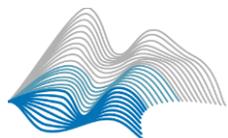
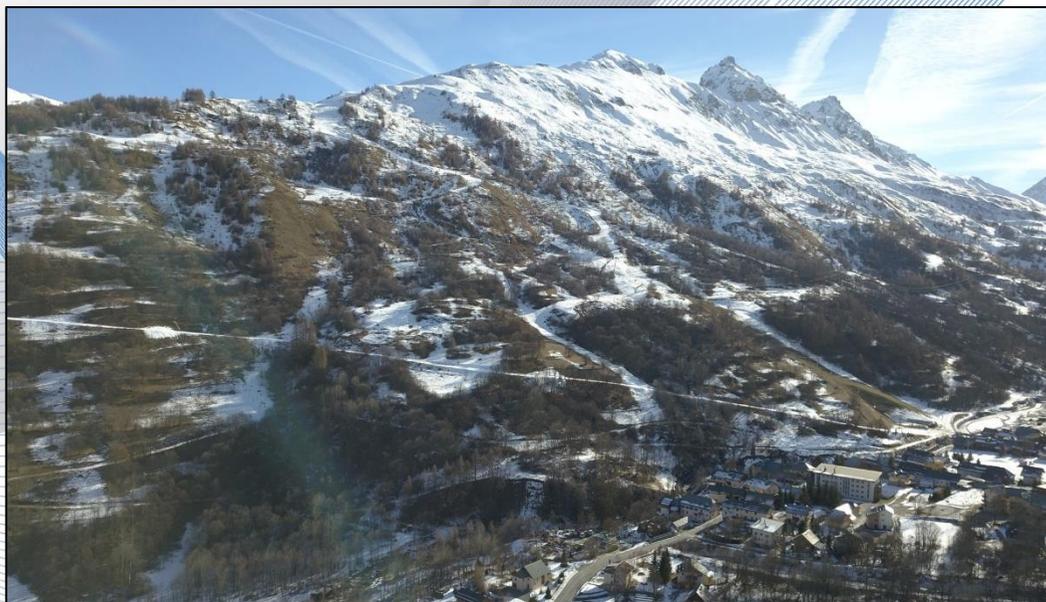




DIAGNOSTIC & PRESCRIPTIONS PARAVALANCHES

Projet de Club Med – Les Verneys – Commune de Valloire

V0 niveau faisabilité / UTN du 14/01/2019

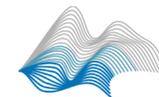


ENGINEERISK

354 voie Magellan - 73 800 Sainte Hélène du Lac / FR

☎ : + 33 (0)6 23 75 04 44 - Site Web : www.engineerisk.com

Siret : 499 774 032 000 27 - SAS au capital de : 11 870 €



Etude réalisée par Engineerisk

Rédigée par : Dr. Ing. Philippe BERTHET-RAMBAUD

☎ : +33 (0)6 23 75 04 44

✉ : philippe.berthet-rambaud@engineerisk.com

Visa:

Relue par : Ing. Fanny BOURJAILLAT

☎ : +33 (0)6 23 75 06 42

✉ : fanny.bourjaillat@engineerisk.com

Visa :

Ce rapport contient 14 pages

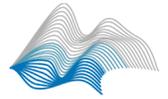
Sauf mention contraire : crédits photos Engineerisk / figures en plan orientées nord vers le haut/ Fond orthophoto BingImagery

Référence : FRA377

Version 0 du 14/01/2018 – niveau faisabilité/UTN

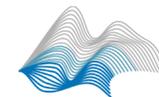
REFERENCES

- [1] RTM73, Etude et cartographie des aléas, projet UTN dur le secteur des Verneys en rive droite de la Valloirette, Commune de Valloire, Novembre 2018
- [2] Visite sur site le 5 décembre 2019
- [3] Nuages de points MTSI
- [4] MDP consulting, présentation réunion administrative du 17 décembre 2018 à la DDT Chambéry
- [5] PIDA de la station, source : service des pistes
- [6] Révision partielle n°1 du Plan de Prévention des Risques, Commune de Valloire, juin 2013



SOMMAIRE

Références	2
1. INTRODUCTION	4
2. ETAT DES RISQUES CONNUS.....	5
A. EPA – CLPA	5
B. Protections existantes - PIDA.....	6
3. SITE & CONTEXTE NIVO-METEO	7
A. Site	7
B. Epaisseurs mobilisables.....	10
4. SCENARIOS DE REFERENCE ET QUANTIFICATION DES PHENOMENES12	
A. Scénarios de référence	12
B. Résultats de la modélisation	13
5. PRESCRIPTIONS & CONCLUSIONS.....	14



1. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de Club Med à Valloire en rive droite de la Valloirette au niveau du hameau des Verneys (Figure 1), une évaluation spécifique des risques naturels a été réalisée par le service RTM de la Savoie [1] : elle classe une partie de l'emprise concernée en zone d'aléa fort avalanche (zone A3 - Figure 2).

Au stade de l'étude UTN, le présent rapport a pour but de raffiner ce premier état des lieux, le cas échéant pour proposer les prescriptions protectives ou architecturales nécessaires.

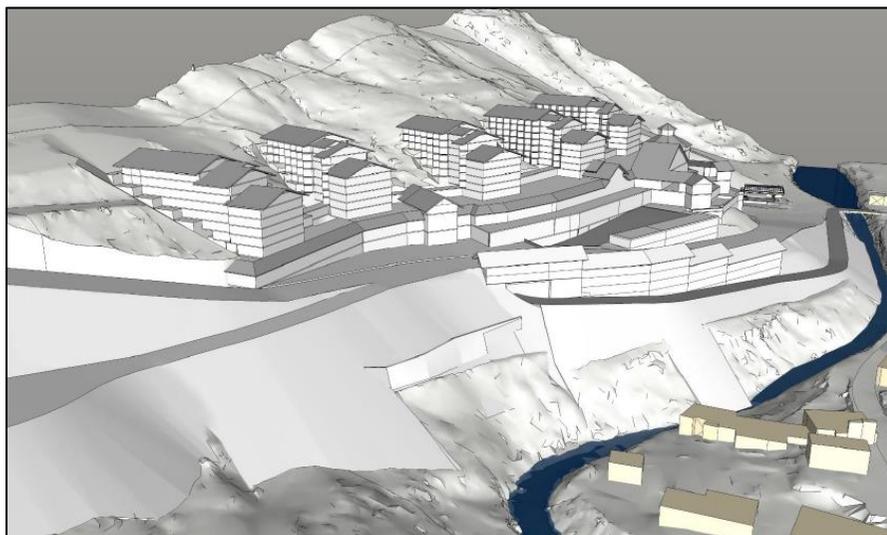


Figure 1 – Vue globale du projet [4]

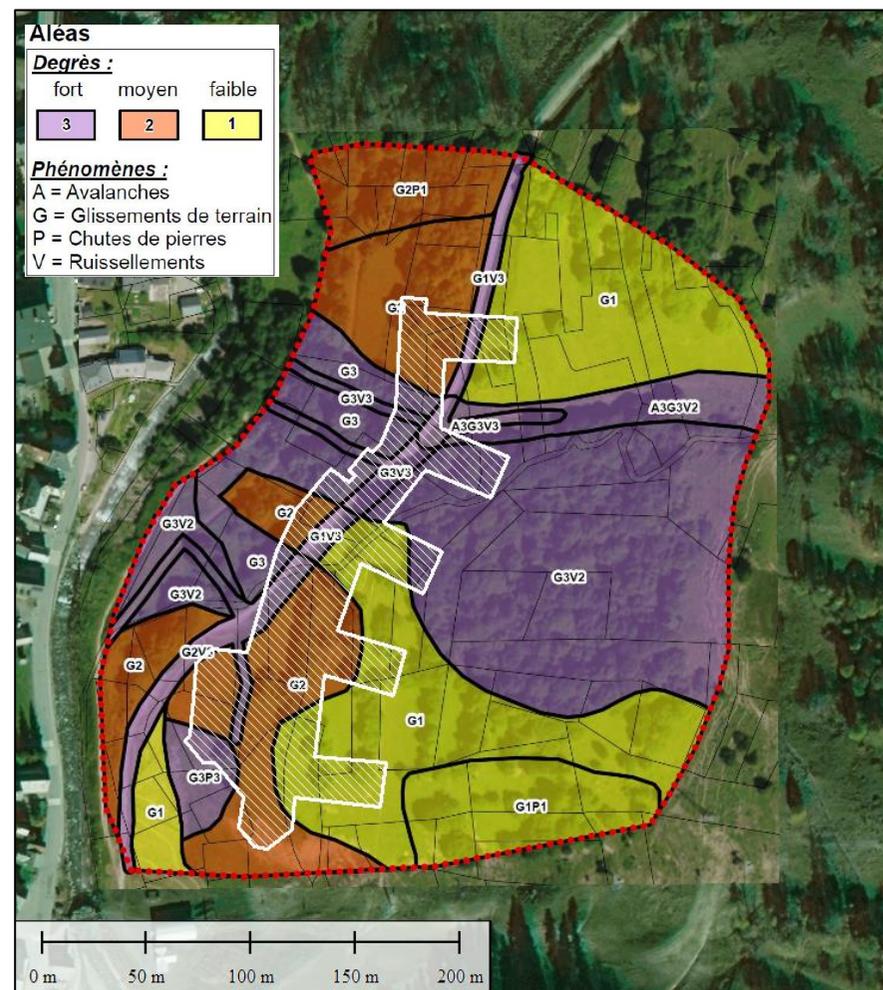
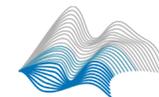


Figure 2 – Superposition de l'emprise prévue du projet (en blanc avec la carte des aléas issue de [1])



2. ETAT DES RISQUES CONNUS

A. EPA – CLPA¹

Comme le montrent les deux figures ci-après, la Carte de Localisation des Phénomènes Avalancheux (CLPA) n'a d'une part pas vraiment évolué dans ses emprises (hormis leur classification) depuis la première version de 1972 et surtout reste très haut dans le versant pour ne montrer aucune menace directe sur la zone du projet.

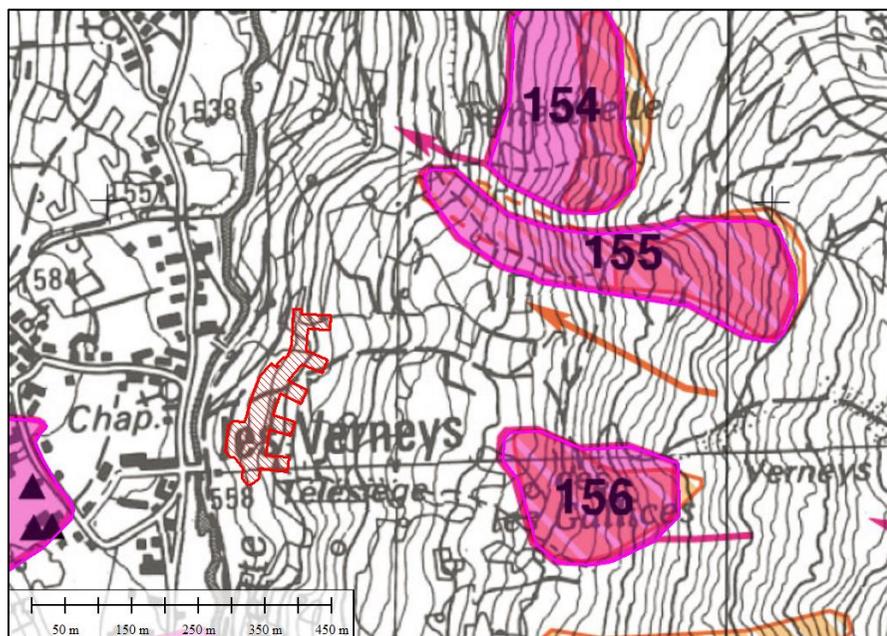


Figure 3 – Extrait de la CLPA actuelle et emprise du projet en rouge

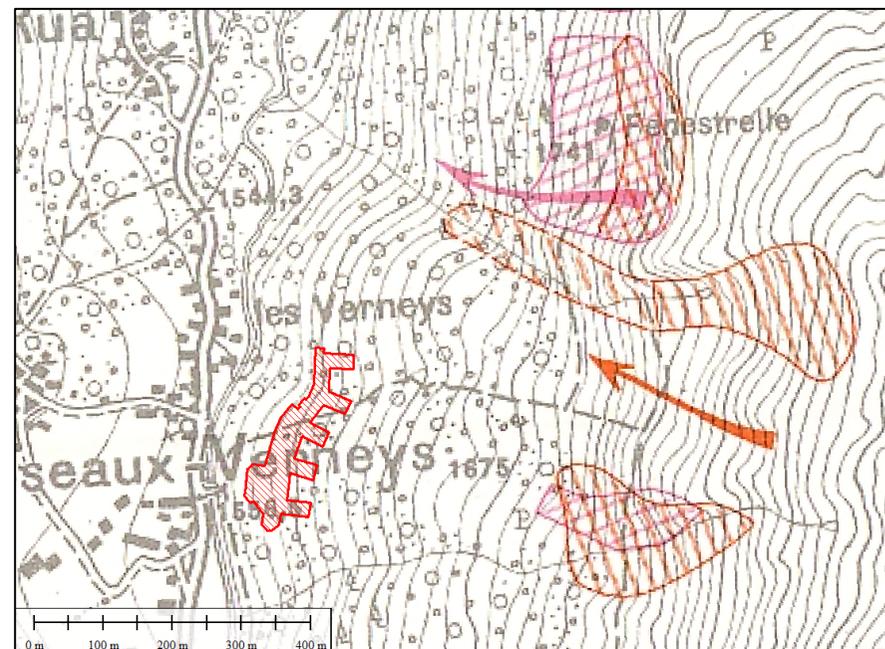


Figure 4 – Extrait de première version de la CLPA (1972) et emprise du projet en rouge

Aucune des emprises référencées n'est même dénommée et aucune information spécifique ne ressort des fiches signalétiques correspondantes.

¹ www.avalanches.fr

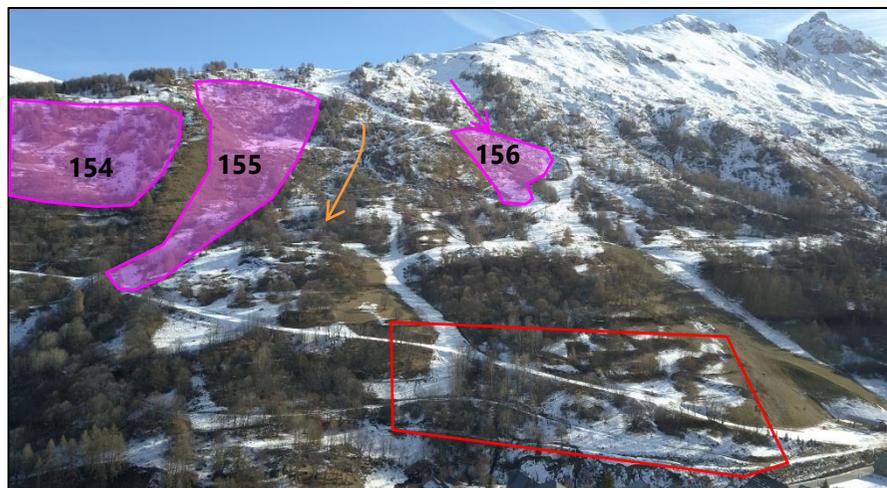
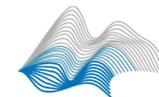


Figure 5 – Localisation des emprises CLPA et emprise globale du projet

En plus d'être particulièrement plus hautes dans le versant (Figure 5), de correspondre à des pentes certes "raides" mais de surfaces limitées, ces emprises sont aussi soit situées latéralement (n°154 et 155) et/ou sont confrontées à différentes plateformes intermédiaires de traversées de pistes.

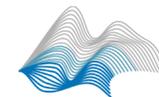
B. PROTECTIONS EXISTANTES - PIDA

Justement, cette présence de pistes intègre de fait le secteur "dans" le Plan d'Intervention de Déclenchement des Avalanches de la station [5]. Or, celui-ci est également cohérent avec un état limité des risques d'avalanches puisque le seul point effectivement connu (n°213 - Figure 6) correspond à la flèche CLPA au-dessus de l'emprise 156.

Il s'agit d'un tir à la main dans la même mission que le tir 211 sous vigie VV1 : même si cette protection n'est pas à prendre en compte pour un projet urbanistique, elle n'en illustre pas moins directement "l'ampleur" du sujet sur ce versant.



Figure 6 – Superposition du PIDA [5] sur orthophoto et emprise prévue du projet



3. SITE & CONTEXTE NIVO-METEO

A. SITE

Au-delà de ce qui précède, quelques pentes non incluses dans les emprises CLPA (notamment entre les n°155 et 156) dépassent effectivement 30° (Figure 7) mais hormis la flèche CLPA photo-interprétée/orange, ces pentes correspondent surtout à des configurations convexes.

On notera également :

- une remontée progressive et une évolution majeure du couvert forestier dans les pentes sommitales précitées notamment par

l'abandon progressif de certains pâturages et la remontée naturelle de la limite forestière (Figure 8).

- les différentes plateformes de piste (Figure 6) qui coupent également ce versant par rapport à sa situation historique pour également apporter une contre-contribution au possible risque avalancheux.

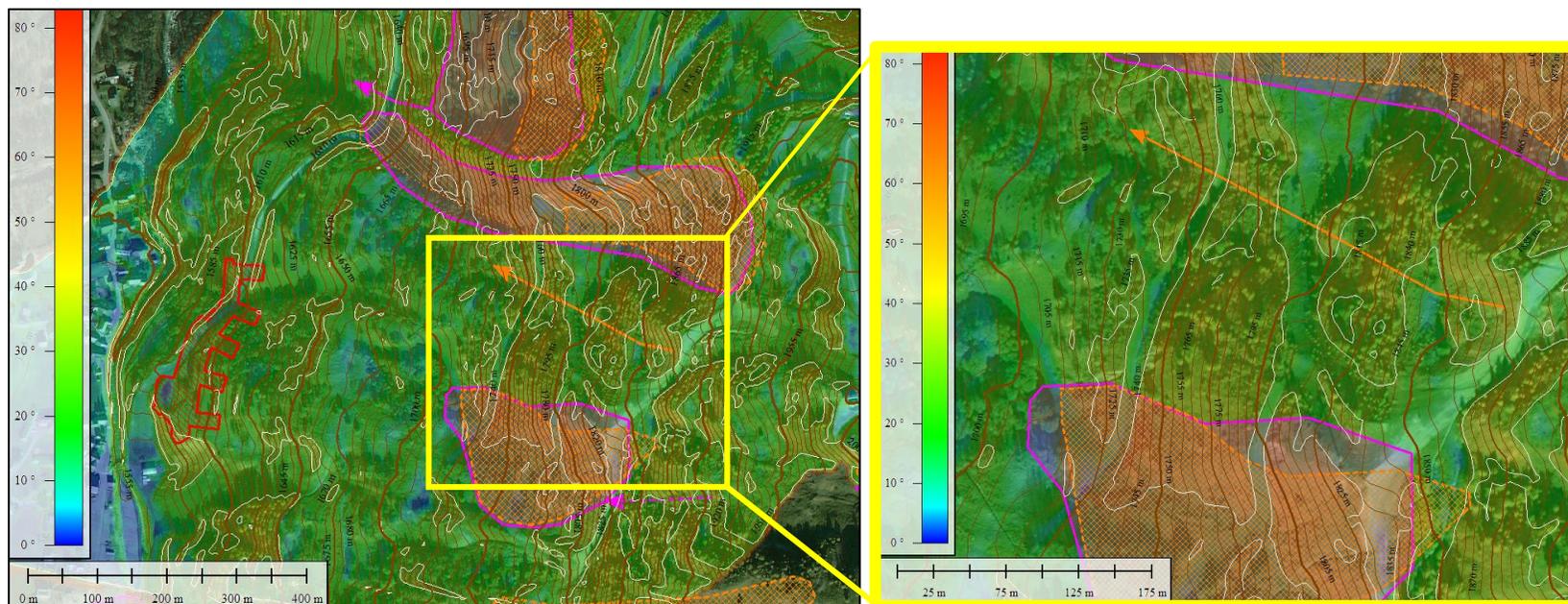


Figure 7 – Carte des pentes avec limite des 30° (en blanc)

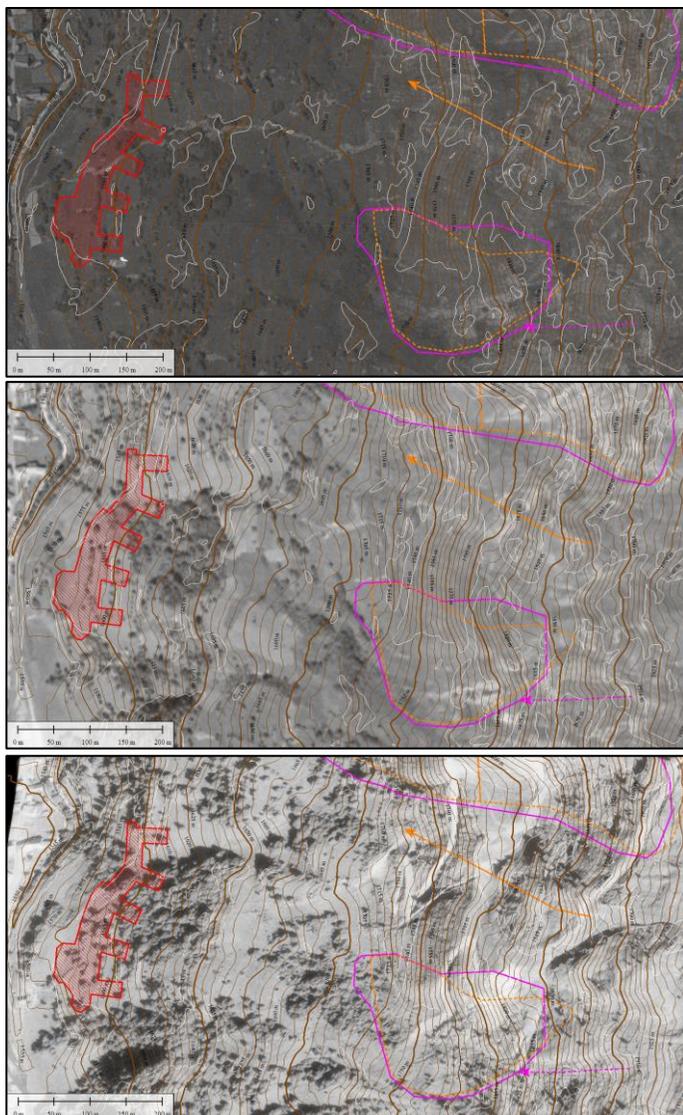
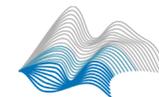


Figure 8 – Localisation du projet (en rouge) sur photo IGN de 1945, 1960 et 1987 (source : www.geoportail.fr) – Rectification manuelle sur éléments visuels remarquables pouvant conduire à des décalages pluri métriques

Pour autant et en particulier sur la base des pentes, de ses observations de terrain mais aussi de l'étude de Toraval pour le télésiège des Verneys (2012), le RTM détecte un certain nombre de lignes d'écoulements potentielles (Figure 9).

La trajectoire n°6 recoupe ainsi les hypothèses de Toraval en atteignant possiblement le bas du versant mais ne concerne pas directement l'emprise du projet situé plus au nord. On pourra d'ailleurs noter que cette trajectoire traverse effectivement une longue section raide (>30°) bien plus importante en comparaison des zones soi-disant de départ pour les autres trajectoires identifiées (n°2, 3, 4 et 5).

Comme indiqué dans [1] : "Au droit de la zone de projet, il réside un talus assez raide entre les côtes 1750 et 1800 qui peut donner lieu à des déclenchements de coulées (2 à 3 [...]). Ces dernières devraient être de volumes modestes car la surface d'alimentation reste restreinte.

Pour l'avalanche n°2, la topographie ne forme pas de canalisation et la présence de feuillus ainsi que d'un large replat en amont immédiat du périmètre (sur près de 250 m de longueur), permettent de conclure qu'elles se déposeront avant de pénétrer dans la zone d'étude.

Pour l'avalanche n°3, une extension d'avalanche rare (T100 ou supérieure ?) n'est pas à exclure jusque dans la petite combe en pré sur le Nord du périmètre [...], du fait de pentes supérieures à 30° faiblement boisées (jeunes mélèzes) entre les passages de piste, avec un replat intermédiaire moins marqué que pour les coulées centrales précitées (n°2), et surtout un effet de canalisation dans la combe en contrebas."

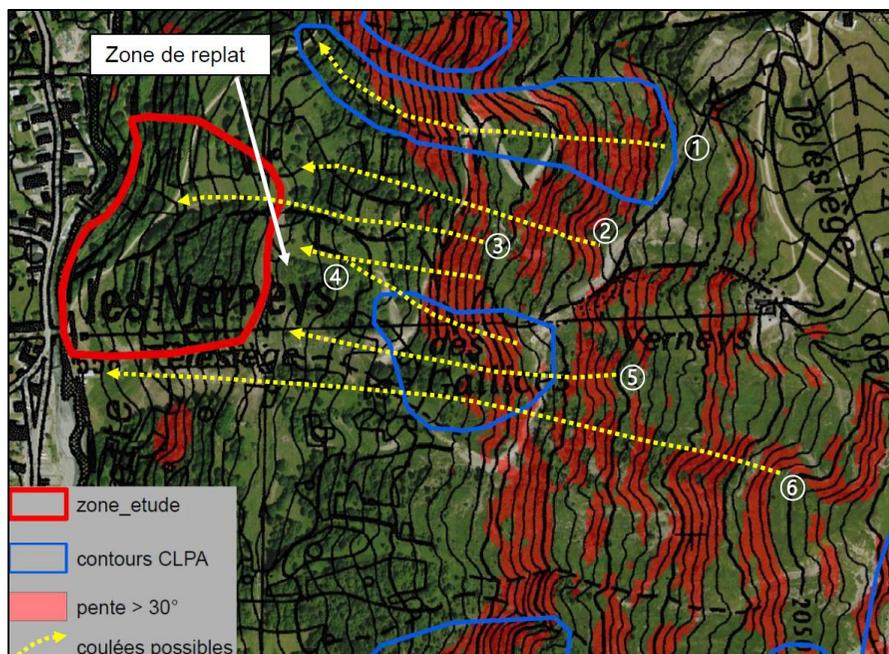
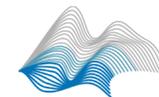


Figure 9 – Système avalancheux du site selon expertise RTM [1]

Cependant, cette analyse paraît particulièrement conservatrice : certes, les pentes de départ sont "théoriquement" propices mais pour autant, sont aussi dans un contexte qui aurait pu/du démontrer ce potentiel avalancheux depuis longtemps avec moins de forêt par le passé (Figure 8) et surtout la présence du hameau des Verneys directement "à vue" (chapelle érigée en 1700m) pour rapporter quelques témoignages historiques.

En fait, les pentes sont relativement courtes, modérées (tout juste 35° au sommet de la trajectoire 3) et limitent fortement l'impulsion possible a

fortiori dans un contexte de domaine skiable avec plusieurs pistes qui entrecourent le versant.

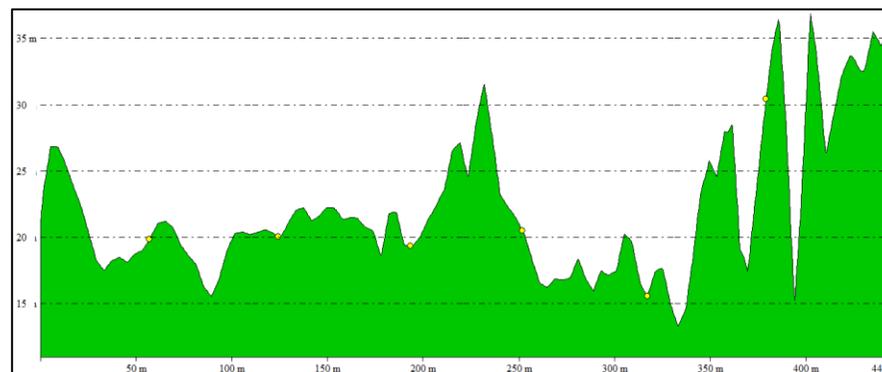
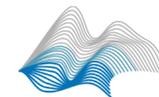


Figure 10 – Valeur des pentes de l'aval (à gauche) vers l'amont (à droite) le long de la trajectoire RTM n°3

Dans ces conditions, l'aléa ne peut être totalement exclu mais doit être clairement requalifié. En particulier, les éléments quantitatifs fournis par l'étude Toraval de 2012 (notamment en termes de pression) ne sont pas représentatifs vu la différence majeure de géométrie entre les trajectoires n°6 et n°3.



B. EPAISSEURS MOBILISABLES

En vue d'analyses quantitatives des phénomènes et en partant de l'hypothèse qu'une avalanche d'une période de retour donnée est elle-même issue de l'épaisseur mobilisable correspondante², il s'agit donc d'estimer ces épaisseurs mobilisables à partir de l'analyse statistique des précipitations.

Il faut cependant signaler l'aspect délicat (mais en même temps incontournable) de ce genre d'estimations :

- Les séries de données disponibles sont courtes (quelques décennies au mieux) et il est donc hasardeux de faire des extrapolations à (trop) long terme. Par ailleurs, les valeurs erronées ou manquantes ne sont pas rares dans les séries de données brutes (défaillance des appareils de mesure, impossibilité d'accéder).
- Les méthodes statistiques comportent toutes leurs biais et les valeurs des précipitations extrêmes sont définies avec une certaine imprécision (écarts possibles jusqu'à 75%).
- D'autres influences (transport de neige par le vent) peuvent contribuer de manière non négligeable aux épaisseurs présentes.

Il convient donc de garder une attitude prudente sur cette démarche en restant capable d'évaluer la vraisemblance des résultats et/ou le cas échéant d'en tester la sensibilité. Ici, la méthode IFENA 1992 fait toujours référence pour structurer la démarche. En termes de données, le CEMAGREF (désormais Irstéa) a réalisé, en 2006-2007, une étude pour de nombreux postes du réseau pluviométrique de Météo-France et permettant de

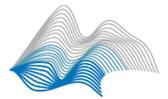
disposer de données « officielles » (disponibles sur www.avalanches.fr). La variable restituée est la hauteur des précipitations hivernales (sur la période du 15 novembre au 15 mai) exprimée en mm d'eau, cumulée sur 1 à 3 jours et pour des temps de retour de 2 à 100 ans. Ces lames d'eau sont à convertir en équivalent neigeux considérant une densité communément admise de 125 kg/m³ pendant la chute. Le cas échéant, ces valeurs peuvent également être extrapolées jusqu'au tri-centennal en majorant le trentennal de 40% (en moyenne).

Une fois ces valeurs liées aux périodes de retour obtenues pour le site de mesure et sur un terrain plat, il convient donc de les corriger :

- Tout d'abord en intégrant le tassement naturel : pour 3 jours, une valeur conservative de 15% peut être admise, supposée indépendante de l'altitude. Le tassement est considéré négligeable en 24 heures et de 10% en 72 heures.
- En extrapolant les valeurs à l'altitude des zones de départ. Pour 3 jours, on trouve dans la littérature des valeurs de gradients nivométriques entre 3 et 7cm pour 100m. Faute de données plus précises, une valeur moyenne de 2cm/100m/jour est admise.
- Ensuite, en majorant le cas échéant à dire d'expert les valeurs pour tenir compte de la contribution (positive ou négative) du transport de neige par le vent.
- Enfin, en tenant compte de la déclivité : jusqu'à 28° (valeur limite en-deçà de laquelle la stabilité du manteau est considérée comme

² Burkard A., Salm B., Die Bestimmung der mittleren Anrissmächtigkeit do zur Berechnung von Fließlawinen/Estimation de l'épaisseur moyenne de

déclenchement do pour le calcul des avalanches coulantes, rapport interne n°668, IFENA, Davos 1992



acquise sauf exception), la conversion hauteur / épaisseur est triviale par application du Cosinus. Au-delà, la stabilité décroît avec une augmentation de la pente. Autrement dit, les accumulations mobilisables vont avoir de plus en plus de difficultés à se “construire” au cours de l’épisode de chute jusqu’à être considérées comme régulièrement purgées au-delà de 55°. La méthode évalue ainsi un facteur de pente selon les valeurs du tableau suivant qui est appliqué à l’épaisseur “stable” à 28°.

Au final, on obtient donc par périodes de retour, l’épaisseur d_o mobilisable en moyenne sur toute la surface potentielle de déclenchement (en notant qu’elle ne correspond pas en général à l’épaisseur moyenne mesurée le long de la ligne de rupture et qui peut-être plus importante/spectaculaire).

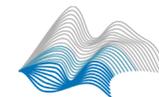
φ	28	30	32.5	35	37.5	40	45	50
$f(\varphi)$	1	0.9	0.79	0.71	0.65	0.6	0.52	0.46

Tableau 1: Valeur du facteur de pentes en fonction de la déclivité (ψ en degrés ²)

Ainsi ici à partir des valeurs de la station Météo-France la plus représentative de St Michel de Maurienne (réf : 73261001, altitude : 1360m, distante de 10km) on obtient les valeurs correspondantes. Elles sont déclinées par zone de départ selon leurs caractéristiques (altitude et déclivité moyennes) et le cas échéant modulées de l’effet du vent. Par exemple, le tableau ci-après fournit les valeurs pour 1800m et 35° :

		PERIODE DE RETOUR			
		10 ans	30 ans	100 ans	300 ans
Epaisseurs mobilisables	1 j	36 cm	43 cm	51 cm	60 cm
	2 j	52 cm	59 cm	67 cm	83 cm
	3 j	63 cm	71 cm	78 cm	99 cm

Tableau 2: Extrapolation à la zone du projet des épaisseurs de neige mobilisables à partir des données de la station Météo France de St Michel de Maurienne pour une altitude de 1800m et des pentes à 35°



4. SCENARIOS DE REFERENCE ET QUANTIFICATION DES PHENOMENES

A. SCENARIOS DE REFERENCE

Dans le cadre d'un enjeu tel qu'un Club Med et même si le secteur n'est pas intégré au zonage actuel (réduit au versant ouest et au lit de la Valloirette Figure 11 - [6]), les conditions de référence restent celles du contexte PPRn à savoir :

- Avalanche de référence Centennale (ARC) pour la protection des biens et donc ici du bâtiment (et de ses occupants)
- Avalanche de référence Exceptionnelle (ARE) a fortiori pour un ERP

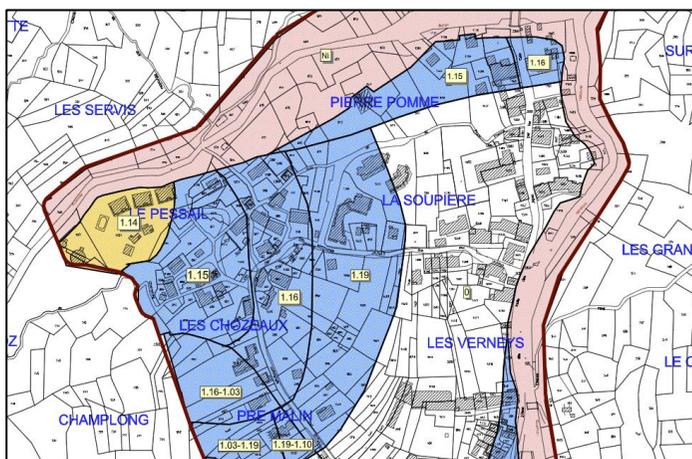


Figure 11 – Zonage PPR actuel au niveau des Verneys [6]

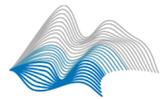
Les conditions centennales sont ici évaluées à l'aide du logiciel 2D de référence internationale RAMMS (v 1.17.20 - <http://ramms.slf.ch/ramms/>) de l'Institut Fédéral Suisse d'Etudes des Avalanches à Davos. Ce logiciel reste basé sur le modèle de Voellmy (1955) qui utilise une loi d'écoulement

moyennée sur l'épaisseur : La masse de l'avalanche est entraînée par la gravité tout en subissant la résistance au sol d'un frottement combiné de type Coulomb μ et visqueux ξ qui dépend du carré de la vitesse d'écoulement.

Les hypothèses suivantes sont utilisées :

- Jeu complet de paramètres correspondant à la période de retour centennale : l'ensemble des préconisations quant au choix des paramètres du SLF sont respectées sans ajustement ou modification
- Zones de départ définies de manière experte et exhaustive par combinaison de la pente (entre 30 et 55°, valeur au-delà de laquelle la neige se purge naturellement) et de la courbure (concavité). Chacune des zones ainsi définies est affectée d'une épaisseur mobilisable correspondant à son altitude et sa pente moyennes selon le même processus que celui ayant conduit au Tableau 2. .
- Densité : 300 kg/m³. Cette densité est celle de l'écoulement qui ne correspond pas à celle du manteau neigeux dans la zone de départ.
- Résolution de la grille régulière représentant la topographie actuelle : 4m [3].
- Non prise en compte du couvert forestier pour son influence sur l'écoulement.

Un des paramètres prépondérants pour ces modélisations est le choix de la catégorie de volume qui va gouverner le comportement de l'avalanche. Ce volume doit s'entendre comme celui qui va "interagir avec lui-même" au sein des lignes d'écoulements et pour cela, Ramms permet le choix entre



“tiny” ($<5000\text{m}^3=T$), “small” ($<25000\text{m}^3=S$), “medium” ($<60000\text{m}^3=M$) et “large” ($>60000\text{m}^3=L$).

A noter que le paramètre de cohésion disponible dans les dernières versions

B. RESULTATS DE LA MODELISATION

Avant d’examiner les principaux résultats, il convient de rappeler que la modélisation n’est pas capable de déterminer la potentialité d’une pente à effectivement générer une avalanche : forcément et à partir d’une configuration “suffisante” (pentes de départ notamment), le logiciel fera couler le phénomène correspondant. Il ne s’agit donc pas de vérifier si des avalanches sont possibles ici mais plutôt d’évaluer les conséquences d’une avalanche si elle se déclençait.

A ce titre et en cohérence avec les analyses de Toraval, il faut forcément des conditions de départ d’ampleur importante et ce sont donc toutes les zones de départ potentielles pour les trajectoires RTM n°2 à 4 qui sont mobilisées.

Or, même dans ces conditions, on constate la nécessité de neiges particulièrement “fluides” pour passer le seuil du “replat” vers 1650m d’altitude : à partir du moment où une dose de cohésion est introduite, même modérée (100Pa) et cohérente avec le niveau d’altitude ici, l’écoulement vient s’arrêter en amont de la combe n°3 (Figure 12) sans d’atteindre le projet (y compris en majorant la catégorie de volume à “small”).

Il faut vraiment des conditions “parfaites” pour potentiellement atteindre le projet selon la ligne pressentie (Figure 13). Mais dans ce cas exceptionnel, le niveau d’aléa n’est clairement pas “fort” avec une intensité avalancheuse (obtenue en croisant hauteur et pression de l’écoulement pour être le plus représentatif de la sollicitation correspondante) ne dépassant pas 45kN/m (équivalent à 15kPa sur 3m de haut).

du logiciel est utilisé le cas échéant dans la gamme des neiges froides / sèches (valeur jusqu’à 100Pa) pour privilégier les trajectoires les plus importantes et rapides tout en permettant d’affiner les résultats.

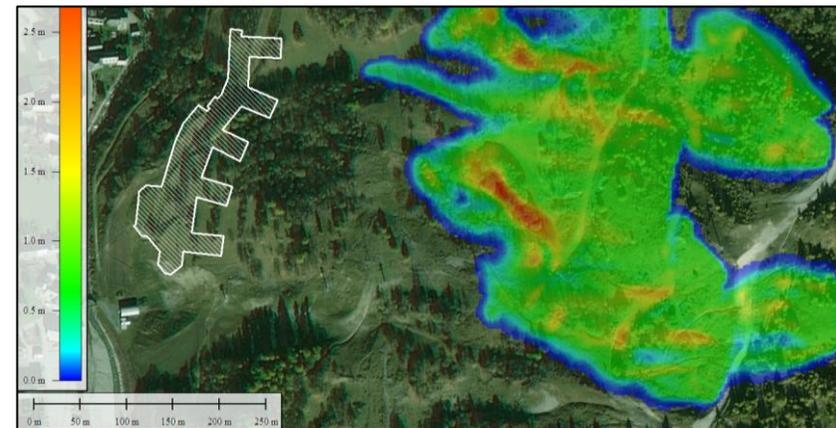


Figure 12 – Exemple de résultat centennal avec cohésion (catégorie de volume Tiny)

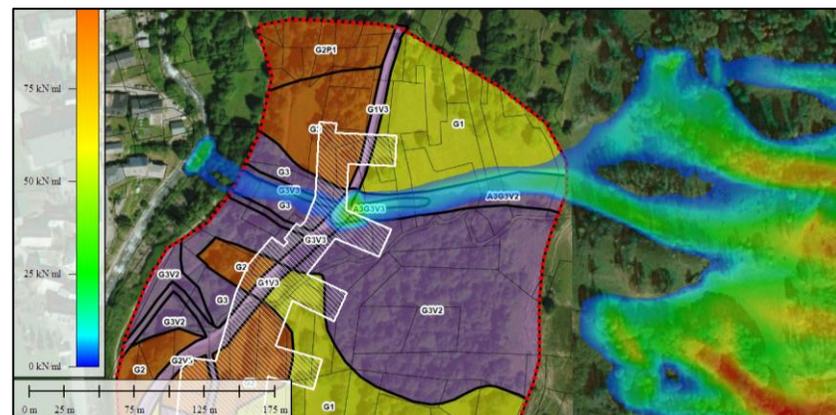
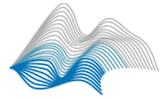


Figure 13 – Exemple de résultat sans cohésion ayant pu basculer



5. PRESCRIPTIONS & CONCLUSIONS

Comme indiqué par les analyses précédentes, à la fois expertes et numériques, la situation décrite par le service RTM [1] paraît particulièrement conservatrice : on pourrait même longuement discuter de l'effectivité d'une avalanche atteignant le bas de la combe n°3 !

Pour autant, de manière pragmatique et vu par ailleurs les caractéristiques spécifiques de ce projet d'ampleur, il est aisé de couvrir qualitativement le doute que soulève la cartographie proposée dans [1] mais en le requalifiant quantitativement : les conditions ne sont clairement pas réunies pour aboutir à un niveau d'aléa fort mais tout au plus moyen A2.

Dans ces conditions et à ce stade UTN, les prescriptions architecturales de base à retenir sont :

- Une pression de référence plutôt de l'ordre de 15 à 20kPa sur toutes les parties faisant face (à $\pm 20^\circ$ près horizontalement) soit à cette combe n°3 soit à des talus arrière en déblais dont la pente serait supérieure à 28° (risque de coulées localisées et/ou de pression de reptation)
- Des parties de façade correspondantes aveugles sur 4m de haut face à la combe n°3 et 3m le cas échéant ailleurs.

Ces prescriptions pourront être raffinées ultérieurement avec le projet architectural finalisé mais dans tous les cas, elles ne contraignent pas vraiment le projet puisque les façades en question sont déjà prévues aveugles et ce type de construction en béton banché présente naturellement des valeurs de résistance à la pression au moins du même ordre. De ce point de vue, la faisabilité paravalanche nécessaire n'est donc aucunement remise en cause.

En parallèle et s'agissant d'un ERP qui va forcément générer du "trafic" skieurs et piétons, il peut également être intéressant de rendre le projet et ses alentours les plus "paravalanches" possibles. Ici, il s'agirait surtout de ne pas dépasser une pente de 28° pour les talus créés en déblais (ou en intégrant des risbermes de 2 à 3m de large tous les 10m d'altitude). De même, la "fermeture" (en bordure amont du passage de la piste de ski) de l'entrée dans la combe n°3 par une simple levée de terre de 3 à 4m de haut est également possible (quoique "luxueuse" vu la situation). Le respect de ces deux principes pourrait même permettre de se passer des prescriptions architecturales précédentes.

Enfin et toujours pour le caractère ERP du projet pour son exposition à une avalanche exceptionnelle, l'extension du projet, tant verticalement que transversalement, ouvre une multitude de possibilités pour organiser des zones de confinement parfaitement protégées notamment au niveau de la partie avant/ouest et/ou centrale/sud.