



Commune de Fréterive

Etude et cartographie des aléas naturels
sur l'ensemble du territoire communal
(hors inondation de la plaine de l'Isère)

Etabli par :

Service de Restauration des Terrains en Montagne (RTM) de la Savoie
 Office National des Forêts
 42 Quai Charles Roissard
 73026 Chambéry Cedex
 Tel : 04.79.69.96.05
 Mail : rtm.chambery@onf.fr

Date du dernier enregistrement	Désignation du document	Numéro de devis	Nombre de pages
14/01/2019	Carte des aléas	D8-292952	83

	Nom Prénom	Fonction
Auteurs	Pierre Dupire	Ingénieur géologue
	David Etcheverry	Ingénieur hydraulicien
	Stéphane Roudnitska	Ingénieur nivologue
Relecture	Jérôme Liévois	Responsable pôle expertise
Validé et transmis	David Binet	Chef de service

Suivi des versions :

Version	Date	Observations
V1	06/12/2018	Version travail
V2	18/12/2018	Présenté commune
V3	03/01/2019	Amendements RTM
V def	11/01/2019	Validé commune

Table des matières

TABLE DES MATIÈRES.....	3
TABLE DES ILLUSTRATIONS	5
1. PREAMBULE.....	8
1.1 Objet.....	8
1.2 Méthodologie	8
1.3 Périmètre d'étude.....	8
2. CONTEXTE PHYSIQUE DE LA ZONE D'ETUDE	9
2.1 Contexte topographique et morphologique.....	9
2.2 Contexte géologique.....	10
2.3 Contexte hydrographique, hydrologique et hydrogéologique.....	12
3. DONNEES CONSULTEES ET PRISE EN COMPTE DES OUVRAGES EXISTANTS.....	12
3.1 Données générales consultées.....	12
3.2 Place des ouvrages de protection	12
4. ALEAS AVALANCHES	13
4.1 Données consultées, spécifiques aux avalanches.....	13
4.2 Observations de terrain	13
4.3 Grille de qualification des aléas	13
4.4 Caractéristiques générales des avalanches sur la commune	14
4.5 Couloirs de Varand et du Plan Cruet – hameau des Moulins.....	15
4.6 Couloir de Cayan – hameau des Moulins	20
4.7 Couloirs de la Colonne et de Raffoux – Cave dessous.....	24
4.8 Couloirs de Dom Girard et de Cruet – hameau du Villard.....	29
4.9 Couloirs de la Gorge et de Combe Noire – Montarchi / La Maserie.....	33
5. ALEAS CHUTES DE PIERRES ET DE BLOCS.....	38
5.1 Historique et données disponibles.....	38
5.2 Traitements numériques automatisés	40
5.3 Observations de terrain	41
5.4 Qualification de l'aléa	49
6. ALEA TORRENTIEL	54
6.1 Données consultées.....	54
6.2 Méthode appliquée pour la qualification de l'aléa	54
6.3 Description générale du contexte torrentiel	56
6.4 Ruisseau de Combe Noire	58
6.5 Ruisseau de la Gorge (Maserie)	61
6.6 Ruisseau de Cruet	65
6.7 Ruisseau de Dom Girard	67
6.8 Ruisseau de Raffoux et Colonne	70
6.9 Ruisseau de Cayan	73
6.10 Ruisseau de Plan de Cruet (et affluent de Corniolle)	76
6.11 Cas du « bief » traversant les Moulins	77
7. LA CARTE DE TOUS LES ALEAS.....	78
8. INTERACTION AVEC LE COUVERT FORESTIER.....	79
8.1 Forêt et avalanches.....	79
8.2 Forêt et glissements de terrain	79
8.3 Forêts et torrents.....	80
8.4 Forêts et chutes de blocs	80
8.5 La forêt communale.....	80
9. PRINCIPES DE PRISE EN COMPTE DES ALEAS NATURELS DANS LE PLU.....	81

9.1	Les principes	81
9.2	Place des ouvrages de protection	81
10.	LES PRESCRIPTIONS CONSTRUCTIVES.....	81
10.1	Prescription 1 : Toutes zones d'aléa fort	81
10.2	Prescription 2 : zone d'aléa moyen d'avalanche non urbanisée	82
10.3	Prescription 3 : zone d'aléa moyen d'avalanche déjà urbanisée	82
10.4	Prescription 4 : zone d'aléa faible d'avalanche.	82
10.5	Prescription 5 : zone d'aléa moyen de divagation torrentielle non urbanisée.....	82
10.6	Prescription 6 : zone d'aléa moyen de divagation torrentielle déjà urbanisée.	83
10.7	Prescription 7 : zone d'aléa faible de divagation torrentielle.	83
10.8	Prescription 8 : Ruissèlement sur l'ensemble du territoire.....	83
10.9	Recommandations pour les surfaces boisées exposées à un aléa fort de chutes de pierres	83

Table des illustrations

Figure 1 : localisation et délimitation du périmètre d'étude.....	9
Figure 2 : carte des pentes	10
Figure 3 : carte géologique du BRGM et localisation du périmètre d'étude.....	11
Figure 4: Photo oblique légendée décrivant la géologie (http://www.geol-alp.com/bauges/_lieux/r_torse.html)	11
Figure 5: Table de qualification de l'aléa d'avalanches.	13
Figure 6: Vue générale du versant avalancheux de Fréterive (bordure sud des Bauges)	14
Figure 7: Vue générale des couloirs de Varand et Plan Cruet prise le 26 février 1999.....	15
Figure 8: cônes d'avalanches au pied de la cascade inférieure de Plan Cruet, pris le 01/03/1969 (à gauche) et en avril 1986 (à droite).	16
Figure 9: emprises visibles (en rouge) des avalanches poudreuses survenues probablement en février 1970 dans les couloirs de Varand et Plan Cruet, d'après les traces laissées dans la végétation sur la photo aérienne de 1971. L'emprise du cône de neige régulièrement observé en pied de cascade est figurée en orange.	17
Figure 10: report approximatif des limites aval des dépôts des principales avalanches de Plan Cruet observées (année de l'événement) depuis les années 50.....	17
Figure 11: Carte des aléas d'avalanches dans le secteur des Moulins.	19
Figure 12 : Vue générale du couloir de Cayan en mars 2009 (à gauche) et détail du coude du ruisseau sur son cône de déjection, après les travaux de renforcement de berge de 2009 (à droite).	20
Figure 13: traces d'écoulement et de dépôt de l'avalanche du 31/01/2015, qui a suivi sans déborder le lit nouvellement recanalisé du ruisseau.	21
Figure 14: report approximatif des limites aval des dépôts d'avalanches observées dans le ruisseau de Cayan (année de l'événement) depuis les années 50.	21
Figure 15: localisation et illustration du renforcement/rehaussement de berge réalisé en 2009 en rive gauche du ruisseau de Cayan, pour protéger le hameau des Moulins d'un débordement du torrent suite aux éboulements de 2008.	22
Figure 16: Carte des aléas d'avalanches dans le secteur de la Côte Ruffin.....	23
Figure 17: Vue générale des couloirs de la Colonne et de Raffoux, prise le 26/02/1999. Noter les dépôts d'avalanche vers 600 m.....	24
Figure 18: langue d'avalanche de 1965 à l'ouest des granges de Cave dessous, suite au débordement de l'avalanche en rive droite du couloir, vers 550 m. (Clichés transmis par G. Buevoz)	25
Figure 19: langue d'avalanche de 1965 à l'ouest des granges de Cave dessous, vue vers l'aval, comparée à une vue 2018. (Cliché de gauche transmis par G. Buevoz).....	25
Figure 20: emprises visibles des avalanches survenues en février 1970 dans les couloirs de la Colonne et de Raffoux, vues les traces laissées dans la végétation sur photo aérienne de 1971.	26
Figure 21: report approximatif des limites aval des dépôts des principales avalanches observées (année de l'événement).....	26
Figure 22: Carte des aléas d'avalanches au-dessus du Chef-lieu.....	28
Figure 23: Vues des couloirs de Dom Girard et de Cruet depuis Le Villard (à gauche) et Aiton. (à droite).....	29
Figure 24: emprises visibles des avalanches survenues en février 1970 dans les couloirs de Dom Girard et de Cruet, d'après les traces laissées dans la végétation sur photo aérienne de 1971	30
Figure 25 : report approximatif des limites aval des dépôts des principales avalanches observées (année de l'événement) depuis les années 50.	30
Figure 26: Carte des aléas d'avalanches au-dessus du Villard.....	32
Figure 27: à gauche, vue globale des couloirs de la Gorge et de Combe Noire ; à droite, vue du couloir de Combe Noire depuis le col d'Arclusaz.	33
Figure 28: trajectoires de l'avalanche de la Gorge entre Montarchi et La Maserie, depuis le col d'Arclusaz (à gauche) et depuis l'épingle de la RD 101 (à droite).	34

Figure 29 (à gauche) : emprise probable de l'avalanche poudreuse dite de la Gorge de février 1970 en amont de Montarchi, d'après les traces laissées dans la végétation sur la photo aérienne de 1971 ;	35
Figure 30 (à droite) : dépôt d'avalanche (névé) au pied du couloir de la Gorge sur photo de 1982. En amont de la Maserie (cône boisé de Combe Noire), sous les traces d'un possible dépôt d'avalanche (640 m), on devine un layon ouvert jusqu'à la route de Montplan (525 m), probablement par une crue torrentielle (événement non enregistré).....	35
Figure 31:report approximatif des limites aval des dépôts des principales avalanches observées (année de l'événement) depuis plus d'un siècle.	35
Figure 32:Vieux mur/digue de 3 m de haut réalisé au départ du chemin de Montplan (525 m), dans l'axe du ruisseau de Combe Noire, pour protéger la bordure ouest de La Maserie (commune de St Pierre d'Albigny) des avalanches et des débordements du ruisseau.	36
Figure 33: Cartes des aléas d'avalanches au-dessus de la Maserie.....	37
Figure 34:clichés de quelques événements historiques.....	39
Figure 35: localisation des zones de départ potentielles (identifiées en rouge).....	40
Figure 36 : <i>schéma de principe de la ligne d'énergie</i>	40
Figure 37:carte des lignes d'énergie.....	41
Figure 38:clichés de la couche urgonienne. En haut stratigraphie redressée sujette au phénomène de fauchage, en bas vue globale permettant d'appréhender un affleurement généralement sain.....	42
Figure 39:vue de la partie intermédiaire	43
Figure 40:vue des deux barres rocheuses de la partie basse du versant	44
Figure 41:Affleurements du Grand Theurre (vue d'ensemble à gauche, cliché d'un vol d'expertise de 2008 à droite).....	44
Figure 42:vue sur l'axe du couloir de la Petite Porte	45
Figure 43:schéma de fonctionnement des aléas rocheux sur le secteur des Moulins	45
Figure 44:vue des deux falaises et des 2 piliers	46
Figure 45:cliché au droit de l'église (à gauche instabilité relevée par SAGE, à droite vue générale).....	47
Figure 46:vue de la falaise dominant la Ferme	48
Figure 47:cliché d'un affleurement de l'hauterivien à droite, et schéma de fonctionnement des aléas rocheux sur le secteur à gauche	48
Figure 48:carte des aléas chutes de blocs au droit des Moulins	51
Figure 49:carte des aléas chutes de blocs au droit des Barlettes et du Four	52
Figure 50:carte des aléas chutes de blocs au droit de l'Eglise.....	52
Figure 51:carte des aléas chutes de blocs au droit de la Ferme	53
Figure 52: Carte des aléas chutes de blocs à Montarchi.	53
Figure 53: Carte total des aléas de chutes de pierres.....	54
Figure 54:tableau d'intensité crue torrentielle	55
Figure 55:: tableau de probabilité d'atteinte crue torrentielle.....	56
Figure 56:grille de qualification des aléas de crue torrentielle en zone non urbanisée	56
Figure 57: Réseau hydrographique et hameaux principaux.....	57
Figure 58:Route de Montplan canalisant les écoulements.....	59
Figure 59:Divagations visibles sur des anciennes photos aériennes	59
Figure 60:Dépôts anciens de lave torrentielle	60
Figure 61: Coude depuis lequel des divagations se sont déjà produites vers la cote 530	60
Figure 62:Traces de débordements en aval rive gauche du radier de la piste de Montplan ..	62
Figure 63:crue du 6 décembre 2010 sur la piste menant au réservoir	62
Figure 64:Débordements sur piste menant au réservoir	63
Figure 65:Traces de divagations récentes (matériaux déposés).....	63
Figure 66:Cordon de matériaux sur les deux rives.....	64
Figure 67:Débordements en amont du Villard	64
Figure 68:Plage de dépôt de la Gorge.....	64
Figure 69:Chenal en aval de la plage de dépôt	65
Figure 70: deux casiers successifs de la plage de dépôt.....	66

Figure 71:ruisseau enterré dès l'aval de la plage de dépôt.....	67
Figure 72:Débordements possibles sur les deux rives du Dom Girard en amont de l'Eglise ..	69
Figure 73:Anse d'érosion marquée en rive droite (à gauche) et traces d'un ancien chenal empierré (à droite).....	69
Figure 74 :Dépôt de matériaux lors de la crue de septembre 2016 sur la radier communal ..	69
Figure 75:Aval de la cascade du Raffoux : possible langue de débordement mais changement de lit brutal non retenu pour un scénario centennal	71
Figure 76:Passerelle sur la Colonne.....	71
Figure 77:Cordon rive droite délimitant la zone de dépôt et débordements probables.....	72
Figure 78:Pont de la RD 201 sur le torrent du Raffoux et linéaire amont sujet à engravement	72
Figure 79:Axes d'anciens débordements en rive gauche du Cayan (source : étude RTM 2008)	74
Figure 80:Chenal marqué du Cayan (à gauche) - rupture de pente et dépôts de matériaux en aval (à droite)	75
Figure 81:lit en amont de la RD 201 et passage busé sous la route	75
Figure 82 : Risque de débordement (en rouge) du ruisseau de Plan de Cruet (en bleu).....	76
Figure 83 :Berge rive droite érodée (à gauche) et secteur d'anciennes divagations derrière les merlons de curage.....	77
Figure 84:le "bief"	77
Figure 85: Carte des aléas torrentiels.	78
Figure 86: Légende de la carte des aléas.....	78
Figure 87: Carte réduite présenté en format A0 en annexe 1.	79
Figure 88: le parcellaire de la forêt communale de Fréterive.	80

1. Préambule

I.1 Objet

La présente étude est réalisée pour le compte de la commune de Fréterive qui souhaite disposer d'une cartographie complète des aléas sur l'emprise du territoire communal.

Auparavant la commune était dotée d'un Plan d'Indexation en Z (PIZ) réalisé par le bureau IMS-RN en 2004 et ne couvrant que les zones urbaines ou destinées à l'être à brève échéance.

I.2 Méthodologie

La méthode est basée selon les évolutions récentes qui tendent à harmoniser les pratiques à l'échelle régionale et même nationale. Elle s'inspire fortement de ce qui est mis en œuvre pour l'élaboration des Plans de Prévention des Risques naturels (PPRN ; cf. guides méthodologiques PPRN risque mouvement de terrain, avalanches, inondations, et nouveau guide PPRN général de décembre 2016), ainsi que les nouveaux documents en cours de validation DGPR (guide PPR crue torrentielle, actualisation du guide PPR, guide MEZAP, etc.).

Le présent rapport reprend les différentes étapes réalisées :

- 1) Travail d'exploitation des données disponibles : Ce travail est un préalable indispensable à toute étude de risques naturels à travers un état de l'art. Au travers notamment des chroniques sur les événements passés, Cela permet de disposer d'informations sur l'intensité des phénomènes, leur fréquence, l'étendue et l'atteinte de l'aléa.
- 2) Traitements préalables sur SIG : ils permettent d'orienter l'expert dans son zonage en montrant des susceptibilités aux phénomènes par exploitation des Modèles Numériques de Terrain (MNT).
- 3) Observations de terrain : décrites et illustrées dans ce rapport, elles apportent une expertise complémentaire par approche dite « géomorphologique ». Le travail de terrain consiste à repérer des indices, voire des traces de phénomènes, dans le but d'identifier des terrains disposant de prédispositions à la survenance des aléas étudiés. Ce travail permet d'argumenter sur le choix des scénarios de références. Il a été réalisé par Pierre DUPIRE (géologue), Stéphane ROUDNITSKA (nivologue), David ETCHEVERRY (hydraulicien) et Jérôme LIEVOIS (géologue, responsable du pôle expertise) le 14 novembre 2018. Quelques visites ponctuelles ont été faites ultérieurement.
- 4) Application des grilles de qualification des aléas par type de phénomène : ces grilles sont détaillées dans le présent rapport.

En fin de rapport il est abordé les prescriptions associées à chaque phénomène en continuité avec celles du PIZ existant.

I.3 Périmètre d'étude

L'ensemble du territoire communal est traité dans ce dossier. Toutefois, le Plan de Prévention des Risque d'Inondation (PPRI) de la plaine de l'Isère étant déjà effectif, nous avons choisi de ne pas expertiser ces surfaces afin d'éviter toute ambiguïté sur la réalité des aléas.

La ligne de chemin de fer permet de visualiser cette limite d'étude sur le terrain.

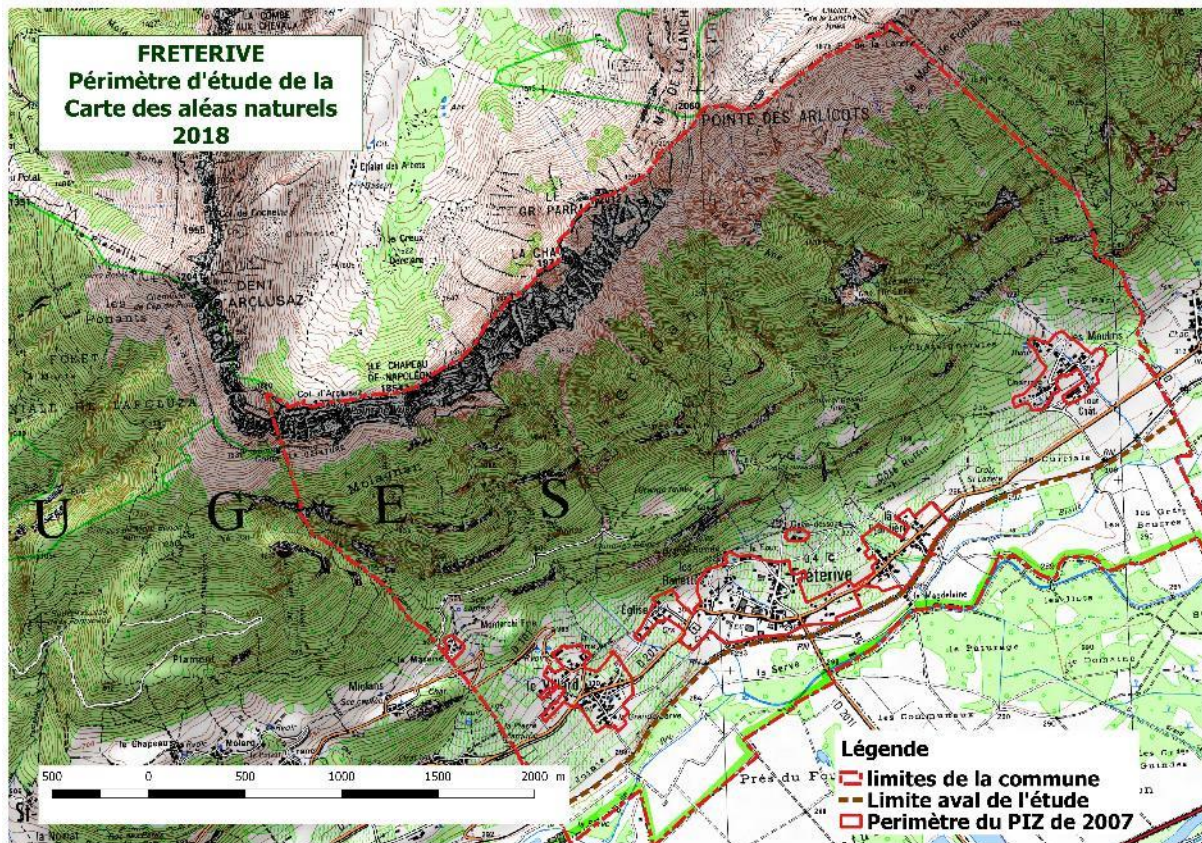


Figure 1 : localisation et délimitation du périmètre d'étude

2. Contexte physique de la zone d'étude

La commune de Fréterive est adossée au rebord sud-est du massif des Bauges, dans la partie de la vallée de l'Isère communément appelée « Combe de Savoie ».

2.1 Contexte topographique et morphologique

Le territoire s'étage entre la cote 287, dans les marais qui entourent la Bialle, et la cote 2060, à la Pointe des Arlicots. Les escarpements rocheux du sommet de versant sont sub-verticaux, les pentes boisées sont souvent proches des 40°, avec une zone de replat vers les cotes 600-650. Ces pentes s'adoucissent progressivement dans la zone aménagée et cultivée pour devenir quasi horizontales dans la zone des marais.

Cette variation des pentes est à l'origine d'un étalement des emprises dans le domaine des avalanches et des divagations torrentielles.

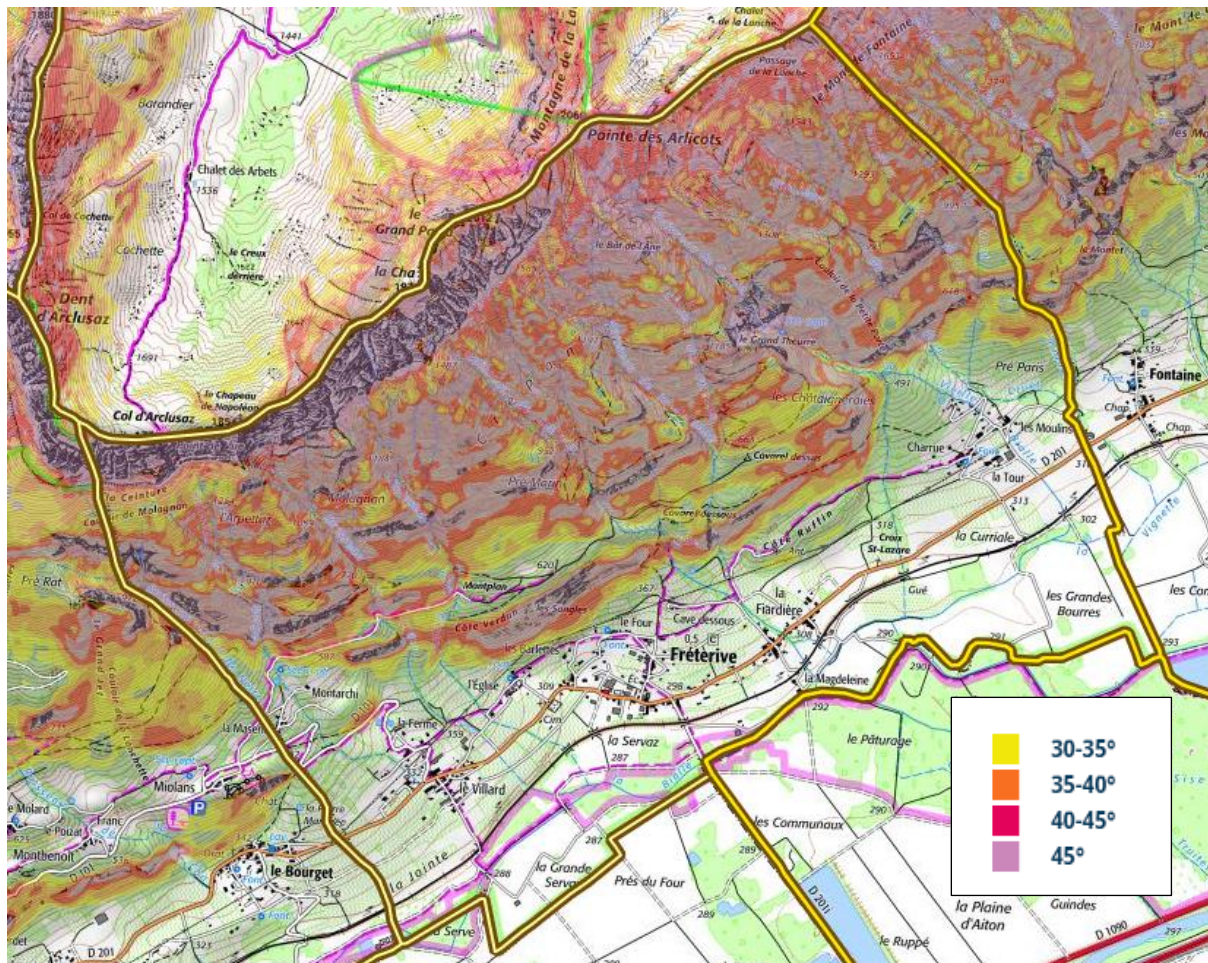


Figure 2 : carte des pentes

2.2 Contexte géologique

La commune de Fréterive est située sur le rebord sud-est du massif sédimentaire sub-alpin des Bauges, bien représenté par le Col d'Arclusaz. Ce contexte permet de visualiser les différents horizons.

Au sommet du versant nous avons la barre sub-v verticale de calcaires compacts d'âge crétacé et de faciès récifal dit « Urgonien ». Elle est épaisse d'au moins 400 mètres et souligne le synclinal perché de l'Arclusaz.

Sous cet horizon nous avons une couche de marnes et marno-calcaires puissante de 800 mètres pour une pente moyenne de 40°. Les passées marno-calcaires donnent des escarpements plus raides, source de nombreuses chutes de blocs. Ces horizons sont datés de l'Hauterivien sur la majeure partie du versant mais le soubassement est daté du Berriasien et du Valanginien (calcaires roux), ici épais d'une centaine de mètres.

Le replat de Montplan est composé d'éboulis et colluvions retenus par une couche de calcaire dure datée du Tithonique. Cet horizon est fracturé au moins en surface. Il est à l'origine de la plupart des blocs qui atteignent les pentes cultivées et urbanisées de la commune. Il repose lui-même sur les « terres noires », qui sont des marnes friables et sensible au ravinement, datées du Jurassique supérieur.

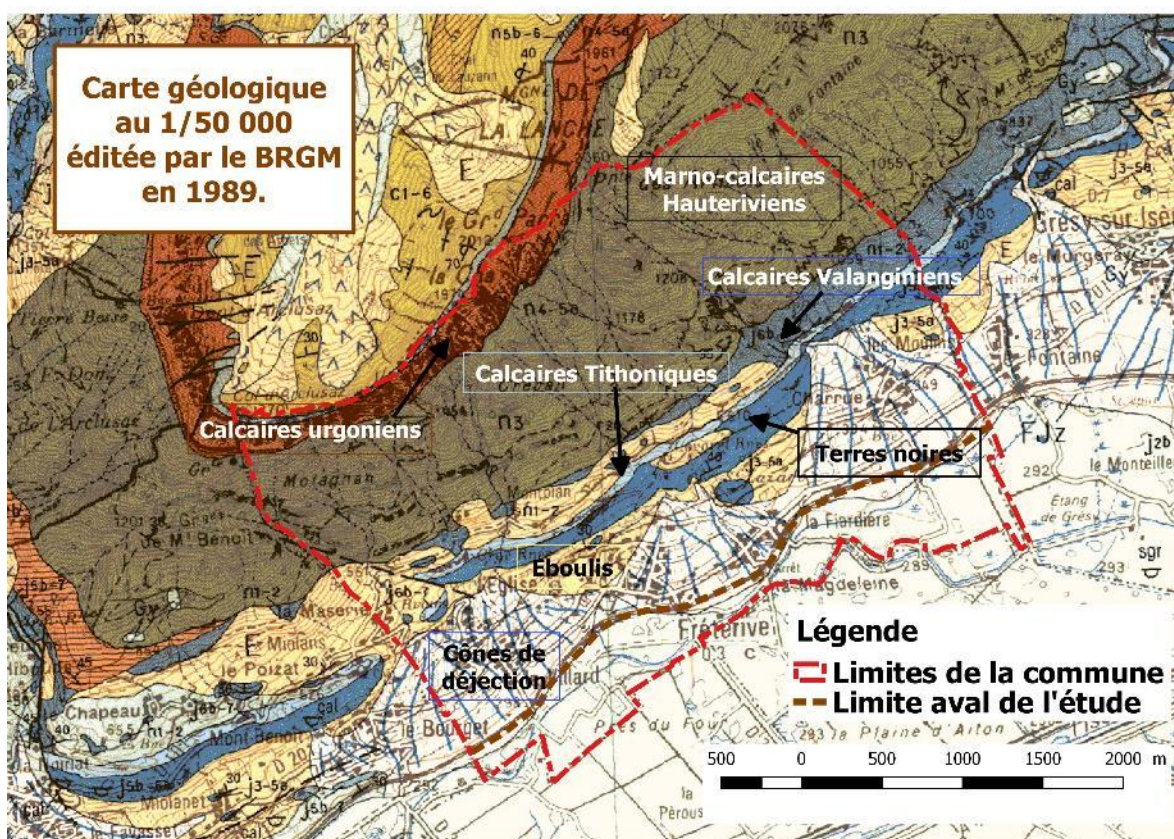


Figure 3 : carte géologique du BRGM et localisation du périmètre d'étude.

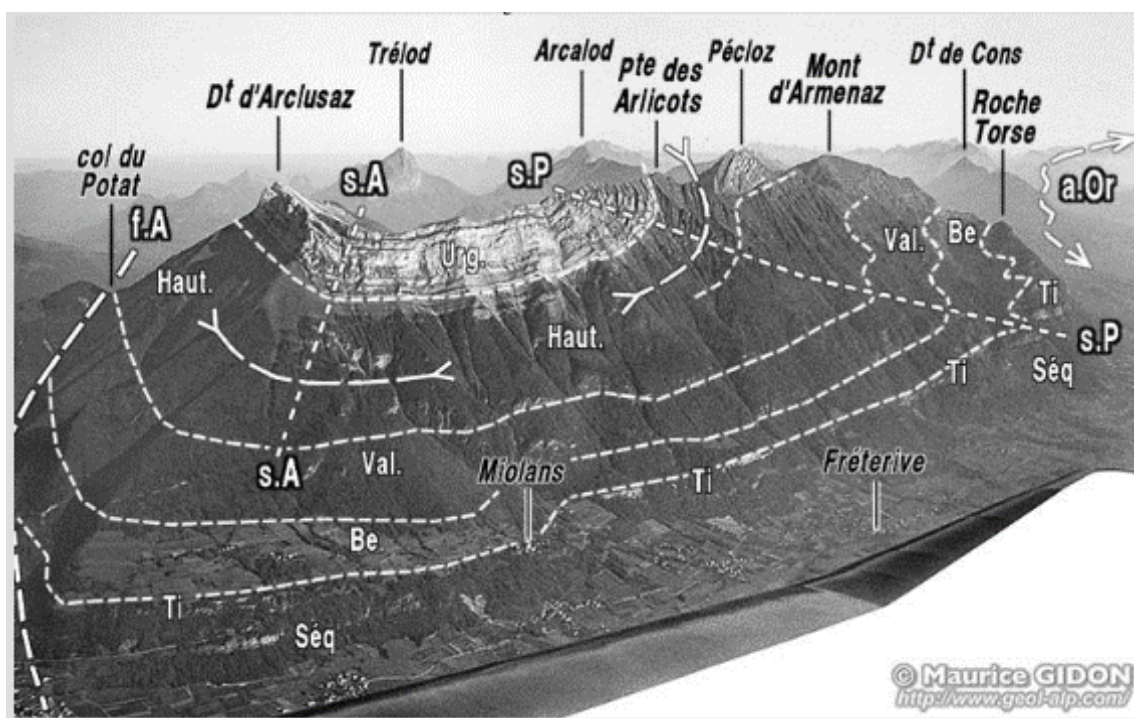


Figure 4: Photo oblique légendée décrivant la géologie ([http://www.geol-alp.com/bauges/ lieux/r_torse.html](http://www.geol-alp.com/bauges/lieux/r_torse.html))

2.3 Contexte hydrographique, hydrologique et hydrogéologique

L'entité hydrographique de la Combe de Savoie est l'Isère. Sur la commune de Fréterive, le drain naturel des marais situés en rive droite de celle-ci est la Bialle. Celle-ci s'écoule le long de la limite communale en fond de vallée.

Par ailleurs sept torrents principaux drainent le versant dans une orientation générale perpendiculaire à l'axe de la Combe de Savoie. Ces derniers présentent des débits irréguliers avec d'assez longues périodes sans débit, particulièrement dans les sections situées en aval, du fait de la perméabilité de la jupe d'éboulis calcaire.

3. Données consultées et prise en compte des ouvrages existants.

3.1 Données générales consultées.

Chaque chapitre dédié à un aléa décrit les documents préalablement consultés. Parmi ceux-là, les cinq archives citées ci-dessous ont été parcourues par tous.

- BRGM, 1999, Carte géologique au 1/50000 et sa notice, feuille N°726 Albertville ;
- ADRGT, février 1988, Etude de risque des chutes de blocs et de protection du chef-lieu.
- BRGM, février 1994, risque d'éboulement sur deux sites ; JC Barfety.
- SAGE, avril 2008, Creuse de Cayan, compte-rendu de visite.
- RTM, juillet 2008, protection contre les risques liés au torrent du Cayan.
- IMS-RN, juillet 2004, PIZ.

3.2 Place des ouvrages de protection

A priori, les ouvrages de prévention (défense active) ou de protection (défense passive) ne sont pas pris en compte pour la qualification de l'aléa.

Toutefois, cette qualification de l'aléa se pratiquant à partir de la topographie constatée, les ouvrages sous maîtrise d'ouvrage publique qui ont conduit à modifier cette topographie de manière pérenne seront donc de fait pris en compte. C'est le cas de remblais, merlons, canaux, etc. Les différentes cartes présentées aux chapitres suivants ont respecté ce principe.

4. Aléas avalanches

4.1 Données consultées, spécifiques aux avalanches

- Enquête Permanente sur les Avalanches (EPA) – commune de Fréterive – sites n°1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 et 200 : carte de localisation, scan des vieux carnets et listing des événements (depuis le début du XXème siècle) consultables sur www.avalanches.fr
- Archives du service RTM concernant les avalanches (rapports et fiches événements, photos d'avalanches, dossiers travaux, éléments justificatifs du PIZ de 2007...)
- Photos d'avalanches et tableau des témoignages recueillis auprès des élus de la commune le 25/10/2018
- Témoignages de riverains.

4.2 Observations de terrain

Deux visites de terrain dédiées aux avalanches ont été réalisées en novembre 2018, sur l'ensemble des 9 couloirs identifiés, depuis le pied de versant mais aussi au col d'Arclusaz.

Ces visites ont été complétées par de l'observation stéréoscopique de couples de photos aériennes de 1982 (archivées au RTM), par une analyse diachronique d'anciennes photos aériennes depuis 1948 (téléchargées depuis www.geoportail.gouv.fr) et par une analyse des photos de versant en conditions hivernales.

4.3 Grille de qualification des aléas

Les indices d'aléas pour les avalanches centennales ont été qualifiés suivant ces critères :

Aléa	Indice	Critères
Fort	A3	• Zone d'écoulement des avalanches coulantes et mixtes • Zone d'arrêt des avalanches coulantes, avec des dépôts denses et épais de plusieurs mètres • Zone où des bâtiments, même renforcés, ont subi des dommages structurels lourds • Zone de transit de puissants aérosols, avec destruction de boisements entiers • Zone de reptation de neige • Zone soumise à des pressions d'impact > 30 kPa, en cas de simulations numériques
Moyen	A2	• Fin de zone d'arrêt des avalanches coulantes/mixtes de neige sèche, avec des dépôts peu denses et peu épais (< 2 m) • Zone d'écoulement et d'arrêt de coulées de neige diffuses et non canalisées • Zone où des bâtiments renforcés n'ont subi que des dommages mineurs • Zone de transit des aérosols avec dégâts localisés dans le boisement... • Zone soumise à des pressions d'impact comprises entre 30 et 3 kPa, en cas de simulations numériques
Faible	A1	• Zone de dispersion des aérosols, avec des dégâts isolés et limités (branches cassées...), purge de petits talus < 20 m • Zone où des bâtiments, même non renforcés, n'ont subi que des dommages mineurs (vitres cassés, tuiles ou lauzes déplacées, plâtrage...) • Zone soumise à des pressions d'impact < 3 kPa, en cas de simulations numériques

Figure 5: Table de qualification de l'aléa d'avalanches.

4.4 Caractéristiques générales des avalanches sur la commune

La commune de Fréterive est située en Combe de Savoie et ses zones urbanisées ne dépassent pas 400 à 500 m d'altitude. On pourrait donc croire que ce territoire n'est pas soumis aux aléas d'avalanche. C'est pourtant l'une des communes de Savoie qui concentre le plus de couloirs d'avalanche par km², avec 9 couloirs répertoriés pour seulement 7,5 km² de versant.

Ces couloirs se caractérisent par :

- des dénivelées parmi les plus fortes du département (1600 à 1700 m depuis les crêtes du rebord sud des Bauges jusqu'aux zones de dépôt)
- des pentes moyennes très élevées (38 à 42° entre les zones de départ et le pied de versant)
- des zones d'atteinte parmi les plus basses des Alpes françaises (350 m d'altitude)
- une configuration géomorphologique assez similaire d'un couloir à l'autre, mais avec une gradation « est – ouest » entre des zones de départ étendues (entonnoirs herbeux jusqu'en crête) et des zones de départ limitées à des vires sous l'épaisse barre urgonienne du col d'Arclusaz (1770 m).

Ces caractéristiques expliquent que les avalanches y soient très fréquentes (pluri-annuelles), qu'elles fonctionnent souvent aux mêmes dates, et que les avalanches du secteur est (Les Moulins) soient plus puissantes que celles du secteur ouest (Le Villard).

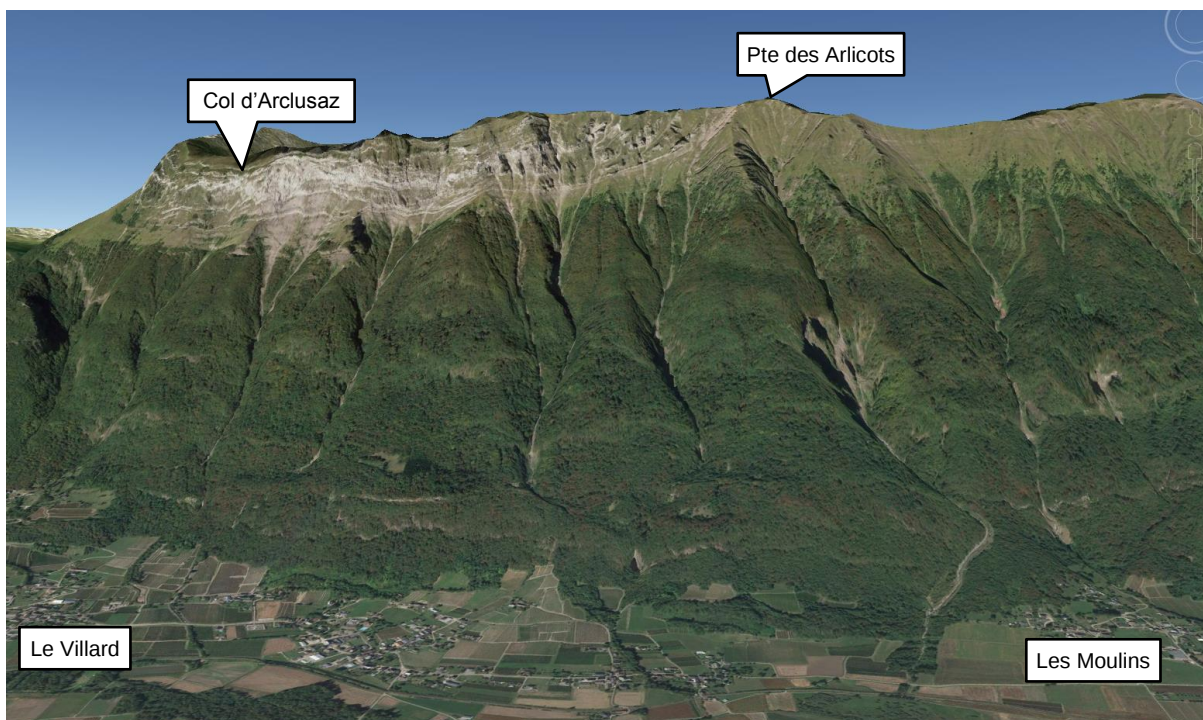


Figure 6: Vue générale du versant avalancheux de Fréterive (bordure sud des Bauges)
Sce : Google Earth® 2018

4.5 Couloirs de Varand et du Plan Cruet – hameau des Moulins

4.5.1 Caractéristiques des couloirs

Le couloir de Varand est suivi dans le cadre de l'Enquête Permanente sur les Avalanches (EPA) sous le n°8. Sa zone de départ est relativement étroite à l'échelle du versant, elle correspond à une combe herbeuse raide, orientée au sud, démarrant depuis la crête de la Lanche (1980 m). Les écoulements se resserrent dans un couloir rectiligne vers 1500 m, basculent en cascade par-dessus une épaisse barre rocheuse et sont à nouveau canalisés par un lit torrentiel qui forme un coude au sommet du cône de déjection, renvoyant les avalanches en direction du hameau des Moulins (400 m).

Le couloir de Plan Cruet est suivi à l'EPA sous le n°1. C'est de loin le plus imposant couloir d'avalanche de la commune. Son bassin d'alimentation est vaste (52 ha), souvent 3 à 4 fois plus étendu que celui des couloirs voisins. Il correspond globalement à un grand entonnoir herbeux et raide d'orientation sud à sud-est, démarrant depuis la crête des Lanches (1900 m). Les écoulements convergent dans un couloir relativement rectiligne et encaissé puis sautent deux barres rocheuses (cascades), l'une vers 850 m d'altitude et l'autre vers 600 m. Les dépôts se forment classiquement au pied de la barre rocheuse inférieure, sous forme d'un épais cône de neige, et peuvent se propager jusqu'à proximité des maisons du hameau des Moulins (400 m). Un habitant nous a signalé que les maisons les plus proches du couloir vibrent littéralement lorsque la neige s'écoule en cascade en pied de versant...

Dans les deux cas, les avalanches sont essentiellement constituées de neige humide (multiples plaques de fond glissant sur l'herbe ou les dalles rocheuses par redoux après chaque chute de neige significative) mais sont parfois (de plus en plus rarement) constituées de neige sèche (ruptures de plaques à vent lors de gros cumuls de neige froide et ventée, généralement par flux de NW à W). Vue l'importante superficie des zones de départ de Plan Cruet, le confinement du couloir et les sauts de barres rocheuses, ces avalanches poudreuses peuvent générer un puissant aérosol, couvrant des emprises plus larges qu'en coulante humide (par effet d'inertie).

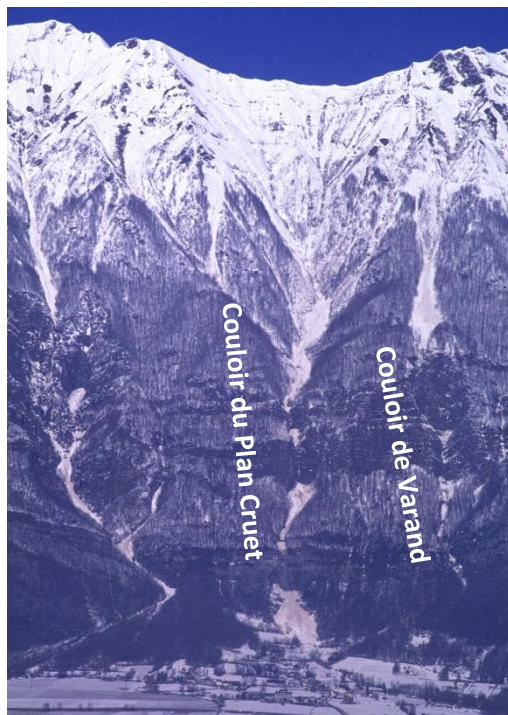


Figure 7: Vue générale des couloirs de Varand et Plan Cruet prise le 26 février 1999.

4.5.2 Historique des avalanches marquantes

Couloir de Varand :

- L'EPA signale des dépôts d'avalanche jusqu'à la confluence avec le ruisseau de Plan Cruet (cote 400 à 420 m) en **1986, 1988, 1999** et **2003**.
- L'analyse de la photo aérienne de 1971 montre par ailleurs qu'une avalanche récente (probablement **février 1970**) a rejoint le lit du ruisseau de Plan Cruet à la cote 390 m (cf. fig. 9). Cet événement, comme toutes les avalanches majeures qui se sont produites en 1970 sur la commune, ne figure pas à l'EPA.

Couloir de Plan Cruet :

- L'EPA signale un certain nombre de dépôts d'avalanches au-delà du cône de neige annuellement observé en pied de cascade (430 m) : **1986** (390 m), **1988** (400 m), **1989** (420 m), **1990** (420 m), **1995** (420 m), **1999** (420 m), **2003** (420 m), **2008** (410 m) (cf. fig. 10).
- Une archive RTM avec cartographie sommaire signale une avalanche poudreuse jusqu'à 375 m le **15/01/1981**.
- Des photos d'archives RTM illustrent les dépôts d'avalanches de **1969**, 1986, 1988, 1999, 2012 (cf. fig. 8).
- L'analyse de la photo aérienne de 1971 montre par ailleurs qu'une grosse avalanche aérosol récente a débordé inhabituellement en rive droite du couloir, couchant les feuillus dans les prés en amont immédiat des Moulins (cf. fig. 9). Cet événement date probablement de **début février 1970**, période d'avalanches poudreuses majeures dans les Alpes du nord, dont celle de l'UCPA à Val d'Isère qui a fait 39 morts. Il corrobore les témoignages de plusieurs riverains. Ces derniers se souviennent que vers 1968 – 1970, les avalanches de Varand et Plan Cruet s'étaient rejointes et qu'une langue de neige avait coupé la route communale d'accès aux Moulins (cote 370 m), empêchant les habitants d'aller travailler. Les façades amont des habitations situées dans l'axe du couloir avaient aussi été impactées (certainement par le souffle), à la cote 350 m. Le PZEA de 1980 affiche d'ailleurs une zone de souffle d'avalanche sur l'ensemble du hameau. Suite à cela (en février 1970), certaines maisons du hameau des Moulins ont été évacuées par crainte d'un débordement d'avalanche, cette fois depuis le couloir de Cayan.

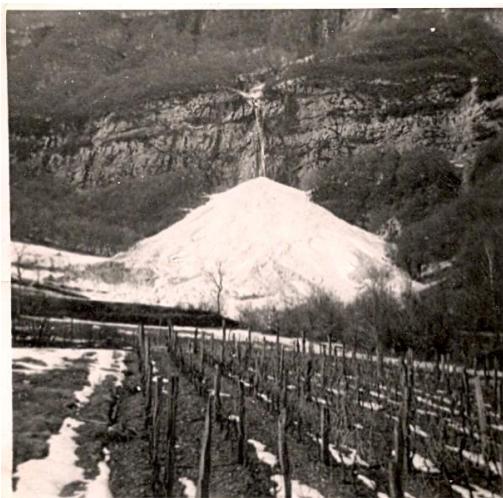


Figure 8: cônes d'avalanches au pied de la cascade inférieure de Plan Cruet, pris le 01/03/1969 (à gauche) et en avril 1986 (à droite).

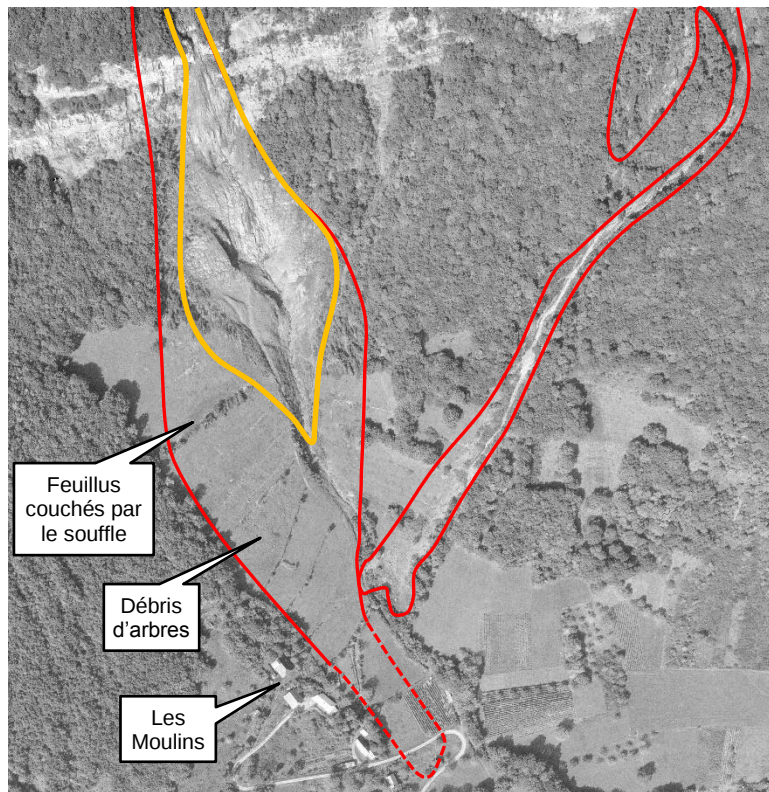


Figure 9: emprises visibles (en rouge) des avalanches poudreuses survenues probablement en février 1970 dans les couloirs de Varand et Plan Cruet, d'après les traces laissées dans la végétation sur la photo aérienne de 1971. L'emprise du cône de neige régulièrement observé en pied de cascade est figurée en orange.

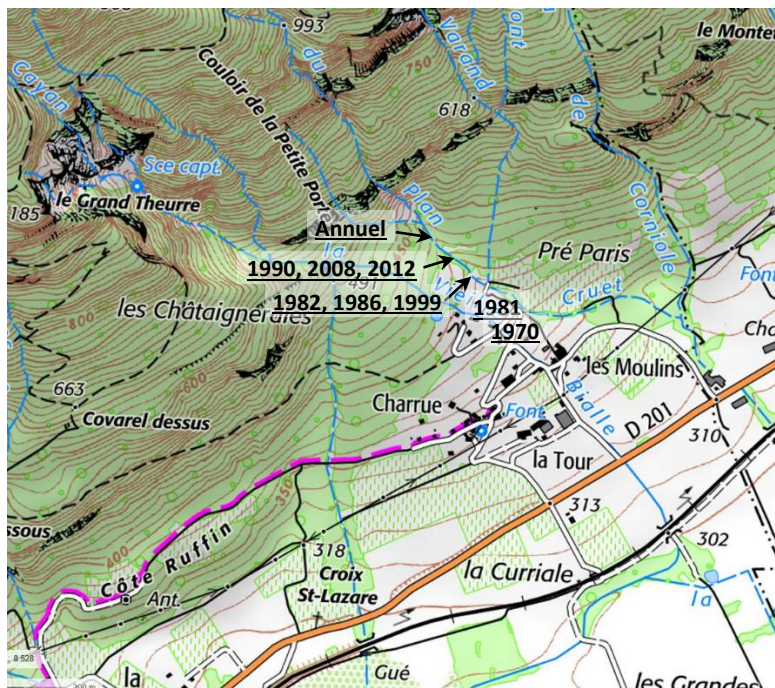


Figure 10: report approximatif des limites aval des dépôts des principales avalanches de Plan Cruet observées (année de l'événement) depuis les années 50.

4.5.3 Protections existantes

Néant.

4.5.4 Scénario(s) de référence centennal

Déclenchement, probablement simultané, des avalanches de Varand et de Plan Cruet sous forme de vastes plaques à vent, en neige sèche. Les avalanches évoluent en aérosol, puissant dans le couloir de Plan Cruet. Comme en février 1970 (conditions nivologiques devenues environ centennales avec le changement climatique en cours), l'aérosol de référence déborde du couloir, particulièrement en rive droite, génère des pressions encore modérées jusqu'en bordure des premières maisons des Moulins (A2 – environ 3 à 5 kPa max.) puis un effet de souffle de faible intensité sur les bâtisses de la partie supérieure du hameau (A1 – environ 1 à 3 kPa max.). *Remarque : le PZEA de 1980 affichait une pression de référence de 10 kPa sur l'ensemble du hameau mais cette valeur nous semble surévaluée, au vu de notre analyse et de l'absence de trace laissée à ce niveau dans la végétation en 1970).*

Avec quelques minutes de retard, la phase coulante des avalanches atteint le pied de versant. Les langues de neige des deux couloirs se rejoignent vers 400 m et celle de Plan Cruet se propage jusqu'au lacet de la route d'accès aux Moulins, qu'elle traverse (cote 370 m) avec une intensité forte (A3), du fait de son épaisseur et de sa densité (possibilité d'arbres transportés).

En cas de multiples avalanches de neige humide (cas le plus courant), les dépôts viennent s'accumuler sous forme de cône sous la cascade inférieure et ne semblent pas en mesure de dépasser la cote 400 m. Les habitations ne sont alors pas menacées, ni par la phase coulante, ni par un effet de souffle.

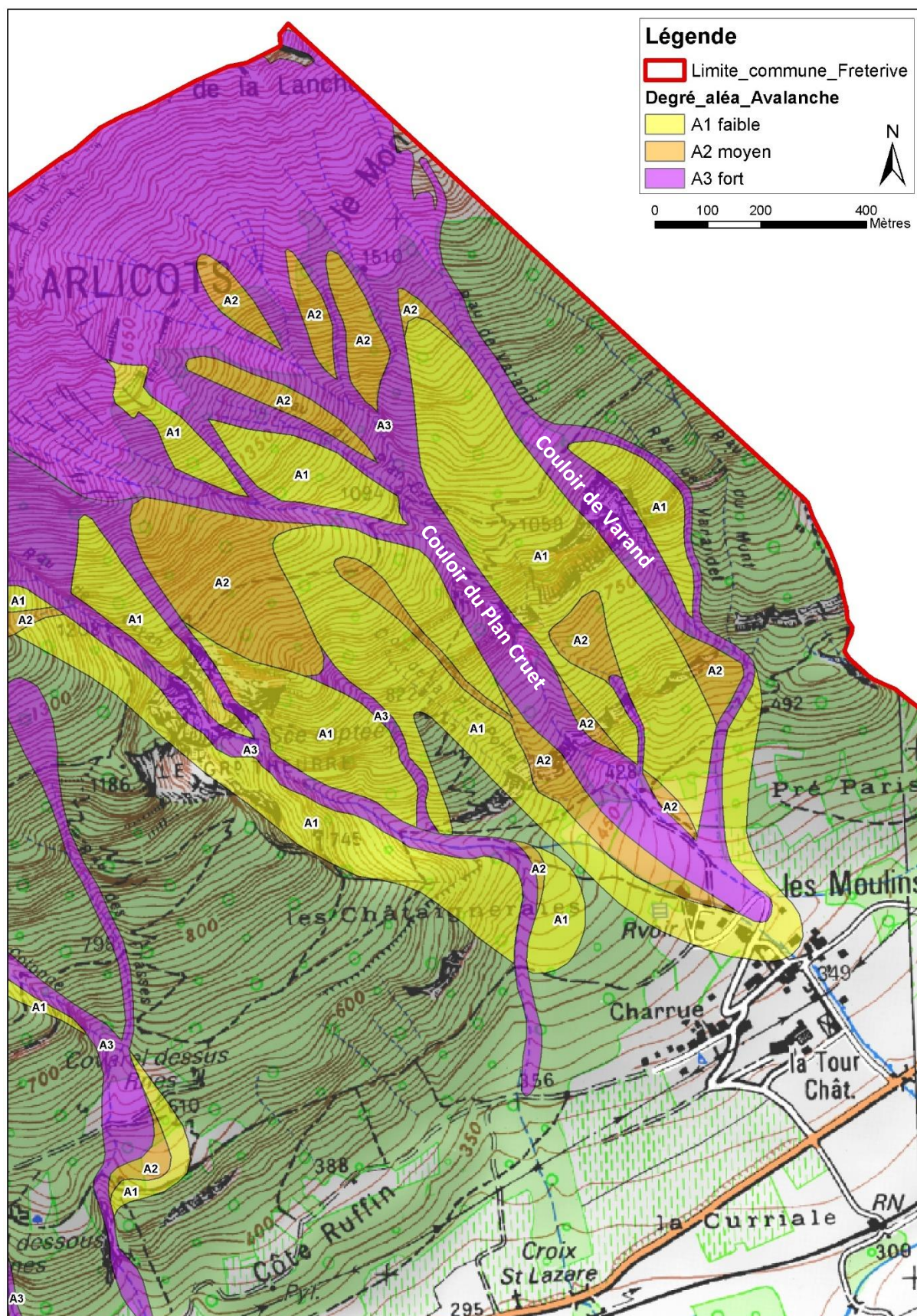


Figure 11: Carte des aléas d'avalanches dans le secteur des Moulins.

4.6 Couloir de Cayan – hameau des Moulins

4.6.1 Caractéristiques du couloir

Le couloir de Cayan est suivi à l'EPA sous le n°2. Sa zone de départ correspond à une grande pente herbeuse assez uniforme et raide d'orientation sud à sud-est, démarrant depuis la Pointe des Arlicots (2060 m). Les écoulements convergent dans un couloir rectiligne et encaissé puis sautent un système de barres rocheuses entre 1150 et 800 m. Les dépôts se forment classiquement au pied de ces barres rocheuses et jusqu'à l'apex du cône de déjection du torrent (entre 800 et 600 m) mais peuvent se propager bien plus bas en suivant le lit canalisé du ruisseau qui tourne vers le sud, en évitant Les Moulins.

Les avalanches sont essentiellement constituées de neige humide (multiples plaques de fond glissant sur l'herbe par redoux après chaque chute de neige significative) mais sont parfois (de plus en plus rarement) constituées de neige sèche (ruptures de plaques à vent lors de gros cumuls de neige froide et ventée, généralement par flux de NW à W). Vue l'importante superficie de la zone de départ, le confinement et la rectitude du couloir ainsi que le saut de barres rocheuses, ces avalanches poudreuses peuvent générer un aérosol couvrant des emprises plus larges qu'en coulante humide (par effet d'inertie).



Figure 12 : Vue générale du couloir de Cayan en mars 2009 (à gauche) et détail du coude du ruisseau sur son cône de déjection, après les travaux de renforcement de berge de 2009 (à droite).

4.6.2 Historique des avalanches marquantes

- L'EPA signale un certain nombre de dépôts d'avalanches au-delà du coude du torrent (500 m) : **1952** (450 m), **1986** (390 m), **1988** (400 m), **1989** (420 m), **1990** (450 m), **1995** (400 m), **1999** (390 m), **2003** (400 m), **2013** (450 m), **2015** (375 m) (cf. fig. 14).
- Une fiche événement RTM précise que l'avalanche du **31/01/2015** a suivi le lit du torrent sans déborder la protection de berge établie en rive gauche en 2009 (cf. protections existantes ci-dessous). C'est à ce jour l'avalanche observée le plus bas, avec une cote d'arrêt de 375 m (cf. fig. 13).

A noter que les habitants des Moulins ne se souviennent pas d'un débordement de l'avalanche qui aurait pu menacer le hameau. Même en février 1970, lorsque tous les couloirs de Fréterive

ont donné de grosses avalanches poudreuses et que les habitants des Moulins ont été évacués préventivement par crainte de l'avalanche de Cayan, aucun débordement ne s'est produit à ce niveau.

Les anciennes photos aériennes (depuis 1948) ne montrent par ailleurs aucune trace de débordement d'avalanche sur le cône de déjection boisé. Aucun débordement ni dégât n'a été signalé non plus dans l'EPA depuis le début du XX^{ème} siècle.



Photo 1 – Fin de l'écoulement cote 375



Photo 2 – Coude depuis l'aval

Figure 13: traces d'écoulement et de dépôt de l'avalanche du 31/01/2015, qui a suivi sans déborder le lit nouvellement recanalisé du ruisseau.

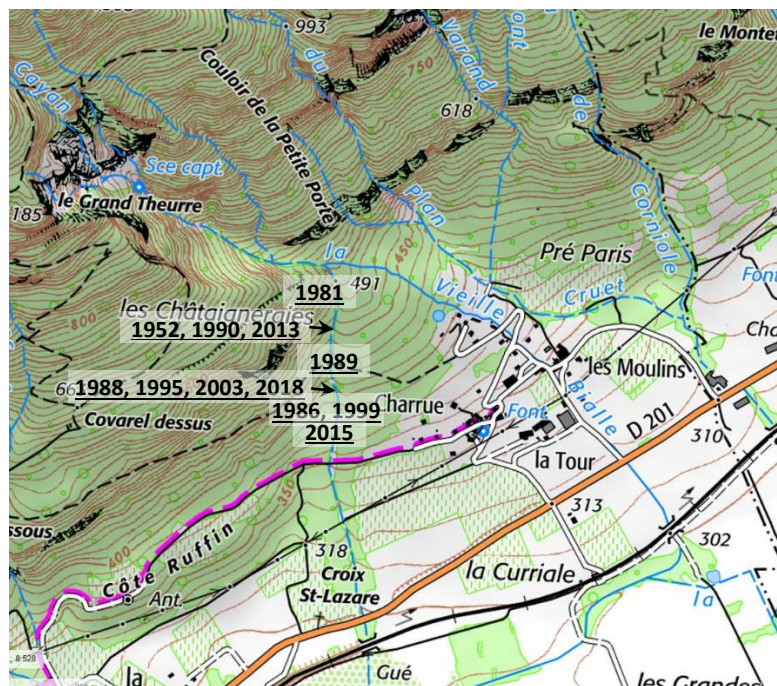


Figure 14: report approximatif des limites aval des dépôts d'avalanches observées dans le ruisseau de Cayan (année de l'événement) depuis les années 50.

4.6.3 Protections existantes

En 2009, la rive gauche du torrent de Cayan a été renforcée et rehaussée (les profils en travers du plan de recollement indiquent une hauteur de berge de 10 m), depuis le coude à l'apex du cône de déjection (cote 520 m) jusqu'à proximité du chemin de Charrue (370 m - cf. fig. 15).

Ces travaux ont été réalisés par la commune sous maîtrise d'œuvre RTM, suite aux éboulements de 2008 dans le lit du torrent (environ 30 000 m³ de matériaux jugés potentiellement remobilisables à l'époque), pour éviter un débordement de lave torrentielle

vers le hameau des Moulins, depuis le coude à la cote 500 m. L'ouvrage a été dimensionné pour prendre en compte également les avalanches.

Avec une hauteur d'une dizaine de mètres, la modification topographique de la berge en rive gauche permet de dévier toutes les phases coulantes des avalanches vers le sud, mais cette canalisation les guide plus bas dans l'axe du torrent.

Ces travaux de protection sont de maîtrise d'œuvre public. Ils sont pérennes à l'échelle temporelle de l'aléa de référence.

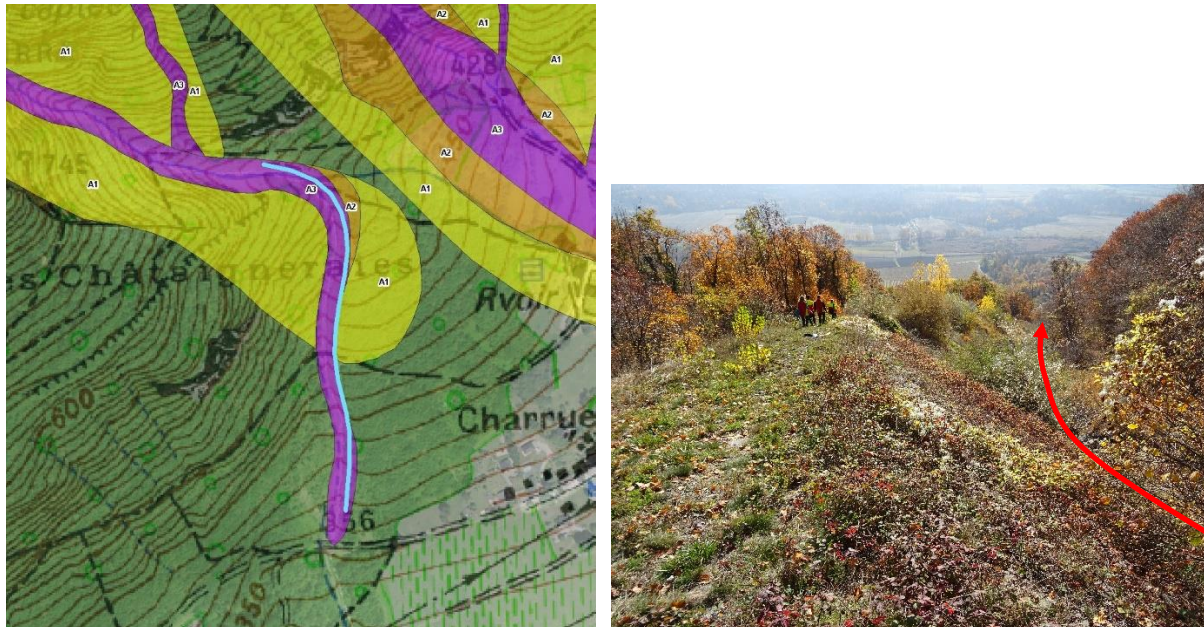


Figure 15: localisation et illustration du renforcement/rehaussement de berge réalisé en 2009 en rive gauche du ruisseau de Cayan, pour protéger le hameau des Moulins d'un débordement du torrent suite aux éboulements de 2008.

4.6.4 Scénario(s) de référence centennal

L'ensemble de la zone de départ se purge par rupture de vastes plaques à vent. L'avalanche évolue en aérosol dans le couloir confiné et raide, avec un effet de souffle sensible jusqu'en partie haute du cône de déjection (A1), sans atteindre le hameau des Moulins (dissipation dans le boisement de feuillus).

Avec quelques minutes de retard, la phase coulante atteint le pied de versant, guidée par le lit du torrent. Très volumineux, l'écoulement parvient au niveau du coude (500 m), atteint un peu et sans vitesse l'extrados sur le sommet de l'ouvrage (A2) mais reste canalisée dans le lit corrigé du torrent (A3). La berge remblayée en 2009 sur la rive gauche empêche toute divagation et favorise la propagation de l'avalanche plus bas qu'avant vers le sud (type 2015), avec un dépôt dense (A3) qui pourrait atteindre le chemin de Charrue à la cote 350 m (zone sans enjeu).

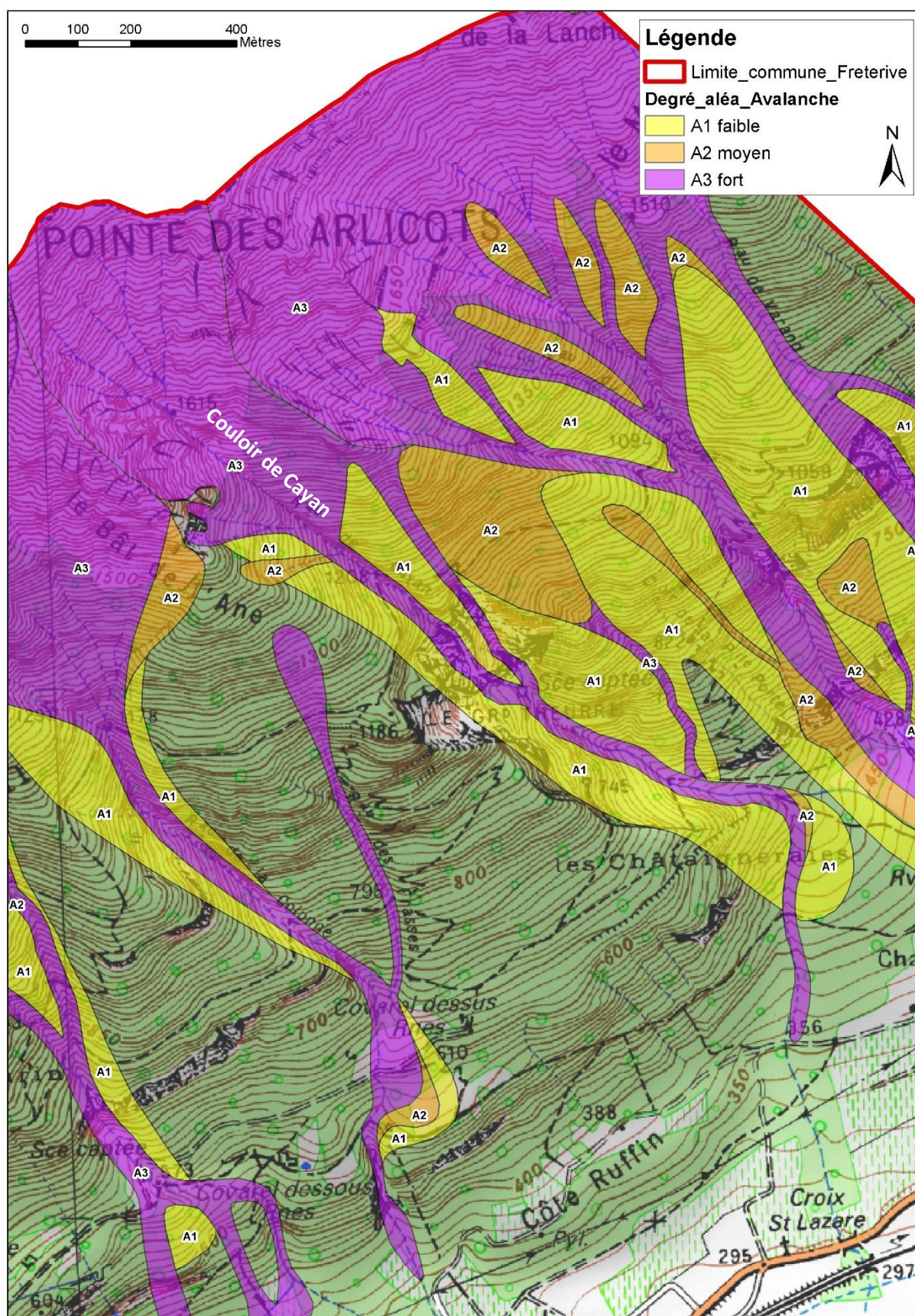


Figure 16: Carte des aléas d'avalanches dans le secteur de la Côte Ruffin

4.7 Couloirs de la Colonne et de Raffoux – Cave dessous

4.7.1 Caractéristiques des couloirs

Le couloir de la Colonne est suivi dans le cadre de l'Enquête Permanente sur les Avalanches (EPA) sous le n°7. Sa zone de départ principale correspond à des pentes herbeuses raides orientées au sud, entre 1500 et 1800 m d'altitude. Ces pentes peuvent aussi être mobilisées par des coulées provenant des vires herbeuses supérieures, sous la crête reliant la Pointe des Arlicots (2060 m) au Gd Parra (2012 m).

Les écoulements convergent dans un couloir encaissé aux berges boisées. Entre 700 et 550 m d'altitude, ce couloir s'ouvre sur une zone moins raide et moins confinée (ruines de Covarel dessus), qui favorise l'étalement et l'arrêt des avalanches. Certains écoulement volumineux parviennent toutefois à basculer dans une section à nouveau raide du ruisseau, qui les guide jusqu'en pied de versant, à la limite des vignes (380 m).

Le couloir de Raffoux est suivi à l'EPA sous le n°3. Ses zones de départ correspondent à deux entonnoirs raides et herbeux, orientés globalement au sud-est, entre 1400 et 1600 m. Elles peuvent aussi être mobilisées par des coulées provenant des quelques vires herbeuses supérieures, sous Le Gd Parra (2012 m) et La Cha (1974 m).

Les écoulements empruntent deux couloirs parallèles puis convergent dans un couloir encaissé aux berges boisées. Après avoir sauté une barre rocheuse vers 700 m, les avalanches ont tendance à se déposer dans une combe qui forme un coude vers l'est (570 m). Des débordements peuvent se produire à ce niveau en rive droite et occasionner des langues de neige jusque dans les vignes de Cave dessous (350 m).

Dans les deux cas, les avalanches sont essentiellement constituées de neige humide (multiples plaques de fond glissant sur l'herbe ou les dalles rocheuses par redoux après chaque chute de neige significative) mais sont parfois (de plus en plus rarement) constituées de neige sèche (ruptures de plaques à vent lors de gros cumuls de neige froide et ventée, généralement par flux de NW à W). Vue la configuration des couloirs, ces avalanches poudreuses peuvent générer des aérosols couvrant des emprises plus larges qu'en coulante humide (par effet d'inertie).

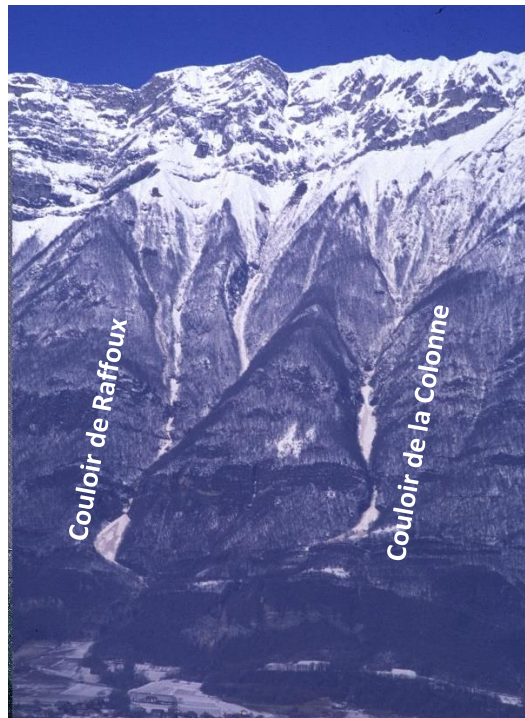


Figure 17: Vue générale des couloirs de la Colonne et de Raffoux, prise le 26/02/1999. Noter les dépôts d'avalanche vers 600 m.

4.7.2 Historique des avalanches marquantes

Couloir de la Colonne :

- L'EPA signale des dépôts d'avalanche sous le replat des ruines de Covarel dessus (550 m) en **1959** (450 m), **1986** (370 m), **1988** (400 m), **1989** (400 m), **1995** (480 m), **1999** (380 m) et **2003** (400 m). Ces cotes d'arrêt correspondent au pied de versant, depuis le pied de la cascade temporaire jusqu'aux 1ères vignes (cf. fig. 21).

Couloir de Raffoux :

- L'EPA signale quelques dépôts d'avalanche en pied de cascade, sous la zone de dépôt classique (coude à la cote 550 m) : en **1981** (400 m), **1986** (450 m), **1988** (450 m), **1994** (480 m), **1995** (470 m), et **1999** (480 m) (cf. fig. 21).
- Le témoignage de Jean Miguet et les photos transmises par Guy Buevoz décrivent une avalanche à la trajectoire atypique le 13 avril **1970** : une première avalanche est venue combler le coude du couloir à 550 m (neige et bois) puis une seconde avalanche, de neige humide, a débordé en rive droite, basculant dans le versant boisé. Elle a formé une langue épaisse de plusieurs mètres qui s'est propagée dans les prés jusqu'aux vignes (cote 340 m), sans menacer les granges de Cave-dessous (cf. fig. 18 et 19).
- L'analyse de la photo aérienne de 1971 montre encore des traces de cette succession d'avalanches au printemps 1970, lors d'un gros redoux après un hiver très enneigé (cf. fig. 20).
- En **1870**, une avalanche aurait déjà débordé comme en 1970, avec une langue de neige qui aurait approché l'actuelle cave viticole – chemin du Four (cf. fig. 21).



Figure 18 : langue d'avalanche de 1970 à l'ouest des granges de Cave dessous, suite au débordement de l'avalanche en rive droite du couloir, vers 550 m. (Clichés transmis par G. Buevoz)



Figure 19 : langue d'avalanche de 1970 à l'ouest des granges de Cave dessous, vue vers l'aval, comparée à une vue 2018. (Cliché de gauche transmis par G. Buevoz)

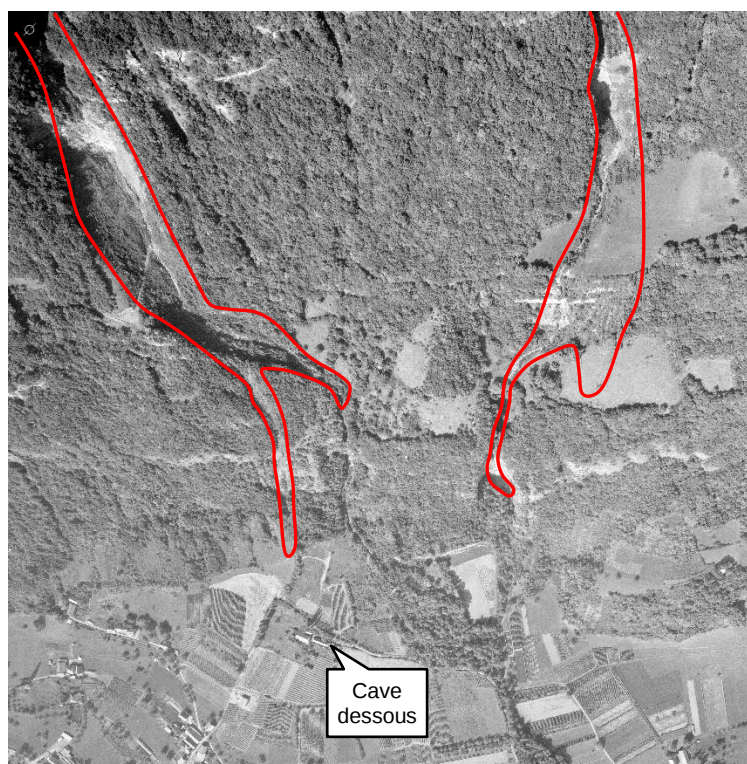


Figure 20 : emprises visibles des avalanches survenues en 1970 dans les couloirs de la Colonne et de Raffoux, vues les traces laissées dans la végétation sur photo aérienne de 1971.

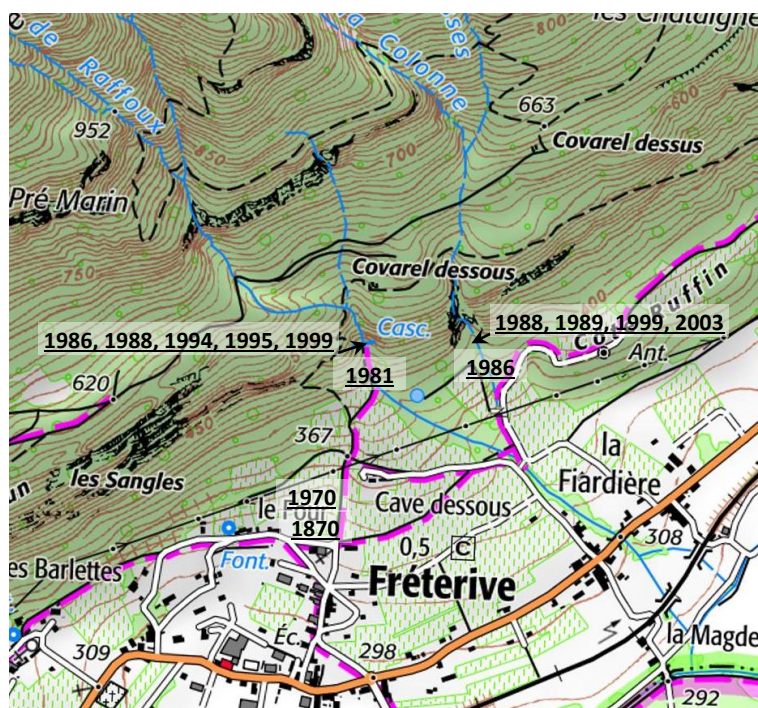


Figure 21 : report approximatif des limites aval des dépôts des principales avalanches observées (année de l'événement).

4.7.3 Protections existantes

Néant.

4.7.4 Scénario(s) de référence centennal

Couloir de la Colonne :

- Avalanche de neige sèche ou humide s'élargissant sur le replat des ruines de Covarel dessus (650 m), avec un effet de souffle dégressif sur ce plateau en cas d'aérosol (A2 puis A1), puis basculant via le lit encaissé du ruisseau jusqu'en pied de versant, en couchant les feuillus et en s'étalant sous forme de langue de neige dense (intensité forte – A3) jusqu'en bordure des vignes (350m).

Couloir de Raffoux :

- Avalanche de neige sèche ou humide atteignant le coude du ruisseau (550 m) préalablement rempli d'un épais dépôt d'avalanche, et débordant en rive droite suivant la trajectoire empruntée en 1970 et probablement en 1870. L'extension de cette langue de neige dense et épaisse, chargée de débris d'arbres (intensité forte - A3), est comparable à celle de 1870 (au-delà de celle de 1970). Le dépôt devrait s'arrêter dans les vignes, juste avant la cave viticole du Four, et ne pas concerner les deux granges de Cave dessous, qui sont protégées par le bombement du cône de déjection du ruisseau.
- Une seconde trajectoire de débordement est potentiellement envisageable en rive droite dès le chemin de Covarel (cote 600 m), cette rive n'offrant à ce niveau qu'une faible marge de sécurité en cas d'épais dépôt préalable ou en cas d'avalanche rapide à forte inertie. Une langue de neige pourrait alors basculer jusqu'en pied de versant, emportant le boisement de feuillus avec elle (A3).

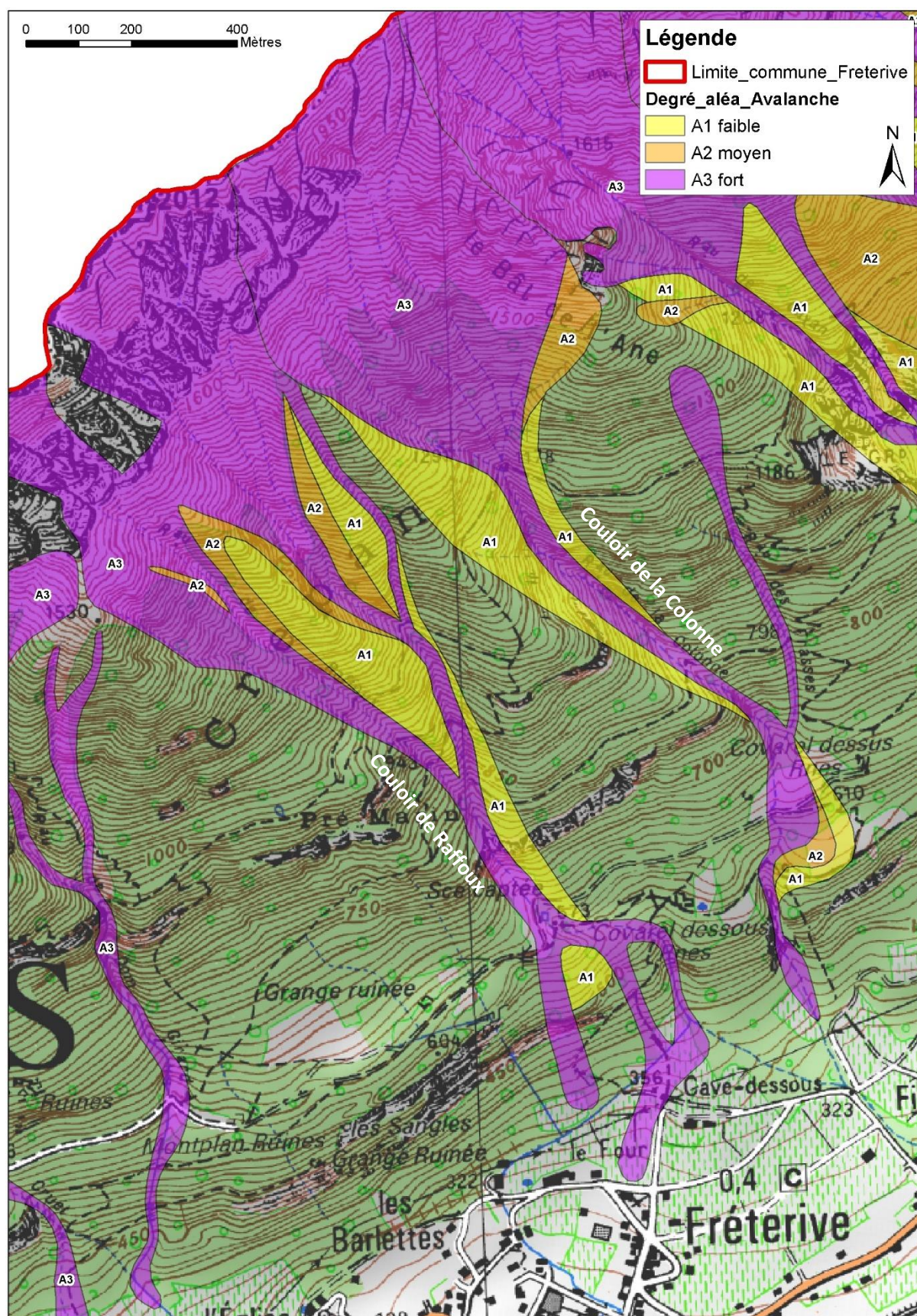


Figure 22: Carte des aléas d'avalanches au-dessus du Chef-lieu.

4.8 Couloirs de Dom Girard et de Cruet – hameau du Villard

4.8.1 Caractéristiques des couloirs

Le couloir de Dom Girard est suivi dans le cadre de l'Enquête Permanente sur les Avalanches (EPA) sous le n°4. Ses zones de départ correspondent principalement à deux entonnoirs nus et raides (vires), orientés globalement au sud, entre 1450 et 1600 m, au pied de l'épaisse barre rocheuse qui culmine à La Cha (1974 m). Les écoulements convergent dans un long couloir encaissé et sinueux aux berges boisées. Ils se déposent le plus souvent dans un coude en léger replat, vers 600 m, mais peuvent se propager via le lit du ruisseau jusqu'en pied de versant, à la limite des vignes (400 m).

Le couloir de Cruet est suivi à l'EPA sous le n°200 (4bis avant 2004). Ses zones de départ correspondent principalement à deux entonnoirs raides et lisses (vires en dalles rocheuses), orientés globalement au sud, entre 1300 et 1450 m, et situés au pied de l'épaisse barre rocheuse qui culmine au Chapeau de Napoléon (1854 m). Les écoulements convergent dans un couloir relativement rectiligne jusqu'à un coude marqué vers 600 m. Comme pour son voisin Dom Girard, les avalanches se déposent le plus souvent dans ce coude en léger replat, mais peuvent se propager, via le ruisseau, jusqu'en pied de versant, à la limite des vignes (400 m).

Dans les deux cas, les avalanches sont essentiellement constituées de neige humide (multiples plaques de fond glissant sur l'herbe ou les dalles rocheuses par redoux après chaque chute de neige significative) mais sont parfois (de plus en plus rarement) constituées de neige sèche (ruptures de plaques à vent lors de gros cumuls de neige froide et ventée, généralement par flux de NW à W). Vue la faible superficie des zones de départ, ces avalanches poudreuses ne génèrent pas de puissant aérosol mais peuvent couvrir des emprises plus larges qu'en coulante humide (par effet d'inertie). Dans tous les cas, ces écoulements peuvent emporter des débris ligneux, terreux et rocheux qui se retrouveront dans les dépôts en pied de versant.



Figure 23 : Vues des couloirs de Dom Girard et de Cruet depuis Le Villard (à gauche) et Aiton. (à droite)

4.8.2 Historique des avalanches marquantes

Même si les deux couloirs sont différenciés dans la numérotation de l'EPA, les forestiers ont toujours relevés les mêmes cotes d'arrêt dans les deux, ce qui ne permet pas de différencier l'historique de chaque couloir. On retiendra ceci :

- L'EPA signale des dépôts d'avalanche en pied de versant (cote d'arrêt vers 400 m - voir 380 m) en **1986, 1988, 1989 et 1999** (cf. fig. 25).

- L'analyse de la photo aérienne de 1971 montre que des avalanches poudreuses et récentes (probablement **février 1970**) ont parcouru les deux couloirs, avec une limite de dépôt vers 600 m pour Dom Girard mais jusqu'à 430 m pour Cruet (cf. fig. 24).

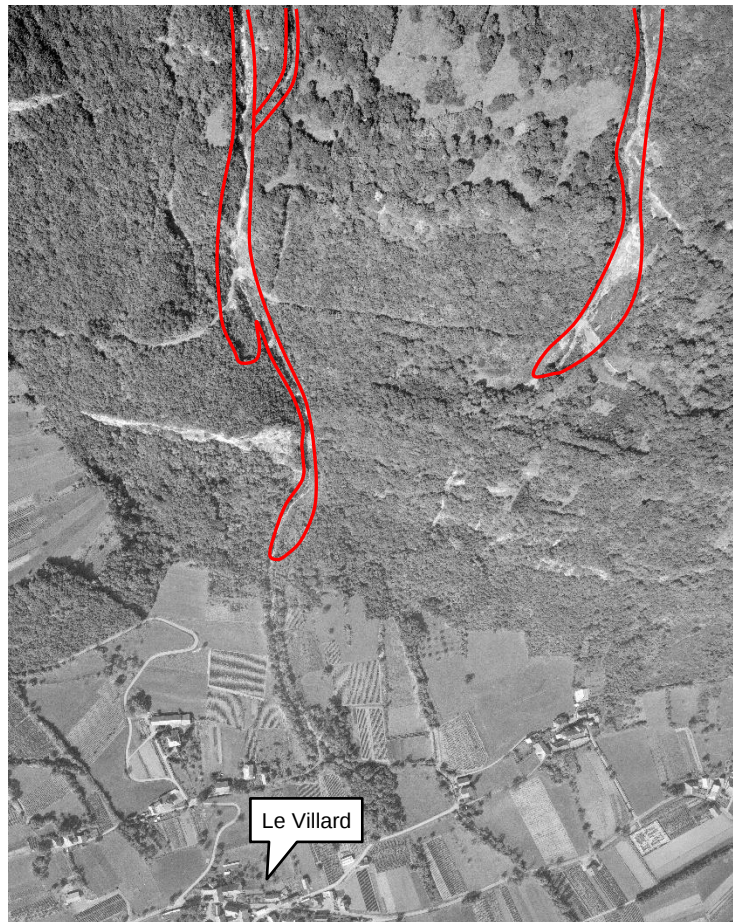


Figure 24 : emprises visibles des avalanches survenues en février 1970 dans les couloirs de Dom Girard et de Cruet, d'après les traces laissées dans la végétation sur photo aérienne de 1971

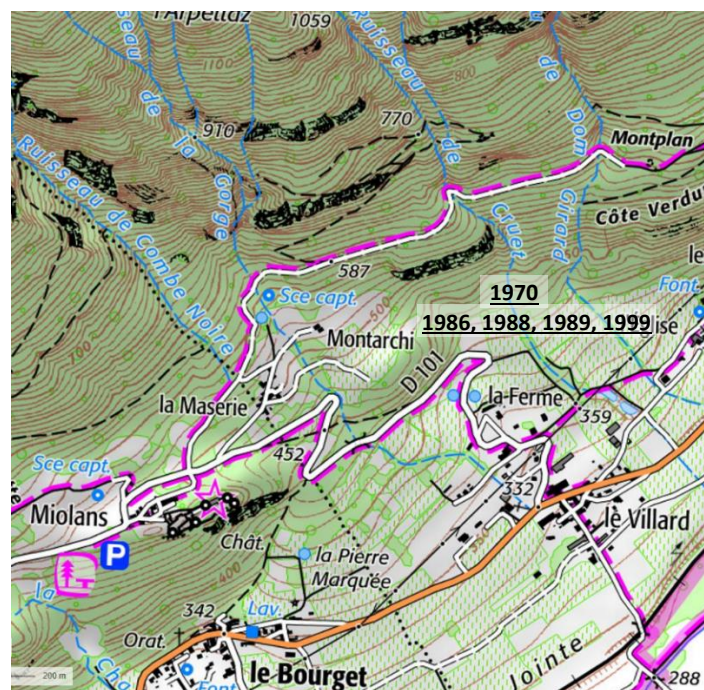


Figure 25 : report approximatif des limites aval des dépôts des principales avalanches observées (année de l'événement) depuis les années 50.

4.8.3 Protections existantes

Néant (en l'absence d'enjeux menacés, hors les parcelles de vignes).

4.8.4 Scénario(s) de référence centennal

Couloir de Dom Girard :

- Avalanche de neige sèche ou humide s'élargissant sur le chemin de Montplan (600 m) puis basculant via le ruisseau jusqu'en pied de versant, en couchant les feuillus et en s'étalant sous forme de langue de neige dense (intensité forte – A3) jusqu'en limite amont des vignes (390m).

Couloir de Cruet :

- Avalanche de neige sèche ou humide s'élargissant sur le chemin de Montplan (600 m) puis basculant via le ruisseau jusqu'en pied de versant, en couchant les feuillus et en s'étalant sous forme de langue de neige dense (intensité forte – A3) jusqu'à hauteur du lacet de la RD 101 (385 m).

A noter que l'analyse diachronique des anciennes photos aériennes ne montre aucune trace de dépôt d'avalanche dans la végétation en dessous de 400 m.

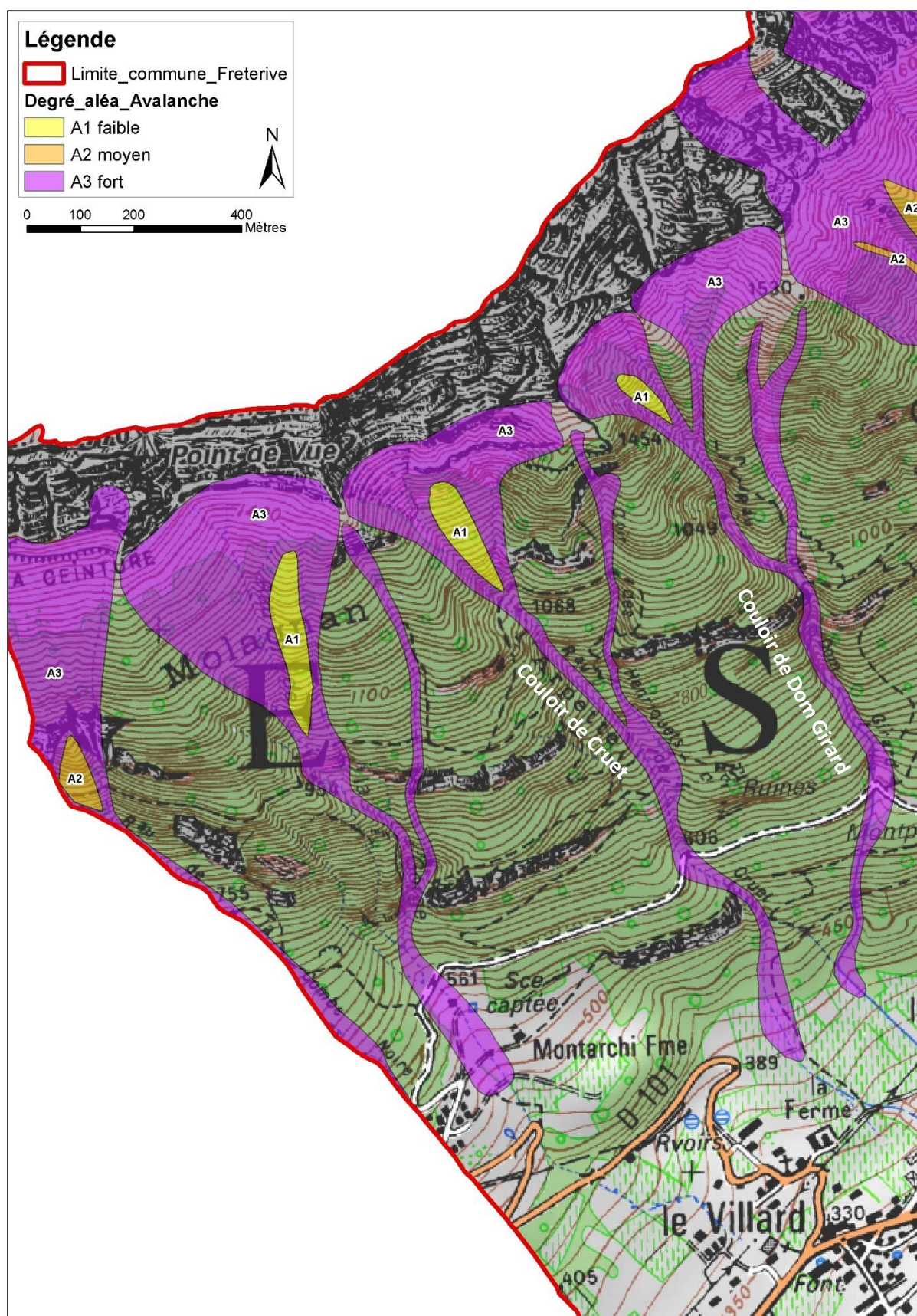


Figure 26 : Carte des aléas d'avalanches au-dessus du Villard.

4.9 Couloirs de la Gorge et de Combe Noire – Montarchi / La Maserie

4.9.1 Caractéristiques des couloirs

Le couloir de la Gorge est suivi dans le cadre de l'Enquête Permanente sur les Avalanches (EPA) sous le n°6. Sa zone de départ correspond à des vires et pentes herbeuses raides situées en versant sud vers 1400 m, au pied de l'épaisse barre rocheuse qui culmine entre le col d'Arclusaz (1770 m) et le Chapeau de Napoléon (1854 m). Les écoulements convergent dans une petite gorge qui forme une baïonnette vers 900 m, sans débordement possible, et ressortent vers 650 m, en amont du chemin de Montplan.

Le couloir de Combe Noire n'est pas suivi à l'EPA. Sa zone de départ correspond à des vires et pentes herbeuses raides situées en versant sud vers 1400 m, au pied de l'épaisse barre rocheuse qui culmine entre le col d'Arclusaz (1770 m) et l'épaule sud de la Dent d'Arclusaz (1880 m). Les écoulements sautent une barre rocheuse vers 1200 m puis convergent dans le couloir encaissé de Combe Noire, qui tourne vers l'est. Ils suivent ensuite le lit du ruisseau jusqu'à son cône de déjection, en amont du hameau de La Maserie.

Dans les deux cas, les avalanches sont essentiellement constituées de neige humide (multiples plaques de fond glissant sur l'herbe par redoux après chaque chute de neige significative) mais sont parfois (de plus en plus rarement) constituées de neige sèche (ruptures de plaques à vent lors de gros cumuls de neige froide et ventée, généralement par flux de NW à W). Vue la faible superficie des zones de départ, ces avalanches poudreuses ne génèrent pas de puissant aérosol mais peuvent couvrir des emprises plus larges qu'en coulante humide (par effet d'inertie). Dans tous les cas, ces écoulements peuvent emporter des débris ligneux, terreux et rocheux qui se retrouveront dans les dépôts en pied de versant.

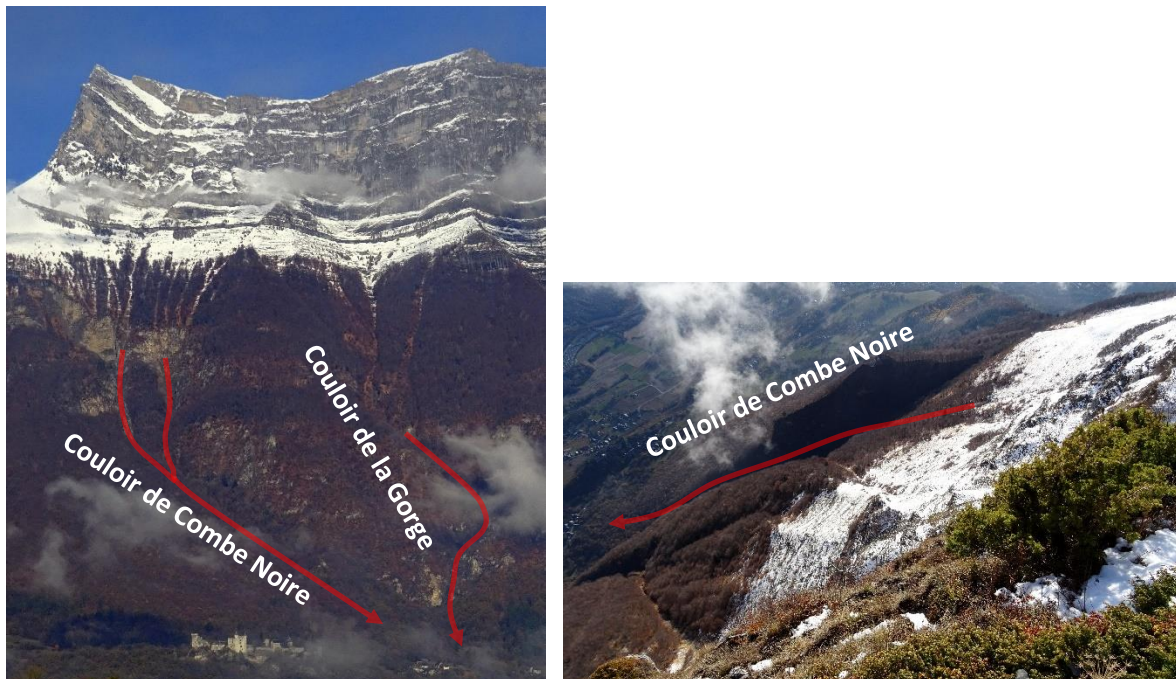


Figure 27 : à gauche, vue globale des couloirs de la Gorge et de Combe Noire ; à droite, vue du couloir de Combe Noire depuis le col d'Arclusaz.

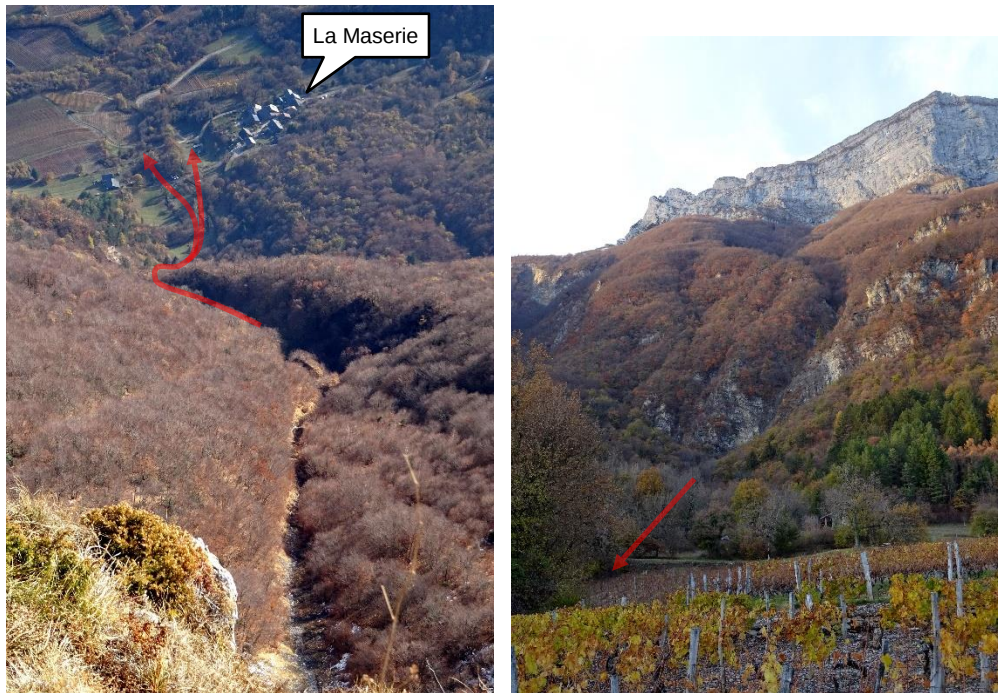


Figure 28 : trajectoires de l'avalanche de la Gorge entre Montarchi et La Maserie, depuis le col d'Arclusaz (à gauche) et depuis l'épingle de la RD 101 (à droite).

4.9.2 Historique des avalanches marquantes

Couloir de la Gorge :

- L'EPA signale des dépôts d'avalanche sous le chemin de Montplan (cote 550 à 540 m) en **1988, 1995 et 1999**. Cette cote a aussi été atteinte en 1982 (cf. fig. 30 et 31).
- En **1986** et en **1988**, des cotes d'arrêt de 370 et 450 m (sous le lacet de la RD 101) sont signalées à l'EPA mais aucune coupure de route n'est indiquée et les photos aériennes des années suivantes ne montrent aucune trace de telles extensions. Après analyse sur le terrain et recueil de témoignages de riverains, ces côtes sont manifestement erronées (arrêt probable vers le chemin de Montarchi – cote 500 m).
- **Avant 1986**, le vieux carnet de l'EPA ne signale que des dépôts au-dessus de 580 m (chemin de Montplan), hors l'avalanche du **19/12/1940** signalée jusqu'à 450 m (?).
- L'analyse de la photo aérienne de 1971 montre qu'une grosse avalanche poudreuse et récente (probablement **février 1970**) aurait atteint la cote 500 m, au niveau du chemin de Montarchi (cf. fig. 29).
- Le **31/12/2017**, suite à de fortes pluies jusqu'à 2200 m sur un épais manteau neigeux récent, une avalanche de fond très chargée en débris ligneux, terreux et pierreux est sortie du lit du ruisseau en rive gauche vers 520 m, pour couper le chemin de Montarchi, traverser des prés et continuer, plutôt sous forme de coulée de boue, à travers des vignes, jusqu'au lacet de la RD 101 (témoignage du propriétaire de la ferme de Montarchi – traces encore visibles en novembre 2018).

Couloir de Combe Noire :

Faute d'EPA, nous ne disposons d'aucune chronique sur ce couloir. Les archives RTM n'y mentionnent aucune avalanche, si ce n'est une menace qui pèse sur La Maserie (520 m). Une habitante du hameau depuis 60 ans a témoigné que depuis la réalisation du mur paravalanche (voir ci-après), l'avalanche n'avait jamais plus approché les maisons. Un dépôt d'avalanche aurait au moins atteint la cote 640 m en **1981 ou 1982** (cf. fig. 30).

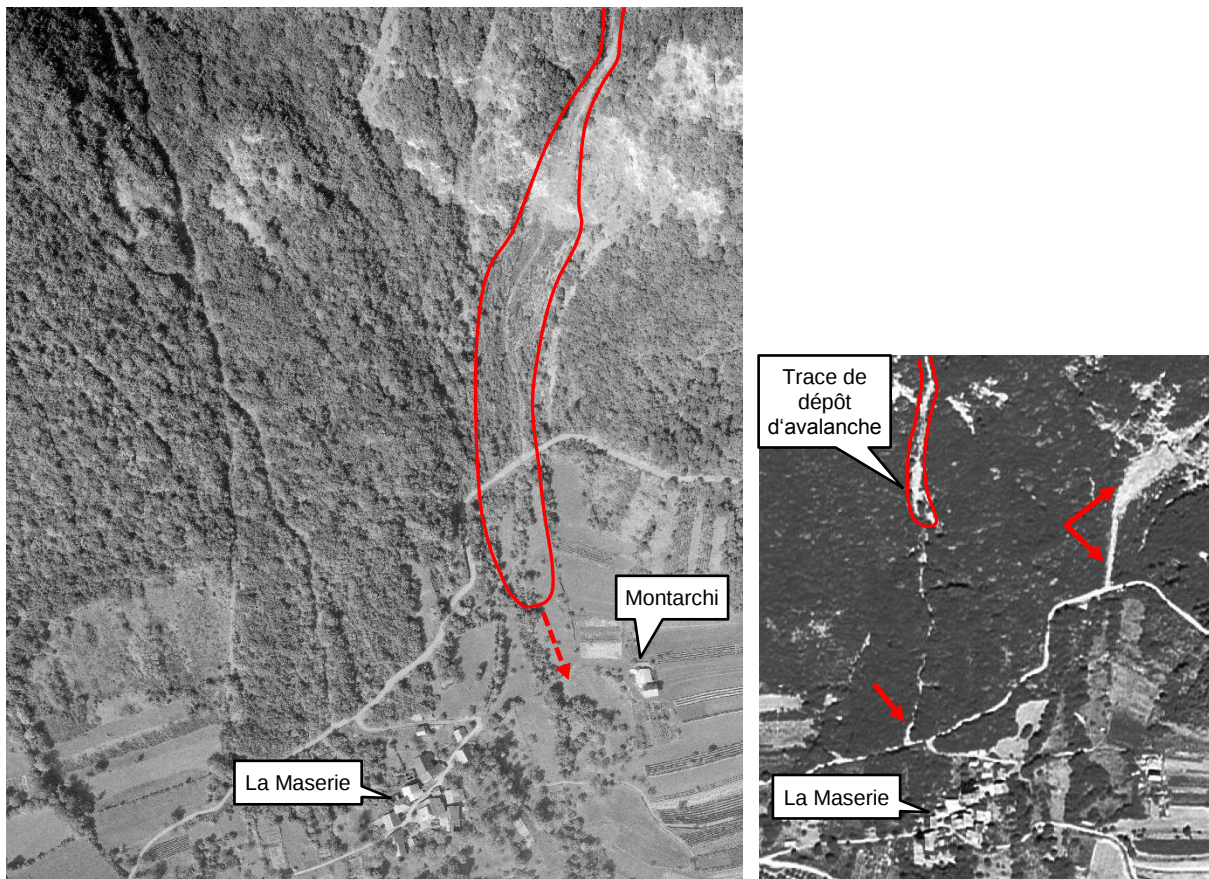


Figure 29 (à gauche) : emprise probable de l'avalanche poudreuse dite de la Gorge de février 1970 en amont de Montarchi, d'après les traces laissées dans la végétation sur la photo aérienne de 1971 ;
 Figure 30 (à droite) : dépôt d'avalanche (névé) au pied du couloir de la Gorge sur photo de 1982. En amont de la Maserie (cône boisé de Combe Noire), sous les traces d'un possible dépôt d'avalanche (640 m), on devine un layon ouvert jusqu'à la route de Montplan (525 m), probablement par une crue torrentielle (événement non enregistré).

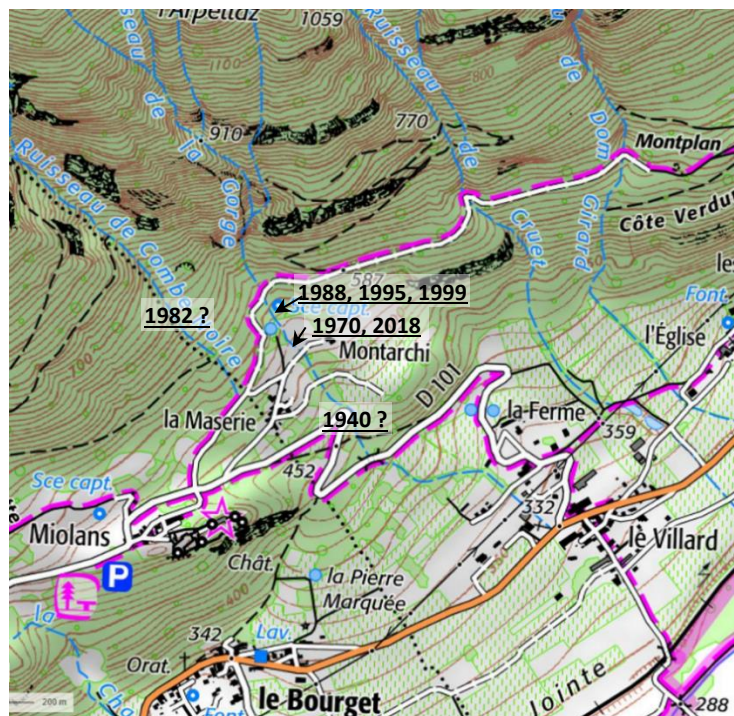


Figure 31 : report approximatif des limites aval des dépôts des principales avalanches observées (année de l'événement) depuis plus d'un siècle.

4.9.3 Protections existantes

Avant les années 70 (a priori au milieu du XXème siècle), les habitants de La Maserie ont réalisé un mur paravalanche en pierres sèches, surmonté d'un remblai, pour une hauteur totale d'environ 3 m, afin de protéger la bordure ouest du hameau contre les avalanches (cf. fig. 32).

Dans un cas extrême, si l'avalanche de Combe Noire parvenait à se frayer un passage dans le lit du ruisseau jusqu'au chemin de Montplan, elle serait arrêtée par le replat de la route et cet ouvrage paravalanche.



Figure 32 : Vieux mur/digue de 3 m de haut réalisé au départ du chemin de Montplan (525 m), dans l'axe du ruisseau de Combe Noire, pour protéger la bordure ouest de La Maserie (commune de St Pierre d'Albigny) des avalanches et des débordements du ruisseau.

4.9.4 Scénario(s) de référence centennal

Couloir de la Gorge :

- Avalanche de neige sèche et rapide atteignant la combe entre La Maserie et Montarchi sur potentiellement toute sa largeur (type 1970) et pouvant se propager jusque vers 500 m grâce à l'effet de combe ;
- Ou langues de neige humide plus lentes mais plus denses et épaisses, débordant en rive droite ou gauche du lit perché du ruisseau, pour se déposer sur les replats herbeux jusqu'au chemin inférieur (cote 490m). Dans les deux cas l'intensité du phénomène serait forte (A3).

Couloir de Combe Noire :

- Langue de neige humide se propageant, dans l'axe du lit du ruisseau, jusqu'au chemin de Montplan (525 m). Le phénomène, d'intensité forte (A3) serait arrêté par la digue paravalanche en bord de route.

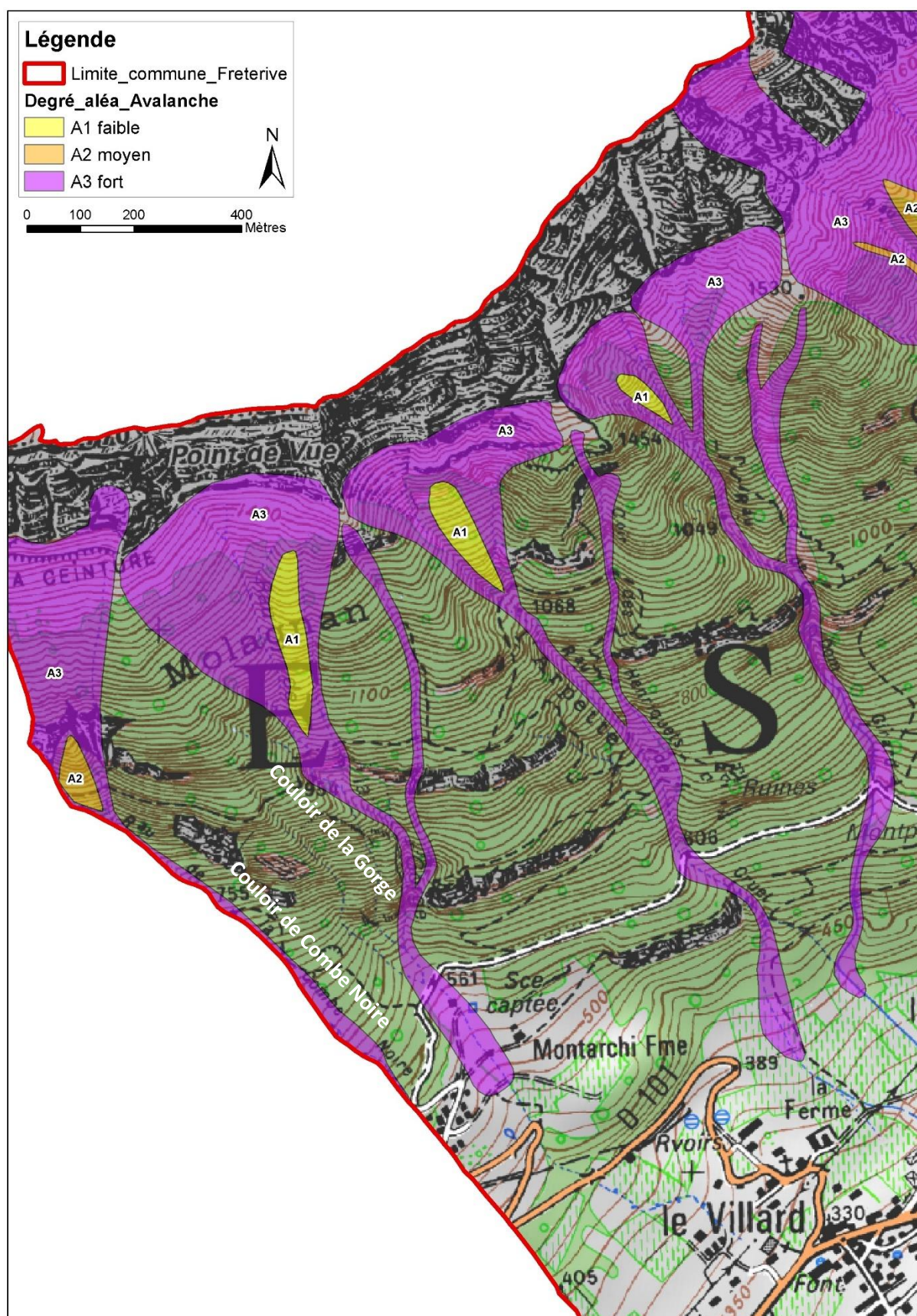


Figure 33 : Cartes des aléas d'avalanches au-dessus de la Maserie.

5. Aléas chutes de pierres et de blocs

5.1 Historique et données disponibles

Données consultées :

ADRG, 1988, Etude des risques de chutes de blocs et de protection du chef-lieu de Fréterive

BRGM, 1999, carte géologique au 1/50000, feuille d'Albertville N°726

BRGM, 1994, Risques d'éboulement rocheux sur deux sites du Massif de la Dent d'Arculaz – Falaise MontPlan – examen du site le 18 janvier 1994

GEOL-ALP <http://www.geol-alp.com/>

IMSRN, 2004, PIZ de la commune de Fréterive

IRSTEA, 2018, Analyse de l'efficacité du merlon pare-blocs situé en amont du lieu-dit "Le Four" – commune de Fréterive

RTM, Archives depuis le XIX^{ème} siècle

RTM – DDAF, 1997, Cartographie Pondérée des Phénomènes Naturels (C2PN)

RTM – DDAF, 1997, Carte d'aléa de la commune de Fréterive

SAGE, 2015, Compte-rendu de la visite de terrain du 24 juillet 2015

Historique des événements :

Date	Secteur	Observations	Source(s)
Légende ?	vers la Maserie	Une légende locale parle d'un village englouti sous un éboulement en masse à l'époque romaine vers la Maserie. Des éléments auraient atteints les Rippes vers la cote 320	Commune (M. J. Mignet)
1911	Combe Noire	Localisation Combe Noire imprécise	Archives RTM
1917	Combe Noire	Localisation Combe Noire imprécise	Archives RTM
Entre les 2 guerres (1930 ?)	L'église	un bloc d'environ un mètre cube arrivé dans une maison aujourd'hui détruite.	Commune (M. J. Mignet)
1960	Barlettes	Deux blocs d'un volume d'environ 150 litres chacun provenant de l'escarpement intermédiaire des Sangles.	Commune (M. J. Mignet)
Vers 1965	Barlettes	Une pierre plate d'environ 1/2 m ³ provenant de l'escarpement intermédiaire des Sangles.	Commune (M. J. Mignet)
12/01/1987	Le Four	Un bloc est tombé en direction de la maison « Catella » s'arrêtant sur le bord du chemin vicinal. Le bloc est estimé à 1m ³	Rapport d'expertise RTM
7 :03/1991	Ruisseau du Cruet	Quelques centaines de m ³ s'écroulent dans le ruisseau du Cruet depuis le Chapeau de Napoléon	Rapport BRGM
Vers 1998	Chez Les Henriquets	Il serait parti de l'escarpement situé vers la cote 1350 et aurait atteint le hameau en ruine de Chez Les Henriquets et même le bord de la route forestière vers la cote 600	Commune (M. J. Mignet)
1/04/2008	Falaise en amont du hameau des Moulins	Entre 10000 et 30000 m ³ (selon les sources) éboulés sur un parcours de 500 m. Départ cote 800 m en rive droite du torrent du Cayan et propagation jusqu'à la cote approximative de 500 m. 20 habitants évacués	Rapport d'expertise RTM Rapport d'expertise SAGE Dauphiné Libéré
20/07/2015	L'Eglise	Bloc isolé de 0,2 m ³ provenant de la partie inférieure la falaise des Sangles	Rapport SAGE Fiche événement RTM Commune (M. B. Reverdy)
18/12/2018	Le Villard	Bloc isolé de 200l traverse la RD deux fois	CD+commune

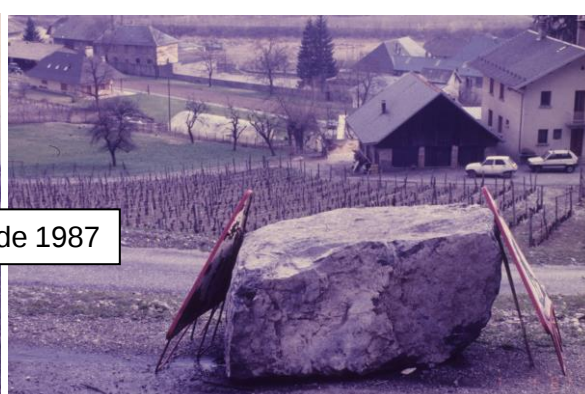
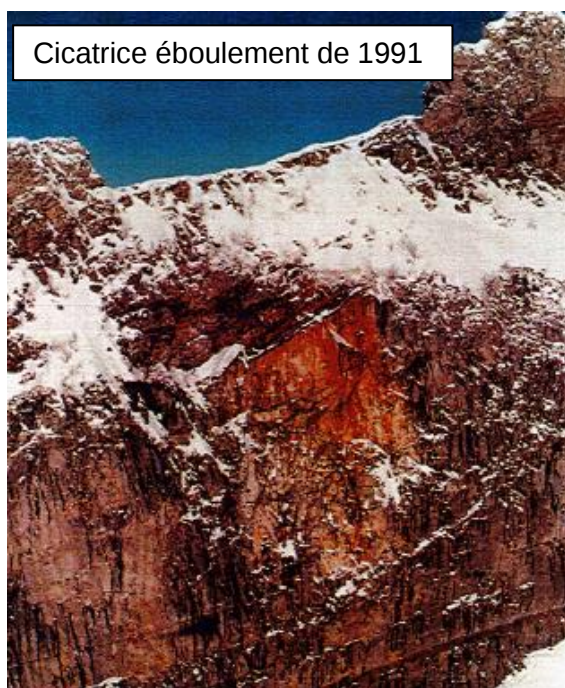


Figure 34:clichés de quelques événements historiques

5.2 Traitements numériques automatisés

Identification des zones de départ :

Les zones de départs potentielles correspondent à l'ensemble des affleurements rocheux. Certains d'entre eux sont clairement visibles lorsqu'ils forment des barres rocheuses. D'autres peuvent passer inaperçus lorsqu'ils sont moins imposants et cachés par la végétation.

Il est donc proposé une première analyse consistant à identifier de manière la plus exhaustive possible l'ensemble des portions rocheuses. Ce travail est effectué au moyen d'un logiciel prévu à cet effet (Rollfree, développement IRSTEA) qui permet, à partir d'un traitement du MNT, de définir les zones de départs potentielles à partir des pentes.

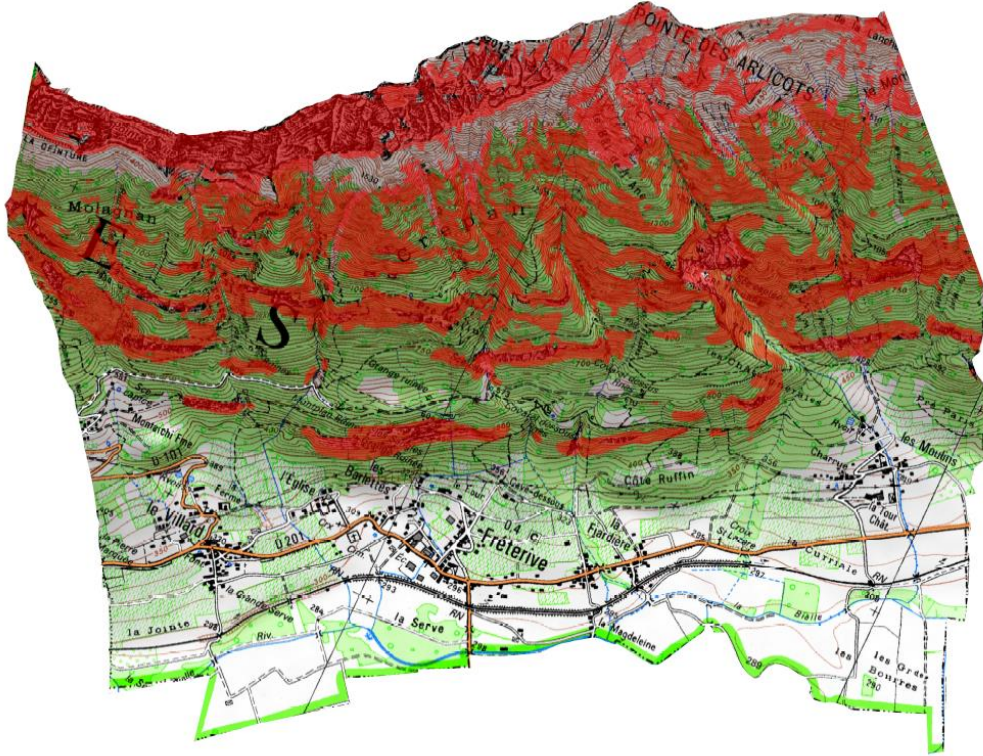


Figure 35: localisation des zones de départ potentielles (identifiées en rouge)

Lignes d'énergies et probabilités d'atteintes :

En première approche la méthode des lignes d'énergie permet d'identifier simplement les zones susceptibles d'être affectées par une chute de blocs. Il s'agit d'une méthode empirique qui permet d'estimer à partir d'une zone de départ la localisation du point d'arrêt maximal probable d'un projectile et qui ne nécessite pas à proprement parlé de détermination des coefficients de réponse des sols.

Cela permet alors de représenter spatialement une estimation de la probabilité d'atteinte d'un point par un bloc.

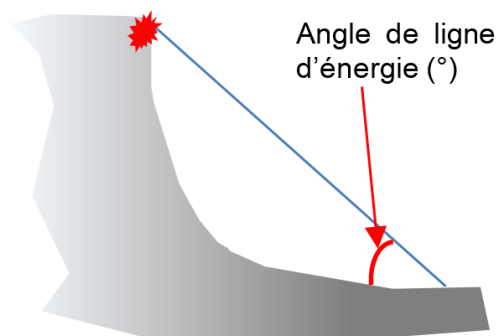


Figure 36 : schéma de principe de la ligne d'énergie

L'application de la méthode implique le choix de valeurs d'angle déterminés à partir du profil topographique et selon l'expertise du terrain en fonction de singularités locales (topographie [replats, talweg, croupe], végétation).

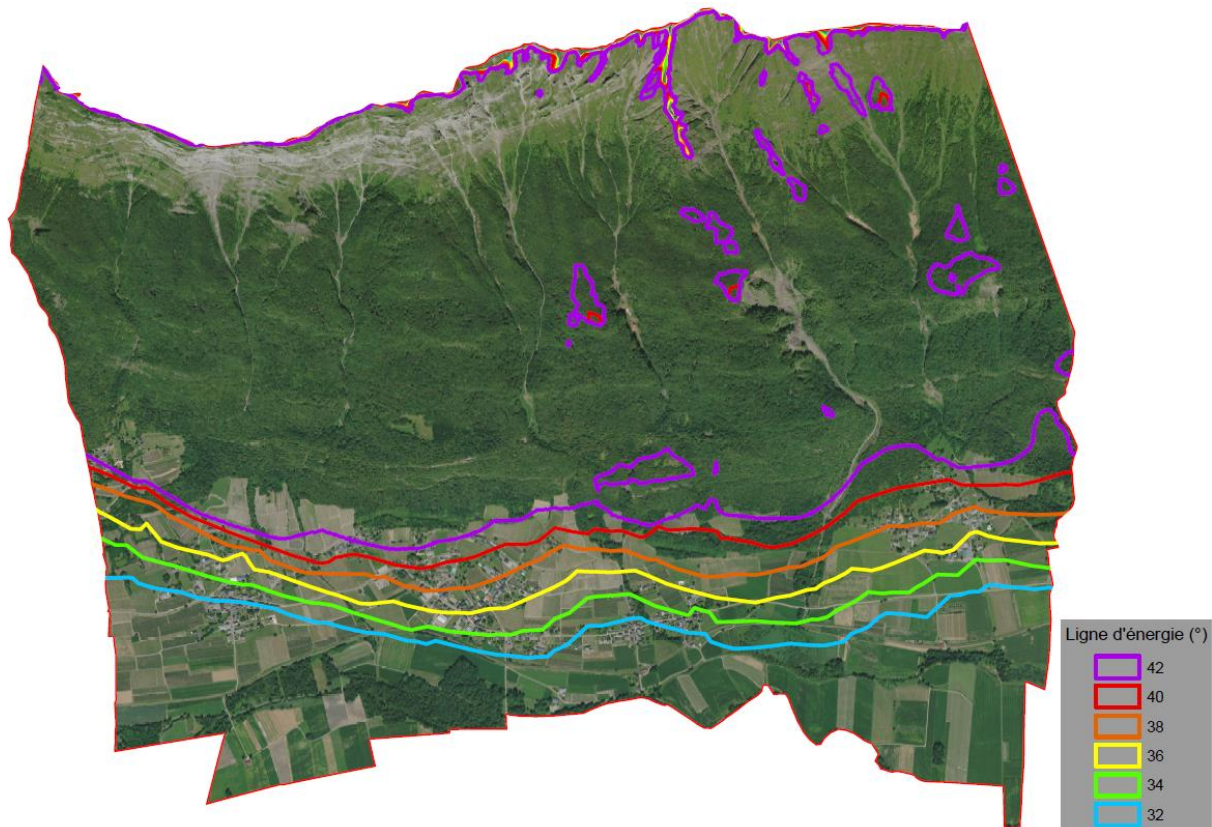


Figure 37: carte des lignes d'énergie

5.3 Observations de terrain

Remarque :

Les reconnaissances se sont restreintes à un parcours pédestre au droit des enjeux situés en aval d'affleurements rocheux.

5.3.1 Description générale du versant

En simplifiant, le versant se décompose en trois couches générales (de haut en bas) :

La barre sommitale composée de calcaires Urgoniens dont l'épaisseur des strates varie de quelques centimètres jusqu'à plusieurs mètres. Cette paroi s'étage sur environ 400 m de hauteur.

Généralement le rocher est compact et peu fissuré à l'exception de sa stratigraphie et des failles régionales. Sa position sommitale et donc en hauteur en fait des affleurements moins affectés par la décompression rocheuse liée au retrait glaciaire.

En revanche le plissement des Bauges lui confère une position en bordure méridionale d'un synclinal perché occasionnant des fauchages (pendage redressé).

A l'exception de couches situées en crête dont l'épaisseur peut s'avérer réduite et partiellement altérée, la falaise semble relativement saine. On y distingue d'ailleurs essentiellement des dalles lisses. L'observation générale de la paroi permet de constater qu'il y a peu de cicatrices (vestige d'éboulement clairement identifiable par une patine rocheuse jaunâtre). Ce constat est d'ailleurs corroboré par le peu d'événements recensés depuis cette couche. Un examen de cette partie de falaise avait été réalisé en 1994 en hélicoptère par le BRGM. Ce dernier n'avait pas observé d'instabilités notoires.

Précisons que les calcaires urgoniens étant compacts, ils sont sujets à peu d'éboulements, en revanche lorsqu'un événement se produit, les volumes sont généralement élevés (exemple du Granier).

Enfin, du fait de sa position sommitale, les éventuels éboulements devraient se fragmenter à leurs impacts contre les parois sous-jacentes. Les propagations se concentrent ensuite dans les principaux talwegs qui dissipent les énergies des blocs et ce sur environ 1,5 km de parcours avant d'atteindre le pied de versant. Par conséquent, il apparaît peu probable qu'un éboulement provenant de cette partie affecte les enjeux en aval. L'éboulement de 1991 en est un bon exemple.



Figure 38: clichés de la couche urgonienne. En haut stratigraphie redressée sujette au phénomène de fauchage, en bas vue globale permettant d'appréhender un affleurement généralement sain.

La **partie intermédiaire du versant** est composée de calcaires marneux. Il en résulte une stratigraphie plus resserrée (généralement décimétrique à métrique) formant des boules (dites miches selon les termes géologiques) avec des joints marneux sur la partie haute (étage de l'Hauterivien).

Plus bas on rencontre des calcaires argileux et des marnes (du Berriasien) avec en base des calcaires roux et marneux lités (du Valanginien).

Ces formations sont donc naturellement sensibles aux circulations d'eau du fait de la présence d'argiles dans les portions marneuses car sujettes aux pressions hydrostatiques dans les fissures. C'est d'autant plus le cas au contact entre les diverses couches (l'Hauterivien, le Berriasien et le Valanginien), qui forment des discontinuités géologiques favorables aux écoulements.

Cette portion de versant s'étage sur environ 1000 m d'altitude. La pente étant bien moins verticale (moyenne de 40°), elle a été colonisée par des feuillus qui masquent la majorité des affleurements. Cette forêt joue naturellement une fonction de protection contre les chutes de

pierres et de petits blocs (maximum 1 m³). Seuls les principaux ravins laissent transparaître de véritables parois rocheuses.

Les chutes de blocs peuvent être fréquentes, toutefois l'essentiel de ces falaises étant à l'aplomb de talwegs, les matériaux éboulés sont préférentiellement chenalisés dans ces derniers. Le volume des matériaux est très hétérogène : des chutes très fréquentes jusqu'à 1 m³ et des éboulements relativement rares jusqu'à plusieurs milliers de m³ (exemple de l'événement de 2008).



Figure 39:vue de la partie intermédiaire

Les **affleurements de la partie basse** du versant forment généralement deux barres rocheuses :

- La paroi supérieure formant une corniche de calcaire tithonique très massif. A l'exception de fissures liées à la décompression rocheuse du retrait glaciaire, cette couche est très peu fracturée. Cette compacité est à « double tranchant » : les chutes de blocs y sont rares, mais lorsqu'elles surviennent, elles produisent généralement des volumes importants qui ne se fragmentent pas ou peu.
- La paroi sous-jacente est formée de calcaires marneux donc relativement lités. Plus on descend et moins la roche est compacte passant de calcaires à des calcaires argileux sur la partie médiane et finissant en marnes en base. A ce niveau les chutes des blocs provenant du sommet de cet ensemble s'apparente à celles de la paroi supérieure, à la différence près que les matériaux se fragmenteront plus facilement. Les éboulements provenant de la partie basse sont assez fréquents puisqu'ils constituent l'essentiel des événements historiques, mais ils produisent des volumes somme toute assez modestes (<1m³).



Figure 40: vue des deux barres rocheuses de la partie basse du versant

5.3.2 Descriptions des secteurs dominant les zones urbanisées

Secteur des Moulins

Le village est dominé par deux types d'affleurements : Le plus marquant de par son historicité est celui du Grand Theurre dans la combe de Cayan. A ce niveau le ruisseau a entaillé le versant mettant à nu d'imposantes falaises dans les calcaires marneux. La profusion des sources et ruisseaux dans ce secteur sont autant de facteurs aggravants. C'est à ce niveau qu'est survenu l'éboulement de 2008 qui avait produit des dizaines de milliers de m³ (le volume étant assez confus selon les sources).

Des éboulements du même type y sont toujours possibles au regard des piliers découpés dans des dièdres. Leur survenance n'apparaît toutefois pas menaçante pour le village car les matériaux éboulés seront chenalisés dans le Cayan. Notons de surcroît que ce dernier a fait l'objet d'imposants travaux de construction d'une digue qui s'étend depuis l'apex du cône (cote approximative de 500 m) jusqu'à environ la cote 400 m. Les dimensions de cette digue induisent une modification topographique qui conduit à exclure définitivement tout franchissement par un éboulement.



Figure 41: Affleurements du Grand Theurre (vue d'ensemble à gauche, cliché d'un vol d'expertise de 2008 à droite)

Plus à l'Est, le village est dominé par deux barres rocheuses dans l'axe du couloir de la Petite Porte. La barre inférieure est massive (calcaire tithonique) sur une cinquantaine de mètres verticaux et ne présente pas d'instabilités visibles, ni aucun découpage rocheux laissant présumer des éboulements. Le volume de référence est considéré comme inférieur à 0,25 m³ (chute de pierres). En revanche l'affleurement supérieur est plus problématique. Ce dernier,

constitués de calcaires marneux est très chahuté et relativement lité. On y distingue d'ailleurs des cicatrices témoins d'éboulements passés. Les volumes peuvent atteindre le m^3 . En cas de propagation les trajectoires devraient préférentiellement finir leur course dans le lit du ruisseau de Plan Cruet sans affecter le village.

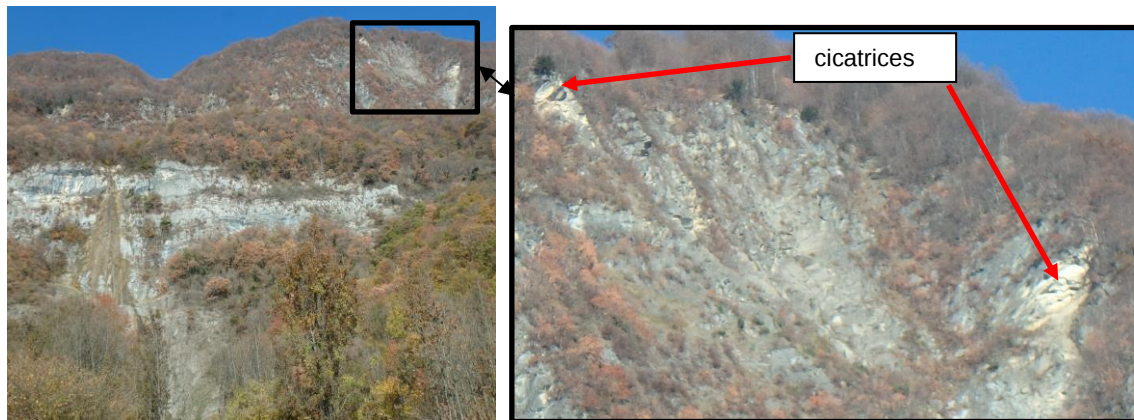


Figure 42: vue sur l'axe du couloir de la Petite Porte

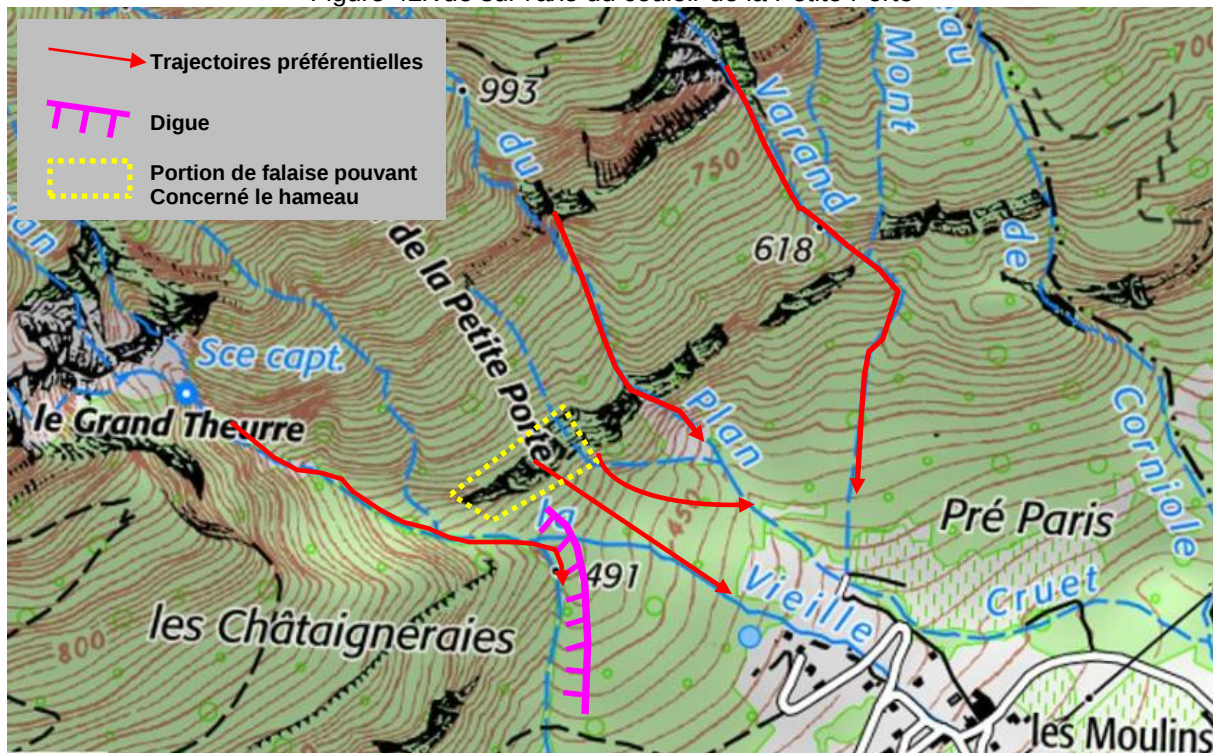


Figure 43: schéma de fonctionnement des aléas rocheux sur le secteur des Moulins

Secteur Les Barlettes / Le Four

Deux falaises se succèdent en contrebas du replat de Montplan. Notons que l'ADRGT a repéré des dolines environ 30 m à l'arrière du bord de la falaise, dans lesquelles s'infiltrent des circulations d'eau (pas de sortie d'eau visible en pied de versant).

La falaise supérieure haute d'environ 50 m et subverticale se compose de calcaire tithonique. La partie haute présente des blocs détachés pouvant atteindre $3 m^3$, l'étude ADRGT évoque un bloc isolé de $6 m^3$ et une écaille d'environ $16 m^3$ (mais avec une base saine). Il est également observé 2 blocs en forme de colonnes (l'ADRGT a estimé un volume total d'environ $100 m^3$, mais leur départ serait peu probable car appuyés en arrière sur la falaise).

En aval, une vire de 50 à 70 m et inclinée à 37° est colonisée par des feuillus. L'étude ADRGT signale la présence de blocs anciennement éboulés de l'ordre de $1 m^3$.

La falaise inférieure présente une hauteur de 60 m environ avec une composition plus marneuse. Les chutes de blocs y sont vraisemblablement plus nombreuses car les couches sont plus délitées. En revanche les volumes au départ sont très inférieurs (l'épaisseur des strates étant de 0,5 à 0,8 m). Un paquet rocheux de plusieurs dizaines de mètres cubes peut se détacher mais le volume unitaire après fragmentation n'excèdera pas le $\frac{1}{4}$ de m^3 .

Sur l'ensemble du secteur, le scénario de référence est donc basé sur une chute d'un bloc de $3m^3$ depuis le sommet de la falaise supérieure. Ce dernier va assez facilement franchir la vire intermédiaire qui devrait même provoquer un effet tremplin. Les propagations sont ensuite éjectées et retombent soit sur la falaise inférieure, soit sur l'éboulis.

Ouvrage de protection : le site est équipé de deux merlons réalisés en 1989 suite à une étude de dimensionnement de l'ADRGT avec une maîtrise d'œuvre RTM.

Le dispositif se compose de deux merlons : celui le plus à l'Ouest est disposé à la cote approximative de 340 m, mesure 160 m de long. Le second situé plus à l'Est est situé à la cote de 350 m et s'étend sur 150 m. Les deux ouvrages arborent les mêmes dimensions : une fosse de 2,5 m de largeur, un parement amont en remblai 1/1 (présence d'enrochements ponctuels), une hauteur utile de 4,8 m.

Ces derniers sont en bon état bien que légèrement affaissés du fait de leur tassement dans le temps.

La prise en compte de ces ouvrages et des modifications topographiques qu'il induit pour la qualification des aléas a fait l'objet d'une étude de détail complémentaire réalisée par l'IRSTEA par le biais de modélisations trajectographiques (cf. annexes1)



Figure 44:vue des deux falaises et des 2 piliers

Secteur de l'Eglise

Les parois rocheuses dominant le secteur correspondent à un prolongement vers l'Ouest de la falaise inférieure précitée (la falaise tithonique supérieure s'enfonçant dans le massif, elle n'est pas visible ici).

On y observe une matrice rocheuse très délitée pouvant produire des blocs de volumes limités (inférieurs à $0,25 \text{ m}^3$). Une expertise de SAGE a mis en avant une fracture qui individualise localement des instabilités pouvant être importantes (70 m^3 environ, cf. cliché ci-contre). Toutefois la rupture d'un tel paquet rocheux devrait se fragmenter à l'impact en blocs unitaires de faible volume.

Les éventuelles chutes venant de la falaise sommitale du versant apparaissent très peu probable, car comme évoqué précédemment, elles devraient se chenaliser dans les principaux talwegs. Quand bien même, elles resteraient sur le versant, le replat situé en amont de la barre décrite ici, devrait suffire pour arrêter les blocs.

Le scénario de référence est donc la rupture de plusieurs mètres cubes, voire dizaines de m^3 , se fragmentant à l'impact en blocs de $0,25 \text{ m}^3$. Le profil régulier sans obstacle, du pied de versant, devrait permettre aux propagations d'atteindre les premiers enjeux.

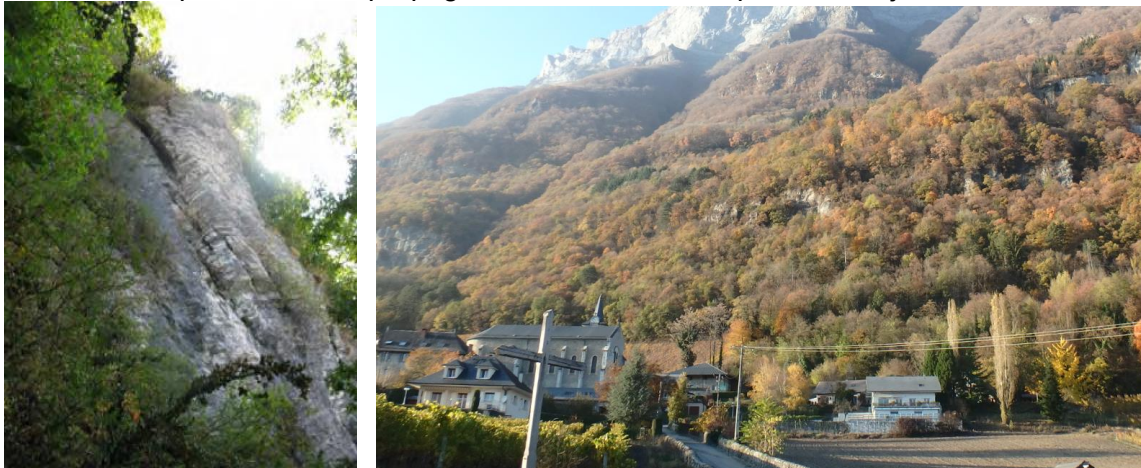


Figure 45: cliché au droit de l'église (à gauche instabilité relevée par SAGE, à droite vue générale)

Secteur La Ferme

Ce secteur est dominé par une barre rocheuse de calcaire tithonique (massif) dont la base est plus marneuse (délimitage). Le sommet montre des masses individualisées par des fractures rentrantes. Leurs volumes dépassent le m^3 . En aval les couches peuvent donner des volumes inférieurs à $0,25 \text{ m}^3$. Les éventuelles propagations ne devraient pas s'étendre beaucoup compte tenu d'un replat rapide en pied de versant.



Figure 46:vue de la falaise dominant la Ferme

Secteur Montarchi

Ce secteur est exposé aux chutes de blocs de plusieurs affleurements : La paroi sommitale de l'Arclusaz du fait d'une concentration des propagations dans le talweg du ruisseau de la Gorge qui débouche sur le lieu-dit. Et les falaises de l'Hauterivien qui forment 2 parois sur la moitié basse du versant.

La première peut donner lieu à d'imposants éboulements (exemple de 1991), bien que ces derniers restent rares.

Les seconds étant très lités, ils peuvent produire des chutes de pierres de volumes modestes (inférieurs au m³).

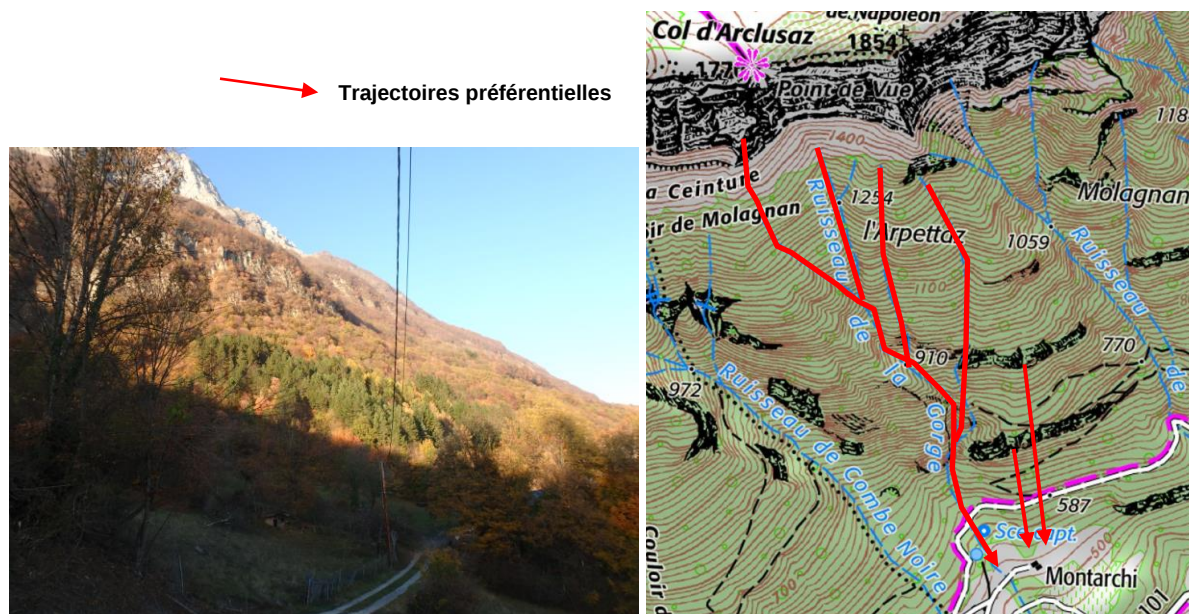


Figure 47:cliché d'un affleurement de l'hauterivien à droite, et schéma de fonctionnement des aléas rocheux sur le secteur à gauche

5.4 Qualification de l'aléa

5.4.1 Méthode

Le guide MEZAP (**ME**thode de **Z**onage de l'**Al**éa 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

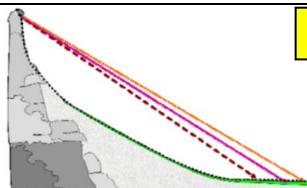
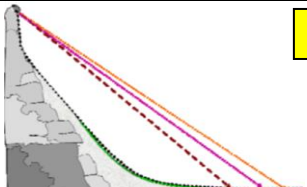
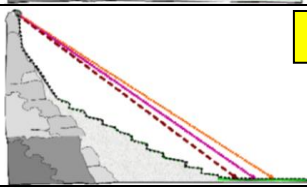
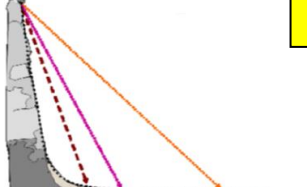
L'indice d'activité

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 d'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
 A	34°	32°	30°
 B	38°	35°	33°
 C	36°	34°	32°
 D	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				Phénomène de grande ampleur
		$V \leq 0,25 \text{ m}^3$	$0,25 < V \leq 1 \text{ m}^3$	$1 < V \leq 10 \text{ m}^3$	$V > 10 \text{ m}^3$	
		Faible	Modérée	Elevée	Très élevée	
Probabilité d'occurrence	Faible	Aléa faible	Aléa moyen	Aléa Fort	Aléa Fort	Aléa très fort
	Modérée	Aléa faible	Aléa moyen	Aléa Fort	Aléa Fort	Aléa très fort
	Elevée	Aléa moyen	Aléa Fort	Aléa Fort	Aléa très fort	Aléa très fort
	Très élevée	Aléa Fort	Aléa Fort	Aléa très fort	Aléa très fort	Aléa très fort

5.4.2 Application à la commune d'étude**Secteur des Moulins**

Intensité : Le scénario retenu est un bloc inférieur à $0,25 \text{ m}^3$ provenant de la falaise tithonique directement à l'Ouest de la cascade, ce qui correspond à une intensité faible.

Activité : elle est considérée moyenne (1 bloc tous les 10 ans).

Probabilité d'atteinte : Les lignes d'énergie retenues sont : forte 44° , moyenne 42° et faible 40° (soit les valeurs du profil A + 5° de forêt + 5° de singularité topographiques).

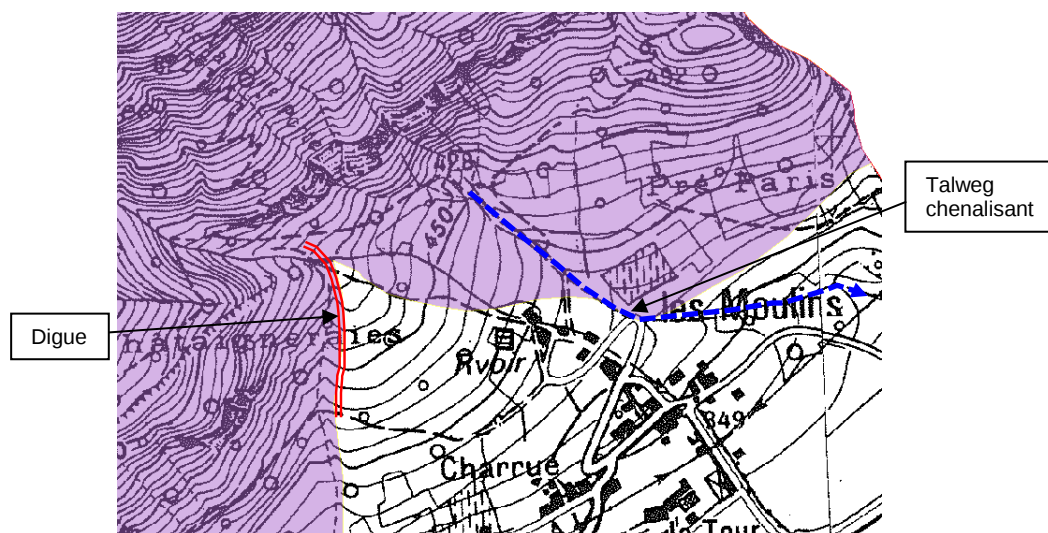


Figure 48: carte des aléas chutes de blocs au droit des Moulins

NB : La digue édifée en rive gauche du Canyon entre les cotes 500 et 430 pour canaliser le torrent et les avalanches a induit une modification topographique telle qu'elle constitue une limite infranchissable pour tout éboulement venant des gorges.

Secteur Les Barlettes / Le Four

Intensité : Le scénario retenu est un bloc de 3 m^3 conformément aux observations de l'ADRGT, ce qui correspond à une intensité élevée.

Activité : elle est considérée moyenne (1 bloc tous les 10 ans).

Probabilité d'atteinte : Comme évoqué précédemment, ce secteur a fait l'objet d'une étude complémentaire visant à définir si les merlons existants sont suffisants pour retenir le scénario de référence. Cette étude a été confiée à l'IRSTEA pour le compte de la commune. Les résultats sont exposés en annexes.

Retenons que sur le profil 1 (au droit du merlon Ouest), 50% des blocs modélisés franchissent le merlon, et que la distance maximale probable d'atteinte des blocs correspond à la côte

altitudinale $Z=316\text{m}$. Sur le profil 2 (au droit du merlon Est), 18 % le dépassent et la distance maximale probable d'atteinte des blocs correspond à la côte altitudinale $Z=325\text{m}$.

La limite de l'aléa est donc calée selon les résultats de ces modélisations.

Pour les zones non couvertes par la modélisation, les lignes d'énergie retenues sont : forte 44° , moyenne 42° et faible 40° (soit les valeurs du profil A + 5° de forêt + 5° de singularité topographiques).

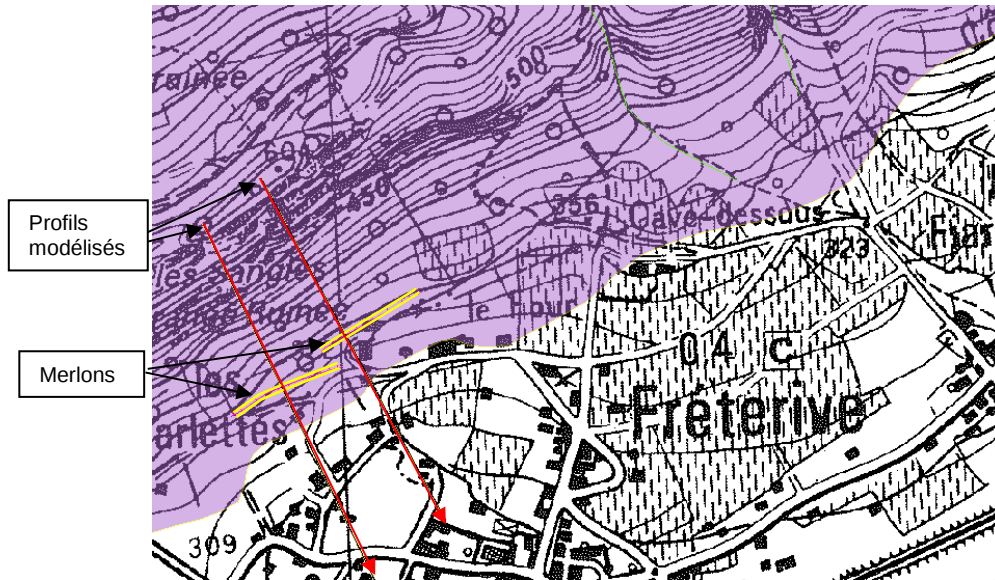


Figure 49: carte des aléas chutes de blocs au droit des Barlettes et du Four

Secteur de l'Eglise

Intensité : Le scénario retenu est un bloc de $0,25\text{ m}^3$ issu de fragmentation d'un compartiment plus volumineux ce qui correspond à une intensité faible.

Activité : elle est considérée moyenne (1 bloc tous les 10 ans).

Probabilité d'atteinte : les lignes d'énergie retenues sont : forte 44° , moyenne 42° et faible 40° (soit les valeurs du profil A + 5° de forêt + 5° de singularité topographiques).



Figure 50: carte des aléas chutes de blocs au droit de l'Eglise

Secteur de la Ferme

Intensité : Le scénario retenu est un bloc de entre 0,25 et 1 m³ issu de fragmentation d'un compartiment plus volumineux ce qui correspond à une intensité modérée.

Activité : elle est considérée moyenne (1 bloc tous les 10 ans).

Probabilité d'atteinte : Les lignes d'énergie retenues sont : forte 44°, moyenne 42° et faible 40° (soit les valeurs du profil A + 5° de forêt + 5° de singularité topographiques).

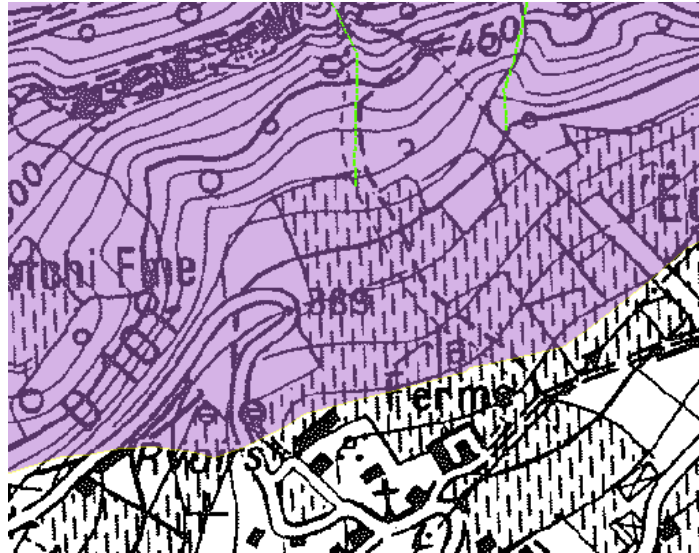


Figure 51: carte des aléas chutes de blocs au droit de la Ferme

Secteur Montarchi

Intensité : Le scénario retenu est un bloc supérieur à 1 m³ issu de fragmentation d'un compartiment plus volumineux depuis la falaise sommitale ce qui correspond à une intensité élevée.

Activité : elle est considérée moyenne (1 bloc tous les 10 ans).

Probabilité d'atteinte :

Pour les zones non couvertes par la modélisation, les lignes d'énergie retenues sont : forte 42°, moyenne 40° et faible 38° (soit les valeurs du profil A + 5° de forêt + 5° de singularité topographiques).

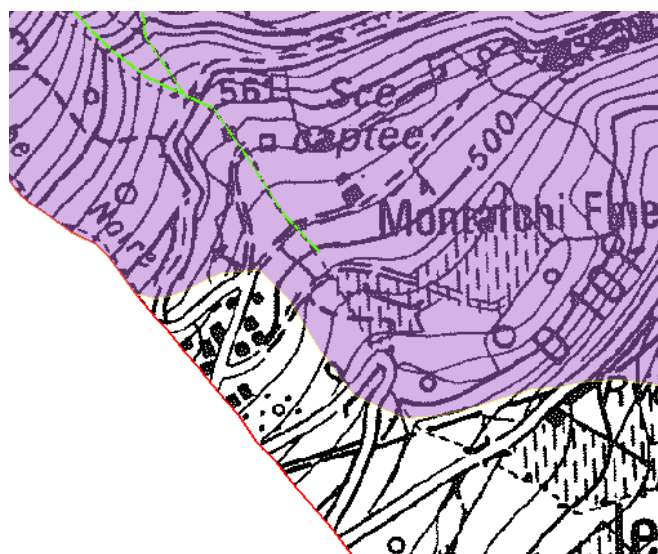


Figure 52: Carte des aléas chutes de blocs à Montarchi.

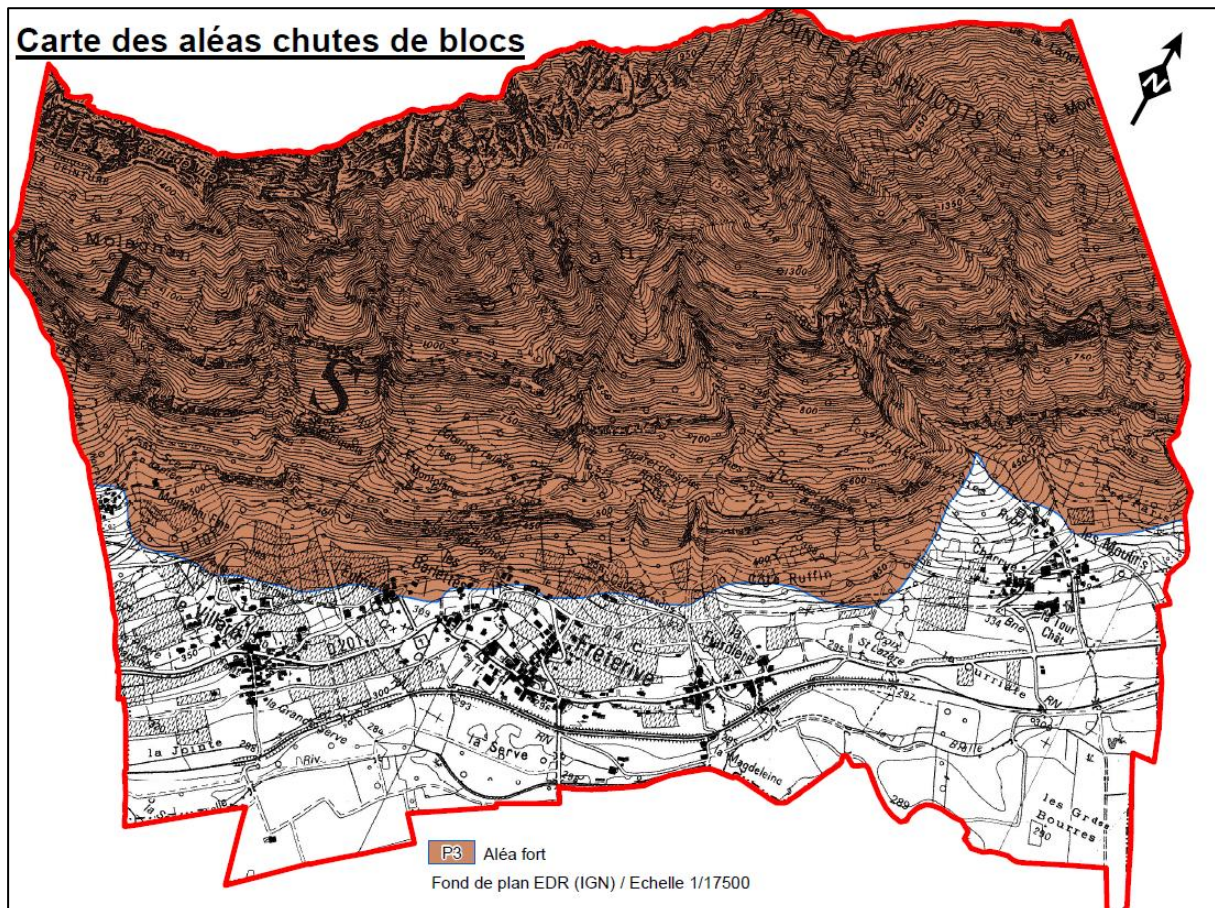


Figure 53: Carte total des aléas de chutes de pierres.

6. Aléa torrentiel

6.1 Données consultées

Les différentes données consultées pour l'élaboration de la carte d'aléas torrentiels sur le territoire communal de Fréterive sont les suivantes :

- Archives du service RTM de Savoie : rapports et fiches évènements, courrier divers, dossiers travaux, ...)
- Témoignages recueillis lors d'une réunion de travail en mairie le 25/10/2018.
- Expertise de terrain réalisée les 14, 22 et 28 novembre 2018 et témoignages de riverains recueillis à l'occasion de cette analyse sur site.

6.2 Méthode appliquée pour la qualification de l'aléa

L'ensemble du secteur d'étude est traité par analyse hydro-géomorphologique. La qualification de l'aléa est alors basée sur la grille de qualification proposée sur le projet de guide PPR crue torrentielle. Le principe est que le niveau d'aléa est le résultat d'un croisement entre niveau d'intensité et probabilité d'atteinte.

Les trois tableaux suivants présentent ces différents critères et leur croisement pour aboutir à la qualification de l'aléa.

Critère d'intensité		Niveaux d'intensité retenus		
		Fort	Moyen	Faible
Ordre de grandeur des paramètres hydrauliques		La brutalité des débordements ne rend pas possible un déplacement hors de la zone exposée ou jusqu'à une zone refuge. La hauteur d'écoulement ou d'engrèvement dépasse 1 m. Les affouillements verticaux ont une profondeur supérieure à 1 m. La taille des plus gros sédiments transportés excède 50 cm.	La brutalité des débordements ne rend pas possible un déplacement hors de la zone exposée ou jusqu'à une zone refuge. La hauteur d'écoulement ou d'engrèvement reste inférieure à 1 m. Les affouillements verticaux ont une profondeur qui ne dépasse pas 1 m. La taille des plus gros sédiments transportés n'atteint pas 50 cm.	Les phénomènes sont progressifs et laissent la possibilité d'anticiper pour quitter la zone menacée ou rejoindre une zone refuge. La hauteur d'écoulement ou d'engrèvement reste inférieure à 0,5 m. Les affouillements verticaux ont une profondeur qui ne dépasse pas 0,5 m. La taille des plus gros sédiments transportés n'atteint pas 10 cm.
Flottants		Les risques d'impact par des flottants de grande taille sont importants	Les risques d'impact par des flottants de grande taille sont modérés.	Les flottants sont de petite taille et ne peuvent pas endommager une façade de maison.
Laves torrentielles		La parcelle peut être atteinte par des laves torrentielles, soit dans la zone de transit, soit dans les zones de dépôt épais et pouvant contenir des blocs de plus de 50cm	La parcelle est située en dehors des zones de transit des laves torrentielles mais peut être atteinte par des dépôts fluides de moins de 1 m d'épaisseur et sans éléments transportés de plus de 50 cm.	La parcelle ne peut pas être atteinte par des laves torrentielles.
Effets prévisibles sur les enjeux	Espace naturels et agricoles	Des phénomènes d'engrèvement ou d'érosion de grande ampleur sont prévisibles à cause des divagations du lit du torrent. Ils conduisent à de profonds remaniements des terrains exposés.	Des phénomènes d'engrèvement ou d'érosion sur les parcelles exposées, mais leur ampleur reste limitée.	Les écoulements prévisibles sont de faible hauteur. Les dépôts peuvent être boueux mais sans matériaux de plus de 10 cm. Les affouillements prévisibles sont faibles.
	Bâtiments	Les contraintes dynamiques imposées par l'écoulement et les matériaux charriés peuvent détruire les bâtiments exposés. La ruine des constructions peut notamment intervenir sur les façades ou par sapement des fondations (les angles des bâtiments étant particulièrement menacés d'affouillement en raison des survitesses induites par la concentration des écoulements).	Les contraintes dynamiques imposées par l'écoulement et les matériaux charriés peuvent endommager gravement les façades non renforcées mais sont insuffisantes pour endommager les façades renforcées. Les affouillements prévisibles ne sont pas assez profonds pour entraîner la ruine des constructions normalement fondées.	Les contraintes dynamiques imposées par l'écoulement sont modérées et ne peuvent pas endommager des façades usuelles même non renforcées. Les affouillements prévisibles sont faibles et ne peuvent pas menacer les fondations des bâtiments.
	Infrastructures et ouvrages	Les ponts peuvent être engravés, submergés ou emportés. Les routes ou les équipements (pylônes, captages, etc.) faisant obstacle aux divagations du torrent peuvent être détruites ou ensevelies par les dépôts. Les voies de communication sont impraticables du fait de la perte du tracé. De longs travaux de déblaiement et remise en service sont nécessaires.	Les dégâts aux infrastructures, aux ouvrages et aux équipements (pylône, captage, etc.) restent modérés et leur remise en service peut être rapide.	Les routes peuvent être submergées mais sans endommagement et avec possibilité de remise en service rapide.

Figure 54: tableau d'intensité crue torrentielle

La probabilité d'atteinte est définie de la manière suivante :

Probabilité d'atteinte	Signification
Forte	Compte tenu de sa situation, la parcelle est atteinte presque à chaque fois que survient l'événement de référence, ou plus souvent.
Moyenne	La parcelle bénéficie d'une situation moins défavorable que ci-dessus vis-à-vis des débordements prévisibles, ce qui la conduit à être nettement moins souvent affectée.
Faible	La submersion de la parcelle reste possible pour au moins l'un des scénarios de référence, mais nécessite la concomitance de plusieurs facteurs aggravants

Figure 55:: tableau de probabilité d'atteinte crue torrentielle

La qualification du niveau d'aléa est ensuite faite sur la base du tableau suivant :

		Intensité		
		Faible	Moyenne	Forte
Probabilité d'atteinte	Faible	Faible (T1)	Moyen (T2)	Fort (T3)
	Moyen	Faible (T1)	Moyen (T2)	Fort (T3)
	Fort	Moyen (T2)	Fort (T3)	Fort (T3)

Figure 56: grille de qualification des aléas de crue torrentielle en zone non urbanisée

6.3 Description générale du contexte torrentiel

6.3.1 Généralités

Le territoire communal de Fréterive est traversé par de nombreux ruisseaux présentant des faciès géomorphologiques similaires. Les différents ruisseaux sont issus de la montagne de l'Arclusaz et drainent des bassins versants de faibles surfaces et à très fortes pentes.

Les terrains traversés en partie haute des bassins versants sont constitués dans des roches marno-calcaires. L'érosion des versants et les avalanches contribuent à apporter des matériaux au fond du lit, alors remobilisables lors des crues.

Toujours sur le versant mais en partie basse, la pente des torrents reste encore forte et les torrents rencontrent des terrains constitués d'éboulis anciens. En crue, les écoulements sont alors susceptibles de se charger fortement en matériaux solides (minéral et ligneux). Au vu des fortes pentes, si le volume mobilisable est conséquent, la formation de laves torrentielles dans ces ravines n'est pas exclue lors de très fortes crues.

Au débouché au niveau des enjeux, la pente des torrents diminue progressivement jusqu'à la plaine de la Bialle et de l'Isère. Lorsque les crues sont chargées en matériaux, cette diminution entraîne des dépôts inéluctables de matériaux dans les lits des torrents. L'engrèvement et les embâcles limitent rapidement la capacité hydraulique des lits et des ouvrages de franchissement, et sont alors à l'origine de débordements en crue.

Suite à des crues, de nombreux tronçons au droit d'enjeux ont fait l'objet de curages au cours desquels les matériaux ont été déposés en cordon de part et d'autre du torrent. Ces curages répétés sont parfois à l'origine de lits « perchés » (ou proche du perchement), i.e. plus haut que le terrain naturel avec deux merlons de curage (« digue ») empêchant les débordements. Si les fortes crues chargées en matériaux génèrent un engrèvement des torrents, des problématiques d'incision peuvent également être rencontrées lorsque les écoulements sont moins chargés et donc plus érosifs. Les lits, constitués de matériaux fragiles (éboulis et dépôts torrentiels), sont alors sujets à érosion. Les berges, en particulier lorsqu'elles sont constituées des matériaux de curages, apparaissent également érodables. Ces risques d'érosions sont donc également à considérer.

Par ailleurs, le couvert forestier est dense sur l'ensemble du massif. Les avalanches et les fortes pentes, empêchant qui plus est toute intervention, sont des facteurs favorisant la fourniture de bois aux torrents. Le risque de formation d'embâcles est fort et contribue donc à augmenter les risques d'obstruction et de débordements au niveau des enjeux. La végétation en berges peut également contribuer à apporter des bois aux ruisseaux, notamment en cas de basculement d'arbres suite à des problèmes d'érosion.

6.3.2 Réseau hydrographique et enjeux

Le tableau suivant présente les différents ruisseaux d'Ouest en Est, avec les secteurs d'enjeux concernés pour chacun d'eux.

Torrent	Hameau ou lieu-dit concernés
Ruisseau de Combe Noire,	Maserie
Ruisseau de la Gorge	Maserie, Montarchi, Le Villard
Ruisseau du Cruet	Le Villard (bordure Nord-Est)
Ruisseau de Dom Girard	Chef-lieu (secteur de l'Eglise jusqu'à la mairie)
Ruisseau de Raffoux et son affluent ruisseau de la Colonne	Cave dessous, La Fiardiére
Ruisseau du Cayan	Les Moulins, Charrue, La Tour
Ruisseau du Plan de Cruet et son affluent, ruisseau de Corniolle	Les Moulins

Les différents torrents coupent également plusieurs voies de communication, constituant également des enjeux :

- RD 101 (accès à Miolans), uniquement concernée par le ruisseau de la Gorge
- RD 201, concernée par tous les ruisseaux
- Voie SNCF, concernée par tous les ruisseaux à l'exception de la Gorge et de Combe Noire, pour lesquelles les eaux se perdent ou sont captées avant d'atteindre la voie SNCF
- Nombreux chemins et routes communales

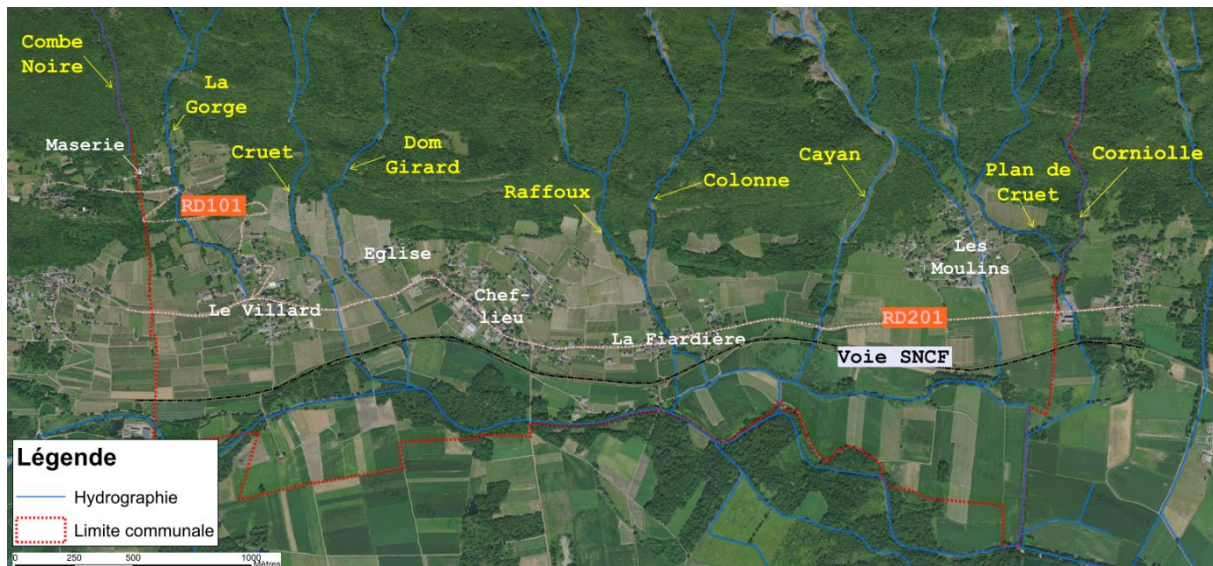


Figure 57: Réseau hydrographique et hameaux principaux

6.4 Ruisseau de Combe Noire

6.4.1 Historique des évènements

Les évènements suivants sont connus sur le ruisseau de Combe Noire.

Date de l'évènement	Description	Source
03 juin 1927	Une crue subite et très forte a menacé de dévaster le village de Maserie. Des interventions en cours de crue ont permis d'éviter les dégâts sur le hameau. En aval, obstruction du chemin vicinal n°101 et dépôts de matériaux sur des vignes et des champs.	Archives RTM
06 octobre 1930	Dépôt d'une couche de 15 à 30 cm d'épaisseur de sables et graviers dans les champs et creusement de quelques sillons. Chemin de Montplan coupé.	Archives RTM
30 juin 1939	Crue. Elle dépose environ 500 m ³ d'éboulis sur une surface de 4 ares. Le chemin d'intérêt commun n°101 est raviné sur une longueur de 2km.	Archives RTM
15 septembre 1940	Crue. Elle entraîne un volume d'environ 1100 m ³ de gravier tout venant qui se trouvait dans le lit du torrent. Les champs et paturages de chaque côté du passage du torrent sont légèrement couverts de graviers. La crue a creusé la route de Fréterive à Montplan sur une longueur de 180 m et une profondeur de 40 cm. "Le hameau de la Maserie n'a échappé à la destruction que grâce aux efforts de ses habitants qui ont lutté contre le torrent." (source : extrait du registre du conseil municipal)	Archives RTM et extrait du registre des délibérations du conseil municipal
31 août 1958	Chemin vicinal n°101 de Montplan. Dégradation du chemin par dépôts de matériaux d'une quantité évaluée à 1200 m ² .	Archives RTM
02 juin 1991	Suite à un violent orage, la crue engrave la route de Montplan et entraîne des dépôts sur les terrains en aval immédiat.	Archives RTM

6.4.2 Crue de référence

Le scénario de référence sur le torrent de Combe Noire, de période de retour de l'ordre du siècle, est une lave torrentielle de quelques milliers de mètres cubes. Les observations de terrains relateront des traces de crues avérées sous forme de laves torrentielles en amont immédiat de la Maserie.

6.4.3 Analyse du site

Le tracé actuel du lit du ruisseau de Combe Noire débouche sur la route de Montplan et est barré par un ouvrage de près de 3 m de hauteur en bordure de route (mur surmonté d'un remblai). Cet ouvrage date des années 70 et a été réalisé pour protéger la bordure Ouest du hameau contre les avalanches. Pour le scénario de référence, des dépôts importants de laves torrentielles sont prévisibles sur la route de Montplan et peuvent s'étendre sur la route descendant en direction de Miolans jusqu'au moins le carrefour avec la RD 101. Les écoulements restent en effet canalisés tout le long de la route de Montplan.



Figure 58: Route de Montplan canalisant les écoulements

Pour des évènements plus courants sous forme de charriage ou pour un écoulement plus liquide en fin de crue de référence (réessuyage des matériaux), une partie des débordements pourra s'étaler sur la route et dans les terrains en rive droite alors qu'une autre partie pourra suivre la RD 101 sur un long linéaire en direction de Fréterive jusqu'à retrouver le lit mineur du torrent de la Gorge.

En amont de la route de Montplan, on retrouve des dépôts anciens de laves torrentielles et des traces d'anciens lits témoignant de divagations passées du torrent. Pour le scénario de référence, de nouvelles divagations sont possibles. Les divagations vers l'Est atteignent la route de Montplan sur un tronçon non barré par l'ouvrage paravalanche. Aussi, en cas de divagations vers l'Est, la lave torrentielle franchit la route de Montplan et menace le hameau de la Maserie.

Les traces d'anciens lits sont visibles sur les photos aériennes suivantes datant de 1948 et 1971.

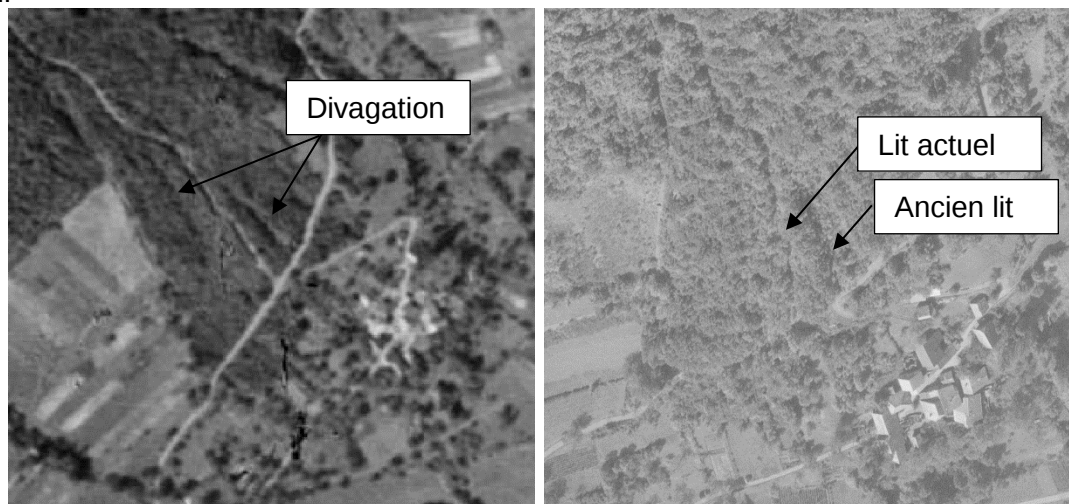


Figure 59: Divagations visibles sur des anciennes photos aériennes



Figure 60: Dépôts anciens de lave torrentielle



Figure 61: Coude depuis lequel des divagations se sont déjà produites vers la cote 530

6.4.4 Aléas sur le bâti

La probabilité d'atteinte des habitations de la Maserie est jugée faible. En effet, des petites langues de divagations devraient s'arrêter en forêt. En revanche, si un changement brutal de lit vers l'Est a lieu en début d'évènement, compte tenu des fortes pentes, l'atteinte de la Maserie est possible. La voirie pourra alors également participer à guider les débordements. Si cet évènement se produit, bien que de probabilité faible, l'intensité prévisible est forte sur toute la partie haute du hameau et modérée sur les propriétés bâties en partie basse. Aussi, les propriétés en amont de la route de Montarchi et celles en limite aval de cette route sont exposées à un aléa fort. Celles en aval sont exposées à un aléa moyen.

6.5 Ruisseau de la Gorge (Maserie)

6.5.1 Historique des évènements

Les évènements suivants sont connus sur le ruisseau de la Gorge.

Date de l'évènement	Description	Source
Année 1855	Plainte du directeur des Postes concernant l'état de la route reliant Chambéry à Albertville, surtout aux environs de Fréterive où des ruisseaux occasionnent incessamment des dégâts	Mougin, 1914
30 juin 1939	Dépôt d'environ 45 m ³ d'éboulis sur une surface de 11 ares de près.	Archives RTM
19 mai 1994	Crue générant quelques dégâts aux vignes ou au près du hameau du Villard. Elle coupe sans conséquence le CD201	Archives RTM
19 juin 1995	Quatre débordements en une année.	RTM
octobre 1998	Crue générant des débordements sans conséquences à l'aval des captages de la Maserie et au niveau du CD201. Des curages ont du être réalisés. Des débordements sont évités de justesse vers la rive gauche au niveau du passage à gué du Villard d'en Haut. Une solution passage à gué est évoquée.	Archives RTM
Début Septembre 2008	Débordements ayant conduit à décider d'aménager la plage de dépôts, laquelle fut réalisée en 2009.	Mairie
06 décembre 2010	Crue en trois bouffées selon des témoins. Sur la piste de Montplan : dépôts de quelques dizaines de m ³ sur la piste. Des écoulements liquides suivent la piste en direction de Miolans puis replongent sur le réservoir et suivent le chemin en direction de la Maserie. Au droit de la Maserie : importants dépôts avec divagations latérales. Au droit du virage de la RD201 : passage sous la buse sans obstruction. A l'aval du pont de la RD201, pas de débordements. Les plages de dépôt sont efficaces.	Archives RTM
16 décembre 2011	Crue évoquée dans le rapport RTM du 23/05/2012.	Archives RTM
10 décembre 2017	Suite à de fortes pluies avec la fonte de la neige Le passage en radier de la route départementale a été remblayé sur une centaine de m ² mais le torrent est resté dans son lit. Le torrent est sorti de son lit en rive gauche entre le périmètre de protection et le captage. Les matériaux ont atteint la route d'accès à Montarchi et les écoulements ont légèrement érodé le talus aval de la route.	Archives RTM

6.5.2 Crue de référence

La crue de référence s'écoule sous forme de charriage pouvant être très concentré (notamment au droit de Maserie) et peut charrier plusieurs centaines à milliers de mètres cubes de matériaux. Le transport de bois flottants est également probable.

6.5.3 Analyse du site

Secteur de La Maserie – Montarchi

En amont de la Maserie, le ruisseau franchit une piste via un passage à gué. En aval de celui-ci, il marque un coude et apparaît particulièrement étroit. Une accumulation des matériaux sur le radier peut entraîner des débordements vers la piste en rive droite mais aussi vers les terrains en rive gauche en aval immédiat du radier.



Figure 62: Traces de débordements en aval rive gauche du radier de la piste de Montplan

En aval, la pente en long faiblit. Un engravement du linéaire est alors prévisible en crue et génère des risques de débordements et de divagations.

En rive droite, les débordements peuvent notamment suivre la piste d'accès au réservoir et prendre la direction du hameau de Maserie. Un cordon de matériaux de curage a été mis en œuvre pour limiter ce risque de débordement. Néanmoins, il reste érodable et n'est pas considéré comme efficace pour la cartographie de l'aléa. L'aménagement de la route à l'amont immédiat des enjeux doit permettre à une partie des écoulements d'être redirigé vers le ruisseau en suivant la piste de Montarchi. Néanmoins, une partie des débordements pourrait suivre la route traversant le hameau et inonder les maisons de part et d'autres de cette voie.



Figure 63: crue du 6 décembre 2010 sur la piste menant au réservoir



Figure 64: Débordements sur piste menant au réservoir
En rive gauche, des divagations sont possibles dans les champs. Ces débordements traversent la piste d'accès aux habitations de Montarchi mais ne menacent aucune habitation.



Figure 65: Traces de divagations récentes (matériaux déposés)

Secteur du Villard

Après un passage couvert sous la RD 101, le torrent est sujet à engravement. Des cordons de matériaux de curage ont été édifiés de part et d'autre et recouvrent localement d'anciens murs encore visibles, vraisemblablement établis pour canaliser le torrent.

La rive droite présente des points de faiblesses : points bas et cordon de matériaux en berges très peu épais. Pour l'évènement de référence, des débordements sur cette rive sont prévisibles. Ils ne peuvent alors retourner au lit et sont susceptibles de se propager jusqu'à une propriété en contrebas.

Les débordements en rive gauche sont moins problématiques : ils peuvent engraver le vignoble mais retrouvent rapidement le lit mineur après que celui-ci ait marqué un coude à 90° vers l'Est.



Figure 66: Cordon de matériaux sur les deux rives

Un peu plus en aval à l'approche du hameau du Villard, le torrent marque un nouveau coude. Au niveau du coude, le gabarit du lit mineur est réduit et des débordements vers la rive gauche sont probables. Une habitation apparaît particulièrement exposée.

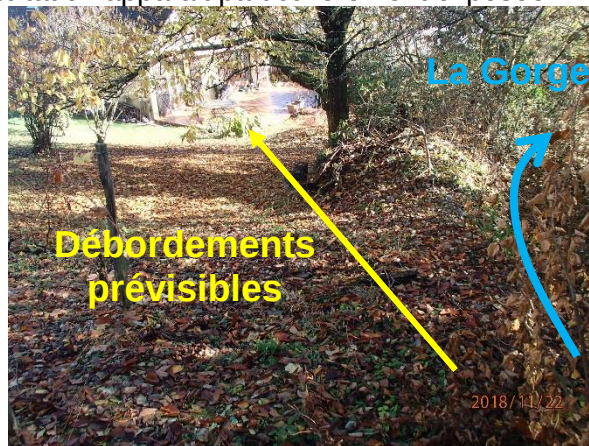


Figure 67: Débordements en amont du Villard

Sur la traversée du hameau du Villard, les débordements étaient fréquents. Depuis 2009, le torrent est équipé d'une petite plage de dépôt.

A l'entrée de la plage de dépôt, le torrent franchit une route communale au travers d'un dalot. Son gabarit paraît adapté au torrent. Pour autant, pour l'évènement de référence, son risque d'obstruction par embâcle ne peut être écarté. Le cas échéant, des débordements peuvent suivre la route sur la rive gauche et se déverser sur les propriétés en aval jusqu'à atteindre la RD 201.



Figure 68: Plage de dépôt de la Gorge

La plage de dépôt a fonctionné lors de la crue de 2010 et n'a à ce jour jamais été totalement comblée sur un seul événement. En aval, le lit est chenalisé avant d'être couvert depuis l'amont de la RD 201. A l'entrée du passage couvert, le torrent est équipé d'un avaloir avec grille disposant encore d'une petite capacité de stockage en cas de dépassement de la capacité de la plage de dépôt amont.

Le dépassement de la capacité hydraulique de la buse ou l'obstruction au moins partielle de l'ouvrage ne peut être écartée. Si ce scénario se produit, les écoulements suivraient la route et se répandraient de manière diffuse sur les propriétés en aval.



Figure 69:Chenal en aval de la plage de dépôt

6.5.4 Aléas sur le bâti existant

Sur le secteur de la Maserie, les propriétés exposées seraient en secteur d'aléa moyen à faible. Elles sont déjà exposées à un aléa de même niveau ou supérieur (celui du à Combe Noire), et donc prédominant, vis-à-vis des crues du ruisseau de la Gorge.

Sur le secteur haut du Villard (au-dessus de la RD 201) :

- une propriété à proximité immédiate du ruisseau en rive gauche est exposée à un aléa fort, pour une probabilité d'atteinte forte et une intensité prévisible forte.
- En aval de cette première maison, une propriété en cours de construction est exposée à un aléa faible.
- En rive gauche à l'aval de la plage de dépôts, plusieurs propriétés sont exposées à un aléa faible en cas de débordement du dalot d'entrée de la plage de dépôt. La probabilité est faible et l'intensité prévisible est faible compte tenu d'une diffusion rapide du flux débordant.
- Une propriété éloignée du ruisseau sur sa rive droite est exposée à un aléa faible en cas de divagations du ruisseau depuis le tronçon en aval du franchissement de la RD101

Sur le secteur bas du Villard (sous la RD 201), une grande partie du hameau est exposée à un aléa faible, pour une probabilité d'atteinte faible et une intensité prévisible faible (écoulement diffus).

6.6 Ruisseau de Cruet

6.6.1 Historique des événements

Les événements suivants sont connus sur le ruisseau de Cruet.

Date de l'évènement	Description	Source
année 1855	Plainte du directeur des Postes concernant l'état de la route reliant Chambéry à Albertville, surtout aux environs de Fréterive où des ruisseaux occasionnent incessamment des dégâts	Mougin, 1914

30 juin 1939	Dépôt d'environ 15 m ³ d'éboulis sur le chemin d'intérêt commun sur une longueur de 15 à 18 m au lieu-dit La Ferme	Archives RTM
24 septembre 1972	Le ruisseau est sorti de son lit obstruant le VC n°6 et le VC n°7	Archives RTM
01 juin 1979	Suite à un orage les crues du Dom Girard, Moulins (Cruet ?) et Colonne entraînent d'importants dégâts sur la voirie communale et rurale. Le lit des torrents est complètement obstrué, une partie du cimetière a été inondé ainsi que la cour de la mairie.	Archives RTM : courrier de la commune du 5/6/1979 au DDA
02 juin 1991	La plage de dépôt a parfaitement fonctionné en retenant la quasi-totalité des transports solides (1500 m ³), mais l'obstruction de la buse d'évacuation n'a pu être évitée. Le ruisseau du Cruet et sa charge de débris s'est donc répandu sur les parcelles situées en contrbas, provoquant dégâts aux cultures, vignes et maïs, coupant la circulation sur le CD 201 et renversant une partie du mur de soutènement de ce dernier sur environ 25 ml. Plus en aval, la voie SNCF a été submergée sur 150 ml et une partie du ballast emporté.	Archives RTM : CR de réunion en mairie le 22/07/1991 et rapport RTM du 7 juin 1991
Année 2001	Divagation dans les vignes	Témoignage
12 septembre 2016	Crue sans débordement. Dépôt d'environ 500 m ³ de matériaux (bois et pierre) dans les deux bacs de la plage de dépôt	Archives RTM

6.6.2 Analyse du site

Le torrent de Cruet est équipé d'une plage de dépôt réalisée en 1998. Elle présente la particularité d'être constituée de deux casiers en série. Avant sa construction, il existait déjà une zone de dépôt, de moindre volume, aménagée en amont d'un avaloir. Sa capacité est au moins supérieure à la crue la plus intense recensée, celle de 1991.

Jusqu'à la plage de dépôt, le torrent apparaît suffisamment encaissé puis correctement aménagée à l'approche de l'ouvrage pour écarter tout risque de débordement.

A l'aval de la plage de dépôt, le ruisseau est busé sous la RD201 puis sous le vignoble jusqu'à l'amont immédiat de la voie SNCF. Jusqu'à présent la capacité de la plage de dépôt n'a jamais été dépassée sur un événement et le busage aval n'a jamais débordé.

Pour une période de retour centennale, le risque de débordement de l'avaloir (par capacité hydraulique insuffisante et ou dépassement de la capacité de stockage sur un ou plusieurs événements successifs) ne peut être écarté. Ce risque est estimé de probabilité faible et d'une intensité faible compte tenu d'une diffusion rapide du flux débordant.



Figure 70: deux casiers successifs de la plage de dépôt



Figure 71: ruisseau enterré dès l'aval de la plage de dépôt

6.6.3 Aléa sur le bâti existant

Aucune propriété bâtie existante n'est exposée à un aléa torrentiel.

6.7 Ruisseau de Dom Girard

6.7.1 Historique des évènements

Les évènements suivants sont connus sur le ruisseau de Dom Girard :

Date de l'évènement	Description	Source
année 1855	Plainte du directeur des Postes concernant l'état de la route reliant Chambéry à Albertville, surtout aux environs de Fréterive où des ruisseaux occasionnent incessamment des dégâts	Mougin, 1914
07 septembre 1888	A la suite d'un orage intervenu vers 16h30, les torrents de Dom Girard, de la Colonne et de Cayan ont débordé dans les vignes et dans les champs sur plusieurs endroits, en charriant d'énormes blocs de pierre, du bois et de la broussaille. La RD201 a été coupée aux 3 endroits traversés par ces torrents. Les eaux ont inondé la voie de chemin de fer	Mougin, 1914
30 juin 1939	Le ruisseau a quitté son lit en traversant le chemin vicinal qui relie la partie haute du hameau de Villard au hameau de l'Eglise, et a déposé entre les cotes 330 et 340 environ 250 m ³ de graviers, causant quelques dégâts aux propriétés. 80 cm à 1 m de dépôt dans le lit et sur le chemin vicinal dans la partie où il longe deux propriétés.	Archives RTM
24 septembre 1972	Ce ruisseau traverse le VC 7 à proximité des habitations du hameau de l'Eglise par un aqueduc exigu et un lit tortueux à l'amont, d'où le débordement et l'obstruction du VC n°7.	Archives RTM
01 juin 1979	Suite à un orage les crues du Dom Girard, Moulins (Cruet ?) et Colonne entraînent d'importants dégâts sur la voirie communale et rurale. Le lit des torrents est complètement obstrué, une partie du cimetière a été inondé ainsi que la cour de la mairie.	Archives RTM : Courrier de la commune du 5/6/1979 au DDA

19 novembre 1992	Le ruisseau a quitté son lit vers la rive droite en amont de l'Eglise, ravinant quelques rangs de vignes et laissant des dépôts de matériaux sur 20 à 30 ares	Archives RTM
12 septembre 2016	Suite à un orage, la crue du Dom Girard a déposé, au niveau du radier communal, des matériaux sur environ 1,5 m d'épaisseur et des dépôts étaient visibles sur une centaine de mètres vers l'amont. Le volume déposé est estimé à environ 300 m³. Bois et éléments solides constituaient ce front dont l'arrêt brutal sur l'ouvrage a entraîné un débordement vers la rive gauche en direction des lieux habités. Le débordement a suivi la route en direction de l'église, inondant la sacristie et une maison d'habitation. Les écoulements liquides se sont poursuivis jusqu'à la mairie, inondant caves et ateliers. Le canal bétonné en aval du radier n'a pas été sollicité. L'eau a atteint plus de 50 cm sur la RD201 et dans la cour de la mairie, inondant le garage municipal et deux caves voisines. (source : notice explicative de la commune jointe au dossier CATNAT)	Archives RTM

6.7.2 Crue de référence

La crue de référence au droit de la traversée du secteur de l'Eglise s'écoule sous forme de charriage et est susceptible de transporter plusieurs centaines à milliers de mètres cubes. Le transport de bois flottants est également probable.

6.7.3 Analyse du site

Au débouché sur le cône de déjection, le ruisseau de Dom Girard est perché entre deux imposants cordons de matériaux de curage. Un engravement du lit sur ce linéaire est prévisible et peut entraîner des débordements sur les deux rives. La configuration en lit perché empêche alors tout retour des écoulements au lit mineur.

Vers la rive droite, les débordements vers la rive droite ne menace pas d'enjeu habité.

Vers la rive gauche, ils sont susceptibles de suivre la voirie sur un long linéaire jusqu'au chef-lieu (route communale vers l'Eglise puis RD 201). Les conséquences possibles en termes d'inondations sont alors les suivantes :

- Déversement vers les propriétés en aval de la route de l'Eglise, comme observé en 2016. Depuis la crue, des aménagements de voirie ont été réalisés pour réduire ces risques (goudron reprofilé, bordures) ; s'ils sont favorables, ils ne peuvent être considérée comme une garantie totale et ne sont pas considérés dans le zonage de l'aléa.
- Inondation du cimetière : un tel évènement se serait produit en 1979. En l'état actuel du profilage de la voirie, la probabilité d'un tel scénario est très faible.
- Inondation du secteur de la mairie, établie en point bas. Un tel scénario s'est produit en 1979 et 2016. Si le volume d'eau chargée accumulé était supérieur à celui connu en 2016, un secteur plus vaste pourrait être concerné jusqu'à la voie SNCF.

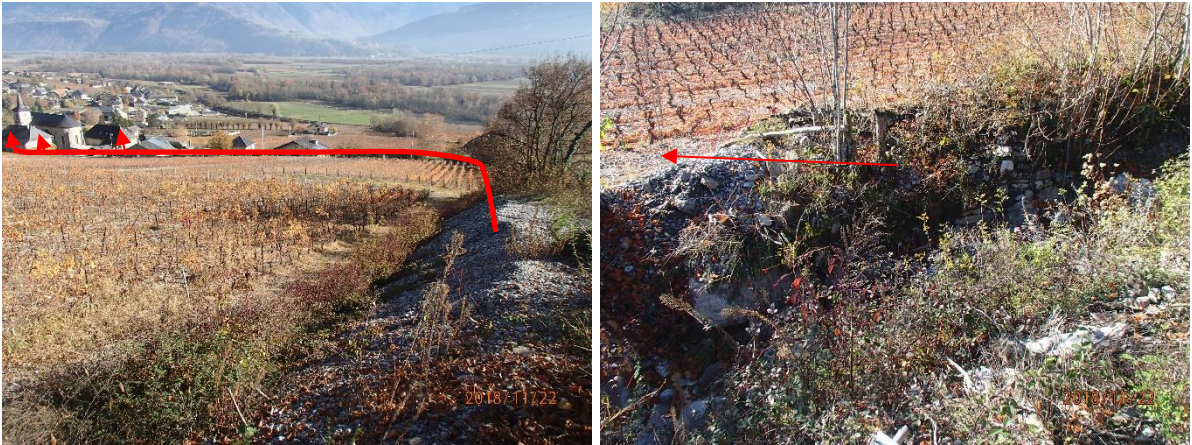


Figure 72: Débordements possibles sur les deux rives du Dom Girard en amont de l'Eglise

En aval du secteur de l'Eglise, le ruisseau ne menace plus d'enjeu habité. Le torrent est encore bordé par des cordons de matériaux de curage et localement perché. A noter qu'en amont de la RD 201, le cordon rive droite apparaît particulièrement érodé et sa rupture pour l'évènement de référence est probable. Il semblerait que cette érosion fasse suite à la ruine d'un ancien chenal d'écoulement empierré entraînant une importante érosion régressive.



Figure 73: Anse d'érosion marquée en rive droite (à gauche) et traces d'un ancien chenal empierré (à droite)



Figure 74 : Dépôt de matériaux lors de la crue de septembre 2016 sur le radier communal

6.7.4 Aléa sur le bâti

Les habitations en contrebas de la route de l'Eglise sont exposées à un aléa moyen. Le cimetière est exposé à un aléa faible sur sa partie Est

Dans le chef-lieu, la mairie est exposée à un aléa moyen, compte tenu de l'accumulation possible de matériaux et d'eau. Entre la mairie et la voie SNCF, un vaste secteur est exposé à un aléa faible (probabilité faible et intensité faible).

6.8 Ruisseau de Raffoux et Colonne

6.8.1 Historique des évènements

Date de l'évènement	Description	Source
année 1855	Plainte du directeur des Postes concernant l'état de la route reliant Chambéry à Albertville, surtout aux environs de Fréterive où des ruisseaux occasionnent incessamment des dégâts	Mougin, 1914
07 septembre 1888	Ruisseau de la Colonne : à la suite d'un orage intervenu vers 16h30, les torrents de Dom Girard, de la Colonne et de Cayan ont débordé dans les vignes et dans les champs sur plusieurs endroits, en charriant d'énormes blocs de pierre, du bois et de la broussaille. La RD201 a été coupée aux 3 endroits traversés par ces torrents. Les eaux ont inondé la voie de chemin de fer,	Mougin, 1914
année 1945	Ruisseau de Raffoux : quelques hectares de vignes à "Cave dessous" et le chemin vicinal de la Fiardièrre aux caves ont été recouverts de blocs et de pierrailles.	Archives RTM
24 septembre 1972	Crue du ruisseau de la Colonne. Un ponceau détruit, chaussée arrachée sur 200 m, chemin rural de la Perrière	Archives RTM
01 juin 1979	Ruisseau de Colonne : suite à un orage les crues du Dom Girard, Moulins et Colonne entraînent d'importants dégâts sur la voirie communale et rurale. Le lit des torrents est complètement obstrué, une partie du cimetière a été inondé ainsi que la cour de la mairie.	Archives RTM : Courier de la commune du 5/6/1979 au DDA
17 septembre 2013	Ruisseau de Raffoux : débordement sans gravité autour du chalet des Greffeurs et de la nouvelle maison (chemin des Plates) - uniquement de l'eau de ruissellement sans dégâts. Dépôts sous la voie SNCF sans coupure de la ligne	Archives RTM

6.8.2 Crue de référence

La crue de référence depuis la confluence des deux affluents s'écoule sous forme de charriage et est susceptibles de transporter plusieurs centaines à milliers de mètres cubes. Le transport de bois flottants est également probable.

6.8.3 Analyse du site

En amont de leur confluence, les affluents de Raffoux et de la Colonne s'écoulent en zone naturelle.

Vers la cote 490, quelques décamètres après la cascade, le ruisseau de Raffoux marque un coude. Compte tenu du gabarit du lit et de l'absence d'historique, un changement de lit brutal n'est pas retenu pour la crue de référence. Seule une langue de débordement sera considérée dans la cartographie de l'aléa mais l'atteinte des habitations en contrebas n'est pas jugée probable pour une période de retour de l'ordre du siècle.



Figure 75:Aval de la cascade du Raffoux : possible langue de débordement mais changement de lit brutal non retenu pour un scénario centennal

A l'approche de la confluence des deux affluents, deux passerelles franchissent le ruisseau de la Colonne et présentent un risque d'obstruction. Le cas échéant des débordements peuvent se propager dans le vignoble et atteindre une propriété en aval.



Figure 76:Passerelle sur la Colonne

A leur confluence, une zone dépôt est aménagée mais ne peut être désignée comme une réelle plage de dépôt car non aménagée dans les règles de l'art et partiellement comblée. Un risque de débordement vers la rive droite après débordement et/ou érosion du merlon délimitant la zone de dépôt en bordure de la route communale. Ces débordements se répartissent alors entre le vignoble et la route communale :

- Ceux dans le vignoble sont susceptibles d'atteindre deux propriétés dont une en cours de construction.
- Ceux sur la route communale sont susceptibles d'inonder les propriétés de part et d'autre, atteignent la RD 201 et se répartissent de manière diffuse, à la faveur de la micro-topographie sur la zone habitée entre la RD 201 et la voie SNCF.



Figure 77: Cordon rive droite délimitant la zone de dépôt et débordements probables

En aval, l'engravement du linéaire du torrent peut être à l'origine de débordement au droit de la RD201. Le cas échéant, le flux débordants se répartit rapidement (écoulement diffus) de part et d'autres et est susceptibles d'inonder les propriétés en aval de la RD 201. La micro-topographie joue alors un rôle essentiel (bordure de trottoir, profilage de chaussée,...).



Figure 78: Pont de la RD 201 sur le torrent du Raffoux et linéaire amont sujet à engravement

6.8.4 Aléa sur le bâti existant

Les débordements depuis la rive gauche de la Colonne exposent une propriété à un aléa faible.

Les deux propriétés isolées dans le vignoble et celles en rive droite en amont de la RD201 sont exposées à un aléa moyen.

Une vaste zone urbanisée en aval de la RD 201 est exposée à un aléa faible.

La propriété en amont de la RD201 en rive gauche du torrent est exposée à un aléa faible.

6.9 Ruisseau de Cayan

6.9.1 Historique des évènements

Les évènements suivants sont connus sur le ruisseau de Cayan.

Date de l'évènement	Description	Source
Année 1855	Plainte du directeur des Postes concernant l'état de la route reliant Chambéry à Albertville, surtout aux environs de Fréterive où des ruisseaux occasionnent incessamment des dégâts	Mougin, 1914
07 septembre 1888	A la suite d'un orage intervenu vers 16h30, les torrents de Dom Girard, de la Colonne et de Cayan ont débordé dans les vignes et dans les champs sur plusieurs endroits, en charriant d'énormes blocs de pierre, du bois et de la broussaille. La RD201 a été coupée aux 3 endroits traversés par ces torrents. Les eaux ont inondé la voie de chemin de fer,	Mougin, 1914
Année 1957	Le torrent est passé à l'ouest immédiat du hameau des moulins.	Témoignage
année 1958	Débordement très important du Cayan 50 m en aval du coude supérieur et tracé d'un lit secondaire à travers la forêt au droit de la maison Pernet et dans les prës situés en aval, jusqu'à la voie de chemin de fer.	Buevoz G., 2008 Repris dans l'étude RTM 2008
24 septembre 1972	Chemin rural des Tartereaux coupé, chemin rural des Combes endommagé et raviné	Archives RTM
Aout 1982	Débordement du Cayan suite à un orage et à l'engravement du lit à 100 m en amont du chemin dit des "Tartereaux". Important apport de matériaux dans les prës en aval et creusement de plusieurs lits secondaires dans la vigne Laurent. Obstruction et submersion de la RD201.	Buevoz G., 2008 Repris dans l'étude RTM 2008
9 et 10 novembre 2002	Formation d'un barrage par une avalanche faisant suite à des chutes de pluie importantes intervenues après un épisode neigeux. Sa rupture a ensuite provoqué une coulée qui a affouillé le lit du torrent en amont du chemin des Tartereaux. Débordement du torrent de part et d'autre de ce point et création de lits parallèles inondant toute la zone aval. Obstruction de la buse de la RD 201	Buevoz G., 2008 Repris dans l'étude RTM 2008

Remarque : les évènements dont la source d'origine est Buevoz, F, 2008 sont repris de l'historique présenté dans l'étude RTM de 2008, Protection contre les risques liés au torrent du Cayan

6.9.2 Crue de référence

La crue de référence est une lave torrentielle de plusieurs milliers à dizaines de milliers de mètres cubes susceptibles de s'écouler puis s'étaler sous cette forme jusqu'au moins la piste à la cote 350 voire les terrains en aval immédiat, puis d'être remobilisée sous forme de charriage hyperconcentré à l'origine d'un engravement du linéaire aval, notamment au niveau du passage de la RD 201 puis de la voie SNCF.

6.9.3 Analyse de terrain

A l'apex de son cône de déjection, le ruisseau du Cayan marque un coude important pour suivre ensuite une génératrice Ouest de son cône de déjection.

Historiquement, plusieurs crues sous forme de lave torrentielle n'ont pas suivi ce virage et se sont propagées selon une trajectoire plus rectiligne, vers la rive gauche. Certaines d'entre elles se seraient dangereusement approchées du hameau des Moulins.

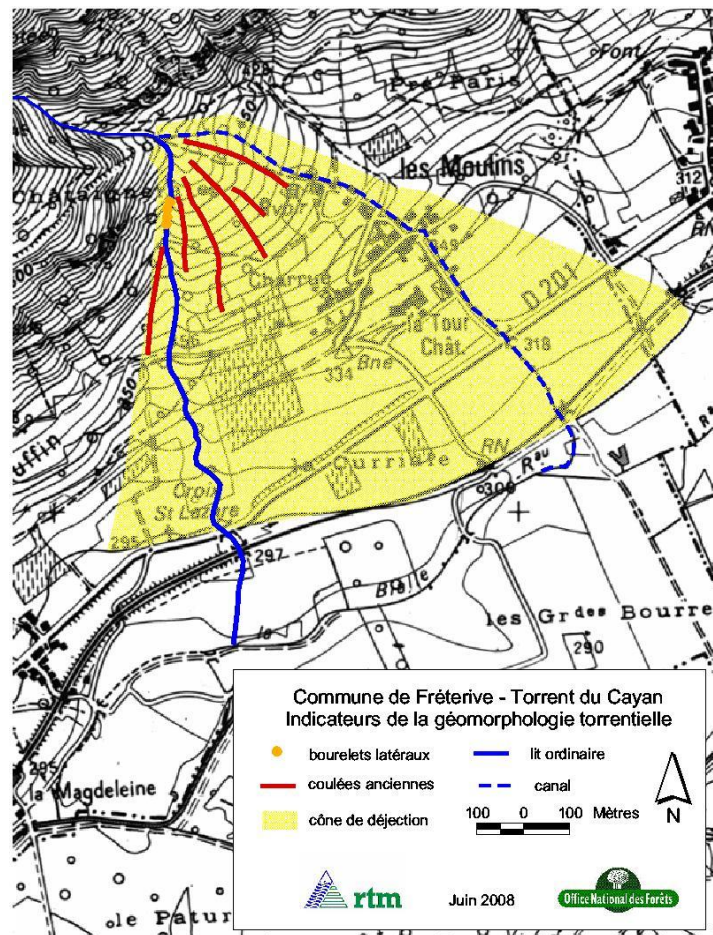


Figure 79: Axes d'anciens débordements en rive gauche du Cayan (source : étude RTM 2008)

Suite à un important éboulement dans les gorges du Cayan en 2008 et aux craintes de remobilisation sous forme de lave torrentielle susceptible de menacer le hameau des Moulins, une imposante digue a été édifée en rive gauche du torrent pour contenir et guider les écoulements dans le lit mineur côté Ouest du cône de déjection. Cette digue a également été conçue comme une tourne paravalanche et surdimensionnée à cet effet.

Au niveau du coude et encore à l'aval, le torrent a une très forte pente et la hauteur de la berge rive gauche est proche d'une dizaine de mètres. Ce gabarit est estimé largement suffisant pour garantir le transit d'une lave centennale sans débordement au droit du coude.

En revanche, à mi-chemin entre le coude et la piste à la cote 350, le torrent marque une rupture de pente notable et la berge rive gauche est beaucoup moins élevée, et qui plus est en cours d'érosion. Cette rupture de pente explique l'étalement des crues et les dépôts observés en amont de la piste. C'est sur ce secteur qu'une digue rive droite a été édifée en amont immédiat de la passerelle piétonne pour délimiter une zone naturelle de dépôt où une plage de dépôt complémentaire a été imaginée dans l'hypothèse d'une augmentation conséquente du transport solide. Il n'est pas prévu pour l'instant de réaliser cet ouvrage.



Figure 80:Chenal marqué du Cayan (à gauche) - rupture de pente et dépôts de matériaux en aval (à droite)

Pour une crue d'occurrence centennale, des débordements vers la rive gauche depuis la rupture de pente sont probables. Le cas échéant, ils suivront la ligne de plus forte pente et sont susceptibles d'atteindre la RD201 et les terrains en aval. Au niveau de la RD201 puis de la voie SNCF, des débordements peuvent aussi faire suite à l'engravement du torrent après remobilisation des matériaux dans le lit. Ces débordements se répandent sur les terrains en aval de la RD 201.



Figure 81:lit en amont de la RD 201 et passage busé sous la route

6.9.4 Aléa sur le bâti existant

Aucun bâtiment n'est plus exposé à un aléa torrentiel lié au Cayan en l'état de la topographie résultant des travaux réalisés en 2009..

6.10 Ruisseau de Plan de Cruet (et affluent de Corniolle)

6.10.1 Historique des évènements

Date de l'évènement	Description	Source
année 1855	Plainte du directeur des Postes concernant l'état de la route reliant Chambéry à Albertville, surtout aux environs de Fréterive où des ruisseaux occasionnent incessamment des dégâts	Mougin, 1914
24/09/1972	Pont démoli, chemin rural des Moulins et VC 5 ravinée	Archives RTM
09/09/2007	Les deux plages de dépôts sont comblées sur le ruisseau de Corniolle.	Archives RTM
17/09/2013	Crue du ruisseau générant un engravement sans gravité sur la radier vers la cote 380 et un important dépôt dans la plage de dépôt en aval, justifiant son curage	Archives RTM

6.10.2 Crue de référence

Le scénario de référence est une crue s'écoulant sous forme de charriage, voire de charriage hyperconcentré à l'origine d'un engravement progressif du torrent. Le transport de flottants durant la crue est très probable. Pour des crues moins chargées, ou durant des phases transitoires en crue suite à un blocage d'embâcles par exemple, des problèmes liés à l'érosion peuvent à l'inverse être rencontrés.

6.10.3 Analyse du site

Vers la cote 390, à l'aval immédiat d'un passage à gué, le torrent marque un coude. Malgré l'aménagement de protection de berges en rive gauche pour guider les écoulements, un blocage de matériaux sur le passage à gué peut entraîner des débordements vers la rive droite. Les conséquences en termes d'inondation sont alors les suivantes :

- Une partie se répand dans le vignoble et le terrain à l'intérieur du lacet de la route communale.
- Une autre partie peut suivre une piste agricole et atteindre plusieurs propriétés aux Moulins.



Figure 82 : Risque de débordement (en rouge) du ruisseau de Plan de Cruet (en bleu)

En aval, le lit prend une direction vers l'Est et ne suit plus la ligne de plus grande pente. Un imposant merlon constitué de matériaux de curage guide le lit mineur et limite les risques de débordements. Toutefois, coté torrent, cet ouvrage apparaît localement érodé (berge verticale)

et la végétation y est abondante. Pour la crue de référence, la possible ouverture d'une brèche n'est pas écartée et pourrait faire suite à une érosion et/ou un arrachement d'une partie de « digue » après basculement d'un arbre. Le cas échéant, les débordements se répandent sur le cône. En aval, un merlon de curage guide encore le lit mineur, mais on retrouve, en rive droite, d'anciens bras de divagations témoignant de débordements anciens. Le torrent sort ensuite du territoire communal de Fréterive.



Figure 83 :Berge rive droite érodée (à gauche) et secteur d'anciennes divagations derrière les merlons de curage

6.10.4 Synthèse : aléa sur le bâti.

Les débordements depuis l'aval du passage à gué exposent plusieurs habitations à un aléa moyen en amont de la route communale traversant le hameau. En aval de celle-ci, l'aléa est réduit à un niveau faible après diffusion du flux et trois propriétés sont concernées.

6.11 Cas du « bief » traversant les Moulins

Ce bief qui n'a pas de véritable bassin versant. Il récupère des eaux de sources et vraisemblablement des eaux pluviales. Son lit mineur est cartographié pour information mais ses risques de débordement ne sont pas étudiés. Les éventuels débordements seraient d'origine anthropique.



Figure 84:le "bief"

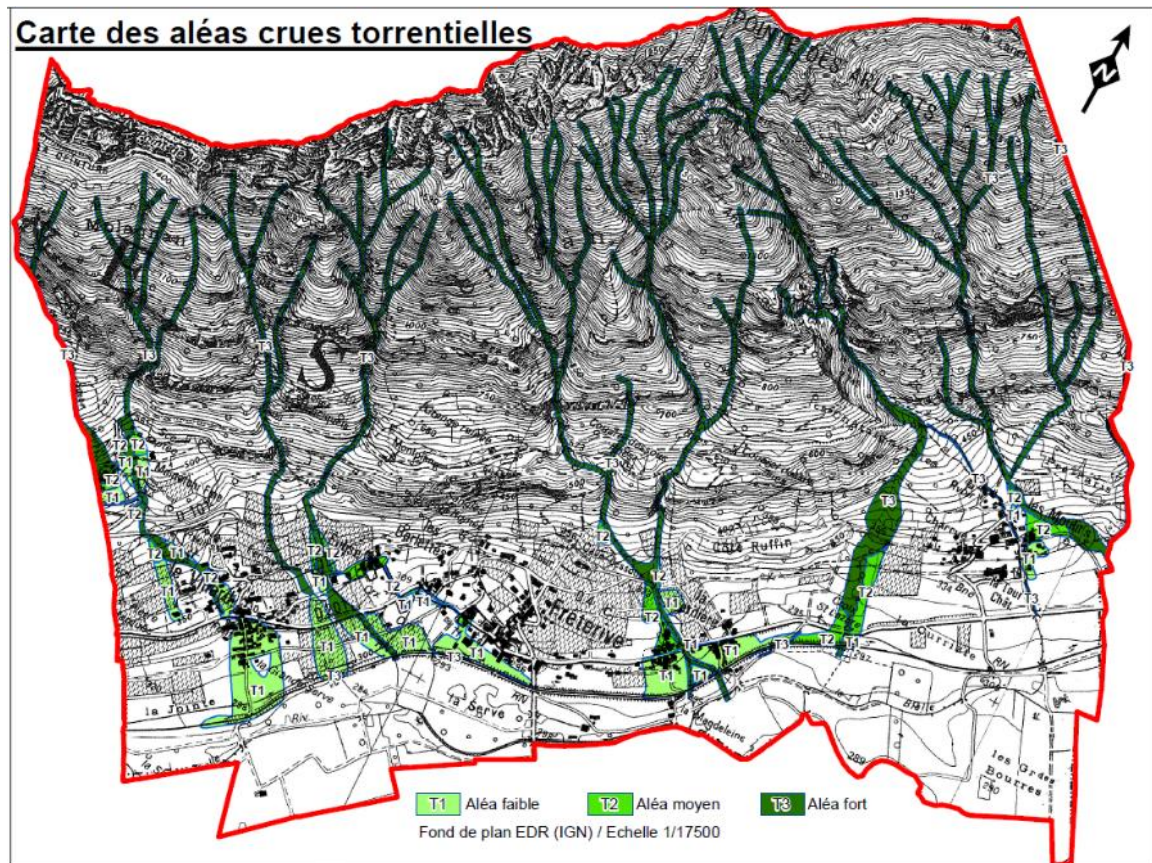


Figure 85: Carte des aléas torrentiels.

7. La carte de tous les aléas.

Les trois cartes dessinées séparément dans un premier temps ont ensuite fait l'objet d'une superposition et d'une harmonisation en vue d'éviter l'apparition de microzones. Ce nettoyage a été pratiqué manuellement pour ne pas risquer d'effacer ou réduire une zone d'aléa notable pour la suite de la démarche.

Par ailleurs, sachant que la finalité de cette carte est d'orienter l'urbanisme, nous avons pris le parti de mettre une teinte par niveau d'intensité de l'aléa, ce qui permet à ce niveau d'afficher la constructibilité. Nous avons également reproduit les surfaces réglementées au titre du plan de prévention des risques d'inondation (PPRI). En effet une partie de la plaine de l'Isère et de la Bialle est sujette aux inondations et son occupation du sol est réglementée.

Zonage des risques naturels hors périmètre PPR :

	Degrés d'aléa	Retranscription réglementaire
	3 : Aléa fort	Zone inconstructible, maintien du bâti à l'existant
	2 : Aléa moyen	Zone constructible sous prescription en zone urbaine, inconstructible en zone naturelle et agricole
	1 : Aléa faible	Zone constructible sous prescriptions et/ou recommandations

Phénomènes

A : Avalanches
P : Chutes de blocs
T : Crues torrentielles

Exemples

A3 : aléa fort d'avalanches
P2T1 : aléa moyen de chutes de blocs et aléa faible de crues torrentielles

Pour mémoire, extrait du zonage du PPRI de l'Isère :

	Limite du périmètre réglementé du PPRI
	Constructible avec prescription(s)
	Inconstructible

Figure 86: Légende de la carte des aléas.

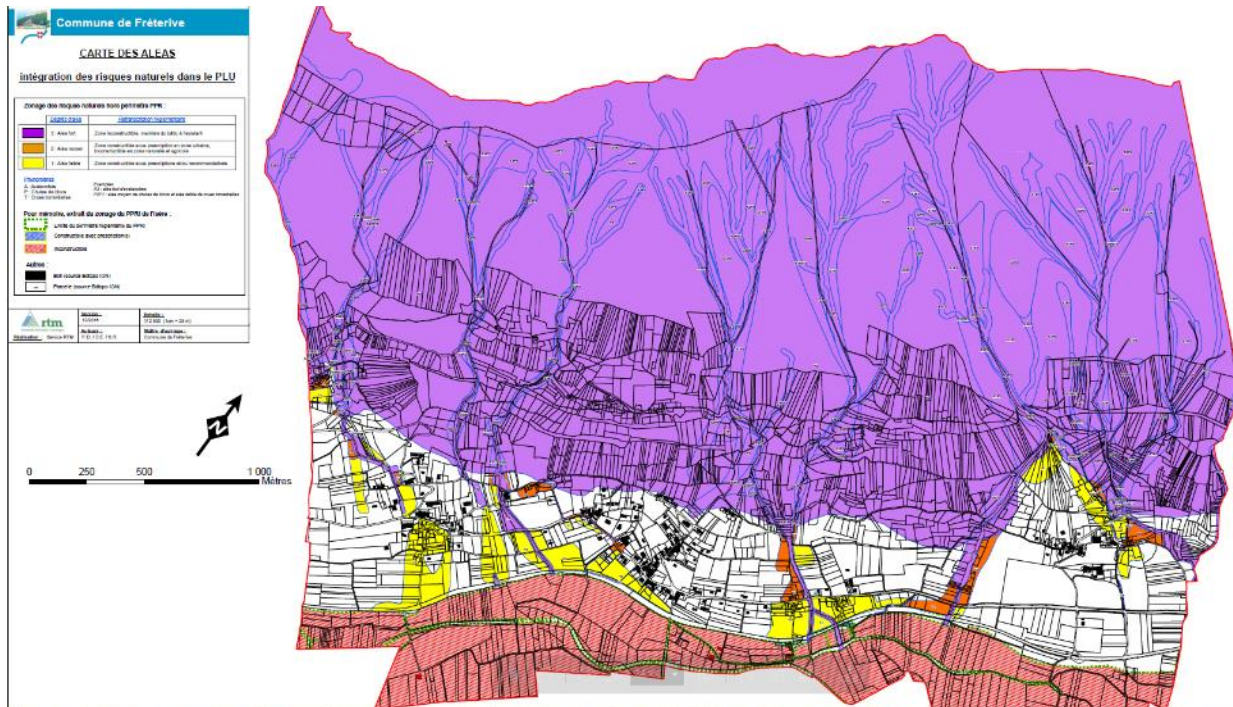


Figure 87: Carte réduite présentée en format A0 en annexe 1.

8. Interaction avec le couvert forestier.

Depuis le 19^{ème} siècle, il a été suggéré puis démontré que le couvert forestier permettait très couramment d'atténuer, voire parfois d'arrêter les processus érosifs sur le relief. Aujourd'hui nous parlons de la maîtrise des aléas.

Les paragraphes suivant abordent cette interaction sur le territoire de la commune de Fréterive.

8.1 Forêt et avalanches

Comme nous l'avons détaillé au chapitre 5, l'Enquête Permanente sur les Avalanches (EPA) nous apprend qu'il y a 9 couloirs pouvant donner des phénomènes jusqu'à proximité des coteaux urbanisés.

La carte des aléas présentée au chapitre précédent affiche qu'une avalanche exceptionnelle pourrait atteindre les secteurs de la Maserie, de Cave-dessus, et des Moulins.

Toutes ces avalanches partent bien au-dessus des zones boisées. La forêt ne pouvant jamais arrêter une avalanche partie plus haut que sa lisière amont n'aura pas de fonction de maîtrise de cet aléa.

8.2 Forêt et glissements de terrain

Les moraines ou les colluvions terreuses peuvent être le siège d'arrachements de surface (<2m) se transformant en coulées de boue.

Pour l'ensemble des pentes couvertes de forêt, l'important est de conserver un état boisé mais sans sylviculture spécifique autre que d'éviter les coupes à blanc sur des surfaces de plus de 50 ares d'un seul tenant.

8.3 Forêt et torrents

La forêt remplit une fonction de premier ordre pour la régulation des débits torrentiels tant liquides que solides. Là aussi, l'important est de conserver un état boisé.

Par contre la présence de bois morts dans le lit des thalwegs va générer des flottants qui aggravent le risque d'obstruction des passages couverts (ponts, busage) dans les tronçons inférieurs. Pour limiter ce phénomène il conviendrait de supprimer les arbres trop instables à proximité des berges. L'expérience prouve que ce type de gestion des ripisylves ne se pratique que rarement. Lorsqu'elle est pratiquée, ce ne l'est que sur les linéaires qui traversent des lieux occupés par l'agriculture ou l'urbanisation.

8.4 Forêt et chutes de blocs

Les escarpements de la ligne de crête produisent des départs de blocs, mais ceux-ci sont concentrés dans les thalwegs et/ou sont arrêtés dans le peuplement. On estime que pour des volumes ne dépassant pas les 2 m³, un parcours de 250 ml dans la pente suffit à l'arrêter dans 99% des trajectoires. Nous avons ici plus de 1000 ml de parcours avant d'atteindre les lisières aval. Pour les masses plus volumineuses, la forêt n'a rapidement plus de fonction ; toutefois il n'y a pas de traces visibles en pied de pente de telles masses rocheuses.

Par contre, cette situation est différente pour les escarpements intermédiaires dans les marno-calcaires de l'Hauterivien et du Valanginien et même du Tithonique en pieds de versant. Ces horizons donnent des blocs unitaires au volume rarement supérieur au mètre-cube. C'est dans ce domaine que sur Fréterive, la forêt remplit une importante fonction de protection.

8.5 La forêt communale

Cette forêt est exposée au sud-est sur des terrains calcaires, drainants et donc plutôt secs. Elle est très majoritairement composée de feuillus (hêtre dominant).

Ces peuplements sont résiliants (cicatrisation et évolution en taillis en cas de disparition accidentelle d'une tige). Ils sont, de ce fait, les plus adaptés pour prétendre maîtriser tout ou partie de l'aléa chute de blocs.

Dans ce contexte il n'y a pas d'urgence à intervenir autrement qu'en surveillant l'évolution des peuplements et en ne créant pas de trouées supérieures à 50 ares (5000 m²) d'un seul tenant et d'une largeur supérieure à 40 ml mesurée dans le sens de la pente. Seul un incendie majeur serait de nature à remettre en cause cette sylviculture.

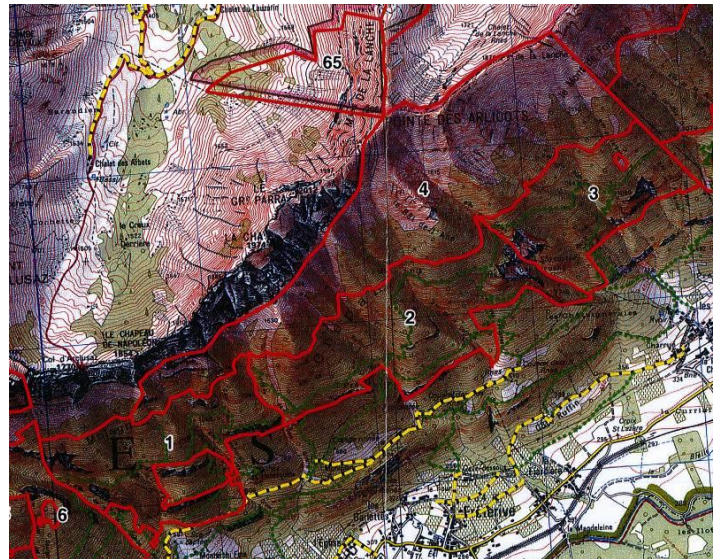


Figure 88: le parcellaire de la forêt communale de Fréterive.

9. Principes de prise en compte des aléas naturels dans le PLU.

Le ministère de l'écologie a élaboré une doctrine qui s'applique à la transcription de la carte des aléas en carte réglementaire dans les PPR. Ces principes sont assez simples :

9.1 Les principes

- | |
|---|
| - En zone d'aléa fort, aucune nouvelle implantation ni extension n'est autorisée ni aucune augmentation de la vulnérabilité telle que la conversion d'un bâtiment agricole en lieu d'habitation. |
| - En zone d'aléa moyen, les bâtiments situés en zones déjà urbanisées peuvent faire l'objet d'extension et de conversion moyennant la mise en œuvre de prescriptions. Les « dents creuses » sont considérées comme zone déjà urbanisées. Par contre il ne peut y avoir de nouveaux pôles d'urbanisations. |
| - En zone d'aléa faible, il n'y a pas de restriction à l'urbanisation moyennant le respect de prescriptions. |

Bien que cette étude ne soit pas un PPR, nous proposons de s'inspirer de ces principes

9.2 Place des ouvrages de protection

Pour mémoire, les ouvrages de prévention (défense active) ou de protection (défense passive) ne sont normalement pas pris en compte pour la qualification de l'aléa et donc pour le droit à construire.

Toutefois, nous l'avons vu dans les chapitres précédents, cette qualification de l'aléa se pratique à partir de la topographie constatée, les ouvrages pérennes et de maîtrise d'œuvre publique qui ont conduit à modifier cette topographie ont été pris en compte. C'est le cas de la digue de Cayan, pour partie des merlons des Fours ou encore des ouvrages hydrauliques au Villard.

Les cartes présentées aux chapitres précédents ont respecté ce principe.

10. Les prescriptions constructives.

Au titre de l'article R 111-2 du code de l'urbanisme : *Le projet peut être refusé ou n'être accepté que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales s'il est de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique du fait de sa situation, de ses caractéristiques, de son importance ou de son implantation à proximité d'autres installations.* ([Décret n°2015-1783 du 28 décembre 2015 - art.](#))

10.1 Prescription 1 : Toutes zones d'aléa fort

- 10.1.1 : Toute construction ou ouvrage relevant d'une autorisation au titre du code de l'urbanisme est interdite.
- 10.1.2 : Par dérogation au principe général d'interdiction, les ouvrages nécessaires à la réduction ou la maîtrise des aléas sont autorisés.
- 10.1.3 : Par dérogation au principe général d'interdiction, les ouvrages et bâtiments nécessaires au fonctionnement des services publics sont autorisés à la condition que soit démontré que le projet n'aggrave pas l'aléa sur leur secteur d'implantation ou en aval de celle-ci.

- 10.1.4 : Par dérogation au principe général d'interdiction, les travaux d'entretien et de gestion courante des constructions et ouvrages implantés antérieurement à la publication de la carte des aléas sont autorisés.
- 10.1.5 : Par dérogation au principe général d'interdiction, les extensions ou conversions des constructions et ouvrages implantés antérieurement à la publication de la carte des aléas sont possibles s'ils conduisent à la diminution de la vulnérabilité par rapport à la situation antérieure.

10.2 Prescription 2 : zone d'aléa moyen d'avalanche non urbanisée

- 10.2.1 : Toute construction ou ouvrage relevant d'une autorisation au titre du code de l'urbanisme est interdite.
- 10.2.2 : Par dérogation au principe général d'interdiction, les ouvrages nécessaires à la réduction ou la maîtrise des aléas sont autorisés.
- 10.2.3 : Par dérogation au principe général d'interdiction, les ouvrages et bâtiments nécessaires au fonctionnement des services publics sont autorisés à la condition que soit démontré que le projet n'aggrave pas l'aléa sur leur secteur d'implantation ou en aval de celle-ci.

10.3 Prescription 3 : zone d'aléa moyen d'avalanche déjà urbanisée

- 10.3.1 : toute nouvelle implantation, extension ou conversion de bâtiment ou d'ouvrage est autorisée à la condition expresse de respecter les conditions suivantes.
- 10.3.2 : le bâtiment ou l'ouvrage dans son intégralité est capable de résister à une surpression statique de 15 kPa orientée de l'amont vers l'aval sans subir de désordre ni aggraver le risque pour les autres ouvrages ou bâtiments situés à proximité.
- 10.3.3 : Une étude de structure sera réalisée au préalable. Le pétitionnaire présentera un certificat de réalisation de celle-ci en complément de sa demande au titre du code de l'urbanisme.

10.4 Prescription 4 : zone d'aléa faible d'avalanche.

- 10.4.1 : toute nouvelle implantation, extension ou conversion de bâtiment ou d'ouvrage est autorisée à la condition expresse de respecter les conditions suivantes.
- 10.4.2 : le bâtiment ou l'ouvrage dans son intégralité est capable de résister à une surpression statique orientée de l'amont vers l'aval de 05 kPa sans subir de désordre ni aggraver le risque pour les autres ouvrages ou bâtiments situés à proximité.
- 10.4.3 : Une étude de structure sera réalisée au préalable. Le pétitionnaire présentera un certificat de réalisation de celle-ci en complément de sa demande au titre du code de l'urbanisme.

10.5 Prescription 5 : zone d'aléa moyen de divagation torrentielle non urbanisée.

- 10.5.1 : Toute construction ou ouvrage relevant d'une autorisation au titre du code de l'urbanisme est interdite.
- 10.5.2 : Par dérogation au principe général d'interdiction, les ouvrages nécessaires à la réduction ou la maîtrise des aléas sont autorisés.
- 10.5.3 : Par dérogation au principe général d'interdiction, les ouvrages et bâtiments nécessaires au fonctionnement des services publics sont autorisés à la condition que soit démontré que le projet n'aggrave pas l'aléa sur leur secteur d'implantation ou en aval de celle-ci.

10.6 Prescription 6 : zone d'aléa moyen de divagation torrentielle déjà urbanisée.

- 10.3.1 : toute nouvelle implantation, extension ou conversion de bâtiment ou d'ouvrage est autorisée à la condition expresse de respecter les conditions suivantes.
- 10.3.2 : le bâtiment ou l'ouvrage dans son intégralité est capable de résister à une lame d'eau de 1m de hauteur mesurée par rapport au terrain naturel, sans subir d'inondation ni désordre aucun et sans aggraver le risque pour les autres ouvrages ou bâtiments situés à proximité.
- 10.3.3 : Une étude d'adaptation du projet sera réalisée au préalable. Le pétitionnaire présentera un certificat de réalisation de celle-ci en complément de sa demande au titre du code de l'urbanisme.

10.7 Prescription 7 : zone d'aléa faible de divagation torrentielle.

- 10.7.1 : toute nouvelle implantation, extension ou conversion de bâtiment ou d'ouvrage est autorisée à la condition expresse de respecter les conditions suivantes.
- 10.7.2 : le bâtiment ou l'ouvrage dans son intégralité est capable de résister à une lame d'eau de 50 cm de hauteur mesurée par rapport au terrain naturel, sans subir d'inondation ni désordre aucun et sans aggraver le risque pour les autres ouvrages ou bâtiments situés à proximité.
- 10.7.3 : Une étude d'adaptation du projet sera réalisée au préalable. Le pétitionnaire présentera un certificat de réalisation de celle-ci en complément de sa demande au titre du code de l'urbanisme.

10.8 Prescription 8 : Ruissèlement sur l'ensemble du territoire

L'ensemble du territoire est soumis à un aléa de ruissèlement intense lors d'épisode à forte pluviométrie (>60 mm/jours). Cela se traduit par des circulations d'eau boueuse sur des épaisseurs ne dépassant pas les 10 cm et la capture de celles-ci dans les points bas (fossés, garage et cave en sous-sol).

- 10.8.1 : tout nouveau bâtiment et nouvel ouvrage doit être capable de résister à une lame d'eau de 10,0 cm de hauteur mesurée par rapport au terrain naturel, sans subir d'inondation ni désordre aucun et sans aggraver le risque pour les autres ouvrages ou bâtiments situés à proximité.

10.9 Recommandations pour les surface boisées exposées à un aléa fort de chutes de pierres

- 10.9.1 : Les coupes de récolte ne dépasseront pas des surfaces de 50 ares d'un seule tenant et sur une largeur qui ne dépassera pas 40 m mesurée dans le sens de la pente.
- 10.9.2 : Lors des coupes, 10% du volume abattu des bois de diamètre supérieur à 30 cm de diamètre sera laissé au sol, positionné en diagonal par rapport au courbes de niveau.
- 10.9.3 : Dans l'hypothèse de plantation, les essences résineuses ne seront pas utilisées.