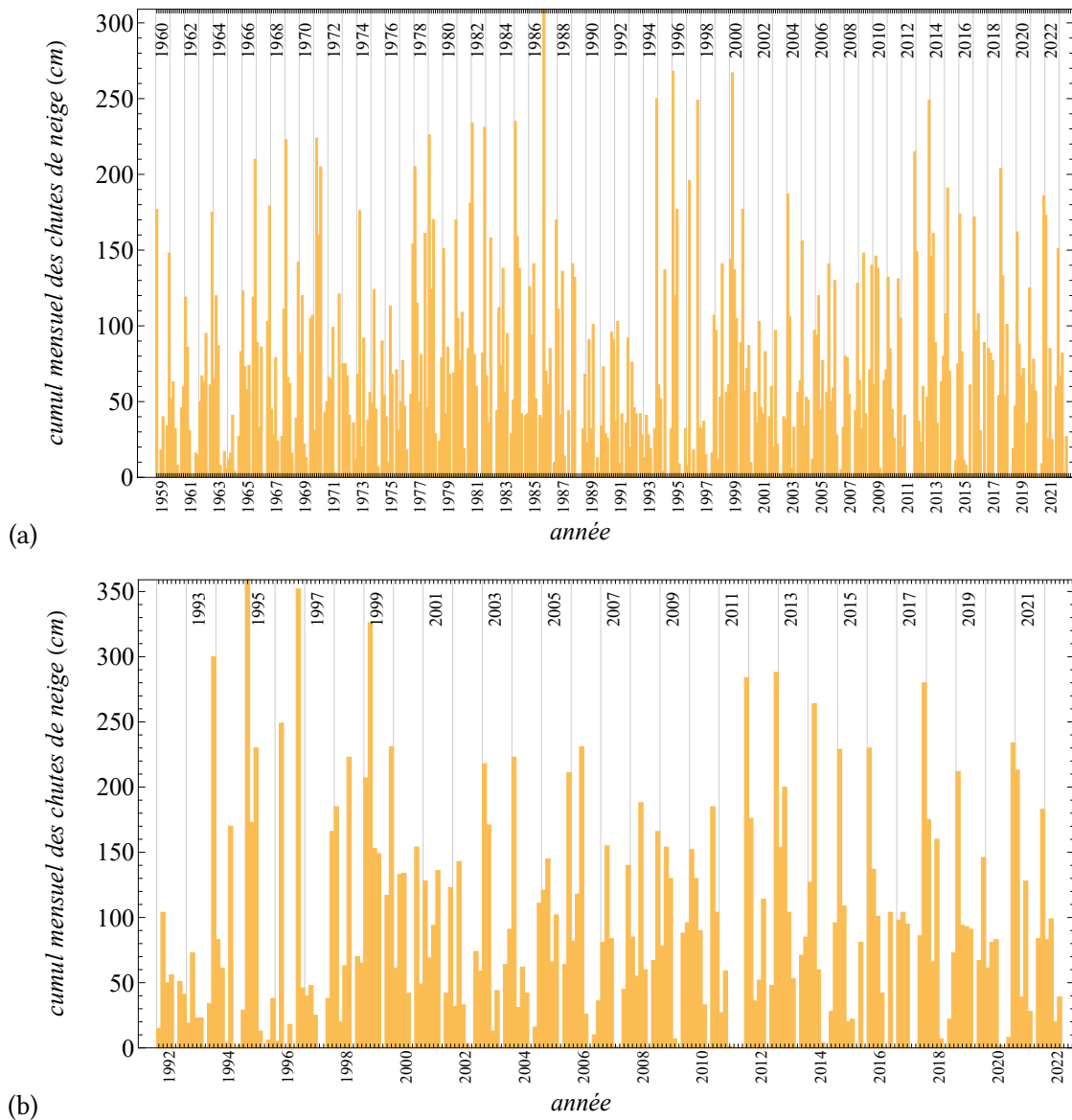


Figure 1.3 – Variation dans le temps des cumuls mensuels de chutes de neige sur (a) La Clusaz, (b) Le Grand-Bornand.

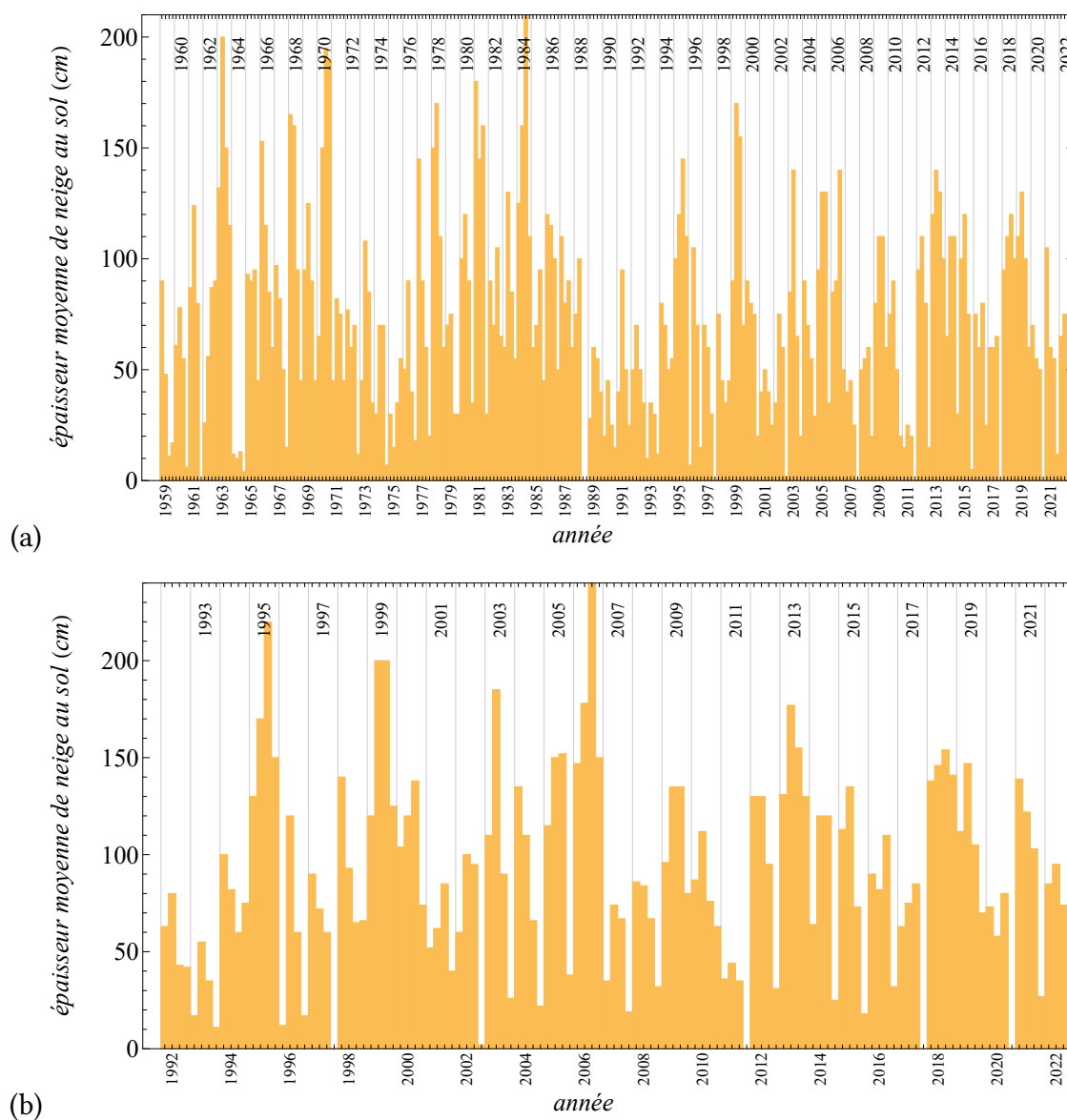


Figure 1.4 – Variation dans le temps des épaisseurs du manteau neigeux moyennées sur un mois sur (a) La Clusaz, (b) Le Grand-Bornand.

1.3.3 Analyse par la méthode du renouvellement

Nous avons appliqué la méthode du renouvellement avec les données observées sur les postes autour de La Clusaz. Moyennant certaines hypothèses sur la distribution des chutes de neige dans le temps et la variation de leur intensité, on aboutit à une loi approchée de la forme (pour T grand) :

$$C \approx s + \frac{\ln \lambda}{\mu_*} + \frac{1}{\mu_*} \ln T \quad (1.3)$$

On note $\sigma = 1/\mu_*$ le gradex des précipitations et $\mu = s + \ln \lambda/\mu_*$ le mode. Nous reportons dans les tableaux 1.2 à 1.3 les valeurs de ces deux paramètres en fonction de la durée considérée pour la précipitation ainsi que la valeur des chutes de neige pour $T = 10$ ans, $T = 100$ ans, et $T = 300$ ans pour les deux postes de mesures autour de La Clusaz.

Tableau 1.2 – Valeurs des coefficients μ et σ , déterminés par la méthode du renouvellement (seuil fixé à 10 cm à 60 cm selon la durée) pour La Clusaz. Quantiles des chutes de neige décennales, centennales, et tricentennales pour les durées allant de 1 à 6 jours. Valeurs en cm.

	1 j	2 j	3 j	4 j	5 j	6 j
μ	32,3	51,8	67,8	81,9	94,6	106,0
σ	7,70	12,1	15,3	18,1	20,5	22,6
$C(T = 10)$	50	80	103	124	142	158
$C(T = 100)$	59	93	120	143	164	183
$C(T = 300)$	68	107	138	165	189	210

Tableau 1.3 – Valeurs des coefficients μ et σ , déterminés par la méthode du renouvellement (seuil fixé à 10 cm à 60 cm selon la durée) pour Le Grand-Bornand. Quantiles des chutes de neige décennales, centennales, et tricentennales pour les durées allant de 1 à 6 jours. Valeurs en cm.

	1 j	2 j	3 j	4 j	5 j	6 j
μ	43,0	70,7	91,9	108,0	122,0	135,0
σ	9,90	16,1	20,1	21,8	23,3	25,2
$C(T = 10)$	66	108	138	158	175	193
$C(T = 100)$	77	125	160	182	201	221
$C(T = 300)$	88	145	185	208	229	251

On trouve que pour les périodes de retour supérieures à 5–10 ans à La Clusaz, les points de mesure tendent à être situés au-dessous des lois ajustées pour les durées de 2 à 6 jours alors que le modèle du renouvellement donne la bonne tendance pour les chutes journalières. Pour les durées de 5 à 6 jours, on note une saturation des valeurs de cumul. Cela indique que le modèle du renouvellement fournit une description correcte pour les chutes journalières, mais sous-estime ce qui peut se produire pour des durées plus importantes et qu’au-delà de 4 jours de précipitations, il y a un phénomène de saturation des valeurs. En revanche, pour le poste du Grand-Bornand, aucun phénomène de saturation n’est observé.

La méthode du renouvellement peut également être appliquée à des épisodes au sens employé par Météo-France, c’est-à-dire une succession continue (sans interruption) de chutes de neige sur plusieurs jours¹. En prenant un seuil de 100 cm, on a pu ajuster une loi exponentielle [éq. (1.3)] pour La Clusaz :

$$C = 73,8 + 27,2 \ln T, \quad (1.4)$$

1. un épisode est suivi et précédé d’un jour sans précipitations

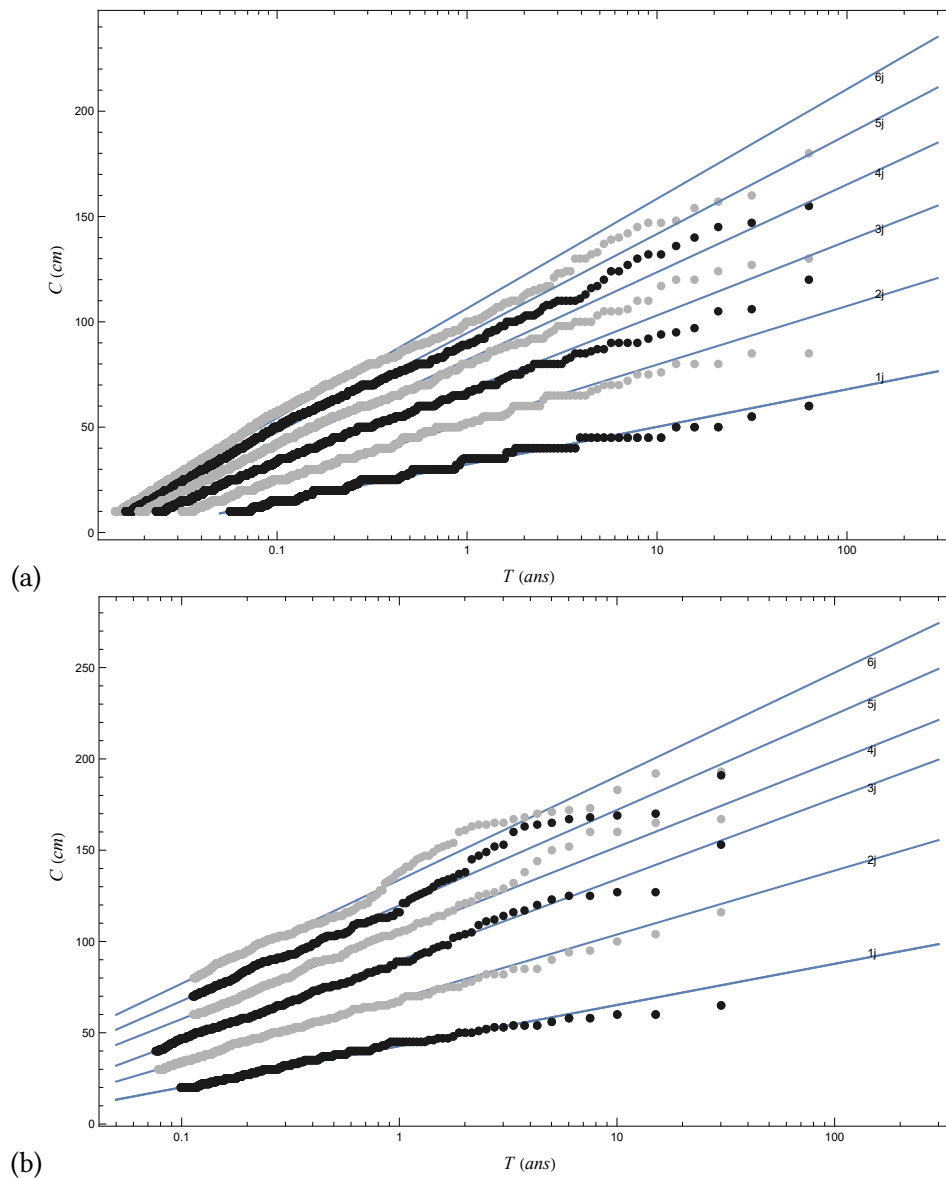


Figure 1.5 – Variation de la chute de neige de durée 1–6 jours en fonction de la période de retour pour (a) La Clusaz, (b) Le Grand-Bornand. Points : valeurs mesurées affectées d’une période de retour empirique ; courbes : loi exponentielle (1.3) ajustée sur les données.

pour Le Grand-Bornand

$$C = 105,0 + 34,5 \ln T. \quad (1.5)$$

Le résultat est reporté sur la figure 1.6. Dans les tableaux 1.4 à 1.5, on a également reporté tous les épisodes de neige ayant dépassé un seuil de 100 cm sur La Clusaz et Le Grand-Bornand. On a indiqué la période de retour en se servant des équations (1.4) à (1.5). On note que pour les deux stations, l’événement le plus fort (ou parmi les plus forts) est celui de novembre 1996 avec de 2 à 3,6 m de cumul de neige en deux semaines. Il a été produit par la rencontre d’air chaud et humide pulsé de la Méditerranée et d’air froid polaire. Il a été responsable d’une activité avalancheuse importante dans les Alpes du Sud. Pour Le Grand-Bornand on note que les événements les plus importants (plus de 150 cm de neige) ne sont pas en continuité avec les phénomènes plus courants. On retrouve ici ce qui apparaît pour les chutes de neige journalières, à savoir le fort potentiel du Grand-Bornand à recevoir des cumuls de neige significatifs.

Tableau 1.4 – Liste des épisodes de neige ayant amené plus de 100 cm sur La Clusaz depuis janvier 1959.

date	durée (j)	C (cm)	T (ans)
22 décembre 1968	7	103	3
20 mars 2008	7	104	3
1 février 2003	6	105	3
12 janvier 2021	6	108	4
9 février 1973	5	109	4
6 février 1988	6	109	4
5 février 1970	8	110	4
2 décembre 2012	4	110	4
19 janvier 1984	6	112	4
14 décembre 2011	8	113	4
21 décembre 1993	6	114	4
16 février 1999	9	117	5
28 janvier 1978	3	120	5
19 mars 1978	9	121	6
30 novembre 1976	8	122	6
11 janvier 1986	6	123	6
13 janvier 1977	4	124	6
2 janvier 1959	9	129	8
28 janvier 2015	11	144	13
5 février 1999	5	147	15
1 décembre 2021	11	148	15
14 janvier 1981	7	151	17
27 janvier 2019	8	160	24
18 novembre 1996	13	249	633

Tableau 1.5 – Liste des épisodes de neige ayant amené plus de 150 cm sur Le Grand-Bornand depuis janvier 1992.

date	durée (j)	C (cm)	T (ans)
14 décembre 2011	8	155	4
21 décembre 1993	6	164	4
1 février 2003	6	171	5
28 janvier 2015	6	172	5
27 janvier 2019	8	176	6
7 décembre 2017	12	179	7
4 février 1999	8	198	11
28 février 2006	13	221	19
25 novembre 2021	17	247	36
18 novembre 1996	15	358	600

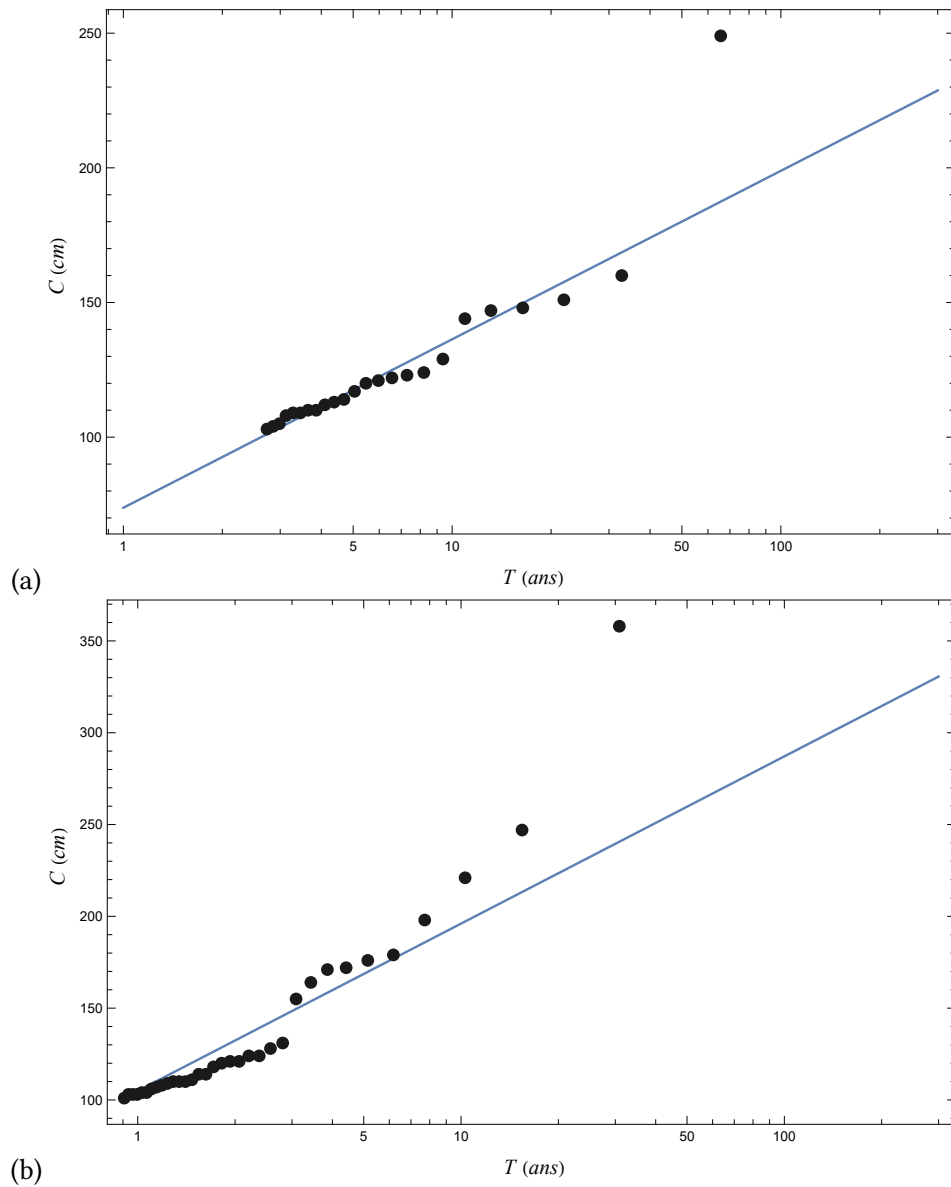


Figure 1.6 – Variation de la chute de neige de durée quelconque en fonction de la période de retour (a) La Clusaz, (b) Le Grand-Bornand. Points : valeurs mesurées affectées d’une période de retour empirique ; courbes : loi exponentielle [éq. (1.4) et (1.5)] ajustée sur les données.

1.3.4 Analyse par la théorie des valeurs extrêmes

Nous reportons ici le résultat récapitulatif pour les chutes de neige sur des durées de 1 à 6 jours pour La Clusaz et Le Grand-Bornand. Une loi de valeurs extrêmes (LVE) a été ajustée sur les données des maxima annuels par la méthode bayésienne. Les tableaux 1.6 à 1.7 donnent la valeur des paramètres ξ , μ , et σ et quelques quantiles de chutes de neige extrêmes. La figure 1.7 fournit l'ensemble des données et l'ajustement par des lois de valeurs extrêmes.

Tableau 1.6 – Estimation par la méthode bayésienne des coefficients ξ , μ , et σ pour la loi des valeurs extrêmes (LVE) pour des chutes de neige de 1 à 6 jours à La Clusaz. On a reporté les quantiles (en cm) pour les périodes de retour décennale, trentennale, et centennale. Valeurs en cm.

	1 j	2 j	3 j	4 j	5 j	6 j
μ	32,1	48,4	58,5	66,1	73,1	78,3
σ	8,41	14,7	17,5	20,8	23,1	25,4
ξ	-0,168	-0,250	-0,139	-0,138	-0,102	-0,0740
$C(T = 10)$	48	74	92	106	120	131
$C(T = 30)$	54	82	106	122	139	154
$C(T = 100)$	59	89	118	137	158	177

Tableau 1.7 – Estimation par la méthode bayésienne des coefficients ξ , μ , et σ pour la loi des valeurs extrêmes (LVE) pour des chutes de neige de 1 à 6 jours au Grand-Bornand. On a reporté les quantiles (en cm) pour les périodes de retour décennale, trentennale, et centennale. Valeurs en cm.

	1 j	2 j	3 j	4 j	5 j	6 j
μ	40,6	60,1	75,5	85,6	95,9	106,
σ	9,71	14,3	21,2	25,8	28,8	28,8
ξ	-0,211	0,0780	0,0170	0,0350	-0,00100	-0,0550
$C(T = 10)$	58	95	124	146	161	167
$C(T = 30)$	64	115	149	178	193	194
$C(T = 100)$	69	139	177	215	228	223

On note principalement que le calage d'une loi de valeurs extrêmes sur les maxima annuels donne une image des précipitations extrêmes très différente de ce que donne la méthode du renouvellement :

- il y a un caractère « Weibull » marqué ($\xi < 0$) qui fait que les chutes de neige exceptionnelles sont en continuité avec les chutes de neige observées usuellement, voire tendent vers un seuil, pour La Clusaz. En revanche, Le Grand-Bornand affiche un caractère Fréchet, qui fait craindre des épisodes de neige extrêmes sans commune mesure avec l'ordinaire ;
- les méthodes fournissent des quantiles similaires pour les chutes de neige (par exemple, pour les chutes journalières, le cumul va de 55 à 69 cm pour $T = 100$ ans selon la méthode employée et le poste étudié). Les écarts entre méthodes ne dépassent pas 15 % ;
- les maxima annuels laissent apparaître une saturation des valeurs pour La Clusaz. En revanche, le poste du Grand-Bornand montre un potentiel de mauvaises surprises pour les chutes de neige de durée 2 à 3 j.

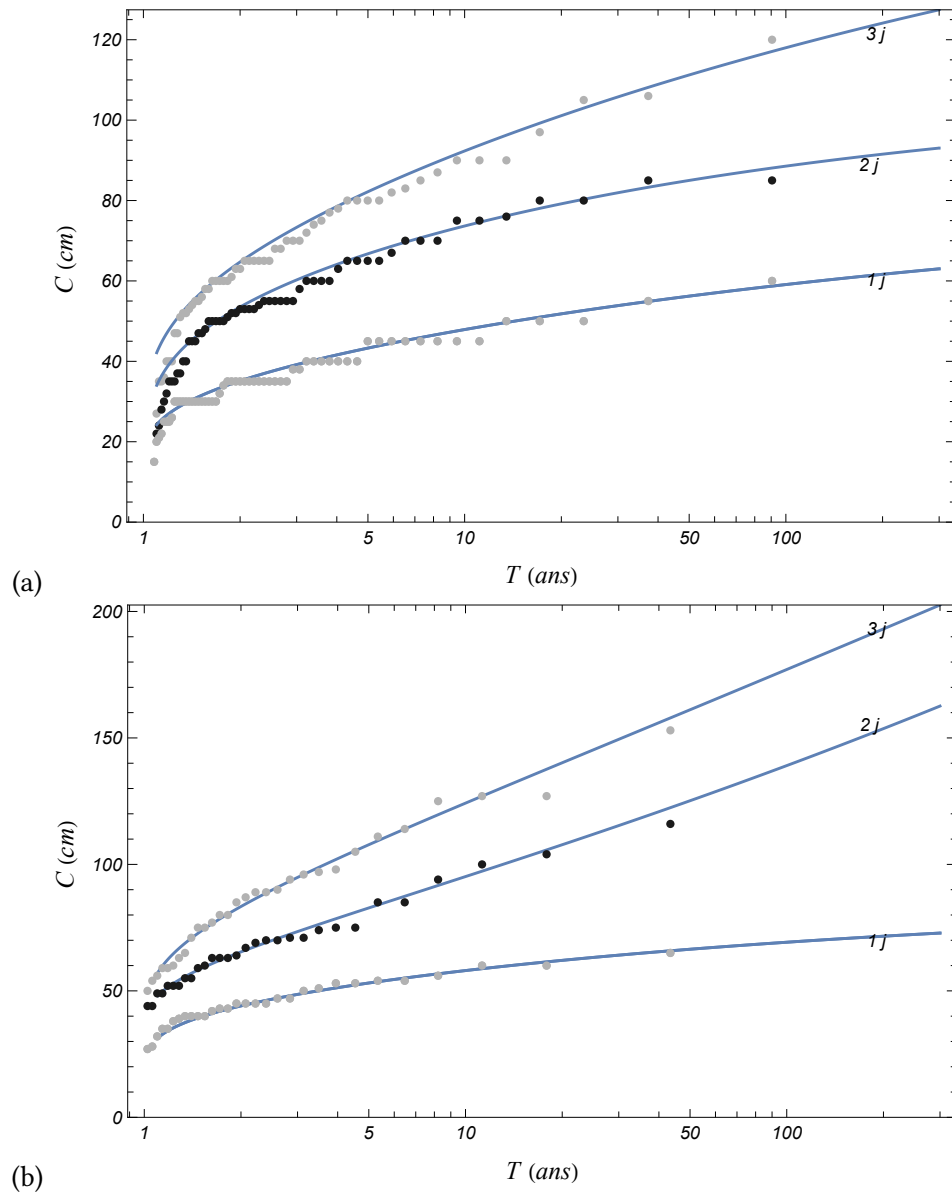


Figure 1.7 – Distribution des maxima annuels de chutes de neige sur des durées de 1 à 3 jours en fonction de la période de retour T pour (a) La Clusaz, (b) Le Grand-Bornand.

1.4 Épaisseur du manteau neigeux

Les valeurs moyennes (moyennes mensuelles) de l'épaisseur de neige au sol (depuis 1959 pour La Clusaz et 1992 pour Le Grand-Bornand) sont reportées sur la figure 1.4. La variation de la hauteur de neige au sol en fonction de la période de retour est reportée sur la figure 1.8. On notera des différences assez faibles d'épaisseur du manteau neigeux entre le modèle de Gumbel et de Weibull aux grandes périodes de retour ($T > 10$ ans).

Les paramètres de la loi de valeurs extrêmes [équation (1.1)] calée sur les données sont reportés dans les tableaux 1.8 et 1.9.

Tableau 1.8 – Estimation par inférence bayésienne des coefficients ξ , μ , et σ pour la loi des valeurs extrêmes (LVE) et la loi de Gumbel pour les maxima annuels de l'épaisseur journalière du manteau neigeux sur La Clusaz à 1200 m. On a reporté la valeur négative du maximum de vraisemblance et les quantiles (en cm) pour les périodes de retour décennale à centennale. On a aussi indiqué entre parenthèses l'intervalle de confiance à 95 % pour ξ , μ , et σ et les intervalles de variations pour les quantiles. B est le facteur de Bayes (probabilité que le modèle LVE soit le plus performant).

	LVE	Gumbel
μ	92,08 ($\pm 14,2$)	91,51 ($\pm 13,8$)
σ	31,22 ($\pm 8,34$)	30,54 ($\pm 2,58$)
ξ	-0,02 ($\pm 0,010$)	0
B	38 %	62 %
$C(T = 10)$	161 (130–201)	160 (142–179)
$C(T = 30)$	194 (146–269)	195 (170–219)
$C(T = 100)$	228 (159–358)	232 (201–263)

Tableau 1.9 – Estimation par inférence bayésienne des coefficients ξ , μ , et σ pour la loi des valeurs extrêmes (LVE) et la loi de Gumbel pour les maxima annuels de l'épaisseur journalière du manteau neigeux sur Le Grand-Bornand à 1300 m. On a reporté la valeur négative du maximum de vraisemblance et les quantiles (en cm) pour les périodes de retour décennale à centennale. On a aussi indiqué entre parenthèses l'intervalle de confiance à 95 % pour ξ , μ , et σ et les intervalles de variations pour les quantiles. B est le facteur de Bayes (probabilité que le modèle LVE soit le plus performant).

	LVE	Gumbel
μ	113,05 ($\pm 25,5$)	113,67 ($\pm 26,1$)
σ	31,26 ($\pm 13,1$)	31,58 ($\pm 3,67$)
ξ	0,1 ($\pm 0,0270$)	0
B	36 %	64 %
$C(T = 10)$	192 (146–268)	185 (159–211)
$C(T = 30)$	240 (161–413)	221 (186–255)
$C(T = 100)$	297 (173–670)	259 (216–302)

On notera l'incertitude (chiffres entre parenthèses) considérable associée à la détermination de $H(T)$ compte tenu des séries de données courtes. On prendra garde également qu'il s'agit de valeurs journalières maximales, c'est-à-dire des maxima observés sur une journée (les valeurs moyennées sur plusieurs jours sont plus faibles à cause du tassement de la neige).

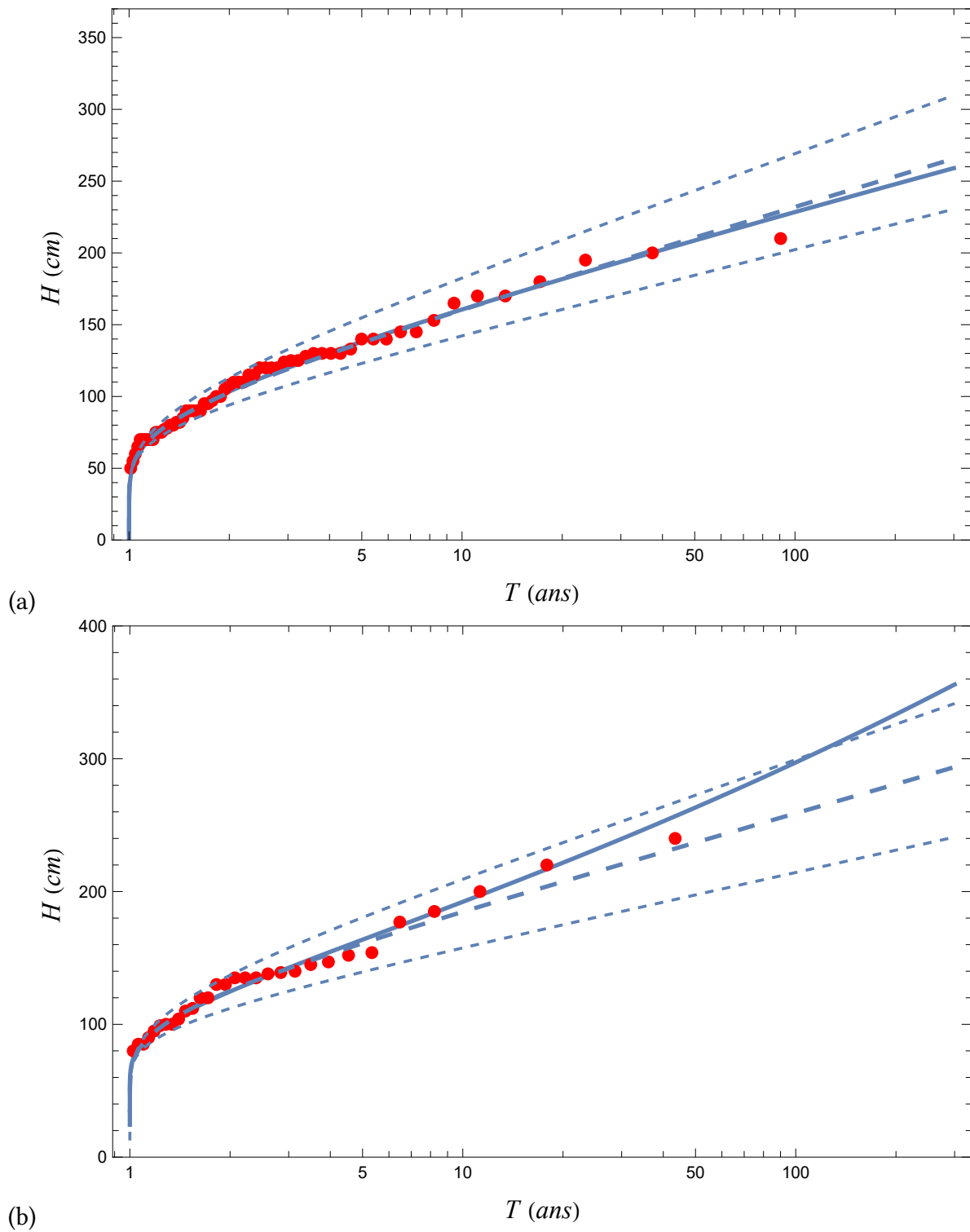


Figure 1.8 – Variation de l'épaisseur maximale de neige au sol (sur une journée) en fonction de la période de retour sur (a) La Clusaz à 1200 m d'altitude et (b) Le Grand-Bornand à 1300 m. Les courbes en tireté fin représentent l'intervalle de confiance pour la loi de Gumbel.

1.5 Effet de l'altitude

L'effet de l'altitude sur l'enneigement pourrait en principe être étudié en comparant les postes situés à 1180 m, 1300 m, et 1597 m. On ne trouve pas de variation significative des chutes de neige aux différences altitudes, mais en revanche, l'enneigement croît avec l'altitude : avec environ 100 m de différence avec Les Converses, le manteau neigeux du poste du Grand-Bornand est épais d'environ 10 cm de plus que celui des Converses (voir figure 1.9). Avec un écart de 400 m en altitude, la différence d'épaisseur du manteau neigeux atteint 50 cm (voir figure 1.10).

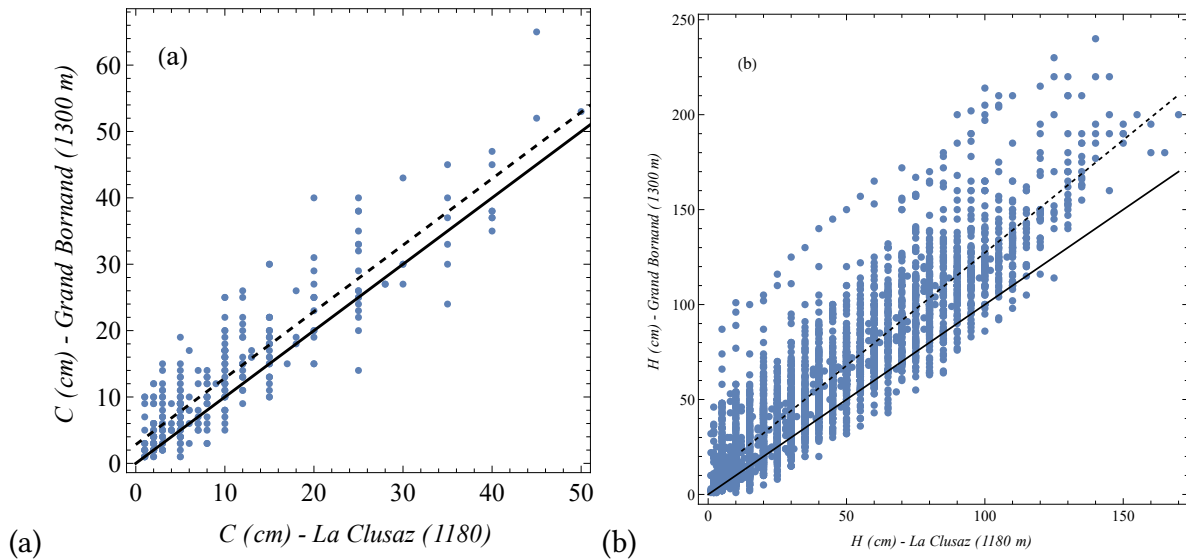


Figure 1.9 – Relation entre enneigement à 1180 m (Les Converses) et 1600 m (G2 télémix du Bossonnet) pendant la période 2016-22. (a) chutes de neige, (b) épaisseur de neige au sol. La droite continue montre l'accord parfait entre les deux postes, tandis que la courbe discontinue montre une régression linéaire : (a) $C_{1600} = 2,8 + C_{1180}$ et (b) $H_{1597} = 8,5 + 1,19H_{1180}$ (en cm).

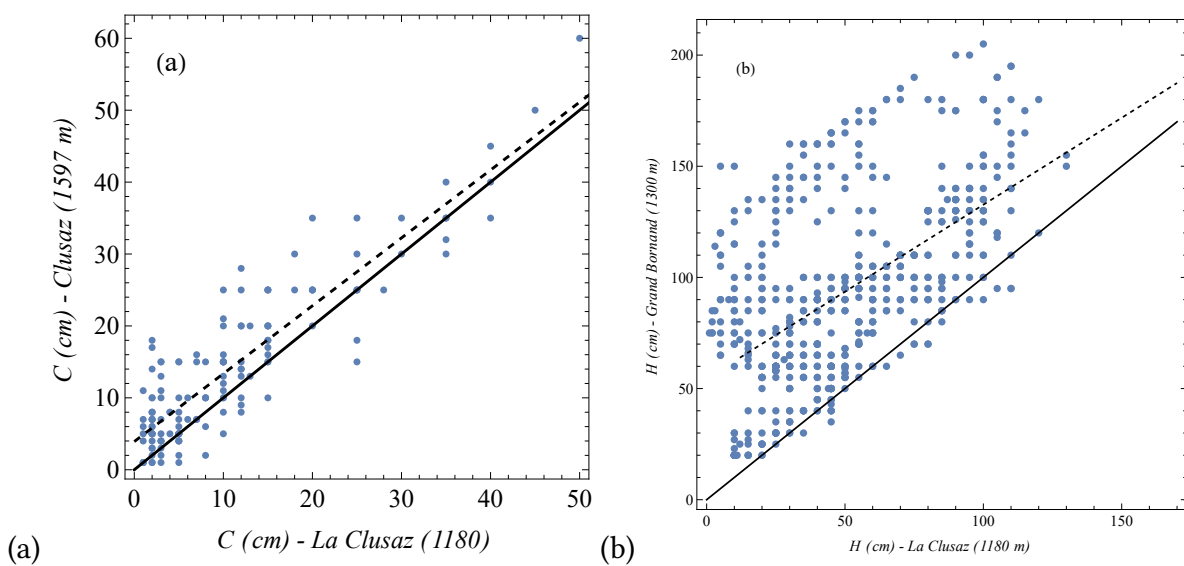


Figure 1.10 – Relation entre enneigement à La Clusaz 1180 m et au Grand-Bornand 1300 m pendant la période 1992–2022. (a) chutes de neige, (b) épaisseur de neige au sol. La droite continue montre l'accord parfait entre les deux postes, tandis que la courbe discontinue montre une régression linéaire : (a) $C_{1300} = 3,9 + 0,94C_{1180}$ et (b) $H_{1300} = 54,4 + 0,78xH_{1180}$ (en cm).

1.6 Synthèse

L'analyse statistique des conditions nivométriques sur les trois postes autour de la remontée mécanique projetée (La Clusaz 1180 m et 1597 m, Le Grand-Bornand 1300 m) a révélé des points intéressants :

- si le cumul annuel est significatif (de l'ordre de 5 m de cumul saisonnier à 1200 m), il varie fortement d'une année à l'autre (il y a un facteur 9 entre le plus faible et le plus fort cumuls) ;
- il existe des différences notables entre les postes de La Clusaz et du Grand-Bornand. Une partie de ces différences peut s'expliquer par la différence d'altitude (120 m) et de position des deux postes, mais il faut aussi noter que la durée est également différente : 30 ans de mesures pour Le Grand-Bornand contre un peu plus de 60 ans pour La Clusaz ;
- l'analyse des postes montre une image contrastée de la climatologie locale :
 - le poste de La Clusaz affiche un franc comportement Weibull ($\xi < 0$), ce qui s'interprète en disant que les phénomènes exceptionnels sont en continuité avec les observations courantes et que de ce point de vue-là, il n'y a pas de mauvaise surprise ;
 - en revanche, le poste du Grand-Bornand est typiquement Fréchet, avec un cumul de neige aux grandes périodes de retour bien différent de celui observable aux petites périodes de retour. Cela est particulièrement vrai pour les chutes de neige sur deux jours. Il existe donc un potentiel de mauvaises surprises selon ce point de vue ;
 - on note que les deux postes de La Clusaz (1180 m) et du Grand-Bornand ont connu un événement exceptionnel en termes de cumul de neige (novembre 1996), dont le cumul de neige (de 250 à 360 cm de neige en deux semaines) est bien supérieur aux autres valeurs. Cet épisode a été généré par la rencontre de deux masses d'air très différentes. Le scénario se rencontre plutôt dans les massifs montagneux sous influence méditerranéenne (Ubaye, Queyras, haute Maurienne). Il montre qu'il est également possible, avec une fréquence d'occurrence moindre, dans les Alpes internes. Comme nous redoutons que ce type de scénario devienne plus fréquent avec le réchauffement climatique (et comme cela a été observé déjà sur plusieurs postes des Alpes du Sud et des Pyrénées), il faut porter une attention particulière à ce type d'événement.

Les zones de départ des avalanches qui menacent la remontée mécanique sont situées dans une large tranche d'altitudes (de 1950 m à 2550 m) bien au-dessus de l'altitude des postes de mesure. Il convient de corriger cette différence d'altitude par rapport aux postes de mesures en fond de vallée lors du calcul (on prendra un gradient hypsométrique de 3 cm par tranche de 100 m d'altitude). Aussi, par la suite on retient comme valeur de référence à 1200 m :

- $T = 30$ ans : $C_1 = 60$ cm (cumul journalier de neige), $C_3 = 150$ cm (cumul de neige sur trois jours), et $H = 240$ cm (épaisseur de neige au sol mesurée selon verticale) ;
- $T = 100$ ans : $C_1 = 75$ cm (cumul journalier de neige), $C_3 = 180$ cm (cumul de neige sur trois jours), et $H = 300$ cm (épaisseur de neige au sol mesurée selon verticale).

Analyse du risque d'avalanche

2.1 Méthodes

L'analyse spatiale vise à donner une image qualitative du fonctionnement avalancheux du site étudié. Elle est principalement fondée sur l'expérience naturaliste et l'observation de terrain. À partir de différents éléments :

- observations recueillies lors de notre visite de terrain du 11 août 2022 ;
- collecte et analyse critique de diverses sources historiques ;
- analyse des profils de terrain et carte des pentes,

nous avons cherché à distinguer d'une part les zones de départ élémentaires (les panneaux de départ) des versants menaçant le projet et, d'autre part, les trajectoires et les zones d'arrêt qui leur sont associées.

2.2 Données

L'étude a pris en considération les documents suivants :

- les données de l'enquête permanente sur les avalanches (EPA) ;
- la carte de localisation des phénomènes d'avalanches (CLPA),

et s'est appuyée sur :

- le fond topographique, issu du levé lidar de l'IGN (programme LidarHD) daté du 13 juillet 2022 ;
- l'orthophotoplan BDOrtho de l'IGN (source geoportail.fr) ;
- la couverture de photographies aériennes : plusieurs missions de l'IGN et l'IFN de 1980 à 2009.

2.3.2 Carte de localisation des phénomènes d'avalanches

La carte de localisation des phénomènes d'avalanches (CLPA) est un document informatif mis en œuvre au début des années 1970, qui dresse un inventaire des avalanches connues sur une grande partie des Alpes et des Pyrénées. Elle comporte deux types d'informations :

- des avalanches reconnues par enquête sur le terrain (figurées en magenta sur la carte) ;
- des avalanches reconnues par photo-interprétation (figurées en orange sur la carte).

Le secteur étudié figure sur les feuilles AJ64 et AJ65 de l'atlas de la CLPA. Cette version de la carte dressée en 2016 est une réédition de la feuille *Thônes - Aravis* réalisée en 1995, elle-même réédition de la feuille *Les Aravis - Haute Savoie* datant de 1973. La figure 2.2 fournit un extrait du document à jour.

Avalanches reconnues par photo-interprétation

Le travail de photo-interprétation de la carte est hérité de la première édition, réalisée en 1973 sur le fond topographique à l'échelle 1:20 000. Comme on le voit sur la figure 2.2 c'est un fond relativement précis sur La Clusaz (vis-à-vis de la qualité habituelle de ce levé au 1:20 000 qui sur certaines régions des Alpes est très médiocre) ; cela dit, on constate que les tracés d'avalanches sont très approximatifs en-deçà d'un certain niveau de détail, et le plus souvent discordants sur la topographie.

Le photo-interprète a distingué deux systèmes :

- de grandes avalanches parcourent la combe depuis le sommet de la Roualle jusqu'aux abords du hameau du Fernuy. Une partie des écoulements est déviée en direction du sud-ouest vers 2250 m. Le contour de la zone de dépôt est peu réaliste, cela suggère une erreur de dessin commise au moment de la confection de la carte. On ne comprend pas bien comment une avalanche suffisamment conséquente pour occuper toute la largeur du vallon présenterait un dépôt de cette forme, et on imaginerait plutôt que l'avalanche se prolonge jusqu'aux abords du projet de nouvelle gare amont du TSF de Balme ;
- un unique contour d'avalanche incorpore les pentes sud-ouest de la Roualle et l'ensemble des pentes du revers nord de la Grande Torchère. On ne sait pas si c'est une volonté du cartographe de décrire un tel phénomène ou bien s'il s'agit d'une simplification de dessin. Cela nous apparaît peu pertinent pour la compréhension du fonctionnement avalancheux. L'avalanche se propage jusqu'à 2040 m en se scindant en deux branches. Ce mode de représentation monolithique ne permet pas de savoir quelle est la contribution de telle ou telle zone de départ dans la formation des chenaux d'écoulement et zones de dépôt.

Avalanches reconnues par recueil de témoignages

Les avalanches n^{os} 15 et 16 occupent la quasi totalité de la combe. Ce sont des tracés massifs qui correspondent peut-être à des événements relatés, mais les fiches signalétiques de la première enquête sont peu disertes sur les informations qui ont conduit à établir ces contours. Comme ils englobent un grand nombre de zones de départ qui d'ordinaire fonctionnent de manière isolée, on perd toute lisibilité des trajectoires. Lors de la mise à jour de 2009, pour ces avalanches majeures dans leurs dimensions, l'enquêteur a porté la remarque suivante dans les deux fiches : « Il s'agit d'événements anciens qui ne se sont que très rarement produits depuis la mise en route de la station. Il semble que les derniers événements importants se soient produits autour des années 80 ».

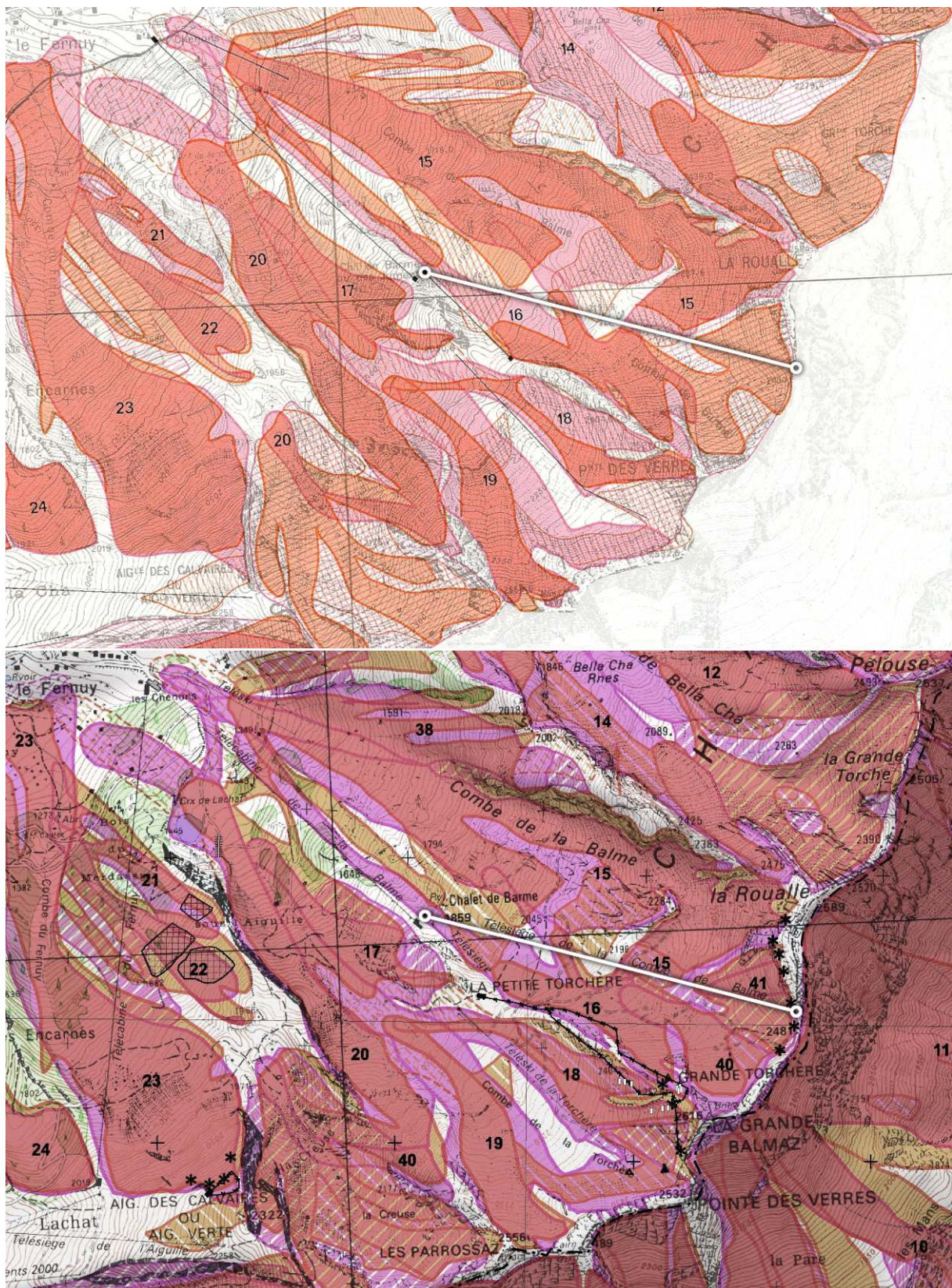


Figure 2.2 – Haut: extrait de la CLPA *Les Aravis - Haute Savoie* (1973); bas: extrait de l'atlas de la CLPA (2016). L'appareil est reporté en surimpression. Échelle 1:25 000. © IGN-Paris 2013, © MEEM-ONF-Irstea 2016.

La version récente de la carte ajoute les avalanches n^{os} 40 et 41 dans la partie haute de la combe. Notons que les fiches signalétiques de ces deux avalanches sont interverties. La fiche correspondant à l'avalanche n° 41 évoque des cassures de plaques déclenchées préventivement (gazex). L'enquêteur note : « L'avalanche atteint la ligne de télésiège de la Balme sans y faire de dégâts ». Au sujet de l'emprise n° 40 les informations délivrées dans la fiche sont semblables : de fréquentes avalanches provoquées par déclenchement préventif qui peuvent descendre jusque sur les replats de la combe situés vers 2200 m d'altitude. La carte actuelle localise les dispositifs de déclenchement préventif des avalanches (catex, gazex), que nous retrouvons positionnés plus précisément à la section suivante, figure 2.3.

En bref la CLPA dans le cas présent nous est peu utile pour caractériser le fonctionnement des avalanches de la combe de Balme.

2.3.3 PIDA et témoignage du service des pistes

La station dispose d'un plan d'intervention pour le déclenchement des avalanches (PIDA). Les avalanches de ce secteur sont déclenchées préventivement par grenadage manuel, câble transporteur d'explosifs, grenadage par hélicoptère, et par des explosifs à gaz (gazex, O'Bellx). La figure 2.3 fournit un extrait de la cartographie du PIDA reportée sur notre fond de plan, où sont représentés les différents points de tir du secteur ainsi que les emprises habituelles des avalanches déclenchées.

De nos échanges avec le personnel du service des pistes de La Clusaz nous retenons les points suivants.

- Le secteur de la combe de Balme fait l'objet d'un PIDA régulier, à la mesure des conditions nivométriques parfois sévères qui y règnent. Les régimes perturbés apportant d'abondantes chutes de neige sont essentiellement de secteur ouest, et dans une moindre mesure sud-ouest. Les perturbations de nord favorisent surtout l'ablation sur les systèmes d'avalanches du secteur de Balme.
- La plateforme du chalet de Barne est touchée par des coulées qui descendent parfois sur le bâtiment en franchissant la barre rocheuse : ce sont des écoulements provenant de zones de départ (identifiées p_{11} sur notre schéma de fonctionnement, figure 2.5) désormais équipés de claies. Un point de tir par grenadage manuel est maintenu cependant pour traiter une vire de la facette nord de la Petite Torchère.
- La gare du TSF3 de Bergerie a été plusieurs fois touchée par des avalanches. L'une d'elles au cours des années 1990 avait empli la gare jusqu'à la poulie, déplacé le chalet, sans causer de dommage sérieux à l'appareil.
- Les témoins évoquent des avalanches issues de la Grande Torchère qui atteignent la ligne vers 2170 m sans causer de grands dommages (les échelles des pylônes sont intactes). Avant que ne soit construite la digue (entre les reliefs s_3 et s_{62} , voir figure 2.5) les avalanches franchissaient occasionnellement le verrou, se déposant parfois jusque sur la piste de Balme.

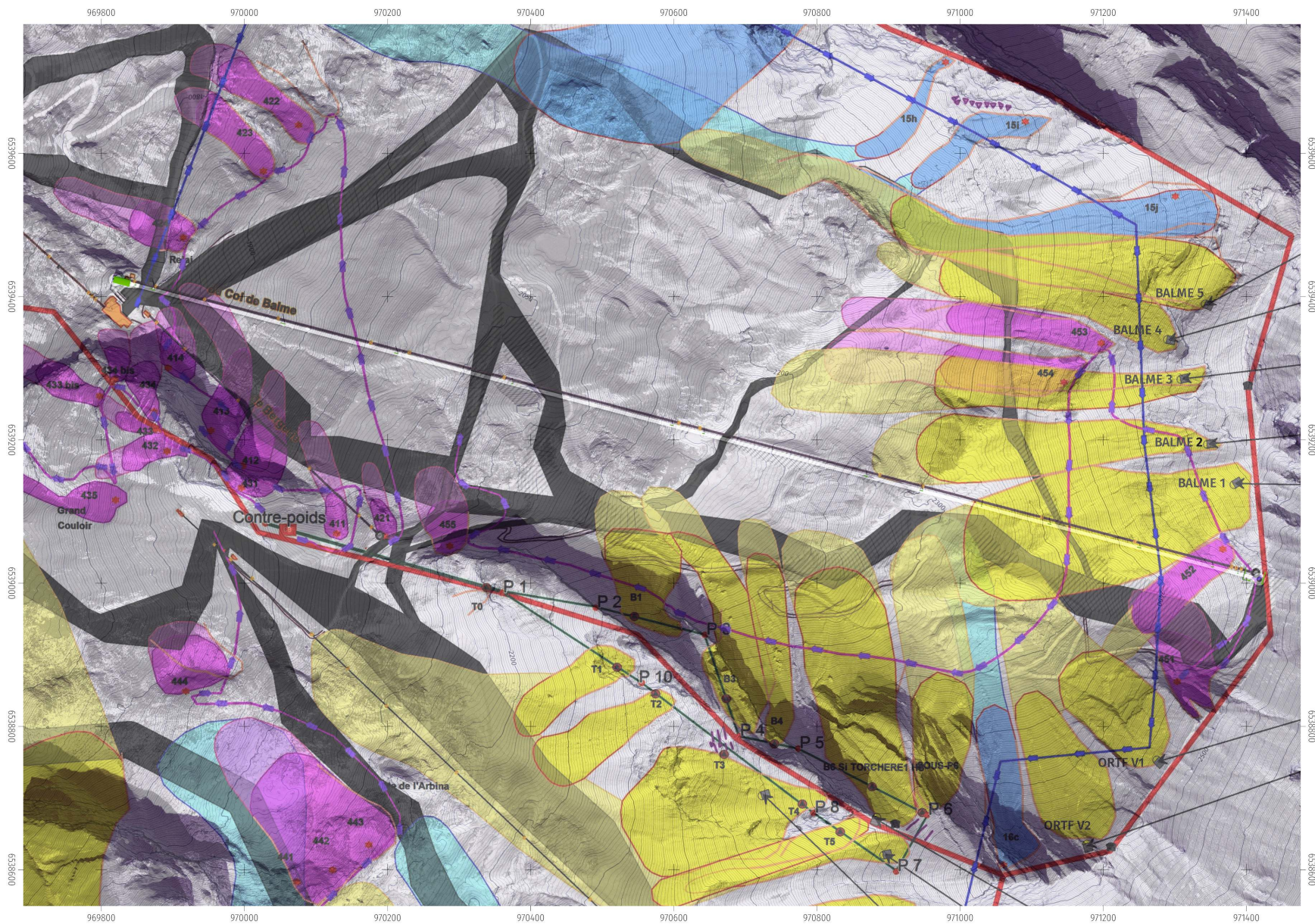


Figure 2.3 – Extrait du PIDA de La Clusaz reporté sur notre fond topographique. Source : service des pistes. L'appareil en projet est reporté en surimpression (tracé blanc). Échelle 1:8 000.

Une copie d'un cahier nous a été remise, dans lequel de nombreuses informations ont été consignées par le service des pistes, depuis les années 1970 jusqu'à aujourd'hui. Nous retenons de la lecture de ce cahier quelques points intéressants pour notre analyse du site.

- En mars 1978 une avalanche est entrée dans le bar du chalet de Barme, enfonçant la porte. À nouveau en janvier 1981 une avalanche atteint la plateforme, s'arrête contre la porte du bar, entre dans la gare du téléski de Bergerie, enfonce la porte du poste de secours.
- En janvier 1978 puis au printemps 1979 de grosses avalanches affectent la pente dite des paravalanches¹ (pas encore présents à l'époque). Les dépôts de neige sont observés sur la piste de Choucas et la piste de Balme, c'est-à-dire autour de 1900 m d'altitude.
- Le premier télésiège du Col de Balme est construit en 1979, mis en service seulement à l'automne 1980. En janvier 1980 une avalanche partie naturellement dans cette même pente touche les pylônes 6 à 8, sans dommage (voir figure 2.4) .
- Le catex de Torchère est réalisé en 1984.
- À l'été 1988 le téléski de Bergerie est remplacé par l'actuel TSF3 Poma.
- Le 22 décembre 1991 un tir au catex (B3, voir figure 2.3) donne un résultat exceptionnel : le télésiège de Balme déraille au niveau du P6, la gare aval du télésiège de Bergerie est déplacée, l'alimentation électrique de l'appareil arrachée.
- À l'été 1993 le TSF2 de Balme est remplacé par l'actuel TSF4; le même été sont bâtis sur la plateforme de Barme le garage pour les engins de damage et une salle pour le personnel.
- Hiver 1994-1995 : les trois premiers gazex de Grande Balme sont construits. En 1995 des filets paravalanche équipent la pente des paravalanches citée précédemment. Ils seront démontés au cours des années 2000. En 1996 ce sont les gazex ORTF qui sont construits.

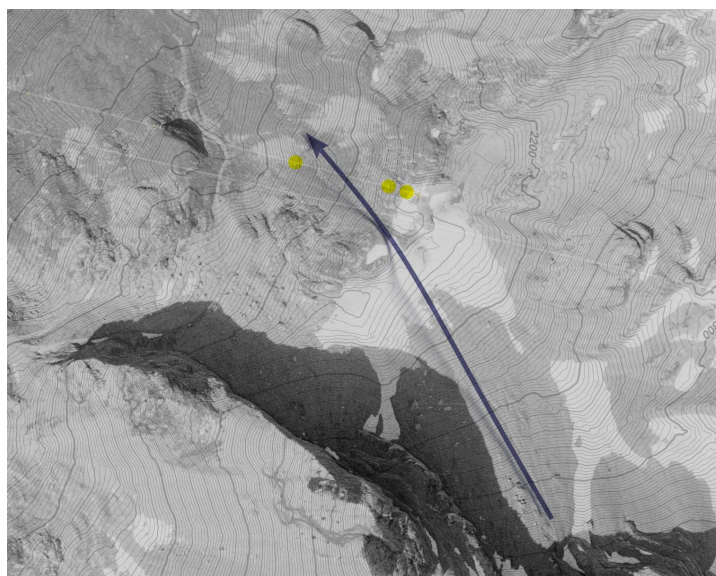


Figure 2.4 – Vue sur l'ancien télésiège de Balme, construit en 1979. Une avalanche issue de la *pente des paravalanches* a touché les pylônes 6, 7, 8 (surlignés ici en jaune). La flèche bleue indique la trajectoire présumée de l'avalanche. L'appareil en projet est reporté en surimpression (tracé blanc). Orthorectification *approximative* d'un cliché aérien de 1980, échelle 1:8 000. Prise de vue aérienne ©IGN.

1. couloir nommé p_{31} dans notre schéma de fonctionnement, figure 2.5

2.4 Analyse spatiale du risque d’avalanche

2.4.1 Principe

Notre analyse spatiale repose sur

- un examen stéréoscopique des couples de photographies aériennes de l’IGN et l’IFN² ;
- l’exploitation du levé topographique lidar ;
- nos observations de terrain effectuées le 11 août 2022.

↪ La symbolique utilisée pour les cartes est la suivante :

- traits rouges : délimitation des panneaux déclencheurs intéressant le projet ;
- traits verts : délimitation des panneaux déclencheurs n’intéressant pas le projet ;
- traits oranges épais : singularités du relief, jouant un rôle dans la propagation des flux ;
- flèches bleues : trajectoires d’avalanches en aérosol caractérisées par un comportement inertiel ;
- flèches noires : trajectoires d’avalanches coulantes caractérisées par un comportement gravitaire ;
- flèches grises : trajectoires d’avalanches gravitaires d’occurrence rare à exceptionnelle.

Le schéma de fonctionnement des avalanches présenté figure 2.5 accompagne les commentaires qui suivent.

Le contexte général du site est celui de la haute montagne, étagé entre 1850 et 2600 m. Cet étage est caractérisé par l’absence de végétation haute. La couverture végétale se limite à une pelouse alpine qui laisse place à des éboulis au-dessus de 2200 m, c’est-à-dire que les indices du passage des avalanches sont ici très ténus, et notre analyse spatiale repose essentiellement sur les formes du relief, parfois l’examen des culots de neige les plus volumineux qui peuvent persister sur les photographies aériennes d’été.

2. plusieurs missions aériennes ont été examinées :

- mission IGN c3530-0021_1980_F3530-3630 du 3 septembre 1980, clichés 59 et 60 ;
- mission IGN c3330-0034_1982_IFN73_IRC du 8 août 1983, clichés 1512 et 1513 ;
- mission IGN c3428-0021_1984_IFN74_IRC du 29 juillet 1984, clichés 1141 et 1142 ;
- mission IGN CN95000014_1995_IFN74_IRC du 4 août 1995, clichés 1034 et 1035 ;
- mission IGN CA00s00932_2000_FD0174_250 du 27 juin 2000, clichés 65 et 66 ;
- mission IGN CA02s00032_2001_FD0073_250 du 13 août 2001, clichés 4797 et 4799 ;
- mission IGN CP09000352_FDF73F45x051 du 31 août 2009, clichés 2883 à 2885.

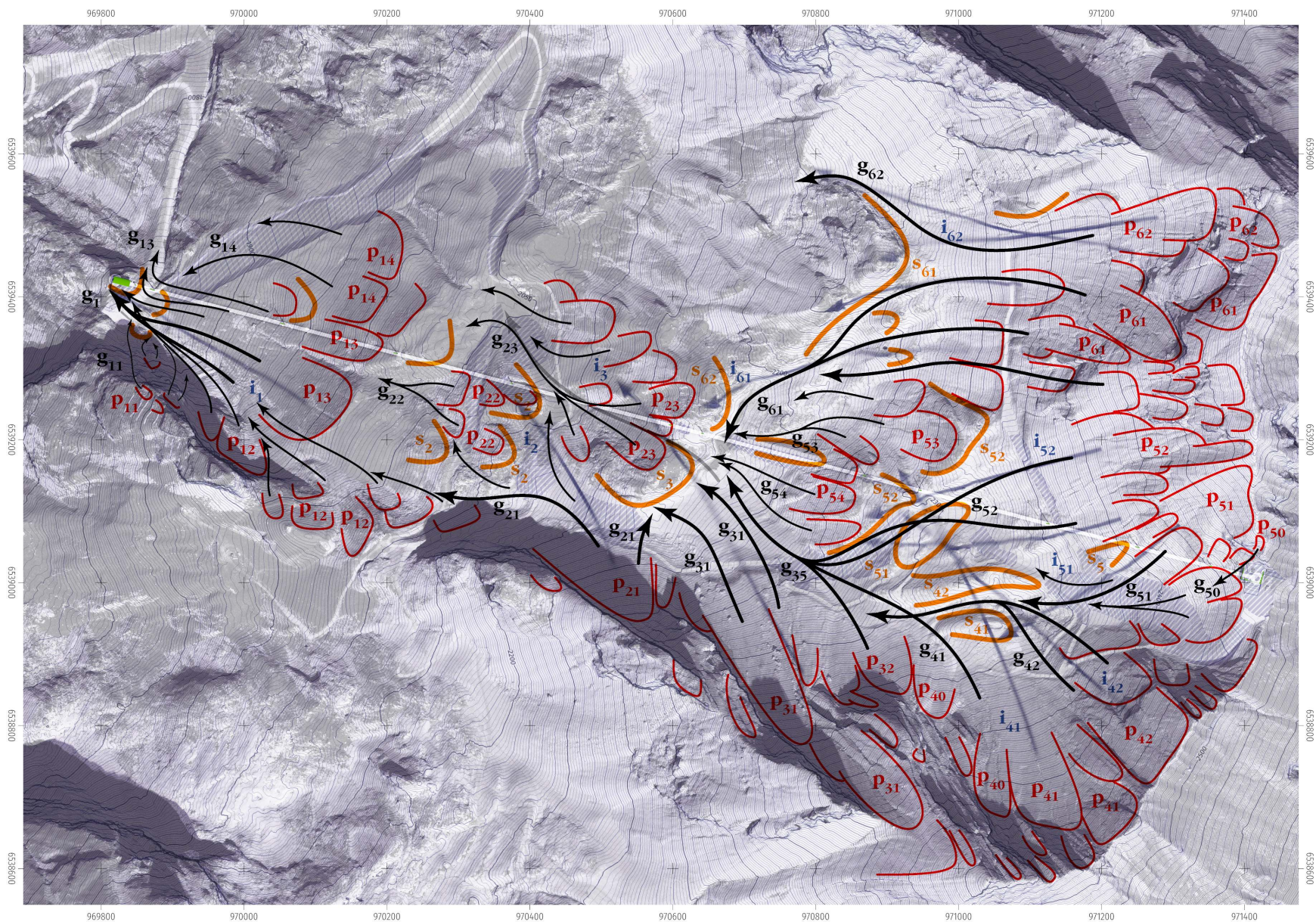


Figure 2.5 – Schéma de fonctionnement des avalanches. Le tracé blanc localise le projet. La topographie représentée incorpore les terrassements du projet (zones de hachures). Échelle 1:8 000. Fond topographique LidarHD IGN, orthophotoplan Géoportail © IGN 2024. Système de coordonnées Lambert 93.

2.4.2 Secteur de la Petite Torchère

Morphologie La partie inférieure de l'installation est située au pied du versant nord très escarpé de la Petite Torchère, qui la domine sur une dénivellation de près de deux cents mètres. C'est une face rocheuse qui recèle peu de zones d'accumulation de la neige au droit de la gare : les vires les plus grandes, notées p_{11} sur la figure 2.5, ont quelques dizaines de mètres carrés de superficie. En se déplaçant vers le sud de cet escarpement on trouve des pentes p_{12} plus vastes (2 ha au total) qui sont sans doute sensibles aux accumulations de neige par les vents de secteur nord-ouest notamment. Ce système de pentes globalement orientées au nord fait place à l'est à un versant régulier (panneaux p_{13} , p_{14}) de près de 3.5 ha incliné à 33° .

Exception fait des panneaux p_{14} , l'ensemble des zones d'accumulation identifiées précédemment³ est drainé dans un relief transversalement convexe qui favorise la concentration des flux sur la plateforme du Chalet de Barne.

Phénomènes Les panneaux p_{11} disséminés dans la barre rocheuse alimentent des coulées de neige de faible volume (trajectoires g_{11}). L'extrême raideur des pentes confère à ces écoulements des vitesses élevées, par conséquent une capacité de dommage plutôt grande au regard des volumes mobilisés. La purge des panneaux p_{12} donne naissance à des avalanches plus volumineuses, à plus forte raison lorsque ces panneaux jouent un rôle de détonateur pour les panneaux p_{13} , conduisant alors à la formation d'avalanches de plusieurs dizaines de milliers de mètres cubes sous des conditions nivo-météorologique sévère. Les phénomènes courants atteignent systématiquement le bas du goulet sur la gare du télésiège de Bergerie et à proximité de la gare du télésiège de Balme. Les avalanches coulantes en conditions rares (période de retour $T \sim 30$ ans) peuvent former des dépôts qui saturent en grande partie la plateforme, trajectoire g_1 . Les avalanches coulantes rapides initiées dans les pentes p_{12} adoptent une trajectoire inertielle i_1 qui touche la gare de Bergerie dans une moindre mesure la gare de départ du projet.

2.4.3 Secteur de la Grande Torchère

La combe de Balme est bordée en rive gauche par l'arête nord-ouest de la Grande Torchère. C'est un ensemble de pentes orientées au nord, étagé entre 2100 et 2600 m qui s'étend sur une largeur de plus d'un kilomètre. Le modelé rocheux de l'arête et la morphologie des cônes d'éboulis nous permettent de scinder ce vaste secteur en trois systèmes probablement indépendants les uns des autres vis-à-vis du fonctionnement avalancheux. Un point commun à ces systèmes est qu'ils occupent une position d'abri derrière les barres rocheuses, parfois fort hautes, lors d'épisodes perturbés de secteur nord-ouest.

Système inférieur

Un large cône d'éboulis identifié p_{21} ⁴ constitue une zone d'accumulation inclinée à 37° sur une superficie d'environ 1.5 ha. Le profil transversal très nettement convexe favorise la formation d'avalanches qui s'étalent, suivant des directions allant du nord-est au nord-ouest, trajectoires g_{21} . Vers 2100 m d'altitude la topographie est marquée par plusieurs convexités s_2 . Sous des conditions nivométriques exceptionnelles, les avalanches les plus volumineuses issues des pentes p_{21} sont efficacement divisées et freinées par ce relief accidenté. Les revers nord-ouest de ces reliefs s_2 constituent de petites zones d'accumulation p_{22} qui donnent lieu à

3. ces zones correspondent aux points de tir par grenadage manuel du PIDA, référencés 4xx

4. point de tir catex référencé B1 au PIDA

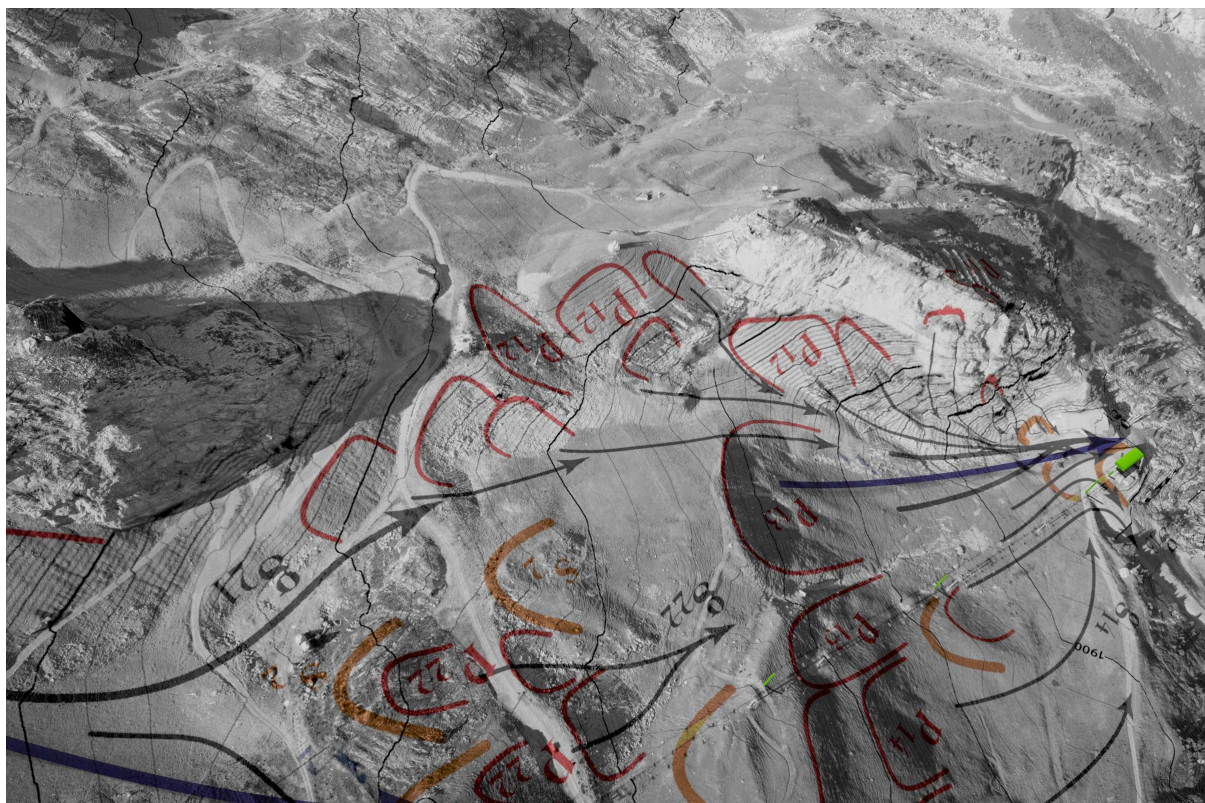


Figure 2.6 – Vue aérienne oblique partielle du schéma de fonctionnement des avalanches au voisinage du projet de gare aval.

des purges sous des conditions d'instabilité marquée. Ce sont des écoulements de faible volume qui s'arrêtent autour de la cote 2020 m, trajectoire g_{22} . Notons que le terrassement prévu au droit du pylône P5 du projet constitue une zone de décrochement probable de coulées. Les avalanches de neige froide et sèche adoptent plusieurs trajectoires sur le panneau conique p_{21} ; nous retenons comme trajectoire principale celle qui est matérialisée par la flèche i_2 : des effets de souffle peuvent affecter l'axe de la remontée mécanique.

Par commodité de présentation, nous associons à ce système inférieur les pentes notées p_{23} , bien qu'elles soient indépendantes sur un plan fonctionnel. Ce sont des avalanches coulantes de taille moyenne qui parcourent ce vallon, croisant l'axe de la ligne entre 2150 et 2100 m, trajectoire g_{23} .

Système médian

C'est un long couloir orienté au nord-ouest. On y distingue un étagement de deux panneaux notés p_{31} ⁵. Leur superficie cumulée de près de 5 ha, leur étagement à haute altitude entre 2200 et 2550 m, leur profil transversal légèrement convexe, enfin la rectitude de leur tracé en font une zone de déclenchement de grandes avalanches y compris sous des conditions nivométriques ordinaires. Les flux d'avalanches coulantes suivent les trajectoires g_{31} . Le bas de la pente est obstrué par un large promontoire s_3 , formant à son pied une zone en dépression favorable à l'arrêt et au stockage des flux. Lors d'épisodes perturbés rares ($T \sim 30$ ans) il est probable qu'une partie des flux franchissent ce verrou par l'ouest et par l'est, rejoignant ainsi les trajectoires g_{21} , g_{23} pour se déposer autour de la cote 2100 m. Sous ces conditions rares le

5. points de tir catex référencés B3, B4, B6, et gazex 1.5 m³ de Torchère

projet d'appareil est touché par les écoulements au franchissement du verrou s_3/s_{62} .

Comme on l'a dit précédemment les caractéristiques du site favorisent l'occurrence de grandes avalanches. La régularité du profil permet que se développent des avalanches en aérosol entretenues par une forte reprise entre 2200 et 2300 m. Nous retenons l'axe i_3 comme direction principale du flux, bien que là encore un faisceau de trajectoires multiples soit possible. Les outils de l'analyse spatiale seuls ne permettent pas d'estimer précisément le potentiel de dommage de ces phénomènes sur la ligne, mais il est plausible que sous des conditions nivo-météorologiques sévères des dégâts puissent être déplorés (échelles ou passerelles endommagées, véhicules chahutés).

Système amont

Le secteur présente un ensemble de larges pentes organisées en cirque, formant une grande réserve de zones d'accumulation p_{40} à p_{42} ⁶. La superficie mobilisable est estimée à 6.5 ha : les avalanches qui s'y produisent, notamment en cas de déclenchement simultané de tout ou partie de ces panneaux, peuvent être très volumineuses. Toutefois :

- la dénivellation des sections raides est moindre que dans le système précédent, soit à peu près 200 m de pentes inclinées à plus de 35°;
- le terrain est très accidenté au-dessous de 2350 m : un modelé typique de glacier rocheux forme des bourrelets s_{41} , s_{42} de mensurations hectométriques⁷;
- l'orientation générale du vallon dévie les flux vers le nord-ouest.

Il résulte que les avalanches coulantes gravitaires, même de grand volume, sont tenues à bonne distance du projet, suivant les trajectoires g_{41} , g_{42} , g_{35} .

S'agissant des avalanches rapides, il faut envisager pour ce système deux trajectoires inertielles principales i_{41} , i_{42} . La plupart des phénomènes voient leur énergie nettement dissipée au passage des singularités s_4 et s_{51} ; nous estimons que les effets dommageables sur l'appareil demeurent faibles.

2.4.4 Secteur de la Roualle

Il s'agit des versants ouest et sud-ouest de la Roualle. Comme précédemment avec la rive gauche, nous scindons ce secteur de la rive droite de la combe de Balme en deux systèmes. Ils sont suffisamment cloisonnés pour considérer qu'ils n'entretiennent pas de relation fonctionnelle forte. Si comme précédemment pour la rive gauche on cherche un point commun à ces systèmes, c'est leur moindre sensibilité aux accumulations de neige transportée par les vents dominants qu'il faut signaler.

Système sud-ouest

Morphologie Ce sont deux facettes d'orientation sensiblement différente qui délimitent les panneaux p_{51} et p_{52} . La superficie cumulée des pentes inclinées à 35° est d'environ 6 ha. L'exposition générale au sud-ouest favorise un retour plus rapide à la stabilité du manteau neigeux par rapport aux pentes nord du secteur décrit précédemment ; l'activité avalanche associée aux chutes de neige récente y est sans doute moins fréquente, moins intense. En revanche le même critère d'exposition favorise l'activité avalancheuse d'isothermie. Ces pentes

6. points de tir gazex ORTF V1, ORTF V2, grenadage hélico H6 et 16c

7. il est très probable que ces reliefs soient efficacement nivelés par les dépôts des premières avalanches chaque hiver

dominant le fond de vallon accidenté décrit précédemment (reliefs s_4 , s_{51}). La zone s_{51} forme un replat imposant qui est en mesure d'intercepter de grands volumes de neige.

En contrebas de ces zones de dépôt intermédiaires, un ressaut d'une cinquantaine de mètres de dénivellation localise les panneaux p_{53} et p_{54} qui constituent des zones de départ d'avalanches de petite dimension.

Pour compléter notre description de la morphologie du système il convient de mentionner la présence du petit couloir nommé p_{50} . D'une superficie d'à peine 500 m² il forme toutefois une zone d'accumulation qui menacerait la gare amont du projet s'il n'était pas prévu qu'elle soit enterrée.

Phénomènes Le versant sud-ouest de la Roualle est somme toute assez peu compartimenté, de sorte qu'une purge simultanée des panneaux p_{51} et p_{52} n'est pas exclue en cas d'instabilité très marquée du manteau neigeux. L'activité avalancheuse consécutive à un épisode de neige peut prendre la forme d'avalanches de neige sèche rapides au comportement inertiel. Nous identifions trois trajectoires principales parmi la multitude des directions que peuvent suivre ces phénomènes : les flux i_{51} provenant du panneau p_{51} suivent deux directions divergentes sous l'effet de l'arête s_5 , tandis que les flux issus du panneau p_{52} se propagent dans la combe s_{51} , préférentiellement sur sa rive droite, trajectoire i_{52} . Le projet de remontée mécanique est concerné par ces phénomènes ; notons que le franchissement du relief s_5 peut être considéré comme un point de moindre intensité des efforts.

De façon similaire pour les écoulements gravitaires, nous identifions des flux scindés de part et d'autre de la singularité s_5 . Le projet de remontée mécanique est impacté par ces phénomènes. Les avalanches coulantes rapides mobilisant une couche de neige épaisse ont une capacité de dommage significative, liée :

- à la composante cinétique de la pression dans les portions raides du versant lorsque les flux sont animés d'une vitesse élevée,
- et à la composante hydrostatique de la pression au pied des pentes, lorsque les flux ralentissent et voient leur épaisseur augmenter.

Les panneaux p_{53} , p_{54} alimentent des avalanches de taille modeste. Le nouvel appareil est concerné par ces phénomènes, sans qu'ils constituent une menace forte.

Le couloir p_{50} enfin alimente de petites coulées qui se déversent à l'entrée du projet de gare amont. Le bâtiment partiellement enterré (voir figure 2.7) sera probablement peu menacé par ces coulées, mais il faut remarquer que les purges sans doute très fréquentes peuvent entraver le fonctionnement de l'appareil si rien n'est prévu pour évacuer gravitairement les dépôts de neige en entrée de gare⁸.

Système ouest

Bien que déjà éloignée des enjeux étudiés, nous examinons la face ouest de la Roualle. Culminant à près de 2600 m la face escarpée se développe sur une dénivellation de 300 m inclinés à plus de 40° au-dessus de 2450 m. Nous schématisons grossièrement la multitude de panneaux d'accumulation de la face en deux groupes p_{61} et p_{62} , simple artifice permettant de distinguer les volumes de neige qui seront transférés respectivement vers le sud-ouest et vers l'ouest du gros promontoire s_{61} . En ignorant d'emblée les pentes p_{62} , nous estimons à environ 6 ha la superficie des zones de départ susceptibles d'alimenter des écoulements en direction du sud-ouest.

8. la raideur du versant permet de modéliser localement à peu de frais une déviation du flux à l'ouest de la gare

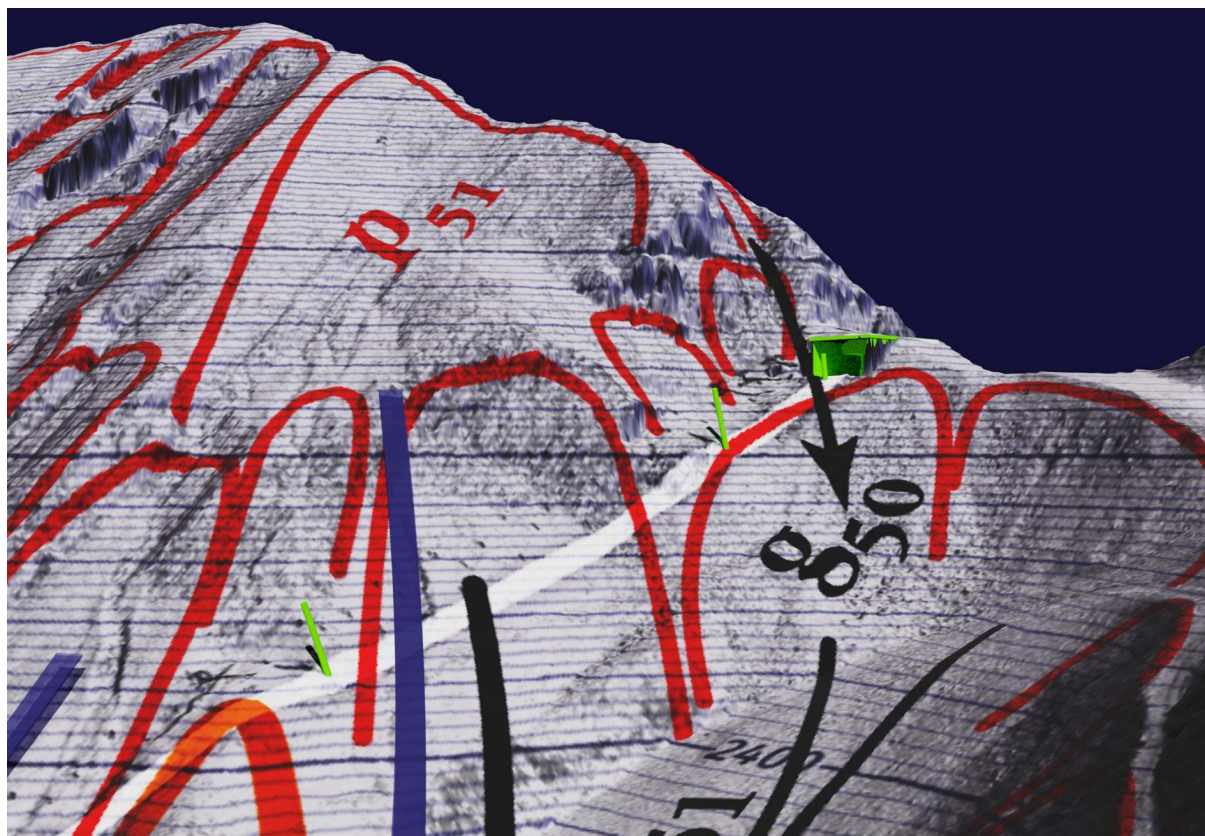


Figure 2.7 – Vue oblique partielle du schéma de fonctionnement des avalanches au voisinage du projet de gare amont. Le bâtiment figuré en jaune sur le schéma est intégré dans un terrassement.

Au-dessous de 2300 m, c'est-à-dire entre les promontoires s_{52} et s_{61} le profil transversal du versant devient nettement concave, forçant les écoulements à la convergence. Les dépôts de grandes avalanches coulantes, trajectoire g_{61} , se déposent dans le talweg, jusqu'à croiser la ligne à 2180 m. Compte tenu de la hauteur probablement importante des dépôts, on considère que la composante hydrostatique de la pression sera ici prépondérante, leur conférant une capacité de dommage significative.

Les avalanches inertielles de la face peuvent là aussi suivre de multiples trajectoires; outre les flux i_{62} qui ne concernent pas le projet, il faut considérer que certaines avalanches rapides peuvent suivre la trajectoire i_{61} , animées d'une vitesse encore importante au franchissement du relief s_{62} . Les effets de souffle de ces avalanches peuvent occasionner des désordres à l'appareil.

2.5 Synthèse

La remontée mécanique projetée est concernée par une activité avalancheuse dont localement l'intensité est potentiellement forte. Il faut toutefois souligner que :

- le tracé du nouvel appareil est presque identique à celui du TSF4 de Balme, qui est exploité depuis bientôt une trentaine d'années sans souci majeur ;
- le PIDA a été mis en œuvre pendant près de cinquante années d'exploitation du domaine skiable, ce qui manifestement montre qu'il est possible de garantir l'intégrité de l'appareil dans un contexte avalancheux menaçant à l'aide de déclenchements préventifs ;
- sur le plan constructif, les efforts d'avalanches imposés à la ligne peuvent être supportés par des pylônes spécifiquement dimensionnés dès lors que les avalanches sont traitées dans le cadre du PIDA. Si le PIDA devait être défaillant, des avalanches mobilisant un gros volume de neige sont susceptibles de créer des sollicitations très fortes sur les pylônes, avec des intensités qui sont difficiles à supporter par des structures auto-renforcées. Un complément de protection nécessiterait des ouvrages spécifiques de protection (tels que des étraves).

La gare de départ du projet se situe au même endroit que l'actuelle gare. Celle-ci n'a pas été impactée par des avalanches au cours des trente dernières années (le TSF de Balme a été construit en 1993). Sous des conditions nivo-météorologiques rares, il est toutefois possible que des dépôts d'avalanches atteignent l'installation, *a fortiori* en cas de défaillance du PIDA. Lorsque le PIDA est opérationnel, la plupart des dépôts de neige au voisinage de cette gare sont de faible épaisseur compte tenu de l'élévation importante de la plateforme par rapport au terrain naturel.

Analyse par simulation numérique des avalanches

3.1 Principe et hypothèses du calcul

Les avalanches sont des phénomènes complexes, reposant sur une multitude de processus depuis la chute de neige jusqu'à l'arrêt de l'écoulement. Il est possible de rendre compte des caractéristiques de l'activité avalancheuse d'un couloir à l'aide de modèles relativement simples. L'analyse par simulations numériques se nourrit des éléments précédents, mais est réalisée de manière totalement indépendante et autonome. Notamment, nous n'avons pas recours à une modification des paramètres pour faire coller les résultats du modèle à l'analyse experte. Comme paramètres d'entrée des modèles numériques, nous avons pris en compte :

1. les valeurs des cumuls de neige (voir chapitre 1);
2. le découpage en panneaux tiré de l'analyse experte (voir chapitre 2);
3. les valeurs usuellement obtenues sur d'autres sites similaires permettent d'obtenir les coefficients mécaniques des simulations;
4. des règles expertes tirées de l'utilisation de ces phénomènes dans la reconstitution de l'activité avalancheuse dans des sites bien documentés et dans la simulation de phénomènes extrêmes.

Nous attirons l'attention du lecteur qu'une tendance lourde de l'ingénierie est de recourir massivement aux codes numériques pour le calcul des caractéristiques des écoulements. Malheureusement, l'état de l'art en matière de calcul numérique reste fragile, les incertitudes sont grandes, les résultats des calculs sont très sensibles au choix des paramètres. Les calculs présentés ci-dessous n'ont de sens que s'ils sont regardés de façon critique et contradictoire avec l'analyse experte. C'est ce travail de confrontation qui permet d'aboutir à la définition des efforts le long de la ligne.

3.1.1 Modèle utilisé pour le calcul

Pour les **avalanches coulantes**, nous avons utilisé le code de calcul AVAC fondé sur la résolution d'équations du mouvement avec une loi de frottement de type Voellmy. Il s'agit d'un code numérique développé par Toraval. La première version du code a été créée en 1993, elle

a été utilisée depuis 1997 tout en connaissant de nombreuses évolutions¹. Plus d'information sur ce modèle et le calcul des pressions sont disponibles sur le site de [Toraval](http://www.toraval.ch). Le principe général des modèles de calcul est explicité dans l'ouvrage « Dynamique des avalanches » par Christophe Ancey (Presses Polytechniques Fédérales de Lausanne, Lausanne, 2006). Nous utilisons actuellement la version AVAC 3.1. Depuis l'été 2019, le code AVAC a été rendu librement téléchargeable depuis GitHub ; voir le site www.toraval.ch/avac pour plus d'informations.

AVAC 3.1 est un code bidimensionnel qui permet de calculer l'évolution sur une topographie complexe d'une masse de neige. Les équations du mouvement sont moyennées selon la hauteur : en un point (x, y) donné du fond topographique atteint par l'avalanche, on caractérise celle-ci par sa vitesse moyenne $\bar{u}(x, y, t)$ et sa hauteur $h(x, t)$. La masse volumique est supposée constante. L'avalanche est soumise à un frottement de type Voellmy ; la contrainte pariétale τ_p est une fonction *ad hoc* censée traduire deux processus : un frottement coulombien (comportement granulaire de l'avalanche) et une résistance inertielle (frottement de l'air, effet centrifuge, etc.) exprimée comme une fonction quadratique de la vitesse

$$\tau_p = \mu\sigma + \varrho g \frac{\bar{u}^2}{\xi},$$

avec $\sigma = \varrho g h \cos \theta$ la contrainte normale, θ la pente locale, μ et ξ les coefficients de frottement de Voellmy.

3.1.2 Paramètres utilisés pour le calcul

Les deux paramètres μ et ξ doivent être ajustés à partir des données de terrain. Il s'agit plus d'une modélisation conceptuelle du frottement que physique car les paramètres ne sont pas mesurables. Le tableau 3.1 reporte les valeurs utilisées pour les calculs (l'épaisseur d_0 est l'épaisseur de neige qui sert à estimer l'épaisseur de la cassure dans les zones de départ, c'est-à-dire dans la tranche 1950–2550 m)². Les calculs ont été réalisés avec une maille de 2 m, mais AVAC permettant le raffinement automatique de maillage en cours de calcul, la maille de calcul a pu être affinée jusqu'à 50 cm localement.

Tableau 3.1 – Épaisseur de neige utilisée pour estimer l'épaisseur de la cassure, l'épaisseur totale du manteau neigeux (selon la verticale), les coefficient de Voellmy μ et ξ , et masse volumique ϱ en fonction de la période de retour.

	avec <i>pida</i>		sans <i>pida</i>	
	$T = 30$	$T = 100$	$T = 30$	$T = 100$
d_0 (cm)	60	75	150	180
H (cm)	240	300	240	300
μ (–)	0,35	0,30	0,30	0,25
ξ (m·s ⁻²)	800	1000	900	1200
ϱ (kg·m ⁻³)	300	300	300	300

1. L'article originel date de 1994 : Ancey, C., Modélisation des avalanches denses, approches théorique et numérique, La Houille Blanche, 5-6, 25–39, 1994. Article en ligne sur le site www.toraval.ch.

2. Les épaisseurs de neige au sol sont corrigées en tenant compte d'un gradient hypsométrique de 3 cm par tranche de 100 m d'altitude. Le principe du calcul est explicité dans la note suivante : Burkard, A., und B. Salm, *Die Bestimmung der mittleren Anrissmächtigkeit d_0 zur Berechnung von Fliesslawinen*, Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos, 1992

3.1.3 Hypothèses et rendu du calcul

Les résultats des calculs sont reportés par la suite sous forme de cartes. Quelques remarques générales pour accompagner la lecture de ces cartes et en comprendre la portée :

- **Les cartes ont été réalisées pour deux périodes de retour T :**
 - **avalanches rares**, $T \sim 30$ ans. Cette période de retour correspond à la durée usuelle d’amortissement d’une remontée mécanique.
 - **avalanches exceptionnelles**, $T \sim 100$ ans. Cette période de retour est celle considérée dans le zonage avalanche pour les secteurs urbanisés.

Prendre une période de retour $T = 30$ ans implique que le maître d’ouvrage accepte la survenue d’une défaillance majeure sur l’appareil au cours de sa durée d’exploitation, alors que prendre $T = 100$ ans implique qu’il considère que le risque à considérer est similaire à celui accepté pour des habitations permanentes en France dans le cadre actuel des PPR. Dans les calculs, nous avons considéré que la période de retour de l’avalanche coïncidait avec celle des chutes de neige.

- Compte tenu de la résolution du modèle numérique de terrain et de la capacité actuelle des modèles dynamiques d’avalanche, la précision du calcul est au mieux de l’ordre de 10 m pour les emprises reportées.
- Les cartes reportent les emprises d’avalanches comme si tous les panneaux des zones de départ s’étaient **simultanément** déclenchés. Naturellement, en pratique, un tel cas de figure ne se produit pas nécessairement mais, en l’absence d’observations suffisantes, nous n’avons pas discriminé les cas où les panneaux fonctionnent collectivement de ceux où seule une partie de la zone de départ est mise en mouvement.
- L’influence du vent n’a pas été prise en compte pour les phénomènes extrêmes. En effet, il est difficile, si ce n’est impossible, d’estimer les zones à ablation ou dépôt avec précision.
- Les cartes reportent les valeurs maximales (dans le temps) de hauteur et de pression cinétique au sein de l’avalanche. On distingue différentes formes de pression. La pression cinétique est $p = \rho \bar{u}^2 / 2$, (avec \bar{u} la vitesse moyenne de l’avalanche et ρ la masse volumique locale); c est la pression de référence au sein de l’écoulement loin de tout obstacle. **Cette pression au sein de l’avalanche ne permet pas de déduire instantanément la pression d’un impact** car celle-ci dépend d’autres paramètres comme la forme de l’objet, la direction de sollicitation, et le mode d’interaction entre l’objet et l’avalanche.
- **On considère deux types de scénarios prenant en compte ou non le PIDA :**
 - *avalanche naturelle*: l’action du PIDA est ignorée (on se place dans le cas de figure très défavorable où le PIDA n’aurait pu être mené à bien pendant plusieurs jours); dans ce cas, c’est tout le volume de neige accumulée sur trois jours qui est mobilisé. Pour un scénario (signalé par la mention « naturelle » dans le tableau 3.1), l’action du PIDA n’est pas prise en compte;
 - *avalanche déclenchée dans le cadre d’un PIDA*: dans ce cas, on considère que c’est le cumul de neige journalier peut qui est mobilisé par l’avalanche (signalé par la mention « pida » dans le tableau 3.1).
- Les effets de souffle accompagnant la partie dense de l’écoulement ne sont pas reportés. Ils peuvent plâtrer des surfaces et occasionner des dommages mineurs (moins de 1 kPa), qui ne sont pas significatifs pour une structure telle qu’un télésiège.

- Pour les efforts des avalanches, on distingue³ :
 - *pression cinétique* : c’est la pression d’impact

$$p_c = \frac{1}{2} \rho \bar{u}^2$$

exercée par l’avalanche quand elle est dans un régime inertiel et rencontre un obstacle de petites dimensions ;

- *pression « hydrostatique »* : c’est une poussée de type hydrostatique

$$p_h = C_d \rho g h$$

exercée par l’avalanche quand elle est dans un régime gravitaire. Elle dépend d’un coefficient de traînée C_d ici pris égal à 4.

Dans la phase d’écoulement sur un versant ouvert, la pression est généralement une pression cinétique. Pour des avalanches en régime gravitaire, la pression est surtout due à la poussée de la neige à l’amont du pylône, surtout s’il y a confinement de l’écoulement (du fait du terrain naturel ou si l’avalanche se chenalise entre deux bourrelets latéraux). On définit une pression maximale comme étant :

$$p_{max} = \max(p_c, p_h), \quad (3.1)$$

pour les zones et phases d’écoulement préférentiellement en régime gravitaire.

La réglementation pourrait imposer à court terme d’imposer la prise en compte de la réputation dans le calcul des efforts causés par la neige et les avalanches. Cela imposerait alors de considérer les efforts lents causés par le fluage et le glissement des dépôts d’avalanche. Dans des circonstances exceptionnelles comme pour la télécabine du Lys à Cauterets, des pylônes peuvent être endommagés ou emportés par des culots d’avalanche en glissement, et la combinaison de pressions élevées et d’épaisseurs de neige de plusieurs mètres conduit à des efforts très importants pour les structures (pour le P9 du Lys, le moment de force a été estimé à 5000 ± 1000 kN·m). On sait que de tels efforts sont exceptionnellement possibles et on sait les estimer grossièrement⁴, mais on ne sait rien sur leur fréquence et les raisons de la déviation significative par rapport aux valeurs usuelles. Jusqu’à présent, l’état de l’art les a considérés comme des horsains⁵, et en pratique, on ne les a pas considérés. Nous n’avons pas considéré un scénario « Cauterets » ici.

3. Voir Kyburz, M., B. Sovilla, J. Gaume, and C. Ancey, Physics-based estimates of drag coefficients for the impact pressure calculation of dense snow avalanches, *Engineering Structures*, **254**, 113478, 2022.

4. Ancey, C., and V. Bain, Dynamics of glide avalanches and snow gliding, *Reviews of Geophysics*, **53**, 745–784, 2015.

5. Ancey, C., Are there “dragon-kings” events (i.e. genuine outliers) among extreme avalanches?, *European Physical Journal Special Topics*, **205**, 117–129, 2012. Ancey, C., Les avalanches extrêmes sont-elles des horsains ?, *Neige & Avalanches*, **133**, 4–9, 2011.

3.2 Résultats des simulations numériques

3.2.1 Avalanches dans le cadre d'un PIDA

↪ Voir : cartes 3.2 et 3.3 pour $T = 30$ ans ; cartes 3.4 et 3.5 pour $T = 100$ ans. Coordonnées Lambert 93. Échelle 1 : 8000.

Les simulations montrent que la ligne traverse plusieurs panneaux, dont la purge provoque des avalanches de petite taille. Les écoulements sont peu épais (de l'ordre de 80 cm dans la zone d'écoulement, et des dépôts de l'ordre de 6 m dans la zone de dépôt près de la G1). Des effets de souffle légers peuvent plâtrer la gare. Quoique le volume de neige corresponde au cumul journalier de neige, les pressions cinétiques sont localement significatives (entre 30 kPa et 40 kPa), et dans la zone de dépôt, on peut potentiellement atteindre des valeurs de poussée hydrostatique dépassant 80 kPa. Dès la période de retour $T = 30$ ans, la gare de départ est touchée par des avalanches en fin de vie ; des hauteurs de dépôt de l'ordre de 2 m à 4 m sont probables pour de telles avalanches.

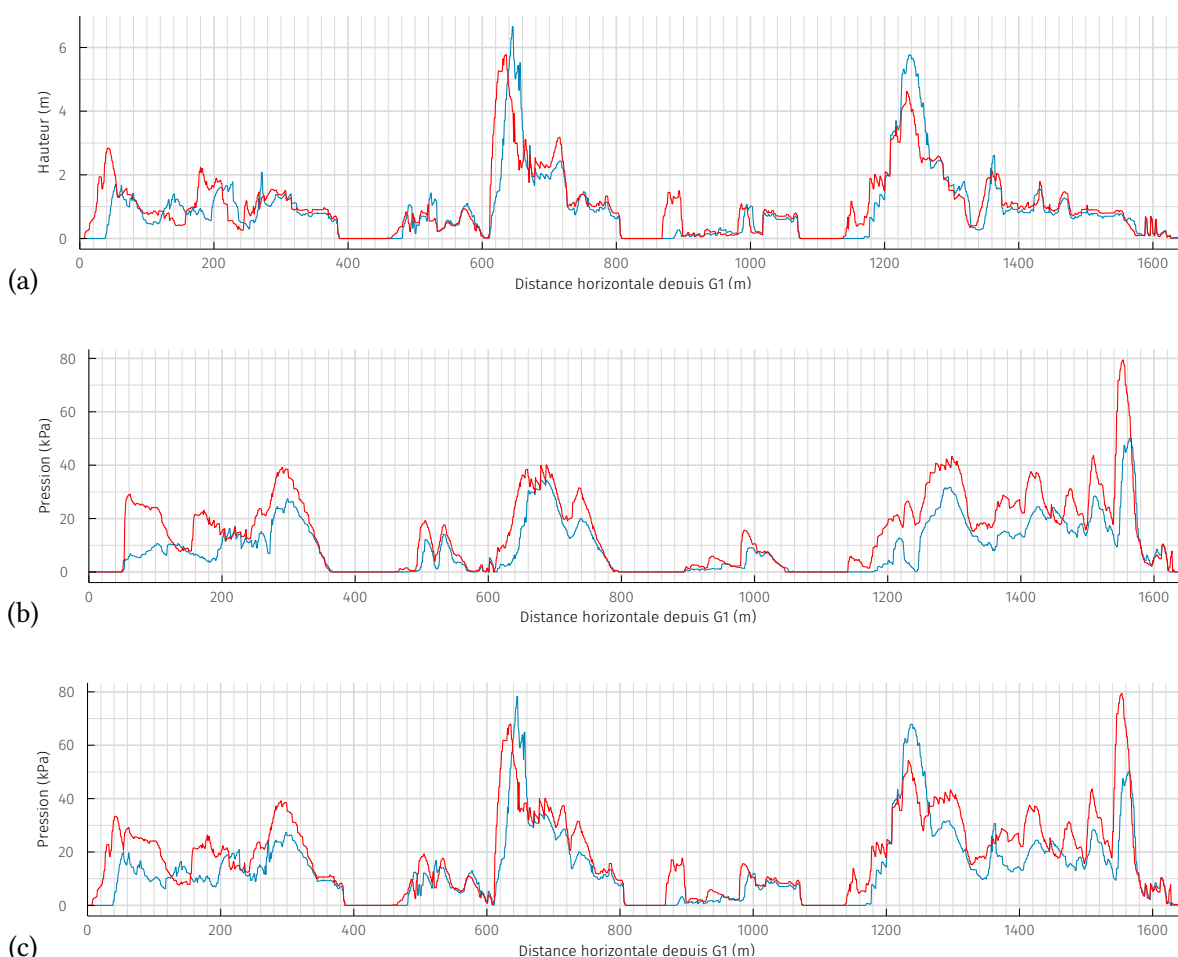


Figure 3.1 – Variation de (a) la hauteur d'écoulement, (b) la pression cinétique, et (c) la pression maximale – calculée selon l'équation (3.1) – le long de la ligne du TSD pour des avalanches $T = 30$ ans (trait bleu) et $T = 100$ ans (trait rouge) dans le cadre d'un PIDA.

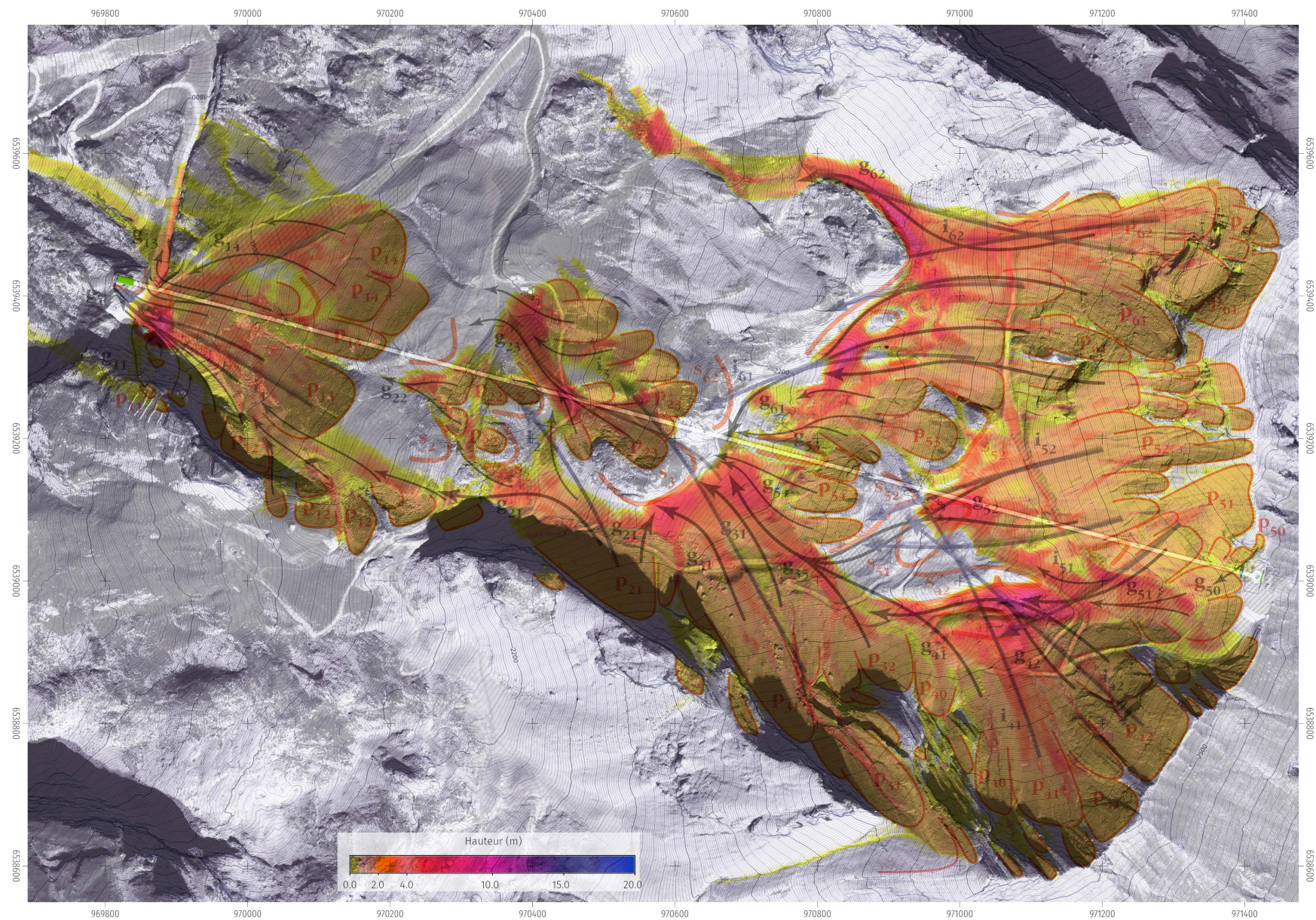


Figure 3.2 – Carte des simulations numériques montrant l’emprise maximale et la variation des hauteurs maximales pour $T = 30$ ans et des avalanches coulantes dans le cadre d’un PIDA. Échelle 1:8 000.

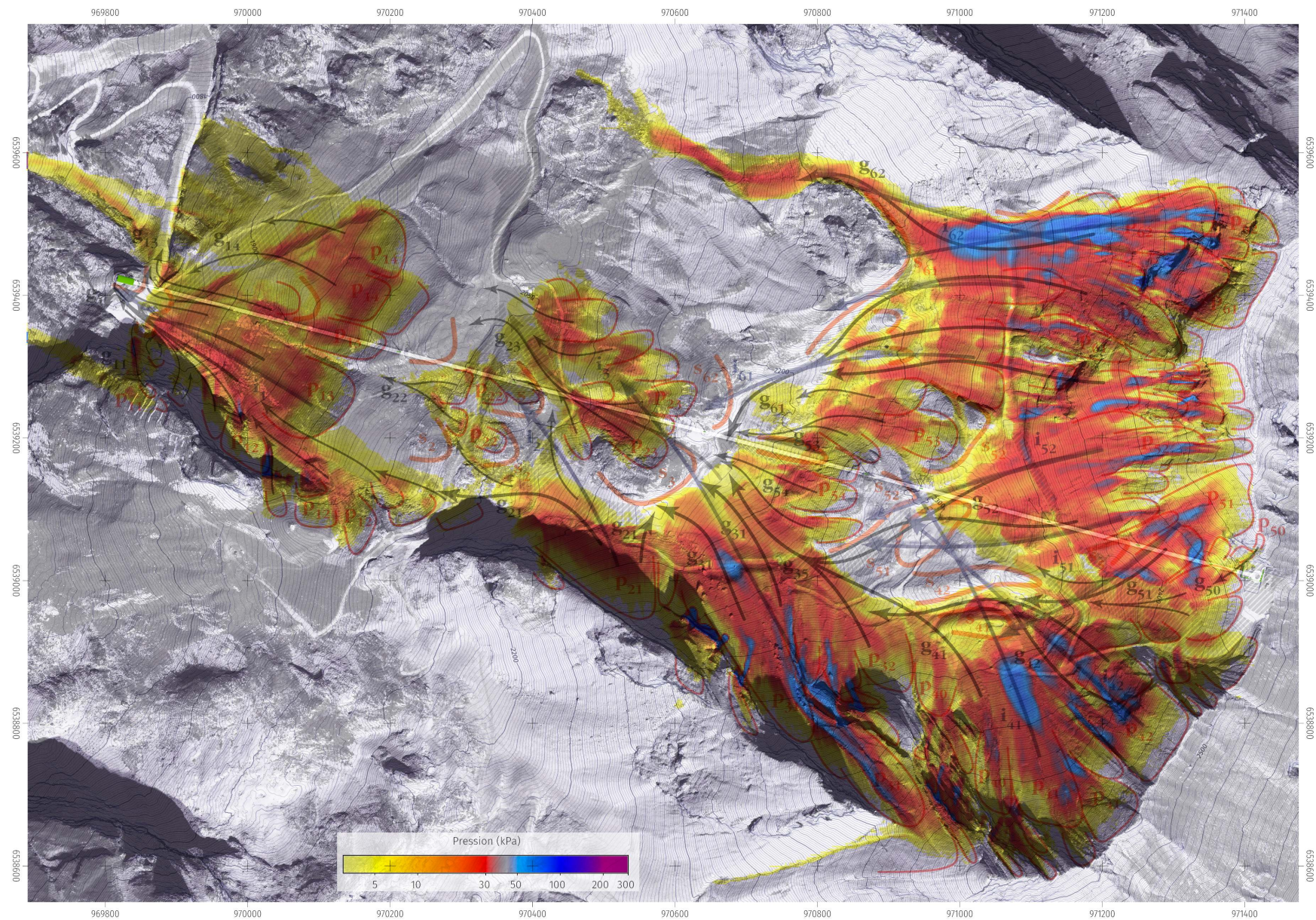


Figure 3.3 – Carte des simulations numériques montrant l’emprise maximale et la distribution des pressions cinétiques $p = \frac{1}{2}\rho\bar{u}^2$ maximales au sein de l’avalanche pour $T = 30$ ans dans le cadre d’un PIDA. Échelle 1:8 000.

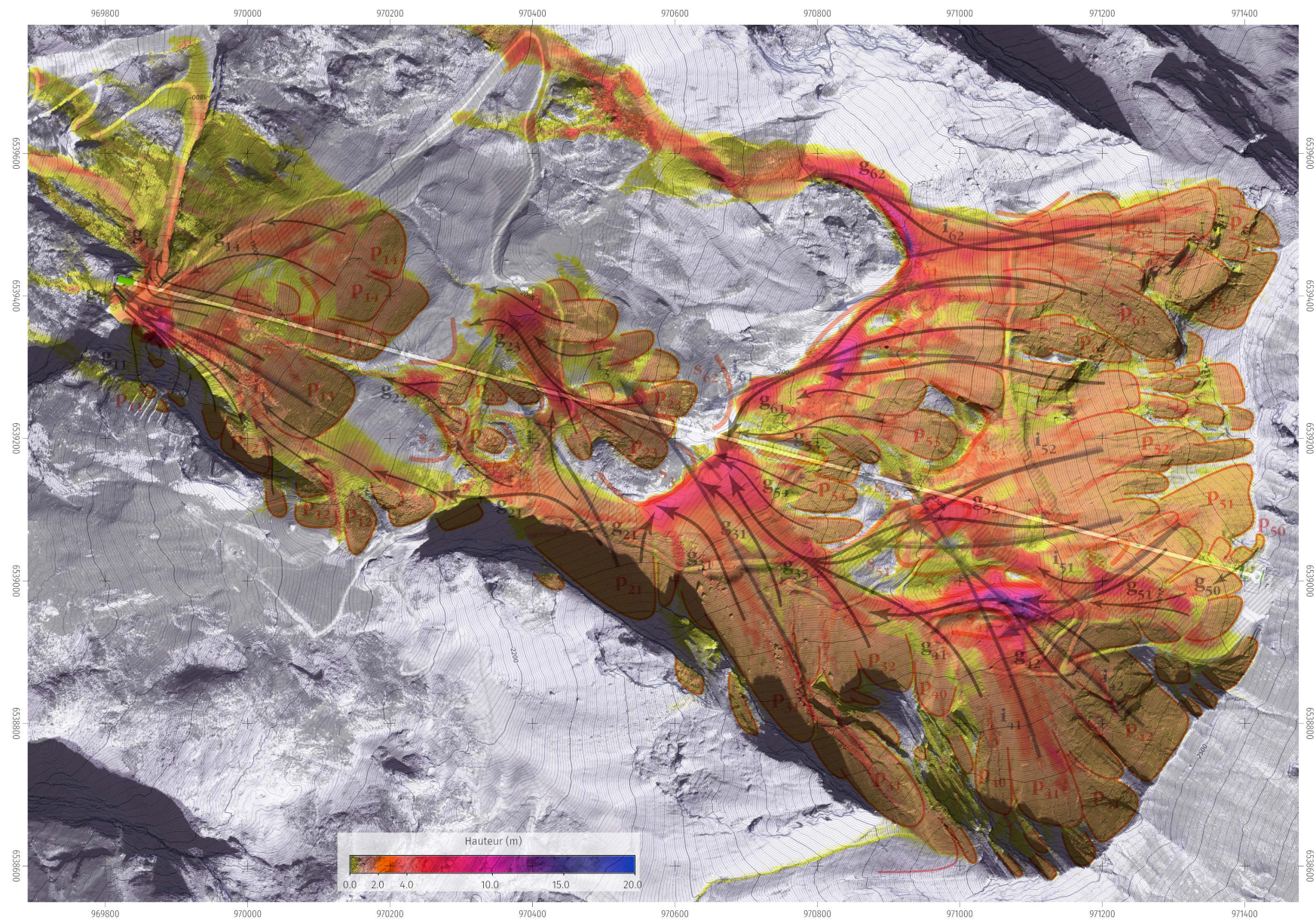


Figure 3.4 – Carte des simulations numériques montrant l’emprise maximale et la variation des hauteurs maximales pour $T = 100$ ans et des avalanches coulantes dans le cadre d’un PIDA. Échelle 1:8 000.

3.2.2 Avalanches naturelles

↪ Voir : cartes 3.7 et 3.8 pour $T = 30$ ans ; cartes 3.9 et 3.10 pour $T = 100$ ans. Coordonnées Lambert 93. Échelle 1 : 8000.

En mobilisant des volumes de neige significativement plus importants (plus d'un facteur 2), les avalanches naturelles génèrent des pressions cinétiques (jusqu'à 120 kPa) et des poussées hydrostatiques (dans la fourchette 100 kPa à 200 kPa) dans certains secteurs. La gare de départ est particulièrement exposée, avec un risque important de dommages à la structure. Les emprises sont également plus étendues que pour les avalanches déclenchées dans le cadre du PIDA.



Figure 3.6 – Variation de (a) la hauteur d'écoulement, (b) la pression cinétique, et (c) la pression maximale – calculée selon l'équation (3.1) – le long de la ligne du TSD pour des avalanches naturelles $T = 30$ ans (trait bleu) et $T = 100$ ans (trait rouge).

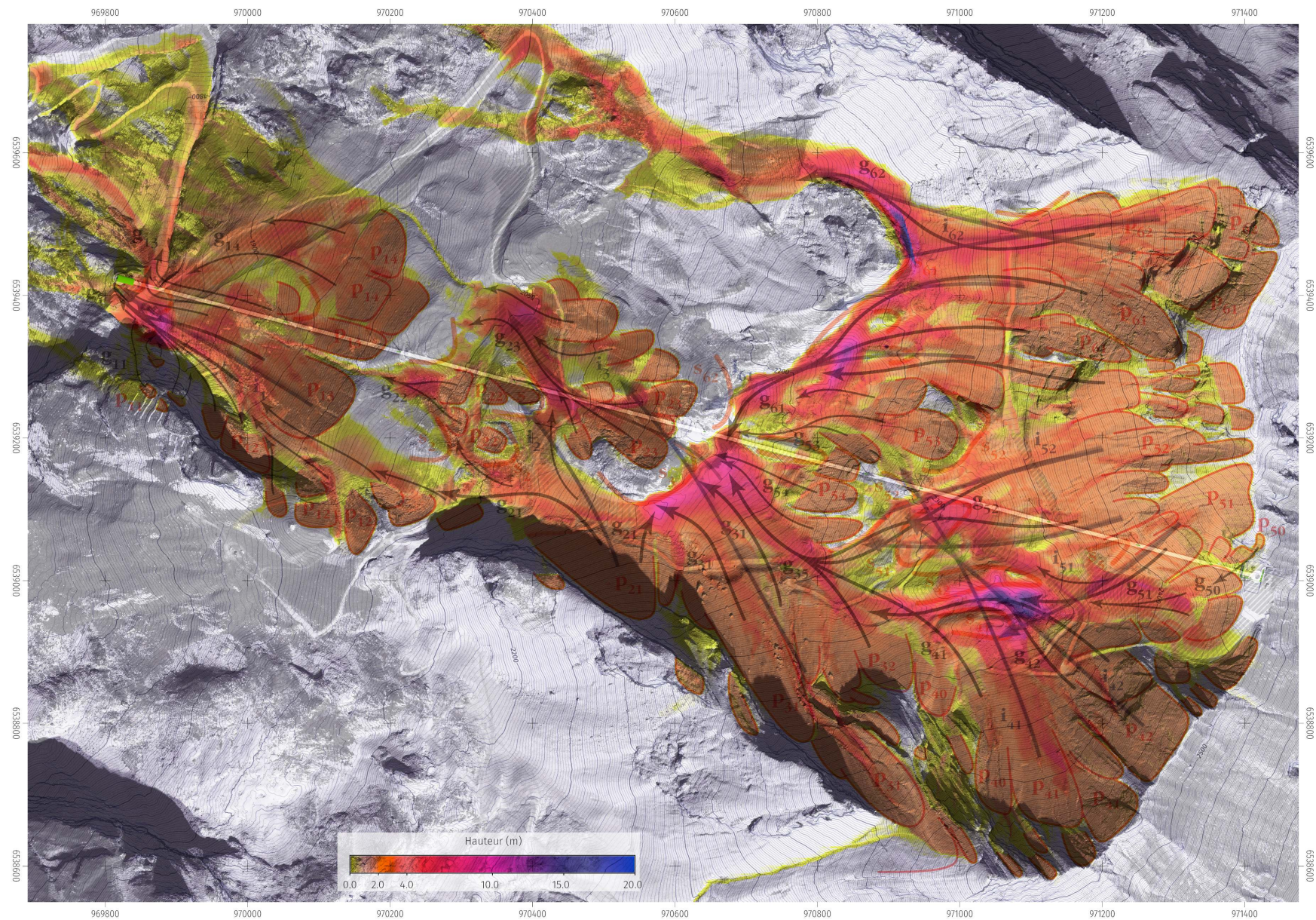


Figure 3.7 – Carte des simulations numériques montrant l’emprise maximale et la variation des hauteurs maximales pour $T = 30$ ans et des avalanches coulantes naturelles. Échelle 1:8 000.

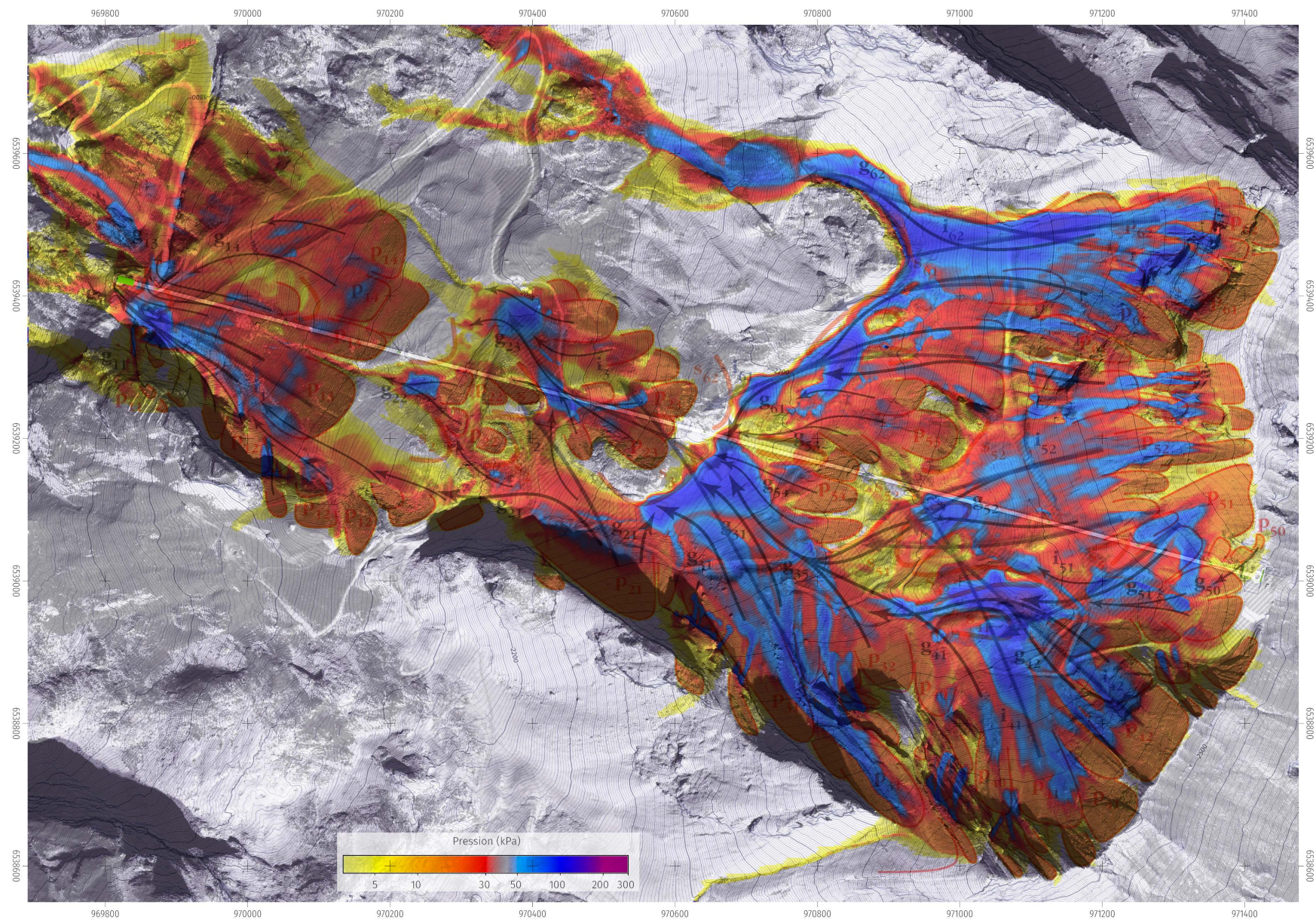


Figure 3.8 – Carte des simulations numériques montrant l’emprise maximale et la distribution des pressions maximales pour $T = 30$ ans et des avalanches coulantes naturelles. Échelle 1:8 000.

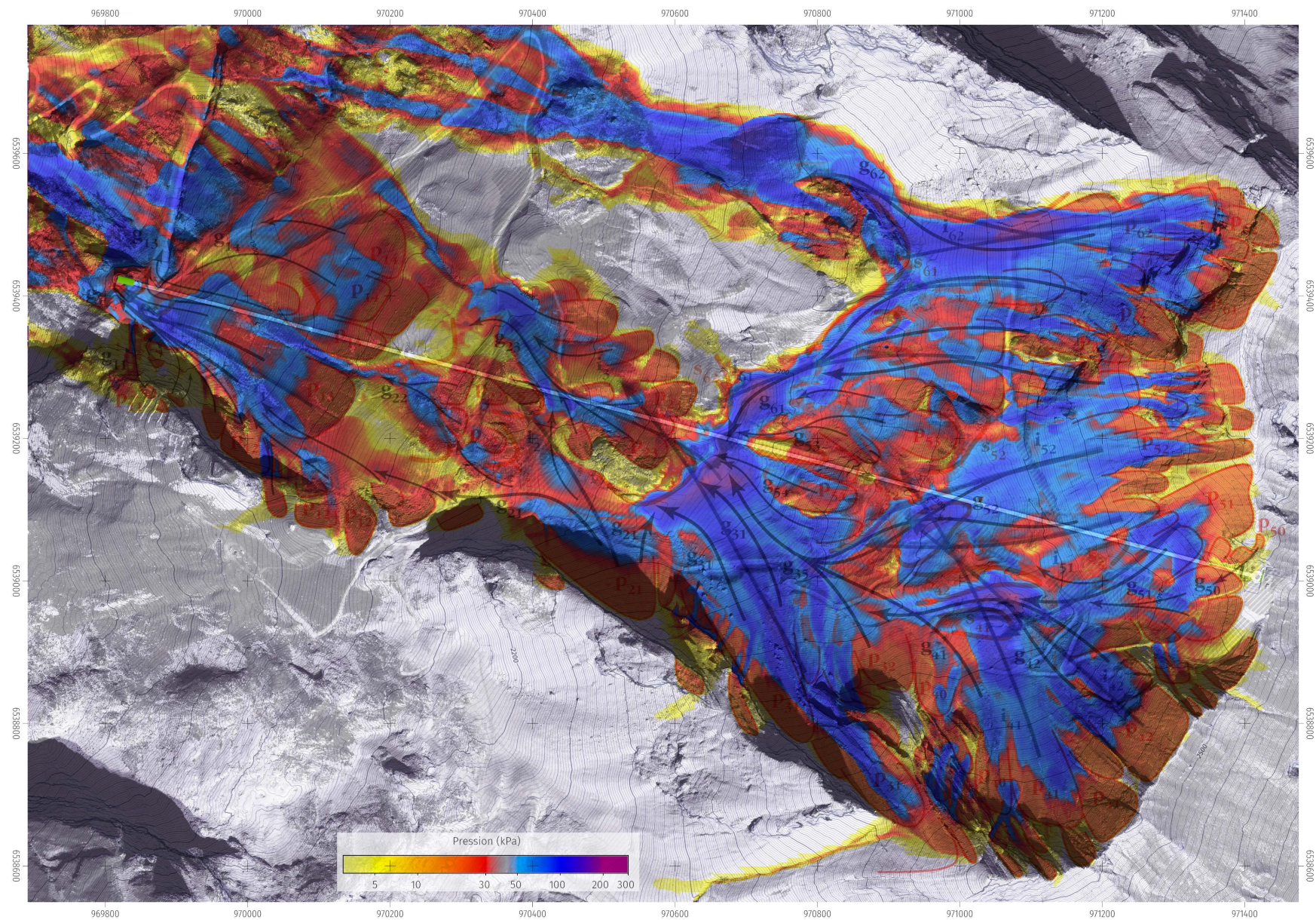


Figure 3.10 – Carte des simulations numériques montrant l’emprise maximale et la distribution des pressions maximales pour $T = 100$ ans et des avalanches coulantes naturelles. Échelle 1:8 000.

Synthèse

Le choix du scénario pour le dimensionnement des pylônes est à la discrétion du maître d'ouvrage. Ce choix est motivé par les deux considérations suivantes :

- l'acceptation d'un risque « industriel » plus ou moins important. Prendre une période de retour $T = 30$ ans implique que le maître d'ouvrage accepte la survenue possible d'une défaillance majeure sur cet appareil au cours de sa durée d'exploitation (au moins la période d'amortissement usuelle), alors que prendre $T = 100$ ans implique qu'il considère que le risque à considérer est similaire à celui accepté pour des habitations permanentes en France dans le cadre actuel des plans de prévision des risques (PPR) ;
- le degré de confiance apporté par le PIDA actuel. Si le maître d'ouvrage considère que le PIDA est effectif dans toutes les situations critiques, il peut considérer que le scénario pour le dimensionnement implique une avalanche dite accidentelle¹. Dans le cas contraire, si le maître d'ouvrage considère que le PIDA peut connaître une défaillance, alors il faudrait opter pour un scénario d'avalanche dite naturelle². Cette distinction entre PIDA fonctionnel et PIDA défaillant est importante pour évaluer le volume de neige mobilisable par l'avalanche de projet (voir § 3.1).

1. La terminologie est peu heureuse car une « avalanche accidentelle » est souvent comprise comme une « avalanche associée à un accident » alors que c'est l'antonyme d' « avalanche naturelle ». Toutefois, cette terminologie étant consacrée par la pratique, nous l'employons ici. Une avalanche accidentelle est une avalanche dont le départ est provoqué par une intervention humaine.

2. Une avalanche naturelle est une avalanche dont le départ est spontané (sans intervention humaine)

L'étude s'est fondée sur quatre scénarios d'avalanche de projet :

- (1) avalanche accidentelle rare ($T \sim 30$ ans) dans le cadre d'un PIDA,
- (2) avalanche accidentelle exceptionnelle ($T \sim 100$ ans) dans le cadre d'un PIDA,
- (3) avalanche naturelle rare ($T \sim 30$ ans) en cas de défaillance du PIDA, et
- (4) avalanche naturelle rare ($T \sim 100$ ans) toujours en cas de défaillance du PIDA.

Les tableaux 4.1 à 4.4 fournissent les efforts (pression et hauteur d'écoulement) pour chacun des tronçons de la ligne du TSD. Dans les diagrammes, lorsque les segments de ligne étaient concernés par des avalanches provenant à la fois du versant Grande Torchère et de celui de la Roualle, nous avons indiqué deux angles d'incidence distincts. Voici le détail des résultats pour chacun des quatre scénarios :

- (1, 2) **Le TSD projeté est soumis à un risque significatif d'avalanche sur plusieurs tronçons.** Si le PIDA peut être exécuté continûment (c'est-à-dire sans aucune interruption quelles que soient les circonstances), les avalanches ne concernent que les pylônes de la ligne. Au franchissements de zones où les avalanches peuvent former des dépôts épais, les valeurs de pression maximale peuvent être élevées, notamment vers 2090 m et 2300 m. La gare de départ peut être soumise à un plâtrage ou voir des langues d'avalanche mourir à proximité (avec des dépôts de faible épaisseur) ; la capacité de dommages à la structure de la G1 est faible. Le tableau 4.1 fournit les valeurs typiques par tronçon des efforts exercés par l'avalanche de projet sur la ligne projetée.
- (3) L'interruption du PIDA peut conduire à une augmentation très sensible du risque. Pour les avalanches trentennales ($T \sim 30$ ans), l'accroissement du risque concerne la gare de départ, qui peut être touchée de façon plus marquée par une avalanche en fin de vie. Dans la zone d'écoulement, les caractéristiques dynamiques de l'avalanche sont un peu plus élevées que ce qui a été obtenu pour le calcul considérant un PIDA actif (pression cinétique jusqu'à 50 kPa) : **le TSD projeté est soumis à un risque d'avalanche fort le long de la ligne et modéré à proximité de la gare de départ.** Le tableau 4.3 fournit les valeurs typiques par tronçon des efforts exercés par l'avalanche de projet sur la ligne projetée. Pour le maître d'ouvrage, opter pour ce scénario devrait impliquer des mesures de protection de la gare de départ.
- (4) Toujours dans l'hypothèse d'un PIDA défaillant et d'une avalanche de très grande ampleur (avalanche centennale $T \sim 100$ ans), on note que les efforts sont un peu plus importants que pour l'avalanche trentennale, mais compte tenu du caractère « Weibull³ », les différences entre avalanches trentennale et centennale sont modérées. En ce qui concerne la gare de départ, les sollicitations sont significativement plus élevées car l'installation se situe dans la zone d'arrêt des avalanches majeures. Au-dessus de 2300 m les pressions cinétiques sont élevées (60 kPa à 100 kPa). Le tableau 4.4 fournit les valeurs typiques par tronçon des efforts exercés par l'avalanche de projet sur la ligne projetée.

► Pour plus d'informations sur les grandeurs employées ici, télécharger le document www.toraval.fr/telec/addendum.pdf.

3. Cela veut dire que les cumuls de neige restent en-deçà d'un certain seuil aux grandes périodes de retour.



Projet: TSD de Balme - La Clusaz

Diagramme généré par vulnOSE.sh

Date: 4 octobre 2024

Réf.: DCE TSD de Balme

Sources: r.avac 3.1.5

Système de coordonnées: Lambert93

Position G1: x = 969820, y = 6539424

Position G2: x = 971417, y = 6539006

Hypothèses de calcul:

Période de retour considérée: 30 ans

PIDA opérationnel

Épaisseur de neige au sol: 240 cm

Type d'avalanche: coulante

Origine des abscisses: x_{G1}

Incertitude sur les épaisseurs au sol: ± 50 cm

Incertitude sur les pressions: ± 15 kPa

Incertitude sur les épaisseurs: ± 50 cm

Incertitude sur les directions: $\pm 20^\circ$

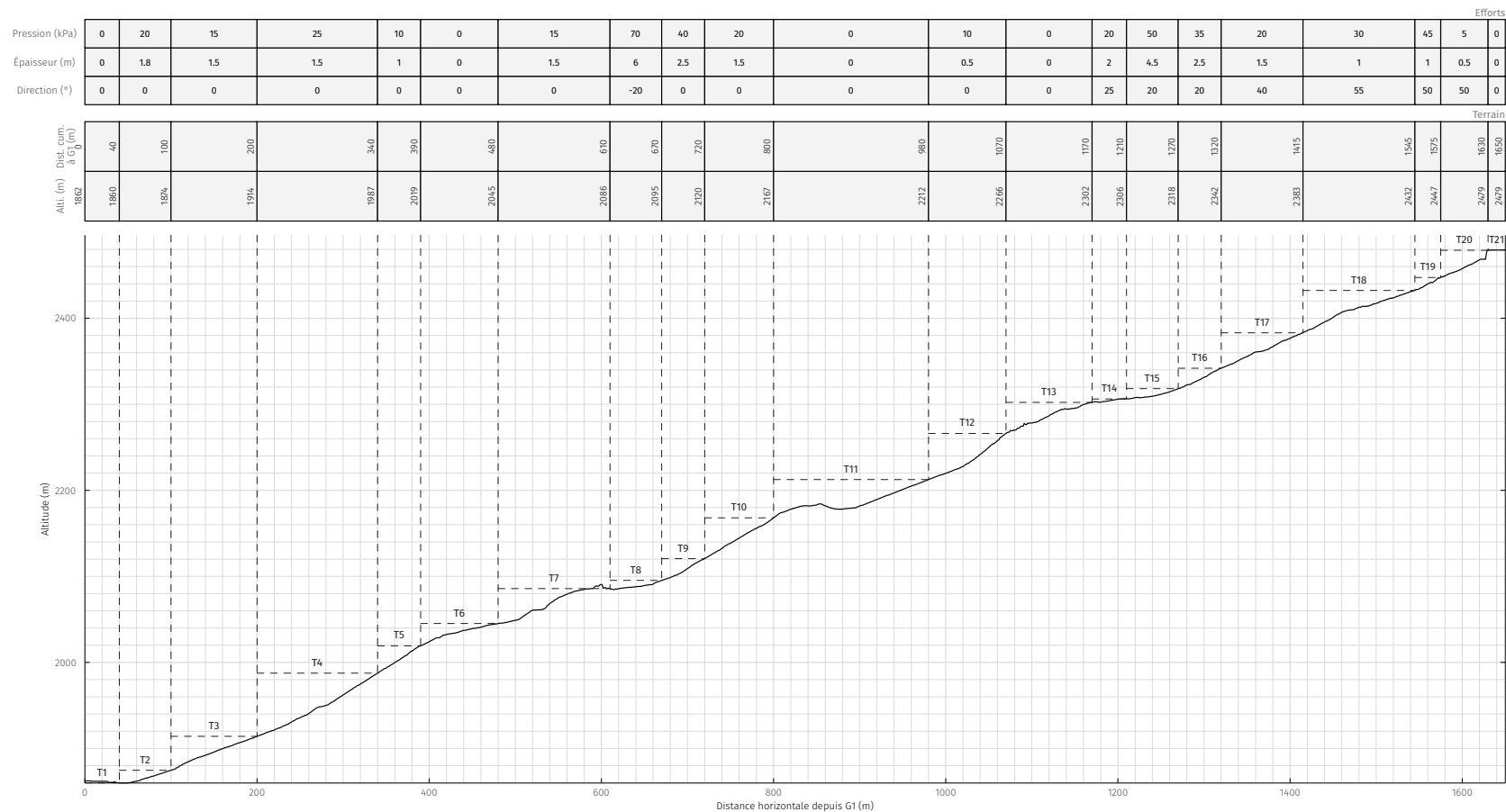


Figure 4.1 – Avalanches rares pour le TSD ($T \sim 30$ ans) dans le cadre d'un PIDA.



Projet: TSD de Balme - La Clusaz

Diagramme généré par vulnOSE.sh

Date: 4 octobre 2024

Réf.: DCE TSD de Balme

Sources: r.avec 3.1.5

Système de coordonnées: Lambert93

Position G1: x = 969820, y = 6539424

Position G2: x = 971417, y = 6539006

Hypothèses de calcul:

Période de retour considérée: 100 ans

PIDA opérationnel

Épaisseur de neige au sol: 300 cm

Type d'avalanche: coulante

Origine des abscisses: x_{G1}

Incertitude sur les épaisseurs au sol: ± 50 cm

Incertitude sur les pressions: ± 15 kPa

Incertitude sur les épaisseurs: ± 50 cm

Incertitude sur les directions: $\pm 20^\circ$

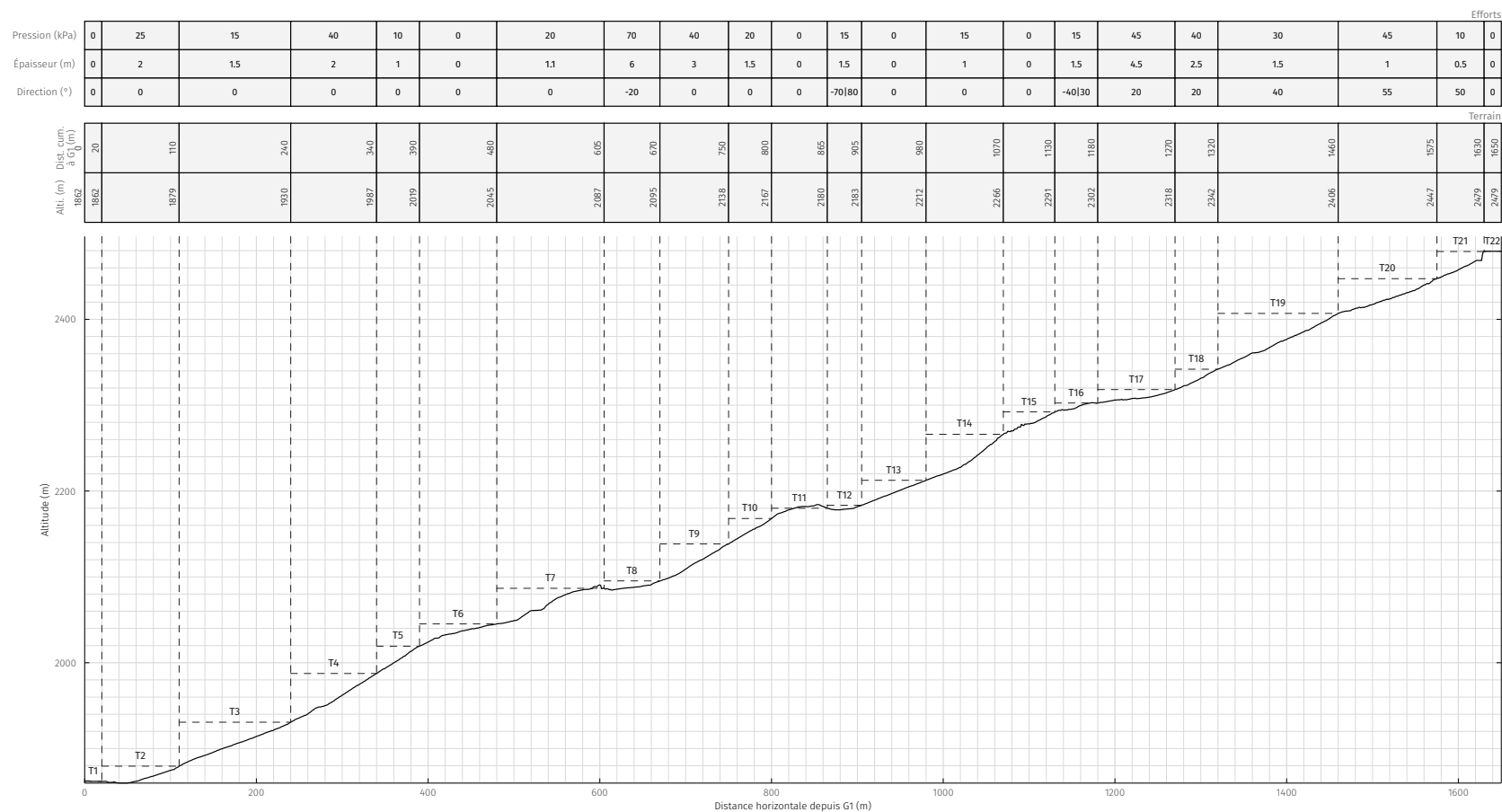


Figure 4.2 – Avalanches rares pour le TSD ($T \sim 100$ ans) dans le cadre d'un PIDA.



Projet: TSD de Balme - La Clusaz

Diagramme généré par vulnOSE.sh

Date: 4 octobre 2024

Réf.: DCE TSD de Balme

Sources: r.avac 3.1.5

Système de coordonnées: Lambert93

Position G1: x = 969820, y = 6539424

Position G2: x = 971417, y = 6539006

Hypothèses de calcul:

Période de retour considérée: 30 ans

Défaillance du PIDA

Épaisseur de neige au sol: 240 cm

Type d'avalanche: coulante

Origine des abscisses: x_{G1}

Incertitude sur les épaisseurs au sol: ± 50 cm

Incertitude sur les pressions: ± 15 kPa

Incertitude sur les épaisseurs: ± 50 cm

Incertitude sur les directions: $\pm 20^\circ$

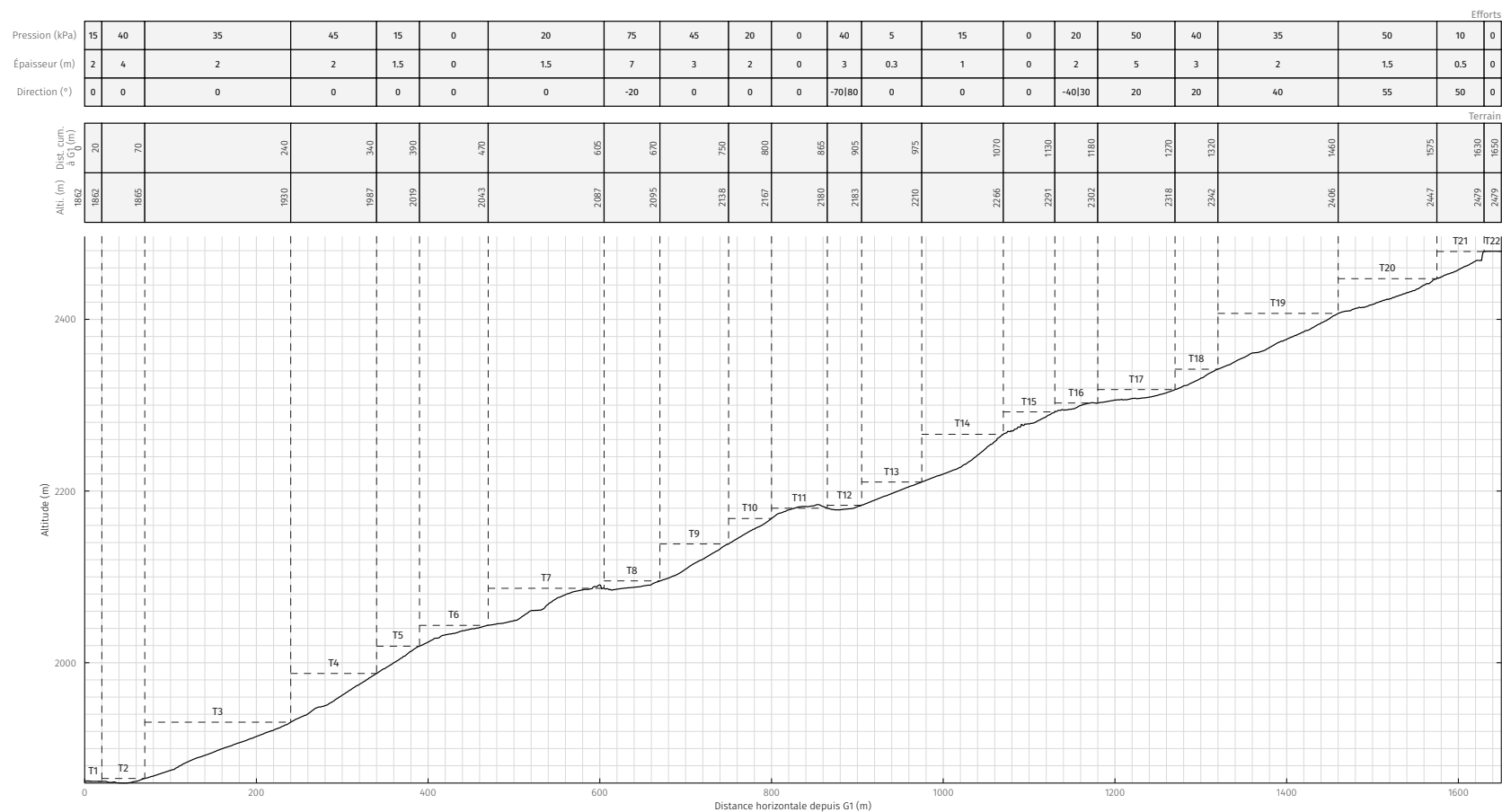


Figure 4.3 – Avalanches naturelles rares pour le TSD ($T \sim 30$ ans).



Projet: TSD de Balme - La Clusaz

Diagramme généré par vulnOSE.sh

Date: 4 octobre 2024

Réf.: DCE TSD de Balme

Sources: r.avac 3.1.5

Système de coordonnées: Lambert93

Position G1: x = 969820, y = 6539424

Position G2: x = 971417, y = 6539006

Hypothèses de calcul:

Période de retour considérée: 100 ans

Défaillance du PIDA

Épaisseur de neige au sol: 300 cm

Type d'avalanche: coulante

Origine des abscisses: x_{G1}

Incertitude sur les épaisseurs au sol: ± 50 cm

Incertitude sur les pressions: ± 15 kPa

Incertitude sur les épaisseurs: ± 50 cm

Incertitude sur les directions: $\pm 20^\circ$

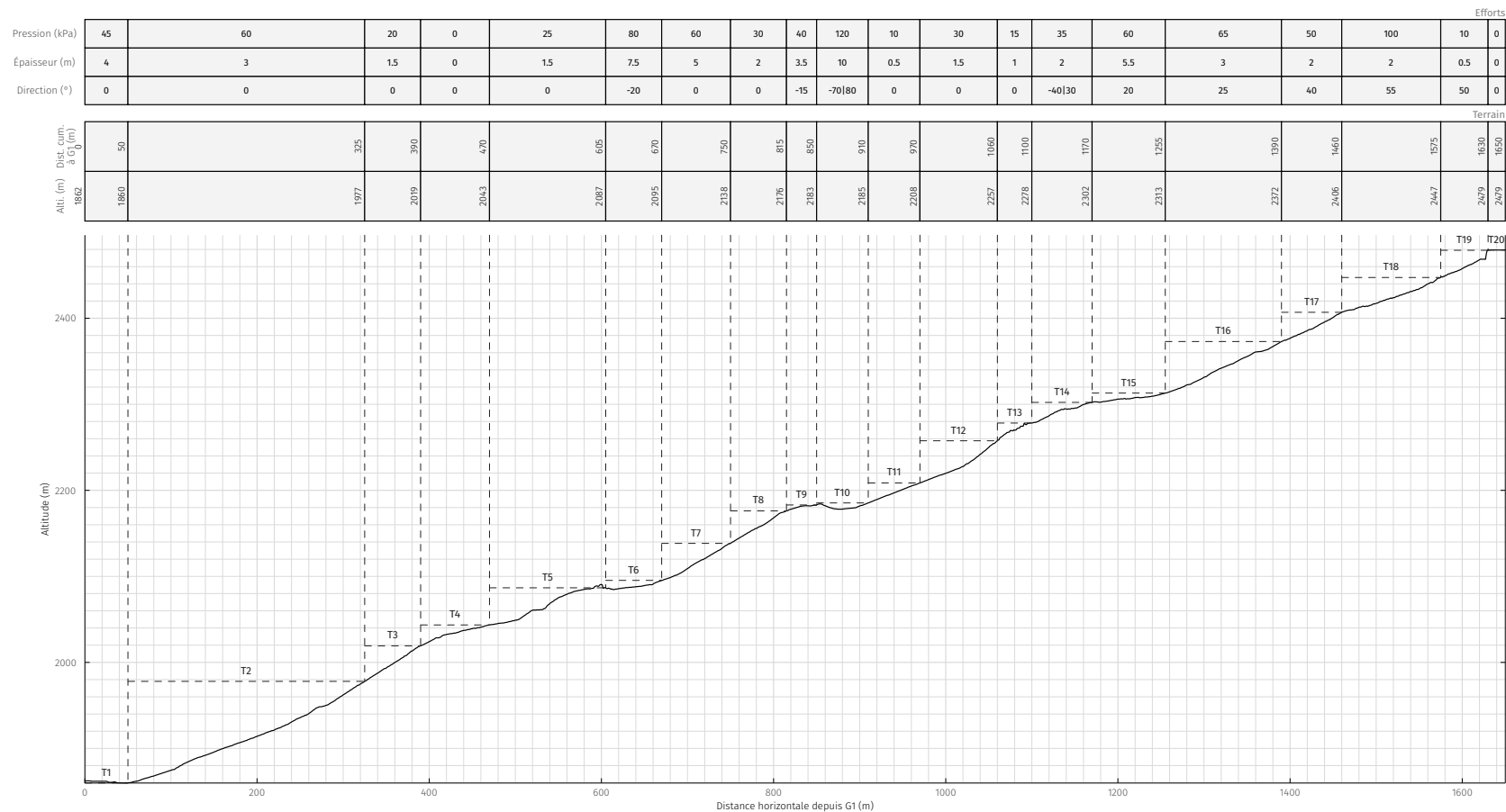


Figure 4.4 – Avalanches naturelles exceptionnelles pour le TSD ($T \sim 100$ ans).

Cette étude a été réalisée par Toraval groupement d'ingénieurs-conseils.



<http://www.toraval.fr>

<http://www.toraval.ch>

Toraval Suisse : Chemin des Chardonnerets 13, CH-1008 Prilly

Toraval France : 2838 route des Annuits, F-73 400 Ugine

- chargés d'étude :
 - Christophe Ancey (ancey@toraval.ch)
 - Vincent Bain (bain@toraval.fr)
- commanditaire de l'étude : SATELC
- maîtrise d'œuvre : CNA
- le corps de ce rapport contient 59 pages.
- pièce annexée : représentation tridimensionnelle

http://telec.toraval.fr/3d/clusaz_2024.html

- **ANNEXE N°3 : ÉTUDE GEOTECHNIQUE**

SUD EST**BUREAU D'ETUDE
GEOTECHNIQUE**

**MAIRIE LA CLUSAZ
3219 Route des Aravis
74220 LA CLUSAZ**

Nos références : sm/rc - 2205054 - La Clusaz (74) - Piste Blanchot

Objet : – Etude géotechnique G2 AVP – Ind B

Monsieur,

Nous vous prions de bien vouloir trouver ci-joint notre étude géotechnique correspondant à l'affaire citée en objet.

Nous restons à votre entière disposition pour tous renseignements complémentaires éventuels.

Bien sincèrement.

Pour EQUATERRE SUD EST

Le 20/12/2024

S. MOILLE



**La Clusaz**
Mairie**La Clusaz (74)**
Piste Blanchot/Bergerie**ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION****Mission : G2 - AVP (Norme NFP 94-500)**

*Concertation préalable avec l'ingénierie indispensable
Voir synthèse en tête de rapport*

Ind.	Date	Etabli par	Vérifié par	Objet de la modification
A	31/10/2024	R. CALDI	S. MOILLE	Première diffusion
B	20/12/2024		S. MOILLE	Précision sur l'aléa chute de blocs

Affaire n° 2205054**Siège Social : EQUATERRE SUD EST - 23 A - Les Pléiades - Park Nord – 74370 Epagny Metz-Tessy****☎ 04 50 88 14 36** - Mail : agence@equaterre-sudest.fr

Agence Isère : Centre d'Affaires Le Concorde 24 Rue Lamartine – 38320 EYBENS ☎ 04.56.38.13.32 / 📠 04.56.38.13.33

SAS EQUATERRE sud est, au capital de 50 000 Euros / R.C.S Annecy n° 518 674 023 - APE 7112 B

TABLE DES MATIERES

1. GENERALITES	5
1.1 Situation	5
1.2 Les intervenants	5
1.3 La mission	6
1.4 Documents de référence.....	6
1.4.1 Les documents fournis	6
1.4.2 Documents géotechniques	6
1.5 Les questions posées	6
1.6 Les opérations effectuées	7
1.7 Assurance	7
2. ANALYSE.....	8
2.1 Les données du projet	8
2.1.1 L'ouvrage	8
2.1.3 Données sur les réseaux	13
2.1.4 Sensibilité générale	14
2.2 Les données du sol.....	15
2.2.1 Données générales	15
2.2.2 Géologie du site.....	20
2.2.3 L'eau souterraine.....	21
2.2.4 Caractéristiques mécaniques	22
2.2.5 Stabilité.....	23
2.2.6 Sismicité du site	25
2.2.7 Sensibilité du sol.....	27
3. L'ADAPTATION AU SOL.....	28
3.1 Interaction Sol/Structure	28
3.2 Orientations préalables	30
3.3 Terrassements généraux et soutènements	31
3.3.1 Conditions prévisibles de terrassements et aléas, à intégrer dans la conception et le planning..	31
3.3.2 Rappel des conditions prévisibles de réutilisation technique des matériaux.	32
3.3.3 Méthodologie générale	33
3.3.4 Gestion de l'aléa chute de bloc	36
4. REMARQUES GENERALES	41
4.1 Limites de l'étude	41
4.2 Définition normalisée de la présente mission	41
4.3 Autre(s) remarque(s)	41

PIECES ANNEXES

Plan d'implantation des sondages

Jeu de photographies

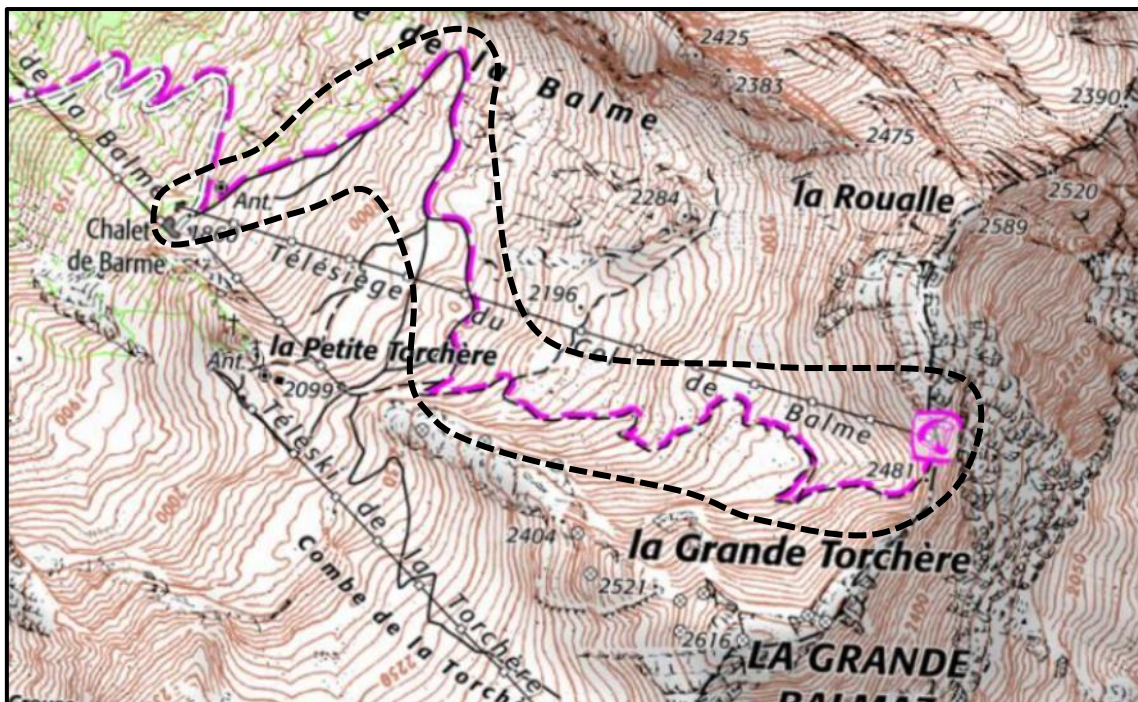
Tableau récapitulatif des sondages

Résultats d'analyses en laboratoire

1. GENERALITES

1.1 Situation

Département : HAUTE SAVOIE (74)
Commune : La Clusaz
Adresse : « Piste Blanchot » et « Piste Bergerie »



* source: www.geoportail.fr © 2011 - IGN

1.2 Les intervenants

INTERVENANTS	SOCIETES	RESPONSABLES	MAILS
MAÎTRE D'OUVRAGE	MAIRIE DE LA CLUSAZ SATELC	M. RECHON-REGUET	michael.rochon-roguet@satelc.fr ;
MAÎTRE D'OEUVRE	ABEST	M. RACT	b.ract@abest.fr ;

Convention souscrite :

Notre proposition n° 2205054.

Votre commande : Reçue par mail

1.3 La mission

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'une mission comprenant des Investigations géotechniques et la rédaction d'une étude géotechnique d'avant-projet de type G2 (AVP), au sens de la norme NFP 94-500, elle est strictement limitée à la phase avancement projet indiquée ci-après.

Missions normalisées NFP 94-500	G1(ES)	G1 (PGC)	G2	G2	G2	G4	G4
Présente mission Equaterre			X				
Phase avancement projet MO	ESQ	APS	AVP/APD	PRO	DCE/ACT	EXE/VISA	DET/AOR

Le détail du contenu de la présente mission est reporté au chapitre des remarques générales.

Ces remarques font partie intégrante du rapport et doivent être prises en compte par la maîtrise d'œuvre dans l'analyse du projet.

1.4 Documents de référence

1.4.1 Les documents fournis

Documents	Echelle	Origine / référence	Indice	Date
Plan général des travaux secteur Balme, piste Blanchot	1/1000	ABEST Ingénierie	K	09/09/24
Profils des terrassements	1/250	ABEST Ingénierie	0	23/09/24
Proposition de modification de profil (mail ABSET du 4/12/2024)	-	ABEST Ingénierie		04/12/2024

1.4.2 Documents géotechniques

Site Infoterre (BRGM)

Site Prim.net

PPR de la commune de : La Clusaz

1.5 Les questions posées

Il s'agit de préciser, dans le cadre de la mission décrite au paragraphe 2.3, les points suivants :

1. La nature et les caractéristiques mécaniques des horizons rencontrés permettant le pré dimensionnement des infrastructures du projet.
2. Les principes généraux de construction de l'ouvrage, liés à la géotechnique :
 - Terrassements
 - Soutènements
 - Fondations dallages
 - Dispositions vis à vis de l'eau souterraine.

1.6 Les opérations effectuées

Pour répondre aux questions posées, nous avons réalisé les postes suivants :

- Visite préalable du site, et analyse géomorphologique avec levés d'affleurement rocheux
- Sondages à la pelle mécanique (36 sondages).
- Prélèvement d'échantillons pour analyse en laboratoire
- Forages avec enregistrement de paramètres poussés à 10m en moyenne.
- Synthèse et rédaction d'un rapport d'étude géotechnique d'avant-projet.

1.7 Assurance

La SAS Equaterre SUD-EST est titulaire d'un contrat d'Assurance Professionnelle BTP Ingénierie Economie de la Construction.

Les conventions spéciales souscrites concernent :

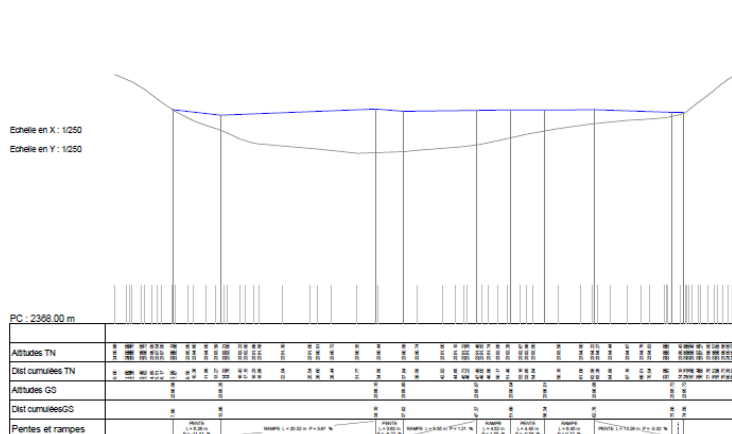
- La Responsabilité Professionnelle de l'Ingénierie Bâtiment (montant des travaux inférieur à 26 M€)
- La Responsabilité Professionnelle de l'Ingénierie Génie Civil (montant des travaux inférieur à 6 M€)

Nota : Pour des montants de travaux supérieurs à ceux précités, une augmentation de garantie décennale avec ou sans abrogation de la règle proportionnelle, une plus-value pour complément de garantie sera facturée à la demande du maître d'ouvrage en sus de la présente mission --- (nous consulter)

Nos garanties RC et décennales ne deviennent effectives qu'au règlement de la totalité des sommes dues par le maître d'ouvrage désigné dans le présent document.

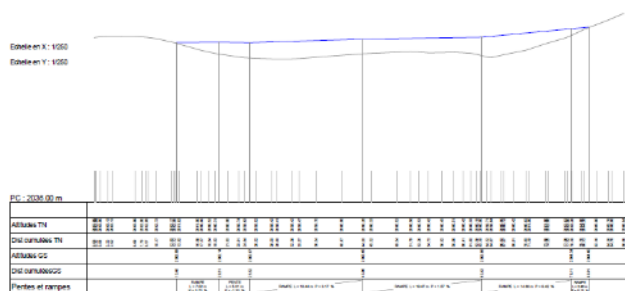
2.1.1 L'ouvrage

Le profil des terrassements se trouvent majoritairement en déblai/remblais avec des hauteurs de 2.0 à 7.4m/TN répartis sur 10 zones distinctes.



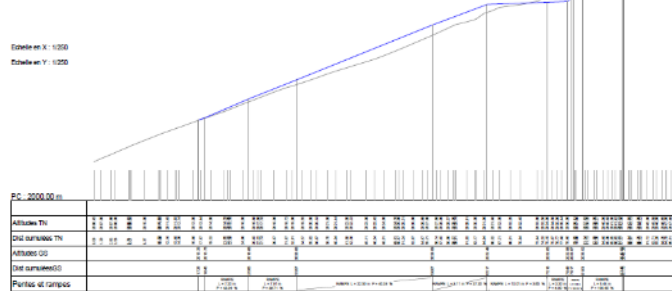
Profils en travers de la zone 8 : (sans échelle)

PISTE BLANCHOT BERGERIE
PROFIL N°10



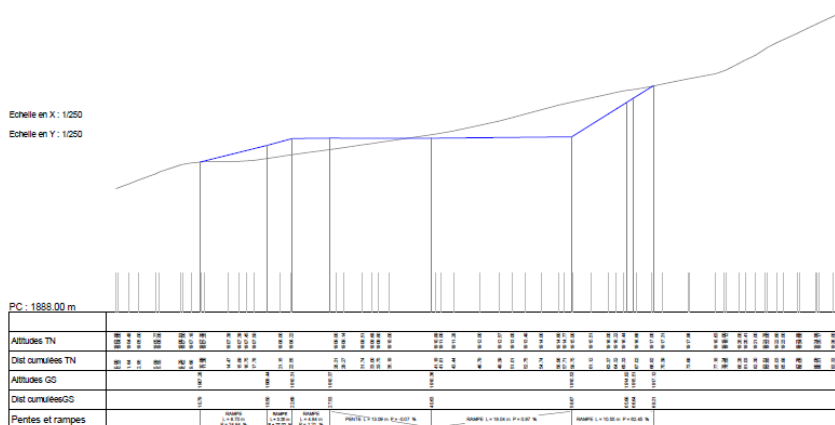
Profils en travers de la zone 9 : (sans échelle)

PISTE BERGERIE SECTEUR 2
PROFIL N°11

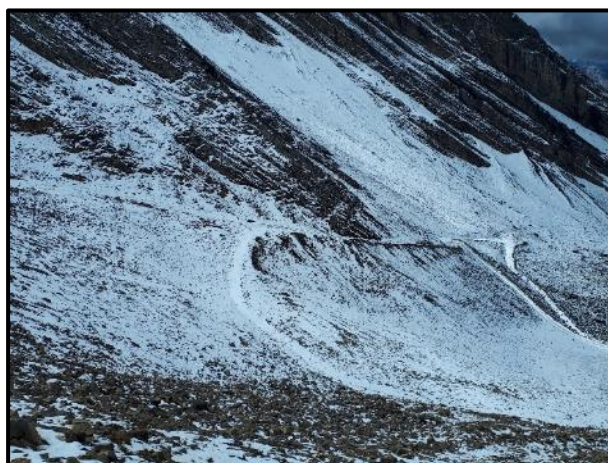
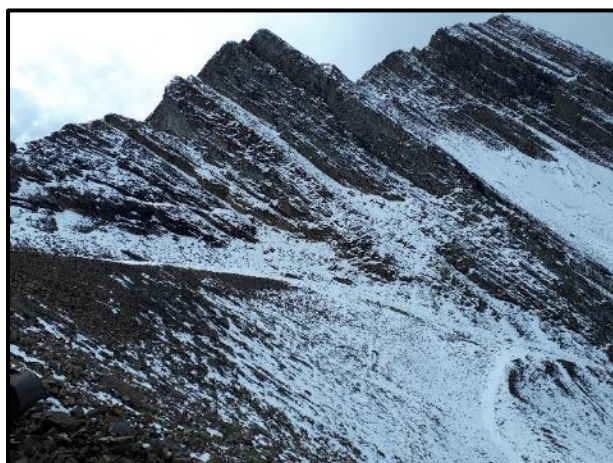


Profils en travers de la zone 10 : (sans échelle)

PISTE BERGERIE SECTEUR 3
PROFIL N°12



Aperçu général de la zone 1 :



Aperçu général de la zone 2 :



Aperçu général de la zone 3 :



Aperçu général de la zone 4 :



Aperçu général de la zone 5 :



Aperçu général de la zone 6 :



Aperçu général de la zone 7 :



Aperçu général de la zone 8 :



Aperçu général de la zone 9 :



Aperçu général de la zone 10 :



2.1.2 Z.I.G., risques potentiels et enjeux technico-économiques

(Zone d'influence géotechnique, NFP 94-500)

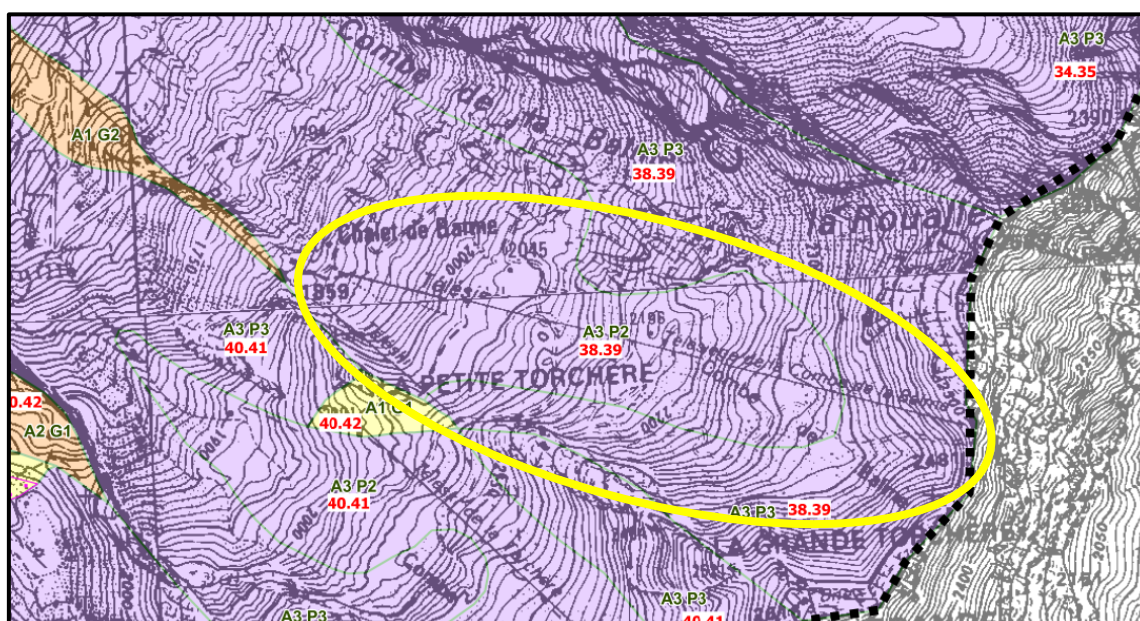
Volume du terrain au sein duquel il y a interaction entre l'ouvrage ou l'aménagement du terrain (du fait de sa réalisation et de son exploitation) et l'environnement (sols et ouvrages environnants).

Sa forme et son extension sont spécifiques à chaque site et chaque ouvrage.

Nous retiendrons :

- Versant de « La Combe de Balme » entièrement concerné par l'aléa avalanche et chute de pierre (degrés 3 : Fort), au sens du PPR en vigueur

Le maître d'ouvrage et l'équipe de maîtrise d'œuvre devront se référer au règlement applicable au site et à l'ouvrage en vigueur à la date du dépôt de PC ou de construction.



* source : <http://www.haute-savoie.gouv.fr> ©

- ZIG étendue mais limitée à l'emprise du projet, hors pylônes 2 & 3 actuels du TS « Col de Balme » au sein de l'emprise du projet d'amélioration de piste.
- TS « Bergerie » actuel et projet TSD « Col de Balme » en dehors de l'emprise du projet d'amélioration de piste.
- Réseaux importants dans l'emprise du projet, notamment en zone 10 (réseaux enneigeurs).
- Pollution : le diagnostic de qualité des sols ne relève pas de la mission confiée à Equaterre

2.1.3 Données sur les réseaux

La maîtrise d'œuvre devra s'assurer de la position et de la bonne adéquation des réseaux existants au fonctionnement futur de l'ouvrage (Obligation à partir du 1^{er} juillet 2012).

En particulier, les réseaux EP devront être parfaitement reconnus et étudiés dans le cas de drainage gravitaire des futures parties enterrées.

Les réseaux secs alimentés depuis l'amont devront faire l'objet d'un traitement approprié selon les règles de l'art.

<http://www.reseaux-et-canalisations.ineris.fr/> / <http://www.reseaux-et-canalisations.gouv.fr>

2.1.4 Sensibilité générale

(Sont développés dans ce chapitre les problèmes implicites liés à l'ouvrage et à la Z.I.G.)

- **Projet de grande étendue.**
- **Profils de terrassement en déblais/remblais.**
- **Réutilisation des matériaux du site envisagée.**

2.2 Les données du sol

2.2.1 Données générales

- Morphologie : **Forte pente irrégulière**

Le site s'inscrit au sein d'un versant orienté vers l'Ouest et de forte pente.

Lors de la visite du site, nous n'avons pas identifié d'indice traduisant un risque d'instabilité naturelle par fluage ou par glissement de grande ampleur

Cependant, les chutes de blocs sont importantes et se matérialisent par des pierriers en situation d'équilibre, notamment sur la moitié amont du versant.

Soulignons que la moitié aval du versant se trouve sur une pente raide et constante globalement herbeuse, à l'inverse de la moitié amont, qui se trouve sur des vastes pentes d'éboulis et sur le substratum rocheux.

Aperçu général du versant depuis le Col de Balme :



Aperçu général de la partie supérieure du versant :



Aperçu général de la partie intermédiaire du versant :



Aperçu général de la partie inférieure du versant :



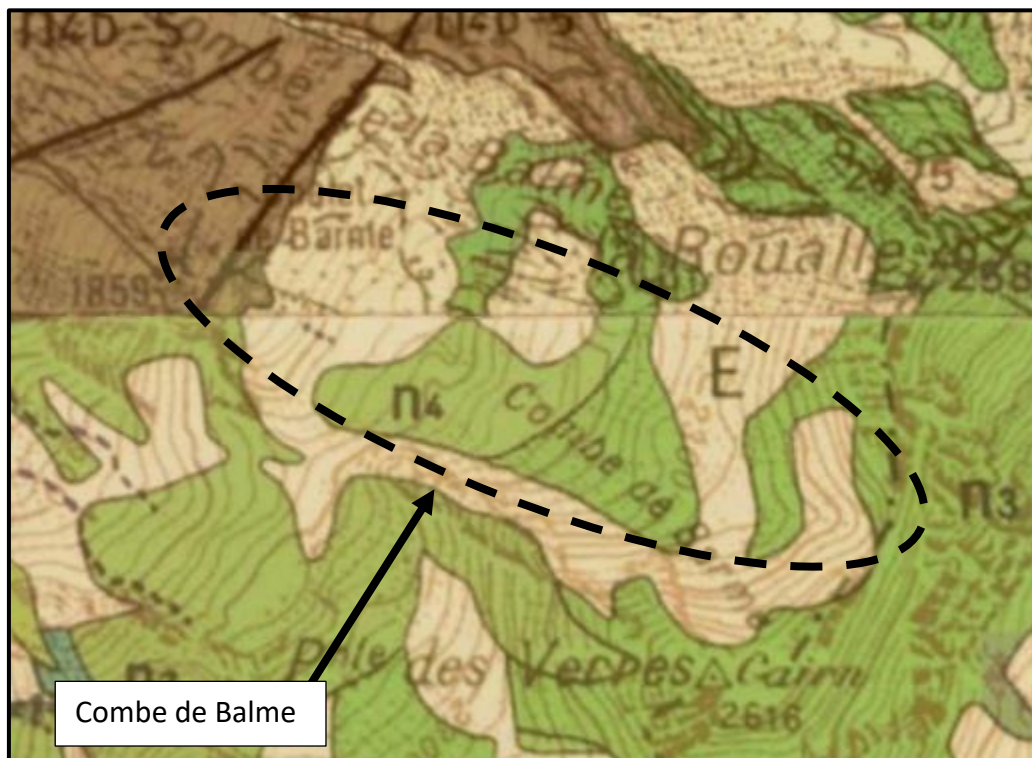
Aperçu général du versant depuis la fin de la piste « Blanchot », au niveau de la plateforme du Chalet de Barne :



[La typologie du site définit un domaine où la géologie correspond à une même logique de formation (grandes vallées alpines, bassins péri-alpins, versants...)]

- Contexte : **Plaquage d'éboulis et/ou moraine limoneuse à blocs en plaquage sur rocher type calcaire**

Il s'agit du type de dépôt principal rencontré sur ce site.



* Source : www.infoterre.fr © BRGM 2010

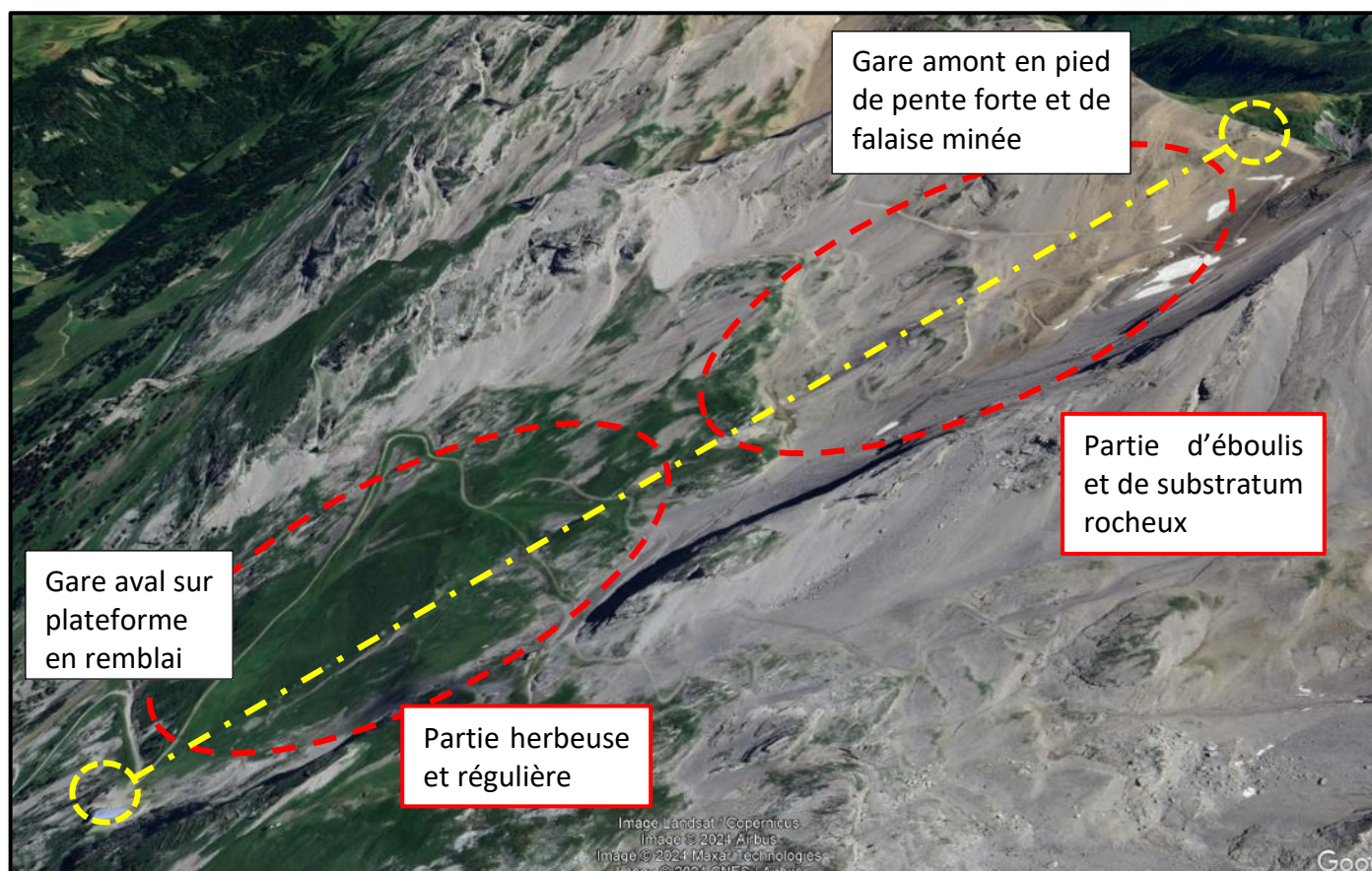
- Dominante : **éboulis à blocs et/ou limons graveleux à blocs sur substratum rocheux calcaire**

Il s'agit de la nature principale des matériaux rencontrés.

- Particularité :
 - Horizons de couverture à dominante limoneuse
 - Venues d'eau de versant à répartition aléatoire.
 - Alimentations en eau très variables dans le temps
 - Chute de compacité en profondeur
 - Sensibilité à l'eau et aux sollicitations mécaniques des matériaux limoneux et argileux
 - Matériaux de consolidation très variable selon teneur en eau.
 - Instabilité en présence d'eau.
 - Sur profondeurs rapides et importantes des horizons remarquables
 - Hétérogénéité de granulométrie à variation rapide
 - Pendages variables des bancs rocheux.
 - Remblais de la plateforme aval de consistance et nature très variable.
 - Blocs volumineux possibles
 - Substratum rocheux très compact en profondeur.

[Chaque ensemble typologie – contexte – dominante, amène un lot de spécificités géologiques représentatives des « problèmes » potentiels à intégrer dans la réflexion d'adaptation sol/structure.]

Aperçu général du versant :



Les levés d'affleurements montrent que le rocher est présent régulièrement en surface, notamment sur la moitié amont du versant, cependant ce dernier peut être masqué par plusieurs mètres d'éboulis.

Le rocher est globalement calcaire avec un pendage conforme à la pente générale du versant sur l'ensemble du tracé (entre 25° - 45°)

Aperçu du substratum rocheux affleurant et des éboulis en partie amont :



Aperçu de la transition en milieu de versant entre les parties d'éboulis amont et les parties herbeuse aval :



Aperçu des parties herbeuses avec la présence locale de partie d'éboulis en partie aval :



2.2.2 Géologie du site

[Ceci concerne le sol au droit du projet, mais également au droit de la ZIG : Il s'agit d'une interprétation la plus juste possible, déduite et interpolée à partir des sondages ponctuels. Seule la vision en « vraie grandeur », c'est à dire à l'ouverture peut garantir l'exactitude de l'organisation géologique. En effet, le sol est par définition discontinu et répond à des logiques de formation non purement mathématiques ou statistiques.]

Partie amont :

Le site est homogène en plan, constitué verticalement par :

- **Eboulis et blocs calcaires à cailloutis imbriqués** jusqu'à 0.5 à 2.5 m de profondeur/TN et au-delà.

NOTA : ces éboulis sont accompagnés d'une matrice limoneuse qui se rarifie jusqu'à disparaître à l'amont.

- **Substratum compact morainique et/ou rocheux** au-delà

Partie aval :

Le site est homogène en plan, constitué verticalement par :

- **Eboulis et blocs calcaires à cailloutis imbriqués** jusqu'à 0.5 à 2.5 m de profondeur/TN et au-delà.

NOTA : ces éboulis sont accompagnés d'une matrice limoneuse qui abonde à l'aval.

ET / OU

- **Limons caillouto-graveleux à blocs d'éboulis** jusqu'à 0.2 à 3.3 m de profondeur/TN et au-delà.

- **Substratum compact morainique et/ou rocheux** au-delà

Le rocher est de nature calcaire, découpé en bancs décimétrique à demi métrique avec un pendage conforme à la pente générale du versant incliné entre 30 et 40° en moyenne.

Aperçu du pendage des bancs rocheux :



[Pour les terrains plus en profondeur, les faciès ne sont le fait que d'une interprétation du géotechnicien basée sur les résultats des cuttings de sondages destructifs ou sur les résultats des autres essais, mais ne résultent en aucun cas d'une description visuelle contractuelle du matériau in-situ telle que celle pouvant être effectuée au droit de puits à la pelle mécanique ou à l'aide de sondages carottés (échantillons prélevés). Si la Maîtrise d'œuvre le souhaite de tels sondages visuels pourront être chiffrés et mis en œuvre lors d'une campagne d'investigations complémentaires.]

Pour plus de détail, la géologie du site, au droit des essais réalisés, est reportée dans le tableau récapitulatif joint en annexe.

2.2.3 L'eau souterraine

L'hydrogéologie du site se résume à des circulations de versant au sein des zones d'éboulis et des plaquages limoneux, par contraste de perméabilité avec le substratum rocheux, globalement imperméable.

Le réseau hydrographique superficiel est assez développé. Les eaux de ruissellement sont canalisées au sein des éboulis +/- limoneux et au toit du substratum rocheux.

Des circulations ont été recoupées en sondage, à partir de -0.2 à -2.7m de profondeur/TN et existent de manière pérenne durant le cycle hivernal et par période durant le cycle estival.

Nous avons identifié la présence d'une zone humide, se trouvant dans l'emprise du projet de pylône P10, à l'aval de la zone 3, en partie amont.

Cette zone humide est en réalité « un système de trop plein » naturel de l'accumulation des eaux de ruissellements venants de l'amont.

Pas de notion de Phe du fait de circulations de versant, avec exutoire gravitaire aval.

Toutefois, s'agissant de matériaux argileux / limoneux en partie aval, toute venue d'eau piégée en point bas non drainé, ne sera pas infiltrée, avec risque d'accumulation (effet piscine).

2.2.4 Caractéristiques mécaniques

Nous retiendrons :

- Une compacité moyenne des limons caillouto-graveleux à éboulis et blocs identifiés en partie aval jusqu'à 0.2 à 3.3m de profondeur/TN
- Une compacité moyenne des éboulis et blocs calcaire +/- limono-caillouteux identifiés en partie aval et amont
- Ailleurs et au-delà, une très bonne compacité du substratum rocheux : **cet horizon de référence est donc très difficilement rippable à partir de 0.2 à 2.1m de profondeur/TN.**

La détermination précise des conditions de remblais doit en toute rigueur faire l'objet d'une analyse en référence au GTR 92. Nous retiendrons les grandes lignes générales suivantes :

	Probabilité de réemploi	Classement GTR
Eboulis et blocs calcaires	Bonne après étalement de la granulométrie	VC2G3 (ancienne : C1B4)
Limons caillouto-graveleux à éboulis	Faible : matériaux très sensibles à l'eau sans squelette graveleux	F1 (ancienne : C1A1) à VC2I1 (ancienne : C1B5)
Substratum rocheux calcaire	Moyenne à bonne : sensible à l'eau et à l'action gel / dégel	R3 à R5

D'une manière générale, nous retiendrons que les matériaux limono caillouteux de la partie aval du site sont assez sensibles aux variations de teneur en eau et aux sollicitations mécaniques. **Ceci se traduit sur le terrain par une rapide décompression en cas d'exposition aux circulations d'eau souterraines et/ou aux intempéries et au trafic des engins.**

Les éboulis et le substratum rocheux présentent globalement une bonne aptitude à une réutilisation en remblai de piste.

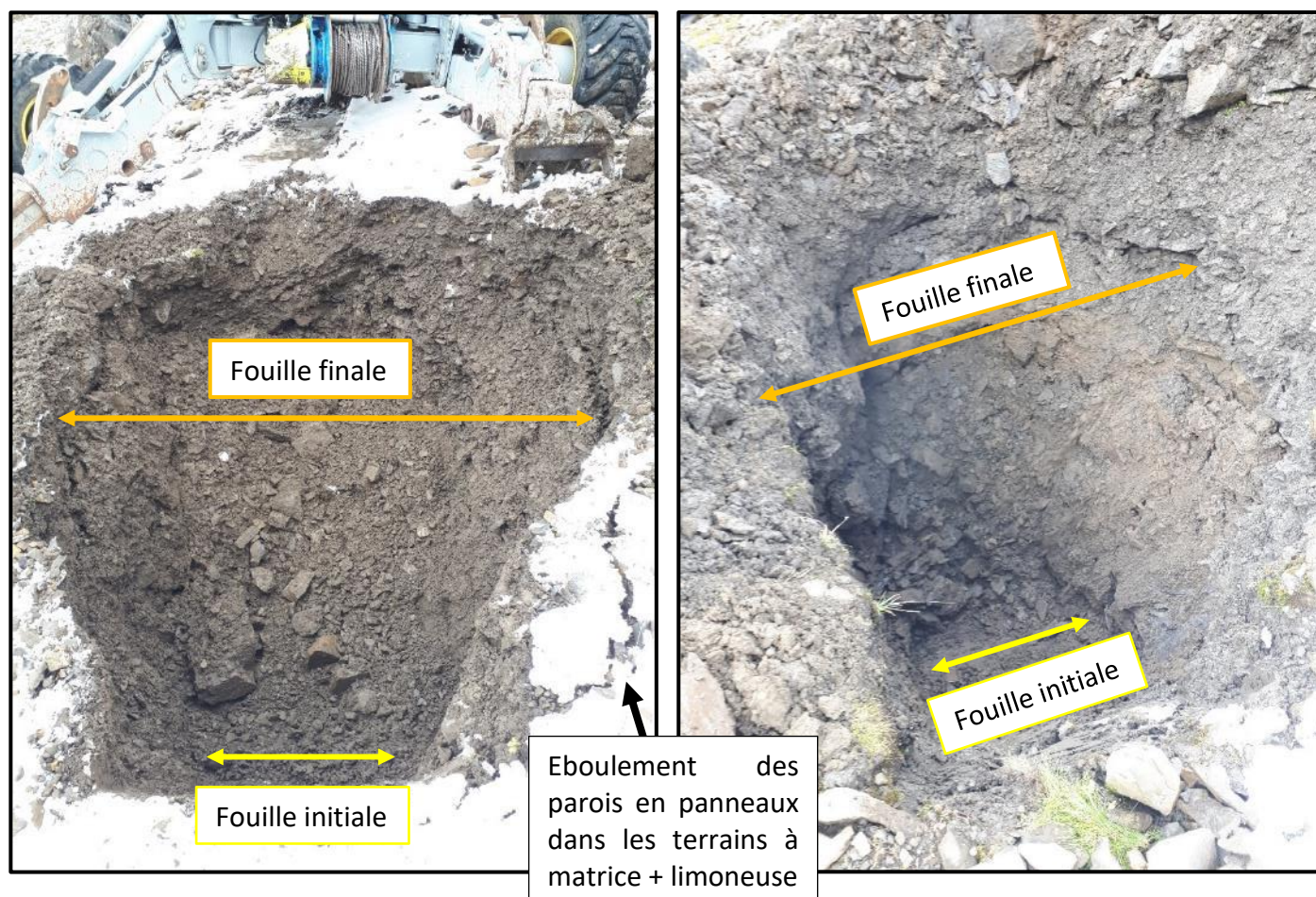
2.2.5 Stabilité

Les sondages à la pelle réalisés sur l'ensemble des pylônes, des gares et de la piste Blanchot montrent à l'échelle des parois verticales des puits à la pelle, une **très mauvaise tenue des parois** sur l'ensemble des matériaux de couverture, notamment concernant les éboulis et blocs calcaires.

De manière général, le rocher est

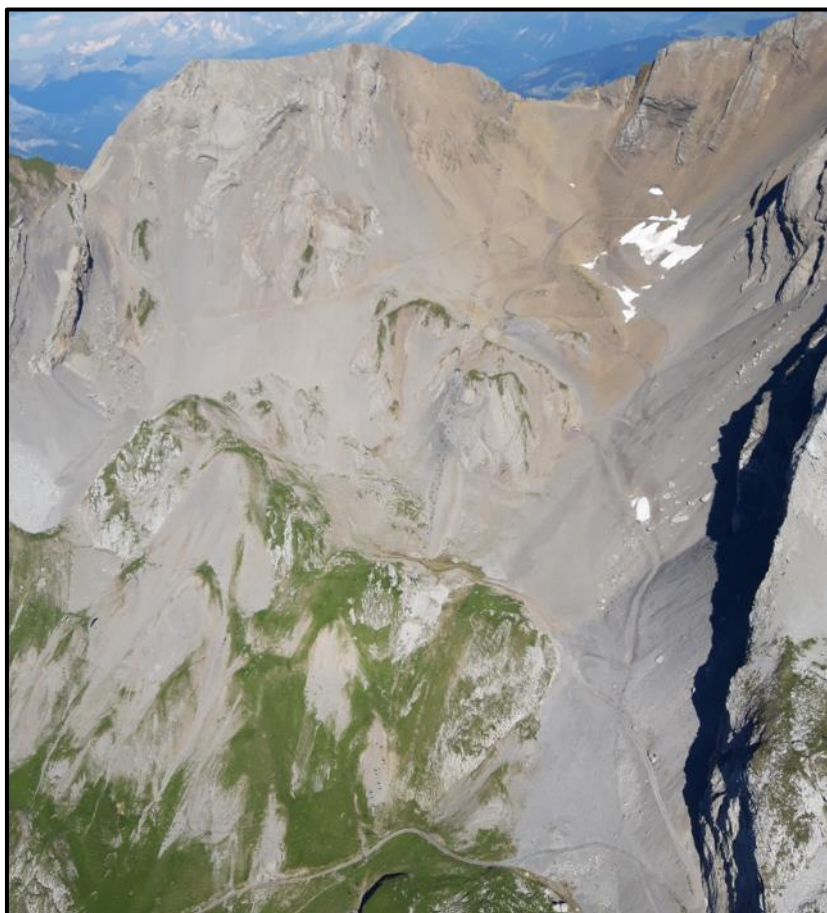
Il faudra anticiper, à l'échelle des terrassements :

- Des phénomènes d'instabilité des talus, pour des pentes supérieures à 3H/2V, en phase provisoire **et** définitive
- Des phénomènes de glissement banc sur banc dans le rocher stratifié
- **Un risque de glissement plan à l'interface couverture/substratum**
- **Un risque de glissement banc sur banc du rocher (pendage conforme à la pente du versant)**
- Une érosion rapide des talus sous l'action des agents climatiques et des venues d'eau.
- **Un élargissement non contrôlé des fouilles de type puits (hors-profil).**



D'une manière générale, le projet s'inscrit dans un versant rocheux dont la stratification et la fracturation favorise la production de blocs de 100 à 300 mm de diamètre.

Aperçu du versant et des nombreuses zones d'éboulis vifs :



Aperçu du rocher stratifié et fracturé en zone amont :



Le projet est donc exposé à un risque de chute de bloc, en particulier sur la partie amont du terrassement.

La falaise actuelle au niveau de la zone de débarquement est équipée de grillage antichute de bloc pour limiter l'aléa.



2.2.6 Sismicité du site

Nous retiendrons les éléments géotechniques suivants :

- Données règlementaires :

Normes et documents règlementaires pris en compte dans le présent rapport :

NF EN 1998-1, 1998-5 : Règles de l'Eurocode 8 (Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 5 : Fondations, soutènements et aspects géotechniques).

Zone de sismicité selon décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010

Zone de sismicité	Niveau d'aléa	a_{gr} (m/s ²)	Classes de sol	S (zones 1 à 4)	Catégorie d'importance	Coefficient d'importance γ_I
Zone 1	Très faible	0,4	A	1	I	0,8
Zone 2	Faible	0,7	B	1,35	II	1
Zone 3	Modéré	1,1	C	1,5	III	1,2
Zone 4	Moyen	1,6	D	1,6	IV	1,4
			E	1,8		

Influence du sol S_T

Coefficient d'importance γ_I

Classe de sol : A & B

Les matériaux du site, compte tenu de leur nature, de leur compacité et de leur saturation en eau ne sont pas classés dans les matériaux à caractère potentiellement liquéfiable.

Accélération nominale : $a_g = \gamma_1 \cdot S_T \cdot a_{gr}$

Les exigences sur le bâti neuf dépendent de la catégorie d'importance du bâtiment (à définir par le maître d'ouvrage et le bureau de contrôle) et de la zone de sismicité.

Caractérisation des classes de sol selon les Eurocodes 8

		Paramètres		
Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Vs,30 (m/s)	NSPT (bl/30cm)	Cu (Pa)
A	Rocher ou tout autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant.	> 800		
B	Dépôts raides de sable, de graviers ou d'argile surconsolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive de propriétés mécaniques avec la profondeur.	360-800	> 50	> 250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres.	180-360	15-50	70-250
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité des sols cohérents mous à fermes.	< 180	< 15	< 70
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de Vs de classes C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec Vs > 800 m/s			
S ₁	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé (PI > 40) et une teneur en eau importante	< 100 (indicative)		10-20
S ₂	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S ₁			

Vs,30 est la vitesse moyenne des ondes de cisaillement. Le site est classé suivant la valeur de Vs,30 si celle-ci est disponible, sinon, la valeur de NSPT sera utilisée. NSPT est le nombre de coups au pénétromètre dynamique SPT (Standard Penetration Test) ; Cu est la cohésion non drainée.

Pour tout complément, se reporter aux sites www.developpement-durable.gouv.fr - www.planseisme.fr et www.prim.net...

2.2.7 Sensibilité du sol

(Sont développés dans ce chapitre les problèmes implicites liés à ce type de terrain)

Points particuliers :

- Circulation d'eau à profondeur variable et intéressant le projet.
- Matériaux aval du site sensibles aux variations de teneur en eau et au remaniement par les engins.
- Substratum compact très difficilement rippable à la pelle mécanique dès 0.2 à 2.1m de profondeur/TN.
- Substratum rocheux découpé en banc décimétriques à métriques avec un pendage conforme à la pente générale du versant (risque de glissement banc sur banc)
- Rocher stratifié et fracturé favorisant l'aléa « chute de bloc »
- Pente d'éboulis en situation d'équilibre limite.

3. L'ADAPTATION AU SOL

3.1 Interaction Sol/Structure

De ce qui précède, il découle les incidences géotechniques suivantes :

SOL	STRUCTURE
<ul style="list-style-type: none"> • Circulation d'eau à profondeur variable et intéressant le projet. • Matériaux aval du site sensibles aux variations de teneur en eau et au remaniement par les engins. • Substratum compact très difficilement rippable à la pelle mécanique dès 0.2 à 2.1m de profondeur/TN. • Substratum rocheux découpé en banc décimétriques à métriques avec un pendage conforme à la pente générale du versant (risque de glissement banc sur banc) • Rocher stratifié et fracturé favorisant l'aléa « chute de bloc » • Pente d'éboulis en situation d'équilibre limite. 	<ul style="list-style-type: none"> • Projet de grande étendue. • Profils de terrassement en déblais/remblais. • Réutilisation des matériaux du site envisagée.

Domaine d'application	Aléa	Principaux Enjeux (vulnérabilité)	Risque	Niveau de risque (Aléa X Enjeux)
Eau	Circulations de versant Ruissellement	Talus de déblai/remblai	Erosion des talus	3
Terrassement	Glissement banc sur banc Chute de blocs. Pointements rocheux difficilement rippables	Talus de déblai Aménagements de plateforme Ouvrages de GC	Dommages corporels Déstabilisation des pentes amont avec fort recul Arrêt de chantier Utilisation d'outils de terrassement puissants de type BRH	4
Fondations	Hétérogénéité du sol support au niveau de l'arase Sur profondeur du sol de fondation	Mouvement de terre en remblais	Instabilité des assises de remblais Purges au niveau des plateformes d'accroche	3

	Sols sensibles aux variations de teneur en eau			
--	--	--	--	--

Codes (estimations Equaterre) :

1 – Non identifié	2 - Possible	3 - Probable	4 – Très probable	5 - Certain
-------------------	--------------	--------------	-------------------	-------------



Sont indiqués ici les principes constructifs par catégories d'enjeux identifiés, afin de gérer les risques correspondants

INCIDENCES GEOTECHNIQUES

- Adoucir les talus de déblais à 3H/2V dans la couverture meuble et les éboulis sans matrice pour limiter l'impact du ravinement
- Adapter la pente des talus de déblai rocheux à l'inclinaison des couches ou prévoir un épinglage des bancs en situation de perte de butée de pied
- Prévoir la mise en œuvre d'éperons drainants en blocs d'enrochement au droit des plus fortes venues d'eau recoupée en terrassement
- Mise en œuvre de dispositif pour le traitement de chute de bloc dès la phase de terrassement (grillage + épinglage et pièges à blocs).
- Solliciter l'assise compacte rocheuse ou morainique pour fonder les remblais de hauteurs importante (> 5.0m)
- Drainage des écoulements de versant en sous face de remblais avec l'utilisation de matériaux drainants
- Utilisation d'outils de terrassement puissants (minage + BRH) à partir de 2.0m de profondeur/TN en moyenne.

3.2 Orientations préalables

Les contraintes géotechniques principales du site sont :

- **Circulation d'eau à profondeur variable et intéressant le projet.**
- **Matériaux aval du site sensibles aux variations de teneur en eau et au remaniement par les engins.**
- **Substratum compact très difficilement rippable à la pelle mécanique dès 0.2 à 2.1m de profondeur/TN.**
- **Substratum rocheux découpé en banc décimétriques à métriques avec un pendage conforme à la pente générale du versant (risque de glissement banc sur banc)**
- **Rocher stratifié et fracturé favorisant l'aléa « chute de bloc »**
- **Pente d'éboulis en situation d'équilibre limite.**

Ces contraintes sont en interférences avec les caractéristiques du projet suivantes :

- **Projet de grande étendue.**
- **Profils de terrassement en déblais/remblais.**
- **Réutilisation des matériaux du site envisagée.**

De ce qui précède il apparaît que les dispositions constructives principales seront liées à l'utilisation d'outils de terrassements puissants type minage ou BRH à partir de 0.2m à 2.1m de profondeur/TN ainsi que la réalisation de remblais par temps secs sur les plateformes d'accroche drainantes

Pour limiter le risque de glissement bancs sur bancs des talus de la zone amont orientés vers l'Ouest, il faudra prévoir d'adoucir les talus une pente de l'ordre de 33° (3H/2V) compte tenu du pendage conforme des bancs rocheux.

Dans le cas contraire, la mise en œuvre de technique d'épinglage sera nécessaire pour compenser la perte de butée des bancs rocheux.

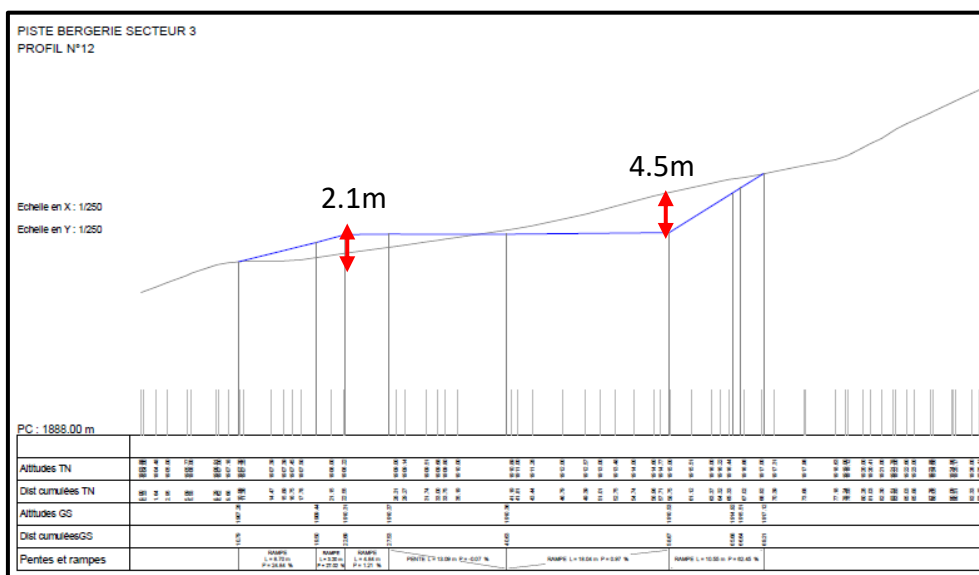
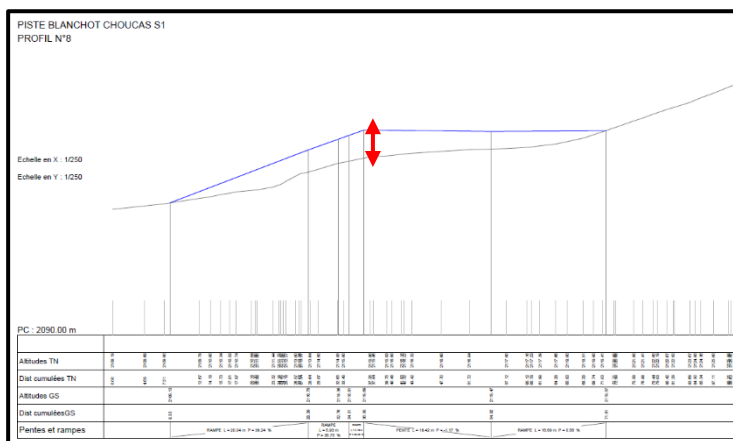
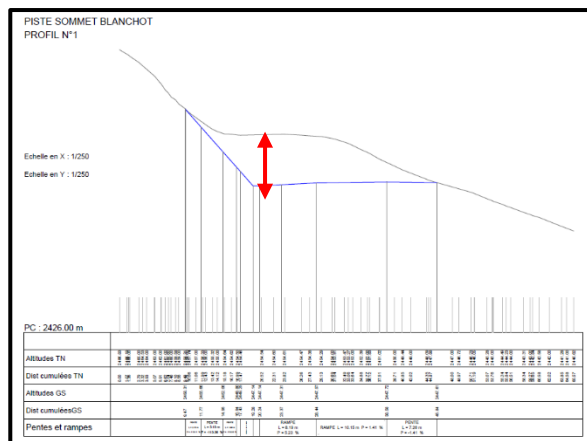
D'une manière plus générale, toutes mesures devront être prises pour limiter l'impact de l'aléa « chute de bloc » dès la phase de terrassement.

En effet, le projet d'inscrit dans un versant rocheux dont la stratification et la fracturation favorise la production de blocs de 300 à 400 mm de diamètre.

Les différents principes d'adaptation au sol envisagés ou envisageables sont développés ci-après avec la prise en compte des risques et limites qui y sont liés.

3.3 Terrassements généraux et soutènements

Le projet nécessite des travaux de terrassements définitifs en déblais/remblais de 2.0 à 7.4m de hauteur environ pour l'ensemble du versant.



3.3.2 Rappel des conditions prévisibles de réutilisation technique des matériaux.

La détermination précise des conditions de remblais doit en toute rigueur faire l'objet d'une analyse en référence au GTR 92. Nous retiendrons les grandes lignes générales suivantes :

	Probabilité de réemploi	Classement GTR
Eboulis et blocs calcaire	Bonne après étalement de la granulométrie	VC2G3 (ancienne : C1B4)
Limons caillouteux-graveleux à éboulis	Faible à moyenne : matériaux très sensibles à l'eau sans squelette graveleux	F1 (ancienne : C1A1) à VC2I1 (ancienne : C1B5)
Substratum rocheux calcaire	Moyenne : sensible à l'eau et à l'action gel / dégel	R3 à R5

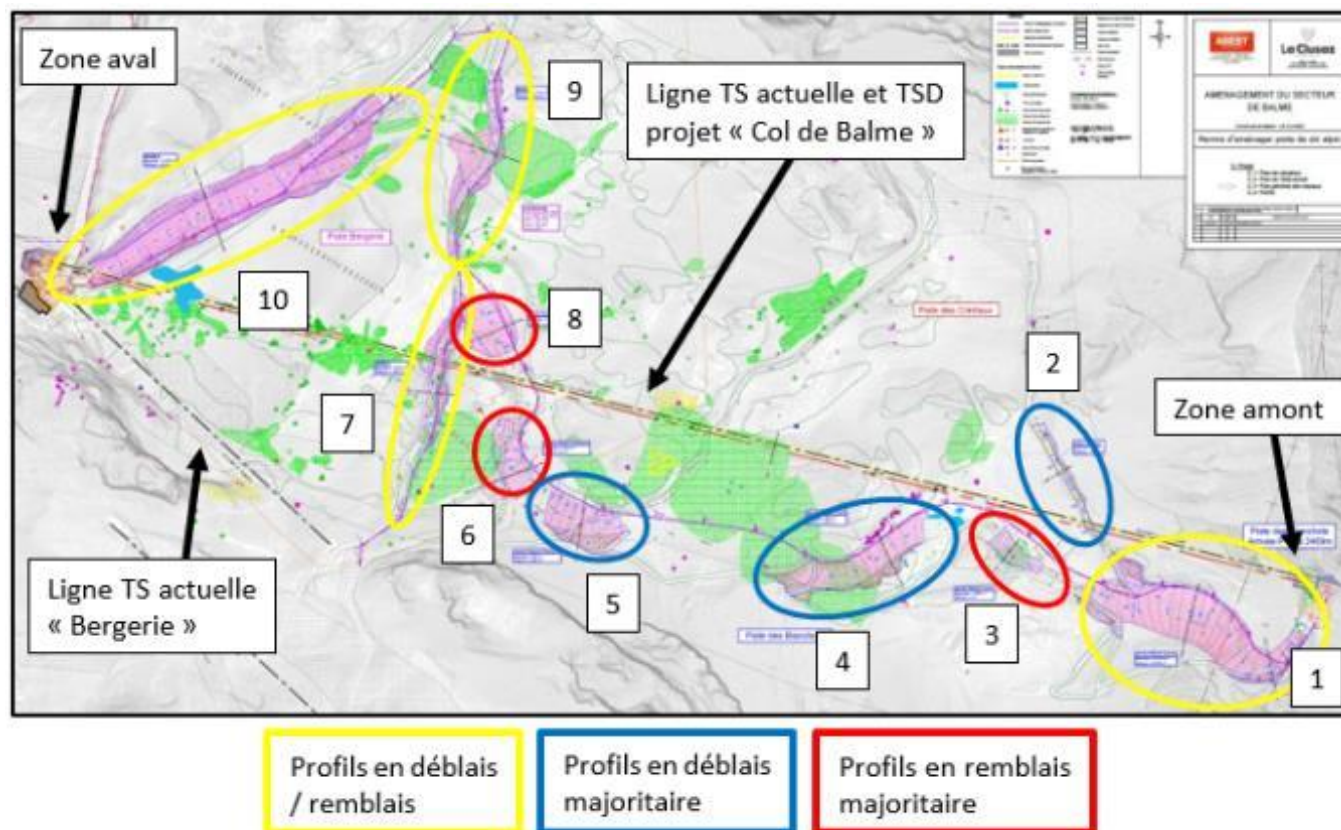
D'une manière générale, nous retiendrons que les matériaux limono caillouteux de la partie aval du site sont assez sensibles aux variations de teneur en eau et aux sollicitations mécaniques. **Ceci se traduit sur le terrain par une rapide décompression en cas d'exposition aux circulations d'eau souterraines et/ou aux intempéries et au trafic des engins.**

Les éboulis et le substratum rocheux présentent globalement une bonne aptitude à une réutilisation en remblai de piste.

3.3.3 Méthodologie générale

Pour rappel, le projet consiste en la réalisation de terrassement de la « Piste Blanchot » et de la piste « Bergerie » dans l'optique d'améliorer les largeurs et les profils actuels

Les profils des terrassements se trouvent majoritairement en déblais/remblais selon le plan de projet suivant :



3.3.3.1 Zone 1 à 4 :

- Il faudra prévoir la mise en œuvre de petits masques en enrochement dans les zones de plus fortes venues d'eau, avec cunettes de pied de talus et évacuation périphérique
- **Prévoir une pelle mécanique puissante munie d'un BRH et d'une dent ripper pour terrasser au sein du substratum rocheux affleurant et au-delà.** Une augmentation du rendement des terrassements pourra être obtenue à l'aide d'explosif en l'absence d'existant proche.
- **Prévoir la mise en œuvre de plates-formes d'accroche drainées de 5.0m de largeur sous la zone de remblai.** Le drainage pourra être réalisé à partir de tranchées drainantes avec les matériaux rocheux de couverture type éboulis bruts et le rocher calcaire présent dans les zones de déblai de la partie amont de la Combe de Balme (zone de sondage S1, S2, S7, S13, S14 et S16 ou le substratum calcaire est identifié à partir de 0.5 à 2.3m de profondeur/TN)

- **Les remblais de plus de 5.0m de hauteur seront ancrés sur le substratum compact du site** par l'intermédiaire de barrettes en petits blocs d'enrochement (purgé partielle sous les plates-formes d'accroches).
- **Les talus de remblais ne devront pas excéder une pente de 3H/2V (33°/horizontale).** Ces talus seront impérativement mis en œuvre par temps sec avec un compactage des matériaux en mode vibrant par couches minces
- **Les talus de déblais définitifs seront imprimés d'une pente maximum de l'ordre de 3H/2V environ pour limiter le risque de glissement bancs sur bancs des terrassements orientés vers l'Ouest.**

Dans le cas contraire, il faudra prévoir en la mise en œuvre d'un épinglage des talus pour stabiliser les bancs rocheux en situation de défaut de butée de pied.

Au stade actuel de l'étude, **le clouage des bancs rocheux devra être prévu dans la zone du profil n°1.**

Au niveau du profil n°5, la pente devrait pouvoir être optimisée à 1/1.

La conception et les zones d'application de ces confortements devront être discutées avec la maîtrise d'œuvre.

3.3.3.2 Zone 5 à 6 :

- Il faudra prévoir la mise en œuvre de petits masques en enrochement dans les zones de plus fortes venues d'eau, avec cunettes de pied de talus et évacuation périphérique
- **Prévoir une pelle mécanique puissante munie d'un BRH et d'une dent ripper pour terrasser au sein du substratum rocheux affleurant et au-delà.** Une augmentation du rendement des terrassements pourra être obtenue à l'aide d'explosif en l'absence d'existant proche.
- **Prévoir la mise en œuvre de plates-formes d'accroche drainées de 5.0m de largeur sous la zone de remblai.** Le drainage pourra être réalisé à partir de tranchées drainantes avec les matériaux rocheux de couverture type éboulis bruts et le rocher calcaire présent dans les zones de déblai de la partie amont de la Combe de Balme (zone de sondage S18, S20 et S22 ou le substratum calcaire n'a pas été identifié jusqu'à 2.5m de profondeur/TN)

NOTA : les éboulis bruts de cette partie intermédiaire du versant, présentent localement une part de fine plus importante. Leur mise en œuvre en remblai nécessite une intervention par temps sec pour limiter l'exposition des matériaux à un risque variations de teneur en eau. Il faudra également prévoir une mise en œuvre en remblai à l'avancement de l'extraction dans les zones en déblai (limiter les stock tampon avec exposition des matériaux aux intempéries)

- **Les remblais seront ancrés sur le substratum compact du site** par l'intermédiaire de barrettes en petits blocs d'enrochement (purgé partielle sous les plates-formes d'accroches).

- **Les talus de remblais ne devront pas excéder une pente de 3H/2V (33°/horizontale).** Ces talus seront impérativement mis en œuvre par temps sec avec un compactage des matériaux en mode vibrant par couches minces
- **Les talus de déblais définitifs seront imprimés d'une pente maximum de l'ordre de 3H/2V environ pour limiter le risque d'instabilité dans les éboulis.**

Dans la pratique, il s'agira de prolonger les pentes existantes avec la même inclinaison.

La conception et les zones d'application de ces confortements devront être discutées avec la maîtrise d'œuvre.

3.3.3.3 Zone 7 à 10 :

- Il faudra prévoir la mise en œuvre de petits masques en enrochement dans les zones de plus fortes venues d'eau, avec cunettes de pied de talus et évacuation périphérique
- **Prévoir une pelle mécanique puissante munie d'un BRH et d'une dent ripper pour terrasser au sein du substratum rocheux affleurant et au-delà.** Une augmentation du rendement des terrassements pourra être obtenue à l'aide d'explosif en l'absence d'existant proche.
- **Prévoir la mise en œuvre de plates-formes d'accroche drainées de 5.0m de largeur sous la zone de remblai.** Le drainage devra être réalisé à partir de tranchées drainantes **avec des matériaux de type graves non traités ou équivalent et devra être compacté par couche mince.**

NOTA : les limons caillouto-graveleux à blocs d'éboulis présents sur l'ensemble de la partie aval du versant, présentent une forte sensibilité à l'eau. Leur mise en œuvre en remblai nécessite une intervention par temps sec pour limiter l'exposition des matériaux à un risque variations de teneur en eau. Il faudra également prévoir une mise en œuvre en remblai à l'avancement de l'extraction dans les zones en déblai (limiter les stock tampon avec exposition des matériaux aux intempéries)

- **Les remblais seront ancrés sur le substratum compact du site** par l'intermédiaire de barrettes en petits blocs d'enrochement (purge partielle sous les plates-formes d'accroches).
- **Les talus de remblais ne devront pas excéder une pente de 3H/2V (33°/horizontale).** Ces talus seront impérativement mis en œuvre par temps sec avec un compactage des matériaux en mode vibrant par couches minces
- **Les talus de déblais définitifs seront imprimés d'une pente maximum de l'ordre de 3H/2V environ pour limiter le risque de glissement bancs sur bancs des terrassements orientés vers l'Ouest.**

Au stade actuel de l'étude, les talus de déblai sont redressés à 1/1 au droit profils n°9 et 11. Il faudra prévoir en la mise en œuvre d'un épinglage des talus pour stabiliser les bancs rocheux en situation de défaut de butée de pied.

La conception et les zones d'application de ces confortements devront être discutées avec la maîtrise d'œuvre.

La conception des ouvrages géotechnique et leur supervision lors de l'exécution relèvent d'une mission spécifique de type G2PRO/G4.

3.3.4 Gestion de l'aléa chute de bloc

Le projet s'inscrit dans un versant rocheux avec une absence totale de couverture végétale dans sa partie supérieure. En effet, située à une altitude supérieure à 2000 m, les travaux de terrassement seront entrepris dans un environnement minéral de l'étage alpin.

Le plan de prévention des risques naturels de la commune classe la zone en aléa moyen à fort de chute de blocs. Sur le terrain cet aléa se traduit par le développement de vaste zone d'éboulis vifs.

Soulignons cependant que le tracé du projet reprend le tracé de la piste actuelle.

Aperçu de la partie supérieure du tracé :

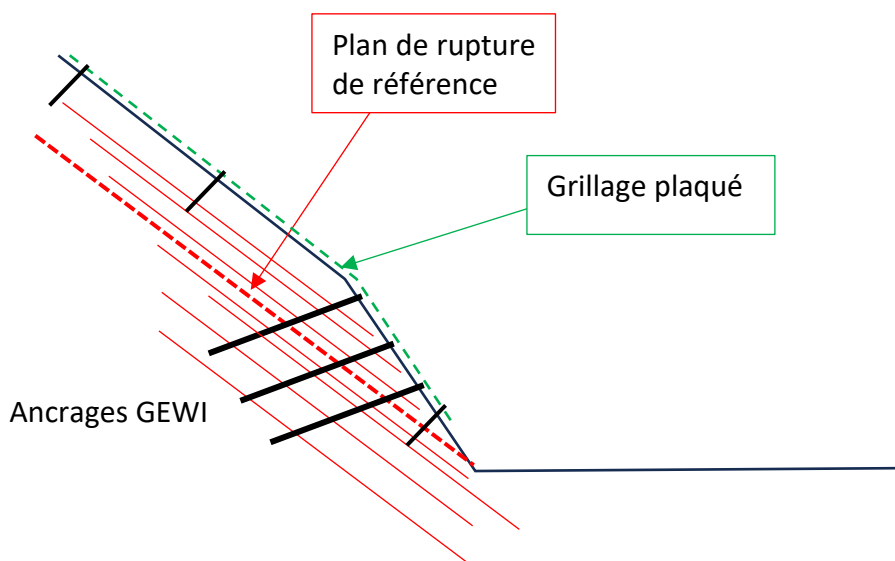


Dans ces conditions, le projet n'expose pas d'avantage les populations à l'aléa chute de blocs.

Dans l'optique de ne pas aggraver les risques et de ne pas en provoquer de nouveaux dans le cadre des travaux de terrassement, il conviendra de respecter les dispositions constructives suivantes :

- Adoucir si possible les talus rocheux orientés principalement vers l'ouest à une pente équivalente au pendage des bancs pour limiter le risque de glissement banc sur banc (cf. méthodologie générale des terrassement).
- Prévoir un épinglage des bancs rocheux en situation de perte de butée. L'épinglage sera réalisé avec des ancrages métallique de type GEWI 28 mm avec un scellement au-delà du plan de rupture référence. Le maillage des clous sera adapté à la rugosité des bancs et aux masses engagées
- Sur les rampants de talus rocheux, prévoir la pose d'un grillage antichute de blocs double torsadé sur les talus rocheux avec un maillage adapté à la granulométrie des blocs produit par l'action des agents climatique. D'après la granulométrie des éboulis visibles sur le site, une maille de 60 x 80 mm semble bien adaptée

Schéma de principe :



Exemple de chute de blocs liée à l'érosion des talus de la piste actuelle :



Au niveau de la gare d'arrivée du TSD et de la plateforme de débarquement, il faudra prévoir une protection de la falaise l'aide d'un prolongement du dispositif existant.

Etat des lieux : grillage cloué



Dans l'optique de limiter le risque de chute de bloc lié aux terrassements généraux de la plateforme de débarquement, nous recommandons également la mise en œuvre de dispositif de protection dans le versant Sud de col de Balme.

On pourra s'orienter vers la pose de barrières ancrées dans la pente en contre des terrassements



Localisation des barrières ancrées :

La conception des ouvrages géotechniques et leur supervision lors de l'exécution relèvent d'une mission spécifique de type G2PRO/G4.

4. REMARQUES GENERALES

4.1 Limites de l'étude

La présente mission G2 - AVP - (Norme NFP 94-500) n'aborde pas les points suivants :

- La géométrie des fondations.
- Les délais, planning, quantités et coûts d'exécution.
- Les consultations d'entreprise, l'analyse des offres, la signature des marchés...
- Le dimensionnement des ouvrages géotechniques.
- Le suivi d'exécution et la participation à la réception des travaux.

Ces aspects du projet, relevant du domaine de la conception, nécessitent la réalisation de missions de maîtrise d'œuvre géotechnique de type G2-G3-G4 (Investigations géotechniques), au sens de la norme NFP 94-500. (Cf. Extrait en annexe)

Nota : En l'absence d'une mission G4 (suivi d'exécution) au minimum, les comptes rendus de chantier adressés par la maîtrise d'œuvre seront considérés comme non lus et ne nous seront de ce fait, pas opposables.

4.2 Définition normalisée de la présente mission

(Cf. Extrait en annexe)

4.3 Autre(s) remarque(s)

La présente étude a été menée selon l'état du projet porté à notre connaissance au jour de l'intervention. Toute modification devra nous être soumise pour avis, afin de contrôler si ces modifications ne remettent pas en cause tout ou partie des conclusions de ce rapport (mission complémentaire éventuelle), car l'adaptation au sol d'un projet, est fonction de la nature du terrain, mais également de la nature de ce qui est construit. Nous ne sommes en aucun cas responsables de l'utilisation frauduleuse de la présente étude pour tout autre projet.

A EPAGNY METZ-TESSY, le 20/12/2024
Pour EQUATERRE SUD EST

Le président
S. MOILLE

L'Ingénieur,
R. CALDI



Siège Social : EQUATERRE SUD EST - 23 A - Les Pléiades - Park Nord – 74370 Epagny Metz-Tessy

☎ 04 50 88 14 36 - Mail : agence@equaterre-sudest.fr

Agence Isère : Centre d'Affaires Le Concorde 24 Rue Lamartine – 38320 EYBENS ☎ 04.56.38.13.32 / 📠 04.56.38.13.33

SAS EQUATERRE sud est, au capital de 50 000 Euros / R.C.S Annecy n° 518 674 023 - APE 7112 B

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

(Sans échelle)

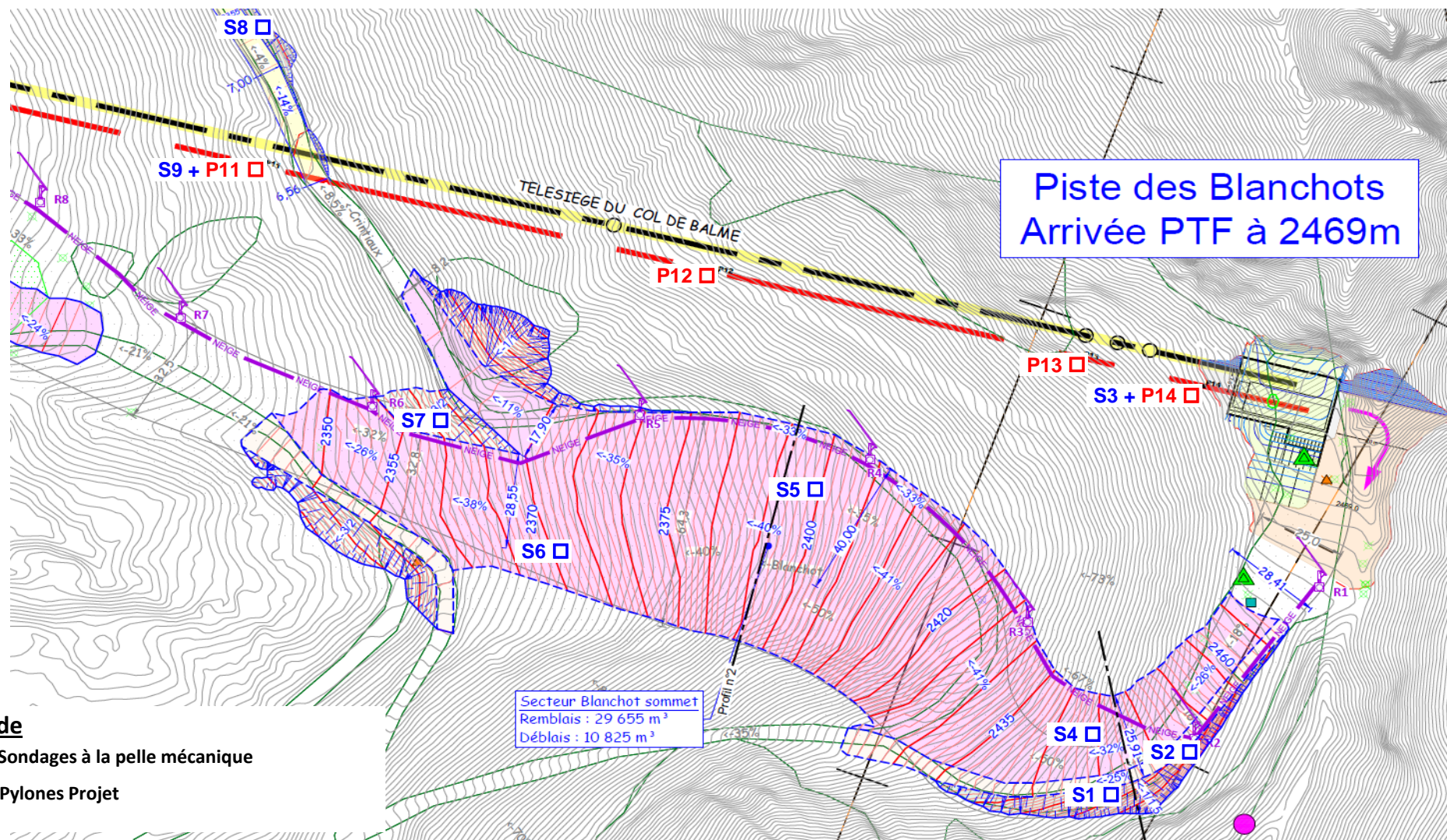
Site : La Clusaz

Affaire : 2205054

Projet : TSD Balme + Piste Blanchots

Date : 01/10/2024

1/6



<div> <div>EQUATERRE</div> <div> <div>SUD EST</div> <div>BUREAU D'ETUDE</div> <div>GEOTECHNIQUE</div> </div> </div>	<div> <div>TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS DE SOL</div> <div> Rappel: Il s'agit ici d'un tableau factuel, c'est-à-dire qui retranscrit les observations sans interprétation. Par exemple: venue d'eau à x m , exprime une profondeur d'arrivée, sans préjuger de sa nature (nappe, saturation, venues d'eau ponctuelles, chenal, etc...). L'interprétation est, elle, exprimée dans le corps du rapport. </div> </div>	Site :	La Clusaz
		Affaire :	2205054
		Projet :	TSD Balme + Piste Blanco
		Date :	01/10/2024

		COUPES DES SONDAGES											Profondeur (en m/TN) de la base de chaque faciès géologique reconnu (et non pas épaisseur) et cote NGF (en italique)	
		PELLE MECANIQUE + PYLONES											Stabilité parois	REMARQUES
		S1	S2	S3 - P14	P13	P12	S4	S5	S6	S7	S8	S9 - P11		
		0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN		
<div> <div>Exemple Sondage S7</div> <div> <div>0 m/TN</div> <div>-2,3m/TN</div> <div>-</div> <div>>-2,5m/TN</div> </div> </div>	Coupe géologique	Altitude sondages ➡	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
	Eboulis et blocs calcaire à cailloutis imbriqués	>-1,4 <i>Blocs</i>	-1,0 <i>99,0</i>	>-1,6 <i>Eboulement + Cable P16</i>	-1,5 <i>98,5</i>	-	>-1,5 <i>Eboulement</i>	>-2,5 <i>Eboulement</i>	>-1,8 <i>Eboulement</i>	-2,3 <i>97,7</i>	>-2,5 <i>Eboulement</i>	-0,5 <i>99,5</i>	Très mauvaise, éboulement immédiat, avec ovalisation de la fouille importante	Blocs calcaire de > 0,5m à 1,5m Légerement plus limoneux au droit de S3, S4, S5, S6, S17 et S8 Echantillon S6 à -0,6m/TN
	Limons caillouto-graveleux à éboulis et blocs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mauvaise, éboulement des parois rapides avec hors profil important	
	Remblais limono-caillouto-graveleux	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mauvaise, éboulement des parois rapides avec hors profil important	
	Substratum rocheux calcaire	-	>-1,4 <i>Substratum</i>	-	>-1,5 ? <i>Substratum</i>	0,0 <i>Substratum affleurant</i>	-	-	-	>-2,5 <i>Substratum</i>	-	>-0,6 <i>Substratum</i>	Bonne, rocher franc compact	Substratum calcaire, avec un pendage compris entre 25 - 45° conforme à la pente sur l'ensemble du massif
	Eau souterraine													

Légende :
Pour chaque sondage, les valeurs soulignées (et cote correspondante) indiquent la profondeur du toit de l'horizon de fondation en m/TN (hors notion d'ancrage ou de mises hors gel).

Nota : Les éléments en *gras italique* correspondent à la cause du refus rencontré à la pelle mécanique ou à la cote de la base de l'horizon rencontré

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

(Sans échelle)

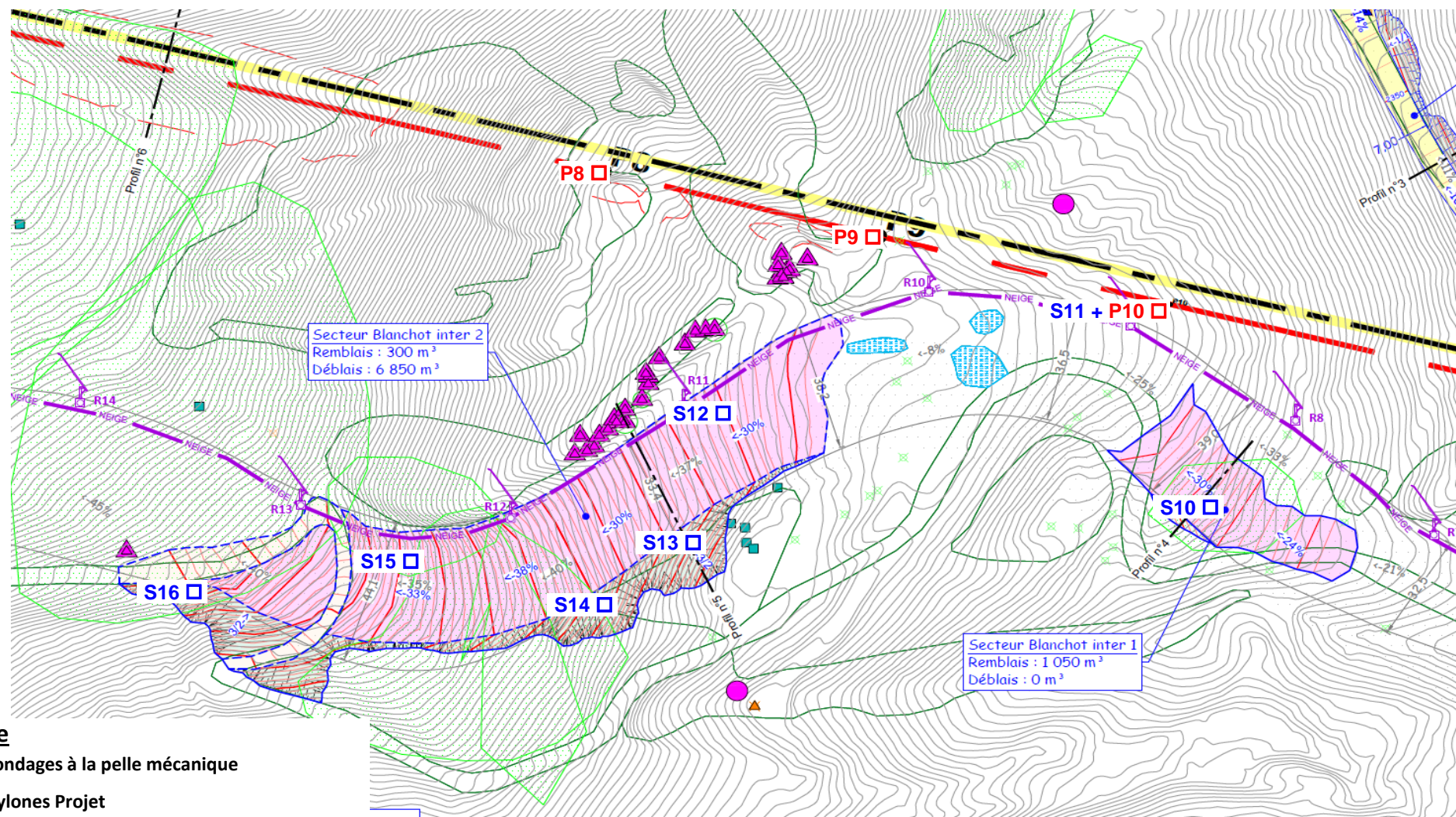
Site : La Clusaz


Affaire : 2205054

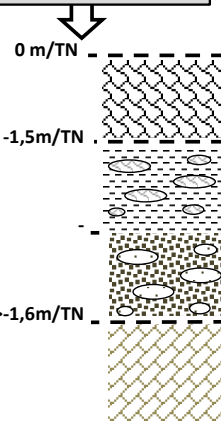
Projet : TSD Balme + Piste Blanchots

Date : 01/10/2024

2/6



	TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS DE SOL Rappel: Il s'agit ici d'un tableau factuel, c'est-à-dire qui retranscrit les observations sans interprétation. Par exemple: venue d'eau à x m , exprime une profondeur d'arrivée, sans préjuger de sa nature (nappe, saturation, venues d'eau ponctuelles, chenal, etc...). L'interprétation est, elle, exprimée dans le corps du rapport.										Site :	La Clusaz
											Affaire :	2205054
											Projet :	TSD Balme + Piste Blanchot
											Date :	01/10/2024

		COUPES DES SONDAGES									Profondeur (en m/TN) de la base de chaque faciès géologique reconnu (et non pas épaisseur) et cote NGF (en italique)		
		PELLE MECANIQUE + PYLONES											
<div>Exemple Sondage S15</div> <div></div>	Coupe géologique	S10	S11 - P10	P9	P8	S12	S13	S14	S15	S16	Stabilité parois	REMARQUES	
		0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN			0/TN
	Altitude sondages ⇒		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
	0 m/TN	Eboulis et blocs calcaire à cailloutis imbriqués	-1,4 98,6	>2,7 Eboulement	-	-	-1,0 99,0	-0,5 99,5	-1,9 98,1	-1,5 98,5	-1,9 98,1	Très mauvaise, éboulement immédiat, avec ovalisation de la fouille importante	Blocs calcaire de > 0,5m à 1,5m Plus limoneux au droit de S10, S11, S12, S13, S14, S15
	-1,5m/TN	Limons caillouto-graveleux à éboulis et blocs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mauvaise, éboulement des parois rapides avec hors profil important	
-	Remblais limono-caillouto-graveleux	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mauvaise, éboulement des parois rapides avec hors profil important		
>-1,6m/TN	Substratum rocheux calcaire	>-1,7 Substratum		0,0 Substratum affleurant	0,0 Substratum affleurant	>-1,1 Substratum	-0,6 Substratum	>-2,1 Substratum	>-1,6 Substratum	>-1,9 Substratum ou bloc	Bonne, rocher franc compact	Substratum calcaire, avec un pendage compris entre 25 - 45° conforme à la pente sur l'ensemble du massif	
	Eau souterraine		-0,7 Sous-eau					-1,9 Circulation		-0,2 Circulation			

Légende :
 Pour chaque sondage, les valeurs soulignées (et cote correspondante) indiquent la profondeur du toit de l'horizon de fondation en m/TN (hors notion d'ancrage ou de mises hors gel).

Nota : Les éléments en *gras italique* correspondent à la cause du refus rencontré à la pelle mécanique ou à la cote de la base de l'horizon rencontré

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

(Sans échelle)

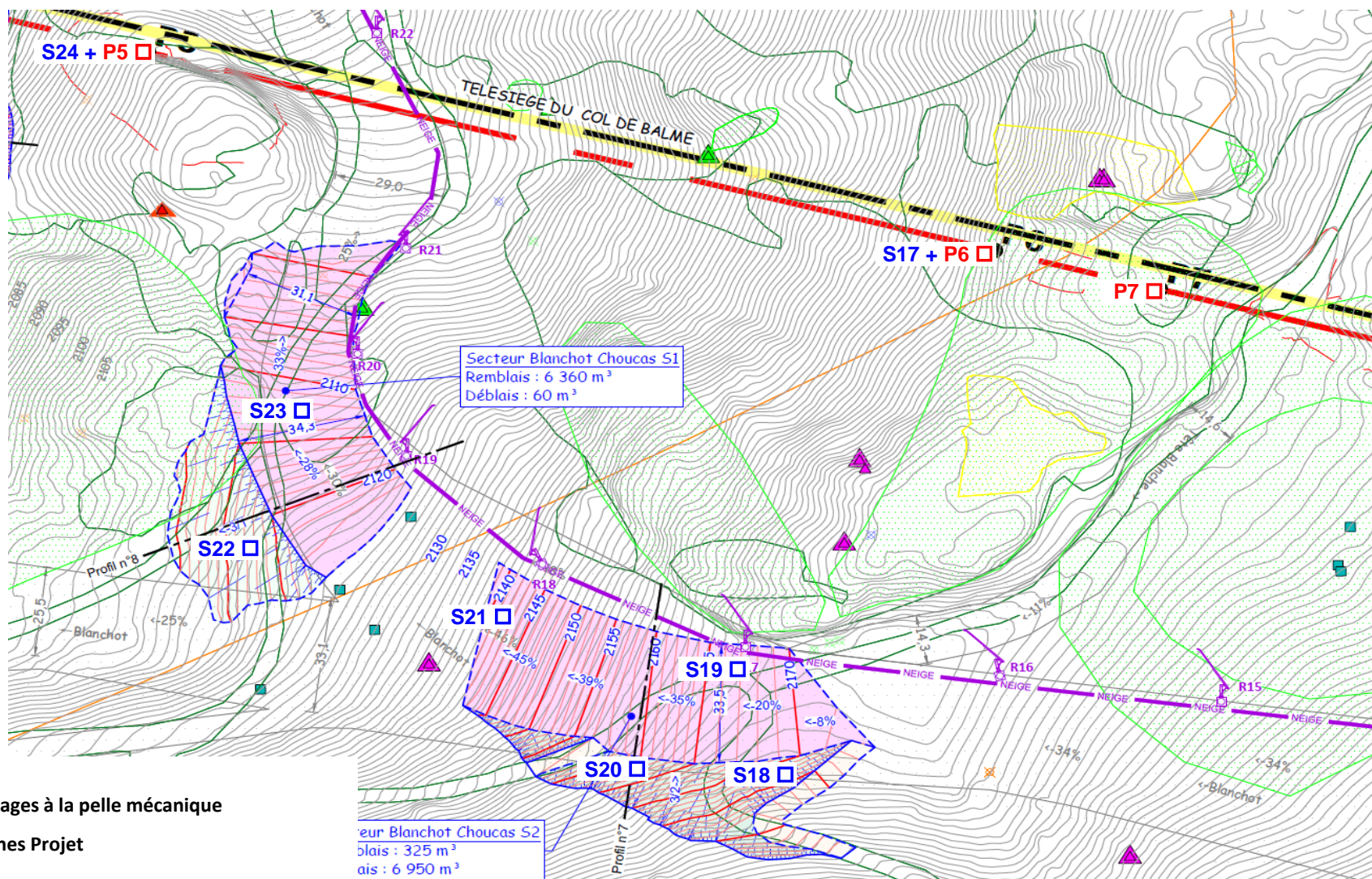
Site : La Clusaz

Affaire : 2205054

Projet : TSD Balme + Piste Blanchots

Date : 01/10/2024

3/6



<div> <div>EQUATERRE</div> <div> <div>SUD EST</div> <div>BUREAU D'ETUDE GEOTECHNIQUE</div> </div> </div>	<div> <div>TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS DE SOL</div> <div>Rappel: Il s'agit ici d'un tableau factuel, c'est-à-dire qui retranscrit les observations sans interprétation. Par exemple: venue d'eau à x m , exprime une profondeur d'arrivée, sans préjuger de sa nature (nappe, saturation, venues d'eau ponctuelles, chenal, etc...). L'interprétation est, elle, exprimée dans le corps du rapport.</div> </div>									Site :	La Clusaz
										Affaire :	2205054
										Projet :	TSD Balme + Piste Blanchot
										Date :	01/10/2024

		COUPES DES SONDAGES									Profondeur (en m/TN) de la base de chaque faciès géologique reconnu (et non pas épaisseur) et cote NGF (en italique)		
		PELLE MECANIQUE + PYLONES											
Exemple Sondage S23		Coupe géologique	S17 - P6	P7	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24 - P5	Stabilité parois	REMARQUES
			0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN		
0 m/TN		Altitude sondages ➡	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
1,5m/TN		Eboulis et blocs calcaire à cailloutis imbriqués	-0,5 99,5	- <i>Eboulement</i>	>-2,5 99,4	-0,6 99,4	>-1,2 <i>Blocs</i>	-0,5 99,5	>-0,5 <i>Blocs</i>	1,5 101,5	-1,5 98,5	Très mauvaise, éboulement immédiat, avec ovalisation de la fouille importante	Blocs calcaire de > 0,5m à 1,5m Légèrement plus limoneux au droit de S18, S19
-		Limons caillouto-graveleux à éboulis et blocs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mauvaise, éboulement des parois rapides avec hors profil important	
-		Remblais limono-caillouto-graveleux	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mauvaise, éboulement des parois rapides avec hors profil important	
>-1,6m/TN		Substratum rocheux calcaire	>-0,6 <i>Substratum</i>	0,0 <i>Substratum affleurant</i>	-	>-0,7 <i>Substratum</i>	-	-0,6 <i>Substratum</i>	-	>-1,6 <i>Substratum ou blocs</i>	>-1,6 <i>Substratum</i>	Bonne, rocher franc compact	Substratum calcaire, avec un pendage compris entre 25 - 45° conforme à la pente sur l'ensemble du massif
		Eau souterraine											

Légende :
 Pour chaque sondage, les valeurs soulignées (et cote correspondante) indiquent la profondeur du toit de l'horizon de fondation en m/TN (hors notion d'ancrage ou de mises hors gel).

Nota : Les éléments en *gras italique* correspondent à la cause du refus rencontré à la pelle mécanique ou à la cote de la base de l'horizon rencontré

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

(Sans échelle)

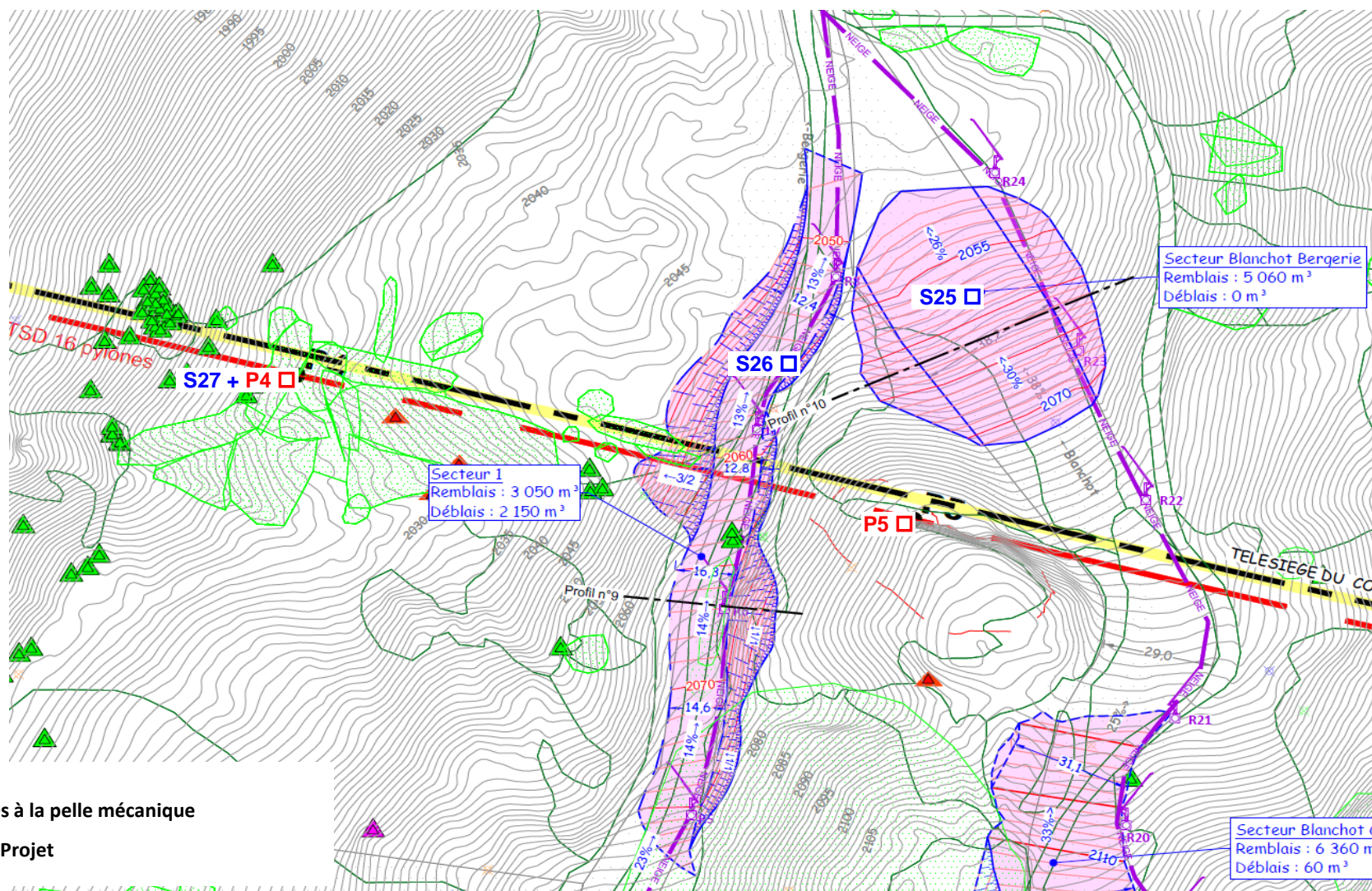
Site : La Clusaz

Affaire : 2205054

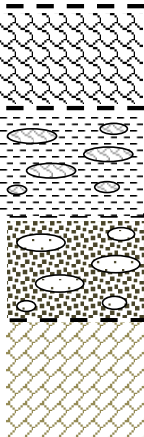
Projet : TSD Balme + Piste Blanchots

Date : 01/10/2024

4/6



<div> <div>EQUATERRE</div> <div> <div>SUD EST</div> <div>BUREAU D'ETUDE GEOTECHNIQUE</div> </div> </div>	<div> <div>TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS DE SOL</div> <div> Rappel: Il s'agit ici d'un tableau factuel, c'est-à-dire qui retranscrit les observations sans interprétation. Par exemple: venue d'eau à x m , exprime une profondeur d'arrivée, sans préjuger de sa nature (nappe, saturation, venues d'eau ponctuelles, chenal, etc...). L'interprétation est, elle, exprimée dans le corps du rapport. </div> </div>	Site :	La Clusaz
		Affaire :	2205054
		Projet :	TSD Balme + Piste Blanchot
		Date :	01/10/2024

		COUPES DES SONDAGES				Profondeur (en m/TN) de la base de chaque faciès géologique reconnu (et non pas épaisseur) et cote NGF (en italique)		
		PELLE MECANIQUE + PYLONES						
<div>Exemple Sondage S26 + ech</div> <div></div>	Coupe géologique	S25	S26 + ech	S27 - P4	P5	Stabilité parois	REMARQUES	
		0/TN	0/TN	0/TN	0/TN			
	Altitude sondages ⇨	100,0	100,0	100,0	100,0			
	0 m/TN	Eboulis et blocs calcaire à cailloutis imbriqués	-	-	>-2,8 <i>Eboulement</i>	-1,6 <i>98,4</i>	Très mauvaise, éboulement immédiat, avec ovalisation de la fouille importante	
	-	Limons caillouto-graveleux à éboulis et blocs	-1,9 <i>98,1</i>	-0,2 <i>99,8</i>	-	-	Mauvaise, éboulement des parois rapides avec hors profil important	Présence de blocs d'éboulis >1,5m Echantillon S26 à -0,1m/TN
	-	Remblais limono-caillouto-graveleux	-	-	-	-	Mauvaise, éboulement des parois rapides avec hors profil important	
>-0,2m/TN	Substratum rocheux calcaire	>-1,9 <i>Substratum</i>	>-0,2 <i>Substratum</i>		>-1,6 <i>Substratum</i>	Bonne, rocher franc compact	Substratum calcaire, avec un pendage compris entre 25 - 45° conforme à la pente sur l'ensemble du massif	
	Eau souterraine							

Légende :

Pour chaque sondage, les valeurs soulignées (et cote correspondante) indiquent la profondeur du toit de l'horizon de fondation en m/TN (hors notion d'ancrage ou de mises hors gel).

Nota : Les éléments en *gras italique* correspondent à la cause du refus rencontré à la pelle mécanique ou à la cote de la base de l'horizon rencontré

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

(Sans échelle)

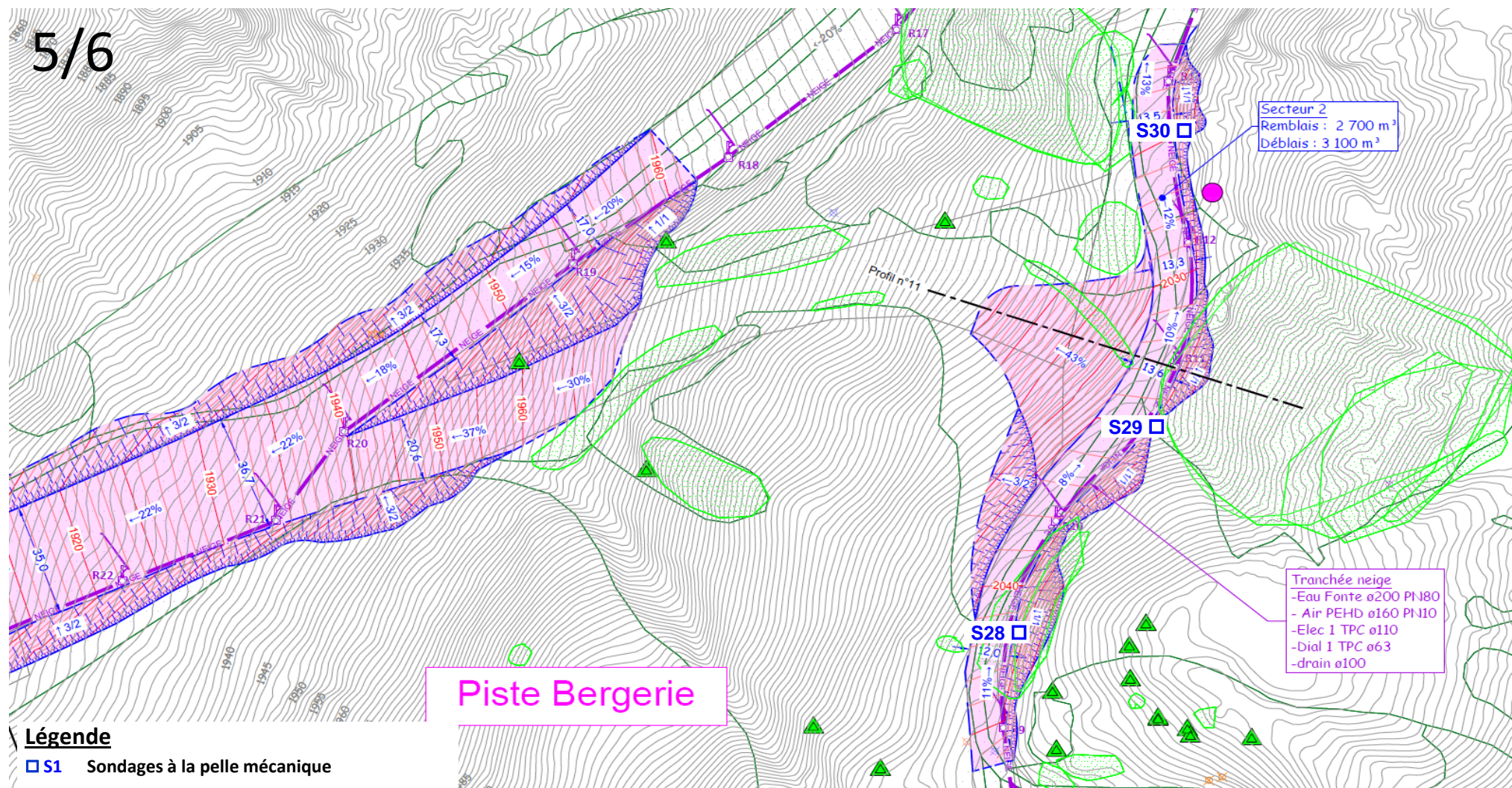
Site : La Clusaz

Affaire : 2205054

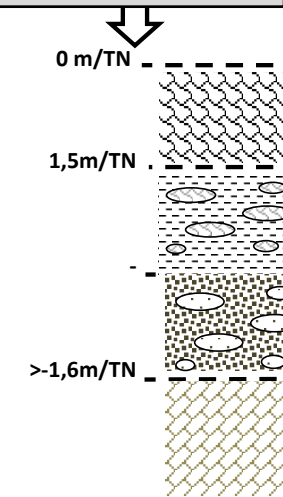
Projet : TSD Balme + Piste Blanchots

Date : 01/10/2024

5/6



<div> <div>EQUATERRE</div> <div> <div>SUD EST</div> <div>BUREAU D'ETUDE GEOTECHNIQUE</div> </div> </div>	<div> <div>TAB</div> <div> <div>TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS DE SOL</div> <div> Rappel: Il s'agit ici d'un tableau factuel, c'est-à-dire qui retranscrit les observations sans interprétation. Par exemple: venue d'eau à x m , exprime une profondeur d'arrivée, sans préjuger de sa nature (nappe, saturation, venues d'eau ponctuelles, chenal, etc...). L'interprétation est, elle, exprimée dans le corps du rapport. </div> </div> </div>	Site :	La Clusaz
		Affaire :	2205054
		Projet :	TSD Balme + Piste Blanchot
		Date :	01/10/2024

		COUPES DES SONDAGES			Profondeur (en m/TN) de la base de chaque faciès géologique reconnu (et non pas épaisseur) et cote NGF (en italique)		
		PELLE MECANIQUE + PYLONES					
<div>Exemple Sondage S23</div> <div></div>	Coupe géologique	S28 + ech	S29	S30	Stabilité parois	REMARQUES	
		0/TN	0/TN	0/TN			
	Altitude sondages ⇨	100,0	100,0	100,0			
	0 m/TN						
	1,5m/TN	Eboulis et blocs calcaire à cailloutis imbriqués	-	-	-	Très mauvaise, éboulement immédiat, avec ovalisation de la fouille importante	
	-	Limons caillouto-graveleux à éboulis et blocs	>-1,9 <i>Blocs</i>	>-2,2 <i>Eboulement</i>	-1,1 <i>98,9</i>	Mauvaise, éboulement des parois rapides avec hors profil important	Présence de bloc calcaire éboulis >1,0 à 2,0m Echantillon S28 à -1,0m/TN
>-1,6m/TN	Remblais limono-caillouto-graveleux	-	-	-	Mauvaise, éboulement des parois rapides avec hors profil important		
	Substratum rocheux calcaire	-	-	>-1,1 <i>Substratum</i>	Bonne, rocher franc compact	Substratum calcaire, avec un pendage compris entre 25 - 45° conforme à la pente sur l'ensemble du massif	
	Eau souterraine						

Légende :

Pour chaque sondage, les valeurs soulignées (et cote correspondante) indiquent la profondeur du toit de l’horizon de fondation en m/TN (hors notion d’ancrage ou de mises hors gel).

Nota : Les éléments en *gras italique* correspondent à la cause du refus rencontré à la pelle mécanique ou à la cote de la base de l'horizon rencontré

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

(Sans échelle)

Site : La Clusaz

Affaire : 2205054

Projet : TSD Balme + Piste Blanchots

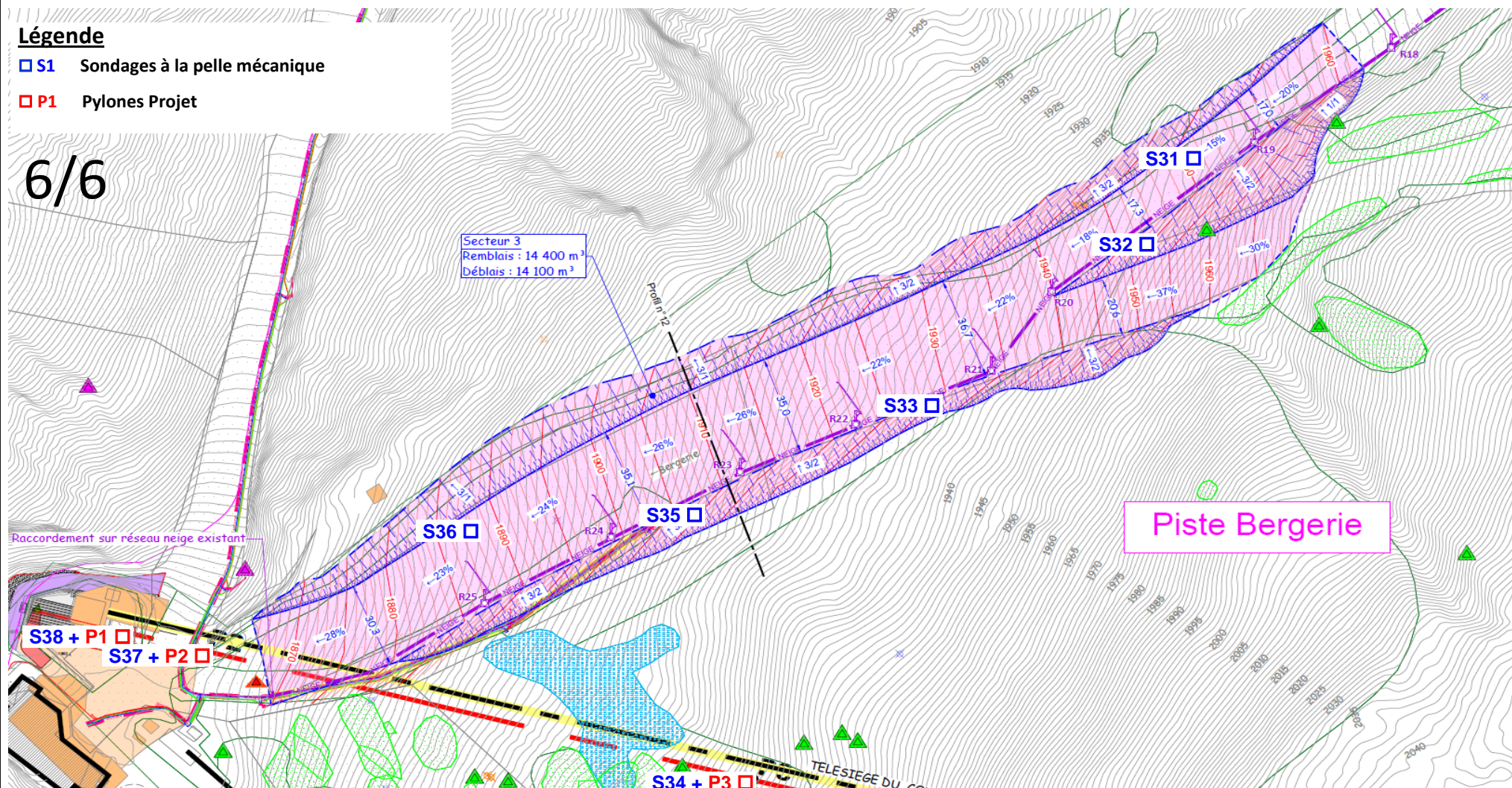
Date : 01/10/2024


Légende

□ S1 Sondages à la pelle mécanique

□ P1 Pylones Projet

6/6



	TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS DE SOL Rappel: Il s'agit ici d'un tableau factuel, c'est-à-dire qui retranscrit les observations sans interprétation. Par exemple: venue d'eau à x m , exprime une profondeur d'arrivée, sans préjuger de sa nature (nappe, saturation, venues d'eau ponctuelles, chenal, etc...). L'interprétation est, elle, exprimée dans le corps du rapport.								Site :	La Clusaz
									Affaire :	2205054
									Projet :	TSD Balme + Piste Blanchot
									Date :	01/10/2024

		COUPES DES SONDAGES								Profondeur (en m/TN) de la base de chaque faciès géologique reconnu (et non pas épaisseur) et cote NGF (en italique)	
		PELLE MECANIQUE + PYLONES									
Exemple Sondage S31	Coupe géologique	S31	S32 + ech	S33 + ech	S34 - P3	S35 + ech	S36	S37 - P2	S38 - P1	Stabilité parois	REMARQUES
		0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN		
Altitude sondages ⇨		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
0 m/TN	Eboulis et blocs calcaire à cailloutis imbriqués	-0,5 99,5	-	-	-	-	-	-	-	Très mauvaise, éboulement immédiat, avec ovalisation de la fouille importante	Blocs calcaire de > 0,5m à 1,5m Légerement plus limoneux au droit de S31
-0,5m/TN	Limons caillouto-graveleux à éboulis et blocs	-	>-3,2	>-3,3	>-3,1 Eboulement	>-2,7	>-2,1 Blocs	>-3,3 Blocs	-	Mauvaise, éboulement des parois rapides avec hors profil important	S32 remanié jusqu'à -0,8m/TN (présence ficelle), argilo-graveleux en fond de pelle Echantillon S32, S33 et S35 à -1,5, -1,0 et -2,0m/TN
-	Remblais limono-caillouto-graveleux	-	-	-	-	-	-	-	>-3,3 Eboulement	Mauvaise, éboulement des parois rapides avec hors profil important	
>-0,5m/TN	Substratum rocheux calcaire	>-0,5 Substratum	-	-	-	-	-	-	-	Bonne, rocher franc compact	Substratum calcaire, avec un pendage compris entre 25 - 45° conforme à la pente sur l'ensemble du massif
	Eau souterraine			-2,7 Circulation	Humide						

Légende :
 Pour chaque sondage, les valeurs soulignées (et cote correspondante) indiquent la profondeur du toit de l'horizon de fondation en m/TN (hors notion d'ancrage ou de mises hors gel).

Nota : Les éléments en *gras italique* correspondent à la cause du refus rencontré à la pelle mécanique ou à la cote de la base de l'horizon rencontré

**ANNEXE N°4 : EXTRAIT DE L'ETUDE D'IMPACT DU COL DE BALME
CONCERNANT LES MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION PREVUES.**

CHAPITRE 7. DESCRIPTION DES MESURES D'INTÉGRATION ENVIRONNEMENTALE ET SUIVI DES MESURES

L'article R.122-5, II, 8° du code de l'environnement (dans sa version modifiée par le décret n°2023-13 du 11/01/2023) précise que l'étude d'impact doit comporter :

« Les mesures prévues par le maître de l'ouvrage pour :

- éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine et réduire les effets n'ayant pu être évités ;
- compenser, lorsque cela est possible, les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. S'il n'est pas possible de compenser ces effets, le maître d'ouvrage justifie cette impossibilité.

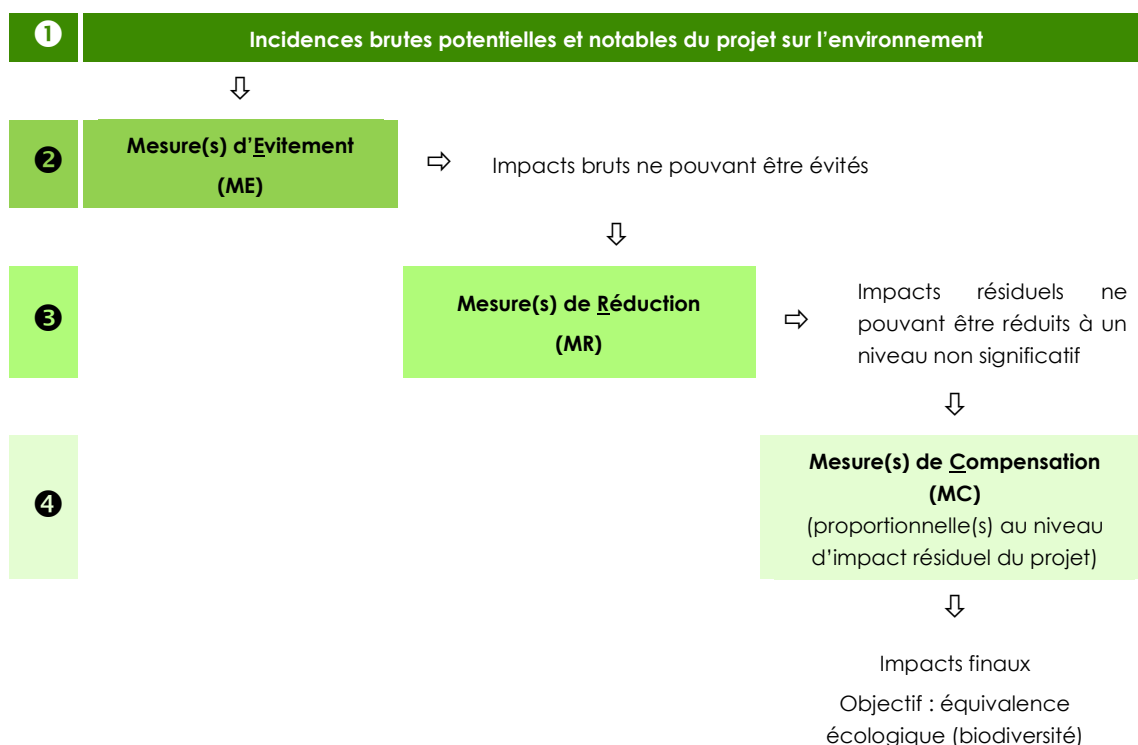
La description de ces mesures doit être accompagnée de l'estimation des dépenses correspondantes, de l'exposé des effets attendus de ces mesures à l'égard des impacts du projet sur les éléments mentionnés au 5° ».

Dans la conception et la mise en œuvre de leurs projets, il est de la responsabilité des maîtres d'ouvrage de définir les mesures adaptées pour éviter, réduire et, lorsque c'est nécessaire et possible, compenser leurs impacts négatifs significatifs sur l'environnement.

Le principe de la logique Éviter-Réduire-Compenser (ERC) est illustré par le schéma ci-dessous. La séquence ERC englobe l'ensemble des thématiques de l'environnement (air, bruit, eau, sol, santé des populations...). Elle s'applique, de manière proportionnée aux enjeux. La loi du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages, portée par le ministère, est venue renforcer les attendus pour ces thématiques. En particulier, les atteintes à la biodiversité sont compensées, avec la notion d'équivalence écologique : les atteintes prévues ou prévisibles à la biodiversité occasionnées par la réalisation d'un projet de travaux « visent un objectif d'absence de perte nette, voire de gain de biodiversité. Les compensations doivent se traduire par une obligation de résultats et être effectives pendant toute la durée des atteintes. Elles ne peuvent pas se substituer aux mesures d'évitement et de réduction ».

Le tableau ci-après expose le raisonnement ayant conduit à la définition des mesures préconisées.

Schéma du principe de la logique ERC (Eviter - Réduire - Compenser) - KARUM



Les mesures sont proposées dans le cas d'un niveau d'incidences brutes potentielles considéré comme significatif, c'est-à-dire faible/moyen à fort.

Le guide d'aide à la définition des mesures ERC THÉMA du ministère de l'Environnement (janvier 2018) a servi de base pour la classification des mesures décrites ci-dessous.

Certains points sont à préciser dans ce sens :

- > Une même mesure peut, selon son efficacité, être rattachée à de l'évitement ou de la réduction : il s'agira d'évitement lorsque la solution retenue garantit la suppression totale d'un impact. Si la mesure n'apporte pas ces garanties, il s'agira d'une mesure de réduction. La mesure d'évitement peut être complétée par une mesure d'accompagnement et/ou de suivi ;
- > Les mesures de compensation forestière financière en lien avec l'autorisation de défrichement ainsi que les mesures relatives à la compensation agricole collective ne constituent pas des mesures ERC au sens de compensation écologique puisqu'il s'agit de contribution financière et non pas d'une compensation en nature. Le cas échéant, elles seront citées comme mesure d'accompagnement ;
- > Une mesure prise au titre d'un arrêté de prescriptions générales applicables obligatoirement au projet entre dans la classification ERC ;
- > L'évitement peut être de différent type :
 - o Évitement lors du choix d'opportunité : elle intervient notamment lors de la phase de conception voire, au plus tard, lors de la phase de concertation du public ;
 - o Évitement géographique : elle peut intervenir à toutes les phases du projet ;
 - o Évitement technique : elle peut intervenir à toutes les phases du projet.

7.1. SYNTHÈSE DES INCIDENCES ET DE LA SÉQUENCE ERC

THÉMATIQUES	INCIDENCES BRUTES (AVANT MESURES)	NIVEAU D'INCIDENCES BRUTES	MESURES D'ÉVITEMENT (ME)	MESURES DE RÉDUCTION (MR)	INCIDENCES RÉSIDUELLES	NIVEAU D'INCIDENCES RÉSIDUELLES	MESURES DE COMPENSATION (MC)	MESURES D'ACCOMPAGNEMENT (MA) ET MODALITÉS DE SUIVI (MS)
Le patrimoine et le paysage								
Patrimoine	Parc national ou naturel régional	Aucun parc n'est recensé à proximité	//	//	//	NUL	//	//
	Site classé et inscrit	Aucun site classé n'est recensé à proximité	//	MR 4 : Végétalisation par semis herbacées	Pas d'incidences résiduelles après la mise en place des mesures pour les sites inscrits	NUL	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet
		Site inscrit Eglise du Fernuy (2km) Site inscrit Col des Aravis (1 km)						
	Monument historique	Aucun monument historique n'est recensé à proximité	//	//	//	NUL	//	//
Paysage	Unités paysagères	Le projet de remplacement du télésiège n'est pas de nature à remettre en cause la qualité générale des paysages de l'unité paysagère « Pays de Thônes, la Clusaz, el Grand Bonnard et Massif des Aravis » sauf dans la zone de la gare amont dont les importants terrassements remettront en cause la linéarité de la crête qui sera impacté en phase travaux et en phase exploitation.	//	MR 2 : Intégration architecturale pour les gares et locaux associés, choix des matériaux et couleurs	Les travaux effectués sur la linéarité de la crête auront une incidence résiduelle sur la chaîne des Aravis depuis le vallon de la Gletiaz. La zone de débarquement sera descendue de 6 mètres pour un versant qui compte 1400 m entre le Plan de la Gletiaz et le col de Balme. L'intégration de la gare dans le complexe rocheux tendra à diminuer cet impact.	FORT	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet
		L'impact sur les perceptions peut être considéré comme faible à moyen pour les vues du côté ouest de la vallée						
	Perceptions sensibles	L'incidence est évaluée forte pour les vues vers la crête des Aravis (6 et 7).	//	MR 3 : insertion paysagère et topographique des massifs de pylônes MR 4 : Traitement cohérent des talus et raccords au terrain naturel MR 5 : intégration paysagère de la tranchée associée au réseau neige MR 7 : Végétalisation par semis herbacées	Pas d'incidences résiduelles pour les vues éloignées de la zone de projet Pour les vues depuis la vallée de la Gletiaz l'incidence restera moyenne car la modification de la ligne de crête sera pérenne et durable	NUL MOYEN	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet
		Secteur Ressaut : mixité de dalles et résineux concerné par la gare de départ du télésiège (1)						
	Éléments paysagers sensibles	Secteurs d'alpage, pentes relativement herbeuses	//	MR 1 : Démontage et évacuation anciens équipements	Incidences réduites par la revégétalisation des zones terrassées	NUL FAIBLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet

THÉMATIQUES	INCIDENCES BRUTES (AVANT MESURES)	NIVEAU D'INCIDENCES BRUTES	MESURES D'ÉVITEMENT (ME)	MESURES DE RÉDUCTION (MR)	INCIDENCES RÉSIDUELLES	NIVEAU D'INCIDENCES RÉSIDUELLES	MESURES DE COMPENSATION (MC)	MESURES D'ACCOMPAGNEMENT (MA) ET MODALITÉS DE SUIVI (MS)
	uniformes et zones de transitions (2, 3)			MR 2 : intégration architecturale pour les gares et locaux associés, choix des matériaux et couleurs MR 3 : insertion paysagère et topographique des massifs de pylônes MR 4 : Traitement cohérent des talus et raccords au terrain naturel MR 5 : intégration paysagère de la tranchée associée au réseau neige MR6 : Revégétalisation des surfaces terrassées par la technique d'étrépage MR7 : Végétalisation par semis herbacées (hydraeeding)				
	Secteur de chaos rocheux et des éboulis (4)	MOYEN	//	MR 2 : intégration architecturale pour les gares et locaux associés, choix des matériaux et couleurs MR 3 : insertion paysagère et topographique des massifs de pylônes MR 4 : Traitement cohérent des talus et raccords au terrain naturel MR 5 : intégration paysagère de la tranchée associée au réseau neige	Pas d'incidence résiduelle pour les chaos rocheux et les éboulis	NEGIGEABLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet
	Secteur de la gare amont (5)	FORT	//	MR 2 : intégration architecturale pour les gares et locaux associés, choix des matériaux et couleurs	<p>La gare sera rendue discrète que possible mais les impacts des travaux sur la crête seront néanmoins permanents.</p> <p>Choix d'un simple fêlésiège pour diminuer l'impact des terrassements qu'auraient nécessité d'autres appareils plus importants.</p> <p>Choix d'une gare enterrée et recouverte de rocher (plus-value estimée à 1 million d'euros) pour limiter l'impact paysager de l'aménagement.</p>	FORT	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet

THÉMATIQUES	INCIDENCES BRUTES (AVANT MESURES)	NIVEAU D'INCIDENCES BRUTES	MESURES D'ÉVITEMENT (ME)	MESURES DE RÉDUCTION (MR)	INCIDENCES RÉSIDUELLES	NIVEAU D'INCIDENCES RÉSIDUELLES	MESURES DE COMPENSATION (MC)	MESURES D'ACCOMPAGNEMENT (MA) ET MODALITÉS DE SUIVI (MS)
Les milieux physiques								
Géologie	Aucune sensibilité géologique ne sera impactée par les travaux. Le projet intègre les contraintes géotechniques pour le dimensionnement des ouvrages.	NEGLIGEABLE	//	//	//	NEGLIGEABLE	//	//
Eau	Eaux de surface : hydrologie	NULLE						
	Eaux souterraines : hydrogéologie	NULLE						
	Eau potable et eaux usées	NEGLIGEABLE	Les entreprises seront informées de la présence des réseaux d'eau par le maître d'œuvre	//	Aucun impact du projet n'est à prévoir sur les réseaux d'eau usée	NULLE	//	//
Air	Aucun impact du projet sur la qualité de l'air n'est à prévoir. Les travaux auront une durée limitée dans le temps. Le nouvel appareil fonctionnera à l'électricité.	NEGLIGEABLE	//	MR 8 : Limitations des nuisances pour l'environnement et la population	Aucun impact significatif sur la qualité de l'air n'est à prévoir.	NEGLIGEABLE	//	//
	Aucune hausse significative de la fréquentation du secteur de Balme (remplacement d'un télésiège existant dans une station déjà largement accessible aux skieurs de tous niveaux.	FAIBLE	//	Equilibre des volumes de matériaux terrassés pour éviter l'apport ou l'évacuation de matériaux sur un site éloigné et isolé	825 t _{CO2e} émises en phase travaux	FAIBLE	//	//
Climat	Phase travaux En phase travaux émissions de 825 t _{CO2e} majoritairement par la production des matériaux nécessaires au projet.	NEGLIGEABLE	//	Diminution des consommations électriques de par les meilleurs rendements de l'appareil	37 t _{CO2e} émises chaque année par le fonctionnement du télésiège et du réseau neige	NEGLIGEABLE	//	//
	Phase exploitation 37 t _{CO2e} émises chaque année par le fonctionnement du télésiège et du réseau neige (+3 t _{CO2e} par rapport à la situation actuelle).	NEGLIGEABLE	//	Moins d'arrêt avec la technologie de télésiège				

THÉMATIQUES	INCIDENCES BRUTES (AVANT MESURES)	NIVEAU D'INCIDENCES BRUTES	MESURES D'ÉVITEMENT (ME)	MESURES DE RÉDUCTION (MR)	INCIDENCES RÉSIDUELLES	NIVEAU D'INCIDENCES RÉSIDUELLES	MESURES DE COMPENSATION (MC)	MESURES D'ACCOMPAGNEMENT (MA) ET MODALITÉS DE SUIVI (MS)
La biodiversité								
Trame écologique	Aucun impact significatif sur la trame écologique terrestre n'est à prévoir puisque les travaux auront une durée limitée dans le temps et qu'aucun nouvel obstacle à la faune sauvage ne sera installé (remplacement d'un TS).							
Natura 2000	Aucun élément de projet n'est situé sur l'emprise du site Natura 2000. 10 espèces d'intérêt communautaire ont été identifiées sur la zone d'étude et sont également présentes sur le site Natura2000. Le projet n'est pas de nature à nuire au maintien des habitats et des populations d'espèces désignés dans ce site Natura 2000.	NULLE	//	MR 11 : Maintien de la bonne visibilité des câbles de remontées mécaniques pour limiter les risques de percuss ion pour les oiseaux	Contrairement à l'ancien appareil, le nouveau TSD sera muni de visualisateurs pour les oiseaux.	POSITIVE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet
Zonages nature		NEGLIGEABLE	//	//	//	NEGLIGEABLE	//	//
	ZNIEFF I et II « Chaine des Aravis »	MOYEN	ME 3 : Mise en défens des zones sujettes à incidences potentielles ME 4 : Vitesse de déplacement des engins de chantier adaptée	MR 6 et 7 : Revégétalisation des surfaces terrassées MR 8 : Limitations des nuisances pour l'environnement et la population MR 9 : Adaptation du calendrier des travaux MR 10 : Adaptation des horaires pour les rotations d'hélicoptère MR 11 : Maintien de la bonne visibilité des câbles de remontées mécaniques		NEGLIGEABLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet MS 2 : Suivi des mesures d'étrépage et de végétalisation
	Habitats	MOYEN	ME 1 : Bases de vie du chantier et engins de chantier équipés de kits antipollution ME 3 : Mise en défens des zones sujettes à incidences potentielles	MR 6 et 7 : Revégétalisation des surfaces terrassées	Sur le long terme et après revégétalisation, l'impact permanent est très faible et correspond uniquement à l'emprise des pylônes et des gares	FAIBLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet MS 2 : Suivi des mesures d'étrépage et de végétalisation

THÉMATIQUES	INCIDENCES BRUTES (AVANT MESURES)	NIVEAU D'INCIDENCES BRUTES	MESURES D'ÉVITEMENT (ME)	MESURES DE RÉDUCTION (MR)	INCIDENCES RÉSIDUELLES	NIVEAU D'INCIDENCES RÉSIDUELLES	MESURES DE COMPENSATION (MC)	MESURES D'ACCOMPAGNEMENT (MA) ET MODALITÉS DE SUIVI (MS)
Flore	<ul style="list-style-type: none"> Environ 7 200 m² de pelouses alpines d'intérêt communautaire > Risque d'impact sur un habitat humide 							
	Flora protégée et/ou menacée	FORT	ME 2 : Mise en place d'un plan de circulation des engins ME 3 : Mise en défens des zones sujettes à incidences potentielles	//	Aucune espèce protégée et/ou menacée impactée	NULLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet
	Espèce végétale exotique envahissante	FAIBLE	ME 7 : Lutte contre la dissémination des espèces invasives	MR 6 et 7 : Revégétalisation des surfaces terrassées	Aucune espèce invasive introduite dans la combe de Balme	NULLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet MS 2 : Suivi des mesures d'équipement et de végétalisation
	Rhopalocères	MOYEN	ME 2 : Mise en place d'un plan de circulation des engins ME 3 : Mise en défens des zones sujettes à incidences potentielles	MR 6 et 7 : Revégétalisation des surfaces terrassées	Sur le long terme et après revégétalisation, l'impact permanent est très faible et correspond uniquement à l'emprise des pylônes et des gares	FAIBLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet MS 2 : Suivi des mesures d'équipement et de végétalisation
Faune		FAIBLE	ME 2 : Mise en place d'un plan de circulation des engins ME 3 : Mise en défens des zones sujettes à incidences potentielles	//	//	FAIBLE	//	
	Amphibiens	NEGLIGEABLE	//	//	//	NEGLIGEABLE	//	//
		FAIBLE	ME 4 : Vitesse de déplacement des engins de chantier adaptée	//	Risque fortement limité de destruction d'individus en transit	NEGLIGEABLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet
	Reptiles	NEGLIGEABLE	//	//	//	NEGLIGEABLE	//	//
		FAIBLE	ME 4 : Vitesse de déplacement des engins de chantier adaptée	//	Risque fortement limité de destruction d'individus	NEGLIGEABLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet

THÉMATIQUES	INCIDENCES BRUTES (AVANT MESURES)	NIVEAU D'INCIDENCES BRUTES	MESURES D'ÉVITEMENT (ME)	MESURES DE RÉDUCTION (MR)	INCIDENCES RÉSIDUELLES	NIVEAU D'INCIDENCES RÉSIDUELLES	MESURES DE COMPENSATION (MC)	MESURES D'ACCOMPAGNEMENT (MA) ET MODALITÉS DE SUIVI (MS)
Avifaune	<u>Habitats anthropiques :</u> Altération temporaire par le démantèlement des gares et pylônes de la remontée actuelle <u>Habitats ouverts :</u> Impact temporaire de 4,03 ha et 11 m² de manière permanente <u>Habitats rupestres utilisés en période de reproduction</u> Impact temporaire sur 0,92 ha et permanent sur 23,5 m²	MOYEN	//	MR 6 et 7 : Revégétalisation des surfaces terrassées	Nouvelles gares en lieu et place des anciennes et surfaces équivalentes Sur le long terme et après revégétalisation, l'impact permanent est très faible et correspond uniquement à l'emprise des pylônes et des gares	NEGLIGEABLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet MS 2 : Suivi des mesures d'épépage et de végétalisation
	Risque de destruction d'individus ou de nichées en phase chantier	MOYEN	//	MR 8 : Limitations des nuisances pour l'environnement et la population MR 9 : Adaptation du calendrier des travaux afin d'éviter les périodes sensibles pour la faune	Réalisation des travaux hors période de reproduction Limitation des émissions de poussière	NEGLIGEABLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet
	Risque de percussion avec les câbles	FORT	//	MR 11 : Maintien de la bonne visibilité des câbles de remontées mécaniques pour limiter les risques de percussion pour les oiseaux	Augmentation de la visibilité du câble	NEGLIGEABLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet
	Dérangement des individus et notamment des galliformes lors des rotations d'hélicoptères et du déplacement des engins	FAIBLE	ME 4 : Vitesse de déplacement des engins de chantier adaptée	MR 8 : Limitations des nuisances pour l'environnement et la population MR 9 : Adaptation du calendrier des travaux afin d'éviter les périodes sensibles pour la faune MR 10 : Adaptation des horaires pour les rotations d'hélicoptère en période de reproduction des galliformes de montagne	Réduction du bruit et de la poussière produite par les engins de chantier Evitement de la période de reproduction et adaptation des horaires de rotations d'hélicoptères	NEGLIGEABLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet
Chiroptères	Absence de gîtes d'hibernation ou de reproduction sur les emprises travaux Absence de risque de destruction d'individus	NUL	//	//	//	NUL	//	//
Autres mammifères	Altération temporaire de 10 ha d'habitat d'alimentation et de transit Perte définitive de 300 m² au niveau des embases de pylônes	FAIBLE		MR 6 et 7 : Revégétalisation des surfaces terrassées	Sur le long terme et après revégétalisation, l'impact permanent est très faible et correspond uniquement à l'emprise des pylônes et des gares	NEGLIGEABLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet MS 2 : Suivi des mesures d'épépage et de végétalisation

THÉMATIQUES	INCIDENCES BRUTES (AVANT MESURES)	NIVEAU D'INCIDENCES BRUTES	MESURES D'ÉVITEMENT (ME)	MESURES DE RÉDUCTION (MR)	INCIDENCES RÉSIDUELLES	NIVEAU D'INCIDENCES RÉSIDUELLES	MESURES DE COMPENSATION (MC)	MESURES D'ACCOMPAGNEMENT (MA) ET MODALITÉS DE SUIVI (MS)
	Espèces farouches, utilisant principalement la zone d'étude pour transiter ou s'alimenter, peu de risque de destruction	NEGLIGEABLE	//	//	//	NEGLIGEABLE	//	//
	Espèces non reproductrices donc moins sensibles au dérangement en phase chantier Utilisation similaire du site en phase d'exploitation	NEGLIGEABLE	//	//	//	NEGLIGEABLE	//	//
La population et la santé humaine								
Agriculture	Le projet entrainera une perte permanente non significative de 40 m² de surface de pâturage. Toutefois, durant la phase chantier, les zones de pâturage seront impactées de façon temporaire sur 4,4 ha à cause des terrassements. A cela s'ajoute le dérangement du plan de pâturage et du mode d'exploitation.	MOYEN	ME 5 : Concertation avec les exploitants agricoles et gestion pastorale du site	MR 6 et 7 : Revégétalisation des surfaces terrassées	Le projet entrainera une perte permanente non significative de 40 m² de surface de pâturage.	NEGLIGEABLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet MS 2 : Suivi des mesures d'étrepage et de végétalisation
Autres activités	Activité ski améliorée grâce à un appareil plus performant et un accès des pistes de ski à un public tout niveau. Risque de dérangement des randonneurs en phase estivales	FAIBLE	ME 6 : Mise en sécurité des zones de chantier	MR 8 : Limitations des nuisances pour l'environnement et la population	//	NEGLIGEABLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet
Biens matériels	Impact potentiel sur le réseau d'eau usée situé autour de la G1.	NEGLIGEABLE	Les entreprises seront informées de la présence des réseaux d'eau par le maître d'œuvre	//	Aucun impact du projet n'est à prévoir sur les réseaux d'eau usée	NULLE	//	//
Santé	Risque d'accident pour les usagers du site lors de la phase de travaux.	MOYEN	ME 6 : Mise en sécurité des zones de chantier	//	//	NEGLIGEABLE	//	MS 1 : suivi environnemental des travaux inscrits au projet

7.2. MESURES D'EVITEMENT (ME)

ME 1 : BASES DE VIE DU CHANTIER ET ENGINS DE CHANTIER EQUIPES DE KITS ANTIPOLLUTION

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances

CONTEXTE SUR LA ZONE D'ETUDE

Zones de travaux inscrites au projet comprises dans des habitats naturels et à proximité d'habitats favorables à la reproduction de plusieurs espèces protégées.

OBJECTIF

Disposer de moyens d'intervention rapides en cas de pollutions accidentelles des milieux naturels par des hydrocarbures ou d'autres produits polluants.

DESCRIPTION

- > Stockage des produits dangereux et des carburants dans des endroits sécurisés, étanches, inaccessibles au public et verrouillés.
- > Constitution sur la base de vie du chantier d'un stock de produits absorbants adaptés à la récupération rapide de produits polluants en milieu naturel terrestre,
- > Engins de chantier tous équipés de kits antipollution,
- > Rappel à tous les intervenants la nécessité de l'usage d'engins adaptés aux accès délicats propres aux chantiers de montagne.

Toutes les préconisations quant aux mesures antipollution seront précisées dans les chartes environnementales de chantier des cabinets retenus pour la maîtrise d'œuvre du projet.

BUDGET ESTIMATIF

Coût intégré au montant des travaux.

MODALITE DE SUIVI

Contrôle de la bonne mise en œuvre de la mesure dans le cadre de la mission de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

ME 2 : PLAN DE CIRCULATION DES ENGINS DE CHANTIER

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances

CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA MESURE

Des zones sensibles sont présentes à proximité des zones de travaux et notamment à proximité des zones de circulation des engins et du chantier : stations de flore protégée, zone humide, faune protégée, habitats d'intérêt communautaires.

L'objectif de cette mesure est d'éviter la destruction de stations de flore protégée et/ou menacée, la destruction ou la dégradation de milieux sensibles, telle que les zones humides et éviter la destruction des espèces de faune protégée (papillons notamment).

DESCRIPTION

Il s'agira de mettre en place d'un plan de circulation sur la totalité de la zone d'étude, en particulier pour les accès de faible distance situés en milieu naturel (cheminement de la pelle araignée). Le chemin emprunté par la pelle-araignée évitera les enjeux. En dehors de la pelle-araignée, les voies d'accès se feront par les pistes existantes.

Il est demandé de stationner les engins sur les zones de stockage en respectant les prescriptions anti-pollution (cf. ME 1).

Le plan de circulation devra être transmise aux entreprises intervenant sur le chantier.

BUDGET ESTIMATIF

Intégré au coût du projet en phase conception.

MODALITES DE SUIVI

Contrôle de la bonne mise en œuvre de la mesure dans le cadre de la mission de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

ME 3 : MISE EN DEFENS DES ZONES SUJETTES A INCIDENCES POTENTIELLES

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances

CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA MESURE

Des zones sensibles sont présentes à proximité des zones de travaux : habitats de reproduction de papillons protégés ou menacés (thym), station de flore protégée et zones humides.

L'objectif de cette mesure est d'éviter la destruction d'espèces animales protégées notamment les papillons et leurs habitats (plantes hôtes). Elle vise également à éviter la destruction des zones humides et des individus de flore protégée présents à proximité des travaux.

DESCRIPTION DE LA MESURE

Les accès des engins aux zones de chantier se feront par la piste existante.

Les terrassements pour les futurs pylônes se feront à la pelle-araignée pour ceux qui se trouvent éloignés des pistes carrossables et par pelle à chenille pour les autres. La pelle-araignée est plus adaptée à la morphologie du terrain et permet de réduire les impacts sur le milieu naturel. Le cheminement de la pelle-araignée sera étudié en amont des travaux de manière à définir des accès n'ayant pas d'incidences sur les sensibilités du site.

Les emprises du chantier et les voies d'accès définies seront strictement respectées, de même que les zones de stockages des engins, matériels et matériaux : aucun dépôt ne sera effectué dans les milieux naturels.

La mise en défens des zones sensibles sera réalisée par un écologue avant le début des travaux (la contrainte de la neige devra être prise compte pour la mise en place des mises en défens). Les zones sensibles seront mises en défens à l'aide de piquets et de rubalise à environ 1 m de la zone sensible. Sur les secteurs les plus fréquentés, la rubalise pourra être remplacée par du grillage de chantier orange.

En zone d'éboulis ou à réelle proximité du passage des engins, et pour éviter que le dispositif ne soit abimé par une chute de bloc, un dispositif plus solide pourra être mis en place pour garantir la zone de défens. Ce choix fera l'objet d'une concertation entre l'écologue et l'équipe responsable des travaux.

Les conducteurs d'engins ainsi que les personnes travaillant sur les sites seront sensibilisés sur les enjeux présents.

Des panneaux signalant l'enjeu du site seront positionnés à proximité des mises en défens.



Exemple de mises en défens avec ruban type parc à chevaux durable et réutilisable (à gauche) et piquet bois et cordeline (à droite) – Source : KARUM

La mise en défens se déroule en plusieurs étapes :

- > Repérage des zones à mettre en défens ;
- > Pose de piquets et rubalise/grillage orange de chantier/cordeline ;
- > Pointages GPS de la limite de la mise en défens ;
- > Photographie des zones sensibles et de leur mise en défens dans le cadre du suivi de chantier.

Ces mises en défens devront rester en place pendant toute la durée des travaux et feront l'objet d'une surveillance régulière. Elles ne devront en aucun cas être retirées ni même déplacées. Sauf pendant les rotations d'hélicoptères afin de ne pas créer d'accident avec une rubalise envolée qui viendrait se coincer dans les pales de l'hélicoptère.

LOCALISATION DE LA MESURE

Cf cartes pages suivantes

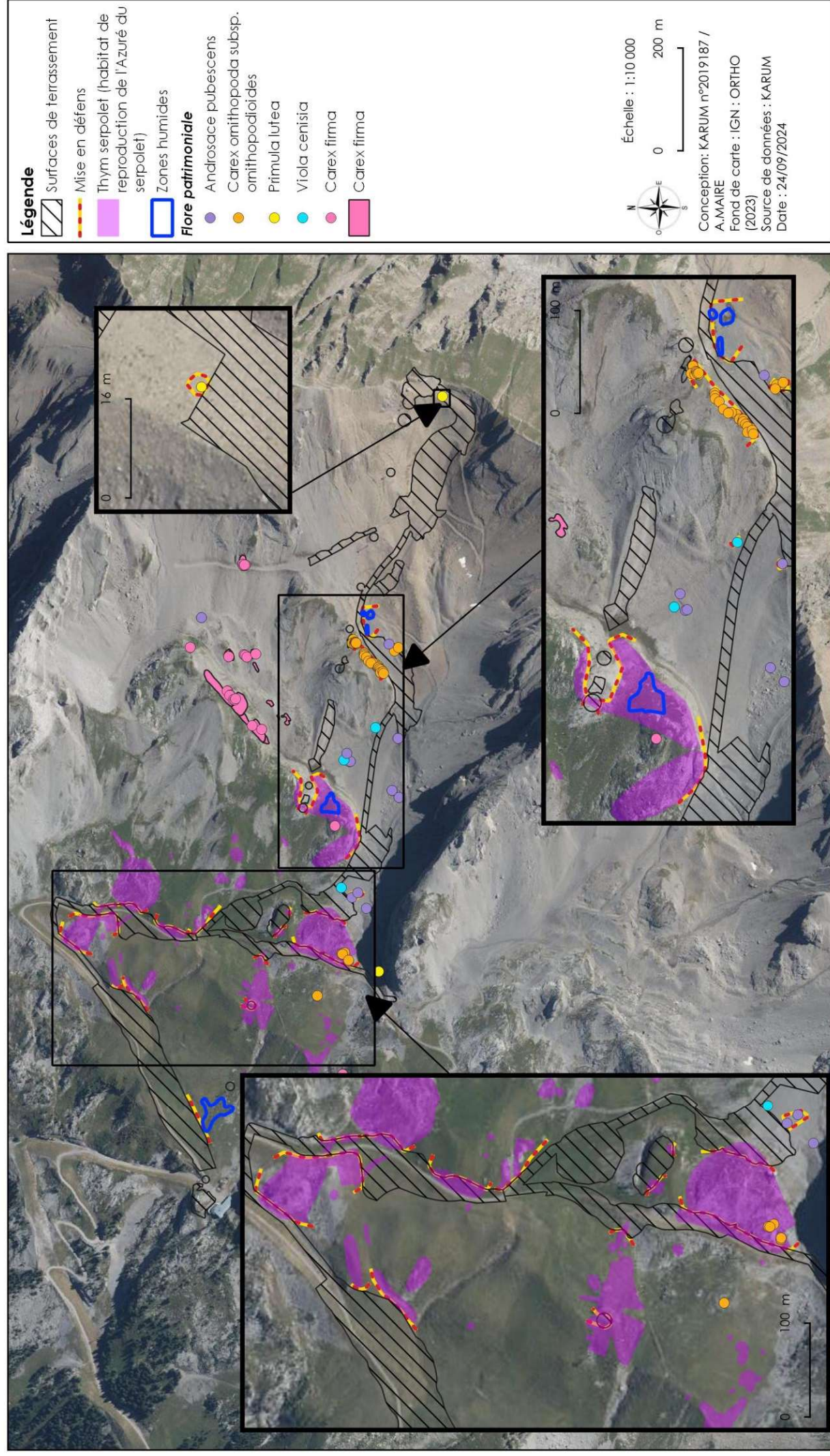
BUDGET ESTIMATIF DE LA MESURE

Coût du matériel (environ 500€) + 1 jour d'installation à 2 (1 500 HT) + 1 jour pour le retrait du matériel (750€ HT) soit 2 750€ HT au total.

MODALITE DE SUIVI

Contrôle de la bonne mise en œuvre de la mesure dans le cadre de la mission de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

ME 3 : Mise en défens des zones sujettes à incidences potentielles



ME 4 : VITESSE DE DEPLACEMENT DES ENGINS DE CHANTIER ADAPTEE

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances

CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA MESURE

Des espèces protégées de reptiles et d'oiseaux sont présentes dans la combe de Balme et peuvent fréquenter les zones de travaux.

L'objectif de cette mesure est de limiter la destruction non intentionnelle d'espèces animales protégées par écrasement par un engin de chantier.

DESCRIPTION DE LA MESURE

Sur l'ensemble des habitats naturels traversé par les engins de chantiers, la traversée se fera à une **vitesse très faible (≤ 30 km/h)** afin de limiter très fortement le risque de destruction d'individu adulte (oiseaux et reptiles notamment) potentiellement présent transitant sur la zone d'étude. De plus à cette vitesse, le chauffeur pourra s'arrêter pour laisser passer l'individu.

Les contraintes de pente et d'évolution en milieu rocheux imposent que toute évolution d'engins ne pourra se faire au-delà de cette vitesse.

LOCALISATION DE LA MESURE

Sur l'ensemble de la zone de chantier.

BUDGET ESTIMATIF DE LA MESURE

Inclus dans les coûts du projet

MODALITE DE SUIVI

Contrôle de la bonne mise en œuvre de la mesure dans le cadre de la mission de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

ME 5 : CONCERTATION AVEC LES EXPLOITANTS AGRICOLES ET GESTION PASTORALE DU SITE

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances

CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA MESURE

- > Présence d'une activité pastorale sur la zone de projet pouvant être impactée par les travaux.
- > Activité pastorale pouvant empêcher la bonne reprise de la végétation après les travaux.

L'objectif est de limiter au maximum les nuisances du chantier sur la pratique pastorale et permettre à la végétation étrempée de repousser correctement après la fin des travaux.

DESCRIPTION DE LA MESURE

Il s'agira d'associer l'exploitant agricole au projet par la mise en place d'une réunion entre le maître d'ouvrage et les exploitants agricoles. La réunion permettra :

- > D'informer l'exploitant agricole du calendrier prévisionnel des travaux et de l'emprise du projet, l'objectif étant de pouvoir adapter dans le temps et dans l'espace les pratiques agricoles (déplacement des parcs par exemple).
- > D'échanger avec l'exploitant agricole à la fin du chantier pour s'assurer que la revégétalisation (cf. MR 6 et 7) est suffisamment efficace pour permettre la reprise de l'activité pastorale. Dans ce cadre-là, il est préconisé de supprimer le pâturage sur les zones revégétalisées au moins 2 ans après le chantier. Des mises en défens pourront être installées si nécessaire autour des zones de prosrites de pâturage. En cas de zone de non reprise de la végétation, une seconde opération de revégétalisation sera programmée.

LOCALISATION DE LA MESURE

Sur les zones de terrassement liées au reprofilage de la piste de ski Bergerie.

BUDGET ESTIMATIF DE LA MESURE

750 € HT par an pour les mises en défens, soit 2 250€ HT pour 3 ans.

MODALITE DE SUIVI

Contrôle de la bonne mise en œuvre de la mesure dans le cadre de la mission de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

ME 6 : MISE EN SECURITE DES ZONES DE CHANTIER

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances

CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA MESURE

Il existe un risque d'insécurité pour les randonneurs fréquentant la combe de Balme en été durant la phase de travaux. L'objectif est d'éviter tout accident d'usagers par une sécurisation de la zone de chantier.

DESCRIPTION DE LA MESURE

- > Choix d'endroits stratégiques pour informer le public d'une zone de travaux ;
- > Mise en place de dispositifs interdisant l'accès à la zone de chantier (barrières, rubalise) ou indiquant des précautions à respecter en traversant la zone de chantier (respect des itinéraires balisés, être vigilant à la circulation des engins de chantier). Le dispositif reste en place durant la phase de chantier.



Exemple de panneau indicateur

- > Mise en place d'itinéraires de déviation pour les touristes si nécessaire.
- > Mise en place d'une interdiction d'accès par arrêté municipal compte tenu des risques de chute de blocs dans les zones d'éboulis

LOCALISATION DE LA MESURE

Au niveau de la G1, au départ du chemin d'exploitation situé au-dessus de la retenue du Lachat et au départ de la télécabine de Balme. Information à l'office de tourisme et en station.

BUDGET ESTIMATIF DE LA MESURE

Intégré au coût du projet.

MODALITE DE SUIVI

Suivi de chantier par l'équipe de maîtrise d'œuvre, le maître d'ouvrage et le coordonnateur SPS.

ME 7 : LUTTE CONTRE LA DISSEMINATION DES ESPECES INVASIVES

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances

CONTEXTE SUR LA ZONE D'ETUDE

Les zones terrassées peuvent être soumises à colonisation par des espèces invasives apportées par des engins de chantier sous forme de graines, rhizomes, tiges, susceptibles de se reproduire par voie végétative.

OBJECTIF

Éviter l'apport d'espèces invasives par les engins de chantier.

DESCRIPTION

- > Lavage au jet d'eau à haute pression, sur une plateforme dédiée, des engins de chantier avant leur venue sur le chantier.
- > Contrôle du bon état de lavage des engins de chantier sur site avant le démarrage des travaux.
- > Pas d'apport de matériaux de terrassement extérieurs.
- > Végétalisation des surfaces mises à nu dès la fin des travaux.

Toutes les préconisations quant à la gestion des espèces invasives seront précisées dans la charte environnementale de chantier du cabinet de maîtrise d'œuvre retenu dans le cadre du projet.

BUDGET ESTIMATIF

Surcoût pour le chantier de 1 000 à 1 500 €.

MODALITE DE SUIVI

Contrôle de la bonne mise en œuvre de la mesure dans le cadre de la mission de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

7.3. MESURES DE REDUCTION (MR)

MR 1 : DEMONTAGE ET EVACUATION DES ANCIENS EQUIPEMENTS

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances

CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA MESURE

Le projet prévoit le démantèlement et l'évacuation des gares et des pylônes du TSF4 du Col de Balme qui ne sera plus utilisé.

L'objectif est d'évacuer tous les matériaux et de remettre en état le site.

DESCRIPTION DE LA MESURE

Les travaux devront intégrer :

- > Le démontage et l'évacuation des gares, locaux associés et câbles dont l'usage n'est pas recyclable sur place.
- > Le démontage complet des pylônes, y compris la démolition partielle des socles en béton. Ils seront à réduire à -25/30 cm par rapport au terrain naturel et recouverts par les matériaux rocaillieux du site.

BUDGET ESTIMATIF DE LA MESURE

Intégrés aux coûts des travaux.

MODALITE DE SUIVI

Contrôle de la bonne mise en œuvre de la mesure dans le cadre de la mission de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

MR 2 : INTEGRATION ARCHITECTURALE POUR LES GARES ET LOCAUX ASSOCIES, CHOIX DES MATERIAUX ET COULEURS

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances

CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA MESURE

L'objectif est de favoriser l'intégration architecturale qualitative pour les nouveaux éléments construits (gares, locaux associés et pylônes) afin d'assurer leur discrétion dans le paysage et dans la combe de Balme.

DESCRIPTION DE LA MESURE

Il est conseillé de privilégier des teintes sobres dans une palette des gris qui soient en cohérence avec la texture minérale du secteur. Les gares devront proposer des matériaux et des teintes adaptées à une intégration paysagère optimale : le bois comme matériel d'habillage sera utilisé seulement pour la gare aval en s'accordant avec les bâtiments existants. Les façades des gares et des pylônes devront être en **couleur opaques** et **non réfléchissantes**. Les sièges seront retirés pendant la saison estivale pour limiter tout repère visuel de l'équipement depuis les zones emblématiques du domaine.

Il est rappelé ci-dessous les teintes et matériaux préférentiels qui pourraient être préconisés dans le cadre du cahier des charges des constructeurs :

- > **Pour les pylônes et les canons à neige** : acier galvanisé mat
- > **Pour la gare aval** : couverture bac acier (en gris anthracite RAL 7016), couleurs opaques et partie vitrée non réfléchissantes
- > **Pour la gare amont** : Façade en couleurs opaques et non réfléchissantes avec des couleurs en teinte avec substrat minéral du contexte. Une autre solution serait d'habiller la façade avec des pierres récupérées depuis le site
- > **Pour les locaux associés** : toitures à deux pans, recouvertes de bac acier gris anthracite et habillage des façades ou sous-bassement en pierres pour éviter une surbrillance avec le soleil et donc un reflet important en vues rapprochées et éloignées
- > **Pour les sièges** : favoriser les couleurs froides plus discrètes. De préférence alterner le gris et le noir. Les couleurs trop voyantes et trop claires sont à proscrire.
- > **Pour les bâches de protection pour les pylônes et locaux associés** : Préférer des teintes grises moyennes (éviter le blanc ou des couleurs types orange).

BUDGET ESTIMATIF DE LA MESURE

Intégrés aux coûts des travaux.

MODALITE DE SUIVI

Contrôle de la bonne mise en œuvre de la mesure dans le cadre de la mission de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

MR 3 : INSERTION PAYSAGERE ET TOPOGRAPHIQUE DES MASSIFS DE PYLONES

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances
							Environnement humain

CONTEXTE SUR LA ZONE D'ETUDE

La réalisation des massifs en béton des pieds de pylônes nécessitera des terrassements qui modifieront les textures des surfaces et perturberont la cohérence topographique du versant. La présente mesure donne des indications pour préserver au maximum les surfaces avant tout terrassement et minimiser l'impact de ces derniers dans le cirque rocheux de Balme.

OBJECTIF

Limitier l'impact paysager des terrassements par la remise en forme des massifs.

DESCRIPTION

Avant les terrassements :

Dans le secteur avec de la végétation d'alpage

- > Réaliser un étrépage de la végétation (cf. MR 6) lorsque l'épaisseur de terre est suffisante puis décaper la couche de terre végétale sous-jacente sur une emprise similaire à la zone étrépagee ;
- > Stocker la terre végétale et les mottes étrépagees à proximité de la zone de travaux, végétation vers le haut.

Dans les secteurs minéraux

- > Mettre de côté la première couche de minéraux qui présentent des couleurs et des dimensions différentes des couches sous-jacentes. Les minéraux stockés sur le côté de la zone à terrasser seront remis au pied des pylônes un fois ces derniers installés, en essayant de dissimuler la base en béton.

Après les travaux :

Dans le secteur avec de la végétation d'alpage

- > Utiliser les remblais pour réajuster l'emprise des terrassements autour des massifs ;
- > Remettre en place la terre végétale et les blocs rocheux de manière cohérente avec la pente afin de stabiliser le sol ;
- > Favoriser la revégétalisation des terrains remaniés par la remise en place des mottes étrépagees pour obtenir une homogénéité de la texture prairial aux abords des pylônes ;
- > Recours à l'hydroseeding pour favoriser la revégétalisation.

Dans les secteurs minéraux

- > Utiliser les remblais pour réajuster l'emprise des terrassements autour des massifs ;
- > Remettre en place les éboulis et les blocs rocheux de manière cohérente avec la pente afin de stabiliser le sol.

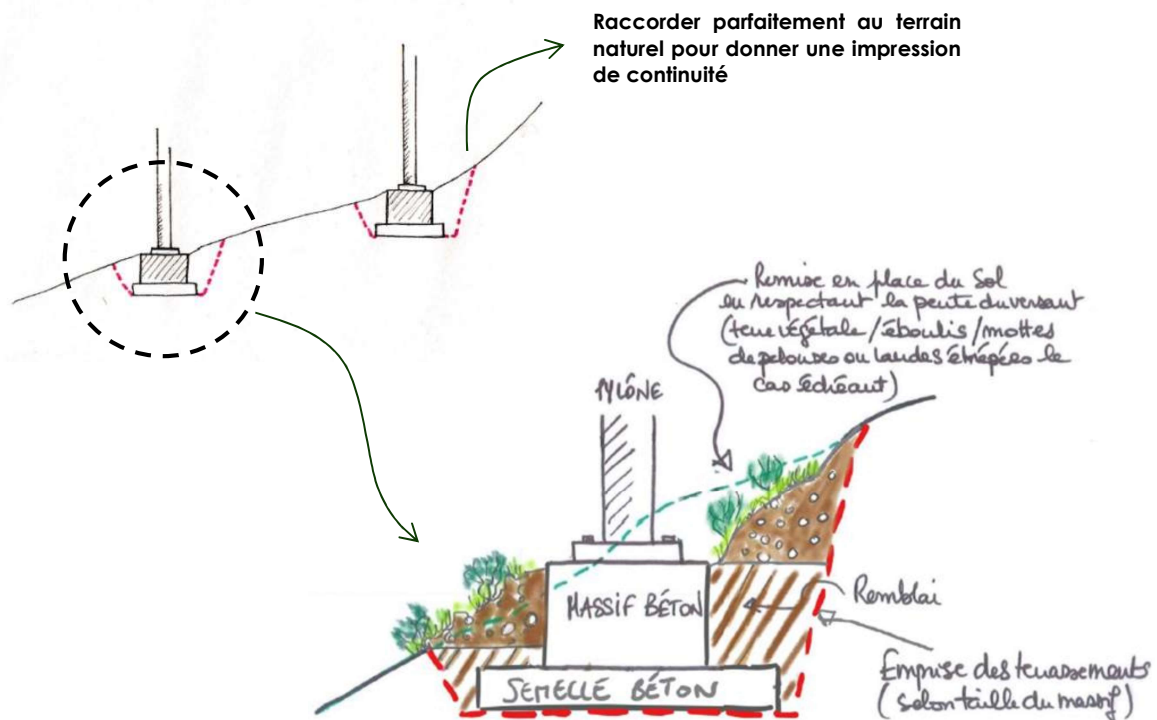


Schéma de principe de traitement des emprises de pylônes

BUDGET ESTIMATIF

Intégré au coût des travaux.

MODALITE DE SUIVI

La bonne réalisation des opérations d'intégration paysagère, notamment le modelage de terrain, le traitement des surfaces et la végétalisation seront assurés par la mise en œuvre de la mesure de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

MR 4 : TRAITEMENT COHERENT DES TALUS ET RACCORDS AU TERRAIN NATUREL

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE				
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation		
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances	Environnement humain

CONTEXTE SUR LA ZONE D'ETUDE

Les terrassements prévus pour les pistes de la Bergerie, de Blanchot et des Crintiaux modifieront la topographie des abords des pistes. Cela aura une incidence sur les zones latérales qui sont actuellement bien raccordées au terrain naturel.

OBJECTIFS

- > Améliorer l'intégration paysagère des zones remaniées en favorisant la cohérence topographique d'ensemble.
- > Faciliter la stabilisation des talus et la pérennisation des opérations de végétalisation des surfaces terrassées.
- > Limiter le risque d'érosion en tête de talus.

DESCRIPTION

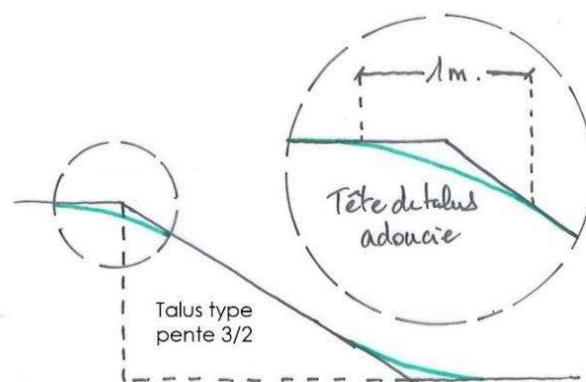
Afin de favoriser l'inscription du projet au plus proche de la topographie naturelle et d'éviter tout effet négatif perceptible en été, les talus en déblais ou en remblais devront être adoucis et parfaitement raccordés aux terrains alentours de manière à donner une impression de continuité.

Cette mesure s'applique spécifiquement aux têtes de talus afin d'éviter la création d'arêtes saillantes qui présenteront à terme des difficultés de végétalisation et resteront par conséquent très perceptibles en période estivale.

Les raccords anguleux devront être étirés sur 1 mètre environ comme indiqué sur le croquis de principe ci-dessous.

Les finitions devront être soignées afin de recréer des irrégularités sur les talus, mieux adaptées à un modelé naturel du terrain. En zone prairiale, un griffage perpendiculaire à la pente est préconisé afin de mieux retenir le mélange de graines semé (cf. MR 7). Les talus lissés au godet seront à proscrire. Un aspect motteux en zone végétalisée et granuleux en zone minérale devra être privilégié.

Il est également préférable d'abaisser tant que possible la pente des talus pour davantage de stabilité, de moindres phénomènes d'érosion, et des conditions favorables à un ensemencement efficace lorsque celui-ci est nécessaire.



Croquis de principe pour le remodelage doux des têtes et

La mesure devra être généralisée à tous les secteurs remaniés et adaptée sur les secteurs revégétalisés.

BUDGET ESTIMATIF

Intégré au coût des travaux.

MODALITÉ DE SUIVI

La bonne réalisation des opérations d'intégration paysagère, notamment le modelage de terrain, le traitement des surfaces et la végétalisation seront assurés par la mise en œuvre de la mesure de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

MR 5 : INTEGRATION PAYSAGERE DE LA TRANCHEE ASSOCIEE AU RESEAU NEIGE

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE				
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation		
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances	Environnement humain

CONTEXTE SUR LA ZONE D'ETUDE

La tranchée du réseau neige sera en grande partie située dans une mosaïque de milieux (végétation d'alpage, éboulis avec végétation clairsemée et chaos rocheux).

OBJECTIFS

Effacer l'effet visuel de la tranchée du réseau neige.

DESCRIPTION

Les matériaux extraits pour la tranchée seront stockés à proximité (si possible sur bâche) et remis en place après la pose du réseau neige (travail à l'avancement, notamment dans les secteurs hors terrassements de pistes). Ainsi, les couches supérieures bénéficiant d'une patine ou contenant quelques matériaux terreux seront redéposées en surface. En zone de reprofilage de piste de ski, l'insertion de cet aménagement sera intégré dans la MR6.

BUDGET ESTIMATIF

Intégré au coût des travaux.

MODALITÉ DE SUIVI

La bonne réalisation des opérations d'intégration paysagère, notamment le modelage de terrain, le traitement des surfaces et la végétalisation seront assurés par la mise en œuvre de la mesure de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

MR 6 : REVEGETALISATION DES SURFACES TERRASSEES PAR LA TECHNIQUE D'ETREPAGE

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances Environnement humain

OBJECTIFS

- > Favoriser le maintien de l'homogénéité paysagère des secteurs d'alpage qui caractérisent le versant, et l'intégration paysagère des terrassements de la **piste Bergerie** par un recouvrement végétal naturel ;
- > Favoriser le maintien des cortèges d'espèces végétales existants ;
- > Favoriser la remise en état rapide des milieux naturels ;
- > Préserver l'horizon superficiel des sols, et limiter l'érosion des sols.

DESCRIPTION

Quand l'épaisseur de terre le permet, la technique d'étrépage sera mise en œuvre sur les surfaces de terrassement montrant à la fois une couverture végétale et un horizon de sol suffisants pour pouvoir prélever des mottes de végétation dans de bonnes conditions, et sur des surfaces de tailles adaptées.

Il conviendra également de s'assurer au préalable que les mottes prélevées pourront être temporairement stockées à proximité de leurs zones d'étrépage afin que celles-ci puissent être replaquées sur les zones de travaux, une fois terrassées.

Le mode opératoire de la technique d'étrépage est le suivant :

- 1) Étrépage des mottes de végétation herbacée à l'aide d'un godet de curage (sur une épaisseur d'environ 20 cm minimum) sur la surface d'emprise des terrassements,
- 2) Dépôt et stockage des mottes de végétation à proximité,
- 3) Prélèvement de la terre végétale restante suite au prélèvement de mottes et dépôt en tas à proximité de la zone de travaux sur une zone sans enjeu,
- 4) Réalisation des travaux de terrassement, mise en forme définitive des modelés de terrains sur les surfaces nouvellement terrassées :
 - > Remodelage éventuel du terrain
 - > Apport en couche de finition de la terre végétale initialement stockée en début de travaux (cf. point 3 précédent)
 - > Sur la couche de terre végétale, replaquage en forme de mosaïques des mottes de végétation étrépees au démarrage des travaux
- 5) Replaquage des mottes avec une légère pression à la pelle afin d'assurer la bonne adhérence de la motte au sol ;
- 6) Procéder à un arrosage abondant des mottes étrépees, ainsi que les semaines suivantes si les conditions climatiques sont défavorables (pluviométrie insuffisante) ;
- 7) En cas de reprise insuffisante du couvert herbacé à l'issu des travaux, un ensemencement sera apporté en complément (cf. MR 7).

Si l'épaisseur de terre ne s'avère pas suffisante pour créer des mottes et/ou maintenir leur survie pendant les travaux, une gestion classique des travaux sera réalisée, à savoir le décapage stockage de la terre végétale puis le régalage de cette dernière à l'issue des travaux, pour se terminer enfin avec une opération de revégétalisation (cf. MR 7).

Précautions particulières

- > Commencer l'étrépage par l'extrémité de la zone à terrasser la plus éloignée ;
- > Décaper les mottes sur une profondeur maximale afin de prélever l'intégralité de la terre végétale présente sur le site ;
- > Privilégier l'étrépage à l'avancement des travaux afin de limiter le transport et le stockage des mottes ;
- > La durée de stockage des mottes doit être réduite à son minimum, et ne doit pas excéder plusieurs mois ;
- > L'étrépage doit être effectué en dehors des périodes à forte pluviométrie ;
- > En cas de stockage, les mottes devront être bien positionnées à l'endroit et superposées le moins possible ;
- > Les trous entre les mottes pourront être comblés avec de la terre végétale, mais les mottes ne devront pas être recouvertes de terre ;
- > Les zones de stockage des mottes feront l'objet d'une mise en défens afin d'éviter tout risque de circulation d'engins, de piétinement ou de pâturage par les troupeaux.

Tignes Val Claret



Test d'étrépage (Juin 2016)

Ci-contre : Talus végétalisé par étrépage : Après travaux (Aout 2016) et 1 an après la fin des travaux (2017)



Exemples d'opération d'étrépage

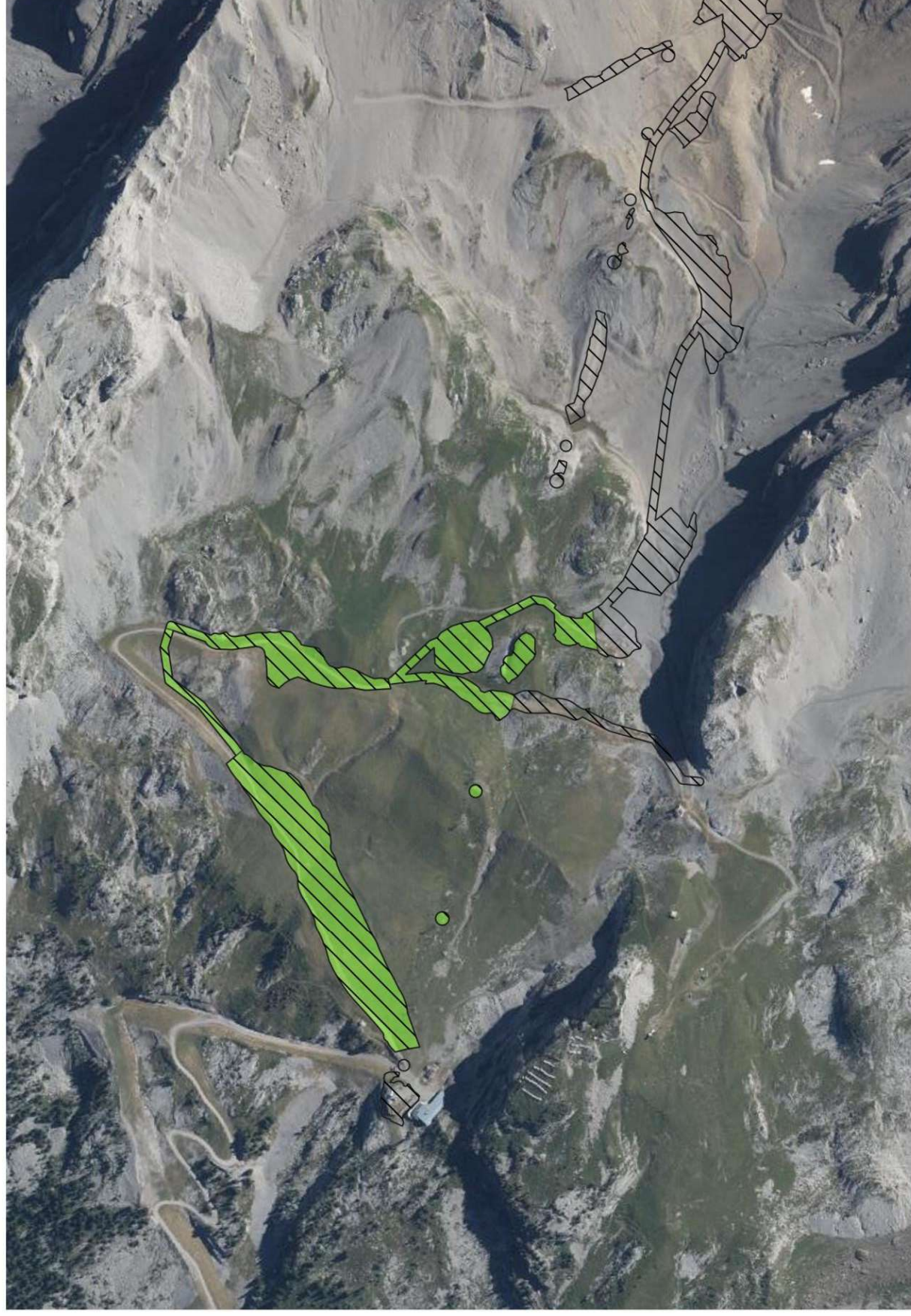
BUDGET ESTIMATIF

Environ 7 € HT/ m², soit environ 327 000 € HT pour les 46 700 m² des secteurs terrassés en bas de la Combe de Balme.



Note : la technique d'étrépage impliquant des heures de pelle mécanique, il convient que cette action soit inscrite au Cahier des charges du Dossier de Consultation des Entreprises qui sera rédigé dans le cadre du projet.

MODALITE DE SUIVI

Contrôle de la bonne mise en œuvre de la mesure dans le cadre de la mission de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).
L'efficacité de la mesure sera contrôlée grâce à la mesure de suivi MS 2 « Suivi des mesures d'épandage et de végétalisation ».



Légende

-  Zones de terrassement
-  Zones potentielles pour appliquer la technique d'étrepage



Échelle : 1:7 000
0 140 m

Conception: KARUM n°2019187 /
A.MAIRE
Fond de carte : IGN : ORTHO
(2023)
Source de données : KARUM
Date : 24/09/2024

MR 7 : REVEGETALISATION COMPLEMENTAIRE DES SURFACES TERRASSEES PAR APPORT D'UN SEMIS DE PLANTES HERBACEES LOCALES

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances Environnement humain

OBJECTIFS

- > Favoriser le maintien de l'homogénéité des pentes herbeuse relativement uniformes,
- > Favoriser la remise en état des zones remaniées,
- > Préserver l'horizon superficiel des sols et limiter l'érosion superficiel.

DESCRIPTION

La technique de revégétalisation par apport d'un semis herbacé sera mise en œuvre dans le secteur 1 (Ressaut autour de la gare aval), le secteur 2 (Alpage) et le secteur 3 (Transition) qui seront à revégétaliser à la suite des travaux de terrassement. Cet apport de semis herbacés sera complémentaire à la mesure MR 6 présentée ci-avant, sur les zones où l'étrépage n'est pas réalisable (absence de terre végétale).

Dans l'hypothèse où l'étrépage ne serait pas du tout réalisable, au maximum environ 46 700 m² seront à ensemercer à l'issue des terrassements (cf. carte ci-avant).

Le mélange de semences sera issu des semences locales, et d'espèces spécialement adaptées aux conditions locales du milieu alpin (température, altitude, période de floraison) et non concurrentiel des espèces indigènes. Le mélange de semences sera réalisé à partir des cortèges d'espèces originellement présentes sur les milieux impactés. Les espèces choisies devront permettre une reprise rapide du couvert herbacé pour d'une part limiter l'érosion et d'autre part garantir une cicatrisation paysagère efficace des zones remaniées.

Les travaux de végétalisation s'effectueront de la manière suivante :

- > En début du chantier, décapier l'horizon superficiel du sol des terrains remaniés sur 20 cm de profondeur minimum afin de mettre de côté la terre végétale disponible sur site. La stocker en cordons de 1,5 mètre de hauteur sur une zone prévue à cet effet ;
- > En fin de chantier effectuer un régalage des matériaux décapés (contenant les graines des espèces présentes avant les travaux) en surface des terrains remodelés ;
- > A l'issue des travaux, procéder à l'ensemencement des zones terrassées. L'ensemencement aura lieu à l'automne, avant la neige : recours à l'hydroseeding pour augmenter les chances de repousses, en particulier sur les talus.
- > La densité des semis devra rester relativement faible, autour de 10 à 12 g/m², car plus favorable à l'expression d'une grande diversité d'espèces ;
- > Procéder à un arrosage abondant des zones les jours d'ensemencement, ainsi que les semaines suivantes si les conditions climatiques sont défavorables ;

- > Exercer une surveillance sur la reprise de la végétation. En cas de reprise insuffisante, réaliser un semis complémentaire. Le protocole sera à définir plus finement lors des travaux dans le cadre d'une assistance opérationnelle.

BUDGET ESTIMATIF

Estimation à 45 000€ HT pour les 46 700 m² des secteurs terrassés en bas de la Combe de Balme (si aucun étrépage possible).

MODALITÉ DE SUIVI

Contrôle de la bonne mise en œuvre de la mesure dans le cadre de la mission de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

L'efficience de la mesure sera contrôlée grâce à la mesure de suivi MS 2 « Suivi des mesures d'étrépage et de végétalisation ».

MR 8 : LIMITATIONS DES NUISANCES POUR L'ENVIRONNEMENT ET LA POPULATION

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances

CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA MESURE

Le projet est situé en milieux naturels. Des nuisances peuvent être générées par le projet notamment lors de la phase travaux (nuisances sonores, émissions polluantes...).

L'objectif de cette mesure est de limiter les nuisances sonores pendant la phase travaux ainsi que les rejets d'émissions de GES et de polluants dans l'atmosphère.

DESCRIPTION DE LA MESURE

Qualité de l'air et émissions de GES

Les émissions polluantes seront réduites autant que possible grâce au respect strict de la réglementation en vigueur pour les engins de chantier (entretien, vitesse...).

Sensibilisation à l'écoconduite

En début de chantier, l'ensemble de chauffeurs d'engins et de poids lourds sera sensibilisé aux intérêts de l'écoconduite : en effet, un comportement de conduite agressif est générateur de nuisances sonores et d'émissions supérieures à celles d'un comportement calme.

Bruit

Les nuisances sonores seront réduites autant que possible grâce au respect strict de la réglementation des engins de chantier. Les matériels utilisés devront tous être homologués « bruit ». L'entrepreneur veillera à limiter l'usage des engins bruyants au strict nécessaire, et arrêtera ceux qui ne servent pas (compresseur par exemple).

Un affichage explicatif permettra d'informer les promeneurs sur la nature du projet et les délais de réalisation de l'aménagement.

La durée globale des travaux devra être limitée dans le temps afin de réduire les nuisances dans le temps.

Poussières

Concernant l'émission de poussières :

- > On veillera à nettoyer régulièrement les engins lors de leur sortie de chantier ainsi que les voies en enrobé dans la zone de transition chantier/voirie ;
- > Des goulottes seront utilisées pour le transfert de gravats ;
- > En cas de vent et de temps sec, on arrosera les sols meubles lors des terrassements (particulièrement les pistes 4x4).

LOCALISATION DE LA MESURE

Dans l'emprise du chantier

BUDGET ESTIMATIF DE LA MESURE

Intégré au coût du projet.

MODALITE DE SUIVI

Contrôle de la bonne mise en œuvre de la mesure dans le cadre de la mission de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

MR 9 : ADAPTATION DU CALENDRIER DES TRAVAUX AFIN D'EVITER LES PERIODES SENSIBLES POUR LA FAUNE

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances

CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA MESURE

Le projet de remplacement du télésiège de Balme et aménagements de pistes associées nécessite des opérations de terrassements. Dans les zones impactées, des espèces d'oiseaux nichant au sol, des rhopalocères et des mammifères à enjeux sont identifiés.

De plus, le démantèlement du TSF4 Col de Balme est également inscrit au projet.

Afin d'éviter tout risque de destruction ou de dérangement de ces espèces, les opérations de terrassements et le démantèlement du TSF actuel feront l'objet d'un planning défini.

DESCRIPTION DE LA MESURE

Hélicoptage des pylônes

Les rotations d'hélicoptère peuvent avoir un impact fort sur les galliformes de montagne et les oiseaux nicheurs en général, lorsqu'elles ont lieu en période de parade et d'accouplements (entre début avril et mi-juin). En effet, le bruit et l'effet de souffle provoqués par l'hélicoptère peuvent conduire à un échec des parades nuptiales, des accouplements et donc du succès reproducteur des espèces. Dans le cadre du projet, deux opérations seront concernées par l'utilisation de l'hélicoptère :

- > Le démantèlement du télésiège Col de Balme,
- > Le montage des pylônes du futur télésiège de Col de Balme.

L'ampleur du projet et les conditions météorologiques ne permettront pas au maître d'ouvrage de réaliser toutes les rotations d'hélicoptères durant la période la moins impactante pour l'avifaune. Aussi, il est prévu de cadrer les horaires des rotations d'hélicoptères (cf. MR 10 ci-après) lors des périodes d'intervention.

Démantèlement des infrastructures

Cette mesure vise à éviter tout risque de destruction d'individus et de nichées d'oiseaux nichant dans les bâtiments existants (pylônes et gares de l'appareil à démonter). Aussi, pour éviter tout impact, les travaux de démantèlement devront être réalisés soit à l'automne, en dehors de la période de reproduction des oiseaux, soit directement après la fermeture du domaine skiable (aucun oiseau ne se sera encore installé pour couvrir).

MOIS DE L'ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Cortège d'oiseaux anthropophiles				Reproduction (présence des couvées)								
Fonctionnement du domaine skiable												
Période favorable pour le démantèlement des bâtiments				Autorisé si le démontage commence dès la fermeture du DS					Absence de contrainte			

Terrassements

L'adaptation des périodes de terrassement vise à éviter tout risque de destruction d'individus et de nichées d'oiseaux nichant au sol au cours des différentes opérations de terrassement inscrites au projet.

- > G1 : aucune contrainte n'est donnée concernant les terrassements de la G1, située sur un site déjà entièrement anthropisé.
- > G2 et haut de la piste Blanchot : les terrassements devront être réalisés en dehors de la période de reproduction des oiseaux nichant au sol dans les milieux rupestres (de début septembre à fin avril). A défaut de pouvoir respecter les périodes autorisées pour les terrassements, ces derniers devront être réalisés dès la fonte des neiges ou après des opérations de déneigement, de manière à éviter que les oiseaux ne s'installent pour la nidification.

MOIS DE L'ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Cortège d'oiseaux des milieux rupestres					Reproduction (présence des couvées)							
Fonctionnement du domaine skiable												
Période favorable pour les terrassements				Autorisé si les terrassements commencent dès la fonte de la neige ou après des opérations de déneigement.						Absence de contrainte		

En rouge : période sensible pour la faune sauvage

- > Terrassements de la piste Bergerie et bas de la piste Blanchot : les terrassements devront être réalisés en dehors de la période de reproduction des oiseaux nichant au sol dans les milieux ouverts, soit de début septembre à fin avril. A défaut de pouvoir respecter les périodes autorisées pour les terrassements, ces derniers devront être réalisés dès la fonte des neiges ou après des opérations de déneigement, de manière à éviter que les oiseaux ne s'installent pour la nidification.

MOIS DE L'ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Cortège d'oiseaux des milieux ouverts					Reproduction (présence des couvées)							
Fonctionnement du domaine skiable												
Période favorable pour les terrassements				Autorisé si les terrassements commencent dès la fonte de la neige ou après des opérations de déneigement.						Absence de contrainte		

En rouge : période sensible pour la faune sauvage

Le génie civil pourra être réalisé après les terrassements sans induire aucun dérangement pour la faune.

BUDGET ESTIMATIF DE LA MESURE

Inclus aux coûts du projet.

MODALITE DE SUIVI

Contrôle de la bonne mise en œuvre de la mesure dans le cadre de la mission de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

MR 10 : ADAPTATION DES HORAIRES POUR LES ROTATIONS D'HELICOPTERE EN PERIODE DE REPRODUCTION DES GALLIFORMES DE MONTAGNE

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances

CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA MESURE

Plusieurs espèces de galliformes (Perdrix bartavelle, Lagopède alpin et Tétraz lyre) sont présentes dans la combe de Balme, où de nombreuses rotations d'hélicoptères vont avoir lieu dans le cadre du projet de remplacement du télésiège de Balme.

L'objectif de cette mesure est donc de limiter les impacts des rotations d'hélicoptères sur la nidification des galliformes de montagne présents dans la combe de Balme.

DESCRIPTION DE LA MESURE

Le planning des travaux sera adapté de manière à limiter les rotations d'hélicoptères aux périodes les moins sensibles pour les galliformes (cf. MR 9 ci-avant). Toutefois, dans le cas où des rotations d'hélicoptères devraient être effectuées entre le 1^{er} avril et le 30 juin (période sensible car de parade, d'accouplement et de ponte), une adaptation des horaires de vol devra être respectée. En effet, les vols ne seront autorisés qu'après 10h du matin, soit après la période d'activité principale des oiseaux.

Il est considéré qu'après la période de parade, d'accouplement et de ponte, les rotations sont moins aptes à faire échouer la nidification.

BUDGET ESTIMATIF DE LA MESURE

Inclus dans les coûts du projet.

MODALITE DE SUIVI

Contrôle de la bonne mise en œuvre de la mesure dans le cadre de la mission de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

MR 11 : MAINTIEN DE LA BONNE VISIBILITE DES CABLES DE REMONTEES MECANQUES POUR LIMITER LES RISQUES DE PERCUSSION POUR LES OISEAUX

TYPE DE MESURES				PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE			
E	R	C	A	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation	
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE				Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances

CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA MESURE

Un risque de percussion avec les câbles de la remontée mécanique a été mis en évidence pour plusieurs espèces d'oiseaux (Perdrix bartavelle, Lagopède alpin et rapaces principalement).

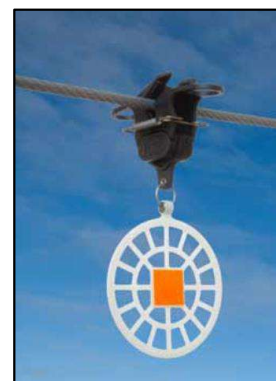
L'objectif est de réduire les risques de percussion des oiseaux avec le câble de la remontée mécanique.

DESCRIPTION DE LA MESURE

Les risques de percussion de l'avifaune (notamment les galliformes et les rapaces) avec les câbles de remontées mécaniques sont avérés lors de mauvaises conditions météorologiques.

À ce titre, le maître d'ouvrage mettra en place un dispositif de visualisateurs colorés disposés sur le câble multipaire directement, chaque visualisateurs étant espacé de 5 m. La mise en place devra se faire avant la mise en service de la remontée mécanique. Les visualisateurs (birdmark) seront installés avec une alternance de couleur (blanc et orange) et catadioptré/réflécteur sur les 2 faces.

Ce système permet d'éblouir l'oiseau dans un **rayon de 12 mètres** et de le dévier de l'obstacle. Le visualisateur joue également le rôle d'épouvantail et empêche les oiseaux de se poser.



Dispositifs Birdmark
Hammarprodukter

BUDGET ESTIMATIF DE LA MESURE

Le coût pour équiper le TSD6 (1 600 ml) en balises avifaune (tous les 5 m) est estimé à 8 000 € HT (environ 25€ par unité).

MODALITE DE SUIVI

Contrôle de la bonne mise en œuvre de la mesure dans le cadre de la mission de suivi environnemental des travaux inscrite au projet (cf. mesure MS 1).

7.4. MESURES DE COMPENSATION (MC)

Les incidences résiduelles du projet sur la faune, la flore et les habitats naturels étant toutes non significatives suite à la mise en place des mesures d'évitement et de réduction, aucune mesure de compensation n'est requise dans le cadre du projet.

7.5. MODALITES DE SUIVI (MS) ET D'ACCOMPAGNEMENT (MA)

Par ailleurs, l'article R.122-5, II, 9° du code de l'environnement (dans sa version modifiée par le décret n°2023-13 du 11/01/2023) précise que l'étude d'impact doit comporter : « le cas échéant, les modalités de suivi des mesures d'évitement, de réduction et de compensation proposées ».

7.5.1. MODALITES DE SUIVI DES MESURES

MESURES	THEMATIQUE CONCERNEE	OBJECTIFS	SUIVI DE MISE EN ŒUVRE*	INDICATEUR	SUIVI D'EFFICACITE**	OBJECTIFS ET TEMPORALITE
MESURES D'EVITEMENT						
ME 1	Habitats naturels Flore Faune	> Disposer de moyens d'intervention rapides en cas de pollutions accidentelles des milieux naturels	MS 1	> Contrôle de la présence des dispositifs nécessaires à chaque suivi de chantier > Echanges avec le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage pour connaître les incidents	-	> Suivi d'efficacité non nécessaire
ME 2	Habitats naturels Flore Faune	> Eviter la destruction de stations de flore patrimoniale, de zones humides ou d'habitats d'espèces faunistiques protégées	MS 1	> Présence/absence de traces de divagation ou de véhicules en dehors des voies d'accès définies	-	> Suivi d'efficacité non nécessaire
ME 3	Habitats naturels Flore Faune	> Protéger les habitats sensibles (zones humides, habitats de reproduction d'espèces protégées, station de flore protégée) et les espèces inféodées.	MS 1	> Pose et dépose des mises en défens en début et fin de chantier > Contrôle du maintien des mises en défens à chaque suivi de chantier	-	> Suivi d'efficacité non nécessaire
ME 4	Habitats naturels Flore Faune	> Limiter les risques d'écrasement des espèces pouvant transiter sur les zones de travaux (reptiles, amphibiens, rhopalocères, oiseaux)	MS 1	> Présence/absence de véhicule roulant vite	-	> Suivi d'efficacité non nécessaire

MESURES	THEMATIQUE CONCERNEE	OBJECTIFS	SUIVI DE MISE EN ŒUVRE*	INDICATEUR	SUIVI D'EFFICACITE**	OBJECTIFS ET TEMPORALITE
ME 5	Environnement humain	> Limiter les nuisances du chantier sur la pratique pastorale et permettre à la végétation étrepée de repousser correctement après la fin des travaux	MS 1	> Présence/Absence d'une réunion de concertation entre le domaine skiable et l'exploitant local	-	> Echanges avec l'exploitant
ME 6	Environnement humain	> Prévenir tout risque d'accident et informer le public	MS 1	> Présence/absence des filets de sécurité autour des zones de travaux > Présence/absence d'informations concernant les itinéraires de randonnée alternatifs	-	> Suivi d'efficacité non nécessaire
ME 7	Habitats naturels Flore	> Eviter l'apport d'espèces invasives par les engins de chantier	MS 1	> Contrôle de la propreté des engins de chantier.	-	> Suivi d'efficacité non nécessaire
MESURES DE REDUCTION						
MR 1	Paysage Habitats naturels Faune	> Effacer de manière efficace les traces des anciens aménagements	MS 1	> Contrôle de l'évacuation des matériaux > Contrôle du bon arasement des massifs béton	-	> Suivi d'efficacité non nécessaire
MR 2	Paysage	> Favoriser une architecture qualitative pour les nouveaux éléments construits	MS 1	> En fin de chantier, respect du raccord au terrain naturel et des prescriptions architecturales	-	> Suivi d'efficacité non nécessaire
MR 3	Paysage	> Limiter l'impact paysager des terrassements par la remise en forme des massifs des pylônes	MS 1	> Encadrement des travaux d'installation des pieds de pylônes > Contrôle de la présence/absence de ruptures topographiques au niveau de l'implantation des massifs de pylônes.	-	> Suivi d'efficacité non nécessaire

MESURES	THEMATIQUE CONCERNEE	OBJECTIFS	SUIVI DE MISE EN ŒUVRE*	INDICATEUR	SUIVI D'EFFICACITE**	OBJECTIFS ET TEMPORALITE
MR 4	Paysage	<ul style="list-style-type: none"> > Améliorer l'intégration paysagère des zones remaniées > Faciliter la pérennisation des opérations de végétalisation > Limiter le risque d'érosion 	MS 1	<ul style="list-style-type: none"> > Encadrement des opérations de terrassement à chaque suivi de chantier > Contrôle de la cohérence topographique des talus concernés : présence/absence d'arêtes marquées en tête ou pied de talus. 	-	<ul style="list-style-type: none"> > Suivi d'efficacité non nécessaire
MR 5	Paysage	<ul style="list-style-type: none"> > Améliorer l'intégration paysagère des zones remaniées > Faciliter la pérennisation des opérations de végétalisation 	MS 1	<ul style="list-style-type: none"> > Vérification de l'aspect des secteurs terrassés après remise en place des matériaux terreux en surface 	-	<ul style="list-style-type: none"> > Suivi d'efficacité non nécessaire
MR 6	Agriculture Paysage Habitats naturels Faune	<ul style="list-style-type: none"> > Favoriser le maintien de l'homogénéité paysagère > Préserver la production fourragère > Favoriser la remise en état des habitats naturels > Préserver l'horizon superficiel des sols 	MS 1	<ul style="list-style-type: none"> > Encadrement des opérations d'étrépage pendant les suivis de chantier > Respect des préconisations : intégrité, stockage et replaillage des mottes étrépagées 	MS 2	<ul style="list-style-type: none"> > Suivre la reprise de la végétation après les opérations d'étrépage > Evaluer le recouvrement du couvert herbacé > 1 prospection par an aux années N+1, N+2, N+3, N+5
MR 7	Agriculture Paysage Habitats naturels Faune	<ul style="list-style-type: none"> > Favoriser le maintien de l'homogénéité paysagère > Préserver la production fourragère > Favoriser la remise en état des habitats naturels > Stabiliser les pentes et limiter l'érosion 	MS 1	<ul style="list-style-type: none"> > Encadrement des opérations de décapage du sol pendant les suivis de chantier > Encadrement des opérations d'ensemencement en fin de chantier 	MS 2	<ul style="list-style-type: none"> > Suivre la reprise de la végétation après les opérations d'étrépage > Evaluer le recouvrement du couvert herbacé > 1 prospection par an aux années N+1, N+2, N+3, N+5
MR 8	Faune Flore Environnement humain	<ul style="list-style-type: none"> > Limiter les nuisances sonores pendant la phase travaux ainsi que les rejets d'émissions de GES et de polluants dans l'atmosphère. 	MS 1	<ul style="list-style-type: none"> > Présence/absence du respect des recommandations (observation des poussières, arrosage des pistes, réduction du bruit, etc.) 	-	<ul style="list-style-type: none"> > Suivi d'efficacité non nécessaire

MESURES	THEMATIQUE CONCERNEE	OBJECTIFS	SUIVI DE MISE EN ŒUVRE*	INDICATEUR	SUIVI D'EFFICACITE**	OBJECTIFS ET TEMPORALITE
MR 9	Faune	> Eviter la destruction et le dérangement en période sensible d'individus d'espèces protégées et/ou menacées	MS 1	> Contrôle du respect des périodes de travaux de terrassement	-	> Suivi d'efficacité non nécessaire
MR 10	Faune	> Eviter le dérangement en période sensible des oiseaux et plus particulièrement des galliformes de montagnes	MS 1	> Contrôle du respect des horaires autorisées pour l'hélicoptage	-	> Suivi d'efficacité non nécessaire
MR 11	Avifaune	> Réduire les risques de collisions des oiseaux	MS 1	> Contrôle de la bonne mise en place des Birdmarks sur la ligne du télésiège	-	> Suivi d'efficacité non nécessaire

7.5.2. DESCRIPTION DES MODALITES DE SUIVI

MS 1 : SUIVI ENVIRONNEMENTAL DES TRAVAUX

TYPE DE MESURES					PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE				
E	R	C	A	S	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation		
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE					Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances	Environnement humain

CONTEXTE SUR LA ZONE D'ETUDE

Plusieurs sensibilités environnementales ont été identifiées sur la zone d'étude du projet et sont susceptibles d'être impactées par les travaux d'aménagement projetés.

Afin d'éviter toutes incidences notables des opérations d'aménagement inscrites au projet sur l'environnement, plusieurs mesures seront mises en œuvre par le Maître d'ouvrage pour que celles-ci soient évitées ou réduites à un niveau d'incidence non significatif.

OBJECTIF

Suivre la bonne mise en œuvre de l'ensemble des mesures environnementales inscrites au projet et évaluer leur efficacité à court, moyen et long terme.

DESCRIPTION

Le suivi environnemental des travaux sera confié à un bureau d'études compétent au regard des sensibilités environnementales qui seront à suivre dans le cadre de la réalisation du projet.

Outre une sensibilité marquée à l'environnement, le bureau d'études en charge du suivi devra présenter des compétences plus particulières en écologie et en paysage.

Le suivi environnemental des travaux donnera lieu à une mission spécifique dont les grandes lignes peuvent être résumées de la manière suivante :

- > Participation aux réunions préparatoires au démarrage des travaux
- > Réalisation d'actions environnementales préalables au démarrage des travaux (ex. : mises en défens de milieux naturels sensibles)
- > Au démarrage des travaux :
 - Sensibilisation des entreprises en charge des travaux et de leur personnel aux enjeux environnementaux à prendre en considération dans le cadre du chantier (ex. : espèces protégées, milieux naturels sensibles, activités touristiques, ...) ;
 - Contrôle des mesures environnementales que doivent mettre en place les entreprises en charge des travaux.
- > En cours de travaux :
 - Participations périodiques aux réunions de chantier
 - Contrôles réguliers des dispositifs environnementaux mis en place au démarrage du chantier et de leur respect par les entreprises ;
 - Encadrement des phases de travaux considérées comme délicates au niveau environnemental (ex. : opérations d'étrépage) ;

- Réponses aux questions et sollicitations d'ordre environnemental en provenance du Maître d'ouvrage, de son maître d'œuvre ou encore des entreprises en charge des travaux.
- > En fin de travaux, retrait des dispositifs environnementaux mis en place au début du chantier

Chaque intervention du bureau d'études réalisées dans le cadre de sa mission donnera lieu à la rédaction d'un compte-rendu adressé au Maître d'ouvrage, à son maître d'œuvre, aux entreprises en charge des travaux ainsi qu'à tout autre interlocuteur que le maître d'ouvrage aura jugé utile d'associer (ex. : agriculteurs).

BUDGET ESTIMATIF

17 250€ HT (comprenant 15 visites de chantier avec rédaction des comptes-rendus d'intervention). Le nombre de visites nécessaires pourra être revu en fonction de l'avancée des travaux. Le prix d'achat du matériel de mise en défens sera également à rajouter.

MS 2 : SUIVI DES MESURES D'ETREPAGE ET DE VEGETALISATION

TYPE DE MESURES					PHASE D'APPLICATION DE LA MESURE				
E	R	C	A	S	Phase de conception	Phase de travaux	Phase d'exploitation		
THÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE CONCERNÉE					Paysage et patrimoine	Milieux physiques	Biodiversité	Pollutions et nuisances	Environnement humain

OBJECTIF

- > Evaluer la reprise et la réussite de la végétalisation et la réhabilitation des milieux naturels.
- > Comparer l'efficacité des différentes méthodes de revégétalisation mises en œuvre.
- > S'assurer que les objectifs des mesures environnementales sont atteints.
- > Avoir un retour sur une expérience valorisable pour d'autres projets similaires.

DESCRIPTION

SUIVI BOTANIQUE

Ce suivi sera mis en place sur les différentes zones ayant fait l'objet de 2 méthodes différentes de végétalisation : étrépage et semis.

Le protocole consiste à mesurer la couverture végétale, la diversité et la typicité de la végétation, à partir de placette de 1 m² mises en place à l'aide de quadrats sur les zones végétalisées à suivre.

Les placettes sont matérialisées au sol de manière permanente à l'aide de piquets, ou si ce n'est pas possible, de plaques en métal numérotées situées dans les coins nord-ouest, et sud-est. Des placettes témoins correspondant aux habitats naturels similaires non impactées et situées à proximité sont intégrées au suivi. Ceci pour but de comparer l'évolution de la végétation des placettes végétalisées avec celles des placettes d'habitats témoins non impactés.

Le nombre de placettes sera défini sur le site, en fonction de la surface et du contexte des zones végétalisées à suivre. Sur chaque placette, le protocole consiste à :

- > Réaliser un relevé floristique le plus exhaustif possible, en attribuant un coefficient d'abondance dominance à chacune des espèces végétales relevées (cotation Braun-Blanquet) ;
- > Effectuer une estimation visuelle du taux de recouvrement total de chaque placette par la végétation par rapport aux nombres de mailles dans le quadrat. Le recouvrement de chaque placette fait également l'objet d'une prise de vue photographique ;
- > Relever les éléments stationnels qui peuvent influencer le développement de la végétation (présence de paillis, topographie, nature du sol, localisation, etc.).

Le suivi botanique sera réalisé 1 fois par an à la même période de l'année, et ce pendant les 3 premières années après les travaux, puis à N+5. Les observations et constats établis chaque année à l'échelle des zones de travaux suivies donneront lieu à des recommandations en termes de reprise de travaux afin de garantir une intégration paysagère optimale des aménagements comme des équipements qui auront été réalisés dans le cadre du projet.

SUIVI PAYSAGER

Un suivi paysager sera réalisé dont l'objectif est d'évaluer l'efficacité des mesures mises en œuvre par la SATELC et le Service des pistes de la Clusaz, afin de favoriser l'intégration paysagère des travaux réalisés ou pour permettre la cicatrisation des espaces dégradés.

Un suivi paysager des zones concernées par les travaux permettra de :

- > Évaluer l'efficacité des mesures d'intégration paysagère mises en œuvre,
- > Analyser la capacité de cicatrisation et la vitesse de résilience selon les milieux (topographie, nature du sol, végétation...) ;

Une grille d'analyse est utilisée et permet de suivre chaque année l'évolution de l'intégration paysagère des travaux sur la base de 5 indicateurs différents (cf. image ci-dessous). Dans le cas du projet il s'agira de s'assurer que les zones remaniées se feront discrètes dans le paysage par :

- > Des talus aux raccords soignés et souples avec le terrain naturel ;
- > Une cohérence de granulométrie entre les zones terrassées et le terrain naturel et un respect du contexte rocheux ;
- > Une revégétalisation homogène et pérenne des secteurs de pelouses.

Ces mesures seront donc vérifiées et suivies et des suggestions opérationnelles pourront être suggérées lors d'une intégration paysagère jugée partielle ou non satisfaisante. Les conclusions pourront aider le gestionnaire du domaine skiable à réintervenir en modifiant ses pratiques et à optimiser les techniques de mise en œuvre. Ce suivi sera réalisé 1 fois par an à la même période de l'année, et ce jusqu'à ce que le paysagiste en charge du suivi estime que l'intégration paysagère est jugée satisfaisante (à minima sur 3 ans). Les observations et constats établis chaque année à l'échelle des zones de travaux suivies donneront lieu à des recommandations en termes de reprise de travaux afin de garantir une intégration paysagère optimale des aménagements comme des équipements qui auront été réalisés dans le cadre du projet.

Grille de suivi des travaux en domaine skiable dans le cadre de l'observatoire de l'environnement. Source : KARUM

INDICATEURS SUIVIS (Mesures ERC le cas échéant)	MISE EN ŒUVRE	EFFICIENCE
Cohérence architecturale : Couleur et hauteur des pylônes, qualité architecturale des gares	Pour chaque Mesure	Pour chaque Mesure
Cohérence topographique : terrassement raccordé à la topographie naturelle, modulations du talus de gauche	Réalisée	Objectif non atteint
Traitement des surfaces : Travaux sur l'apiaz, enrochement de talus, stabilisation des sols	En cours	Objectif partiellement atteint
Végétalisation arborée : plantation d'arbres, de lande, reboisement	Projetée	Objectif en cours
Végétalisation herbacée : semis, étrépage...	Non réalisée	Objectif atteint
SUITE A DONNER	ÉVALUATION DE L'INTÉGRATION PAYSAGÈRE DES TRAVAUX	
A suivre en ... Suivi terminé	Evaluation en attente	
	Intégration non satisfaisante	
	Intégration partielle	
	Intégration en cours (stabilisation)	
	Intégration satisfaisante	

BUDGET ESTIMATIF

4 200€ HT la 1^{ère} année pour la mise en place, et 2 700€ HT /an pour la suite du suivi (2 jours de terrain et 2 jours de bureau).

Soit un coût total de 9 600€ HT pour 3 ans.

7.6. SYNTHESE DES MESURES PRECONISEES ET LEUR COUT

Il est prévu la mise en œuvre de 18 mesures environnementales, dont :

- > 7 mesures d'évitement ;
- > 11 mesures de réduction ;
- > Aucune mesure de compensation ou d'accompagnement n'est prévue dans le cadre du projet.

Enfin, il est prévu que ces mesures fassent l'objet d'un suivi afin de veiller à leur efficacité. Les modalités de suivi s'appliquent à chaque mesure environnementale et sont réparties dans le temps comme suivant :

- > 1 suivi en phase chantier ;
- > 1 suivi en phase d'exploitation du projet.

Les mesures et leurs modalités de suivi, ainsi que leur coût sont visibles dans le tableau suivant.

MESURES ET MODALITES DE SUIVI	COUT ESTIMATIF (€)
MESURE D'EVITEMENT (ME)	
ME 1 : BASES DE VIE DU CHANTIER ET ENGINS DE CHANTIER EQUIPES DE KITS ANTIPOLLUTION	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
ME 2 : PLAN DE CIRCULATION DES ENGINS DE CHANTIER	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
ME 3 : MISE EN DEFENS DES ZONES SUJETTES A INCIDENCES POTENTIELLES	2 750€ HT
ME 4 : VITESSE DE DEPLACEMENT DES ENGINS DE CHANTIER ADAPTEE	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
ME 5 : CONCERTATION AVEC LES EXPLOITANTS AGRICOLES ET GESTION PASTORALE DU SITE	2 250€ HT
ME 6 : MISE EN SECURITE DES ZONES DE CHANTIER	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
ME 7 : LUTTE CONTRE LA DISSEMINATION DES ESPECES INVASIVES	SURCOUT POUR LE CHANTIER DE 1 000 A 1 500 €.
MESURE DE REDUCTION (MR)	
MR 1 : DEMONTAGE ET EVACUATION ANCIENS EQUIPEMENTS	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
MR 2 : INTEGRATION ARCHITECTURALE POUR LES GARES ET LOCAUX ASSOCIES, CHOIX DES MATERIAUX ET COULEURS	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
MR 3 : INSERTION PAYSAGERE ET TOPOGRAPHIQUE DES MASSIFS DE PYLONES	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
MR 4 : TRAITEMENT COHERENT DES TALUS ET RACCORDS AU TERRAIN NATUREL	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
MR 5 : INTEGRATION PAYSAGERE DE LA TRANCHEE ASSOCIEE AU RESEAU NEIGE	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
MR 6 : REVEGETALISATION DES SURFACES PAR LA TECHNIQUE DE L'ETREPAGE*	327 000€ HT
MR 7 : REVEGETALISATION COMPLEMENTAIRE DES SURFACES TERRASSEES PAR APPORT D'UN SEMIS DE PLANTES HERBACEES LOCALES*	45 000€ HT
MR 8 : LIMITATIONS DES NUISANCES POUR L'ENVIRONNEMENT ET LA POPULATION	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
MR 9 : ADAPTATION DU CALENDRIER DES TRAVAUX AFIN D'EVITER LES PERIODES SENSIBLES POUR LA FAUNE	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
MR 10 : ADAPTATION DES HORAIRES POUR LES ROTATIONS D'HELICOPTERE EN PERIODE DE REPRODUCTION DES GALLIFORMES DE MONTAGNE	COUT INTEGRE AU MONTANT DES TRAVAUX
MR 11 : MAINTIEN DE LA BONNE VISIBILITE DES CABLES DE REMONTEES MECANIKES POUR LIMITER LES RISQUES DE PERCUSSION POUR LES OISEAUX	8 000€ HT
MODALITE DE SUIVI (MS)	
MS 1 : SUIVI ENVIRONNEMENTAL DES TRAVAUX	17 250€ HT
MS 2 : SUIVI DES MESURES D'ETREPAGE ET DE VEGETALISATION	9 600€ HT
Coût total des mesures	413 350
Part relative par rapport au coût du projet (13 100 000€)	= 3,2%

**A noter que ces deux mesures sont complémentaires. Les coûts affichés ne se cumulent pas mais seront à ajuster au regard de la surface terrassée où l'étrépage s'avère possible.*