

BEG

Bureau d'Etudes Géologiques SA

rte de la Printse 4, CH-1994 Aproz

rte de la Combe 2, CH-1816 Chailly s/Montreux

☎ 027'346'18'86 – ✉ beg@beg-geol.ch

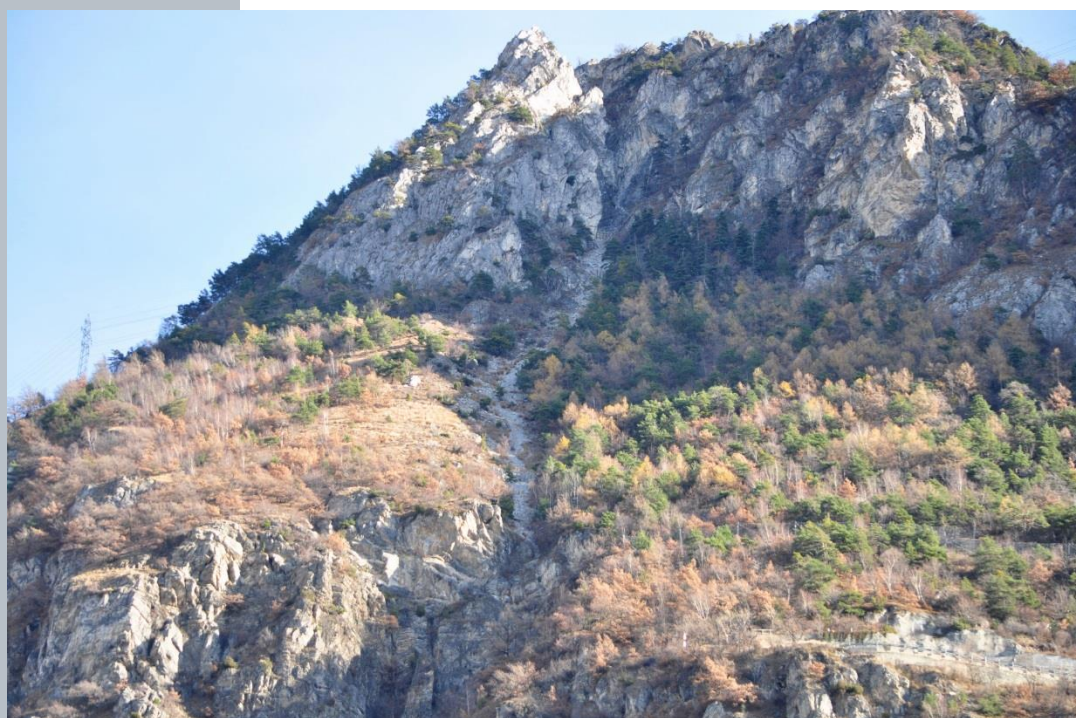
☎ 021'961'99'40 – ✉ montreux@beg-geol.ch

Mandant Alpiq EnerTrans SA

Lieu Aproz-Chippis

**Projet Ligne 380 kV Chamoson – Chippis, pylônes
121 à 173 : dangers naturels**

Rapport Etude géologique



N° mandat 6183

Auteur

Date 09 juin 2016

Table des matières

1. Introduction	1
Pylônes concernés	1
Types de processus considérés.....	2
Objectifs de protection.....	2
Travaux réalisés	2
2. Situation géologique	2
Couverture quaternaire	2
Chutes de pierres & éboulements	2
Tassement	3
Glissement.....	3
Effondrement	3
Torrents et ravines	3
3. Pylônes : capacité de résistance aux processus naturels	3
4. Cartes de danger existantes et projets en cours.....	4
5. Fiches annexes	5
Pylônes particulièrement problématiques	6
6. Mesures recommandées.....	6
Glissement de terrain.....	6
Chutes de pierres et éboulement	6
Effondrement	7
Tassement	8
Inondation, laves torrentielles et érosion	8
Avalanche	8
7. Devis des mesures	10
8. Conclusions	11

Figures

Figure 1 – Emplacement des pylônes de la ligne 380kV entre Aproz et Chippis.	1
Figure 2 – Secteurs où des études complémentaires sont nécessaires pour les chutes de pierres et les éboulements.	7

Tableaux

Tableau 1 – Fiches annexée, tableau de synthèse.....	5
Tableau 2 – Résumé des scénarios de danger et des mesures recommandées par pylône.....	8
Tableau 3 – Devis indicatif des mesures proposées (+/-25%)	10

Annexes

Annexe 1 – Fiches de synthèse

Documents consultés

Documents remis par Alpiq EnerTrans SA

La liste de pylône et coordonnées
Relevé de géomètre par pylône
MNT-Laser
Information générales sur la ligne
Les silhouettes de pylône
Les emprises obliques
Le plan parcellaire avec la liste de propriétaire

Rapports remis par Alpiq EnerTrans SA

- [1] Karakas et Français SA: Fondation des pylônes électriques - Avant-projet, 2007.
- [2] Karakas et Français SA: Etude géotechnique, 2007.

Directives et recommandations

- [3] Etat du Valais, Directives relatives à l'établissement des zones de danger et aux autorisations de construire s'y rapportant, 2010.
- [4] OFEFP, Recommandation des dangers dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire, 1997.
- [5] OFEV, Interprétation des données INSAR, 2013.
- [6] OFDT, OFEG, OFEFP, Recommandation ARE aménagement du territoire et dangers naturels, 2005.

Cartes et données géologiques

- [7] Atlas géologique de la Suisse, 1 :25'000, feuilles : Sion nr. 130, Vissoie nr. 122, Sierre nr. 111
- [8] Mario Sartori : Minutes 1 :10'000 pour le relevé géologique de la feuille de Sion – atlas géologiques de la Suisse
- [9] Etat du Valais, Service des registres fonciers et de la géomatique : mouvements permanents, base de données de mesures géodésiques.
- [10] EPFL, juin 1985. Projet d'Ecole. Détection et utilisation des terrains instables. Rapport final.

Cartes communales de dangers géologiques

- [11] BEG SA, ref. 3979, Commune de Salins. Glissement de terrain à Turin. Zones de danger et mesures à prendre. 2008.
- [12] BEG SA ref. 4369, Commune des Agettes, établissement de la carte des dangers géologiques effondrement et glissement , 2009.
- [13] BEG SA ref. 5880, Commune de Sion - Salins, carte de danger de glissement de terrain, mandat en cours.

Etude du danger de chute de pierres sur la route de Bramois-St Martin (RC 53)

- [14] GéoVal SA, ref. 2228, Rochers de Nax : étude structurale et géomécanique et établissement de la carte de danger chutes de pierres et éboulements, 2005.

Etude du danger de chute de pierres sur la route de Chalais-Vercorin (RC 43)

- [15] Charly Berthod, Route Chalais-Vercorin – Carte indicative de danger et projet d'intervention, Commune de Chalais/SFP/SRCE, 1999.
- [16] Charly Berthod, Route Chalais-Vercorin – Carte de danger géologique liée à la RC43, Commune de Chalais/SFP/SRCE, 2010.

Etude du danger de chute de pierre et projet de défense au départ de la route de Sierre-Vissoie (RC 40)

- [17] Charly Berthod et Rovina + Partner AG, Creux de Chippis : Simulation de chutes de blocs. Carte de dangers. Association intercommunale d'Anniviers, 2002.
- [18] Charly Berthod et Nivalp SA, Projet de défense, Route Sierre-Vissoie. Tronçon Creux de Chippis – Niouc. Rapport technique. Association intercommunale d'Anniviers, 2002.
- [19] GéoVal SA, Route cantonale Sierre –Vissoie. Creux de Chippis : Etude trajectographique de chutes de blocs et réactualisation de la carte de danger, 2004.
- [20] Charly Berthod et Nivalp SA, Projet de défense. Creux-de-Chippis – Niouc. Etude préliminaire. Rapport technique, bureaux Nivalp et Berthod. Association intercommunale d'Anniviers, 2004.
- [21] Charly Berthod, Forces motrices de la Gougra. Région Beauregard-Chippis. Installations et conduite forcée FMG. Risques naturels. Carte des dangers. Etude géologique, 2005.
- [22] Nivalp, Projet de défense 431-VS-3314. Creux de Chippis – Niouc I. Avant-projet. Rapport technique, 2006.
- [23] Charly Berthod, Projet de défense – Creux de Chippis-Niouc II, mesures de protection 3, 4, 6, Commune de Sierre, 24 octobre 2011.
- [24] Charly Berthod et Nivalp, Cartes d'intensité, de danger et des mesures extraites de l'avant-projet de défense Creux de Chippis – NIOUC 2 (plans des ouvrages), 2014.

Carte de danger de crue, communes de Grône et de Chalais

- [25] Groupement d'ingénieur CD-eau, Cartes des dangers dus à l'eau et concept de protection contre les crues, communes de Grône, Sierre et Mont-Noble, 2013.
- [26] Idealp SA, Mise à l'enquête publique des zones de dangers hydrologiques de la commune de Chalais, 2015.
- [27] Idealp SA, Extrait de la carte de danger du torrent du Taillis, commune de Chalais, 2015.

Etudes sectorielles

- [28] LEG SA. Route Sion - Nendaz. Glissement de la Fragnière. Forages drainants. Etude complémentaire. Rapport n°48a, 1981.
- [29] LEG SA, Route Sion - Mayens de Sion, Glissement du Freity, 1981.
- [30] BEG, ref. 4175, étude géologique du Bisse de Baar, 2008.

Autres

- [31] Portail Vsgis.ch
- [32] <https://map.geo.admin.ch>
- [33] <https://sitonline.vs.ch>

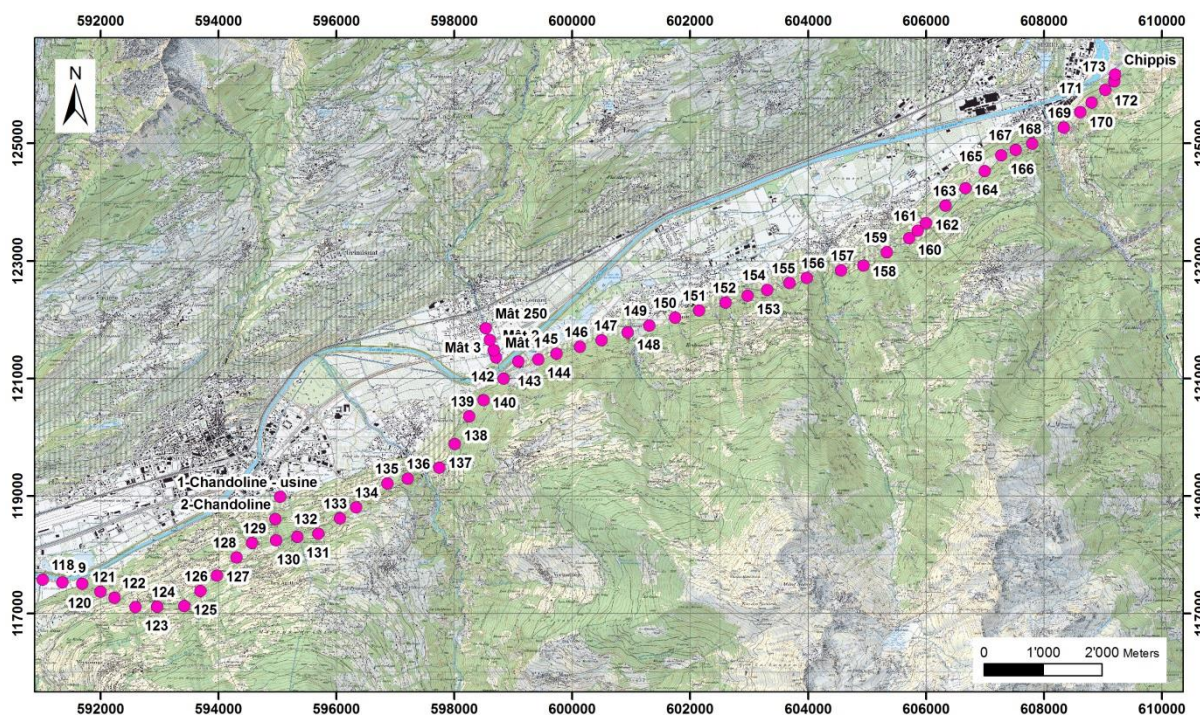
Objet : Ligne 380kV Chamoson-Chippis : pylônes 121 à 172 – Dangers naturels
 Adjudication : 23 septembre 2015 par courrier
 Donneur d'ordre : Alpiq EnerTrans SA
 Auteur:
 Contrôle :
 Lieu: Rive gauche entre Aproz et Chippis, Valais

1. Introduction

Le présent rapport est établi sur mandat de la société Alpiq EnerTrans SA. Il fait suite à la demande du géologue cantonal du Valais pour un complément d'étude « dangers naturels » au projet de ligne à haute tension 380kV entre Chamoson et Chippis, plus spécifiquement entre les pylônes P121 et P173 (courrier du 9 juin 2015 adressé à Swissgrid SA).

Ce projet a fait l'objet d'une analyse géotechnique détaillée en 2007 [1][2].

Figure 1 – Emplacement des pylônes de la ligne 380kV entre Aproz et Chippis.



Pylônes concernés Les dangers potentiels ont été investigués pour les pylônes : P121-129, P2-Chandoline, P136, P138-140, P144-147, P148-150, P152, P159, P162-168, P169-173.

Les autres pylônes du secteur (P130-P135, P137, P141-P143, P149, P151, P153-P158, P160-P161) ne sont pas affectés par des processus géologiques ou hydrologiques.

- Types de processus considérés*
- ▶ Glissement de terrain.
 - ▶ Tassement du substratum rocheux.
 - ▶ Chutes de pierres.
 - ▶ Eboulement.
 - ▶ Inondations .
 - ▶ Laves torrentielles.

Objectifs de protection Les recommandations du service fédéral du développement territorial définissent les objectifs de protection contre les dangers naturels par catégorie d'objets, en fonction du temps de retour et de l'intensité du processus [6]. Les lignes électriques à haute tension sont des risques spéciaux (catégorie d'objet Nr. 3.3. dans la matrice des objectifs de protection) pour lesquels les objectifs de protection se déterminent au cas par cas par l'autorité cantonale.

Selon les objectifs de protection cantonaux, qui sont en cours d'homologation, la ligne à haute tension se trouve en classe d'objet 1, c'est-à-dire qu'elle est considérée comme une infrastructure vitale, au même titre que les hôpitaux, les services d'urgence et de sauvetage (classe d'ouvrage III selon la norme SIA 261). Elle doit donc être protégée contre les scénarios rares (période de retour 100-300 ans).

- Travaux réalisés*
- ▶ Synthèse des données existantes et examen préalable des processus en jeu pour chaque pylône.
 - ▶ Vérifications de terrain .
 - ▶ Définition du scénario déterminant pour chaque pylône.
 - ▶ Proposition de mesures et devis.

2. Situation géologique

Le substratum rocheux des versants entre Aproz et Chippis est essentiellement constitué des roches de la Zone Houillère interne (Pennique moyen) [7]. On y trouve des formations sédimentaires détritiques métamorphisées composées de grès, schistes +/- charbonneux, conglomérats, quartzites (formation du Brüneggjoch), paragneiss et micaschistes. La présence de roches sédimentaires carbonatées et évaporitiques est également importante, avec des dolomies, marbres, calcaires, brèches dolomitiques et gypses/cornieules (formations de St-Triphon, de Champcella et de Clot la Cime).

Couverture quaternaire La couverture quaternaire est le plus souvent composée de moraine de la dernière glaciation ou de dépôts de pentes. En aval des falaises principales on observe des voiles d'éboulis et des dépôts d'éboulements. Des cônes de déjection se développent au débouché des cours d'eau et des ravines.

Chutes de pierres & éboulements Les failles tectoniques sont nombreuses et le plus souvent associées aux décrochements de la ligne Rhône-Simplon. Le taux de fracturation de la roche est élevé ce qui lui confère une activité importante de chutes de pierres dans les secteurs de

falaises (en particulier : entre le Creux de Nax et Pramagnon, en aval de Briey, au départ de la route d'Anniviers).

Tassement Les roches sont très souvent affectées par des tassements plus ou moins profonds. Le phénomène est particulièrement marqué dans la zone houillère de la région de Chandoline.

Glissement Les glissements sont liés soit à la présence du substratum rocheux constitué de schistes altérés (secteur entre Baar et Salins) ou à des mouvements superficiels dans les sols de couverture (Secteur de Chalais).

Effondrement Un épais banc de gypse affleure dans la région du Clourot à Salins. La roche est altérée et fracturée et deux dolines sont présentes.

Torrents et ravines Des cours d'eau et ravines interfèrent avec le projet entre Pramagnon et Chalais.

3. Pylônes : capacité de résistance aux processus naturels

Les phénomènes naturels peuvent affecter la stabilité des pylônes selon différents scénarios. Ce chapitre en fait l'inventaire.

- 1) Les processus de glissement ou de tassement peuvent affecter la statique des pylônes :
 - Déplacement translationnel non différentiel (ex. glissement profond): un mouvement translationnel de 1-2 mètres n'est en soi pas ou peu dommageable pour les pylônes car les conducteurs restent mobiles (comm. Alpiq).
 - Déplacement différentiel amont-aval (ex. glissement rotationnel, tassement différentiel) : un basculement ou renversement de la structure vers l'amont ou vers l'aval devient a priori inacceptable à partir de 1-2m de déplacement en pointe (comm. Alpiq).
 - Déplacement différentiel latéral (ex. vitesses différentielles entre deux glissements de part et d'autre du pylône): un mouvement de torsion dans le plan horizontal est inacceptable si les pieds sont déliés (contraintes dommageables pour la structure, comm. Alpiq). Si les pieds sont liés, de faibles mouvements sont acceptables (quelques cm).
- 2) Les processus dynamiques peuvent affecter la structure des pylônes car leur capacité de résistance aux impacts est très faible :
 - Impact sur un ou plusieurs montants de la structure métallique (ex. chute de pierre, éboulement, lave torrentielle): la capacité de résistance du pylône à ce type d'impact est très faible (comm. Alpiq). Ce type de scénario est inacceptable.
 - Impact sur un ou plusieurs socles du pylône (ex. chute de pierre, éboulement): la capacité de résistance d'un socle est faible, voire modérée en cas de renforcement. Un socle renforcé et rehaussé à une hauteur suffisante peut

résister à l'impact d'une pierre ou d'un bloc d'énergie cinétique limitée (admis < 300 kJ).

- Impact sur un câble (ex. chute de pierre) : ce type d'impact est acceptable car la réparation d'un câble ne pose pas de réel problème (comm. Alpiq).

3) Les processus d'effondrement ou d'érosion peuvent affecter la fondation des pylônes :

- Cavitation sous un ou plusieurs pieds du pylône (ex. effondrement d'une caverne dans le gypse, affouillement du sol de fondation lors d'une crue) : ce type de processus qui peut induire le basculement du pylône est inacceptable.

Pour les scénarios 1) et 3), la surcharge induite par le pylône modifie l'état initial du terrain et peut être considéré comme un facteur aggravant.

4. Cartes de danger existantes et projets en cours

Des cartes de dangers de chutes de pierres et de crues ont déjà été réalisées sur certains secteurs.

Chutes de pierres

Des cartes de danger ont été réalisées en se basant sur un scénario de chutes de pierres T100, soit inférieur au scénario à prendre en compte pour la protection de la ligne 380kV (T300).

Secteurs concernés :

- ▶ protection de la RC53 Bramois-St Martin au Creux de Nax [14] (pylône concerné P138),
- ▶ le long de la RC43 Chalais-Vercorin [16] (P162),
- ▶ au départ de la RC40 Sierre-Vissoie [17] (P169-173). Ici un projet de défense est en cours de réalisation [20][22][23][24].

Crue

Des cartes de danger de crue ont été réalisées sur les communes de Grône et de Chalais. Les scénarios rares 100-300 ont été examinés. Des projets de protection contre les crues sont en cours ou planifiés par ces communes.

Cours d'eau concernés :

- ▶ torrent de la Derrochia [25] (P148-149),
- ▶ torrent de la Loérèche [25] (P150),
- ▶ torrent de la Merdassière [26] (P152),
- ▶ torrent du Taillis [27] (P148).

5. Fiches annexes

Une fiche synthétique a été établie pour chaque pylône ou chaque groupe de pylônes pouvant être affecté par un processus naturel (annexe 1). Ces fiches décrivent :

- ▶ les processus en jeu,
- ▶ les scénarios déterminants à considérer,
- ▶ les incertitudes à lever, le cas échéant,
- ▶ les mesures recommandées.

Chaque fiche comporte également des photos, des extraits de cartes ou des schémas explicatifs.

Il y a en tout 19 fiches pour 34 pylônes (Tableau 1).

Tableau 1 – Fiches annexées, tableau de synthèse.

GT: Glissement de terrain ; EFF: Effondrement ; TAS: Tassement ; CP: Chute de pierres ; EB: Eboulement ; LT: Lave torrentielle ; INO: Inondation ; ERO: Erosion ; AVA: Avalanche.

Pylône	Processus	Description
P121	GT	Glissement actif, possibles mouvements différentiels.
P122	GT	Glissement actif, possibles mouvements différentiels.
P123	GT	Glissement actif, possibles mouvements différentiels.
P124	ERO	Présence d'une niche d'érosion au niveau du pied aval du pylône.
P125-127	EFF (ERO)	Présence probable de gypse en profondeur, affouillement possible sous un des pieds du P125 (glissement aval).
P126	EFF	Présence possible de gypse en profondeur
P127	EFF	Présence probable de gypse en profondeur
P128	GT	Glissement actif, possibles mouvements différentiels.
P129	TAS	Substratum rocheux très fracturé en tassement potentiel.
P2-Chandoline	TAS	Substratum rocheux très fracturé en tassement avéré.
P136	CP, EB	Petite falaise fracturée en amont du pylône, petits éboulements potentiels.
P138-140	CP, EB	Versant rocheux, activité récurrente de chutes de pierres, éboulements potentiels.
P144-147	CP, EB (LT)	Versant rocheux, activité récurrente de chutes de pierres, éboulements potentiels, pylône P145 situé au débouché d'une ravine.
P148-149	INO	Cône de déjection de la Derochia.
P150	INO, LT	Cône de déjection de la Loérèche.
P152	ERO	Cône de déjection de la Merdassière.
P159	INO, LT	Cône de déjection du Taillis.
P162-167	CP, EB (GT, ERO)	Versant rocheux, activité de chutes de pierres, éboulements potentiels. P162 en secteur de glissements superficiels.
P169-173	CP, EB (AVA, LT)	Versant rocheux, activité de chutes de pierres, éboulements potentiels, P172-173 situés dans l'axe de ravines + coulées de neige potentielles.

- Pylônes particulièrement problématiques* Les pylônes les plus problématiques sont les suivants :
- ▶ P122, P123, P128 situés sur des glissements de terrain très actifs avec de forts mouvements différentiels potentiels.
 - ▶ P125 à P127 situés en zone de gypse: la surcharge du pylône est un élément important.
 - ▶ P129 et P2-Chandoline : tassement actif et roche très fracturée, altérée.
 - ▶ P145 à P147 : activité élevée de chute de pierres et éboulements potentiels.
 - ▶ P152 : prédisposition élevée du terrain en aval du pylône à s'éroder lors d'une crue.
 - ▶ P170 à P173 : activité élevée de chute de pierres et éboulements potentiels.

6. Mesures recommandées

Les incertitudes restantes sont encore nombreuses et nous recommandons d'entreprendre des investigations complémentaires pour préciser le niveau d'exposition des pylônes aux scénarios rares (100 – 300 ans).

Suite à ces investigations, des mesures de protection pourront alors être proposées pour chaque pylône concerné, pour autant qu'elles soient justifiées.

Glissement de terrain Pour les pylônes situés sur des glissements de terrain actifs (P121 à P123, P128), où des mouvements différentiels ou de phases d'accélération sont possibles, un suivi inclinométrique et géodésique est recommandé. Pour permettre un bon diagnostic des déplacements, les contrôles devront se faire sur une durée minimale de 3 ans, éventuellement plus. Il faudrait donc débuter ces contrôles au plus tôt.

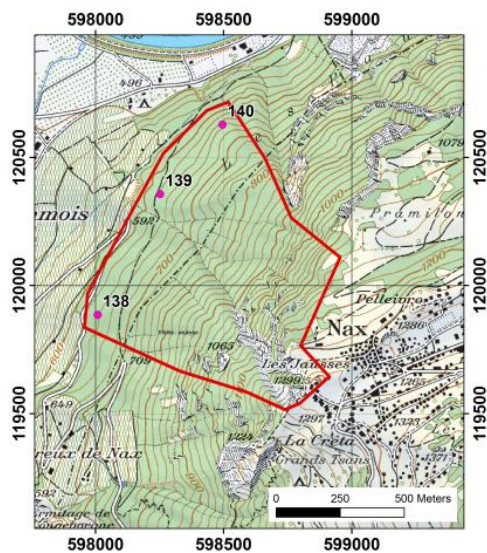
Sur la base de ces mesures, si les déplacements prévisibles ne sont pas acceptables pour la statique des pylônes, il faudra examiner des solutions techniques pour reprendre les efforts en jeu.

Chutes de pierres et éboulement Les secteurs de chutes de pierres et d'éboulements doivent faire l'objet d'études complémentaires pour permettre le dimensionnement d'ouvrages de protection. Les trois secteurs à étudier sont indiqués sur la Figure 2. Pour P136 il faudra faire une petite étude locale (voir fiche Annexe 1).

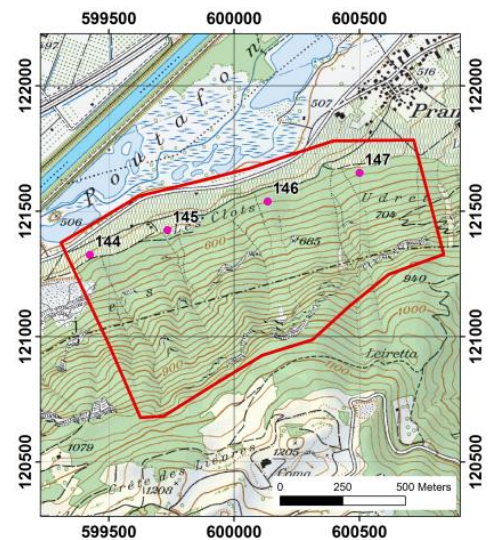
Pour le versant au départ de la route cantonale d'Anniviers (P169 à P173), une coordination avec le projet de défense en cours pour la protection de la RC40 est recommandée. En effet, les pylônes P169, P170, P172, P173 sont situés en aval de celle-ci et sont par conséquent dans la future zone sécurisée par le projet communal. Il faudra fixer des priorités pour les scénarios à prendre en compte puisque les objectifs de protection ne sont pas les mêmes pour la RC (T100) et pour les pylônes (T300). Une analyse complémentaire sera probablement nécessaire, en particulier pour la protection des pylônes P170 et P171, ce dernier étant situé en amont de la RC.

Figure 2 – Secteurs où des études complémentaires sont nécessaires pour les chutes de pierres et les éboulements.

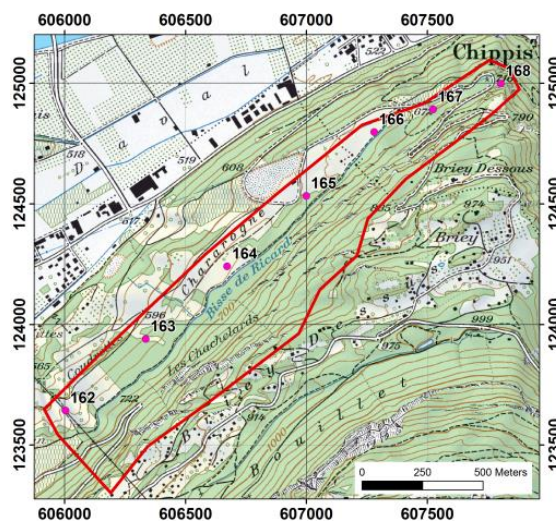
Secteur P138-P140



Secteur P144-P147



Secteur P162-P168



Effondrement Les pylônes en zone d'effondrement (P125 à P127) devront faire l'objet d'une investigation géotechnique par forages carottés. Au minimum trois forages sont recommandés pour P125 et P127 et un forage pour P126.

Le but est de caractériser l'état mécanique du gypse/anhydrite sous chaque socle, d'évaluer le risque de rupture d'une cavité en profondeur compte tenu de la surcharge induite par l'ouvrage. Si la situation le justifie, des mesures correctives devront être étudiées (ex : report de charge plus en profondeur par un système de pieux).

Tassement Des carottages et un suivi inclinométrique sont recommandés respectivement pour P129 et P2-Chandoline situés en zone de tassement. Un carottage a déjà été réalisé pour le P129 en 2007 [2] équipé d'un tube inclinométrique (nous ne savons pas si des mesures ont été réalisées depuis lors) mais la géologie du substratum est ici complexe et nous recommandons d'exécuter des forages de reconnaissance complémentaires.

Les deux pylônes sont situés au sommet d'escarpements de roche altérée et fracturée. Les investigations proposées permettront d'évaluer le risque de rupture du talus rocheux sous l'effet de la surcharge induite par les pylônes. Si la situation le justifie des mesures correctives devront alors être étudiées.

Inondation, laves torrentielles et érosion Pour les pylônes situés en zone d'inondation ou de lave torrentielle où des ouvrages de protection sont planifiés ou à l'étude (P148, P149, P150, P159, P172, P173), une coordination avec ces projets est recommandée (communes de Grône, Chalais, Chippis et Sierre).

Une analyse spécifique pour la protection du pylône P152 situé en zone d'érosion en rive droite du torrent de la Merdassière est nécessaire. De même pour P145 qui se trouve au débouché d'une ravine qui n'a pas été étudiée jusqu'à présent.

En parallèle, nous conseillons de vérifier la capacité de résistance des pylônes à des événements rares. Dans certains cas en effet, le renfort ou le rehaussement des socles en bétons des pylônes peuvent être des mesures suffisantes.

Avalanche L'étude [24] met en évidence un danger de coulée de neige pouvant impacter les pylônes P172 et P173. Ce processus est pris en compte dans le projet de défense pour la protection de la RC40. Une coordination avec ce projet est recommandée afin de vérifier si les mesures prévues suffisent à la protection des pylônes ou bien si une adaptation du projet est souhaitable. Il faudra en parallèle vérifier la capacité de résistance des deux pylônes à des événements rares.

Tableau 2 – Résumé des scénarios de danger et des mesures recommandées par pylône.

Pylône	Processus	Investigations techniques	Etudes	Coordination
P121	GT	<ul style="list-style-type: none"> 1 forage + inclinomètre 3 points de mesures géodésiques suivi des déplacements, min. 3 ans 	<ul style="list-style-type: none"> sur la base des résultats de l'investigation : analyse géologique de la zone en glissement & scénarios déterminants étude des mesures à prendre, rapport 	-
P122	GT	<ul style="list-style-type: none"> 4 forages + inclinomètres 8 points de mesures géodésiques suivi des déplacements, min. 3 ans 	<ul style="list-style-type: none"> sur la base des résultats de l'investigation : analyse géologique de la zone en glissement & scénarios déterminants étude des mesures à prendre, rapport 	-
P123	GT	<ul style="list-style-type: none"> Id. P122 	<ul style="list-style-type: none"> Id. P122 	-
P124	GT	<ul style="list-style-type: none"> sondages à la pelle mécanique 	<ul style="list-style-type: none"> étude des mesures à prendre pour les fondations, rapport 	-

Pylône	Processus	Investigations techniques	Etudes	Coordination
P125	EFF (ERO)	<ul style="list-style-type: none"> • 3 carottages + 1 inclinomètre • vidéodiagraphie 	<ul style="list-style-type: none"> • étude des mesures à prendre pour les fondations, rapport 	-
P126	EFF	<ul style="list-style-type: none"> • 1 carottage • vidéodiagraphie 	<ul style="list-style-type: none"> • étude des mesures à prendre pour les fondations, rapport 	-
P127	EFF	<ul style="list-style-type: none"> • 3 carottages • vidéodiagraphie 	<ul style="list-style-type: none"> • étude des mesures à prendre pour les fondations, rapport 	-
P128	GT	<ul style="list-style-type: none"> • 4 forages + inclinomètres • 10 points de mesures géodésiques • suivi des déplacements, min. 3 ans 	<ul style="list-style-type: none"> • sur la base des résultats de l'investigation : analyse géologique de la zone en glissement & scénarios déterminants • étude des mesures à prendre, rapport 	-
P129	TAS	<ul style="list-style-type: none"> • sondages à la pelle • 2-4 carottages verticaux ou obliques 	<ul style="list-style-type: none"> • analyse du risque de rupture du talus rocheux sous l'effet de la surcharge du pylône • étude des mesures à prendre, rapport 	-
P 2-Chando-line	TAS	<ul style="list-style-type: none"> • 1 forage + inclinomètre • 1-2 points de mesures géodésiques 	<ul style="list-style-type: none"> • sur la base des résultats de l'investigation : analyse géologique de la zone en tassement & scénarios déterminants • étude des mesures à prendre, rapport 	-
P136	CP, EB	-	<ul style="list-style-type: none"> • relevés structuraux en falaise • trajectographies et scénarios déterminants • vérification de la capacité de résistance du pylône contre le ou les scénarios retenus • étude des mesures à prendre, rapport 	-
P138-140	CP, EB	-	<ul style="list-style-type: none"> • Id. P136 	-
P144-147	CP, EB (LT)	-	<ul style="list-style-type: none"> • Id. P136 • étude des scénarios de crue pour P145 et des éventuelles mesures à prendre 	-
P148-149	INO	-	<ul style="list-style-type: none"> • vérification du scénarios de crue à l'emplacement de P148 (P149 n'est pas à protéger) • si nécessaire : vérification de la capacité de résistance du pylône contre les scénarios retenus • étude des mesures à prendre, rapport 	<ul style="list-style-type: none"> • coordination possible avec l'étude en cours de la commune de Grône
P150	INO, LT	-	<ul style="list-style-type: none"> • vérification du scénarios de crue à l'emplacement du pylônes • vérification de la capacité de résistance du pylône contre le ou les scénarios retenus • étude des mesures à prendre, rapport 	<ul style="list-style-type: none"> • coordination possible avec l'étude en cours de la commune de Grône
P152	ERO	<ul style="list-style-type: none"> • 1-2 carottages 	<ul style="list-style-type: none"> • étude de variantes de protection (ex. ouvrage de protection contre les crues ou mesures géotechniques par report des charges en profondeur) 	-
P159	INO, LT	-	<ul style="list-style-type: none"> • vérification du scénarios de crue à l'emplacement du pylônes • vérification de la capacité de résistance du pylône contre le ou les scénarios retenus • étude des mesures à prendre, rapport 	<ul style="list-style-type: none"> • coordination possible avec l'étude en cours de la commune de Chalais
P162-167	CP, EB (GT, ERO)	<ul style="list-style-type: none"> • P162 : sondages à la pelle mécanique 	<ul style="list-style-type: none"> • relevés structuraux en falaise • trajectographies et scénarios déterminants • vérification de la capacité de résistance des pylônes contre le ou les scénarios retenus • étude des mesures à prendre, rapport 	-
P169-173	CP, EB (AVA, LT)	-	<ul style="list-style-type: none"> • relevés structuraux en falaise • trajectographies et scénarios déterminants • vérification de la capacité de résistance des pylônes contre le ou les scénarios retenus • étude des mesures à prendre pour chaque processus, rapport 	<ul style="list-style-type: none"> • coordination avec le projet de défense en cours

7. Devis des mesures

Les prix indicatifs pour la mise en place des mesures proposées sont présentés dans le Tableau 3 (estimation à +/- 25%).

Pour rationaliser les coûts il sera préférable de coordonner les investigations, en particulier pour l'exécution des forages.

Tableau 3 – Devis indicatif des mesures proposées (+/-25%).
Fréquence des contrôles 2/an, durée 3ans.

Pylône	Processus	Forages, sondages	Inclino- métrie	Géomètre	Etudes	Coordina- tion	Total ht
P121	GT	20'000	5'500	5'500	7'500		
P122	GT	60'000	11'000	11'000	7'500		
P123	GT	60'000	11'000	11'000	7'500		
P124	GT	4'000			2'500		
P125	EFF, ERO	70'000	5'500	5'500	10'000		
P126	EFF	30'000			7'500		
P127	EFF	60'000			10'000		
P128	GT	40'000	11'000	13'000	10'000		
P129	TAS	50'000			10'000		
P 2- Chandoline	TAS	30'000	5'500		7'500		
P136	CP, EB				7'500		
P138 à P140	CP, EB				25'000		
P144 à P147	CP, EB (LT)				35'000		
P148, P149	INO				5'000	5'000	
P150	INO, LT				7'500	5'000	
P152	ERO	25'000			12'500		
P159	INO, LT				7'500	5'000	
P162 à P167	CP, EB (GT, ERO)	4'000			30'000		
P169 à P173	CP, EB (AVA, LT)				40'000	5'000	
		453'000	49'500	46'000	250'000	20'000	818'500

8. Conclusions

Trente-quatre pylônes du projet de la ligne 380kV projetée entre Aproz et Chippis sont exposés à des dangers naturels. Les risques de dommages pour ces pylônes considérés en classe d'objet III par le canton ne peuvent pas être négligés (SIA261). Nous recommandons d'entreprendre des investigations complémentaires pour préciser leur niveau d'exposition aux scénarios rares (100 – 300 ans). Suite à ces investigations, des mesures de protection pourront alors être justifiées et dimensionnées pour chaque pylône concerné.

En parallèle, nous recommandons d'entamer un dialogue avec les maîtres d'œuvres des projets de défense en cours (torrents de Grône et de Chalais, chutes de pierres au départ de la route de Sierre-Vissoie).

Bureau d'Études Géologiques SA
Aproz, le 9 juin 2016

Note complémentaire Dans cette étude, les pylônes P121 à P124, P128, P2-Chandoline situés en zone de glissement nécessitent une observation géodésique et inclinométrique préalable d'une durée minimum de 3 ans.

Il s'avère que cette mesure est très contraignante pour Swissgrid car ses conséquences en terme de délai et de coût sont difficilement supportables.

Après consultation du géologue cantonal, la variante suivante est proposée :

- ▶ Intégration au projet de solutions techniques permettant de se prémunir contre les scénarios décrits dans les fiches (ex. dispositif de relevage pour un pylône en basculement potentiels). Ces solutions sont à étudier pour chaque pylône concerné par l'ingénieur de projet en collaboration avec le géologue *dangers naturels*, puis à faire valider par le géologue cantonal (rapport à livrer).
- ▶ Mise en place d'un suivi géodésique et inclinométrique aussitôt que le projet entre en force.

Mandat : Ligne 380kV Chamoson – Chippis : pylônes 120 à 172_dangers naturels

MO : Alpiq EnerTrans SA

Mandataire : Bureau d'Etudes Géologiques SA

Date : 13.6.2016

ANNEXE 1 : Fiches de synthèse

PYLÔNE 121 – Fiche

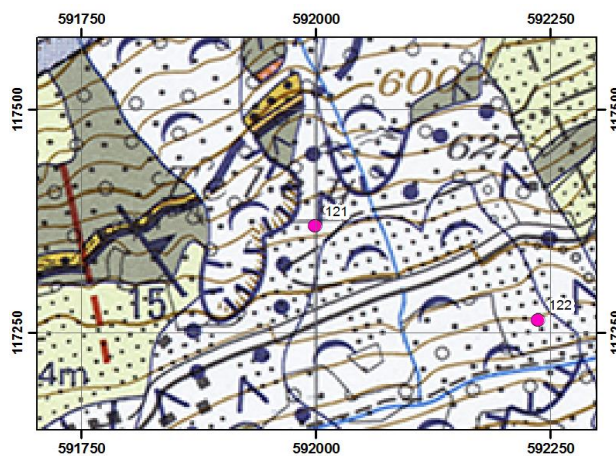
Coordonnées	591998.77 / 117369.46 / 677.16
Situation	Pylône situé sur une rupture de pente entre une zone agricole en amont (22°) et une zone forestière en aval (39°). La rupture de pente correspond à la niche d'une zone en glissement de terrain.
Substratum rocheux	Schistes et grès (Zone Houillère), non affleurant.
Couverture	En amont : moraine à blocs, matrice limoneuse, épaisseur incertaine. En aval (forêt) : colluvions, éboulis de schistes+ grès, matrice limoneuse, un peu argileuse, épaisseur incertaine.
Tassement	Le secteur se trouve dans la partie inférieure d'une zone en tassement.
Glissement de terrain	Le socle aval du pylône se trouve à environ 10m en amont d'un glissement actif en forêt. Il n'existe pas de données géodésiques dans ce secteur.
Chutes de pierres	-
Effondrement	-
Crue	-
Scénario déterminant	Un basculement du pylône est possible en cas de vitesse différentielle entre le secteur amont (peu actif, voir substabilisé) et aval (actif) : La surcharge induite par le pylône est un facteur aggravant.
Incertitudes	- Vitesses et profondeurs du glissement. - Possible mouvement différentiel amont (peu actif) et aval (actif).
Mesures à prendre	- Forage et pose d'un inclinomètre (1x), suivi inclinométrique. - Implantation de min. 3 points géodésiques, suivi des mouvements.

PYLÔNE 121 – Figures

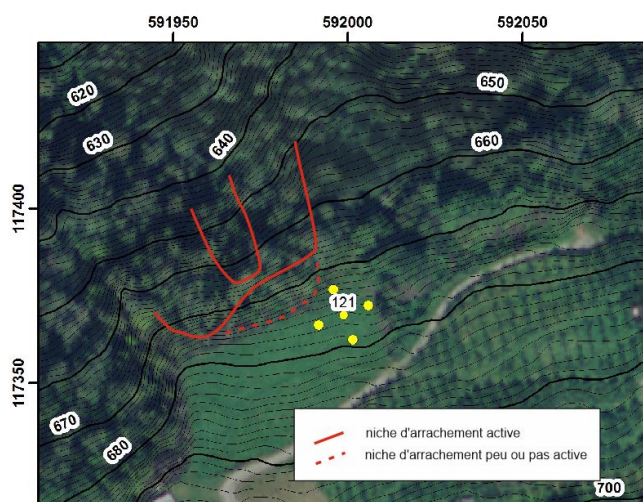
Photo du site



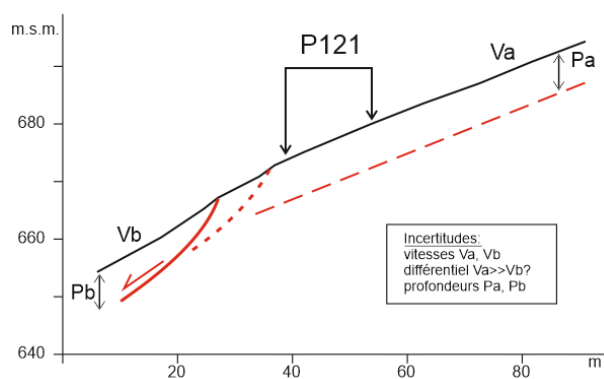
Situation géologique



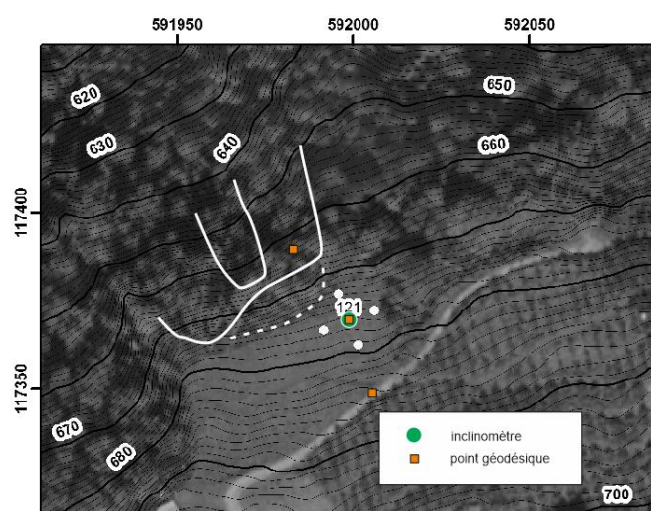
Niches d'arrachement en aval du pylône



Profil schématique



Emplacement des mesures



PYLÔNE 122 – Fiche

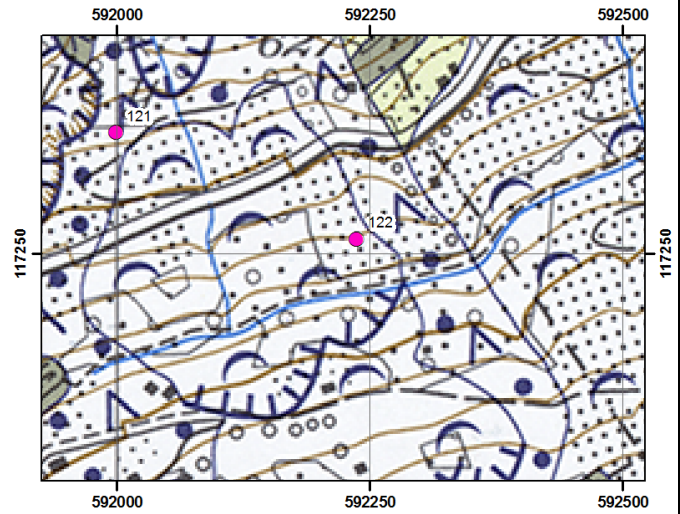
Coordonnées	592236.53/ 117264.43/ 740.91
Situation	Pylône situé dans une zone agricole (pente 28°), morphologie vallonnée ou bosselée typique d'un glissement.
Substratum rocheux	Schistes et grès (Zone Houillère), non affleurant.
Couverture	Terrain de couverture remanié par le glissement, constitué de moraine, de blocs.
Tassement	Le secteur se trouve dans un versant en tassement.
Glissement de terrain	La morphologie du versant indique un glissement d'au minimum 5-10m de profondeur, actif. En amont, le bisse de Baar est monté sur pilotis et doit périodiquement être réajusté en raison de l'activité de ce glissement [30]. Le pylône se trouve proche d'une limite latérale du glissement (mouvement différentiel possible) Il n'existe pas de données géodésiques dans ce secteur.
Chutes de pierres	-
Effondrement	-
Crue	-
Scénario déterminant	Si le glissement est translationnel, le pylône se déplacera le long de la pente. Cependant la morphologie vallonnée du versant montre que le plan de glissement peut être multiple ou incurvé selon les endroits avec de possibles zones de compression et d'extension. En ce cas le pylône pourrait basculer ou pivoter. Des phases d'accélération subite du glissement sont à prendre en compte.
Incertitudes	- Vitesses, profondeur et possible incurvation de la surface de glissement. - Possible mouvements différentiels amont-aval et latéral.
Mesures à prendre	- Forage et pose d'inclinomètre (4x), suivi inclinométrique. - Implantation de min. 8 points géodésiques, suivi des mouvements.

PYLÔNE 122 – Figures

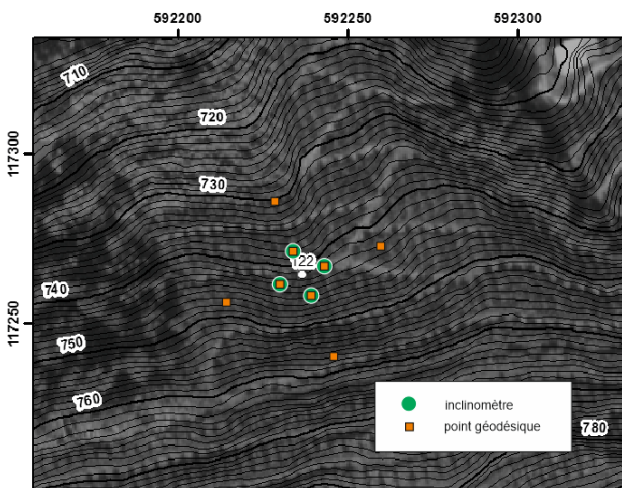
Photo du site



Situation géologique



Emplacement des mesures



PYLÔNE 123 – Fiche

Coordonnées	592592.83 / 117107.18/ 871.3
Situation	Pylône situé dans une zone agricole en pente inclinée (24°), dans une combe en glissement actif.
Substratum rocheux	Schistes et grès (Zone Houillère), non affleurant.
Couverture	Terrain glissé de composition limono-argileux (terre « grasse »), présence de pierres et de blocs.
Tassement	Le secteur se trouve dans un versant en tassement.
Glissement de terrain	Le glissement de terrain est actif (vitesses annuelles moyennes entre 2.3 et 3.2 cm/an). Le secteur est très humide, il y a de nombreuses sources. Des travaux de drainages ont été entrepris récemment pour collecter les eaux de surface (tranchées drainantes). Les eaux plus profondes ne sont pas drainées. La morphologie du versant indique un glissement d'au moins 5-10m de profondeur.
Chutes de pierres	-
Effondrement	-
Crue	-
Scénario déterminant	Des phases d'accélération subites sont possibles ainsi que des mouvements différentiels au sein du glissement. Le pylône pourrait basculer verticalement ou pivoter latéralement.
Incertitude	- Profondeur et morphologie de la surface de glissement. - Possibles mouvements différentiel amont-aval et latéral.
Mesures à prendre	- Forage et pose d'inclinomètre (4x), suivi inclinométrique. - Implantation de min. 8 points géodésiques, suivi des mouvements.

PYLÔNE 123 – Figures

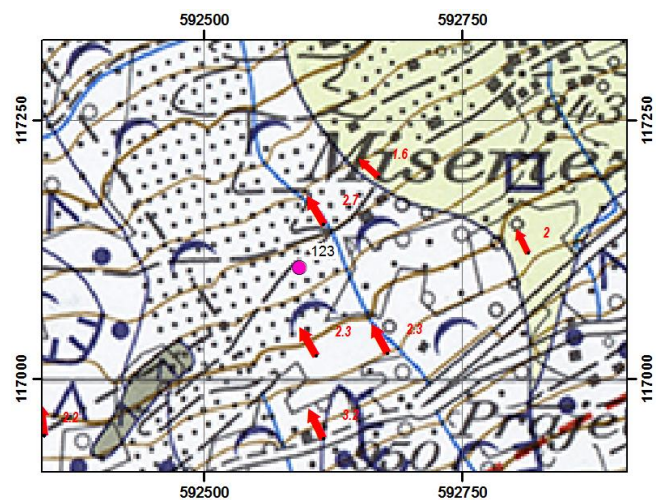
Photo du site



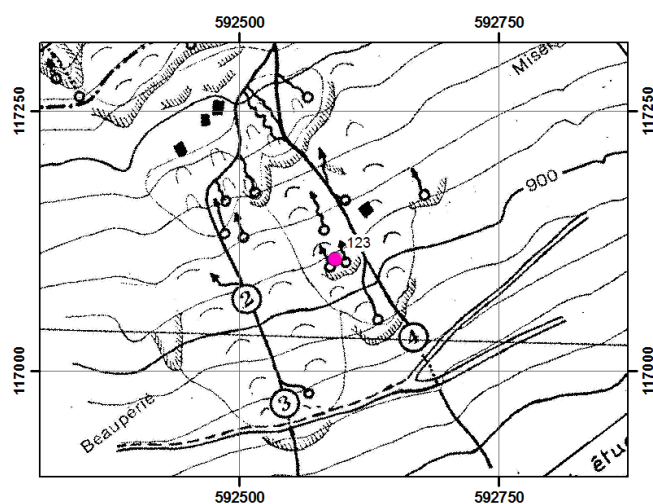
Tranchée drainante



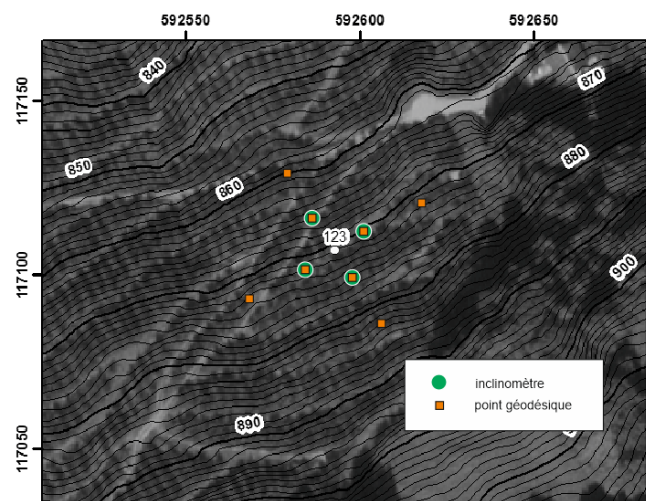
Situation géologique et vecteurs déplacement



Levé de la zone en glissement, 1981 [28]



Emplacement des mesures



PYLÔNE 124 – Fiche

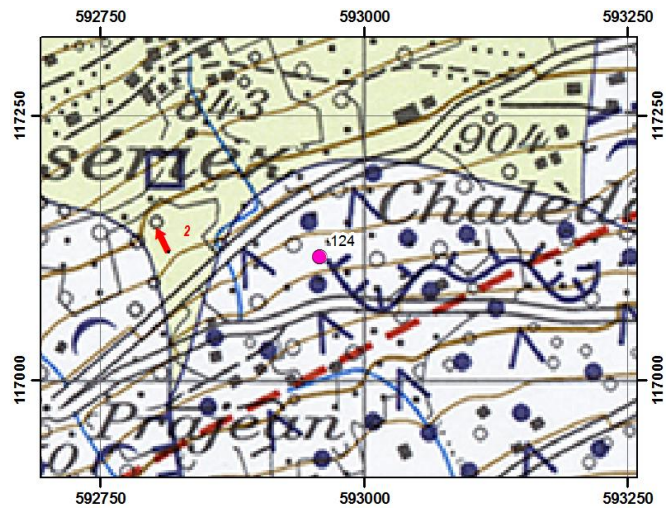
Coordonnées	592957.81 / 117116.483 / 955.336
Situation	Pylône situé en forêt en pente inclinée (29°), juste en amont d'une petite niche d'érosion.
Substratum rocheux	Schistes et grès (Zone Houillère), non affleurant.
Couverture	Moraine limoneuse à blocs.
Tassement	Le secteur se trouve dans un versant en tassement.
Glissement de terrain	<p>Une petite niche d'érosion se trouve sous le socle aval du pylône. Elle délimite un petit glissement superficiel en forêt (profondeur max. estimée : 2 à 5m).</p> <p>Sur la carte communale des dangers géologiques [13], on se trouve en danger faible de glissement de terrain (la carte tient compte du processus de tassement).</p>
Chutes de pierres	-
Effondrement	-
Crue	-
Scénario déterminant	Une régression de la niche vers l'amont est possible, pouvant affecter les autres socles du pylône.
Incertitude	-
Mesures à prendre	Les socles devront être fondés à une profondeur suffisante pour ne pas être affectés par le phénomène d'érosion (sondages de reconnaissance à la pelle mécanique recommandés).

PYLÔNE 124 – Figures

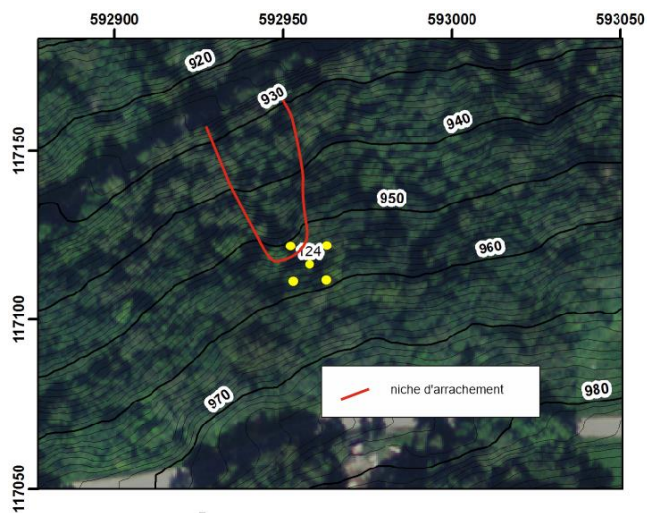
Photo du site



Situation géologique



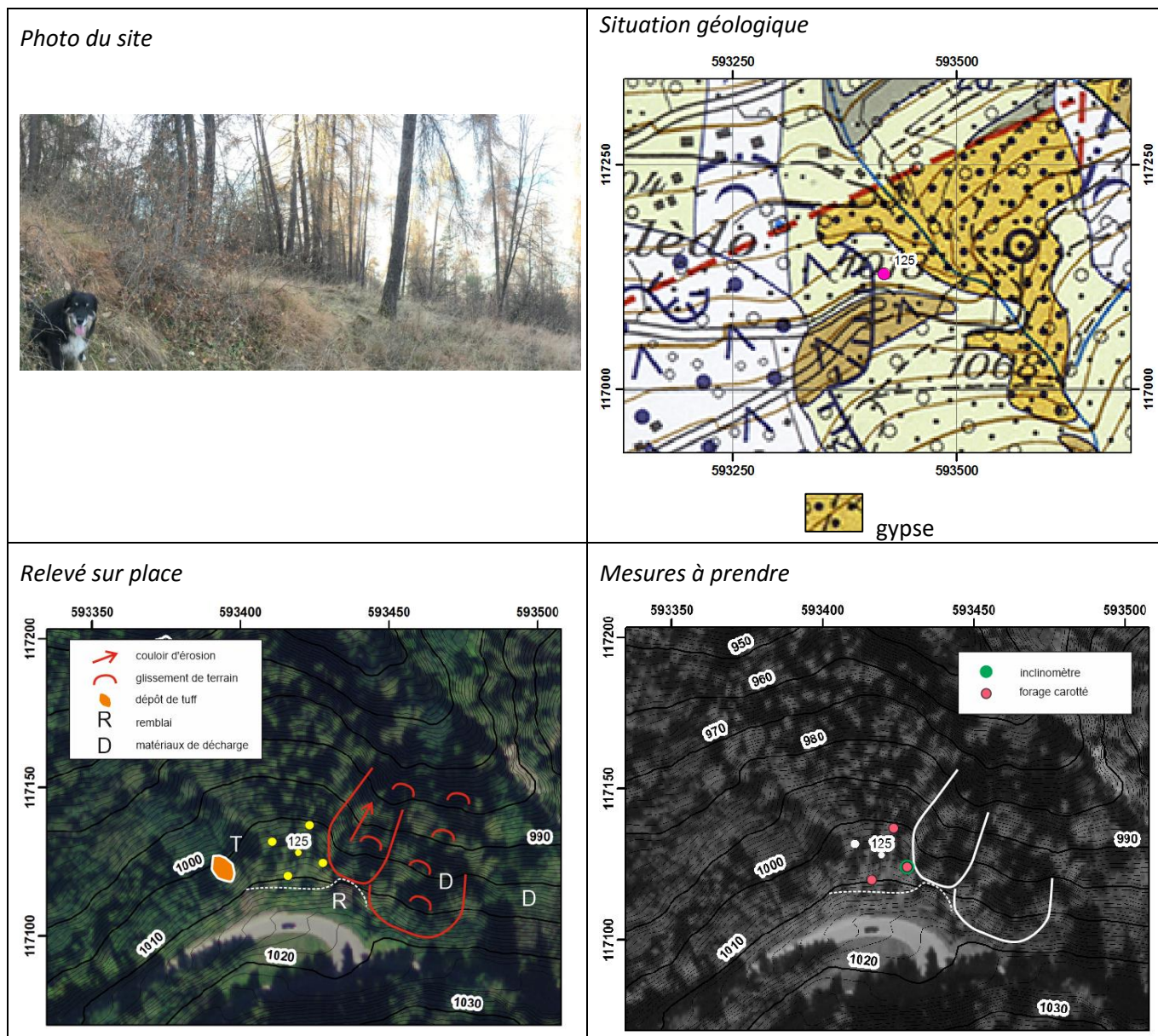
Petite niche d'érosion sous le pylône



PYLÔNE 125 – Fiche

Coordonnées	593419.38 / 117128.15 / 1006.47
Situation	Pylône situé sur une crête en rive gauche du torrent du Fio et à l'ouest de la décharge du Clourot. Le secteur est boisé et incliné (25 – 28°).
Substratum rocheux	Gypse (Zone Houillère), ou quartz-séricitoschistes (Fm de Col de Chassoure), non affleurant.
Couverture	Couverture morainique, limono-graveleux, à blocs.
Tassement	Le secteur se trouve dans un versant en tassement.
Glissement de terrain	Sur son flanc Est, la crête est bordée par un couloir d'érosion actif et par un glissement de terrain actif pouvant subir des épisodes d'accélération selon les intempéries. Les matériaux glissés sont des sols de couverture mais aussi des matériaux de décharge. Cependant le phénomène ne devrait pas affecter la stabilité du pylône si ce dernier est fondé suffisamment en profondeur.
Chutes de pierres	-
Effondrement	D'après la carte géologique et les observations faites sur place (affleurement de gypse à proximité, présence d'un dépôt de tuf), il est probable de trouver du gypse en profondeur sous la crête, mais ce n'est toutefois pas certain. Le gypse est une roche soluble prédisposée aux phénomènes de tassement et d'effondrement.
Crue	-
Scénario déterminant	En zone de gypse, on peut s'attendre à un tassement différentiel de la structure porteuse du pylône ou à un affaissement subit lié à une rupture d'une cavité en profondeur (effondrement) La surcharge induite par le pylône est un facteur aggravant. Le scénario déterminant pour le glissement de terrain est une régression de la niche entraînant une érosion des sols sous la fondation du socle SE.
Incertitudes	- Présence et profondeur du gypse sous la moraine. - Etat mécanique du gypse (altération, cavités, etc.).
Mesures à prendre	- Procéder à min. 2 forages carottés, suivi d'une vidéo-diagraphie pour ausculter l'état du gypse. Sur cette base il sera possible de dimensionner au mieux le système de fondation du pylône (ex. type et longueurs de pieux). - Un troisième forage peut être effectué au droit du socle en amont de la zone d'érosion. Il pourra être équipé d'un inclinomètre.

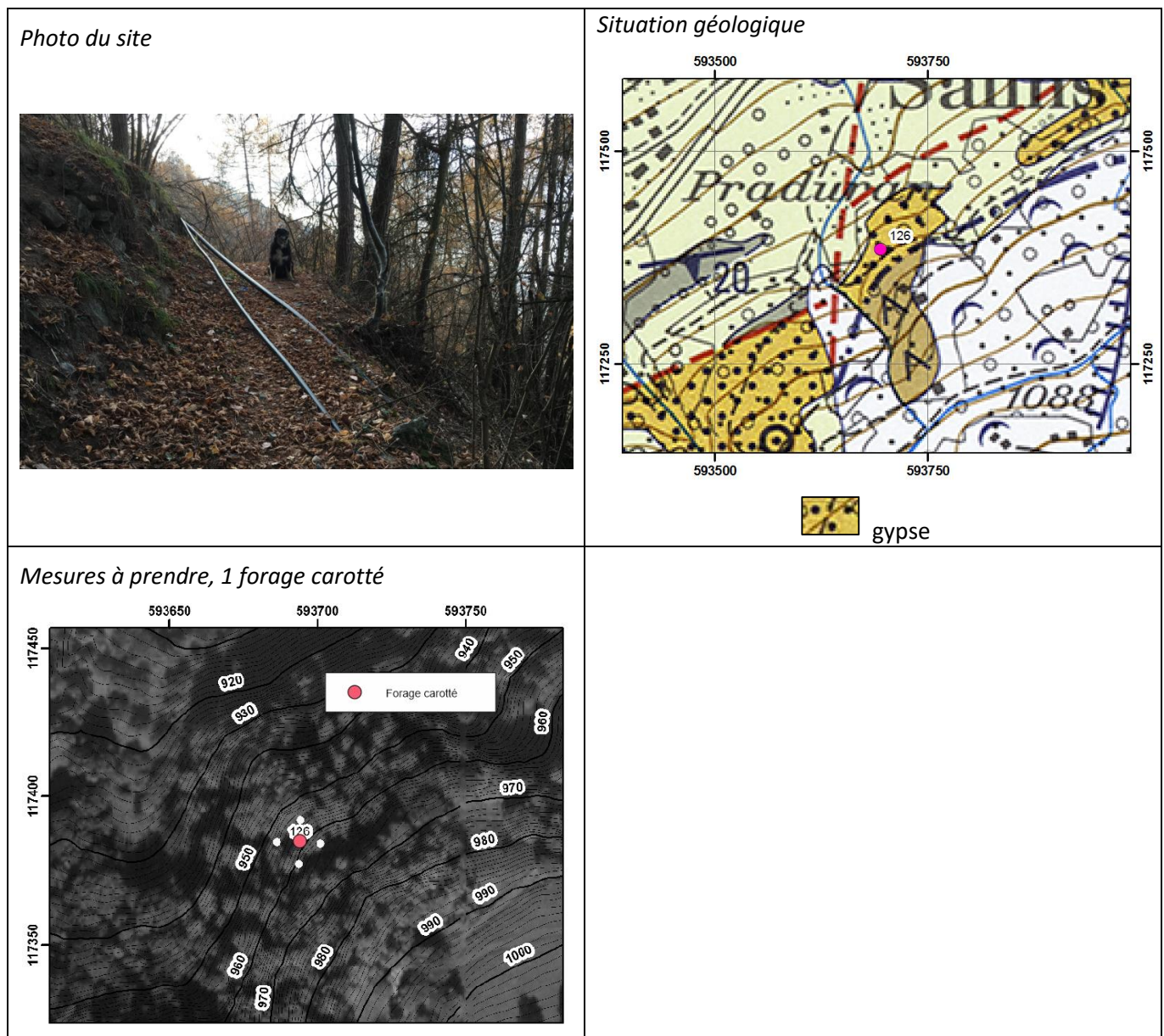
PYLÔNE 125 – Figures



PYLÔNE 126 – Fiche

Coordonnées	593694.03 / 117384.47 / 958.673
Situation	Pylône situé en forêt sur le chemin pédestre qui relie le village de Crête-à-l'Œil au couvert du Fio. Pente du terrain 35°.
Substratum rocheux	Gypse (Zone Houillère), ou quartz-séricitoschistes (Fm de Col de Chassoure), non affleurant.
Couverture	Couverture morainique, limono-graveleux, à blocs.
Tassement	Le secteur se trouve dans un versant en tassement.
Glissement de terrain	Il n'y a pas d'indice de glissement de terrain sur place.
Chutes de pierres	-
Effondrement	D'après la carte géologique, il est possible de trouver du gypse en profondeur sous les terrains de couverture. D'après nos propres observations ce n'est pas certain car il n'y a aucun indice de gypse à proximité du site.
Crue	-
Scénario déterminant	En zone de gypse, on peut s'attendre à un tassement différentiel de la structure porteuse du pylône ou à un affaissement subit lié à une rupture d'une cavité en profondeur (effondrement). La surcharge induite par le pylône est un facteur aggravant.
Incertitudes	- Présence et profondeur du gypse sous la moraine. - Etat mécanique du gypse (altération, cavités, etc.).
Mesures à prendre	- Exécuter un premier forage carotté pour valider ou non la présence de gypse en profondeur. En cas de gypse avéré, d'autres forages ainsi que des vidéo-diagraphies pourront être proposés. - Sur cette base il sera possible de dimensionner au mieux le système de fondation du pylône (ex. type et longueurs de pieux).

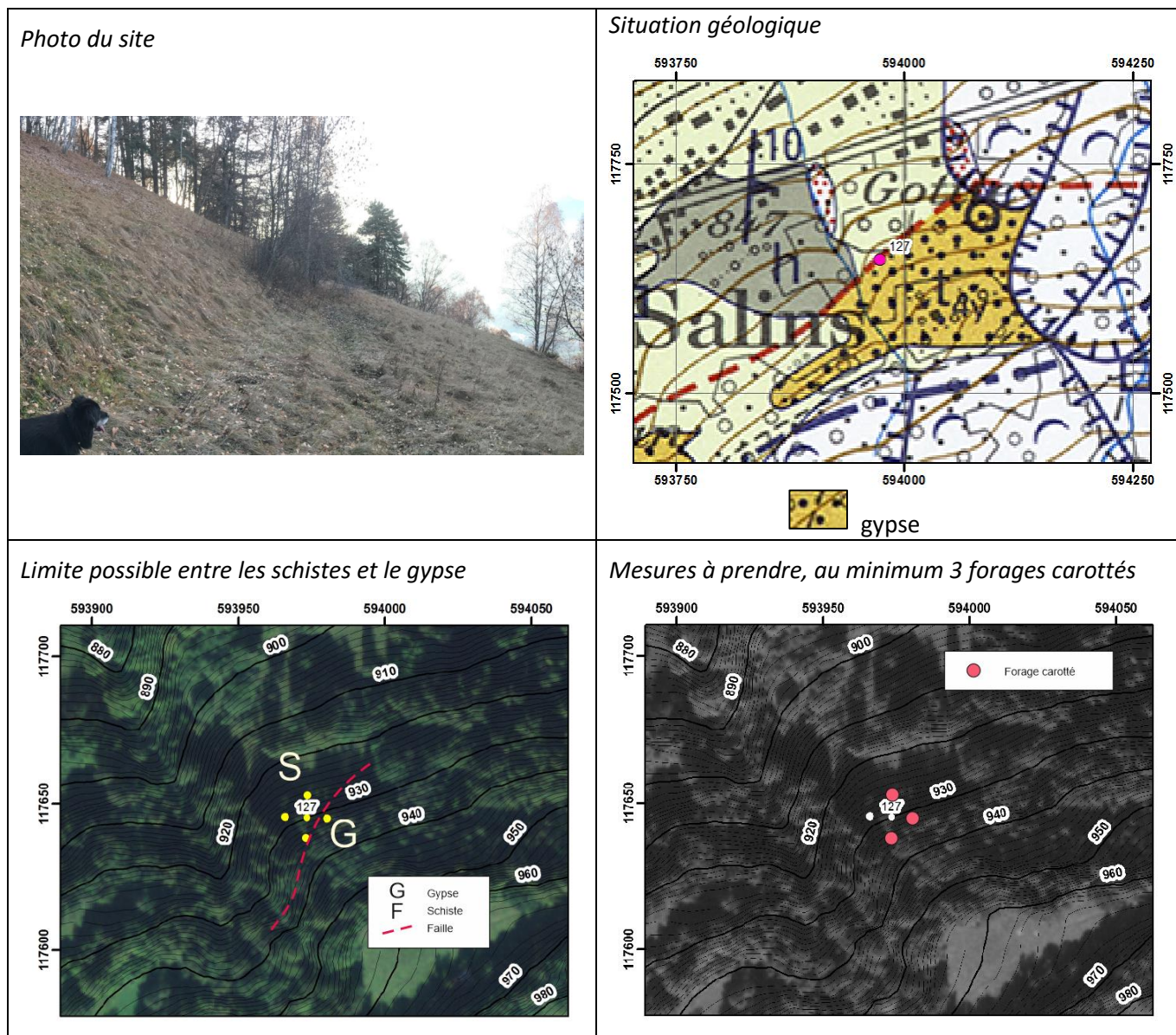
PYLÔNE 126 – Figures



PYLÔNE 127 – Fiche

Coordonnées	593973.31 / 117645.11/ 930.05
Situation	Pylône situé sur une prairie clairsemée. Pente du terrain 30°
Substratum rocheux	Gypse (Zone Houillère) et schistes / grès (Zone Houillère), visibles à proximité. Zone de faille.
Couverture	Sol maigre peu développé, limoneux. Epaisseur estimée entre 0 et 2m.
Tassement	-
Glissement de terrain	-
Chutes de pierres	-
Effondrement	D'après la carte géologique et les observations faites sur place, il est possible de trouver du gypse en sous les socles S et E du pylône, ce n'est toutefois pas certain. Comme on se trouve sur une zone de faille il se peut que le gypse soit très altéré.
Crue	-
Scénario déterminant	En zone de gypse, on peut s'attendre à un tassement différentiel de la structure porteuse du pylône ou à un affaissement subit lié à une rupture d'une cavité en profondeur (effondrement). La surcharge induite par le pylône est un facteur aggravant.
Incertitudes	- Présence et profondeur du gypse. - Etat mécanique du gypse (altération, cavités, etc.).
Mesures à prendre	- Exécuter min. 3 forages carottés, suivi d'une vidéo-diagraphie pour ausculter l'état du gypse. - Sur cette base il sera possible de dimensionner au mieux le système de fondation du pylône (ex. type et longueurs de pieux).

PYLÔNE 127 – Figures



PYLÔNE 128 – Fiche

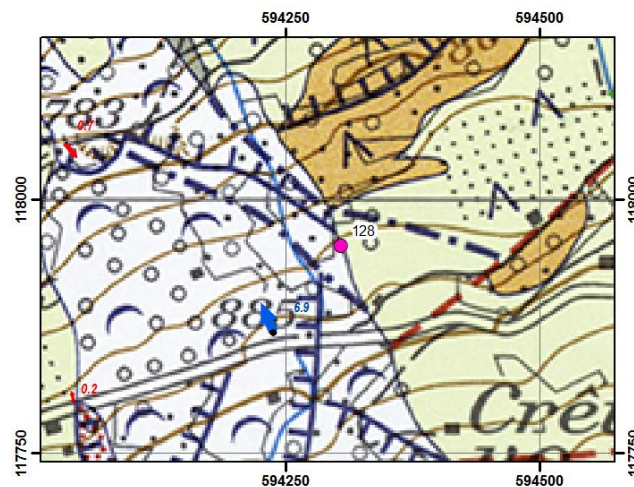
Coordonnées	594304.011 / 117953.733 / 862.656
Situation	Pylône situé dans une zone agricole, sur un replat (pente du terrain 12°), une trentaine de mètres à l'est d'un cours d'eau.
Substratum rocheux	Calcaires ou calcaires dolomitiques (Fm de St-Triphon, Zone Houillère), non affleurant
Couverture	Moraine limoneuse, présence de quelques blocs épars.
Tassement	Le secteur se trouve dans un versant en tassement.
Glissement de terrain	<p>Selon la carte géologique et sur le levé effectué en 1981 [29], le pylône se trouve exactement à la limite entre un glissement de terrain très actif du côté ouest et un glissement lent ou stabilisé du côté est.</p> <p>Un point de mesure géodésique situé sur la route cantonale donne une vitesse moyenne de 6.9 cm/an pour le glissement actif.</p> <p>Selon nos propres observations, si la limite du glissement de terrain est bien visible au niveau de la route cantonale qui passe en amont du pylône, elle devient moins évidente à placer plus en aval.</p>
Chutes de pierres	-
Effondrement	-
Crue	-
Scénario déterminant	<p>Le glissement différentiel entre la zone active et peu ou pas active est déterminant. Le pylône pourrait pivoter latéralement.</p> <p>Selon la morphologie de la surface de glissement, un basculement du pylône est possible également.</p> <p>Des phases d'accélération subites sont possibles.</p>
Incertitudes	<ul style="list-style-type: none"> - Vitesses différentielles du glissement (latéral et amont-aval). - Profondeur et morphologie de la surface de glissement.
Mesures à prendre	<ul style="list-style-type: none"> - Forage et pose d'inclinomètre (4x), suivi inclinométrique. - Implantation de min. 10 points géodésiques, suivi des mouvements.

PYLÔNE 128 – Figures

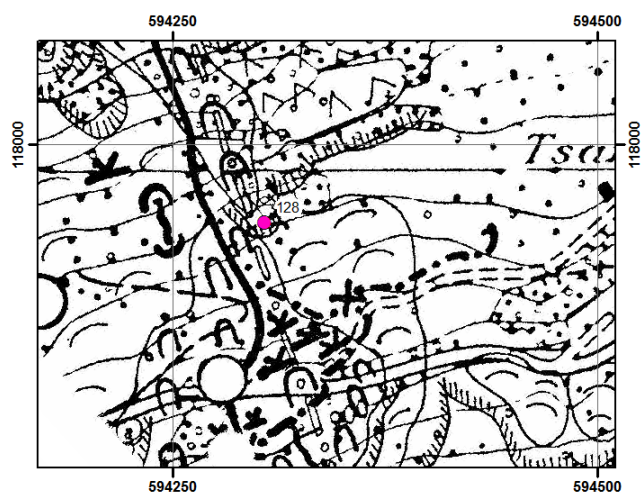
Photo du site



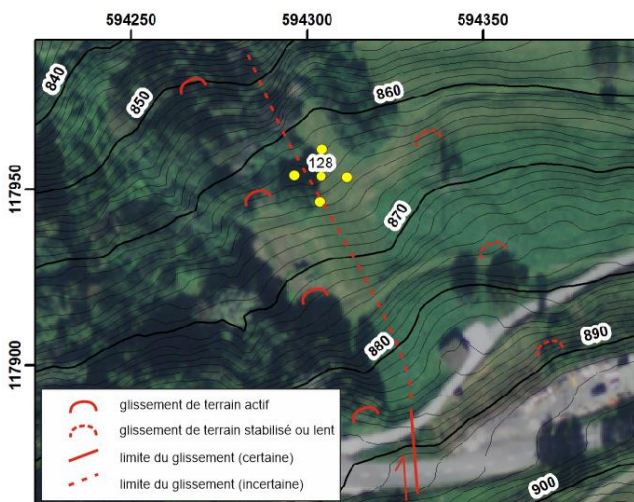
Situation géologique et vecteurs déplacement.



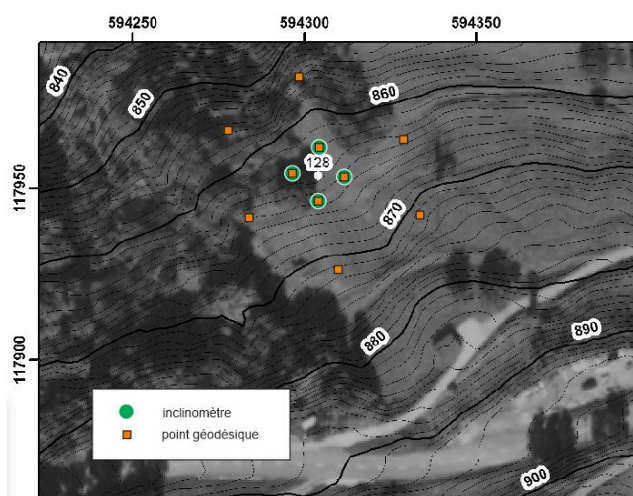
Levé de la zone en glissement, 1981 [29], le pylône se trouve à la limite entre une zone rapide et lente



Limite de la zone en glissement



Emplacement des mesures



PYLÔNE 129 – Fiche

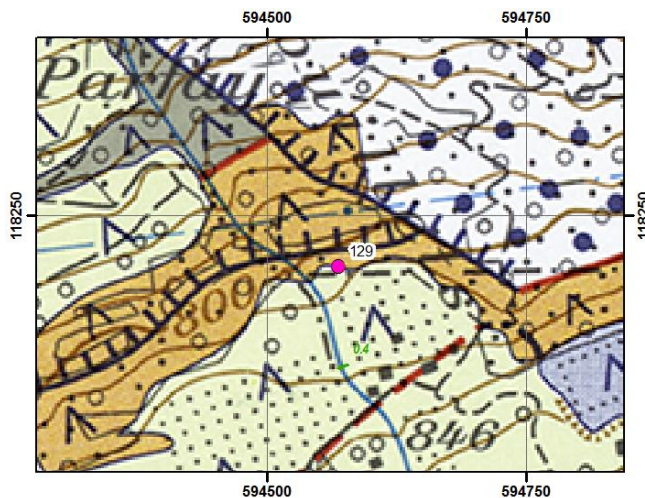
Coordonnées	594568.8 / 118200.836 / 814.99
Situation	Pylône situé en limite d'un plateau morainique (pente du terrain 10°) et d'un escarpement rocheux (pente 45°).
Substratum rocheux	Calcaires ou calcaires dolomitiques (Fm de St-Triphon, Zone Houillère)
Couverture	Au sommet de l'escarpement : env. 3m de moraine limono-graveleuse, présence de quelques blocs épars.
Tassement	L'escarpement rocheux en aval du pylône montre des calcaires altérés et fracturés, où des blocs de plusieurs m ³ se déchaussent. Un carottage a été réalisé pour l'étude géotechnique de 2007 quelques mètres à l'amont de l'axe du pylône. Il indique la présence sous 4m d'éboulis d'une roche calcaire décomposée jusqu'à 8m, puis des calcaires, dolomies et des cornieules très fracturées. Les deux informations concordent et démontrent la mauvaise qualité géotechnique du sous-sol.
Glissement de terrain	-
Chutes de pierres	-
Effondrement	-
Crue	-
Scénario déterminant	Le déchaussement ou la mise en mouvement d'un bloc peut affecter la statique du pylône. La surcharge induite par le pylône est un facteur aggravant.
Incertitudes	- Configuration structurale et état mécanique de la roche sous le pylône. Le seul forage de 2007 ne suffit pas.
Mesures à prendre	- Exécution de carottages inclinés et orientés, au carotter double. - Analyse du risque de rupture du talus rocheux aval sous l'effet de la surcharge du pylône.

PYLÔNE 129 – Figures

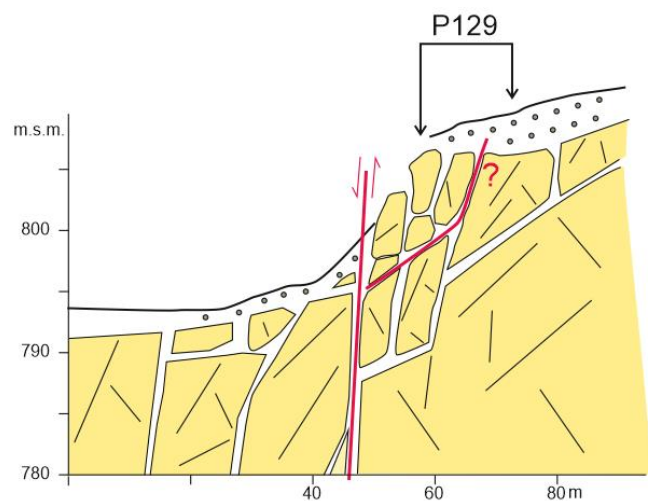
Photo du site: plateau morainique au sommet de l'escarpement



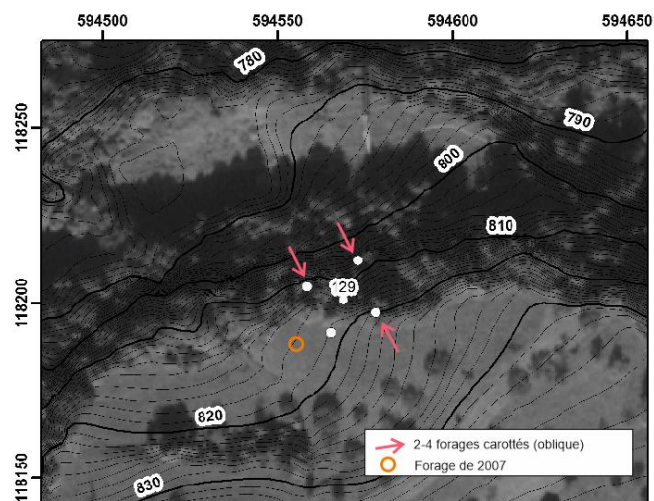
Situation géologique



Profil géologique schématique



Emplacement des mesures



PYLÔNE 2-Chandoline – Fiche

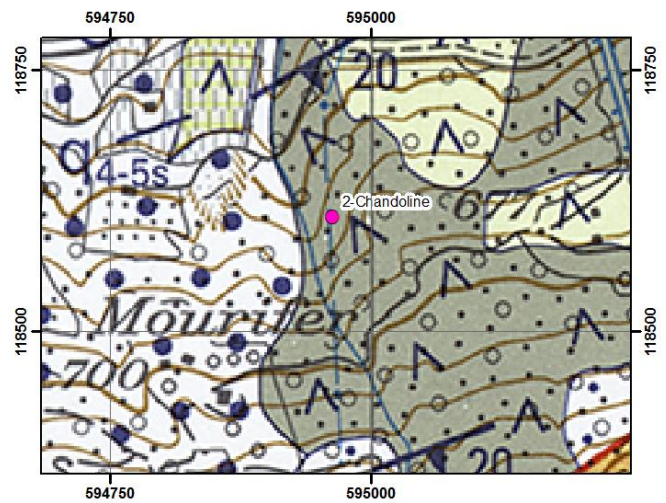
Coordonnées	594962.7 / 118609.1 / 633.2
Situation	Pylône situé en forêt (pente du terrain 43°), au sommet d'une petite falaise de schistes, en rive droite d'un cours d'eau temporaire.
Substratum rocheux	Schistes et grès (Zone Houillère), affleurant.
Couverture	Colluvions, dépôts de pente.
Tassement	La falaise de schiste, haute de 5m, subit un tassement prononcé. La roche est friable, se disloque. Des blocs se déchaussent.
Glissement de terrain	-
Chutes de pierres	-
Effondrement	-
Crue	-
Scénario déterminant	La surcharge imposée par le pylône peut affecter la stabilité de la petite falaise de schistes. Le tassement des schistes peut affecter la statique du pylône.
Incertitudes	- Epaisseur de la zone en tassement.
Mesures à prendre	- Forage et pose d'au minimum un inclinomètre, suivi inclinométrique. - Proposition : déplacer le pylône d'une dizaine de mètres vers le NNE.

PYLÔNE 2-Chandoline – Figures

Photo du site : assise du pylône : petite crête de schistes en tassement actif



Situation géologique



Emplacement des mesures



PYLÔNE 136 – Fiche

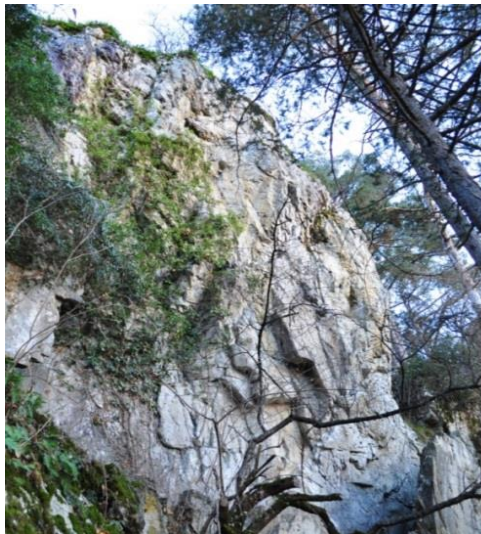
Coordonnées	597'209.78/ 119'292.95/ 657.329
Situation	Pylône situé sur un promontoire rocheux (pente 33°) en aval d'une petite falaise.
Substratum rocheux	Quartzites fracturées (Formation du Bruneggjoch).
Couverture	1 à 5 m d'épaisseur d'éboulis, présence de blocs (jusqu'à 8 m ³).
Tassement	Versant en tassement lent, voire substabilisé, composé de compartiments rocheux en marches d'escalier.
Glissement de terrain	-
Chutes de pierres	La falaise en amont du pylône est constituée de rocher fracturé qui donne lieu fréquemment à des petites chutes de pierres et de façon ponctuelle à des éboulements de compartiments rocheux de plusieurs m ³ .
Effondrement	-
Crue	-
Scénario déterminant	<p><u>Chute de pierres :</u> Estimation des scénarios de chute de pierres : T30= 0.1 m³ / T100=1,5 m³ / T300=5 m³ (déterminant). En cas d'une chute de pierre de 5m³ (scénario T300), la base du pylône peut être impactée.</p> <p><u>Eboulements :</u> Plusieurs aléas d'éboulement sont présents avec des probabilités de mobilisation élevées. Volumes : 10-50m³. En cas d'éboulement de 10-50m³, le pylône peut être impacté.</p>
Incertitudes	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité de résistance du pylône contre les chutes de pierres et éboulements (T300). - Localisation et caractérisation des aléas d'éboulement. - Au niveau des pylônes : vitesse des blocs, énergie cinétique, angle d'impact.
Mesures à prendre	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse détaillée de la falaise (relevés sur corde) et examen des mesures à prendre (purge, clouage éventuel, ancrage éventuel, etc.). - Vérification de la capacité de résistance du pylône contre les chutes de pierres et éboulements (T300).

PYLÔNE 136 – Figures

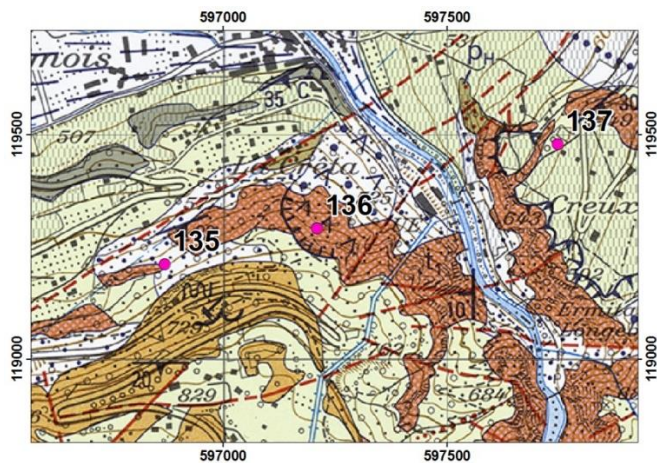
Photo du site - P136



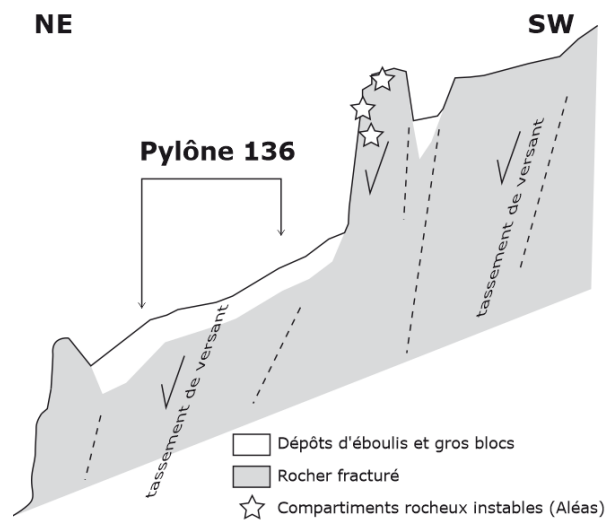
Paroi qui surplombe le pylône



Situation géologique



Profil schématique



PYLÔNES 138 à 140 – Fiche

Coordonnées	P138 : 598'009/ 119'886/ 642.6 P139 : 598'252.85/ 120'356.83/ 625.14 P140 : 598'496.08/ 120'627.66/ 649.62
Situation	Pylônes situés dans un versant recouvert d'éboulis en contrebas de falaises (pente du terrain : P138 et 139 : env. 25° (éboulis) P140 : 45° (zone rocheuse)).
Substratum rocheux	Quartzites, dolomies, marbres, brèches dolomitiques (Zone Houillère).
Couverture	138 et 139 : éboulis et dépôts d'éboulement (épaisseur estimée > 5m). 140 : dépôts de pente (peu épais, rocher sub-affleurant).
Tassement	Les pylônes 139 et 140 se situent dans une zone en tassement.
Glissement de terrain	-
Chutes de pierres	Les falaises productives sont composées de quartzites, dolomies, brèches dolomitiques et cornieules. Une carte de danger de chutes de pierres et d'éboulements couvre la zone sud du secteur (Etude GéoVal, 2005 [14]). P138 se situe à environ 20m en-dessous de la limite inférieure du danger faible, en marge de la zone d'étude. Selon l'étude [14], plusieurs chutes de blocs ont par le passé touché la route RC53 Bramois-St Martin (volumes jusqu'à 1-2m ³). Selon nos observations, des blocs peuvent atteindre le secteur des pylônes (anciens blocs de plusieurs m ³ observés à proximité). De nombreux aléas d'éboulement jusqu'à plusieurs dizaines de m ³ dont été décrits dans [14] (secteur de falaises au-dessus du pylône 138). Selon nos propres observations de nombreux autres aléas sont visibles en amont du pylône 139.
Effondrement	-
Crue	-
Scénario déterminant	<u>Chute de pierres :</u> Le bloc de dimensionnement maximal pris en compte dans [14] pour l'établissement de la carte de danger est de 2m ³ . Estimation des scénarios de chute de pierres : T30 : 0.7 m ³ / T100 : 2 m ³ [14] / T300: 5 m³ (déterminant). A priori les pylônes peuvent être impactés : selon un premier test trajectographique 2D au niveau de P138 pour un bloc de 5 m ³ (RocFall v.4, Rocscience), les blocs roulent et les énergies cinétiques maximales sont de l'ordre de 200 KJ (voir détails dans l'encadré trajectographies). <u>Eboulement :</u> Les pylônes peuvent aussi être impactés par des blocs issus d'un éboulement de plusieurs dizaines ou centaines de m ³ . Les blocs issus d'un tel évènement pourraient avoir un volume supérieur à 10 m ³ , soit une énergie cinétique supérieure à 400 KJ.
Incertitudes	- Capacité de résistance des pylônes contre les chutes de pierres et éboulements (T300). - Localisation et caractérisation des aléas d'éboulement en amont de P139 et P140. - Cartes d'intensité et de probabilité d'atteinte pour le scénario T300. - Au niveau des pylônes : probabilités d'atteinte, hauteur de vol des blocs, vitesses des blocs, énergies cinétiques, angles d'impact.
Mesures à prendre	- Etude détaillées du secteur (chutes de pierres et éboulements). - Trajectographies et vérification des scénarios déterminants. - Vérification de la capacité de résistance des pylônes contre les chutes de pierres et éboulements (T300). - Dimensionnement d'ouvrages de protection, si nécessaire.

PYLÔNES 138 à 140 – Figures

Photos du site – P138



Bloc de 8 - 10 m³ à proximité de P138



Photos du site – P139



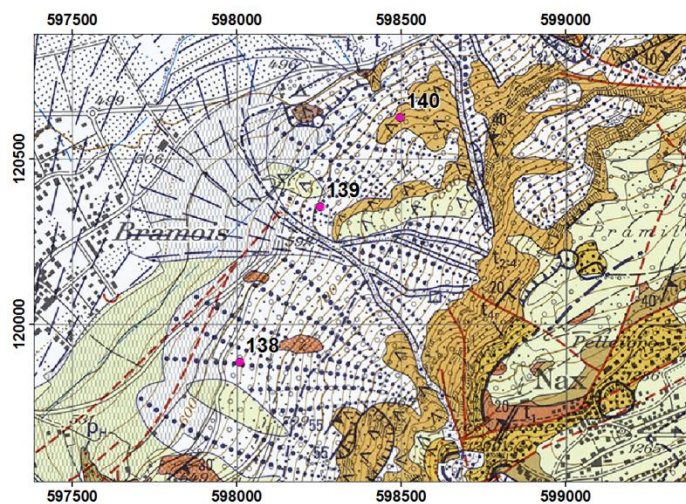
Bloc de 10 m³ à proximité du futur pylône 139



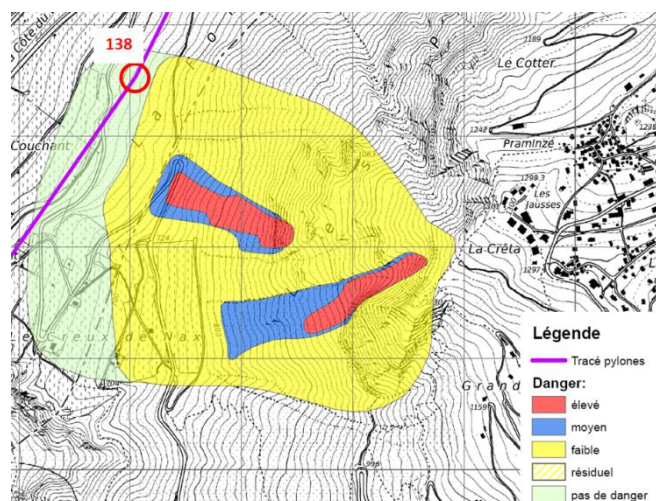
Photos du site – P140



Situation géologique



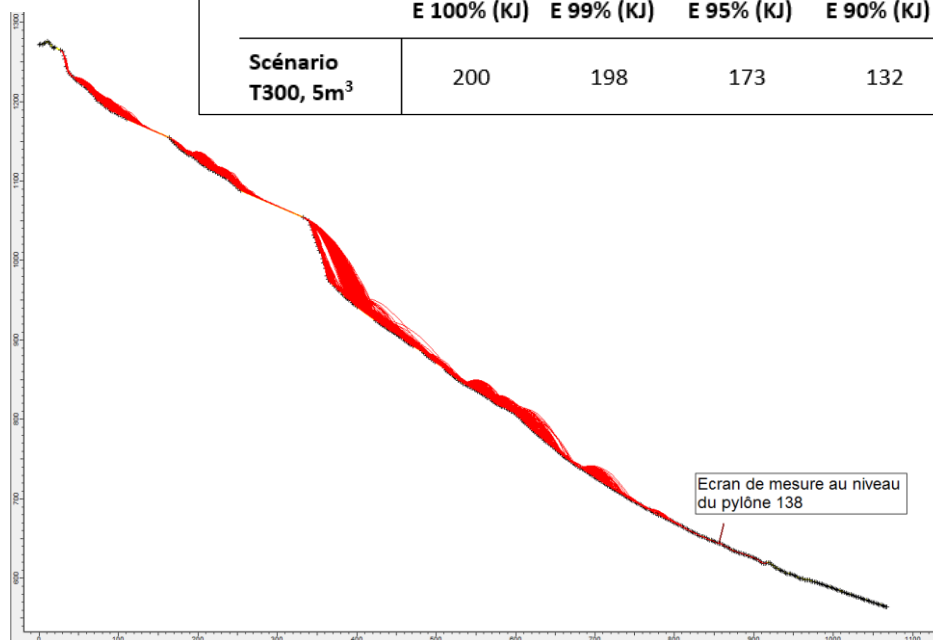
Carte de danger existante, chutes de pierres



Trajectoires des blocs le long du profil passant par P 138

Energies cinétiques des blocs au niveau de P138 (les blocs roulent)

	E 100% (KJ)	E 99% (KJ)	E 95% (KJ)	E 90% (KJ)
Scénario T300, 5m³	200	198	173	132



PYLÔNES 144 à 147 – Fiche

Coordonnées	P144 : 599'425.00/ 121'326.28/ 530.631 P145 : 599'734.53/ 121'424.55/ 543.651 P146 : 600'133.87/ 121'538.69/ 557.87 P147 : 600'500.32/ 121'653.23/ 554.01
Situation	Pylônes situés dans la forêt, proche de la limite avec les vignes. La pente du terrain au droit des pylônes est comprise entre 20° et 30°.
Substratum rocheux	Dolomies, gypses, cornieules, métapelites (Zone Houillère).
Couverture	Eboulis et dépôts d'éboulement.
Tassement	Tout le versant est en tassement.
Glissement de terrain	-
Chutes de pierres	Les falaises de la partie supérieure du versant sont composées de marbres, dolomies et gypses. Des blocs atteignent régulièrement le secteur des pylônes projetés et même les vignes, comme le démontrent les nombreux témoins muets observés. La route cantonale RC44 et les vignes ont été touchées le 12 novembre 2013 par des blocs de 1-2m ³ (voir photographies). Des aléas d'éboulement, jusqu'à quelques centaines de m ³ , sont présents dans ces falaises.
Effondrement	-
Crue	Le pylône 145 se situe au débouché d'une ravine.
Scénario déterminant	<u>Chute de pierres :</u> Estimation des scénarios de chute de pierres : T30 : 1 m ³ / T100 : 3 m ³ / T300 : 10 m³ (déterminant). Selon un premier test trajectographique 2D (RocFall v.4, Rocscience), tous ces pylônes peuvent être impactés par des chutes de blocs. Le long du profil passant par le futur pylône 145, pour des blocs de dimensionnement correspondant au scénario T300 (10 m ³), les énergies maximales sont élevées (> 300 KJ, voir détails dans l'encadré trajectographies). <u>Eboulements :</u> Des éboulements de quelques centaines de m ³ pourraient impacter les pylônes avec des blocs de taille supérieure au scénario T300 de chute de pierres (admis 15- 20 m ³). <u>Crue / ravine :</u> A étudier.
Incertitudes	- Capacité de résistance des pylônes contre les chutes de pierres et éboulements (T300). - Secteurs de production en falaise (structure et géomécanique). - Localisation et caractérisation des aléas d'éboulement. - Au niveau des pylônes : probabilités d'atteinte, hauteur de vol, vitesses des blocs, énergies cinétiques, angles d'impact.
Mesures à prendre	- Etude détaillée du secteur (chutes de pierres et éboulements). - Trajectographies et vérification des scénarios déterminants. - Vérification de la capacité de résistance des pylônes contre les chutes de pierres et éboulements (T300). - Etude des scénarios de crue pour la ravine du pylône 145. - Dimensionnement d'ouvrages de protection, si nécessaire.

PYLÔNES 144 à 147 – Figures

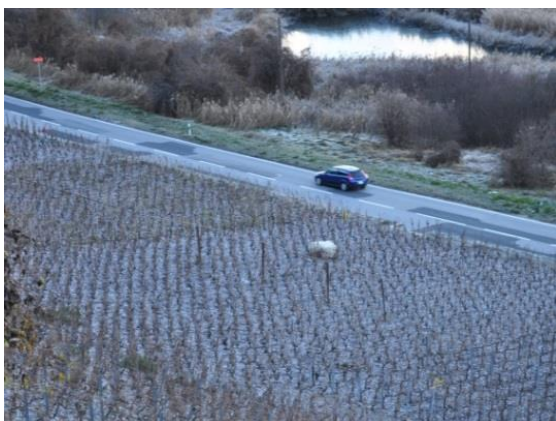
Photos du site – P144



Blocs entre P144 et P145, issus de l'évènement de 2013 (atteinte de la route cantonale)



Bloc entre P144 et P145, issu de l'évènement de 2013



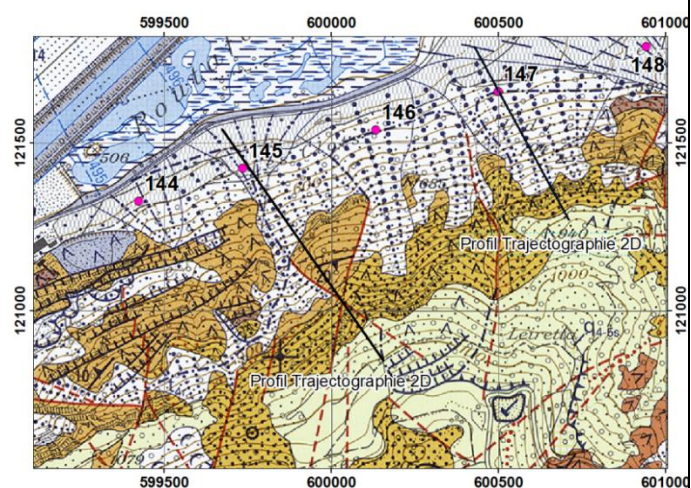
Bloc récent (0.8 m³), à proximité de P146



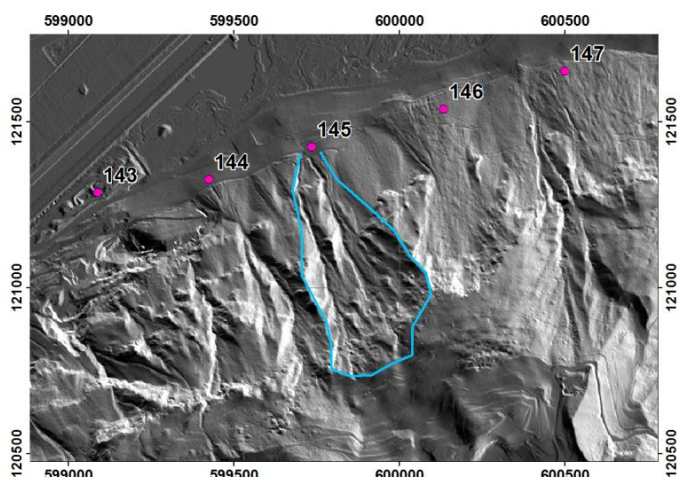
Bloc ancien (10 m³), à proximité de P147



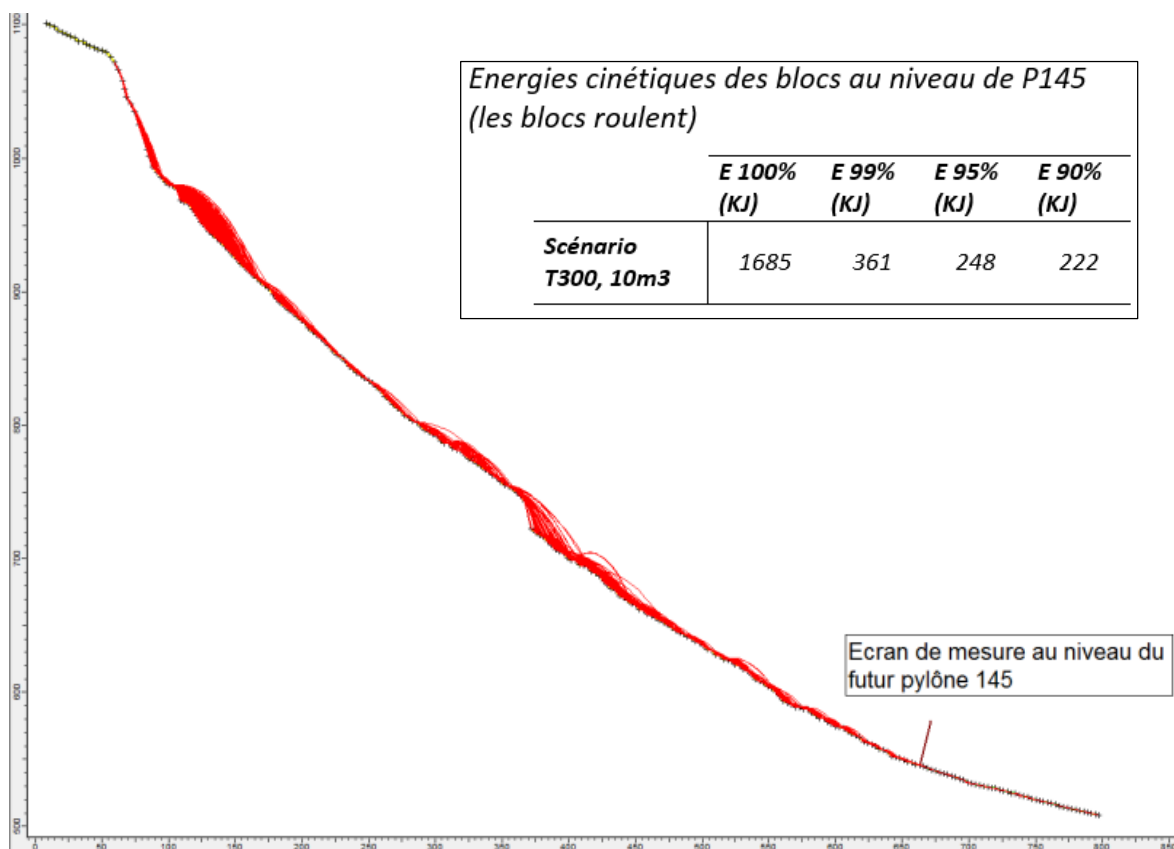
Situation géologique



Ravine qui débouche vers P145



Trajectoires des blocs le long du profil passant par P145



PYLÔNES 148 et 149 – Fiche

Coordonnées	P148 : 600942.5 / 121787.646 / 563.83 P149 : 601311.351 / 121899.847 / 542.651
Situation	P148 et P149 sont situés sur le cône de déjection du torrent de la Derochia, de part et d'autre du cours d'eau. La zone est agricole (vigne + vergers). La pente du terrain est faible (P148 : 9°, P149 : 5°).
Substratum rocheux	Le substratum rocheux se trouve à >100m sous les alluvions.
Couverture	Alluvions et dépôts torrentiels de la Derochia.
Tassement	-
Glissement de terrain	-
Chutes de pierres	-
Effondrement	-
Crue	P148 et P149 se trouvent respectivement en danger faible et résiduel de crue. Selon les informations obtenues auprès du groupement mandataire de la commune de Grône pour les cours d'eau (groupement d'ingénieur CD-eau par kbm SA [25]), des travaux d'aménagement du torrent ont été réalisés il y a environ 20 ans, mais les digues sont sous-dimensionnées.
Scénario déterminant	Selon [25], le scénario rare de crue au droit du pylône P148 est un débordement du torrent par vagues (eau claire + charriage). L'intensité est faible. Ce scénario ne représente pas une menace significative pour P148. P149 est en danger résiduel, scénario extrême (> 300 ans), et n'est pas à protéger
Incertitudes	-
Mesures à prendre	- Une étude pour de nouvelles mesures de protection est prévue au budget communal de Grône pour 2016. A priori, un dépotoir est envisagé. - Il faudrait vérifier si P148 est couvert par les mesures. Sinon, une vérification du scénario de crue à l'emplacement du pylône est nécessaire. - Vérification de la capacité de résistance du pylône contre le scénario retenu. - Dimensionnement d'un ouvrage de protection, si nécessaire.

PYLÔNES 148 et 149 – Figures

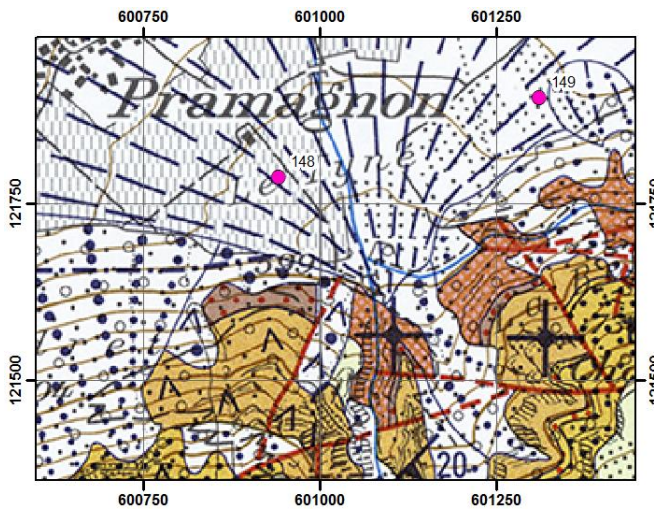
Photo du site : P148



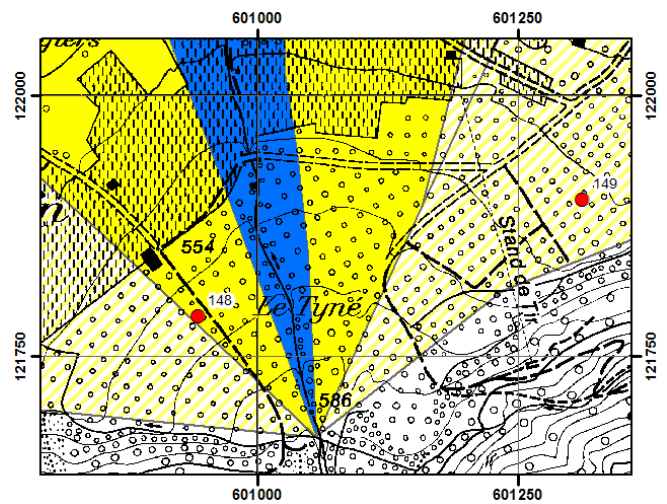
Photo du site : P149



Situation géologique : P148 et P149 sont situés sur le cône de déjection de la Derochia



Extrait de la carte de danger [25]



PYLÔNE 150 – Fiche

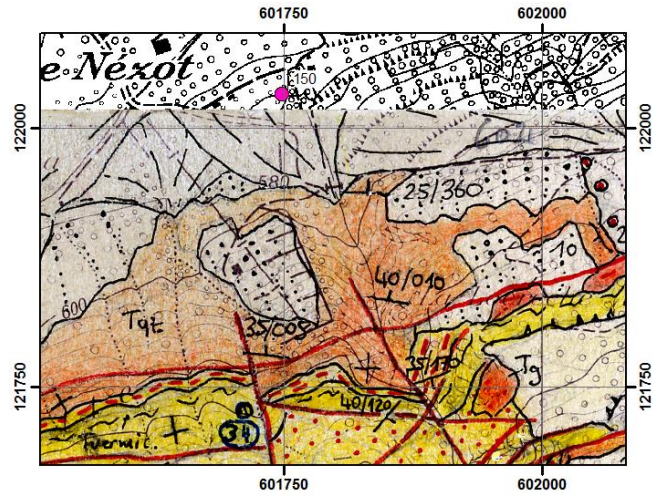
Coordonnées	601748.02 / 122033.02 / 548.49
Situation	P150 est situé sur le cône de déjection de la ravine de la Loérèche. La zone est agricole (vergers). La pente du terrain est de 18° environ.
Substratum rocheux	Le substratum rocheux se trouve à >100m sous les alluvions.
Couverture	Dépôts torrentiels de la Loérèche.
Tassement	-
Glissement de terrain	-
Chutes de pierres	-
Effondrement	-
Crue	P150 se trouve en danger élevé de crue. Selon nos propres observations et les informations obtenues auprès du groupement mandataire de la commune de Grône pour les cours d'eau (groupement d'ingénieur CD-eau par kbm SA [25]), il n'existe pas d'exutoire des écoulements potentiels qui se déversent de manière non dirigée sur le cône de déjection.
Scénario déterminant	Selon [25], pour une fréquence rare (100-300 ans) : - Inondation (Q 1.1 – 1.5 m ³ /s) - Lave torrentielle de 700 à 1'000 m ³ Le pied du futur pylône pourrait être impacté par la lave
Incertitudes	- Capacité de résistance du pylône contre une lave de fréquence rare.
Mesures à prendre	- Selon [25], la solution de protection de la zone à bâtir serait la création d'un canal et un modelage-profilage du terrain. Cette mesure permettrait aussi d'assurer la protection du pylône. Une coordination avec le projet est recommandée. - Si le projet de la commune ne se réalise pas, il faudra vérifier la capacité de résistance du pylône contre une lave de fréquence rare et étudier une mesure individuelle de protection, si celle-ci est justifiée (ex. renforcement ou rehaussement des socles, ouvrage de protection, etc.).

PYLÔNE 150 – Figures

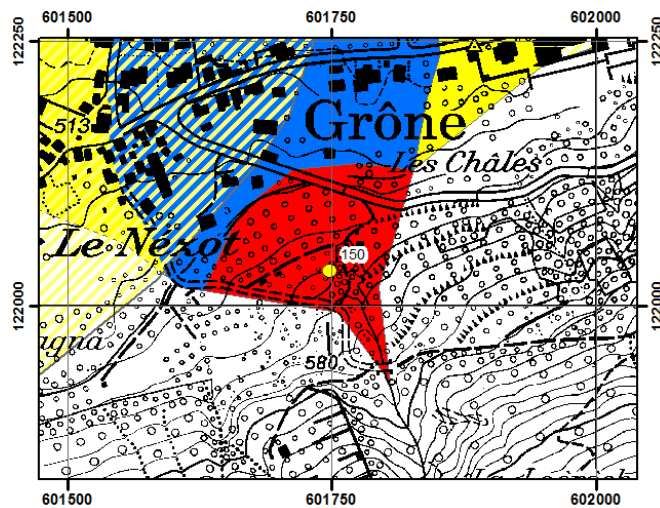
Photo du site : P148



Situation géologique. P150 se trouve sur le cône de déjection de la ravine de la Loèrèche



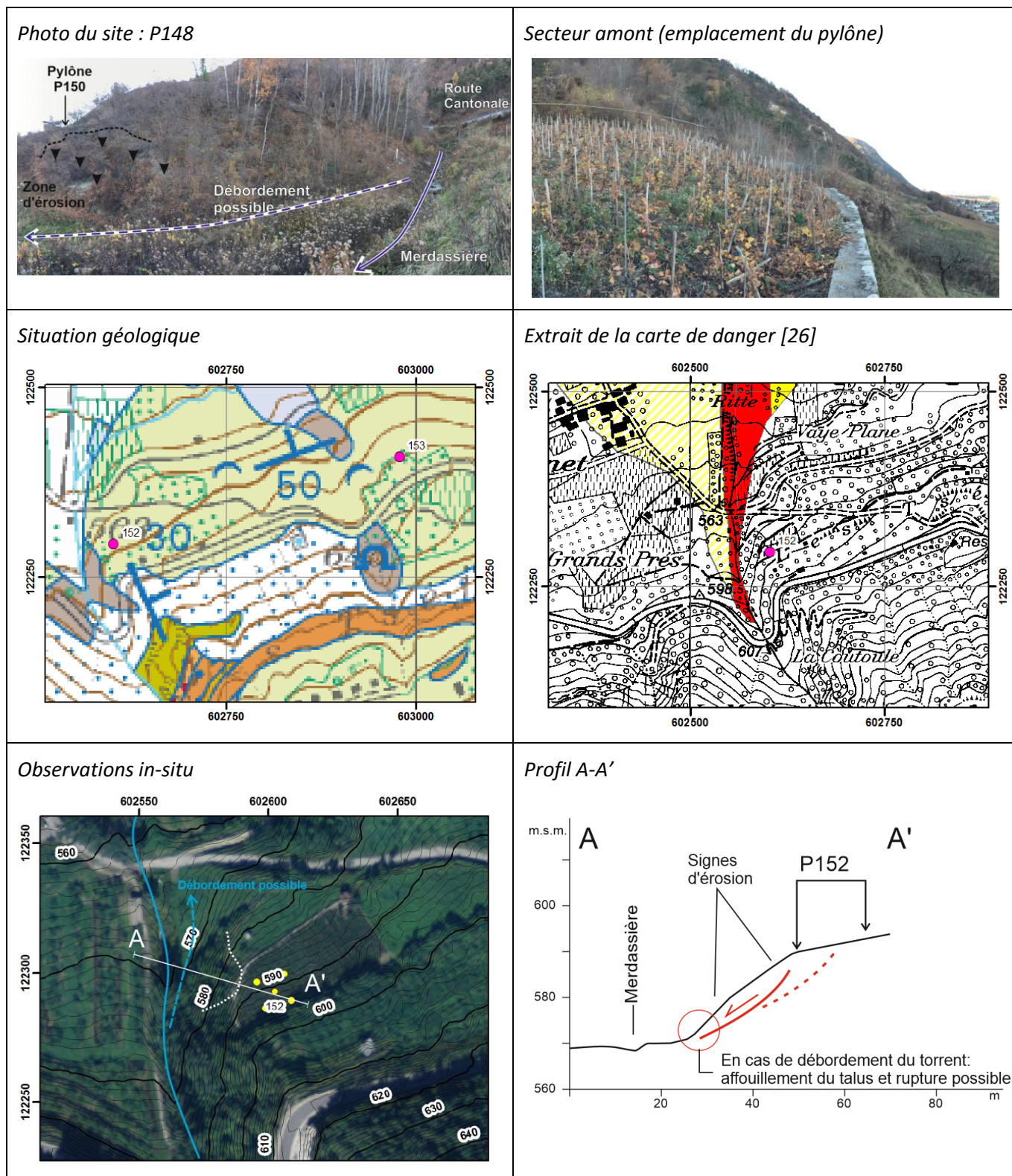
Extrait de la carte de danger [25]



PYLÔNE 152 – Fiche

Coordonnées	602602.492 / 122292.814 / 591.641
Situation	Pylône situé en rive droite du torrent de la Merdassière, au bord d'un tablard de vigne (pente 20°) juste en amont de l'escarpement du talus de la berge (pente 41°).
Substratum rocheux	Schistes et grès (Zone Houillère), non affleurant (profondeur min. quelques mètres)
Couverture	Moraine (?) : limons graveleux, présence de blocs (nombreux en pied du talus de la berge).
Tassement	Tassement éventuel du substratum rocheux.
Glissement de terrain	-
Chutes de pierres	-
Effondrement	-
Crue	<p>Le talus de berge en aval du pylône montre des signes d'érosion (affouillement du mur de vigne, niches d'érosion). En cas de crue, le torrent pourrait déborder, éroder le pied du talus et générer un glissement de terrain pouvant se propager jusqu'au pylône.</p> <p>Sur la carte de danger, le pylône se trouve en dehors de la zone d'atteinte. Selon Idealp SA, auteur de la première carte de danger (avant-mesures), il se peut que ce secteur ait été négligé car la carte s'est focalisée sur la zone à bâtir.</p>
Scénario déterminant	<p>Le torrent de la Merdassière peut charrier des laves torrentielles. L'origine des matériaux est le grand glissement des <i>Peillettes</i> dans la forêt du Ban (alt. 1000 – 1500 m.s.m.). Le scénario rare (100-300 ans) admet une mobilisation de 30'000 à 60'000 m³ de matériaux glissés, par bouffées successives (comm. Du bureau Idealp, auteur de [26]). Avec de tels volumes, un débordement du torrent et une érosion du talus sont probables.</p> <p>La rupture subite du talus affecterait principalement l'assise du socle NW. Sans cet appui, le pylône pourrait basculer vers l'aval.</p>
Incertitude	-
Mesures à prendre	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaissance des terrains par 1-2 forages carottés. - Etude des mesures à prendre, par exemple : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fondation du pylône sur un système de pieux, en profondeur. ▪ Aménagement d'un enrochement maçonné en pied de talus pour éviter l'érosion.

PYLÔNE 152 – Figures



PYLÔNE 159 – Fiche

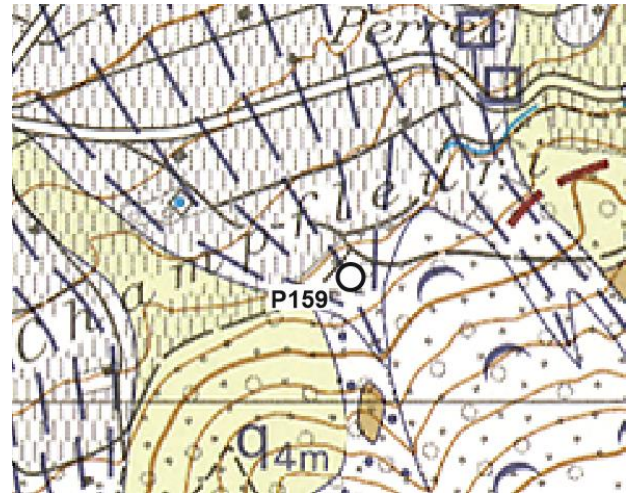
Coordonnées	605340.87 / 123148.1 / 660.09
Situation	Pylône situé à env. 40m à l'Ouest du torrent du Taillis, en forêt (pente 16°), juste en amont des vignes. Le pylône se trouve sur le cône de déjection du torrent.
Substratum rocheux	Schistes, grès, quartzites (Zone Houillère), non affleurant (profondeur estimée >10m).
Couverture	Dépôts torrentiels du torrent du Taillis.
Tassement	-
Glissement de terrain	-
Chutes de pierres	-
Effondrement	-
Crue	Le pylône se trouve en zone de danger élevé selon l'auteur de la carte (bureau Idealp SA [27]). L'observation du lit du chenal effectué dans le cadre de la présente étude montre en effet une sous-capacité du chenal torrentiel une centaine de mètres en amont du pylône. Des blocs de plusieurs m ³ peuvent être charriés par une lave torrentielle.
Scénario déterminant	Selon [27], le scénario de crue (100-300) au droit du pylône est une lave torrentielle de 9'000m ³ . Celle-ci pourrait impacter la base du pylône de plein fouet.
Incertitude	Capacité de résistance du pylône contre une lave de fréquence rare.
Mesures à prendre	<ul style="list-style-type: none"> - Des mesures de protection sont actuellement planifiées par la commune : digue de protection à l'amont de la route sommitale des vignes (qui passe en amont du pylône). Une fois ces mesures réalisées, le secteur du pylône serait en danger résiduel. - Une coordination avec la commune est recommandée afin d'examiner une synergie possible. - Si le projet de la commune ne se réalise pas, il faudrait vérifier la capacité de résistance du pylône contre une lave de fréquence rare et étudier une mesure individuelle de protection, si celle-ci est justifiée (ex. renforcement ou rehaussement des socles, butte de protection, etc.).

PYLÔNE 159 – Figures

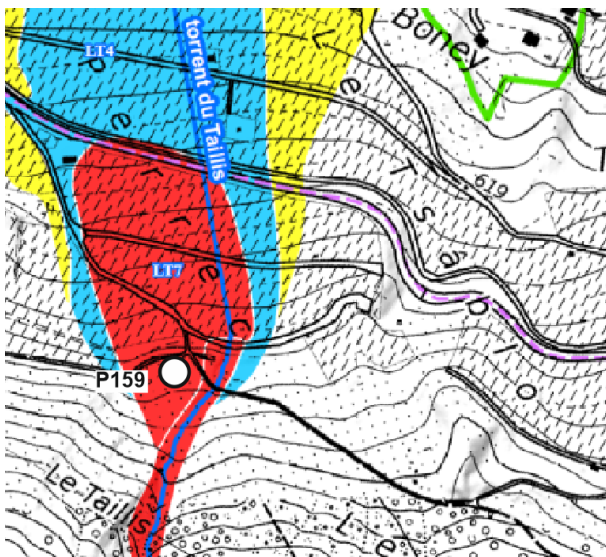
Photo du site : P148



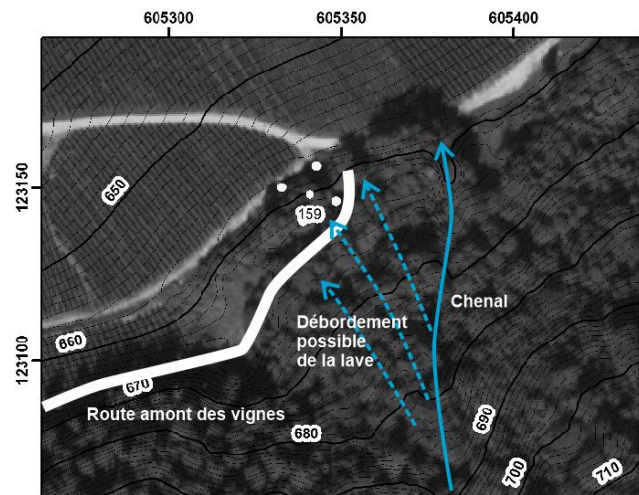
Situation géologique, le pylône est situé sur le cône de déjection du torrent du Taillis



Extrait de la carte de danger [27]



Observations in-situ



PYLÔNES 162 à 167 – Fiche

Coordonnées	P162 : 606'003.48/ 123'643.40/ 624.98 P163 : 606'335.56/ 123'939.98/ 623.43 P164 : 606'672.29/ 124'240.70/ 655.66 P165 : 606'999.41/ 124'532.81/ 647.08 P166 : 607'279.99/ 124'798.06/ 668.21 P167 : 607'523.34/ 124'891.47/ 698.43
Situation	Les pylônes sont situés à la limite inférieure d'un versant boisé, les pentes sont variables suivant les endroits.
Substratum rocheux	Schistes, grès et quartzites (Zone Houillère).
Couverture	Terrain morainique.
Tassement	-
Glissement de terrain	Le pylône 162 se trouve sur une petite crête affectée par des glissements superficiels le long de ses flancs. Plusieurs niches d'arrachement sont visibles.
Chutes de pierres	Les pylônes se trouvent en contrebas de falaises de paragneiss, schistes et quartzites (Zone Houillère). Une carte de danger de chutes de blocs et d'éboulements a été réalisée dans la partie SW du secteur (études Berthod 1999 [15] et 2010 [16]). Plusieurs aléas de quelques dizaines de m ³ ont été relevés. Le pylône 162 se trouve en danger faible de chutes de pierres. Comme la lithologie est la même sur tout le versant on peut supposer que des éboulements pourraient également se produire au-dessus des autres pylônes de ce groupe.
Effondrement	-
Crue	-
Scénario déterminant	<u>Chute de pierres :</u> Des blocs éboulés de plusieurs m ³ sont visible, notamment aux environs du futur pylône 163. Estimation des scénarios de chute de pierres : T30 : 0.5-1 m ³ / T100 : 1-2 m ³ [16] / T300 : 5-10 m³ (déterminant). A priori les pylônes peuvent être impactés par les chutes de pierres. <u>Eboulements :</u> Des éboulements de quelques dizaines de m ³ pourraient atteindre les pylônes avec des blocs de taille supérieure au scénario T300 de chute de pierres.
Incertitudes	- Capacité de résistance des pylônes contre les chutes de pierres et éboulements (T300). - Cartographie des zones sources. - Localisation et caractérisation des aléas d'éboulement. - Au niveau des pylônes : probabilités d'atteinte, hauteurs de vol, vitesses des blocs, énergies cinétique, angles d'impact.
Mesures à prendre	- Etude détaillée du secteur (chutes de pierres et éboulements). - Trajectographies et vérification des scénarios déterminants. - Vérification de la capacité de résistance des pylônes contre les chutes de pierres et éboulements (T300). - Dimensionnement d'ouvrages de protection, si nécessaire. - Les socles du pylône 162 devront être fondés à une profondeur suffisante pour ne pas être affectés par le phénomène de glissement. Des sondages de reconnaissance préalables à la pelle rétro sont recommandés.

PYLÔNES 162 à 167 – Figures

Photos du site – P162



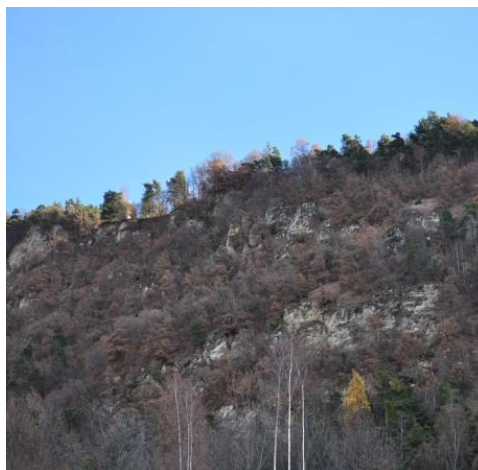
Niche de glissement superficiel



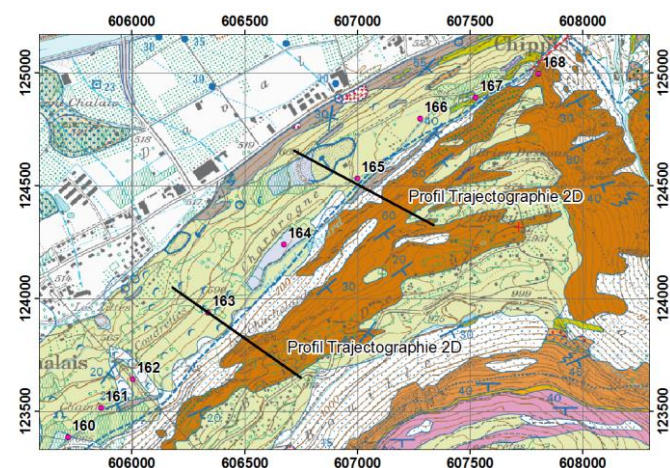
Photos du site – P163



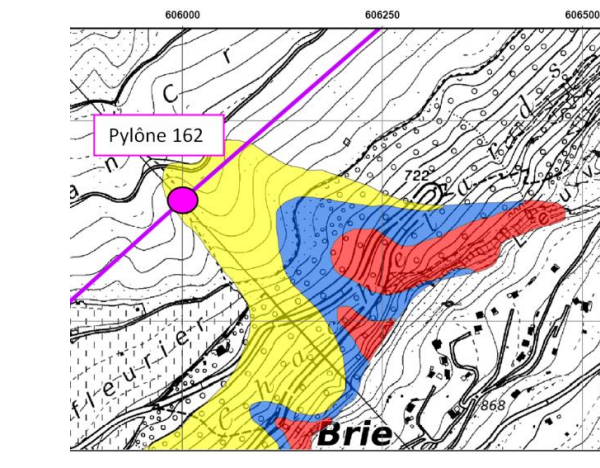
Falaises en amont



Situation géologique



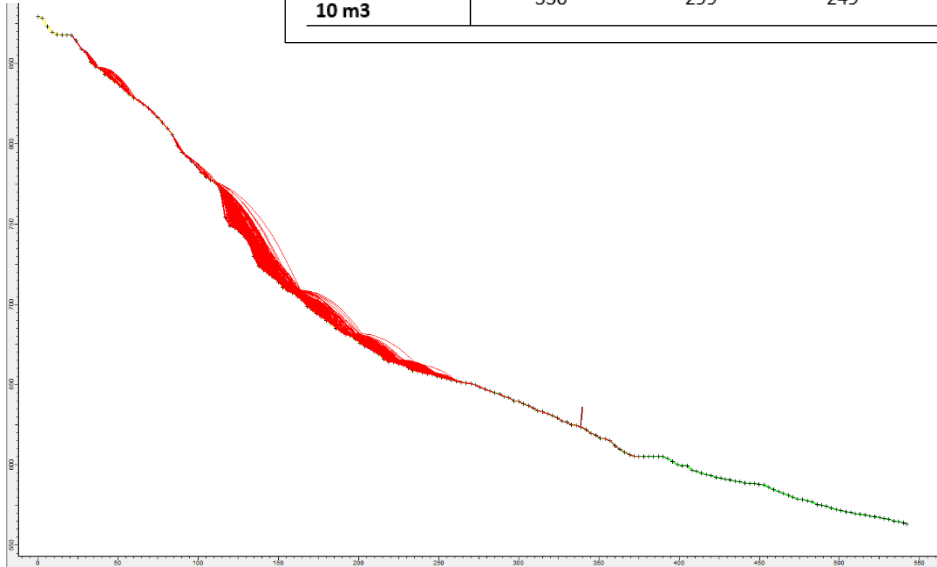
Carte de danger [16]



Trajectoires des blocs le long du profil passant par P163

Energies cinétiques des blocs au niveau de P163 (les blocs roulent)

	E 100% (KJ)	E 99% (KJ)	E 95% (KJ)	E 90% (KJ)
Scénario T300, 10 m3	330	299	249	225



PYLÔNES 169 à 173 – Fiche

Coordonnées	169 : 608'342.50/ 125'270.20/ 658.00 170 : 608'622.93/ 125'531.96/ 672.46 171 : 608'811.60/ 125'697.55/ 709.182 172 : 609'046.00/ 125'914.50/ 637.70 173 : 609'199.99/ 126'059.99/ 609.47
Situation	Pylônes situés dans une pente d'éboulis partiellement colonisée par la végétation en aval de la route cantonale, à l'exception de P171 qui se trouve en amont. La pente du terrain au droit des pylônes est comprise entre 33° et 42°.
Substratum rocheux	Quartzites, calcaires, dolomies et gypses (Zone Houillère)
Couverture	Dépôt de pente, éboulis. P172 se trouve sur un remblai.
Tassement	-
Glissement de terrain	-
Chutes de pierres	Plusieurs études et une carte de danger ont été réalisées dans ce secteur pour la protection de la route cantonale du Val d'Anniviers RC40 [21][23]. Des blocs atteignent régulièrement la route et plusieurs événements ont été répertoriés dans le passé [23]: - 2001 : deux blocs de 7 m ³ et 1 m ³ ont traversé la RC40. - 2005 : bloc de 3 m ³ sur la RC40. Eboulement de 5-7 m ³ dont un bloc de 1.2 m ³ qui a atteint l'enceinte de l'usine Alcan. - 2010 : bloc de 1 m ³ est arrivé à la station de couplage d'Alpiq. Selon la carte de danger en vigueur (voir extrait) P169 se situe en zone de danger faible de chutes de pierres, P170 en danger élevé, P171, P172 et P173 en danger moyen.
Avalanches	P172 et P173 sont situés à des embouchures de couloirs / ravines [24]. Ils peuvent être impactés par des coulées de neige.
Crue / érosion de berge	P172 et P173 sont situés à des embouchures de couloirs / ravines [24]. Ils peuvent être impactés par des coulées de débris.
Effondrement	-
Crue	-
Scénario déterminant	<u>Chute de pierres :</u> Estimation des scénarios de chute de pierres : T30 : 0.1 – 0.5 m ³ / T100 : 1-2 m ³ [17][23] / T300 : 3-8 m³ (déterminant). Tous les pylônes sont menacés par les chutes de pierres. P170 est particulièrement menacé car situé directement sous des falaises à fort dénivelé. Les blocs peuvent percuter la partie supérieure de la structure, y compris les câbles. <u>Eboulements :</u> Des éboulements de 50-300 m ³ sont probables. Des éboulements de 3'000-6'000 m ³ sont possibles. Les pylônes touchés pourraient être fortement endommagés ou détruits. <u>Avalanche :</u> Voir avec le bureau Nivalp SA, auteur de [24]. <u>Crue / ravine :</u> A étudier.

Incertitudes	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité de résistance des pylônes contre les chutes de pierres, éboulements, coulées de débris, coulées de neige (T300). - Localisation et caractérisation des aléas d'éboulement. - Au niveau des pylônes : probabilités d'atteinte, hauteur de vol, vitesses des blocs, énergies cinétiques, angles d'impact.
Mesures à prendre	<ul style="list-style-type: none"> - Des mesures de protection de la RC40 contre les chutes de pierres et avalanches sont en cours ou planifiées ([20][22][23][24], MO : communes de Sierre et de Chippis). Une coordination avec ce projet est recommandée. Il faudra fixer des priorités sur les scénarios à prendre en compte car les objectifs de protection ne sont pas les mêmes pour les deux enjeux (route T100 et pylônes T300). En tous les cas une analyse complémentaire est recommandée pour tous les processus concernés afin d'établir les scénarios T300 à considérer puisqu'il faudra éventuellement prévoir des mesures complémentaires à celles prises pour la protection de la RC40. - Trajectographies et vérification des scénarios déterminants. - Vérification de la capacité de résistance des pylônes contre les différents types de processus (T300). - Dimensionnement d'ouvrages de protection, si nécessaire.

PYLÔNES 169 à 173 – Figures

Photos du site – P169



Falaises au-dessus de P169



Photos du site – P170



Falaises au-dessus de P170



Photos du site – P171



Falaises au-dessus de P171



Photos du site – P172



Falaises au-dessus de P172



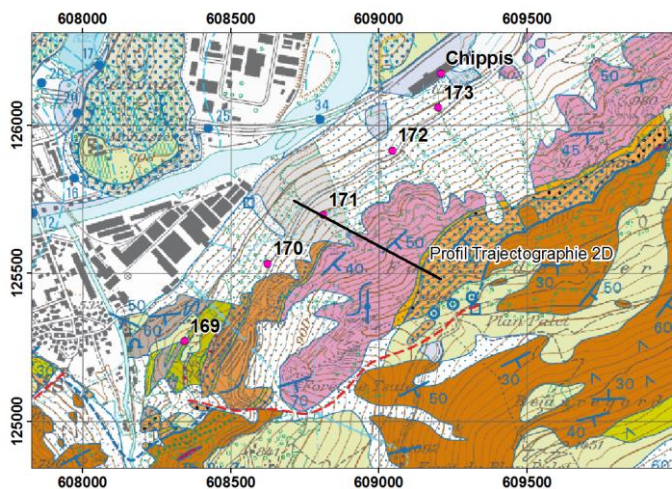
Photos du site – P173



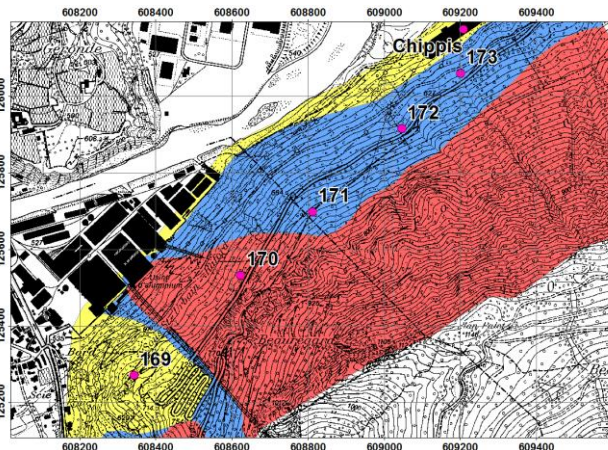
Falaises au-dessus de P173



Situation géologique



Carte de danger chutes de pierres



Documents consultés

Documents remis par Alpiq EnerTrans SA

La liste de pylône et coordonnées

Relevé de géomètre par pylône

MNT-Laser

Informations générales sur la ligne

Les silhouettes de pylône

Les emprises obliques

Le plan parcellaire avec la liste de propriétaire

Rapports remis par Alpiq EnerTrans SA

- [1] Karakas et Français SA: Fondation des pylônes électriques - Avant-projet, 2007.
- [2] Karakas et Français SA: Etude géotechnique, 2007.

Directives et recommandations

- [3] Etat du Valais, Directives relatives à l'établissement des zones de danger et aux autorisations de construire s'y rapportant, 2010.
- [4] OFEFP, Recommandation des dangers dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire, 1997.
- [5] OFEV, Interprétation des données INSAR, 2013.
- [6] OFDT, OFEG, OFEFP, Recommandation ARE aménagement du territoire et dangers naturels, 2005.

Cartes et données géologiques

- [7] Atlas géologique de la Suisse, 1 :25'000, feuilles : Sion nr. 130, Vissoie nr. 122, Sierre nr. 111
- [8] Mario Sartori : Minutes 1 :10'000 pour le relevé géologique de la feuille de Sion – atlas géologiques de la Suisse
- [9] Etat du Valais, Service des registres fonciers et de la géomatique : mouvements permanents, base de données de mesures géodésiques.
- [10] EPFL, juin 1985. Projet d'Ecole. Détection et utilisation des terrains instables. Rapport final.

Cartes communales de dangers géologiques

- [11] BEG SA, ref. 3979, Commune de Salins. Glissement de terrain à Turin. Zones de danger et mesures à prendre. 2008.
- [12] BEG SA ref. 4369, Commune des Agettes, établissement de la carte des dangers géologiques effondrement et glissement, 2009.
- [13] BEG SA ref. 5880, Commune de Sion - Salins, carte de danger de glissement de terrain, mandat en cours.

Etude du danger de chute de pierres sur la route de Bramois-St Martin (RC 53)

- [14] GéoVal SA, ref. 2228, Rochers de Nax : étude structurale et géomécanique et établissement de la carte de danger chutes de pierres et éboulements, 2005.

Etude du danger de chute de pierres sur la route de Chalais-Vercorin (RC 43)

- [15] Charly Berthod, Route Chalais-Vercorin – Carte indicative de danger et projet d'intervention, Commune de Chalais/SFP/SRCE, 1999.
- [16] Charly Berthod, Route Chalais-Vercorin – Carte de danger géologique liée à la RC43, Commune de Chalais/SFP/SRCE, 2010.

Etude du danger de chute de pierre et projet de défense au départ de la route de Sierre-Vissoie (RC 40)

- [17] Charly Berthod et Rovina + Partner AG, Creux de Chippis : Simulation de chutes de blocs. Carte de dangers. Association intercommunale d'Anniviers, 2002.
- [18] Charly Berthod et Nivalp SA, Projet de défense, Route Sierre-Vissoie. Tronçon Creux de Chippis – Niouc. Rapport technique. Association intercommunale d'Anniviers, 2002.
- [19] GéoVal SA, Route cantonale Sierre –Vissoie. Creux de Chippis : Etude trajectographique de chutes de blocs et réactualisation de la carte de danger, 2004.
- [20] Charly Berthod et Nivalp SA, Projet de défense. Creux-de-Chippis – Niouc. Etude préliminaire. Rapport technique, bureaux Nivalp et Berthod. Association intercommunale d'Anniviers, 2004.
- [21] Charly Berthod, Forces motrices de la Gougra. Région Beauregard-Chippis. Installations et conduite forcée FMG. Risques naturels. Carte des dangers. Etude géologique, 2005.
- [22] Nivalp, Projet de défense 431-VS-3314. Creux de Chippis – Niouc I. Avant-projet. Rapport technique, 2006.
- [23] Charly Berthod, Projet de défense – Creux de Chippis-Niouc II, mesures de protection 3, 4, 6, Commune de Sierre, 24 octobre 2011.
- [24] Charly Berthod et Nivalp, Cartes d'intensité, de danger et des mesures extraites de l'avant-projet de défense Creux de Chippis – NIOUC 2 (plans des ouvrages), 2014.

Carte de danger de crue, communes de Grône et de Chalais

- [25] Groupement d'ingénieur CD-eau, Cartes des dangers dus à l'eau et concept de protection contre les crues, communes de Grône, Sierre et Mont-Noble, 2013.
- [26] Idealp SA, Mise à l'enquête publique des zones de dangers hydrologiques de la commune de Chalais, 2015.
- [27] Idealp SA, Extrait de la carte de danger du torrent du Taillis, commune de Chalais, 2015.

Etudes sectorielles

- [28] LEG SA, Route Sion - Nendaz. Glissement de la Fragnière. Forages drainants. Etude complémentaire. Rapport n°48a, 1981.
- [29] LEG SA, Route Sion - Mayens de Sion, Glissement du Freity, 1981.
- [30] BEG, ref. 4175, étude géologique du Bisse de Baar, 2008.

Autres

- [31] Portail Vsgis.ch
- [32] <https://map.geo.admin.ch>
- [33] <https://sitonline.vs.ch>