Station des Gets

Télésiège de la Rosta

DEMANDE D'AUTORISATION D'EXECUTION DES TRAVAUX

I – RISQUES NATURELS

MAÎTRISE D'OUVRAGE

SoleGets
Maison des Gets
61 route du front de neige
74260 Les Gets
☎ : 04.50.79.79.79

MAÎTRISE D'OEUVRE

SARRASOLA
Aménagement et Ingénierie et Maîtrise d'œuvre
74 rue de la gare
73460 Grésy sur Isère
☎ : 04.79.37.94.16

DATE : Décembre 2024

REF : 2024-A10-DAET

STATION DES GETS

Télésiège de la Rosta

DEMANDE D'AUTORISATION D'EXECUTION DES TRAVAUX

Pièce I

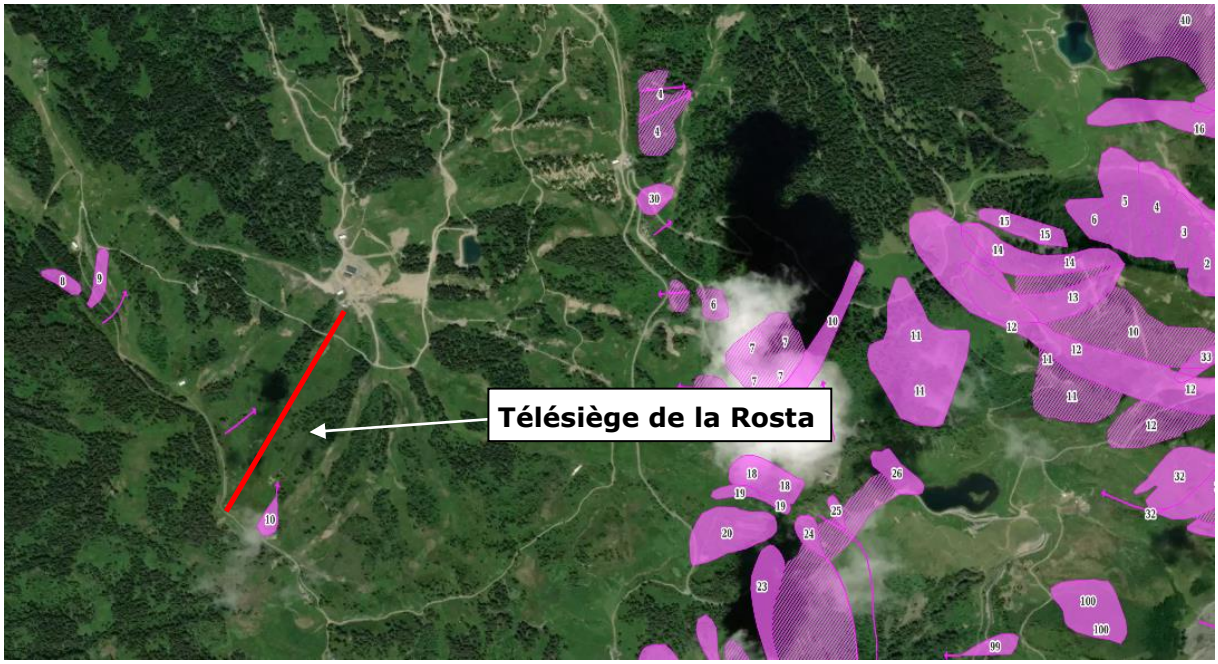
RISQUES NATURELS PREVISIBLES ET MESURES D'ACCOMPAGNEMENT

Les risques naturels que l'on cherche à identifier sont les suivants :

- Avalanches
- Crues torrentielles
- Mouvements de terrains
- Chute de blocs
- Effondrements
- Séismes

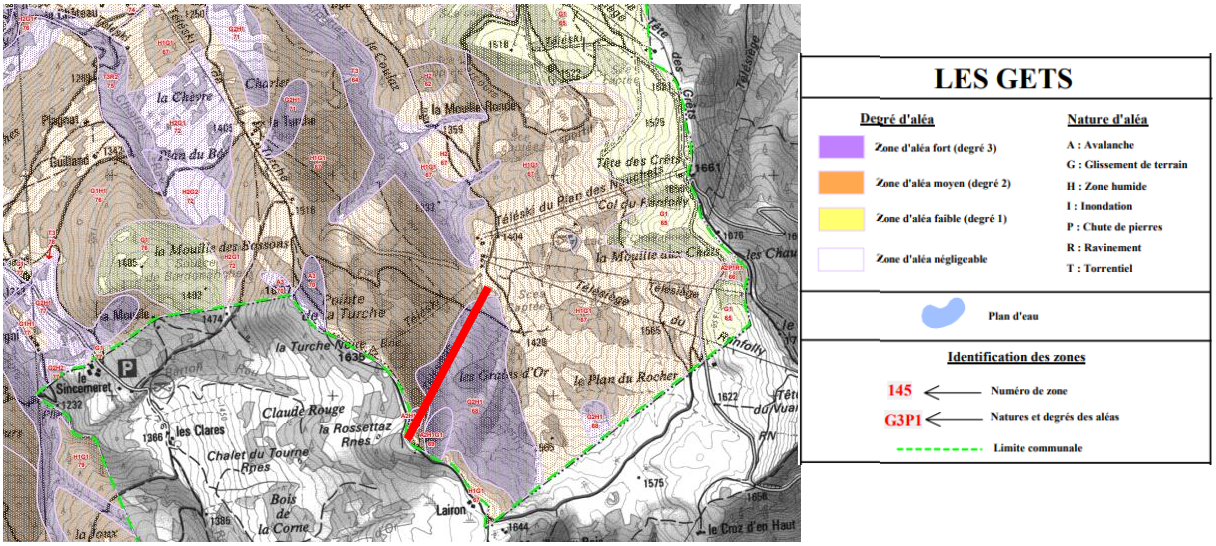
1/ Le risque d'avalanche

Selon la Carte de Localisation des Phénomènes d'Avalanche (CLPA) éditée par l'INRAE, la ligne n'est pas soumise au risque d'avalanche.



Carte de localisation des phénomènes d'avalanche (CLPA)

Le tracé du télésiège de la Rosta est traité dans le Plan de Prévention des Risques Naturels de la commune des Gets :



Extrait de la carte des aléas du PPRN

Une étude géotechnique du tracé a été réalisée par le cabinet Pyrite Ingénierie (rapport 24-050 G1). Les principales conclusions sont détaillées ci-dessous :

2/ Le risque de crue torrentielle

Il n'y a qu'un seul talweg où le ruisseau s'écoule, qui sera survolé par la ligne du TSD.
Les pylônes seront dans tous les cas implantés en dehors des zones de ce talweg, pour éviter ce risque et éviter toute déstabilisation de la berge rive droite.
La gare G1 sera implantée sur la plate-forme à proximité de l'ouvrage d'entonnement. D'après SOLEGETS, aucun évènement de type crue n'a été recensé depuis 20 ans, mais un drainage sera mis en place et un niveau déjaugé devra être considéré dans le projet.

3/ Risque inondation

Le projet n'est pas concerné par le risque d'inondations.

4/ Mouvements de terrain

Le secteur est reconnu sur la carte géologique, entre les cotes approximatives 1500 et 1530 m comme soumis à glissement de terrain, dans les moraines glaciaires (figuré type « ondulation »).
La présence de terrain de couverture à dominante argileuse ou limoneuse en présence de circulations d'eau est réputée pour sa sensibilité aux glissements de terrain : fortes diminutions de leurs caractéristiques mécaniques. Sur le parcours du tracé, on note la présence de zones moutonnées et de zones humides, favorisant le phénomène de reptation des terrains de couverture.
Il n'y a pas de niches d'arrachement actives, mais une ancienne niche recouverte par les arcosses entre les cotes 1600 et 1623 m entre les anciens P10 et P11).

5/ Chutes de blocs

Le risque de chute de blocs est inexistant sur le tracé : absence de falaise.

6/ Effondrements

Ce risque n'est pas manifeste dans les formations de flyschs schisto-gréseux rencontrées. Seule une petite forme de dépression est visible directement à l'amont du P11 actuel (diamètre 9 m). Il n'y aura pas d'implantation de pylône à cet endroit.

7/ Risque sismiques

D'après le décret du 22 octobre 2010, la commune des Gets se trouve en zone de sismicité 4 «moyenne». Le site du projet peut donc être caractérisé, vis-à-vis des effets des séismes, en référence aux règles de construction définies dans l'arrêté du 22 octobre 2010 et Eurocode 8.

8/ Conclusion

Compte tenu de ce qui précède, le projet ne présente pas de contre indication et apparaît réalisable.

A Grésy-sur-Isère, le 26 novembre 2024

Le Maître d'œuvre,
Damien FAYOLLE

RAPPORT

DIAGNOSTIC DES RISQUES NIVOLOGIQUES

TSD Rosta – LES GETS

v0 du 07 octobre 2024

SoleGets

Engineerisk
Natural hazards management

Rédigé par : Fanny BOURJAILLAT
+ 33 6 23 75 06 42
fb@engk.fr
Visa :

Validé par : Dr. Ing. Philippe BERTHET-RAMBAUD
+ 33 6 23 75 04 44
pbr@engk.fr

Ce rapport contient 18 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 IGN (Source : Géoportail)
Référence : FRA655
Version 0 du 07 octobre 2024 – niveau DAET

REFERENCES

- [1] Visite sur site du 10 septembre 2024 et échanges avec Florian SILVESTRE (Directeur d'exploitation, SoleGets) et Philippe DELAVAY (Responsable des Pistes, SoleGets)
- [2] www.avalanches.fr
- [3] Données publiques de Météo France depuis 1996 (sous https://donneespubliques.meteofrance.fr/ Licence ouverte d'Etalab
- [4] PIDA, Source : SoleGets
- [5] Lidar, Source : Solegets

SOMMAIRE

I. Introduction 4

II. SITE & CONTEXTE NIVO-METEO 6
A. Climatologie 6
B. Epaisseurs en jeu : mobilisables dans les zones de départ, manteau neigeux établi 7

III. ETAT DES RISQUES CONNUS 10
A. Les avalanches 10
B. Le phénomène de reptation 12

IV. SCENARIOS DE REFERENCE ET QUANTIFICATION DES PHENOMENES 13
A. Scénarios de référence 13
B. Charge due au phénomène de reptation 14
C. Charge des avalanches denses 15

V. MODELISATIONS NUMERIQUES DES ECOULEMENTS 16
A. RAMMS 16
B. Résultats et interprétation 17

VI. CONCLUSION 18

I. INTRODUCTION

Dans le cadre de la restructuration de son domaine skiable des Gets, la société d'exploitation SoleGets souhaite remplacer son télésiège de Rosta.
Ce TSF4 construit en 1992 sera remplacé quasiment en lieu et place par un TSD proposant une capacité d'accueil plus importante, probablement 8 places.

Cet investissement permettra par la même occasion, le TSD Grains d'Or Express sera démonté puis réutilisé sur le versant opposé en remplacement de deux lignes de téléskis.

L'objet de ce rapport est d'établir un diagnostic des risques nivologiques (avalanche et reptation) afin de définir si des zones sont à proscrire pour l'implantation des futures infrastructures, gares et pylônes du TSD Rosta.

Figure 1: Localisation du projet sur le plan des pistes

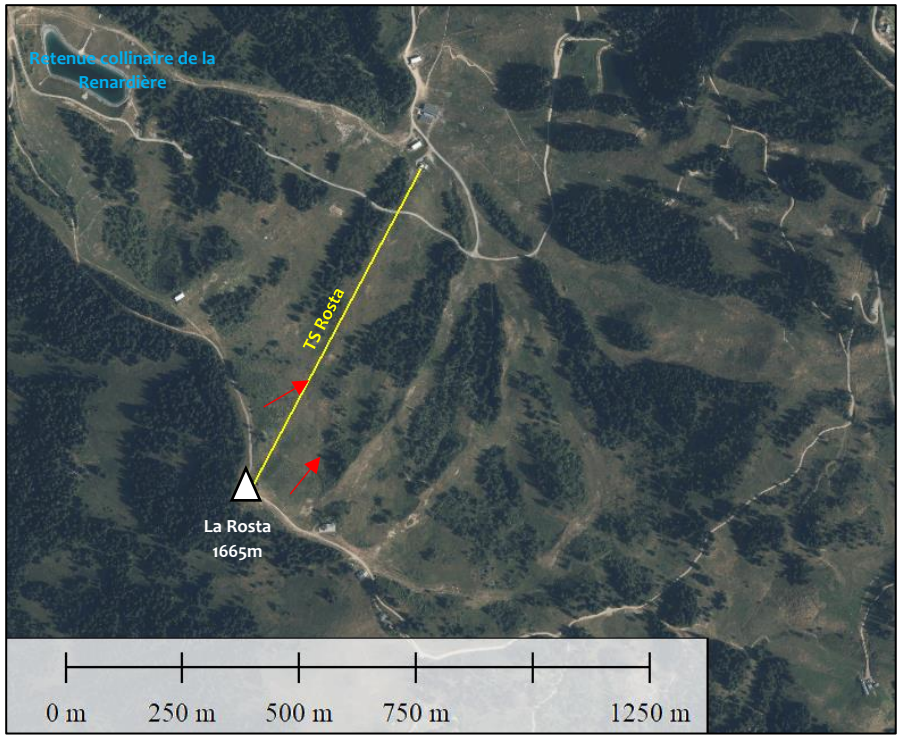


Figure 2: Vue générale (en plan) du secteur d'étude. Ecoulements connus représentés par des flèches rouges

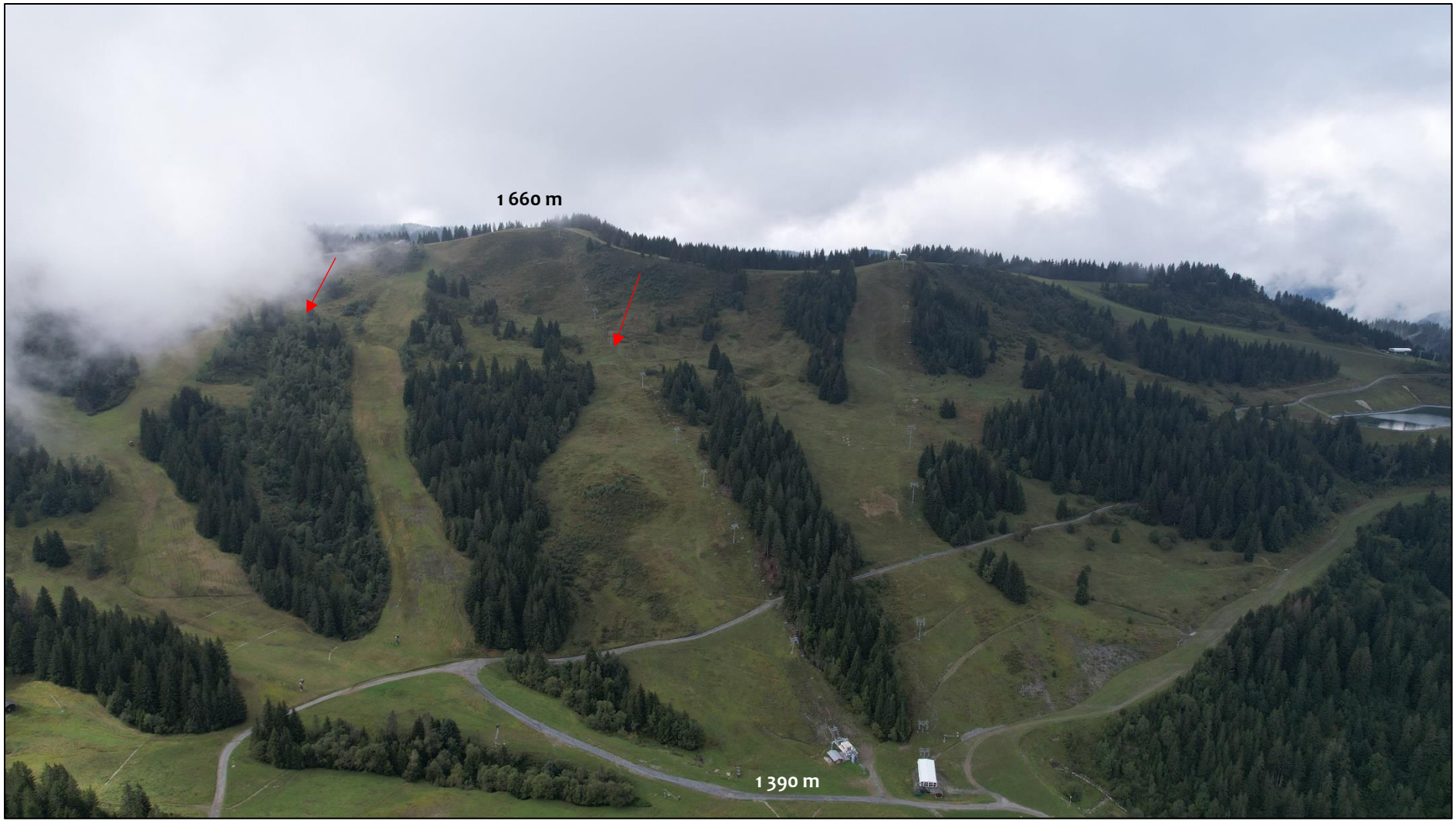


Figure 3: Vue "hors-neige" du versant et de la ligne actuelle du TSF4 Rosta. Principaux écoulements connus représentés par des flèches rouges.

II. SITE & CONTEXTE NIVO-METEO

A. CLIMATOLOGIE [2]

Le domaine skiable des Gets appartient au massif du Chablais, massif le plus septentrional des Alpes.
Il est, de ce fait, protégé des perturbations méditerranéennes accompagnées d'un vent du sud mais exposé aux courants atlantiques ainsi qu'aux courants de nord. Il est également plus souvent touché par les "retours d'est" que les autres massifs de Haute-Savoie.

Les précipitations qu'apportent les perturbations atlantiques sont, malgré leur passage sur le Jura avant leur arrivée sur ce massif, accentuées par l'altitude plus élevée des sommets.

A altitude égale, l'enneigement y est généralement très bon, comparé à d'autres massifs. Il est également régulier, même si les dates du début et de la fin de l'enneigement, ainsi que l'épaisseur maximale de neige, varient d'un hiver à l'autre. Les hivers très peu enneigés sont en effet rarissimes, mais les hivers avec un enneigement très abondant sont également peu fréquents.

Les principaux flux-météorologiques sont les suivants :

- *Régime de nord-ouest* : apporte les précipitations hivernales les plus intenses.
- *Régime d'ouest à sud-ouest* : occasionne des précipitations non négligeables, mais avec des températures douces. La limite pluie/neige est donc souvent élevée et vu les altitudes, il peut parfois pleuvoir jusque sur les sommets
- *Régime de nord* : Les quantités de précipitations qu'il amène sont faibles voire modérées, mais dans des conditions de températures faibles, avec une neige froide et légère qui tombe jusqu'en basses altitudes, avec des épaisseurs importantes.

B. EPAISSEURS EN JEU : MOBILISABLES DANS LES ZONES DE DEPART, MANTEAU NEIGEUX ETABLI

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 correspondante[1] en général sur 3 jours, 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 Meteo-France et permettant de disposer de données « officielles » (disponibles sur www.avalanches.fr) et relativement fiables au sens où elles incluent d'anciennes décennies et les épisodes marquants de ces époques (par exemple, 54 saisons depuis 1950 pour les prédéterminations de [2] aux Gets). 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/m^3 pendant la chute. Le cas échéant, ces valeurs peuvent également être extrapolées jusqu'au tri-centennal en majorant le trentennal de 40% (en moyenne).

En parallèle, il est intéressant de compléter les éléments précédents par nos propres statistiques via les données désormais publiques de Météo France [3]. Il s'agit ici aussi de privilégier la méthode des maximas hivernaux (valeurs Tableau 1 et Figure 4 pour lesquelles on constate déjà une tendance moyenne légèrement baissière) en déterminant le gradex des chutes de neige (le gradex donne le taux d'accroissement de la variable en fonction du temps de retour) ainsi que le mode (plus grande valeur systématiquement dépassée) pour appliquer la méthode des moments en vue de l'ajustement de la loi statistique (type Gumbel – exemple Figure 5).

Ce graphe permet aussi de déterminer une épaisseur trentennale max de référence du manteau neigeux au sol d'environ 2.7 m (à 1550m) à extrapoler ensuite avec l'altitude selon un gradient communément admis 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).

[1] 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

Maxi saison	Les Gets 1550m		
	24h	72h	Htot
1987-88	40 cm	90 cm	205 cm
1988-89	40 cm	75 cm	140 cm
1989-90	55 cm	120 cm	135 cm
1990-91	35 cm	65 cm	140 cm
1991-92	40 cm	65 cm	160 cm
1992-93	35 cm	45 cm	50 cm
1993-94	55 cm	125 cm	170 cm
1994-95	50 cm	105 cm	275 cm
1995-96	40 cm	90 cm	130 cm
1996-97	35 cm	60 cm	125 cm
1997-98	40 cm	75 cm	110 cm
1998-99	60 cm	130 cm	290 cm
1999-00	55 cm	120 cm	190 cm
2000-01	61 cm	83 cm	97 cm
2001-02	70 cm	95 cm	156 cm
2002-03	55 cm	100 cm	165 cm
2003-04	45 cm	79 cm	140 cm
2004-05	31 cm	75 cm	150 cm
2005-06	54 cm	89 cm	262 cm
2006-07	40 cm	84 cm	100 cm
2007-08	100 cm	133 cm	180 cm
2008-09	41 cm	69 cm	170 cm
2009-10	31 cm	52 cm	110 cm
2010-11	29 cm	36 cm	55 cm
2011-12	40 cm	73 cm	174 cm
2012-13	38 cm	71 cm	179 cm
2013-14	38 cm	74 cm	152 cm
2014-15	49 cm	103 cm	155 cm
2015-16	42 cm	103 cm	192 cm
2016-17	56 cm	101 cm	138 cm
2017-18	74 cm	151 cm	225 cm
2018-19	53 cm	104 cm	149 cm
2019-20	50 cm	104 cm	129 cm
2020-21	-	-	-
2021-22	30 cm	74 cm	112 cm
2022-23	-	-	-
2023-24	27 cm	46 cm	82 cm

Tableau 1 : Maximums hivernaux : valeurs disponibles selon [3] (complétée de valeurs des archives de JF Meffre en rouge) des cumuls en 24 et 72 heures et hauteur totale pour le poste de mesures des Gets à 1550m

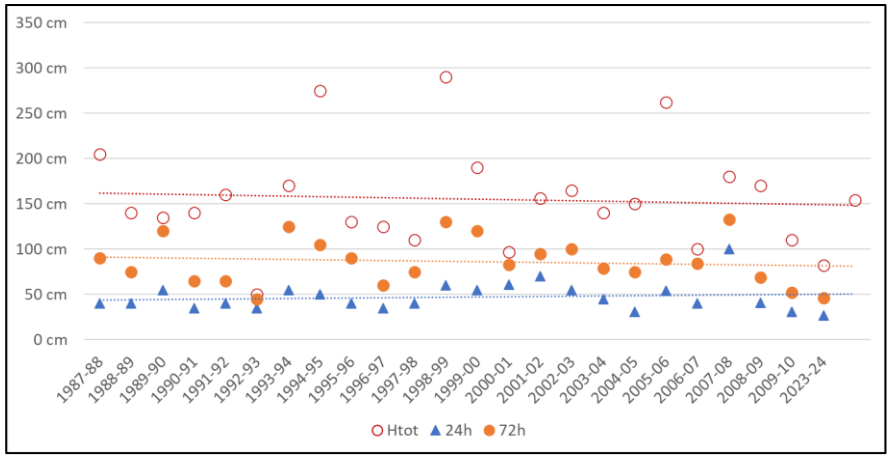


Figure 4: Représentation graphique des maximaux hivernaux selon les données du Tableau.1 [3]

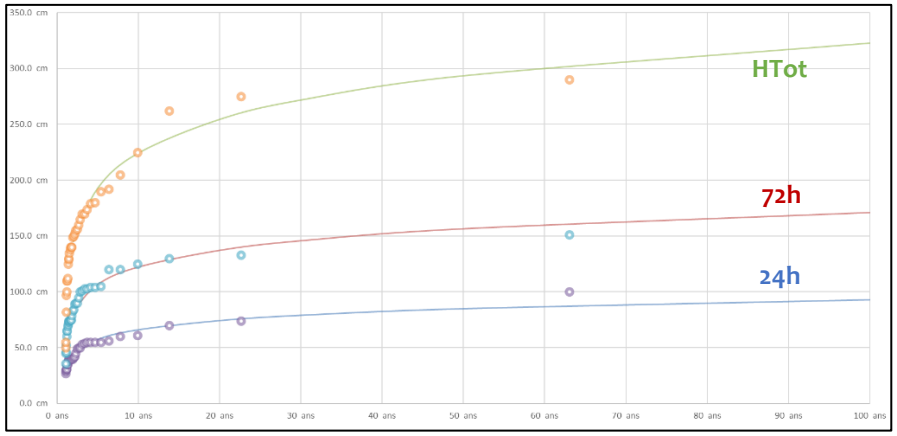


Figure 5 : Ajustement de la loi statistique de type Gumbel pour les données (ici cumul sur 1 jour, 3 jours et hauteur totale du manteau neigeux en fonction de la période de retour) du poste de mesures des Gets à 1 550m [3]

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 1.7cm/100m/jour est admise.
- Ensuite, en majorant le cas échéant à dires d'expert les valeurs pour tenir compte de la contribution (positive ou négative) du transport de neige par le vent. Ici et moyennant des zones de départ considérées de manière plutôt globalisante, cette contribution peut présenter un bilan neutre entre zones érodées et accumulées.
- 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 décroit 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).

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 2: Valeur du facteur de pentes en fonction de la déclivité (φ en degrés [2])

Ainsi ici à partir des mesures des stations les plus représentatives, on obtient les tableaux ci-dessous qui illustrent les épaisseurs mobilisables par périodes de retour correspondantes en fonction des caractéristiques (altitude et déclivité moyennes) de la zone de départ considérée, par exemple ici à 1600 m et 35° :

		PERIODE DE RETOUR			
		10 ans	30 ans	100 ans	300 ans
Epaisseurs mobilisables	1 j	42 cm	50 cm	58 cm	69 cm
	2 j	62 cm	72 cm	81 cm	100 cm
	3 j	89 cm	105 cm	122 cm	148 cm

		PERIODE DE RETOUR			
		10 ans	30 ans	100 ans	300 ans
Epaisseurs mobilisables	1 j	43 cm	51 cm	60 cm	71 cm
	2 j	60 cm	71 cm	84 cm	100 cm
	3 j	68 cm	81 cm	94 cm	113 cm

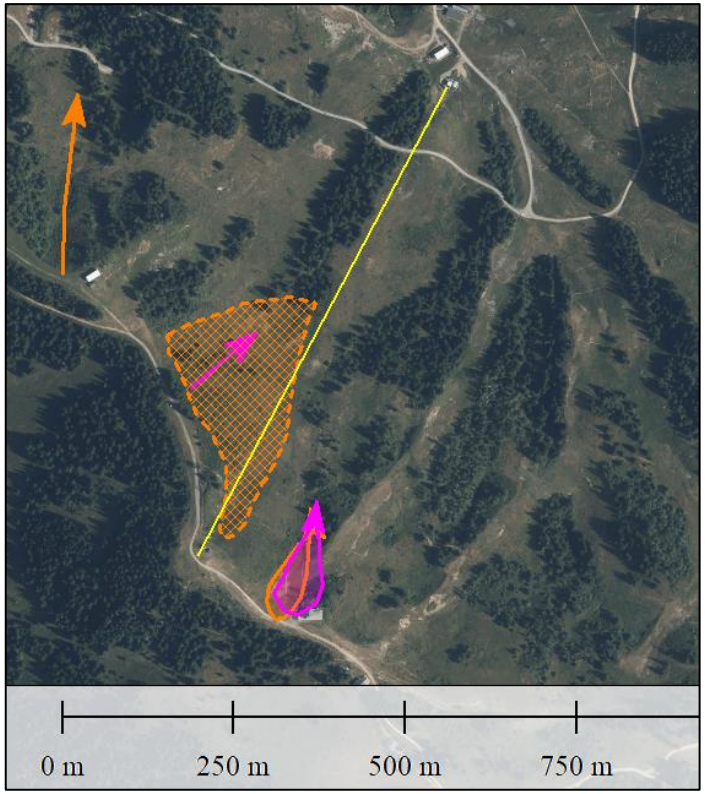
Tableau 3: Epaisseurs de neige mobilisables pour une pente à 35° à une altitude de 1600m à partir des :
- En haut : prédéterminations [2] de la station Météo France des Gets (1172m)
- En bas : données du Tableau 1 pour le poste de mesure des Gets (1550m) [3]

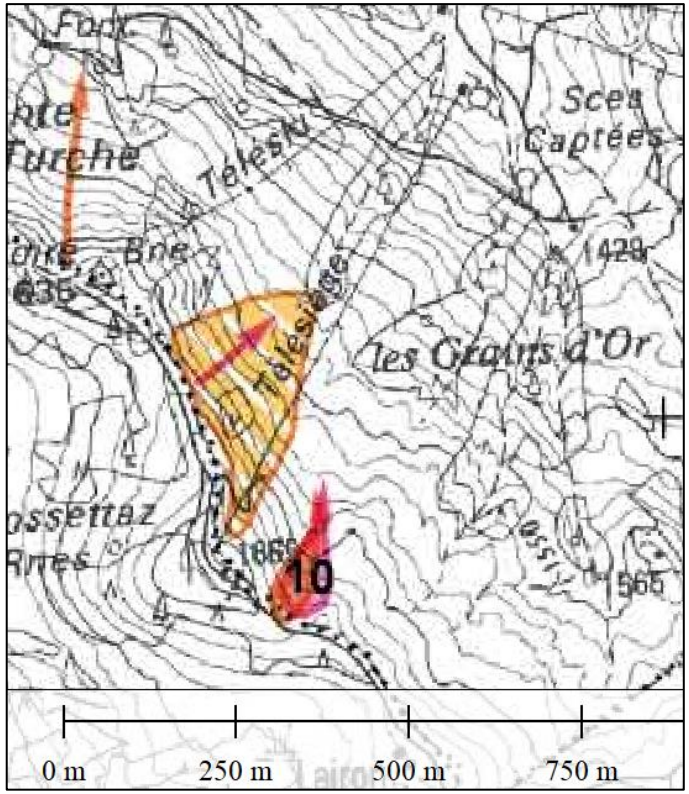
Etant donné la tendance à la baisse représentée par la Figure 4, une moyenne des deux résultats statistiques (d'après [2] et [3]) sera retenue pour évaluer les épaisseurs mobilisables dans les zones de départ.

III. ETAT DES RISQUES CONNUS

A. LES AVALANCHES

EPA/CLPA





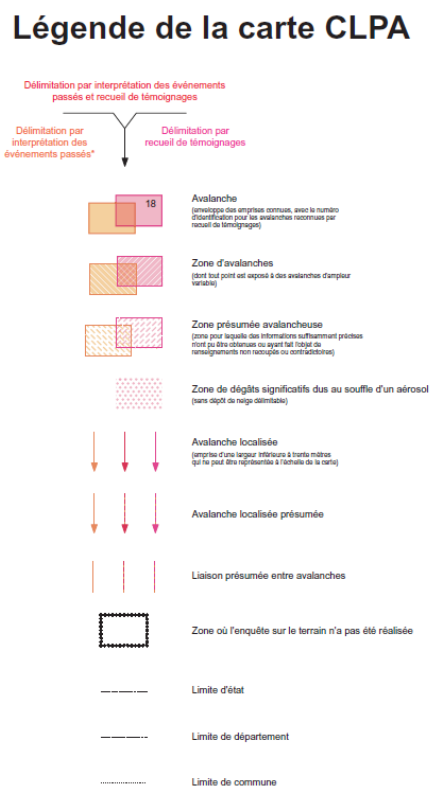


Figure 6: Couches vectorisées de la CLPA sur fond ortho à gauche (projet en jaune) et extrait de la carte CLPA correspondante

La seule ''avalanche'' répertoriée dans la CLPA [2] (Carte de Localisation des Phénomènes Avalancheux, Figure 6) sur le secteur d'étude porte le n°10, elle ne menace pas le projet.

Pour autant, la partie haute du télésiège survole une zone d'avalanches, déterminée par photo-interprétation, elle-même également parcourue par une ''avalanche localisée'' (représentée par une flèche).

Ce sont certainement les valeurs de pente, de l'ordre de 30° en moyenne sur le versant correspondant, qui ont conduit à représenter ces deux dernières entités sur le secteur.

➔Le projet ne semble a priori que peu concerné par les phénomènes nivologiques. Seules quelques pentes sont répertoriées dans sa toute dernière partie, dès l'altitude de 1 650m environ.

Protections : PIDA

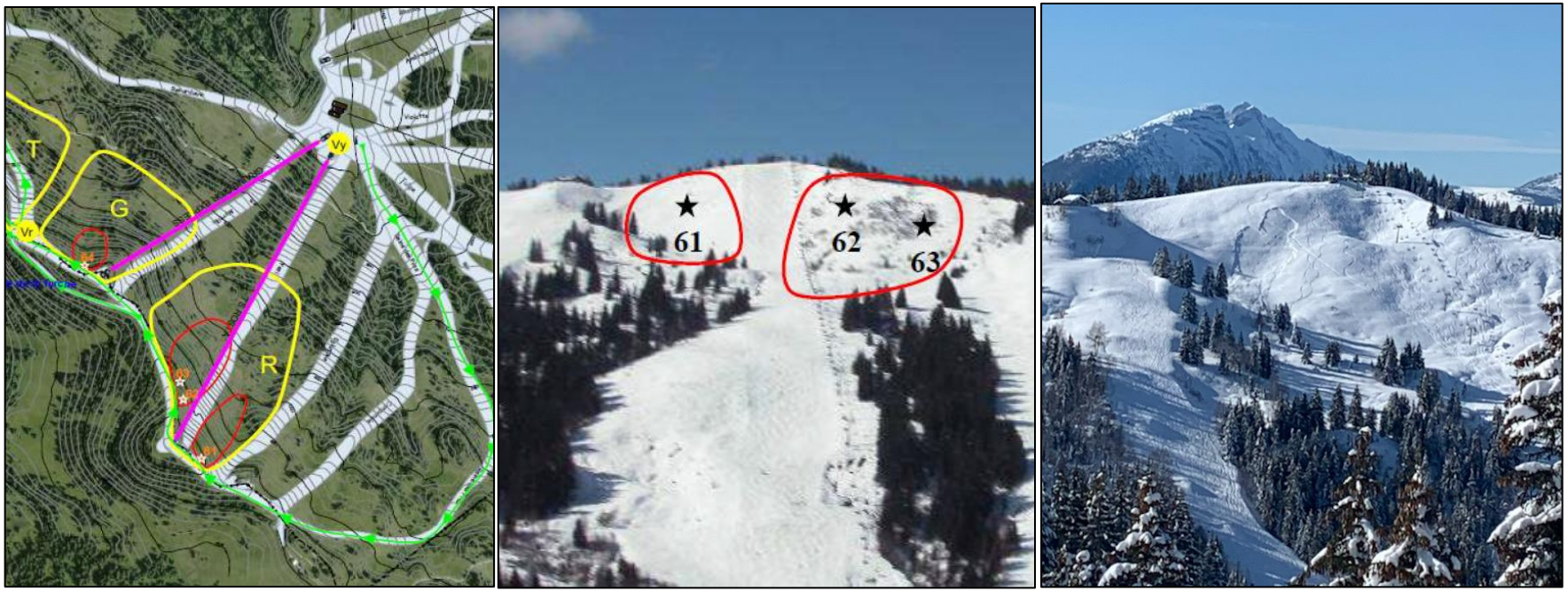


Figure 7 : Extraits de : à gauche : carte PIDA, au milieu : Atlas PIDA. A droite avalanche produite lors de l'hiver 2020-2021 dans l'emprise n°61 [4]

Les pentes avalancheuses évoquées dans le paragraphe précédent sont intégrées dans le PIDA (Plan d'Intervention pour le Déclenchement des Avalanches, Figure 7) du service des pistes des Gets.

A été confirmé lors de [1] que l'avalanche CLPA n°10, qui correspond au point de tir PIDA n°61, ne menace pas le projet. Le seul phénomène observé ces 40 dernières années ici, s'est produit l'hiver 2020-2021 (lors de la période Covid) alors que le domaine skiable était fermé et de fait non sécurisé et ''skié'' : image de droite Figure 7.

Pour ce qui concerne les points de tir n°62 et 63 et toujours pour ces 40 dernières années, ceux-ci n'ont **jamais** fait l'objet de déclenchement préventif.
Il s'agit plutôt de gros talus, recouvert d'arcosses, rapidement stabilisés par le passage de skieurs [1].

➔D'après [1], les seules pentes répertoriées dans le PIDA qui surplombent le projet (dans sa dernière partie uniquement) ne représentent aucun danger, à tel point qu'elles n'ont pas été déclenchées préventivement depuis au moins 40 ans.

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 y compris lors de période de réchauffement hivernal. Il est d'autant plus important lorsque le sol présente une très faible rugosité (pentes herbeuses, dalles rocheuses…) sur des pentes supérieures à 30°.

Ce phénomène 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).

Ici et comme l'illustre la carte des pentes ''propices'', les sections concernées sont surtout concentrées sur la partie haute de la ligne (Figure 8 & Figure 9).

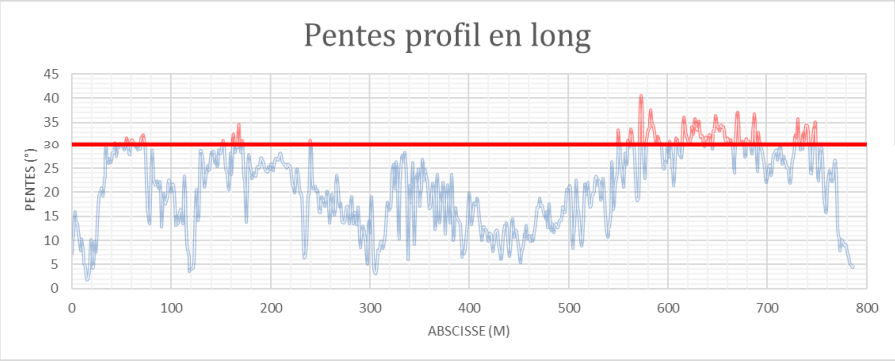


Figure 8: Valeurs de pente le long du profil

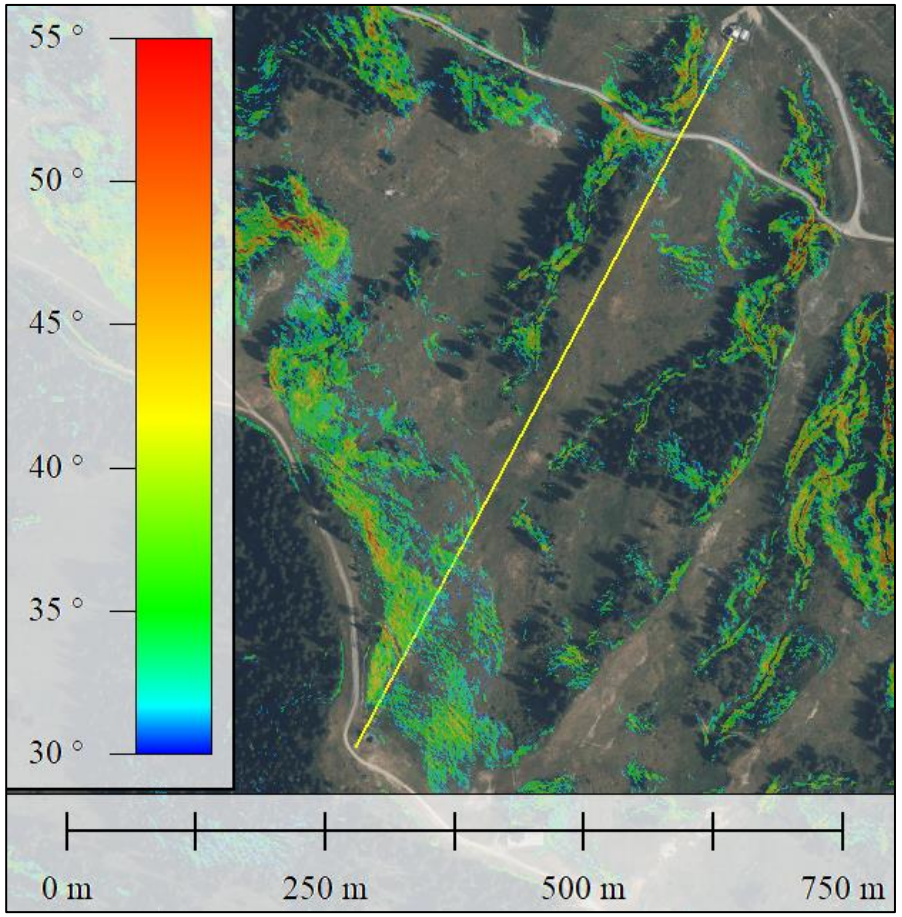


Figure 9: Carte des pentes (comprises entre 30° et 55°) du secteur [5]

IV. SCENARIOS DE REFERENCE ET QUANTIFICATION DES PHENOMENES

A. SCENARIOS DE REFERENCE

Dans le cadre d'un enjeu de type remontée mécanique, il s'agit de formaliser les prescriptions concernant les risques nivologiques (avalanche – indice a et reptation – indice g) selon le cadre général du récent règlement RM2 (STRMTG 2023) qui justifie la présente analyse. La problématique des avalanches et de la reptation y étant somme toute traitée succinctement, ce qui suit s'inspire également des pratiques suisses[2] ici pour un possible phénomène dense coulant.

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 **$REPT_{30}$** (charge variable principale) combiné à l'avalanche **$AVAL_{30}$** (charge variable d'accompagnement). Par rapport aux précédentes pratiques, ce scénario reclasse 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 **$AVAL_{100}$**. 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 précédemment (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 Hn_{100} 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 θx peuvent être différentes, d'une part de l'axe de la ligne et d'autre part entre ces 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.

[2] 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.

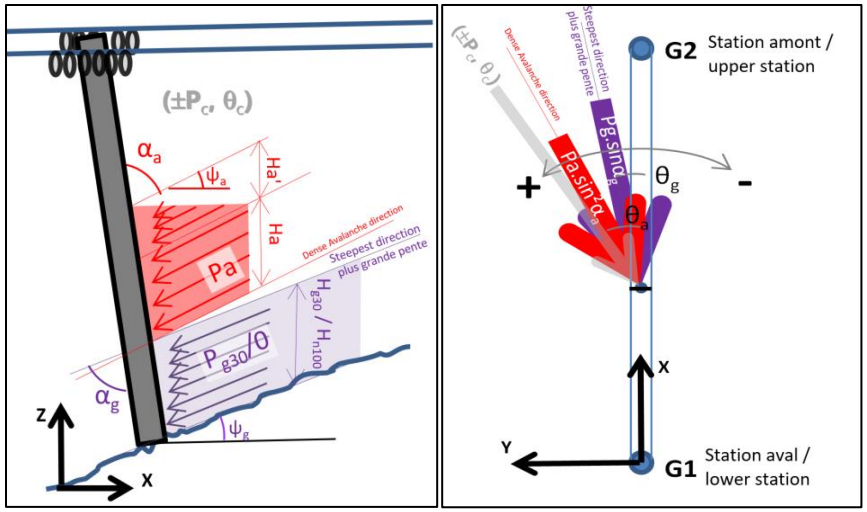


Figure 10 - Schéma type de coexistence des avalanches et de la reptation

B. CHARGE DUE AU PHENOMENE DE REPTATION

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

$$P_g = \frac{\rho . g . Hg . K . N . \eta}{2 \cos \psi_g}$$

- ρ : densité (t/m³) considérée classiquement de 0.4 pour les manteaux neigeux préjudiciables.
- g : accélération de la pesanteur (10m/s²)
- Hg : hauteur de neige de référence. Sa valeur de référence est considérée linéairement répartie par rapport à l'altitude à partir d'une valeur représentative retenue de 2m au pied. 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 (°) :

$$P_g = P_g . \sin \alpha_g$$

C. CHARGE DES AVALANCHES DENSES

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

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

Avec :

- Cd : coefficient de trainée. 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 (°).

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

S'agissant d'avalanches coulantes denses, une hauteur de refoulement supplémentaire (notée Ha' sur la Figure 10) 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.

V. MODELISATIONS NUMERIQUES DES ECOULEMENTS

A. RAMMS

En plus des aspects purement géométriques, la charge d'avalanche dense dépend 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 1.8.0 - 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 entrainée 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/m^3. 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 : 5m [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'' (<5000m^3=T), ''small'' (<25000m^3=S), ''medium'' (<60000m^3=M) et ''large'' (>60000m^3=L). Volume ''tiny'' retenu ici.

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.

B. RESULTATS ET INTERPRETATION

Etant donné :

- L'occurrence (quasi-nulle) de phénomène sur le versant depuis 40 ans : seule la période de retour centennale a finalement été considérée pour évaluer le risque d'avalanche sur le projet de TSD Rosta.
- L'altitude du projet (1660m max) : une cohésion de 50Pa a été intégrée aux calculs.

Les zones de départs ont été définies à partir de la lecture des courbes de niveau, de la carte des pentes… au niveau des points de tir n°62 et 63 qui couvrent également en partie la ''zone avalancheuse'' répertoriée dans la CLPA.

➔Les résultats, obtenus pour une avalanche dense centennale (Figure 12), justifient qu'il peut s'agir ici plutôt de coulées de talus que de véritables avalanches : les dépôts s'opèrent directement au pied des pentes les plus fortes, le dénivelé parcouru reste faible (<100m).

Finalement et même en considérant une période de retour centennale, les sollicitations le long du profil restent limitées (Figure 11 & Figure 12) et ne remettent donc pas en cause la faisabilité technique du projet.

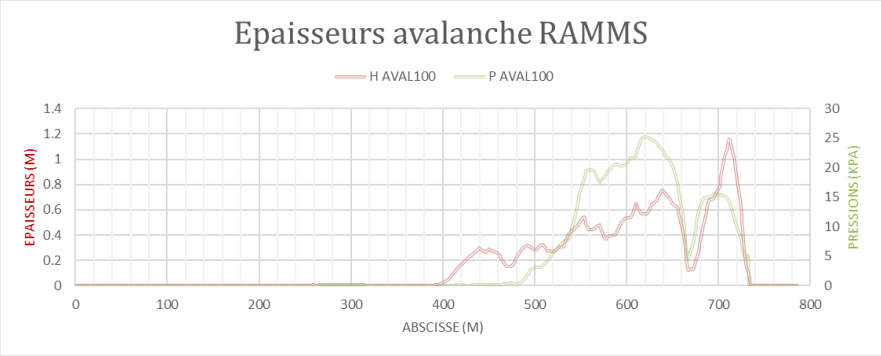


Figure 11: Valeurs d'épaisseurs (en rouge) et pressions (en vert) maximales le long du profil

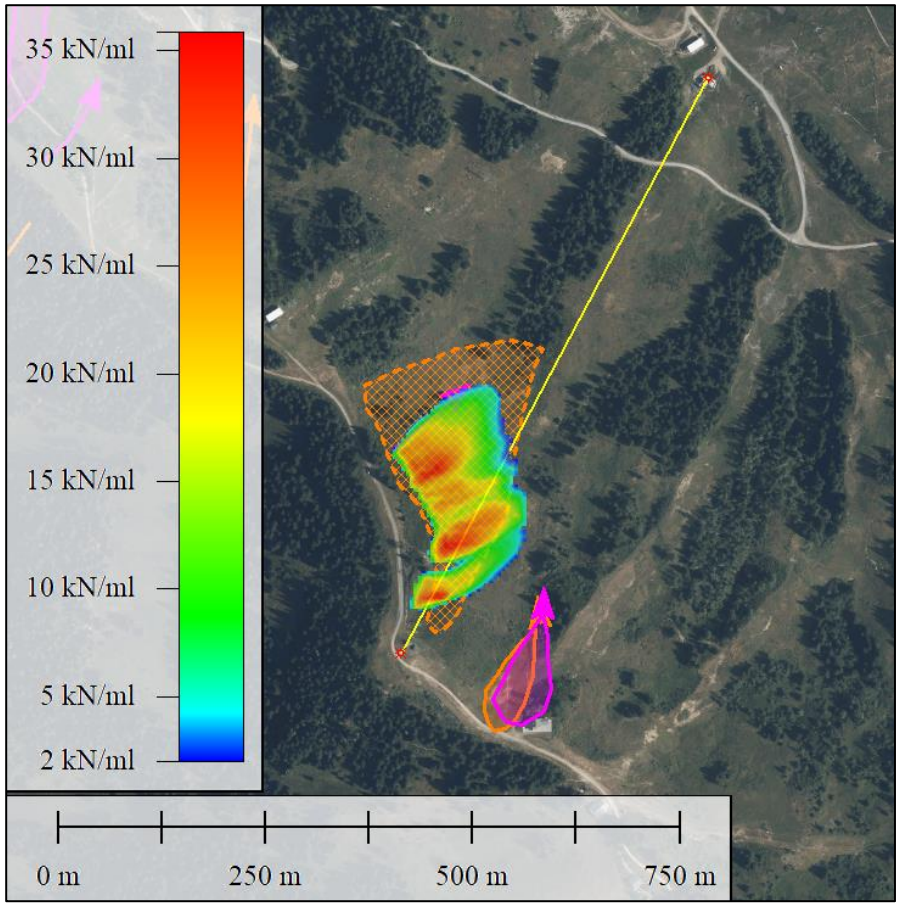


Figure 12: Intensité max de l'avalanche dense centennale (Pression*Hauteur) obtenue par modélisation numérique

VI. CONCLUSION

Ce premier diagnostic permet d'affirmer que le projet de remplacement, en lieu et place, du TSF4 Rosta par un appareil plus performant n'est absolument pas remis en cause du fait des risques nivologiques, ce que confirme l'existence sans problème de l'appareil existant depuis plusieurs décennies.
Les risques, bien que limités, sont principalement présents en dernière partie de ligne :

- Le phénomène de reptation se manifestera surtout dans les tranches d'altitude suivantes :
  - 1400m – 1420m
  - 1560m – 1660m

- Du fait de l'historique du site qui ne témoigne d'aucun phénomène ces 40 dernières années malgré l'existence d'un PIDA, les avalanches n'ont été considérées que pour une période de retour centennale, dont les charges seront intégrées en conséquence dans le scénario correspondant.
  Il s'agit plutôt ici de coulées qui concernent la tranche d'altitude comprise entre 1550m et 1650m. Les sollicitations, limitées, pourront être directement intégrées dans le dimensionnement des pylônes et fondations par le constructeur.
  A ce stade, les pressions sont de l'ordre de 25kPa maximum sur des épaisseurs inférieures à 1 m.

➔ Les prescriptions de détails seront données une fois que la ligne constructeur aura été définie et pour les pylônes qui seront finalement concernés.
PS : Les gares ne sont pas concernées.

DOMAINE SKIABLE DES GETS

REMPLACEMENT DU TSD DE LA ROSTA

Etude géotechnique préliminaire

N° Affaire : 24-050 **N° Dossier : 01**

N° Indice	Dates	Etabli par	Vérifié par	Nb pages
A	24/09/24	C.GACHET	A.GUELA	41

Anne GUELA

Ingénieur géotechnicien

Diagnostics d'ouvrage d'art

+33 (0)6 31 44 61 44

anne.guela@pyrite-ingenierie.com

Christine GACHET

Ingénieur géotechnicien et env. industriel

Expert judiciaire près la cour d'appel de Grenoble

+33 (0)6 31 44 57 23

christine.gachet@pyrite-ingenierie.com

Alpespace - 427, Voie Thomas Edison - 73800 Sainte Hélène du Lac

www.pyrite-ingenierie.com

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION 3

2 RENSEIGNEMENTS GENERAUX 3

2.1 Situation et description du projet 3

2.2 Documents à disposition 4

2.3 Contexte géologique 4

2.4 Sondages et fouilles antérieurs 6

2.5 Contexte hydrogéologique local 8

2.6 Contexte hydrologique local 9

3 RISQUES NATURELS 10

3.1 Chutes de blocs 10

3.2 Effondrements, karsts 10

3.3 Mouvements de terrain 10

3.1 Crues torrentielles 11

3.2 Classification parasismique du site 11

4 ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE 12

4.1 Généralités 12

4.2 Détail des caractéristiques des zones 14

4.2.1 Zone gare G1 – 1393.2-1397 m 14

4.2.2 Zone 1 – 1397-1435 m 17

4.2.1 Zone 2 – 1435-1569 m 19

4.2.2 Zone 3 – 1569-1655m 22

4.2.3 Gare G2 – 1655-1660m 25

4.3 Synthèse des observations 29

4.4 Dispositions constructives 31

5 CONCLUSION 32

ANNEXE 1 33

CONDITIONS GENERALES DE VENTE ET NORME NF P 94-500 – MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE 33

ANNEXE 2 39

ZONAGE GEOTECHNIQUE DE LA LIGNE 39

1 INTRODUCTION

A la demande et pour le compte de SOLEGETS, PYRITE ingénierie, a réalisé l'étude géotechnique préliminaire relative au projet de remplacement du télésiège TS de la Rosta, situé sur le domaine skiable des Gets (74).

Cette étude a pour objectif d'évaluer les risques naturels et sismiques et de définir les conditions de fondation des gares et pylônes en fonction des différentes zones d'implantation. Elle est basée sur une visite de site, réalisée le 19 septembre 2024.

Elle s'appuie ainsi sur l'implantation de la ligne transmise par le maître d'œuvre AIM/SARRASOLA (plans EP ind B du 30/07/24).

NB 1 : Cette étude ne concerne que les risques de chutes de blocs, de mouvements de terrain et de crues torrentielles. Les risques d'avalanches ne sont pas traités dans notre rapport.

En référence à la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013 – Classification des missions types d'ingénierie géotechnique – qui figure en **annexe 1** de ce rapport, notre mission est de type G1 – PGC (Principes Généraux de Construction).

NB 2 : La bonne réalisation de cette mission ne supprimera jamais les risques naturels en domaine de haute montagne, notamment : éboulements, glissements de terrain, avalanches. Il ne peut pas y avoir obligation de résultat dans ce domaine. Par conséquent, la surveillance et l'entretien des ouvrages dans le temps sont nécessaires, vis-à-vis des risques naturels (phénomènes de reptation, chutes de blocs…).

2 RENSEIGNEMENTS GENERAUX

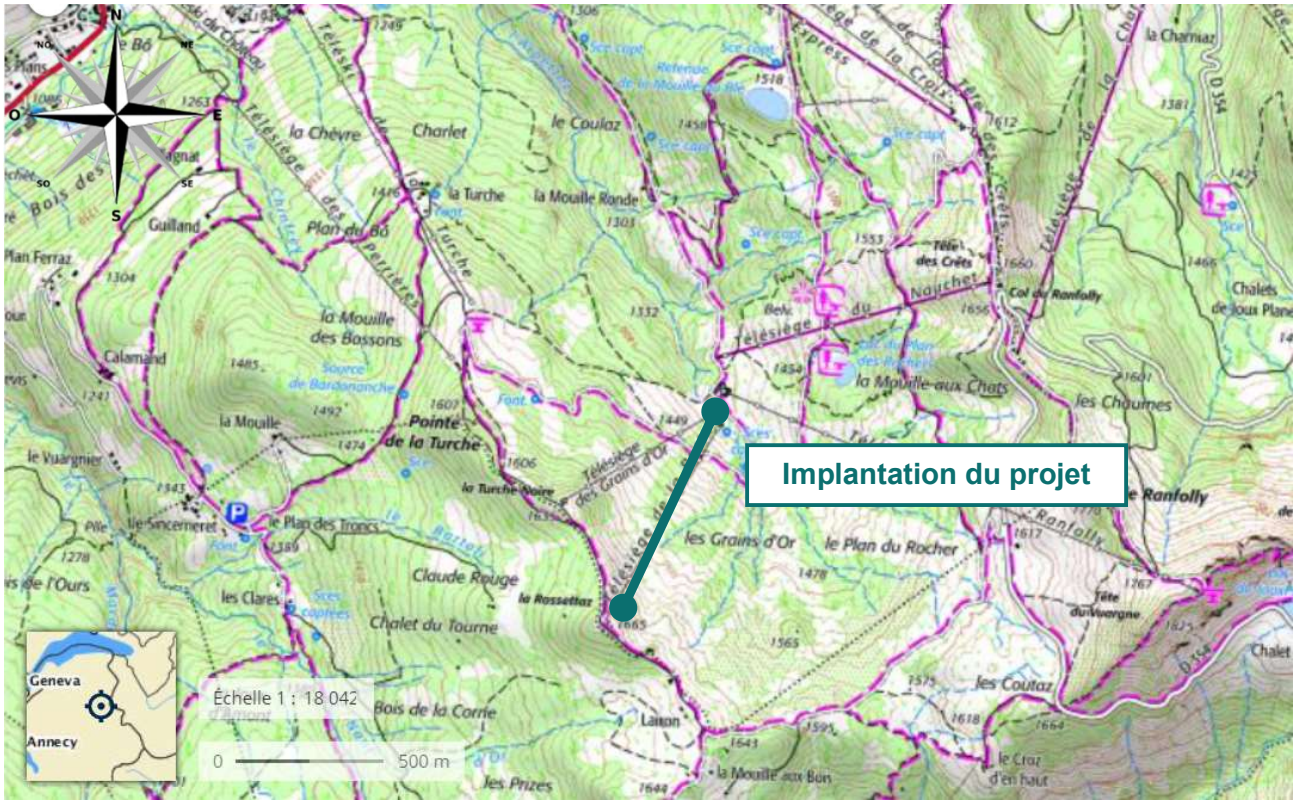
2.1 Situation et description du projet

Le secteur d'étude est implanté sur le domaine skiable des Gets.

Le nouveau TSD de la Rosta viendra en remplacement du TS existant, sur un axe légèrement pivoté dans le sens anti-horaire.

La gare aval sera implantée au niveau de la gare aval de l'ancien TS, à une altitude de 1393.2 m. La gare amont G2 sera implantée au niveau de la gare G2 actuelle, à l'altitude 1660.8 m.

Le projet envisage en première approche environ 9 pylônes sur un linéaire de 796 ml et un dénivelé de 267.6 m.



Implantation sur extrait de carte topographique (source Géoportail)

2.2 Documents à disposition

SOLEGETS nous a transmis les documents suivants sur l'ancien appareil :

- rapport géotechnique préliminaire B3G, TS de la Rosta du 03/02/92
- rapport géotechnique HYDROGEO TS de la Rosta, du 29/06/92
- rapport géotechnique HYDROGEO gare motrice aval TS de la Rosta, du 18/06/92
- visites des fouilles HYDROGEO TS de la Rosta, août à septembre 1992

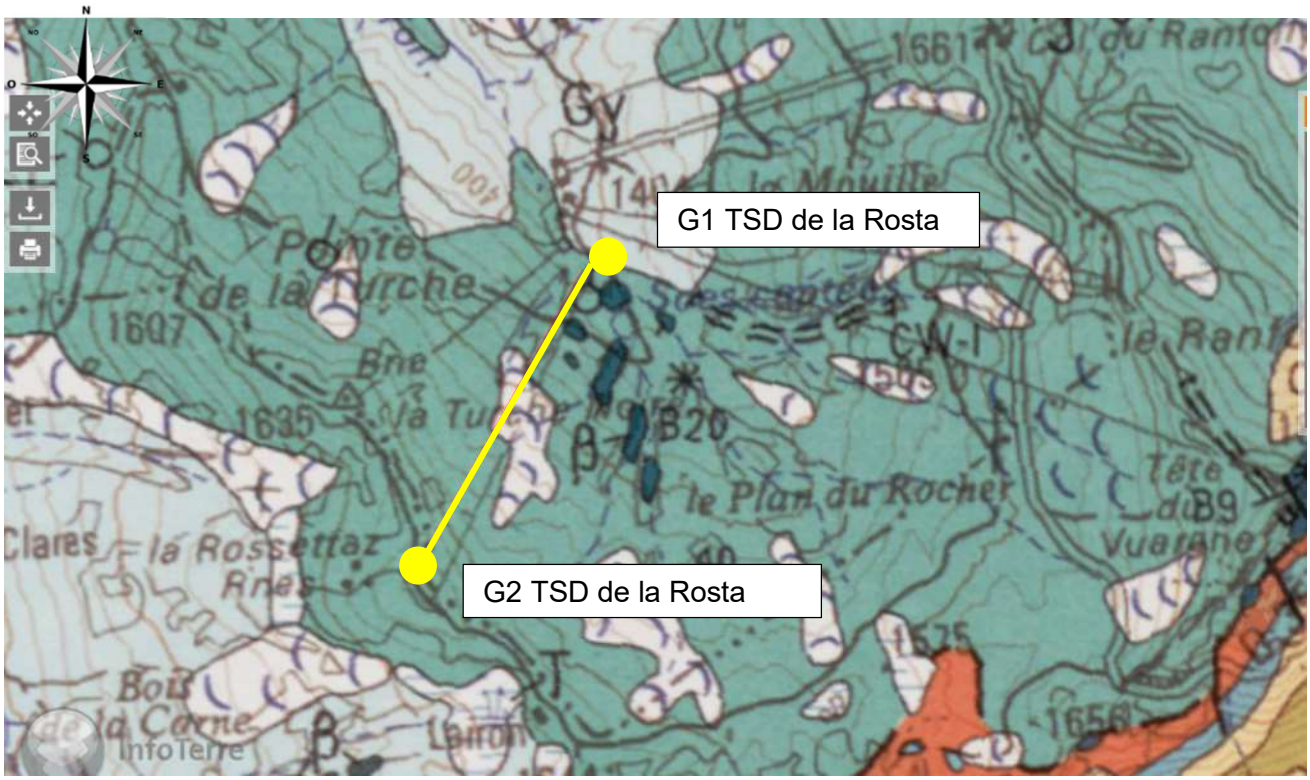
2.3 Contexte géologique

D'après la carte géologique au 1/50 000 de Samoëns Pas de Morgins, le secteur étudié est implanté dans la nappe des Gets. Deux principaux types de formations géologiques sont recoupées par le tracé :

- J-cF (en bleu) : flyschs schisto-gréseux siliceux, souvent altérés en surface et se transformant en argile d'altération en présence d'eau.

- Gy (en gris) : moraines würmiennes et post-würmiennes à matrice argilo-limoneuse (moraines de fond) à matrice gravelo-sableuse (moraines d'ablation). La carte indique la présence de moraines en glissements au milieu du tracé.

La carte géologique indique par ailleurs la présence de pointements de roches cristallines (β) en bleu foncé.



Extrait de carte géologique au 1/50 000 (source www.infoterre) et implantation de la ligne

Affleurements de schistes siliceux dans le lit du ruisseau et sur le versant terrassé vers le pylône P2 actuel, dont la schistosité est prépondérante et défavorable (N60°-20-25°N,)

Schistes à l'affleurement

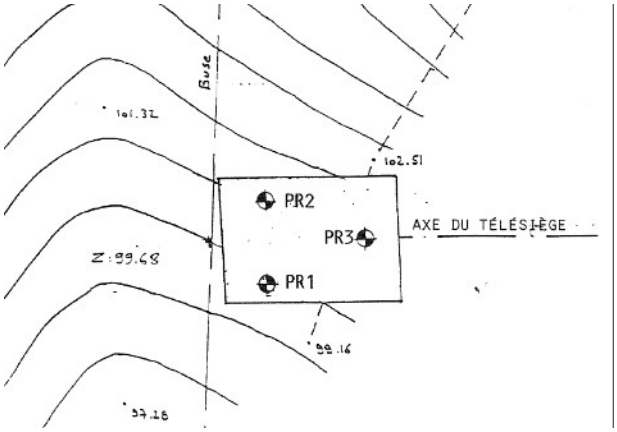
2.4 Sondages et fouilles antérieurs

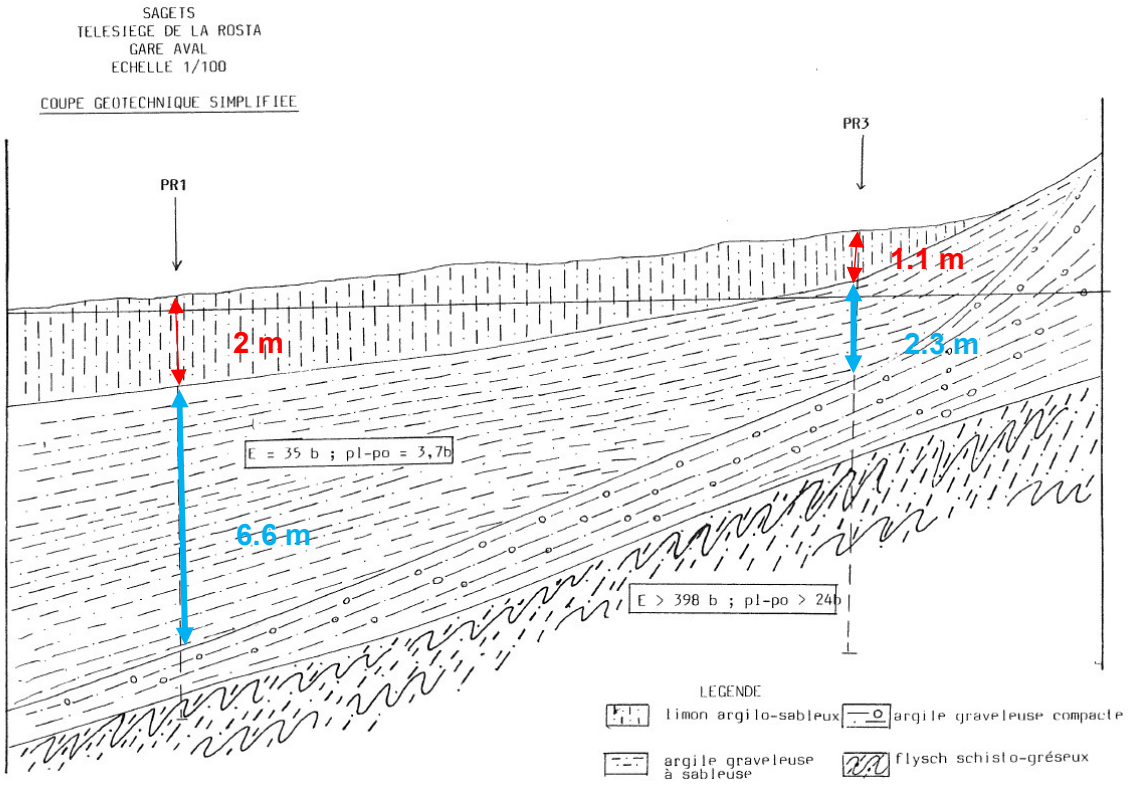
Les sondages et visites des fonds de fouille réalisés par HYDROGEO en 1992, lors de la construction de l'ancien appareil, mettaient en évidence les formations et caractéristiques suivantes :

Pylône	Données disponibles
Gare G1 et P1	Remblais et argiles compressibles sur 5.0 à 9.5 m de profondeur 3 sondages pressiométriques mettant en évidence : - des remblais limons argilo-sableux à débris schisteux sur 1.1 m (amont) et 2.2 m (aval) - des argiles limoneuses plus ou moins sablo-graveleuses et peu consistantes sur 2.3 m (amont) et 6.2/6.6 m (aval) - des argiles plus consistantes entre 3.4 et 5.0 m (amont) - des flyschs schisto-gréseux présents à 5.0 m (amont) et 8.4/9.5 m (aval). Présence de circulations d'eau de versant : zone de mouillère

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS

Lithologie/Sondage	PR1	PR2	PR3
Limon argilo-sableux à débris schisteux (remblais)	2,00m E = 54 bar pl-po = 4,6 b	2,20m 17 < E < 85 bar 1,8 < pl-po < 7,7 b	1,10m
Argile limoneuse sablo graveleuse à débris schisteux de faible consist.	6,60m E = 32 bar pl-po = 3,4 b	6,20m E = 32 bar pl-po = 3,3 b	2,30m E = 38,5 bar pl-po = 4,3 b
Argile légèrement sableuse consistante	0,90m E = 91 bar pl-po = 10,4b	/	1,60m E = 163 bar pl-po = 18,3 b
Flysch schisto-gréseux consistante	> 0,50m	> 1,60m	> 5,00m E > 398 bar pl-po > 24 b





P2	Placages d'argiles à blocs déstabilisés par des arrivées d'eau
P3	Limons graveleux à débris schisteux sur 0.6-0.7 m Flyschs schisto-gréseux qd>10 MPa dans les schistes
P4	Argiles sableuses à débris schisteux Flyschs peu altérés à partir de 1.8 m de profondeur qd>4.5 MPa au-delà couverture humique dans les argiles
P5	Limons bruns graveleux à cailloux Flyschs altérés à partir de 1.6 m de profondeur 3.5<qd<7 MPa au-delà de 0.6 m dans les limons
P6	Limons et argiles beiges légèrement graveleuses Flyschs altérés à partir de 1.2 m de profondeur 4.3<qd<10 MPa dans les limons qd=5.5 MPa dans les flyschs altérés 8<qd<10 MPa dans les flyschs moins altérés
P7	Limons argileux légèrement sableux Flyschs à partir de 1.1 m de profondeur 3<qd<20 MPa dans les limons
P8	Tourbe en surface sur 0.8-1.0 m Argiles sableuses à cailloux Flyschs schisteux à partir de 1.2 m de profondeur qd>10 MPa

P9	Limons graveleux bruns clairs sur 2.0 m puis argiles très sableuses beiges à cailloux Traces de flyschs à 1.9 m de profondeur (coin amont gauche) 2<qd<5 MPa dans les limons
P10	Limons graveleux à cailloux beiges Flyschs à partir de 1.7/1.9 m de profondeur qd>4 MPa à partir de 1.2 m Morphologie moutonnée
P11	Limons graveleux beiges Flyschs altérés à matrice limono-sableuse à partir de 1.6 m de profondeur 3.5<qd<4 MPa entre 1.8 et 2.2 m qd>5 MPa au-delà de 2.2 m Présence de loupes de glissement superficielles Morphologie ondulée témoignant de paléo-glissements Doline à l'amont Reptation sur 0.8 m facilitant les infiltrations d'eau
P12	Limons bruns à débris schisteux Flyschs altérés à partir de 1.4 m de profondeur qd>18 MPa à partir de 1.4 m
P13	Limons à débris schisteux et blocs Flyschs altérés au-delà de 0.6 m de profondeur qd> 10 MPa au-delà de 0.6 m
Gare G2	Remblais gravelo-limoneux à débris schisteux sur 0.4/0.8 m qd=3 MPa Flyschs altérés qd>5 MPa

2.5 Contexte hydrogéologique local

Globalement sur tout le versant, de nombreuses circulations d'eau sont mises en évidence dans les moraines argileuses et la frange altérée des flyschs : présence de nombreuses zones humides spongieuses, notamment :

- entre P3 et la gare G1

- sous le pylône actuel P4,
- entre P6 et P7
- entre P7 et P8
- entre P8 et P9

Présences de zones humides entre P7 et P9

2.6 Contexte hydrologique local

L'implantation de la nouvelle gare G1 du TSD de la Rosta se rapprochera de l'entonnement du ruisseau (buse béton DN800) et des nombreux drains de la plate-forme remblayée ; des drainages seront mis en œuvre et des niveaux déjaugés seront considérés en cas de débordement de celui-ci.

Zone d'entonnement du ruisseau

3 RISQUES NATURELS

La commune des Gets est soumise à un Plan de Prévention des Risques (PPR), qui ne s'étend pas sur le domaine skiable.

3.1 Chutes de blocs

Le risque de chute de blocs est inexistant sur le tracé : absence de falaise.

3.2 Effondrements, karsts

Ce risque n'est pas manifeste dans les formations de flyschs schisto-gréseux rencontrées.

Seule une petite forme de dépression est visible directement à l'amont du P11 actuel (diamètre 9 m) : on évitera une implantation dans cette zone.

3.3 Mouvements de terrain

Le secteur est reconnu sur la carte géologique, entre les cotes approximatives 1500 et 1530 m comme soumis à glissement de terrain, dans les moraines glaciaires (figuré type « ondulation »).

La présence de terrain de couverture à dominante argileuse ou limoneuse en présence de circulations d'eau est réputée pour sa sensibilité aux glissements de terrain : fortes diminutions de leurs caractéristiques mécaniques.

Sur le parcours du tracé, on note la présence de zones moutonnées et de zones humides, favorisant le phénomène de reptation des terrains de couverture.
Il n'y a pas de niches d'arrachement actives, mais une ancienne niche recouverte par les arcosses entre les cotes 1600 et 1623 m entre les anciens P10 et P11).

zones moutonnées

3.1 Crues torrentielles

Il n'y a qu'un seul talweg où le ruisseau s'écoule, qui sera survolé par la ligne du TSD.

Les pylônes seront dans tous les cas implantés en dehors des zones de ce talweg, pour éviter ce risque et éviter toute déstabilisation de la berge rive droite.

La gare G1 sera implantée sur la plate-forme à proximité de l'ouvrage d'entonnement. D'après SOLEGETS, aucun évènement de type crue n'a été recensé depuis 20 ans, mais un drainage sera mis en place et un niveau déjaugé devra être considéré dans le projet.

3.2 Classification parasismique du site

D'après le décret du 22 octobre 2010, la commune des Gets se trouve en zone de sismicité 4 « moyenne ». Le site du projet peut donc être caractérisé, vis-à-vis des effets des séismes, en référence aux règles de construction définies dans l'arrêté du 22 octobre 2010 et Eurocode 8.

La classification suivante concerne les gares de départ et d'arrivée, et également les pylônes (référentiel eurocode).

Gare de départ G1 :

Altitude du site : 1393 m

Classe de l'ouvrage : III

Accélération nominale : a_{gr} = 1.6 m/s^2

Coefficient d'importance : γI = 1.2

Classification des sols : A (après substitution sous les semelles, flyschs à moins de 5 m de profondeur)

Paramètre de sol : S = 1.

Amortissement : η = 1

Coefficient d'amplification topographique : τ = 1.00

amax = agr * γI * S * η * τ = **1.92 m/s²**

Gare d'arrivée G2 :

Altitude du site : 1660 m

Classe de l'ouvrage : III

Accélération nominale : agr = 1.6 m/s²

Coefficient d'importance : γI = 1.2

Classification des sols : A (flyschs présents)

Paramètre de sol : S = 1

Amortissement : η = 1

Coefficient d'amplification topographique : τ = 1.20 (en considérant le versant à 33°)

amax = agr * γI * S * η * τ = **2.30 m/s²**

Pour les pylônes : a_{gr} = 1.60 m/s^2

Pylône	Classe d'ouvrage II - Coef. d'importance γ_I	Paramètre de sol S	Coef amplification topo	a_{max} (m/s²)
Zone 1	1	A - 1.0	1.0	1.60
Zone 2	1	A - 1.0	1.0	1.60
Zone 3	1	A - 1.0	1.0	1.60

Les flyschs sont présents sous les semelles des pylônes.

Le coefficient topographique est pris égal à 1.0 étant donné que la catégorie d'ouvrage ne dépasse pas II.

4 ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE

4.1 Généralités

Lors de notre mission G1 PGC, nous avons parcouru la future ligne du TSD et identifié des zones homogènes du point de vue de la géologie et de la géomorphologie, des caractéristiques mécaniques des terrains et des risques naturels.

La zone 1 est située au niveau de la gare amont (G1). Chaque départ et fin de zone a été identifiée par ses altitudes, le long de la ligne.

Le plan d'implantation des différentes zones figure en **annexe 2,** avec le report de l'axe proposé par le Maître d'œuvre AIM.

Nous avons établi un code couleur pour l'implantation des pylônes, en fonction des caractéristiques géologiques et morphologiques propres à chaque zone. Ce code est le suivant :

Zone d'implantation conseillée : zone peu soumise aux risques naturels et présentant des terrains de fondations de bonne qualité. Ces zones sont à privilégier pour l'implantation des pylônes. Des mesures d'adaptation pourront quand même s'avérer nécessaires après ouverture des fouilles (substitution de sol, drainage, bêche…).

Zone d'implantation avec prescriptions : zone soumise à un risque naturel « modéré » (chutes de blocs, glissement, zone humide, torrent…) et/ou présentant des terrains de fondations de qualités moyennes et/ou une forte pente. Une implantation sur la zone sera néanmoins envisageable en prenant des mesures spécifiques.

Zone d'implantation avec prescriptions importantes : zone soumise à un ou plusieurs risques naturels « fort » et/ou pente forte ou présentant des terrains de fondation de mauvaise qualité. Une implantation sur cette zone n'est pas envisageable sauf en cas de nécessité absolue et en prenant des mesures spécifiques éventuellement lourdes.

Les traversées de piste sont prises en considération

La présence des zones humides reportées sur le fond de plan AIM est également considérée dans le zonage.

Remarques importantes :

- Les profondeurs d'encastrement minimales énoncées ci-après sont à considérer à partir de la surface du terrain naturel en place le jour de notre visite,

- La profondeur hors gel, fixée ici à 1.2 m sur l'ensemble de la ligne (norme NFP 94-261), devra être respectée en tout point de la fondation.

Les contraintes de calcul sous fondation sont estimées dans le référentiel Eurocode 7 correspondant à la norme française NFP94-261.

Les calculs sont les suivants :
q_{net} : résistance nette du sol déduite des essais pressiométriques quand il y en a eu (gares), ou caractéristiques de cisaillement du sol évaluées, sinon expérience empirique au vu des terrains.

q_{ELS} permanent = $q_{net}/2.76$ capacité portante vérifiée aux états limites de services.
q_{ELU} durable et transitoire = $q_{net}/1.68$ capacité portante vérifiée aux états limites ultimes (y compris séisme)
q_{ELU} accidentel = $q_{net}/1.44$ capacité portante en situation ELU accidentelle.

Les calculs tiennent compte du coefficient de réduction de portance $i\beta$ induit par la présence de pente aval et dévers, en fonction de son inclinaison.

Ces calculs seront affinés au stade AVP une fois les pylônes implantés, sur la base des sondages pressiométriques au niveau des gares.

4.2 Détail des caractéristiques des zones

4.2.1 Zone gare G1 – 1393.2-1397 m

ZONE gare G1 et pylônes associés (ancienne G1, P1 et P2) COULEUR	Altitude : 1393.2-1397 m Linéaire : 50 ml **ORANGE : alt 1393.2-1397 m**
Observations géologiques, morphologiques	Zone de la gare G1 et ses pylônes fonctionnels. La zone d'implantation de la nouvelle gare de départ G1 se situe à proximité immédiate de la gare G1 actuelle, décalée côté NO. Les matériaux reconnus lors des fouilles de l'ancien TS étaient des remblais et des moraines argileuses de faibles compacités reconnues sur 8.6 m (côté aval) et 3.4 m (côté amont), sur des flyschs schisteux. Un important décaissement est envisagé par AIM. Une substitution sur 2.0 m d'épaisseur avait été réalisée en 1992 pour la semelle de la gare G1 : celle-ci n'a apparemment pas bougée depuis.
Observations hydrogéologiques	Fortes circulations d'eau pressenties. Un drainage sera mis en place de manière gravitaire. Un fossé amont à la gare sera également prévu pour récupérer les eaux de ruissellement du versant.
Risques naturels	Le risque de débordement du ruisseau peut être possible en cas d'obstruction de la buse DN800.
Prescriptions sur les fondations et terrassements	Les massifs de fondation de la gare de départ G1 pourront être de type semelles isolées reposant sur une substitution conséquente en matériaux drainants pour garantir portance et limiter les tassements. Des sondages pressiométriques complémentaires seront réalisés au stade G2 AVP pour préciser les contraintes et les niveaux de fondation. Calcul en déjaugé des semelles. En première approche, nous pouvons retenir : q_{ELS} permanent 150 kPa q_{ELU} durable et transitoire 240 kPa q_{ELU} accidentelle 285 kPa Une garde hors gel de 1.20 m sera dans tous les cas respectée. Une solution sur micropieux pourrait être proposée en variante mais elle nécessitera : - de sceller les micropieux dans les flyschs d'au moins 2.0 m, - de les protéger du risque de flambement dans les matériaux décomprimés avec des tubes pétroliers de forte inertie, - de considérer le risque de tassements négatifs dans les matériaux décomprimés.

D'après les plans AIM, un important décaissement est prévu par rapport à la plate-forme actuelle : -5.2 m environ pour le fond de fouille des semelles de la gare G1.

Extrait profil de gare G1 plan AIM

En se référant au sondage ancien PR1 d'HYDROGEO, le plus proche de la future gare, cela permettra de décharger la couche de remblais et argiles peu consistantes et de limiter ainsi les tassements.

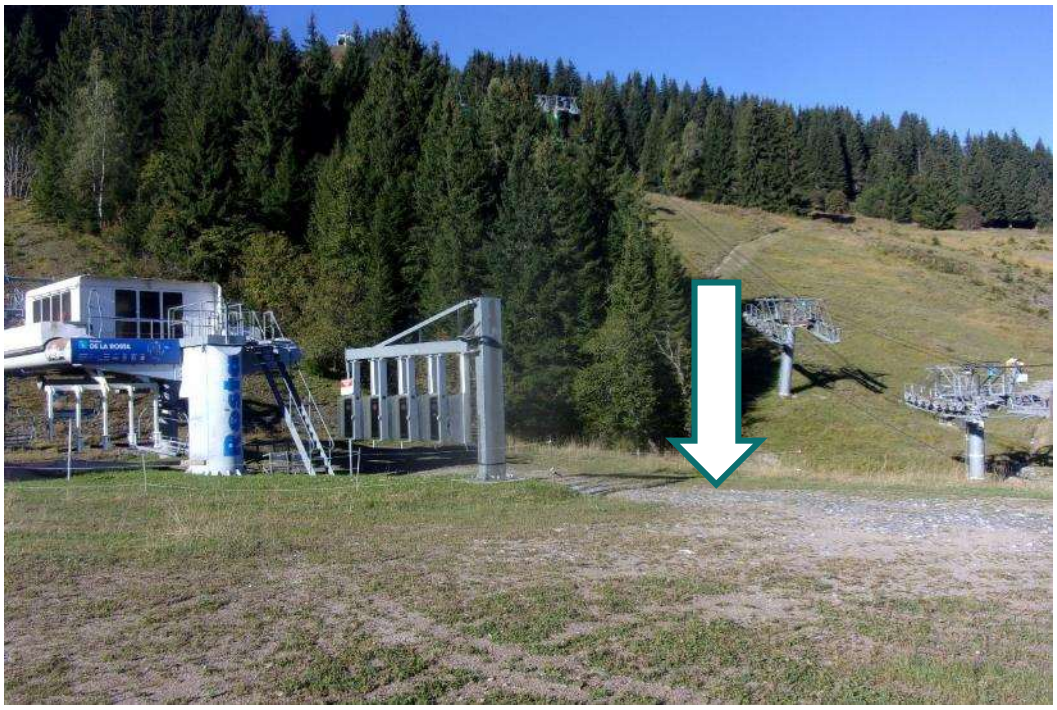


Plate-forme de départ proposée et emplacement gare G1

Emplacement proposé gare G1

4.2.2 Zone 1 – 1397-1435 m

ZONE 1 (anciens P2-P3) COULEUR	Altitude : 1397-1435 m Linéaire : 100 ml **VERTE : 1397-1407 m** **ROUGE : 1407-1435 m** **Traversée piste**
Observations géologiques, morphologiques	Moraines limoneuses sur flyschs d'après les sondages antérieurs et visite de fouilles, Une zone rouge est à éviter dans le talweg du ruisseau et sur le bord de berge rive droite soumis affaissement et risque d'érosion. Traversée de piste (cote 1435 m).
Observations hydrogéologiques	Circulations d'eau sur les flyschs visibles en surface entre l'ancien P2 et P3, donc possibilité d'en rencontrer lors de la réalisation des fouilles.
Risques naturels	Distance à respecter vis-à-vis de la berge du talweg pour éviter tout risque d'affaissement.
Prescriptions sur les fondations et terrassements	Les massifs de fondation des pylônes dans la zone 1 pourront être de type semelles isolées encastrées dans les flyschs au-delà de 2.0 m de profondeur. En première approche, nous pouvons retenir : q_{ELS} permanent 200 kPa q_{ELU} durable et transitoire 330 kPa q_{ELU} accidentelle 380 kPa Une garde hors gel de 1.20 m sera respectée et un débord de 2.0 m semelle/bord talus sera respecté. Des mesures de drainage périphérique seront requises, avec exutoire latéral hors de l'emprise du TSD.

Zone 1 entre P2 et P3 actuels : flyschs présents

Zone 1 entre P2 et P3 actuels

4.2.1 Zone 2 – 1435-1569 m

ZONE 2 (anciens P4 à P8) COULEUR	Altitude : 1435-1615 m Linéaire : 439 ml **ORANGE : 1435-1459** **VERTE : 1459-1485** **ORANGE : 1485-1505** **ROUGE : 1505-1530** **ORANGE : 1530-1532 m** **ROUGE : 1532-1541 m** **ORANGE : 1541-1546 m** **ROUGE : 1546-1551 m** **ORANGE : 1551-1552 m** **ROUGE : 1552-1569 m**
Observations géologiques, morphologiques	Moraines limoneuses sur flyschs d'après les sondages antérieurs et visite de fouilles, Entre anciens P4-P5 : RAS Entre anciens P5-P6 : zones moutonnées Zones rouges à éviter : zones fortement moutonnées attestant de phénomènes de reptation (entre ancien P6 et ancien P7).
Observations hydrogéologiques	Présence de nombreuses zones par endroit spongieuses attestant de circulations d'eau dans les moraines limoneuses zones humides matérialisées en rouge sur le plan de zonage.
Risques naturels	Sensibilité des limons superficiels avec des circulations d'eau à des phénomènes de reptation si la pente devient un peu plus soutenue.
Prescriptions sur les fondations et terrassements	Les massifs de fondation des pylônes dans la zone 2 pourront être de type semelles isolées encastrées dans les flyschs au-delà de 2.0 m de profondeur (débord de 2.0 m à respecter entre le bord de la fondation et la pente). Nous proposerons de provisionner une substitution en matériaux graveleux 40/80 enveloppés dans un géotextile anti-contaminant sur une hauteur variable de 0.5 à 0.7 m maximum à adapter lors de l'ouverture des fouilles. En première approche, nous pouvons retenir : q_{ELS} permanent 200 kPa q_{ELU} durable et transitoire 330 kPa q_{ELU} accidentelle 380 kPa Une garde hors gel de 1.20 m sera respectée. Des mesures de drainage périphérique seront requises, avec exutoire latéral hors de l'emprise du TSD.

Zone 2 entre P4 et P5 actuels : zone verte

Zone 2 entre P5 et P6 : quelques zones moutonnées

Zone 2 entre P6 et P7 très moutonnée : zone rouge

Zone 2 présence de zones humides : zones rouges

4.2.2 Zone 3 – 1569-1655m

ZONE 3 (anciens P9 à P12) COULEUR	Altitude : 1569–1655 m Linéaire : 190 ml **ORANGE : 1569-1600 m** **ROUGE : 1600-1623 m** **ORANGE : 1623-1655 m**
Observations géologiques, morphologiques	Pente plus soutenue (28° moyen). Moraines limoneuses sur flyschs d'après les sondages antérieurs et visite de fouilles.
Observations hydrogéologiques	Possibilité de rencontrer les circulations d'eau dans les limons et la frange altérée des flyschs.
Risques naturels	Sensibilité au glissement à ne pas sous estimer dans la zone rouge identifiée : ancienne niche d'arrachement recouverte d'arcosses.
Prescriptions sur les fondations et terrassements	Les massifs de fondation des pylônes dans la zone 3 pourront être de type semelles isolées encastrées dans les flyschs pouvant être altérés au-delà de 2.0 m de profondeur (débord de 2.0 m à respecter entre le bord de la fondation et la pente). Nous proposerons de provisionner une substitution en matériaux graveleux 40/80 enveloppés dans un géotextile anti-contaminant sur une hauteur variable de 0.5 à 0.7 m maximum à adapter lors de l'ouverture des fouilles. En première approche, nous pouvons retenir : q_{ELS} permanent 170 kPa q_{ELU} durable et transitoire 280 kPa q_{ELU} accidentelle 330 kPa Une garde hors gel de 1.20 m sera respectée. Des mesures de drainage périphérique seront requises, avec exutoire latéral hors de l'emprise du TSD.

Zone 3 au dessus du P9

Zone 3 pente plus soutenue et léger dévers

Zone 3 ancienne zone moutonnée et ancienne niche d'arrachement

Zone 3 sous la gare G2 actuelle

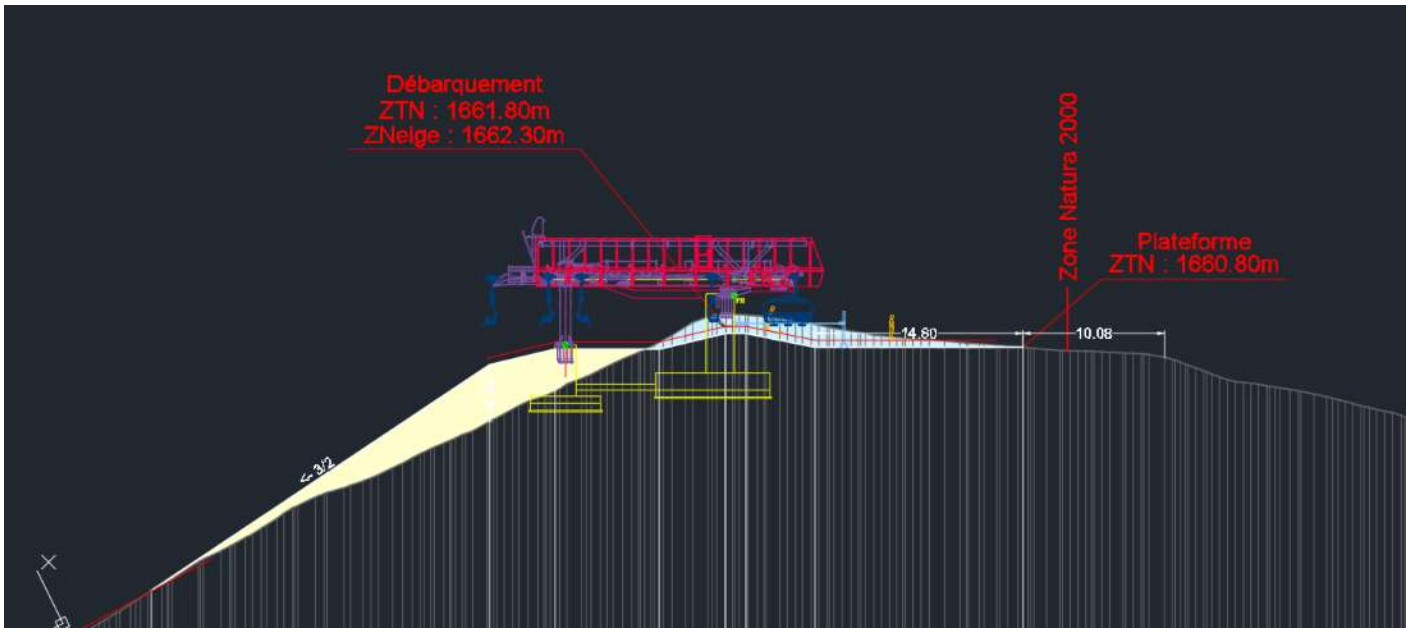
4.2.3 Gare G2 – 1655-1660.8 m

ZONE gare G2 (anciens P13 à G2) COULEUR	Altitude : 1655-1660.8 m Linéaire : 24 ml **VERT : 1656-1660.8 m**
Observations géologiques, morphologiques	Flyschs sous faible couverture limoneuse d'après les fouilles antérieures.
Observations hydrogéologiques	Possibilité de rencontrer les circulations d'eau dans la frange altérée des flyschs.
Risques naturels	Absence d'indice de reptation.
Prescriptions sur les fondations et terrassements	Les massifs de fondation des pylônes de la gare G2 et pylônes associés pourront être de type semelles isolées encastrées dans les flyschs peu altérés au-delà de 2.0 m de profondeur (débord de 2.0 m à respecter entre le bord de la fondation et la pente). Un sondage pressiométrique sera proposé au stade AVP pour valider les contraintes et les niveaux de fondation. En première approche, nous pouvons retenir : q_{ELS} permanent 230 kPa q_{ELU} durable et transitoire 380 kPa q_{ELU} accidentelle 440 kPa Une garde hors gel de 1.20 m sera respectée. Des mesures de drainage périphérique pourront être utiles : à valider à l'ouverture de la fouille. Si les flyschs schisteux deviennent compacts en profondeur, le BRH pourra être utile. La géométrie des déblais/remblais de la gare G2 sera étudiée au stade AVP.

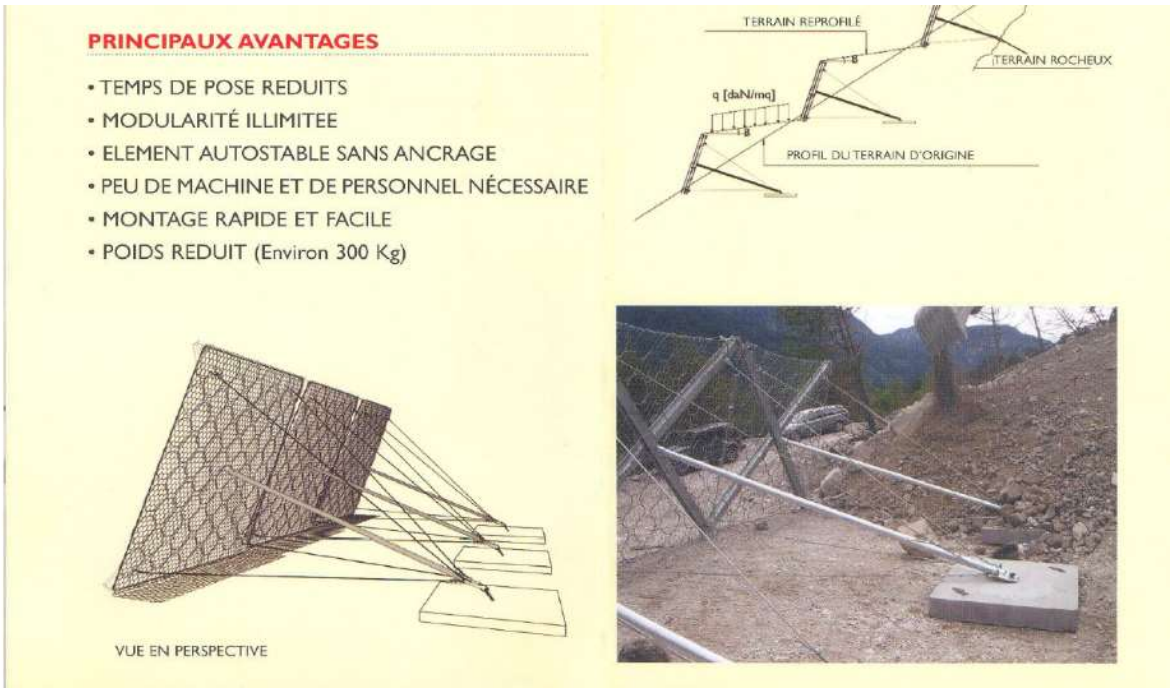
Le profil en travers produit par AIM montre la présence d'un remblai réglé à3H/2V : les matériaux naturels extraits superficiellement (limons et flyschs altérés schisteux) ne permettront pas d'atteindre cette pente dans de bonnes conditions de sécurité.

Il pourra être prévu :

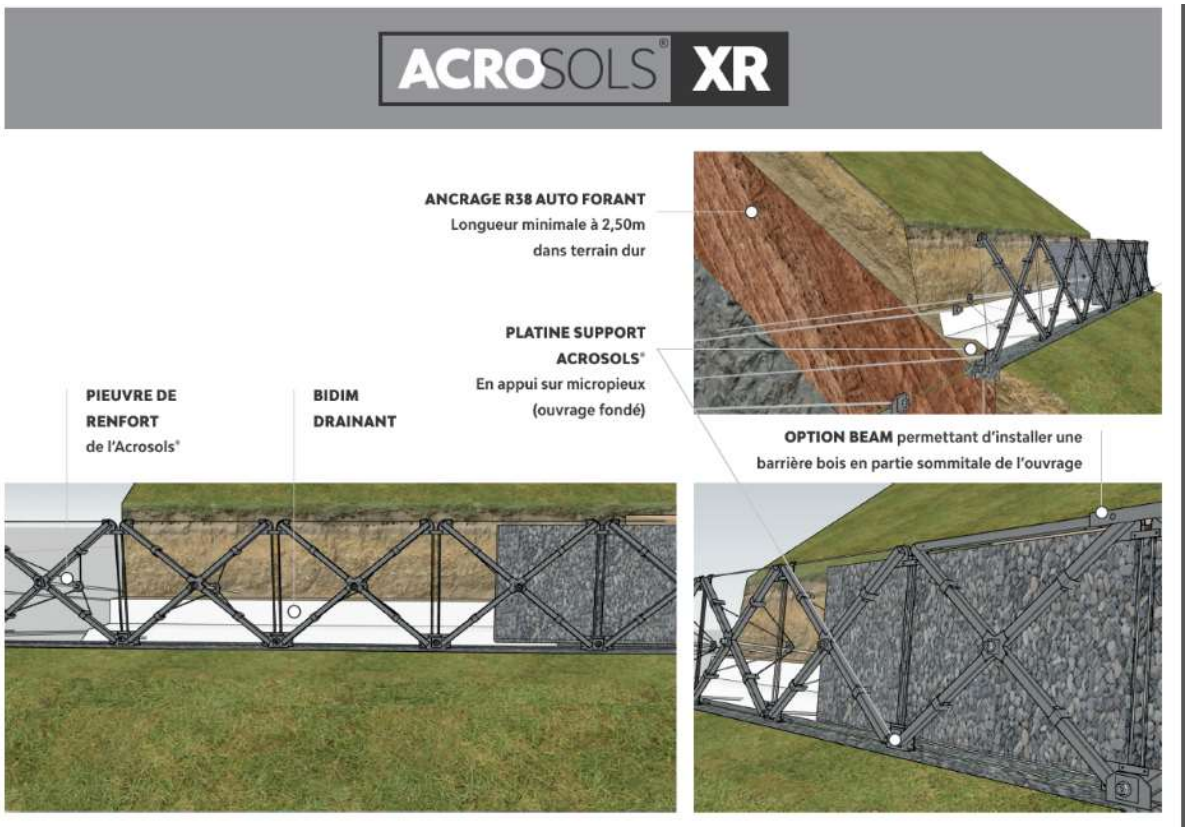
- soit des matériaux de remblais d'apport, charpentés avec une matrice rocheuse calibrée,
- soit un raidissement avec un soutènement type ACROSOLS, VELAS ou équivalent et des ancrages scellés dans les flyschs.



Extrait profil gare G2 AIM



exemple panneaux VELA : soutènement raidisseur



Exemple panneaux ACROSOLS

Gare G2 – arrivée sur la crête

Remblais de plate-forme en gare G2

Emplacement proposé pour la gare G2

4.3 Synthèse des observations

Ci-après, un tableau synthétise, pour chacune des zones, la géologie et les risques naturels ainsi que les profondeurs d'ancrage et les contraintes admissibles à l'ELU et à l'ELS des sols à prendre en compte dans le calcul des fondations des gares et des pylônes.

NB : Le type de fondation à mettre en œuvre, les profondeurs d'ancrage et les contraintes à l'ELU et à l'ELS à prendre en compte dans le calcul pour chaque pylône seront définis plus précisément après implantation des gares et des pylônes par le constructeur, dans le cadre d'une mission de type G2 – AVP.

LISTING DES PYLONES D'APRES PROFIL EN LONG AIM

version ESQ

Zone	correspondance ancien pylône	altitude TN (m)	formation geol présumée	qnet (kPa)	qELS (kPa)	qELU durable & transitoire	qELU accidentel	prof HG	prescriptions
G1	G1-P1-P2	1393,2-1397	données HYDROGEO : anciens remblais et moraines argileuses peu compactes (8,6 m aval et 3,4 m amont) sur flyschs	410	149	244	285	1,20	fondation sur substitution conséquente drainante (2,0 m mini), drainage actif des fondations. Complément de drainage superficiel
Zone 1	P2-P3	1397-1435	données HYDROGEO : moraines limoneuses sur flyschs (moins de 2,0 m de profondeur)	555	201	330	385	1,20	fondation sur les niveaux de flyschs au-delà de 2,0 m de profondeur, drainage périphérique et si besoin substitution
Zone 2	P4 à P8	1435-1569	données HYDROGEO : moraines limoneuses sur flyschs (moins de 2,0 m de profondeur), beaucoup de zones humides et zones moutonnées à éviter	555	201	330	385	1,20	fondation sur les niveaux de flyschs au-delà de 2,0 m de profondeur, drainage périphérique et si besoin substitution
Zone 3	P9 à P12	1569-1655	données HYDROGEO : moraines limoneuses sur flyschs (moins de 2,0 m de profondeur), ancien glissement à éviter	465	168	277	323	1,20	fondation sur les niveaux de flyschs au-delà de 2,0 m de profondeur, drainage périphérique et si besoin substitution
G2	P13 à G2	1655-1660	données HYDROGEO : flyschs rapidement présents (moins de 2,0 m de profondeur), sous remblais de surface	630	228	375	438	1,20	fondation sur les schistes compacts, drainage périphérique si besoin

4.4 Dispositions constructives

Lors de la réalisation des massifs de fondations des pylônes, les dispositions constructives suivantes devront être respectées :

- Les contraintes de sol proposées devront être précisées à l'issue de la phase AVP, après implantation des pylônes avec le constructeur ;
- La géométrie des déblais-remblais des gares devra être validées par le géotechnicien en mission G2-AVP;
- La profondeur hors gel minimal des massifs de fondations est fixée à 1.2 m sur l'élévation de la ligne. Le remblaiement des fouilles sera réalisé de manière à garantir cette profondeur, notamment à l'aval des massifs. En fonction du profil en travers du terrain, les massifs pourront présenter un redan côté aval pour respecter cette profondeur ;
- Le dimensionnement des fondations de la gare aval devra être réalisé en considérant les contraintes effectives, les sols pouvant être saturés en période de fonte des neiges ou de précipitations importantes. Il sera réalisé conformément aux normes et recommandations techniques en vigueur ;
- Des substitutions en matériaux drainants 40/80 seront utiles à l'ouverture des fouilles, en fonction des sols peu porteurs limoneux rencontrés pour atteindre l'horizon des flyschs peu altérés ;
- La présence de flyschs schisteux en gare G2 pourrait nécessiter l'emploi de BRH ;
- La présence des discontinuités dans les schistes pouvant engendrer des instabilités rocheuses à l'ouverture des fouilles : une attention particulière y sera apportée;
- Si les talus des fouilles présentent des signes d'instabilité, des mesures de protection seront prises pour assurer la sécurité des personnes travaillant en dessous ;
- Si des arrivées d'eau sont constatées lors de l'ouverture des fouilles, des mesures de drainage seront mises en œuvre pour assurer la bonne évacuation de ces eaux. Il pourra s'agir de drains périphériques mis en place tout autour de la fondation et composé d'un drain PEHD enrobé dans une couche de matériaux drainants 40/80 mm protégé par un géotextile anti-contaminant. L'exutoire de ces drains devra être choisi soigneusement afin de ne pas déstabiliser les terrains en place dans la zone géotechnique d'influence;
- Les talus définitifs (qu'ils soient réalisés en remblai ou en déblai) auront une pente maximale limitée à 3H/2V (si rocheux), voire 2H/1V dans les terrains de nature argileuse ;
- Des sondages profonds au niveau des gares (sondages pressiométriques), seront programmés au stade AVP ;

5 CONCLUSION

PYRITE ingénierie a réalisé l'étude géotechnique préliminaire G1 PGC relative au projet de construction du nouveau TSD de la Rosta sur le domaine skiable des Gets (74).

Cette étude a pour objectif de déterminer la faisabilité de l'appareil, d'évaluer les risques naturels et sismiques et de définir sommairement les conditions de fondation des pylônes en fonction des différentes zones d'implantation. Elle est basée sur une visite de site en septembre 2024.

Nous avons identifié pour cet appareil plusieurs zones homogènes du point de vue de la géologie, des caractéristiques mécaniques des terrains et des risques naturels (glissements de terrain, circulations d'eau, ruissellement).

Le projet de nouvelle ligne a été définie au stade faisabilité par le maître d'œuvre AIM SARRASOLA.

Les principales observations effectuées sont les suivantes :

- L'implantation de pylônes est possible dans les zones vertes sans contraintes particulières.
- L'implantation de pylônes dans les zones orange est déconseillée en raison d'un risque naturel, et/ou d'une forte et/ou des terrains de fondation de qualité moyenne. Une implantation des pylônes dans ces zones est toutefois possible, avec des prescriptions et après une étude spécifique réalisée dans le cadre de la mission géotechnique G2 AVP.
- L'implantation de pylônes dans les zones rouges est à éviter (terrains de mauvaise qualité de fondation, pente très forte, risque naturel élevé…).

L'implantation des différentes zones le long de la ligne figurent sur les plans en **annexe 2** de ce rapport.

Les conditions de fondation des pylônes et les valeurs de contraintes des sols à prendre en compte dans les calculs sont définies au paragraphe 4.

Ces dispositions sont données à titre indicatif. Elles devront être définies plus précisément après implantation définitive des gares et des pylônes par le constructeur dans le cadre d'une mission de type G2 – Etude géotechnique AVP.

L'ensemble des conclusions de la mission G2 AVP sera validé sur les plans du constructeur (mission G2 PRO) et ensuite au moment de la réalisation des travaux, dans le cadre d'une mission de type G4 – Supervision géotechnique d'exécution.

ANNEXE 1

CONDITIONS GENERALES DE VENTE ET NORME NF P 94-500 – MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

CONDITIONS GENERALES DE VENTE

OBLIGATIONS CONTRACTUELLES

Les obligations contractuelles des parties sont régies par les présentes conditions générales applicables à toutes les prestations effectuées par PYRITE INGÉNIERIE.
La signature par le Client du présent contrat implique son adhésion à l'ensemble des clauses sans réserve, comme indiqué dans le cadre « signature ».

Obligations du BET
PYRITE INGÉNIERIE est tenu à une obligation de moyens et réalisera les missions décrites dans le présent contrat, en respectant les documents contractuels et les règles de l'art.

Obligations du client

- le Client remettra à PYRITE INGÉNIERIE les documents sollicités **et nécessaires au bon accomplissement de sa mission.**
- l'étude sera réalisée sur la base de ces documents. Ainsi, le client s'engage à signaler à PYRITE INGÉNIERIE tout changement dans l'implantation, la conception, l'importance des constructions. De même il informera PYRITE INGÉNIERIE tout incident survenu en cours de chantier susceptible de relever d'une problématique géotechnique.
- le Client payera le prix des missions conformément aux modalités définies dans le présent contrat

Le présent contrat pourra être résilié par l'une des parties, dans le cas où l'autre partie est défaillante dans l'exécution de ses obligations, à l'expiration d'un délai de deux semaines après l'envoi d'une mise en demeure par courrier recommandé, demandant la réparation de la défaillance, et restée sans effet.
En cas de résiliation par le Client, non justifiée par une défaillance du BET, le Client est engagé à indemniser PYRITE INGÉNIERIE de la totalité des prestations débutées suivant le détail des postes portés dans la décomposition financière.

EXECUTION DES INVESTIGATIONS DE TERRAIN

Accès au site
L'acceptation de notre proposition comprend l'autorisation d'accès au site ainsi que l'autorisation d'effectuer les investigations de terrain.
Sauf stipulation contraire portée dans la proposition technique et financière, le site est réputé accessible.

La remise en état des terrains à l'initial n'est pas incluse. Pour les puits à la pelle, il est prévu le remblaiement au mieux avec les matériaux extraits, dès la fin de cette prestation.

La responsabilité de PYRITE INGÉNIERIE ne saurait être engagée pour des retards consécutifs à des faits qui ne lui sont pas imputables (terrain impraticables par exemple).

Réseaux et ouvrages enterrés
Le Maître d'Ouvrage s'engage à fournir avec la commande, les plans complets de réseaux et de tout ouvrage souterrain sur la parcelle étudiée; cette recherche n'entre pas dans notre proposition, s'agissant de servitudes et non de données géologiques. Notre assurance pour dégâts accidentels à ces ouvrages et réseaux ne peut intervenir qu'à cette condition.

Le Maître d'Ouvrage conserve la charge de la réparation des désordres occasionnés en cours de sondages aux ouvrages (réseaux, canalisations…) enterrés non répertoriés ou mal implantés sur les plans fournis.

DOCUMENTS CONTRACTUELS

Les documents contractuels applicables sont :

- le présent contrat,
- la décomposition financière,
- la norme NF 94-500 dans son intégralité.

LE RAPPORT

Le rapport géotechnique constitue le compte rendu de la mission d'ingénierie défini par la commande ou le contrat.
Le rapport géotechnique et ses annexes constituent un ensemble indissociable. Son utilisation même partielle par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur, ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée, ne pourra engager la responsabilité de PYRITE INGÉNIERIE.

LE PRIX

Contenu du prix et validité

Le prix est établi sur la base des informations transmises au moment de l'établissement du contrat.
Ce prix est valable pour une durée de 3 mois à compter de la date d'envoi du contrat.

Paiement

Le paiement se fera l'issue de chaque étape de la mission, avec un délai de paiement de 30 jours.

Les retards de paiement ouvrent droit au paiement d'intérêts moratoires au taux de l'intérêt légal augmenté de sept points.
Le donneur d'ordre se libérera des sommes dues par lui, en faisant crédit au compte ouvert au nom de PYRITE INGÉNIERIE.

RESPONSABILITE ET ASSURANCE

Responsabilité de PYRITE INGÉNIERIE

PYRITE INGÉNIERIE assume les responsabilités qu'elle engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat.
A ce titre, PYRITE INGÉNIERIE est responsable de ses prestations, dont la défectuosité lui est imputable. Sa responsabilité ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission géotechnique objet de la présente proposition financière et technique.
Il est expressément convenu que pour les dommages autres que les dommages à la construction engageant la responsabilité décennale de PYRITE INGÉNIERIE, notre responsabilité sera limitée dans les conditions suivantes :

- la responsabilité de PYRITE INGÉNIERIE ne serait être engagée au delà des montants de garantie fixés à son contrat d'assurance. En outre, PYRITE INGÉNIERIE sera garanti par le Client, contre les conséquences de toute recherche en responsabilité de la part de tiers au présent contrat,
- dès lors qu'elles dépasseraient les montants de garanties visées ci-dessous.
- en l'absence de faute du BET, le Client assume le risque inhérent à son projet. Le Client relèvera en garantie PYRITE INGÉNIERIE contre les recours de tiers dans le cas de désordres sur réseaux si leur implantation ne correspondait pas aux indications renseignées par les concessionnaires.

Toute modification apportée ultérieurement à l'étude, objet du présent contrat, nécessite une nouvelle étude de faisabilité. Si la modification apparaît en phase projet, il conviendra de confier à un bet une mission comportant la faisabilité d'avant-projet et l'étude du nouveau projet. Dans ces cas de modification, l'étude, objet du présent contrat est réputée caduque. Toute utilisation de cette étude est faite sous l'entière responsabilité du Client.

Assurances

Responsabilité Civile Professionnelle et Décennale de PYRITE INGÉNIERIE

PYRITE INGÉNIERIE a souscrit un contrat d'assurance de responsabilité professionnelle auprès de QBE. Ce contrat couvre le BET sur :

- toutes les opérations de génie civil dont le coût global reste inférieur à 6 000 000 € HT
- toutes les opérations de bâtiment dont le coût global reste inférieure à 15 000 000 € HT

Montants de garantie:

- Dommages matériels engageant la responsabilité décennale de PYRITE INGÉNIERIE :
  - Ouvrage de bâtiment : Coût de la construction
  - Ouvrage de génie civil : Compris en dommages matériels
- Autres dommages Responsabilité civile professionnelle : 1 000 000 € / an dont
  - Dommages corporels : 1 000 000 € / an
  - Dommages matériels et immatériels consécutifs : 750 000 € / an
  - Dommages immatériels non consécutifs : 250 000 € / an

Extension des garanties du contrat RCPro/Déc et attestation nominative de chantier

Le Client informera PYRITE INGÉNIERIE du cas où le coût prévisionnel de l'ouvrage est supérieur aux seuils définis ci-dessus (honoraires de maîtrise d'œuvre et bureau de contrôle compris). Si tel est le cas, l'avis de la Compagnie d'assurance devra être demandé pour validation de l'extension de garantie, et détermination de la surprime correspondante.

Le Client s'engage à prendre en charge cette surprime.

En cas de demande d'attestation nominative de chantier dans le cadre d'une opération normalement couverte par le contrat, le Client s'engage à indemniser PYRITE INGÉNIERIE d'une somme forfaitaire de 500 €HT.

4.2.4 - Tableaux synthétiques

Tableau 1 – Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2)Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4)Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

ANNEXE 2

ZONAGE GEOTECHNIQUE DE LA LIGNE

Pyrite ingénierie
Alpespace
427 Voie Thomas Edison
73 800 Sainte Hélène du Lac
Tél. : 04.58.14.03.00
www.pyrite-ingenierie.com

TITRE: TSD DE LA ROSTA

NOM DU PLAN: PLAN D'ENSEMBLE

LOCALISATION: LES GETS (74)

DESSINE: V.V

CONTROLE: C.GACHET

ECHELLE: 1/2000eme Format A3

Note particulière:

DATE: 2024-09-20

PHASE: PGC

INDICE N° Plan: 01 A

Zone d'implantation possible

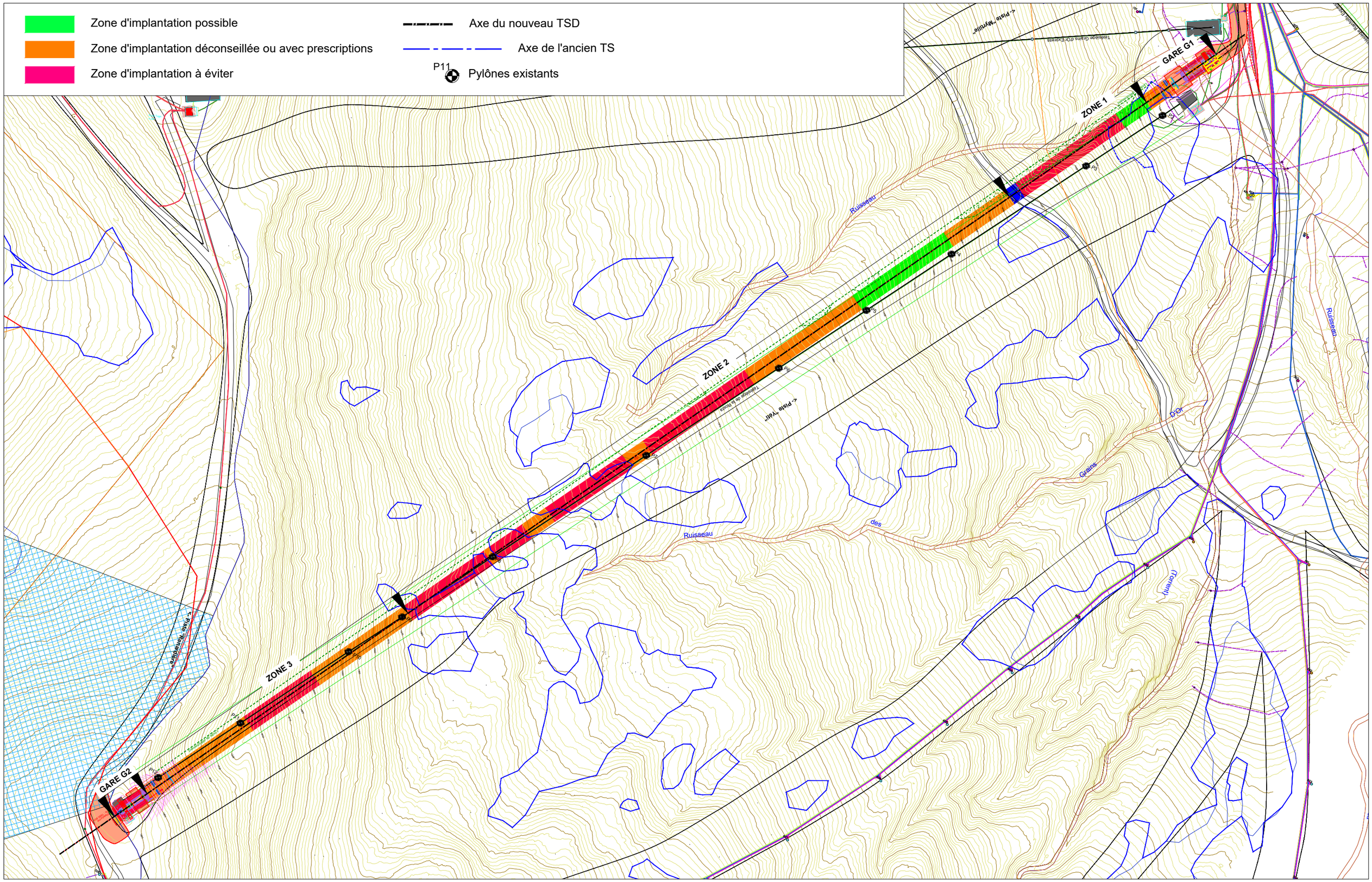
Zone d'implantation déconseillée ou avec prescriptions

Zone d'implantation à éviter

Axe du nouveau TSD

Axe de l'ancien TS

P11 Pylônes existants



Pyrite ingénierie
Alpespace
427 Voie Thomas Edison
73 800 Sainte Hélène du Lac
Tél. : 04.58.14.03.00
www.pyrite-ingenierie.com

TITRE: TSD DE LA ROSTA

NOM DU PLAN: ZONAGE GEOTECHNIQUE ZONES G1 à G2

LOCALISATION: LES GETS (74)

DESSINE: V.V

CONTROLE: C.GACHET

ECHELLE: 1/1000eme Format A3

Note particulière:

DATE: 2024-09-20

PHASE: PGC

INDICE N° Plan: 02 A

Zone d'implantation possible

Zone d'implantation déconseillée ou avec prescriptions

Zone d'implantation à éviter

Axe du nouveau TSD

Axe de l'ancien TS

P11 Pylônes existants

ANCIENNE gare G2

GARE G2

ZONE 3

P12

P11

Limite de défrichement

Ligne actuelle

P10

P9

P8

Ligne actuelle

NOUVELLE gare G2

ZONE 2

P9

P8

Ligne actuelle

P7

Télésiège de la Rosta

P6

P5

Ligne actuelle

<- Piste "Yéti"

Ruisseau

TRAVERSEE PISTE

PROJET NOUVELLE gare G1

ZONE 2

ZONE 1

GARE G1

Télésiège de la Rosta

P6

Ligne actuelle

P5

P4

Ligne actuelle

P3

P2

<- Piste "Yéti"

ANCIENNE gare G1