



Préfecture de la Savoie  
DIRECTION DEPARTEMENTALE DES TERRITOIRES

## COMMUNE DE VILLAROGGER

# Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles

### 1. Note de présentation

### Partie 2 : **Présentation détaillée des aléas** (hors inondation par l'Isère)

Cette note complète la note de présentation générale du PPR

**Version V5 du 08 janvier 2019**

PPR approuvé le .....

Réalisation :



Agence RTM Alpes du nord – cellule expertise Savoie

# Table des Matières

<b>Préambule .....</b>	<b>4</b>
<b>I Présentation de la commune de Villaroger .....</b>	<b>5</b>
<b>II Nature des aléas cartographiés.....</b>	<b>7</b>
II.1 Les avalanches (A) .....	7
II.2 Les chutes de pierres et de blocs (P) .....	8
II.3 Les crues torrentielles (T) .....	8
II.4 Les ruissellements et ravinements (R) .....	9
II.5 Les glissements de terrain (G) et coulées boueuses associées (C) .....	9
II.6 Les affaissements et effondrements (F-E) .....	9
II.7 Les inondations lentes (I) .....	10
<b>III Aléas non pris en compte .....</b>	<b>11</b>
III.1 Les inondations par l'Isère .....	11
III.2 Les séismes.....	11
III.3 Les retraits-gonflements des argiles.....	11
III.4 Les glissements de talus .....	11
III.5 Le sur-aléa lié à la présence de bâtiments .....	11
<b>IV Phénomènes de référence retenus pour la protection des biens et des personnes .....</b>	<b>12</b>
IV.1 L'aléa de référence centennal (ARC) .....	12
IV.2 L'aléa de référence exceptionnel (ARE) .....	12
IV.3 Responsabilités .....	12
<b>V Cartographie générale des aléas sur le territoire communal .....</b>	<b>13</b>
V.1 Objectif et limites .....	13
V.2 Méthode d'investigation retenue .....	14
V.3 Critères de qualification des aléas.....	20
V.3.1 Aléas avalanche (pour la référence centennale) .....	20
V.3.2 Aléas chute de pierres et de blocs .....	21
V.3.3 Aléas crue torrentielle et coulée boueuse (pour la crue de référence centennale) .....	23

V.3.4	Aléas glissement de terrain.....	24
V.4	Les données disponibles.....	25
V.4.1	Evénements naturels recensés.....	26
V.4.2	Etudes recensées sur les aléas naturels.....	35
V.4.3	Travaux de protection réalisés contre les risques naturels.....	38
V.4.4	Cartographies antérieures des aléas naturels.....	40
V.5	Présentation générale des aléas identifiés sur l'ensemble de la commune.....	41
V.5.1	Les aléas d'avalanche (A).....	41
V.5.2	Les aléas de chutes de pierres et de blocs (P).....	42
V.5.3	Les aléas de crue torrentielle et de ruissellement (T et R).....	43
V.5.4	Les aléas de glissement de terrain et de coulée de boue associée (G et C).....	45
V.5.5	Synthèse sur l'exposition globale de la commune aux aléas naturels.....	45
V.6	Cartes générales des aléas.....	46
<b>VI</b>	<b>Cartographie détaillée des aléas sur les périmètres de prescriptions.....</b>	<b>47</b>
VI.1	Objectif et limites.....	47
VI.2	Méthodologie pour l'affichage détaillé des aléas.....	49
VI.2.1	Phénomènes définis par un couple « Intensité / période de retour ».....	49
VI.2.2	Phénomènes définis par un couple « Intensité / probabilité d'occurrence ».....	51
VI.2.3	Phénomènes définis par un couple « activité maximale / activité observable ».....	52
VI.2.4	Prise en compte des dispositifs de protection.....	53
VI.3	Investigations complémentaires retenues.....	54
VI.3.1	Visites de terrain.....	54
VI.3.2	Analyse diachronique de photos aériennes.....	54
VI.3.3	Simulations numériques.....	55
VI.4	Présentation détaillée des aléas secteur par secteur.....	63

## Préambule

La commune de Villaroger est dotée d'un Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR) approuvé le 28 août 2003.

Ce document contient une note de présentation des phénomènes naturels jugés susceptibles d'affecter les périmètres urbanisés de la commune (de Loissel à La Savinaz). Les phénomènes inventoriés sont les avalanches essentiellement, les chutes de blocs (peu d'enjeux concernés hors La Savinaz) et les glissements de terrain (forêt de Ronaz essentiellement).

En 2015, la municipalité de Villaroger a demandé une révision générale de son PPR pour plusieurs raisons :

- Mettre à jour les aléas et les contraintes d'urbanisme pesant sur le hameau de La Savinaz, suite aux travaux de protection contre les chutes de blocs réalisés depuis 2003 ;
- Mettre à jour les aléas et les contraintes d'urbanisme pesant sur le plateau du Pré, en perspective d'un projet de ZAC, à partir d'une cartographie détaillée des aléas d'avalanche issue de simulations numériques en 2D ;
- Revoir l'aléa d'avalanche cartographié sur le Chef-lieu, jugé difficilement compréhensible et pénalisant dans sa traduction réglementaire ;
- Mettre à jour le règlement du PPR, à la fois trop succinct sur certains points et jugé très pénalisant sur le plateau du Pré, avec le recours obligatoire à une urbanisation organisée derrière un bâti écran sans angle rentrant.

Les services de l'Etat (Préfecture, service Sécurité Risques de la DDT), appuyés par le service RTM de l'ONF, ont répondu favorablement à cette demande, en considérant que cette révision serait aussi l'occasion de :

- Elargir la cartographie détaillée des aléas à l'ensemble des zones aujourd'hui considérées comme potentiellement urbanisables par la commune
- Mettre à jour la connaissance des aléas, en intégrant les études déjà réalisées et les événements survenus depuis 2003 ;
- Mettre à profit l'existence d'un modèle numérique de terrain à haute résolution (LIDAR) sur les versants urbanisés de la commune, en l'utilisant pour des simulations numériques en 2D des chutes de blocs (logiciel Rockyfor3D) et des avalanches (logiciel Ramms) sur certaines zones d'enjeux forts ;
- Cartographier les aléas de crue torrentielle et ruissellement, mineurs sur les périmètres de prescriptions mais non pris en compte dans le PPR de 2003 ;
- Cartographier les avalanche exceptionnelles, conformément au guide PPR de 2015 ;
- Cartographier de manière plus sommaire les aléas naturels sur l'ensemble du territoire communal, pour guider les services lors de l'instruction de permis de construire hors du périmètre de prescriptions du PPR, en application de l'article R111.2 du code de l'urbanisme.
- Améliorer la traçabilité des investigations entreprises durant la phase de recueil des données et d'établissement des cartes d'aléas.

La révision du PPR de Villaroger a été prescrite par arrêté préfectoral en date du 25 septembre 2017 et son élaboration confiée au service RTM de Savoie (agence RTM Alpes du nord). Elle porte sur l'ensemble des points listés ci-avant.



## I Présentation de la commune de Villaroger

La commune de Villaroger se situe sur la rive gauche de la haute vallée de l'Isère, entre Bourg Saint Maurice / Les Arcs et Tignes, et face à Sainte Foy Tarentaise. Elle fait partie du canton de Bourg St Maurice et de la Communauté de Communes de Haute Tarentaise.

Son territoire de 28,15 km<sup>2</sup> s'étire sur un versant globalement nord-est, souvent abrupt. Les hameaux de Villaroger sont regroupés sur les quelques replats qu'offre le relief, entre 1000 et 1580 m du nord au sud, et comptent au total 386 habitants (2014). Ils sont surmontés par la pyramide majestueuse du Mont Pourri (3779m), l'Aiguille Rouge (3226m) et les glaciers de La Gurraz et de La Savinaz.

La partie sud de la commune, la plus alpine, est largement occupée par la zone centrale du Parc National de la Vanoise, où les refuges de Turia et La Martin permettent de passer la nuit et d'accéder à pieds ou en ski de randonnée aux sommets glaciaires.

La partie nord fait partie du domaine skiable « Paradiski », reliée aux pistes des Arcs par les télésièges du Replat et du Plan des Violettes. Les hameaux de Villaroger ont ainsi développé une capacité d'accueil de plus de 700 lits touristiques répartis sur 131 établissements (données Savoie Mont Blanc 2014). Ce territoire touristique parcouru aussi en ski hors-piste est protégé par une réserve naturelle nationale : les Hauts de Villaroger. Le public y est accueilli l'été grâce à la maison de la Réserve située au Planay et grâce à un réseau de sentiers pédestres.

Cette commune de montagne a conservé une forte tradition rurale, avec des menuiseries, des exploitations agricoles et des alpages qui accueillent des troupeaux de moutons, de chèvres et de vaches. Elle a su aussi conserver un patrimoine architectural remarquable, concentré dans des villages et hameaux entretenus et restaurés autour de la chapelle, point d'unité de chaque communauté villageoise.

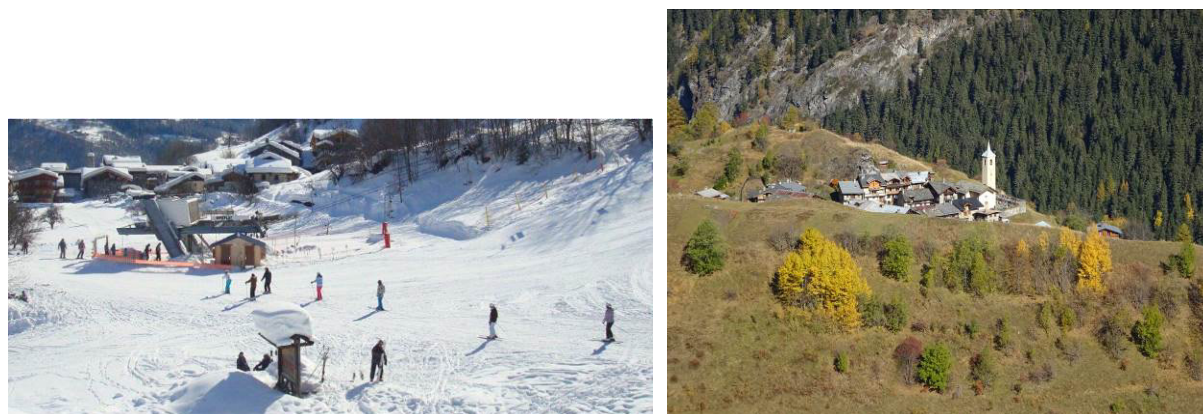


Figure II-1 : à gauche le front de neige du Pré – accès au domaine des Arcs ; à droite le hameau préservé de La Gurraz.



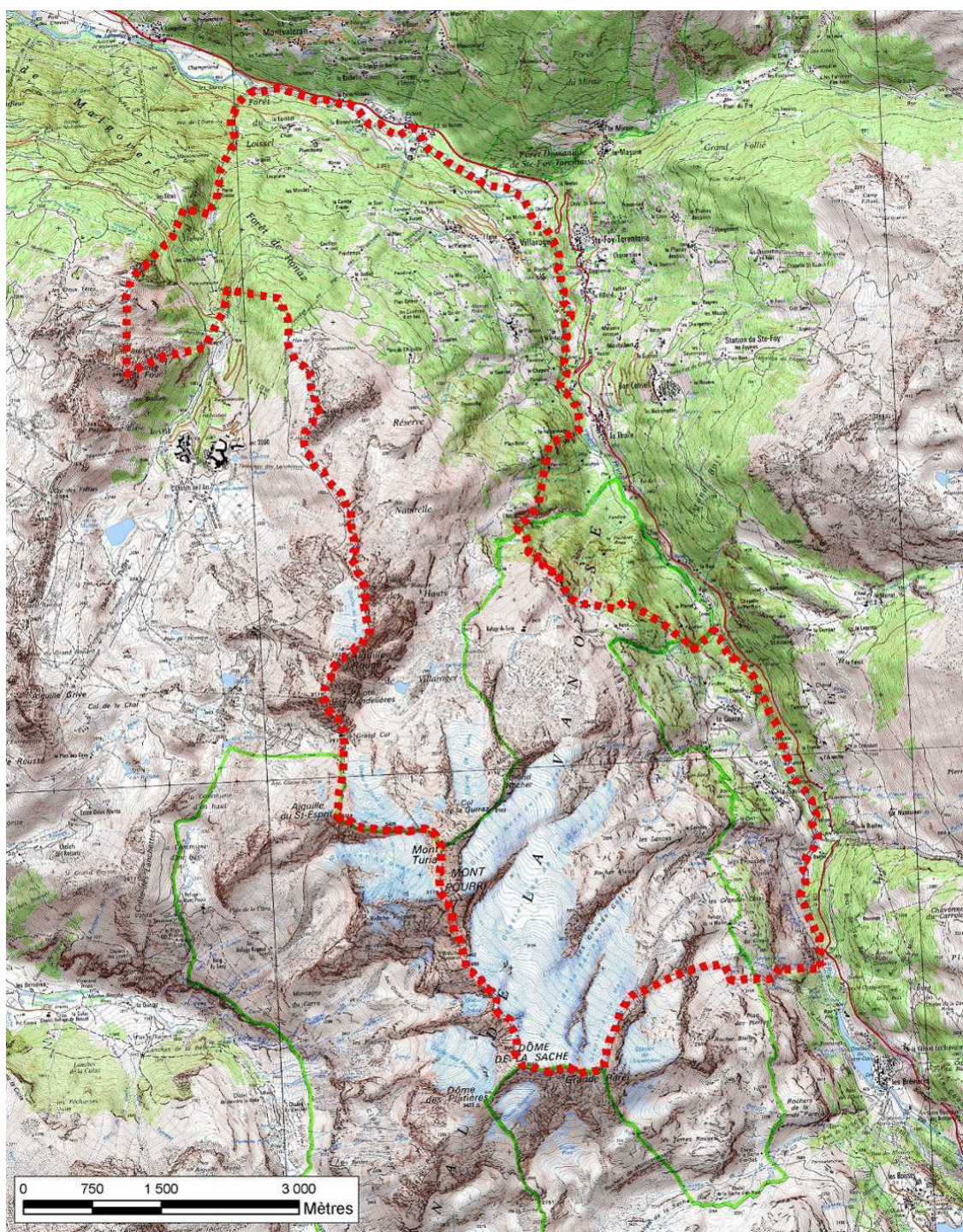


Figure II-2 : périmètre communal de Villaroger sur Scan25® de l'IGN.



## II Nature des aléas cartographiés

Un aléa naturel est la possibilité qu'un événement ayant pour origine un phénomène naturel se produise en un lieu donné, avec une intensité donnée et une périodicité ou probabilité donnée.

Lorsqu'un enjeu (bien, activité humaine...) est exposé à un aléa naturel et que l'événement peut provoquer des pertes matérielles, économiques ou humaines, on parle alors de risque naturel.

Les aléas naturels pris en compte dans le présent PPR sont décrits ci-après, avec leurs conséquences sur les constructions.

	Code Risque COVADIS
<b>A</b> : avalanches .....	140
<b>P</b> : chutes de pierres et de blocs, éboulements .....	123
<b>T</b> : inondations par crue torrentielle.....	113
<b>R</b> : inondations par ruissellement et ravinement .....	114
<b>C</b> : coulée de boue .....	114
<b>G</b> : glissements de terrain, .....	124
<b>E</b> : effondrements, <b>F</b> : affaissements, .....	121
<b>I</b> : inondations, crues à débordement lent .....	112

### II.1 Les avalanches (A)

Une avalanche est la mise en mouvement brutale et rapide d'une masse de neige sur une pente généralement comprise entre 30 et 55°, lorsque les forces de résistance interne et externe du manteau neigeux deviennent inférieures à la force de pesanteur.

L'avalanche est amorcée par une rupture mobilisant tout ou partie de l'épaisseur du manteau neigeux en zone de départ. Elle transite ensuite dans un couloir ou sur un versant, que l'on qualifie de zone d'écoulement. Elle décélère et finit par s'arrêter sur une zone à faible pente et souvent évasée que l'on appelle zone d'arrêt (ou de dépôt).

On peut distinguer :

- les avalanches coulantes de neige dense humide, qui sont généralement peu rapides, qui suivent la ligne de plus grande pente et les microreliefs, mais qui peuvent exercer des pressions très importantes sur les obstacles ;
- les avalanches coulantes de neige froide, non transformée, peu denses et rapides.
- les aérosols, mélange turbulent d'air et de particules de neige se déplaçant à grande vitesse (100 km/h et plus) L'aérosol est généré par la vitesse élevée de certaines avalanches de neige froide.

Les biens exposés aux avalanches subissent une poussée dynamique (pression d'impact) sur les façades exposées à l'écoulement mais aussi à un moindre degré sur les autres façades. Les façades pourront également subir des efforts de poinçonnement liés à la présence, dans l'avalanche, d'éléments étrangers : arbres, branches, blocs rocheux, etc. Ces contraintes peuvent entraîner la ruine des constructions. Par ailleurs les constructions pourront être envahies et/ou ensevelies par les avalanches.

## II.2 Les chutes de pierres et de blocs (P)

Les chutes de pierres et de blocs correspondent au déplacement gravitaire d'éléments rocheux par rebonds ou par roulement sur la surface topographique. Ces éléments rocheux proviennent de zones rocheuses escarpées et fracturées ou de zones d'éboulis instables. On parlera de pierres lorsque leur volume unitaire ne dépasse pas le litre ; les blocs désignent des éléments rocheux de volumes supérieurs.

Il est relativement aisé de déterminer les volumes des instabilités potentielles. Il est plus difficile de définir la probabilité d'apparition des phénomènes.

Les trajectoires sont guidées par la ligne de plus grande pente, mais l'on observe souvent des trajectoires qui s'écartent de cette ligne "théorique". Les masses et les vitesses peuvent représenter des énergies cinétiques importantes (par exemple 100 kJ pour un bloc de 60 cm – 250 kg - à 100 km/h) et donc un grand pouvoir destructeur, le poinçonnement pouvant entraîner, dans les cas extrêmes, la ruine totale des constructions.

Les écroulements désignent l'effondrement de pans entiers de montagne (cf. écroulements du Mont Granier en 1248... et en 2016) et peuvent mobiliser plusieurs milliers voire plusieurs millions de mètres cubes de rochers. La dynamique de ces phénomènes ainsi que les énergies développées n'ont rien à voir avec les chutes de blocs isolés. Ces phénomènes très exceptionnels ne sont pas pris en compte dans les PPR.

## II.3 Les crues torrentielles (T)

Les phénomènes torrentiels recouvrent des phénomènes variés liés aux crues des torrents et des rivières torrentielles. Il s'agit cependant dans tous les cas d'écoulements où cohabitent une phase liquide (l'eau) et une phase solide (les matériaux transportés : terre, pierres, blocs, débris végétaux...).

Les écoulements suivent en général la ligne de plus grande pente. Les vitesses d'écoulement sont fonction de la pente, de la teneur en eau, de la nature des matériaux et de la géométrie de la zone d'écoulement (écoulement canalisé ou zone d'étalement).

La phase solide est constituée des matériaux provenant du lit et des berges mêmes du torrent, ainsi que des versants instables qui le dominent. On parlera d'écoulement bi-phasique ou charriage lorsque, dans la zone de dépôt, il y a séparation visible et instantanée des deux phases solide et liquide. Dans le cas contraire on parlera d'écoulement monophasique ; il s'agit alors de lave torrentielle. Ces laves ont une densité telle qu'elles peuvent transporter des blocs de plusieurs dizaines de mètres cubes.

Les biens exposés subiront une poussée dynamique sur les façades exposées à l'écoulement mais aussi une pression sur les façades situées dans l'axe de l'écoulement. Les façades pourront également subir des efforts de poinçonnement liés à la présence au sein des écoulements d'éléments grossiers. Ces contraintes peuvent entraîner la ruine des constructions. Par ailleurs les constructions pourront être envahies et/ou ensevelies par les dépôts.

Les érosions de berges sont associées et assimilées aux crues torrentielles. Il s'agit du sapement du pied des berges par l'énergie d'écoulement d'un cours d'eau, avec pour conséquence l'ablation d'une partie des matériaux constitutifs de ces mêmes berges, pouvant conduire au recul de la berge. Ce recul peut conduire de façon assez aléatoire à la divagation du cours d'eau s'il se crée un nouveau lit.

Les berges meubles sont les plus concernées, mais les érosions en crue peuvent arracher des blocs, voire des ouvrages de protection (enrochements sous-dimensionnés.)

Le risque d'apparition de ce phénomène rend impropre à la construction une bande de terrain plus ou moins large de part et d'autre des cours d'eau (et y compris des talwegs secs). Il fait aussi courir aux constructions existantes un risque de destruction partielle ou complète.

## **II.4 Les ruissellements et ravinements (R)**

Le ruissellement est un écoulement d'eau claire ou peu chargé en matière solide, généralement diffus, qui se met en place à l'occasion de pluies intenses et prolongées sur les pentes nues (couvert herbeux, dalles rocheuses...) ou sur les surfaces artificiellement imperméabilisées (chemins, voiries revêtues, parking...) On parle alors de ruissellement urbain. Les débordements en eau claire des ruisseaux sont ici associés au ruissellement.

Lorsque les ruissellements se concentrent ou se produisent sur des sols érodables, ils peuvent générer des ravinements.

Le ravinement est une forme d'érosion rapide des terrains sous l'action de précipitations abondantes. Plus exactement, cette érosion prend la forme d'une ablation des terrains par entraînement des particules de surface sous l'action du ruissellement.

Dans les zones où se produit le ravinement, les fondations des constructions pourront être affouillées, ce qui peut entraîner leur ruine complète. En contrebas, dans les zones de transit ou de dépôt des matériaux, le phénomène prend la forme de coulées boueuses.

## **II.5 Les glissements de terrain (G) et coulées boueuses associées (C)**

Un glissement de terrain est un déplacement d'une masse de matériaux meubles ou rocheux, suivant une ou plusieurs lignes de rupture. Ce déplacement entraîne généralement une déformation plus ou moins prononcée des terrains de surface.

Les déplacements sont de type gravitaire et se produisent donc selon la ligne de plus grande pente. En général, l'un des facteurs principaux de la mise en mouvement de ces matériaux est l'eau.

Sur un même glissement, on pourra observer des vitesses de déplacement variables en fonction de la pente locale du terrain, créant des mouvements différentiels. Les constructions situées sur des glissements de terrain pourront être soumises à des efforts de type cisaillement, compression, dislocation liés à leur basculement, à leur torsion, leur soulèvement ou encore à leur affaissement. Ces efforts peuvent entraîner la ruine des constructions. La réponse constructive à ces efforts est d'ordre géotechnique, avec généralement un renforcement des fondations et de la structure des bâtiments.

Lorsque la masse glissée contient beaucoup d'eau et des terrains meubles, elle peut évoluer avec la pente en coulée boueuse et prendre beaucoup de vitesse. Ces coulées boueuses vont solliciter les constructions de la même manière que les laves torrentielles, alors qu'elles ne sont pas issues de torrents. La réponse constructive à ces efforts n'a souvent plus rien à voir avec les glissements de terrain et portent surtout sur le renforcement des façades exposées.

## **II.6 Les affaissements et effondrements (F-E)**

Ces mouvements sont liés à l'existence de cavités souterraines, donc difficilement décelables, créées soit par dissolution (calcaires, gypse...), soit par entraînement des

matériaux fins (suffosion...), soit encore par les activités de l'homme (tunnels, carrières...). Ces mouvements peuvent être de types différents :

Les affaissements sont des dépressions topographiques en forme de cuvette et à grand rayon de courbure, dues au fléchissement lent et progressif des terrains de couverture, avec ou sans fractures ouvertes. La composante verticale du mouvement est prépondérante. Des efforts de flexion, de traction et de cisaillement et les tassements différentiels préjudiciables aux structures peuvent se manifester dans les zones de bordure. Dans certains cas, les affaissements peuvent être le signe annonciateur d'effondrements.

Les effondrements sont des mouvements gravitaires à composante essentiellement verticale, qui se produisent de façon plus ou moins brutale. Ils résultent de la rupture des appuis ou du toit d'une cavité souterraine préexistante. Cette rupture se propage jusqu'en surface en y déterminant l'ouverture d'une excavation grossièrement cylindrique. On parle alors de fontis.

Selon la nature exacte du phénomène, les dimensions et la position du bâtiment, ce dernier pourra subir des déformations, un basculement ou un enfoncement pouvant entraîner sa ruine partielle ou totale.

## **II.7 Les inondations lentes (I)**

Les inondations sont un envahissement par l'eau des terrains, principalement lors des crues des rivières et des fleuves. Cet envahissement se produit lorsque le débit liquide est supérieur à la capacité d'écoulement du lit du cours d'eau, en particulier au droit d'ouvrages tels que les ponts, les busages, etc.

A la submersion simple (vitesse des écoulements inférieure ou égale à 0,5 m/s), peuvent s'ajouter les effets destructeurs d'écoulements rapides (vitesse des écoulements supérieure à 0,5 m/s).

Une inondation peut aussi être provoquée par remontée du niveau de la nappe phréatique jusqu'en surface ; dans ce cas le facteur vitesse tient peu de place dans l'appréciation de l'intensité du phénomène.

*Sur la commune de Villaroger, nous n'avons identifié aucun aléa d'inondation lente (hors inondation par l'Isère, non pris en compte dans le présent document) et aucun aléa d'affaissement / effondrement.*

## III Aléas non pris en compte

Ne sont pas pris en compte dans le présent PPR :

### III.1 Les inondations par l'Isère

Cet aléa ne concerne pas les périmètres d'enjeux de la commune et n'a donc pas été cartographié, même s'il empiète sur l'extrémité basse du territoire communal.

### III.2 Les séismes

L'aléa sismique est déterminé au niveau national par le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français, pour l'application des nouvelles règles de construction parasismiques. Ce zonage sismique divise le territoire national en cinq zones de sismicité croissante (de très faible à forte), en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes. Les limites de ces zones sont, selon les cas, ajustées à celles des communes ou celles des circonscriptions cantonales. D'après ce zonage, la commune de Villaroger se situe en zone de sismicité modérée (3 sur une échelle de 5).

Les constructions devront respecter la réglementation parasismique correspondante (règles Eurocode 8), dont le corpus réglementaire et le cadre d'application figurent sur le site internet <http://www.planseisme.fr/>

### III.3 Les retraits-gonflements des argiles

Le site <http://www.argiles.fr/> fournit la carte de hiérarchisation de l'aléa retrait-gonflement des argiles et les recommandations correspondantes.

### III.4 Les glissements de talus

Le PPR ne prend pas en compte les phénomènes de glissement de terrain de faible extension spatiale dus à des activités humaines mal maîtrisées (exemple : glissement de talus suite à raidissement trop importants ou rejet d'eau sans précaution). La solution à ces problèmes est de la responsabilité du maître d'ouvrage et de son maître d'oeuvre qui doivent analyser l'impact prévisible des travaux sur la stabilité des terrains, avant toute exécution.

### III.5 Le sur-aléa lié à la présence de bâtiments

L'influence du bâti - existant ou futur - sur l'écoulement des phénomènes naturels gravitaires est complexe. Le sur-aléa (amplification locale de l'aléa par déviation, due à la présence de bâtiments) n'est de ce fait que partiellement et forfaitairement pris en compte, en considérant que l'écoulement peut être dévié par le bâti formant obstacle d'un angle allant jusqu'à 80° par rapport à sa direction initiale. Il en résulte une large gamme de façades pouvant être directement exposées à l'écoulement (cf. annexe 1 du règlement).

L'effet protecteur des bâtiments pouvant jouer un rôle de digue d'arrêt n'est en revanche pas du tout pris en compte dans les PPR, pour la simple raison que ces bâtiments ne sont pas des ouvrages de protection et que rien n'empêche leur propriétaire de les modifier ou de les supprimer. Or la prise en compte d'un ouvrage de protection dépend des garanties que l'on peut avoir sur sa pérennité à long terme.

## IV Phénomènes de référence retenus pour la protection des biens et des personnes

### IV.1 L'aléa de référence centennal (ARC)

Pour l'ensemble des phénomènes naturels, l'aléa de référence est le plus fort événement connu ou le phénomène d'occurrence centennale (ayant en moyenne une chance sur 100 de se produire chaque année), si celui-ci est plus important en extension et/ou en intensité. On l'appellera alors « aléa de référence centennal » (ARC).

Toutefois, si les facteurs ayant contribué au déclenchement et au développement du plus fort événement connu ne sont durablement plus réunis, le phénomène de référence peut être revu à la baisse. Ainsi seront écartés, par exemple, les avalanches antérieures au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle (fin du Petit Age Glaciaire) ou encore d'anciens débordements torrentiels lorsque l'enfoncement du chenal d'écoulement ne permet plus de tels scénarii.

### IV.2 L'aléa de référence exceptionnel (ARE)

**Concernant spécifiquement l'avalanche**, un aléa de référence exceptionnel (ARE) est pris en compte pour la seule protection des personnes. Il correspond à l'avalanche de période de retour tri-centennale. La cartographie de l'ARE n'a été réalisée que sur les extensions d'avalanches susceptibles d'atteindre les périmètres de prescriptions.

### IV.3 Responsabilités

Au vu de ce qui précède, les prescriptions du PPR ne sauraient être opposées aux services de l'Etat et au bureau d'étude comme valant garantie contre des phénomènes plus rares que le phénomène de référence ou imprévisibles au regard des connaissances disponibles.



## V Cartographie générale des aléas sur le territoire communal

### V.1 Objectif et limites

La cartographie des aléas se décline à deux échelles d'analyse dans le PPR : une cartographie générale (CGA) à l'échelle de la commune, présentée ci-après, et une cartographie détaillée des aléas (CDA ou C2PN) à l'échelle du périmètre réglementé, détaillée au chapitre VI.

Comme évoqué en préambule, la cartographie générale des aléas sur un périmètre bien plus large que le périmètre de prescriptions du PPR a pour objectif de guider les services lors de l'instruction de permis de construire pour des projets isolés, en application de l'article R111.2 du code de l'urbanisme.

Il peut s'agir de réhabilitations de chalets d'alpage, d'extensions de refuges, de restaurants d'altitude, de remontées mécaniques (procédure spécifique), de cabanes de berger...

Le périmètre élargi retenu sur Villaroger est la totalité du territoire communal (cf. fig. II-2). Ce choix est justifié du fait que tous les bassins-versants de la commune englobent au moins des bâtiments isolés.

Cette cartographie générale des aléas, hors des zones menaçant les périmètres réglementés, est établie avec une précision correspondant au Scan25® de l'IGN agrandi au 1/15 000<sup>ème</sup>, sans investigation de terrain systématique et sans étude ni modélisation spécifique.

Si l'incertitude est omniprésente dans le domaine des aléas naturels, elle l'est particulièrement avec ce niveau d'investigation. La carte générale des aléas ne peut donc se suffire à elle-même pour définir les contraintes et les renforcements des projets d'aménagement.

Son objectif est bien d'orienter le service urbanisme vers un refus du projet, vers une étude spécifique ou vers une autorisation sans conditions, en fonction de la présence ou non d'aléas et de leur niveau estimé.

La présence d'un ou plusieurs aléas forts sur la zone du projet devrait logiquement conduire au refus du projet. Inversement, l'absence d'aléa devrait conduire à son autorisation sans réserve au titre des risques naturels. Dans les situations intermédiaires où l'aléa est incertain ou d'intensité prévisible moyenne à faible, le projet, pour être accordé, nécessite une étude spécifique à réaliser par le porteur du projet, appuyée par une visite de terrain, qui permettra de confirmer l'aléa et de préciser les contraintes à prendre en compte.

Contrairement au zonage réglementaire du PPR, cette cartographie générale des aléas n'est donc qu'indicative (non réglementaire) et peut être contredite à tout moment par une étude locale plus précise.

## V.2 Méthode d'investigation retenue

La cartographie générale des aléas sur la commune de Villaroger a été réalisée en exploitant les données suivantes :

- Données disponibles sur les événements naturels de la commune, dont la Carte de Localisation des Phénomènes d'Avalanches (CLPA) (cf. V.4) ;
- Données disponibles sur les ouvrages de protection réalisés (cf. V.4) ;
- Etudes existantes disponibles sur la commune (cf. V.4) ;
- Scan25® de l'IGN pour la figuration du relief (courbes de niveau, figuré de barres rocheuses...), des cours d'eau et des éboulis ;
- Orthophotos IGN couleurs de 2013 pour les traces d'événement laissées dans la végétation, pour la présence de pierriers ou gros blocs isolés, pour les érosions ou dépôts de crue torrentielle, pour les zones humides et cours d'eau...

La superposition en transparence du Scan25® et de l'orthophoto offre un maximum d'information en vision unique (cf. fig. V-1) ;

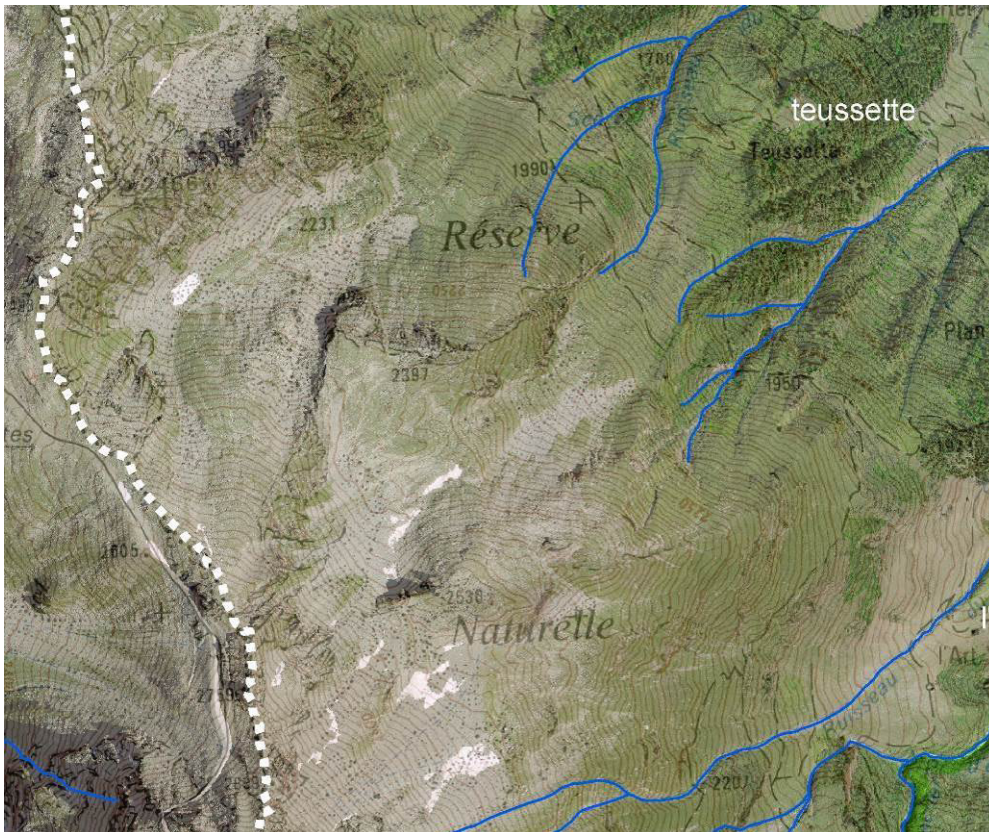


Figure V-1 : vue en transparence du Scan25® de l'IGN sur orthophoto IGN de 2013.



- La carte des pentes issue de la couche RGE ALTI® de l'IGN (résolution maximale 5 m), en tant que de besoin, notamment pour identifier les zones de départ d'avalanche potentielles, comprises entre 30 et 60° (cf. fig. V-2) ;

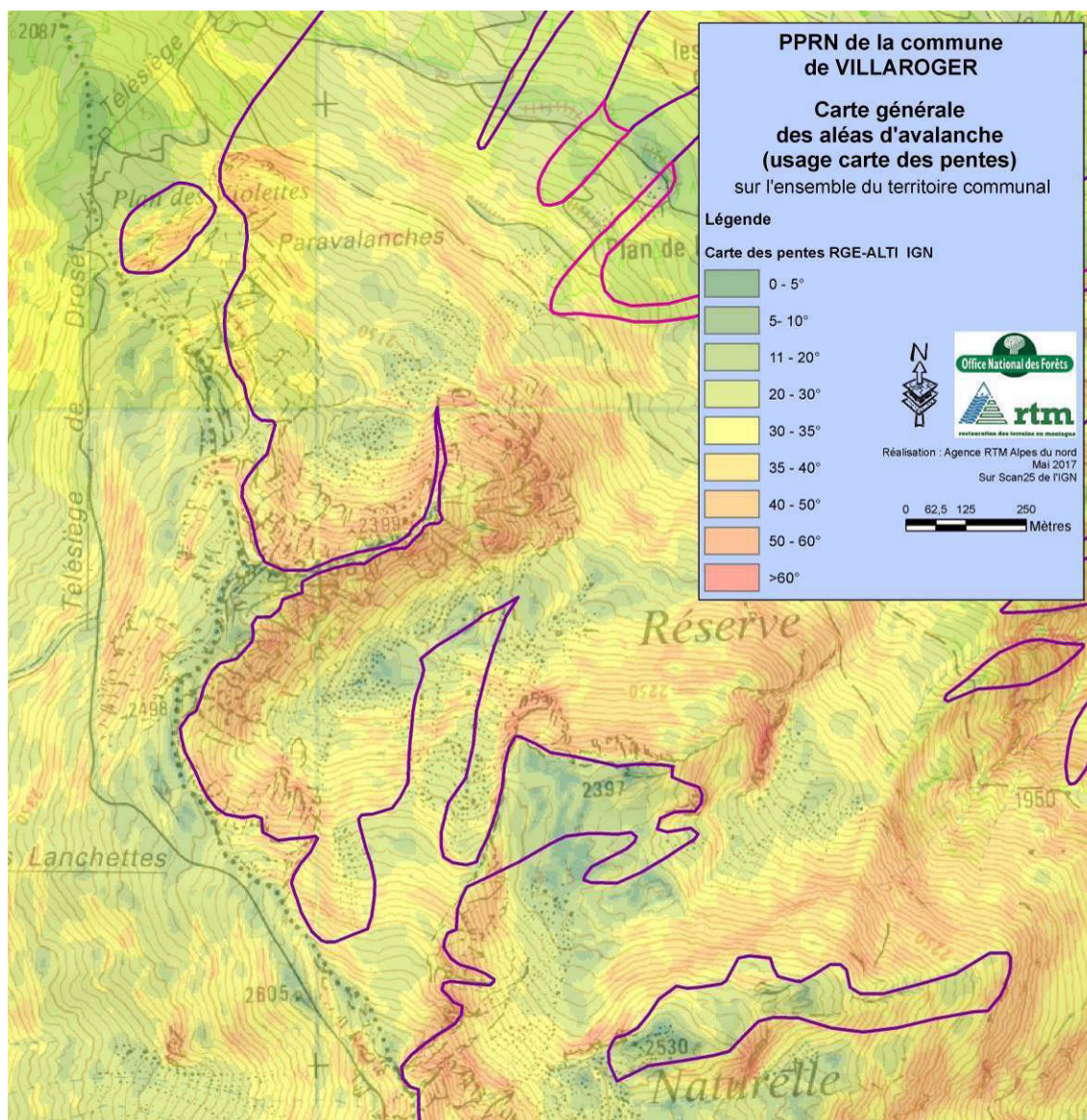


Figure V-2 : vue en transparence du Scan25® de l'IGN sur carte des pentes issue de la RGE ALTI IGN, facilitant le tracé des zones de départ des avalanches (en violet).



- La carte des pentes et les courbes de niveau générées par le logiciel SIG Arcgis 10, issues d'un levé topographique à haute résolution « LIDAR » établi par Sintegra pour la commune en 2015 sur les versants urbanisés de Villaroger.

Cette carte permet notamment d'identifier visuellement les affleurements et parois rocheuses d'où prennent naissance les aléas « chutes de pierres et de blocs », et de poser une limite basse de l'aléa qui dépend des micros-reliefs (combes canalisatrices, replats...). Cette limite établie à dire d'expert a été contrôlée au regard de l'angle qu'elle forme avec la zone source (méthode nationale de zonage de l'aléa chute de pierres « Mezap » s'appuyant sur les mesures statistiques de la ligne d'énergie maximale des blocs éboulés.

Sur Villaroger l'angle retenu pour cette ligne d'énergie varie entre 32 et 37° suivant la configuration topographique.

La carte fait aussi apparaître les lits des petits cours d'eau, y compris en zones masquées par la végétation (cf. fig. V-3 et V-4) ;

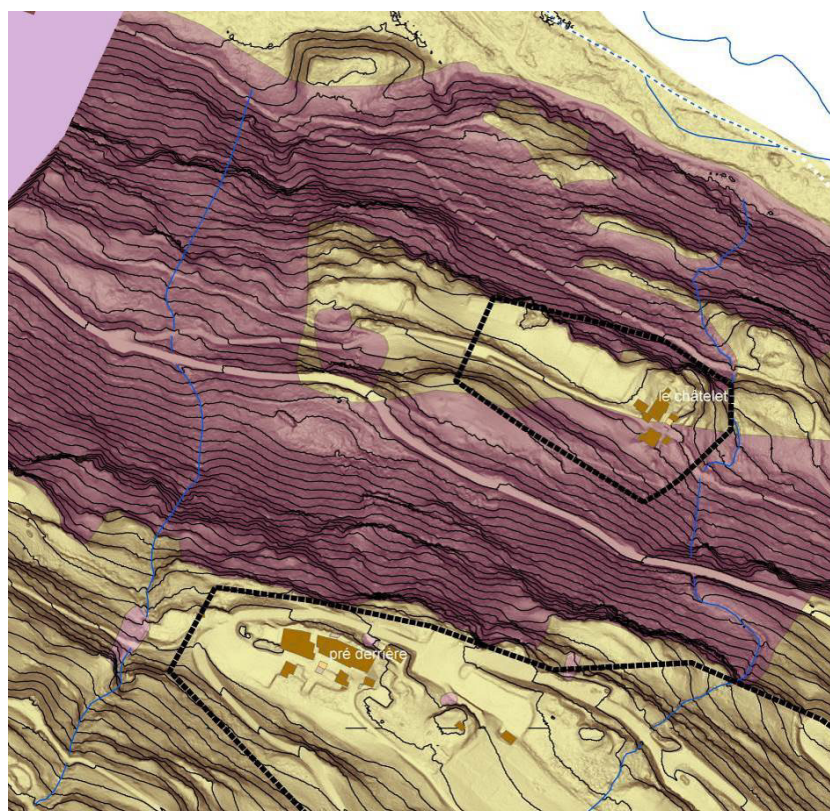


Figure V-3 : carte des pentes et courbes de niveau (équidistance 5 m) issues du levé LIDAR 2015 de la commune, facilitant le tracé du lit des ruisseaux (en bleu) et des aléas chute de blocs (en violet).

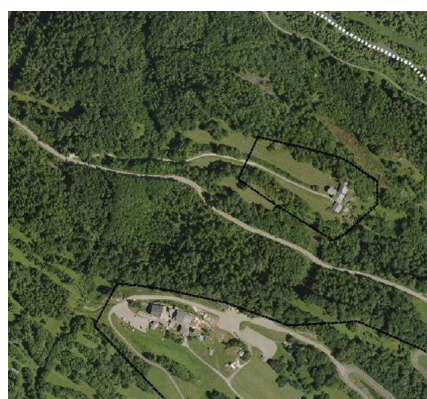


Figure V-4 : vue comparable à la figure V-3 sur orthophoto IGN de 2013. La végétation masque les escarpements rocheux.



- La carte géologique au 1/50 000ème établie par le BRGM sur la commune, pour identifier les roches affleurantes, les formations glaciaires meubles, les niches d'arrachement, les formations glissées, les terrains disloqués sur place... (cf. fig. V-4) ;

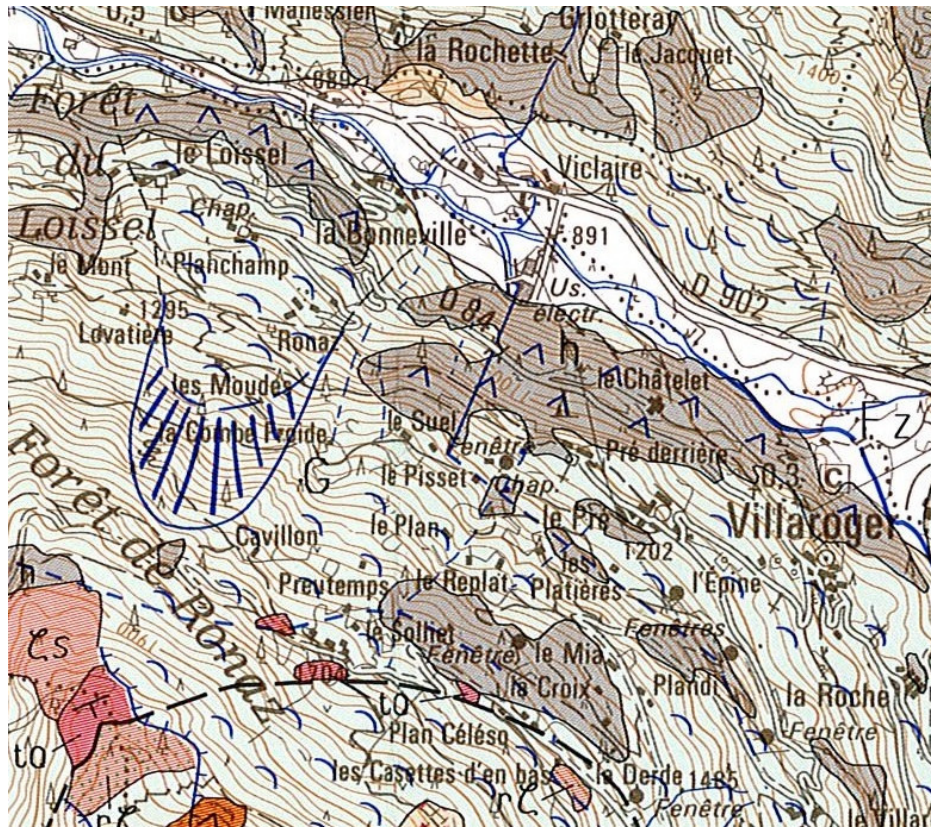
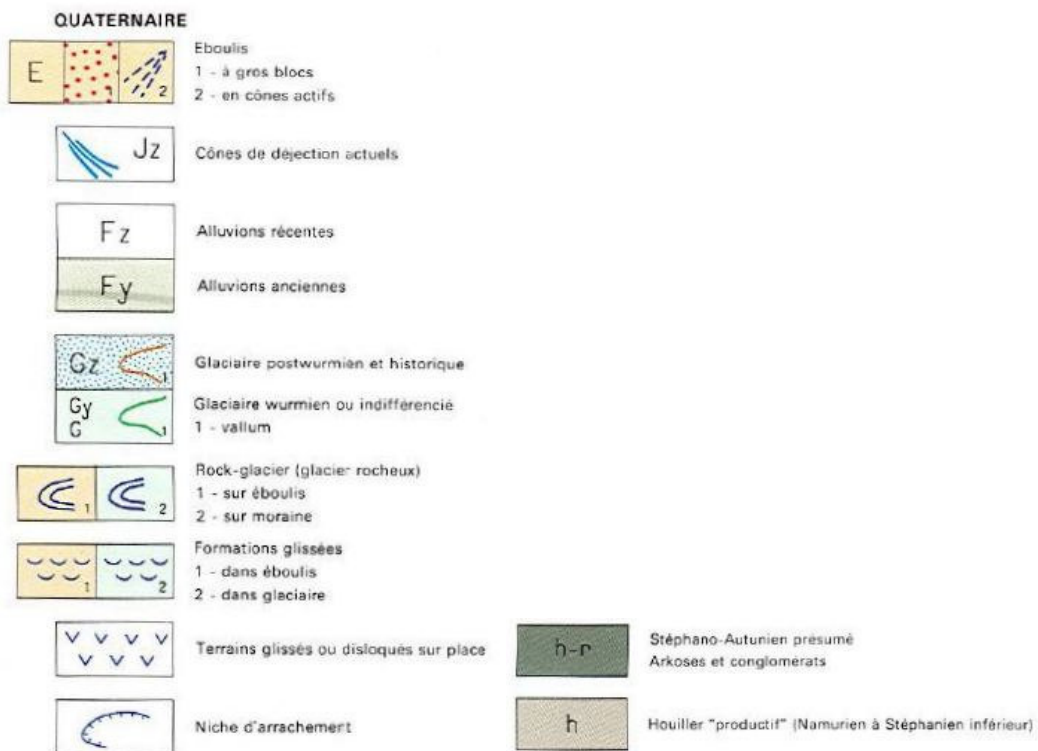


Figure V-4 : extrait de la carte géologique « Ste Foy Tarentaise » au 1/50 000ème éditée par le BRGM.





- La carte des glaciers-rocheux inventoriés par l'ONF-RTM et l'Institut de Géographie Alpine (IGA) en 2015 sur la commune, pour localiser les formes actives susceptibles de générer un aléa fort de glissement de terrain, et les formes inactives associées à un aléa plus modéré (cf. fig. V-5).

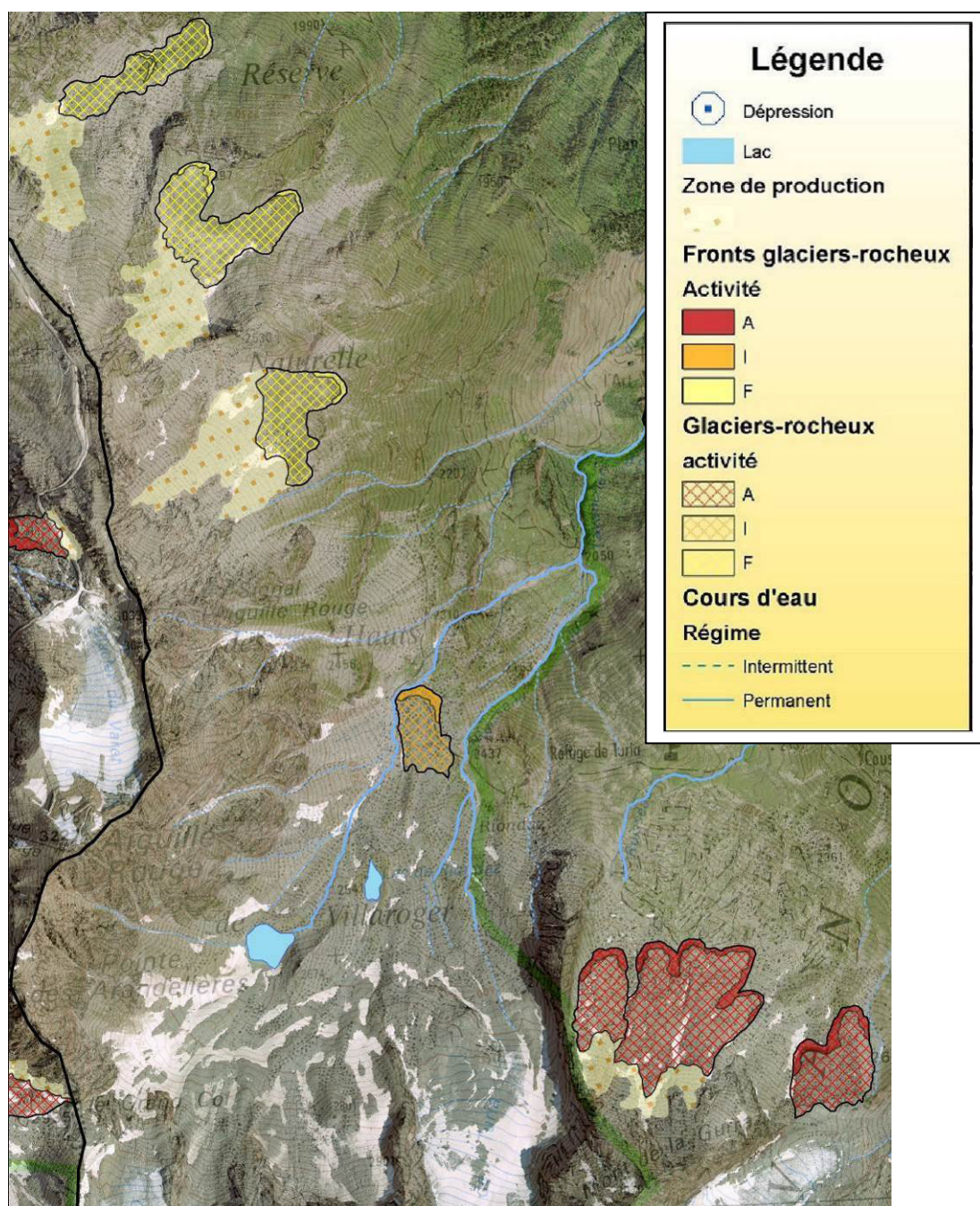


Figure V-5 : extrait de la carte inventaire des glaciers-rocheux de Savoie réalisée par l'ONF-RTM et l'IGA en 2015, avec les formes actives (A), inactives (I) et fossiles (F).



- La vision stéréoscopique en relief de photos aériennes de la commune (campagne IFN 1982 et IGN 1996), pour coupler l'analyse des micro-reliefs avec les détails de ces photos à haute résolution (cf. fig. V-6) ;

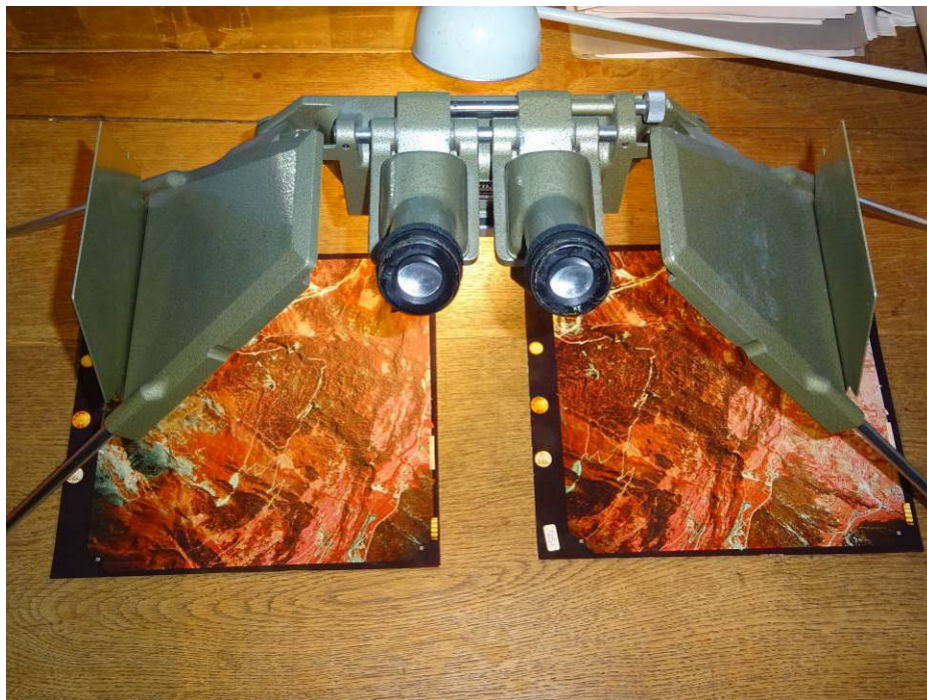


Figure V-6 : usage du stéréoscope pour voir en relief les photos aériennes.

- Des vues Google Earth® en 3D des versants, pour compléter l'analyse du relief en perspective (cf. fig. V-7) ;

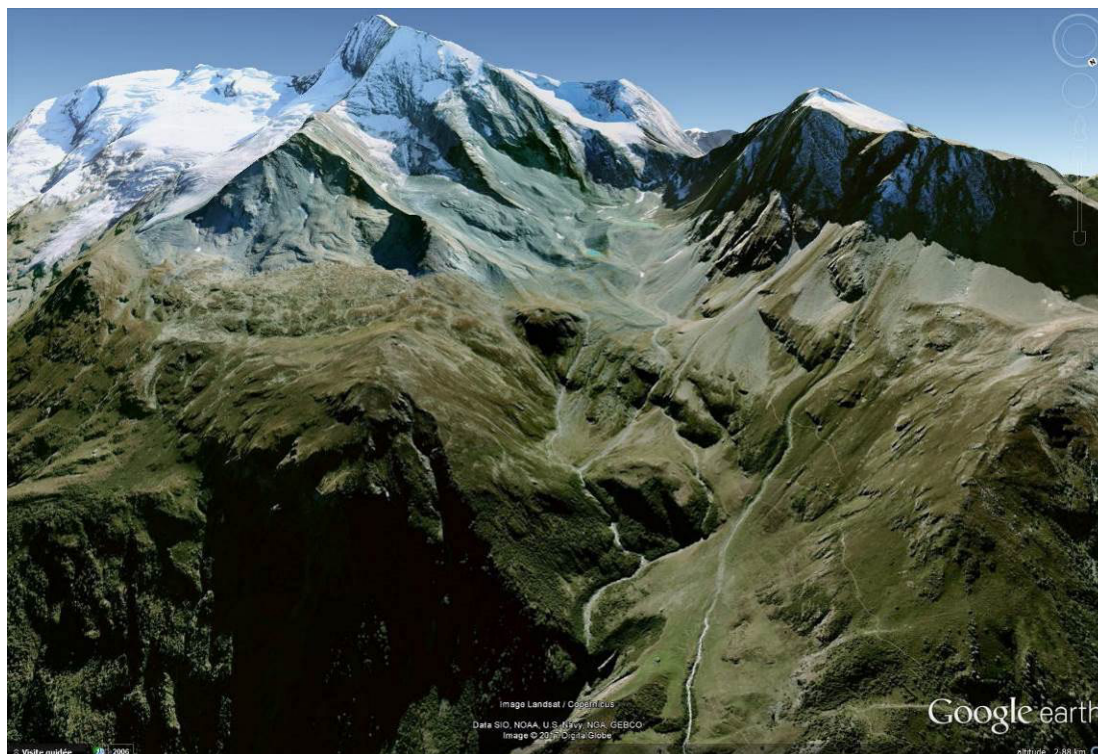


Figure V-7 : vue Google Earth® 3D du vallon du Lavancher sous l'Aiguille Rouge.

- Des photos générales des versants étudiés (cf. fig. V-8) et des photos rapprochées lors de visites de terrain ponctuelles.



Figure V-8 : vue du versant avalancheux dominant les Cassettes d'en Bas (automne 2015).

## V.3 Critères de qualification des aléas

Du fait de la grande variabilité des phénomènes naturels et des nombreux paramètres qui interviennent dans leur déclenchement, la qualification de l'aléa dans une zone donnée est complexe. Son évaluation reste subjective : elle fait appel à l'ensemble des informations recueillies au cours de l'étude, au contexte géologique, aux caractéristiques des précipitations et à l'appréciation du chargé d'étude. Pour limiter l'aspect subjectif, des grilles simplifiées de caractérisation des différents aléas ont été définies, à partir des guides méthodologiques des PPRN. Elles sont présentées ci-dessous pour les types d'aléas identifiés.

### V.3.1 Aléas avalanche (pour la référence centennale)

Aléa	Indice	Critères
Fort	A3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone d'écoulement des avalanches coulantes et mixtes</li> <li>• Zone d'arrêt des avalanches coulantes, avec des dépôts denses et épais de plusieurs mètres</li> <li>• Zone où des bâtiments, même renforcés, ont subi des dommages structurels lourds</li> <li>• Zone de transit de puissants aérosols, avec destruction de boisements entiers</li> <li>• Zone de reptation de neige</li> <li>• Zone soumise à des pressions d'impact &gt; 30 kPa, en cas de simulations numériques</li> </ul>
Moyen	A2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fin de zone d'arrêt des avalanches coulantes/mixtes de neige sèche, avec des dépôts peu denses et peu épais (&lt; 2 m)</li> <li>• Zone d'écoulement et d'arrêt de coulées de neige diffuses et non canalisées</li> <li>• Zone où des bâtiments renforcés n'ont subi que des dommages mineurs</li> <li>• Zone de transit des aérosols avec dégâts localisés dans le boisement...</li> <li>• Zone soumise à des pressions d'impact comprises entre 30 et 3 kPa, en cas de simulations.</li> </ul>
Faible	A1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de dispersion des aérosols, avec des dégâts isolés et limités (branches cassées...), purge de petits talus &lt; 20 m</li> <li>• Zone où des bâtiments, même non renforcés, n'ont subi que des dommages mineurs (vitres cassés, tuiles ou lauzes déplacées, plâtrage...)</li> <li>• Zone soumise à des pressions d'impact comprises entre 1 et 3 kPa, en cas de simulations.</li> </ul>



### V.3.2 Aléas chute de pierres et de blocs

Le guide MEZAP (**M**éthode de **Z**onage de l'**A**léa chutes de **P**ierres) est la méthodologie en vigueur en matière de qualification des aléas de chutes de blocs dans les PPRN.

Le travail décrit ci-dessous s'appuie sur la dernière version (janvier 2014) de ce guide. Cette méthode consiste à croiser l'intensité (donnée par la blocométrie) avec la probabilité d'occurrence qui est elle-même issue d'une matrice interceptant la probabilité d'atteinte (définie par les lignes d'énergies) avec l'activité (prise en compte de l'historique et de l'expertise de terrain).

Les paragraphes ci-après détaillent la méthodologie.

#### L'intensité

Le niveau d'intensité est fonction des dommages au bâti. En absence de modélisation permettant de disposer des énergies, l'intensité est caractérisée par le volume des blocs.

Niveaux d'intensité	Description	Dommages
Faible	$< 0,25 \text{ m}^3$	Peu ou pas de dommage au gros œuvre, perturbation des activités humaines.
Modérée	$0,25 \text{ m}^3 < V < 1 \text{ m}^3$	Dommage au gros œuvre sans ruine. Intégrité structurelle sollicitée.
Elevée	$1 \text{ m}^3 < V < 10 \text{ m}^3$	Dommage important au gros œuvre. Ruine probable. Intégrité structurelle remise en cause.
Très élevée	$> 10 \text{ m}^3$	Destruction du gros œuvre. Ruine certaine. Perte de toute intégrité structurelle

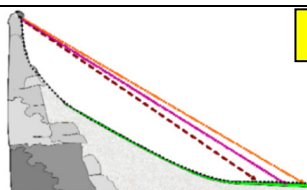
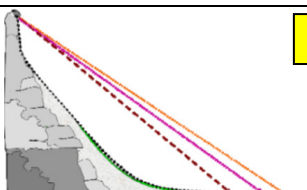
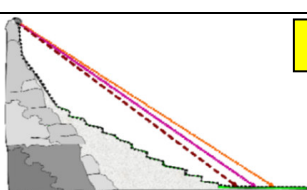
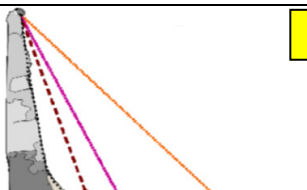
#### L'indice d'activité

La probabilité de départ des blocs en falaise est très difficile à déterminer. Elle est estimée à partir des traces de départ visibles et du nombre des blocs observés dans la pente.

Indice d'activité par zone homogène	Description
Faible	De l'ordre d'un bloc de l'aléa de référence tous les 100 ans
Moyen	De l'ordre d'un bloc de l'aléa de référence tous les 10 ans
Fort	De l'ordre d'un bloc de l'aléa de référence tous les ans

#### La probabilité d'atteinte

La méthode de la ligne d'énergie est utilisée afin d'identifier simplement les zones susceptibles d'être affectées par une chute de blocs. L'application de la méthode implique le choix de valeurs d'angle. Il existe des plages statistiques de valeurs permettant une quantification de la probabilité d'atteinte (cf. tableau ci-après). Ces valeurs sont adaptées à l'expertise du terrain en fonction de singularités topographiques locales.

Type de profil topographique	Probabilité d'atteinte (angle de ligne d'énergie)		
	Valeurs indicatives à adapter par l'expert en fonction du terrain		
	Fort	Moyen	Faible
 <b>A</b>	34°	32°	30°
 <b>B</b>	38°	35°	33°
 <b>C</b>	36°	34°	32°
 <b>D</b>	Cas particulier faisant l'objet d'un projet de recherche par l'IRSTEA dans le cadre du programme Rock the Alps (projet Interreg).  A titre indicatif, les valeurs dépassent les 40° et peuvent atteindre 60°.		

Ces valeurs peuvent être augmentée si :

- le versant dispose d'un couvert forestier conséquent (distance de parcours en forêt > 200 m, forêt en bon état, arbres conséquents, etc.) = entre 2 et 5° en +
- le versant dispose de singularités topographiques (replat, croupe, talwegs, forte rugosité (chaos de blocs), etc.) = entre 2 et 5° en +

### La probabilité d'occurrence

La probabilité d'occurrence est qualifiée en utilisant la matrice ci-dessous pour croiser la probabilité d'atteinte en un point et la probabilité de départ qualifiée par l'indice d'activité.

		Probabilité d'atteinte			
		Faible	Moyen	Fort	Très Fort
Indice d'activité	Faible	Faible	Modérée	Elevée	Très Elevée
	Moyen	Modérée	Modérée	Elevée	Très Elevée
	Fort	Modérée	Elevée	Elevée	Très Elevée

### Qualification de l'aléa résultant

L'aléa résultant selon MEZAP est donné par la matrice suivante :

		Intensité		
		V ≤ 0,25 m³ ou E ≤ 30 kJ si trajectographie	0,25 < V ≤ 1 m³ ou 30 < E ≤ 300 kJ si trajectographie	V > 1 m³ ou E > 300 kJ si trajectographie
		Faible	Modérée	Elevée
Probabilité d'occurrence	Faible	Aléa faible (P1)	Aléa moyen (P2)	Aléa Fort (P3)
	Modérée	Aléa faible (P1)	Aléa moyen (P2)	Aléa Fort (P3)
	Elevée	Aléa moyen (P2)	Aléa Fort (P3)	Aléa Fort (P3)
	Très élevée	Aléa Fort (P3)	Aléa Fort (P3)	Aléa très fort (P3)

Dans le présent PPR, nous avons simplifié la probabilité d'occurrence en seulement trois niveaux (faible, moyenne et élevée), ce qui revient à grouper les niveaux faible et modéré du tableau ci-dessus.

Nous n'avons aussi gardé que trois niveaux d'aléas, l'aléa très fort étant regroupé avec l'aléa fort (A3). Enfin, nous n'avons pas pris en compte les écroulements de grande ampleur (non retenus à Villaroger du fait de leur très faible probabilité d'occurrence).

### V.3.3 Aléas crue torrentielle et coulée boueuse (pour la crue de référence centennale)

Aléa	Indice	Critères
Fort	T3 C3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lit mineur des cours d'eau (hors petits ruisseaux fonctionnant en eau claire)</li> <li>Zone de débordement/coulée boueuse avec hauteur d'écoulement et/ou d'engravement &gt; 1m</li> <li>Zone de débordement de lave torrentielle</li> <li>Zone de divagation du lit du torrent</li> <li>Zone d'érosion de berge</li> <li>Zone d'affouillement vertical &gt; 1m</li> <li>Sédiments transportés de diamètre &gt; 50 cm</li> <li>Transport de flottants de grande taille</li> <li>Zone où des bâtiments, même renforcés, peuvent subir une ruine par les façades ou par sapement des fondations</li> <li>Zone soumise à des pressions d'impact &gt; 30 kPa, en cas de simulations numériques</li> </ul>
Moyen	T2 C2 R2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lit mineur des petits ruisseaux fonctionnant en eau claire</li> <li>Zone de débordement/coulée boueuse avec hauteur d'écoulement et/ou d'engravement de 50 cm à 1m</li> <li>Zone d'affouillement vertical de 20 cm à 1m</li> <li>Sédiments transportés de diamètre compris entre 10 et 50 cm</li> <li>Transport de flottants de taille modérée</li> <li>Zone où des bâtiments renforcés n'ont subi que des dommages mineurs</li> <li>Zone soumise à des pressions d'impact comprises entre 30 et 3 kPa, en cas de simulations.</li> </ul>
Faible	T1 C1 R1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zone de débordement/coulée boueuse avec hauteur d'écoulement et/ou d'engravement &lt; 50 cm</li> <li>Zone de ruissellement</li> <li>Zone d'affouillement vertical &lt; 20 cm</li> <li>Sédiments transportés de diamètre &lt; 10 cm (boue, graviers...)</li> <li>Transport de flottants de petite taille (feuilles, petits branchages...)</li> <li>Zone où des bâtiments, même non renforcés, n'ont subi que des dommages mineurs (inondation des niveaux planchers et sous-sols... pas d'atteinte aux structures)</li> <li>Zone soumise à des pressions d'impact comprises entre 1 et 3 kPa, en cas de simulations.</li> </ul>

### V.3.4 Aléas glissement de terrain

Aléa	Indice	Critères
<b>Fort</b>	<b>G3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone en glissement très actif avec des traces de mouvements récents (niches d'arrachement, bourrelets, arbres basculés, fissurations de routes et murs de soutènements, déplacements différentiels) et des traces d'humidité</li> <li>• Zone voisine d'un arrachement de terrain, de même géomorphologie</li> <li>• Zone de glissement de versant ancien, avec de fortes déformations du sol &lt; 100 ans</li> <li>• Zone de glissement de terrain potentiel mais très probable, du fait d'une pente (25 à 50°) et d'une lithologie (terrains argileux, altérés, meubles) rencontrés sur des glissements actifs, conjugués à des circulations d'eau superficielles (observées ou probables par ruissellement concentré).</li> <li>• Zone où des bâtiments, même renforcés, ont déjà été effondrés ou déformés au point de devenir inhabitables sur le long terme.</li> </ul>
<b>Moyen</b>	<b>G2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone en glissement peu actif avec des traces de mouvements discrètes (glissement profond et lent, sans mouvements différentiels, ou fluage de surface)</li> <li>• Zone de glissement de versant ancien, avec des déformations du sol peu marquées</li> <li>• Zone de glissement de terrain potentiel mais assez probable : <ul style="list-style-type: none"> <li>- du fait d'une lithologie rencontrée sur des glissements actifs et de circulations d'eau superficielles, mais avec une pente assez faible (10 à 25°).</li> <li>- du fait d'une pente et d'une lithologie rencontrés sur des glissements actifs, mais en l'absence de circulations d'eau superficielles.</li> </ul> </li> <li>• Zone où des bâtiments non renforcés ont subi pour la plupart des dommages mineurs (fissurations) restant compatibles avec leur usage sur le long terme.</li> </ul>
<b>Faible</b>	<b>G1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone de glissement de versant ancien et à faible pente, sans déformation apparente du sol</li> <li>• Zone de glissement de terrain potentiel du fait d'une lithologie rencontrée sur des glissements actifs, mais peu probable en l'absence de circulations d'eau superficielles et d'une pente suffisante. Des terrassements sans précaution ou des injections d'eau peuvent entraîner des désordres localisés.</li> <li>• Zone où seuls les bâtiments les plus vieux et les plus vulnérables ont pour certains subi des dommages mineurs restant compatibles avec leur usage sur le long terme.</li> </ul>

## V.4 Les données disponibles

Les archives du service RTM de Chambéry concernant la commune de Villaroger ont été systématiquement explorées : dossier risques naturels et événements (chemise rouge), dossier travaux de protection (chemises vertes), dossier études (carton noir). On notera notamment les nombreux compte rendus de visite de Daniel JULLIEN, cadre technique RTM sur la Tarentaise.

Les archives de la mairie de Villaroger ont également été consultées lors d'une réunion de travail le 30 janvier 2017. Cela a permis d'ajouter trois études géotechniques, produites par le cabinet SAGE ces dernières années. En revanche, aucun relevé d'événement inconnu du service RTM n'a été mis à jour.

Le site internet [www.avalanches.fr](http://www.avalanches.fr) est aussi un incontournable, avec notamment les fiches d'enquête réalisées en 1971 et 2005 par Irstea, pour la création et la mise à jour des emprises d'avalanches observées sur la commune. De nombreux habitants de Villaroger ont été interrogés sur les avalanches observées. On citera notamment :

### Sur le secteur des Chavonnes :

- Roger ARNAUD consulté en 1971 (alors chef d'exploitation des Arcs) ;

### Sur le secteur du Pré au Villaron :

- Paul BOIS (agent patrimonial ONF de 1982 à 2007, observateur EPA, habitant du Planay depuis 1978), consulté en 2005 ;
- Firmin CHENAL (habitant du Villaron), consulté en 2005 ;
- Jean-Claude DUCHOSAL (employé communal chargé du déneigement de la route du Planay depuis 1981) ;
- Fernand EMPEREUR (chevrier au Plan de l'Aiguille, natif et habitant du Planay), consulté en 2005 ;
- Daniel JULLIEN (cadre technique RTM sur la Tarentaise), consulté en 2005 ;
- M LEMPEREUR consulté en 1971 (alors maire adjoint) ;

### Sur le secteur de la Gurraz à La Savinaz :

- Christian EMPEREUR (habitant de la Gurraz), consulté en 2005 ;
- Albert REVIAL (habitant de la Gurraz et adjoint au maire), consulté en 2005 ;

La consultation du site <http://infoterre.brgm.fr> a permis d'obtenir deux dates d'événements non recensés dans les archives RTM, ainsi qu'une étude géologique du BRGM réalisée en 1981 sur le Chef-lieu.

Pour compléter ces recherches et témoignages, sur l'ensemble des aléas naturels recensés, nous avons, sur les conseils de l'équipe municipale, (ré)interrogé certains « sachants » de Villaroger en 2017, à savoir :

- Paul BOIS, agent patrimonial ONF de la commune à la retraite, habitant au hameau du Planay ;
- Jean-Claude DUCHOSAL, travaillant au service technique de la mairie depuis 1981, natif et habitant de la commune ;
- Gilbert EMPRIN, natif et habitant depuis 80 ans du hameau du Pré ;
- François Xavier GIRARDO, agent patrimonial ONF de la commune depuis 2007,

- Lionel MARMOTTAN, membre du conseil municipal et entrepreneur en BTP, habitant au hameau de la Savinaz ;
- Albert REVIAL, habitant de la Gurraz et adjoint au maire, 69 ans ;
- M et Mme TOURNEUR, habitants depuis 36 ans du lotissement des Pravets à La Roche, riverains du ruisseau de la Roche.

#### **V.4.1 Événements naturels recensés**

Le tableau ci-après recense tous les événements naturels signalés sur la commune de Villaroger au travers des archives, sites internet et témoignages exploités. Concernant les avalanches, très nombreuses, seuls les phénomènes remarquables ayant approché les lieux habités ont été retenus.

Ces événements sont classés par type de phénomène, par secteur (du nord au sud) et par ordre chronologique. Les sources documentaires et/ou le nom du témoin sont spécifiés.

Lorsqu'il s'agit de phénomènes autres que les avalanches, ils ont été cartographiés sur une carte des événements naturels archivés (cf. carte V-1). Lorsqu'il s'agit d'avalanches, seul le numéro de l'emprise CLPA a été indiqué, ce numéro permettant de se reporter aux extraits de CLPA joints (cf. fig. V-9 et V-10).

Ce tableau inventaire est là pour présenter de manière globale l'ensemble des événements recensés sur la commune. Ces événements ont ensuite été reportés dans chaque fiche descriptive des aléas, secteur par secteur, pour appuyer l'analyse experte.

### Historique des événements naturels

Secteur	Phénomène	Date	Observations	Source (Titre – auteur)	Réf. carte événements
Le Planay	Chutes de blocs (P)	15/05/2009	Une masse rocheuse d'environ 800 m <sup>3</sup> s'écroule sur la piste forestière de Solliet au nord du hameau du Planay. Cette masse était prédécoupée par une fissure et avait été équipée d'un filet plaqué en 2008. Les blocs se sont déposés sur la piste.	Rapport RTM du 19/05/2009 Photos	<b>1</b>
Le Planay	Chute de blocs (P)	06/11/2013	A la faveur de fortes pluies, un bloc de schistes d'environ 10 m <sup>3</sup> se détache de la paroi taillée pour le passage de la piste forestière de Solliet au nord du hameau du Planay, sur une zone qui avait déjà fait l'objet de travaux en 2008 et 2009 (filets plaqués, fossé). Il est stoppé en bordure amont de la piste par le fossé et merlon.	Rapport RTM du 12/11/2013	<b>1</b>
Le Planay	Chutes de blocs (P)	17/03/1999	La piste reliant Le Planay au Pré est dominée par un affleurement subvertical de schistes noirs et micaschistes très fracturé de 5 à 8 m de haut. Un éperon s'est éboulé (fauchage), déposant des blocs sur la piste sur sa demi-largeur et sur 10 à 12 m de long (quelques éléments de plusieurs m <sup>3</sup> ).  Des risques importants de nouveaux éboulements sont identifiés, la route d'accès au Planay pouvant aussi être menacée -> réalisation de purges, reprofilage.	Avis technique RP 1563 de la SAGE du 05/08/1999. Rapport RTM du 17/03/1999	<b>2</b>
Le Planay	Chutes de blocs (P)	Vers le 20/04/2013	Nouvel éboulement de l'éperon dominant la piste reliant le Planay, à sa base, au contact « grès – schistes ». Des blocs sont déposés sur la piste.	Rapport RTM du 24/04/2013 Photo	<b>2</b>
Le Planay	Chutes de blocs (P)	01/03/2009	Un bloc d'environ 30 m <sup>3</sup> se détache d'un affleurement schisto-gréseux sous la piste forestière de Solliet, au nord du Planay (vers 1330 m). Deux éclats de 5 m <sup>3</sup> chacun restent sur la piste intermédiaire allant au Pré (1290 m) mais un bloc d'environ 20 m <sup>3</sup> s'arrête sur la route d'accès au Planay en l'obstruant (1250 m).	Rapport de visite RTM du 03/03/2009 Photos	<b>3</b>
La Roche	Chutes de blocs (P)	19/04/1988	Eboulement coupant la RD 84b d'accès à Villaroger depuis Ste Foy, immédiatement en amont du hameau de la Roche.	Article du Dauphiné Libéré du 20/04/1988	<b>4</b>
Forêt de Ronaz	Glissement (G) / éboulement (P)	Mai 1985	Une masse de micaschistes très fracturée, de plus de 100 000 m <sup>3</sup> , a glissé en paquets depuis le talus aval de la piste forestière de Solliet à Pré St Esprit ouverte en 1977. Ce glissement a évolué en éboulement. Les blocs se sont arrêtés sur le replat parsemé de gros blocs issus	Rapport BRGM de 1985 pour la Protection Civile Rapport RTM du 12/08/1985	<b>5</b>

Secteur	Phénomène	Date	Observations	Source (Titre – auteur)	Réf. carte événements
			d'éboulements anciens. Les tirs de mines pour terrasser la piste ont pu fragiliser le massif rocheux, de même que l'eau de ruissellement de la piste qui s'est infiltrée dans les fissures. Le BRGM envisageait un risque d'effondrement brutal de la piste après cet événement mais les fissures ont peu évolué ensuite.		
Combe Froide	Crue torrentielle (T)	13/10/1982	Des fossés drainants venaient d'être ouverts sous Solliet (début octobre 1982), pour prévenir des glissements dans cette zone humide, suite au déclin pastoral. Ils ont canalisé les eaux de ruissellement issues de pluies prolongées et de la fonte des neiges (15 cm). Affouillé sur 1 à 2 m de profondeur jusqu'au substrat rocheux, le drain principal a contribué à la formation de coulées de boue torrentielles, avec dépôts jusqu'à la RD84b (coupée) puis jusque dans la plaine de l'Isère.	Rapport RTM du 18/10/1982 CR d'événement RTM du 10/01/1983 Carte	<b>6</b>
Combe Froide	Crue torrentielle (T)	08/05/1983	A la suite d'orages violents, une crue torrentielle coupe la RD84b au droit de Combe Froide.	Note de la DDE Bourg St Maurice du 16/05/1983	<b>6</b>
Pré derrière	Crue torrentielle (T)	10 au 14/05/1999	Redoux et fortes pluies ont entraîné une crue des ruisseaux du versant de Villaroger, et notamment du ruisseau du Pisset qui prend sa source sous Solliet et passe entre Le Plan et Pré derrière. Du fait de son débit important, ce ruisseau a affouillé son lit sans grandes conséquences hormis au niveau des nombreux passages busés sous-dimensionnés (diamètre 400 mm le plus souvent, au lieu de 800 mm) et présentant un déficit d'entonnement. Ces buses ont toutes été contournées, avec des débordements localisés et sans conséquence.	Rapport RTM du 21/05/1999	<b>7</b>
Châtelet	Crue torrentielle (T)	07/1988	Sans précision (rapport R. Marie ?)	Source infoterre.brgm.fr – fiche-risque BRGM	
Au-dessus du Pré	Glissement de terrain (G)	06/1990	Sans précision (rapport RTM ?)	Source infoterre.brgm.fr – fiche-risque BRGM	
Le Pré	Ruissellement (R)	Fin des années 1920 ?	Peu de temps après la réalisation de la galerie EDF de Villaroger – Viclaire, EDF a fait une mauvaise manipulation et a rejeté trop d'eau dans le ruisseau du Pré (qui évacue les sources captées par la galerie). Une ou deux caves ont été inondées dans les chalets les plus proches du ruisseau au Pré. Depuis, le témoin n'a jamais vu déborder ce ruisseau au Pré.	Témoignage de Gilbert Emprin, habitant au Pré depuis 80 ans.	<b>8</b>
Ronaz	Coulée de boue (C)	1955	Une petite coulée de boue se produit au-dessus des bâtisses de Ronaz, suffisante pour former une petite croupe encore visible sur le hameau.	Témoignage évoqué dans l'étude ADRGT de 1988	<b>9</b>



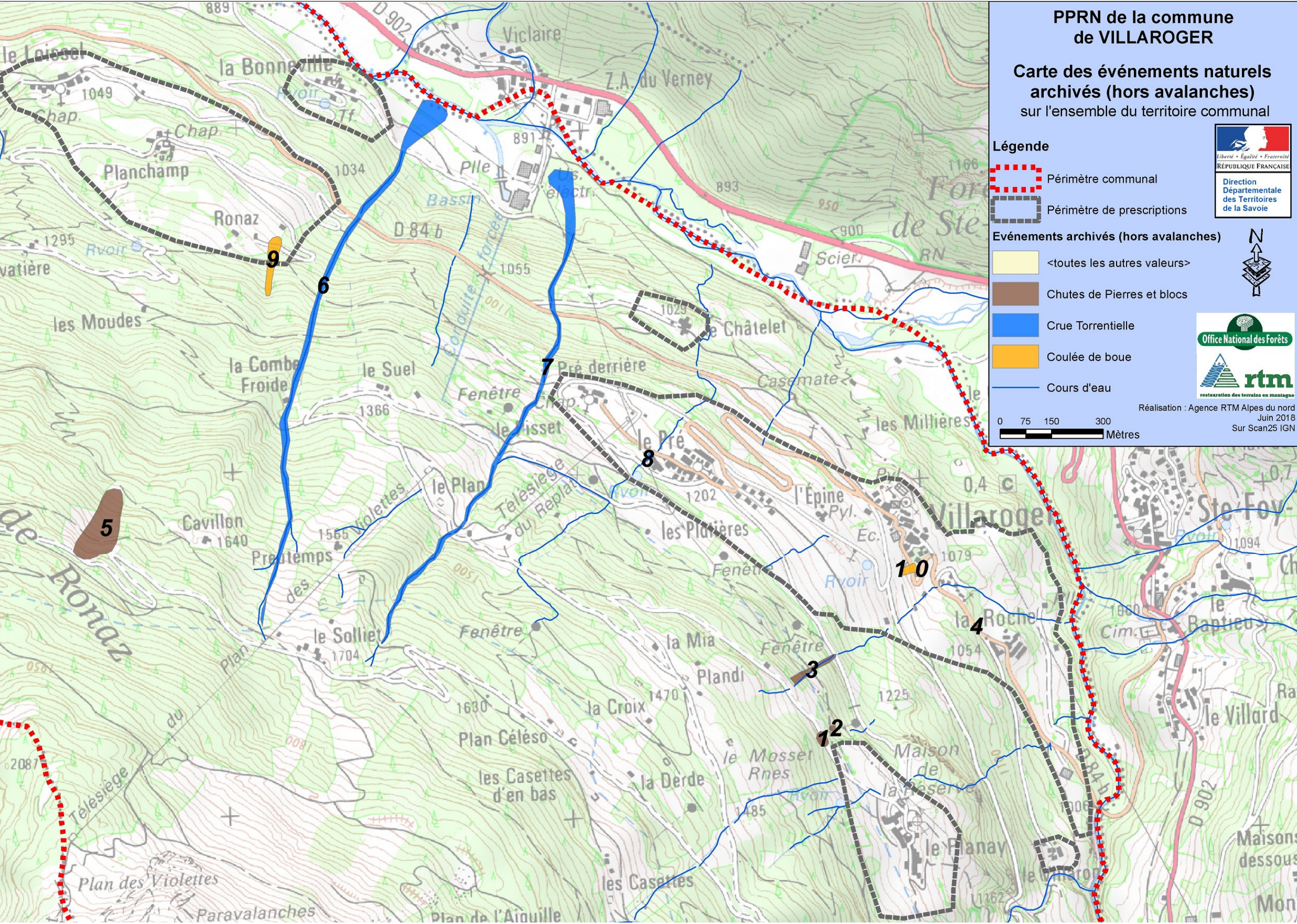
Secteur	Phénomène	Date	Observations	Source (Titre – auteur)	Réf. carte événements
			Des concentrations des eaux de ruissellement liées aux pluies et à la fonte des neiges peuvent mettre en charge les matériaux argileux et désorganisés de cette masse glissée et provoquer ce genre de coulée bouseuse lorsque la pente est suffisante.	pour la commune de Villaroger.	
Chef-lieu	Coulée de boue (C)	09/01/2018	Suite à un ruissellement sur la route de l'Epine, saturation des prés en contrebas du virage en épingle, arrachement de terrain et coulée de boue associée dans une pente herbeuse à l'entrée sud du chef-lieu. Dépôt sur la RD 84b et sur le toit d'un garage, sans dégât significatifs.	Rapport RTM du 09/01/2018	<b>10</b>
Les Chavonnes	Avalanche (A)	4 février 1980	Robert Blanc est emporté et tué par une avalanche sur la piste pour dameuse qui passe juste au-dessus de la RD 119, au sud de la galerie paravalanche.	Témoignage de JC Duchosal	<b>CLPA 1</b>
Le Châtelet	Avalanche (A)	12/02/1793	Vers 6h30 du matin, une avalanche écrasa au lieu-dit Le Châtelet la maison de François Pondruel, faisant 4 morts dans sa famille.	Monographie de l'abbé Joseph-Marie Emprin - 1912	<b>CLPA 4</b>
Le Pré	Avalanche (A)	04/02/1928	Une avalanche défonce les portes du chalet du Replat d'en Haut et en sort le foin pour l'étaler sur tout le plateau entre le Pré et Pré Dernier. L'avalanche s'arrête en limite nord du plateau.	EPA et fiche CLPA	<b>CLPA 4</b>
Le Pré	Avalanche (A)	08/02/1955	L'avalanche de Pré Dernier passe 100 m à l'ouest du hameau du Pré dernier et bouche la RD84b au lieu-dit les Ayves. Les habitants de Loissel, Bonneville... sont obligé de creuser un tunnel dans la neige pour amener leur lait à la fromagerie du chef-lieu.	EPA et article Dauphiné Libéré du 07/05/2012	<b>CLPA 4</b>
Le Pré	Avalanche (A)	02/02/1978	Une avalanche mixte de neige sèche plâtre les maisons du Pré Dernier et endommage l'actuel restaurant La Ferme (fenêtres cassées, entrée de neige dans une chambre). Des cheminées sont emportées. Les câbles de la ligne HT sont couchés sur les maisons du Pré et un pylône est cassé près de la centrale de Viclaire.	EPA et fiche CLPA	<b>CLPA 4</b>
Le Pré	Avalanche (A)	04/02/1980	La branche rive droite d'une avalanche spontanée passe sur le chalet du Replat d'en Haut et plonge ensuite dans un petit couloir, pour se déposer jusque sur la route entre le départ du TS du Replat et l'entrée du Pré Dernier, sur 50 m de large.	EPA et fiche CLPA, photos de P. Bois	<b>CLPA 4</b>
Le Pré	Avalanche (A)	22/12/1991	Une avalanche déclenchée au CATEX s'arrête sur la gare de départ du TS du Replat sans faire de dégât.	EPA et témoignages de F. Empereur et C. Sadier	<b>CLPA 4</b>
Plan Celeso	Avalanche(A)	12/02/1999	3 morts dans une avalanche partie vers 2050 m et déposée vers 1750m.	Avis de R. Talbot (ONF BSM)	<b>CLPA 5</b>

Secteur	Phénomène	Date	Observations	Source (Titre – auteur)	Réf. carte événements
Le Planay	Avalanche (A)	13/03/1876	L'avalanche des Cassettes (combe des Lanchettes) emporte et cause le décès de Charlotte Plottet et Marie-Thérèse Pascal Mousselard au lieu-dit Les Barmettes (le lieu est marqué d'une croix, à côté de la cascade de sortie de galerie EDF).	Article Dauphiné Libéré du 11/12/2015	<b>CLPA 13</b>
Le Planay	Avalanche (A)	19/04/1917	Une avalanche dense emporte 60m3 de bois en rive droite du couloir, détruit un moulin et dépose plusieurs mètres de neige contre les façades nord des maisons les plus proches du couloir au Planay. Les maisons ne sont pas endommagées.	EPA / Fiche CLPA Témoignage de Fernand Empereur	<b>CLPA 13</b>
Le Planay	Avalanche (A)	04/02/1980	Une avalanche de neige humide emporte de nombreux épicéas de plus de 60 ans, détruit un chalet aux Cassettes (1 675 m), passe sur un cabanon en bordure nord du Planay et nivelle le terrain au niveau des virages de la route d'accès au Planay.	EPA / fiche CLPA	<b>CLPA 13</b>
Le Planay	Avalanche (A)	07/02/1984	Une avalanche de neige sèche recouvre la route du Planay au niveau des deux virages en épingle, sous 2 à 5 m de neige.	EPA / fiche CLPA	<b>CLPA 13</b>
Le Planay	Avalanche (A)	09/02/1999	L'avalanche des Cassettes, partie vers 2000 m, se divise en deux langues. La langue sud passe à 18 m du point d'accueil de la réserve naturelle de Villaroger et coupe la route d'accès au Planay sur 1 à 2 m d'épaisseur au niveau des virages en épingle.	Rapport ONF Moutiers du 10/02/1999 Carte dépôts	<b>CLPA 13</b>
Villaron / Planay	Avalanche (A)	Début XXème	Un aérosol cause un important chablis dans le bois dominant le hameau du Planay et y déclenche des coulées qui se déposent contre le hameau, sans dégât. Au Villaron, le dépôt atteint les façades sud : un balcon en bois est soulevé sur la maison aval.	Fiche CLPA	<b>CLPA 12</b>
Villaron	Avalanche (A)	20/01/1981	Une avalanche mixte forme un gros dépôt de neige sèche à hauteur du Villaron, sans faire de dégât.	EPA et témoignage de René Mousselard	<b>CLPA 12</b>
Villaron	Avalanche (A)	09 et 10/03/2006	Une 1ère avalanche dépose une langue de neige humide vers le Villaron. Une 2nde avalanche survient le lendemain. Son souffle couche des épicéas de plus de 80 ans en rive gauche, en direction du Planay. Au Villaron, une langue de neige humide et de débris d'arbres, longue de 20 m et haute de 8 m, pénètre lentement dans le hameau et s'arrête entre deux chalets, sans dégât notable. Cette langue est exceptionnelle (pas observée depuis au moins 80 ans).	Fiche événement RTM + article DL du 13/03/2006 + fiche CLPA	<b>CLPA 12</b>
Le Chapuis	Avalanche (A)	02/03/1935	Deux habitants d'un chalet du Chapuis sont emportés en pleine nuit avec leur chalet et leur bétail par l'avalanche ou son souffle. Ils ont pu	Article DL du 13/03/2006, EPA	<b>CLPA 10</b>

Secteur	Phénomène	Date	Observations	Source (Titre – auteur)	Réf. carte événements
			être dégagés indemnes dans l'après-midi, protégés par une poutre, mais le chalet est totalement détruit. Ce chalet se trouvait en contrebas du dernier chalet existant, un peu plus près du couloir n°10. Le dépôt atteint l'Isère.	Témoignage de JC Duchosal	
Le Chapuis	Avalanche (A)	05/03/2006	Suite à de fortes chutes de neige par vent d'ouest, une vaste plaque de neige sèche part au sol sur des gobelets, vers 2250 m. Vue la raideur du couloir, elle forme un puissant aérosol qui déborde sur un éperon en rive droite vers 1350 m, casse de nombreux feuillus de 20 à 40 cm de diamètre sur les deux rives jusqu'en limite du Chapuis (environ 1ha), traverse l'Isère et vient écimier des épicéas sur le versant opposé, en bordure de la RD 902. Le dépôt atteint l'Isère (1100 m).	Fiche événement RTM, EPA, fiche CLPA et photos RTM	<b>CLPA 10</b>
La Gurraz	Avalanche (A)	10/12/1976	Suite à de fortes chutes de neige ventées, le souffle de l'avalanche emporte quelques tôles du clocher de l'église de la Gurraz, dont la couverture datait de 1933 ou 1937. Aucune maison du hameau n'est affectée. Sur le versant opposé, commune de Ste Foy, le souffle couche les arbres sur 350 m de large environ (100 m3 de chablis). Un pylône EDF est également plié par le souffle à l'est de la Gurraz (par traction des câbles ?)	Fiche CLPA et EPA	<b>CLPA 21</b>
La Gurraz	Avalanche (A)	21/12/1982	Le pylône EDF situé sur un promontoire rocheux à l'est de la Gurraz est vrillé en tête. Quelques tôles du clocher de la Gurraz sont déplacées par le souffle et des arbres sont à nouveau déracinés en forêt communale de Ste Foy (parcelles 59 à 63).	Fiche CLPA et EPA	<b>CLPA 21</b>
La Gurraz	Avalanche (A)	24/01/1984	Le souffle de l'avalanche poudreuse du glacier sud de La Gurraz endommage un pylône (ligne 63 000 V) et deux poteaux EDF, provoque un chablis (100 m3) en forêt communale de Ste Foy Tse, en rive droite de l'Isère, et recouvre la RN 202 d'un mètre de neige. Sur Villaroger, la partie dense déplace d'environ 1 m une pile du pont situé sur la route d'accès à La Gurraz.	CR d'accident naturel RTM, fiche CLPA et EPA	<b>CLPA 21</b>
Le Crêt de la Savinaz	Avalanche (A)	Début XXème ?	Le père d'Albert Revial aurait entendu dire qu'une coulée de neige serait descendue du couloir au nord du Bois dessus, qui donne sur la fenêtre EDF n°5. Cette coulée se serait arrêtée sur le plateau à l'aval de la route menant du Crêt à la Savinaz (combe alors non urbanisée).	Fiche CLPA	/
Refuge de La Martin	Avalanche (A)	09 ou 10/03/2006	Gros aérosol parti par rupture de plaque vers 3300 m, sur le glacier de la Martin, ayant balayé l'épaule entre les glaciers de la Martin et de	Etude avalanche RTM de 2006 pour le Conseil	<b>CLPA 22</b>

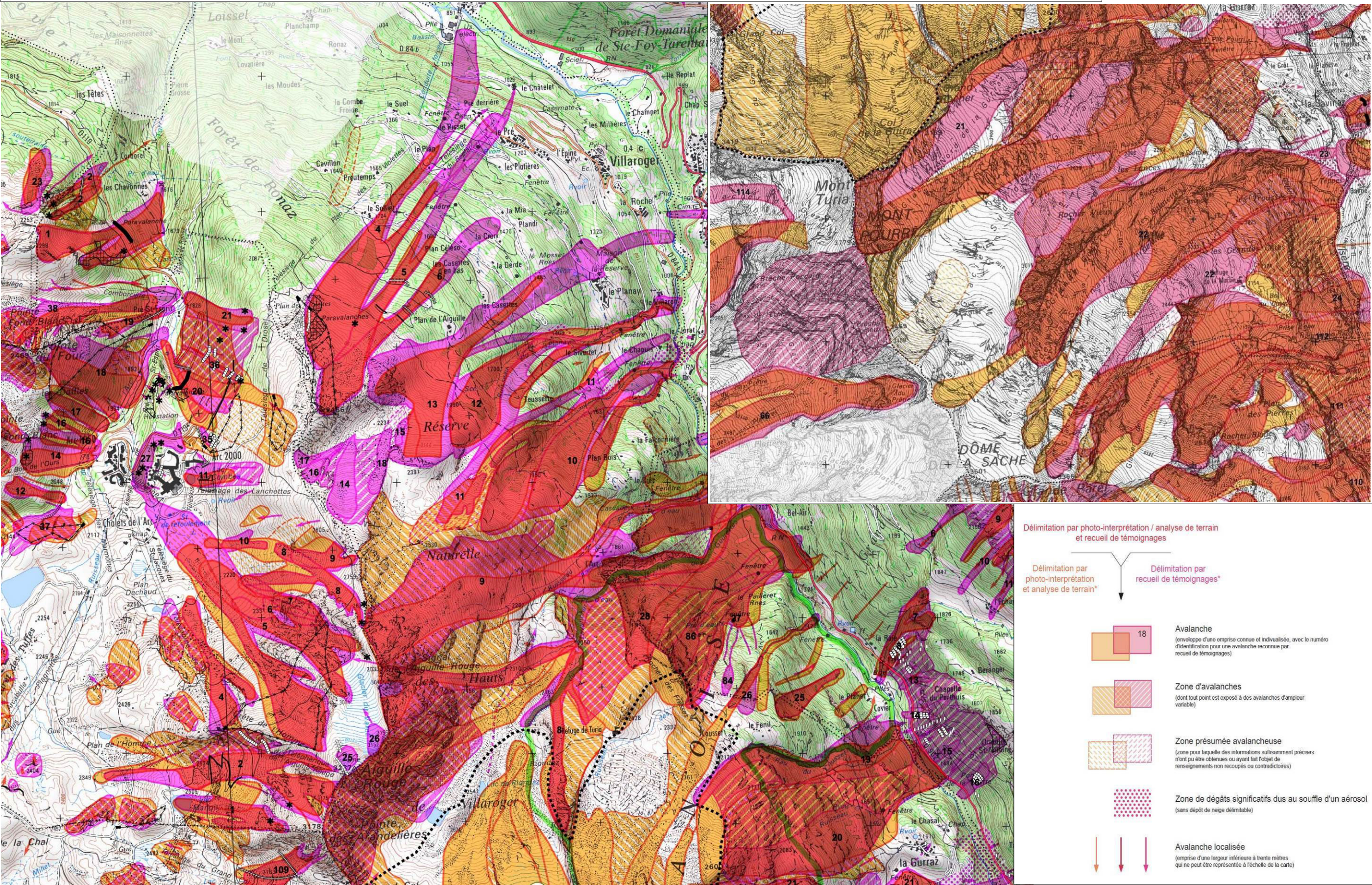
Secteur	Phénomène	Date	Observations	Source (Titre – auteur)	Réf. carte événements
Sud de La Savinaz			l'Inverneau, jusqu'aux Teppes dans l'Isère. Le refuge de la Martin sous la neige n'a pas été endommagé. Traces d'aérosol sur le plateau au sud de La Savinaz.	général 73, fiche CLPA	







Figures V-9 et V-10 : CLPA en vigueur sur Villaroger (extrait de la feuille AP68 de 2016 à gauche - partie nord de la commune et de la feuille AQ69 de 2014 à droite – partie sud de la commune)





## V.4.2 Etudes recensées sur les aléas naturels

Toutes les études recensées dans les archives RTM, de la commune ou sur internet sont listées dans le tableau ci-dessous. Elles sont classées par secteur (du nord au sud de la commune), par type de phénomène étudié et par ordre chronologique. **Les études récupérées en mairie sont en bleu et celles sur internet en marron.** Les autres en noir sont issues des archives RTM.

Secteur	Phénomène étudié	Année de réalisation	Auteur	Titre	Maître d'Ouvrage	Commentaires
Ronaz	Glissement de terrain	1985	BRGM	Glissement et éboulement de mai 1985 dans la forêt de Ronaz. 11p	Préfecture de la Savoie - DDSC	Concerne le haut de versant (piste de Solliet à Pré St Esprit) mais permet de comprendre le glissement du versant de Ronaz.
Ronaz	Glissement de terrain	1988	ADRGT	Etude géologique du versant de la forêt de Ronaz. Faisabilité de la piste de Cavillon. 21p + annexes	Mairie de Villaroger	Concerne le haut de versant (piste de Cavillon) mais permet de comprendre le glissement du versant de Ronaz.
Ronaz	Glissement de terrain	2014	SAGE	Etude géotechnique pour le pré-dimensionnement du confortement d'un mur de soutènement existant sur la route d'accès à Ronaz d'en Haut. 11p + annexes	Mairie de Villaroger	Souligne l'activité du glissement dans les éboulis peu compacts et les schistes en amont du lacet de la route d'accès à Ronaz (ancien mur fissuré et basculé). Reprise complète du mur faite sur 20 m, avec drainage à l'amont.
Amont Bonneville	Glissement de terrain	2016	SAGE	Etude géotechnique d'avant-projet pour l'élargissement de la route communale d'accès à Le Loissel. 20p + annexes	Mairie de Villaroger	Révèle des indices de glissement à l'embranchement de la route d'accès à Loissel. Proposition de paroi clouée drainée à l'amont ou à l'aval de la route.
Chute EDF Viclaire	Crue torrentielle	2010	RTM 73	Avis sur la faisabilité d'une évacuation temporaire des écoulements de la galerie EDF hors service dans un ruisseau voisin de la conduite forcée. 5p.	EDF	Avis favorable, le ruisseau, entièrement sur substrat rocheux, est capable de supporter un débit temporaire de 500 l/s.

Secteur	Phénomène étudié	Année de réalisation	Auteur	Titre	Maître d'Ouvrage	Commentaires
Pré Derrière	Crue Torrentielle	1983	R. MARIE géologue	Dérivation des eaux de Combe Froide dans le ruisseau du Pisset. Stabilité de l'exutoire.	Mairie de Villaroger	Bon descriptif de l'état du lit du Pisset. Dérivation possible.
Le Pré	Ruissellement	1997	ETRM	Etude hydraulique du franchissement des ruisseaux par la piste de retour au Pré.	Mairie de Villaroger	Etude hydraulique des ruisseaux du Pré et du Pisset.
Le Pré	Ruissellement	2009	ETRM	Etude de l'aménagement du ruisseau du Pré au droit du projet d'urbanisation. Nouvelle prise en compte des dernières remarques de la DDAF. 47p	Mairie de Villaroger	Etude hydraulique du ruisseau du Pré dans le cadre du projet de ZAC du Pré.
Le Pré	Avalanche	1981	CERNA	Etude nivo météorologique et d'avalanche. 78p.	Mairie de Villaroger	Etude définissant les principes d'ouvrages vers le Plan des Violettes, pour la sécurité du plateau du Pré et du projet UTN.
Le Pré	Avalanche	2015	RTM 73	Etude pour l'actualisation de la connaissance des risques d'avalanches sur le plateau du Pré. 42p	Mairie de Villaroger	Remplace l'étude RTM 73 de 2007 sur ce secteur, suite à des simulations numériques Ramms.
Amont du Pré	Glissement de terrain	2014	SAGE	Etude géotechnique pour le projet d'extension d'un décanteur. 6p + annexes	Mairie de Villaroger	Sondage mécanique révélant une venue d'eau dans les limons.
Amont du chef-lieu	Glissement de terrain	1981	BRGM	Examen de la stabilité du versant à l'arrière d'un réservoir d'eau. 27p + annexes.	Mairie de Villaroger	Pas de glissement identifié au-delà d'une instabilité de talus argileux.
Planay	Avalanche	2002	RTM 73	Protection de la route communale d'accès au hameau du Planay contre l'avalanche des Cassettes. 31p.	Mairie de Villaroger	Propositions de travaux de sécurisation de la route, non réalisés en 2017.
Nord Planay	Chutes de blocs	2009	RTM 73	Rapport de visite pour l'évaluation des risques de chutes de blocs sur la route d'accès au Planay. 16p.	Mairie de Villaroger	Visite complémentaire à la chute d'un gros bloc le 1 <sup>er</sup> mars 2009. Probabilité de chutes de blocs assez forte mais pas d'instabilité à court terme.



Secteur	Phénomène étudié	Année de réalisation	Auteur	Titre	Maître d'Ouvrage	Commentaires
Villaron	Avalanche	2007	RTM 73	Analyse des risques d'avalanches sur les hameaux du Pré et du Villaron. Propositions d'ouvrages de protection. 60p.	Mairie de Villaroger	Proposition de travaux de reprofilage du couloir à hauteur du Villaron, avec levée d'une tourne de 6 m de haut au sud du hameau. Travaux non réalisés en 2017.
La Savinaz / Le Crêt	Avalanche	2002	TORAVAl	Etude du risque d'avalanches sur le projet d'aménagement dans le hameau de la Savinaz. 70p	Mairie de Villaroger	Etude définissant les risques d'avalanche sur le secteur du Crêt / Combes à partir d'analyse nivo et géomorpho + simulations 2D d'avalanches coulantes et aérosol centennales. Propositions de protection non réalisées en 2017.
La Savinaz / Le Crêt	Avalanche	2013	RTM 73	Etude pour le remodelage d'un dépôt de marinage en amont de La Savinaz, vis-à-vis du risque d'avalanche. 3p.	Mairie de Villaroger	Faible influence des remblais de la plate-forme EDF sur les avalanches. Protection non prise en compte dans le PPR 2003. Proposition de décaler ces remblais en bordure aval de plate-forme pour créer une digue de protection. Travaux non faits en 2017.
La Savinaz	Chutes de blocs	1998	ANTEA	Identification des risques liés aux chutes de masses rocheuses sur le hameau de La Savinaz. 14p + annexes	Mairie de Villaroger	Diagnostic des aléas chutes de blocs par inspection de falaise et trajectographie 1D sommaire (programme « Chocaléa »). L'essentiel des protections proposées ont été réalisées.
Refuge de La Martin	Avalanche	2006	RTM 73	Analyse des risques d'avalanches sur les RD87E et RD902 à hauteur de l'usine d'incinération de Tignes. 51p.	Conseil général de la Savoie	Etude décrivant l'avalanche aérosol du 10 mars 2006 qui est passé sur le refuge de La Martin sans faire de dégât.

### V.4.3 Travaux de protection réalisés contre les risques naturels

Tous les travaux de protection recensés dans les archives RTM et sur le terrain sont listés dans le tableau ci-dessous. Ils sont classés par secteur (du nord au sud de la commune), par type de phénomène traité et par ordre chronologique. Les ouvrages existants sont rappelés dans chaque fiche descriptive des aléas, secteur par secteur, pour appuyer l'analyse experte.

Secteur	Phénomène traité	Année de réalisation	Nature - caractéristiques	Maître d'ouvrage
Chavonnes	Avalanche	Années 70 puis 1981	<p>Milieu des années 70 (lors des travaux d'accès routier à Arc 2000) : pose de plusieurs centaines de ml de râteliers métalliques et terrassement de banquettes larges dans les pentes de la partie sud de l'emprise CLPA n°1 ; réalisation d'une galerie paravalanche sur la RD 119 au droit du couloir principal.</p> <p>1981 (suite à l'accident mortel de Robert Blanc à cet endroit) : prolongement de la tourne paravalanche à toute la largeur de l'emprise CLPA n°1 (linéaire total de 233 m) et terrassement d'une tourne de 210 ml en amont de la RD 119, dans l'emprise CLPA n°2.</p>	Conseil Général de la Savoie
Combe Froide	Crue torrentielle	1984 à 1999 (trois tranches)	<p>Drainage des sources alimentant le glissement de Preutemps sous Solliet (entre 1650 et 1400 m) et correction hydraulique du ruisseau de Combe Froide à l'aval, suite aux deux coulées de boue de 1982 et 1983 qui ont coupé la RD 84b.</p> <p>Détail des ouvrages réalisés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• drains fermés à faible profondeur (-1m),</li> <li>• collecteurs en PVC de diamètre 250 mm amenant les eaux drainées vers le ruisseau du Pisset par la piste du Plan</li> <li>• gabions et seuils rustiques dans le ruisseau de Combe Froide, dans sa partie raide sous Preutemps</li> <li>• recreusement d'un lit torrentiel sur le cône de déjection, dans la plaine de l'Isère, en rive gauche sous Bonneville.</li> </ul> <p>Projet et maîtrise d'oeuvre RTM.</p> <p>Ces ouvrages sont régulièrement inspectés et entretenus par la commune.</p>	Commune de Villaroger
Plan des Violettes	Avalanche	1979 à 1983	<p>Pose de 665 ml de râteliers métalliques (type R46) et de 396 ml de barrières à neige métalliques d'une hauteur de 4 m en amont du plan des Violettes (zone de départ de la n°4 CLPA). Maîtrise d'oeuvre RTM. Travaux de renforcement du dispositif en 1991.</p>	Commune de Villaroger.

Secteur	Phénomène traité	Année de réalisation	Nature - caractéristiques	Maître d'ouvrage
Plan Celeso	Avalanche	1982 et 1984	<p>1982 : terrassement d'une imposante digue d'environ 160 m de long et 8 m de haut à 1850 m d'altitude, pour freiner l'avalanche n°5 CLPA et l'empêcher de rejoindre la branche rive droite de la n°4 CLPA.</p> <p>Une autre digue un peu moins haute (6 m) est terrassée à la même altitude sur 85 m de long, en travers du couloir n°6 CLPA</p> <p>1984 : trois digues complémentaires sont réalisées à l'amont des précédentes : une dans le couloir n°5 CLPA, de 4 m de haut sur environ 135 ml, et deux autres dans le couloir n°6 CLPA, de 4 à 6 m de haut.</p> <p>Travaux sous maîtrise d'œuvre RTM.</p>	Commune de Villaroger.
Plan des Violettes	Avalanche	1984	Installation d'un CATEX sur les zones de départ des avalanches n°4 à 6 de la CLPA. Ce système est complété par un GAZEX en rive droite du couloir n°4 CLPA en 1992.	Commune de Villaroger
Plan des Violettes	Avalanche	2005	Rehaussement d'un talus naturel en bordure aval de piste de ski, entre 1850 et 1900 m d'altitude, pour obtenir une digue de 310 m de long et 4 m de hauteur.	Commune de Villaroger
Amont route d'accès au Planay	Chutes de blocs	?	Levée de terre réalisée dans les éboulis sous Plandi pour protéger la route d'accès au Planay.	Commune de Villaroger
Salle polyvalente	Chutes de blocs	1982	Levée de terre de 1,5 m de haut contre l'angle sud de la salle polyvalente, réalisé par précaution lors du terrassement de la plate-forme du bâtiment.	Commune de Villaroger

Secteur	Phénomène traité	Année de réalisation	Nature - caractéristiques	Maître d'ouvrage
Savinaz	Chutes de blocs.	Début années 80 puis années 2000 à 2015 suite à l'étude ANTEA de 1998	<p>1980 ? : tourne et merlon en aval, au droit du couloir central du Bois de la Savinaz, contre les chutes de blocs mais aussi les chutes de glaçons et pour l'arrêt des grumes lors d'affouages (reprises d'ouvrages au début des années 90 sous MOE RTM).</p> <p>2004 : mur en gabions de 2 m de haut et 20 ml contre la façade amont du garage communal, suite à l'étude ANTEA. MOE RTM.</p> <p>2006 : ligne de filets de 60 ml et de capacité 1500 kJ, conforme à l'étude ANTEA, en amont de la partie centrale du hameau. Hauteur utile comprise entre 3 et 3,5m. MOE RTM.</p> <p>2006 : reprise du merlon à l'aval de la tourne des années 80 et en amont immédiat d'un bâtiment : ouvrage de 35 m de long et 3 m de haut. Largeur de fosse de 3,5 m. MOE RTM</p> <p>2011 : ligne de filets de 20 ml en complément de celle de 2006, vers le nord, suivant les mêmes caractéristiques que la première. MOE RTM</p> <p>2015 : reprise et extension du merlon vers le sud (surélévation, raidissement du parement amont) pour atteindre une hauteur utile de 3 à 3,5 m sur le bas et 2,5 m sur le haut. MOE RTM.</p>	Commune de Villaroger
Savinaz	Avalanche (et chutes de blocs)	1994	<p>Pose de 125 ml de filets type F36 en 7 lignes dans le Bois de la Savinaz et terrassement d'une digue de 125 m de long et 2 à 2,5 m de haut à l'aval, côté sud, le tout contre les coulées de neige menaçant le sud du hameau (cf. CCTP). MOE RTM.</p> <p>Le merlon a surtout une vocation pare-blocs.</p>	Commune de Villaroger

#### V.4.4 Cartographies antérieures des aléas naturels

- Carte informative de localisation des mouvements de terrain et des crues torrentielles (réalisée au 1/25 000ème sur fond IGN par le géologue Robert Marie dans les années 1980)
- Plan d'Intervention pour le Déclenchement des Avalanches (PIDA) du domaine skiable des Arcs.
- Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR) approuvé le 28 août 2003.

## V.5 Présentation générale des aléas identifiés sur l'ensemble de la commune

Cette présentation synthétique s'accompagne des cartes générales des aléas ci-après qui, rappelons-le, n'ont qu'une portée informative.

Pour une présentation détaillée des aléas concernant les périmètres de prescriptions du PPR, se reporter aux fiches et cartes établies secteur par secteur, au chapitre VI.4.

Il n'a pas été repéré d'aléa d'effondrement, d'affaissement ni d'inondation lente.

### V.5.1 Les aléas d'avalanche (A)

Du fait de ses fortes pentes et de son altitude globalement élevée (sommets de versant compris entre 2300 et 3780 m), le territoire communal est très largement exposé aux avalanches. On dénombre pas moins d'une vingtaine de couloirs d'avalanche sur Villaroger, dont huit peuvent atteindre des enjeux habités. On distinguera :

- plusieurs couloirs de dénivellée modérée (500 à 700 m) menaçant le domaine skiable et la RD 119 d'accès à Arc 1950 et Arc 2000 sur le secteur des Chavonnes / Pré St Esprit ;
- principalement quatre couloirs bien individualisés et de dénivellée importante (1200 à 1400 m) menaçant des zones urbanisées : Pré Dernier, Le Planay, Le Villaron, Le Chapuis et leurs accès, sur la partie nord de la commune ;
- de nombreux couloirs et versants avalancheux à forte dénivellée sur la partie médiane et sud de la commune, couvrant l'essentiel de cette partie du territoire mais menaçant peu les zones urbanisées : extrémité ouest de la Gurraz, extrémités nord et sud de La Savinaz. A noter que l'un de ces couloirs peut aussi menacer le refuge de La Martin situé à 2154 m, au cœur du Parc National de la Vanoise.

Sur les zones de haute montagne éloignées des enjeux habités, où les avalanches sont nombreuses, d'intensité globalement forte et parfois chevauchantes (notamment dans le vallon du Lavancher, sous l'Aiguille Rouge, et sur les glaciers du Mt Pourri et Dôme de la Sache), les aléas ont d'abord été étudiés couloir par couloir puis globalisés en aléa fort, sans sous délimitation. Ce travail a montré qu'en haute montagne, la CLPA ne couvrirait pas toutes les zones avalancheuses probables de la commune.

Sur les couloirs menaçant directement les périmètres de prescriptions du PPR ou bien des enjeux isolés comme les refuges du Parc National de la Vanoise, les phénomènes ont été étudiés plus finement et des zones d'aléa moyen à faible ont pu être cartographiées.



Fig. V-11 : vue Google Earth 3D du secteur avalancheux des Chavonnes (à gauche).



Fig. V-12 : photo en mars 2017 des versants avalancheux sous le Mt Pourri et le Dôme de la Sache.

### V.5.2 Les aléas de chutes de pierres et de blocs (P)

Le territoire communal peut être globalement divisé en deux zones géologiques :

- Une frange nord caractérisée par de nombreux affleurements schisto-gréseux du Houiller productif de la zone houillère briançonnaise,
- Le reste de la commune caractérisé par des parois de micaschistes de la zone briançonnaise interne (socle cristallin de la Vanoise nord-orientale), avec des microgranites sur la crête du Plan des Violettes et des complexes alternant micaschistes, gabbros diorites et chlorites dans le massif du Mt Pourri.

Les affleurements rocheux sont donc omniprésents sur la commune (hors le versant en glissement profond de la forêt de Ronaz), mais avec un poli glaciaire très marqué (la vallée de la Haute Tarentaise était sous la glace lors de la dernière glaciation du Würm, de -70 000 à -20 000 ans).

Ce poli glaciaire confère aux parois un profil moutonné, pauvre en aspérités et surplombs, et donc en instabilités. Il en résulte une faible activité des chutes de blocs (très peu d'événements signalés sur la commune ces dernières décennies, hors les parois déstabilisées par des travaux de terrassement de pistes ou routes).

En revanche, compte-tenu du caractère cohésif des grès schisteux et des micaschistes, la volumétrie des blocs éboulés est importante (souvent métrique à pluri métrique).

Les aléas de chutes de blocs se répartissent ainsi :

- Sur le nord de la commune, les chutes de blocs sont généralisées sur le secteur des Chavonnes, avec des massifs fracturés et des pentes fortes de part et d'autre du torrent de Pissevieille, mais plus localisées autour des principaux hameaux, grâce à des replats entre les bancs de grès schisteux. Les zones urbanisées ne sont que très marginalement menacées (Le Châtelet, salle polyvalente) ;
- Sur les deux tiers sud de la commune, les fortes pentes jusqu'à l'Isère peuvent engendrer de longues trajectoires de blocs et des aléas forts très étendus. Toutefois, seul le hameau de La Savinaz est exposé, car situé directement sous une paroi de micaschistes.

Compte-tenu de la volumétrie moyenne des chutes de blocs, l'intensité du phénomène a été jugée forte quasi partout. L'aléa résultant est fort. Seules quelques petites zones où le phénomène apparaît à la fois très incertain et moins intense ont été classées en aléa moyen. Cette incertitude de l'aléa nécessite une étude de détail pour être levée. C'est le cas notamment sur les ruines des Chavonnes, dans la combe du Chapuis, à Plan Bois, sur le replat de l'Art et sur l'épaule du Crêt en amont du Bois de la Savinaz.



Fig. V-13 et V-14 : affleurements de grès schisteux au chef-lieu (à gauche) et de micaschistes sous le Mt Pourri (à droite).



### V.5.3 Les aléas de crue torrentielle et de ruissellement (T et R)

Tous les cours d'eau s'écoulent sur le substrat rocheux très présent sur l'ensemble de la commune, et aucun ne présente de vastes zones d'érosion et d'apport de matériaux, hors les affluents du Lavancher dans les couloirs d'éboulis de l'Aiguille Rouge et de la face nord du Mont Turia.

Du nord au sud de la commune, on trouve 14 cours d'eau d'inégale importance (cf. tableau et carte ci-après). Les enjeux urbanisés potentiellement exposés se concentrent sur ceux du nord de la commune (ruisseaux du Pré, de la Roche et des Cassettes) qui sont aussi les plus petits avec un bassin-versant  $\leq 0,5 \text{ km}^2$ .

N°	Nom du cours d'eau	Surface du bassin-versant	Type de lit	Apport solide ?	Enjeux menacés
1	Pissevieille	15 km <sup>2</sup>	Rocheux et encaissé sur Villaroger, pas de zone de débordement	Oui	Néant sur la commune
2	Combe Froide	0,4 km <sup>2</sup>	Instable, sur la bordure est du glissement de Ronaz. Plus de lave depuis les travaux de drainage dans les années 80.	Oui (laves)	RD 84b
3	Suel	0,08 km <sup>2</sup>	Ruisseau temporaire sur fond rocheux, servant d'exutoire lors des travaux EDF sur la conduite forcée de Viclaire	Non	RD 84b
4	Pisset	0,8 km <sup>2</sup>	Lit étroit et peu marqué, globalement stable sur substrat rocheux.	Faible (traces de dépôts de petites crues avec charriage)	RD 84b, pistes forestières et chemins
5	Pré	0,25 km <sup>2</sup>	Lit étroit et peu marqué (débit ordinaire important car exutoire d'une fenêtre de la galerie EDF amont.	Non	Plateau du Pré, avec actuellement 2 bâtisses peu exposées
6	Roche	0,5 km <sup>2</sup>	Lit étroit et peu marqué	Non	Routes communales, RD 84b, lotissement des Pravets à La Roche
7	Cassettes	0,4 km <sup>2</sup>	Lit étroit et peu marqué, sur fond rocheux à l'aval du Planay	Non	RD 84b
8	Planay	2 km <sup>2</sup>	Lit marqué et encaissé, sur fond rocheux	Faible	Route d'accès au Chapuis et sentiers
9	Chapuis	0,9 km <sup>2</sup>	Lit marqué et encaissé, sur fond rocheux	Faible	Sentiers
10	Lavancher	5,2 km <sup>2</sup>	Ravinements dans les éboulis en amont, lit encaissé sur fond rocheux en aval	Fort mais zones de régulation sur replats à mi-versant	Sentiers
11	Cousset + Tern	1,4 km <sup>2</sup> au total	Lit marqué sur fond rocheux	Faible	Sentiers
12	Mont Pourri	5,1 km <sup>2</sup>	Zones d'érosion localisées dans moraines libérées des glaciers, puis lit marqué et encaissé sur fond rocheux	Oui avec dépôt sur cône de déjection	Piste pastorale et routes communales entre Gurraz et Savinaz
13	Balmettes	3,5 km <sup>2</sup>	Zones d'érosion localisées dans moraines libérées des glaciers, puis lit marqué et encaissé sur fond rocheux	Oui (charriage) avec dépôt dans l'Isère	Sentiers
14	Nant Blanc	1,2 km <sup>2</sup>	Zones d'érosion localisées dans moraines libérées des glaciers, puis lit marqué sur fond rocheux	Oui (charriage) avec dépôt dans l'Isère	Sentiers

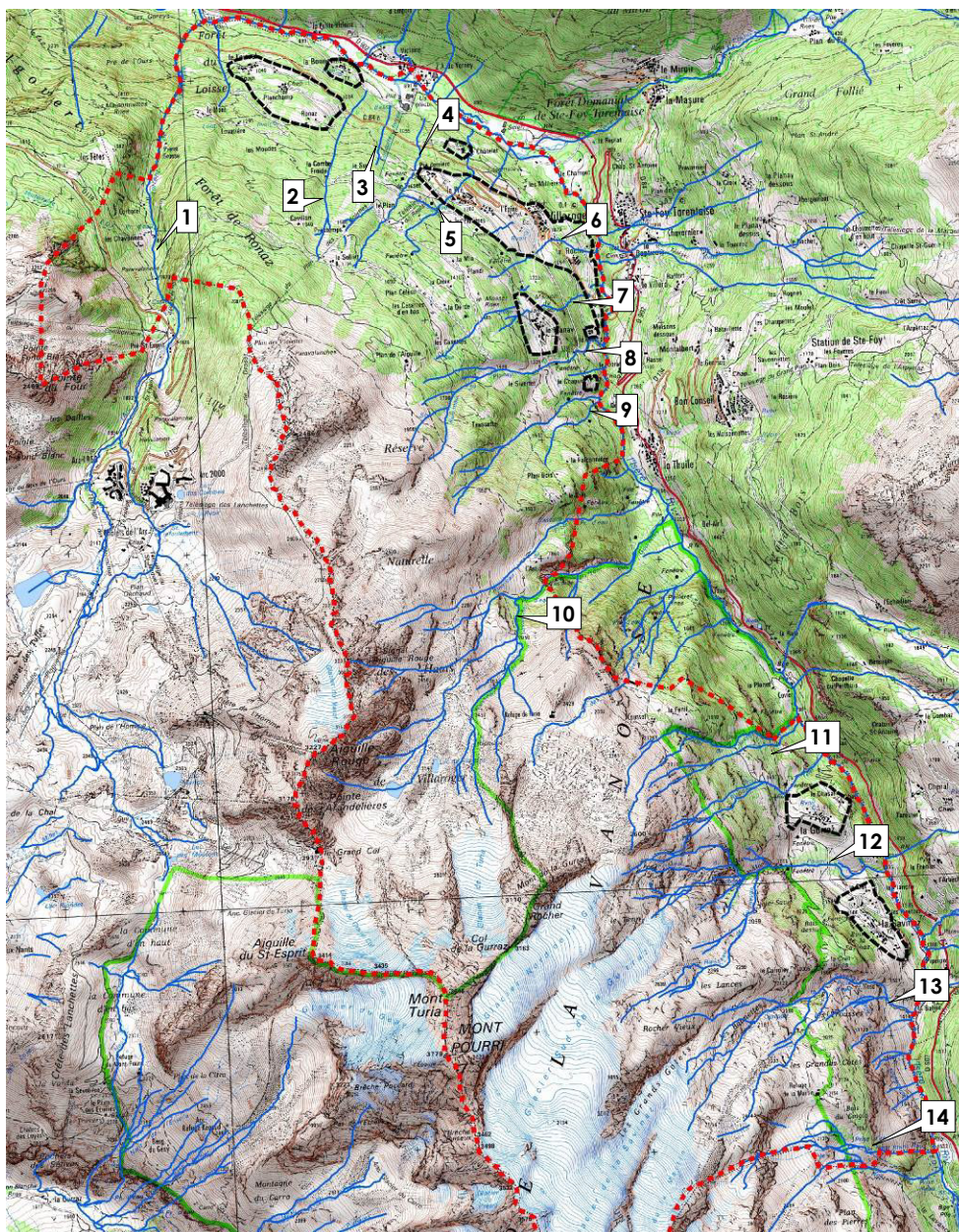


Fig. V-15 : localisation des cours d'eau de la commune de Villaroger (cf. tableau pour référence).

Sur les cartes d'aléas affichées au 1/15 000<sup>ème</sup>, les lits naissants et étroits des ruisseaux ont été cartographiés sous forme d'une simple ligne bleue. Plus en aval, sur des ruisseaux constitués présentant un lit plus large, ce tracé bleu a été élargi d'une zone d'aléa correspondant aux érosions de berges probables à l'échelle du siècle.

De manière forfaitaire, l'aléa « érosion de berge » associé à l'aléa crue torrentielle est fort. De même, l'aléa débordement torrentiel par charriage ou lave est fort.

L'aléa crue torrentielle est limité à un niveau moyen seulement pour les petits cours d'eau sans transport solide dont le bassin versant reste inférieur à 0,5 km<sup>2</sup>, ou pour les fins de zone d'épandage des eaux boueuses de part et d'autre de la centrale hydroélectrique de Viclaire.



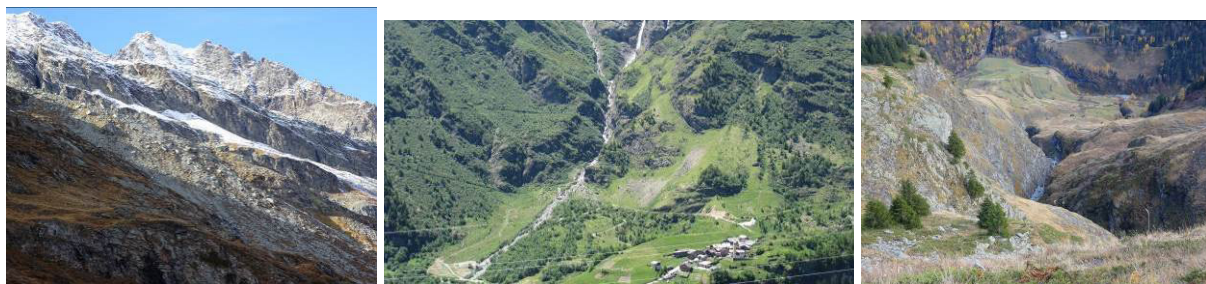


Fig. V-16 à V-18 : zone d'apport en matériaux (moraine) et cône de déjection du torrent de la Gurraz ; lit encaissé sur fond rocheux du torrent des Balmettes (à droite).

#### **V.5.4 Les aléas de glissement de terrain et de coulée de boue associée (G et C)**

La seule véritable zone de glissement de terrain identifiée sur la commune se trouve en forêt de Ronaz et s'étend jusqu'à l'Isère, à l'extrémité nord du territoire. Sa géologie et son activité sont décrites dans la fiche de présentation détaillée des aléas correspondante, au chapitre VI.4, car cette zone affecte les hameaux de Ronaz, Planchamp, Loissel et la Bonneville.

De petits phénomènes de fluages superficiels concernent aussi la couverture morainique sur certaines pentes du secteur du Pré et du Chef-lieu. Là encore, le phénomène est détaillé dans la fiche spécifique à ce périmètre de prescriptions, au chapitre VI.4.

Ailleurs sur la commune, les pentes sont le plus souvent constituées du substrat rocheux affleurant ou d'éboulis stabilisés. Certaines moraines récemment libérées des glaciers pourraient localement être déstabilisées par des ruissellements torrentiels mais ce contexte géologique n'est pas favorable aux glissements de terrain.

Sur les deux tiers sud de la commune, nous n'avons identifiés que trois zones de glissement, correspondant à des glaciers rocheux actifs (aléa fort) ou inactif (aléa moyen). La présence de glace dans ces éboulis (permafrost) les conduit à fluer, voire parfois à s'effondrer au niveau d'un front raidi par la poussée du corps.

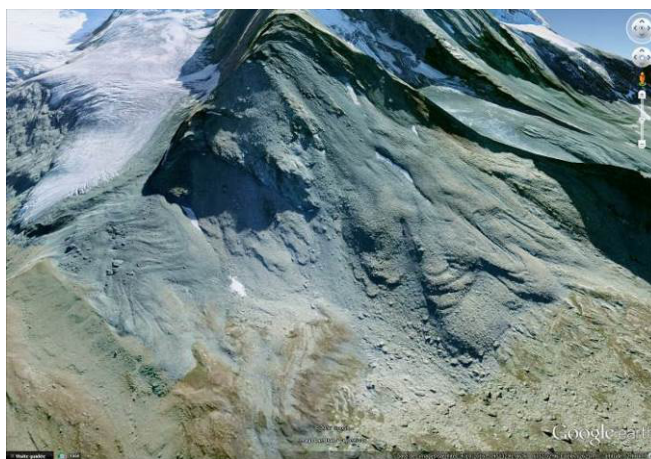


Fig. V-19 : vue Google Earth® 3D du glacier rocheux du Mont de la Gurraz, en aléa fort vue son activité.

#### **V.5.5 Synthèse sur l'exposition globale de la commune aux aléas naturels**

Les cartes générales des aléas combinant tous les aléas identifiés (cf. ci-après) montrent à première vue que peu de zones du territoire communal sont exemptes à la fois d'avalanches, de chutes de blocs, de crues torrentielles et de glissements de terrain. Elles

montrent aussi que les aléas sont essentiellement forts, ce qui limite fortement la possibilité de nouvelles constructions isolées.

Les aléas les plus étendus sont d'abord les avalanches mais aussi les chutes de blocs, qui concernent à eux deux plus de 90% de la surface des deux tiers sud de la commune, essentiellement sous forme d'aléa fort. Seules quelques croupes sommitales et une partie des plateaux urbanisés de La Gurraz et de la Savinaz s'avèrent à l'écart des aléas naturels inventoriés. Cela souligne le caractère très alpin de cette partie de la commune.

On retrouve à peu près les mêmes caractéristiques alpines et le même taux de recouvrement des aléas sur le secteur des Chavonnes, au nord-ouest de la commune.

Le nord de la commune, où se concentre la plupart des hameaux dont le Chef-lieu, présente un profil général de versant moins raide et moins fourni en escarpements rocheux. Les aléas combinés d'avalanche et de chute de blocs ne concernent ainsi plus que 30 à 40% des surfaces, tout en épargnant l'essentiel des plateaux urbanisés. L'adjonction de l'aléa crue torrentielle ne change quasiment pas la donne. En revanche le secteur de Ronaz, à l'extrême nord, épargné des avalanches et des chutes de blocs, est très largement concerné par un aléa moyen à faible de glissement de terrain.

Au final, le nord de la commune est concerné sur un peu plus de 50 % de sa surface par des aléas naturels majoritairement forts à moyens. Cela dit, hors des périmètres de prescriptions, de larges zones restent exemptes d'aléa et donc potentiellement constructibles vis à vis des risques naturels, que ce soit sur le domaine skiable ou autour des chalets d'alpage existants.

## V.6 Cartes générales des aléas

Les cartes au format A3 ci-après présentent les aléas naturels identifiés sur l'ensemble du territoire communal, par type d'aléa et du nord au sud du territoire.

### Rappel sur l'utilisation de ces cartes en cas de projet de construction :

*La présence d'un ou plusieurs aléas forts sur la zone du projet devrait logiquement conduire au refus du projet. Inversement, l'absence d'aléa devrait conduire à son autorisation sans réserve au titre des risques naturels.*

*Dans les situations intermédiaires où l'aléa est incertain ou d'intensité prévisible moyenne à faible, le projet, pour être accordé, nécessite une étude spécifique à réaliser par le porteur du projet, appuyée par une visite de terrain, qui permettra de confirmer l'aléa et de préciser les contraintes à prendre en compte.*

Se reporter aux **cartes générales des aléas**  
(indicatives) :

Cartes Nord-Centre et Sud

3 cartes pour chaque groupe d'aléa,

A = avalanche

P = chute de Pierre

T = Torrentiel

GC = Glissement de terrain et Coulées de boues

et 3 cartes de synthèse

## VI Cartographie détaillée des aléas sur les périmètres de prescriptions

### VI.1 Objectif et limites

Au sein des périmètres de prescriptions du PPR (cf. fig. VI-1 en page suivante), l'affichage des aléas doit **permettre d'élaborer un zonage réglementaire** suffisamment précis pour se suffire à lui-même dans le cadre de l'instruction des demandes de permis de construire. A l'exception d'une étude de sol permettant, le cas échéant, de préciser les techniques constructives pour adapter le projet aux mouvements de terrain, aucune autre étude des aléas n'est en principe nécessaire pour spécifier les règles d'urbanisme et de construction.

Par conséquent, **l'étude des aléas doit être plus précise, plus systématique et plus argumentée** que sur le reste du périmètre communal. Elle s'accompagne toujours d'une visite de terrain, permettant de bien comprendre la genèse des phénomènes et leur extension sur la zone considérée ainsi que de fiches explicatives, zone par zone et phénomène par phénomène.

Le niveau d'aléa est le plus souvent déterminé à la fois par **l'intensité et la fréquence** du phénomène naturel redouté sur la zone étudiée. Au sein de ces périmètres de prescriptions, en complément du simple niveau d'aléa (fort, moyen ou faible), sont donc affichées sur chaque zone l'intensité maximale probable et la période de retour du phénomène.

Concernant les chutes de pierres et de blocs (P), c'est la probabilité d'occurrence du phénomène qui est exprimée, en référence à la méthode « Mezap » (voir V.3.2). Il s'agit alors d'un croisement entre probabilité de départ en falaise et probabilité d'atteinte de la zone (propagation).

Pour les glissements de terrain et affaissements de terrain, phénomènes qui peuvent être continus, avec des périodes d'accélération et de ralentissement, on affiche le niveau d'activité observable et le niveau maximal probable à l'échelle du siècle.

La méthodologie pour l'affichage détaillé des aléas est présentée au VI.2.

Les aléas naturels pouvant affecter les périmètres réglementés sont aussi ceux pouvant atteindre les enjeux urbanisés de la commune. Il n'est donc pas rare que des dispositifs de protection (ouvrages, boisements) aient déjà été réalisés, pour en réduire la fréquence et/ou l'intensité. Grâce à une **double notation de l'aléa, avec et sans prise en compte du dispositif de protection**, la carte détaillée des aléas permet de montrer clairement le rôle joué durablement par ces dispositifs.

Enfin, l'analyse détaillée des aléas passe également par **l'indication de la direction générale de l'écoulement/propagation** (en cas de phénomènes gravitaires), et par **l'estimation des pressions d'impact ou des énergies d'impact** prévisibles à l'échelle du siècle sur le bâti exposé, ainsi que les **hauteurs d'application** de ces contraintes. Ces paramètres seront exploités pour le zonage réglementaire, les prescriptions zone par zone portant notamment sur des niveaux de renforcement des façades, en fonction de leur orientation et de leur hauteur par rapport au flux incident.

Il faut cependant garder à l'esprit que cette cartographie détaillée des aléas, réalisée et affichée à l'échelle du 1/3000<sup>ème</sup>, demeure une vision simplifiée de la réalité. Elle ne peut rendre compte de la grande diversité des scénarii possibles en un même lieu, ni de la décroissance très graduelle des intensités et des probabilités d'atteinte. Elle ne peut non plus prétendre inventorier la totalité des phénomènes, certains nécessitant pour être révélés des techniques de prospection plus élaborées que celles admissibles dans le cadre d'un PPRN.



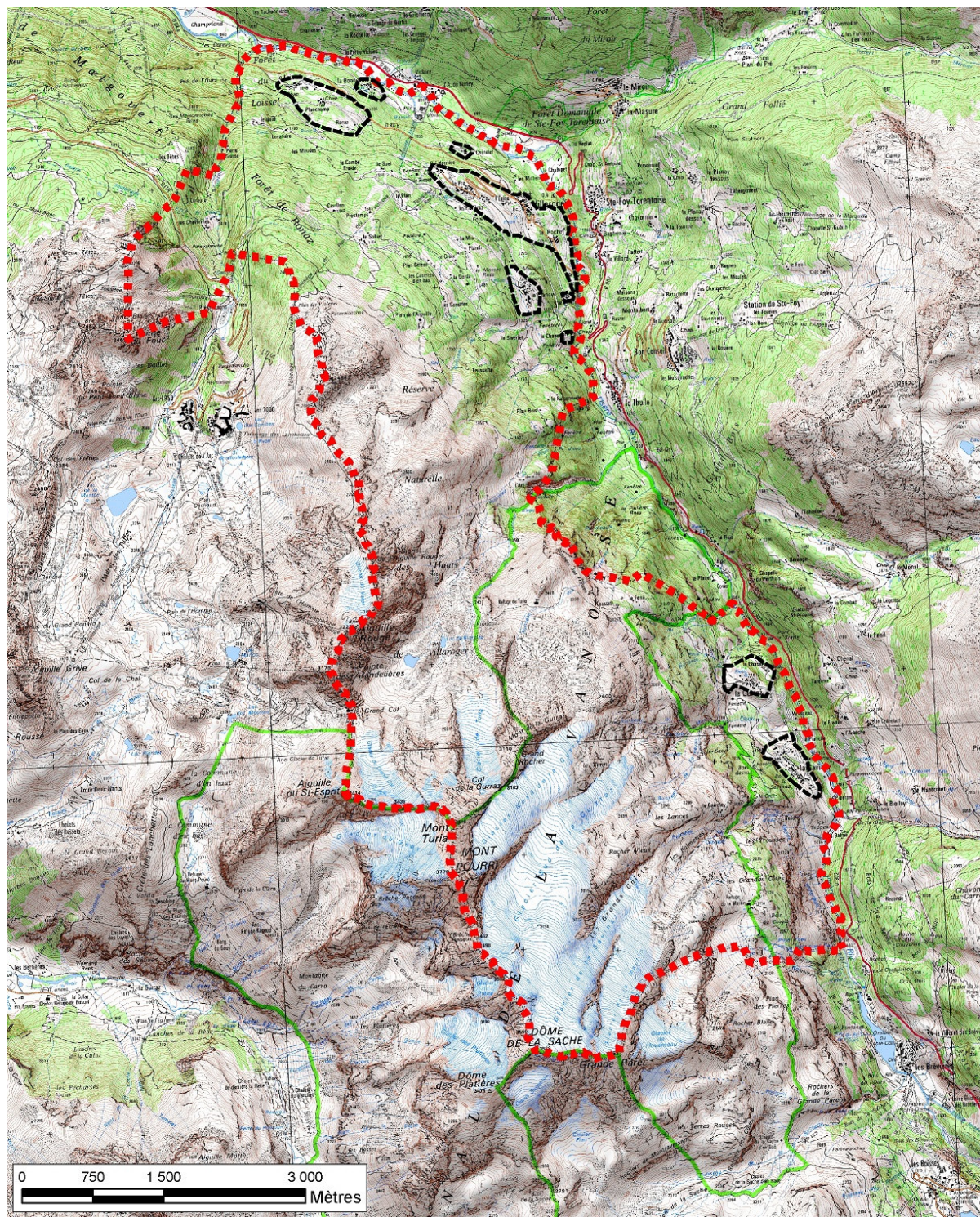


Figure VI-1 : périmètre communal de Villaroger (en rouge) et périmètres de prescriptions du PPR (en noir), sur Scan25® de l'IGN.



## VI.2 Méthodologie pour l'affichage détaillé des aléas

La méthode, connue sous le nom de Cartographie Pondérée des Phénomènes Naturels (C2PN) distingue trois familles de phénomènes :

- 1) Phénomènes définis par un couple « Intensité / période de retour »
- 2) Phénomènes définis par un couple « Intensité / probabilité d'occurrence »
- 3) Phénomènes définis par un couple « activité maximale / activité observable ».

### VI.2.1 Phénomènes définis par un couple « Intensité / période de retour »

Il s'agit des avalanches, coulées de boue, inondations, ruissellements/ravinement et crues torrentielles (A, C, I, R et T).

#### VI.2.1.a Evaluation de l'intensité maximale prévisible

Sur un site donné, le choix de la classe d'intensité est fondé sur la possibilité ou pas de construire un bâtiment-référence (10 m par 10 m d'emprise au sol, deux niveaux, un toit), capable d'assurer la sécurité de ses occupants et de ne pas subir d'endommagement, grâce à des renforcements économiquement envisageables (surcoût < 20 % de la valeur du bâtiment).

L'intensité fait aussi référence à la pression d'impact du flux gravitaire sur un obstacle large, de type façade perpendiculaire à l'écoulement. Cette pression peut être calculée en cas de modélisation ou à défaut être estimée.

Intensité		
Faible (1)	Moyenne (2)	Forte (3)
Travaux de renforcement non indispensables, la sécurité des occupants et l'intégrité du bien n'étant a priori pas menacées.	Travaux de renforcement nécessaires pour assurer la sécurité des occupants et l'absence d'endommagement du bien.	Il n'est pas envisageable de construire le bâtiment aux conditions définies ci-dessus.
Pressions d'impact équivalentes		
1 kPa < P ≤ 3 kPa	3 kPa < P ≤ 30 kPa	P > 30 kPa

#### VI.2.1.b Affichage de plusieurs périodes de retour

Au sein de l'emprise des aléas centennaux (ayant en moyenne une chance sur 100 de se produire chaque année dans cette emprise), la méthode permet d'afficher des sous-zones où le phénomène est jugé plus fréquent (période de retour au moins trentennale), voire très fréquent (période de retour au moins décennale).

Généralement, la fréquence du phénomène augmente en se rapprochant de sa zone source, donc en remontant dans le versant pour les phénomènes gravitaires. Mais parfois, du fait d'un obstacle topographique évident, les limites d'un phénomène fréquent et d'un phénomène rare se superposent (lit encaissé d'un torrent, paroi rocheuse...)

Cet affichage sur une même carte de plusieurs périodes de retour présente un intérêt pour la traçabilité de l'expertise et pour l'appropriation du risque.



Les zones fréquemment à très fréquemment atteintes sont connues de la population et incontestables. Elles sont délimitées à partir d'observations et données historiques souvent précises. Ces zones servent de base solide pour expliquer ensuite que des extensions plus rares du phénomène peuvent se produire au-delà des limites connues, extensions délimitées avec une part d'incertitude et une part d'expertise plus importantes.




Pour cette raison, il est aussi possible de faire figurer sur une même zone deux phénomènes de périodes de retour différentes et d'intensités différentes : par exemple un débordement torrentiel fréquent mais faiblement intense (reflétant l'historique récent) et un débordement torrentiel centennal et très intense (probable d'après un historique plus ancien et méconnu). C'est le phénomène centennal, souligné, qui reste la référence pour le zonage PPR.

A noter aussi que les zones très fréquemment atteintes (tous les 1 à 10 ans en moyenne) sont statistiquement plus dangereuses pour les personnes circulant en zone exposée et qu'elles engendrent des dommages répétés. Elles justifient donc que le niveau d'aléa soit systématiquement surclassé d'un rang par rapport à son intensité (voir tableau ci-après).

### VI.2.1.c Tableau de pondération des aléas

C'est la combinaison de l'intensité maximale prévisible et de la période de retour du phénomène sur la zone considérée qui donne le niveau d'aléa. Le tableau ci-dessous permet deux niveaux de lecture des cartes d'aléas : la couleur pour le niveau global et l'étiquette pour l'indication du couple « intensité / période de retour ».

Période de retour \ Intensité	30 ans < T ≤ 100 ans scénario rare (référence)	10 ans < T ≤ 30 ans scénario fréquent (+)	0 ans < T ≤ 10 ans Scénario très fréquent (++)
Faible (1)	1	1+	1++
Moyenne (2)	2	2+	2++
Elevée (3)	3	3+	3++

Niveau d'aléa : Faible  Moyen  Elevé 

Rappelons que ce sont les emprises des aléas de référence centennale (ARC) qui déterminent le zonage réglementaire du PPR. En cas d'affichage de deux aléas de périodes de retour différentes, c'est donc l'ARC qui est retenu et souligné.

Exemple : I3/T1+ aléa « crue torrentielle » rare mais d'intensité élevée (globalement fort), associé à un aléa fréquent mais d'intensité faible. Le premier (T3) est souligné pour montrer qu'il sert de référence pour le zonage réglementaire.

**Spécifiquement pour les avalanches, les aléas de référence exceptionnelle (ARE) sont également figurés sur la carte d'aléas**, sous forme de contours orange pour délimiter l'emprise probable des avalanches coulantes tri-centennales et sous forme de contours jaunes pour délimiter l'emprise probable des avalanches aérosol tri-centennales.

Aucune indication de l'intensité du phénomène retenu pour l'ARE n'est apportée sur la carte, conformément au guide méthodologique PPR avalanche. Toutefois, comme pour l'ARC, il a été convenu que l'extension des aérosols exceptionnels seraient cartographiées tant qu'ils sont susceptibles de provoquer des dommages visibles (bris d'arbres ou grosses branches, bris de vitrages, enfoncement de portes, arrachement de cheminées, endommagement de véhicules...), soit un effet de souffle générant une pression d'impact > 1kPa.

## VI.2.2 Phénomènes définis par un couple « Intensité / probabilité d'occurrence »

Il s'agit des chutes de pierres et de blocs (P).

### VI.2.2.a Evaluation de l'intensité maximale prévisible

Sur un site donné, le choix de la classe d'intensité est fondé là encore sur la possibilité ou pas de construire un bâtiment-référence (10 m par 10 m d'emprise au sol, deux niveaux, un toit), capable d'assurer la sécurité de ses occupants et de ne pas subir d'endommagement, grâce à des renforcements économiquement envisageables (surcoût < 20 % de la valeur du bâtiment).

Pour les chutes de pierres, cette intensité peut être déterminée à partir des volumes unitaires des blocs rocheux mobilisés (cf. méthode Mezap), ces volumes en mouvement développant une énergie cinétique et un potentiel de dommages aux biens. Cette énergie cinétique peut être estimée grossièrement à dire d'expert à partir de la formule  $E = \frac{1}{2} m V^2$ .

Toutefois, cette énergie cinétique dépend aussi de la forme du bloc, de la vitesse d'impact, de l'angle d'impact... Une approche plus fine consiste donc à exploiter, le cas échéant, les résultats de calculs trajectographiques qui donnent les énergies cinétiques maximales développées.

Le guide national 2014 sur les versants rocheux définit trois classes d'intensité avec des seuils d'énergie à 30 et 300 kJ.

Intensité		
Faible (1)	Moyenne (2)	Forte (3)
Travaux de renforcement non indispensables, la sécurité des occupants et l'intégrité du bien n'étant a priori pas menacées.	Travaux de renforcement nécessaires pour assurer la sécurité des occupants et l'absence d'endommagement du bien.	Il n'est pas envisageable de construire le bâtiment aux conditions définies ci-dessus.
Energies cinétiques équivalentes en kilojoules		
$E < 30 \text{ kJ}$	$30 \text{ kJ} < E \leq 300 \text{ kJ}$	$E > 300 \text{ kJ}$

### VI.2.2.b Affichage de plusieurs probabilités d'occurrence

Au sein de l'emprise des aléas de chutes de blocs jugés vraisemblables à l'échelle du siècle, la méthode permet d'afficher des sous-zones où le phénomène est jugé plus fréquent, voire très fréquent.

Cette fréquence s'évalue intuitivement à partir de l'historicité des chutes de blocs sur la zone, de la présence de blocs récents au sol, du nombre d'instabilités présentes dans la paroi dominant la zone... Elle est le résultat d'une probabilité de départ (indice d'activité en falaise) et d'une probabilité d'atteinte (liée au profil du versant). La probabilité d'occurrence résultante n'est pas toujours facile à rapprocher d'une période de retour en années. Le phénomène n'est pas aussi périodique qu'une crue ou une avalanche, du fait des trajectoires aléatoires des blocs et du fait que les instabilités en paroi évoluent au fil des événements.

On retiendra cependant que les trois niveaux de probabilité d'occurrence affichés dans le tableau ci-dessous, qui font référence à la méthode « Mezap », peuvent être rapprochés des trois niveaux de période de retour définis pour les autres aléas ci-avant.




Comme nous l'avons vu ci-avant, cet affichage sur une même carte de plusieurs probabilités d'occurrence présente un intérêt pour la traçabilité de l'expertise et pour l'appropriation du risque.

A noter aussi que les zones fréquemment atteintes par des pierres ou blocs (probabilité d'occurrence moyenne à élevée, soit tous les 1 à 30 ans en moyenne) sont statistiquement plus dangereuses pour les personnes circulant en zone exposées. En effet ces phénomènes sont non ou difficilement prédictibles et ne permettant que rarement une mise à l'abri des personnes exposées. Elles justifient donc que le niveau d'aléa soit systématiquement surclassé d'un rang par rapport à son intensité (voir tableau ci-après).

### VI.2.2.c Tableau de pondération des aléas

C'est la combinaison de l'intensité maximale prévisible et de la probabilité d'occurrence du phénomène sur la zone considérée qui donne le niveau d'aléa. Le tableau ci-dessous permet deux niveaux de lecture des cartes d'aléas : la couleur pour le niveau global et l'étiquette pour l'indication du couple « intensité / probabilité d'occurrence ».

Probabilité d'occurrence Intensité	Faible (référence)	Moyenne (+)	Elevée (++)
Faible (1) : <250 l ou < 30 kJ	1	1+	1++
Moyenne (2) : 250 l à 1m <sup>3</sup> ou 30 à 300 kJ	2	2+	2++
Elevée (3) : >1 m <sup>3</sup> ou > 300 kJ	3	3+	3++

Niveau d'aléa : Faible  Moyen  Elevé 

Exemple : P2++ aléa chute de blocs moyennement intense, ayant une probabilité d'occurrence élevée sur la zone considérée. Il est donc surclassé en niveau fort.

### VI.2.3 Phénomènes définis par un couple « activité maximale / activité observable »

Il s'agit des glissements de terrain et des affaissements du sol (G et F).

#### VI.2.3.a Evaluation des classes d'activité

Sur un site donné, on évaluera d'abord l'activité actuelle et observable du phénomène. On évaluera ensuite son activité maximale prévisible à l'échelle du siècle, en tenant compte des traces laissées par une activité plus ancienne et/ou du potentiel d'activité lié à la géologie, à la pente et à l'hydrologie fluctuante de la zone.

Dans un cas comme dans l'autre, le choix de la classe d'activité est fondé sur la possibilité ou pas de construire un bâtiment-référence (10 m par 10 m d'emprise au sol, deux niveaux, un toit), capable de conserver un état de fonctionnement et de sécurité satisfaisant, grâce à une conception et/ou des renforcements économiquement envisageables (surcoût < 20 % de la valeur du bâtiment).

Intensité		
Faible (1)	Moyenne (2)	Forte (3)
L'adaptation du projet aux mouvements du sol n'est pas indispensable (risque de désordres très limités sur le bâti, même en l'absence de mesures spécifiques).	Il est indispensable d'adapter le projet de construction aux mouvements du sol pour assurer les conditions définies ci-dessus. Le phénomène n'est pas dangereux pour les personnes.	Il n'est pas envisageable de construire le bâtiment-référence, aux conditions définies ci-dessus.

### VI.2.3.b Tableau de pondération des aléas

C'est l'activité maximale prévisible à l'échelle du siècle qui donne le niveau d'aléa. L'activité présente, observable, est mentionnée à titre indicatif, par un signe « - » ou « -- », pour indiquer son écart par rapport à l'activité maximale. Cet écart permet de souligner que de futures (ré)activations sont plus ou moins probables.

Activité présente \ Activité maximale	faible	moyenne	élevée
Faible (1)	1		
Moyenne (2)	2-	2	
Elevée (3)	3--	3-	3

Niveau d'aléa : Faible  Moyen  Elevé

Exemple : G3-- aléa glissement de terrain dont l'activité maximale prévisible est forte, bien qu'elle soit manifestement faible à l'heure actuelle. Son niveau de référence est donc fort.

### VI.2.4 Prise en compte des dispositifs de protection

En cas de présence de dispositif de protection (ouvrage, plantations à rôle de protection), l'étiquette fait apparaître en premier lieu l'aléa tenant compte de ce dispositif, suivi de l'aléa faisant abstraction du dispositif (entre parenthèses). L'aléa de référence est souligné.

Cet aléa de référence peut correspondre à l'aléa tenant compte de l'efficacité de la protection, si celle-ci est jugée fiable et pérenne à l'échelle du siècle (cas de merlons en terrassement par exemple), ou à l'aléa sans tenir compte de la protection, si son efficacité n'est pas garantie sur le long terme.

Exemples :

A1(A3+) aléa d'avalanche devenu rare et d'intensité faible en tenant compte du dispositif de protection existant, mais qui serait fréquent et d'intensité élevée sans ce dispositif. La protection étant jugée pérenne, c'est l'aléa faible (A1) qui est souligné et retenu comme référence pour le zonage réglementaire.

P0(P3) aléa chute de blocs devenu négligeable en tenant compte du dispositif de protection existant, mais qui serait d'intensité élevée et de probabilité d'occurrence faible sans ce dispositif. La protection étant jugée pérenne, c'est l'aléa négligeable (P0) qui est souligné et retenu comme référence pour le zonage réglementaire. Le zonage réglementaire fera toutefois apparaître que l'absence d'aléa est liée à la pérennité de l'ouvrage, en hachurant la zone protégée.



## VI.3 Investigations complémentaires retenues

Ce chapitre vient compléter le chapitre V.2, en ne listant que les investigations complémentaires réalisées pour la cartographie détaillée des aléas dans les périmètres de prescriptions.

### VI.3.1 Visites de terrain

Les périmètres de prescriptions du PPRN ont fait l'objet de visites de terrain systématiques, de même que les zones sources des phénomènes pouvant affecter ces périmètres.

Ces visites à pieds permettent de corréliser les différentes données collectées sur le secteur lors de la phase de cartographie générale, de mieux apprécier le relief général et les micro-reliefs, de déceler des indices d'écoulement, d'éboulement ou de glissement de terrain non visibles sur d'autres supports (traces discrètes, en sous-bois, venues d'eau...), de localiser et d'évaluer les instabilités en parois rocheuses (à la jumelle), de mesurer des pentes et des lignes d'énergie, de localiser et d'évaluer l'état des dispositifs de protection existants, d'échafauder des scénarii, de prendre des photos...

Voici la chronologie des visites réalisées par le chargé d'étude Stéphane ROUDNITSKA dans le cadre de cette révision du PPRN :

- 28 octobre 2016 : visite des secteurs de la Gurraz et de la Savinaz.
- 04 janvier 2017 : visite des secteurs du Pré, de l'Epine, du Chef-lieu et du Planay.
- 30 janvier 2017 : visite du secteur de la Savinaz, accompagné de Christian TRACOL (DDT - SSR).
- 02 février 2017 : visite des secteurs de la Savinaz, de la Gurraz, du Chapuis, du Villaron, de la salle polyvalente, de la Roche, du Planay et du Replat.
- 30 mars 2017 : visite des secteurs de Ronaz, de Planchamp, de Loissel, de Bonneville, de Viclaire, du Châtelet et de La Savinaz.
- 07 juin 2017 : visite des secteurs de La Savinaz et de Bonneville, accompagné de Pierre DUPIRE (géologue RTM) et Daniel JULLIEN (cadre technique RTM sur la Tarentaise)
- 16 juin 2017 : visite des secteurs du Châtelet, du Planay, de La Gurraz et de La Savinaz, accompagné de Jérôme LIEVOIS (géologue RTM), Christian TRACOL (DDT - SSR) puis des élus de la commune de Villaroger, dans le cadre d'une réunion de concertation.

### VI.3.2 Analyse diachronique de photos aériennes

Dans certains cas, la comparaison de plusieurs campagnes de photos aériennes à différentes époques apporte un complément d'expertise. Cela permet notamment de mesurer l'évolution du boisement des zones de départ d'avalanche (cf. fig. VI-2), d'identifier des traces d'écoulement dans la végétation imputables à un événement donné, de localiser et dater des ouvrages de protection visibles du ciel (merlons, digues, râteliers, drains ouverts...)

Ces photos aériennes sont disponibles dans les archives du RTM de Chambéry ou téléchargeables sur <https://www.geoportail.gouv.fr> – rubrique « remonter le temps ».

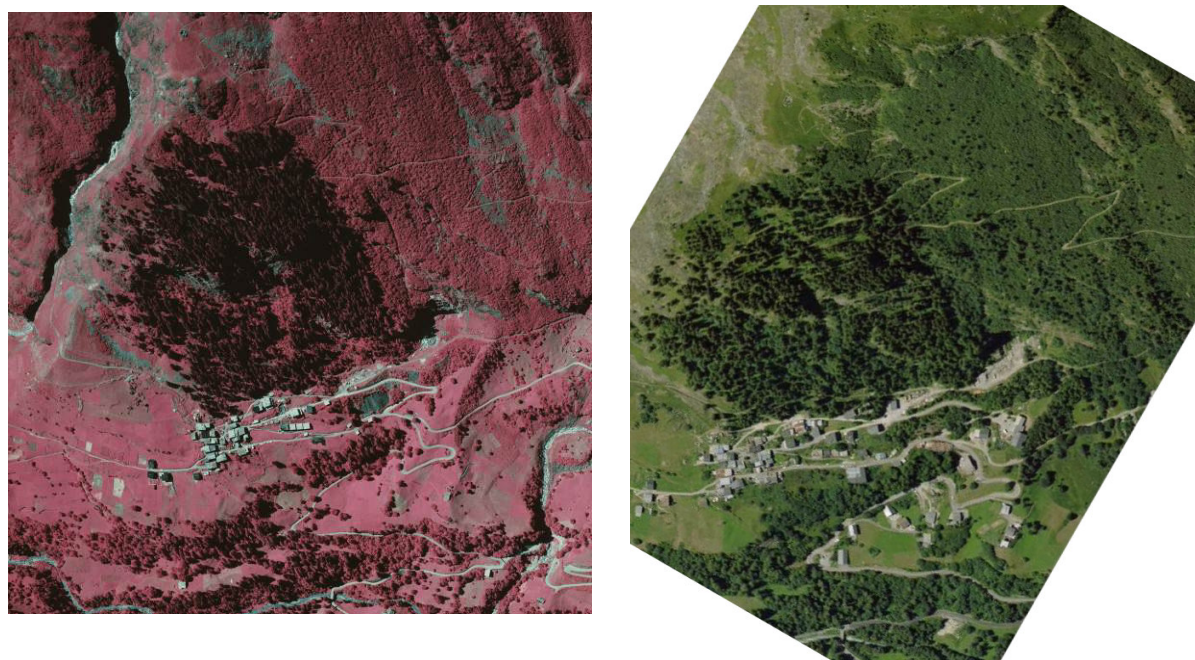


Figure VI-2 : comparaison de photos aériennes de l'IGN de 1982 (à gauche) et de 2013 (à droite), pour mesurer l'évolution du boisement dans les pentes dominant le Crêt de la Savinaz.

### VI.3.3 Simulations numériques

Outre l'exploitation des simulations numériques réalisées dans le cadre d'études antérieures (ANTEA, 1998, pour les chutes de blocs à La Savinaz ; Toraval, 2002, pour l'avalanche de la Combe au nord de La Savinaz ; RTM, 2015, pour l'avalanche du Pré), il a été convenu avec le maître d'ouvrage (DDT de la Savoie) que cette révision du PPRN serait l'occasion de réaliser de nouvelles simulations numériques sur modèle numérique de terrain (2D ou 3D) sur le hameau de La Savinaz, pour mettre à jour la connaissance des aléas sur cette zone d'enjeux importants.

Nous avons profité du levé topographique à haute résolution réalisé en 2016 par la société Sintegra pour le compte de la commune. L'acquisition par LIDAR aéroporté nous a permis d'obtenir un Modèle Numérique de Terrain (MNT) sans végétation et sans bâtiment au pas de 50 cm, intégrant les derniers ouvrages et terrassements réalisés en 2015.

Ce MNT a été utilisé sur La Savinaz pour des calculs trajectographiques de chutes de blocs à l'aide des logiciels RockyFor3D® et Rocfall® (2D), et pour des simulations d'avalanches centennales et tri-centennales à l'aide du logiciel Ramms (2D).

#### VI.3.3.a Calculs trajectographiques de chutes de blocs sur La Savinaz

##### **RockyFor3D**

Les calculs trajectographiques sur MNT ont été réalisés avec le logiciel Rockyfor3D ® développé par Ecorisq (association Franco-Suisse : IRSTEA et EPFL). Ce logiciel considère les trajectoires possibles des blocs selon les 3 dimensions (X, Y, Z).

Pour plus d'informations sur le logiciel et ses caractéristiques techniques : <http://www.ecorisq.org>.

Ce modèle permet :

- d'une part, comme l'ensemble des modèles, de donner des valeurs quantitatives sur les propagations des blocs : probabilité d'atteinte, hauteur de passage, énergie cinétique, etc. ;
- d'autre part, de considérer les effets de talweg (chenalisation des blocs dans les dépressions topographiques) grâce à son application 3D.

#### Données d'entrée du modèle

Le traitement nécessite de disposer d'un certain nombre de paramètres pour des surfaces de sols homogènes qui ont été déterminées sur SIG à partir de :

- la carte des pentes permettant de définir le type de terrain en fonction de son inclinaison ;
- des observations de l'orthophoto 2013 ;
- des reconnaissances de terrain durant lesquelles les paramètres de sol ont été relevés.

Ces paramètres sont ensuite convertis en rasters pour les besoins du modèle (cf. fig. VI-3). Chaque surface de sol est définie par 9 critères de détermination : dimensions du bloc dans les zones source selon ses trois axes ( $d1$ ,  $d2$ ,  $d3$ ), densité du bloc (*rocdensity*), forme type du bloc (*blshape* = 1 : *rectangulaire*), type de sol (*soiltype*), rugosité de surface selon le pourcentage de probabilité (*rg10* / *rg20* / *rg70*).

A l'aval des zones source (parois rocheuses présentant des instabilités), nous avons retenu des sols de type « roche affleurante recouverte de matériaux fins », mais aussi des éboulis plus ou moins grossiers et des prés plus ou moins meubles. Les emprises des merlons sont intégrées avec leur hauteur réelle, de même que la voirie, considérée comme un « sol moyennement compacté ». Les bâtiments sont figurés pour information sur la carte (cf. fig. VI-3) mais n'ont pas été pris en compte (considérés comme transparents).

#### Hypothèses de départ

Les zones source correspondent aux parois rocheuses de pente supérieure à 50°, où ont été localisées des instabilités, même superficielles. Depuis chaque cellule de départ (pixel de 1m x 1m), la modélisation fait partir 100 blocs de micaschistes de masse volumique 2500 kg/m<sup>3</sup> et d'un volume unitaire spécifique. Ce grand nombre de trajectoires permet d'obtenir un résultat statistiquement fiable.

Les volumes unitaires proposés sont de 3 m<sup>3</sup> sur les principales instabilités recensées sur quatre zones dans la paroi principale, à l'amont du centre du hameau. Cette gamme de volume est conforme au diagnostic de l'étude ANTEA de 1998.

Plus au sud et plus au nord en rive droite du couloir central, deux zones peuvent produire des volumes unitaires de 2 m<sup>3</sup>.

Sur le reste de la paroi principale, les volumes sont réduits à 750 litres.

Sur le reste de la paroi très lisse et très propre située en rive droite du couloir central, les volumes unitaires sont réduits à 250 litres (petites écaillles de surface).

Enfin, sur les parois inférieures dominant la plate-forme EDF et l'entrée nord du hameau, les volumes unitaires sont de 500 litres, voire localement 1 m<sup>3</sup>.

Tous ces volumes sont cohérents avec les tailles de blocs mesurées dans les éboulis, dont très peu sont tombés ces dernières décennies.

*Il faut bien noter que l'hypothèse d'un écroulement en grande masse, libérant des dizaines de blocs d'un volume pouvant atteindre plusieurs dizaines de m<sup>3</sup>, est un scénario crédible qui*



s'est déjà produit il y a de nombreux siècles, mais dont la probabilité d'occurrence a été jugée trop faible à l'échelle du siècle pour être retenue dans le zonage du PPRN.

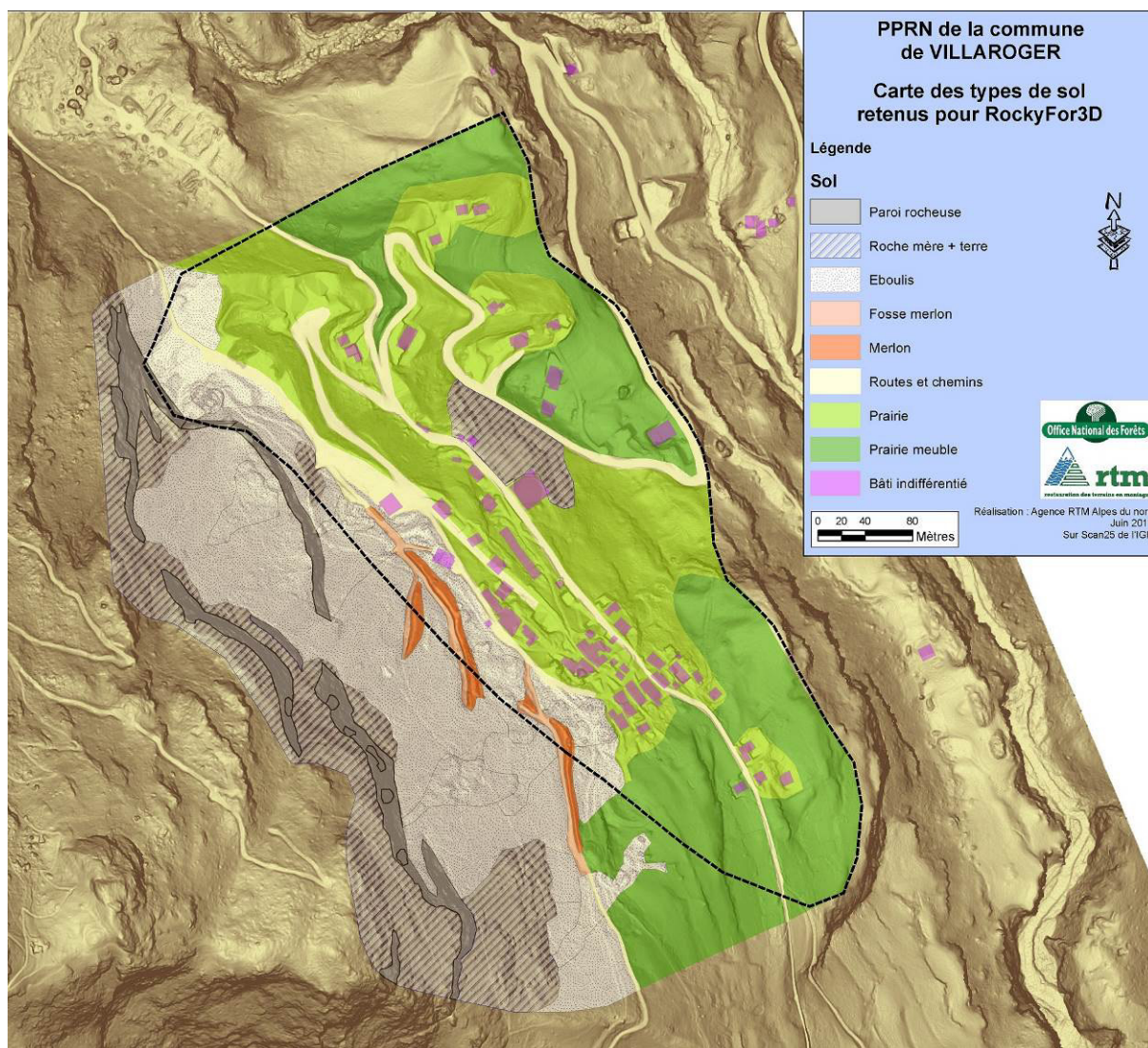


Figure VI-3 : carte des types de sol sur La Savinaz.

## Résultats

Le logiciel fournit 12 fichiers raster de résultats. Nous présentons ci-dessous uniquement les cartes de résultats les plus intéressantes pour la cartographie des aléas :

- la carte des probabilités d'atteinte, en pourcentage de blocs atteignant le pixel cible par rapport à la totalité des blocs mobilisés qui seraient susceptibles d'atteindre ce pixel. Les classes de pourcentages d'atteinte et leur correspondance avec l'occurrence du phénomène sont définies à dire d'expert, en fonction de l'historique des événements, des probabilités de départ et des études antérieures.

Dans le cas présent, compte-tenu d'une probabilité de départ faible partout, nous avons établi la correspondance suivante :

- probabilité d'atteinte < 1% = trajectoires aberrantes
- probabilité d'atteinte comprise entre 1 et 1,2% = occurrence négligeable
- probabilité d'atteinte comprise entre 1,2 et 2% = occurrence faible
- probabilité d'atteinte > 2% = occurrence moyenne



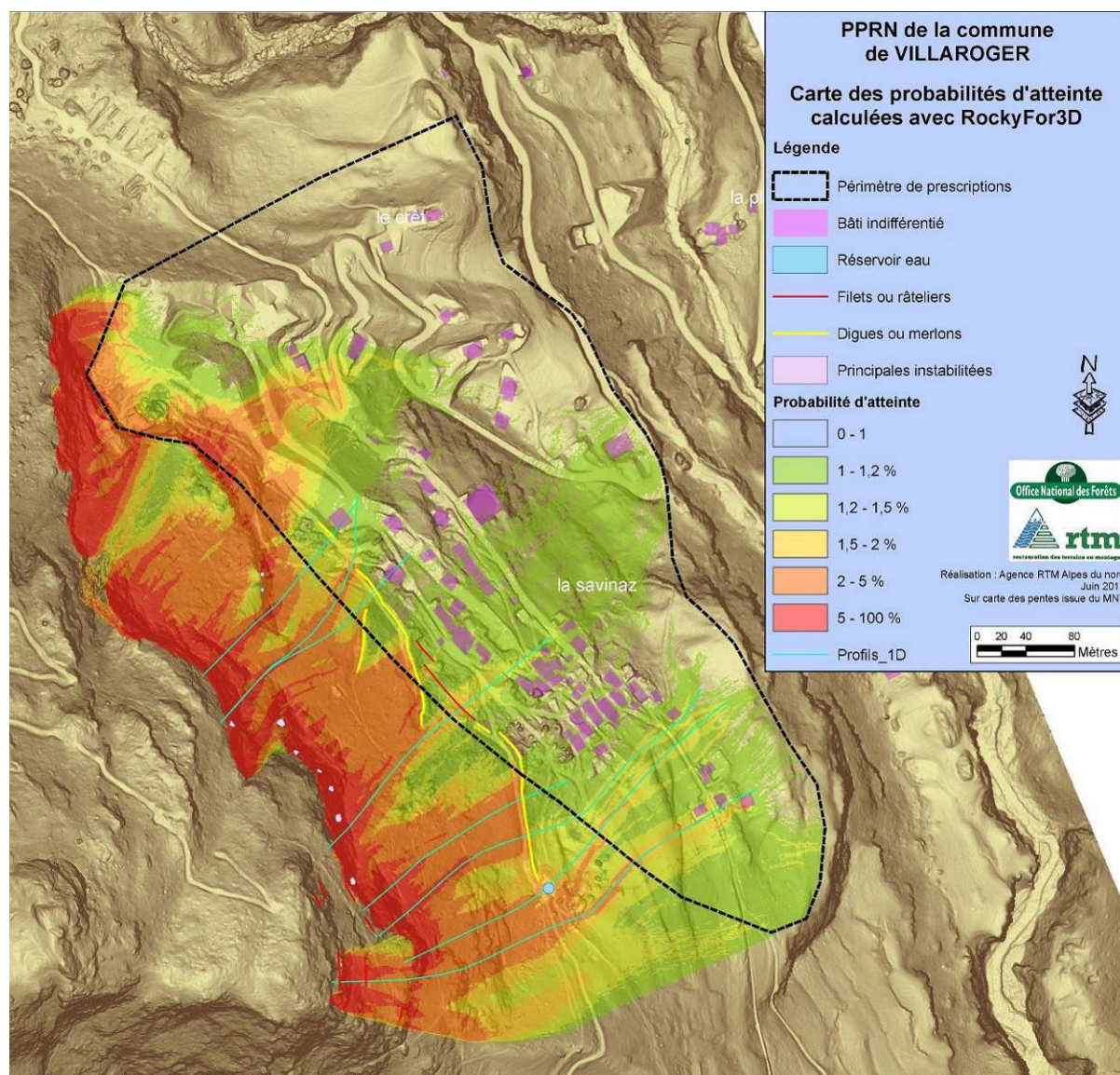


Figure VI-4 : carte des probabilités d'atteinte sur La Savinaz (en deçà de 1%, les propagations sont jugées aberrantes et ne sont pas représentées).

- la carte des énergies cinétiques maximales, en kiloJoules (kJ), suivant la masse des blocs retenue et leur vitesse de propagation sur chaque pixel. Les classes d'énergie retenues et le choix des couleurs font référence aux trois classes d'intensité du guide national 2014 sur les versants rocheux, avec des seuils à 30 et 300 kJ.

Les résultats sont exploités et intégrés dans la description des scénarios de référence : cf. fiche de présentation détaillée des aléas de chutes de blocs sur La Savinaz au VI.4.



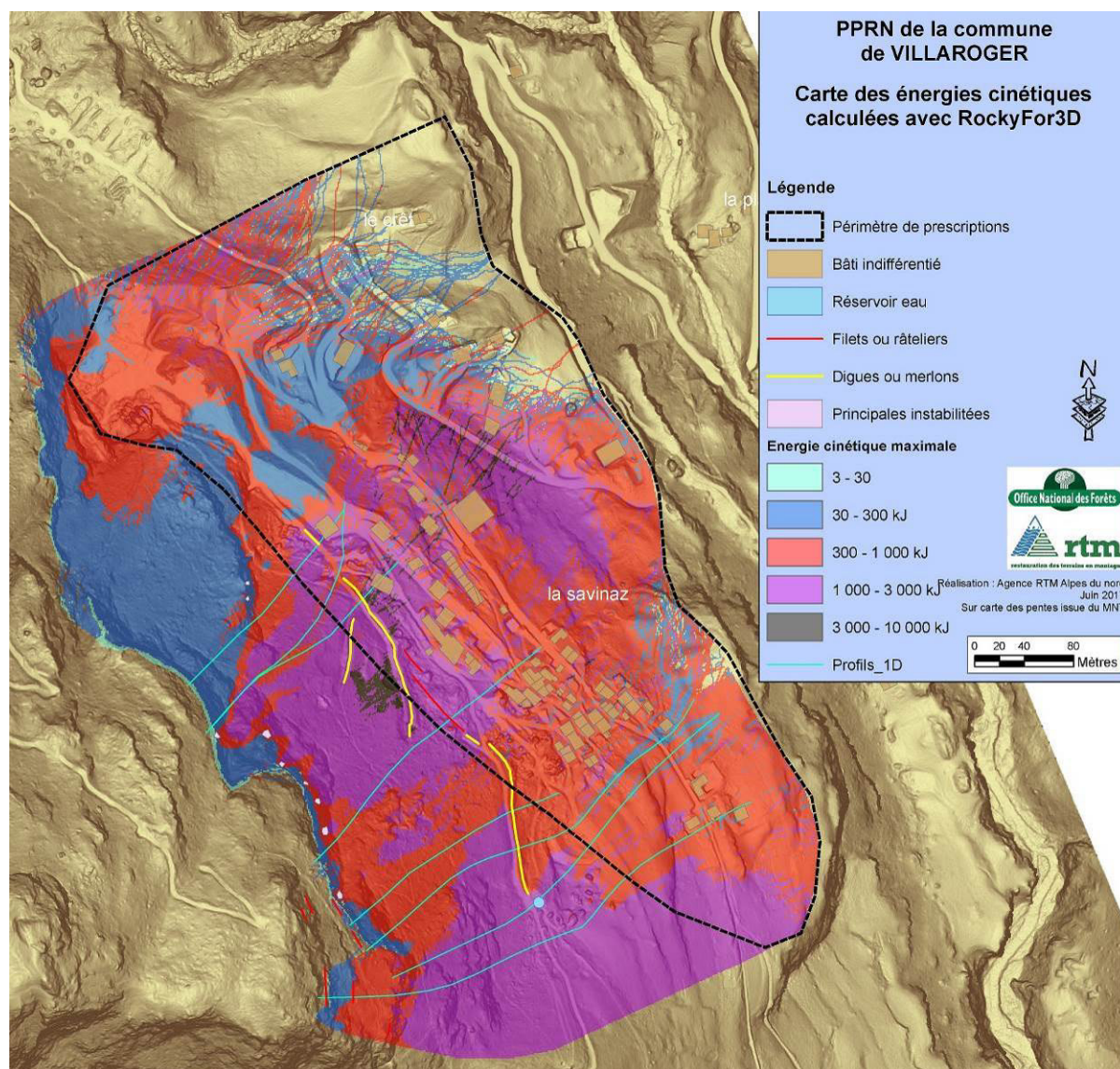


Figure VI-5 : carte des énergies cinétiques maximales sur La Savinaz (pour toutes probabilités d'atteinte).

### Rocfall (2D)

Les résultats obtenus sur MNT avec RockyFor3D ont été complétés, sur les zones de débordement des merlons et au droit des bâtiments, par des calculs trajectographiques en 2D, suivant des profils en long qui sont représentés en bleu sur les figures VI-4 et VI-5.

Ces calculs ont été réalisés avec le logiciel RocFall® développé par Rocscience. Celui-ci restitue en 2D les hauteurs de passage des blocs, leur énergie, et la probabilité d'atteinte. Le modèle fonctionne en intégrant les éléments suivants : vitesse angulaire; rugosité de la pente; angle de frottement; coefficients de restitution. Il permet de mieux prendre en compte le rôle des merlons que RockyFor3D. Des résultats convergeant entre les deux modèles sont donc un gage de robustesse.

### Données d'entrée du modèle

Les profils ont été réalisés sur SIG à partir du MNT. Les paramètres de sol ont été ajustés conformément au tutoriel du logiciel.



Afin de disposer d'une probabilité la plus fiable que possible, nous avons considéré le départ de 10 000 blocs depuis les zones de départ identifiées ci-avant (cf. fig. VI-3), et suivant les volumes unitaires pré-établis (cf. hypothèses de départ ci-avant).

### Résultats

Les résultats se sont avérés pour la majorité d'entre eux très proches de ceux de RockyFor3D. Les calculs ainsi calés ont été reproduits en intégrant sur chaque profil en long la géométrie des projets de merlons retenus par la commune pour réalisation en 2018. Leur bon dimensionnement a ainsi pu être confirmé / affiné par ces calculs (cf. fig. VI-6).

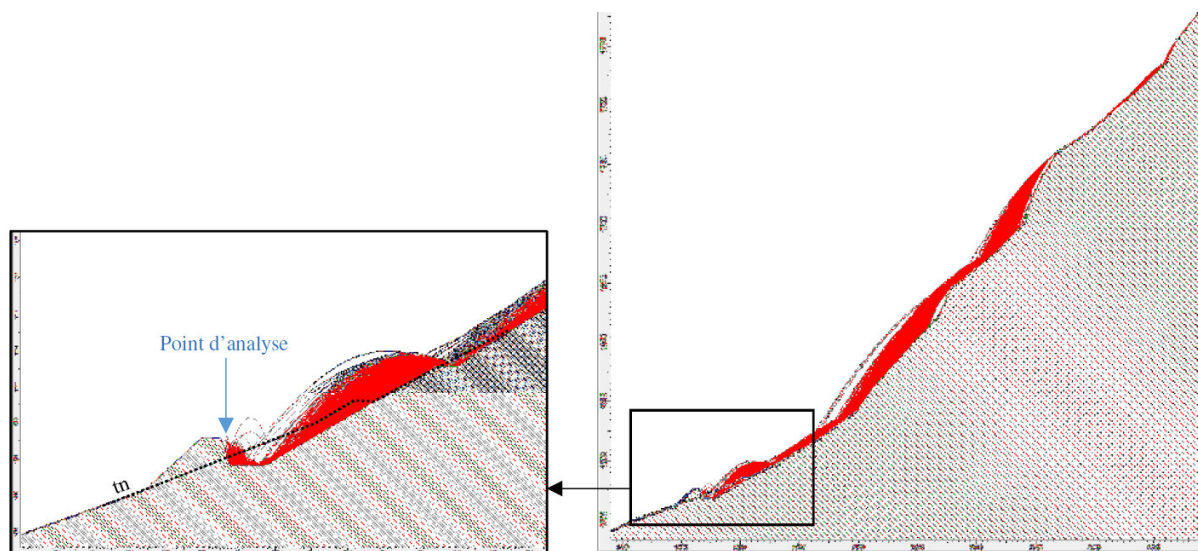


Figure VI-6 : résultats des trajectoires de blocs (en rouge) sur le profil dominant le réservoir d'eau au sud du hameau, avec le projet de merlon sud où la totalité des 10 000 blocs s'arrêtent.

### VI.3.3.b Simulations d'avalanches sur Le Crêt de La Savinaz

#### Avalanches coulantes avec le logiciel Ramms (2D)

Une simulation numérique de l'avalanche coulante centennale menaçant le Crêt et la Combe au nord de la Savinaz a déjà été réalisée par le cabinet Toraval en 2002, avec son code de calcul bidimensionnel AVAC, sur la base d'un MNT issu de la BD Topo de l'IGN de l'époque. Il s'est avéré que ce MNT était de qualité médiocre et faussait nettement les résultats d'extension des écoulements au niveau des enjeux habités. Il a donc été jugé opportun de profiter du nouveau MNT à haute résolution et de reprendre cette simulation avec le logiciel Ramms. Nous en avons profité pour simuler aussi l'avalanche tri-centennale, et répondre ainsi à la nouvelle exigence d'affichage des avalanches exceptionnelles.

Le logiciel suisse Ramms (Rapid Mass Movements Simulation) - version 1.6 de 2014 - a été développé et commercialisé par le SLF de Davos (Institut suisse pour l'étude de la neige et des avalanches). Il utilise un modèle de type Voellmy (fluide frictionnel à densité constante), mettant en jeu un coefficient de frottement sec ( $\mu$ ) qui dépend surtout de la qualité et de l'épaisseur de neige en écoulement et un coefficient de frottement turbulent ( $\xi$ ) qui dépend surtout de la rugosité du couloir. Le modèle a été calibré et validé sur des sites expérimentaux grandeur nature, comme la vallée de la Sionne dans le Valais suisse.

Le SLF propose, dans sa notice d'utilisation de Ramms, des jeux de paramètres de frottement correspondant à des catégories de volumes d'avalanches et à des périodes de retour. Ils ont été calés statistiquement sur un grand nombre d'avalanches observées.

### Données d'entrée du modèle

Pour l'avalanche centennale, nous avons délimité une zone de départ homogène de 5 hectares, inclinée à 37° et encore très peu boisée, entre 1900 et 1750 m. Nous avons estimé, compte-tenu de la rugosité apportée par les îlots de jeunes épicéas, qu'une épaisseur moyenne de seulement 80 cm de neige pouvait être mobilisée (au lieu de 1 m d'après les calculs nivologiques usuels pour un cumul de neige fraîche de 180 cm en 3 jours). Cette épaisseur détermine un volume d'avalanche d'environ 40 000 m<sup>3</sup> (catégorie moyenne). Nous avons ensuite retenu des paramètres de frottement correspondant à cette catégorie, à une période de retour centennale et à une altitude > 1500 m. La cohésion de la neige a été fixée à 50 Pa et sa densité à 0,3.

Pour l'avalanche tri-centennale, nous avons retenu la même zone de départ mais avons augmenté l'épaisseur mobilisée à 120 cm. Cela détermine un volume d'avalanche d'environ 60 000 m<sup>3</sup> (limite supérieure de la catégorie moyenne). Les paramètres de frottement n'ont donc changé que pour intégrer une période de retour tri-centennale. Les valeurs de cohésion de la neige et de densité ont été conservées.

### Résultats

Le logiciel fournit des fichiers raster de résultats sur les épaisseurs maximales d'écoulements, sur les vitesses maximales et sur les pressions d'impact maximales. Il permet aussi de visualiser l'évolution de ces paramètres durant l'écoulement, pour chaque pas de calcul.

Nous présentons ci-dessous, en guise d'illustration :

- la carte des pressions d'impact maximales pour l'avalanche centennale (cf. fig. VI-7), avec des classes de couleurs correspondant aux seuils de pressions usuellement retenus pour distinguer les intensités faibles, moyennes et fortes, soit 3 et 30 kPa. Ainsi, les intensités fortes ressortent en rouge et les intensités moyennes en bleu (le faible est quasiment absent).
- la carte des épaisseurs maximales d'écoulement pour l'avalanche tri-centennale (cf. fig. VI-8). On peut observer qu'en conditions tri-centennales, l'avalanche descend plus bas dans la Combe urbanisée au nord de La Savinaz, avec des épaisseurs d'écoulement de 1 à 4 m.

Ces résultats sont exploités et intégrés dans la description des scénarios de référence : cf. fiche de présentation détaillée des aléas d'avalanche sur La Savinaz, en VI.4.



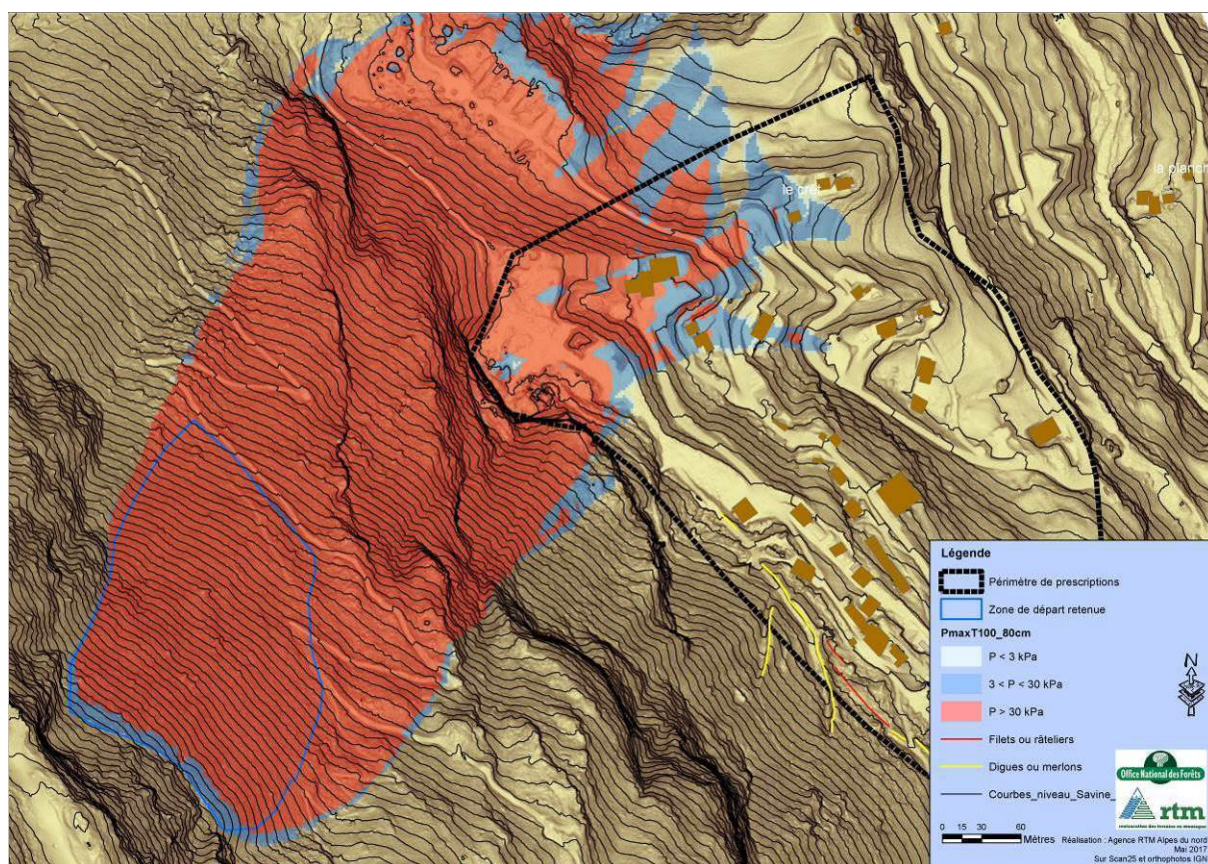


Figure VI-7 : résultat des pressions d'impact maximales pour l'avalanche centennale sur le Crêt.

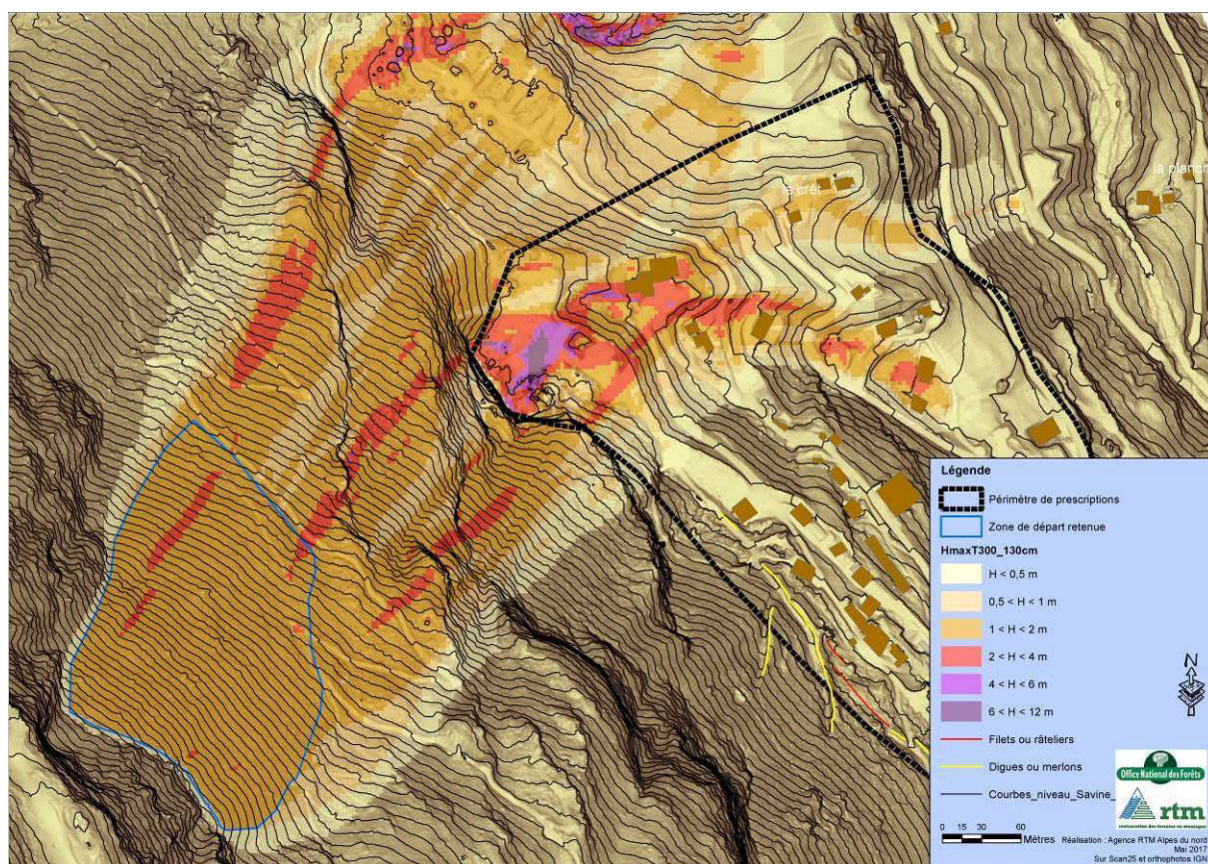


Figure VI-8 : résultat des épaisseurs maximales d'écoulement pour l'avalanche tri-centennale sur le Crêt.



## VI.4 Présentation détaillée des aléas secteur par secteur

Les fiches et cartes de présentation détaillée des aléas secteur par secteur décrivent les aléas concernant les périmètres de prescriptions du PPR. Ces documents sont le fruit des investigations mises en œuvre pour la cartographie générale des aléas et des investigations complémentaires retenues pour ces zones d'enjeux.

Les cartes sont recadrées autour des périmètres de prescriptions (voir plan d'assemblage ci-dessous). Pour une vision élargie des aléas, se reporter aux cartes générales du chapitre V.5.

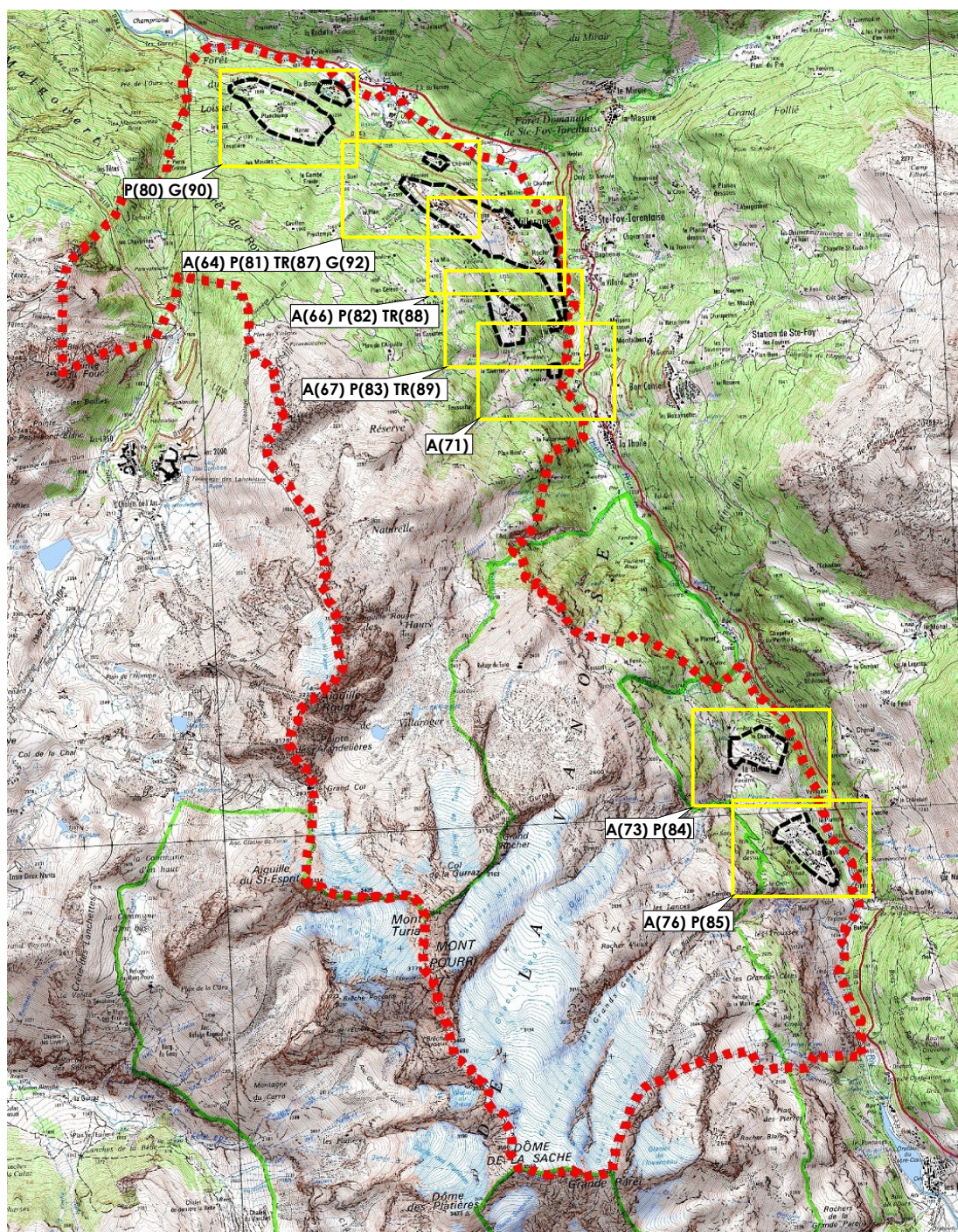


Figure VI-9 : plan d'assemblage des cartes détaillées des aléas, avec le n° de 1<sup>ère</sup> page de la fiche descriptive pour chaque type d'aléa (A=avalanche, P=pierres, TR=torrentiel + ruissellement, G=glissement).

Se reporter aux **cartes détaillées des aléas** :

Cartes par secteur urbanisé  
et pour chaque groupe d'aléa :

A = avalanche

P = chute de Pierre

TR = Torrentiel et Ruissellement

GC = Glissement de terrain et Coulées de boues



**Secteur : Pré Dernier / Le Châtelet**

**Phénomène naturel : avalanche**

**Nom et références du couloir :**

Voir aussi la CLPA en page 26

**Pré Dernier (CLPA n°4 / EPA n°201)**

**Morphologie du site :**

Le versant orienté au nord-est qui domine Solliet et le Plan des Violettes est en position « sous le vent » dominant d'ouest qui remonte la vallée de Tarentaise. Lors de dépressions atlantiques hivernales, de vastes plaques à vent peuvent donc être mobilisées sur ces pentes herbeuses à 35° en moyenne. Les écoulements, d'abord larges et de versant, se divisent ensuite en deux langues : l'une dans le ruisseau du Pisset jusqu'à proximité du l'usine électrique de Viclaire, l'autre dans le talweg du Replat jusqu'au plateau du Pré, voire exceptionnellement jusqu'au Châtelet.

**Historique des événements marquants :**

- ♦ 12/02/1793 : Vers 6h30 du matin, une avalanche écrasa au lieu-dit Le Châtelet la maison de François Pondruel, faisant 4 morts dans sa famille. Sce : Monographie de l'abbé Joseph-Marie Emprin - 1912.
- ♦ 04/02/1928 : Une avalanche défonce les portes du chalet du Replat d'en Haut et en sort le foin pour l'étaler sur tout le plateau entre le Pré et Pré Dernier. L'avalanche s'arrête en limite nord du plateau. Sce : EPA et fiche CLPA.
- ♦ 08/02/1955 : L'avalanche de Pré Dernier passe 100 m à l'ouest du hameau du Pré Dernier et bouche la RD84b au lieu-dit les Ayves. Les habitants de Loissel, Bonneville... sont obligé de creuser un tunnel dans la neige pour amener leur lait à la fruitière du chef-lieu. Sce : EPA et article Dauphiné Libéré du 07/05/2012.
- ♦ 02/02/1978 : Une avalanche mixte de neige sèche plâtre les maisons du Pré Dernier et endommage l'actuel restaurant La Ferme (fenêtres cassées, entrée de neige dans une chambre). Des cheminées sont emportées. Les câbles de la ligne HT sont couchés sur les maisons du Pré et un pylône est cassé près de la centrale de Viclaire. Sce : EPA et fiche CLPA.
- ♦ 04/02/1980 : La branche rive droite d'une avalanche spontanée passe sur le chalet du Replat d'en Haut et plonge ensuite dans un petit couloir, pour se déposer jusque sur la route entre le départ du TS du Replat et l'entrée du Pré Dernier, sur 50 m de large. Sce : EPA et fiche CLPA, photos de P. Bois.
- ♦ 22/12/1991 : Une avalanche déclenchée au CATEX s'arrête sur la gare de départ du TS du Replat sans faire de dégât. Sce : EPA et témoignages de F. Empereur et C. Sadier.

**Protections existantes :**

*Inventaire :*

Ouvrages actifs en amont du Plan des Violettes (zone de départ de la n°4 CLPA), réalisés entre 1979 et 1983. Ouvrages communaux sous maîtrise d'œuvre RTM. Renforcement du dispositif en 1991.

- 665 ml de râteliers métalliques (type R46)
- 396 ml de barrières à neige métalliques d'une hauteur de 4 m.

Installation en 1984 d'un CATEX sur les zones de départ des avalanches n°4 à 6 de la CLPA. Ce système est complété en 1992 par un GAZEX en rive droite du couloir n°4 CLPA.

Terrassement en 1982 d'une imposante digue d'environ 160 m de long et 8 m de haut à 1850 m d'altitude, pour freiner l'avalanche n°5 CLPA et l'empêcher de rejoindre la branche rive droite de la n°4 CLPA. Une digue complémentaire de 4 m de haut et 135 ml est réalisée à l'amont en 1984. Ouvrages communaux sous maîtrise d'œuvre RTM.

Rehaussement en 2005 d'un talus naturel en bordure aval de piste de ski, entre 1850 et 1900 m d'altitude, pour obtenir une digue de 310 m de long et 4 m de hauteur.



**Efficacité à long terme :**

Les ouvrages actifs (barrières à neige et râteliers) se sont montrés très efficaces puisque depuis leur installation au début des années 80, aucun départ n'a été observé dans le réseau et aucune avalanche n'a plus atteint le fond de vallée ni même Pré Dernier. Toutefois, à l'échelle du siècle, un départ dans une interligne trop large (cf. p52 à 56 de l'étude RTM 2007 et photo ci-dessous) n'est pas à exclure, de même qu'un départ sur ouvrages recouverts ou partiellement effondrés par la reptation.

Le CATEX et le GAZEX réduisent les volumes mobilisés en gestion courante mais des disfonctionnements ou départs incontrôlés (type 1991 et 2006) sont toujours possibles à l'échelle du siècle. Ils ne réduisent donc pas significativement le risque d'avalanche rare.

Les digues, bien que plus pérennes que les râteliers, s'avèrent assez peu efficaces vis-à-vis d'une avalanche au moins centennale de neige sèche et fluide. Elles ne bloquent qu'une faible part du volume mobilisé et ne parviennent qu'à raccourcir les distances d'arrêt (cf. p27 de l'étude RTM 2015).

En conclusion, les ouvrages actifs ne sont pas pris en compte mais les digues oui, même si l'aléa résiduel reste important.

**Modélisation numérique du phénomène de référence :**

Les avalanches trentennale, centennale et tricentennale ont été modélisées en 2D sur un MNT au pas métrique (levé LIDAR 2015), avec le logiciel Ramms. Les zones de départ et les paramètres d'écoulement retenus pour chaque scénario sont affichés dans l'étude RTM de 2015. L'effet d'aérosol centennal a aussi été modélisé avec un logiciel 1D sur profil en long : AVAER6.

**Scénario(s) de référence :**

Le scénario trentennal n'est évoqué que pour mémoire : avalanche coulante de neige plutôt sèche, d'environ 90 000 m<sup>3</sup>, partant en marge des râteliers (zone tirée au PIDA) et se déposant juste en amont de la gare de départ du TS du Replat (limite proche de l'avalanche de 1991).

♦ Scénario rare (ARC) :

Vaste rupture de plaque de neige récente et sèche, s'étendant au réseau de râteliers et formant une avalanche mixte (coulante + aérosol) d'environ 150 000 m<sup>3</sup> (envisageable dans le cas d'une succession de perturbations océaniques froides). Si la majeure partie du volume se canalise dans le lit du ruisseau du Pisset, une branche rejoint le plateau du Pré et dépose 2 à 4 m de neige entre la gare de départ du TS du Replat et Pré Dernier, jusqu'au parking visiteurs (limite proche du maximum observé au XX<sup>ème</sup> siècle). Les pressions d'impact y sont > 30 kPa, sauf sur le parking. L'aérosol associé peut encore générer des pressions d'impact ≤ 10 kPa sur Pré Dernier (fort plâtrage des murs amont), réduites à 3 kPa entre la gare du TS et le Pré (effets proches de l'avalanche aérosol de 1978).

♦ Scénario exceptionnel (ARE) :

Même type de scénario de départ que l'ARC, avec une épaisseur mobilisée 30% supérieure, une neige plus froide et fluide et un volume engagé d'environ 200 000 m<sup>3</sup>. Ce surcroît de volume et de vitesse génère des dépôts plus épais (jusqu'à 6 m) et plus larges sur le plateau du Pré (1<sup>ères</sup> bâtisses du Pré Dernier touchées), une extension jusqu'au Châtelet comme en 1793 (effet de ressaut souligné par la simulation) et une 3<sup>ème</sup> langue en bordure ouest du Pré. L'aérosol est lui aussi plus puissant et un peu plus large, capable de provoquer des dégâts jusqu'au Châtelet.



A gauche : versant en 1985 ; au centre : interligne de râteliers de 45 m ; à droite : simulation Ramms pour T=100 ans

**Secteur : Chef-lieu**

**Phénomène naturel : avalanche**

**Nom et références du couloir :**

Voir aussi la CLPA en page 26

**Aval du couloir des Cassettes d'en Bas (CLPA n°6 / EPA n°8)**

**Morphologie du site :**

« La mémoire collective fait part d'un événement très ancien (exceptionnel) qui aurait atteint la place du village de Villaroger, sans qu'il ne soit donné de date ou de période à laquelle aurait pu se produire celui-ci. Cela concernerait vraisemblablement l'avalanche CLPA n°6 / EPA n°8 (Cassettes d'en Bas) ». Sce : témoignage de F. Empereur dans la fiche CLPA.

Toutefois, l'absence de toute trace d'ancienne saignée dans le boisement aux Cassettes d'en Bas (y compris sur photo aérienne de 1948), la présence d'un versant favorable à la diffusion latérale des écoulements ainsi que la présence d'un replat à la Mia et de prés peu inclinés en amont du Chef-lieu rendent peu crédible l'hypothèse d'une extension exceptionnelle de l'avalanche CLPA n°6 jusqu'au Chef-lieu (a fortiori depuis la réalisation des trois digues au nord du Plan de l'Aiguille au début des années 80). Le RTM avait plutôt retenu, lors de la réalisation du PPR initial en 2000 et sur la base d'un témoignage d'Albert Alamant, la purge de prés inclinés à 26° juste en amont du Chef-lieu. Avec le recul, cette hypothèse est là encore peu probable, vue la faiblesse des pentes.

La seule pente  $\geq 30^\circ$  qui nous apparaît aujourd'hui susceptible de générer une coulée de neige jusqu'aux premières maisons du Chef-lieu est le flanc sud-est d'un rognon rocheux à 1170 m.

**Historique des événements marquants :**

Méconnu.

**Protections existantes :**

Néant vis-à-vis du scénario retenu.

**Modélisation numérique du phénomène de référence :**

Néant.

**Scénario(s) de référence :**

♦ Scénario rare (ARC) :

Néant (aucun événement recensé depuis plus d'un siècle).

♦ Scénario exceptionnel (ARE) :

Fortes chutes de neige froide et très ventée par vent de nord-ouest sur le Chef-lieu, provoquant la rupture d'une congère sur le flanc sud-est d'un rognon rocheux à 1170 m (pente localement  $> 30^\circ$ ). Avec une neige abondante et pulvérulente, la coulée pourrait se propager jusqu'aux premières maisons du Chef-lieu (verger en pente), mais pas jusqu'à la place du village comme évoqué.



Vue de la trajectoire potentielle, en situation exceptionnelle, jusqu'aux maisons du Chef-lieu.

**Secteur : Le Planay**

**Phénomène naturel : avalanche**

**Nom et références du couloir :**

Voir aussi la CLPA en page 26

**Les Cassettes (CLPA n°13 / EPA n°2)**

**Morphologie du site :**

La combe des Lanchettes, orientée au nord-est, est en position « sous le vent » dominant d'ouest qui remonte la vallée de la Tarentaise. Lors de dépressions atlantiques hivernales, de vastes plaques à vent peuvent donc être mobilisées sur ces pentes d'éboulis plus ou moins enherbées, soit sous le col à 2400 m (nombreux accidents mortels à l'entrée de ce fameux hors-piste du domaine des Arcs), soit bien plus bas dans les pentes chargées sous 2100 m. De part et d'autre, les pentes raides sous les points cotés 2399 et 2397 peuvent servir de déclencheurs (voir photo 2013 ci-dessous). Les écoulements se rejoignent et se canalisent progressivement dans un couloir en bordure sud du Plan de l'Aiguille puis des Cassettes, où ils s'arrêtent souvent. L'avalanche peut se propager jusqu'en aval du replat du Planay (1300 m) en coupant sa route d'accès, voir jusqu'à l'Isère (1000 m) bien que cela ne soit plus arrivé depuis 1947.

**Historique des événements marquants :**

- ♦ 13/03/1876 : L'avalanche des Cassettes (combe des Lanchettes) emporte et cause le décès de Charlotte Plottet et Marie-Thérèse Pascal Mousselar au lieu-dit Les Barmettes (le lieu est marqué d'une croix, à côté de la cascade de sortie de galerie EDF). Sce : Article Dauphiné Libéré du 11/12/2015.
- ♦ 19/04/1917 : Une avalanche dense emporte 60m<sup>3</sup> de bois en rive droite du couloir, détruit un moulin et dépose plusieurs mètres de neige contre les façades nord des maisons les plus proches du couloir au Planay. Les maisons ne sont pas endommagées. Sce : EPA et fiche CLPA, témoignage de F. Empereur.
- ♦ 02/02/1978 : Une avalanche poudreuse descend en aval du Planay en coupant sa route d'accès et en frôlant les premières maisons qui ont été plâtrées. En rive gauche, un poteau électrique en fer a été couché. Sce : EPA et fiche CLPA, témoignage de P. Bois.
- ♦ 04/02/1980 : Une avalanche de neige humide emporte de nombreux épicéas de plus de 60 ans et un chalet aux Cassettes (1675 m), passe sur un cabanon-garage en bordure nord du Planay et nivelle le terrain au niveau des virages de la route d'accès au Planay. Sce : EPA et fiche CLPA.
- ♦ 07/02/1984 : Une avalanche de neige sèche recouvre la route du Planay au niveau des deux virages en épingle, sous 2 à 5 m de neige. Premières maisons du Planay plâtrées en 1978. Sce : EPA et fiche CLPA.
- ♦ 09/02/1999 : L'avalanche des Cassettes, partie vers 2000 m, se divise en deux langues. La langue sud passe à 18 m du point d'accueil de la réserve naturelle de Villaroger (créé dans les années 90) et coupe la route d'accès au Planay sur 1 à 2 m d'épaisseur au niveau des deux virages en épingle. Sce : Rapport ONF Moutiers du 10/02/1999, carte RTM des dépôts – cf. ci-dessous).
- ♦ 22/01/2018 : suite à un important cumul de neige fraîche (150 cm en 5 jours) et à une remontée de la limite pluie-neige vers 1800 m, un départ à distance s'est produit suite à un tir du CATEX Plan des Violettes, avec une cassure de 550 m de long et localement 1,5 m d'épaisseur. Toutes les pentes ont été mobilisées sous 2100 m, depuis le couloir CLPA n°5 jusqu'au couloir CLPA n°13. Les pentes boisées entre couloirs ont été traversées d'écoulements denses, jusqu'aux digues aval et à la piste forestière du Plan de l'Aiguille (1830 m) et jusqu'à 1500 m dans le couloir des Cassettes. Les emprises CLPA ont été largement dépassées.

**Protections existantes :**

Néant. Le reboisement naturel de la rive droite du couloir depuis un siècle ne semble pas pouvoir résister à une avalanche rare et large de type 1917, partie bien en amont.

**Modélisation numérique du phénomène de référence :** Néant.



### Scénario(s) de référence :

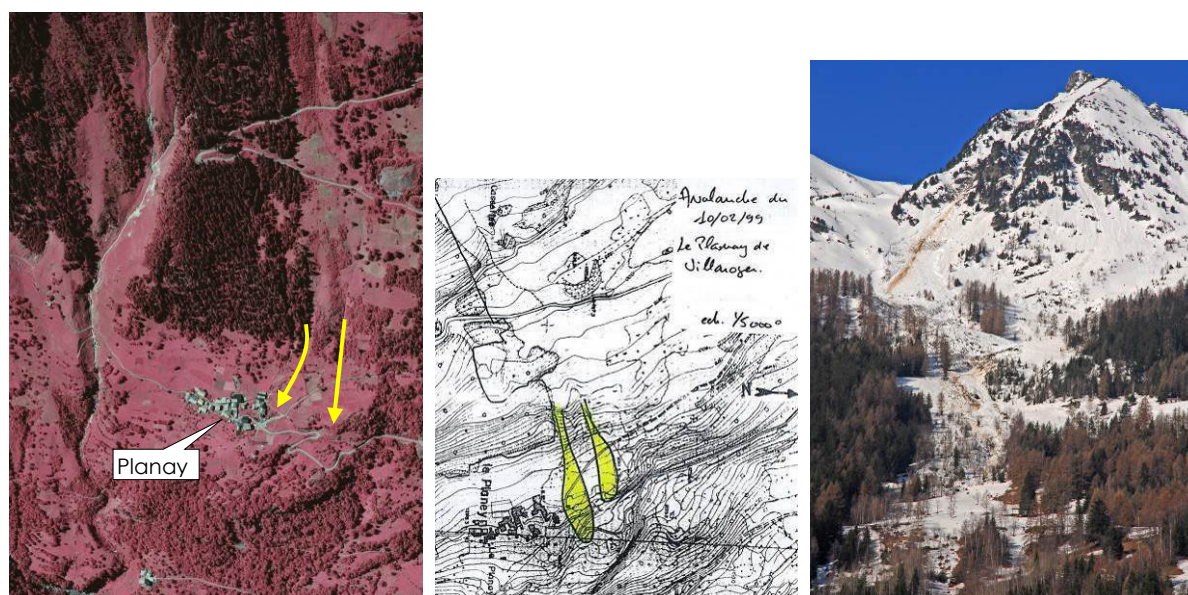
Le scénario trentennal (A3+) n'est évoqué que pour mémoire : avalanche coulante de neige plutôt sèche, se déposant sur le replat du Planay avec une intensité forte et coupant son accès, sans menacer le hameau (type 1999).

#### ♦ Scénario rare (ARC) :

Vastes ruptures de plaques de neige récente formées par vent de secteur SW à NW, s'étendant aux pentes chargées sous 2100 m, en amont du Plan de l'Aiguille. Si une partie marginale de l'écoulement peut basculer dans le ruisseau du Planay en rive droite (emprise CLPA n°12), le reste emprunte la combe des Cassettes en la déboisant largement. Les dépôts peuvent s'épandre en rive droite jusqu'aux façades nord des 1ères maisons du Planay (type 1917), couper la route communale d'accès sur près de 500 m et se propager jusqu'à l'Isère. L'intensité prévisible sera forte compte-tenu des épaisseurs d'écoulement. Un effet de souffle est probable dans l'emprise de l'avalanche coulante.

#### ♦ Scénario exceptionnel (ARE) :

Même type de scénario de départ que l'ARC, avec une épaisseur mobilisée 30% supérieure et une neige plus froide et fluide. Ce surcroît de volume et de vitesse génère des dépôts plus épais et plus larges sur le plateau du Planay (1ères bâtisses du Planay touchées), ainsi qu'une extension plus large jusqu'à l'Isère. L'extension latérale plus importante vers le hameau peut aussi être due à l'effet déviateur du dépôt d'une première avalanche sur le plateau du Planay.



A gauche : photo aérienne du couloir déboisé en 1982 ; au centre : dépôts de 1999 à hauteur du Planay (1200 m) ; à droite : avalanche de neige humide du 18/04/2013 stoppée aux Cassettes (1700 m)

**Secteur : Le Villaron / Le Planay**

**Phénomène naturel : avalanche**

**Nom et références du couloir :**

Voir aussi la CLPA en page 26

**Villaron (CLPA n°12 / EPA n°1)**

**Morphologie du site :**

Le bassin versant du ruisseau du Planay, qui rejoint l'Isère à proximité du Villaron, présente plusieurs zones très favorables au départ des avalanches : en rive droite des pentes d'éboulis orientées au nord, à 35-40°, entre 2450 et 2200 m, et en rive gauche des pentes orientées au nord-est, de même inclinaison, limitrophes à l'emprise CLPA n°13.

En zone d'écoulement, plusieurs zones >30° sont favorables à d'importantes reprises de neige. Cette morphologie génère dans le couloir des avalanches chaque hiver et printemps, y compris ces dernières années. En l'absence de véritable replat intermédiaire, 70% des écoulements parviennent à hauteur du Villaron (1080 m) et presque autant jusqu'à l'Isère (1025 m). Il n'est pas rare que l'avalanche descende deux, voire trois fois au cours du même hiver jusqu'au Villaron situé en rive gauche du couloir. Ce dernier n'est menacé que par la phase coulante, l'aérosol se dispersant plus haut et en rive droite. (Voir étude RTM 2007, p31 à 34)

**Historique des événements marquants :**

- ♦ Début XXème : Un aérosol cause un important chablis dans le bois dominant le hameau du Planay et y déclenche des coulées qui se déposent contre le hameau, sans faire de dégât. Au Villaron, le dépôt atteint les façades sud : un balcon en bois est soulevé sur la maison aval. Sce : fiche CLPA et témoignages de F. Empereur et F. Chenal.
- ♦ 20/01/1981 : Une avalanche mixte forme un gros dépôt de neige sèche à hauteur du Villaron, sans faire de dégât. Sce : EPA et témoignage de R. Mousseland.
- ♦ 09 et 10/03/2006 : Une 1<sup>ère</sup> avalanche dépose une langue de neige humide vers le Villaron. Une 2<sup>de</sup> avalanche survient le lendemain. Son souffle couche des épicéas de plus de 80 ans en rive gauche, en direction du Planay. Au Villaron, une langue de neige humide et de débris d'arbres, longue de 20 m et haute de 8 m, pénètre lentement dans le hameau et s'arrête entre deux chalets, sans dégât notable. Cette langue est exceptionnelle (pas observée depuis au moins 80 ans). Sce : Fiche événement RTM + article DL du 13/03/2006 + fiche CLPA.

**Protections existantes :**

Néant.

**Modélisation numérique du phénomène de référence :**

Néant.

**Scénario(s) de référence :**

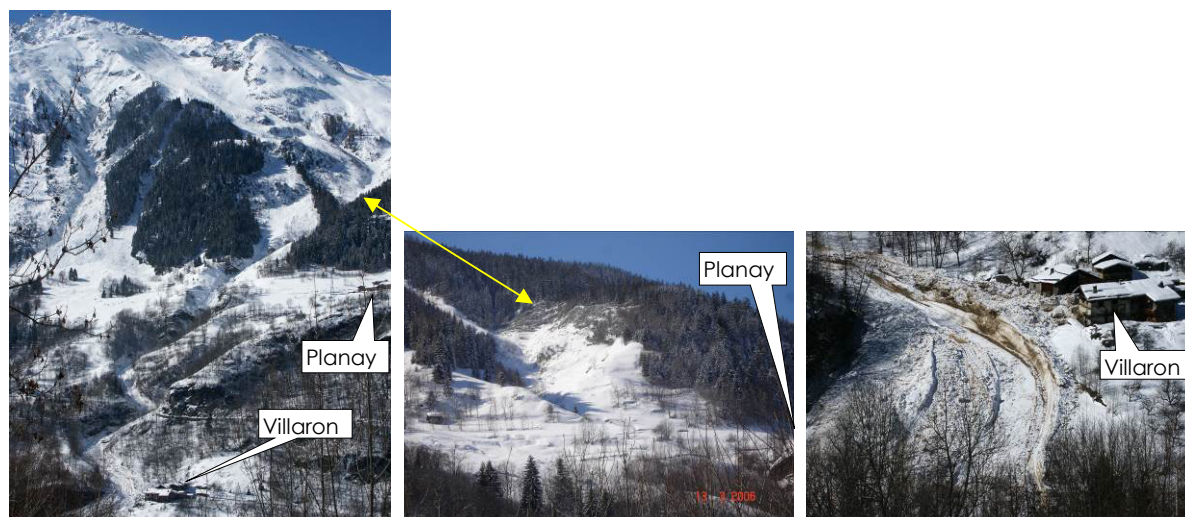
- ♦ Scénario rare (ARC) :

Une ou deux avalanches viennent remplir de leur dépôt le centre du couloir à hauteur du Villaron, sans atteindre le hameau situé en retrait (scénario décennal à trentennal). Une nouvelle avalanche, de volume important, est temporairement déviée par ce dépôt préalable vers le Villaron (effet tourne). Une langue de neige compacte de plusieurs mètres d'épaisseur vient ainsi impacter les deux premiers chalets (type 2006, avec des dégâts possibles aux structures).

- ♦ Scénario exceptionnel (ARE) :

Sur le Villaron : les dépôts d'avalanche(s) préalables sont plus imposants et dévient un volume plus important de la nouvelle avalanche vers le hameau, en rive gauche. Les dépôts s'accumulent ainsi sur une plus grande partie du Villaron, avec des dégâts certainement importants aux chalets.

Sur le Planay : une avalanche de plaque de neige sèche et récente se déclenche sur l'ensemble de la zone de départ en rive droite du couloir (type 2006), sur une épaisseur exceptionnelle et avec une forte reprise de neige dans le couloir. Le puissant aérosol se dirige en direction du hameau du Planay, remonte sur le versant opposé en rive gauche, parvient à coucher tous les épicéas sur l'épaule boisée (chablis) et se disperse en bordure sud du Planay. Les arbres arrachés basculent dans le versant raide qui domine le plateau du Planay et emportent la neige en place, provoquant une coulée de débris qui se dépose juste en amont de la zone urbanisée. Ce scénario, qui se serait déjà produit au début du XXème siècle, apparaît aujourd'hui exceptionnel du fait du boisement dense du versant côté Planay et de la raréfaction des gros aérosols à moyenne altitude.



A gauche : photo générale du couloir juste après l'avalanche du 10/03/2006 ; au centre : chablis dans les épicéas provoqué par l'aérosol du 10/03/2006 ; à droite : dépôts de neige humide dans le Villaroger suite aux avalanches du 09 et 10/03/2006



**Secteur : Le Chapuis**

**Phénomène naturel : avalanche**

**Nom et références du couloir :**

Voir aussi la CLPA en page 26

**Chapuis (CLPA n°10 / EPA n°3)**

**Morphologie du site :**

Le bassin versant du ruisseau du Chapuis, qui rejoint l'Isère à proximité du Chapuis, présente plusieurs zones très favorables au départ des avalanches : des pentes herbeuses orientées au nord-est, à 35-40°, entre 2400 et 2000 m. Cette morphologie génère dans le couloir des avalanches chaque hiver et printemps, y compris ces dernières années. En l'absence de véritable replat intermédiaire, la quasi-totalité des écoulements parvient à l'Isère (1040 m). Il n'est pas rare que l'avalanche descende deux, voire trois fois au cours du même hiver, souvent en neige humide mais parfois en aérosol. Le dernier chalet existant au Chapuis, éloigné du couloir sur sa rive gauche, n'est menacé que par la phase aérosol (cf. photos ci-après).

A noter que la trajectoire qui ne fait que tanger le périmètre de prescriptions au nord du Chapuis (CLPA n°11 essentiellement) n'est pas décrite ici.

**Historique des événements marquants :**

♦ 02/03/1935 : Deux habitants d'un chalet du Chapuis sont emportés en pleine nuit avec leur chalet et leur bétail par l'avalanche ou son souffle. Ils ont pu être dégagés indemnes dans l'après-midi, protégés par une poutre, mais le chalet est totalement détruit. Ce chalet se trouvait en contrebas du dernier chalet existant, un peu plus près du couloir n°10. Le dépôt atteint l'Isère. Sce : article DL du 13/03/2006, EPA et témoignage de JC. Duchosal.

♦ 05/03/2006 : suite à de fortes chutes de neige par vent d'ouest, une vaste plaque de neige sèche part au sol sur des gobelets, vers 2250 m. Vue la raideur du couloir, elle forme un puissant aérosol qui déborde sur un éperon en rive droite vers 1350 m, casse de nombreux feuillus de 20 à 40 cm de diamètre sur les deux rives jusqu'en limite du Chapuis (environ 1 ha), traverse l'Isère et vient écimer des épicéas sur le versant opposé, en bordure de la RD 902. Le dépôt atteint l'Isère (1100 m). Sce : fiche événement RTM, EPA, fiche CLPA et photos RTM.

Un aérosol de l'ampleur de 2006 semble s'être déjà produit en 1981, vus les traces récentes de chablis sur photo aérienne de 1982, très comparables à celles provoquées par l'avalanche de mars 2006 (cf. photo ci-après).

**Protections existantes :**

Néant.

**Modélisation numérique du phénomène de référence :**

Néant.

**Scénario(s) de référence :**

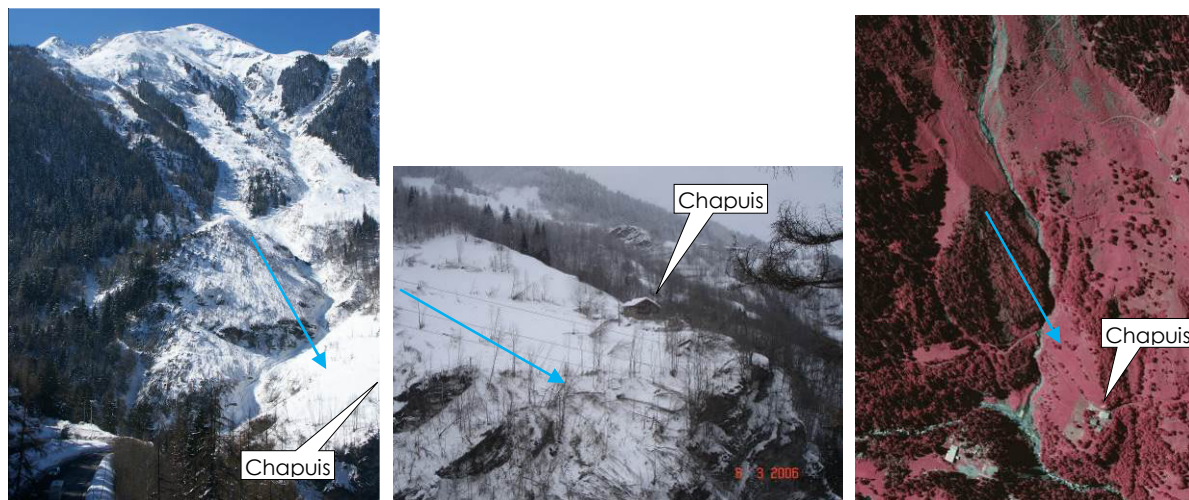
♦ Scénario rare (ARC) :

Une vaste avalanche de plaque de neige sèche et récente se déclenche sur la zone de départ orientée au nord-est (type 2006), avec une forte reprise de neige dans les pentes inférieures. Le puissant aérosol balaye le couloir en couchant les arbres (feuillus essentiellement) qui s'étaient réinstallés entre deux passages d'aérosols. L'effet de souffle est suffisamment puissant pour casser tous les arbres jusqu'en limite du chalet existant du Chapuis, ou soulever une charpente. Sur le chalet existant, le plus éloigné du couloir et a priori jamais endommagé par l'avalanche depuis au moins un siècle, les pressions d'impact sont < 3 kPa et les dégâts minimes.

♦ Scénario exceptionnel (ARE) :

Même type de scénario de départ que l'ARC, avec une épaisseur mobilisée plus exceptionnelle et une neige plus froide et fluide. Très volumineuse, l'avalanche déborde très largement du couloir,

notamment en rive gauche vers le Sivertet, en rejoignant l'emprise CLPA n°11. Le Chapuis est davantage impacté par l'effet de souffle mais la phase coulante reste au moins 50 m en retrait du chalet existant.



A gauche : photo générale du couloir juste après l'avalanche du 05/03/2006 ; au centre : feuillus cassés par l'aérosol du 05/03/2006 au Chapuis ; à droite : traces de dégâts forestiers similaires à mars 2006, sur photo aérienne de 1982.

**Secteur : La Gurratz**

**Phénomène naturel : avalanche**

**Nom et références du couloir :**

Voir aussi la CLPA en page 26

**Glacier de la Gurratz (CLPA n°21 / EPA n°12)**

**Morphologie du site :**

Cette grosse avalanche peut partir de la face est du Mont Pourri, vers 3700 m, ou de la crête du Mont de la Gurratz (3100 m) en rive gauche, ou encore depuis des pentes rocheuses entre les glaciers sud et nord de la Gurratz (2700 m). En neige poudreuse, elle forme un aérosol qui s'alimente dans le cirque abrupt du torrent du Mt Pourri. L'effet de souffle peut rester puissant dans l'axe du couloir jusqu'à la RD 902 située sur le versant opposé. L'aérosol se disperse latéralement entre la route de la Savinaz et le hameau de La Gurratz, protégé par la butte morainique des Chapelains contre laquelle il est adossé. La phase dense recouvre fréquemment le cône de déjection du torrent, entre 1600 et 1500 m, et se propage parfois jusqu'à l'Isère, à 1380 m, après avoir bouché la route d'accès à La Gurratz.

**Historique des événements marquants :**

- ♦ 10/12/1976 : suite à de fortes chutes de neige ventées, le souffle de l'avalanche emporte quelques tôles du clocher de l'église de la Gurratz, dont la couverture datait de 1933 ou 1937. Aucune maison du hameau n'est affectée. Sur le versant opposé, commune de Ste Foy, le souffle couche les arbres sur 350 m de large environ (100 m<sup>3</sup> de chablis). Un pylône EDF est également plié par le souffle à l'est de la Gurratz (par traction des câbles ?). Sce : fiche CLPA et EPA.
- ♦ 21/12/1982 : le pylône EDF situé sur un promontoire rocheux à l'est de la Gurratz est vrillé à sa tête. Quelques tôles du clocher de la Gurratz sont à nouveau déplacées par le souffle et des arbres sont à nouveau déracinés en forêt communale de Ste Foy (parcelles 59 à 63). Sce : fiche CLPA et EPA.
- ♦ 24/01/1984 : Le souffle de l'avalanche poudreuse du glacier sud de La Gurratz endommage un pylône (ligne 63 000 V) et deux poteaux EDF, provoque un chablis (100 m<sup>3</sup>) en forêt communale de Ste Foy Tse, en rive droite de l'Isère, et recouvre la RN 202 d'un mètre de neige. Sur Villaroger, la partie dense déplace d'environ 1 m une pile du pont situé sur la route d'accès à La Gurratz. Sce : fiche événement RTM, fiche CLPA et EPA.
- ♦ 16/01/1986 : Même scénario qu'en 1984.

Depuis 1986, aucun dégât n'a été signalé dans l'EPA ou par les témoins, ce qui semble indiquer une raréfaction des gros aérosols.

**Protections existantes :**

Butte morainique naturelle dite des Chapelains.

Elle s'avère très efficace et pérenne pour protéger l'ensemble du hameau, situé à l'arrière, contre l'effet de souffle de l'avalanche. Seul le clocher, qui dépasse la crête, reste exposé.

**Modélisation numérique du phénomène de référence :**

Néant.

**Scénario(s) de référence :**

- ♦ Scénario rare (ARC) :

Une avalanche de plaque se déclenche sur la face est du Mt Pourri et forme un puissant aérosol qui s'engraisse en neige sèche et légère dans le bassin versant du torrent du même nom. Comme dans les années 70 et 80, l'effet de souffle vient impacter le flanc sud-ouest de la butte des Chapelains avec une intensité moyenne, ainsi que le haut du clocher de la Gurratz, tout en épargnant le reste du hameau judicieusement blotti dans une cuvette. Le souffle remonte jusqu'au parking visiteurs à l'ouest de La Gurratz et balaye toute la route d'accès à l'est du hameau.



♦ Scénario exceptionnel (ARE) :

Même type de scénario de départ que l'ARC, avec une épaisseur mobilisée plus exceptionnelle et une neige encore plus froide et fluide. Très volumineuse, l'avalanche génère un effet de souffle plus large et plus puissant, qui pourrait sérieusement endommager le clocher de La Gurraz et déplacer des éléments de toitures sur le reste du hameau. A l'est, la ligne HT pourrait être arrachée.



A gauche : photo générale du couloir et direction du souffle vers la Gurraz ; au centre : hameau protégé du souffle par la butte des Chapelains ; à droite : seul le clocher de la Gurraz dépasse de la butte des Chapelains.

**Secteur : La Gurraz**

**Phénomène naturel : avalanche**

**Nom et références du couloir :**

**Tein ou Bochet (CLPA n°19 / EPA n°7)**

Voir aussi la CLPA en page 26

**Morphologie du site :**

La pyramide rocheuse cotée 2600, à l'ouest de La Gurraz, présente une face orientale très raide d'où se décrochent très fréquemment des plaques à vent. Les avalanches suivent l'axe du ruisseau du Tein, en direction du Pont de la Gratte, mais peuvent s'élargir sous forme d'aérosol jusqu'en bordure nord du hameau de la Gurraz. Des écoulements plus organisés mais de moindre dénivelée peuvent aussi atteindre directement le parking visiteurs par un cône d'éboulis enherbé.

**Historique des événements marquants :**

Aucun événement particulier recensé dans la fiche signalétique CLPA et l'EPA, ni dans les archives RTM, notamment en direction de la Gurraz. L'EPA signale cependant des avalanches régulières jusqu'à 1350 m, dans le lit de l'Isère vers le pont de la Gratte.

**Protections existantes :** Néant.

**Modélisation numérique du phénomène de référence :** Néant.

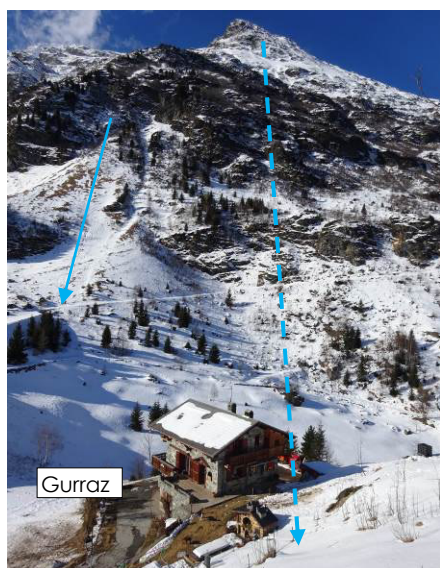
**Scénario(s) de référence :**

♦ Scénario rare (ARC) :

Avalanche de plaque associée à de fortes chutes de neige ventées, dont la phase dense (neige sèche et récente) se dépose dans la cuvette herbeuse à l'ouest de la Gurraz et sur la moitié amont du parking visiteurs (extension A3 au-delà du A3+), tandis que la phase aérosol vient mourir, avec une intensité faible (A1+), jusqu'au premier chalet au nord-ouest du hameau.

♦ Scénario exceptionnel (ARE) :

Même type de scénario que l'ARC avec un volume de neige mobilisé supérieur. Les dépôts s'étendent davantage dans la cuvette et traversent le parking visiteurs pour basculer dans le talus aval de la route, tandis que l'aérosol peut se faire sentir sur l'ensemble du hameau.



A gauche : photo générale du versant avalancheux et direction du souffle vers le premier chalet de la Gurraz ; à droite l'axe d'écoulement dense vers le parking visiteurs.

## Secteur : **Le Crêt de la Savinaz**

## Phénomène naturel : **avalanche**

### Nom et références du couloir :

Voir aussi la CLPA en page 26

**Bois dessus (zone hachurée en rive droite de la CLPA n°21)**

### Morphologie du site :

En bordure nord du Bois dessus se trouve une pente raide (37°) de plusieurs hectares, qui était non boisée jusque dans les années 90 (juste tapissée d'aulnes verts), et qui se trouve peu à peu colonisée par des îlots de jeunes épicéas. Cette pente régulière, située vers 1800-1900m, est surmontée par un ressaut rocheux d'où peuvent se décrocher de petites plaques ou corniches, capables d'ébranler et mobiliser les pentes sous-jacentes. Le cabinet Toraval a étudié ce versant en 2002 et a estimé que le facteur déclenchant pouvait aussi être un aérosol venant de beaucoup plus haut (CLPA n°22). Le niveau de reboisement actuel ne permet pas d'écarter la mobilisation généralisée de cette pente en cas de manteau neigeux très abondant et très instable. Il en résulterait la formation d'un écoulement rapide, en direction de la plate-forme remblayée de la fenêtre EDF n°5, avec débordement éventuel sur les chalets du Crêt et de la combe de la Savinaz.

### Historique des événements marquants :

- ♦ Début XXème ? : le père d'Albert Revial a entendu dire qu'une coulée de neige serait descendue du couloir au nord du Bois dessus, qui donne sur la fenêtre EDF n°5. Cette coulée se serait arrêtée sur le plateau à l'aval de la route menant du Crêt à la Savinaz (combe alors non urbanisée). Sce : fiche CLPA.

- ♦ Depuis 1955 : suite à l'aménagement de la fenêtre EDF en 1955, les habitants n'ont jamais vu de coulée dépasser la plate-forme en remblais sous la fenêtre. Il s'agit de petites coulées de printemps, en neige humide. Sce : fiche CLPA.

### Protections existantes :

Plate-forme en remblais d'une soixantaine de mètres de large sous la fenêtre EDF.

Ce replat, pris en compte car pérenne, apparaît très efficace pour arrêter les éventuelles coulées de neige humide mais manifestement insuffisant en cas d'avalanche de neige sèche et fluide.

### Modélisation numérique du phénomène de référence :

Les avalanches centennale et exceptionnelle (phase dense constituée de neige sèche) ont été modélisées en 2D avec le logiciel Ramms dans le cadre de la révision du PPR (2017). Le choix du modèle et des paramètres de calcul sont précisés au VI.3.3.b.

### Scénario(s) de référence :

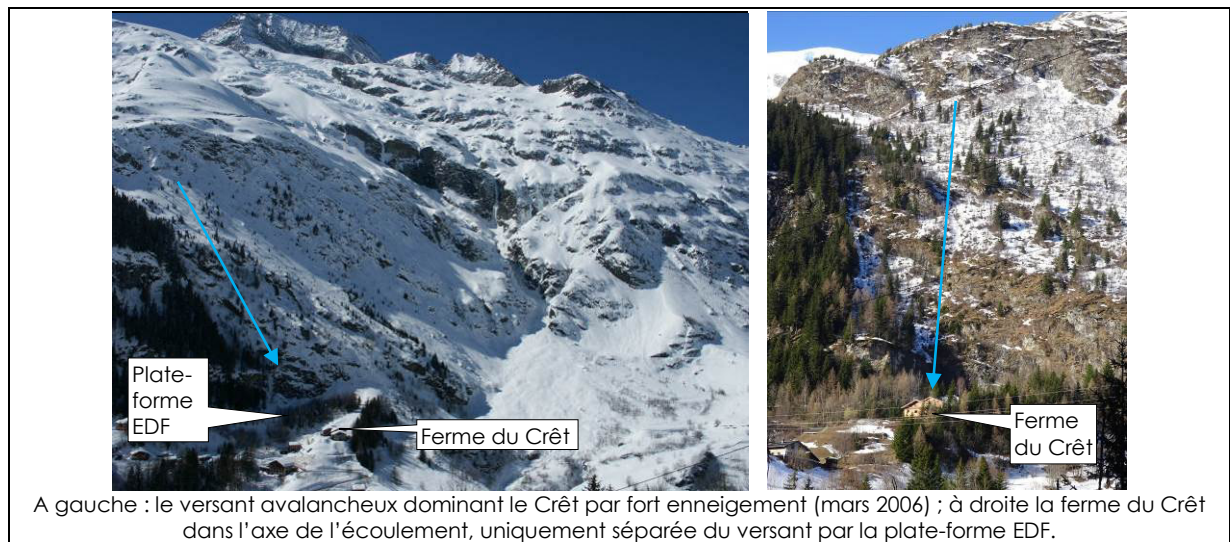
#### ♦ Scénario rare (ARC) :

Avalanche de plaque de neige récente et sèche mobilisant toute la pente raide encore non boisée en bordure du Bois dessus, sur une surface de 5 ha et une épaisseur moyenne de 80 cm. L'écoulement assez rapide traverse la plate-forme remblayée, vient percuter avec une intensité forte la ferme du Crêt puis bascule vers d'autres chalets du Crêt sous la route, avec une intensité devenue modérée (voir carte des pressions d'impact en figure VI-7).

#### ♦ Scénario exceptionnel (ARE) :

Même type de scénario de départ que l'ARC mais sur une épaisseur moyenne de 120 cm et avec une neige encore un peu plus fluide. L'écoulement se propage davantage dans la combe de La Savinaz et sous le Crêt. Cinq chalets supplémentaires sont concernés en tout ou partie.





## Secteur : La Savinaz

## Phénomène naturel : coulée de neige

### Nom et références du couloir :

#### Bois de la Savinaz

Voir aussi la CLPA en page 26

### Morphologie du site :

On distingue deux sites : les vires herbeuses dans le Bois de la Savinaz d'où peuvent partir des coulées, notamment de neige humide mais aussi de glaçons dans le couloir central ; l'épaule herbeuse inclinée à 33° en bordure sud du versant, en pied de paroi, propice à la formation de congères et plaques par vent d'ouest à sud-ouest descendant des glaciers.

### Historique des événements marquants :

Il n'y a ni fiche signalétique CLPA ni observation EPA sur ces sites, qui aurait pu dater des événements marquants. La CLPA affiche une flèche majenta (témoignage non référencé) signalant une coulée de neige issue du Bois de la Savinaz jusqu'en bordure sud du dernier chalet en extrémité sud de La Savinaz. Albert Revial, interrogé en 2017, n'a pas le souvenir d'une quelconque coulée de neige au niveau de ces chalets depuis plus de 60 ans. Il évoque en effet la mémoire collective d'une coulée plus ancienne, qui n'aurait fait aucun dommage sur les maisons. Depuis réalisation des filets, seules de petites coulées sont observées, tous les 15 ou 20 ans, jusqu'à hauteur du réservoir.

### Protections existantes :

#### Inventaire :

- 125 ml de filets type F36 en 7 lignes dans le Bois de la Savinaz (MO commune, MOE RTM - 1994)
- 2 merlons raidis de 3,5 m de haut avec fosse de 5 m de large (MO commune, MOE RTM - 2018)

#### Efficacité à long terme :

Les filets sont en bon état et assurent un ancrage efficace sur ces vires herbeuses de plus en plus boisées. Un risque de départ résiduel par défaillance des écrans reste possible dans les vires sud les moins boisées. Au-delà de ces possibles défaillances, l'incertitude sur leur pérennité à l'échelle du siècle nous conduit à ne pas les prendre en compte. Les deux merlons à l'aval, plus pérennes, sont pris en compte. Ils sont capables d'arrêter les coulées centennales malgré une courte surverse.

### Modélisation numérique du phénomène de référence : néant.

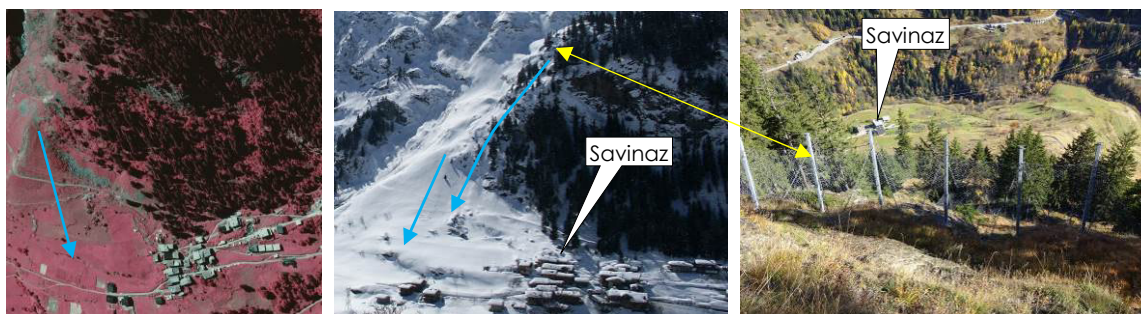
### Scénario(s) de référence :

#### ♦ Scénario rare (ARC) :

1) Coulée de neige et de glace dans le couloir central venant combler le merlon pare-blocs et débordant sur son parement aval. 2) Coulée issue des vires herbeuses en bordure sud du Bois de la Savinaz, passant au sud du réservoir d'eau et pouvant venir mourir sur le chemin en bordure sud des dernières habitations. 3) Coulée de neige sèche par rupture de plaque sous l'épaule sud, venant se déposer dans les prés peu inclinés en amont et au sud des habitations, sans les menacer.

#### ♦ Scénario exceptionnel (ARE) :

On retient l'hypothèse d'une dégradation du bois de la Savinaz (chablis, mortalité...), avec des départs dans des pentes aujourd'hui boisées, ou des départs plus volumineux (enneigement extrême), ainsi que des fosses de merlons déjà remplies. La limite d'arrêt peut alors concerner les 2 ou 3 chalets les plus sud du hameau et un garage au nord.



A gauche : photo aérienne de 1982, au centre en mars 2006 et à droite une ligne de filets dans les vires herbeuses.

## Secteur : **La Savinaz**

Phénomène naturel : **avalanche**

Nom et références du couloir :

**La Savinaz (CLPA n°22 / EPA n°4)**

Voir aussi la CLPA en page 26

### Morphologie du site :

Les contreforts orientaux du dôme de la Sache constituent des ressauts glaciaires où de grosses accumulations de neige instable peuvent se former par vent dominant d'ouest. Des avalanches mixtes avec puissant aérosol dévalent assez régulièrement ce versant en affectant les lieux-dits Les Trousses et Les Teppes, du refuge de la Martin au sud jusqu'à la bordure du plateau de La Savinaz au nord.

### Historique des événements marquants :

♦ 9 ou 10/03/2006 : grosse avalanche aérosol partie en versant nord-est sur le glacier de la Martin, vers 3300 m, et ayant balayé l'épaule rocheuse entre les glaciers de la Martin et de l'Inverneau. La majeure partie de l'écoulement est allée jusqu'aux Teppes et a terminé sa course à l'Isère en bouchant son lit (dépôts encore visibles l'été suivant). Le souffle a couché des arbres sur le versant opposé (La Balme) et a laissé des traces sur le plateau au sud du hameau de La Savinaz. Sce : fiche CLPA. Le pylône HT au sud du hameau n'a jamais été endommagé par le souffle d'après Albert Revial.

### Protections existantes :

Néant.

### Modélisation numérique du phénomène de référence :

Néant.

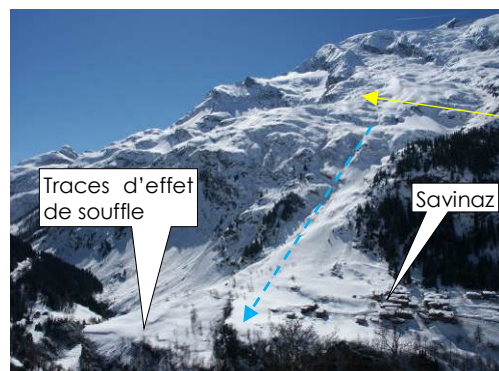
### Scénario(s) de référence :

♦ Scénario rare (ARC) :

Avalanche mixte comparable à celle de mars 2006, avec formation d'un aérosol qui s'engouffre dans le lit encaissé du torrent de la Savinaz et déborde sur la partie sud du plateau de la Savinaz. L'effet de souffle est sensible et potentiellement dommageable jusqu'au pylône HT, en bordure des premières habitations.

♦ Scénario exceptionnel (ARE) :

Même type de scénario que pour l'ARC, en considérant une plus forte reprise de neige fraîche dans le versant. La zone de souffle au sud de La Savinaz est un peu plus intense mais d'emprise équivalente, la morphologie du versant protégeant la zone urbanisée.



A gauche : vue générale du couloir de la Savinaz le 14/03/2006, avec indication des effets de souffle en bordure sud du hameau. A droite : les traces laissées par le puissant aérosol du 10/03/2006.



**Secteur : Planchamp / Bonneville**

**Phénomène naturel : chute de blocs**

**Géologie / morphologie du site :**

Le versant de Ronaz est modelé par un vaste et profond glissement de terrain post glaciaire. Sur le bas de versant, où sont implantés les hameaux de Planchamp et Bonneville, les matériaux remaniés se sont accumulés en bourrelets. Les pentes y sont globalement faibles et le substratum rocheux absent. Les zones de chutes de blocs possibles sont très localisées et peu nombreuses. Elles correspondent à des amas schisto-gréseux du Houiller entaillés par des voiries ou naturellement sous-cavés et décomprimés.

**Historique des événements marquants :**

Inconnu.

**Protections existantes :**

Néant

**Calculs trajectographiques :**

Néant.

**Scénario(s) de référence :**

Trois petits affleurements schisto-gréseux ont été identifiés sur le terrain, l'un peu instable à l'ouest du hameau de Planchamp et deux plus productifs en bordure amont de la RD 84b et à l'ouest de la Bonneville. Ils peuvent fournir des éléments de quelques dizaines à centaines de litres (intensité moyenne) qui s'arrêteront très probablement sur la voirie, en contrebas immédiat des zones sources.



Massif schisto-gréseux décomprimé à l'entrée ouest de la Bonneville, pouvant fournir des blocs < 1m<sup>3</sup> jusqu'à la route communale.

**Secteur : Le Châtelet / Le Pré****Phénomène naturel : chute de blocs****Géologie / morphologie du site :**

Sous le plateau du Pré, une barre rocheuse d'une cinquantaine de mètres de dénivelée, formée de bancs schisto-gréseux du Houiller, menace le hameau du Châtelet. Sous cette barre, la pente constituée d'un vieil éboulis à gros blocs reboisé est traversée par la RD 84b. Quelques dizaines de mètres en amont du Châtelet, cette pente s'adoucit et s'ouvre sur des prés. Deux gros blocs de plusieurs mètres cubes, très anciens, se sont immobilisés quelques mètres à l'amont des premiers chalets. Ils témoignent de l'activité au moins ancienne de cette falaise.

A l'autre extrémité du hameau, côté nord, la présence d'un énorme bloc de la taille d'un chalet semble indiquer que bien avant la création du hameau, un écoulement aurait concerné tout le replat du Châtelet.

Sur le plateau du Pré, les affleurements schisto-gréseux sont nombreux (substrat omniprésent) mais les bancs fracturés ou sous-cavés pouvant libérer des blocs sont rares. Les pierres ou blocs mobilisables se déposeront très rapidement, généralement sur la voirie, faute de pente à l'aval des zones sources. La seule zone pouvant menacer un secteur urbanisé se trouve à l'amont immédiat du village du Pré.

**Historique des événements marquants :** Inconnu.

**Protections existantes :**

Couvert boisé (feuillus et épicéas mélangés) et replat de la RD 84b en amont du Châtelet, n'assurant pas une protection suffisante du hameau vis-à-vis de blocs pluri-métriques. Ils sont toutefois pris en compte comme éléments naturels ou topographiques.

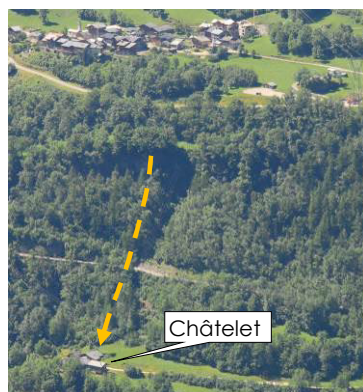
**Calculs trajectographiques :** Néant.

**Scénario(s) de référence :**

Au Châtelet : mobilisation de blocs schisto-gréseux de plusieurs mètres cubes depuis la paroi située sous le plateau du Pré. Ces blocs rebondissent dans le versant en cassant du bois et certains viennent se déposer contre les premiers chalets ou jusqu'à la ruelle centrale du hameau (replat). L'intensité est forte jusqu'en limite d'arrêt retenue, laquelle forme un angle de 37° avec la zone source (ligne d'énergie - méthode Mezap).

La propagation de blocs à l'ensemble du hameau est possible (gros bloc témoin – ligne d'énergie de 34°) mais associée à un écoulement d'occurrence exceptionnelle, non retenu dans le PPR.

Au Pré : mobilisation de dalles schisto-gréseuses jusqu'à la centaine de litres depuis un affleurement de quelques mètres de haut en amont du sentier montant au réservoir d'eau. Ces dalles pourraient franchir le replat du sentier et rouler jusqu'au parking du plus haut chalet du Pré (intensité moyenne).



A gauche : trajectoire menaçante pour le Châtelet. Au centre : vieux blocs déposés en amont immédiat du Châtelet. A droite : trajectoire menaçante pour le Pré.

**Secteur : Chef-lieu / La Roche**

**Phénomène naturel : chute de blocs**

**Géologie / morphologie du site :**

Sur le plateau du Chef-lieu et de La Roche, les affleurements schisto-gréseux sont nombreux (substrat omniprésent) mais les bancs fracturés ou sous-cavés pouvant libérer des blocs sont rares. Les pierres ou blocs mobilisables s'arrêteront très rapidement, généralement sur la voirie formant un large replat à l'aval immédiat des zones sources.

Les zones d'éboulement qui concernent la route d'accès au Planay (événement en 2009) n'empiètent que très marginalement sur le périmètre de prescriptions du Chef-lieu et ne menacent aucune zone urbanisée.

**Historique des événements marquants :**

♦ 19/04/1988 : éboulement coupant la RD 84b d'accès à Villaroger depuis Ste Foy, immédiatement en amont du hameau de la Roche. Sce : article du Dauphiné Libéré du 20/04/1988.

**Protections existantes :**

Néant.

**Calculs trajectographiques :**

Néant.

**Scénario(s) de référence :**

Sur la RD 84b : chutes de blocs plus ou moins fréquentes depuis quelques petits affleurements schisto-gréseux fracturés et sous-cavés dominant directement la RD 84b, entre La Roche et le Chef-lieu. L'intensité du phénomène devrait rester modérée.

En aval de La Roche : chutes de blocs de l'ordre du mètre cube (intensité forte) depuis l'éperon rocheux sur lequel est implanté le hameau. Les blocs ne devraient pas dépasser la route communale.



A gauche : vue générale des affleurements rocheux du secteur de La Roche. A droite : zone de l'éboulement de 1988 sur la RD 84b en sortie nord de La Roche.



**Secteur : Le Planay / Salle polyvalente**

**Phénomène naturel : chute de blocs**

**Le Villaron**

**Géologie / morphologie du site :**

Un escarpement schisto-gréseux du Houiller est observable dans le versant forestier dominant le plateau du Planay. Quelques gros blocs anciens sont présents en pied de versant, signalant un phénomène a priori rare mais intense jusqu'au plateau.

Sous le plateau du Planay, une paroi gréseuse haute d'environ 40 à 50 m est localement surplombante, avec un jeu de failles découpant des compartiments compacts et instables de plusieurs dizaines de mètres cubes. Dans la pente boisée en contrebas, on observe de nombreux blocs de 5 à 50 m<sup>3</sup> provenant sans doute d'un ancien écroulement. Plusieurs gros blocs se sont propagés jusqu'en pied de versant, en limite forestière : juste à l'amont du parking de la salle polyvalente côté nord et à hauteur de la salle polyvalente côté sud. Le bâtiment lui-même apparaît protégé par un rognon rocheux formant étrave.

Cette paroi gréseuse se prolonge au sud, au-delà d'un couloir et d'escarpements moins organisés, jusqu'au ruisseau du Planay au sud du Villaron. L'activité de la paroi apparaît là encore assez faible. Le hameau du Villaron n'est pas dans l'axe de cette paroi et apparaît protégé par un épaulement à faible pente ayant un effet d'étrave.

**Historique des événements marquants :**

Inconnu.

**Protections existantes :**

Boisement de feuillus sous les escarpements rocheux, peu efficace vis-à-vis de gros blocs.

Levée de terre à l'angle sud de la salle polyvalente, sans réel rôle de protection vu que le bâtiment est déjà protégé par une butte naturelle.

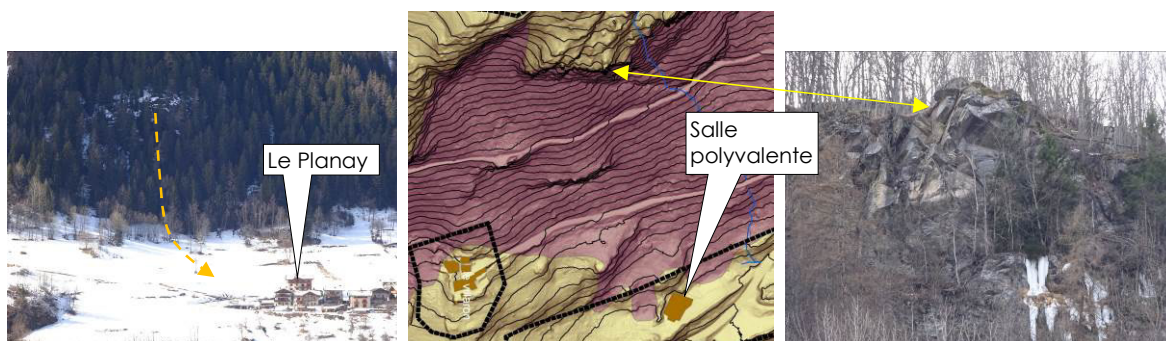
**Calculs trajectographiques : Néant.**

**Scénario(s) de référence :**

Au Planay : rares chutes de blocs de plusieurs mètres cubes s'arrêtant sur le plateau herbeux du Planay, une cinquantaine de mètres avant les premières habitations. L'intensité est forte jusqu'en limite d'arrêt retenue, laquelle forme un angle de 34° avec la zone source (ligne d'énergie de la méthode Mezap).

Secteur de la salle polyvalente : rares chute de blocs gréseux pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres cubes et s'arrêtant quelques mètres en aval des blocs déjà observés (intensité forte). La limite d'arrêt retenue forme un angle de 34° avec la zone source.

Au Villaron : rares chutes de blocs de l'ordre du mètre cube (intensité forte) se déposant sur l'épaule en amont du hameau (vieux blocs visibles - angle de 35°) et sur la route d'accès côté nord.



A gauche : localisation de l'escarpement rocheux en forêt, en amont du plateau du Planay. Au centre : la salle polyvalente dominée par une falaise, avec l'aléa chute de blocs. A droite : détail des instabilités de falaise.

**Secteur : La Gurraz / Le Chasal**

**Phénomène naturel : chute de blocs**

**Géologie / morphologie du site :**

Dans les derniers lacets de l'accès à La Gurraz, la route communale est entaillée dans un massif de micaschistes du Permien. Une paroi d'une dizaine de mètres de dénivelée domine donc la route et génère de rares chutes de blocs sur la chaussée. Cette paroi de micaschistes se prolonge au nord-ouest jusqu'au ruisseau du Tein et se développe sur une hauteur d'environ 30 m au droit du plateau du Chasal. Quelques blocs de 1 à 2 m<sup>3</sup> sont observables en pied de pente, à seulement 20 m du premier chalet du Chasal.

A l'ouest de La Gurraz, les contreforts du Mont de la Gurraz forment un raide versant rocheux, constitué là encore de micaschistes appartenant au socle cristallin de la Vanoise nord-orientale. Plusieurs ressauts libèrent de gros blocs jusque dans la cuvette herbeuse à l'ouest du hameau (une dizaine de blocs déposés) et jusqu'au parking visiteurs (gros blocs en bordure amont du parking).

**Historique des événements marquants :**

Inconnu.

**Protections existantes :**

Grillages plaqués sur certaines parois dominant la route communale d'accès à La Gurraz (travaux communaux de 2009 sous MOE RTM).

Ces grillages constituent une protection efficace contre des départs de pierres et petits blocs mais ne peuvent pas être pris en compte sur le long terme : fatigue des ancrages, non résistance à un éboulement plus volumineux...

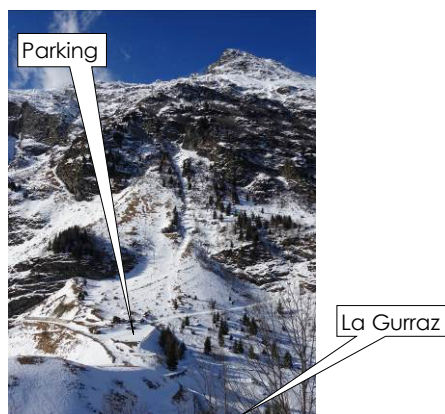
**Calculs trajectographiques :**

Néant.

**Scénario(s) de référence :**

Au Chasal : rares chutes de blocs de l'ordre de 1 à quelques mètres cubes (intensité forte) provenant de la tête de paroi sous le plateau de La Gurraz, en versant nord-est, et s'arrêtant sur le plateau du Chasal, jusqu'en limite du premier chalet (angle de la ligne d'énergie d'environ 34°).

A l'ouest de La Gurraz : chutes de blocs de plusieurs mètres cubes se déposant assez fréquemment en pied de versant (P3+) et pouvant se propager plus rarement à l'ensemble de la cuvette herbeuse ainsi qu'à la plate-forme aménagée pour le parking visiteurs (P3).



A gauche : grillages plaqués sur la route d'accès à La Gurraz.  
A droite : versant rocheux formé de micaschistes à l'ouest de La Gurraz.

**Secteur : La Savinaz**

**Phénomène naturel : chute de blocs**

**Géologie / morphologie du site :**

Le hameau de La Savinaz est dominé par une paroi verticale d'une trentaine à une cinquantaine de mètres de dénivelée, constituée de micaschistes compacts appartenant au socle cristallin de la Vanoise nord-orientale. Cette paroi est marquée par un poli glaciaire qui lui confère un aspect de surface globalement « propre », pauvre en aspérités et surplombs instables. Conjugué à la nature compacte et homogène de la roche, ce modelé peut expliquer la rareté des chutes de blocs dans ce secteur. En revanche, en cas d'éboulement, les blocs dévalent des pentes boisées à 35 – 40° et atteignent facilement le plateau de La Savinaz, en partie protégé par des merlons.

Une barre rocheuse inférieure, haute de seulement une vingtaine de mètres, domine la partie nord du hameau, du garage communal à la plate-forme de la fenêtre EDF. Elle peut aussi menacer la zone urbanisée.

**Historique des événements marquants :**

Le vieux hameau est regroupé à l'aval immédiat d'un amas de gros blocs, au droit d'une ancienne niche d'arrachement en falaise principale (léger surplomb). Ces blocs proviennent très probablement d'un écroulement qui se serait produit il y a quelques milliers d'années, après le retrait des glaciers du Würm. De même, en amont du garage communal, un autre amas de blocs témoigne d'un écroulement très ancien.

Dans les archives contemporaines, aucun événement n'est mentionné et les habitants ne se souviennent pas de chutes de blocs ayant atteint la zone urbanisée. Albert Revial signale seulement un bloc isolé qui aurait dépassé l'ancien merlon dans les années 90, sans atteindre la zone urbanisée au centre du hameau. Très peu de blocs récents sont d'ailleurs observables dans le versant boisé en pied de falaises et les fosses des merlons existants sont exemptes de blocs.

**Protections existantes :**

*Inventaire :*

- Tourne de 2 m de haut au droit du couloir central du Bois de la Savinaz. Ouvrage communal de 1980 ? repris au début des années 90 sous MOE RTM.
- Merlon de 144 m de longueur utile et 3,5 m de haut (fosse de 5 m de large), prolongé par un merlon pare-blocs / paravalanche de 45 m de long et de mêmes caractéristiques au sud des réservoirs, pour protéger le sud du hameau. Travaux communaux de 2018, sous MOE RTM, prolongeant et rehaussant un ancien merlon de 1994.
- Merlon de 70 m de long et 3 à 3,5 m de haut à l'aval de la tourne, se prolongeant vers le sud sur une longueur de 75 m et une hauteur de 2,5 à 3 m. Ouvrage communal commencé au début des années 90, repris en 2006 suivant les préconisations de l'étude ANTEA de 1998, prolongé vers le sud en 2015, et localement réhaussé et conforté en 2018, sous MOE RTM.
- Merlon de 50 m de long et 3 m de haut (fosse de 5 m de large) en amont du garage communal. Travaux communaux fait en 2018 sous MOE RTM, pour remplacer l'ancien mur pareblocs en gabions de 2004.
- Deux lignes de filets ASM de 60 et 20 ml, entre les merlons central et sud, d'une capacité de 1500 kJ et d'une hauteur utile de 3 à 3,5 m, réalisés par la commune en 2006 et 2011, sous MOE RTM.
- Boisement clairsemé d'épicéas adultes.

*Efficacité à long terme :*

La tourne mais surtout les merlons existants sont pris en compte comme des modifications durables du relief. Ils ont été vérifiés ou dimensionnés (pour ceux de 2018) à la fois fonctionnellement et structurellement sur la base d'une étude trajectographique RTM de 2017 (cf. VI.3.3.a). Sachant que les



ouvrages de 2018 ont été réalisés conformément aux préconisations de l'étude 2017, on peut les considérer comme très efficaces : capables d'arrêter sans dommage tous les blocs du scénario de référence. Avec le merlon central de 2006 - 2015, ils apportent ainsi une protection quasi continue du hameau.

En revanche, conformément au positionnement national des services de l'Etat, les lignes de filets pare-blocs ne sont pas prises en compte pour réduire l'aléa à l'aval, compte-tenu de leur vulnérabilité sur le long terme (maintenance) ou de leur perte d'efficacité en cas d'impacts multiples (poteau plié, nappe affaissée...).

Le boisement naturel en place est jugé peu influent sur la propagation des blocs de référence (<1 m<sup>3</sup>) et n'a pas été pris en compte, notamment dans les calculs trajectographiques.

### Calculs trajectographiques :

Des simulations numériques de chutes de blocs ont été réalisées sur l'ensemble du périmètre de prescriptions de La Savinaz à l'aide du logiciel Rockyfor3D® dans le cadre de cette révision du PPR. Ces résultats en 3D ont été confortés par des calculs 2D sur profils en long, à l'aide du logiciel RocFall®, sur les axes d'atteinte des enjeux bâtis. Le paramétrage de ces logiciels sur la zone d'étude et les cartes de résultats sont affichées au VI.3.3.a du présent rapport.

### Scénario(s) de référence :

Au centre de La Savinaz : rares chutes de blocs isolés d'un volume unitaire de 3 m<sup>3</sup> au droit des principales instabilités recensées par ANTEA en 1998 et par le RTM en 2017, et de 0,7 à localement 2 m<sup>3</sup> sur le reste de la paroi. Ces blocs sont tous arrêtés dans la fosse du merlon central et dans celle du merlon sud. Des blocs peuvent cependant passer entre les deux merlons, coucher ou affaisser la ligne de filets et atteindre une zone non bâtie au cœur du hameau (ligne d'énergie de 37° donnée par les trajectographies).

Au nord de la Savinaz : rares chutes de blocs isolés d'un volume unitaire de 250 litres depuis la paroi supérieure très propre ou de 0,5 à 1 m<sup>3</sup> depuis la paroi inférieure. Ces blocs sont arrêtés contre le merlon nord qui protège le garage communal et son parking. En revanche ils peuvent atteindre la plate-forme de la fenêtre EDF ainsi que la voirie entre La Savinaz et le Crêt. L'intensité est forte sur les premiers replats et dans les talus mais devient modérée (< 300 kJ) en s'arrêtant contre les premiers chalets du Crêt.

Au sud de la Savinaz : rares chutes de blocs isolés d'un volume unitaire moyen de 750 litres, issus de l'extrémité sud de la paroi principale (épaule rocheuse), rebondissant sur des pentes herbeuses à sol rocheux mais venant s'arrêter contre les merlons sud. Seules les blocs passant au sud des protections peuvent encore atteindre (avec une intensité forte) le plateau de la Savinaz, peu après les derniers chalets (ligne d'énergie de 34°).

Dans la Combe sous le Crêt : quelques affleurements de micaschistes dans un talus boisé pourraient libérer un gros bloc se déposant sur la route de la Savinaz, voire contre un chalet dans son talus aval.

*Rappel : l'hypothèse d'un écroulement en grande masse, libérant des dizaines de blocs d'un volume pouvant atteindre plusieurs dizaines de m<sup>3</sup>, est un scénario crédible qui s'est déjà produit il y a de nombreux siècles, mais dont la probabilité d'occurrence a été jugée trop faible pour être retenue ici.*



A gauche et au centre : vues générale des parois de micaschistes dominant La Savinaz (avant travaux 2018).  
A droite : le merlon sud, rehaussé et prolongé en 2018, protégeant efficacement le sud du hameau.

**Secteur : Le Pré****Phénomène naturel : crue torrentielle et ruissellement****Nom du cours d'eau : ruisseau du Pré****Description du bassin versant :** Voir aussi la carte de localisation des cours d'eau en page 36

Le bassin-versant du ruisseau du Pré est commun en partie amont avec celui du Pisset, qui s'écoule plus à l'ouest en direction de Pré Dernier. Allongé et peu marqué, sa superficie ne dépasse 25 ha en amont du Pré (1200 m). Le substrat schisto-gréseux y est omni présent, souvent recouvert d'une faible couverture morainique végétalisée.

Le lit naturel est inexistant en amont du Replat (1450 m), il s'agit tout au plus d'une vague zone humide alimentée par des suintements, dans une combe boisée suivie par l'avalanche du Replat. Aucune zone d'érosion et d'apport solide n'a été observée. En revanche un débit régulé de quelques dizaines de litres provient d'une fenêtre de galerie EDF à 1540 m. Un canal d'évacuation à ciel ouvert creusé à flanc de forêt renvoie ce débit dans le lit naturel à l'aval du Replat. Hors période de crue, la totalité du débit du ruisseau qui traverse le plateau du Pré provient donc de la galerie EDF supérieure.

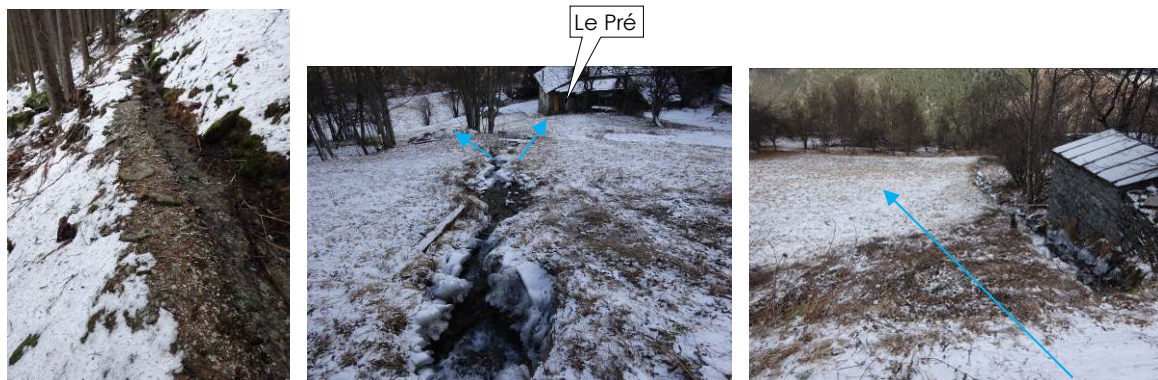
L'étude ETRM de 1997 reprise par celle de 2009 propose un débit centennal calculé de 1 m<sup>3</sup>/s, pour un bassin versant de 0,3 km<sup>2</sup>. Avec l'application de la méthode des débits pseudo spécifiques de ce secteur géographique où  $Q_{100} = 2.25 \times 0.8 \times S^{0.8}$ , et avec une superficie S du BV = 0,25 km<sup>2</sup>, ce débit serait plutôt proche de 600 l/s. Il est susceptible de transiter sans problème dans le lit actuel et par les buses de franchissement de pistes, sauf légers débordements d'eau claire à hauteur des premières maisons du Pré, où le lit est très peu marqué. Un tel phénomène n'aurait pourtant pas été observé depuis des dizaines d'années d'après les riverains. Les berges n'en portent d'ailleurs aucune trace.

**Historique des événements marquants :**

- ♦ Fin des années 1920 ? : Peu de temps après la réalisation de la galerie EDF de Villaroger à Viclaire, EDF aurait fait une mauvaise manipulation et aurait rejeté trop d'eau dans le ruisseau du Pré (qui évacue les sources captées par la galerie). Une ou deux caves ont été inondées dans les maisons du Pré les plus proches du ruisseau. Depuis, le témoin n'a jamais vu déborder ce ruisseau sur le plateau du Pré. Sce : témoignage de Gilbert Emprin, habitant au Pré depuis 80 ans.
- ♦ Juillet 2005 : l'étude ETRM de 2009 signale une petite crue du ruisseau du Pré, a priori sans débordement sur le plateau du Pré.

**Protections existantes :** néant.**Calculs hydrauliques :** ETRM 2009 (méthodes Crupedix, SCS et Sogreah), RTM 2017 (cf. ci-dessus).**Scénario(s) de référence :**

Débordements d'eau claire en crue centennale sur les deux rives du ruisseau à hauteur du hameau du Pré, provoquant un ruissellement de faible intensité dans les prés du plateau, pouvant inonder une ou deux caves comme dans les années 20. Le lit ne devrait guère évoluer par recul de berges.



A gauche : canal d'évacuation creusé à flanc de versant sous la fenêtre EDF. Au centre : points de débordement en amont du Pré. A droite : zone de ruissellement dans les prés en rive gauche, à l'aval du hameau.

**Secteur : La Roche**

**Phénomène naturel : crue torrentielle et ruissellement**

**Nom du cours d'eau : ruisseau de La Roche**

**Description du bassin versant :** Voir aussi la carte de localisation des cours d'eau en page 36

Le bassin-versant du ruisseau de La Roche est très peu marqué, allongé et entièrement végétalisé (boisements de conifères et zones pâturées). Sa superficie ne dépasse pas 50 à 60 ha en amont de La Roche. Le substrat schisto-gréseux y est omni présent, souvent recouvert d'une faible couverture morainique. Aucune zone d'érosion et d'apport solide n'a été identifiée.

Le ruisseau n'apparaît qu'à 1400 m (source), juste en amont de la piste de liaison entre Le Replat et Le Planay. Son lit reste étroit et peu marqué jusqu'à La Roche. Le débit ordinaire observé est relativement constant, de quelques dizaines de litres/seconde, toujours en eau claire. Avec l'application de la méthode des débits pseudo spécifiques de ce secteur géographique où  $Q_{100} = 2.25 \times 0.8 \times S^{0.8}$ , et avec une superficie S du BV = 0,5 km<sup>2</sup>, le débit centennal atteindrait 1 m<sup>3</sup>/s.

#### Historique des événements marquants :

Aucun débordement n'a été observé ces 40 dernières années sur La Roche et dans le lotissement des Pravets (témoignage de riverains : M et Mme Tourneur). Parfois, lorsque des pluies se conjuguent à la fonte des neiges, le débit augmente et menace de déborder localement sur un chalet situé à seulement 2 m du ruisseau en rive droite. Le gabarit du chenal a été amélioré à ce niveau (canal béton), pour éviter d'inonder les abords du chalet.

**Protections existantes :** néant.

**Calculs hydrauliques :** RTM 2017 (cf. ci-dessus).

#### Scénario(s) de référence :

Considérant le débit centennal, le très faible transport solide, le risque négligeable d'obstruction de lit par glissement de berge, le gabarit des buses dont celle de la RD 84b (ø 500) et l'absence d'événement recensé, aucun débordement significatif n'est envisagé en crue centennale sur ce ruisseau.



A gauche : passage du ruisseau sous la RD 84b. Au centre : passage du ruisseau dans le lotissement des Pravets.  
A droite : chalet situé à seulement 2 m du lit du ruisseau aux Pravets.



**Secteur : Le Planay**

**Phénomène naturel : crue torrentielle et ruissellement**

Voir aussi la CLPA en page 26

**Nom du cours d'eau : ruisseau des Cassettes**

**Description du bassin versant :** Voir aussi la carte de localisation des cours d'eau en page 36

Le bassin-versant du ruisseau des Cassettes est de même nature que son voisin le ruisseau de La Roche, mais plus étroit et d'une superficie de seulement 30 ha en amont du Planay et 40 ha en amont de la RD 84b.

Un faible ruissellement n'apparaît qu'en aval des Cassettes (1700 m). Le débit observé n'est habituellement que de quelques litres par secondes dans chacune des deux branches du ruisseau qui sont captées par des buses dans la traversée du plateau du Planay. Aucun signe de transport solide, d'érosion de berge ou de débordement n'y est décelable.

Le ruisseau bascule ensuite dans une paroi de grès haute de 40 à 50 m (cascade) puis traverse une zone d'éboulis grossiers avant de retrouver un lit étroit et régulier juste en amont de la RD 84b. Le débit ordinaire y est de quelques dizaines de litres/seconde. Avec l'application de la méthode des débits pseudo spécifiques de ce secteur géographique où  $Q_{100} = 2.25 \times 0.8 \times S^{0.8}$ , et avec une superficie  $S$  du  $BV = 0,4 \text{ km}^2$ , le débit centennal atteindrait environ 850 l/s.

**Historique des événements marquants :**

Néant.

**Protections existantes :** néant.

**Calculs hydrauliques :** RTM 2017 (cf. ci-dessus).

**Scénario(s) de référence :**

Au Planay : aucun débordement n'est envisagé en crue centennale sur les deux branches du ruisseau, qui n'est encore qu'un ruisselet, à condition évidemment que le lit ne soit pas obstrué.

Sur la RD 84b : en crue centennale, il est probable qu'un débordement d'eau claire se produise au droit d'un coude du ruisseau, juste avant son passage sous la RD 84b. Le ruissellement débordant pourrait alors suivre la RD 84b jusqu'à l'Isère avec une intensité faible.



A gauche : zone de débordement probable juste en amont de la RD 84b. A droite : ouvrage de franchissement de la RD 84b.

**Secteur : Ronaz - Planchamp  
La Bonneville**

**Phénomène naturel : glissement de  
terrain et coulée boueuse**

### **Géologie / morphologie du site :**

La forêt de Ronaz en versant nord est affectée par un vaste glissement post glaciaire (Würm) causé par la décompression de la rive gauche rocheuse de la vallée de l'Isère (schistes gréseux du Houiller), suite au retrait du glacier de Tarentaise. On observe un phénomène de fauchage en tête du glissement, avec des ressauts de micaschistes très fracturés qui s'éboulent parfois, comme en mai 1985 sous la piste forestière de Solliet, où 100 000 m<sup>3</sup> de roche avaient été mobilisés. A l'aval, la masse glissée est chaotique, avec une matrice fine et argileuse (moraine et schistes broyés) enrobant des amas de blocs schisto-gréseux en mouvement. La pente devient faible sur la zone d'accumulation principale, où ont été bâtis les hameaux de Ronaz, Planchamp et Loissel, avant de se raidir à nouveau sur le front du glissement qui atteint l'Isère.

Ce vaste et profond glissement s'est peu à peu stabilisé, hors la zone très active et humide de Combe Froide, qui affecte les schistes noirs du Houiller en rive droite du glissement. A ce niveau, les mouvements différentiels entretiennent un affaissement d'environ 2 m de la RD 84b (déplacements de quelques cm/an). La bordure ouest du glissement de Combe Froide affecte aussi la route d'accès à Ronaz, avec des désordres au niveau des virages en lacets (ADRGT, 1988 ; SAGE 2014).

Une faible activité est encore décelable sur l'ensemble du corps du glissement de Ronaz (quelques fissures dans les vieilles maisons depuis les Moudes jusqu'à La Bonneville), avec des zones d'activité moyenne dans les pentes plus prononcées et/ou plus humides (arbres penchés dans les zones les plus raides, coulées de boue localisées, fissurations de routes et affaissements de talus) (ADRGT, 1988 ; SAGE, 2016).

### **Historique des événements marquants :**

- ♦ 1955 : une petite coulée de boue se produit dans la pente boisée au-dessus des bâtisses de Ronaz, suffisante pour former une petite croupe encore visible sur le hameau. La concentration des eaux de ruissellement liées aux pluies et à la fonte des neiges a mis en charge les matériaux argileux et désorganisés de cette masse glissée. Sce : étude ADRGT de 1988 pour la commune de Villaroger.

### **Protections existantes :**

*Inventaire :*

Réduction du débit du ruisseau de Combe Froide, en bordure est du glissement de versant, par des collecteurs en PVC de diamètre 250 mm amenant les eaux drainées vers le ruisseau du Pisset par la piste du Plan. Travaux communaux des années 80, sous maîtrise d'œuvre RTM.

*Efficacité à long terme :*

Difficile à estimer mais la réduction des venues d'eau dans cette Combe Froide, qui apparaît comme la zone la plus active du glissement de versant, participe au ralentissement des mouvements d'ensemble.

### **Scénario(s) de référence :**

Sur le replat de Ronaz, Planchamp et Loissel: glissement d'ensemble du versant avec une activité faible (mouvements d'ensemble très lents et non différentiels), hors des bordures ouest et est qui correspondent à des combes schisteuses plus humides où l'activité reste moyenne.

Les terrains plus raides à l'amont de Ronaz, constitués de petites combes boisées et humides, peuvent être affectés par des arrachements de terrain localisés, évoluant en de coulée boueuse, comme cela aurait été le cas en 1955 d'après le témoignage évoqué dans l'étude ADRGT de 1988.

Sur la Bonneville: le bourrelet frontal peu pentu sur lequel est bâtie la Bonneville apparaît faiblement actif (pas de fissuration significative dans le bâti ancien). En revanche une zone moyennement active a pu être identifiée dans une légère combe en amont du hameau, remontant jusqu'à la RD 84b. Probablement déstabilisée par une concentration des écoulements de sub-surface, cette combe en

glissement affecte les chaussées jusqu'en limite du hameau : fissuration de la route d'accès à plusieurs niveaux, déformation des talus repris par des soutènements...



A gauche : reprise du mur de soutènement de la route d'accès à Ronaz après son basculement sur 10 m de long.  
Au centre : fissures d'affaissement de la route d'accès à la Bonneville. A droite : murs de soutènement successifs dans l'axe de la combe en glissement moyen, jusqu'au parking de la Bonneville.



**Secteur : Le Pré / L'Epine / Chef-lieu**

**Phénomène naturel : glissement de terrain et coulée boueuse**

**Géologie / morphologie du site :**

Sur le plateau allant de Pré Dernier à La Roche, les affleurements schisto-gréseux du Houiller sont nombreux (bancs érodés par les glaciers), mais souvent recouverts sur les replats par une couverture peu épaisse de matériaux fins d'origine morainique ou colluviale. Des circulations d'eau affectent ces matériaux de couverture souvent perméables et hétérogènes. Des écoulements préférentiels peuvent s'organiser suivant des cordons de matériaux fins (limons) qui jouent un rôle de drain, ou en fonction des couches argileuses imperméables et des variations locales du substratum.

L'étude BRGM de 1981 réalisée en amont du Chef-lieu n'a pas identifié de glissement général de ces matériaux de couverture, qui restent souvent secs. L'étude SAGE de 2014 en amont du lotissement du Pré a mis en évidence une venue d'eau dans les limons épais de quelques mètres qui surmontent des moraines très compactes, mais là encore sans glissement associé.

Toutefois, l'examen de surface révèle localement des indices de fluage superficiel, là où ces circulations d'eau viennent imbiber des matériaux de couverture argileux et épais de plusieurs mètres, sur des pentes marquées ( $> 15^\circ$ ), comme autour de l'Epine.

**Historique des événements marquants :**

Déformation de murs de soutènement autour de l'Epine.

♦ 09/01/2018 : Dans la nuit du 8 au 9/01, de fortes pluies sur neige récente provoquent des ruissellements sur les voiries. Un écoulement quitte la route de l'Epine, vient saturer les terrains argileux sous le lacet et provoque un arrachement de terrain à la rupture de pente, dans une pente herbeuse recouverte de dépôts morainiques. La coulée de boue associée, de quelques centaines de m<sup>3</sup>, s'est répandue jusqu'à la RD 84b à l'entrée sud du chef-lieu et a recouvert le toit plat d'un garage en pied de talus. Les dégâts sont restés limités.

**Protections existantes :**

Suite à l'événement de janvier 2018, la commune a réalisé l'été suivant des travaux de reprise de chaussée dans le lacet de la route de l'Epine, pour collecter les eaux de ruissellement et les acheminer vers le réseau d'eau pluviale du Chef-lieu. Ces travaux participent à la réduction du risque de nouvelle coulée de boue à l'entrée sud du Chef-lieu, sans permettre de l'exclure totalement.

**Scénario(s) de référence :**

Phénomène de fluage superficiel avéré et moyennement actif dans les limons et moraines argileuses des pentes dominant le lotissement du Pré (mamelonnements), l'Epine (muret de soutènement de route bombé) et l'entrée nord-ouest du Chef-lieu (mamelonnements, talus en érosion).

Phénomène d'arrachement de terrain superficiel mais brutal, évoluant en coulée de boue, sur les pentes les plus raides recouvertes de matériaux morainiques sur quelques mètres d'épaisseur. Ce scénario s'est produit le 09/01/2018 à l'entrée sud du chef-lieu, alors que la pente ne présentait pas de signe de fluage. La zone d'aléa « coulée de boue » a été étendue à toute cette pente où le substrat rocheux n'affleure pas. Un aléa « coulée de boue » a aussi été envisagé à l'entrée nord-ouest du chef-lieu, depuis le talus en glissement jusqu'à la RD 84b.

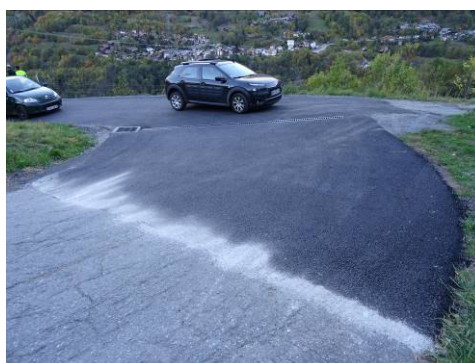
Ailleurs sur ce secteur, le substrat rocheux affleurant ou sub-affleurant et l'absence d'écoulement permanent permettent à priori d'écarter ces aléas mouvements de terrain.



A gauche : indices de fluage de surface en amont du lotissement du Pré. Au centre : muret de soutènement ventru en amont de l'Epine, dans l'axe d'un ruisseau divaguant. A droite : indices de fluage et ancien drain en amont de l'entrée nord-ouest du Chef-lieu.



Arrachement de terrain et coulée de boue associée, le 9 janvier 2018, à l'entrée sud du chef-lieu.



La niche d'arrachement de 2018 après remodelage du terrain, à la rupture de pente, dans le pré / verger.  
A droite, la reprise de chaussée en amont de la zone déstabilisée par ruissellement en 2018.

---

**OFFICE NATIONAL DES FORETS**

*Service de Restauration des Terrains en  
Montagne de Savoie*

42, quai Charles Roissard, 73026 Chambéry Cedex  
Tél. : 04.79.69.96.05 - Fax : 04.79.96.31.73

Adél : [rtm.chambery@onf.fr](mailto:rtm.chambery@onf.fr) - Web : [www.onf.fr](http://www.onf.fr)

