

Dossier UTN de Sixt-Fer-à-Cheval et de Samoëns

VOLET 3 LES RISQUES NATURELS

Selon article R.122-11 du code de l'urbanisme, ce volet précise :

« Les risques naturels auxquels le projet peut être exposé ainsi que les mesures nécessaires pour les prévenir ».

SOMMAIRE

PREMIERE PARTIE - ETUDE GEOTECHNIQUE 3

INTRODUCTION 3

1. PRESENTATION DU SITE ET DU PROJET 4

- 1.1. Combe de Gers 4
- 1.2. Secteur de Salvagny 5

2. CONTEXTE GEOLOGIQUE 6

- 2.1. Substratum rocheux 6
- 2.2. Terrains de couverture 7

3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE 8

- 3.1. Réseau hydrographique 8
- 3.2. Zones humides 9
- 3.3. Ressources en eau 9

4. RISQUES NATURELS (HORS RISQUES D'AVALANCHES) 10

- 4.1. Secteur de la Combe de Gers 10
- 4.2. Secteur de Salvagny 14

5. IMPLICATIONS SUR LES AMENAGEMENTS PROJETES 18

- 5.1. Combe de Gers 18
- 5.2. Secteur Salvagny 20

DEUXIEME PARTIE - RISQUES AVALANCHES 33

INTRODUCTION 33

1. LIAISON DES DOMAINES SKIABLES 34

- 1.1. Présentation 34
- 1.2. Contexte avalancheux (EPA/CLPA) 35
- 1.3. Modélisations numériques des écoulements – variantes RM 42
- 1.4. Conclusion 45

2. PROJET D'HEBERGEMENTS TOURISTIQUES 46

- 2.1. Présentation 46
- 2.2. Contexte avalancheux 47
- 2.3. Modélisations numériques des écoulements 53
- 2.4. Exposition du projet 59
- 2.5. Conclusion 62

PREMIERE PARTIE - ETUDE GEOTECHNIQUE

Introduction

Le présent rapport préliminaire concerne :

- le projet de liaison entre Sixt et le Domaine skiable du Grand Massif via la Combe de Gers,
- le projet d'urbanisation de deux secteurs au niveau de Salvagny.

Il présente :

- une synthèse des données bibliographiques disponibles sur le secteur,
- une restitution des premières observations de terrain effectuées,
- les principales implications sur l'implantation des ouvrages envisagés (remontées mécaniques, zone à urbaniser).

Il s'agit d'une mission de type G1 selon la norme NFP94--500 révision nov. 2013.

Documents consultés :

- Carte IGN au 1/25000° n°3530ET – Samoëns – Haut Giffre.
- Carte géologique du BRGM au 1/50000° 6 Feuille Cluses – n°679
- Etudes SAGE antérieures
- Levé LIDAR établi par SINTEGRA
- Plans des différentes solutions étudiées - DCSA
- Etude RTM – Décembre 2015 – Etude de bassin de risque – Division Domaniale du Nant Sec
- Etude d'inondabilité de la plaine alluviale du Giffre et de certains de ses affluents – SETEC HYDRATEC – ASCONIT – Mars 2016
- Etude ENGINEERISK – Diagnostic préliminaire des risques nivologiques réf. FRA215 – V1 6 13/07/2016.
- Extrait du PPR et du PPRI – révision – Février 2009.

1. Présentation du site et du projet

Le projet étudié concerne deux zones distinctes :

- Aménagements d'une liaison mécanisée sur le secteur de la Combe de Gers, avec pistes associées,
- Aménagements immobiliers sur le secteur de Salvagny.

1.1. Combe de Gers

Quatre solutions principales sont étudiées :

1.1.1. Variante n°1

Cette variante consiste à une liaison directe avec un seul appareil depuis Sixt jusqu'à l'arrivée du Télési de Gers, avec maintien ou non du TK de Gers.

Il n'est pas prévu de travaux de pistes dans cette variante.

1.1.2. Variante n°2 (= variante 2 Bis)

Cette variante consiste en une liaison assurée par trois appareils en chaîne, incluant le remplacement du TK de Gers.

Cette variante inclut la réalisation de plusieurs pistes de ski depuis la gare amont du second tronçon :

- Piste bleue « de Gers » passant par le secteur du Lac Parchet et rejoignant le futur départ du 3ème tronçon,
- Piste rouge « Milleret » empruntant en partie la coupe à Milleret en amont du lac de Gers.
Le projet prévoit une variante en partie supérieure de cette piste (cf. plans volet 2),
- Piste bleue de « Combe Bénite » permettant de rejoindre la Piste des Cascades un peu en amont du Chalet des Foges.

1.1.3. Variante n°3

Cette variante consiste en une liaison assurée par deux appareils en chaîne avec suppression du TK de Gers.

Cette variante est associée à la création d'une piste retour skieur dans le fond de la Combe de Gers, en rive droite du Lac de Gers.

1.1.4. Variante n°4

Cette variante consiste en une liaison via le Pas des Foges, assurée par deux appareils, incluant le remplacement du TK de Gers. Cette variante inclut les projets de pistes de ski suivants :

- Piste bleue « de Gers » contournant la butte « 2050 » par le Nord et l'Ouest et rejoignant le futur départ du 3ème tronçon,
- Piste rouge « Milleret » empruntant en partie la coupe à Milleret en amont du lac de Gers,
- Piste bleue de « Combe Bénite » permettant de rejoindre la Piste des Cascades au niveau du Pas des Foges.
- Piste de liaison à la piste noire du TK de Gers, passant juste en aval du Lac Parchet.

1.2. Secteur de Salvagny

Deux sites font l'objet d'un projet d'urbanisation :

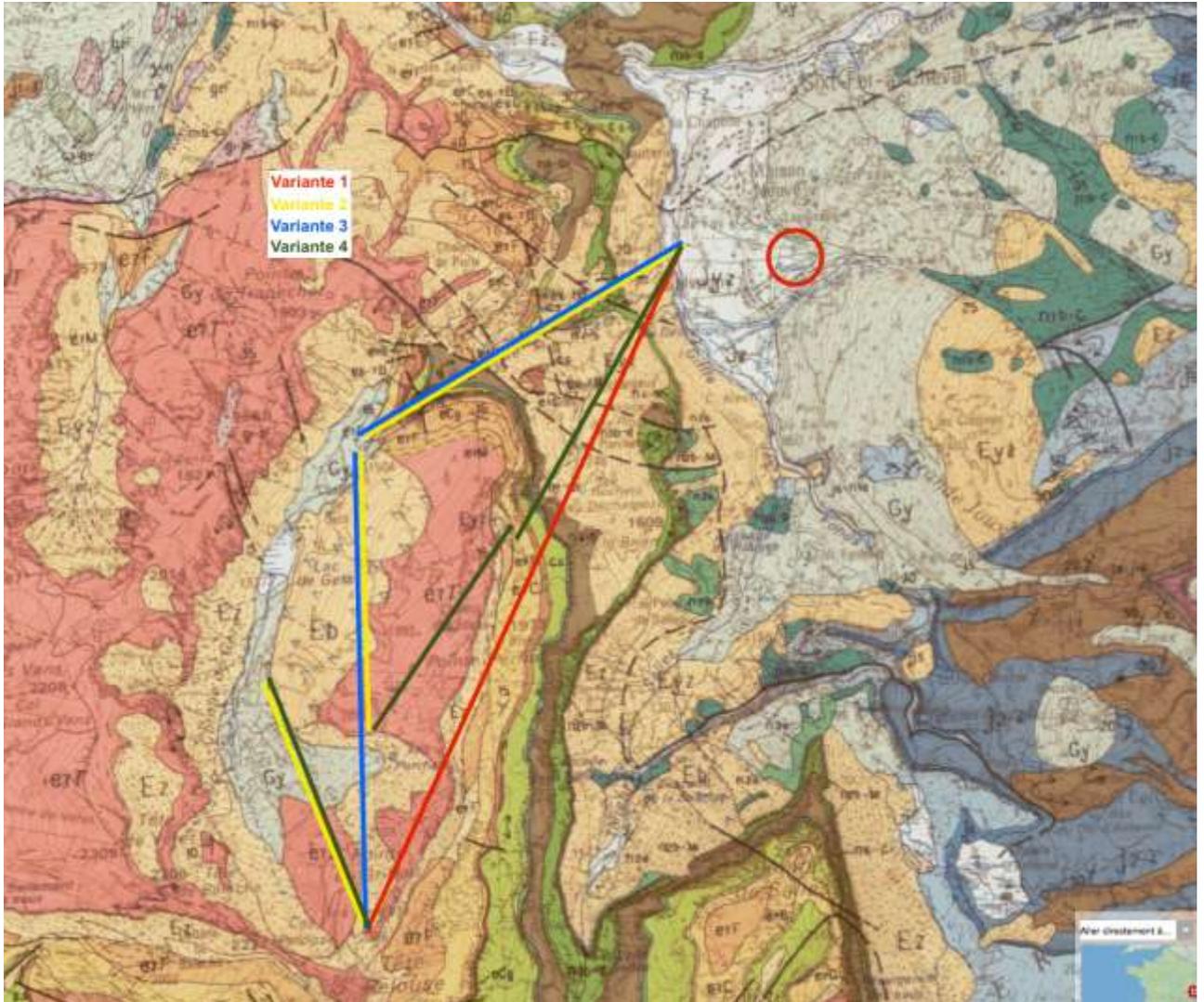
- Zone de « Lavoisière » (ou Feulatière)
- Zone de « Salvagny »



Carte n°1 - extrait Plan Cadastral de Sixt-Fer-à-Cheval – Secteur Salvagny

2. Contexte géologique

2.1. Substratum rocheux



Carte n°2 - extrait Carte géologique du BRGM – Feuille Cluses – 1/50 000°

D'après la carte géologique (*feuille Cluses au 1/50 000*), le substratum rocheux rencontré sur le secteur d'étude est constitué principalement par :

- **e7T** : Grès de Taveyane (Priabonien – Oligocene basal ?)
Cette formation couvre une très grande partie des versants entourant la Combe de Gers.
Il s'agit de grauweekes alternant avec des schistes argileux et gréseux.

Dans la descente de la Combe de Gers jusqu'à Sixt, on rencontre plusieurs formations rocheuses :

- **e7M ; g2M** : Schistes marno + grés + micacés (Priabonien – Oligocene inférieur)
Schistes avec quelques bancs gréseux.
- **e7F** : Marnes à foraminifères (Priabonien)

Schistes ou calcschistes à patine jaune.

- **eCg** : Assise conglomératique (Lutecien F Priabonien)
Conglomérats, souvent bréchiques.
- **e6-7B** : Formation brune et grise (Bartonien F Priabonien)
- **CS** : Calcaires sublithographiques (Turonien F Maastrichtien)
- **n4-5** : Urgonien (Hauterivien terminal F Bedoulien)
Calcaires, schistes noirs, calcaires gréseux.
- **n3b-c ; n3b-d ; n3c-4a** : Calcaires siliceux (Hauterivien F Barremien)
- **n2b-3a** : Calcaires roux (Valanginien terminal – Hauterivien basal)
- **n2a ; n2a-3a** : Marnes grises à patine jaune (Valanginien)

En partie sommitale du Nant Sec, côté Est de Salvagny, le substratum rocheux est essentiellement constitué par :

- **n1b-c** : Marno+calcaires néocomiens
Calcaires argileux et marnes gris/noir
- **j6n1a-c** : Tithonique (Oxfordien supérieur – Berriasien inférieur)
Calcaires à patine gris clair

2.2. Terrains de couverture

Les terrains de couverture présents sur le site étudié sont constitués par :

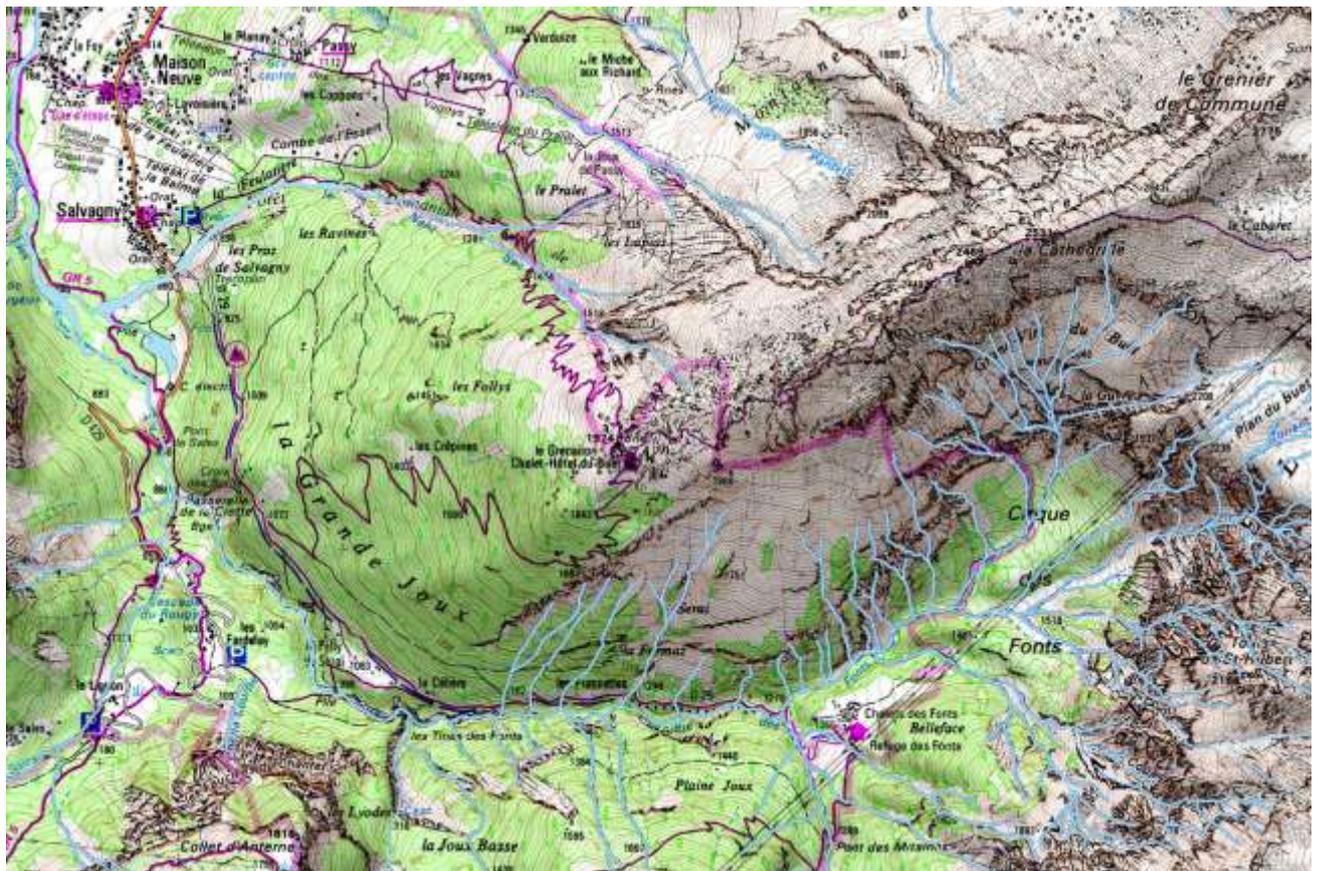
- **Gy** : Moraines wurmiennes
Ces formations sont présentes dans le fond de la Combe de Gers et sur une grande partie du versant en amont de Salvagny.
- **Jyz ; Jz** : Cônes de déjection stabilisés et cônes de déjection vifs
Ces formations sont présentes au débouché du Nant Sec. Elles constituent les terrains d'assise de Salvagny.
- **Eb** : Eboulements en masse
Il s'agit d'anciens écroulements en masse, postérieurs au retrait des grands glaciers wurmiens, ayant affecté le substratum rocheux. Ces terrains sont signalés sur le versant situé à l'Est du Lac de Gers.
- **Eyz ; Ez** : Eboulis stabilisés, éboulis actifs
Ces éboulis tapissent les versants situés en aval des falaises rocheuses.

3. Contexte hydrogéologique

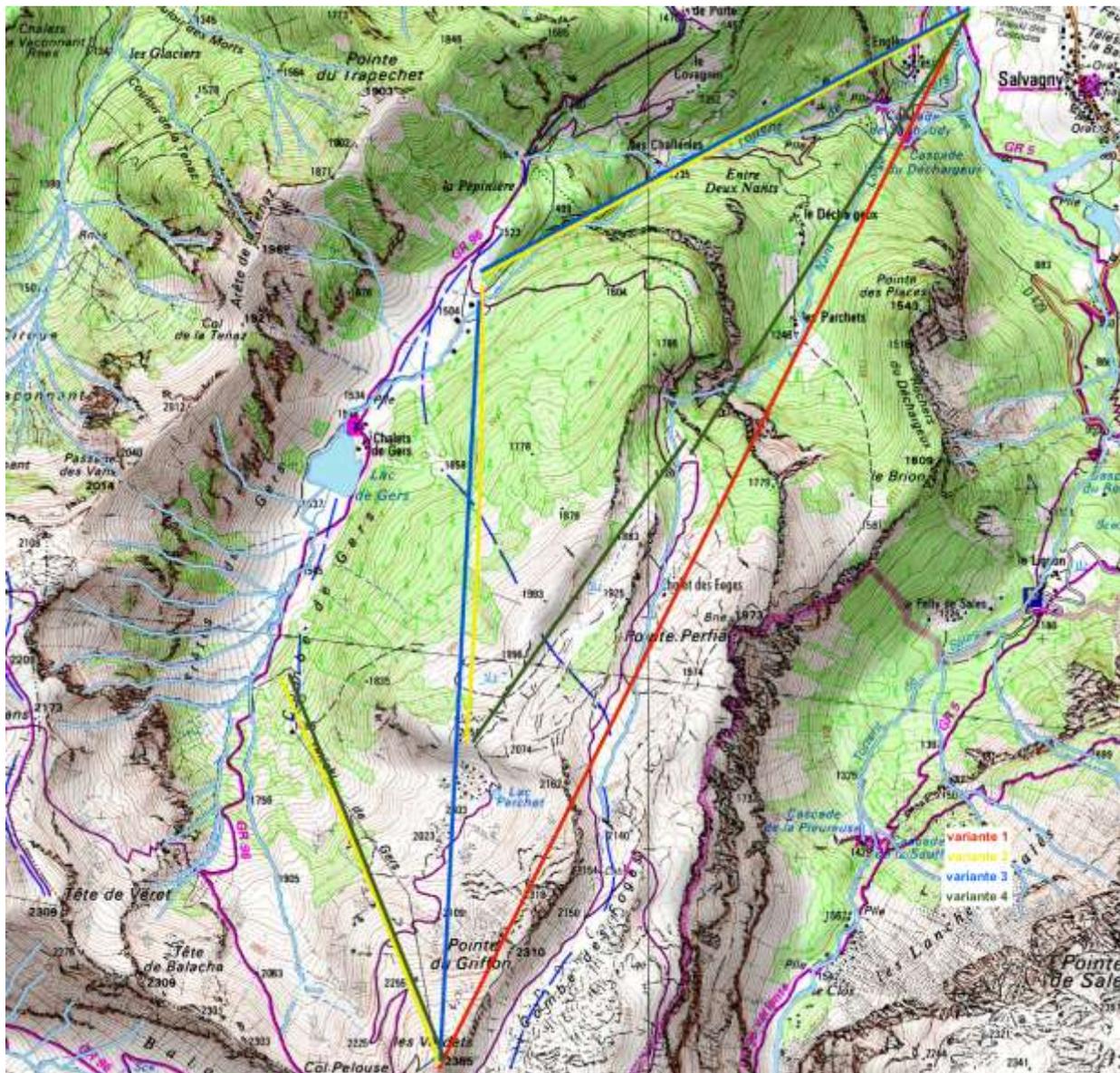
3.1. Réseau hydrographique

La zone d'étude est caractérisée par la présence des principaux écoulements suivants :

- Le Giffre des Fonts : il s'agit de la rivière principale s'écoulant en fond de vallées, juste à l'aval de Salvagny. Elle est alimentée par un bassin versant relativement important.
- Le Torrent de Gers : il est alimenté par plusieurs ruisseaux issus principalement du versant Ouest de la Combe de Gers et par le Lac de Gers situé vers 1535 m d'altitude.
- Le Nant Large : il est issu de la Combe des Foges située directement à l'Est de la Combe de Gers. Il se jette directement dans le Giffre des Fonts dans le fond de la vallée.
- Le Nant sec : ce torrent emprunte un couloir caractéristique, prenant sa source sous la crête des Frêtes du Grenier.
- Petit ruisseau s'écoulant en direction du secteur de la Feulatière.



Carte n°3 - extrait Geoportail – réseau hydrographique – Giffre des Fonts et Nant Sec



3.2. Zones humides

On note la présence de plusieurs zones humides sur le versant ouest de la Combe de Gers, notamment au niveau du Lac Parchet et de la Combe Bénite.

Les terrains peuvent également être un peu humides en amont du Lac de Gers, en période de fonte des neiges, ainsi qu'en aval des Chalets de Gers.

3.3. Ressources en eau

Sur le versant Salvagny, il faut noter la présence d'un réservoir à environ 150 m en amont des dernières habitations. On relève également l'existence d'une fontaine du côté de la Feulatière, ainsi qu'au hameau d'Englène.

Du côté de la Combe de Gers, il faut noter la présence du Lac de Gers, situé vers 1535 m d'altitude, dont le volume est d'environ 60 000 m³.

4. Risques naturels (hors risques d'avalanches)

Ce chapitre décrit les différents risques naturels intéressant le projet, à savoir :

- les risques de glissement de terrain,
- les risques de ravinement et d'érosion,
- les risques de crues torrentielles,
- les risques de chutes de pierres et de blocs,
- les risques d'éboulement en masse ou d'écroulement.

NB : les risques d'avalanches sont traités spécifiquement par le bureau Engineerisk (ref.FRA215).

L'ensemble des observations effectuées a été reporté sur les cartes fournies en annexe (cf. Figure n°3 et Figure n°4). Il est à noter que certaines observations en partie haute de la Combe de Gers ont été limitées par un enneigement encore important au moins de juin.

4.1. Secteur de la Combe de Gers

4.1.1. Glissements de terrain

Les observations de terrain n'ont pas mis en évidence d'indices de glissement de terrain important sur le site de la Combe de Gers. Il existe cependant quelques indices de glissements superficiels, localisés principalement au niveau des talus de déblais de la piste des Cascades, dans les zones terrassées au sein des moraines et des éboulis végétalisés. Quelques glissements ponctuels ne sont également pas exclus localement.

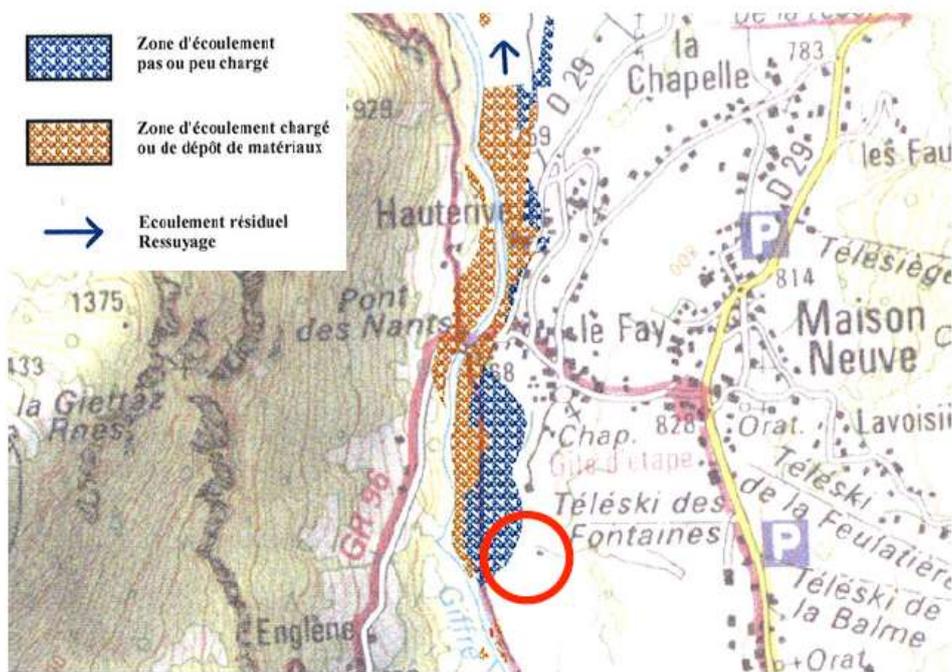
4.1.2. Phénomènes d'érosion et de ravinement

Plusieurs indices de ravinement ont été relevés au niveau des ruisseaux temporaires provenant du versant Ouest de la Combe de Gers. Ces indices restent limités toutefois aux chenaux existants. On note la présence d'un peu de charriage de matériaux, probablement lors d'épisode orageux intenses qui conduisent à la formation d'accumulations de matériaux en pied de pente (cône de déjection).

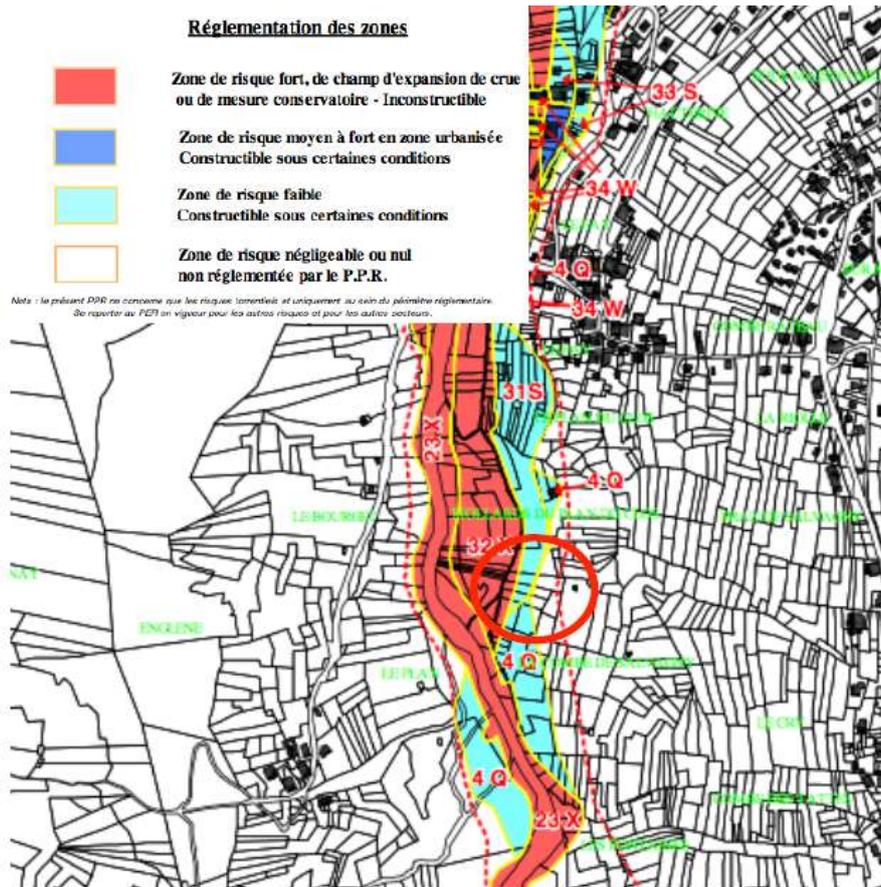
4.1.3. Crues

Les risques de crue sur ce secteur concernent principalement :

- le Giffre des Fonts : Ce cours d'eau présente un vaste bassin versant délimité par le Cirque des fonts (Altitude 2358 m). Il est caractérisé par la présence d'une nappe d'accompagnement. D'après la carte de localisation de la crue du 20 juillet 2007 (révision du PPRi - Février 2009), la zone d'étude se situe (en rive droite pour le projet de gare de départ) en limite de la zone d'écoulement chargé ou de dépôt de matériaux et de la zone d'écoulement pas ou peu chargée. De plus, d'après le zonage du PPR (révision du PPR – Février 2009), la zone d'étude concernée par le Giffre se situe entre les zones rouges (risque moyen à fort de débordement torrentiel, érosion des berges) et les zones bleu clair (risque faible de tassement / remontée de nappe).



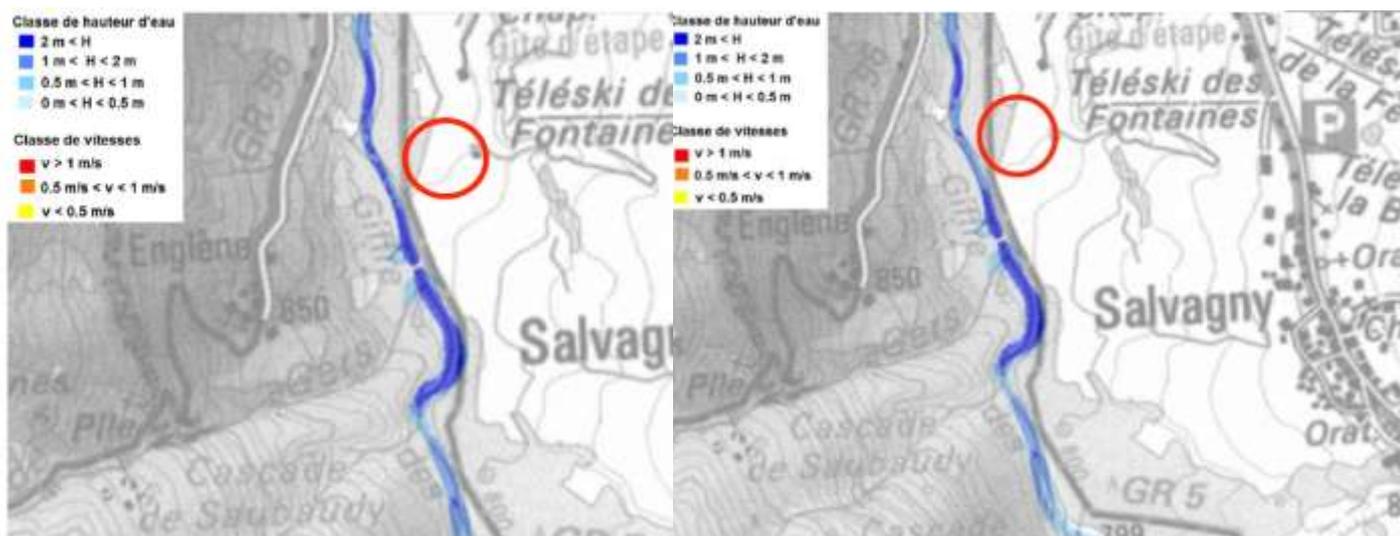
Extrait de la carte de localisation de la crue du 20/07/2007
Révision du PPRi - Février 2009



Extrait de la carte réglementaire du PPR - Inondations par le Giffre et le Giffre des Fonts - Février 2009

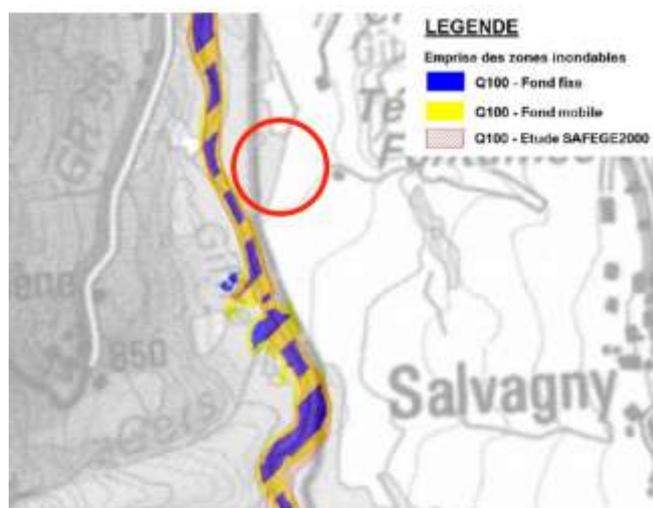
Toutefois, les dernières études réalisées sur le bassin du Giffre (cf. Etudes et modélisations effectuées par le bureau Hydratec - études 2014-2016-) montrent que la

digue présente en rive droite protège la zone concernée au moins jusqu'au niveau d'une crue centennale (Q100).



Extrait de la carte des zones inondables pour la crue centennale
Modélisations effectuées par le BE Hydratec - 2014/2016

Extrait de la carte des zones inondables pour la crue centennale avec
transport solide - Modélisations effectuées par le BE Hydratec - 2014/2016



Extrait de la carte des zones inondables pour la crue centennale
Modélisations effectuées par le BE Hydratec - 2014/2016

Cela s'explique en partie grâce aux travaux d'endiguements des berges effectués suite à la crue de juillet 2007 (enrochements libres). Sur le terrain, on constate que certains enrochements ont déjà été un peu endommagés localement par l'érosion de la rivière.

- le Torrent de Gers : il s'agit de l'exutoire du Lac de Gers. Le risque de crue torrentielle ne peut être totalement exclu en cas de formation d'un embâcle compte tenu de l'étroitesse de son lit. Néanmoins, ce risque reste faible dans la mesure où ce torrent charrie peu de matériaux. Le torrent du Nant Large peut également être soumis au même risque.
- dans une moindre mesure, les risques de crues peuvent concerner ponctuellement les petits couloirs provenant du versant Ouest de la Combe de Gers. Dans ce cas, il s'agit de risques de crues torrentielles pouvant charrier un mélange terreux et pierreux.

4.1.4. Chutes de pierres et de blocs

Les risques de chutes de pierres et de blocs peuvent être considérés comme les risques naturels prépondérants sur le secteur de la Combe de Gers (hors prise en compte des risques d'avalanches). Suite aux observations de terrain, la synthèse présentée dans le tableau ci-dessous a pu être établie :

	zones de falaises	nature du rocher	volumes des blocs présents en aval des falaises	estimation des volumes des blocs pouvant atteindre les pentes en aval des falaises	plan de stratification principale
1	barre rocheuse en amont immédiat du hameau d'Englène	Calcaires silicieux (Hautérivien-Barrémien)	0,5 à 3 m ³		N165°E, 25°SO
2	barre rocheuse au Sud du lieu-dit "Les Challenles", présente en rive droite et en rive gauche du Torrent de Gers	Urgonien (Hautérivien terminal - Bédoulien)		0,5 à 10 m ³	
3	épaulement rocheux au Nord-Ouest du Lac Parchet	Grès de Taveyanne (Priabonien - oligocène basal ?)	0,5 à 2 m ³		
4	ligne de crête de la Pointe du Griffon	Grès de Taveyanne (Priabonien - oligocène basal ?)	0,5 à 3 m ³		
5	petites falaises à l'Ouest du Chalet des Foges et à l'Ouest de la Combe Bénite	Grès de Taveyanne (Priabonien - oligocène basal ?)	0,03 à 0,15 m ³		N30°E, 18°NE
6	grande barre rocheuse au Pas de Foges (falaises surplombants les hameaux du Déchargeux et des Parchets)	Urgonien (Hautérivien terminal - Bédoulien)	0,5 à 25 m ³ voire 50 m ³		
7	petits ressauts rocheux présents dans le versant, entre le Pas de Foges et la Pointe des Places	Formation brune et grise (Baronien - Priabonien)	0,03 à 6 m ³		
8	falaise sous les Chalets de Porte	Urgonien (Hautérivien terminal - Bédoulien)		0,5 à 3 m ³	
9	ressauts rocheux au Nord-Ouest du lieu-dit "Les Challenles"	Grès de Taveyanne (Priabonien - oligocène basal ?)		0,03 à 0,5 m ³ voire 1 m ³	
10	petites falaises situées vers les lacets de la piste des Cascades (entre les Cascades de Saubady et du Déchargeux)	Calcaires silicieux (Hautérivien-Barrémien)	0,03 à 1 m ³		
11	falaises plus ou moins importantes au niveau du versant Ouest de la Combe de Gers (de la Pointe du Trapechet à la Pointe du Balacha)	Grès de Taveyanne (Priabonien - oligocène basal ?)	0,03 à 2 m ³		

Il faut noter que ce tableau regroupe les principales falaises et ressauts rocheux identifiés sur le terrain. Il n'est pas exclu que quelques ressauts isolés n'aient pas été repérés notamment dans les secteurs fortement boisés.

On constate que les volumes en jeu peuvent être relativement importants. Cependant, hormis directement au pied des falaises où l'on retrouve des éboulis récents et parfois crus, les blocs repérés plus en aval sont généralement assez isolés.

Cela montre que l'activité de ces falaises reste globalement faible à moyenne.

4.1.5. Eboulement en masse - Ecoulement

D'après la carte géologique du BRGM, les éboulis constituant les terrains au niveau du versant Est de la Combe de Gers résulteraient d'un ancien écroulement. Les observations de terrain n'ont pas montré d'indices de mouvements récents dans ce secteur. Il est probable que l'écroulement est désormais stabilisé.

4.2. Secteur de Salvagny

4.2.1. Glissements de terrain

Au niveau du secteur de Salvagny, plusieurs indices de glissements superficiels ont été relevés sur les rives du Nant Sec. Ces glissements sont en général la conséquence de l'érosion créée par le torrent. Ils restent la plupart du temps limités à des surfaces réduites. Ailleurs, sur le reste du secteur, il n'a pas été repéré d'indice de glissement récent ou actif, hormis au Nord du hameau de Maison Neuve où il a été observé un glissement de terrain. Les principaux phénomènes observés sont reportés sur la carte des observations de terrain (Figure n°4).

4.2.2. Phénomènes d'érosion et de ravinement

Les rives du Nant Sec sont particulièrement affectées par ces phénomènes d'érosion et de ravinement liés au régime torrentiel et nivologique du talweg. La conjugaison des fortes pentes de ses rives et de la nature argileuse et marneuse des terrains (Marno-calcaires Neocomiens et colluvions) favorise également ces phénomènes. Ces risques sont essentiellement localisés au niveau des rives du Nant Sec.

L'étude RTM de Décembre 2015 sur le bassin du Nant Sec montre que le lit du torrent s'est largement abaissé (4 à 5 m) au cours du XXème siècle dans le secteur du cône de déjection.

A plus ou moins long terme, il n'est pas exclu un affouillement des protections en gabions existantes notamment en rive droite, le long de la zone projetée d'urbanisation de Salvagny.

Il faut noter cependant l'existence des travaux de corrections torrentielles réalisés en 1994 pour stabiliser le lit en aval du pont de la RD 29 (Pont de la Feulatiere – amont) : seuil et protections de berges en enrochements bétonnés.

Plus en amont, de nombreux indices de ravinement sont présents au niveau des différents couloirs de ramification au Nant Sec. Ces indices sont assez marqués entre les altitudes 1600 et 2000 m NGF environ. Ces phénomènes de ravinement et d'érosion sont liés aux fortes pentes (≈ 40 à 50°) et à la nature relativement « tendre » du substratum rocheux (calcaires argileux et marnes). Ils sont aussi largement accentués par les nombreuses coulées d'avalanches qui prennent leur origine au même endroit.

4.2.3. Crues

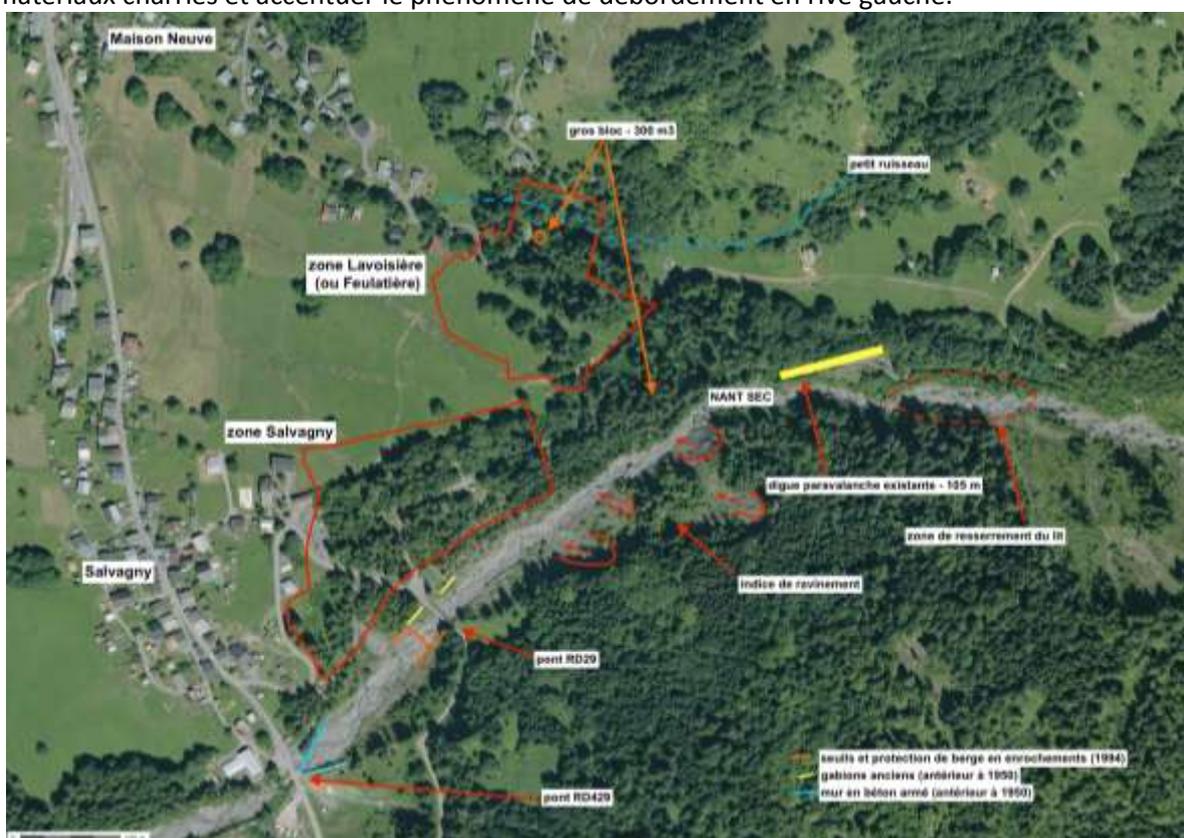
En période d'étiage, le torrent du Nant Sec est généralement quasi sec et il n'en demeure pas moins que les risques de crues sont importants comme en témoignent les ouvrages de protection plus ou moins anciens déjà présents sur ce secteur pour protéger le village de Salvagny.

Les crues qui intéressent le Nant Sec comprennent généralement du transport solide dont une partie importante des dépôts se fait en partie en amont du pont de la RD429 (pont aval) du fait de sa faible section hydraulique. L'aléa torrentiel se caractérise sous deux formes principales : le phénomène de charriage et le phénomène de lave torrentielle.

D'après les modélisations effectuées par le service du RTM en considérant l'état actuel, on peut retenir :

- Phénomène de charriage : l'encaissement du lit actuel limite les risques de débordements, hormis en cas de crue centennale où l'on peut s'attendre à des débordements au niveau du pont aval (RD429).
- Phénomène de lave torrentielle : les risques de débordements restent localisés au niveau des deux ponts (RD29 et RD429). Ils sont néanmoins beaucoup moins marqués au niveau du pont de la Feulatière (RD29). Il est également à noter que la digue paravalanche joue un rôle de recentrage des écoulements qui tendent à sortir du lit principal à cet endroit.

Les observations que nous avons effectuées sur le terrain nous ont permis de confirmer cette analyse. En particulier, on note en effet l'existence d'un resserrement environ 50 m en amont de la tourne paravalanche avec la présence de gros blocs qui pourraient favoriser une accumulation des matériaux charriés et accentuer le phénomène de débordement en rive gauche.



Carte n°5 - extrait Geoportail – Cône de déjection du Nant Sec - Secteur Salvagny

D'autres modélisations ont été également menées par le service RTM (effacement de la digue paravalanche, accumulation de plusieurs laves torrentielles, lit totalement engravé...). Elles indiquent, selon les cas étudiés, des risques de débordement en direction des zones d'urbanisation futures.

Ces modélisations sont à considérer avec prudence dans la mesure où leur probabilité d'occurrence est faible à très faible.

L'étude RTM fait également les préconisations suivantes vis-à-vis de la gestion du bassin du Nant Sec:

- Surveillance du lit du torrent et des cotes de curage,
- Suivi et entretien des ouvrages de protection existants,

Proposition de rallongement de la digue paravalanche existante (ouvrage passant à 170 ml). NB : cette disposition sera également à étudier en tenant compte également du risque de chute de très gros blocs (cf. paragraphe suivant),

- Gestion des matériaux dans le lit (optimisation des zones de curage : secteur du cône de déjection au niveau des deux ponts, secteur 50 m en amont de la tourne paravalanche),
- Adaptation de la sylviculture.

4.2.4. Chutes de pierres et de blocs

Les risques de chutes de blocs concernent sur ce secteur la partie supérieure du couloir du Nant Sec, principalement au niveau des barres rocheuses tithoniques et des dalles marno-calcaires.

Plusieurs piliers et dalles rocheuses ont été identifiés lors de nos observations de terrain.

Le risque de départ depuis ces secteurs peut être estimé comme faible à moyen dans les dalles marno-calcaires et moyen à élevé au niveau des barres tithoniques.

Il existe également un risque de remise en mouvement par action érosive principalement, de gros blocs (100 à 300 m³) enchâssés dans les moraines et les éboulis (*éboulis provenant d'anciens écroulements*) présents entre les barres tithoniques (*secteur compris entre les altitudes 2000 et 2150 m NGF environ*).

Au sein du lit du torrent, on note la présence de gros blocs dans le lit du torrent liée à du charriage lors des crues précédentes. Le risque de remise en mouvement est à prendre en compte en cas de nouvelles crues.

En aval, au niveau du cône de déjection, on relève l'existence de plusieurs blocs anciens dont certains de volume très important. En particulier, un bloc de 300 m³ environ a été identifié sur la zone de Lavoisière (*côté amont de la route communale*).

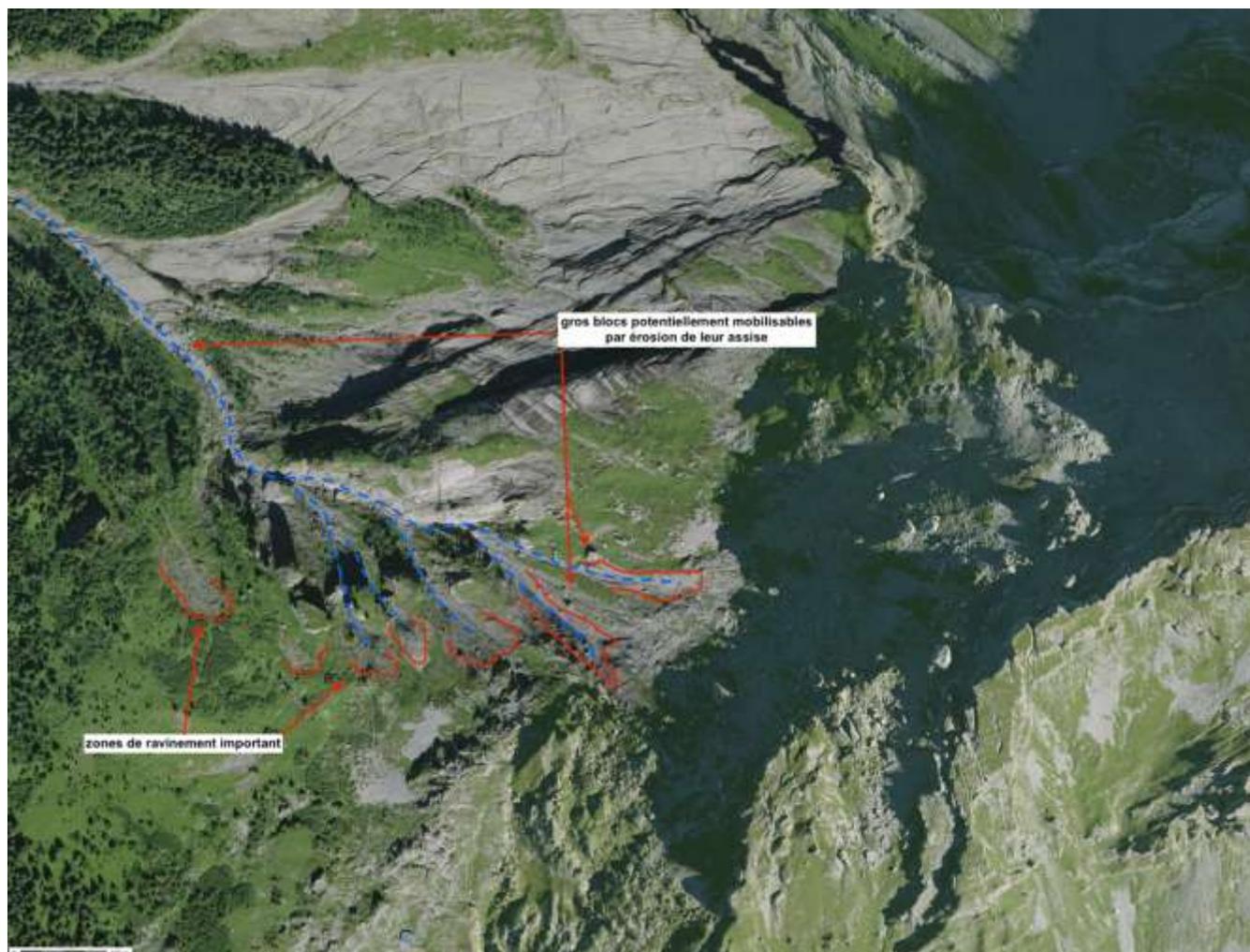
D'autres blocs plus petits (0,5 à 25 m³) sont également présents sur les zones d'urbanisation future de Lavoisière et de Salvagny.

Il est probable que la majorité de ces blocs provienne d'anciens dépôts de crue (*probablement très anciens, antérieurs aux témoignages connus*). Néanmoins, on ne peut totalement exclure l'hypothèse de la chute d'un bloc, ou de plusieurs blocs, depuis la partie haute du bassin versant.

4.2.5. Eboulement en masse - Ecoulement

Au sommet du Nant Sec, le risque d'écroulement rocheux depuis les ressauts rocheux tithoniques situés sous la ligne de Crête et au niveau des piliers rocheux situés au Nord du refuge, peut être estimé comme faible, mais non nul.

Cet avis rejoint l'analyse du rapport RTM qui indique que « l'activité (vis-à-vis des risques d'écoulement) persiste, les phénomènes courants sont les chutes de blocs isolés, des écroulements sont probables, il n'est pas reconnu de signes annonciateurs d'écroulement en masse. Aucun enjeu n'est menacé directement par des chutes de blocs ou des écroulements ».



Carte n°6 - extrait Geoportail – Partie supérieure du bassin versant du Nant Sec - Secteur Salvagny

5. Implications sur les aménagements projetés

Ce chapitre présente les implications techniques sur les aménagements projetés au regard des contraintes liées aux risques naturels.

5.1. Combe de Gers

Les différentes variantes pour le tracé des remontées mécaniques sur ce secteur devront tenir compte principalement des risques liés :

- Aux crues du Giffre des Fonts qui concernent les 4 variantes pour la gare de départ au niveau de Salvagny. Une analyse hydraulique détaillée devra être prévue une fois le projet implanté précisément afin de préciser les éléments de dimensionnements spécifiques à prendre en compte pour les ouvrages, ainsi que les dispositifs de protection complémentaires éventuels au niveau des berges du Giffre. Compte tenu de la présence d'une nappe d'accompagnement, les fondations des massifs de gare et des bâtiments associés devront probablement être dimensionnées en déjaugé. Des sondages géotechniques devront également être prévus afin de vérifier l'existence de terrains potentiellement compressibles sur ce secteur,
- A la présence du Torrent de Gers à proximité de l'implantation des gares du Tronçon n°2 (Variantes n°2 et n°3). Une analyse hydraulique spécifique devra être menée afin de définir les dispositions constructives à prendre en compte éventuellement. A minima, il est probable que les massifs situés à proximité du cours d'eau devront être dimensionnés en déjaugé,
- Aux chutes de pierres et de blocs. Cela concernera plus particulièrement les pylônes situés en aval des falaises répertoriées sur le terrain (cf. paragraphe 4.1.4). Toutes les variantes sont soumises à ces risques. Compte tenu des premières observations effectuées, des ouvrages de protection seront vraisemblablement nécessaires pour certains pylônes potentiellement exposés à ces risques. Des études trajectographiques devront être réalisées une fois la variante choisie et l'implantation précise des tracés et des pylônes connus. Dans le cas où ces risques concerneront des gares (cf. gare amont tronçon n°1-variantes n°2 et 3 m gare aval tronçon n°3 variantes n°2 et 4 m gare aval tronçon n°2 – variante n°4), on cherchera à proposer des solutions de merlon (entretien plus aisé, meilleure intégration paysagère que des solutions par écran de filets).
Le tableau page suivante synthétise les principales zones concernées pour chacune des variantes étudiées.
- Aux avalanches. Ces risques sont localisés essentiellement dans la partie supérieure de la Combe de Gers. Les conclusions du rapport préliminaire Engineerisk indiquent que ces risques pourront être traités au travers d'un PIDA étendu (avec mise en œuvre éventuelle de dispositifs de type Gazex,...), et du dimensionnement des pylônes en conséquence, éventuellement complété par des ouvrages de protections spécifiques (étraves ...). Cf. rapport FRA215 – V1 6 13/07/2016.

Chutes de blocs	Variante n°1	Variante n°2	Variante n°3	Variante n°4
<p>Evaluation des risques (synthèse occurrence/risque d'atteinte/endommagement ...):</p> <p>TE : très élevé E : élevé M : moyen F : faible TF : très faible (estimation sommaire)</p>	<p>- versant ouest Pointe de Griffon → E</p> <p>- petites falaises vers Chalets des Foges → F</p> <p>- falaise importante sous le Pas de Foges → M à E</p> <p>- petites falaises disséminées dans la forêt (partie aval, sous Pas de Foges) → F à M</p>	<p><u>Tronçon 1 (aval) :</u> Idem scénario 3</p> <p><u>Tronçon 2 (intermédiaire) :</u> RAS</p> <p><u>Tronçon 3 (amont) gare amont décalée :</u> - versant ouest Pointe de Griffon → TF (car plus éloigné que scénarios 1 et 3)</p> <p>- petite falaise en amont de la gare de départ du TK de Gers - Ouest du Lac Parchet → F</p> <p><u>Piste de ski Combe Bénite :</u> - versant Est de la Combe → TF - risque M à F ponctuellement pour repasser dans la combe des Foges</p> <p><u>Piste de Gers :</u> - petite falaise en amont de la gare de départ du TK de Gers - Ouest du Lac Parchet → F à TF</p> <p><u>Piste Milleret :</u> RAS</p>	<p><u>Tronçon 1 (aval) :</u> - falaises en amont du Hameau d'Englène → M à E</p> <p>- falaises sous les Chalets de Porte → F à M</p> <p>- falaises sous piste Cascade (rive droite Torrent de Gers) → M à E</p> <p>- ressauts rocheux vers le lit du Torrent de Gers (rive gauche) amont du hameau des Challengies → M à E</p> <p>- ressauts rocheux sous Pointe du Trapechet et Arêtes de la Tenaz → F à M</p> <p><u>Tronçon 2 (aval) :</u> - versant ouest Pointe de Griffon → F (car plus éloigné que scénario 1)</p>	<p><u>Tronçon 1 (aval) :</u> (idem partie basse scénario 1)</p> <p>- falaise importante sous le Pas de Foges → M à E</p> <p>- petites falaises disséminées dans la forêt (partie aval, sous Pas de Foges) → F à M</p> <p><u>Tronçon 2 (intermédiaire) :</u> - petites falaises vers Chalets des Foges → F</p> <p><u>Tronçon 3 (amont) :</u> - idem scénario 2</p> <p><u>Piste de ski Combe Bénite :</u> - idem scénario 2</p> <p><u>Piste Milleret :</u> - idem scénario 2</p> <p><u>Piste de Gers (versant Nord et Ouest de la butte 2050 m) :</u> - petite falaise en amont de la gare de départ du TK de Gers → F</p>

En ce qui concerne les terrains indiqués en « éboulement en masse » sur la carte géologique, les observations effectuées n'ont pas mis en évidence d'indices de mouvements résiduels. Une confirmation devra être réalisée pour les variantes n°2 et 3, une fois les tracés précisément définis. Un suivi topographique pourra être demandé dans le cadre de cette vérification.

Pour ce qui concerne les aménagements des pistes associées, ce sont principalement les risques de chutes de pierres et de blocs et d'avalanches qui devront être pris en compte. Des reconnaissances et des études spécifiques devront être effectuées une fois les projets implantés précisément. Ces études auront pour but également de définir les préconisations techniques de réalisation des terrassements afin d'assurer leur stabilité (*pentés de talus en déblais et en remblais, ouvrages éventuels de soutènements, dispositif de drainage, calculs de stabilité...*).

→ En conclusion, même si l'on note quelques nuances quant à la prise en compte des risques de chutes de blocs, les différentes variantes restent globalement soumises aux mêmes risques naturels.

5.2. Secteur Salvagny

Les projets d'urbanisation sont concernés principalement par les deux risques majeurs liés au Nant Sec : les crues torrentielles et les avalanches.

Les conclusions de l'étude RTM montrent que l'ouvrage paravalanche existant (*construction en 1973*) présente une hauteur et une déviation insuffisantes. Il est donc proposé l'aménagement d'une nouvelle tourne paravalanche permettant de mieux diriger et de canaliser les écoulements.

Néanmoins, il est précisé que « *les enjeux {actuels} directement exposés ne justifient pas l'investissement* ».

Toutefois, cette analyse est à reconsidérer au regard des deux zones d'urbanisation nouvelles envisagées. Au vu de ces projets, il nous semble indispensable de mettre en application les préconisations définies par le RTM (*cf. paragraphe 4.2.3*) et notamment d'envisager la prolongation de l'ouvrage paravalanche existant dont le rôle vis-à-vis des crues torrentielles a également été démontré.

De plus, il conviendra de réaliser une étude complémentaire vis-à-vis des risques de chutes de gros blocs : l'objectif étant principalement d'analyser le risque de propagation en cas de départ de très gros blocs (*100 à 300 m³ voire exceptionnellement 500 à 1000 m³*) en partie supérieure du versant (*soit depuis les zones d'éboulis – secteur 2000 à 2150 m, soit depuis les piliers et ou falaises tithoniques – secteurs 1750 à 1900 m et 2150 à 2300 m environ*).

En fonction des résultats de cette analyse, si le risque de propagation est confirmé, il conviendra d'effectuer un calcul de protection afin de vérifier si l'ouvrage paravalanche apparaît suffisant ou si un renforcement et un rallongement sont nécessaires, ou encore si un ouvrage spécifique doit être prévu en amont des zones à bâtir.

La zone d'urbanisation de Feulatière/Lavoisière devra également tenir compte de la présence d'un petit ruisseau passant dans sa partie Nord. Une étude hydraulique sera menée afin de définir les dispositions à mettre en œuvre vis-à-vis du bâti futur.

Des reconnaissances géotechniques seront prévues afin de préciser les conditions de fondations des bâtiments et des ouvrages associés (*voirie, parking,...*) sur chacune des deux zones.

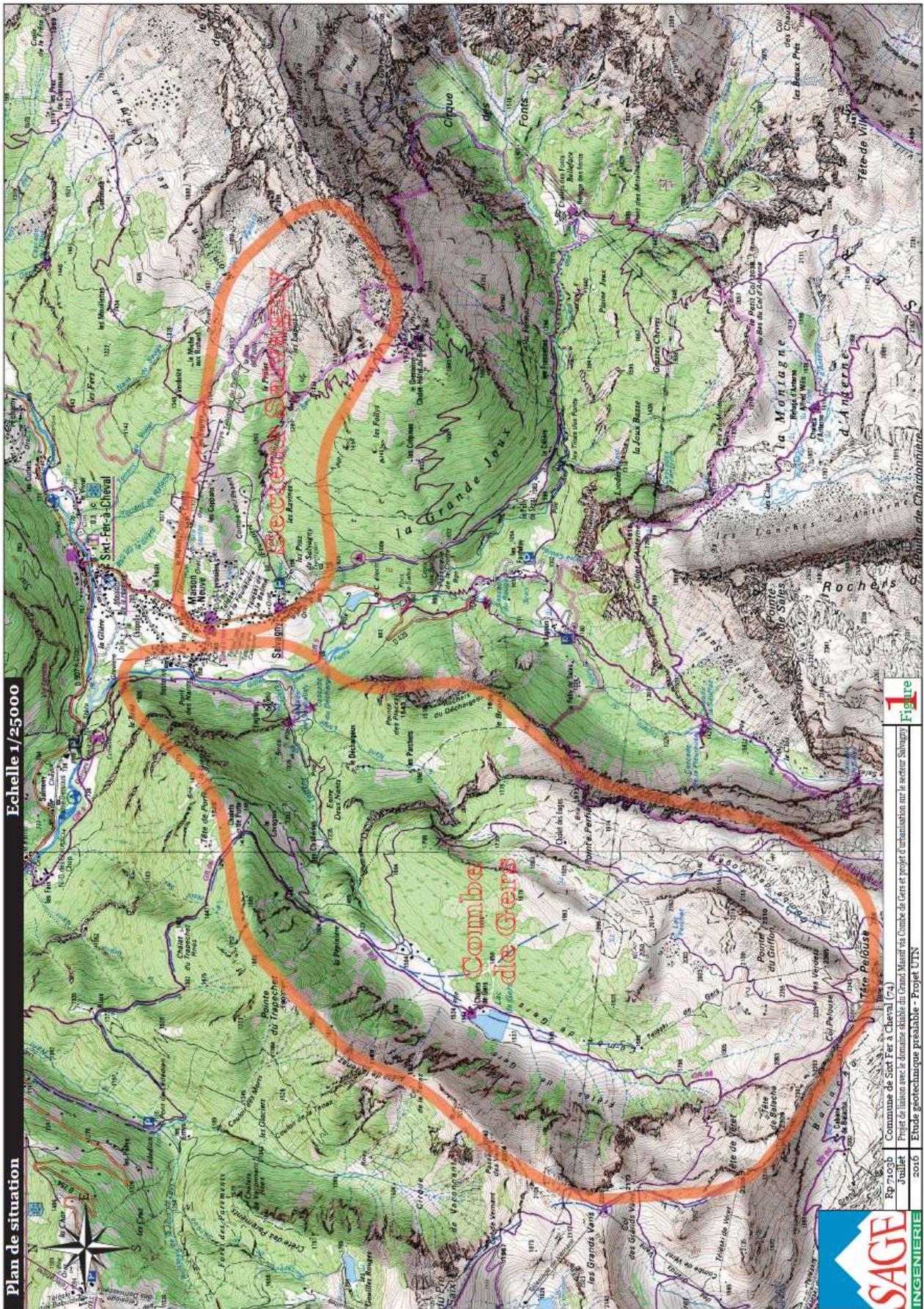
FIGURES

Figure n°1 : Plan de situation au 1/25 000°

Figure n°2 : Extrait de la carte géologique agrandie au 1/25 000°

Figure n°3 : Carte des observations de terrain au 1/5 000° + Secteur Combe de Gers

Figure n°4 : Carte des observations de terrain au 1/5 000° + Secteur Salvagny



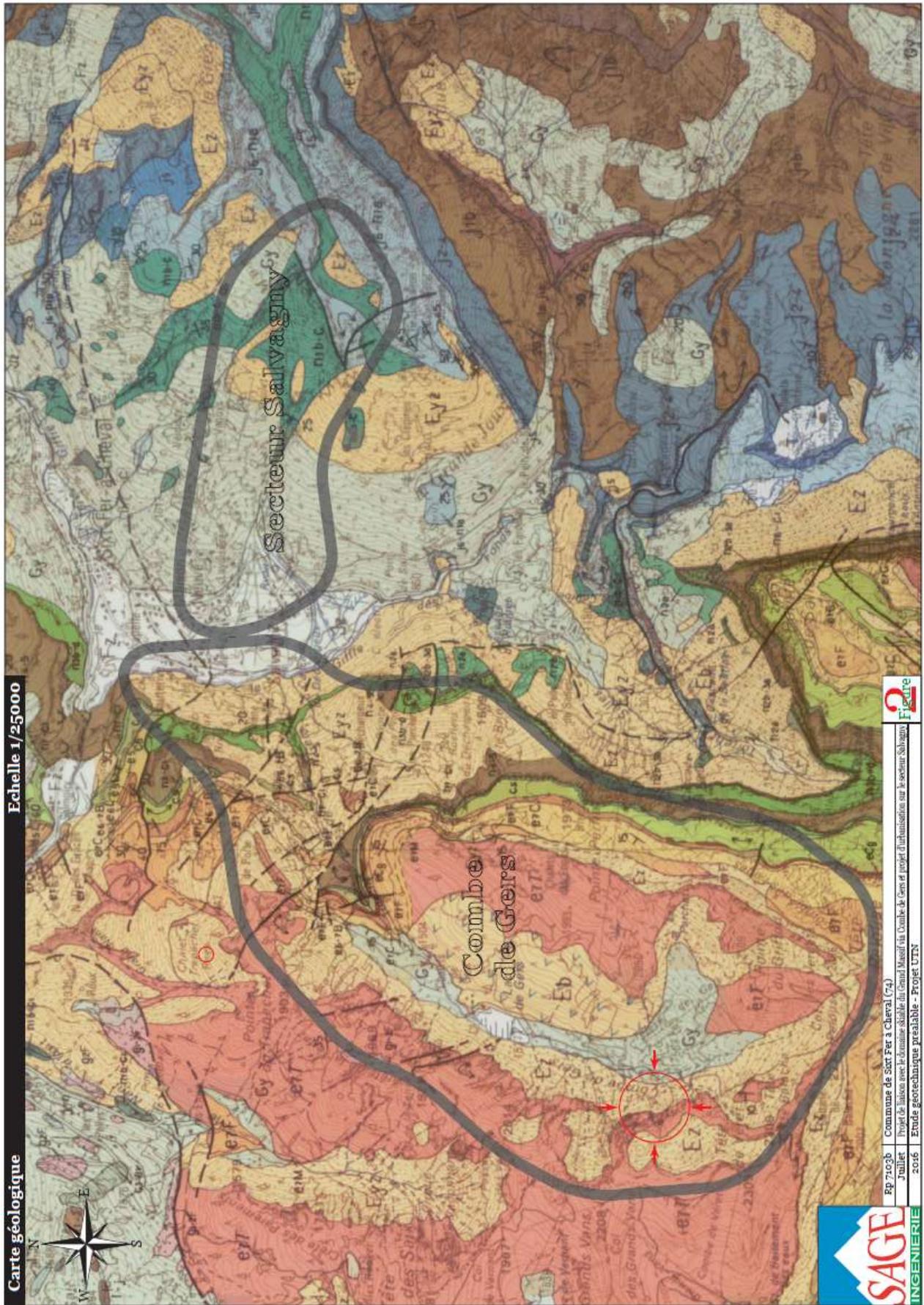
Plan de situation

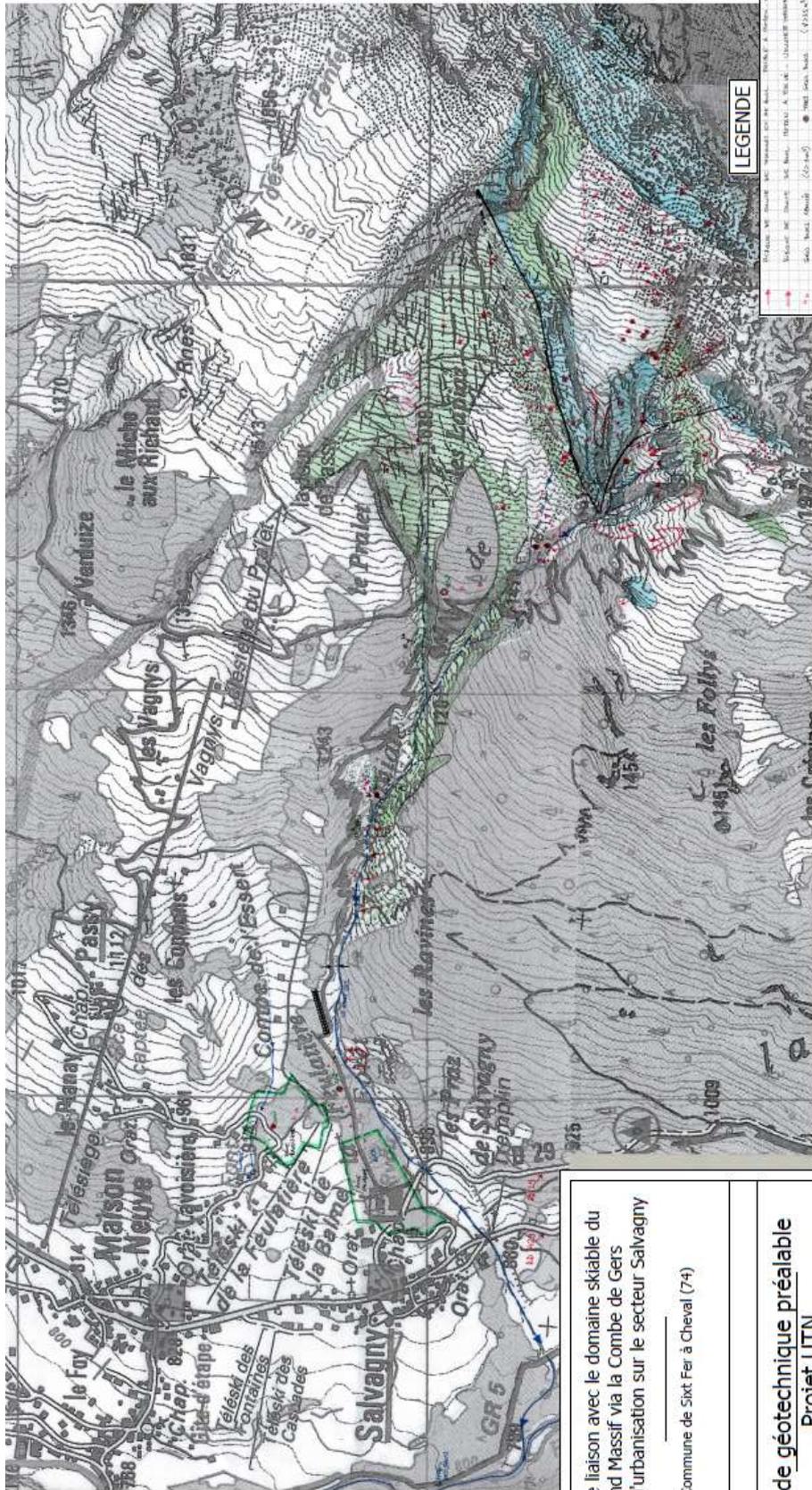
Echelle 1/25000

Figure 1

Commune de Sest Fer à Cheval (ca)
 Rp 21003b
 Juillet 2016
 Projet de liaison avec la formation existante du Grand Massif en Combe de Gers et projet d'urbanisation sur le secteur Sauvage
 Etude géotechnique préalable - Projet UTN







LEGENDE

	Road	Voie
	Railway	Voie ferrée
	Stream	Cours d'eau
	Contour line	Contour
	Spot height	Altitude ponctuelle
	Boundary	Limite communale
	Forest	Forêt
	Water body	Cours d'eau
	Road	Voie
	Railway	Voie ferrée
	Stream	Cours d'eau
	Contour line	Contour
	Spot height	Altitude ponctuelle
	Boundary	Limite communale
	Forest	Forêt
	Water body	Cours d'eau

Projet de liaison avec le domaine skiable du Grand Massif via la Combe de Gers et projet d'urbanisation sur le secteur Savagny

Commune de Sixt-Fer à Cheval (74)

Etude géotechnique préalable
Projet UTN

Figure n°4 - Carte des observations de terrain
Secteur Savagny

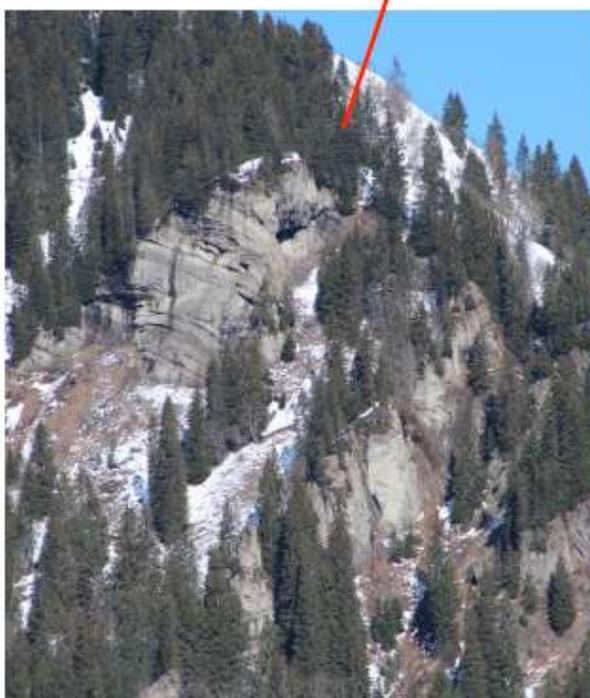
Libellé	Date	Mise à jour	Cronométré par	Valeur par
1	04/03/2016	04/03/2016	WU	NC

SAGE
Société Alsacienne de Géométrie
2, rue de la Courmartine
21 - 89 Meyrier
761 04 26 44 52 57
Fax: 04 26 44 53 18
sage@sage-geometrie.com

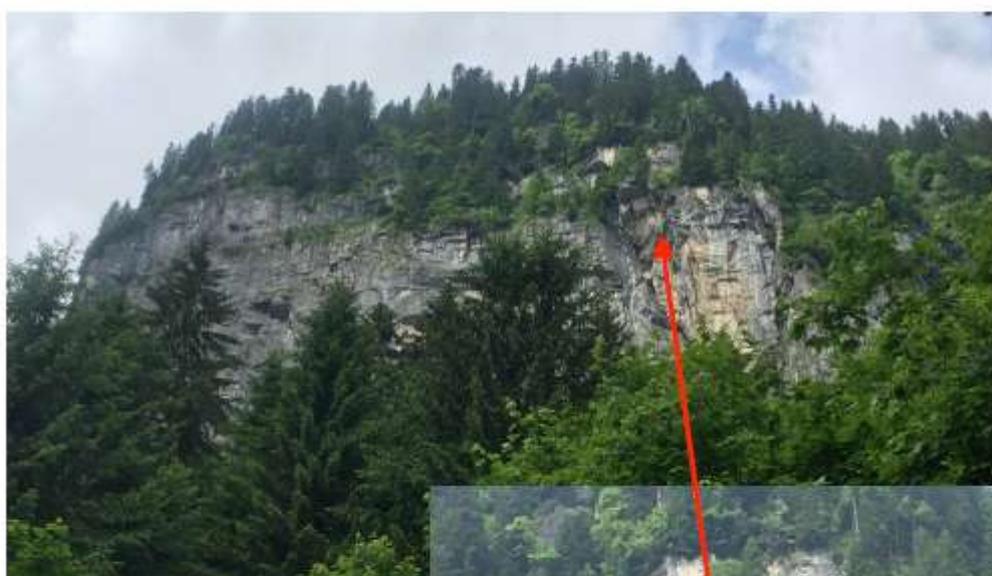
Echelle: 1/5000
Référence: 71039
Date: 04/03/2016
Format: A1

ANNEXES

Annexe n°1 : Planches photographiques





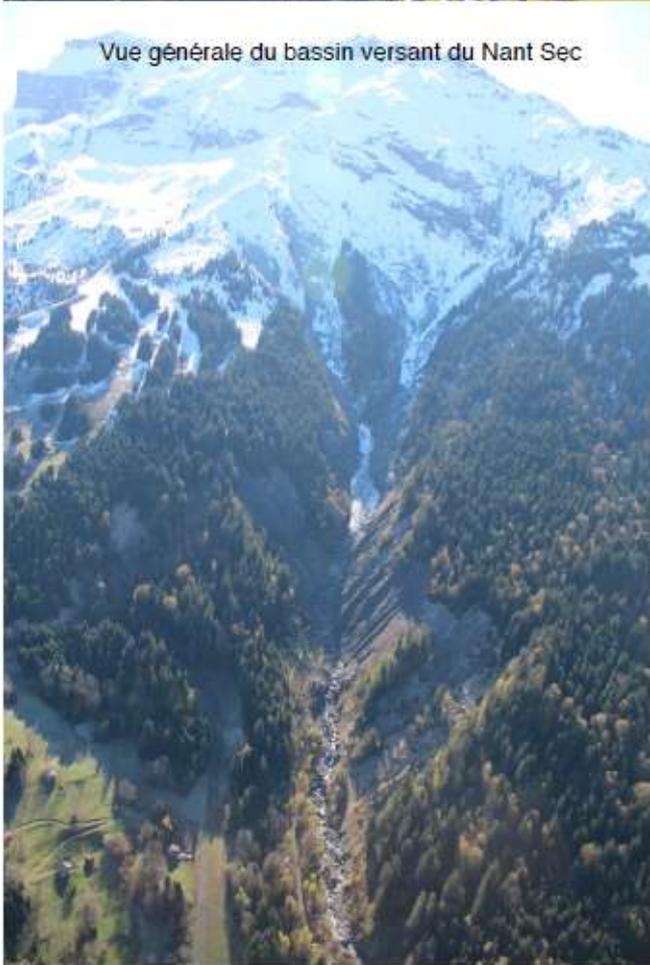


Falaises surplombant les Parchets et les Déchargeux

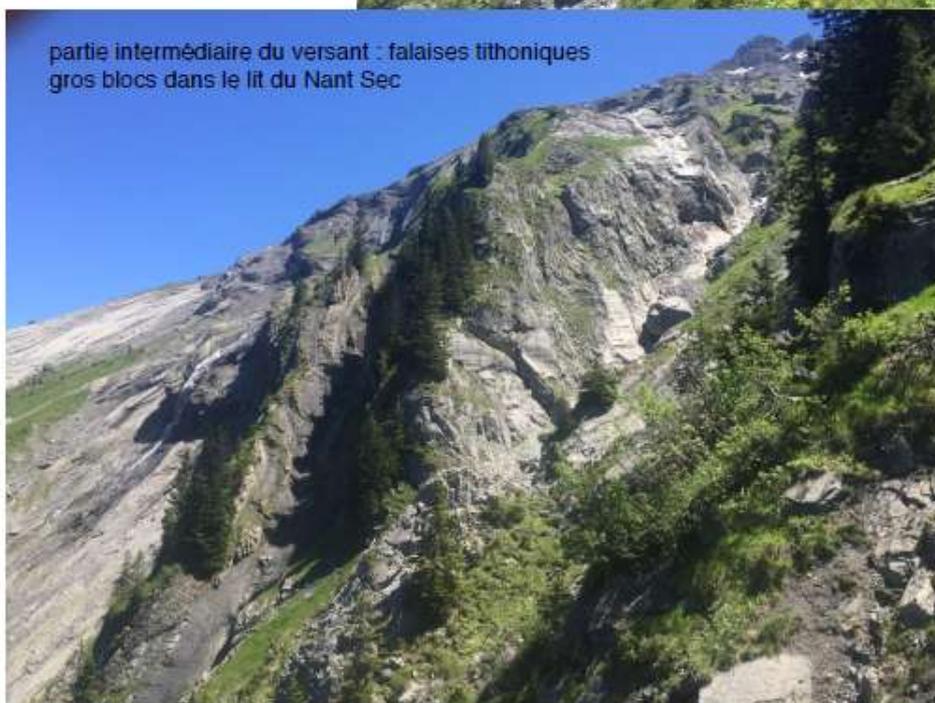


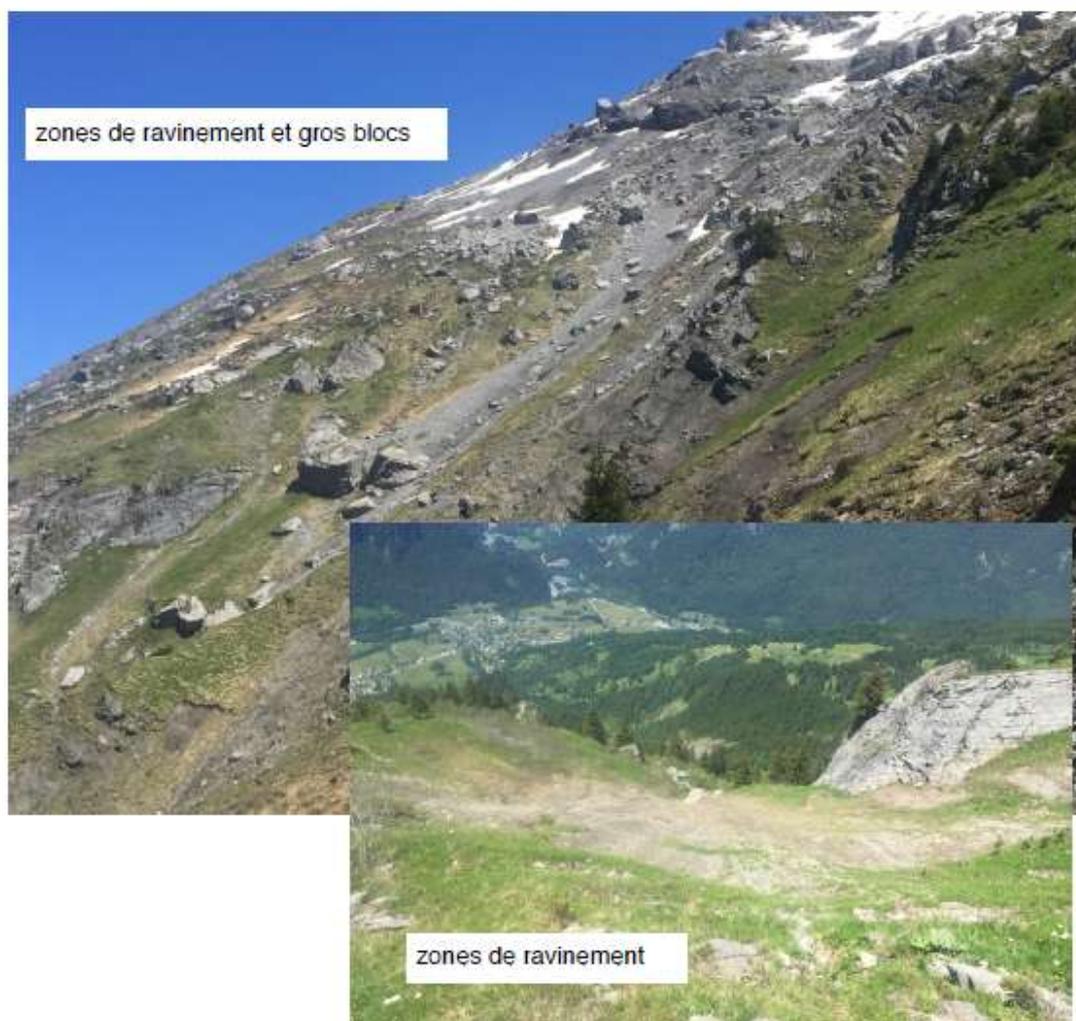


partie basse du Nant Sec - Vue du cône de déjection de Salvagny



Vue générale du bassin versant du Nant Sec





DEUXIEME PARTIE

RISQUES AVALANCHES

Introduction

Plusieurs projets sont actuellement à l'étude dans le cadre d'un dossier UTN mené par la commune de Sixt Fer à Cheval (Cf.Fig.1) :

Il est prévu de rejoindre la Combe de Gers par remontées mécaniques afin de permettre une liaison avec le domaine skiable de Flaine – Grand Massif.

Conjointement et afin de répondre à une augmentation de la fréquentation escomptée et induite par ces futurs appareils, un projet de lits touristiques est mené sur le hameau de Salvagny.

Ces deux composantes sont étudiées au regard des risques avalancheux.

1. Liaison des domaines skiables

1.1. Présentation

Quatre variantes sont actuellement proposées par le bureau d'études DCSA [2], avec un départ commun au niveau de Salvagny pour rejoindre l'arrivée actuelle du téléski de Gers au niveau des Verdets.

Suite à une première note préliminaire, cette étude complète l'état des lieux des risques nivologiques d'avalanche et de reptation pour ces différents projets principalement pour donner des éléments d'aide au choix final de la variante RM.

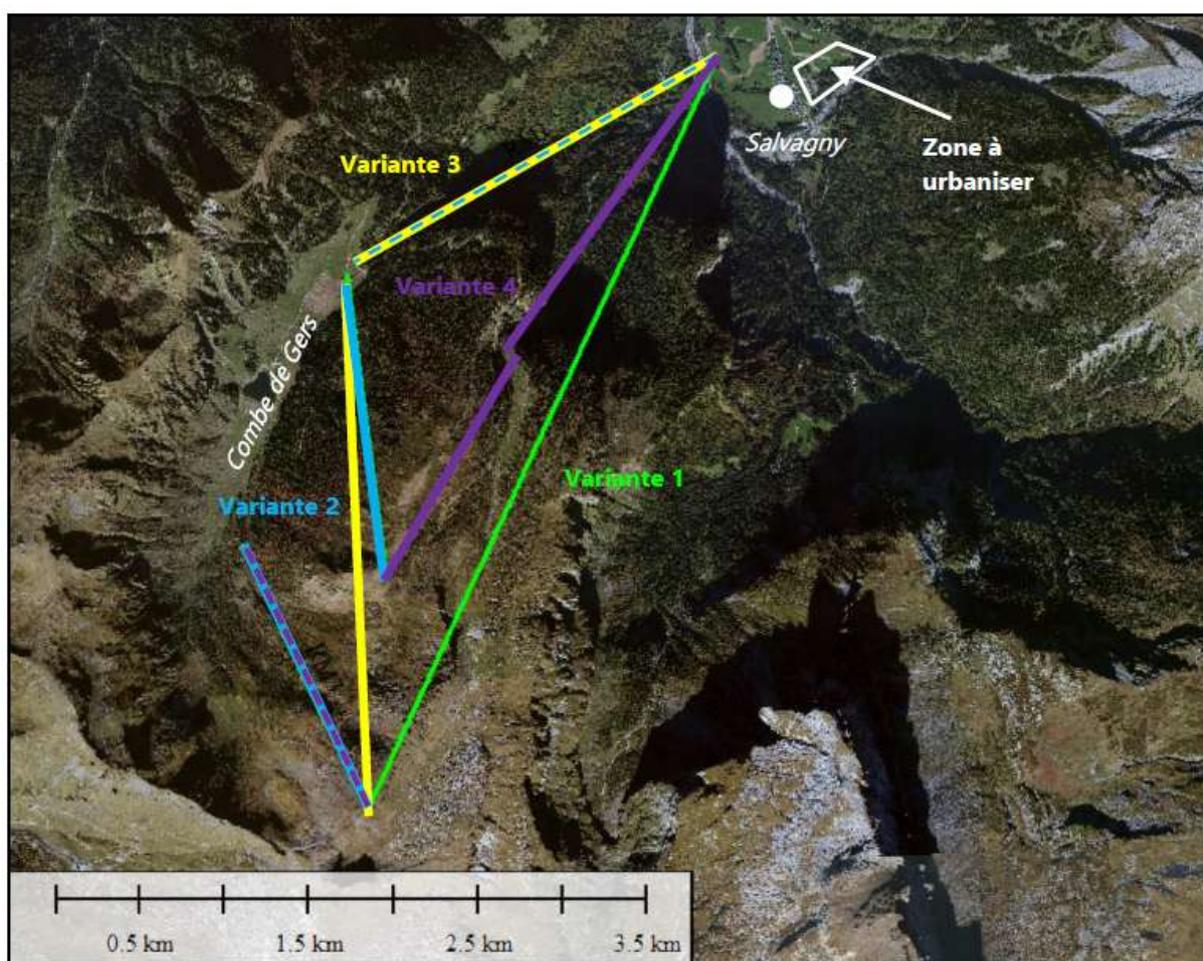


Figure 1: Localisation des différents projets de remontées mécaniques (avec 4 variantes) et d'urbanisation [1] [2]

1.2. Contexte avalancheux (EPA/CLPA)

1.1.1. Données nivo-météorologiques

La commune de Sixt-Fer-à-Cheval fait partie du massif du Chablais-Haut-Faucigny, le plus septentrional des Alpes. L'enneigement est très bon, surtout à l'intérieur du massif.

Il est globalement bien protégé des perturbations méditerranéennes (accompagnées d'un vent de sud) mais exposé aux perturbations atlantiques ainsi qu'aux courants de nord. C'est également le massif de Haute-Savoie le plus touché par les retours d'est.

Les principaux flux météorologiques sont donc les suivants :

- Régime de nord-ouest : il apporte les précipitations hivernales les plus intenses, avec des chutes de neige souvent basses en altitude.
- Régime d'ouest à sud-ouest : les précipitations sont abondantes dans une ambiance douce. La limite pluie-neige peut être élevée jusqu'aux sommets.
- Régime de nord : les chutes de neige sont moins conséquentes mais fraîches avec des épaisseurs qui peuvent tout de même être considérables.

La station météorologique la plus proche, de Flaine, indique des épaisseurs moyennes de manteaux neigeux de 230 cm à 2 250 m d'altitude (au nord), le maximum de 320 cm a été atteint en mars 2006.

En ce qui concerne les précipitations neigeuses, moyennant une majoration de 5 cm pour 100m d'altitude¹ et une densité de 125 kg/m³ lors des chutes, les valeurs de cumuls ci-après sont obtenues à partir des prédéterminations fournies par Irstea [3] pour la station météo de Samoëns (à 750 m) et ramenées aux altitudes de 2 100 m en moyenne pour les zones de départ amont et 1 400 m pour les zones de départ les plus basses. Tab.1

Ces valeurs sont assez conservatives par rapport à ce qui avait pu être utilisé dans [4] sur le domaine skiable de Flaine, où la valeur retenue pour une période de retour trentennale et une chute de 24h était de 85 cm et de 180 cm pour 72h.

		DUREE DE RETOUR						
		2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans
Nb de jours de neige cumulés	1 j	109 cm	123 cm	133 cm	143 cm	149 cm	157 cm	169 cm
	2 j	129 cm	149 cm	163 cm	177 cm	185 cm	195 cm	209 cm
	3 j	140 cm	163 cm	178 cm	193 cm	202 cm	213 cm	229 cm

Tableau 1: Extrapolation à la zone du projet des cumuls de neige à partir des données de la station météo de Samoëns pour une altitude de 2 100m [3]

¹ : A. Burkard & B. Salm, Estimation de l'épaisseur moyenne de déclenchement pour le calcul des avalanches coulantes - Traduction par C. Ancey de "Die Bestimmung der mittleren Anrissmächtigkeit zur Berechnung von Fliesslawinen", rapport interne n° 668 (IFENA, Davos, 1992).

1.1.2. Les avalanches

1.1.2.1. EPA / CLPA

Si l'on se réfère à la CLPA, Carte de Localisation des Phénomènes Avalancheux, plusieurs emprises "avalanches" concernent une ou plusieurs variantes, Fig.2 :

- La variante 1, qui ne comprend qu'une seule et unique remontée mécanique, traverse 6 emprises avalanches (CLPA 52, 27, 51, 26 et 50) Elle est en limite des CLPA n°35, 42 et 54.
- La variante 2, déclinée en trois remontées mécaniques (dont la plus basse commune avec la variante 2) est soumise aux risques sur ces deux parties les plus hautes, avec le franchissement de 4 "avalanches" : CLPA n°29, 53, 110 et 25.
- La variante 3, qui permet tout d'abord un accès vers le lac de Gers puis vers Tête Pelouse n'est concernée que sur cette dernière partie mais par 6 "avalanches" : CLPA n°28, 29, 52, 51, 26 et 50. Elle est en limite de la CLPA n°27.
- La variante 4, qui comprend également 3 tronçons est concernée par les avalanches CLPA n°. Elle reste en limite de la CLPA n°54

Il s'agit là d'une liste exhaustive des principaux écoulements reportés sur cette CLPA.

Une fois la variante définitive déterminée y compris ses éventuels terrassements (pistes), une étude particulière du PIDA devra être effectuée pour affiner et prendre notamment en compte les pentes moins importantes mais qui peuvent conduire néanmoins à des petites avalanches/coulées de plus faible ampleur.

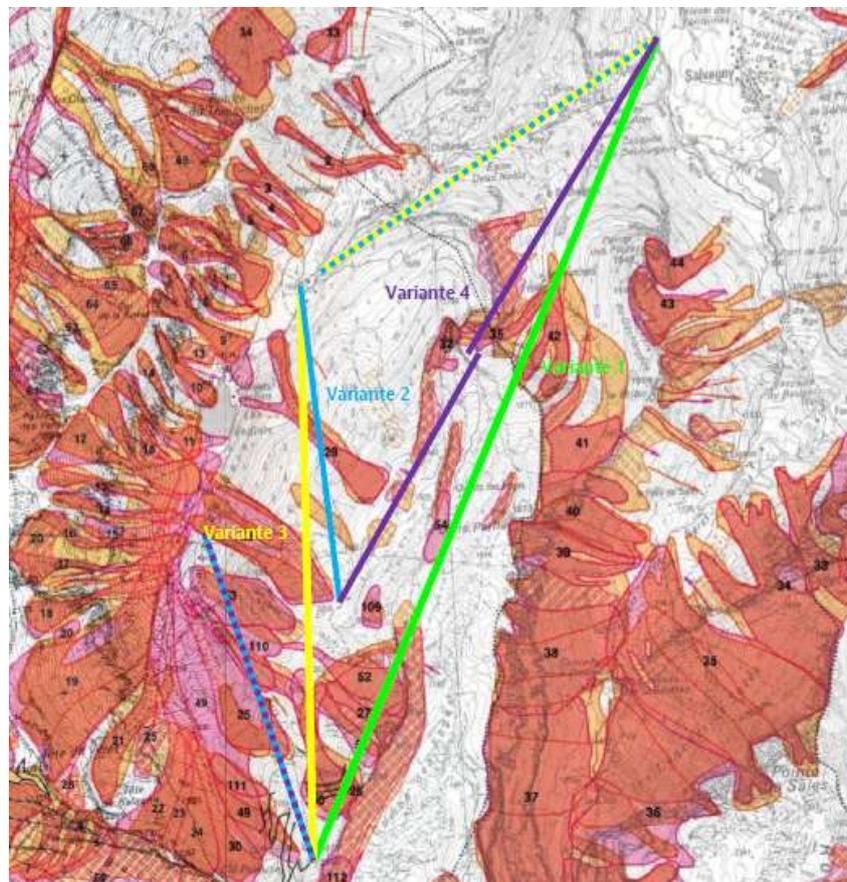


Figure 2 : Extrait de la CLPA [3] [5]

Si l'on s'intéresse à l'historique de ces avalanches depuis 1972, les emprises CLPA n° 25, 27, 28, 29 n'ont pas évolué jusqu'à la version actuelle. Il en est de même pour les avalanches n°31 et 42 du côté de la commune de Sixt, Cf.Fig.3.

L'emprise de l'avalanche n°26 a été modifiée lors de la mise à jour de 1993, elle descend bien plus bas depuis.

Les autres avalanches sont apparues en couleur pleine sur la CLPA surtout suite aux événements exceptionnels de 1999. La CLPA n°54 apparaît dans la dernière mise à jour.

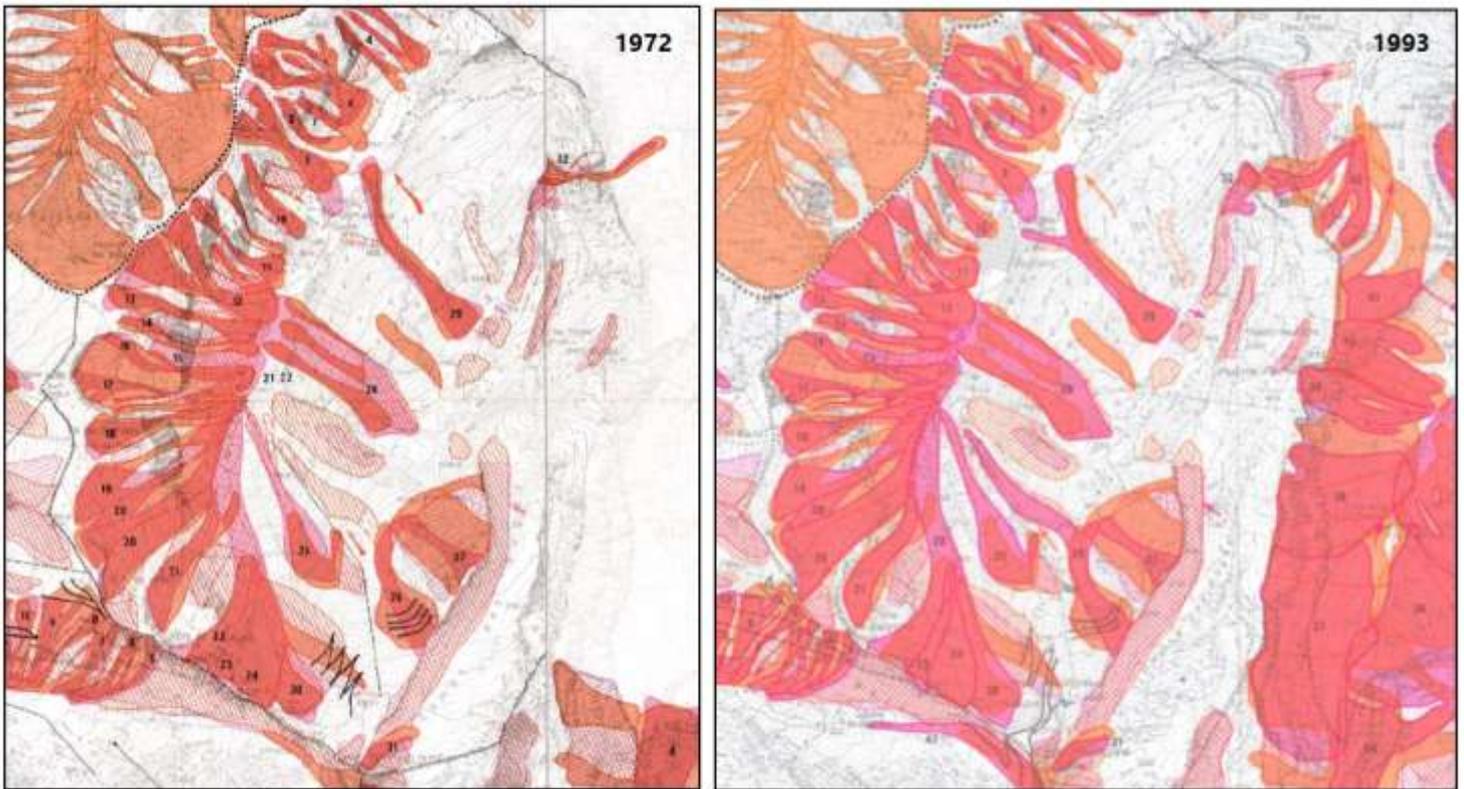
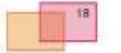


Figure 3: Extraits des anciennes cartes CLPA de 1972 (première édition) et 1993 [3]

Légende de la carte CLPA

Délimitation par interprétation des événements passés et recueil de témoignages

Délimitation par interprétation des événements passés*
Délimitation par recueil de témoignages

-  **Avalanche**
(enveloppe des emprises connues, avec le numéro d'identification pour les communes concernées par plusieurs communes)
-  **Zone d'avalanches**
(zone qui peut être exposée à une avalanche d'origine variable)
-  **Zone présumée avalancheuse**
(zone pour laquelle des informations suffisamment précises n'ont pu être obtenues ou ayant fait l'objet de sous-évaluations sur terrain ou en laboratoire)

-  Zone de dégâts significatifs dus au souffle d'un séisme (sans dépôt de neige altérée)
-  **Avalanche localisée**
(sur une zone limitée à une trentaine de mètres qui ne peut être représentée à l'échelle de la carte)
-  **Avalanche localisée présumée**
-  **Liaison présumée entre avalanches**
-  Zone où l'enquête sur le terrain n'a pas été réalisée
-  Limite d'état
-  Limite de département
-  Limite de commune

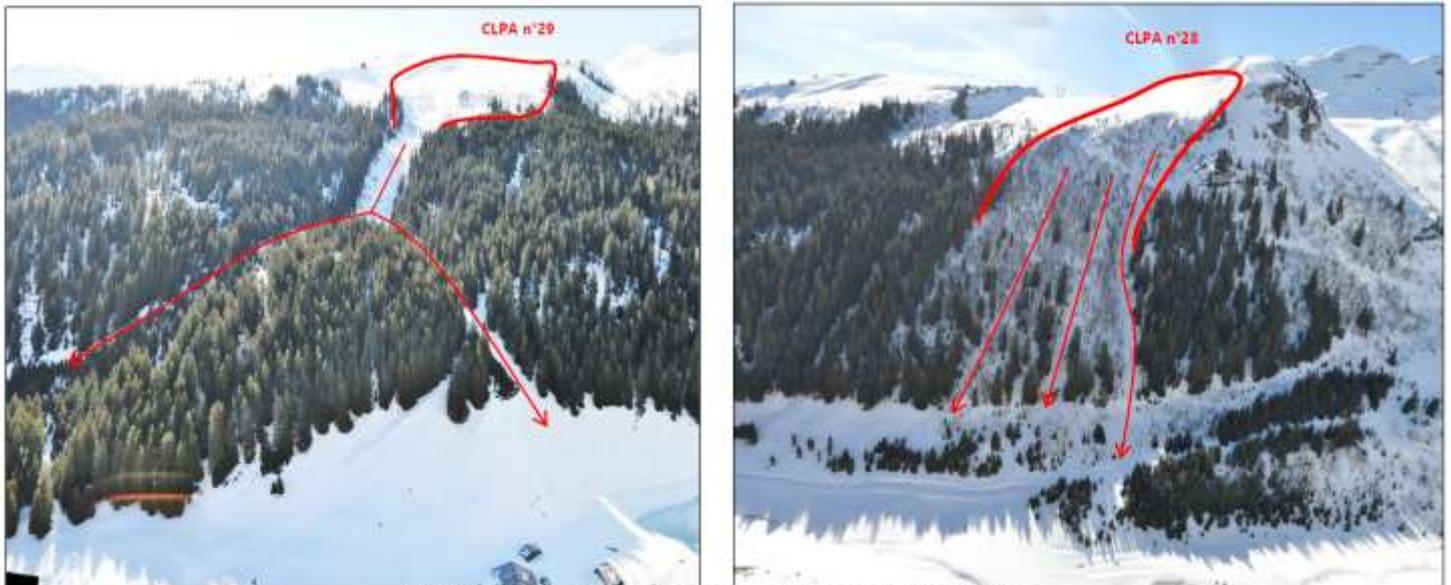


Figure 4: Localisation approximative sur photo des avalanches CLPA n°29 et 28 [6]

Quelques informations intéressantes sont données dans les fiches signalétiques de la CLPA (à date de la dernière révision) pour la commune de Samoëns (Cf. fig.4) :

- **CLPA n°28** : “Chariande”. Altitude départ : 2030m, arrivée :1530 m fréquence exceptionnelle.
- **CLPA n°29** : “Couloir de la Montagne derrière (Les Contours)”. Altitude départ : 1980m, arrivée : 1520m fréquence exceptionnelle. Dernière observation en 1950.

Ces deux avalanches sont jugées comme étant exceptionnelles, elles ne représentent pas un véritable danger pour les remontées mécaniques :

Les variantes 2 et 3 survolent rapidement la CLPA n°29. La deuxième partie de la variante 3 s’arrête en amont de la zone de départ de l’avalanche n°28 tandis que celle de la variante 2 la survole rapidement dans sa partie haute.

Ce sont surtout les parties hautes en bout de Combe de Gers sous les Pointes des Foges, Cf.Fig.5, qui peuvent menacer plus directement et plus largement les projets de remontées mécaniques. Contrairement aux variantes 2 et 3, la variante 1 reste en partie haute, à proximité des Pointes des Foges.

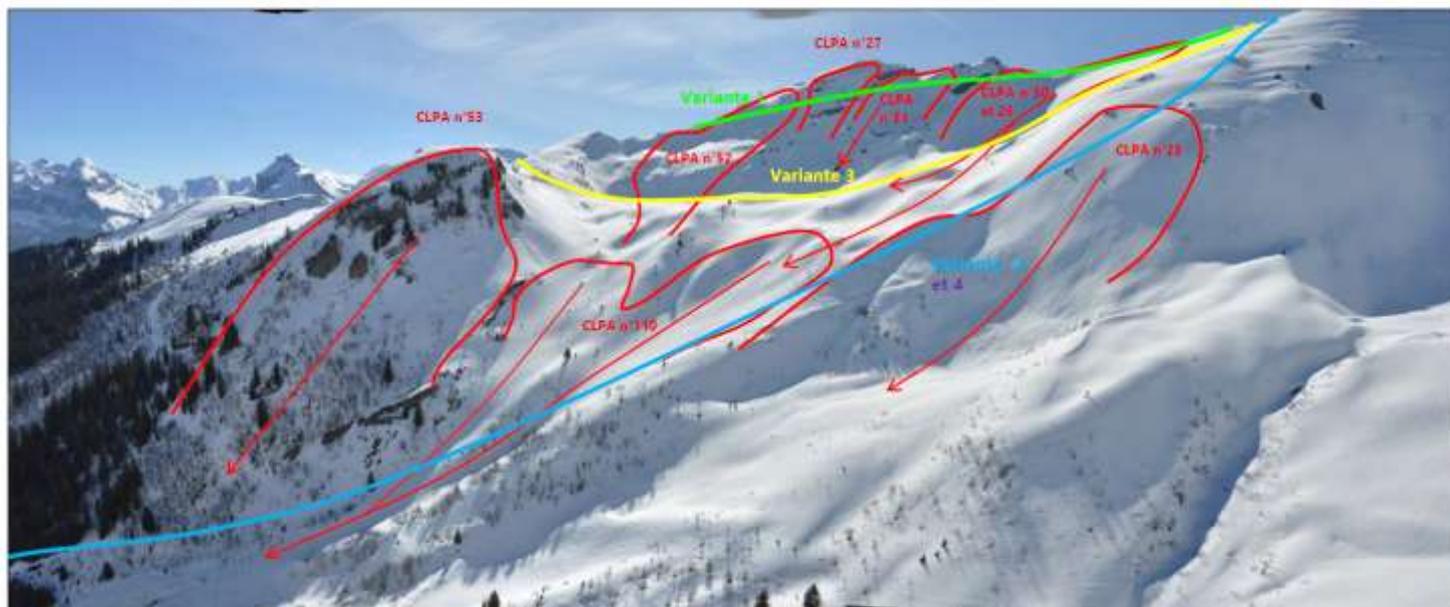


Figure 5: Localisation approximative sur photo des avalanches CLPA sur la partie la plus haute du projet d'aménagement de la Combe de Gers [6]

- **CLPA n°25** : "Combe de Gers – Les Armanets". Coulée déclenchée lors de PIDA (2010), cassure très longue qui prend tout le dôme et passe sous les têtes rocheuses. Elle passe sous la ligne du tk et touche plusieurs pylônes sans dégâts. En 2010, elle n'est pas allée aussi bas que répertorié.
Départ en plaque à la hauteur des têtes rocheuses sous l'épaule où passe le TK. En février 1999 une avalanche s'est décrochée sur tout le versant depuis le Col Pelouse. Site EPA 16 (36 événements).
- **CLPA n°26** : "Pointe des Foges". L'avalanche suit la piste jusqu'à hauteur du tk. (Départ à 2 300m, arrivée à 1 990m)
- **CLPA n°27** : "Lac Parchet". Peu fréquente en hiver, part en fin de saison.
- **CLPA n°50** : "Mur du Griffon". Dernière observation en 1999, départ sur toute la largeur de la combe à droite du tk (en neige froide) avec un arrêt vers 2000m. La n°26 couvre une partie de ce site (départ sous les crêtes et écoulement qui descend le long du tk).
- **CLPA n°51** : "Couloir du Griffon". Dernière observation en 1999, départ fréquent en plaque, s'arrête au lac.
- **CLPA n°52** : "Lac Parchet". Dernière observation en 1999, départ en neige froide, l'écoulement franchit le replat sous le lac.
- **CLPA n°53** : "Tête de Parchet (Face ouest) – Les Becs". Fréquence exceptionnelle. Dernière observation en 1999, gros départ en plaque. L'avalanche de poudreuse a endommagé le départ du TK en Février 99 et détruit des arbres.
- **CLPA n°110** : "Combe du Gers – Télési du Gers". Avalanche du 31/03/2006. Dans le cadre du PIDA, départ de fond en neige lourde suite à un épisode pluvieux. Le dépôt a touché et recouvert la zone d'arrivée du TK : pylônes et galets endommagés. "TK déjà touché plusieurs fois "La portion d'avalanche faisant le lien avec la CLPA n°26 est antérieure à 1992.

1.1.2.2. Protections

La Combe de Gers fait déjà partiellement partie du PIDA (Plan d'Intervention pour le Déclenchement des Avalanches) du domaine skiable de Flaine, Cf.Fig.7. Une grande partie des zones les plus préjudiciables sont d'ores et déjà gérées par le service des pistes à la fois pour protéger le TK de Gers mais aussi pour sécuriser les pistes bleues de retour (y compris combe des Foges qui est située sous des zones présumées avalancheuses).

L'essentiel est réalisé par tirs traditionnels à l'explosif (manuel ou hélignadage). Cette Combe, n'étant actuellement pas encore considérée comme prioritaire, est souvent fermée au public parfois plusieurs jours en attente des déclenchements préventifs. Selon l'évolution du projet, les moyens et procédures associés devront donc être affinés et renforcés mais le contexte global est déjà présent.

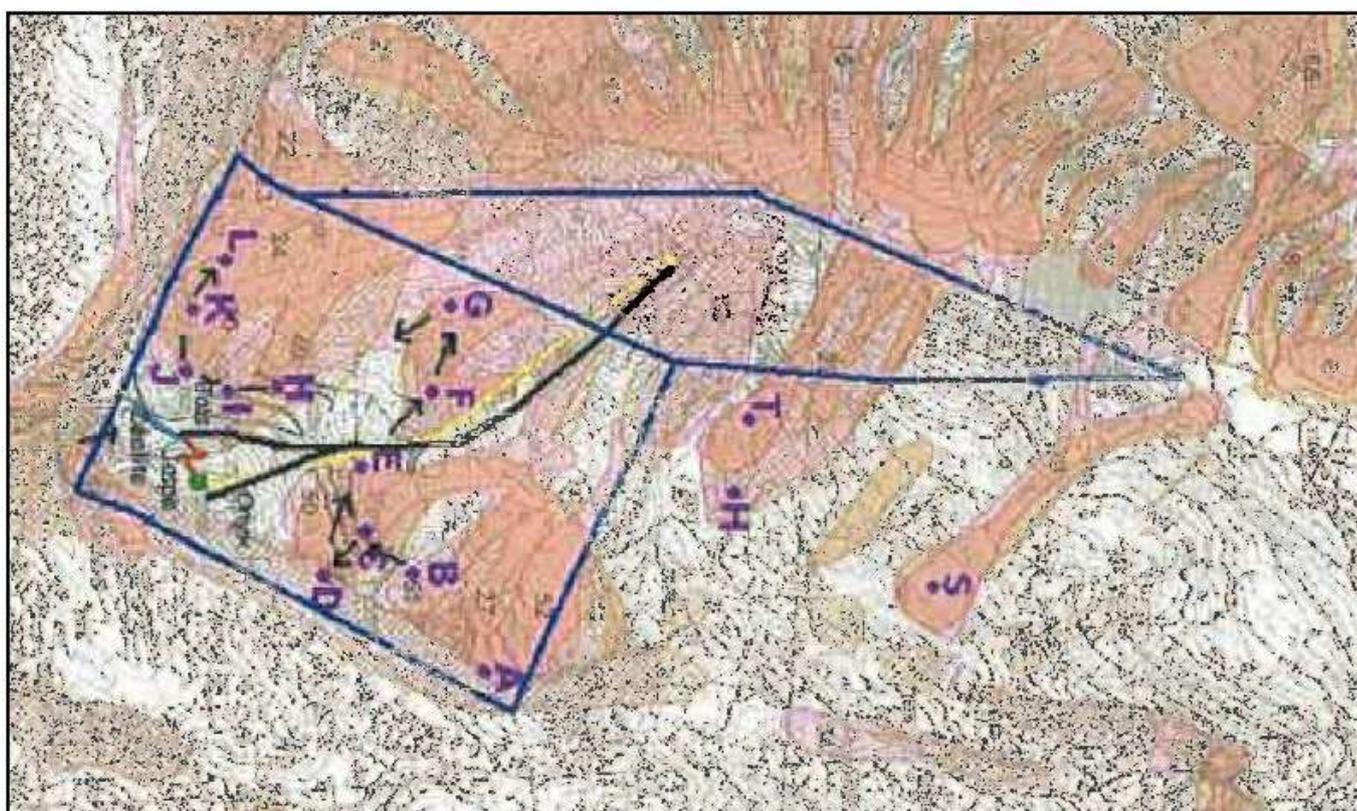


Figure 7: Extrait de la carte du PIDA du domaine skiable de Flaine [9]

1.1.3. Phénomène de reptation

Ce phénomène concernera essentiellement les projets de remontées mécaniques prévues pour l'aménagement de la Combe de Gers.

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

Ce phénomène de déformation initialement lente mais qui peut dégénérer ensuite en avalanche concerne le plus souvent des neiges de printemps ou des neiges lourdes sur des sols peu/mal gelés.

Il est d'autant plus important lorsque le sol présente une très faible rugosité (pentes herbeuses, dalles rocheuses...) sur des pentes supérieures à 30°.

Sur le secteur en question, les portions supérieures à 30° restent ponctuelles. Le versant a tendance à être globalement plutôt exposé au nord, nord-ouest ce qui induira une intensité faible à moyenne de ce phénomène. Cf.Fig.9

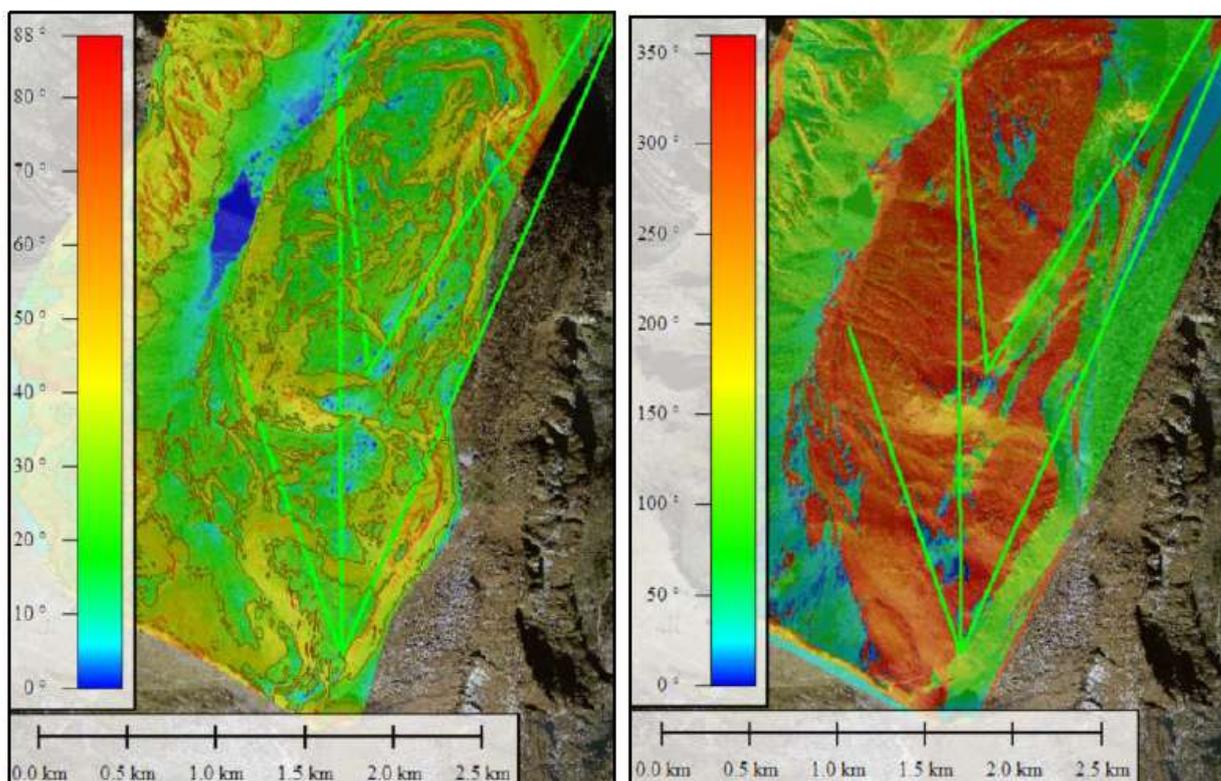


Figure 9: Extraits de la carte des pentes du secteur d'étude à gauche (avec limite des 30° en marron) et de la carte des expositions [1] [8]

1.3. Modélisations numériques des écoulements – variantes RM

1.3.1. RAMMS

Le scénario conservatif retenu en pareil contexte est celui de déclenchements PIDA en conditions "dégradées" correspondant à une accumulation trentennale de neige fraîche en 48h et en partant également du principe que le PIDA devra de toute façon être étendu et surtout systématisé.

Ce scénario est testé à l'aide du logiciel de référence RAMMS (<http://ramms.slf.ch/ramms/>) de l'Institut Fédéral Suisse d'Etudes des Avalanches à Davos selon les hypothèses suivantes :

- Jeu complet de paramètres correspondant à des avalanches trentennales : l'ensemble des préconisations du SLF sont respectées sans ajustement ou modification.
- Hauteurs de référence de 185 cm à partir des résultats obtenus dans le §2. A, du tassement du manteau neigeux (15% pour 2 jours) et convertie en une épaisseur mobilisable dans les zones de départ de 1.2m et de 1m selon les altitudes.
- Densité : 300 kg/m³. Cette densité est représentative de 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 : 4m [8] Une partie du MNT manquait sur le secteur à étudier. Les modélisations seront complétées une fois les données récupérées.
- Zones de départ définies principalement par combinaison de la pente (entre 30 et 55°, valeur au-delà de laquelle la neige se purge naturellement), de la courbure (concavité) et de ce qui est indiqué dans la CLPA et le PIDA.

De manière conservative, les avalanches sont simulées simultanément pour également envisager la question de l'accumulation possible soit du fait de tirs PIDA successifs soit d'un déclenchement global des versants.

La loi d'écoulement utilisée est basée sur des équations hydrauliques classiques d'un milieu continu moyenné sur l'épaisseur. La masse de l'avalanche (écoulement dense seulement considéré pour ces modélisations mais également le seul préjudiciable ici) est entraînée par la gravité tout en subissant la résistance au sol d'un frottement combiné de type Coulomb et visqueux qui dépend du carré de la vitesse d'écoulement.

Un des paramètres prépondérants pour ces modélisations est également le choix de la catégorie de volume qui va gouverner le comportement de l'avalanche. Ce volume doit s'entendre comme celui qui va "interagir avec lui-même" au sein des lignes d'écoulements et pour cela, Ramms permet le choix entre "tiny" (<5000m³=T), "small" (<25000m³=S), "medium" (<60000m³=M) et "large" (>60000m³=L).

Vu le contexte du site, en considérant forcément la mise en oeuvre d'un PIDA et la topographie individuelle des zones de départ, la catégorie de volume considérée est "**Tiny**" pour toutes les zones de départ. Comme évoqué, seuls les écoulements denses sont modélisés par cet outil.

1.3.2. Résultats

Les emprises obtenues correspondent assez bien à ce qui est représenté dans la CLPA. Cf.Fig.10
Les seuls points qui diffèrent sont les suivants :

- Les dépôts peuvent être ponctuellement plus importants et dépassent les limites indiquées, ce qui est le cas notamment pour les pentes en amont du TK de Gers (CLPA n°28 et 53).
- En ces conditions de déclenchements préventifs, les avalanches sous la Pointe du Griffon ont tendance à rester cantonnées en bas de pente sans poursuivre plus bas en direction de la Combe de Gers. Elles ne concernent finalement plus que les variantes 1 et 3.

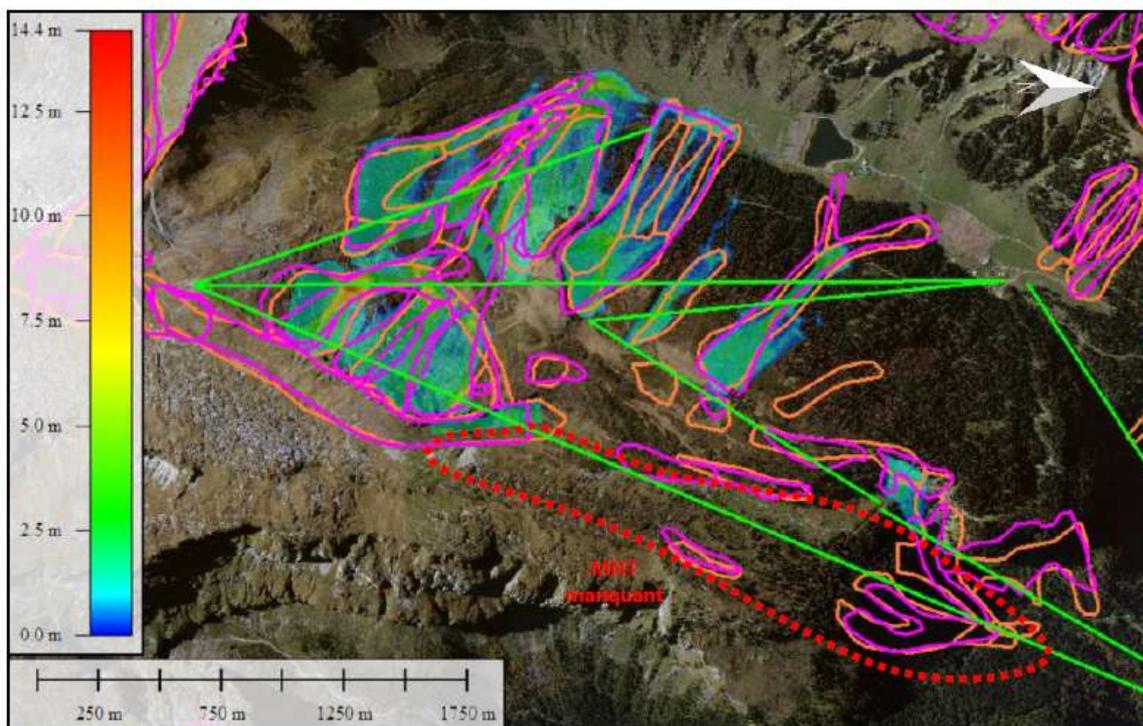


Figure 10: Représentation des hauteurs maximales obtenues par modélisations numériques par rapport aux emprises CLPA (e=1m et 1.2m, T30) [1] [3] [8]

Ce sont ces avalanches (Cf.Fig.11), sous la Pointe du Griffon et celles menaçant le TK de Gers, qui représentent le plus gros danger du fait de leur ampleur/emprise et des pressions en jeu qui peuvent atteindre 100 kPa en certains points sur des épaisseurs importantes.

Les autres systèmes avalancheux sont relativement moins dangereux mais seront pris en compte pour la suite.

Dans tous les cas, il sera question pour les lignes retenues de dimensionner les pylônes qui seront finalement concernés par les emprises avalanche.

Au niveau des gares, seule la gare de départ de l'appareil qui viendra remplacer le TK actuel de Gers (qui concerne seulement les variantes 2 et 4) devra certainement elle aussi répondre à certaines préconisations architecturales vue sa position directement sous l'emprise de l'avalanche CLPA n°28, bien que cette dernière soit d'occurrence exceptionnelle.

Il s'agit en fait de l'unique gare concernée par le risque d'avalanche. Si possible, elle mériterait d'être d'ailleurs déplacée pour éviter le phénomène.

Les autres gares, vu leur position (en hauteur ou sur des "plateaux") ne seront pas menacées.

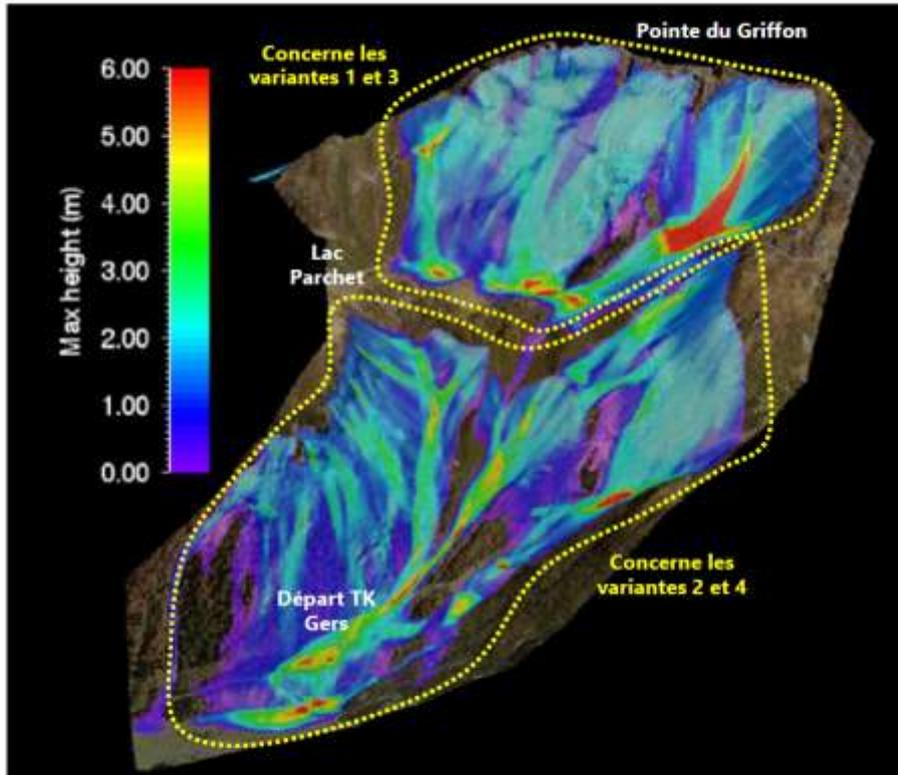


Figure 11: Hauteurs maximales des deux principaux secteurs avalancheux, les plus préjudiciables, et des variantes concernées (e=1m et 1.2m, T30) [1] [8]

L'appareil qui remplacera le TK de Gers est finalement celui qui sera le plus exposé et demandera une attention particulière au moment de l'étude de ligne, plus de la moitié de son tracé étant menacé. Les modélisations seront complétées lors de la phase DAET/DCE une fois les données topographiques manquantes obtenues et la variante choisie.

1.3.3. Schéma de protection

Le secteur ainsi que ces zones de départ potentielles sont déjà bien connus, couverts et sécurisés dans le PIDA. Ce PIDA devra être complété en fonction de la variante finalement retenue (il ne couvre pas encore, par exemple la CLPA n°53 au niveau du TK de Gers : variantes 2 et 4).

Cependant, le mode de gestion actuel avec la mise en œuvre de tirs traditionnels à l'explosif ne permet pas l'ouverture rapide de cette Combe de Gers dont l'enjeu va considérablement évoluer. Il sera nécessaire de prévoir des systèmes de déclenchements plus réactifs de type Gazex® et ou Catex par exemple, notamment dans les pentes sous la pointe du Griffon si toutefois la variante 1 ou 3 était finalement choisie.

Les terrassements qui seront réalisés pour la création des pistes joueront également un rôle important. Si l'on s'intéresse à la variante n°2, les pistes de Gers et Milleret viennent couper transversalement respectivement les zones de départ des avalanches CLPA n°53/28 et CLPA n°29 (Cf.Fig.12) et vont donc en influencer la trajectoire et/ou l'extension ...sous réserve de veiller à la protection de ces pistes elles-mêmes.

1.4. Conclusion

Les projets de remontées mécaniques sont soumis au risque d'avalanches, 11 emprises répertoriées dans la CLPA concernent au moins une des variantes proposées. Cependant, bien que ces avalanches soient (diversement) actives, l'existence encore aujourd'hui du TK de Gers confirme qu'elles ne sont pas pour autant ingérables : la situation apparaît tout à fait classique pour un domaine skiable.

Les avalanches qui figurent dans la Fig. 11 de ce présent rapport représentent finalement le plus gros danger pour les projets ; qu'ils s'agissent de celles de la pointe du Griffon pour les variantes 1 et 3 ou des pentes aval pour le projet de remplacement du TK de Gers : variantes 2 et 4.

Une très grande partie de ces avalanches, en plus des autres, est déjà gérée à travers le PIDA (qui permet de se prémunir d'avalanches de grosse ampleur) du domaine skiable de Flaine qu'il s'agira d'étendre/renforcer en conséquence et au besoin selon la variante qui sera finalement retenue. Dans tous les cas, des moyens de protections types Gazex® seront à prévoir afin de permettre une sécurisation avec un accès rapide au site.

Au niveau des lignes de ces remontées mécaniques, globalement, il s'agira finalement de dimensionner les pylônes en conséquence en les localisant également au mieux. Si les sollicitations correspondantes sont malgré tout ponctuellement trop importantes, des protections adaptées pourront être installées en amont des fûts (type étrave...).

Pour les gares, seule la gare de départ qui viendra en remplacement du TK de Gers nécessitera une attention particulière si son déplacement n'est pas préalablement envisageable.

Le choix final de la variante et de ses pistes associées pourra changer les conclusions de l'étude finale, mais a priori dans un sens positif. Un terrassement de piste en zone de départ induit de fait une modification des conditions de départ d'avalanche par exemple.

Quelle que soit la variante retenue, les projets de remontées mécaniques ne sont pas remis en cause. Aucune variante n'est impossible par rapport aux contraintes avalancheuses, qui ne sont finalement pas un critère déterminant ici.

L'avalanche du Nant Sec fera l'objet d'une analyse supplémentaire.

2. Projet d'hébergements touristiques

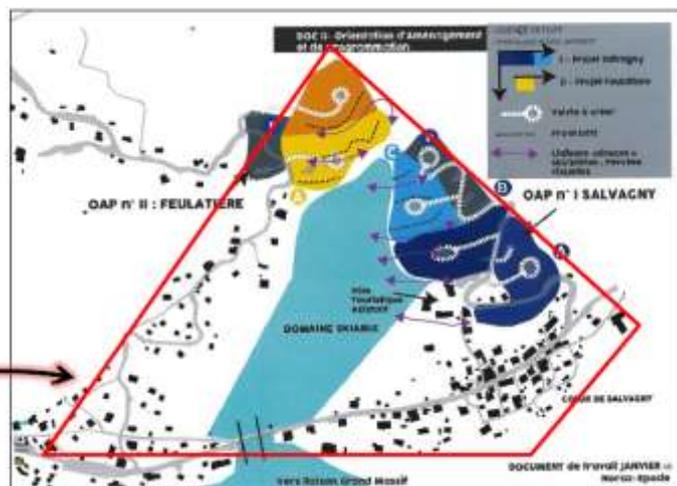
2.1. Présentation

Dans le cadre de la restructuration du domaine skiable de Sixt-Fer-à-Cheval et de sa connexion avec Flaine, notamment au niveau de la Combe de Gers et de son accès depuis Salvagny, un projet d'urbanisme est prévu afin de répondre à une augmentation de la fréquentation induite par ces futurs appareils, Figures 1[1].

Il est question dans ce rapport de déterminer si ce projet d'urbanisme est menacé ou non par le risque d'avalanche, notamment à la vue de sa proximité avec le Torrent du Nant Sec réputé comme couloir avalancheux assez actif.

Deux principaux aménagements sont prévus dans l'ordre chronologique suivant :

- Salvagny (1er)
- La Feulatière (2nd)



Figures 1: Localisation du projet d'urbanisme (Fond Image Google Earth) [1]

2.2. Contexte avalancheux

2.2.1. Données nivo-météorologiques

La commune de Sixt-Fer-à-Cheval fait partie du massif du Chablais-Haut-Faucigny, le plus septentrional des Alpes [3]. L'enneigement est très bon, surtout à l'intérieur du massif. Il est globalement bien protégé des perturbations méditerranéennes (accompagnées d'un vent de sud) mais exposé aux perturbations atlantiques ainsi qu'aux courants de nord. C'est également le massif de Haute-Savoie le plus touché par les retours d'est. Les principaux flux météorologiques sont donc les suivants :

- Régime de nord-ouest : il apporte les précipitations hivernales les plus intenses, avec des chutes de neige souvent basses en altitude,
- Régime d'ouest à sud-ouest : les précipitations sont abondantes dans une ambiance douce. La limite pluie-neige peut être élevée jusqu'aux sommets.
- Régime de nord : les chutes de neige sont moins conséquentes mais fraîches avec des épaisseurs qui peuvent tout de même être considérables.

En partant de l'hypothèse qu'une avalanche d'une période de retour donnée est elle-même issue de l'épaisseur mobilisable correspondante [4], 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. Les valeurs erronées ou manquantes ne sont pas non plus 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.
- 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.

Une fois ces valeurs liées aux périodes de retour obtenus (éventuellement en convertissant lame d'eau en épaisseur de neige équivalente selon une densité de 125 kg/m³ lors de la chute) pour le site de mesure, il convient de les convertir en épaisseurs mobilisables dans les zones de départ :

- Tout d'abord en intégrant le tassement naturel : pour 3 jours, une valeur conservatrice de 20 % peut être admise, supposée indépendante de l'altitude [5]. Le tassement est considéré négligeable en 24 heures et de 12 % en 48 heures.
- En extrapolant les valeurs à l'altitude des zones de départ, en général différente et plus élevée que celle du site de mesure. Pour 3 jours, [6] fournit des valeurs de gradients nivométriques

entre 3 et 7 cm pour 100 m. Faute de données plus précises, une valeur moyenne de 5cm/100m est admise arrondie à 1.5cm/100m/jour en tenant également compte du tassement.

- Ensuite, en majorant le cas échéant à dire d'expert les valeurs pour tenir compte de la contribution (positive ou négative) du transport de neige par le vent. Faute de données suffisamment précises et systématiques, nous n'en tiendrons pas compte ici.
- Enfin, en tenant compte de la déclivité : au-delà de 28° (valeur limite en-deçà de laquelle la stabilité du manteau est considérée comme acquise sauf exception), la stabilité décroît avec une augmentation de la pente.

Autrement dit, les accumulations mobilisables vont avoir de plus en plus de difficultés à se "construire" au cours de l'épisode de chute jusqu'à être considérées comme régulièrement purgées au-delà de 55°. [7] 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 mobilisable en moyenne sur toute la surface potentielle de déclenchement (en notant qu'elle ne correspond pas en général à l'épaisseur moyenne mesurée le long de la ligne de rupture et qui peut-être plus importante/spectaculaire).

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

Tableau 1: Valeur du facteur de pentes en fonction de la déclivité (ψ en degrés [7])

A partir des valeurs des stations Météo-France les plus proches de Samoëns et des Gets [3] et en considérant des zones de départ à une altitude de 2 100 m et de déclivité moyenne de 38°, on obtient finalement par moyennes pondérées tenant compte de la distance et de la différence d'altitude, les épaisseurs mobilisables par périodes de retour suivantes :

		PERIODE DE RETOUR			
		10 ans	30 ans	100 ans	300 ans
Epaisseurs mobilisables	1 j	58 cm	71 cm	86 cm	99 cm
	2 j	80 cm	97 cm	118 cm	136 cm
	3 j	91 cm	109 cm	130 cm	153 cm

Tableau 2: Extrapolation à la zone du projet des épaisseurs de neige à mobilisables partir des données de la station météo de Samoëns et des Gets pour une altitude de 2 100 m [3]

Ces valeurs peuvent ensuite être ajustées au cas par cas pour chaque zone de départ notamment en considérant leurs altitudes respectives. Ici, de manière conservative, les 130 cm (100 ans – 3 jours) seront utilisés dans toutes les zones de départ indépendamment de leur altitude.

2.2.2. Couloir du Nant Sec

2.2.2.1. Description générale

Le Nant Sec prend sa source sur le versant nord-ouest de la montagne des Frêtes du Grenier à 1 900 m d'altitude environ. Il se dirige vers l'ouest pour rejoindre le torrent des Fonds en fond de vallée vers 800 m.

L'altitude maximale du bassin versant est de 2 450 m environ, avec une dénivelée de 1 650 m et une pente moyenne de 26°.

Ce bassin peut être séparé en deux zones distinctes au niveau de la cote 1 900 m. Il s'agit pour la partie supérieure du sous bassin versant du Ruisseau des Follys avec la présence de calcaires fracturés et, pour sa partie inférieure du sous bassin versant du Ruisseau de La Joux avec la présence de grandes dalles marno-calcaires (le principal talweg du Nant Sec naît, vers 1 300 m, de la rencontre des ruisseaux des Follys et de la Joux). La zone d'écoulement est assez petite, environ 1 000 m, relativement à la taille globale du bassin versant. Sa pente moyenne est de 20°.

Le cône de déjection est imposant, sa superficie est quasiment aussi importante que celle du bassin de réception, ce qui témoigne d'une importante activité (notamment de crue torrentielle ici), il présente une pente moyenne de 10°. Figure 2 & Figure 3

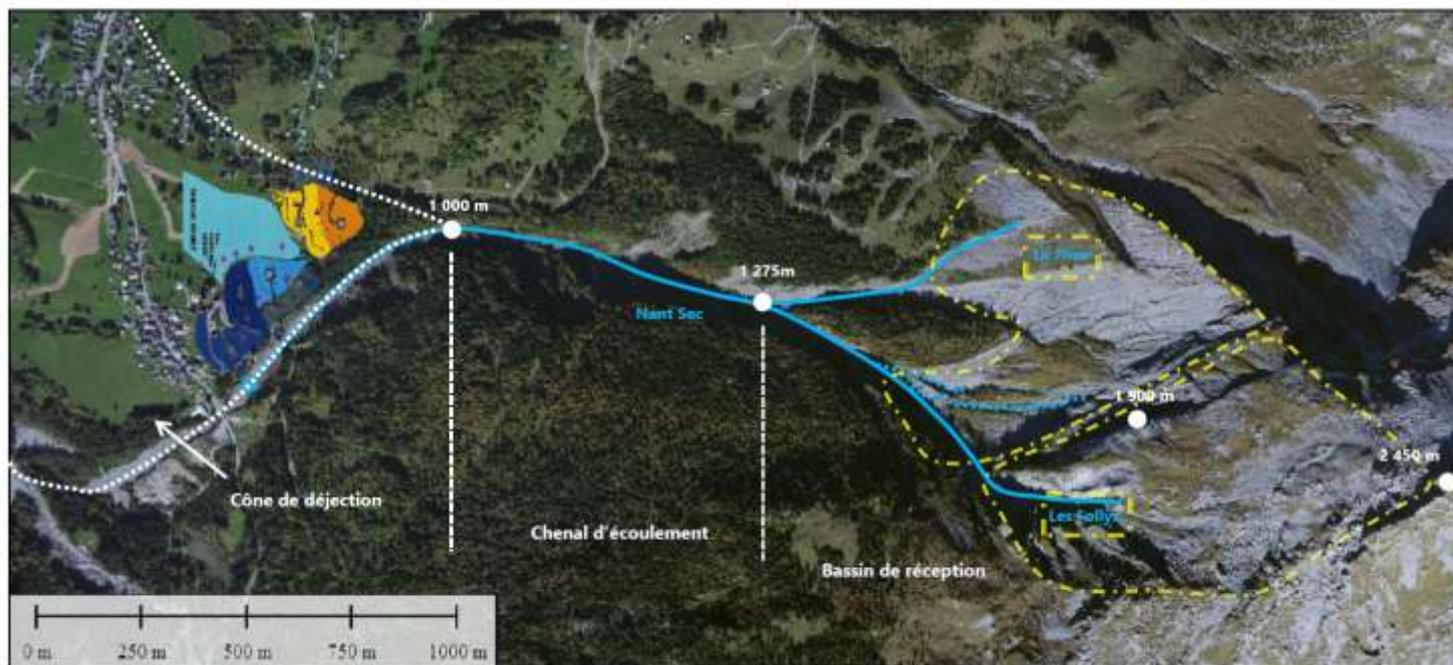


Figure 2: Description générale du bassin versant du Nant Sec

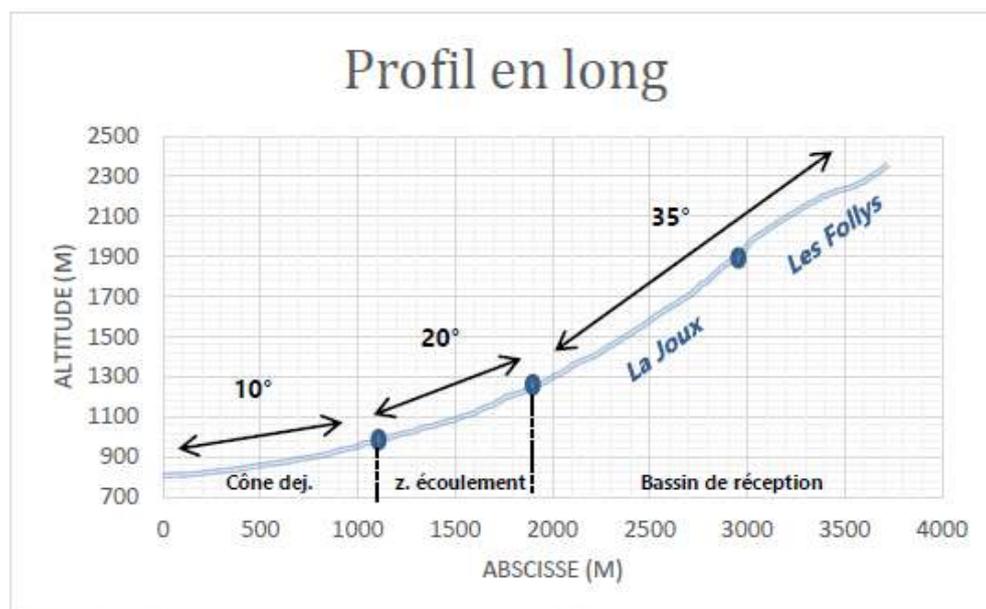


Figure 3: Profil en long du BV de Nant Sec avec les pentes moyennes

2.2.2.2. Activités avalancheuse

Si l'on se réfère à la CLPA [3], Carte de Localisation des Phénomènes Avalancheux, le couloir du Nant Sec porte le numéro 31 (Figure 4).

Il est répertorié dans cette carte CLPA depuis sa création en 1972, son emprise n'a jamais évolué depuis.

L'altitude de départ de cette avalanche est indiquée à 2 280 m, son altitude d'arrivée à 900 m. Sa fréquence est indiquée comme pluriannuelle.

Une avalanche de 1999 a été reportée plusieurs fois dans les témoignages, avec un départ dans les dalles, sous la falaise, elle s'était alors arrêtée 50 m en amont du pont, sans pour autant dépasser l'emprise CLPA déjà existante.

Certains témoins doutent d'ailleurs du fait que cette avalanche ait pu atteindre un jour la route de Passy (selon un événement daté de 1830 d'après un témoignage).

Cette avalanche fait l'objet de suivis particuliers dans l'EPA, 100 événements y ont été reportés depuis 1902. Le dernier en date est celui de 2010, avec une altitude de départ à 1 500m et d'arrivée à 900m.

Les événements les plus récents ont d'ailleurs tendance à indiquer des départs dans ces gammes d'altitude (et non depuis le haut de versant vers 2 000 m) et des arrivées aux environs de 1 000m.

Légende de la carte CLPA

Délimitation par interprétation des événements passés et recueil de témoignages

Délimitation par interprétation des événements passés et recueil de témoignages

	Avalanche Les événements sont le résultat d'un processus complexe qui nécessite une interprétation par recueil de témoignages.
	Zone d'avalanches Leur bord peut être sujet à des avalanches d'empêchement.
	Zone présomue avalancheuse Zone pour laquelle des informations suffisamment précises ont été obtenues au sujet de l'origine des événements sur un site ou un tronçon.
	Zone de dégâts significatifs dus au souffle d'un aérosol (sans effet de neige détrempée)
	Avalanche localisée Avalanche qui se produit à un endroit précis sur le site de la station de ski.
	Avalanche localisée présumée
	Liaison présomue entre avalanches
	Zone où l'enquête sur le terrain n'a pas été réalisée
	Limite d'état
	Limite de département
	Limite de commune

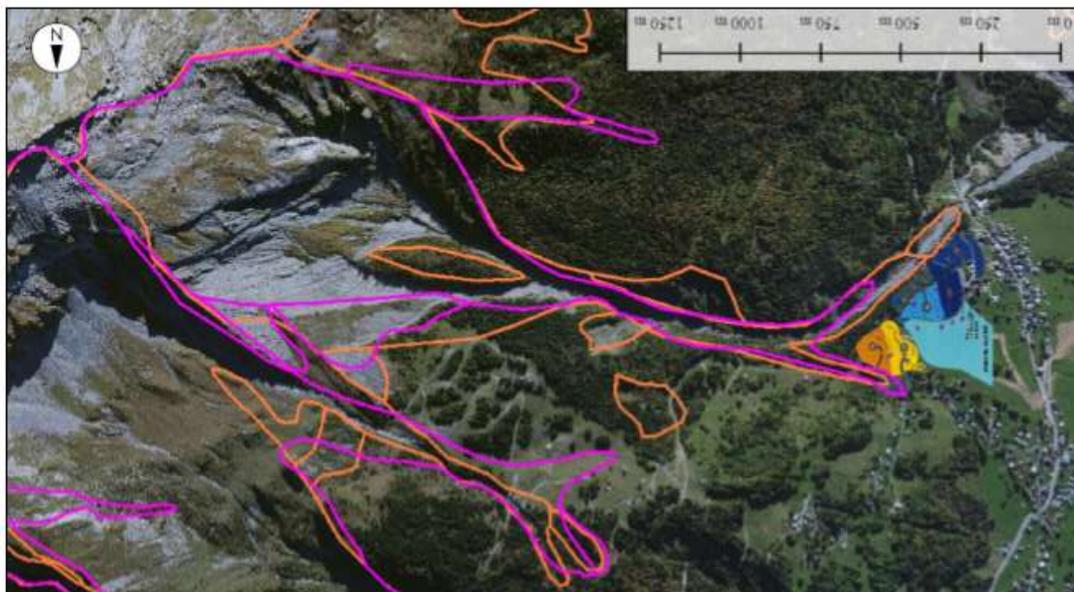
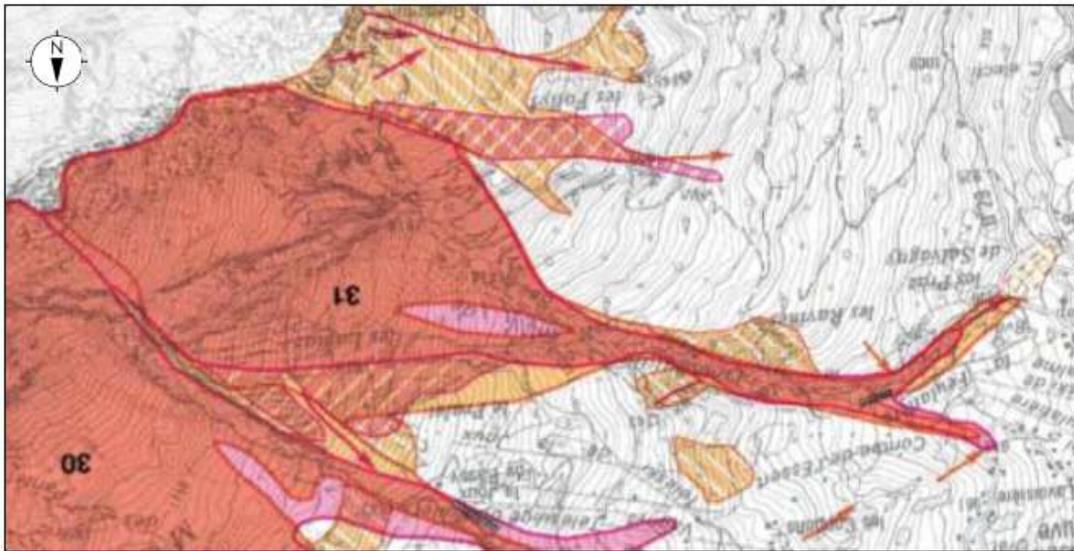


Figure 4: Emprise de la CLPA n°31 du couloir du Nant Sec [3]

2.2.2.3. Protections existantes

Une tourne paravalanche avait été construite au sommet du cône de déjection, en bordure de la branche sud du Nant Sec, entre les années 1973 et 1974. Cette construction faisait suite à une demande de la commune de Sixt après un rapport de 1971 (Figure 5). Ce rapport indiquait que les premières avalanches obstruaient le lit du torrent entre les côtes 1 100 m et 1 200 m, ce qui conduisait au débordement des avalanches suivantes en rive droite.

Cette tourne fait environ 100 m de long, pour une hauteur de 4 m et une largeur de 10 m à la base/1.5 m en crête. Elle est inclinée de 20° par rapport à l'axe du torrent à l'amont et éviterait un débordement des écoulements en rive droite (qui correspond à la branche aval la plus au nord sur la CLPA). Son parement amont a été renforcé par des gabions.

Il semblerait que cette tourne remplisse correctement son rôle [8] au moins dans des conditions "normales".

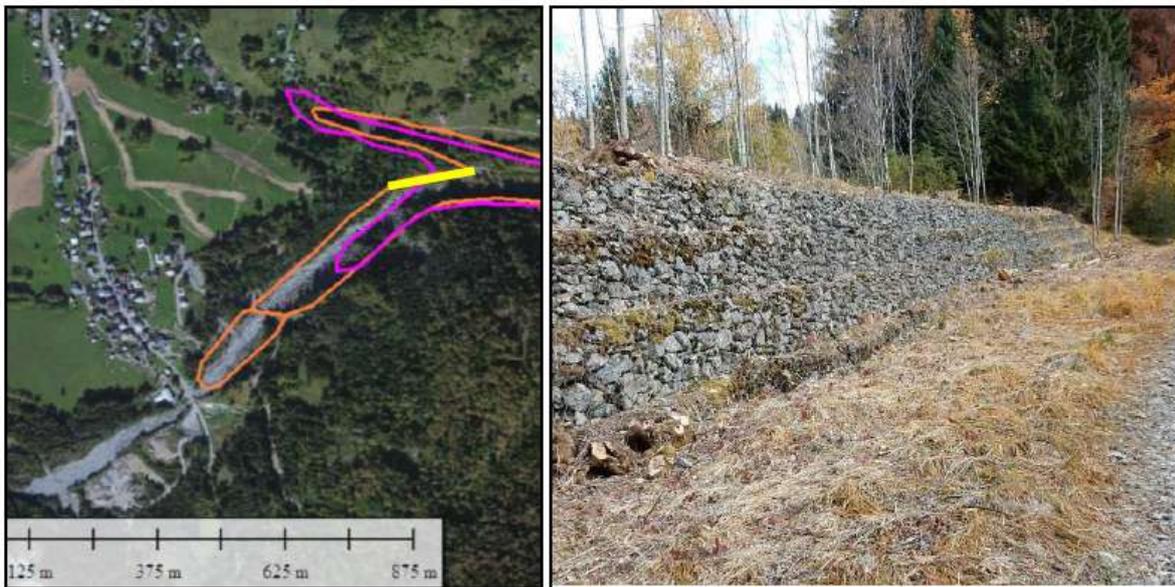


Figure 8: Localisation de la tourne paravalanche et photo [1] [7]

2.3. Modélisations numériques des écoulements

2.3.1. RAMMS

Le scénario retenu en pareil contexte est celui correspondant à une accumulation centennale de neige fraîche en 72h.

Ce scénario est testé à l'aide du logiciel de référence RAMMS (<http://ramms.slf.ch/ramms/>) de l'Institut Fédéral Suisse d'Etudes des Avalanches à Davos selon les hypothèses suivantes :

- Jeu complet de paramètres correspondant à des avalanches centennales : l'ensemble des préconisations du SLF sont respectées sans ajustement ou modification.
- Epaisseur mobilisable dans les zones de départ de 1.3 m, utilisée de manière conservatrice quelle que soit l'altitude des zones de départ, y compris inférieures.
- Densité : 300 kg/m³. Cette densité est représentative de 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 : 3m [10] *
- Zones de départ définies principalement par combinaison de la pente (entre 30 et 55°, valeur au-delà de laquelle la neige se purge naturellement), de la courbure (concavité) et de ce qui est indiqué dans la CLPA et le PIDA.

De manière conservatrice, les zones de départ choisies sont mobilisées simultanément pour également envisager la question de l'accumulation possible du fait d'un déclenchement global des versants.

La loi d'écoulement utilisée est basée sur des équations hydrauliques classiques d'un milieu continu moyenné sur l'épaisseur. La masse de l'avalanche (écoulement dense seulement considéré pour ces modélisations mais également le seul préjudiciable ici) est entraînée par la gravité tout en subissant la résistance au sol d'un frottement combiné de type Coulomb et visqueux qui dépend du carré de la vitesse d'écoulement.

Un des paramètres prépondérants pour ces modélisations est également le choix de la catégorie de volume qui va gouverner le comportement de l'avalanche. Ce volume doit s'entendre comme celui qui va "interagir avec lui-même" au sein des lignes d'écoulements et pour cela, Ramms permet le choix entre "tiny" (<5000m³=T), "small" (<25000m³=S), "medium" (<60000m³=M) et "large" (>60000m³=L).

Vu le contexte du site, la catégorie de volume considérée est "**Medium**". Comme évoqué, seuls les écoulements denses sont modélisés par cet outil.

* Remarque : La grille complète du MNT a été obtenue à partir de plusieurs sources, avec des niveaux de précision bien différents (de 1 m pour le talweg même du Nant Sec à 5 m pour les zones voisines), Figure 6.

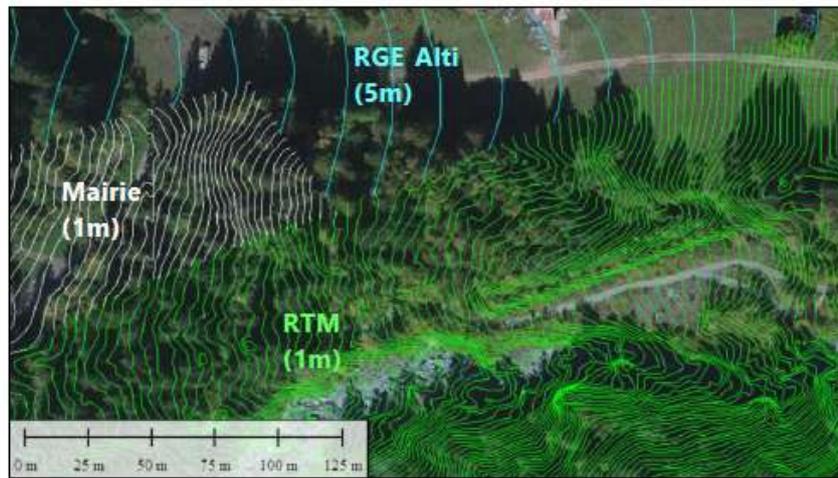


Figure 6: Différentes sources de MNT utilisés au niveau de la digue [10]

2.3.2. Résultats et interprétations

Plusieurs modélisations ont été effectuées, avec la prise en compte ou non de la digue et avec la mobilisation de plus ou moins de zones de départ pour envisager des scénarios de volumes globaux différents.

→ D'après [8], une avalanche rare (d'une période de retour de 50 à 100 ans) présente un volume de neige mobilisable dans les zones de départ de 100 000 m³. Une modélisation analogue a été effectuée avec un volume tel dans les zones de décrochement.

Les résultats obtenus sont assez similaires avec ceux du RTM (Figure 7).

Les débordements en aval et amont de la digue se retrouvent dans les deux cas, avec des hauteurs qui restent dans les mêmes gammes (2 m au plus bas de la digue par exemple). L'emprise de la CLPA n'est logiquement pas retrouvée ici. Ces résultats mettent également en évidence que la digue est déjà sous dimensionnée pour un événement de cette ampleur.

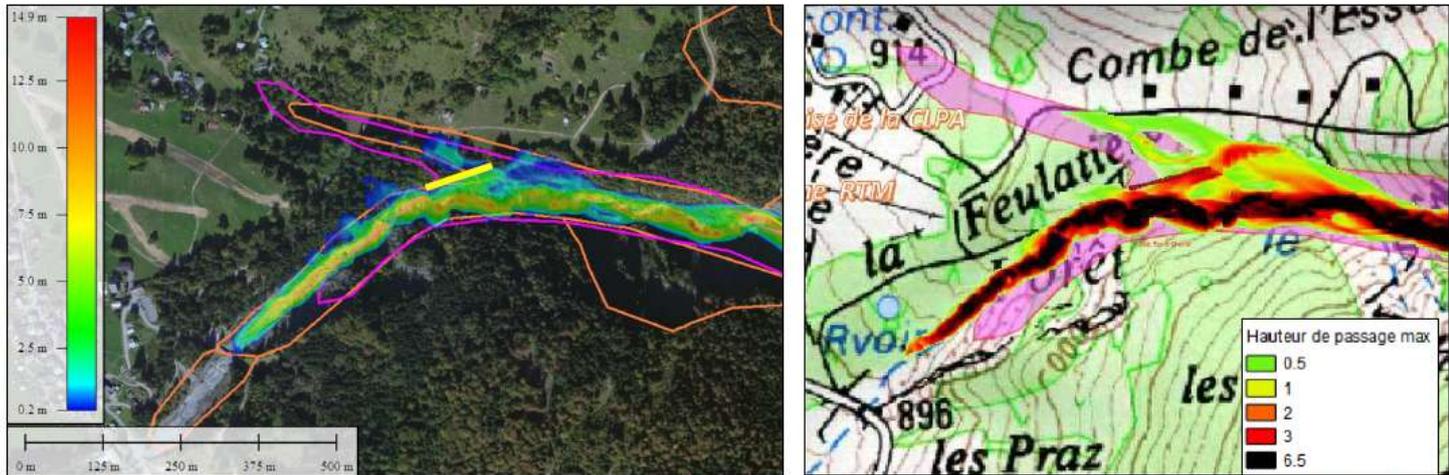


Figure 7: Hauteurs max des écoulements obtenus par Engineerisk (e=1.3m, M30) à gauche et RTM [8] (paramètres d'entrée non connus) à droite avec un volume de départ de 100 000 m³ – Avec digue telle qu'intégrée au MNT [10]

→ Cependant, notons que ce volume de 100 000 m³ ne semble pas approprié car trop faible ici : si l'on considère une épaisseur de neige mobilisable de 1.3 m dans les zones de départ, déterminée dans §2.A à partir des données existantes (toujours pour une période de retour centennale), il serait seulement question de quelques zones potentielles de départ du sous bassin versant de La Joux (Figure 8).

Les zones de départ du sous bassin versant des Follys seraient par exemple occultées ce qui paraît une hypothèse particulièrement optimiste.

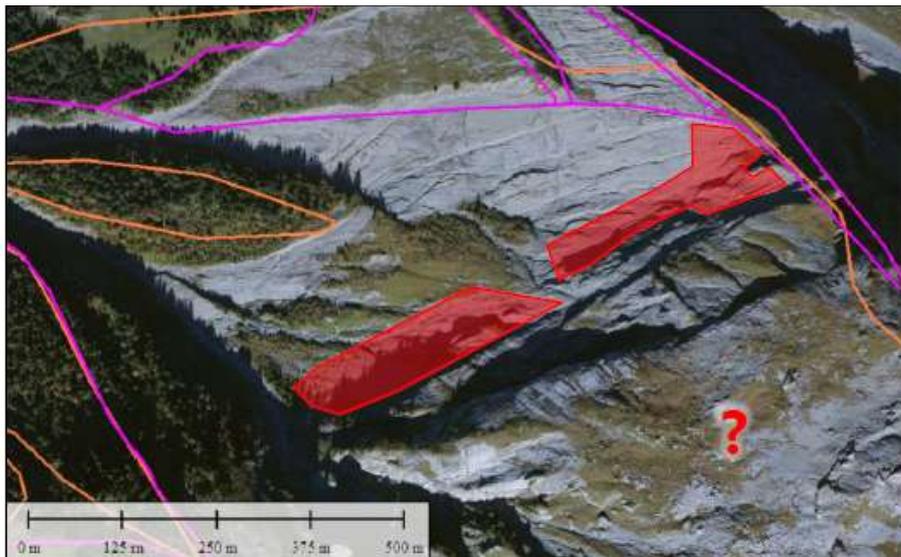


Figure 8: Zones de départ utilisées pour obtenir un volume de 100 000 m³ avec une épaisseur mobilisable de 1.3m

Un événement exceptionnel avec des départs dans les parties hautes qui déclencherait en aval les parties basses ne peut cependant pas être exclu et donc mis de côté.

Le volume global dans les zones de départ serait alors plus proche de 200 000 m³. Les résultats, toujours avec la prise en compte de la digue telle qu'intégrée à la topographie, sont alors tout autres (Figure 9). Il apparaît que dans ces conditions, la digue ne joue que très peu son rôle. Seule une petite partie des écoulements est retenue.

Les débordements aval sont bien plus importants avec un étalement majoré de 100 m vers le nord par rapport à Figure 7.

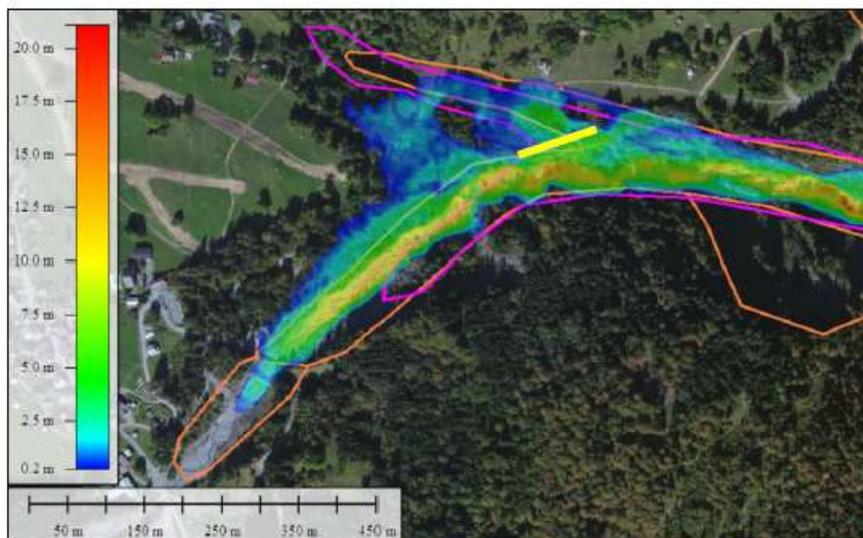


Figure 9: Hauteurs max des écoulements avec un volume de départ de 200 000m³ (e=1.3m, M100) – Avec digue

→ Or, selon la doctrine, les protections existantes ne doivent pas non plus être prises en compte pour les études de risques naturels.

Une modélisation a donc été effectuée, toujours avec un volume de 200 000 m³ dans les zones de départ mais sans la prise en compte de la digue.

La digue a été directement retirée manuellement du MNT, sans pour autant savoir ce à quoi ressemblait le terrain à l'époque. Le torrent était-il moins marqué qu'actuellement ? Était-il plus/moins large ? Des terrassements particuliers ont-ils été effectués ... ?

Les courbes de niveau ont donc été "lissées" afin de rendre la digue la plus inexistante possible, Figure 10 et Figure 11.

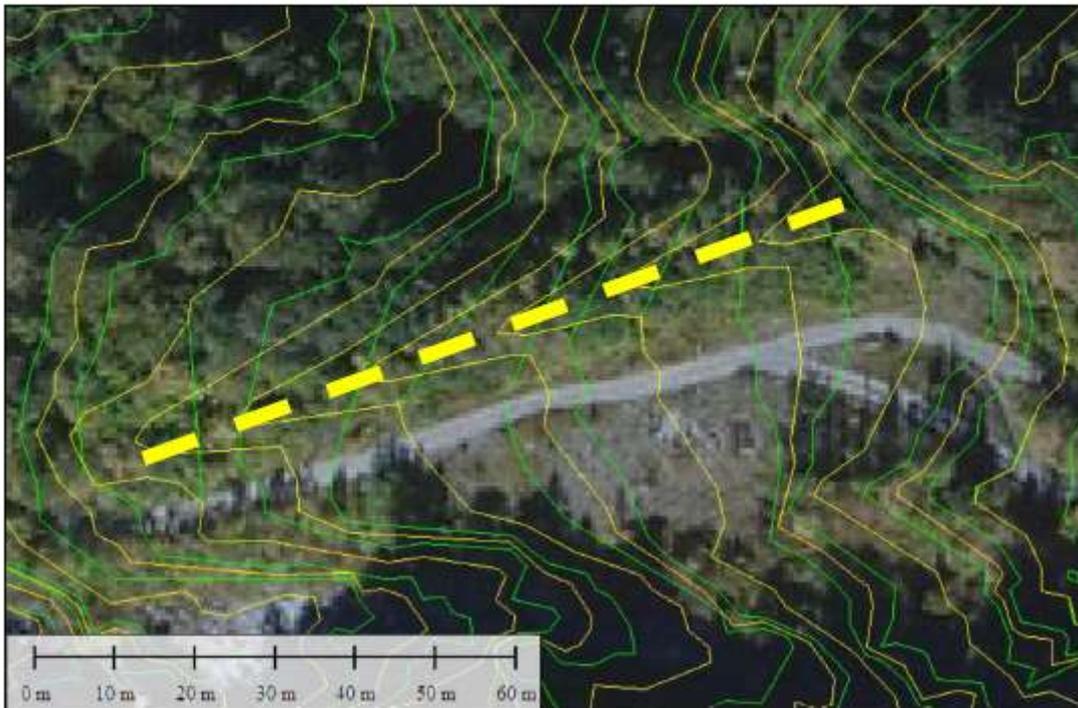


Figure 10: Courbes de niveau avec la digue (en jaune) et sans digue (manuellement, en vert)

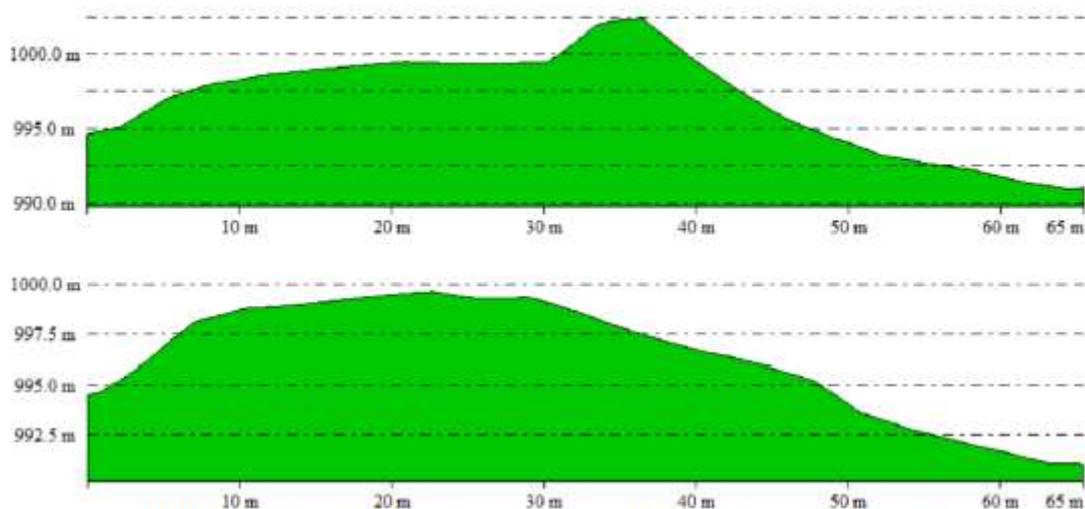


Figure 11: Profil en travers type avec la digue (en haut) et sans (en bas)

Dans ce cas (Figure 12), avec un volume mobilisé de 200 000 m³ dans les zones de départ et la non prise en compte de la digue, les emprises sont tout de même assez similaires à ce qui a été obtenu précédemment (Figure 9).

Ce sont surtout les hauteurs maximales qui varient, à la fois au niveau des écoulements et des dépôts. Par exemple, la hauteur maximale d'écoulement au niveau du point rouge devant la digue est (logiquement) de 2.3 m dans la figure ci-dessous tandis qu'elle est de 6.5 m sur la Figure 9.

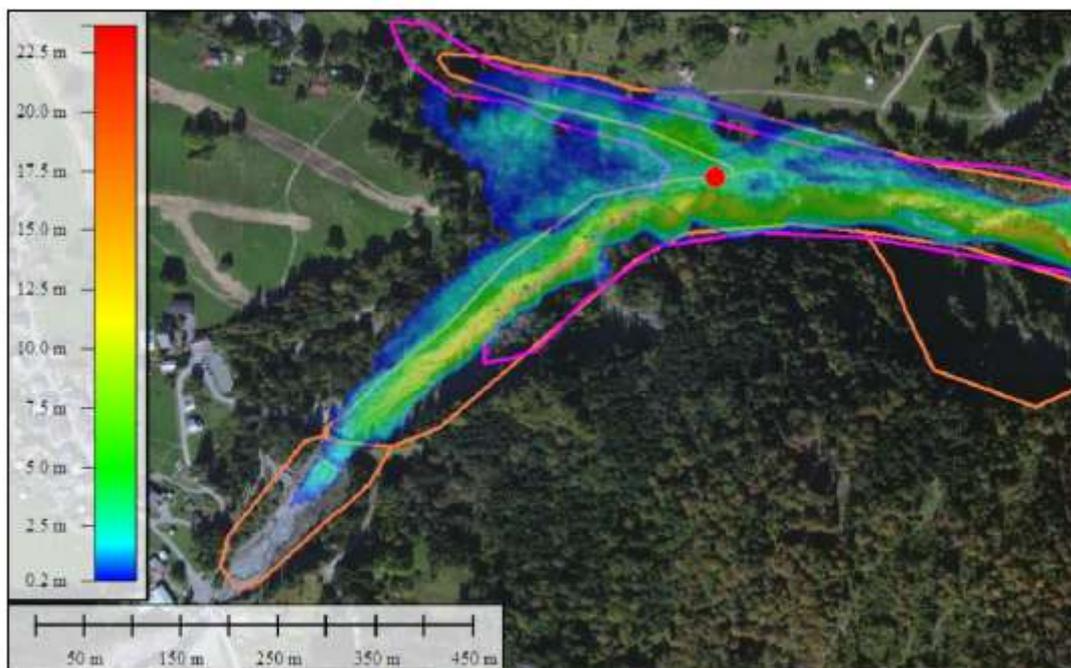


Figure 12: Hauteurs max des écoulements avec un volume de départ de 200 000m³ (e=1.3m, M100) – SANS digue

Si l'on compare maintenant ces résultats aux emprises de la CLPA, la branche nord modélisée est beaucoup moins marquée du fait de l'étalement des écoulements au niveau de l'apex du cône de déjection/en aval de la digue actuelle. Cette tendance peut être due à des évolutions du terrain au cours des décennies et pour une (faible) part à l'hétérogénéité de la restitution topographique.

2.4. Exposition du projet

2.4.1. Etat du risque

Que la digue soit considérée ou non dans les modélisations, avec un volume de 200 000 m³ dans les zones de départ, la partie du projet d'urbanisation de la Feulatière (jaune/orange), la plus à l'est du cône de déjection, est la plus touchée par le risque d'avalanche.

Les hauteurs maximales peuvent atteindre 1 m (Figure 13). Cependant les vitesses d'écoulements sont très faibles et n'atteignent pas 5 m/s (Figure 14).

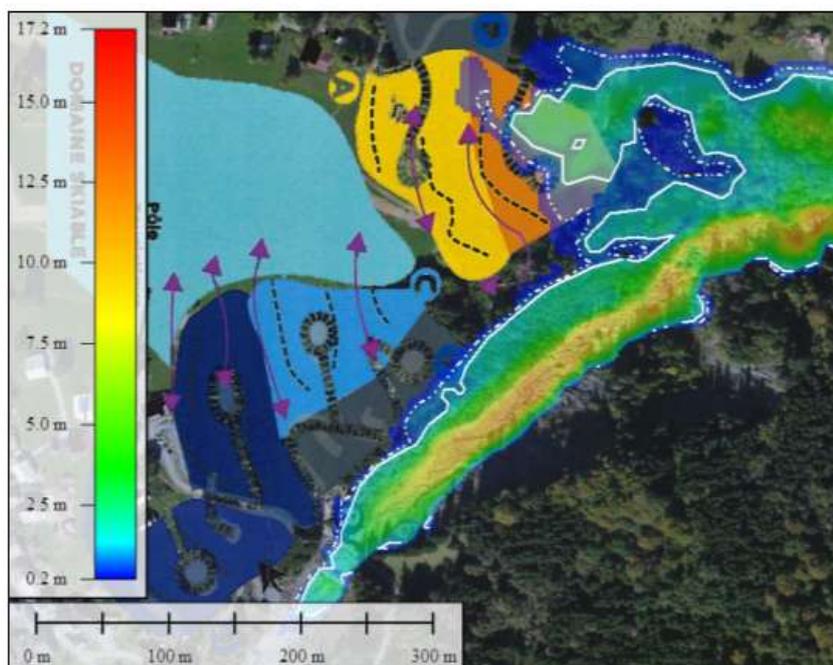


Figure 13: Hauteurs max des écoulements au niveau du projet d'urbanisation avec la limite de 1m en trait plein et de 0.5 cm en pointillés

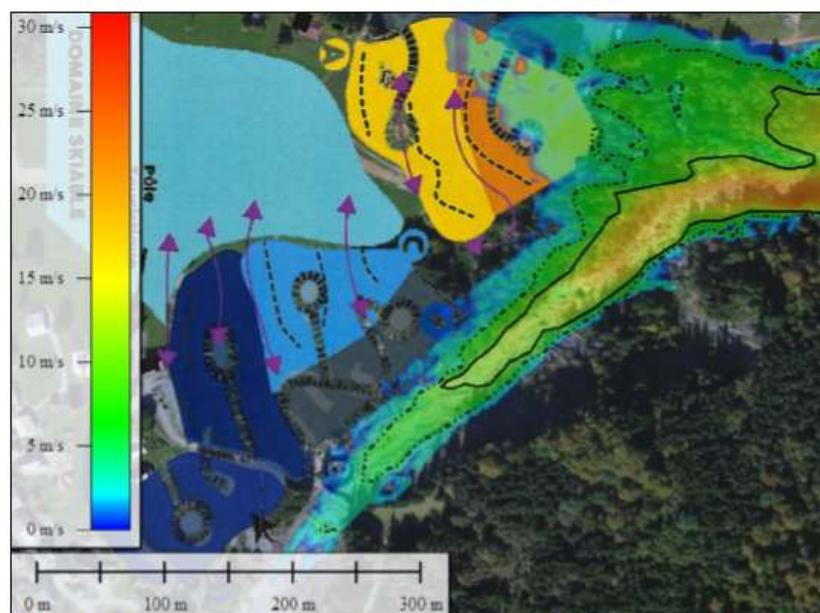


Figure 14: Vitesses max des écoulements au niveau du projet d'urbanisation avec la limite de 10m/s en trait plein et de 5m/s en pointillés

Si l'on examine maintenant la sollicitation avalancheuse, et même en considérant une hauteur d'application de seulement 1 m (par rapport aux 4 à 6 m prescrites pour la définition des zones d'aléa moyen dans le cadre d'un PPR), la limite équivalente aux 30 kPa (en fait 30kN/m sur 1 m) ne concerne pas les projets de bâtiments, Figure 15.

Le projet "Salvagny" est encore moins concerné.

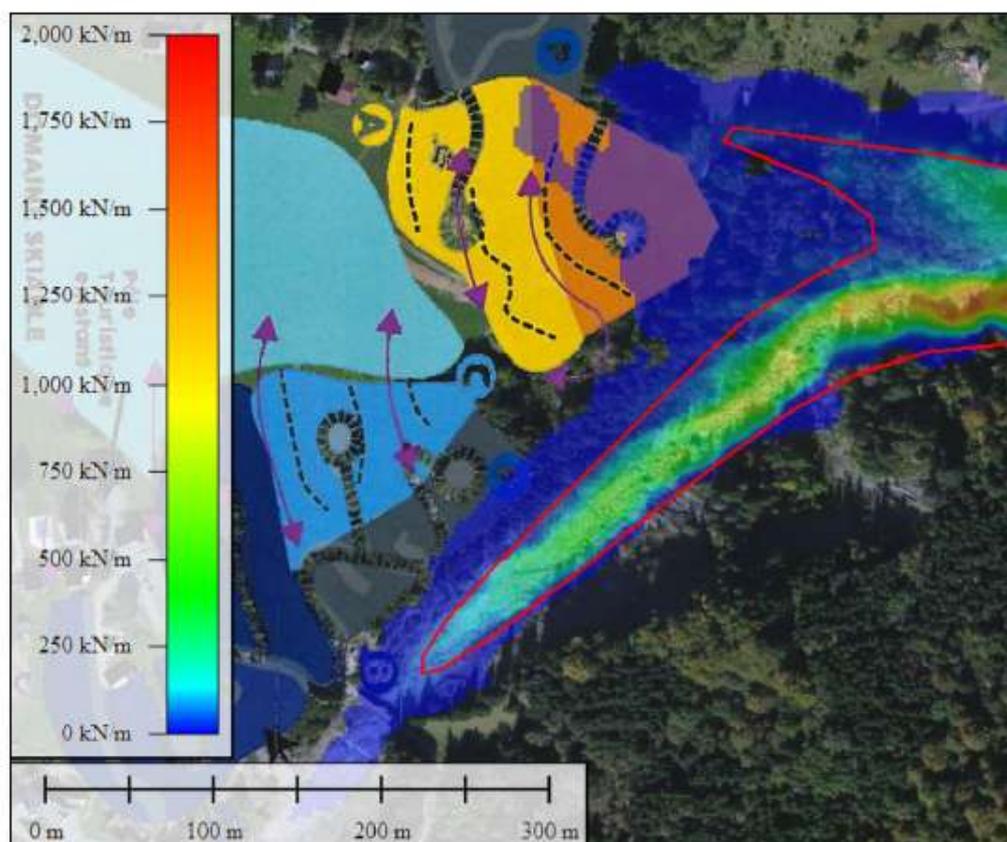


Figure 15: Représentation de la combinaison pression x hauteur avec la limite conservatrice de 30 kPa ramenée à 1m (=30kN/m) en rouge (e=1.3m, M100)

2.4.2. Etat des protections

La digue existante n'est pas dimensionnée pour un événement d'une période de retour centennale, avec un volume de 200 000 m³ dans les zones de départ.

Elle est premièrement trop courte : vu les résultats sur la Figure 12, elle devrait être rallongée d'approximativement 200 m, 150 m vers l'aval et 50m vers l'amont, pour couvrir toute la longueur de débordement.

Sa hauteur est également insuffisante. Toujours sur la base de la Figure 12, l'efficacité réelle de l'ouvrage en configuration de tourne peut être vérifiée via l'état de l'art [11]. Le tableau suivant fournit les différentes étapes des calculs avec les notations de [11].

Il en résulte une hauteur nécessaire HD qui devrait être de **7 m** (en bleu, données d'entrée) contre 4m actuellement...

Vitesse à l'emplacement de la tourne u_1	15 m/s
Epaisseur de l'avalanche à l'emplacement de la tourne h_1	2.5 m
Epaisseur du manteau à l'amont de la tourne h_s (yc érosion)	1 m
Pente du terrain à l'amont de la tourne ψ	15 °
Angle horizontal par rapport à la direction de l'avalanche φ	20 °
Angle du parement amont par rapport au terrain α	45 °
Nombre de Froude Fr	3.13
Coeff. de perte de moment k	0.80
H_{cr}	0.1 m
h_{cr}	2.6 m
$H_{cr}+h_{cr}$: hauteur efficace (supercritical overflow approach)	2.7 m
Fr de la composante normale à la tourne de la vitesse Fr_{\perp}	1.07
$ u_{\eta} $	5.13 m/s
δ	0.5 rad
h_2	5.6 m
Tourne défléctrice: φ_{max} (degrés)	33.45 °
Pente du terrain amont perpendiculaire à la tourne ψ	10 °
Distance à l'extrémité amont de la section impactée ξ	20 m
ΔH_{ψ}	0.8 m
Rayon de courbure de la tourne R_k	2000 m
ΔH_k	0.1 m
$h_2+\Delta H_{\psi}+\Delta H_k$ (shock dynamics approach)	6.5 m
h_r	6.5 m
H	7.5 m
H_D	6.9 m

Tableau 3 : Calcul de la hauteur de tourne nécessaire selon [11]

2.5. Conclusion

Cette étude a tout d'abord permis de définir un scénario centennal de référence pour déterminer le niveau d'exposition des projets d'urbanisme dans le cadre de l'UTN de la commune de Sixt. Il est question de considérer un volume global de 200 000 m³ dans les zones de départs, en considérant à la fois des départs dans les parties hautes (sous bassin versant des Folllys) et dans la partie basse (sous bassin versant de La Joux) ainsi qu'une épaisseur dans ces zones de 1.3m. A ce titre, ce scénario dépasse les hypothèses retenues dans [8].

Dans ces conditions et avec, ou non, la prise en compte de la digue actuelle existante, les projets d'aménagements sont finalement concernés minoritairement par le risque d'avalanche. Celui de la Feulatière, le plus à l'est à l'apex du cône de déjection l'est relativement plus.

Cependant, bien que les hauteurs maximales des écoulements peuvent atteindre 1m en certains points, les vitesses restent tellement limitées sur des pentes ouvertes et faibles (l'écoulement arrive en bout de course avec un étalement latéral important, les vitesses n'atteignent pas 5m/s...), que les pressions au niveau des bâtiments sont de l'ordre de 5kN/m maximum (Figure 15) bien en deça des 30kPa règlementaires.

Dans l'état actuel des PPRs, une classification en zone d'aléa moyen au moins des zones supérieures de développement urbain permettrait donc de bien couvrir (via le respect de certaines prescriptions architecturales) cette situation.

En parallèle et le cas échéant pour assurer une meilleure protection et optimiser l'existence de la protection, le niveau d'exposition au risque d'avalanche de ces futurs bâtiments pourrait être encore réduit en recalibrant la tourne existante.

Il est apparu que cette dernière n'était pas assez longue et haute. Il serait alors question de la rallonger de 50 m en amont et 100 en aval et de la rehausser de 3m (pour atteindre une hauteur totale de 7m).

A noter que le risque d'aérosol est relativement faible ici vu les très faibles possibilités de reprise de neige fraîche le long du chenal d'écoulement intermédiaire, particulièrement étroit et encaissé.

REFERENCES

Partie 1.

- [1] Fond Images WorldImagery
- [2] Tracés des variantes (transmis le 23/06/2016) Source: Mairie Sixt
- [3] www.avalanches.fr
- [4] Extrait du rapport de J.F MEFFRE pour le projet du TS Aujon en 2008.
- [5] "Extrait consultation complément du 15 mars 2016", Source: Mairie de Sixt fer à Cheval.
- [6] Prises de vue aériennes du 4 Mai 2016
- [7] Etude du RTM, Décembre 2015 "Etude de bassin de risque – division domaniale du Nant Sec", Source: Mairie Sixt Fer à Cheval
- [8] MNT (transmis le 04/07/2016), Source: Sintégra
- [9] Extrait du PIDA de Flaine, Source: Jorge Cardoso, Service des Pistes

Partie 2.

- [1] Orientation d'Aménagement et Programmation, Source : Mairie de Sixt
- [2] Etude Engineerisk, réf."FRA215-20160713 Diagnostic Risques Nivologiques avalanches – UTN Sixt"
- [3] www.avalanches.fr
- [4] Meunier M, Ancey C, Richard D., Conceptual approach to the study of snow avalanches, Cemagref, 2005
- [5] Groupe BBCM, PPR Avalanches Chamonix, Phase 2: étude approfondie de sites avalancheux, Méthodologie, juin-août 2013
- [6] Witmer U, Erfassung, Bearbeitung und Kartierung von Schneedaten in des Schweiz/ Acquisition, traitement et cartographie des données sur la neige en Suisse, Institut Géographique de l'Université de Berne, Berne, 1986
- [7] 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
- [8] Etude du RTM, Décembre 2015 "Etude de bassin de risque – division domaniale du Nant Sec", Source : Mairie Sixt Fer à Cheval
- [9] Fond Image Bing Imagery
- [10] MNTs :- réf. : "MNT_2012_NANT_SEC_1m", transmis le 05/07/2016, Source : RTM
- réf. : RGE Alti 5m, transmis le 15/09/2016, Source : RGD 73-74
- réf. : "Courbes de niveau_cotation" transmis le 09/06/2016 par la Mairie de Sixt
- [11] The design of avalanche protection dams, recent practical & theoretical developments, European Commission, 2009