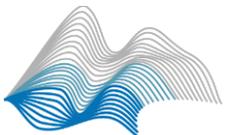




DIAGNOSTIC DES RISQUES NIVOLOGIQUES

TC OUILLON - LA TOUSSUIRE

V0 niveau DAET du 17 Mars 2022



ENGINEERISK

Savoie Technolac – BP 10334 - 73 377 Le Bourget du Lac / FR

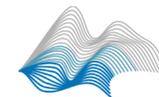
☎ : + 33 (0)6 23 75 04 44 - Site Web : www.engineerisk.com

Siret : 499 774 032 000 43 - SAS au capital de : 11 870 €

.....

.....

.....



Etude réalisée par Engineerisk

Rédigée par : Ing. Fanny BOURJAILLAT

☎ : +33 (0)6 23 75 06 42

✉ : fanny.bourjaillat@engineerisk.com

Visa :

Validée par : Dr. Ing. Philippe BERTHET-RAMBAUD

☎ : +33 (0)6 23 75 04 44

✉ : philippe.berthet-rambaud@engineerisk.com

Visa:

Ce rapport contient 17 pages et constitue un tout indissociable ; une utilisation partielle n'engage pas la responsabilité d'Engineerisk

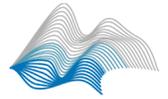
Sauf mention contraire : crédits photos Engineerisk / figures en plan orientées nord vers le haut/ Fond orthophoto Géoportail

Référence : FRA542

Version 0 du 17 mars 2022 – niveau DAET

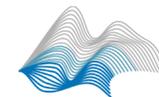
REFERENCES

- [1] Visite sur site du 1^{er} Mars 2022 en compagnie de P. BATAILLER (Chef d'exploitation, SOREMET)
- [2] Données projet transmise le 02.02.2022. Source : DCSA
- [3] www.avalanches.fr
- [4] PIDA, Source : SOREMET
- [5] RGE Alti, Source : IGN



SOMMAIRE*

Références	2
1. INTRODUCTION	4
2. ETAT DES RISQUES CONNUS	5
A. Les avalanches	5
CLPA/EPA [3].....	5
Protections existantes - PIDA.....	7
B. Le phénomène de reptation	8
3. SITE & CONTEXTE NIVO-METEO.....	9
A. Climatologie & Manteau neigeux de référence	9
B. Epaisseurs mobilisables	9
4. SCENARIOS DE REFERENCE ET QUANTIFICATION DES PHENOMENES.....	12
A. Scénarios de référence	12
B. Charge due à la reptation	13
C. Charge des avalanches denses.....	14
5. MODELISATIONS NUMERIQUES DES ECOULEMENTS	15
6. CONCLUSION	17



1. INTRODUCTION

Dans la continuité du projet de la TC Cote du Bois, sur le domaine skiable de La Toussuire, la TC Ouillon est aujourd'hui à l'étude pour permettre de rejoindre le plateau de la Pierre du Turc vers 2245m d'altitude (au nord-est du sommet de l'Ouillon et sur le versant sud de la Grande Verdette - Figure 1 & Figure 2).

Elle traversera en grande partie la "vallée perdue", soumise aux risques d'avalanches.

L'objet de cette étude est d'établir un état des risques nivologiques (avalanche et reptation) du secteur pour ce projet. Des gammes de pression seront données par tranches d'abscisses afin d'éviter certaines localisations potentiellement contraintes pour les futurs pylônes et/ou gares.



Figure 1: Localisation du projet sur le plan des pistes

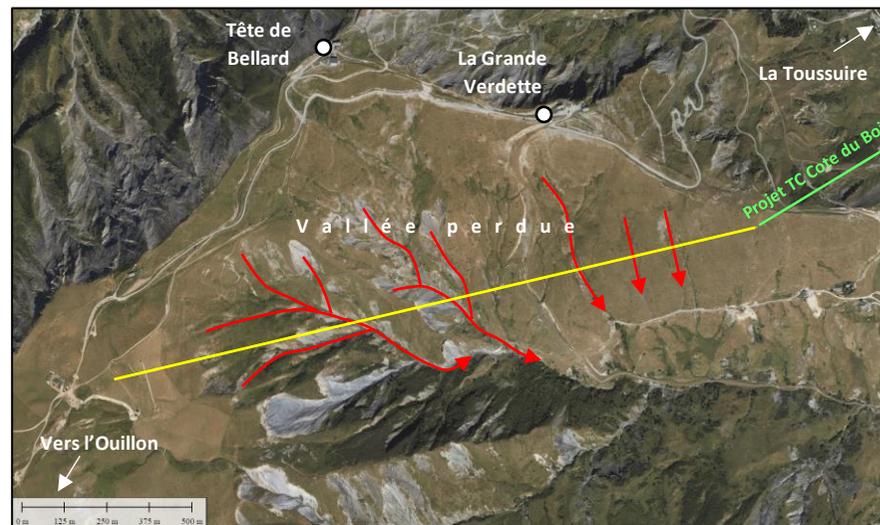
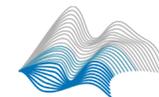


Figure 2: Localisation du projet (en jaune) et principaux écoulements en rouge – vue en plan

Dans un second temps et une fois la ligne définie, les prescriptions de détail seront données dans un rapport ultérieur pour les infrastructures qui seront finalement concernées.



2. ETAT DES RISQUES CONNUS

A. LES AVALANCHES

CLPA/EPA [3]

D'après la CLPA (Carte de Localisation des Phénomènes Avalancheux - Figure 3), le projet de TC Ouillon, survole trois emprises "avalanche". Ci-après sont repris les témoignages des fiches signalétiques correspondantes :

CLPA n° 5 "La Berche, Pierre du Truc"

« Le témoin se souvient avoir vu un départ de neige impressionnant sur ce secteur. Toute la combe sous la pierre du Truc s'était déclenchée en une seule fois. L'avalanche avait ainsi fini sa course dans le ruisseau. Le dépôt mesurait 11 mètres d'épaisseur. L'avalanche s'est plutôt produite en neige froide et légère. Outre cette

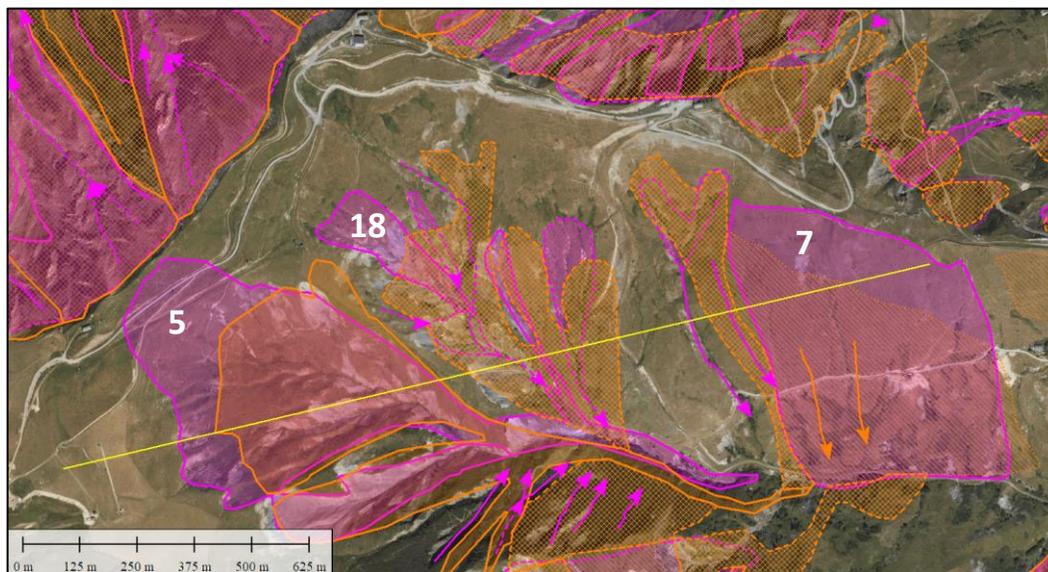
avalanche, tout ce secteur est concerné par des avalanches d'ampleurs variables, faisant parfois des victimes puisqu'il s'agit du domaine hors-piste des stations.

Amplitude maximale observée en 1970. »

CLPA n°7 "Les Maisonnettes (sud)"

« Zone à faible enneigement parce que très soufflée (vent d'Ouest). Il n'a pas été observé d'avalanche de mémoire des participants à la réunion du 24/07 (1973). »

CLPA n°18 : Aucune information



Légende de la carte CLPA

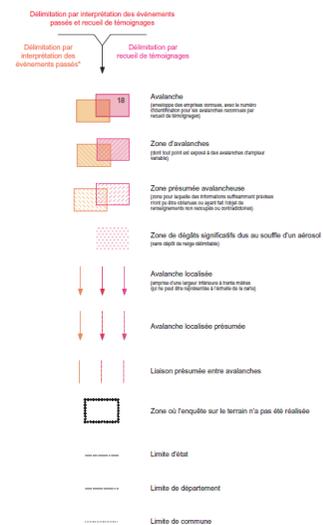


Figure 3: Emprises CLPA vectorisées sur fond orthophoto (projet en jaune) [3]

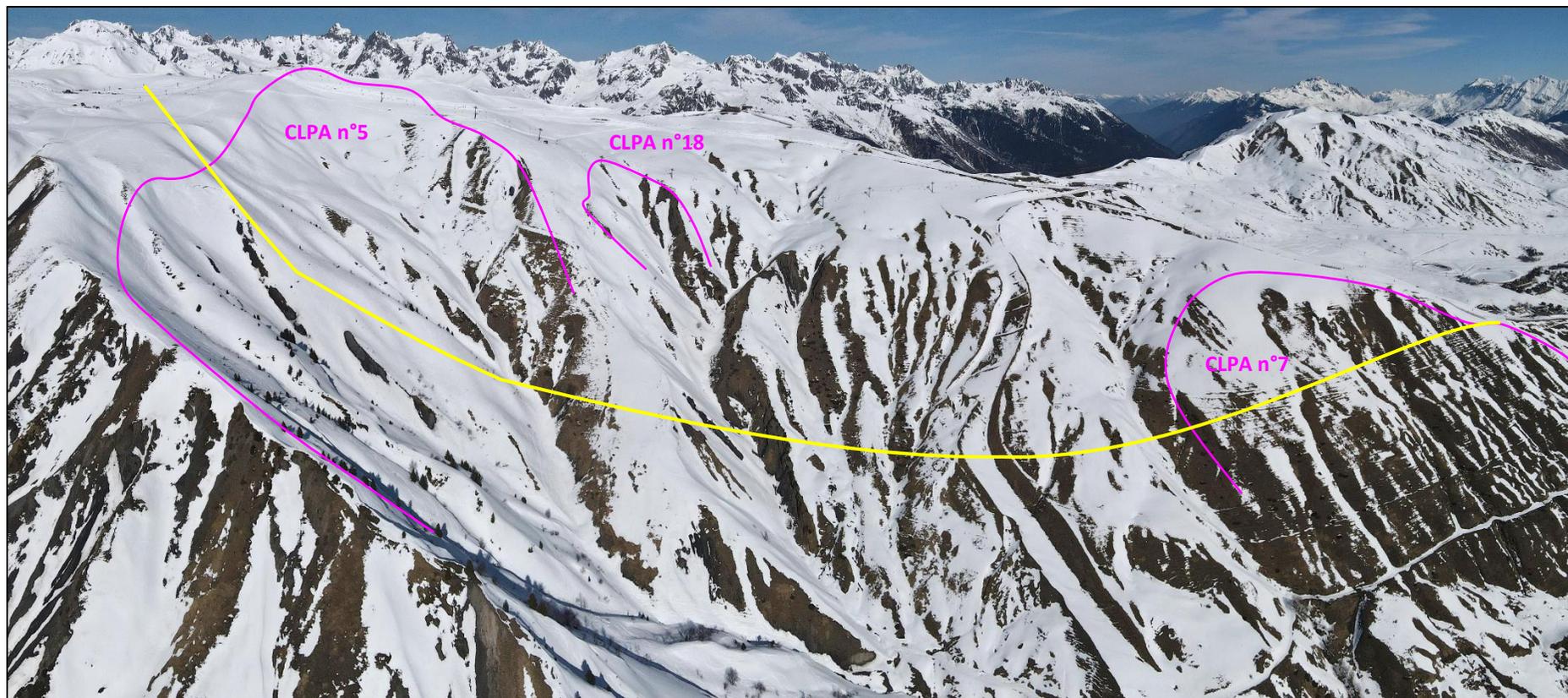
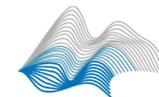
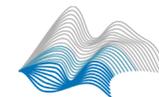


Figure 4: Vue du versant nord de la vallée perdue et des avalanches répertoriées dans la CLPA. Tracé en jaune (déformé du fait de la création du panorama "photographique")

→ Selon la CLPA, le projet de TC Ouillon est soumis aux risques d'avalanche sur environ la moitié de sa ligne



B. LE PHENOMENE DE REPTATION

Malgré le fait que les zones soient d'ores et déjà sécurisées en partie par déclenchement préventif (à travers le PIDA), qui permet surtout de traiter les parties superficielles du manteau neigeux, les parties inférieures ne sont pas toujours stabilisées, "accrochées" au sol et peuvent conduire au phénomène de reptation.

Ce phénomène de déformation initialement lente mais qui peut dégénérer ensuite en avalanche concerne le plus souvent des neiges de printemps ou des neiges lourdes sur des sols peu/mal gelés. Il est d'autant plus important lorsque le sol présente une très faible rugosité (pentes herbeuses, dalles rocheuses...) sur des pentes supérieures à 30° (Figure 6).

Il est évalué selon le référentiel Suisse "Prise en compte du danger d'avalanches et de la pression de la neige pour les installations à câbles" (SLF 2016).

Le projet de TC Ouillon traverse des pentes sujettes à ce phénomène sur une grande partie de sa ligne. Les sollicitations peuvent atteindre 40kPa (sur une épaisseur de 2m en moyenne).

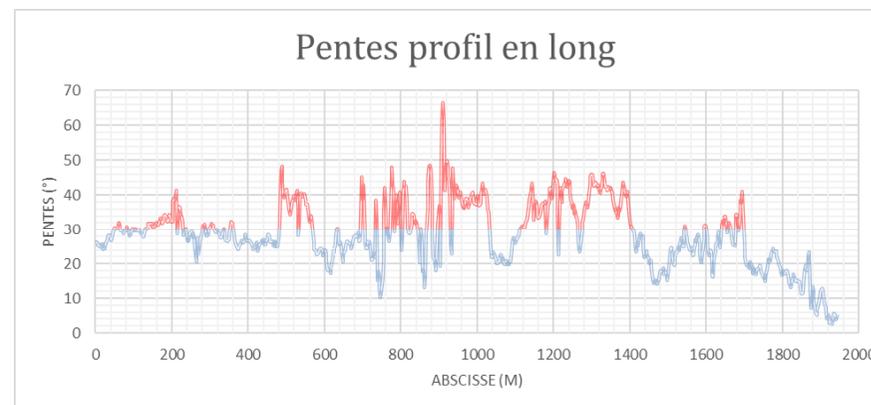
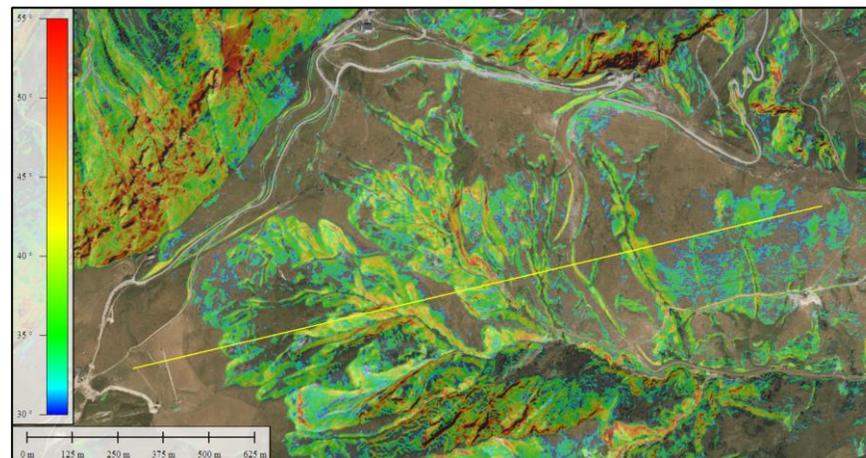
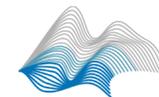


Figure 6: Carte (valeurs comprises entre 30° et 55°) et valeurs (le long du profil du projet de TC Ouillon) des pentes [5]



3. SITE & CONTEXTE NIVO-METEO

Le versant nord de cette “vallée perdue” (aussi le versant sud de la Grande Verdette), est parcourue dans ses parties hautes par de nombreux petits bassins versants qui s’orientent tous en direction de talwegs qui se concentrent ensuite en fond de vallée. Les écoulements seront donc largement concentrés par la topographie du site.

Vu la localisation de la ligne, plutôt en aval des zones le plus hautes/les zones de départ, elle est principalement concernée par des lignes d’écoulement déjà bien concentrées.

Ce sera moins le cas dans sa toute première partie (au niveau de la CLPA n°7) mais où les pentes supérieures à 30° sont relativement moins présentes.

A. CLIMATOLOGIE & MANTEAU NEIGEUX DE REFERENCE [3]

→ Le site d’étude est situé dans le massif météorologique de la Maurienne pour lequel l’enneigement est globalement correct avec en moyenne 120 jours de neige au sol au-delà de 1500m.

En ce qui concerne les cumuls de neige, les 300 à 400 cm sont généralement atteints entre 1300 et 1800 m d’altitude, localement plus de 500 cm un hiver sur cinq dans le secteur des Aiguilles d’Arves. Malgré ces chutes de neige non négligeables, les épaisseurs de neige au sol restent assez modestes. Les 1m sont dépassés entre 1500 et 1800 m (mais seulement durant quelques jours). Il faut dépasser 2000m d’altitude pour avoir chaque hiver (au moins) 1,50 m de neige au sol.

C’est généralement par flux généraux d’Ouest (Sud-Ouest à Nord-Ouest) que le massif de Maurienne reçoit des précipitations significatives :

- Le courant d’Ouest, qui oscille bien souvent entre Ouest-Sud-Ouest et Ouest-Nord-Ouest, apporte souvent une lame d’eau comprise entre 20 et 40 mm d’eau en 24 h, et cela parfois plusieurs jours de suite, en particulier de l’est du massif de Belledonne aux Aiguilles d’Arves.

- Le courant de Nord-ouest est aussi actif, mais avec toujours quelques poches moins arrosées à l’est des Aiguilles d’Arves.

- Le courant de Sud-Ouest est plus complexe. Il varie beaucoup d’une situation à l’autre, car il peut s’accompagner d’un effet de foehn.

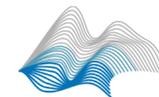
C’est pourquoi les événements les plus remarquables reportés pour le domaine skiable de la Toussuire se situent sur le versant nord de la Grande Verdette, théâtre de nombreuses coulées et avalanches avec des départs de type “plaque”, et non sur son versant sud, secteur de notre étude. Ce dernier se retrouve de fait exposé au vent avec donc une forte érosion du manteau neigeux.

→ Faute de statistiques plus précises, les échanges avec le service des Pistes ont permis de déterminer comme valeur de référence trentennale (conservative) une hauteur de manteau neigeux de 2m à l’altitude de 1800m.

Cette valeur est ensuite extrapolée en fonction de l’altitude selon un gradient de 15cm/100m et modulée en fonction de l’orientation selon les pratiques suisses (minoration, respectivement majoration, limitée à 10% pour les orientations sud, respectivement nord).

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 correspondante¹, 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 INRAe) 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).

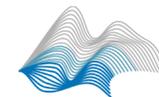
¹ Burkard A., Salm B., Die Bestimmung der mittleren Anrissmächtigkeit d_0 zur Berechnung von Fließlawinen/Estimation de l'épaisseur moyenne de

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 48 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 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_0 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).

déclenchement d_0 pour le calcul des avalanches coulantes, rapport interne n°668, IFENA, Davos 1992



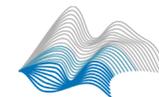
φ	28	30	32.5	35	37.5	40	45	50
$f(\varphi)$	1	0.9	0.79	0.71	0.65	0.6	0.52	0.46

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

Ainsi ici à partir des valeurs des stations Météo-France les plus proches de Saint Sorlin d’Arves (ref : 73280001, altitude : 1650m, distante de 3.4km) et de Saint Jean d’Arves (ref : 7324001, altitude : 1285m, distance de 7.9km), on obtient finalement par moyennes pondérées tenant compte de la distance et de la différence d’altitude, les épaisseurs mobilisables par périodes de retour correspondantes. Elles sont déclinées par zone de départ selon leurs caractéristiques (altitude et déclivité moyennes). Par exemple, le tableau ci-après fournit les valeurs suivantes pour 2000 m et 35° :

		PERIODE DE RETOUR			
		10 ans	30 ans	100 ans	300 ans
Epaisseurs mobilisables	1 j	36 cm	45 cm	58 cm	63 cm
	2 j	52 cm	62 cm	75 cm	87 cm
	3 j	64 cm	74 cm	86 cm	104 cm

Tableau 2: Extrapolation à la zone du projet des épaisseurs de neige mobilisables à partir des données des stations Météo France de Saint Sorlin d’Arves et Saint Jean d’Arves pour une altitude de 2000 m et des pentes à 35°



4. SCENARIOS DE REFERENCE ET QUANTIFICATION DES PHENOMENES

A. SCENARIOS DE REFERENCE

Dans le cadre d'un enjeu de type remontée mécanique, il s'agit désormais de formaliser les prescriptions concernant les risques nivologiques (avalanche – indice a et reptation – indice g) selon le cadre général de la NF EN 13107 :2015². La problématique des avalanches et de la reptation y étant somme toute traitée succinctement, ce qui suit s'inspire également des pratiques suisses³.

Ainsi, deux scénarios sont exhibés (l'introduction des valeurs correspondantes dans les combinaisons d'action restant à la charge du projeteur) :

- Le scénario **Var30** de type ELS et de période de retour 30 ans est centré sur le phénomène de reptation **REPT₃₀** (charge variable principale) combiné à l'avalanche **AVAL₃₀** (charge variable d'accompagnement). Par rapport aux précédentes pratiques, ce scénario reclassé l'avalanche en charge variable considérant les interactions régulières entre ce phénomène lorsqu'il est fréquent et/ou déclenché et les pylônes concernés. Ce cas couvre donc surtout l'exploitation normale lors de la saison d'ouverture et/ou les emprises traitées au PIDA. A ce titre, le cumul de neige considéré est de 48 heures.
- Le scénario **Acc100** de type ELU, centré sur la seule charge accidentelle d'une avalanche centennale **AVAL₁₀₀**. Ce scénario couvre les cas d'événements naturels par exemple avant la saison d'exploitation pour

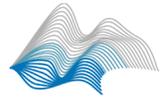
les emprises du PIDA ou pour une avalanche périphérique non déclenchée préventivement. Le cumul considéré est ici de 72 heures

Géométriquement, la coexistence entre le manteau neigeux en place et les écoulements est considérée comme suit :

- **Var30** : L'avalanche trentennale se produit au-dessus du manteau neigeux en place et de hauteur H_{g30} selon les informations données au §3A (et que ce manteau neigeux génère ou non de la reptation selon les conditions du site).
- **Acc100** : L'avalanche centennale se produit "seulement" au-dessus de la dernière couche de neige H_{n100} correspondant au cumul de référence sur 3 jours l'ayant générée (manteau récent sans reptation).
- La coexistence des deux phénomènes est prise en compte indirectement en minorant la hauteur du manteau neigeux/de la couche au sol forfaitairement de 50cm pour tenir compte de l'érosion : cette modification ne s'applique qu'à la hauteur d'application et l'éventuelle charge de reptation reste bien calculée selon la hauteur nominale (CF. § suivant).
- Il s'agit également de noter que les directions d'application θ_x peuvent être différentes, d'une part de l'axe de la ligne et d'autre part entre ces

² NF EN 13107 :2015 *Prescriptions de sécurité pour les installations à câbles transportant des personnes – Ouvrages de génie-civil*

³ Margreth S., Stoffel L., Schaer M. 2016: *Prise en compte du danger d'avalanches et de la pression de la neige pour les installations à câbles. Guide pratique.* WSL Ber.46 :44p.



différentes charges puisque la trajectoire des avalanches n'est pas directement le long de la ligne de plus grande pente à l'endroit du pylône, contrairement à la reptation. Les schémas suivants récapitulent les configurations et les angles correspondants. Les hauteurs mesurées verticalement sont notées H et les épaisseurs correspondantes sont dénommées D.

- Ici seules les phénomènes denses coulants sont considérés

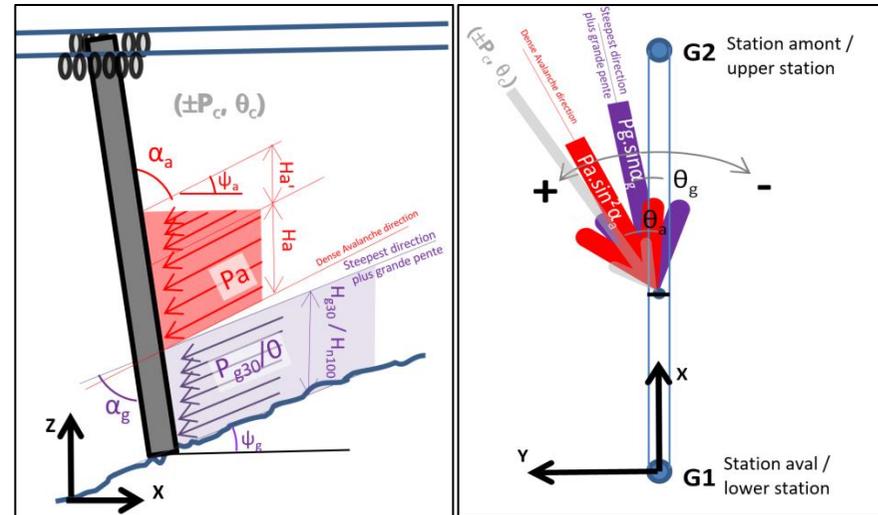


Figure 7 - Schéma type de coexistence des avalanches et de la reptation

B. CHARGE DUE A LA REPTATION

Cette charge P_g (kPa) due à la reptation du manteau neigeux est calculée sur son épaisseur nominale selon :

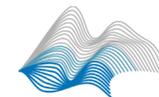
$$P_g = \frac{\rho \cdot g \cdot H_g \cdot K \cdot N \cdot \eta}{2 \cos \psi_g}$$

- ρ : densité (t/m³) considérée classiquement de 0.4 pour les manteaux neigeux préjudiciables.
- g : accélération de la pesanteur (10m/s²)
- H_g : hauteur de neige de référence. Sa valeur de référence est considérée linéairement répartie par rapport à l'altitude à partir d'une valeur représentative de 2m à 1800m. Comme évoqué précédemment, la hauteur d'application (mais pas le calcul de l'intensité) est minorée en cas de combinaison avec une avalanche pour tenir compte de l'érosion du manteau en place par cette dernière.

- K : facteur de rampement qui dépend de la pente et de la densité considérée
- N : facteur de glissement qui dépend du sol (ici classe 3) et de l'exposition
- η : facteur d'influence prenant en compte la présence du pylône
- ψ_g : angle de la pente locale (°) : la reptation est considérée suivre la ligne de plus grande pente.

In fine, la pression de reptation P_g effectivement appliquée au pylône dépendra de l'angle α_g entre la direction de glissement du manteau neigeux et la génératrice du pylône (°).

$$P_g = P_g \cdot \sin \alpha_g$$



C. CHARGE DES AVALANCHES DENSES

La pression caractéristique de l'avalanche P_a (kPa) est calculée par analogie hydraulique selon :

$$P_a = \frac{1}{2} C_D \rho V^2$$

Avec :

- **Cd** : coefficient de traînée. Celui-ci dépend de la forme de l'obstacle et théoriquement des caractéristiques de l'écoulement. Sa valeur par défaut est fixée à 1 pour une section de pylône cylindrique (respectivement 1.5 et 2 pour une section triangulaire et carrée) mais qui est majorée lorsque le nombre de Froude diminue fortement (zone de ralentissement/arrêt de l'avalanche).
- **ρ** : densité (t/m³) considérée classiquement de 0.3 dans les écoulements. A noter que cette densité n'est pas directement celle du manteau neigeux en place ni celle des chutes de neige fraîche mais cette valeur largement reconnue assure une cohérence globale des résultats avec le choix de Cd.
- **V** : vitesse moyenne sur la hauteur de l'écoulement (m/s).

In fine, la pression P_a effectivement appliquée au pylône dépendra de l'angle α_a entre la direction de l'avalanche et la génératrice du pylône (°).

$$P_a = P_a \cdot \sin^2 \alpha_a = \frac{1}{2} C_D \rho V^2 \sin^2 \alpha_a$$

S'agissant d'avalanches coulantes denses, une hauteur de refoulement supplémentaire (notée Ha' sur la Figure 7) générée par l'interaction avec le pylône/obstacle est prise en compte. Strictement, la répartition de la pression sur cette hauteur de refoulement est supposée triangulaire et son ampleur est interprétée de la formule proposée par le guide suisse précité.

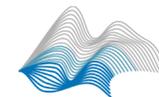
En plus des aspects purement géométriques, cette charge d'avalanche dense dépend donc principalement de la valeur de la vitesse qui est interprétée à partir

de la reconnaissance de terrain et des résultats de modélisation : les scénarios listés précédemment sont évalués à l'aide du logiciel 2D de référence internationale RAMMS (v 1.7.20 - <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 associé au carré de la vitesse d'écoulement.

Les hypothèses suivantes sont utilisées :

- Jeu complet de paramètres correspondant à la période de retour du scénario considéré : 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 : 3m [5].

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" (<5000m³=T), "small" (<25000m³=S), "medium" (<60000m³=M) et "large" (>60000m³=L).



A noter que le paramètre de cohésion disponible dans les dernières versions 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. En parallèle, le coefficient de trainée du pylône étant modulé du nombre de Froude de l'écoulement, la possible surcharge

liée à un écoulement plus lourd/humide est indirectement prise en compte dans les prescriptions finales.

5. MODELISATIONS NUMERIQUES DES ECOULEMENTS

Les zones de départ n'ont pas été évidentes à définir, les bassins versants présentant des pentes supérieures à 30° étant nombreux et ne menaçant finalement qu'une partie très restreinte du projet (les écoulements s'orientant et se concentrant rapidement en direction de talwegs étroits).

PS : Certaines emprises CLPA montrent également quelques incohérences quant à la lecture des courbes de niveau et des valeurs de pente. Les zones de départ de la CLPA n°7 par exemple s'étendent latéralement où les pentes n'atteignent pas 30°. Certains écoulements ne respectent pas non plus les lignes de plus grandes pentes.

Finalement, les résultats obtenus correspondent assez bien aux emprises "correctement" représentées dans la CLPA (Figure 8). Les lignes d'écoulement étant assez prévisibles du fait de cette configuration générale particulière, aucune surprise n'est à "craindre".

Toujours du fait de cette configuration, la différence entre les événements trentennal et centennal est assez faible. Elle n'est ponctuellement remarquable qu'au regard des valeurs de hauteur et vitesse des écoulements.

Les sollicitations les plus importantes se retrouvent logiquement en fond de talweg, zones évidentes à proscrire pour la localisation des futurs pylônes mais qui naturellement sont plutôt localisés en zones convexes.

Seules les zones de départ retenues au sein de l'emprise CLPA n°7 montrent des pentes plutôt homogènes, avec un versant pourvu d'un unique ruisseau.

Notons que ces résultats restent assez conservatifs par rapport à l'enneigement moyen de ce versant tout au long de l'hiver.

Il est (comme déjà évoqué) d'une part, exposé aux vents principaux avec une érosion importante des parties superficielles du manteau neigeux a fortiori en zones convexes et, d'autre part, orienté vers le sud avec une fonte plus importante. Les avalanches d'ampleur ne peuvent se produire ici que de manière très ponctuelle, directement à la suite d'épisodes neigeux.

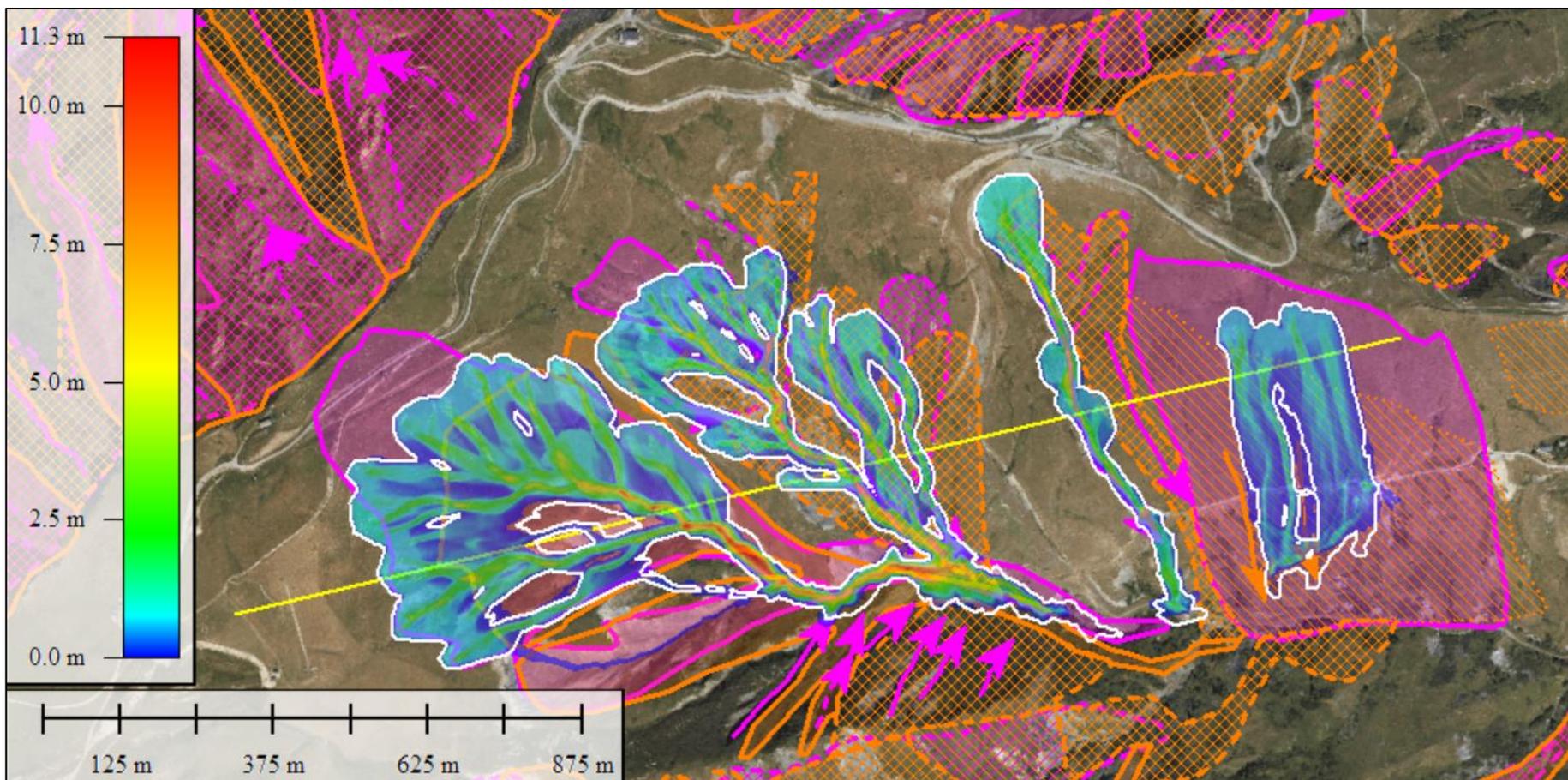
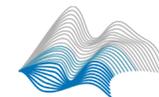
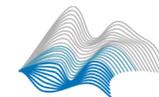


Figure 8: Hauteurs maximales des écoulements pour un événement trentennal. En blanc : limite des extensions centennales



6. CONCLUSION

Le projet de TC Ouillon est bien soumis aux risques nivologiques dans cette “vallée perdue” qu’il traverse :

- L’essentiel des **avalanches** reste concentré en fond de talwegs, zones à exclure et dont il sera aussi nécessaire de s’écarter autant que possible. Les tranches d’abscisse suivantes (selon [2]) seront à éviter pour la localisation des pylônes :
 - o 150m – 170m
 - o 1165m – 1255m
 - o 1570m – 1625m

En ce qui concerne les gares, il sera nécessaire de veiller à ce que les talus créés en amont et pour la réalisation de la G1 ne soient pas trop raides.

Le cas échéant il sera vérifié qu’aucun risque de coulées ne soit envisageable.

- Du fait de l’exposition sud du versant et des pentes qui peuvent atteindre et dépasser 30° sur une partie non négligeable du tracé, le **phénomène de reptation** est également présent. Il pourra cependant être limité en privilégiant les zones convexes pour la localisation des pylônes.

Le projet n’est dans tous les cas pas remis en cause. Le graphique ci-dessous (Figure 9) reprend les sollicitations brutes d’avalanche et de reptation le long du profil.

Les prescriptions de détails seront fournies une fois la ligne et ses pylônes définis.

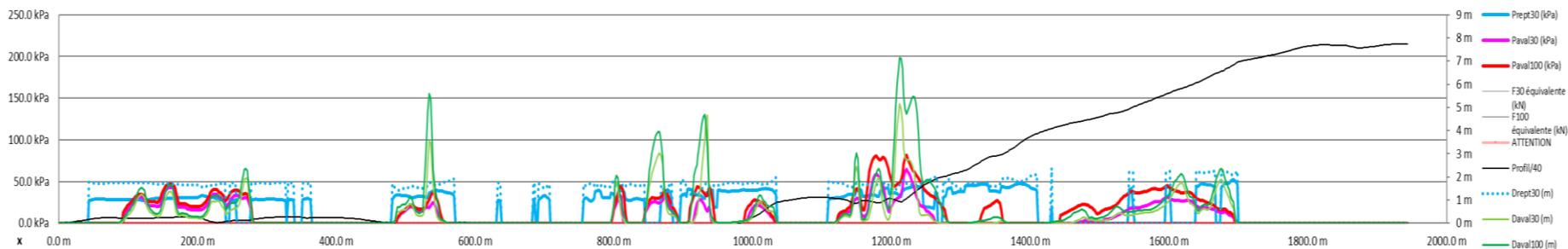


Figure 9: Pressions brutes des avalanches et du phénomène de reptation le long du profil du projet de TC Ouillon