

PLAN LOCAL D'URBANISME DE LA PERRIERE

1 – RAPPORT DE PRÉSENTATION TOME 1TER – ÉTUDE RISQUE

ARRET PROJET – JUILLET 2025

Certifié conforme et vu pour être annexé à
la délibération d'arrêt du conseil municipal
en date du 22 juillet 2025

LE MAIRE
Jean-Yves PACHOD



Identification du document

Projet	Carte des aléas de La Perrière - commune de Courchevel		
Sous-titre	Rapport de synthèse		
Document	Rapport_cartes_aleas_La-Perriere_Courchevel_V2.0.odt		
Référence	2410XXXX		
Proposition n°	D2306049	Référence commande	provisoire
Maître d'ouvrage	Mairie de Courchevel	228, rue de la Mairie Saint-Bon 73120 Courchevel	
Maître d'œuvre ou AMO	/	/	

Modifications

Version	Date	Description	Auteur	Vérifié par
0.1	10/10/2024	Document provisoire interne	EP	DMB
1	23/12/24	Document provisoire intermédiaire	EP	
2	30/01/25	Document provisoire de présentation à la commune	EP	

Diffusion

Chargé d'études	Eric PICOT	04 76 77 92 00	eric.picot@alpgeorisques.com
Diffusion	Papier		
	Numérique	✓	

Archivage

N° d'archivage (référence)	2410XXXX
Titre	Carte des aléas de La Perrière - commune de Courchevel
Département	Savoie
Commune(s) concernée(s)	Mairie de Courchevel
Cours d'eau concerné(s)	Doron de Bozel, Praz de Juget, Nant de La Caille, Nant David, La Closettaz
Région naturelle	Vallée de la Tarentaise
Thème	Cartographie multi-aléas
Mots-clefs	Cartographie aléas, La Perrière, Courchevel, vallée de la Tarentaise, vallée de Bozel, Vanoise

Table des matières

I. PRÉAMBULE.....	10
II. PRÉSENTATION DE LA COMMUNE.....	11
II.1. Localisation.....	11
II.2. Contexte géographique.....	12
II.3. Contexte socio-économique.....	13
II.4. Contexte géologique.....	15
II.4.1. Les formations du Primaire.....	16
II.4.2. Les formations du Secondaire.....	16
II.4.3. Les formations du Quaternaire.....	16
II.4.4. Sensibilité des formations géologiques aux phénomènes naturels.....	18
II.5. Réseau hydrographique.....	18
II.6. Pluviométrie.....	20
III. PHÉNOMÈNES NATURELS ET ALÉAS.....	21
III.1. Approche historique des phénomènes naturels.....	23
III.2. Documents risques existants.....	27
III.2.1. Le PPRN de Saint-Bon-Tarentaise.....	27
III.2.2. Le PIZ.....	27
III.2.3. Projet de PPRN.....	27
III.3. Analyse géomorphologique et reconnaissances de terrain.....	27
III.3.1. Les crues torrentielles.....	30
III.3.1.1. Torrent du Doron de Bozel.....	31
III.3.1.2. Ruisseaux de <i>La Tania</i>.....	32
III.3.1.3. Ruisseau de <i>La Closetta</i>.....	38
III.3.1.4. Ruisseau de la Ravine.....	39
III.3.1.5. Ruisseau du Nant David.....	39
III.3.2. Le ravinement et le <i>ruissellement</i> sur versant.....	43
III.3.2.1. Station de <i>La Tania</i>.....	43
III.3.2.2. Vallée du Doron de Bozel.....	44
III.3.3. Les glissements de terrain.....	46
III.3.3.1. Secteur de <i>La Tania</i>.....	47
III.3.3.2. Versants inférieurs du territoire de <i>La Perrière</i>.....	51
III.3.4. Les chutes de blocs et éboulements.....	53
III.3.4.1. Blocs erratiques talus rocheux et éboulis.....	53
III.3.4.2. Falaises.....	54
III.3.5. Les affaissements/effondrements.....	63
III.3.6. Les avalanches.....	63
III.4. Ouvrages de protection.....	65
IV. ALÉAS.....	67
IV.1. Méthodologie.....	67
IV.1.1. Notion d'aléa.....	67
IV.1.2. Notions d'intensité et de probabilité d'occurrence.....	67
IV.1.3. Définition des degrés d'aléa.....	67

IV.1.4. Scénarios de référence.....	68
IV.1.5. Principe de qualification.....	68
IV.1.5.1. Prise en compte des ouvrages de protection.....	68
IV.2. Élaboration de la carte des aléas.....	69
IV.2.1. Notion de « zone enveloppe ».....	69
IV.2.2. Le zonage de l'aléa.....	69
IV.3. Critères de qualification des aléas.....	70
IV.3.1. Aléa crue torrentielle (T).....	70
IV.3.1.1. Grille et niveaux d'aléa.....	70
IV.3.1.2. Scénario de référence.....	71
IV.3.1.3. Classement de l'aléa de crue torrentielle.....	72
IV.3.2. Aléa ravinement et ruissellement sur versant (R).....	73
IV.3.2.1. Niveaux d'aléa.....	73
IV.3.2.2. Scénario de référence.....	73
IV.3.2.3. Classement de l'aléa de ravinement et de ruissellement sur versant.....	74
IV.3.3. Aléa glissement de terrain (G).....	75
IV.3.3.1. Niveaux d'aléa.....	75
IV.3.3.2. Scénario de référence.....	76
IV.3.3.3. Classement de l'aléa de glissement de terrain.....	76
IV.3.4. Aléa chute de blocs et éboulement (P).....	77
IV.3.4.1. Méthodologie MEZAP – étapes pour la détermination de l'aléa.....	78
IV.3.4.2. Scénario de référence.....	81
IV.3.4.3. Classement de l'aléa de chute de blocs.....	82
IV.3.5. Affaissement/effondrement (F).....	83
IV.3.6. Avalanche (A).....	83
IV.3.6.1. Niveaux d'aléa.....	83
IV.3.6.2. Scénarios de référence.....	84
IV.3.6.3. Classement de l'aléa d'avalanches.....	84
V. CONCLUSION.....	86
VI. BIBLIOGRAPHIE.....	89
VII. ANNEXES.....	91
VII.1. L'aléa sismique.....	91
VII.2. L'aléa retrait gonflement des argiles.....	92
VII.3. Grilles départementales de croisement aléas / enjeux.....	93

Avertissement

La cartographie des aléas est réalisée dans le respect des guides méthodologiques officiels de l'État (guides PPRN relatifs à la qualification des aléas), des doctrines départementales (lorsqu'elles existent) et des grilles d'aléas présentées dans ce document. Elle repose sur une expertise intégrant :

- le respect des doctrines nationales et locales (lorsqu'elles existent) ;
- la connaissance des événements historiques ;
- l'exploitation de la bibliographie disponible ;
- les reconnaissances de terrain ;
- les incertitudes liées à la méthodologie et à la nature même des phénomènes cartographiés.

La carte des aléas est établie pour des phénomènes ou des scénarios de référence, tels que décrits dans le corps du texte de ce rapport. Elle ne prétend pas à l'exhaustivité, d'autant que les reconnaissances de terrain ne peuvent être réalisées que depuis les espaces publics (voies et chemins), sauf à obtenir l'accord des propriétaires. La topographie du MNT et le fond cadastral n'étant pas parfaitement compatibles entre eux, l'expert est parfois amené à faire des approximations. Par ailleurs, la cartographie des aléas ne pouvant représenter, ni toute la finesse, ni la subtilité de la réalité du terrain, elle opère nécessairement à des simplifications (globalisation et symbolisme sémiologique).

La cartographie des aléas est établie au 1/5 000 et sa précision ne peut être supérieure en agrandissant la carte.

Une carte des aléas provisoire est soumise à l'avis des élus (et le cas échéant à son AMO) qui ont tout loisir pour formuler des observations pour compléter ou corriger ce document. L'attention des élus doit en premier lieu porter sur les secteurs urbanisés ou urbanisables concernés par les aléas. Les demandes d'adaptation ou de correction sont systématiquement validées par l'expert, si nécessaire après de nouvelles reconnaissances de terrain ou réunions de travail. Le document définitif n'est édité qu'après validation des modifications par la collectivité (et/ou de son AMO) qui, après avoir pris connaissance des corrections de la version provisoire, a délibéré et délivré son accord.

La carte des aléas constitue donc un consensus d'affichage entre l'expert (connaissance sur les phénomènes naturels, expertise de terrain), les élus (connaissance de la sensibilité du territoire et des événements passés), l'AMO (s'il existe : compétence technique) et éventuellement les services de l'État (respect des doctrines nationales et départementales) pour la meilleure acceptabilité possible du document.

La carte des aléas ne doit pas être figée. Après chaque événement majeur, il est recommandé de vérifier la conformité du document et, le cas échéant, de procéder à une actualisation de celui-ci.

Ce rapport, ses annexes et les cartes qui l'accompagnent constituent un ensemble indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle, sans l'accord écrit d'Alp'Géorisques, ne saurait engager la responsabilité de la société ou de ses collaborateurs.

L'utilisation des informations contenues dans ce rapport, ses annexes ou les cartes qui l'accompagnent en dehors de leur strict domaine d'application ne saurait engager la responsabilité d'Alp'Géorisques.

L'utilisation des cartes, ou des données numériques géographiques correspondantes, à une échelle différente de leur échelle nominale ou leur report sur des fonds cartographiques différents de ceux utilisés pour l'établissement des cartographies originales relève de la seule responsabilité de l'utilisateur.

Alp'Géorisques ne peut être tenue pour responsable des modifications apportées à ce rapport, à ses annexes ou aux cartes qui l'accompagnent sans un accord écrit préalable de la société.

Alp'Géorisques ne peut être tenue pour responsable des décisions prises en application de ses préconisations ou des conséquences du non-respect ou d'une interprétation erronée de ses recommandations.

Échelle nominale de la carte des aléas : 1/5 000

Référentiel de la carte des aléas : IGN / DGI

I. Préambule

La commune de Courchevel a confié à la Société Alp'Géorisques – Z.I. Des Peupliers – 52, rue du Moirond – 38 420 DOMENE, l'élaboration d'une carte des aléas sur une partie de son territoire. La zone étudiée couvre l'ancienne commune de La Perrière qui était jusqu'alors dotée d'une cartographie de type « Plan d'Indexation en Z » (PIZ). La présente mission consiste à mettre à jour ce document ancien en appliquant les doctrines nationale et départementale actuelles de cartographie des phénomènes naturels. Le périmètre d'étude

Ce document, établi sur fond cadastral au 1/5 000, présente l'activité ou la fréquence de divers phénomènes naturels affectant le territoire communal.

Les phénomènes répertoriés et étudiés sont les suivants :

- les ruisseaulements de versant et les ravinements ;
- les crues des ruisseaux torrentiels ;
- les glissements de terrain ;
- les chutes de blocs ;
- les avalanches.

La cartographie a été élaborée à partir de reconnaissances de terrain effectuées en octobre 2024 par Eric PICOT, chargé d'études risques naturels, et d'une enquête auprès de la municipalité, du service RTM Savoie de l'ONF, et des services déconcentrés de l'État.

Ce rapport de synthèse et la cartographie d'aléas sont accompagnés par un cahier des prescriptions spéciales présentant les règles d'urbanisme applicables dans les zones de risques.

II. Présentation de la commune

II.1. Localisation

La commune de Courchevel se situe au sein de la vallée du Doron de Bozel, à 65 km au sud-est de Chambéry et 35 km au sud-est d'Alberville (Figure II.2). Elle est limitrophe avec les communes de Brides-les-Bains, les Allues, Pralognan-la-Vanoise, Planay, Bozel et Montagny. Courchevel est une nouvelle commune née du regroupement des anciennes communes de Saint-Bon-Tarentaise et de La Perrière. Le secteur de La Perrière constitue la partie nord-ouest de cette vaste commune.

La commune de Courchevel est administrativement rattachée au canton de Moûtiers lui-même dépendant de l'arrondissement d'Alberville. Elle appartient également à la communauté de communes Val-Vanoise.

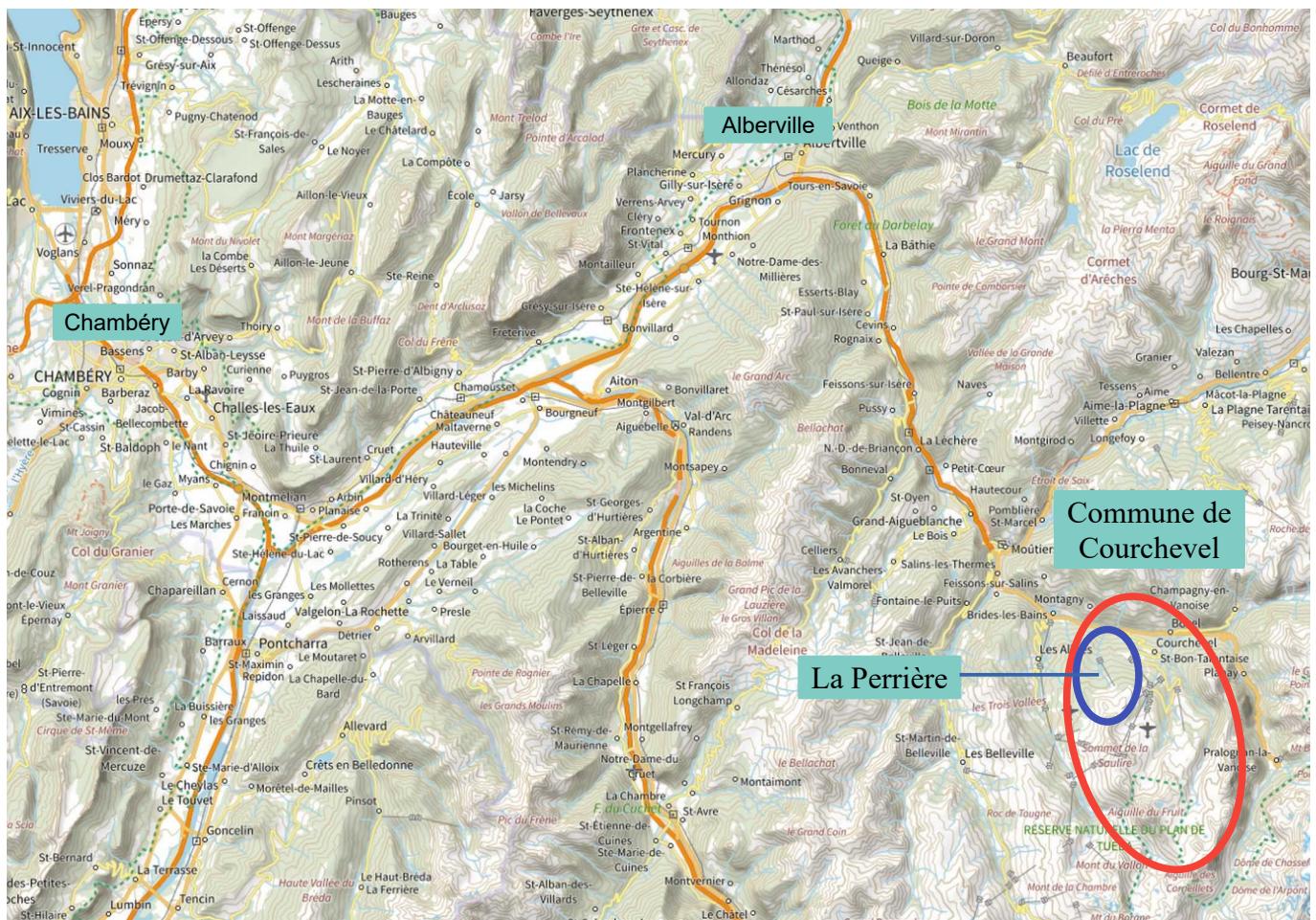


Figure II.1: localisation de la commune de Courchevel et du secteur de La Perrière (www.geoportail.gouv.fr).

II.2. Contexte géographique

La commune de Courchevel s'étend sur une superficie de 68,9 km² (6890 ha) en rive gauche de la Vallée du Doron de Bozel. Elle s'étire jusqu'aux lignes de crête qui marquent la séparation avec les vallées de Méribel (secteur de la commune des Allues) et de Pralognan-la-Vanoise (secteur des communes de Planay et de Pralognan-la-Vanoise). Elle couvre un vaste secteur de moyenne et de haute montagne au relief très marqué, composé de pentes fortes à très fortes, alternant parfois avec de petits promontoires et des replats plus ou moins marqués. Les parties sommitales de la commune se détachent plus nettement du paysage en se redressant fortement jusqu'à former des falaises. Les altitudes varient énormément d'un point à l'autre de la commune. Elles s'étagent entre 600 mètres au niveau du torrent du Doron de Bozel en limite communale avec Brides-les-Bains et 3045 mètres au niveau de l'Aiguille de Chanrossa (extrémité sud de la commune).

Le secteur de La Perrière occupe environ 1/7ème du territoire de Courchevel, soit environ 10 km² (1000 hectares). Il démarre au point le plus bas de Courchevel (environ 600 mètres en limite communale avec Brides-les-Bains) pour s'étendre jusqu'au sommet du Rocher de La Loze (2527 mètres d'altitude).

La forêt prédomine jusque vers 1800 mètres d'altitude. Elle couvre quasiment toutes les pentes fortes sous cette altitude. Elle s'éclaircit jusqu'à laisser sa place à des zones enherbées autour des hameaux et des villages et, plus généralement, lorsque la topographie s'adoucit. Elle est absente à haute altitude. Des alpages occupent alors l'espace (étage subalpin). La transition boisements / prairies d'altitude s'effectue plutôt rapidement entre 1800 et 2000 mètres d'altitude.

Les sommets très escarpés de la commune, où se détachent de nombreuses falaises, montrent un aspect très minéral. La végétation devient plus rare, en particulier au niveau des zones d'éboulis.

La commune de Courchevel possède deux villages historiques liés au regroupement de La Perrière et de Saint-Bon-Tarentaise. Celui de La Perrière se situe en fond de vallée du Doron de Bozel et celui de Saint-Bon-Tarentaise à flanc de versant. Plusieurs hameaux anciens accrochés aux versants ou situés en fond de vallée du Doron de Bozel sont également présents. Cette urbanisation plutôt ancienne accueille un habitat de style savoyard, dont de nombreux chalets et constructions en pierres. Une certaine pression foncière s'exerce autour de ces zones urbaines anciennes. Ces dernières s'étendent ainsi petit à petit mais de façon variable selon les secteurs, en fonction des réserves foncières disponibles et la configuration topographique des lieux.

Le développement de la station de ski de Courchevel a conduit au développement de plusieurs villages récents autour de hameaux d'altitude existants. Un bâti nouveau, dense et moderne, a ainsi vu le jour à l'écart des villages historiques. Ils représentent aujourd'hui les centres d'attraction de la commune, en offrant notamment plusieurs portes d'entrée au domaine skiable.

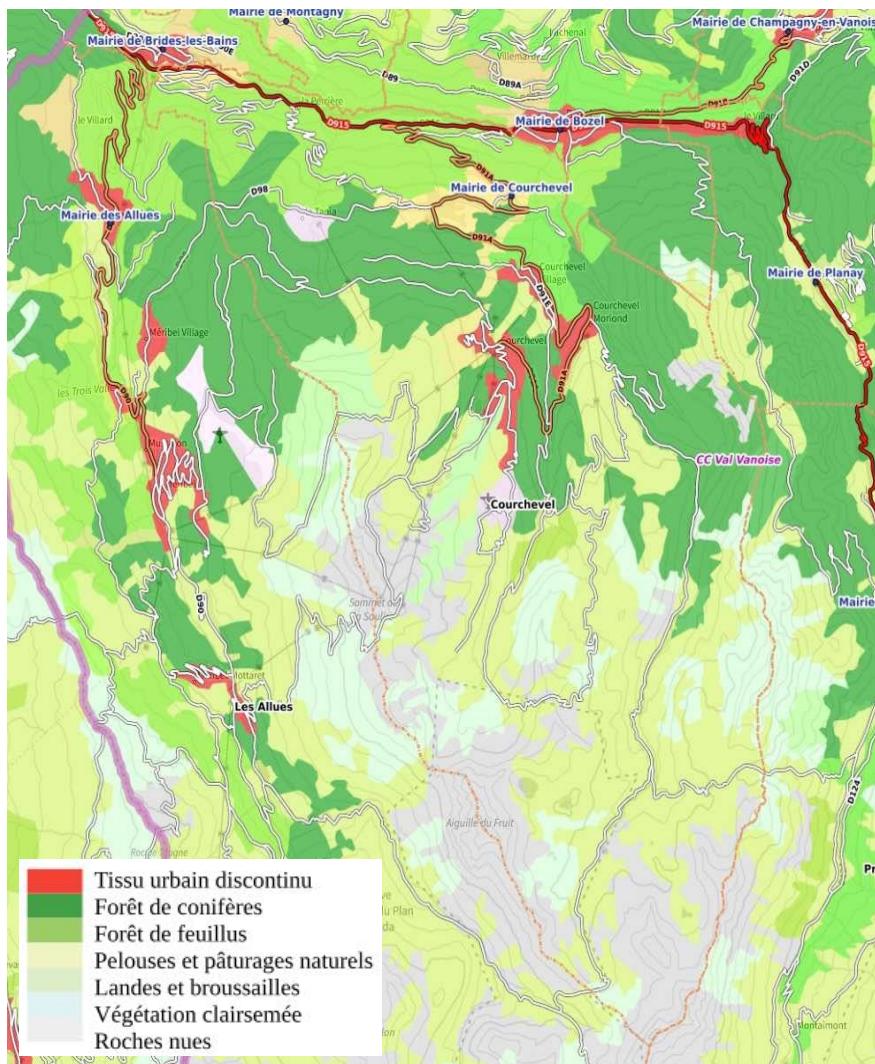


Figure II.2: occupation du sol de la commune de Courchevel (Corine Land Cover 2012).

II.3. Contexte socio-économique

Le cumul des recensements des deux anciennes communes de La Perrière et de Saint-Bon-Tarentaise permet de connaître l'évolution démographique du territoire composant l'actuelle commune de Courchevel. Au XIXème siècle, après un léger pic dans les années 1850, on constate une lente décroissance démographique jusque dans les années 1940. Puis, dès les années 1950, période de la création de la station de ski, la courbe démographique s'est inversée en adoptant une pente ascendante relativement marquée. Le territoire a ainsi vu presque tripler son nombre d'habitants permanents en 80 ans. La population est ainsi passée de 824 habitants en 1936 pour atteindre 2370 habitants en 2014.

Le recensement de 2014 montre un palier démographique. Puis une légère diminution du nombre d'habitants a suivi, avec 2311 habitants décomptés au dernier recensement de 2021.

L'histogramme suivant présente l'évolution démographique du territoire de Courchevel à partir des valeurs de recensement disponibles (période 1793 – 2021).

main-title

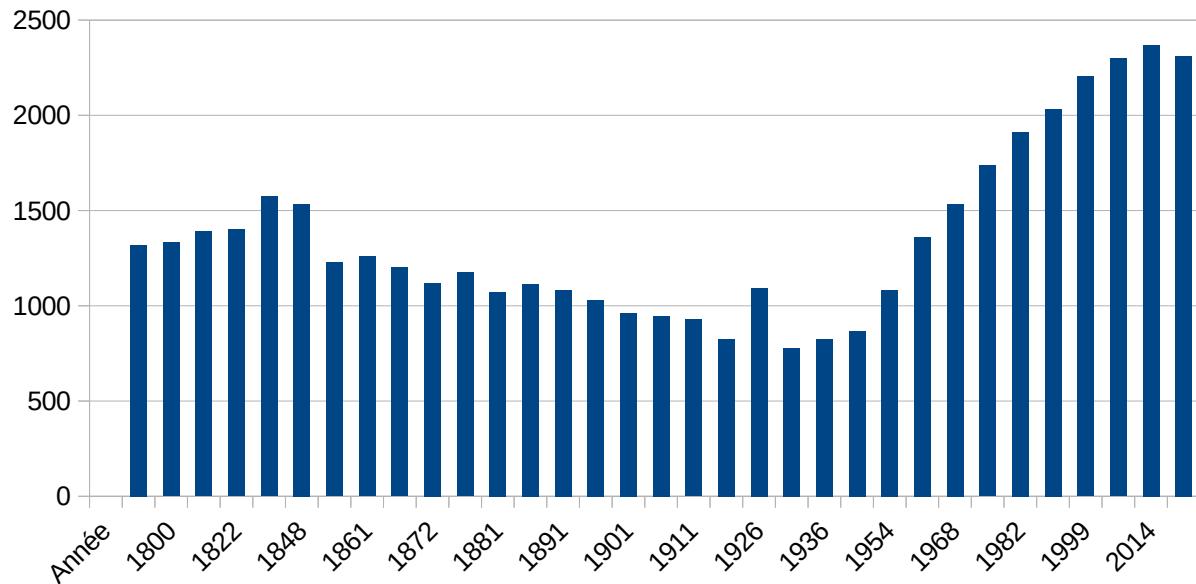


Figure II.3: évolution démographique du territoire de Courchevel sur la période 1793 - 2021.

Pour information, l'histogramme suivant présente l'évolution de l'ancienne commune de La Perrière avant sa fusion avec Saint-Bon-Tarentaise.

Evolution démographique du secteur de la Perrière

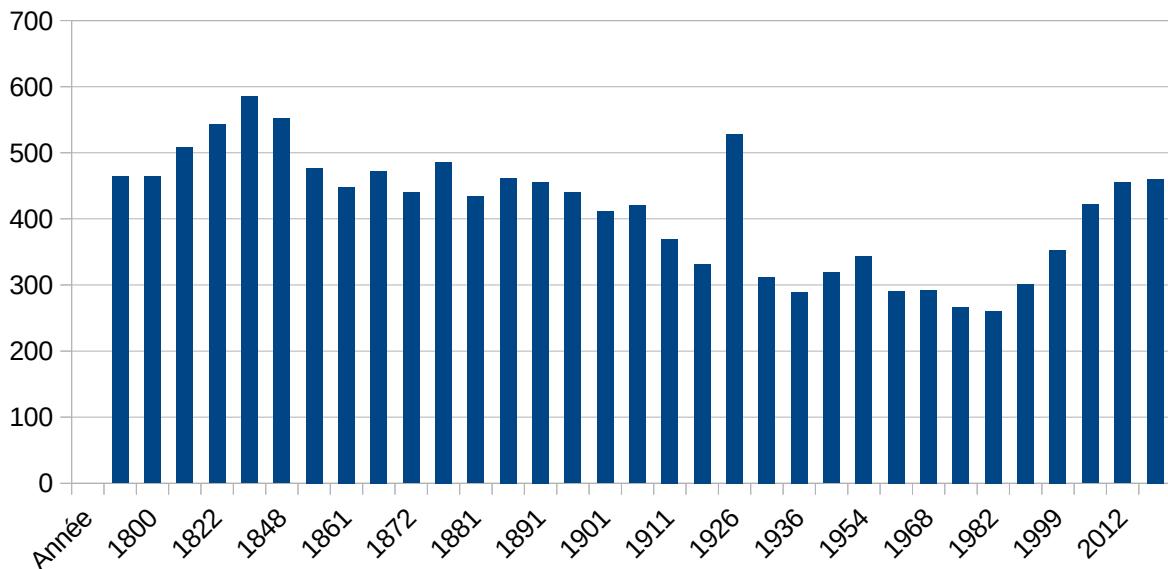


Figure II.4: évolution démographique de l'ancienne commune de La Perrière avant sa fusion avec Saint-Bon-Tarentaise sur la période 1793 - 2014.

Économiquement, la commune est principalement tournée vers le tourisme et les sports de montagne. Elle est un acteur majeur dans ce domaine. La station de ski de Courchevel, rattachée à l'espace des Trois Vallées, propose un immense domaine skiable de renommée internationale. Ce dernier est également tourné vers des activités sportives estivales, ce qui lui permet d'optimiser ses infrastructures en les exploitant deux saisons par an.

Ce dynamisme touristique s'accompagne également d'une importante activité de services et d'artisanat sur la commune et son environnement immédiat.

II.4. Contexte géologique

Géologiquement parlant, la commune de Courchevel se situe au sein de la zone houillère briançonnaise (sous-partie géologique de la zone briançonnaise à laquelle est également rattaché la sous-zone briançonnaise de Vanoise). Il s'agit d'un ensemble structural allongé selon un axe approximativement nord - sud dont le substratum est presque exclusivement composé de formations sédimentaires de l'ère Primaire (terrains paléozoïques). Les terrains d'origine secondaire sont rarement représentés. Ils ont probablement été en grande partie décapés par l'érosion. Au niveau de Courchevel, ils se rencontrent uniquement en altitude où ils forment quelques sommets.

La région s'inscrit dans un contexte tectonique complexe dicté par l'orogenèse alpine. La surrection alpine a fortement modifié l'agencement des formations géologiques en entraînant d'importants plissements et chevauchements puis, par le jeu de failles et de soulèvements, l'individualisation des massifs actuels. Cette intense activité tectonique alpine explique la complexité de l'agencement actuel des formations géologiques qui présentent souvent des contacts anormaux.

Durant ce cycle orogénique alpin, la zone briançonnaise serait tout d'abord apparue sous la forme d'un vaste pli anticlinal avant de subir de plus intenses déformations. La partie houillère semble toutefois être restée relativement homogène sans avoir subi de trop forts chamboulements d'agencement, ni de métamorphisme trop poussé. Le substratum est ainsi relativement monotone au niveau de Courchevel avec la présence d'une formation géologique dominante accompagnée de formations très secondaires agencées chronologiquement.

Le socle cristallin hercynien sur lequel reposent originellement les formations de l'ère primaire n'apparaît pas au sein de la zone houillère briançonnaise. Il est supposé être entièrement couvert par la forte épaisseur des formations de l'ère Primaire. Il est par contre visible dans la zone briançonnaise de Vanoise situé à l'est de la vallée du Doron de Bozel.

L'ère quaternaire caractérisée par une importante activité glaciaire est très représenté dans la région. Elle a laissé des traces sous la forme de nombreux dépôts morainiques qui recouvrent très fréquemment le substratum. Ce dernier n'est ainsi visible qu'en falaise ou sur des pentes très fortes sur lesquelles les dépôts quaternaires n'ont pas adhéré.

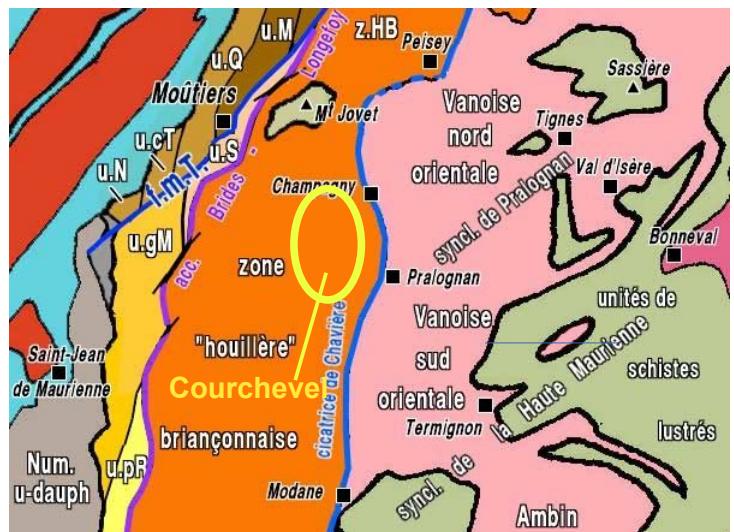


Figure II.5: carte structurale de la Vanoise et ses abords (d'après geol-alp.com)

II.4.1. *Les formations du Primaire*

Deux formations de l'ère Primaire sont présentes au niveau du secteur de La Perrière :

- des schistes noirs accompagnés de grès fins arkosiques et de bancs de conglomérats gris à petits galets, datés du Westphalien supérieur – Stéphanien inférieur et dénommés « Assise de Tarentaise », composent la majeure partie du substratum de Courchevel. Leur puissance varie entre 500 et 900 mètres. Ils sont notamment visibles au niveau de la falaise de La Becca qui domine le village de La Perrière. Ils renferment des niveaux d'anthracite de façon aléatoire. Certaines couches d'anthracite ont fait l'objet d'exploitations artisanales en rive droite du Doron de Bozel (secteurs de Montagny et de Villemartin, en face de Courchevel) et sur le territoire de La Perrière ;
- des schistes, grès et conglomérats, gris à leur base, puis passant du vert au rouge / violet à leur sommet, daté du Stéphanien moyen – Autunien et dénommés « Assise de Courchevel », affleurent localement en recouvrement de la formation géologique précédente. Beaucoup moins représentés, ils sont surtout présents vers le village de Saint-Bon-Tarentaise et sur les versants supportant le Sommet des Lanches et le Rocher de La Loze.

II.4.2. *Les formations du Secondaire*

Les formations secondaires sont uniquement représentées au niveau des parties sommitales du Sommet des Lanches et du Rocher de La Loze. On rencontre deux types de formations de quartzites.

- des quartzites blanchâtres feuillettées à gros grains de quartz rose, alternant irrégulièrement avec des schistes, forment le replat surmontant le Sommet des Lanches (secteur du Col de La Loze). Elles sont datées du Permo-Trias (période charnière entre l'ère Primaire et l'ère Secondaire). Leur épaisseur n'est pas précisée ;
- des quartzites blanches, datées du Trias inférieur et d'une puissance variant entre 200 et 300 mètres, composent le sommet du Rocher de La Loze et des falaises environnantes. Elles sont décrites d'aspect pur et massif et sont bien stratifiées.

On notera que sur le secteur de Saint-Bon-Tarentaise, des cargneules du Trias, comprenant potentiellement du gypse, sont présentes au sein de la Combe des Gravelles (hors zone d'étude).

De même, entre le Rocher de La Loze et le Sommet de la Saulire, des calcaires datés de l'Anitien, renfermant parfois des silex et pouvant être associés à des dolomies blanches, sont présents (hors zone d'étude).

II.4.3. *Les formations du Quaternaire*

Deux types de formations Quaternaires prédominent sur la commune :

- des placages morainiques tapissent presque entièrement les versants de la commune en dessous de 2100 mètres d'altitude en moyenne. Il s'agit de matériaux charriés par les glaciers, puis laissés sur place à leur fonte. Seules les pentes les plus fortes en sont dépourvues, la forte inclinaison des terrains n'ayant pas permis le dépôt de tels placages ou leur maintien en place sur le long terme (glissement des matériaux). Les dépôts morainiques sont généralement des matériaux très hétérogènes composés d'argile, de graves et de blocs de toutes tailles. Ils sont réputés de très mauvaises qualités géotechniques et sont souvent le siège d'instabilités de terrain. Les dépôts morainiques se caractérisent également souvent par la présence de blocs erratiques (non autochtones) à la surface des terrains. Ils se remarquent généralement du fait de leur nature qui est totalement étrangère à celle des formations géologiques localement présentes (par exemple blocs de granite présents au sein d'un environnement calcaire) ;

- des éboulis occupent généralement le pied des falaises et des affleurements rocheux. Ils correspondent alors aux éboulements successifs de ces derniers. Certains éboulis sont également présents sur des pentes sans présence de falaise à l'amont. Ils peuvent alors correspondre à la désagrégation d'affleurements rocheux qui n'existent ainsi plus ou avoir une origine morainique (transportés par des glaciers).

On ajoutera que la carte géologique signale la présence d'un glacier rocheux au pied du versant nord du Rocher de La Loze. Il se remarque par la présence d'un chaos rocheux en pied de falaise avec à sa surface des bourrelets formant des rides articulées (signe de mouvement lent). Ce glacier rocheux repose sur un espace globalement plat.

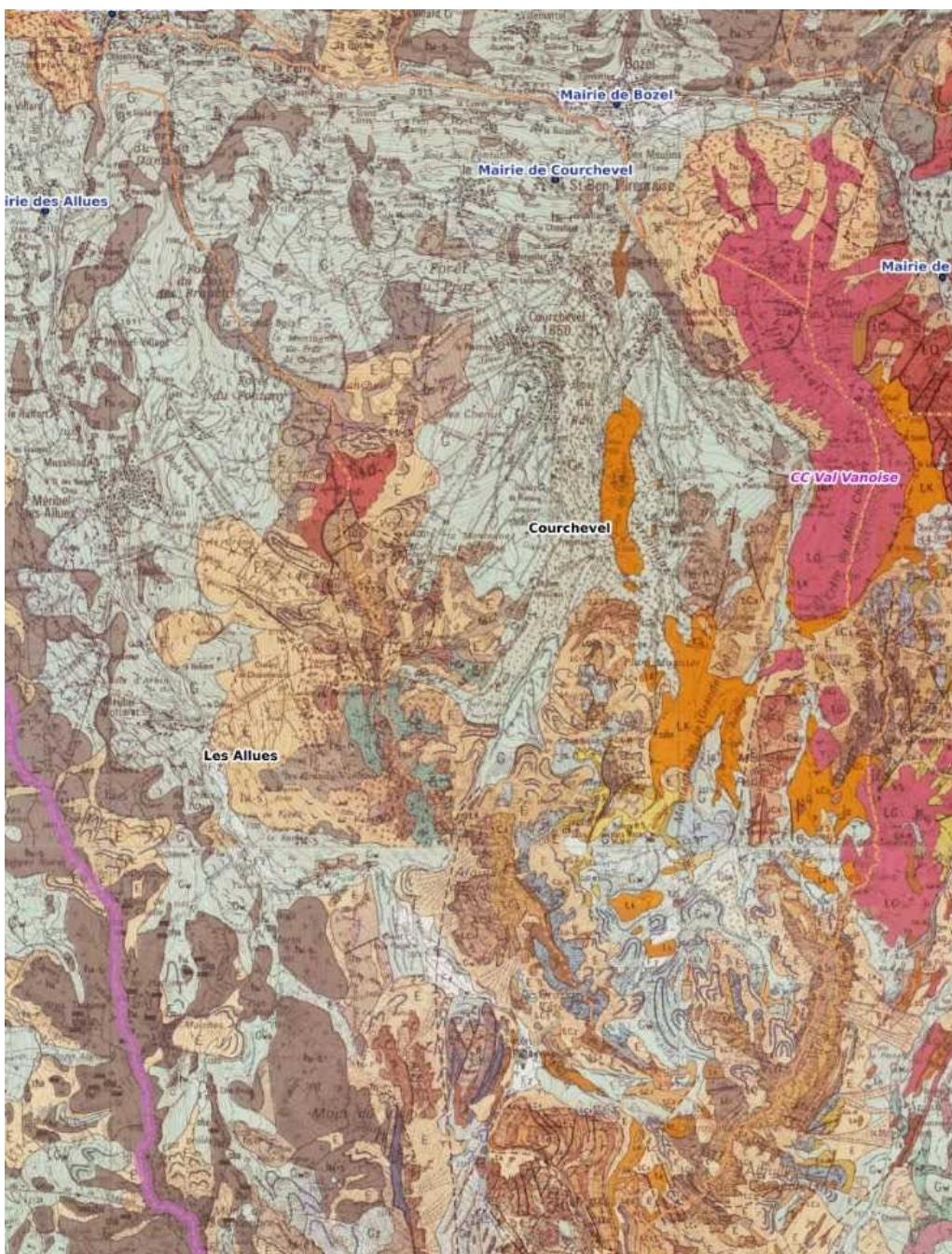


Figure II.6: extrait de la carte géologique locale (www.infoterre.brgm.fr).

II.4.4. Sensibilité des formations géologiques aux phénomènes naturels

La géologie joue un rôle très important dans la manifestation des phénomènes naturels. Associés aux conditions météorologiques et hydrogéologiques régnantes, elle conditionne les types de phénomènes susceptibles de se manifester.

Les formations meubles recouvrant les versants (placage morainique, altération superficielle du substratum) sont par nature sensibles aux glissements de terrain du fait de leur manque de cohésion et parfois de leur composition argileuse. Les propriétés mécaniques médiocres de l'argile favorisent les mouvements de terrain, notamment en présence d'eau. Cette problématique peut se rencontrer quelle que soit l'épaisseur de recouvrement de terrain meuble. On peut ainsi être confronté à des glissements de terrain profonds (jusqu'à plusieurs mètres) lorsque le recouvrement est épais, ou à des phénomènes superficiels lorsque le substratum est proche de la surface.

Le substratum affleure parfois sur des pentes fortes à très fortes en présentant des ressauts verticaux de hauteur variable. Il peut également former des falaises imposantes de plusieurs dizaines de mètres de hauteur. Des chutes de blocs peuvent alors se manifester sous l'effet de la gravité et selon la fissuration des massifs rocheux, avec des propagations vers l'aval dépendant fortement de la topographie et de l'énergie emmagasinée par les blocs.

Une autre origine possible de chutes de blocs est liée aux placages morainiques qui contiennent de nombreux blocs erratiques (blocs transportés puis déposés par les glaciers en même temps que les autres matériaux graveleux et argileux). De tels blocs reposent fréquemment à la surface des terrains. Au-delà d'une certaine pente, des mises en mouvement de ces blocs sont possibles en cas de déstabilisation de leur assise.

Plusieurs cours d'eau torrentiels et autres zones de ruissellement drainent le secteur de La Perrière. Ces divers axes hydrauliques parcourent des terrains particulièrement érodables du fait de la présence de dépôts quaternaires meubles (moraines, éboulis). Des phénomènes d'érosion sont possibles en cas de forts débits dans les ruisseaux ou sur les axes de concentration de ruissellements en dehors du réseau hydrographique. Des niches d'érosion peuvent ainsi apparaître et être suivies de déstabilisations de terrain importantes. Des phénomènes d'engravement accompagnent généralement ces phénomènes (recouvrement des terrains à l'aval). En zone de montagne, des laves torrentielles (écoulement visqueux fortement chargé en matériaux) peuvent également se former si le phénomène hydraulique mobilise d'importantes quantités de matériaux solides.

II.5. Réseau hydrographique

La totalité du territoire de La Perrière est drainée par le torrent du Doron de Bozel. Cet important cours d'eau prend son nom sur la commune de Planay (village du Villard), à l'aval de la confluence des torrents du Doron de Champagny et du Doron de Pralognan. Il marque la limite nord du territoire de La Perrière en s'écoulant au fond d'une vallée très encaissée. La superficie de son bassin versant s'établit à environ 330 km² en entrant sur le territoire (660 km² au niveau de Moûtiers à la confluence avec l'Isère du fait notamment de l'ajout du Doron des Allues et du Doron de Belleville).

Plusieurs cours d'eau participent au drainage des versants avec pour certains quelques incertitudes sur la superficie réelle de leur bassin versant. C'est notamment le cas d'au moins deux des ruisseaux traversant la station de La Tania (ruisseau des Buts et ruisseau de Praz-Juget). En effet, la topographie du versant dominant La Tania, les pistes forestières et les pistes de ski aménagées peuvent détourner des écoulements d'un bassin versant vers un autre et différemment d'un épisode pluvieux à un autre, sans que cela soit réellement prévisible.

Tous les ruisseaux de La Perrière présentent des pentes en long fortes qui leur assurent des vitesses d'écoulement rapides et un régime torrentiel pouvant se traduire par un transport solide important en période de crue.

- Le ruisseau des Buts longe la bordure est de la station de La Tania. Il est busé sous le vaste complexe immobilier « Moretta », puis réapparaît à l'aval de la RD 98. Il prend forme près de la gare de départ du télésiège de Bouc-Blanc. Selon les crues et la divagation des écoulements, il peut recevoir une partie des eaux du ruisseau voisin de Praz-Juget.
- Le ruisseau de Praz-Juget prend sa source au niveau du promontoire de la Vieille-Cave tout en drainant des ruisseau provenant du Sommet des Lanches. Il s'écoule en direction de La Tania où il est rejoint par le ruisseau du Nant de La Caille, puis par celui des Grandes-Combes.
 - Le ruisseau du Nant de La Caille draine un secteur compris entre La Vettaz et Les Beignets. Sa source effective se situe au niveau de La Vettaz quelques centaines de mètres à l'amont de La Tania.
 - Le ruisseau des Grandes-Combes draine un secteur compris entre les Beignets et Le Grand-Bois. Ce cours d'eau n'est pas matérialisé sur la carte topographique de l'IGN. Sa source se situe sensiblement à la même altitude que celui du Nant de La Caille.

Le cours d'eau unique ainsi formé prend le nom de ruisseau de La Caille. Il se poursuit jusqu'au hameau de Villaflou. Il longe ce dernier pour ensuite confluir avec le ruisseau de La Closetaz.

Ces trois cours d'eau traversent La Tania dans des conditions hydrauliques difficiles (franchissements de routes, tronçons couverts, ouvrages hydrauliques étroits très exposés au colmatage par des matériaux et aux embâcles, lits mineurs déviés, etc.).

- Le ruisseau de La Closetaz prend sa source à l'aval de La Tania. Il s'écoule à l'ouest du hameau de Villaflou dans un lit mineur très faiblement marqué. Il traverse un terrain en longeant un chalet, puis il est rejoint par le ruisseau de Praz-Juget à l'aval du hameau de Villaflou. Il se jette dans le Doron de Bozel à l'amont du village de La Perrière.
- Le ruisseau de la Ravine prend sa source à l'amont du hameau de Villarnard. Il se jette dans le Doron de Bozel au niveau du lieu-dit Pierre-Blanche.
- Le ruisseau de Nant-David prend sa source au lieu-dit la Forêt, à l'ouest de La Tania. Il s'écoule dans une combe relativement marquée jusqu'au hameau de Champetel, puis il traverse ce

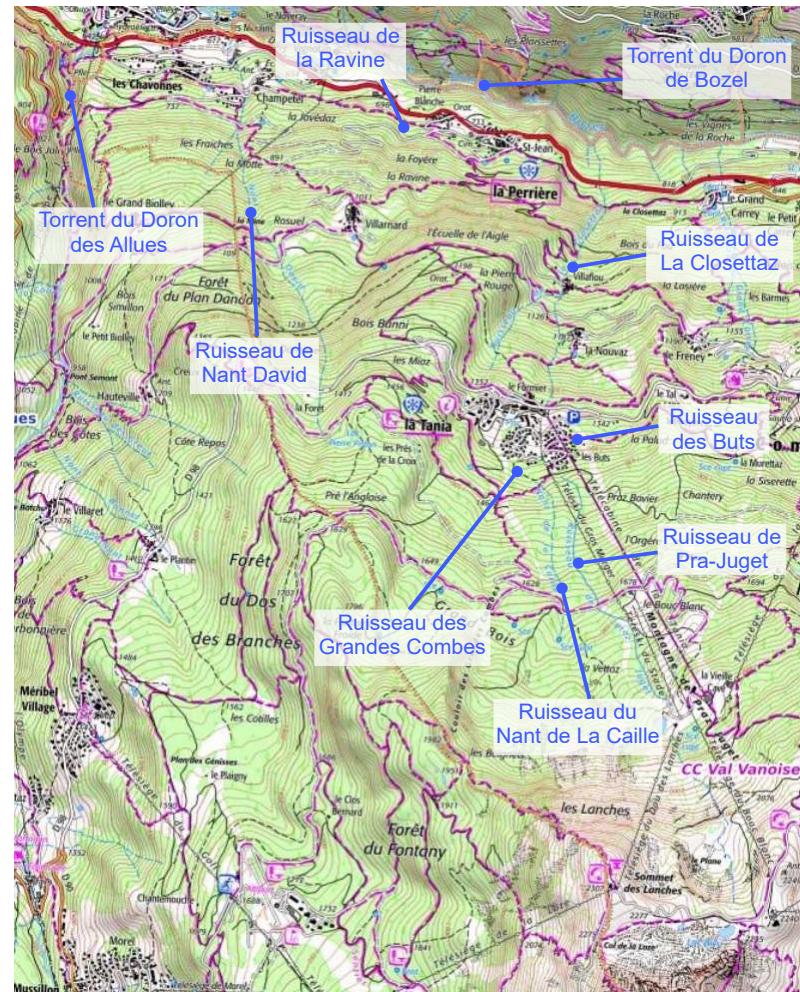


Figure II.7: réseau hydrographique de La Perrière.

dernier avant de confluer avec le Doron de Bozel. Sa combe est en partie couverte au niveau du hameau de Champetel, ce qui instaure des conditions d'écoulements relativement défavorables.

- Le Doron des Allues souligne sur une très courte distance la bordure ouest du territoire de La Perrière. Ce torrent qui draine la vallée de Méribel est contenu dans une combe encaissée. Il concerne très peu la zone d'étude.

II.6. Pluviométrie

Les précipitations jouent un rôle essentiel dans l'apparition et l'évolution des phénomènes naturels. Les stations météorologiques de Moûtiers (480 m d'altitude) et de Pralognan-la-Vanoise (1420 m d'altitude), proches de la commune de Courchevel, permettent d'apprécier le régime de précipitations régnant sur la région. Les conditions pluviométriques enregistrées à leur niveau donnent un aperçu sur les précipitations pouvant s'abattre sur la zone d'étude. Le graphe suivant représente les précipitations moyennes mensuelles enregistrées au niveau de ces deux stations météorologiques sur la période comprise entre 1991 et 2010.

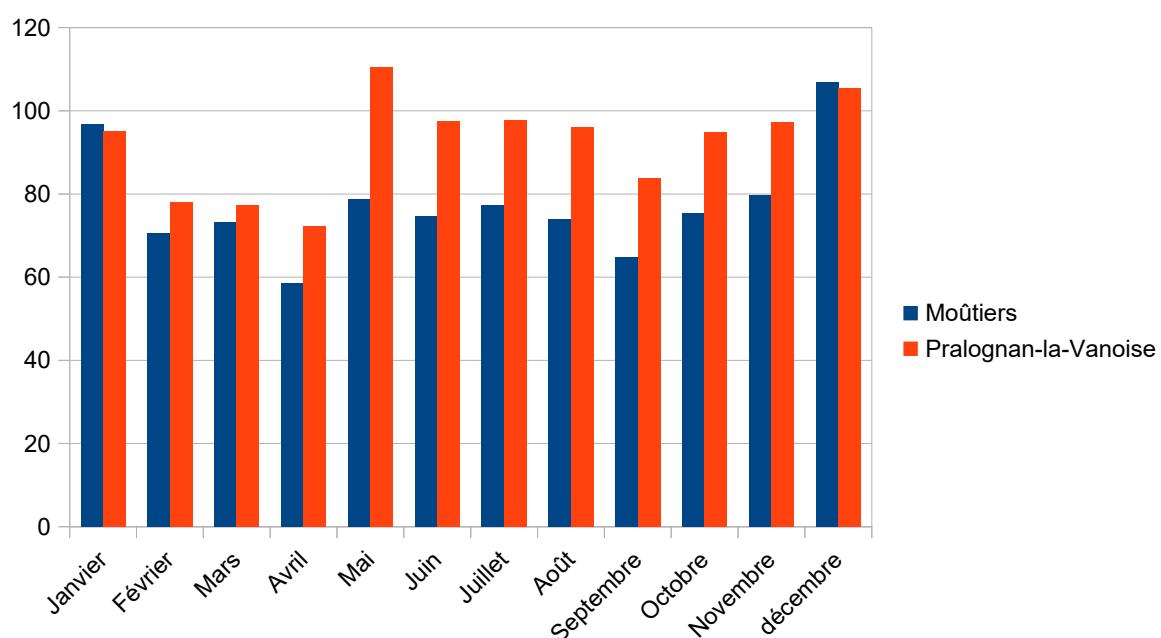


Figure II.8: Précipitations moyennes mensuelles enregistrées aux postes météorologiques de Moûtiers et de Pralognan-la-Vanoise sur la période de 1991 à 2010.

Ce graphique montre une pluviométrie plus élevée au niveau du poste de Pralognan-la-Vanoise qui se situe à plus haute altitude et en haute vallée. Pour les deux postes, la pluviométrie est globalement bien répartie sur toute l'année avec des écarts peu marqués entre les saisons. Les périodes les plus sèches se manifestent durant l'hiver, le début du printemps et en fin d'été. La période estivale est plutôt bien arrosée, tout comme le début d'hiver.

À ce graphique doivent être ajoutées les précipitations hivernales qui s'abattent sous forme de neige, ce qui n'apparaît pas dans les enregistrements pluviométriques. La neige au sol constitue un stock très important en eau qui peut être libéré en très peu de temps en cas de fonte rapide du manteau neigeux (redoux hivernaux, fonte accélérée au printemps). Des apports en eau très conséquents, parfois supérieurs à ceux engendrés par des précipitations, peuvent être ainsi connus et avoir de graves

conséquences hydrauliques. La fonte brutale du manteau neigeux peut être équivalente à de fortes et brèves précipitations de type orageuses.

De même, les orages d'été et de début d'automne peuvent générer en peu de temps l'équivalent des précipitations moyennes enregistrées sur un mois, voire beaucoup plus. Le graphe ci-dessus ne doit donc pas faire perdre de vue l'intensité des pluies qui peuvent s'abattre au cours d'épisodes pluvieux intenses. Le tableau suivant retranscrit les records de précipitations mensuels enregistrés sur les deux postes météorologiques, sur la période du 01/06/1934 au 02/10/2024 (hauteurs quotidiennes maximales de précipitations).

Tableau II.1 : records de précipitations mensuels enregistrés sur les deux postes météorologiques sur la période du 01/06/1934 au 02/10/2024

Poste	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Moûtiers	03/01/2018	13/02/1990	21/03/1971	04/04/1940	30/05/2010	18/06/1948
	64 mm	94,2 mm	102,4 mm	50,4 mm	53 mm	52 mm
Pralognan-la-Vanoise	12/01/1947	09/02/1955	20/03/1978	23/04/1961	30/05/2010	04/06/1936
	65,4 mm	82,2 mm	83,2 mm	55 mm	70,2 mm	54,4 mm
Poste	Juillet	Août	septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Moûtiers	17/07/2011	29/08/1946	25/09/1947	12/10/1981	26/11/1983	24/12/1954
	45,6 mm	68 mm	56 mm	52,8 mm	65 mm	96 mm
Pralognan-la-Vanoise	21/07/1973	24/08/1987	15/09/1940	31/10/1945	24/11/2016	25/12/1968
	57 mm	65,8 mm	77,3 mm	137 mm	80 mm	61,2 mm

III. Phénomènes naturels et aléas

Parmi les divers phénomènes naturels susceptibles d'affecter la zone d'étude, seuls les crues torrentielles, les ruissellements de versant et les ravinements, les glissements de terrain, les chutes de blocs et les avalanches qui ont été pris en compte, car identifiés comme étant présents ou potentiellement présents sur le territoire.

On notera que des mines artisanales d'anthracite ont été exploitées sur le territoire de La Perrière. Un document du BRGM (Catalogue des archives orphelines Charbon recensées sur le site du BRGM à Orléans – BRGM/RP-59240-FR - juin 2011) signale deux concessions aux lieux-dits Champdernier et Les Roches. Ce type d'exploitation peut générer des phénomènes d'effondrements de cavités souterraines. Le risque minier n'est toutefois pas pris en compte par la carte des aléas, car il n'est pas considéré d'origine naturelle. Les exploitations minières dépendent du code minier qui définit ses propres modalités d'affichage et de gestion du risque.

La DDT 73 a communiqué à la commune les informations disponibles au sujet des exploitations artisanales d'anthracite de La Perrière. Il convient de s'y référer pour leur prise en compte dans le document d'urbanisme.

CHAMPDERNIER :

- Plan de la mine d'anthracite de M. Combier située au quartier de Champdernier, commune de Saint-Jean-la-Perrière, province de Tarentaise, pour être joint à sa demande tendant à obtenir l'extension de sa concession (1/1.000), Juillet 1857 - 1866
- Propriété communale n°6111 1/2 : Mas de la Dornière, gisement Clou & gisement Jet, Avril 1869
- Plan topographique des terrains appartenant à la commune de la Perrière et dont le Sieur Chevalier Richard & consort demandent la concession pour exploiter les mines d'anthracite y existant (1/10.000), Juillet 1869
- Concession de Champdernier (B.D.M.N.) : demande en extension (E.F.G.H.I.K.), plan extrait des archives du Service des Mines - Grenoble (1/10.000), Octobre 1869

LES ROCHES :

- Documents.

Figure III.1: extrait du rapport BRGM référencé « BRGM/RP-59240-FR » citant deux anciennes exploitations minières.

Les définitions retenues pour ces phénomènes naturels sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau III.1 : définitions des phénomènes naturels étudiés

Phénomènes	Symboles	Définitions
Crues torrentielles	T	Crue d'un cours d'eau à forte pente (plus de 5 %), à caractère brutal, qui s'accompagne fréquemment d'un important transport de matériaux solides (plus de 10 % du débit liquide), de forte érosion des berges et de divagations possibles du lit sur le cône torrentiel. Cas également des parties de cours d'eau de pente moyenne dans la continuité des tronçons à forte pente lorsque le transport solide reste important et que les phénomènes d'érosion ou de divagation sont comparables à ceux des torrents.
Ravinement et ruissellement sur versant	R	Divagation des eaux météoriques en dehors du réseau hydrographique suite à de fortes précipitations. Ce phénomène peut provoquer l'apparition d'érosions localisées (ravinement).
Glissement de terrain	G	Mouvement d'une masse de terrain d'épaisseur variable le long d'une surface de rupture. L'ampleur du mouvement, sa vitesse et le volume de matériaux mobilisés sont éminemment variables : glissement affectant un versant sur plusieurs mètres (voire plusieurs dizaines de mètres) d'épaisseur, coulée boueuse, fluage d'une pellicule superficielle.
Chutes de blocs	P	Chute d'éléments rocheux d'un volume unitaire compris entre quelques centimètres cubes et quelques mètres cubes. Le volume total mobilisé lors d'un épisode donné est inférieur à quelques centaines de mètres cubes. Au-delà, on parle d'éboulement en masse, en général non analysé par la carte des aléas.
Avalanche	A	Déplacement gravitaire (sous l'effet de son propre poids), rapide, d'une masse de neige sur un sol en pente, provoqué par une rupture dans le manteau neigeux.

III.1. Approche historique des phénomènes naturels

La consultation des services RTM Savoie de l'ONF ainsi que l'enquête menée auprès de la municipalité ont permis de recenser un certain nombre d'événements historiques.

Le tableau suivant récapitule les événements historiques recensés sur la commune. Les événements sont classés par type de phénomène et par ordre chronologique. Ils sont également localisés sur une carte informative jointe en annexe à l'aide d'une numérotation faisant le lien avec le tableau. Cette carte informative localise également les phénomènes actuellement actifs, les ouvrages de protection et certaines zones géomorphologiquement remarquables qui façonnent les reliefs.

Tableau III.2 : phénomènes historiques rapportés sur la commune de La Perrière.

Numéro de localisation	Phénomène	Date	Description	Sources
H1	Crue du ruisseau des Ravines	16/01/1955	Débordement du ruisseau des Ravines au franchissement de la route nationale RN 515 (actuelle RD 915). Le ruisseau a surversé sur la chaussée suite à l'obstruction de son aqueduc. Le bas-côté de la route a été très affouillé sur 30 mètres de long. La chaussée ne présentait alors plus qu'une largeur de 4 mètres.	RTM 73
H2	Crue du ruisseau du Nant de La Caille	18 mai 2006	<p>Le ruisseau du Nant de La Caille qui est en partie couvert dans la traversée de La Tania a débordé en direction de la gare de départ de la télécabine de La Tania. L'entonnement de l'ouvrage de couverture s'est obstrué. Le ruisseau a inondé et engravé la gare de départ de la télécabine, la RD 98 et une habitation à l'aval. Un téléski est aménagé parallèlement au ruisseau. Sa piste a été en partie ravinée par les divagations.</p> <p>La crue est survenue à la suite d'un orage et d'une forte fonte de neige. Sa période de retour a été estimée à moins de 10 ans.</p> <p>Il est signalé que le lit et les ouvrages de couverture de ce ruisseau doivent être régulièrement entretenus pour éviter leur obstruction et que le cours d'eau érode ses berges.</p>	RTM, mairie
H3, H4, H5	Crue du ruisseau du Nant-David	2015, régulièrement	<p>Le ruisseau du Nant-David déborde régulièrement au franchissement de la piste forestière (H3) située en amont du lotissement de Giglary (secteur des hameaux des Chavonnes et de Champetel). Le ruisseau sort de son lit en rive gauche et tend à emprunter un chemin aménagé à l'aval de la piste forestière (H4). En temps ordinaire, ses débordements se rabattent rapidement dans le lit mineur.</p> <p>En 2015, d'après une habitante du lotissement, il aurait atteint le lotissement de Giglary, probablement en se maintenant sur le chemin situé à l'aval de la piste forestière (débordement latéral quasiment improbable au droit du lotissement du fait de l'encaissement profond du lit). Cette habitante indique avoir observé une lame d'eau de 15 à 20 centimètres de hauteur sur la chaussée du lotissement (H5).</p>	RTM, mairie, habitant

Numéro de localisation	Phénomène	Date	Description	Sources
			D'après une personne des services communaux, ce sont des ruissellements liés à la saturation des terrains situés à l'amont du lotissement qui auraient provoqué cet écoulement.	
H6	Crue du Nant David	Non daté	Le Nant-David a inondé une scierie (crue ancienne non datée). Cette scierie est supposée se situer en pied de versant au niveau de la rue des Agathines.	Habitant
H7	Crue du ruisseau des Buts	Régulièrement (non daté)	<i>Le ruisseau des Buts déborde de façon récurrente au pied des pistes de La Tania. Il divaguait sur un parking jusqu'en 2023 (extrémité est de La Tania). Un complexe immobilier a été construit en 2024 à la place du parking. D'après des plans, le ruisseau est busé sous la construction.</i>	RTM, mairie
H8	Ravinement / coulée de boue	1950	Des coulées de boue, probablement liées à des phénomènes de ravinement, ont affecté l'emplacement de l'actuel lotissement de Giglary (lotissement non bâti à l'époque). Le lidar montre à l'aval d'une combe de possibles traces de ces phénomènes.	Ancienne mairie de La Perrière
H9	Ruisseaulement ravinement probablement depuis la combe de la Foyère	16/01/1955	Des ruissellements ont divagué dans le hameau de Pierre-Blanche en engravant des ruelles.	Ancienne mairie de La Perrière
H10	Ravinement / coulée de boue	1978	Des coulées de boue, probablement liées à des phénomènes de ravinement, ont affecté le hameau de Chavonnes. Des maisons ont été atteintes. Le Lidar montre de possibles axes d'écoulement en amont du hameau de Chavonnes qui pourraient correspondre à ces phénomènes.	RTM
H11	Glissement de terrain	Octobre 1944	<i>Un glissement de terrain s'est produit en amont du village de La Perrière (secteur de Saint-Jean). Il a été provoqué par une venue d'eau souterraine, décrite comme une « poche d'eau », qui s'est manifestée à l'amont du chemin de la Croix Verte. Des matériaux se sont répandus dans le village jusqu'à la route nationale (actuelle RD 915), très probablement entraînés par l'écoulement de la venue d'eau.</i>	Ancienne mairie de La Perrière
H12	Forte instabilité de terrain / glissement de terrain	Vers 1990	<i>De graves fissures sont apparues sur le bâtiment B de la résidence le Saboïa situé à La Tania. La partie ouest du bâtiment a été plus particulièrement touchée. Le site a été instrumenté avec la pose de deux tubes inclinométriques (I1 à l'amont du bâtiment et I2 sur le pignon ouest du bâtiment). Ces derniers ont été mis en place à une profondeur de 30 mètres. Les sondages réalisés pour leur installation ont traversé des matériaux rocheux globalement altérés et argileux avec quelques passages plus massifs mais peu épais.</i>	RTM, mairie

Numéro de localisation	Phénomène	Date	Description	Sources
			<p>Des venues d'eau ont également été constatées. En 2016, le suivi du dispositif a mis en avant un mouvement de cisaillement dans le sol entre 9 et 10,5 mètres de profondeur au niveau de l'inclinomètre I1. Des déformations plus discrètes ont été relevées au niveau de l'inclinomètre I2.</p> <p>Le bâtiment a nécessité d'importants travaux de reprise en sous-œuvre pour tenter de le stabiliser.</p>	
H13	Instabilité de terrain / glissement de terrain	2007	Des instabilités de terrain sont apparues lors de la réalisation des fondations de certaines maisons du lotissement de Giglary (phénomène probablement lié aux travaux de terrassement qui ont modifié l'état d'équilibre du terrain).	Ancienne mairie de La Perrière
H14	Glissement de terrain	2009	Un glissement de terrain s'est produit au niveau du talus du parking de Vignotan. Le talus a été conforté à l'aide d'enrochements.	Ancienne mairie de La Perrière
H15	Glissement de terrain	2009	Un glissement de terrain s'est déclenché au lieu-dit La Dornière, en limite communale avec les Allues. Le phénomène s'est manifesté sous la forme d'une coulée de boue visqueuse aux allures de lave torrentielle.	RTM
H16	Glissement de terrain	Printemps 2024	Un glissement de terrain s'est déclenché en zone naturelle à l'est du hameau de Villaflou. Le phénomène s'est déclenché sur une pente forte en bordure d'une piste forestière. De faible profondeur (couche de terrain superficielle mobilisée), il aurait été provoqué par des ruissellements.	Habitant
H17	Glissement de terrain	Régulièrement	Des glissements de terrain se manifestent régulièrement à l'aval du hameau de Villaflou.	Ancienne mairie de La Perrière
H18	Glissement de terrain	Régulièrement	Un glissement de terrain affecte une combe à la sortie ouest de La Tania. Il inflige régulièrement des déformations marquées à la chaussée de la RD 98 et à la route de Jilliard (chemin menant au hameau d'origine de La Tania et à la résidence le Saboïa).	Mairie
H19	Chutes de blocs depuis la falaise de la Becqua	28 et 29/12/1974 24/03/1999	<p>En 1974, un éboulement d'environ 1000 m³ de rocher s'est déclenché de la falaise de la Becqua qui domine le village de La Perrière. Une majorité des blocs s'est arrêtée au niveau du chemin forestier qui gravit en lacets le versant (H19). D'après les constatations de l'époque, certains blocs atteignaient plusieurs dizaines de mètres cubes.</p> <p>Suite à l'événement de 1974, une fissure a été détectée dans la falaise. Une surveillance a été mise en place pour suivre son évolution. Des signes de mouvements ont été décelés jusqu'en 1999, sans toutefois qu'un réel risque d'éboulement n'apparaisse.</p> <p>En 1999, la falaise a montré des signes de décollement plus marqués du rocher en place avec</p>	RTM, mairie, divers rapports techniques

Numéro de localisation	Phénomène	Date	Description	Sources
			<p>une accélération du déplacement de masses rocheuses.</p> <p>Entre-temps, deux merlons de protection ont été construits en pied de versant en 1995 et 1997, pour protéger le village de La Perrière, le RTM 73 en étant le maître d'œuvre (H20 et H21).</p> <p>Le 24 mars 1999 un nouvel éboulement s'est produit. Il s'est propagé sur le versant en détruisant une partie de la forêt. Quelques blocs ont dépassé une dizaine de mètres cubes de volume. Une majorité des blocs (90 à 95%) s'est arrêtée sur l'éboulis du pied de falaise, en amont ou sur la piste forestière de Villaflou. Un seul bloc d'environ 50 m³ a franchi cette piste à 4 reprises (piste gravissant le versant en lacets) pour s'arrêter à l'amont du merlon pare-blocs construit à l'amont immédiat du village (H22) (150 mètres à l'amont des premières maisons). Le bloc de forme plutôt aplatie s'est propagé en roulant sur la tranche. Une partie du village de La Perrière a été évacuée le temps de la gestion de crise.</p>	
H20	Avalanche	13/02/2016	<p>Un skieur évoluant hors piste a déclenché une avalanche qui l'a emporté et lui a fait sauter une barre rocheuse. Le skieur est décédé. L'avalanche s'est déclenchée à 2050 mètres d'altitude sur le versant nord des Lanches. Sa largeur était de 80 mètres pour 300 mètres de long. L'épaisseur de neige au niveau de la cassure était de 30 centimètres. Cette avalanche est répertoriée dans la CLPA.</p>	RTM

La commune de Courchevel dont fait partie La Perrière a fait l'objet de 5 arrêtés de catastrophe naturelle en relation avec les phénomènes naturels étudié par la carte des aléas. Ces arrêtés de catastrophe naturelle concernent la totalité du territoire de Courchevel sans discernement entre les secteurs de La Perrière et de Saint-Bon-Tarentaise.

Tableau III.3 : Liste des arrêtés de catastrophes naturelle recensées sur la commune de Courchevel.

Code NOR	Libellé	Début le	Sur le journal officiel du
INTE1517820A	Inondations et/ou Coulées de Boue	06/06/2015	26/07/2015
INTE9900488A	Avalanche	20/02/1999	04/12/1999
INTE9200405A	Inondations et/ou Coulées de Boue	21/12/1991	23/08/1992
INTE9000196A	Avalanche	14/02/1990	24/05/1990
NOR19821118	Inondations et/ou Coulée de Boue	06/11/1982	19/11/1982

III.2. Documents risques existants

III.2.1. Le PPRN de Saint-Bon-Tarentaise

La commune déléguée de Saint-Bon-Tarentaise possède un Plan de Prévention des Risques naturels approuvé le 21/12/2016. Les phénomènes naturels pris en compte sont les mêmes que pour la carte des aléas de la commune déléguée de La Perrière (glissements de terrain, chutes de blocs, avalanches, phénomènes hydrauliques). La réglementation du PPRN s'applique sur le territoire de Saint-Bon-Tarentaise.

Ce PPRN a été réalisé sur la base d'une doctrine légèrement différente que celle en vigueur actuellement pour l'élaboration de la présente carte des aléas de La Perrière. Les différences portent essentiellement sur les critères de détermination et de qualification de l'aléa. Elles ne devraient toutefois pas porter atteinte à la cohérence des deux documents (carte des aléas et PPRN) car les niveaux d'aléas résultant de l'application des deux doctrines sont relativement similaires. De plus, les limites entre les deux communes déléguées ne recoupent pas de zone à enjeux urbains. Elles se situent uniquement en zone naturelle, ce qui n'entraîne pas d'ambiguïté de zonage en zone de développement urbain.

III.2.2. Le PIZ

La commune déléguée de La Perrière dispose d'un Plan d'Indexation en Z (PIZ) qui a été établi en 2013 par le bureau d'études Géolithe en s'intéressant uniquement à des secteurs partiels délimités autour des zones urbanisées et urbanisables.

Tout comme le PPRN de Saint-Bon-Tarentaise, ce document est établi sur la base d'une ancienne doctrine proche de celle appliquée pour le PPRN de Saint-Bon-Tarentaise, mais qui ne définit pas des niveaux d'aléa correspondants.

Cette cartographie sera remplacée par la présente carte des aléas.

III.2.3. Projet de PPRN

Un projet de PPRN a été lancé par la DDT73 sur la commune de La Perrière, avant sa fusion avec la commune de Saint-Bon-Tarentaise. Ce projet a avorté. Seule une carte des aléas établie sur les mêmes bases que le PPRN de Saint-Bon-Tarentaise est ressortie de ce projet en reprenant le même périmètre d'étude que le PIZ et en apportant en plus un regard relativement généraliste sur le reste du territoire.

Ce document est repris par la présente carte des aléas, en appliquant les règles départementales actuelles de cartographie des aléas, en étendant le périmètre d'étude à la totalité du territoire de La Perrière et en exploitant le levé Lidar qui permet une meilleure précision.

III.3. Analyse géomorphologique et reconnaissances de terrain

Une analyse géomorphologique a été réalisée sur la commune à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT) établi à partir du relevé Lidar HD de l'IGN. Le relevé Lidar permet de restituer la topographie du terrain avec une grande précision (Figure III.2).

Une carte des pentes a été extraite du Lidar. Elle présente la déclivité des terrains en degrés selon des intervalles de pente s'échelonnant entre 20° et la verticalité (Figure III.4). L'état de surface des terrains souligné par le Lidar et les classes de pentes choisies permettent de repérer les secteurs

potentiellement exposés aux glissements de terrain et, au-delà d'une certaine inclinaison, les affleurements rocheux et les falaises générateurs de chutes de blocs. Le Lidar et les informations qu'on peut en extraire sont des outils d'accompagnement précieux et fiable pour l'établissement du diagnostic de terrain.

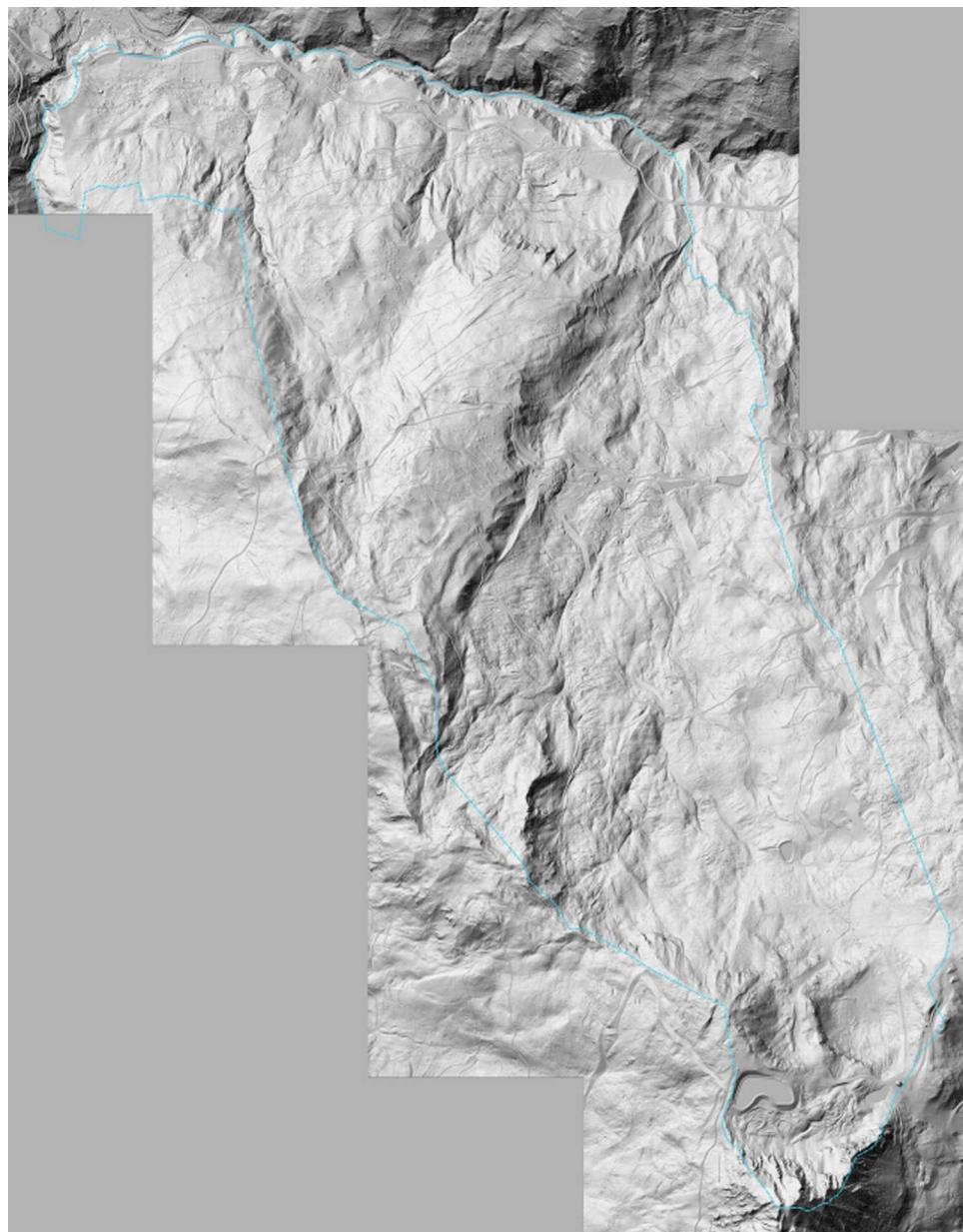


Figure III.2: levé Lidar de La Perrière.

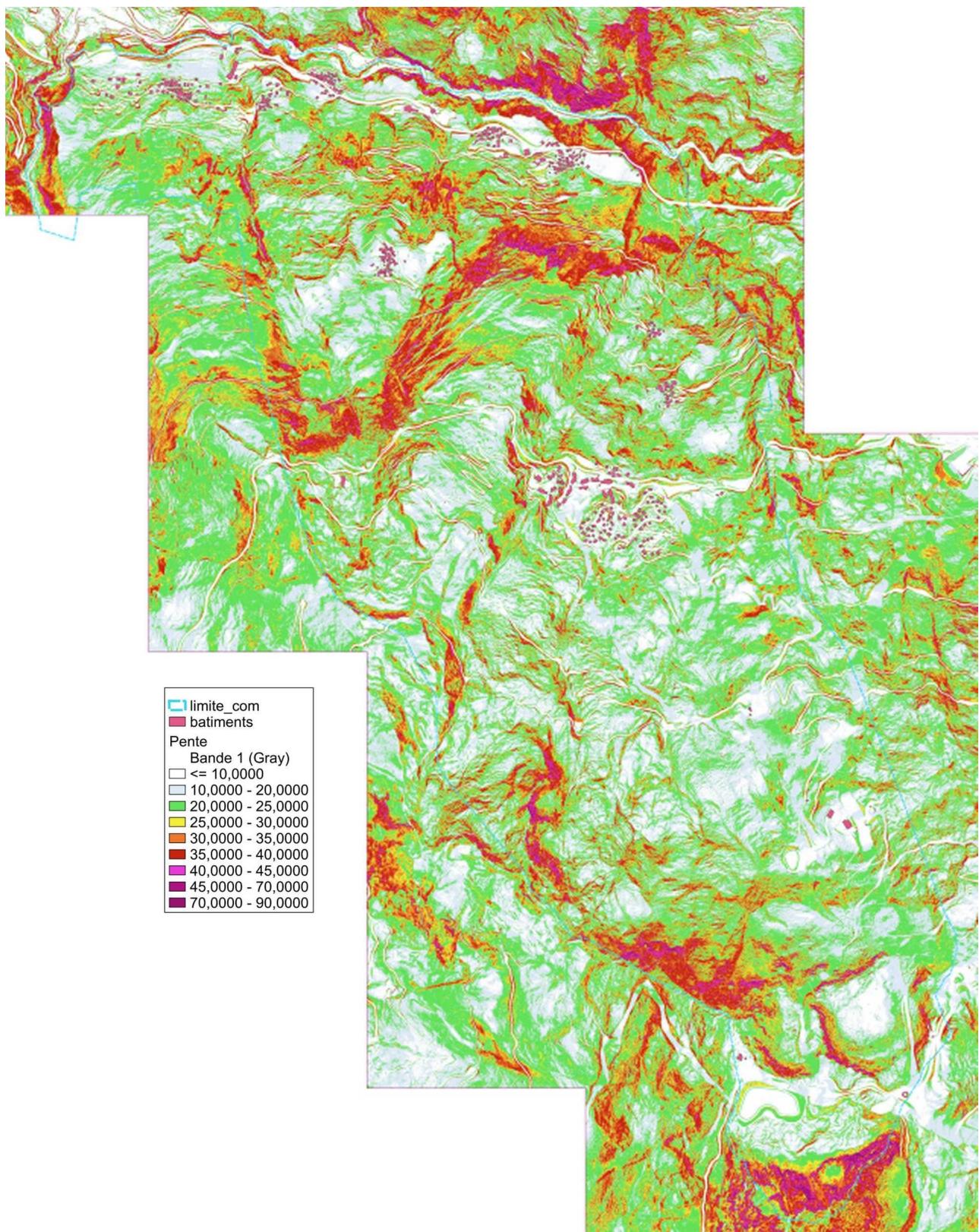


Figure III.3: carte des pentes de La Perrière réalisée à partir du levé Lidar.

La carte topographique obtenue à partir du levé Lidar souligne les principales structures naturelles du territoire, en mettant en avant des cicatrices de glissements de terrain anciens stabilisés ou non, des empreintes de glissements de terrain actuels actifs, des lignes de crête matérialisant des falaises, le réseau hydrographique principal, etc. Elle correspond à une sorte « d'écorché de terrain » mettant en avant avec précision le relief de la surface des terrains débarrassés de la végétation, des

aménagements, etc. Elle permet de mieux cerner l'exposition du territoire aux phénomènes naturels en identifiant des marqueurs topographiques caractéristiques. Elle est un support essentiel pour mener les reconnaissances de terrain nécessaires à l'élaboration de la carte des aléas.

Les prospections de terrain consistent à rechercher des indices caractéristiques propres à chaque phénomène. Elles permettent de constater les conditions naturelles réellement présentes et de comprendre les interactions possibles entre les différents paramètres naturels rencontrés. Couplées aux connaissances géologiques (carte géologique notamment) et aux supports topographiques (Lidar notamment), l'interprétation des indices identifiés permet de déterminer et de catégoriser les phénomènes naturels présents et de les classer selon leur niveau d'importance (phénomènes actifs et phénomènes potentiels). L'approche de terrain est ainsi prioritairement naturaliste.

Les reconnaissances de terrain ont été menées au cours du mois d'octobre 2024.

III.3.1. Les crues torrentielles

Plusieurs petits cours d'eau, tous affluents du torrent du Doron de Bozel, composent le réseau hydrographique de La Perrière. Ils drainent un secteur montagneux caractérisé par des pentes fortes à très fortes qui leur imposent des vitesses d'écoulement plutôt élevées et qui leur permettent de développer une forte énergie. Ils s'écoulent sur des terrains généralement sensibles à l'érosion, composés de placages morainiques jusque vers 2000 mètres d'altitude et plutôt d'éboulis à plus haute altitude. En période de crue, ils peuvent éroder leur lit et leurs berges et ainsi se charger en transport solide quasiment dès le sommet de leur bassin versant.

Certains cours d'eau empruntent des combes très marquées, voire encaissées, en particulier à l'aval de La Tania et du lieu-dit la Forêt en limite communale des Allues (tiers aval des versants de La Perrière). Ces combes souvent escarpées sont particulièrement instables. Des glissements de terrain peuvent s'y produire et atteindre les ruisseaux en obstruant leur lit. Ces derniers peuvent alors puiser dans les matériaux produits par les glissements de terrain et les remobiliser en complément de leur propre production de matériaux d'érosion.

Ces cours d'eau peuvent ainsi présenter un débit mixte liquide / solide animé par des vitesses d'écoulement élevées et adopter un régime torrentiel redoutable en cas de forte crue. La part de transport solide peut être conséquente en fonction des apports en matériaux, en particulier en cas de glissements de terrain et / ou de formation de griffe d'érosion. Les débits solides peuvent être ainsi élevés et la formation de lave torrentielle n'est pas à écarter en cas de forte concentration de matériaux solides.

Le transport solide se manifeste tant que la pente en long permet aux ruisseaux de développer suffisamment d'énergie pour l'entretenir. Lorsque la pente diminue, l'énergie des cours d'eau s'affaiblit jusqu'à ne plus permettre le charriage de matériaux. Ces derniers se déposent alors en engravant des terrains, s'il y a débordement, et en obstruant des ouvrages (ponts équipés de radiers horizontaux notamment). Des cônes de déjection plus ou moins conséquents peuvent se former selon l'importance de l'érosion à l'amont, du profil du terrain et de la place disponible pour l'atterrissement des matériaux. Le débit solide chute alors en laissant la place à des écoulements majoritairement boueux.

Un fort risque d'embâcles est également présent le long des cours d'eau, en particulier au droit des franchissements d'ouvrages hydrauliques. Les ruisseaux traversent de nombreuses zones boisées souvent non entretenues. Du bois mort et des branchages encombrent fréquemment les lits et les berges faute de nettoyage, ce qui représente autant de flottants mobilisables. Ces derniers représentent une menace supplémentaire car ils peuvent se coincer et s'enchevêtrer au moindre rétrécissement des lits mineurs et surtout au niveau des ouvrages hydrauliques (ponts, busages, etc.). Des embâcles peuvent ainsi se former et occasionner des débordements, même au niveau d'ouvrages correctement dimensionnés face aux débits attendus. Le risque d'embâcles doit être sérieusement pris en compte, car il porte souvent une grande responsabilité lors des phénomènes d'inondation.

Enfin, quelques études hydrauliques s'intéressent aux petits cours d'eau de La Perrière. Elles sont généralement anciennes (années 1990 – 2000). Elles annoncent des débits de crue estimés sur des relevés pluviométriques de leur époque. Ces débits peuvent parfois paraître faibles au regard du renforcement des précipitations que l'on connaît de nos jours. Ils sont cependant cités pour information.

Pour information également, on ajoutera que deux études hydrauliques plus récentes ont été réalisées sur le ruisseau des Verdons situé sur la commune déléguée de Saint-Bon-Tarentaise [Modification de la gare de départ de la télécabine des Chenus – Modélisation du ruisseau des Verdons – SAGE Environnement – juin 2024] et [Aménagement du jardin d'enfant – Modélisation du ruisseau des Verdons – juillet 2024]. Elles déterminent un débit spécifique centennal de $6 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ pour ce ruisseau. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une valeur évaluée dans le cadre d'une étude des ruisseaux de La Perrière, ce débit spécifique peut donner une certaine idée des débits de crue centennale potentiellement à attendre (valeur de débit spécifique à multiplier par la superficie du bassin versant).

III.3.1.1. Torrent du Doron de Bozel

Le torrent du Doron de Bozel s'écoule au fond d'une vallée étroite en forme de « V ». Une étude hydraulique réalisée au niveau du site de gestion des déchets ménagers du Carrey (Étude hydraulique et proposition de mesures de réduction de la vulnérabilité du site – Alp'Géorisques – octobre 2023) nous renseigne sur l'hydrologie du torrent. Elle définit un débit centennal de $180 \text{ m}^3/\text{s}$ pour un bassin versant de 315 km^2 à la hauteur du site de gestion des déchets.

Au niveau de La Perrière (rive gauche du torrent), il ne peut quasiment pas déborder. Ses écoulements sont concentrés entre deux versants abrupts qui plongent dans le lit mineur. Un risque d'érosion de berge et des pieds de versant prédomine, ce qui peut avoir comme conséquence le déclenchement de glissements de terrain.

Seul un court tronçon de la rive gauche du torrent apparaît potentiellement inondable au droit du hameau de Vignotan, au pied de la route qui mène à l'usine électrique située en rive droite. Il s'agit d'une plateforme aménagée entre le versant de la rive gauche et le lit mineur qui sert à entreposer du remblai. Bien que surélevée de quelques mètres par rapport au lit mineur, le torrent en crue peut l'atteindre. Ce dernier montre un parcours sinuieux favorable à la formation d'embâcles qui pourraient dévier les écoulements dans sa direction. De plus, la plateforme semble en grande partie composée de matériaux rapportés potentiellement érodables qui peuvent être emportés par les crues. Précisons que les remblais qui sont entreposés à ce niveau forment des tas de matériaux élevés qui apparaissent hors d'eau. S'agissant de matériaux de stockage, ils ne sont pas pérennes et, de plus, ils sont érodables. Ils ne sont donc pas pris en compte pour juger la hauteur du terrain par rapport au torrent.



Figure III.4: le Doron de Bozel au droit du hameau de Vignotan ; à noter en arrière plan le remblai déposé sur la plateforme de la rive gauche.

III.3.1.2. Ruisseaux de La Tania

Plusieurs ruisseaux traversent la station de La Tania. Ils confluent progressivement les uns avec les autres entre La Tania et le hameau de Villaflou pour ensuite former un unique torrent qui se jette dans le Doron de Bozel quelques centaines de mètres à l'est du village de La Perrière. Quatre cours d'eau prennent leur source à l'amont de La Tania. Ils drainent une partie du domaine skiable et un vaste secteur naturel qui s'étend jusqu'au Sommet des Lanches (ruisseaux des Buts, de Praz-Juget, du Nant de La Caille et des Grandes-Combes). Un cinquième cours d'eau prend naissance à l'aval de La Tania. Il s'agit du ruisseau de La Closetaz qui est rejoint par les précédents à l'aval du hameau de Villaflou.

Les ruisseaux prenant leur source à l'amont de La Tania drainent des bassins versants parfois mal délimités entre eux. En effet, les lits mineurs suivent des lignes de plus grandes pentes en empruntant parfois des talwegs très faiblement marqués, voire de légères bosses de terrain. Ils franchissent également des pistes forestières et des pistes de ski qui ont conduit à certains aménagements hydrauliques (busages, fossés, renvois d'eau, etc.). En temps normal, les écoulements se maintiennent dans les lits mineurs et les divers aménagements réalisés, car les débits sont raisonnablement faibles. Mais en cas d'augmentation significative des débits, les ruisseaux peuvent rapidement sortir de leur lit et basculer vers des bassins versants voisins. Des débits inhabituellement élevés ne sont pas à exclure pour ces cours d'eau en période de crue, en cas de telles déviations des écoulements.

Une simulation des écoulements (outil d'aide à l'identification des écoulements sans valeur d'étude hydraulique), réalisée en s'appuyant sur le relevé Lidar disponible, met en avant cet aspect hydraulique particulier. On peut notamment constater le rôle de déviation et de dispersion des écoulements que peuvent jouer les pistes forestières et les aménagements du domaine skiable. Le cas le plus notable est toutefois le détournement possible des écoulements du ruisseau de Praz-Juget en direction du ruisseau des Buts au niveau de la gare de départ du télésiège du Bouc-Blanc à 1700 mètres d'altitude (voir Figure III.5).

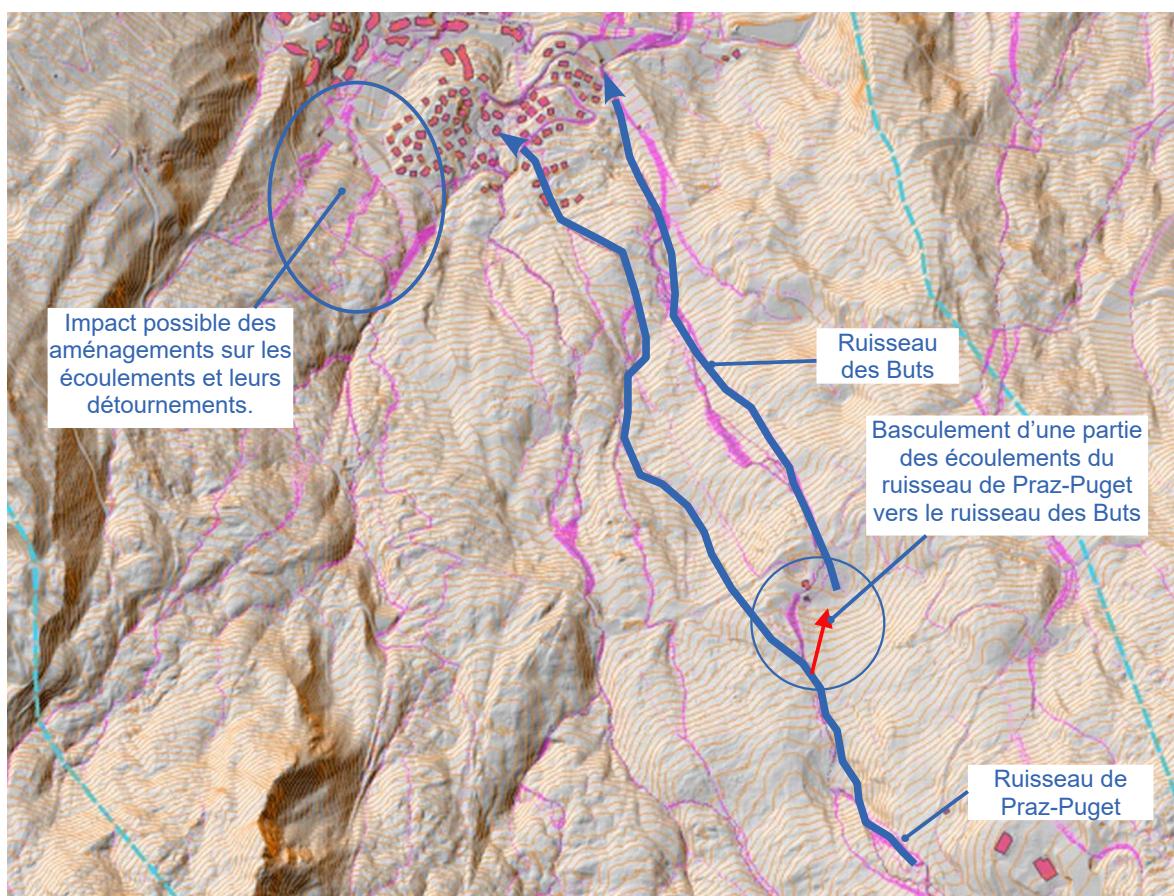


Figure III.5: simulation des écoulements à l'amont de La Tania.

III.3.1.2.1. Ruisseau des Buts

Le ruisseau des Buts n'apparaît pas sur la carte IGN. Son nom est issu d'une désignation locale qui reprend celui du lieu-dit qu'il traverse. Il longe l'extrémité est de la station de La Tania en s'écoulant dans un lit relativement marqué jusqu'aux premiers chalets, puis qui tend à s'effacer. A l'origine, il débouchait au droit d'un parking sous lequel il était busé et où il débordait. Un projet immobilier (projet Moretta) a été réalisé à la place du parking, ce qui a profondément modifié les lieux. Les travaux étaient en cours lors de nos prospections de terrain.

Les terrassements de ce projet immobilier ont produit un très important volume de déblais qui ont été déposés à l'amont sur une piste de ski. Le pied du talus latéral ouest de ce remblai vient jusqu'en bordure du ruisseau des Buts qui s'écoule à l'air libre. Son talus aval, qui domine le complexe immobilier, recouvre ce même ruisseau qui est alors busé jusqu'à la RD 98 (busage sous le complexe immobilier). D'après des plans disponibles dans un dossier de demande d'autorisation au titre des articles L214-1 et suivants du code de l'environnement (Aménagement de l'« extension Moretta » - SAGE Environnement – novembre 2016), le ruisseau devait être couvert sous le complexe immobilier avec un dispositif à l'amont pour prévenir les débordements et l'obstruction de l'ouvrage (piège à flottants et à matériaux, parcours à moindre dommage, etc.). L'ouvrage de couverture préconisé par l'étude doit offrir une hauteur minimale de 1500 mm de sorte à être visitable, avec une section de forme ovoïde ou rectangulaire. Les aménagements de protection à l'amont de la couverture n'étaient pas encore réalisés lors de notre passage (chantier en cours). Par contre, un busage récent était visible avec un diamètre inférieur aux dimensions définies par l'étude SAGE (diamètre estimé à Ø800).



Figure III.6: ruisseau des Buts à l'amont du projet Moretta de La Tania. A gauche de la photo, le remblai déposé sur la piste de ski.



Figure III.7: busage du ruisseau des Buts à l'amont du projet Moretta.

L'étude SAGE estime la superficie du bassin versant du ruisseau des Buts à 0,3 km² et son débit centennal à 1,1 m³/s. Les conditions ont toutefois changé depuis la réalisation de cette étude. Ainsi, le remblai déposé sur la piste de ski détourne une partie des écoulements vers un bassin versant voisin, ce qui entame une partie du débit déterminé par l'étude. Inversement, comme indiqué précédemment (§ III.3.1.2), les limites entre les différents bassins versants du secteur de La Tania sont parfois floues. Une partie des écoulements du ruisseau de Praz-Juget peut notamment rejoindre le ruisseau des Buts, ce qui peut gonfler le débit. De ce fait, les valeurs de débit annoncées par l'étude SAGE en 2016 peuvent différer des conditions hydrauliques actuelles.

Actuellement un risque de débordement très prononcé se dessine en rive gauche du ruisseau. Le remblai déposé en bordure du cours d'eau est non végétalisé. Il est exposé à l'érosion en cas de fortes précipitations. Les matériaux érodés peuvent atteindre le ruisseau, obstruer son lit et l'alimenter en transport solide. Le busage mis en place à l'amont du complexe immobilier est également très exposé à

l'engravement et aux embâcles. Il peut être obstrué par les matériaux et les petits flottants pénétrant à l'intérieur. Les plus gros flottants peuvent obstruer son entrée ce qui conduira aux mêmes conséquences de débordements.

En débordant en rive gauche, le ruisseau peut inonder un chalet puis divaguer en direction du projet Moretta. Il n'est pas possible de se prononcer sur le caractère inondable futur de la résidence tant que les travaux ne sont pas terminés. Si le plan de masse du projet est respecté, un parcours à moindre dommage est prévu à l'amont de la résidence parallèlement à une voie de desserte couverte de la propriété. Seule une nouvelle visite de terrain une fois le projet terminé permettra de définir l'exposition au risque hydraulique de la propriété.

Le ruisseau réapparaît à l'air libre à l'aval de RD 98. Il emprunte une combe sur quelques centaines de mètres puis conflue avec le ruisseau du Nant de La Caille à la hauteur du hameau de la Nouvaz.

III.3.1.2.2. Ruisseaux de Praz-Juget, du Nant de La Caille et des Grandes-Combines

Ces trois ruisseaux confluent au cœur du village de chalets de La Tania, à l'amont de la gare de départ de la télécabine de La Tania.

Les ruisseaux de Praz-Juget et du Nant de La Caille ont fait l'objet d'une étude hydraulique dans le cadre du développement urbain de La Tania (Étude des ruisseaux situés dans le périmètre de la ZAC de La Tania – RTM Savoie – novembre 1998). Cette étude détermine la superficie des bassins versants des deux ruisseaux à 1,2 km² chacun, soit 2,4 km² à la confluence des deux ruisseaux qui se situe au cœur du village. Les deux bassins versants sont décrits comme étant identiques. Ils drainent la face nord du Sommet des Lanches avec, pour le ruisseau de Praz-Juget, une partie des écoulements qui peut se détourner vers le ruisseau des Buts comme déjà indiqué aux § III.3.1.2 et III.3.1.2.1). Le débit décennal des deux ruisseaux est évalué à 1,5 m³/s (pour 2,4 km²), soit un débit décennal spécifique de 0,6 m³/s/km². Le débit centennal des deux ruisseaux n'est pas estimé par cette étude.

Le ruisseau des Grandes-Combines n'est pas représenté sur la carte topographique IGN. Il correspond à un axe d'écoulement provenant du secteur du couloir des Grandes-Combines et de ses environs. Il est visible au niveau de la zone captage d'eau potable présente à l'amont immédiat du village de La Tania, où il semble réellement prendre forme. Il se remarque moins à l'amont du village de La Tania, car une piste de ski a en partie effacé sa trace. Son bassin versant théorique est légèrement inférieur à ceux des deux précédents. Il peut être sommairement estimé à environ 1 km², mais avec une certaine incertitude car une partie des écoulements semble pouvoir être déviée par divers aménagements (pistes forestières et pistes de ski). Les ruissellements du versant peuvent ainsi être détournés d'un bassin versant à l'autre et il est possible qu'une partie des écoulements soient canalisée pour être déviée en direction du pied des pistes du centre de la station.

• Ruisseau de Praz-Juget

En atteignant La Tania, le ruisseau de Praz-Juget longe plusieurs chalets. Son lit est chenalé et sa rive gauche est enrochée sur quelques dizaines de mètres le long du premier chalet, puis il franchit un ponceau et atteint la route de l'Étrivaz. La pente est forte ce qui lui confère une vitesse d'écoulement rapide. Une érosion des berges est possible malgré les enrochements en place et des embâcles peuvent se former au ponceau. A ce niveau, le ruisseau peut sortir de son lit en rive droite, mais sans trop s'étaler. Les vitesses d'écoulement et le profil du terrain ne devraient favoriser qu'un débordement localisé et orienté face à la pente. Un chalet de la rive droite est alors



Figure III.8: chenal du ruisseau de Praz-Juget à l'amont du village de La Tania.

potentiellement inondable et un autre présent en rive gauche peut être menacé en cas d'érosion de berge.



Figure III.9: ponceau à l'amont du village de La Tania franchit par le Praz-Juget. un débordement est possible en rive droite.

Le ruisseau de Praz-Juget franchit ensuite la route de l'Étrivaz. Son ouvrage hydraulique est étroit et également exposé aux embâcles, ce qui représente un autre point de débordement possible. Le ruisseau peut sortir de son lit en rive droite. L'essentiel du débordement devrait traverser la route de l'Étrivaz pour divaguer à l'aval. Mais le profil de la chaussée montre qu'une partie de l'eau peut emprunter la route jusqu'au ruisseau des Buts (cours d'eau voisin en bordure est de La Tania), tout en se diffusant à l'aval de cette dernière. Une certaine partie des débordements peut ainsi divaguer de façon très aléatoire jusqu'à la RD 98, en fonction des obstacles rencontrés et de la micro-topographie du terrain, sans que des cheminements préférentiellement se dessinent réellement. Il en ressort une vaste zone inondable plus ou moins inondable, avec des secteurs très localisés qui peuvent être hors d'eau grâce à de légers profilages de terrain. Précisons que ces secteurs potentiellement hors d'eau ne peuvent pas être pris en compte car ils ne sont pas protégés par des systèmes pérennes garantissant une mise à l'abri définitive (profilage de terrain pouvant changer en fonction des aménagements futurs).



Figure III.10: franchissement de la route de l'Étrivaz par le Praz-Juget.

• Ruisseau du Nant de La Caille

Le ruisseau du Nant de La Caille atteint le village de La Tania à l'ouest du téléski du Gros-Murger. Il franchit successivement le chemin Jacques-Pancera et la route du Plan-des-Fontaines, puis il emprunte une petite combe située entre le téléski qui est aménagé sur une zone remblayée pour le franchissement de la route du Plan-des-Fontaines et un chalet. Le franchissement des routes est délicat. Il est assuré par des buses pouvant s'obstruer. Des débordements sont possibles sur les chaussées. Le profil des deux routes peut favoriser un étalement des débordements. En rive droite, le ruisseau peut emprunter le passage inférieur aménagé sous la piste du téléski et en rive gauche il peut se diriger en direction du chalet construit en bordure de sa combe.



Figure III.11: ruisseau du Nant de La Caille à l'amont du village de La Tania.



Figure III.12: ruisseau du Nant de La Caille à l'amont du village de La Tania et chalet potentiellement inondable en rive gauche.

• Ruisseau des Grandes Combes

Le ruisseau des Grandes-Combes débouche dans le village de La Tania à proximité de celui du Nant de La Caille. Il traverse le champ de captage d'eau potable de La Tania puis il franchit la route du Plan-des-Fontaines. Son lit mineur et l'ouvrage hydraulique de la route du Plan-des-Fontaines présentent une section étroite. En cas de débordement, le ruisseau peut déborder en rive droite sur la route du Plan-des-Fontaines et rejoindre le champ d'inondation du ruisseau du Nant de La Caille qui s'étale sur cette même route.



Figure III.13: ruisseau des Grandes-Combes au niveau du captage d'eau potable de La Tania.

Les trois ruisseaux se rejoignent au niveau d'une zone humide à l'aval des routes du Plan-des-Fontaines et de l'Étrivaz (zone de confluence inondable). Le cours d'eau ainsi formé prend le nom de ruisseau du Nant de La Caille. Il se dirige en direction de la route du Plan, la franchit, puis il longe le téléski du Gros-Murger sur quelques dizaines de mètres, avant d'être couvert sous la gare de départ de la télécabine de La Tania. Les conditions d'écoulement du ruisseau sont alors très défavorables. Des débordements se sont déjà produits à ce niveau (érosion de la piste de téléski, engravement en pied de versant et l'inondation de la gare de départ de la télécabine le 18 mai 2006).

Plusieurs zones de débordements se dessinent sur ce tronçon du ruisseau du Nant de La Caille. Le cours d'eau peut déborder à l'amont et au franchissement de la route du Plan-du-Saz, puis emprunter cette dernière en rive droite et rejoindre d'autres débordements provenant de l'amont. A l'aval de la route du Plan-du-Saz, deux autres points de débordements sont possibles : l'un au niveau d'un busage franchissant la piste du téléski et le second au niveau de l'ouvrage de couverture présent sous la gare de la télécabine. Le ruisseau peut divaguer sur un replat précédent la gare de la télécabine et inonder cette dernière ainsi qu'un bâtiment du service des pistes.

Les débordements peuvent ensuite atteindre la RD 98 puis ils retrouvent une combe à l'aval de cette dernière.



Figure III.14: ravinement de la piste du téléski de Gros-Murger en 2006 par le ruisseau du Nant de La Caille (source RTM 73).



Figure III.15: engravement et inondation de la gare de départ de la télécabine par la crue du Nant de La Caille en 2006 (source RTM 73).

La combinaison des débordements de ces trois ruisseaux, conduit à un champ d'inondation étendu qui englobe une large partie du village de chalets de La Tania. Ce champ d'inondation définit l'emprise des divagations toutes confondues des ruisseaux, en tenant compte de la topographie, des routes et des obstacles (constructions en particulier) qui peuvent détourner les débordements. Une obstruction des ouvrages hydrauliques est également considérée possible, bien que ceux-ci soient souvent équipés de dispositifs pour piéger les matériaux et les flottants. Ces dispositifs sont souvent inadaptés car situés à l'entrée immédiate des ouvrages. Ils peuvent limiter l'encombrement de l'intérieur des ouvrages (sans l'éviter) mais ils ne permettent pas d'empêcher l'obstruction de leur entrée (accumulation des matériaux et des flottants contre les dispositifs ce qui obstrue l'entrée des ouvrages).



Figure III.16: exemple de piège à matériaux et flottants sur le Praz-Juget au franchissement de la route de l'Étrivaz (petits IPN verticaux).

À l'aval de La Tania, le ruisseau du Nant de La Caille se dirige en direction du hameau de la Nouvaz. Il évite ce dernier en empruntant une combe située une cinquantaine de mètres à l'ouest du hameau. Par contre, les divagations du ruisseau des Buts et potentiellement une partie de celles des trois ruisseaux de La Tania peuvent rejoindre une autre combe présente à l'est de La Tania, puis se poursuivre jusqu'à la bordure est du hameau de la Nouvaz. Une maison de la Nouvaz se situe sur la trajectoire possible de ces écoulements.

Le ruisseau du Nant de La Caille longe ensuite le hameau de Villaflou. Il s'écoule le long d'un ancien moulin qui empiète dans le lit mineur. La pente est forte à ce niveau ce qui assure des vitesses d'écoulement élevées. Le ruisseau en crue peut ravinier son lit et déborder sur ses berges, a priori sans s'étaler exagérément.



Figure III.17: ruisseau du Nant de La Caille au niveau du moulin de Villaflou.



Figure III.18: crue de 2006 du ruisseau du Nant de La Caille au niveau du hameau de Villaflou.

III.3.1.3. Ruisseau de La Closetaz

Le ruisseau de La Closetaz prend sa source à l'ouest de La Tania. Il se situe dans le prolongement d'une combe débouchant au niveau de la résidence de Séboïa. Il s'écoule en direction du hameau de Villaflou en drainant une zone boisée. Au niveau du hameau de Villaflou, il longe un chalet. Il traverse alors un terrain formant une légère bosse qui pourrait correspondre à une ancienne zone de dépôts torrentiels et/ou à l'accumulation d'une ancienne coulée boueuse. Son lit est très faiblement marqué à ce niveau. Des débordements sont possibles du fait de la quasi-absence de lit et de la topographie en forme bosse.

Le ruisseau de La Closetaz est rejoint par le ruisseau du Nant de La Caille à l'aval du hameau de Villaflou. Il conserve ensuite son nom jusqu'à sa confluence avec le torrent du Doron de Bozel. Il franchit la RD 915 sur l'ancienne limite communale avec Saint-Bon-Tarentaise. La superficie de son bassin versant est alors d'environ 6 km². Un débit conséquent peut transiter à ce niveau en cas de crue centennale. Des débordements sur la RD 915 ne sont pas à exclure.

III.3.1.4. Ruisseau de la Ravine

Le ruisseau de la Ravine prend sa source près du hameau de Villarnard. Il présente deux bras distincts au sommet de son bassin versant. L'un s'écoule en bordure est immédiate du hameau de Villarnard. Son lit faiblement marqué traverse une vaste zone de replat, puis il plonge dans une combe. Le second bras, qui est alimenté par diverses petites combes, traverse la même zone de replat quelques centaines

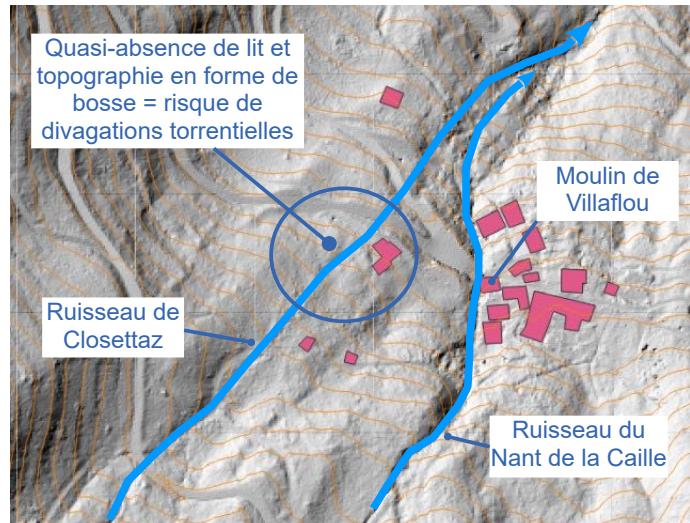


Figure III.19: extrait du Lidar au niveau du hameau de Villaflou et localisation des ruisseaux de Closetaz et du Nant de La Caille.

de mètres à l'est du hameau de Villarnard. Son lit se perd plus ou moins, ce qui peut entraîner l'écoulement d'une lame d'eau étalée en cas de crue. Il rejoint ensuite la même combe que le bras précédent.

Puis, le ruisseau s'écoule en direction du Doron de Bozel en empruntant une combe très encaissée. En pied de versant, il franchit successivement la RD 915 et la plateforme d'une entreprise de travaux publics. Il est alors couvert en deux temps sur une centaine de mètres (pont de la RD 915, courte réapparition à l'air libre, puis busage sous la plateforme). Les ouvrages hydrauliques en place présentent de faibles ouvertures probablement insuffisantes face aux débits de crue susceptibles de transiter à leur niveau.

Le ruisseau peut ainsi déborder sur la RD 915 et sur la plateforme de l'entreprise de travaux publics. Le profil de la route et la topographie en général permettent aux débordements de s'étaler sur quasiment la totalité de la plateforme.



Figure III.20: vue du ruisseau de la Ravine au pied du versant du hameau de Villarnard.



Figure III.21: ouvrage hydraulique de la RD915.

III.3.1.5. Ruisseau du Nant David

Le ruisseau du Nant David draine la bordure ouest du territoire de La Perrière. Il prend sa source au niveau de la Forêt, non loin du petit lac de Pierre-Piston, dans un secteur relativement humide (présences de sources).

Ce ruisseau s'écoule en direction du hameau de Champetel. Au sommet de son bassin versant, il franchit la RD 98 pour s'engager dans une combe marquée dans un premier temps, puis qui s'ouvre nettement à mi-versant. Son lit n'est alors pas très bien marqué. Puis il retrouve une combe très encaissée jusqu'au hameau de Champetel.

Une étude réalisée par SAGE en juin 1991 dans le cadre d'un projet de construction de lotissement au lieu-dit La Forêt (sommet du bassin versant (Site de la Forêt Huta La Tania – commune de La Perrière – Étude du torrent du Nant-David – réf n°615 – SAGE – juin 1991) décrit le ruisseau et son parcours. Elle définit un bassin versant de 1,1 km² de superficie en soulignant que ses limites sont parfois incertaines et qu'un partage de ses eaux est possible avec des bassins versants voisins. Elle retient un débit centennal de 2,7 m³/s avec une fourchette d'incertitude comprise entre 2,2 et 4 m³/s (évaluation à partir de différentes méthodes de détermination des débits).

Le ruisseau traverse une vaste zone forestière jusqu'aux abords du hameau de Champetel. Mis à part de possibles phénomènes d'érosion, ses écoulements ne posent pas de problème particulier jusqu'à la piste forestière de Villarnard (piste forestière à l'amont immédiat du hameau de Champetel).



Figure III.22: ruisseau du Nant-David à l'amont de la piste forestière de Villarnard.



Figure III.23: franchissement de la piste forestière par le ruisseau du Nant-David.

L'ouvrage de franchissement de la piste forestière de Villarnard est étroit. Le ruisseau peut déborder à ce niveau et se déverser en rive gauche. Il peut ensuite emprunter un chemin rural menant au lotissement de Giglary (lotissement situé à l'amont des hameaux de Champetel et des Chavonnes). Une majeure partie de l'eau peut se rabattre rapidement vers le lit mineur. Une autre partie peut divaguer jusqu'au lotissement, à en juger la forme de la topographie. En atteignant le lotissement cette eau peut ensuite se diffuser vers l'aval en empruntant la voirie et divers points bas du terrain. La topographie lui permet de s'écouler jusqu'au pied de versant des Chavonnes. Soulignons que la combe du ruisseau est profonde de plusieurs mètres, ce qui empêche tout débordement latéral à l'aval de la piste forestière de Villarnard. Ce sont uniquement les débordements se produisant au franchissement de la piste forestière de Villarnard qui peuvent se propager ainsi en rive gauche en direction du lotissement de Giglary.



Figure III.24: débordements possibles en rive gauche au franchissement de la piste forestière de Villarnard.



Figure III.25: à l'aval de la piste forestière de Villarnard, divagations possibles en direction du lotissement de Giglary.

Le Nant-David franchit ensuite la rue de la valette au droit du lotissement de Giglary puis il s'écoule sous un parking. Il est alors couvert sur quelques dizaines de mètres. Un ouvrage de section carrée équipé d'un dispositif pour piéger le transport solide et les flottants assure le transit des écoulements. Le risque d'embâcle reste très élevé à ce niveau malgré l'équipement en place. Le ruisseau peut sortir de son lit en rive droite et emprunter la rue de la Valette en direction du hameau de Champetel.



Figure III.26: franchissement de la rue de la Valette par le Nant-David et débordements possibles en rive droite.

Une cinquantaine de mètres à l'aval du pont, le profil de la chaussée permet un renvoi d'une partie des débordements sur le parking puis dans le lit mineur. Une autre partie de l'eau peut se maintenir sur la route du hameau de Champetel tout en cherchant à se déverser vers l'aval. La simulation d'écoulements réalisée à partir du Lidar montre que quelques passages d'eau préférentiels existent. Sur le terrain on constate qu'ils peuvent être plus nombreux, si l'on tient compte de tous les obstacles existants et de ceux qui pourraient se former pendant les crues (dépôts de matériaux pouvant dévier les écoulements). La rue de la Valette, par laquelle peuvent se propager les débordements, peut ainsi jouer un rôle de distribution des écoulements sur quasiment toute la bosse de terrain présente à l'aval du hameau de Champetel (secteur de l'ancienne école), ce qui conduit à la considérer comme étant potentiellement exposées aux divagations du Nant-David. Comme pour les ruisseaux de La Tania, il n'est pas possible de définir précisément où peuvent se propager préférentiellement les divagations.

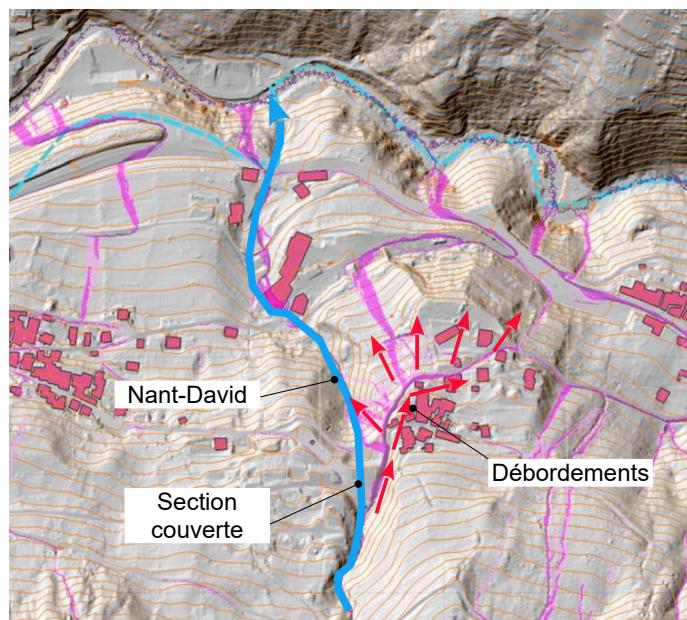


Figure III.27: simulation des écoulements au niveau du hameau de Champetel.

Le Nant-David franchit ensuite la route des Agathines et longe le site d'une entreprise à l'aval du hameau de Champetel. Il est à nouveau couvert sur quelques dizaines de mètres (usage de faible

diamètre). La section de l'ouvrage apparaît très insuffisante par rapport aux débits de crue à attendre. Le busage peut être très rapidement saturé, y compris sans formation d'embâcles. Cet aménagement hydraulique est très inapproprié aux conditions hydrauliques présentes. Le ruisseau peut déborder en rive droite et inonder une partie des bâtiments de l'entreprise. Ce point de débordement ne devrait pas inonder la totalité de l'entreprise. Par contre, les divagations provenant depuis le hameau de Champetel (voir ci-dessus) peuvent se propager de façon plus ou moins diffuse jusqu'à elle (écoulements laminés), selon les passages empruntés par l'eau. Cela explique le caractère inondable de l'ensemble de ce secteur jusqu'à la RD 915 (zone aléatoirement plus ou moins faiblement inondable par des divagations résiduelles du ruisseau).



Figure III.28: entrée du busage du Nant-David au niveau de l'entreprise présente au pied du hameau de Champetel.



Figure III.29: entreprise inondable par le Nant-David qui est couvert le long du bâtiment.

III.3.2. Le ravinement et le ruissellement sur versant

Un grand nombre de combes sèches, de talwegs plus ou moins marqués et de fossés participent au drainage du territoire de La Perrière. Ces axes hydrauliques actifs uniquement en période humide peuvent générer des écoulements relativement importants en répondant aux fortes intempéries, aux fontes accélérées du manteau neigeux, etc. Souvent dépourvus d'exutoire pour certains ou aménagés de façon inadaptée pour d'autres, ils peuvent connaître des divagations parfois conséquentes et entraîner des dégâts le long de leur parcours et à leur débouché (érosion, inondation, engravement, ensablement).

Certains de ces écoulements peuvent se concentrer dans des combes et d'autres peuvent s'écouler de façon étalée selon le profil de la topographie. Dans le premier cas, ils peuvent adopter un comportement quasiment torrentiel identique aux cours d'eau, accompagné de phénomène d'érosion sur les tronçons à forte pente et d'engravement à leur débouché lorsque la pente se réduit. Dans le second cas des lames d'eau plus ou moins animées et chargées en fines peuvent se développer avec des chenaux préférentiels d'écoulement qui peuvent se former localement (par exemple formation de rigoles, voire de petites tranchées, sur un sol fraîchement travaillé). Ces écoulements peu ou non concentrés entraînent généralement un lessivage de la surface du sol, suivi de phénomènes d'ensablement lorsqu'ils atteignent des zones de faible pente.

En amont de La Tania, les ruissellements sont en partie conditionnés par la présence de pistes forestières et l'aménagement des pistes de ski qui ont conduit à un certain reprofilage de la topographie. Ils peuvent être détournés de leurs axes d'écoulement naturels, ce qui tend à les artificialiser et à les rendre difficilement prévisibles.

Certains axes d'écoulement peuvent se manifester spontanément sur des versants en dehors des combes et des talwegs, comme cela se serait déjà vu à l'amont du hameau des Chavonnes. Il s'agit alors de ravines apparaissant au niveau de sources qui s'activent à la suite d'une saturation du terrain. Un écoulement boueux et graveleux plutôt chargé se forme à la naissance du phénomène puis se liquéfie vers l'aval, au fur et à mesure que la pente diminue (dépôt progressif des éléments les plus grossiers), jusqu'à ruisseler sous la forme d'une lame d'eau boueuse. Le lidar permet parfois de repérer ce type d'axes hydrauliques particuliers.

D'une manière générale, les traces laissées par ces différents types d'écoulements occasionnels s'estompent rapidement. Après une longue période d'inactivité (intermède entre deux épisodes pluvieux remarquables), l'analyse de la topographie reste le seul moyen d'identifier les secteurs potentiellement exposés à leurs manifestations. L'absence d'écoulement en temps ordinaire tend à les faire oublier et conduit à les négliger par ignorance, ce qui les rend d'autant plus redoutables. Leur réveil peut donc surprendre, notamment lorsqu'aucune disposition adéquate n'a été prise face à leur présence. Ils sont donc à considérer avec la plus grande attention.

Parmi les secteurs exposés aux phénomènes de ruissellement et de ravinement, la station de La Tania et le fond de vallée du Doron de Bozel peuvent être cités.

III.3.2.1. Station de La Tania

Deux secteurs sont plus particulièrement concernés par des ruissellements au niveau de La Tania : le cœur de la station et le hameau de Tagna (extrémité ouest de La Tania).

- Le Cœur de la station est exposé aux ruissellements provenant du versant compris entre les Prés de la Croix et Grand-Bois, ainsi que ceux pouvant être drainés par la piste de ski. Une partie est reprise par un fossé busé sous le pied des pistes. Le reste peut former une lame d'eau élargie jusqu'aux immeubles du front de neige. Le profilage du terrain ainsi qu'une ruelle amène l'eau jusqu'à un point bas occupé par un bâtiment qui fait plus ou moins écran. En franchissant cet obstacle, les écoulements peuvent ensuite traverser la RD 98 puis s'évacuer vers l'aval pour rejoindre la combe du ruisseau du Nant de La Caille.



Figure III.32: fossé à l'amont de la station de La Tania collectant des ruissellements, dont une partie de ceux de la piste de ski.

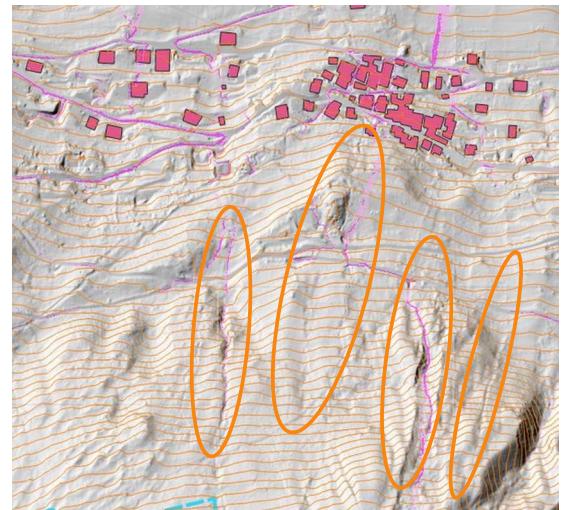


Figure III.30: repérage de ravines à partir du Lidar (exemple du hameau des Chavonnes).



Figure III.31: convergence des ruissellements au pied de la station. L'eau peut se diriger en direction du bâtiment présent en arrière plan.

- Une combe débouche au niveau du hameau de Tagna. Elle est couverte sous le parking aménagé à l'entrée du hameau et sous deux bâtiments de sa bordure ouest. Elle réapparaît dans le talus amont de la RD 98 où prend naissance le ruisseau de La Closetaz. Le débouché de la combe est très encombré (présence de troncs d'arbres en travers lors de notre passage et végétation plus généralement). Des débordements suivis de divagations en direction du parking et des deux bâtiments sont possibles.



Figure III.33: débouché de combe dans le hameau de tagna.



Figure III.34: parking et bâti à l'aval de la combe.

III.3.2.2. Vallée du Doron de Bozel

Plusieurs combes débouchent à la hauteur du village de La Perrière et des hameaux de Pierre-Blanche, Vignotan et des Chavonnes.

- Le village de La Perrière est dominé par un versant très raide au niveau duquel deux combes principales se dessinent. L'une débouche 100 mètres à l'est du village. Un léger talweg orienté en direction du village lui fait suite. Les écoulements de la combe peuvent l'emprunter et ruisseler jusqu'au village. Un chemin parallèle au pied de versant peut également prendre en charge une partie de l'eau et la drainer dans la même direction.

Une seconde combe est présente en bordure ouest du village de La Perrière. Une partie de l'eau de cette combe peut emprunter le chemin forestier de la Croix-Verte aménagé à l'amont du village, et rejoindre les écoulements de la combe précédente (combe à l'est du village).

Une troisième arrivée d'eau est possible au niveau du village de La Perrière. Il s'agit d'une source située au pied du chemin de la Croix-Verte qui s'est déjà manifestée en provoquant un glissement de terrain et un écoulement boueux vers le village. Cette source est aujourd'hui a priori captée.

Les ruissellements atteignant le village de La Perrière peuvent ensuite divaguer à travers ce dernier en empruntant les rues et divers points bas présents entre les maisons. Une lame d'eau plus ou moins diffuse peut ainsi se propager jusqu'à la RD 915.



Figure III.35: ruissellements possibles au débouché d'une combe présente à l'est du village de La Perrière. L'eau peut emprunter un léger talweg en direction du village.

- La combe présente à l'ouest du village de La Perrière débouche au niveau du carrefour routier formé par la RD 915 et la route du village de La Perrière. Elle est alors busée et un bâtiment est construit sur son axe. Des débordements sont possibles sur la voirie du village et en direction du bâtiment. L'eau peut divaguer jusqu'à la RD 915 et rejoindre celle provenant de l'est du village.
- Deux combes drainant le bois de la Foyère débouchent dans le hameau de Pierre-Blanche. Elles se perdent à l'amont de la route menant à Villarnard. Sans exutoire, elles peuvent divaguer en direction du hameau de pierre-Blanche, en empruntant la voirie et divers passages entre les maisons. Leurs écoulements peuvent se propager jusqu'à la RD 915, où quelques autres ruissellements plus diffus peuvent les rejoindre, puis rejoindre une combe à l'aval de cette route.
- Plusieurs combes convergent vers le hameau de Vignotan. Certaines concernent uniquement la RD 915 sur laquelle elles peuvent se déverser (est du hameau). D'autres, qui débouchent sur la route de Champetel, se situent dans l'axe du hameau. Sans exutoire, elles peuvent emprunter la route de Champetel tout en se déversant sur son talus aval. Elles peuvent divaguer jusqu'au hameau et la RD 915. Le profilage de cette route dans la traversée du hameau et une murette présente le long de sa bordure aval permettent d'évacuer l'essentiel des écoulements en direction d'une combe présente à l'ouest du hameau. La murette n'est toutefois pas continue et il ne s'agit pas d'un ouvrage pérenne (aménagement pouvant être modifié en cas de changement de configuration de la traversée du hameau). Elle n'est donc pas prise en compte pour cartographier l'aléa, ce qui conduit à considérer la partie aval du hameau potentiellement exposée aux ruissellements.



Figure III.36: hameau de Vignotan potentiellement exposé aux ruissellements ; l'eau provenant de plusieurs combes peut se propager via les routes et ruisseler à travers le hameau.

- Le hameau des Chavonnes peut être concerné de façon plus généralisée par des ruissellements. Plusieurs petites rivières présentes à l'amont peuvent produire des écoulements jusqu'à la rue des Aghatines (rue desservant le hameau des Chavonnes). Cette rue qui recoupe le versant des Chavonnes peut acheminer l'eau dans le hameau tout en la diffusant sur le versant.

Il est à noter qu'une de ces combes débouche à l'amont du lotissement de Giglary. Ses divagations se confondent avec celles du ruisseau du Nant-David qui peut également déborder dans le lotissement (voir § III.3.1.5).

III.3.3. Les glissements de terrain

La problématique des glissements de terrain concerne la quasi-totalité du territoire de La Perrière. Plusieurs phénomènes actifs sont visibles. Ils attestent de la sensibilité des terrains à ce type de phénomène. L'analyse des glissements de terrain actifs permet de comprendre le comportement géotechnique des sols et de disposer de phénomènes de référence pour qualifier, par analogie, d'autres secteurs qui ne sont actuellement pas concernés par des mouvements de terrain. Cet exercice conduit à identifier, en plus des phénomènes actifs, des secteurs plus ou moins exposés aux glissements de

terrain. Ces secteurs sont alors dits potentiellement exposés aux glissements de terrain car ils présentent des caractéristiques naturelles (géologie, topographie, activité hydrogéologique) propices aux instabilités de terrain.

Les glissements de terrain peuvent se manifester naturellement lorsque toutes les conditions sont réunies pour leur déclenchement. Ils surviennent généralement suite à un événement inhabituel qui vient modifier l'équilibre du terrain (forte pluviométrie saturant les terrains, activation d'une source par exemple).

Ils peuvent également survenir accidentellement en cas de travaux modifiant le profil du terrain, donc sa stabilité (terrassement et remblaiement sur une pente par exemple). Les terrassements peuvent accentuer dangereusement la pente d'un terrain et ainsi le déstabiliser. Les remblais entraînent des surcharges de terrain qui peuvent faire céder le sol naturellement en place en dessous. Ils peuvent également glisser seuls sans entraîner le terrain naturel. Pour ces cas de figure, l'origine humaine endosse alors une lourde part de responsabilité avec des conséquences identiques aux phénomènes survenant naturellement.

D'une manière générale, la sensibilité plus ou moins forte d'un sol aux glissements de terrain est conditionnée par la pente, la nature géologique du terrain et la présence d'écoulements d'eau souterraine et superficielle. Ces paramètres sont généralement tous défavorablement présents sur le territoire de La Perrière. Des pentes fortes à très fortes sont rencontrées en de nombreux secteurs, des terrains plus ou moins argileux recouvrent généralement la surface des terrains (placages morainiques et toit du substratum altéré) et une certaine activité hydrogéologique est présente

L'argile est réputée pour ses mauvaises qualités géotechniques. Ce matériau plastique (déformable sans retrouver sa forme initiale lorsque les contraintes qu'il subit s'annulent) présente un faible angle de frottement interne. Sa présence tend donc à affaiblir les terrains et influe variablement sur leur pente d'équilibre. Cette dernière est ainsi plus ou moins forte en fonction des proportions d'argile et de matériaux frottants (pierres, graviers, sables). Elle sera plus importante en présence de matériaux graveleux dominants et diminuera proportionnellement avec une augmentation de la quantité d'argile.

L'eau est généralement le facteur déclenchant des glissements de terrain, quelle soit d'origine naturelle (pluie, fonte des neiges ou eau souterraine) ou anthropique (infiltration d'eau, rejet d'eau concentré). Elle intervient en saturant les sols, en agissant sur les pressions interstitielles, en créant des sous-pressions, en lubrifiant entre elles des couches de terrain de nature différente, en favorisant l'apparition de niches d'érosion, etc. Lorsque la teneur en eau du sol devient trop importante elle peut également provoquer des coulées de boue.

A pentes identiques, la sensibilité des terrains peut varier d'un point à un autre du territoire. Elle apparaît moins importante au sommet du territoire de La Perrière où la couverture morainique est absente. Au-dessus de 2000 mètres d'altitude, le substratum rocheux est souvent sub-affleurant avec qu'une fine couverture de matériaux meubles (couche altérée du substratum de quelques décimètres maximum d'épaisseur) ou des recouvrements d'éboulis. En dessous de 2000 mètres d'altitude, les placages morainiques sont omniprésents. Ils peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur et présentent un mélange très hétérogène de matériaux (grave et argile) dont les proportions peuvent varier énormément et rapidement d'un point à un autre.

Les glissements de terrain actifs observés sur le territoire de La Perrière présentent des extensions très variables. Les superficies impactées vont de quelques dizaines de mètres carrés à plusieurs milliers de mètres carrés. Au moins trois phénomènes importants se développent au niveau de La Tania dont un qui affecte une résidence. Deux phénomènes localisés se sont également produits en bordure du village de La Perrière et du hameau de Vignotan. Les autres phénomènes notables concernent essentiellement des zones naturelles en touchant parfois des routes.

III.3.3.1. Secteur de La Tania

III.3.3.1.1. Résidence Saboïa

Le phénomène le plus marquant de La Tania concerne la résidence du Saboïa qui se compose de deux bâtiments. Des désordres sont rapidement apparus sur le bâtiment B peu de temps après sa construction. L'extrémité nord du bâtiment s'est affaissée tout en entraînant le reste de la construction en la faisant « vriller ». De graves fissures sont apparues sur les façades nord du bâtiment. Le site a été instrumenté pour déterminer l'origine du mouvement de terrain. Deux inclinomètres ont été posés. Ils ont permis de suivre l'évolution des instabilités de terrain. Les forages réalisés pour leur mise en place ont également permis de relever une coupe de terrain et d'identifier des venues d'eau souterraines vers 14 mètres de profondeur pour l'un et 22 mètres pour l'autre.

Inclinomètre I1 :

- 0,0 à 9,0 m : éboulis rocheux gris ;
- 9,0 à 13,2 m : rocher altéré argileux noir (blocs) ;
- 13,2 à 15,3 m : rocher plus compact
- 15,3 à 17,5 m : rocher altéré légèrement argileux ;
- 17,5 à 18,6 m : rocher plus compact ;
- 18,6 à 30,0 m : rocher altéré avec infiltration d'eau à 22,0 m.

Inclinomètre I2 :

- 0,0 à 3,6 m : éboulis rocheux argileux marron foncé ;
- 3,6 à 5,0 : éboulis noir avec infiltration d'eau à 3,6 m ;
- 5,0 à 30,0 m : rocher altéré avec passages plus ou moins compact avec infiltration d'eau à 14,0 m.

Figure III.37: coupe de terrain des inclinomètres.

L'un des rapports (25/08/2016) de suivi des inclinomètres révèle un mouvement de cisaillement entre 9 et 10,5 mètres de profondeur pour l'un et des mouvements de terrain plus complexes pour l'autre (déviation du tube jusqu'à 5 mètres de profondeur, un mouvement de tassement entre 7 et 9,5 mètres profondeur et une autre déviation du tube entre 12,5 et 17 mètres de profondeur).

Des travaux en sous-œuvre ont été menés pour tenter de stabiliser le bâtiment B. Ils se sont déroulés en trois phases dont une qui a consisté à réaliser des pieux. Les travaux sont terminés depuis peu. Il est trop tôt pour connaître leur impact sur la stabilisation du bâtiment.



Figure III.39: dégâts subis par le bâtiment Saboïa B.



Figure III.38: bâtiment Saboïa B après reprise en sous-œuvre.

Il est à noter que cette instabilité de terrain se manifeste au niveau d'une zone de très faible pente située au débouché d'une combe. Deux autres bâtiments plus récents que le Saboïa ont été construits à proximité, dans l'axe de cette combe, sur un type de terrain, a priori, similaire. Ils ne semblent pas être affectés par des mouvements de terrain. Aucun signalement n'a été fait à ce sujet et aucun signe suspect n'a été remarqué.

Par contre, le Bâtiment A de la résidence Saboïa, proche du bâtiment B mais orienté différemment, montre une fine fissure verticale sur sa façade est et un joint de dilatation séparant deux parties du bâtiment montre un signe d'écartement sur cette même façade. Le bâtiment A de la résidence Saboïa est construit en bordure immédiate d'un talus très pentu, ce qui peut expliquer la présence de fissures (pression exercée sur le talus par le poids du bâtiment). Il est à noter qu'un chemin de terre est aménagé dans ce talus à l'aval du bâtiment et qu'un mur en enrochements conforte sa bordure amont. De plus, le pied de ce même talus a été terrassé pour l'aménagement de l'impasse de l'Orgère, ce qui a entraîné localement une forte accentuation de sa pente.



Figure III.40: fissure verticale sur la façade est du bâtiment Saboïa A.



Figure III.41: écartement d'un joint de dilatation (2 à 3cm).

III.3.3.1.2. La Tania Ouest

Une vaste zone d'instable concerne la partie ouest de la station de La Tania. Elle affecte les routes de Jilliard (chemin d'accès à la résidence Saboïa) et Praz-Juget (RD 98). Elle s'étend jusque dans la combe du ruisseau de Closetta. Les deux routes subissent de fortes déformations qui se traduisent par un affaissement très prononcé des chaussées, ce qui nécessite de réaliser régulièrement des travaux de reprofilage.

Le phénomène ne montre pas de zone d'arrachement franche. Il se manifeste plutôt sous la forme d'un flUAGE de terrain très actif qui entraîne un mouvement de terrain relativement continu et régulier. Par contre, le lidar montre dans la zone boisée située à l'aval de la RD 98 deux zones de terrain chahuté qui semblent correspondre à d'anciens glissements de terrain avec arrachement (fortes déformations de la surface du sol et matérialisation de langues de glissement).



Figure III.42: glissement de terrain à la sortie ouest de la station de La Tania (RD98 très déformée).

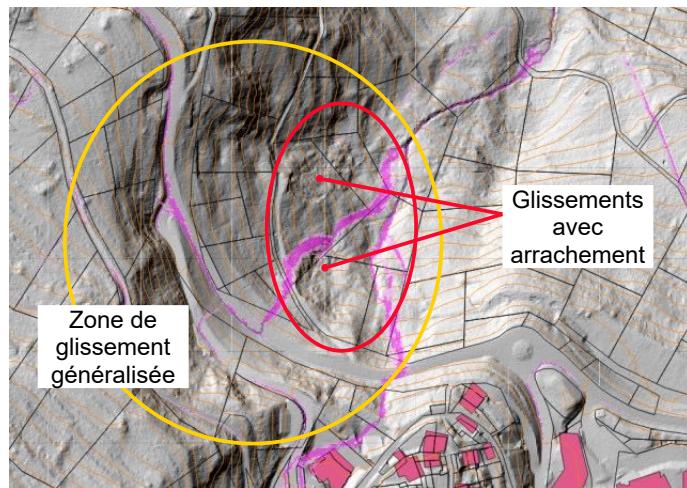


Figure III.43: glissement de terrain à l'ouest de La Tania.

III.3.3.1.3. Les Miaz – la Forêt

La RD 98 est concernée par deux autres mouvements de terrain aux lieux-dits les Miaz et la Forêt - La Dornière, à l'ouest de La Tania.

Celui des Miaz se remarque au niveau de la route qui voit sa chaussée s'affaisser et se fissurer. Il semble se limiter aux talus de la route sans trop se propager vers l'aval.

Celui de la Forêt - La Dornière est beaucoup plus conséquent. Il prend naissance à l'amont de la RD 98, près de la piste forestière des Prés de la Croix, et se propage jusque dans la combe du ruisseau du Nant-David. Des déformations de terrain plus ou moins marquées le signalent (signes d'érosion, raidissements de talus, décrochements et arrachement de terrain, humidité, etc.). Son extension est très importante. Sa superficie totale peut être estimée à 7 ou 8 hectares.

Il est à noter qu'un important remblai transformé en plateforme de criblage de matériaux de déblai est présent au sommet de la combe du Nant-David. Il empiète en partie dans la zone potentiellement active du glissement de terrain. Le terrain naturel, visible en bordure de ce remblai, présente une forte humidité et des signes suspects de déformation à sa surface qui tendent à l'attester.



Figure III.44: glissement de terrain du lieu-dit la Forêt - La Dornière.

La RD 98 qui est très impactée par le phénomène a fait l'objet d'importants travaux de confortement pour stabiliser sa chaussée (mur de soutènement et drainage).

Dans ce même secteur, un troisième glissement de terrain se développe à l'aval de la RD 98, en limite communale des Allues. D'origine ancienne, il concerne une zone boisée très pentue du lieu-dit La Dornière. Une réactivation très localisée de ce site s'est produite sous la forme d'une coulée boueuse en 2009. L'examen du Lidar montre un état de surface plus ou moins mouvementé du sol qui souligne parfaitement l'empreinte du phénomène.

III.3.3.1.4. La Tania Est

Un vaste chantier de construction était en cours à l'entrée est de la station de La Tania, lors de la réalisation de la carte des aléas (construction de l'ensemble immobilier Moretta sur l'emplacement d'un parking). Les travaux ont conduit à la réalisation de terrassements qui ont fortement modifié le profil aval

du pied de versant des Buts. Les remblais produits par ces terrassements ont été déposés sur la piste de ski Moretta-Blanche qui domine le projet (versant des Buts). Un remblai, composé de matériaux graveleux, d'environ 200 mètres de long par 50 mètres de large et haut de plusieurs mètres (jusqu'à 10 mètres à sa crête) a ainsi été créé sur un terrain en pente.



Figure III.46: imposant remblai déposé sur la piste Moretta-Blanche.



Figure III.45: imposant remblai déposé sur la piste Moretta-Blanche vu depuis son sommet.

La surface du remblai n'est pas végétalisée, ce qui l'expose aux phénomènes de ravinement en période de précipitations. Ce remblai représente également une forte surcharge sur les terrains naturellement en place en dessous (substratum rocheux recouvert d'un placage morainique d'épaisseur indéterminée), ce qui peut les déstabiliser sous l'effet du poids que cela représente. La présence de ce remblai augmente fortement le risque de déclenchement de glissement de terrain, sans qu'on puisse toutefois le graduer.

De plus, lors de notre visite de terrain, le talus aval du remblai était très redressé. Une pente trop forte au sein de matériaux meubles fraîchement déposés n'assure pas une bonne stabilité du terrain, y compris en présence de matériaux caillouteux. La stabilité du front du remblai, tel qu'il est actuellement taluté, peut être qualifiée de précaire. Une correction de la pente, pour la ramener à une inclinaison moins forte, apparaît nécessaire pour un meilleur calage du terrain.

On précisera qu'aucun signe de mouvement de terrain en cours n'a été observé lors de notre passage. Pour l'instant, la présence du remblai augmente uniquement la potentialité de déclenchements de glissements de terrain. Il est important d'en tenir compte.

En cas de mouvement de terrain important sur le versant, une partie de la résidence Moretta peut être impactée par les matériaux déstabilisés qui recouvriront l'aval du versant des Buts.



Figure III.47: résidence Moretta dominée par le remblai.

III.3.3.1.5. La Tania amont

La zone d'altitude de La Tania, dont le secteur des pistes de ski, présente d'une façon générale une certaine exposition potentielle aux glissements de terrain, du fait des pentes rencontrées, de la présence fréquente de source et de matériaux morainiques recouvrant les terrains. Des phénomènes de fluege sont surtout visibles (déplacements lents et réguliers du sol sous l'effet de la pesanteur entraînant des déformations plastiques). On ne remarque pas de phénomène actif de grande extension comme il en existe à l'ouest de la station de La Tania. Seules des loupes de glissement localisés s'observent parfois.

De trop faible extension pour être cartographiées, elles sont généralement fusionnées avec l'aléa de glissement de terrain qui domine plus globalement.

On précisera que la carte géologique délimite deux vastes glissements de terrain d'origine très ancienne sur les flancs nord des Lanches et du Grand-Bois. Il s'agit de phénomènes profonds, certainement contemporains de la mise en place des terrains suite aux grandes glaciations, qui sont a priori globalement stabilisés. Aucun glissement de terrain actuel de grande ampleur n'est signalé à leur niveau et on ne remarque pas d'indice qui permettrait d'en suspecter. Seules des instabilités de terrain plus superficielles (couverture morainique) et localisées semblent possibles à leur niveau.

III.3.3.2. Versants inférieurs du territoire de La Perrière

Les versants du territoire de La Perrière, situés à l'aval de la station de La Tania, montrent de nombreux glissements de terrain qui sont généralement beaucoup plus localisés en termes d'extension et d'épaisseurs de terrain mobilisés. Certains semblent être liés à des venues d'eau exceptionnelles, comme peuvent le rapporter quelques témoignages, et / ou à des terrassements trop redressés comme cela a pu être observé (talus routiers notamment).

Certains phénomènes ont parfois été suivis d'écoulements boueux assimilables à des ruissellements très chargés, comme cela semble s'être déjà produit au niveau du village de La Perrière. Les matériaux qui glissent sont tellement saturés en eau qu'ils forment des paquets boueux qui se propagent vers l'aval sur des distances plus ou longues tout en déposant des matériaux solides sur leur passage. Les venues d'eau à l'origine de ces glissements peuvent se poursuivre après avoir déstabilisé les terrains et entretenir un écoulement liquide de façon prolongée.

Parmi les secteurs concernés par de tels glissements de terrain localisés, on citera :

- le talus aval du parking du hameau de la Nouvaz où toute trace du phénomène a aujourd'hui disparu, la nature ayant repris ses droits ;
- le versant de Villaflou, 200 mètres à l'est du hameau du même nom où le terrain a été décapé sur environ 1 mètre d'épaisseur au printemps 2024 à l'aval d'une piste forestière. Plusieurs dizaines de mètres cubes de matériaux ont été mobilisés ;
- le talus aval de la RD 915 à l'est du village de La Perrière ; la RD 915 traverse une zone de très forte pente qui plonge dans le torrent du Doron de Bozel. Un mur de soutènement conforte la route ;
- un glissement de terrain à l'amont immédiat du village de La Perrière, en pied de versant à l'embranchement du chemin de la Croix-Verte (phénomène ayant entraîné un écoulement en direction du village) ;
- un glissement de terrain au niveau du hameau de Vignotan, à l'embranchement de la rue de la Valette (route desservant le hameau de Champetel), où un mur de soutènement a été construit dans le talus amont de cette rue pour stabiliser le terrain ;
- plusieurs glissements de terrain visibles au niveau des talus amont et aval de la route du hameau de Villarnard avec la chaussée qui est parfois affectée (affaissement et fissuration du revêtement). Cette route gravit un versant très pentu, ce qui explique les difficultés rencontrées pour stabiliser le terrain. Les talus de la route ont dû parfois être confortés à l'aide d'ouvrages de soutènement.



Figure III.48: glissement de terrain superficiel à l'est du hameau de Villaflou.



Figure III.49: mur de soutènement de la rue de la Vallette menant au hameau de Champetel.



Figure III.50: glissement de terrain et confortement du talus amont de la route de Villarnard.

On ajoutera à cette liste les cas de plusieurs constructions très fissurées du village de La Perrière. Il s'agit de l'église, de l'ancienne cure et d'un bâtiment commercial proches les uns des autres et situés pour les deux premiers au sommet d'un talus très pentu (église et cure) et pour le troisième en pied de versant au débouché d'une combe.

D'après la mairie, l'église a nécessité des travaux de confortement (non précisés) pour assurer sa stabilité. On remarque également que le mur aval de la cure est conforté à l'aide de contreforts anciens.

On ne remarque pas de signe de glissement de terrain à la surface du terrain. La fissuration des constructions souligne cependant l'existence d'un problème de stabilité de terrain sans pouvoir en préciser l'ampleur. L'ancienneté des bâtiments, l'absence de chaînage et la réalisation de fondations insuffisantes peuvent expliquer une partie des dommages. La nature géologique du sol et ses caractéristiques mécaniques peuvent également endosser une grande part de responsabilité. Des investigations géotechniques spécifiques seraient nécessaires pour le préciser.



Figure III.51: église et ancienne cure de La Perrière présentant des fissures sur leurs façades.



Figure III.52: bâtiment commercial de La Perrière très fissuré.

III.3.4. Les chutes de blocs et éboulements

Deux origines possibles de chutes de blocs sont répertoriées sur le territoire de La Perrière : la présence de blocs erratiques et d'éboulis à la surface du sol sur des pentes fortes et la présence de falaises et d'affleurements rocheux.

III.3.4.1. Blocs erratiques talus rocheux et éboulis

Les placages morainiques (produit de transport des glaciers déposé sur place) qui recouvrent une très large partie des terrains sous 2000 mètres d'altitude sont composés de matériaux caillouteux et de blocs de tailles variables emballés dans une matrice argilo-sableuse. De tels blocs affleurent ou reposent fréquemment à la surface du sol (blocs erratiques). Ils peuvent être semi-enterrés, calés contre des obstacles, tels que des arbres, ou simplement immobilisés sur le sol par leur propre poids qui leur assure une assise plus ou moins stable.

Sur pente faible, ces blocs ne peuvent théoriquement pas se remettre en mouvement naturellement sauf si une action mécanique intervient (par exemple reprofilage d'un terrain en réalisant un talutage redressé de pente très supérieure à celle du terrain initial).

Sur pente forte, des remises en mouvement sont possibles naturellement. Les butés calant les blocs peuvent être modifiées, voire disparaître (chute d'un arbre, glissement de terrain localisé déstabilisant un bloc, reptation lente des blocs jusqu'à leur déstabilisation, etc.). Dans tous les cas, on a alors affaire plutôt à des chutes de blocs isolées.

Quelques talus rocheux peuvent également produire des blocs isolés selon des mécaniques très proches de ceux qui peuvent animer les blocs erratiques.

Il a été considéré qu'à partir d'une pente moyenne de 30° des blocs pouvaient être mobilisés, sachant qu'on entend par pente moyenne de 30° des secteurs où le terrain voit plus ou moins varier sa pente autour de 30°. C'est à dire des passages où la pente peut dépasser 30° puis s'adoucir, ce qui peut permettre aux blocs de bouger même sur de courtes distances.



Figure III.53: exemple de bloc pouvant se remettre en mouvement dans la pente.

De tels chutes de blocs concernent surtout les versants situés à l'aval de la station de La Tania, dont ceux dominant le village de La Perrière qui s'étirent entre les lieux-dits La Dornière (limite communale des Allues) et La Closetaz et ceux dominant directement le torrent du Doron de Bozel.

D'autres sont également possibles au sommet du territoire de La Perrière au niveau du secteur des Lanches, où ce sont plutôt des éboulis et des affleurements rocheux clairsemés qui en sont plutôt responsables.

À l'amont de La Perrière et au niveau du secteur des Lanches, ce type de phénomène peut se combiner avec des chutes de blocs produites par des falaises. Il peut donc y avoir deux origines de chutes de blocs pour ces deux sites.

Ailleurs, ces chutes de blocs isolées sont beaucoup moins représentées. Elles peuvent être rencontrées localement au niveau de talus et de versants redressés, sans présenter les mêmes extensions que sur les deux sites indiqués précédemment.

Peu d'enjeux sont concernés par ce type de chutes de blocs isolées. Quasiment seul le pignon sud du bâtiment A de la résidence Saboïa peut être atteint par de tels blocs qui peuvent se détacher d'un talus rocheux (blocs sans prise d'énergie pouvant se caler contre la façade du bâtiment). Un grillage léger est plaqué sur ce talus. Il peut contenir de petits blocs en empêchant leur propagation jusqu'à la façade du

bâtiment. Il peut par contre être arraché en cas de chutes de plus gros blocs, comme ceux visibles en bordure du bâtiment, et donc s'avérer totalement inopérant.



Figure III.54: bâtiment A de la résidence Saboïa dominé par un talus rocheux.

III.3.4.2. Falaises

Trois secteurs de falaises sont à signaler sur le territoire de La Perrière. Deux se situent en altitude au niveau du Rocher de La Loze et des Lanches. Les chutes de blocs générées par ces deux sites de falaises concernent uniquement des zones naturelles. Le troisième secteur domine le village de La Perrière. Il s'agit de la falaise de La Becca où un piton très imposant se détache plus particulièrement du versant.

La taille des blocs unitaires susceptibles de se détacher des falaises peut être très conséquente. Elle peut couramment atteindre quelques mètres cubes, comme le montre les phénomènes historiques, avec un record de 50 m³ enregistré sur le site de La Becca. De manière générale, le volume des blocs est dicté par la nature de la roche en place et sa fissuration qui établit un prédécoupage dans la masse rocheuse. Les blocs tendent ainsi à se détacher selon les plans de fissuration pré-existants de la roche puis, au cours de leur chute, peuvent se fractionner toujours selon leur fissuration ou par rupture lors des chocs occasionnés par les rebonds et les obstacles percutés.

Les trajectoires des blocs (directions, propagations) sont souvent très aléatoires. Elles dépendent des obstacles rencontrés, des rebonds, de la fragmentation des blocs lors des impacts, de la nature du sol, des variations topographiques, de la taille des éléments, de leur géométrie, etc. Ces paramètres interagissent sur la couse des blocs et peuvent conduire à des trajectoires improbables et inattendues (propagation exceptionnelle vers l'aval, trajectoire oblique par rapport aux lignes de plus grande pente, etc.). Ces aspects très aléatoires des trajectoires expliquent l'étendue longitudinale et latérale des zones exposées aux chutes de blocs à l'aval des sources d'émission de blocs (exposition en forme de cône par rapport aux zones de départ).

La détermination des zones exposées aux chutes de blocs s'est appuyée sur la méthodologie dite MEZAP. Cette méthode est inscrite dans la doctrine nationale d'évaluation et de cartographie des chutes de blocs. Elle se base sur l'identification de zones de départ de blocs homogènes et sur la recherche de blocs témoins (blocs éboulés). Disposant de blocs témoins, on procède à la détermination de l'angle formé par l'intersection de la ligne reliant la zone de départ et la zone d'arrêt des blocs avec l'horizontale. Cet angle est appelé « angle de ligne d'énergie ». Un angle de ligne d'énergie différent peut être défini par zone homogène et selon le profil du versant exposé. Les angles ainsi déterminés sont ensuite appliqués sur les versants exposés aux chutes de blocs en respectant l'homogénéité des zones (zone de départ homogène et profil de versant similaire), ce qui permet d'évaluer l'emprise possible des propagations de chutes de blocs. Cette détermination des zones exposées aux chutes de blocs est ensuite expertisée et ajustée sur le terrain en visitant les sites concernés.

III.3.4.2.1. Rocher de La Loze et versant des Lanches

Les falaises du Rocher de La Loze et du versant des Lanches génèrent des chutes de blocs qui atteignent respectivement une moraine rocheuse (pouvant abriter un glacier rocheux) et une pente tapissée d'éboulis. En plus de falaises, le sommet du versant des Lanches accueille également des affleurements rocheux qui peuvent également être le siège de chutes de blocs plus localisées.

- Les chutes de blocs depuis le Rocher de La Loze, qui est constitué de quartzites, se tiennent très à l'écart de la route du col de La Loze. Cette dernière qui est éloignée du pied de pente n'est pas menacée. Les blocs se propagent sur un éboulis très pentu puis ils s'arrêtent rapidement sur la moraine qui présente une topographie favorable pour cela (moraine reposant sur un replat avec à sa surface des contre-pentes et des cordons de matériaux formant des merlons naturels, dont certains sont allongés parallèlement au pied de versant).

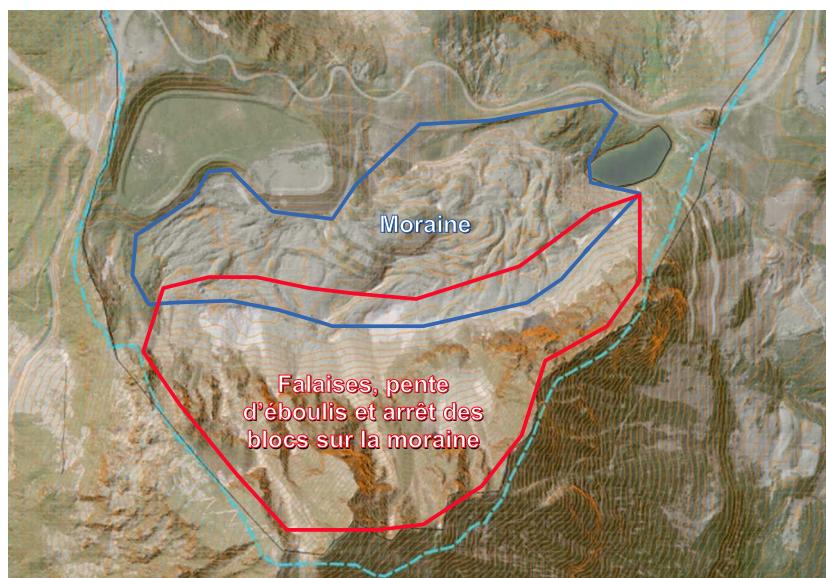


Figure III.55: vue aérienne des falaises du Rocher de La Loze et de la moraine présente à leur pied (délimitations schématiques).

L'examen par photos aériennes et Lidar du site du Rocher de La Loze (falaise, éboulis et zone d'arrêt sur la moraine) nous conduit à déterminer un angle de ligne d'énergie variant entre 35° et 40° . Cette analyse permet de définir une zone d'exposition aux chutes de blocs qui se propage sur la bordure sud de la moraine. Sachant que la surface de cette dernière est très irrégulière et chahutée du fait des amoncellements de matériaux, la limite aval de la zone exposée doit être parfois simplifiée en lui appliquant un contour « fluide » (ou « lissé ») qui ne tient pas forcément compte de l'incidence réelle de la micro-topographie sur l'arrêt des blocs. Ce principe de représentation évite d'avoir un contour d'aléa en « dents de scie ».

- Les chutes de blocs du versant des Lanches, qui est composé de schistes et de grès, se propagent plus ou moins bas sur un versant en pente. Elles alimentent des éboulis dont les extensions très étendues vers l'aval montre qu'ils ont une double origine : alimentation par les falaises et dépôts possiblement glaciaires (moraine caillouteuse).

La même analyse que précédemment a été réalisée pour établir des valeurs d'angle de ligne d'énergie représentatives du site. Le versant des Lanches présente un profil dont la pente diminue progressivement depuis les zones de départ des blocs. En 400 mètres de long, elle passe d'une soixantaine de degrés sous les zones de départ à une vingtaine de degrés. Un angle moyen de ligne d'énergie de 35° se dessine sur ce site.

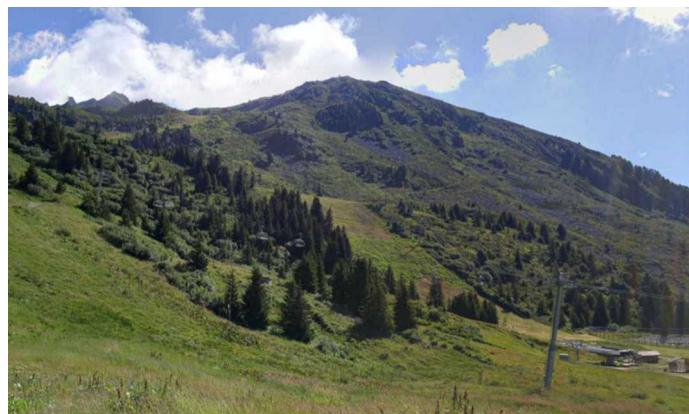


Figure III.56: versant des Lanches et ses falaises en arrière plan.

III.3.4.2.2. Falaise de La Becca

La falaise de La Becca, constituée de schistes noirs et de bancs gréseux du Houiller, concerne le versant très pentu qui domine le village de La Perrière. Ce versant est surmonté d'une falaise découpée par des couloirs, ce qui crée des avancées rocheuses très marquées. L'une d'elles se détache plus particulièrement. Elle forme un imposant piton rocheux (Piton de La Becca) qui se détache très nettement du versant en formant localement un surplomb.



Figure III.57: Piton de La Becca dominant le village de La Perrière.

Le Piton de La Becca est structuralement très fragilisé. Outre la zone de surplomb, il est fracturé, ce qui hypothèque grandement sa stabilité. Il se présente au sommet d'une pente forte dont l'inclinaison moyenne atteint 40° , puis qui diminue peu à peu à l'aval de la piste forestière de Villaflou. Il est accompagné d'autres escarpements rocheux, moins visibles dans le paysage, qui se composent de falaises et d'affleurements rocheux de plusieurs mètres de hauteur s'étirant le long de la tête de versant.

Plusieurs événements de chutes de blocs se sont déjà produits sur ce site, dont en 1974 (mobilisation de 1 000 m³ de rocher) et en 1999 (voir tableau des phénomènes historique § III.1). Les chutes de blocs connues se sont propagées sur le versant, a priori sans atteindre son pied. Pour l'événement de 1974, l'essentiel des matériaux s'est arrêté à la hauteur de la piste forestière supérieure de Villaflou. L'éboulement de 1999 s'est propagé plus bas en détruisant une large partie de la forêt, avec un bloc très volumineux qui s'est arrêté une cinquantaine de mètres à l'amont du merlon pare-blocs aménagé dans l'axe du village de La Perrière (merlon B1 le plus à l'aval dans le versant). Ce bloc est visible à l'aval de la piste forestière de Villaflou une centaine de mètres après son premier lacet. Il constitue l'élément rocheux ayant eu la plus longue trajectoire connue.

Le volume des blocs peut être très important. Plusieurs blocs de quelques dizaines de mètres cubes ont été rapportés lors de l'éboulement de 1974. En 1999, on en a comptabilisé quelques-uns dépassant 10 m³ et celui qui s'est arrêté à une cinquantaine de mètres du merlon B1 a été évalué à 50 m³.

Une étude du CETE de Lyon (analyse des risques liés aux instabilités du piton rocheux de La Becca – CETE Lyon – 07/1992) a expertisé la falaise de La Becca. Elle décrit au niveau de la zone d'éboulement de 1974 un rocher très découpé par un réseau de grandes fractures ouvertes sur plusieurs dizaines de centimètres qui déterminent un compartiment rocheux instable de plusieurs milliers de mètres cubes. Elle dresse une description détaillée du Piton de La Becca en inventoriant ses principaux compartiments instables.

L'étude CETE rappelle qu'un suivi périodique de deux fractures principales (pose de capteurs) a été mis en place en 1975 suite à l'éboulement de l'année précédente. Elle juge ce dispositif insuffisant pour suivre l'évolution de la falaise et propose de le compléter en posant trois nouveaux capteurs de déplacement reliés à une centrale d'acquisition, pour permettre un suivi permanent.

Parallèlement, cette étude a réalisé trois profils trajectographiques au droit du village de La Perrière, en leur appliquant des hypothèses de départs de blocs réalistes par rapport aux conditions rencontrées. Ces profils font ressortir que, selon les trajectoires adoptées, des blocs peuvent atteindre des maisons de La Perrière et se propager jusqu'à la RD 915. Elle en tire comme conclusion, qu'au regard des profils et de la course des blocs en pied de versant (diminutions des rebonds et des énergies au niveau de la réduction de pente notamment), la réalisation d'ouvrages de protection de type levées de terre correctement dimensionnées (merlons) serait possible. Elle recommande pour cela la fourniture de plans topographiques précis pour mieux définir les ouvrages et un complément d'étude trajectographique à partir de cette topographie, ce qui a été fait.

Une étude complémentaire a ainsi été menée par le CETE Lyon en septembre 1992. Sur la base d'une topographie précise, elle a réalisé dix nouveaux profils trajectographiques en testant des blocs de diverses formes et l'existence d'ouvrages pare-blocs. Ces nouveaux profils confirment l'exposition aux chutes de blocs du village de La Perrière en l'absence d'ouvrage de protection. Ils mettent en avant des rebonds de blocs importants, notamment au niveau des pistes forestières qui peuvent jouer un rôle de tremplin si des impacts se produisent leur niveau. Ils conduisent à la conclusion que trois ouvrages pare-blocs sont nécessaires pour la protection du village de La Perrière. Compte-tenu des énergies développées par les blocs, la pose de filets pare-blocs est écartée car jugée inadaptée. Il est proposé de construire des merlons pare-blocs d'au moins 6 mètres de hauteur en choisissant leurs emplacements en fonction de la topographie et du résultat des trajectographies. Les trois merlons sont désignés ouvrages B1, B2 et B3.

Seuls deux des merlons proposés ont été réalisés à deux ans d'intervalle en 1995 et 1997 (maîtrise d'œuvre RTM73). Il s'agit des ouvrages B1 et B2 qui mesurent 6 mètres de hauteur, comme préconisé, et qui présentent un parement amont en « pneutex » très redressé pour l'amortissement des impacts de blocs. Le merlon B1 se situe quelques dizaines de mètres à l'amont du chemin de la Croix Verte. Le merlon B2 se situe au niveau du premier lacet de la piste forestière de Villaflou.

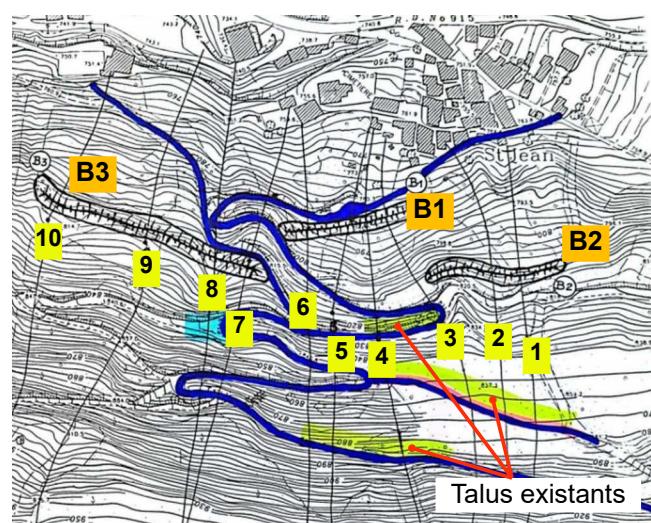


Figure III.58: merlons B1, B2 B3 proposés par l'étude CETE et profils trajectographiques 1 à 10 (étude septembre 1999).



Figure III.59: merlon B1 envahi par la végétation.



Figure III.60: merlon B2.

Un avis géologique rendu par Monsieur Jean Fabre, géologue et maire de La Perrière à l'époque (Risques de chutes de blocs et instabilité de la pente au-dessus du village de La Perrière – Jean Fabre – 12-1997) conclut à une absence de risque à l'ouest de l'éperon de La Becca, au droit de la zone où était prévu le merlon B3. Il s'appuie sur une visite détaillée du versant, sa géologie et la topographie. Il est vrai qu'au regard du relevé Lidar, on constate une topographie plus favorable au niveau de l'emplacement prévu pour le merlon B3. La pente diminue plus rapidement et le pied de versant forme une large bosse arrondie qui représente une zone naturelle d'arrêt des blocs, ce qui irait dans le même sens que les conclusions de l'expertise de Monsieur Fabre.

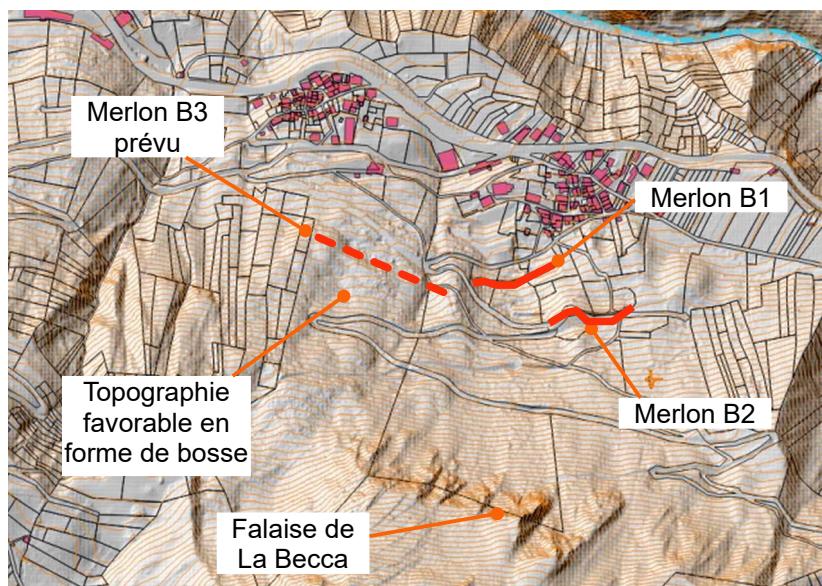


Figure III.61: relevé Lidar au niveau du village de La Perrière.

Le suivi de l'évolution du Piton de La Becca à l'aide du dispositif de capteurs mis en place dès 1975 a permis d'enregistrer une vitesse moyenne de mouvement des masses rocheuses instables de 0,005 mm/jour avant 1985 puis de 0,04 mm/jour jusqu'à fin 1996.

Les déplacements se sont ensuite accélérés à en juger les courbes d'enregistrement, pour atteindre 0,1 mm/jour le 22 février 1999 puis passer à 1 mm/jour à partir du 1^{er} mars 1999 (Suivi d'une instabilité rocheuse jusqu'à l'éboulement, commune de La Perrière - article du Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées – mai / juin 2000).

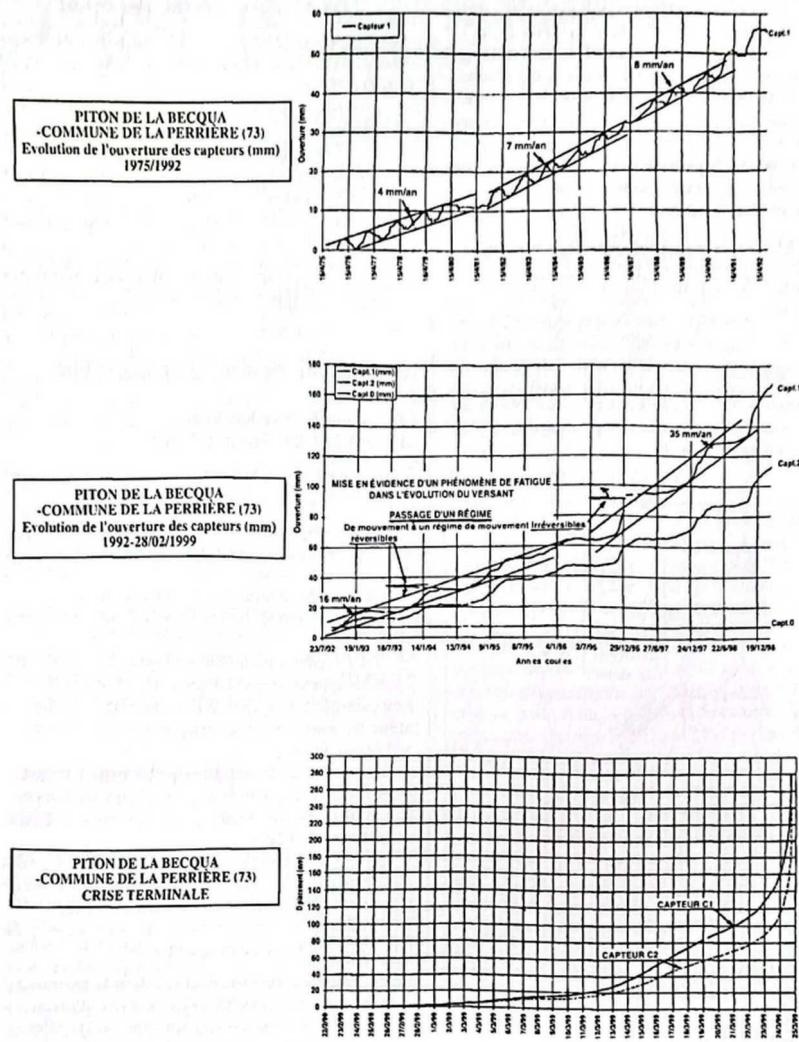


Figure III.62: courbes d'évolution du suivi du Piton de La Becca (Laboratoire des Ponts et Chaussées).

L'accélération des mouvements en début d'année 1999 a été suivie d'un nouvel éboulement le 24 mars 1999. La forêt a été en grande partie détruite sous la falaise par cet événement. Les blocs se sont répartis sur le versant. Le bloc qui a connu la plus longue trajectoire est celui qui s'est arrêté à une cinquantaine de mètres du merlon B1. Aucun n'a atteint les merlons B1 et B2, ni ne les a franchi. Ce nouvel événement a quasiment purgé la zone instable qui était suivie depuis de nombreuses années. Le versant rocheux n'en demeure pas moins fissuré dans sa masse et le processus de décompression de la roche se poursuit très certainement. Il va donc continuer à évoluer en se détériorant. Les éboulements passés marquent des étapes d'accélération du processus de dégradation de la falaise. D'autres se produiront très probablement sans qu'on puisse prévoir leur importance ni leur date. La falaise évolue régulièrement à un rythme qui dépend de nombreux facteurs naturels qui interagissent entre eux et qu'on ne maîtrise pas.



Figure III.63: versant de La Perrière après l'éboulement de 1999.

Le bloc de 50 m³ qui s'est arrêté 50 mètres à l'amont du merlon B1 représente la zone d'atteinte maximale connue de ce site. D'autres éboulements antérieurs à 1974 ont pu livrer des blocs avec des trajectoires plus longues. On n'a toutefois pas de témoignage de tels événements et on ne remarque pas de bloc témoin qui pourrait nous l'indiquer.

La détermination de l'angle de ligne d'énergie du bloc de 50 m³ issu de l'éboulement de 1999 est voisin de 40° (méthodologie MEZAP). Cet angle apparaît relativement fort par rapport au profil du versant et aux connaissances par ailleurs acquises sur d'autres sites relativement similaires (profil de versant et conditions de départs de blocs similaires). Bien qu'il soit celui qui ait atteint le point le plus bas du versant, ce bloc ne peut pas être retenu comme phénomène de référence pour définir l'emprise aval de la zone d'exposition aux chutes de blocs. Des propagations plus longues en direction du village sont possibles.



Figure III.64: bloc de 50 m³ 50 mètres à l'amont du merlon B1.



Figure III.65: autre bloc éboulé sur le versant de La Perrière.

On se basera sur les trois profils de l'étude CETE de juillet 1992 pour juger l'emprise de la zone exposée aux chutes de blocs sous la falaise de La Becca. Ces profils simulent la trajectographie des blocs sans tenir compte des merlons de protection actuellement en place, ce qui permet de définir l'exposition du village en conditions initiales (sans ouvrage de protection) et de définir l'empreinte de l'aléa d'origine.

Précisons que ce principe respecte la doctrine nationale définissant les principes de cartographie des aléas. En effet, cette dernière demande de ne pas tenir compte des ouvrages de protection. Ces derniers peuvent être pris en compte uniquement s'ils sont jugés efficaces face aux risques contre lesquels ils sont censés nous protéger.

Ces simulations trajectographiques ont montré que les blocs pouvaient atteindre la RD 915. L'angle de la ligne d'énergie d'un tel scénario avoisine 32°, ce qui semble plus proche de la réalité par rapport au bloc qui s'est arrêté à l'amont du merlon B1 avec un angle de 40°. Nos propres observations de terrain vont également dans ce sens.

On retiendra donc les résultats des profils trajectographiques de l'étude CETE de juillet 1999 et l'angle de ligne d'énergie 32° pour définir la limite aval d'exposition aux chutes de blocs depuis la falaise de La Becca sans prise en compte des merlons.

Dans la lignée de la doctrine nationale, la DDT de Savoie, qui pilote par ailleurs les Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN), apporte les précisions suivantes pour la prise en compte des ouvrages :

« La pérennité des constructions au regard de la durée de vie d'une zone urbanisée est sans rapport. Par conséquent, afin de garantir la meilleure sécurité pour les biens et les personnes dans le temps :

- Si le bâti a un effet positif sur l'aléa (front construit susceptible d'arrêter une avalanche par exemple), la cartographie de ce dernier doit être élaborée en faisant abstraction du bâti.*

- Si le bâti a un effet notable et négatif sur l'aléa (concentration des écoulements sur l'axe d'une rue par exemple), la cartographie de ce dernier doit prendre également en compte l'effet du bâti. Dans ce cas, la cartographie conjuguera la carte sans et avec l'effet du bâti.

Concernant les ouvrages de protection, leur effet négatif induit est systématiquement pris en compte et cartographié.

Concernant leurs effets positifs, ne peuvent être pris en compte que les ouvrages ayant un effet pérenne sur l'aléa. Cet effet est étudié au regard du dossier d'ouvrage (conception, réalisation, entretien, efficacité pour le phénomène de référence, ...) et sur l'obligation d'entretien par un maître d'ouvrage pérenne identifié.

Ainsi chaque ouvrage de protection est décrit dans le présent dossier des aléas selon 3 critères :

- *Efficacité : il s'agit d'évaluer si l'ouvrage est correctement dimensionné pour résister au scénario de référence (contraintes usuelles ELS et non pas ELU) et s'il a un effet significatif sur cet aléa.*
 - *Sûreté : il doit être analysé si l'ouvrage a la capacité à rester en service pendant un intervalle de temps défini et s'il peut résister à plusieurs événements successifs.*
 - *Pérennité : la pérennité d'un ouvrage s'envisage ici au regard de la facilité de le diagnostiquer et de le réparer. Il doit être évalué si sa durée de vie est suffisante au regard du scénario de référence (100 ans).*

Lorsqu'un ouvrage de protection est pris en compte, un double affichage des aléas est réalisé.

Ainsi, chaque zone est décrite par la qualification de l'aléa retenu au PPR (en tenant compte de l'ouvrage s'il est retenu comme efficace, sûre et pérenne et en tenant de ses effets négatifs éventuels induits), suivi entre parenthèse de sa qualification en faisant abstraction de l'ouvrage. »

Les merlons B1 et B2 ont fait l'objet d'un dimensionnement dans le cadre des études techniques réalisées pour leur détermination. Une coupe de principe jointe dans le dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique présente des ouvrages de 3 mètres de large en crête et les rapports du CETE de 1992 préconisent une hauteur de 6 mètres.

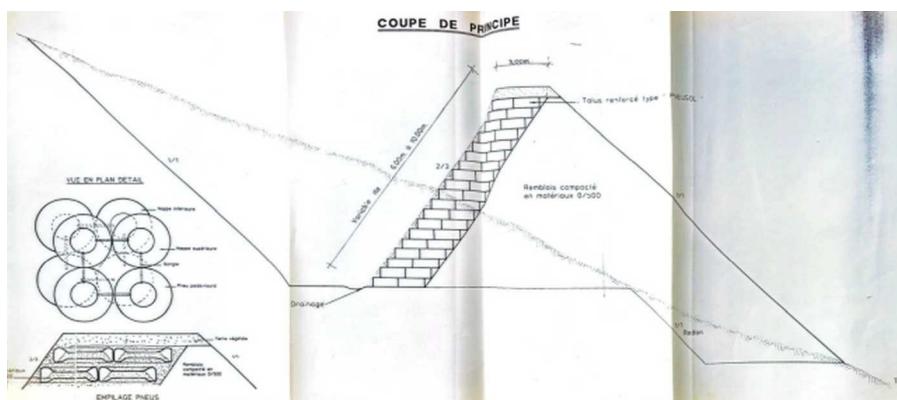


Figure III.66: coupe de principe des merlons pare-blocs.

Les deux merlons ne présentent aucun signe de dégradation. Il n'ont jamais été sollicités par des chutes de blocs, ils n'ont donc subit aucun impact qui aurait pu les endommager. Seule une certaine végétation boisée envahissante est à signaler au niveau du merlon B1. Elle ne se développe toutefois pas sur l'ouvrage et n'affaiblit pas sa fonction.

Les profils trajectographiques de l'étude CETE de septembre 1992 permettent de simuler le rôle des merlons. Les chutes de blocs sont arrêtées par les merlons au niveau de chaque profil.

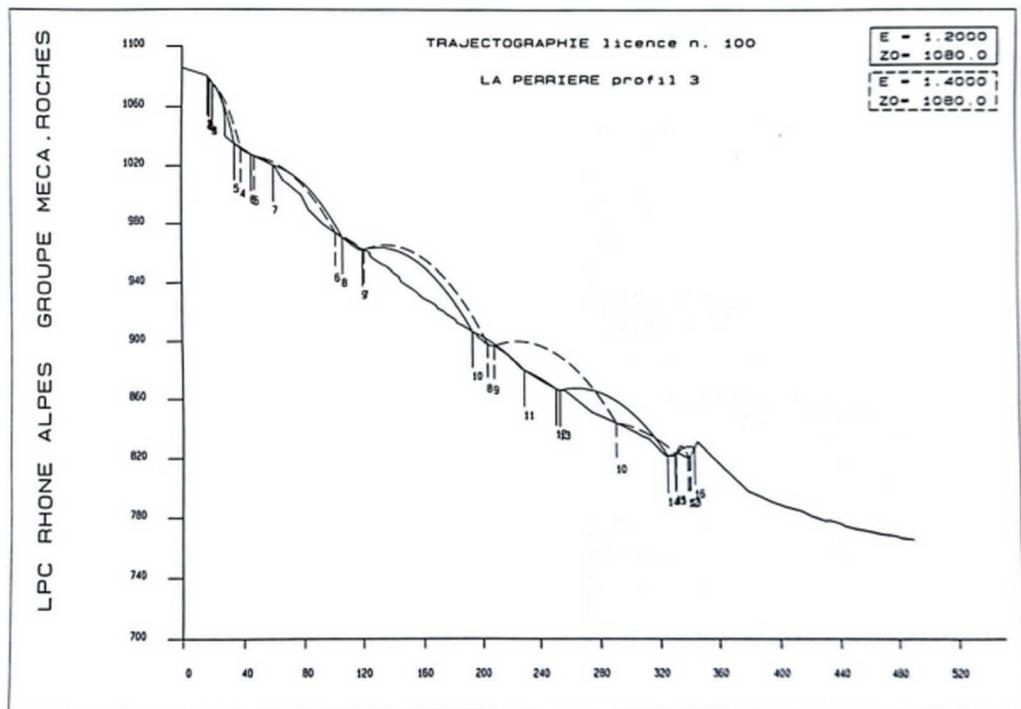


Figure III.67: exemple du profil 3 situé dans l'axe du merlon B1 (voir la localisation du profil sur la figure III.3.4.2.2 page 57).

Par ailleurs, dans son rapport de septembre 1992, le CETE dresse l'analyse suivante sur son étude trajectographique :

1 - ANALYSE TRAJECTOGRAPHIQUE

Dix profils cinématiques ont été réalisés et couvrent le secteur qui domine le village de LA PERRIERE. Les risques les plus importants se situent au niveau des profils 3 à 6 indiqués sur le plan en annexe. La paroi rocheuse apparaît moins instable au niveau des autres profils bien que l'on puisse noter localement des zones fracturées pouvant évoluer.

Les analyses trajectographiques sont fournies en annexe.

Pour chaque profil on trouvera :

- des simulations pour diverses masses ayant des formes variées avec positionnement de l'ouvrage (éboulement variable)
- les tableaux de vitesses incidentes et de rebonds au niveau des impacts
- les angles incident et de rebond

L'examen cas par cas montre l'influence néfaste des pistes qui sont de véritables tremplins pouvant dans certaines configurations projeter les masses à plus de deux mètres de hauteur.

On notera également que les vitesses restent très élevées en de nombreux points du versant (vitesse supérieure à 25 m/s).

Rappelons que les filets pare pierres type filets anti-sous-marin peuvent arrêter des masses de 4T à 30 m/s environ. Dans le cas de LA PERRIERE les masses unitaires peuvent dépasser les 4 tonnes... Il convient donc de s'orienter vers des barrages pare blocs convenablement situés pour qu'ils ne puissent pas être lobés.

Les analyses montrent qu'une levée de terre de 6 mètres au minimum est en général nécessaire pour garantir une bonne efficacité. Il est nécessaire également que le talus amont soit assez raide (2/1). Ceci conduit donc à des ouvrages importants.

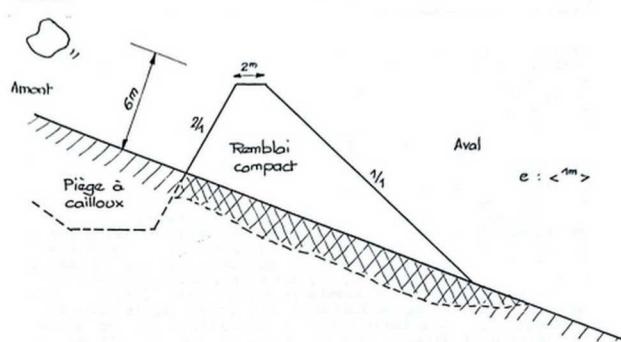


Figure III.68: analyse trajectographique et commentaires sur les ouvrages à réaliser.

L'examen visuel des deux merlons montre que le type d'ouvrage proposé par les études a été, a priori, respecté (ouvrages de 6 mètres de hauteur embase large, crête d'environ 3 mètres de large parement amont redressé en pneutex). Leur efficacité est censée correspondre à celle déterminée par les études de conception. Ils semblent donc apporter une protection efficace au village de La Perrière. Sous réserve de leur entretien pour les maintenir en état de fonctionner et pour conserver leur pleine

efficacité, les deux merlons peuvent être pris en compte. Cette prise en compte est matérialisée sur un encart cartographique présentant leur impact sur le zonage de l'aléa.

III.3.5. *Les affaissements/effondrements*

Pour rappel, des mines artisanales d'extraction d'anthracite ont été exploitées sur le territoire de La Perrière. L'activité minière ne relève pas du code de l'environnement qui régit uniquement la prise en compte des phénomènes naturels. Elle est liée au code minier et relève de la responsabilité de l'État lorsque les mines n'ont plus de propriétaires (mines orphelines).

La DDT 73 a communiqué à la commune de Courchevel les informations en sa possession au sujet des mines de La Perrière. Il convient de s'y référer pour en tenir compte.

III.3.6. *Les avalanches*

Une avalanche est un mouvement gravitaire du manteau neigeux non stabilisé. Plusieurs facteurs conditionnent la formation d'avalanches dont la qualité de la neige, les épaisseurs d'accumulation, les conditions météorologiques (épisode de fortes chutes de neige, pluie, redoux, etc.), la pente des versants (généralement à partir de 30°, plus rarement en dessous), etc.

Trois zones distinctes caractérisent morphologiquement un secteur avalancheux :

- La zone de départ qui marque le point de déclenchement de l'avalanche et qui correspond à la limite supérieure de la zone de mobilisation du manteau neigeux.
- La zone d'écoulement qui correspond au transit de l'avalanche et à l'ablation du manteau neigeux.
- La zone d'arrêt, de dépôt et d'accumulation qui correspond à l'extension aval de l'avalanche (ou des avalanches successives) et au recouvrement du sol, enneigé ou non, par la neige transportée.

Deux principaux types d'avalanche peuvent être définis :

• Avalanches aérosols :

Les avalanches de type aérosol (ou dites de poudreuse) correspondent à un mélange d'air et de neige sèche. Elles peuvent atteindre des vitesses élevées. Ces avalanches se produisent pendant ou immédiatement après de fortes chutes de neige et par temps froid. L'avalanche, dont la zone de départ peut être très localisée, grossit rapidement en mobilisant la neige sur son passage. Si elle atteint une vitesse suffisante, il peut se former un aérosol formé d'un nuage de particules de neige en suspension dans l'air qui peut atteindre plus de 360 km/h. Ce phénomène occasionne un souffle, dit « onde de pression », qui accompagne le déplacement de la neige. Ces avalanches de neige sèche peuvent connaître des extensions très importantes vers l'aval du fait de leur effet de souffle, en franchissant des distances largement supérieures aux autres avalanches. Lorsqu'elles se développent dans une vallée, elles peuvent impacter les versants opposés à celui d'où elles se sont déclenchées, toujours du fait de l'effet de souffle.

• Avalanches coulantes :

Ce type d'avalanche, qui est relativement fréquent, concerne les manteaux neigeux secs ou humides. Il peut se produire durant toute la saison hivernale et mobiliser des volumes de neige importants selon l'épaisseur et l'état du manteau neigeux déstabilisé. Il se traduit par un écoulement de neige sans formation d'aérosol.

Ces avalanches sont à redouter en période de fort redoux, avec ou sans pluie, et au printemps lorsque les températures remontent, car elles peuvent se généraliser à l'échelle des massifs. Elles sont également relativement courantes sur les versants bien ensoleillés en survenant aux heures les plus chaudes de la journée. Le phénomène se déclenche lorsque le manteau neigeux est suffisamment ramolli (dégelé) et imbibé d'eau. D'énormes quantités de neige peuvent alors être

mobilisées et des avalanches dites de fond peuvent se former lorsque toute l'épaisseur du manteau neigeux s'est transformée. L'avalanche met alors à nu le sol en décapant la totalité de la couverture neigeuse.

Ces avalanches présentent des vitesses relativement lentes (très inférieures aux aérosols). Elles mobilisent une neige plus ou moins dense selon son humidité (teneur en eau de la neige plus ou moins élevée en fonction de son état de réchauffement), ce qui génère des pressions élevées et destructrices contre les obstacles rencontrés (forte poussée).

Sensibles à la topographie du terrain, elles suivent les talwegs tant que la capacité de ces derniers permet de contenir les volumes de neige en mouvement. Elles peuvent également affecter des versants entiers en formant des coulées très larges. Leurs distances d'arrêt sont plutôt courtes, leur énergie diminuant dès que la pente se réduit. Elles ne connaissent pas de fortes extensions comme les aérosols.

Le déclenchement d'une avalanche peut être ponctuel lorsque la neige présente peu de cohésion. La zone de départ du phénomène est alors plus ou moins localisée puis la zone d'avalanche s'élargit progressivement vers l'aval et le phénomène grossit en balayant le versant.

Des avalanches de plaques dures peuvent se former lorsque la cohésion de la neige est suffisamment importante. Le déclenchement se fait alors sous la forme d'une cassure linéaire plus ou moins étendue et parallèle aux courbes de niveau. La formation de plaques dures est favorisée par l'effet du vent qui imbrique les cristaux de neige entre eux en formant une couche consolidée (phénomène assimilable à du frittage). La présence de niveaux fragiles sous-jacents (couche de neige sans cohésion) favorise la rupture de la plaque dure superficielle, donc le déclenchement de l'avalanche. La plaque dure déstabilisée se met en mouvement en se fragmentant rapidement en morceaux. L'ensemble glisse en se déplaçant sur la couche de neige sous-jacente non consolidée, pouvant être métamorphisée (formation de gobelets par effet de capillarité (transpiration du sol) et de fonte / regel à l'interface couche molle / couche dure) ou non métamorphisée (surface de glissement au contact plaque dure de surface / couche de neige non consolidée). L'effet de surcharge est souvent l'élément déclencheur de ce type d'avalanche (passage de skieurs, d'animaux, poids de la couche de neige dure, etc.).

Les plaques ressemblent à une couche de neige relativement uniforme et de fausse apparence stable, ce qui peut les rendre difficiles à identifier et à évaluer. Elles peuvent également être masquées par une couche de neige fraîche qui s'est déposée après leur formation, ce qui les rend encore plus difficiles à détecter.

Elles peuvent aussi bien se former sur des pentes directement exposées au vent que sur des zones abritées (pentes sous le vent). Les zones situées sous le vent se localisent par la forme des corniches qui, lorsqu'elles existent, dépassent des crêtes en formant une avancée. C'est à l'aval de ces dernières que les plaques sont généralement les plus fragiles, car moins épaisses.

Les pentes directement exposées au vent voient se former des plaques plus épaisses et plus solides. L'action mécanique du vent est plus efficace sur l'imbrication et l'agrégation des cristaux de neige. Le déclenchement d'avalanche de plaque est toutefois également possible sur les pentes ainsi directement exposées au vent.

Dans la réalité, les avalanches sont souvent **mixtes** et variées selon les événements, car liées à divers facteurs dont les conditions de neige. La neige d'une avalanche de plaque peut être froide ou humide, la rupture d'une plaque peut donner lieu à un aérosol ou à une avalanche coulante, une même avalanche peut mobiliser de la neige sèche et humide, une avalanche de neige sèche peut s'écouler ou former aérosol, etc. Pour un même couloir avalancheux, divers types d'avalanches sont ainsi possibles.

Dans tous les cas de figure, il s'agit de phénomènes potentiellement très destructeurs, notamment pour le bâti. Outre la neige mobilisée, les avalanches peuvent transporter des corps étrangers tels que des arbres et des blocs rocheux arrachés au terrain, ce qui peut entraîner des efforts de poinçonnement supplémentaires sur les obstacles rencontrés, en plus de la pression exercée par la neige.

Les phénomènes avalancheux sont particulièrement complexes et difficiles à prévoir précisément dans le temps, tant ils dépendent des conditions nivologiques et météorologiques en place. Ils concernent principalement les sommets du territoire de La Perrière. Ils sont en grande partie représentés sur la

Carte de Localisation Probable des Avalanches (CLPA) qui identifie plusieurs couloirs d'avalanches sur les versants nord du Rocher de la lauze et des Lanches. L'exposition géographique des zones avalancheuses (versants nord, exposition face au vent ou sous le vent selon la direction de celui-ci) et les variations météorologiques possibles (conditions météorologiques froides, redoux prononcé, fortes précipitations neigeuses, possibilité de pluie, etc.) peuvent conduire à tous les types possibles d'avalanches.

Aucun bâti à usage d'habitation n'est concerné. Les avalanches se développent uniquement en zone naturelle. Certaines peuvent affecter le domaine skiable au niveau du secteur des Lanches.

Les couloirs d'avalanche identifiés par la carte de la CLPA sur les versants nord du Rocher de La Loze et du Sommet des Lanches reflètent bien la réalité observable sur le terrain et sur les photos aériennes.

Quelques pentes fortes présentes à l'est du sommet des Lanches sont également signalées comme étant potentiellement avalancheuses, ce qui paraît justifié compte-tenu de l'inclinaison du terrain qui peut localement dépasser 30 à 35°. Il est toutefois à noter que la CLPA tend à globaliser son zonage dans ce secteur en réunissant certains de ces passages pentus, ce qui l'amène à inclure des zones de moindre pente d'apparence peu exposées aux avalanches. De même, une partie de ce secteur est damé pour la pratique du ski, ce qui réduit également le risque de départ d'avalanche sur les zones ainsi préparées durant toute la saison hivernale.

Hormis ces détails, le zonage des zones avalancheuses défini par la CLPA apparaît conforme aux conditions rencontrées. Il est intégré à la carte des aléas en ajustant quelques zones d'arrêt symbolisées par des flèches.

Ajoutons qu'un couloir d'avalanche a été suivi par l'Enquête Permanente sur les Avalanches (EPA). Il s'agit du couloir de La Vetta sur le versant nord du sommet des Lanches pour lequel 9 avalanches sont répertoriées entre le 07/02/1938 et le 20/03/1988. La zone maximale de départ de l'avalanche se situe à 2200 mètres d'altitude et la zone d'arrivée la plus basse à 1800 mètres d'altitude. La dernière avalanche enregistrée par l'EPA le 20/03/1988 est liée à un « gros redoux prolongé » et à de la pluie d'après le rapport d'époque. Une autre survenue le 10/04/1983 s'est également produite suite à un phénomène de pluie. Les conditions des autres avalanches ne sont pas précisées.



Figure III.69: couloirs avalancheux du versant nord du Rocher de La Loze (source Google street).

III.4. Ouvrages de protection

Quelques ouvrages de protection sont présents sur le territoire de La Perrière. Ils sont récapitulés ci-dessous et localisés sur la carte informative des phénomènes.

Tableau III.4: Liste des ouvrages de protection recensés sur le territoire de La Perrière.

N° de Site	Type d'ouvrage	Localisation	Propriétaire foncier/ Gestionnaire	Description
OUV01 OUV02	Merlons pare-blocs	Village de La Perrière	Mairie de Courchevel	Réalisation de 2 merlons pare-blocs pour protéger le village de La Perrière face aux chutes de blocs du Piton de La Becca : ouvrages B1 (OUV01) et B2 (OUV02)
OUV03	Ouvrage de soutènement routier	La Dornière	Conseil Départemental de Savoie	Dispositif de soutènement de la RD 98 comprenant notamment un confortement du talus aval de la route à l'aide de gabions.

IV. Aléas

IV.1. Méthodologie

IV.1.1. Notion d'aléa

La notion d'aléa traduit la probabilité d'occurrence, en un point donné, d'un phénomène naturel de nature et d'intensité définie. Pour chacun des **phénomènes rencontrés**, trois degrés d'aléas - aléa fort, moyen ou faible - sont définis en fonction de **l'intensité** du phénomène et de **sa probabilité d'apparition**. La carte des aléas, établie sur fond cadastral au 1/5 000 présente un zonage des divers aléas observés. La précision du zonage est, au mieux, celle du fond cartographique utilisé comme support, la représentation est pour partie symbolique.

L'élaboration de la carte des aléas impose donc de connaître, sur l'ensemble de la zone étudiée, l'intensité et la probabilité d'apparition des divers phénomènes naturels.

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

IV.1.2. **Notions d'intensité et de probabilité d'occurrence**

De manière générale, **l'intensité** est définie par l'ampleur du phénomène. Elle peut être appréciée de manière variable en fonction de la nature même du phénomène : morphologie des versants et érodabilité des sols, importance des déformations du sol ou des dommages causés au bâti pour un glissement de terrain, volume des blocs et probabilité d'atteinte pour la chute de blocs, etc.

La **probabilité d'occurrence** traduit la probabilité d'apparition du phénomène. L'estimation de la probabilité d'occurrence d'un phénomène de nature et d'intensité données traduit une démarche statistique qui nécessite de longues séries de mesures ou d'observations du phénomène. Elle s'exprime généralement par une période de retour qui correspond à la durée moyenne qui sépare deux occurrences du phénomène.

Une crue de période de retour décennale se produit **en moyenne** tous les dix ans si l'on considère une période suffisamment longue (un millénaire). Cela ne signifie pas que cette crue se reproduit périodiquement tous les dix ans mais simplement qu'elle s'est produite environ cent fois en mille ans, ou qu'elle a une chance sur dix de se produire chaque année.

Si certaines grandeurs sont relativement aisées à mesurer régulièrement (les débits liquides par exemple), d'autres le sont beaucoup moins, soit du fait de leur nature même (surpressions occasionnées par une coulée boueuse), soit du fait de la rareté relative du phénomène (chute de blocs). La probabilité du phénomène sera donc généralement appréciée à partir des informations historiques et des observations du chargé d'études.

IV.1.3. **Définition des degrés d'aléa**

Les critères définissant chacun des degrés d'aléas sont donc variables en fonction du phénomène considéré.

En outre, les événements « rares » posent un problème délicat : une zone atteinte de manière exceptionnelle par un phénomène intense doit-elle être décrite comme concernée par un aléa faible (on priviliege la faible probabilité du phénomène) ou par un aléa fort (on priviliege l'intensité du phénomène) ? Deux logiques s'affrontent ici : dans la logique probabiliste qui s'applique à l'assurance des biens, la zone est exposée à un aléa faible. En revanche, si la protection des personnes est prise en compte, cet aléa est fort. En effet, la faible probabilité supposée d'un phénomène ne dispense pas de la prise par l'autorité ou la personne concernée des mesures de protection adéquates.

IV.1.4. Scénarios de référence

Pour chacun des phénomènes étudiés et par zone homogène, un scénario de référence doit être défini pour permettre la qualification de l'aléa. Un scénario de référence peut correspondre :

- à un phénomène de période de retour centennale, pouvant être associé à des circonstances particulières (crue concomitante sur deux cours d'eau majeurs) ou à des facteurs aggravants (embâcle sur un ouvrage...) ;
- à un phénomène de probabilité d'occurrence et d'intensité données, pouvant être associé à des circonstances particulières (glissement de terrain survenant après une longue période pluvieuse par exemple) ou à des facteurs aggravants (terrassement pouvant déstabiliser une pente, ...).

Pour la carte d'aléa, la définition des phénomènes de référence est essentiellement qualitative. La grande variabilité des phénomènes, ajoutée à la difficulté de pouvoir s'appuyer sur de longues séries d'évènements, rendent difficile la détermination d'un scénario de référence pour le zonage des risques, en s'appuyant sur les seules données statistiques.

Selon les phénomènes, la définition du scénario de référence peut donc varier significativement. Les scénarios de référence peuvent être similaires pour de nombreux sites ou être spécifiques à un site particulier du fait du contexte topographique ou géologique ou de la présence de certains aménagements. C'est ce scénario « de référence » qui sert de base à la cartographie d'aléa.

Ainsi, pour l'ensemble des phénomènes naturels, **l'aléa de référence est le phénomène d'occurrence centennale** (ayant en moyenne une chance sur 100 de se produire chaque année) ou **le plus fort événement connu**, si celui-ci est plus important en extension et/ou en intensité. Il convient de déterminer l'aléa de référence pour chaque type de phénomènes, et dans un secteur homogène donné.

IV.1.5. Principe de qualification

Il s'agit de délimiter le périmètre où les phénomènes considérés doivent être pris en compte en termes de prévention des risques et de hiérarchiser ces zones en différents niveaux d'aléa.

Du fait de la grande variabilité des phénomènes naturels et des nombreux paramètres qui interviennent dans leur déclenchement, la qualification de l'aléa dans une zone donnée est complexe. Son évaluation reste subjective : elle fait appel à l'ensemble des informations recueillies au cours de l'étude, au contexte géologique, aux caractéristiques des précipitations et à l'appréciation du chargé d'étude. Les grilles de caractérisation des différents aléas utilisées sont présentées au IV.3 pour les types d'aléas identifiés.

IV.1.5.1. Prise en compte des ouvrages de protection

La carte des aléas est établie, sauf exceptions dûment justifiées, en ne tenant pas compte d'éventuels dispositifs de protection. Leur effet durable sur l'aléa ne peut pas être pris en compte, pour des raisons d'incertitudes sur l'entretien et le suivi des ouvrages à échéance de 100 ans (ouvrages pérennes, maître d'ouvrage identifié et pérenne). La forêt, tout comme les obstacles « anthropiques », ne sont pas pris en considération dans l'évaluation de l'aléa de propagation : les obstacles sont considérés comme transparents.

Toutefois si des ouvrages de type merlon pare-blocs ou digues existent, ceux-ci peuvent être pris en compte si le maître d'ouvrage est identifié et pérenne, et si le dispositif est efficace pour résister au scénario de référence. Cela sera très clairement identifié dans la description des scénarios de référence.

Les ouvrages de protection contre les inondations devront respecter les exigences de la loi MAPTAM instaurant la compétence GEMAPI et les études de danger des digues. De même, les ouvrages de type merlon pare-blocs pourront être considérés dans la qualification de l'aléa s'ils ont fait l'objet d'un dimensionnement fonctionnel et structurel pour l'aléa de référence, et s'ils bénéficient d'un entretien par un maître d'ouvrage qui dispose de la capacité à l'assurer de manière durable. Par contre les ouvrages de type ancrage, confortement, filet ou grillage plaqué, et écran de filet ne seront pas considérés dans le zonage de l'aléa. Cette position adoptée par l'État tient au fait que les merlons sont pérennes et forment un obstacle topographique au même titre qu'un relief quelconque. En revanche les autres ouvrages ont une durée de vie limitée (souvent estimée à 25 ans) et ne peuvent servir qu'une seule fois (un écran de filet couché par un bloc ne pourra pas resservir une seconde fois en cas de réplique).

IV.2. Élaboration de la carte des aléas

La carte des aléas est établie sur fond cadastral au 1/5 000, elle présente les niveaux d'aléas relatifs à divers phénomènes naturels affectant le territoire communal. Elle est accompagnée du présent rapport et d'une carte informative des phénomènes naturels, établie sur fond topographique et localisant les événements historiques et les phénomènes actifs identifiés sur le terrain.

L'exposition de la commune aux phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et le niveau de risque sismique sont rappelés en annexes VII.1 et VII.2, mais ne sont pas traités par la carte des aléas.

De même, les risques miniers résultant de l'exploitation de matériaux listés à l'article L. 111-1 du code minier, ne sont pas traités par la carte des aléas.

Les dénominations des lieux (lieux-dits, cours d'eau, bâtiments spécifiques, etc.) cités dans le rapport de présentation sont localisés sur les cartes de ce dossier. Il s'agit, soit des noms usuels tirés du cadastre, de la carte IGN, du plan de ville ou de noms d'usage local.

Chaque zone distinguée sur la carte des aléas est matérialisée par une limite et une couleur traduisant le degré d'aléa et la nature des phénomènes naturels intéressant la zone.

IV.2.1. Notion de « zone enveloppe »

L'évolution des phénomènes naturels est continue, la transition entre les divers degrés d'aléas est donc théoriquement linéaire. Lorsque les conditions naturelles (et notamment la topographie) n'imposent pas de variation particulière, les zones d'aléa fort, moyen et faible sont « emboîtées ». Il existe donc souvent, pour une zone d'aléa fort donnée, une zone d'aléa moyen et une zone d'aléa faible qui traduisent la décroissance de l'activité et/ou de la probabilité d'apparition du phénomène avec l'éloignement. Cette gradation théorique n'est pas toujours représentée, notamment du fait des contraintes d'échelle et de dessin. Pour les chutes de blocs, l'application de la note MEZAP2 peut se traduire par un passage de l'aléa fort à nul sans transition (Cf. IV.3.4).

IV.2.2. Le zonage de l'aléa

De nombreuses zones, dans lesquelles aucun phénomène actif n'a été décelé, sont décrites comme exposées à un aléa faible – voire moyen – de mouvements de terrain. Ce zonage traduit un contexte topographique ou géologique dans lequel une modification des conditions actuelles peut se traduire par l'apparition de phénomènes nouveaux. Ces modifications de la situation actuelle peuvent être très

variables tant par leur importance que par leurs origines. Les causes de modification les plus fréquemment rencontrées sont les terrassements, les rejets d'eau et les épisodes météorologiques exceptionnels.

Lorsque plusieurs aléas se superposent sur une zone donnée, seul l'aléa de degré le plus élevé est représenté sur la carte. En revanche, l'ensemble des lettres et indices décrivant les aléas sont portés.

Phénomènes	Aléa		
	Faible	Moyen	Fort
Crues torrentielles	T1	T2	T3
Ravinement et ruissellement sur versant	R1	R2	R3
Glissement de terrain	G1	G2	G3
Chutes de blocs	P1	P2	P3
Avalanche	A1	A2	A3

Tableau IV.1 : Récapitulatif des notations utilisées sur la carte des aléas

IV.3. Critères de qualification des aléas

IV.3.1. Aléa crue torrentielle (T)

IV.3.1.1. Grille et niveaux d'aléa

Grille d'aléa commune avec les phénomènes de ravinement et de ruissellement.

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

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zone où des bâtiments, même non renforcés, n'ont subi que des dommages mineurs (inondation des niveaux planchers et sous-sols... pas d'atteinte aux structures) ➤ Zone soumise à des pressions d'impact comprises entre 1 et 3 kPa, en cas de simulations.
--	--	---

IV.3.1.2. Scénario de référence

L'événement de référence torrentiel correspond soit à la crue centennale théorique, soit à la crue historique la plus forte si celle-ci est supérieure à la crue centennale théorique.

Quelques crues historiques ont déjà frappé le territoire de La Perrière. Leurs périodes de retour ne sont pas précisément déterminées. Elles seraient plutôt inférieures à cent ans. En conséquence, l'événement de référence à considérer pour chacun des cours d'eau de La Perrière est celui de période de retour centennale.

Les crues historiques connues ont été de type torrentielle, a priori sans formation de lave torrentielle. Seuls des phénomènes d'érosion accompagnés de transport solide (éléments rocheux) se sont manifestés en plus des débits liquides (débit solide inférieur au débit liquide). On précisera que la formation de lave torrentielle dans ce contexte montagneux n'est toutefois pas impossible, notamment en cas de glissement de terrain mobilisant des matériaux boueux jusqu'aux cours d'eau. De même des zones d'éboulis parcourues par de petites rivières constituent certains sommets de bassins versant. Ce type de configuration peut également être favorable à la formation d'écoulements très chargés en matériaux solides et favoriser des écoulements visqueux.

Seules deux valeurs de débits centennaux sont avancées par des études techniques pour les ruisseaux des Buts et du Nant-David. Elles sont respectivement de 1,1 m³/s et de 2,7 m³/s.

Une valeur de débit décennal est également disponible pour les ruisseaux du Nant de La Caille et de Praz-Juget (a priori, valeur déterminée à la confluence des deux ruisseaux). Elle est évaluée à 1,5 m³/s. Notons que ce débit décennal ne caractérise pas le phénomène de référence centennal retenue par la carte des aléas. La valeur de débit centennale n'est pas annoncée pour ces deux cours d'eau.

Les valeurs de débit disponibles dans la bibliographie sont anciennes. Elles ont été déterminées à partir de données pluviométriques qui peuvent avoir évoluées depuis. De plus des incertitudes demeure sur la délimitation des bassins versants. Ces valeurs sont donc uniquement indicatives. Pour une meilleure connaissance, elles seraient à ré-évaluer à partir de données pluviométriques actuelles et d'une topographie précise permettant d'identifier plus finement les bassins versants.

Aucune des études techniques disponibles ne définit le champ d'inondation des cours d'eau.

En l'absence de connaissance historique d'une crue centennale et à défaut d'une modélisation hydraulique la simulant, le champ d'inondation centennal est déterminé à dire d'expert en identifiant le lit majeur des cours d'eau, les zones de débordements et d'écoulements préférentielles possibles, les zones de dysfonctionnements possibles (embâcles notamment), etc. Cette approche naturaliste (ou méthode géomorphologique) consiste ainsi à analyser finement l'environnement dans lequel s'écoulent les ruisseaux, tout en tenant compte de leurs dynamiques d'écoulement, pour prévoir quel peut être leur comportement en condition de crue exceptionnelle. Le scénario d'une crue centennale est ainsi traduit cartographiquement sur la base d'un recueil d'indices de terrain et de leur interprétation.

IV.3.1.3. Classement de l'aléa de crue torrentielle

En règle générale, les lits mineurs des ruisseaux sont classés en **aléa fort (T3)** de crue torrentielle. Pour les cours d'eau étroits (jusqu'à environ 3 mètres de largeur maximum) l'aléa fort des lits mineurs est matérialisé selon des bandes de 10 mètres de largeur de part et d'autre des axes d'écoulement, soit 20 mètres au total. Cela concerne la plupart des cours d'eau de versant. Pour les cours d'eau plus larges, une bande de 10 mètres de large d'aléa fort est affichée sur chaque berge en plus de l'aléa fort du lit mineur. Cela concerne essentiellement le torrent du Doron de Bozel. Cette représentation permet de souligner la forte activité hydraulique qui peut se manifester sur les berges, en mettant en avant le risque d'érosion. Elle permet également de maintenir des bandes de libre accès le long des cours d'eau qui serviront, entre autres, aux éventuelles interventions d'entretiens hydrauliques.

Les zones de débordements sont classées en **aléa fort (T3)**, en **aléa moyen (T2)** et en **aléa faible (T1)** de crue torrentielle, selon les conditions d'écoulement des cours d'eau, en tenant compte de la superficie des bassins versants, du profil du terrain, des caractéristiques des lits mineurs et des terrains traversés, des ouvrages hydrauliques, des crues historiques (niveaux d'eau et d'engravement connus ou estimés), de la proximité ou de l'éloignement des points de débordement, des cheminements préférentiels, de l'étendue des champs d'inondation, etc.

L'**aléa fort (T3)** concerne plus particulièrement les quelques points de débordement du Doron de Bozel au-delà de la bande de 10 mètres des berges. Il est également affiché à la confluence des ruisseaux du Nant de La Caille et de Praz-Juget et au débouché du ruisseau du Nant-David à l'aval du hameau de Champetel, où les débordements peuvent se concentrer.

L'**aléa moyen (T2)** concerne plus généralement la proximité des lits mineurs et les secteurs favorisant une propagation des débordements (divagations préférentielles). Il traduit les zones où la probabilité de débordement est plus élevée et où l'essentiel des écoulements devrait transiter. Il est notamment présent :

- à La Tania le long des ruisseaux du Nant de La Caille et de Praz-Juget, ainsi que du ruisseau des Buts ;
- En bordure du hameau de Nouvaz du fait de divagations possibles du ruisseau des Buts auxquelles peuvent se mélanger des ruissellements ;
- en bordure du hameau de Villaflou et au franchissement de la RD 915 le long du ruisseau de Closetaz ;
- Le long et au débouché du ruisseau de la Ravine, en particulier sur la RD 915 près du lieu-dit du hameau de Pierre-Blanche ;
- au droit du hameau de Champetel, au niveau du franchissement du chemin de la Valette par le ruisseau du Nant-David.

L'**aléa faible (T1)** qualifie des zones de moindres divagations éloignées des points de débordement ou associés à de faibles bassins versants. Il est souvent présent en continuité de l'aléa moyen. Il qualifie également des secteurs où des débordements peuvent largement s'étaler, donc se laminer, mais sans que des cheminements préférentiels ne se dessinent précisément. Cela est notamment le cas :

- à La Tania pour les ruisseaux du Nant de La Caille, de Praz-Juget et des Buts qui peuvent divaguer de façon très aléatoire, en empruntant des rues qui peuvent redistribuer les débordements sur les terrains. Les multiples aménagements présents peuvent également influencer les passages d'eau en les rendant imprévisibles, du fait des obstacles qu'ils représentent.
- Au hameau de Champetel que le ruisseau du Nant-David peut atteindre s'il s'engage sur le chemin de la Valette. L'eau peut quitter ce chemin en tout point pour se déverser vers l'aval. Bien que quelques zones d'écoulements préférentiels se dessinent, la topographie montre qu'une large partie des terrains situés à l'aval du chemin peut être atteinte de façon plus ou moins diffuse par des écoulements ;

- Au niveau du lotissement de Gliglary où peut également déborder le ruisseau du Nant-David. Ce dernier peut divaguer de façon très imprévisible jusqu'à proximité du hameau des Chavonnes. La topographie peut ensuite permettre à ses débordements de franchir le versant des Chavonnes avec une certaine incertitude sur la possibilité ou non de voir l'eau emprunter la rue des Aghatines en direction du hameau des Chavonnes. Cette incertitude est couverte par un aléa de ruissellement qui souligne par ailleurs de possibles autres écoulements (ruissellements) produit par le versant des Chavonnes et des Fraîches.

IV.3.2. Aléa ravinement et ruissellement sur versant (R)

IV.3.2.1. Niveaux d'aléa

Grille d'aléa commune avec les phénomènes de crue torrentielle.

Aléa	Indice	Critères
Fort	R3	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lit mineur des cours d'eau ➤ Zone de débordement/coulée boueuse avec hauteur d'écoulement et/ou d'engravement > 1m ➤ Zone de débordement de lave torrentielle ➤ Zone de divagation du lit du torrent ➤ Zone d'érosion de berge ➤ Zone d'affouillement vertical > 1m ➤ Sédiments transportés de diamètre > 50 cm ➤ Transport de flottants de grande taille ➤ Zone où des bâtiments, même renforcés, peuvent subir une ruine par les façades ou par sapement des fondations ➤ Zone soumise à des pressions d'impact > 30 kPa, en cas de simulations numériques
Moyen	R2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zone de débordement/coulée boueuse avec hauteur d'écoulement et/ou d'engravement de 50 cm à 1m ➤ Zone d'affouillement vertical de 20 cm à 1m ➤ Sédiments transportés de diamètre compris entre 10 et 50 cm ➤ Transport de flottants de taille modérée ➤ Zone où des bâtiments renforcés n'ont subi que des dommages mineurs ➤ Zone soumise à des pressions d'impact comprises entre 30 et 3 kPa, en cas de simulations.
Faible	R1	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zone de débordement/coulée boueuse avec hauteur d'écoulement et/ou d'engravement < 50 cm ➤ Zone de ruissellement ➤ Zone d'affouillement vertical < 20 cm ➤ Sédiments transportés de diamètre < 10 cm (boue, graviers...) ➤ Transport de flottants de petite taille (feuilles, petits branchages...) ➤ Zone où des bâtiments, même non renforcés, n'ont subi que des dommages mineurs (inondation des niveaux planchers et sous-sols... pas d'atteinte aux structures) ➤ Zone soumise à des pressions d'impact comprises entre 1 et 3 kPa, en cas de simulations.

IV.3.2.2. Scénario de référence

Le scénario de référence correspond soit au phénomène centennale théorique (en termes de débit d'écoulement au même titre que les cours d'eau), soit au phénomène historique le plus fort si celui-ci est supérieure au phénomène centennal théorique.

Quelques cas historiques de ravinements / coulées de boue sont rapportés sur le territoire de La Perrière, notamment au niveau du hameau des Chavonnes. Ces phénomènes sont uniquement sommairement rapportés sans avoir été estimés en termes de période de retour. On ne peut donc pas savoir s'ils correspondent à des phénomènes centennaux, voire supérieurs. Leur importance semble toutefois avoir été suffisamment marquante pour qu'on en tienne compte et qu'on s'appuie dessus pour qualifier l'aléa de ravinement et de ruissellement.

De plus, la configuration générale du terrain et l'examen du Lidar montrent qu'il y a pu avoir d'autres phénomènes identiques en d'autres points du territoire, sans que ceux-ci n'aient été rapportés. Ces cas de figure rapportés pour certains, ou suspectés pour d'autres, permettent d'apprécier l'importance de ce type de phénomènes.

Globalement, le scénario de référence type retenu pour la caractérisation des phénomènes de ravinement et de ruissellement se rapproche de celui des crues torrentielles. Il consiste à identifier les axes principaux de concentration de ruissellement et à identifier les zones de divagations possibles en analysant la configuration du terrain.

L'une des particularités des axes de ravinements réside dans le fait que ces écoulements ne présentent parfois pas d'exutoire. Certains se perdent, ce qui représente une origine supplémentaire de divagations à prendre à compte.

Un autre aspect des ruissellements concerne les écoulements qui se forment et se propagent en dehors de tout axe de concentration. Ces derniers peuvent produire des lames d'eau plus ou moins diffuses et étendues, qui sont dictées par les points bas du terrain (talwegs plus ou moins marqués)

Enfin, des aménagements et des obstacles peuvent favoriser et / ou dévier des écoulements (par exemple pistes forestières, pistes de skis, terrassements divers, etc.). Cet aspect est pris en compte lorsqu'il peut être identifié.

IV.3.2.3. Classement de l'aléa de ravinement et de ruissellement sur versant

Les combes, les ravines et les fossés où peuvent se concentrer des écoulements sont classés en **aléa fort (R3)** de ravinement selon des bandes de 5 mètres de large de part et d'autre des axes d'écoulement, soit 10 mètres au total. Les bandes d'élargissement d'aléa fort sont moins larges que pour l'aléa torrentiel car il s'agit axes hydrauliques moins importants (plus petits bassins versants en général).

Les zones de débordements et de divagations de ces axes hydrauliques traduisent des écoulements théoriquement non concentrés. Elles sont classées en **aléa moyen (R2)** ou en **aléa faible (R1)** de ruissellement en fonction des hauteurs d'eau et d'engravement jugées possibles.

L'**aléa moyen (R2)** caractérise plutôt certains débouchés de combes ou de ravines où l'engravement peut être le plus important. Cela est notamment le cas au niveau des hameaux des Chavannes et de Pierre Blanche où des phénomènes de ravinements et de divagations de combes et de ravines se sont déjà manifestés. D'autres débouchés de combe sont également classés en **aléa moyen (R2)** de ravinement / ruissellement, comme au niveau du village de La Perrière et en bordure ouest de La Tania, bien qu'aucun phénomène historique ne soit rapporté. La configuration des lieux l'explique (axes d'écoulement sur terrains jugés potentiellement érodables et pouvant évoluer en ravine et / ou bassin versant important, etc.).

L'**aléa faible (R1)** est plus souvent présent pour qualifier les divagations de combes. Il est généralement affiché dans la continuité de l'aléa moyen et souligne ainsi une atténuation des divagations au fur et à mesure qu'on s'éloigne des points de débordements. Il est également présent à l'aval d'axes d'écoulement de moindre importance (plus petits bassins versants).

De même, l'**aléa faible (R1)** souligne des zones de ruissellement de plus faible importance sans réel risque de concentration (talwegs plus ou moins marqués, points bas du terrain, convergence d'écoulements en tête de combe, etc.).

Parmi les zones ainsi concernées par de l'**aléa faible (R1)** de ruissellement, on indiquera :

- le cœur de la station de La Tania qui peut recevoir divers ruissellements du versant du Grand-Bois, dont certains qui peuvent être déviés par les pistes de ski de Plan-Fontaine et des Folyères ;
- Le village de La Perrière au niveau duquel plusieurs axes de ruissellement peuvent converger sous la forme d'une lame d'eau plus ou moins diffuse ;
- les hameaux de Pierre-Blanche, de Vignotan, de Champetel et des Chavannes concernés par plusieurs combes, ravines et zones de ruissellements qui peuvent se propager jusqu'à eux, puis se diffuser aléatoirement sous une forme quasiment généralisée (pas d'axe d'écoulement clairement matérialisé).

Enfin, on attirera l'attention sur le fait que des phénomènes de ruissellements généralisés de plus faible ampleur ou de fines lames d'eau stagnantes peuvent se développer en situation météorologique exceptionnelle, notamment en fonction des types d'occupation et d'utilisation des sols (pratiques culturelles, déboisement, dévégétalisation, terrassements, remblaiements, etc.). La quasi-totalité du territoire est concernée par ce type d'écoulements, sans qu'on puisse en définir les contours, car ils sont également le fait d'une micro-topographie imperceptible. La prise en compte de cet aspect nécessite des mesures de « bon sens » au moment de la construction, notamment en ce qui concerne les ouvertures et les accès. Cet aspect des ruissellements n'est pas représenté sur la carte des aléas.

IV.3.3. Aléa glissement de terrain (G)

IV.3.3.1. Niveaux d'aléa

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

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zone de glissement de terrain potentiel du fait d'une lithologie rencontrée sur des glissements actifs, mais peu probable en l'absence de circulations d'eau superficielles et d'une pente suffisante. Des terrassements sans précaution ou des injections d'eau peuvent entraîner des désordres localisés. ➤ Zone où seuls les bâtiments les plus vieux et les plus vulnérables ont pour certains subi des dommages mineurs restant compatibles avec leur usage sur le long terme.
--	--	--

IV.3.3.2. Scénario de référence

Au moins deux glissements de terrain de grande ampleur, affectant plusieurs milliers de mètres carrés pour l'un et quelques hectares pour l'autre, sont répertoriés entre la station de La Tania et la limite communale avec les Allues (secteurs de La Tania-Ouest et de La Dornière). Plusieurs autres phénomènes de superficie moins étendue, mais tout autant actifs, se sont également manifestés en divers points du territoire de La Perrière, dont certains qui continuent d'évoluer.

Tous les glissements de terrain actifs identifiés affectent soit la couverture morainique (matériaux à tendance argilo-caillouteuse sans cohésion), qui est présente sur une très large majorité du territoire de La Perrière (généralement en dessous de 1900 / 2000 mètres d'altitude), soit la frange d'altération du substratum houiller (shistes noirs).

Les terrains situés au dessus de 2000 mètres d'altitude semblent beaucoup moins sujets aux instabilités de terrain (couverture morainique généralement absente). On a souvent affaire à des terrains composés d'éboulis qui présentent une frange d'altération superficielle peu épaisse, qui ce qui les rend naturellement plus stables.

Les glissements de terrain connus affectent des pentes très variables. Certains se développent sur des pentes fortes comme à l'aval du hameau de Villarnard (versant de la Foyère) et au niveau de La Dornière (limite communale des Allues). D'autres se manifestent sur des pentes extrêmement faibles comme celui qui affecte la résidence Saboïa à l'ouest de La Tania. La présence d'eau souterraine joue un rôle probablement très important dans le cas des glissements de terrain sur faible pente (élément déclencheur du phénomène). Elle sature le terrain ce qui affaiblit sa résistance au cisaillement. Des plans de glissement apparaissent ainsi.

Ce constat montre que peu de terrains échappent au risque de glissement de terrain dès lors qu'une pente se dessine. Il convient donc d'être vigilant face à ce type de phénomène. En effet, une majorité du territoire présente une couverture meuble de surface plus ou moins épaisse et argileuse et une activité hydrogéologique se manifeste potentiellement de partout. Des conditions favorables aux glissements de terrains sont ainsi réunies sur une large partie du territoire de La Perrière.

IV.3.3.3. Classement de l'aléa de glissement de terrain

Les zones de glissements de terrain actifs recensées sur le territoire de La Perrière sont classées en **aléa fort (G3)** de glissement de terrain. Il s'agit pour certains de phénomènes anciens qui peuvent se réactiver et pour d'autres de phénomènes toujours actifs. Ces mouvements de terrain actifs nous renseignent sur le comportement géotechnique des terrains de la région et nous permettent de disposer de phénomènes de référence pour qualifier les autres terrains du territoire. Ainsi à conditions géomorphologiques et géologiques égales ou proches, d'autres secteurs du territoire peuvent être confrontés aux mêmes problèmes d'instabilités de terrain.

De nombreux secteurs qui ne sont actuellement pas touchés par des phénomènes actifs sont ainsi considérés comme étant potentiellement exposés aux glissements de terrain, car présentant des caractéristiques propices à leur survenance. Il en est de même pour des terrains pour lesquels nous ne disposons pas de phénomène de référence, mais qui apparaissent par nature plus ou moins sensibles au phénomène du fait de leur constitution géologique et de la topographie (secteur sommital du territoire

par exemple). Ces secteurs sont dans leur globalité traduits en **aléa moyen (G2)** et en **aléa faible (G1)** de glissement de terrain.

L'environnement proche des zones d'aléa fort et les secteurs qui leur sont géomorphologiquement identiques sont ainsi préférentiellement traduits en **aléa moyen (G2)** de glissement de terrain. Cela concerne généralement les pentes les plus fortes du territoire. Des terrains plus modérément pentus peuvent l'être également selon les phénomènes de référence retenus (proximité de la résidence du Saboïa à l'ouest de La Tania par exemple).

On attirera l'attention sur le cas du remblai déposé sur la piste de ski à l'amont de la résidence Moretta. Ce dernier est classé en **aléa moyen (G2)** de glissement. Il ne montrait pas de signe d'instabilité lors de notre visite. Mais la surcharge qu'il représente sur le terrain qui l'accueille peut en déclencher, ce qui justifie son classement. En cas de mouvement de terrain des volumes de matériaux importants peuvent être mobilisés et venir recouvrir les terrains situés à l'aval, ce qui explique l'**aléa moyen (G2)** de glissement de terrain qui s'étend largement à l'aval sur l'emprise de la résidence Moretta.

L'**aléa faible (G1)** de glissement de terrain enveloppe généralement l'aléa moyen par l'amont (convention graphique), dans un principe de dégressivité de l'aléa. Plus généralement, il qualifie des terrains d'apparence saine en l'état, sans signe avéré d'instabilité, donc plutôt naturellement stables. Ces secteurs sont toutefois considérés mécaniquement sensibles aux mouvements de terrain, du fait de leur nature et/ou de la pente du terrain, en particulier en cas de survenance de conditions exceptionnelles (météorologie très dégradée par exemple) et / ou en cas d'aménagement risquant de modifier leur état d'équilibre. Ils demandent donc une attention particulière, ce que permettra l'affichage d'**aléa faible (G1)** de glissement de terrain.

On ajoutera que l'aléa de glissement de terrain est systématiquement représenté en débordant de l'emprise des terrains réellement exposés aux instabilités, pour tenir compte des mécanismes de régressions à l'amont et de recouvrements à l'aval en cas de survenance du phénomène. Ce principe d'affichage explique la raison pour laquelle l'aléa de glissement de terrain peut s'étendre sur des zones planes à l'amont et à l'aval des versants qu'il qualifie.

IV.3.4. Aléa chute de blocs et éboulement (P)

La version 2022 du guide MEZAP (**MEthode de Zonage de l'Aléa chutes de Pierres**) établit la méthodologie à appliquer pour qualifier l'aléa de chute de blocs dans le cadre d'une cartographie des risques naturels. Elle est appliquée dans la présente étude.

L'aléa de référence prend en compte le plus fort événement historique connu sur le site étudié, ou sur un secteur similaire transposable à la zone d'étude (sur les plans géologique, structural et géomorphologique). S'il n'y a pas de phénomène historique connu, ou lorsque les phénomènes historiques connus sont jugés insuffisants (phénomènes supérieurs fortement possibles), le plus fort des événements résultant de scénarios jugés possibles au cours des cent prochaines années est retenu.

Le développement des phénomènes de chutes de pierres et/ou de blocs résulte de la présence de zones de départ potentielles (falaises, affleurements rocheux, blocs dispersés sur les versants) qui constituent le point d'origine du phénomène. Des scénarios de référence sont définis par zone de départ homogène (en termes d'orientation, d'état d'altération, de fracturation, etc.) pour établir l'aléa, en tenant compte des aspects suivants :

- ordre de grandeur des volumes rocheux pouvant se détacher ;
- régression éventuelle en amont de la zone de départ ;
- ordre de grandeur de la dénivellation entre zone de départ et zone d'arrêt potentielle ;
- estimation de la fréquence des chutes de blocs ;
- possibilité de chutes de blocs par paquets fracturables ou non et, si oui, importance des paquets et taille des blocs après fracturation.

En plus de la prise en compte des phénomènes historiques (lorsqu'il en existe), la définition et le choix final des scénarios de référence s'appuient donc sur des indices relevés sur le terrain, notamment au niveau des zones de départ, des zones de propagation et des zones d'arrêt possible.

Les ouvrages de protection de type merlon pare-blocs peuvent être pris en compte, car on considère qu'ils modifient durablement la topographie. Ils peuvent donc être retenus dans la qualification de l'aléa, sous réserve qu'ils soient correctement dimensionnés pour le scénario de référence et gérés par un maître d'ouvrage public administrativement et financièrement pérenne.

A l'inverse, des ouvrages tels que les filets pare-blocs ne peuvent pas être pris en compte pour la cartographie de l'aléa, car il s'agit de dispositifs voués à se coucher en cas d'interception d'une chute de blocs (effet fusible). Ils s'effacent donc temporairement le temps d'être rétablis, ce qui interrompt la protection.

IV.3.4.1. Méthodologie MEZAP – étapes pour la détermination de l'aléa

La méthodologie MEZAP (également appelée méthode des lignes d'énergie) consiste à déterminer plusieurs paramètres pour établir l'aléa de chute de blocs :

- identification des zones de départ et détermination de l'activité de celles-ci (détermination de la fréquence des chutes de blocs sur un site donné),
- détermination d'une probabilité de propagation,
- détermination de la probabilité d'atteinte d'un point donné par un bloc, à partir de l'activité des zones de départ et de la probabilité de propagation précédemment établies ;
- estimation de l'intensité du phénomène (volume des blocs).

Une approche de terrain à dire d'expert complète la mise en œuvre de la méthodologie MEZAP, ce qui permet de personnaliser au mieux chacun des paramètres pris en compte et de confronter et adapter le diagnostic MEZAP à la réalité du terrain.

IV.3.4.1.1. Identification des zones de départ

L'identification des zones de départ permet de déterminer l'emprise des secteurs potentiellement productifs de blocs et de connaître leur niveau d'activité en recherchant tout indice d'événement passé et tout signe de fragilisation des falaises. Il est déduit de cette analyse un indice d'activité par zone homogène, qualifié selon le tableau ci-dessous.

Tableau IV.2 : définition de l'indice d'activité.

Indice d'activité par zone d'homogène	Description (pour un linéaire de 100 m de zone de départ)	Probabilité de départ annuelle
Faible	<i>De l'ordre d'un bloc correspondant à l'aléa de référence tous les 100 ans</i>	10^{-2}
Moyen	<i>De l'ordre d'un bloc correspondant à l'aléa de référence tous les 10 ans</i>	10^{-1}
Fort	<i>De l'ordre d'un bloc correspondant à l'aléa de référence tous les ans</i>	1

IV.3.4.1.2. Probabilité de propagation

La probabilité de propagation vue par la méthodologie MEZAP consiste à mesurer l'angle formé entre l'horizontale et la ligne reliant la zone de départ d'un bloc et son point d'arrêt à l'aval, lorsqu'on dispose d'un événement de référence. Cette valeur, appelée angle de ligne d'énergie, est ensuite reportée sur d'autres sites identiques à celui ayant servi de référence, pour évaluer les zones d'arrêt des blocs sur ces autres sites.

En l'absence de phénomène de référence, cette valeur d'angle est puisée dans une base de données alimentée régulièrement et spécifiquement pour la méthodologie MEZAP, en retenant une valeur issue d'un profil de versant le plus proche possible de celui étudié.

Il est déduit de cette analyse une probabilité de propagation qualifiée selon le tableau ci-dessous.

Figure IV.1: principe de la ligne d'énergie (angle d'atteinte β).

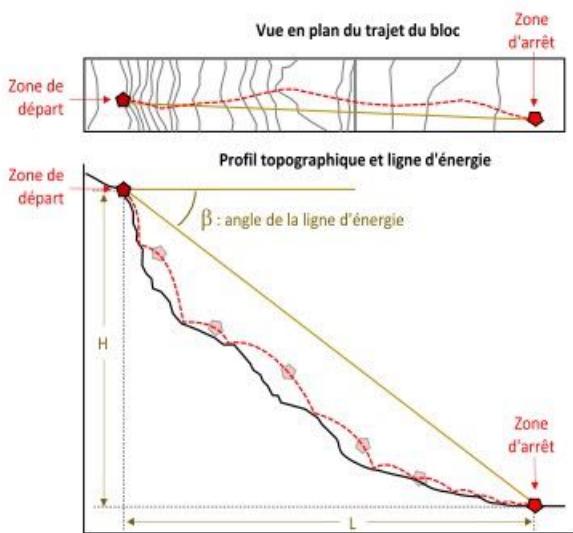


Tableau IV.3 : qualification de la probabilité de propagation.

Qualification de la propagation	Quantification
Extrêmement forte	$> 10^{-2}$
Très forte	$10^{-3} \text{ à } 10^{-2}$
Fort	$10^{-4} \text{ à } 10^{-3}$
Moyen	$10^{-5} \text{ à } 10^{-4}$
Faible	$10^{-6} \text{ à } 10^{-5}$
Très faible	$< 10^{-6}$

En règle générale, la zone d'arrêt déterminée à partir de l'application d'un angle de ligne d'énergie est qualifiée d'une probabilité de propagation forte à très forte.

IV.3.4.1.3. Probabilité d'atteinte

Le croisement des deux notions précédentes (indice d'activité et probabilité de propagation) permet de définir la probabilité d'atteinte d'une zone par un bloc. La probabilité d'atteinte est déclinée selon le tableau suivant.

Tableau IV.4 : détermination des classes de probabilité d'atteinte.

		Probabilité de propagation					
		Très faible 10^{-6}	Faible 10^{-5}	Moyenne 10^{-4}	Forte 10^{-3}	Très forte 10^{-2}	Extrêmement forte
Probabilité de départ (indice d'activité)	Faible (1 / 100 ans) 10^{-2}	Très faible			Faible	Moyenne	Forte
	Moyen (1 / 10 ans) 10^{-1}	Très faible		Faible	Moyenne	Forte	Très forte
	Fort (1 / an) 1	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte	Très forte

IV.3.4.1.4. Intensité du phénomène

L'intensité du phénomène dépend théoriquement de l'énergie cinétique des blocs (c'est-à-dire de leur masse et de leur vitesse). Cette grandeur ne peut pas être estimée facilement sans recourir à des modélisations trajectographiques. À défaut, on évalue l'intensité d'un phénomène à partir du volume des blocs pouvant être mobilisés au cours du déroulement du scénario de référence, tout en établissant un lien avec les dégâts qui pourraient être infligés au bâti. À chaque zone de départ est ainsi associé un indice d'intensité déterminé en fonction du contexte régnant.

Le volume des blocs mobilisables est estimé selon plusieurs approches. L'une consiste à se baser sur les volumes des plus gros blocs éboulés déjà observés et à retenir cette hypothèse si de nouveaux événements similaires sont jugés possibles. En l'absence de blocs de référence observables sur un secteur précis, ou de phénomène historique connu, l'intensité peut être fixée en se basant sur d'autres sites connus de configuration similaire et pour lesquels des blocs éboulés sont répertoriés (zones de départ identique, lithologie, fracturation). Enfin, en complément, une observation détaillée des affleurements rocheux et des falaises permet de constater le degré de fissuration de la roche en place et d'en déduire la taille des blocs pouvant se détacher, sachant que la fissuration pré-existante représente un pré-découpage propice et préférentiel à la libération d'éléments rocheux.

La méthodologie MEZAP retient les classes d'intensité suivantes.

Tableau IV.5 : détermination des classes d'intensité.

Indice d'intensité	Description	Indications sur les dommages
Très faible	Le volume unitaire pouvant se propager est inférieur ou égal à 0,05 m ³	Peu ou pas de dommage au gros œuvre. Dommage aux éléments décoratifs.
Faible	Le volume unitaire pouvant se propager est supérieur à 0,05 m ³ mais inférieur ou égal à 0,25 m ³	Peu de dommage au gros œuvre. Fissuration.
Moyen	Le volume unitaire pouvant se propager est supérieur ou égal à 0,25 m ³ mais inférieur ou égal à 1 m ³	Dommage au gros œuvre sans ruine. Intégrité structurelle sollicitée partiellement.
Fort	Le volume unitaire pouvant se propager est supérieur à 1 m ³ mais inférieur ou égal à 10 m ³	Dommage important au gros œuvre. Ruine probable. Intégrité structurelle remise en cause.
Très fort	Le volume unitaire pouvant se propager dépasse 10 m ³	Destruction du gros œuvre. Ruine certaine. Perte de toute intégrité structurelle.

Le tableau ci-dessus montre qu'une forte d'intensité est franchie dès que le volume des blocs atteint 1 m³. Ce seuil volumique unitaire correspond à des conditions relativement courantes pour ce type de phénomène. Il peut être largement dépassé au niveau des falaises de La Perrière si l'on tient compte des phénomènes historiques du Piton de La Becca et si l'on juge l'état des autres falaises le type de blocs présents sur leurs éboulis.

Le niveau d'énergie du phénomène ne varie quasiment pas jusqu'à l'arrêt des blocs si ces derniers restent entiers sans se fragmenter. Il décroît que dans la phase d'arrêt des blocs, sur une très courte distance lorsque leur vitesse diminue puis s'annule (dissipation de l'énergie des blocs sur une courte distance d'arrêt). Les blocs tendent ainsi à conserver leur énergie de départ jusqu'à leur zone d'arrêt. Le paramètre intensité du phénomène est donc considéré constant sur toute la trajectoire des blocs.

IV.3.4.1.5. Qualification du niveau d'aléa

La qualification de l'aléa de chute de blocs est obtenue par le croisement de la probabilité d'atteinte d'un point donné par un bloc avec l'intensité du phénomène, selon le tableau suivant.

Tableau IV.6 : qualification de l'aléa de chute de blocs en fonction de la probabilité d'atteinte et de l'intensité (application de la méthodologie MEZAP).

		Indice d'intensité				
		$V < 0,05 \text{ m}^3$	$V < 0,25 \text{ m}^3$	$0,25 < V < 1 \text{ m}^3$	$1 < V < 10 \text{ m}^3$	$V > 10 \text{ m}^3$
		Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très fort
Probabilité d'atteinte	Très faible 10^{-6}	Nul à négligeable	Nul à négligeable	Nul à négligeable	Nul à négligeable	Nul à négligeable
	Faible 10^{-5}	Faible	Faible	Moyen	Fort	Fort
	Moyenne 10^{-4}	Faible	Faible	Moyen	Fort	Fort
	Forte 10^{-3}	Faible	Moyen	Fort	Fort	Très fort
	Très forte	Moyen	Fort	Fort	Très fort	Très fort

A cette grille d'aléa est ajouté le cas de figure des ouvrages de protection jugés efficaces. Les secteurs fiablement protégés par des ouvrages de protection pouvant être pris en compte voient leur niveau d'aléa fort (P3) se transformer en niveau d'aléa résiduel (P0). Cet affichage symbolique permet de définir l'emprise de la zone protégée tout en maintenant la trace de l'aléa originel. Il peut également permettre d'imposer des mesures de protection complémentaires au dispositif de protection principal collectif.

IV.3.4.2. Scénario de référence

Plusieurs cas de figure de chutes de blocs se présentent sur le territoire de La Perrière.

- **Chutes de blocs produites par des falaises et affleurements rocheux.**

Ce cas de figure concerne essentiellement les falaises des versants du Rocher de La Loze, des Lanches et de La Becca. L'analyse de ces sites a conduit à déterminer des angles de ligne d'énergie moyen qui sont de 35° à 40° pour le Rocher de La Loze, 35° pour les Lanches et 32° pour La Becca. Pour les deux premiers secteurs, les angles de ligne d'énergie ont été établis en observant les éboulis à partir de photos aériennes et par rapprochement avec des cas de figure identiques déjà rencontrés sur des sites semblables (pas de signalement d'événement historique marquant et caractéristiques sur ces deux secteurs). Le secteur de La Becca a fait l'objet de la même approche avec, en plus, une inspection de terrain poussée pour analyser les trajectoires et les propagations de blocs possibles. Cette analyse plus fine s'est également intéressée aux deux merlons pare-blocs présents à l'amont du village de La Perrière. Elle a conduit à une conclusion relativement proche de celle des études CETE des années 1990, à savoir une propagation des blocs possible jusqu'à la RD 915.

Il convient de rappeler que pour le site de La Becca, les phénomènes historiques de chutes de blocs ne reflètent pas le scénario de référence envisageable. En effet, le bloc s'étant propagé le plus à l'aval présente un angle de ligne d'énergie d'environ 40° , ce qui est une valeur non représentative des phénomènes possibles sur ce type de profil de versant (valeur d'angle trop élevée qui devrait être plus faible).

Nous ne disposons pas suffisamment de témoignages historiques pour juger précisément l'activité des falaises. Seuls deux éboulements survenus au même endroit de la falaise de La Becca sont connus à 25 ans d'intervalle (1975 et 1999). L'aspect découpé des falaises et l'état de fissuration de la roche en général laissent toutefois penser que des chutes de blocs peuvent se produire relativement souvent en tous points des trois sites de falaises, mais sans forcément se reproduire au même endroit. Par défaut, il est considéré que l'activité des falaises est potentiellement moyenne à forte.

Le volume des blocs peut être supérieur à 1 m^3 pour les trois secteurs, avec même des éléments rocheux pouvant atteindre quelques dizaines de mètres cubes au niveau du site de La Becca d'après les phénomènes historiques rapportés.

Le scénario de référence retenu pour ces trois secteurs de falaise tient compte des valeurs d'angles de ligne d'énergie indiquées ci-dessus, d'un volume de blocs supérieur à 1 m³ et d'une activité par défaut moyenne à forte.

- **Remise en mouvement de blocs erratiques** présents au sein des dépôts morainiques et reposant à la surface du terrain.

Les remises en mouvement de blocs erratiques passent généralement inaperçues car elles se produisent en zone naturelle boisée. De plus il s'agit de phénomènes isolés et peu fréquents. Les blocs se mettent en mouvement à partir de la surface du sol. Ils n'acquièrent pas la même énergie que ceux qui se détachent des falaises dominant des versants (pas d'effet de chute libre permettant l'acquisition d'une forte énergie). Ils sont rapidement confrontés à des obstacles qui peuvent les freiner et les arrêter rapidement. Il est considéré que ces blocs ont peu de chance de connaître de longues trajectoires dès lors que la pente des versants qu'ils dévalent s'adoucit.

La taille des blocs erratiques est variable. Ils sont généralement beaucoup moins volumineux que ceux issus des falaises, comme on peut le constater.

Bien que certains blocs puissent avoisiner 1 m³, le scénario retenu pour les chutes de blocs erratiques prend en compte des éléments rocheux ne dépassant pas 1 m³ et reposant sur des pentes supérieures à 30 ou 35° (pente qui leur permettrait de se mettre en mouvement).

IV.3.4.3. Classement de l'aléa de chute de blocs

Le classement de l'aléa de chutes de blocs suit les étapes décrites précédemment.

- **Chutes de blocs produites par des falaises et affleurements rocheux** :

Le volume des blocs mobilisables sont considérés toujours supérieurs à 1 m³ pour les falaises du Rocher de La Loze, des Lanches et de La Becca, voire même supérieur à 10 m³ au niveau de celle de La Becca comme cela a été constaté lors de plusieurs phénomènes historiques. Ces volumes de blocs impliquent une **intensité forte à très forte** conformément au Tableau IV.5 du § IV.3.4.1.4 précédent.

Les angles de ligne d'énergie retenus pour les trois sites de falaises (35° à 40° pour le Rocher de La Loze, 35° pour les Lanches et 32° pour La Becca) permettent de déterminer des zones potentiellement exposées aux propagations des blocs. Ces zones sont qualifiées d'une **probabilité de propagation forte à très forte** conformément au Tableau IV.3 du § IV.3.4.1.2.

Les périodes de temps pouvant s'écouler entre deux phénomènes de chutes de blocs survenant au même endroit restent imprécises. Par défaut un **indice d'activité moyen à fort** est retenu conformément au Tableau IV.2 du § IV.3.4.1.1.

Les probabilités de propagation fortes à très fortes et les indices d'activité moyens à forts retenus conduisent à déterminer des **probabilités d'atteintes fortes à très fortes** pour les trois sites de falaises, conformément au Tableau IV.4 du § IV.3.4.1.3.

Conformément au Tableau IV.6 du § IV.3.4.1.5 le croisement des probabilités d'atteintes et des indices d'intensité déterminés ci-dessus conduit à définir pour les trois sites de falaises un niveau d'**aléa fort à très fort** tout deux indicés (P3). Pour des raisons de simplifications, ces deux niveaux d'aléa ont été regroupés sous un **unique aléa fort (P3)** de chute de blocs.

Deux merlons pare-blocs sont présents à l'amont du village de La Perrière. Ils protègent ce dernier des chutes de blocs produites par la falaise de La Becca. Ces deux merlons ont été jugés plutôt efficaces face au risque pour lequel ils ont été conçus (voir § III.3.4 et § III.3.4.2.2). Il est considéré qu'ils jouent un rôle sur l'aléa de chute de blocs en agissant sur les trajectoires des blocs (arrêt des blocs). Deux zonages d'aléa sont établis à leur niveau :

- un zonage d'aléa de chute de blocs ne tenant pas compte de leur présence. Cela permet d'afficher la trace initiale de l'aléa sans ouvrages de protection et de montrer le rôle important de ces derniers pour la protection du village de La Perrière. Ce zonage d'aléa « sans ouvrages de protection » est également un moyen d'obliger à maintenir en état de fonctionnement les ouvrages de fonctionnement en leur apportant un entretien adéquat. Le zonage aléa « sans ouvrage de protection » se traduit par l'affichage d'un **aléa fort (P3)** de chute de blocs jusqu'à la RD 915.
- Un zonage d'aléa de chute de blocs tenant compte de l'existence des deux merlons jugés efficaces et appropriés à la situation. Cette prise en compte permet de constater l'emprise de la zone protégée par les ouvrages. Comme pour le zonage « sans ouvrage » elle démontre également l'importance des ouvrages et de leur maintien en état de bon fonctionnement. Le zonage aléa « avec ouvrages » se traduit par un arrêt de l'aléa fort (P3) de chute de blocs contre les merlons et un affichage d'**aléa dit résiduel (P0)** à l'aval des ouvrages sur l'emprise de la zone protégée. En cas de non entretien et de dégradation des ouvrages, cet aléa résiduel (P0) de chute de blocs devra être impérativement rebasculé en aléa fort (P3) de chute blocs avec les fortes contraintes réglementaires que ce niveau d'aléa impose.

• **Remise en mouvement de blocs erratiques :**

Une classe d'intensité moyenne est retenue avec des blocs compris entre $0,25 \text{ m}^3$ et 1 m^3 (Tableau IV.5 du § IV.3.4.1.4 précédent).

Les probabilités de départ et de propagation sont jugées faibles à moyennes en tous points, ce qui implique une probabilité d'atteinte moyenne en tous points conformément au Tableau IV.4 du § IV.3.4.1.3.

Conformément au Tableau IV.6 du § IV.3.4.1.5 le croisement des probabilités d'atteintes et de l'indice d'intensité retenus conduit à définir un niveau d'**aléa moyen (P2)** de chutes de blocs pour qualifier les phénomènes liés à la présence de blocs erratiques.

IV.3.5. Affaissement/effondrement (F)

Pour rappel, l'activité minière qui s'est déroulée sur le territoire de La Perrière n'est pas prise en compte au titre des risques naturels. Il convient de se référer aux documents relatifs à l'affichage du risque minier pour sa prise en compte.

Aucun phénomène d'effondrement ou d'affaissement notable d'origine naturelle n'a été remarqué, ni signalé. L'aléa affaissement / effondrement n'est ainsi pas représenté sur le territoire de La Perrière.

IV.3.6. Avalanche (A)

IV.3.6.1. Niveaux d'aléa

Aléa	Indice	Critères
Fort	A3	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 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 soumise à des pressions d'impact $> 30 \text{ kPa}$, en cas de simulations numériques
Moyen	A2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fin de zone d'arrêt des avalanches coulantes/mixtes de neige sèche, avec des dépôts peu denses et peu épais ($< 2 \text{ m}$) ➤ Zone d'écoulement et d'arrêt de coulées de neige diffuses et non canalisées

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ 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.
Faible	A1	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 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 (vitrages cassés, tuiles ou lauzes déplacées, plâtrage...) ➤ Zone soumise à des pressions d'impact comprises entre 1 et 3 kPa, en cas de simulations.

IV.3.6.2. Scénarios de référence

Des phénomènes avalancheux sont possibles en zone d'altitude sur les versants du Rocher de La Loze et du Sommet des Lanches. L'exposition nord de ces versants permet des conditions de neige froide et poudreuse sur de longues périodes.

Leur exposition au vent permet également au manteau neigeux de se transformer en surface avec la formation de plaques de neige dure plus ou moins épaisses.

Enfin, bien que l'altitude soit supérieure à 2000 mètres, des périodes de redoux plus ou moins longues peuvent s'installer et humidifier fortement la neige. Cette transformation du manteau neigeux est plus marquée en fin d'hiver lorsque les températures se réchauffent, notamment durant la journée.

Toutes conditions de neige peuvent être ainsi rencontrées avec comme conséquence la possibilité de voir se développer divers types d'avalanches selon les accumulations neigeuses et les conditions météorologiques.

Pour chaque site avalancheux, on retiendra donc comme scénario de référence la survenance d'avalanche de neige poudreuse en excluant pas des aérosols, le déclenchement de plaques à vent et des avalanches coulantes de neige humide.

Les zones avalancheuses définies par la CLPA semblent dans l'ensemble cohérentes par rapport à la réalité du terrain. Le zonage de la CLPA est retenu comme étant le document d'information référent pour les avalanches. Il est intégré à la carte des aléas en ajustant quelques contours à l'extrémité de certaines langues d'avalanche définies sous la forme de flèches.

IV.3.6.3. Classement de l'aléa d'avalanches

Il n'existe pas de réel suivi des avalanches. Seul un couloir d'avalanche du versant des Lanches a fait l'objet d'observations et de relevés d'événement par l'EPA jusqu'en 1988. Neuf avalanches ont été inventoriée à son niveau en 50 ans.

On ne dispose pas d'information sur la fréquence des avalanches sur le reste des zones exposées au phénomène. Les couloirs et les fortes pentes visibles sur les versants du Rocher de La Loze et des Lanches, notamment au niveau des zones de falaises, montrent que des avalanches peuvent se former relativement souvent, dès lors que de nouvelles chutes de neige conséquentes s'abattent. La fréquence des phénomènes est ainsi considérée comme plutôt élevée.

Quelques zones d'apparence beaucoup moins exposée se remarquent à l'est des falaises des Lanches. La pente est beaucoup moins forte. Elle est souvent proche de 30°. Elle peut parfois avoisiner 35° ou légèrement plus, mais on a alors affaire à des talus ou des petits ressauts de versant de faible extension. Le risque d'avalanche y apparaît beaucoup moins fréquent et moins conséquent.

Concernant les accumulations de neige, l'altitude permet des cumuls importants sur l'hiver avec des épisodes exceptionnels pouvant livrer des couches de neige fraîche de plusieurs décimètres, voire atteindre 1 mètre.

Partant de cette analyse, un **aléa fort (A3)** d'avalanche est déterminé sur les pentes fortes des versants nord du Rocher de La Loze et des Lanches.

Le niveau d'**aléa** est plutôt jugé **moyen (A2)** à l'est du versant des Lanches où la topographie est moins marquée.

V. Conclusion

La commune déléguée de La Perrière est très impactée par la manifestation de phénomènes naturels. Les phénomènes de glissements de terrain, de chutes de blocs, de crues torrentielles et de ravinement / ruissellements sont les plus représentés. Les phénomènes avalancheux sont moins présents. Ils se rencontrent en altitude au sommet du domaine skiable où ils concernent des zones naturelles dont certaines parties peuvent être skier en hors piste.

L'aléa de glissement de terrain est quasiment omniprésent. Il concerne la totalité du territoire. L'aléa de chute de blocs l'est un peu moins. Il est présent sur quelques pentes fortes où reposent des blocs erratiques et surtout au niveau de trois falaises dont l'une menace le village de La Perrière (falaise de La Becca).

Les aléas hydrauliques (crue torrentielle et ravinement / ruissellement) touchent plusieurs secteurs de La Perrière, en impactant des enjeux bâtis. Plusieurs zones inondables sont en effet identifiées à La Tania, et en fond de la vallée du Doron de Bozel, dont au niveau du village de La Perrière et des hameaux de Pierre-Blanche, Champetel, Vignotant, Les Chavonnes.

La présence d'aléas naturels nécessite de les prendre en compte dans le document d'urbanisme de la commune. Pour cela on respectera la grille de croisement Aléas / Enjeux établie par la DDT 73 pour l'établissement des PLU. Cette grille de croisement définit la traduction réglementaire à appliquer pour chaque type de phénomène en fonction de leur niveau d'importance et des enjeux présents. Ces règles de traduction sont jointes dans l'annexe VII.3 page 93.

Face aux risques naturels identifiés, des mesures s'imposent pour se protéger. Ces mesures peuvent reprendre celles dictées par le règlement type des PPRN de la Savoie que la DDT 73, sachant que dans le cadre d'un règlement de PLU seuls des mesures d'urbanisme peuvent être imposées. Les mesures de nature constructive ne peuvent pas être imposées par le règlement du PLU.

Le règlement type des PPRN de Savoie n'est pas joint à la carte des aléas. Il repris et adapté pour la carte des aléas dans le cadre de l'élaboration du PLU de Courchevel sous la forme d'un cahier de prescriptions spéciales (voir document annexe).

Quelques recommandations essentielles peuvent être données. Elles figurent pour la plupart dans le cahier de prescriptions spéciales. Elles concernent des mesures d'urbanisme et des mesures constructives (bien que ces dernières ne puissent pas être imposées par le PLU). Il s'agit alors de conseils que nous encourageons à respecter.

- **Glissement de terrain :**

L'aléa fort doit rester inconstructible.

Bien que la doctrine en vigueur sur le département de Savoie permette les installations en zone d'aléa moyen de glissement de terrain, il est préférable d'éviter ces zones si on a la possibilité de déplacer son projet en zone d'aléa faible.

En cas de construction dans des secteurs concernés par un aléa quelconque de glissement de terrain, la réalisation d'une étude géotechnique préalable est vivement conseillée, afin d'adapter les projets au contexte géologique local.

Une attention particulière doit être portée aux terrassements, notamment au niveau des pentes des talus, des décaissements de terrains inconsidérés pouvant être la cause de déstabilisations importantes des versants.

De même, en zone d'aléa de glissement de terrain (quel que soit le niveau d'aléa), il est fortement recommandé d'assurer une parfaite maîtrise des rejets d'eaux (pluviales et usées), aussi bien au niveau de l'habitat existant qu'au niveau des projets d'urbanisation futurs, afin de ne pas fragiliser les terrains en les saturant ou en provoquant des phénomènes d'érosion. A priori, on n'infiltre pas les eaux en zone de glissement de terrain. **Toutefois, un certain nombre de terrains classés en aléa faible de glissement de terrain (pied de versant, zone d'aléa peu étendue, terrain peu pentu alternant replats et ressauts) pourraient faire l'objet d'infiltrations d'eau sur la base d'une étude spécifique confirmant la faisabilité (étude d'assainissement autonome) et la stabilité des pentes à long terme.** Ces secteurs ne sont pas identifiés sur la carte des aléas. Les cas de figure possibles sont uniquement énumérés : pied de versant, zone d'aléa peu étendue, terrain peu pentu alternant replats et ressauts.

Cette gestion des eaux, souvent compliquée du fait de la dispersion de l'habitat, peut consister, dans la mesure du possible :

- Pour les eaux usées non raccordables à un réseau collectif : à mettre un système de traitement étanche de type filtre compact ou micro-station et à évacuer les eaux traitées vers un exutoire (fossé, ruisseau, combe conduite d'eau pluviale étanche, etc.) pouvant les recevoir ou vers un dispositif d'infiltration situé hors aléa de glissement de terrain ;
- pour les eaux pluviales : à canaliser les rejets d'eaux pluviales dans des réseaux étanches dirigés en dehors des zones dangereuses, soit au fond des combes existantes, en veillant bien entendu de ne pas modifier dangereusement leur régime hydraulique, soit en direction de replats en vue d'y être traitées, etc.

• **Chute de blocs :**

L'aléa de chute de blocs est systématiquement de niveau fort ou moyen selon qu'il qualifie des phénomènes lié à la présence de falaises ou à la présence de blocs erratiques. Ces deux niveaux d'aléa imposent une inconstructibilité.

En cas d'aménagement d'un projet autorisé (par exemple aménagement d'intérêt public ne pouvant être réalisé ailleurs) une étude trajectographique est vivement recommandée pour préciser le risque de chute de blocs et définir les mesures de protection à apporter au projet. Cette étude devra réaliser une simulation des chutes de blocs en définissant l'énergie des blocs les zones atteintes, les dispositifs de protection à mettre en œuvre, les renforcements de structure, etc.

Le village de La Perrière est protégé par deux merlons pare-blocs. Il convient d'entretenir régulièrement ces ouvrages pour maintenir leur efficacité. Leur rôle est jugé efficace. La zone considérée protégée a fait l'objet d'un zonage spécifique traduit en aléa résiduel (P0).

En cas d'aménagement au sein de cette zone protégée, nous conseillons de réaliser une étude trajectographique pour confirmer l'efficacité des ouvrages et, le cas échéant, de définir des mesures individuelles qui seraient à prendre en plus des ouvrages collectifs existants (renforcement de murs, ouvrages individuels supplémentaires, etc.). Ce type d'étude est recommandé pour chaque nouveau projet.

• **Activité hydraulique :**

L'activité hydraulique regroupe les phénomènes de crue torrentielle et de Ravinement / ruissellement pour lesquels des dispositions communes peuvent être recommandées.

Une surélevation des constructions et la réalisation de vides sanitaires (sous-sols enterrés à proscrire) est recommandée en cas de construction en zone inondable, afin d'établir les planchers habitables et ceux ou sont aménagées les installations sensibles à une cote hors d'eau. Les cotes de référence à appliquer peuvent être de +50 centimètres par rapport au terrain naturel en zone d'aléa faible et de + 1 mètre en zone d'aléa moyen. L'aléa fort est théoriquement inconstructible.

Il est conseillé de ne pas établir d'ouvertures de plain-pied sur les façades exposées sous les cotes de référence indiquées ci-dessus, de renforcer les façades exposées de sorte à résister à la pression des écoulements (et du transport solide), de réaliser des fondations suffisamment

profonde face au risque d'affouillement, etc. Pour les ouvertures sur les façades exposées, s'il n'est pas possible de les réaliser à une cote de référence hors d'eau, la mise en place de systèmes déflecteurs d'eau est possible. Toutes ces dispositions techniques peuvent être définies par une étude hydraulique spécifique.

- Face à l'aléa torrentiel, il est conseillé en plus d'entretenir les cours d'eau de sorte à maintenir leurs capacités d'écoulement maximale (enlèvement des embâcles, suppression des arbres morts, etc.).
- Face à l'aléa de ravinement / ruissellement, il est conseillé en plus de ne pas s'implanter dans l'axe des combes, de se tenir à une distance suffisamment éloignée de leur débouché et des pieds de versant.

Rappelons enfin que les ruissellements peuvent évoluer rapidement en fonction des modifications et des types d'occupation des sols (mise en culture d'un terrain par exemple). La quasi-totalité du territoire peut y être exposée. Face à cette imprévisibilité seules des mesures de « bon sens » sont conseillées au moment de la construction (si possible implantation des portes sur les façades non exposées et accès aux parcelles par l'aval, surélévation systématique des planchers habitables).

• **Avalanche :**

Les avalanches peuvent concerter les activités sportives hivernales et les installations nécessaires à leur pratique (remontées mécaniques notamment). Elles touchent des secteurs en dehors de tout cadre d'urbanisation.

Il est recommandé de faire réaliser une étude de risque d'avalanche en cas d'aménagement d'infrastructures de sport d'hiver et en cas de tout autre aménagement, y compris s'il est utilisé uniquement hors période hivernale. Cette étude pourra préciser l'exposition au risque d'avalanche, proposer la meilleure implantation possible face au risque, définir le renforcement des constructions et les moyens de protection nécessaires, les adaptations à apporter, etc.

VI. Bibliographie

1. Expertise du torrent de Closetaz - Analyse globale du cours d'eau sur profil en long.- RTM – Robert Marie – 1986
2. Etudes SIMECSOL ZAC La Tania – aménagement de la zone centrale – 03/1988 – 04/1989 – 08/1989 - 11/1989
3. Étude du torrent du Nant David – site de la Forêt Huta - Cémagref et SAGE - Analyse du torrent et de son environnement (données sur mouvements de terrains). Etude hydrologique du cours d'eau - 1991
4. Analyse des risques liés aux instabilités du Piton de La Becca - Etudes trajectographiques mettant en avant des propagations sur les premières habitations du village, voir jusqu'à la route départementale. Le rapport propose des ouvrages de protection de type merlon – CETE – 1992
5. Etude merlons de protection du Piton de La Becca – Gilles Vial géomètre - 08/1994
6. Risques de chutes de blocs et instabilité de la pente au-dessus du village de La Perrière - Analyse de la falaise à l'ouest de l'éperon de La Becca. Mise en question de la nécessité d'un troisième merlon et d'un risque provenant de cette partie de la falaise - Jean Fabre géologue 1997
7. Demande d'études et travaux concernant la ZAC de La Tania - Courrier et croquis adressé à la DDAF concernant une demande d'aménagements qui touche les Nants de Pra Juget et du Golet - Commune de La Perrière - 1998
8. Compte rendu de visite de terrain sur les ruisseaux de Prat Juget et Nant Golet - Mise en avant de menaces d'inondations de chalets suite à un mauvais aménagement initial – RTM - 1998
9. Étude des ruisseaux situés dans le périmètre de la ZAC de La Tania - Description de l'état des ruisseaux, estimations des débits et propositions d'aménagements – RTM – 1998
10. Éboulement de la Becqua à La Perrière - Analyse de l'éboulement du 24 Mars 1999 – BRGM – 1999
11. Chronologie des événements et des décisions concernant La Becqua - Liste chronologie des événements et des actions entreprises – RTM – 1999
12. Examen géologique concernant les risques de chutes de rochers dans le versant au-dessus des lieux-dits « Saint-Jean » et « La Piat de Saint-Jean » à La Perrière - Mise en avant d'une stabilisation du phénomène d'éboulement sur La Becca et d'un risque faible au niveau de la Piat – BRGM – 1999
13. Note technique de présentation du site du rocher de la Becqua – marché de reprofilage du sommet de la partie instable - Présentation morphologique et structurale du massif – CETE – 1999
14. Etude géotechnique retenue collinaire de La Tania – Equaterre SARL - 24/09/1999
15. Étude hydraulique d'un bassin versant à La Tania - Données hydrogéologiques sur les ruisseaux de La Tania – GEO-ARVE

- 16.** Suivi d'une instabilité rocheuse jusqu'à l'éboulement – Commune de La Perrière – Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées – mai juin 2000
- 17.** Rapport d'expertise d'un débordement du ruisseau de Praz-Juget le 18 mai 2006 – RTM – 2006
- 18.** Etude des risques naturels – Courchevel-La Tania – projet de TSD du Bouc Blanc - Expertise d'avalanche dans la zone de projet – Engineerisk – 2013
- 19.** PIZ de la commune de La Perrière – Géolithé - 19/12/2013
- 20.** Mesures inclinométriques Immeuble le Saboïa Bâtiment B – Confluence SARL – 25/08/2016
- 21.** Aménagement de l'extension Moretta – Dossier de demande d'autorisation au titre des articles L214-1 et suivants du code de l'environnement – SAGE Environnement – 11/2016
- 22.** Rénovation du site de gestion des déchets ménagers du Carrey – Étude hydraulique et proposition de mesures de réduction de la vulnérabilité du site – Alp'Géorisques – octobre 2023
- 23.** Modification de la gare de départ de la télécabine des Chenus – Modélisation du ruisseau des Verdons – SAGE Environnement – juin 2024
- 24.** Aménagement du jardin d'enfant – Modélisation du ruisseau des Verdons – juillet 2024
- 25.** Base de données des risques naturels du RTM
- 26.** <https://www.geoportail.gouv.fr/carte>
- 27.** <http://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do>
- 28.** https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id_produit=117&id_rubrique=39
- 29.** Google Earth
- 30.** Lidar HD
- 31.** Projet de PLU de Couchevel
- 32.** Carte géologique au 1/50 000 feuille 751 de Moûtiers – 1989
- 33.** CLPA secteur de Courchevel
- 34.** EPA secteur La Perrière - feuille AS66
- 35.** Guides PPRN ministère de l'écologie
- 36.** Doctrine départementale de cartographie et de prise en compte des risques naturels – DDT 73

VII. Annexes

VII.1. L'aléa sismique

Un séisme est un phénomène vibratoire naturel affectant la surface de l'écorce terrestre et dont l'origine est la rupture mécanique brusque d'une discontinuité de la croûte terrestre.

L'analyse des séismes implique des investigations détaillées et complexes qui dépassent largement le cadre de cette étude. Le zonage sismique de la France a été défini par le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français, pour l'application des nouvelles règles de construction parasismiques. Ce zonage sismique divise le territoire national en cinq zones de sismicité croissante (sismicité très faible, faible, modérée, moyenne et forte), en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes. Il repose sur un calcul probabiliste pour une période de retour de 475 ans, fixée par le Code européen de construction parasismique (Eurocode 8).

Les limites de ces zones sont, selon les cas, ajustées à celles des communes ou celles des circonscriptions cantonales. La Figure VII.1 présente le zonage sismique en vigueur pour la région Auvergne-Rhône-Alpes. Ce zonage sismique de la France repose sur un calcul probabiliste pour une période de retour de 475 ans, fixée par le Code européen de construction parasismique (Eurocode 8).

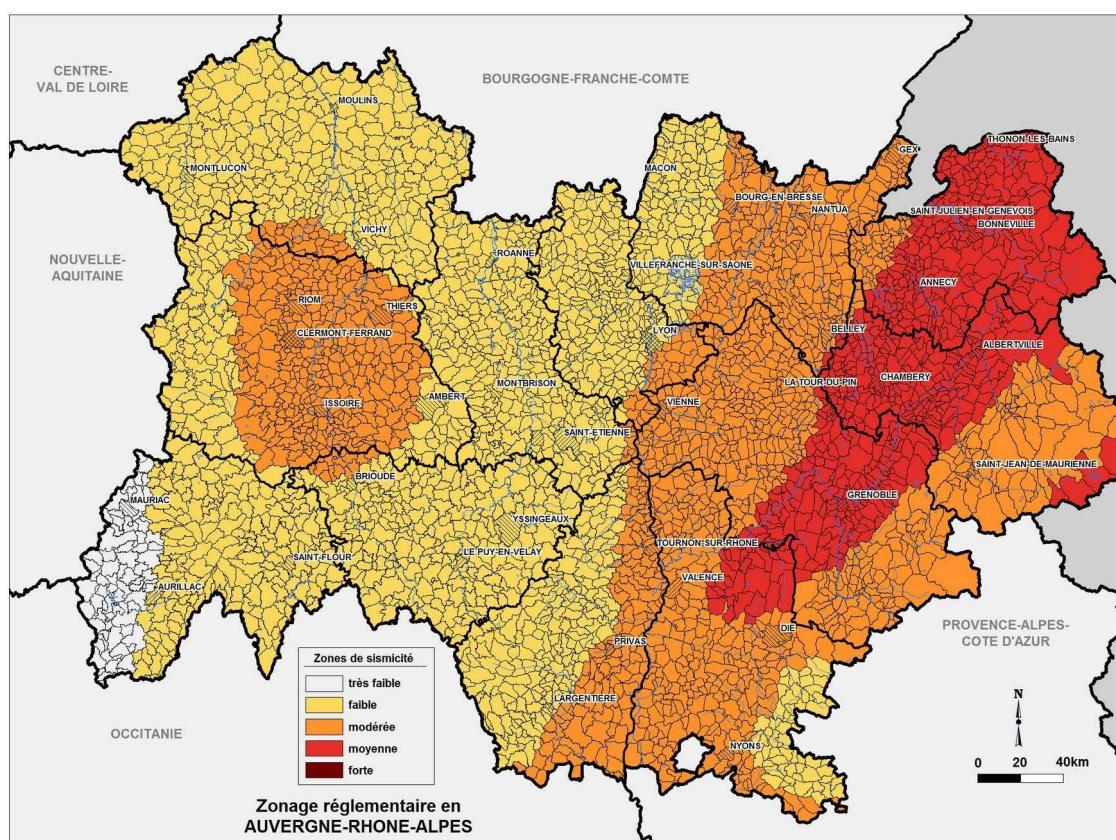


Figure VII.1: Zonage sismique réglementaire pour la région Auvergne-Rhône-Alpes

La commune de Courchevel dont fait partie le territoire de La Perrière est classée en zone de sismicité modérée (3 sur une échelle de 5).

VII.2. L'aléa retrait gonflement des argiles

Le retrait par dessication des sols argileux lors d'une sécheresse prononcée et/ou durable produit des déformations de la surface des sols (tassemements différentiels). Il peut être suivi de phénomènes de gonflement au fur et à mesure du rétablissement des conditions hydrogéologiques initiales ou plus rarement de phénomènes de fluage avec ramollissement.

Le phénomène peut entraîner des tassemements différentiels et ainsi provoquer des désordres affectant principalement le bâti individuel. Afin d'établir un constat scientifique objectif et de disposer de documents de référence permettant une information préventive, le Ministère de l'Énergie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM) a demandé au BRGM de réaliser une cartographie de cet aléa pour l'ensemble du territoire national, dans le but de délimiter les zones les plus exposées au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux.

La commune de Courchevel dont fait partie le territoire de La Perrière est partiellement classée en zone d'aléa faible de retrait gonflement des argiles d'après cette cartographie.

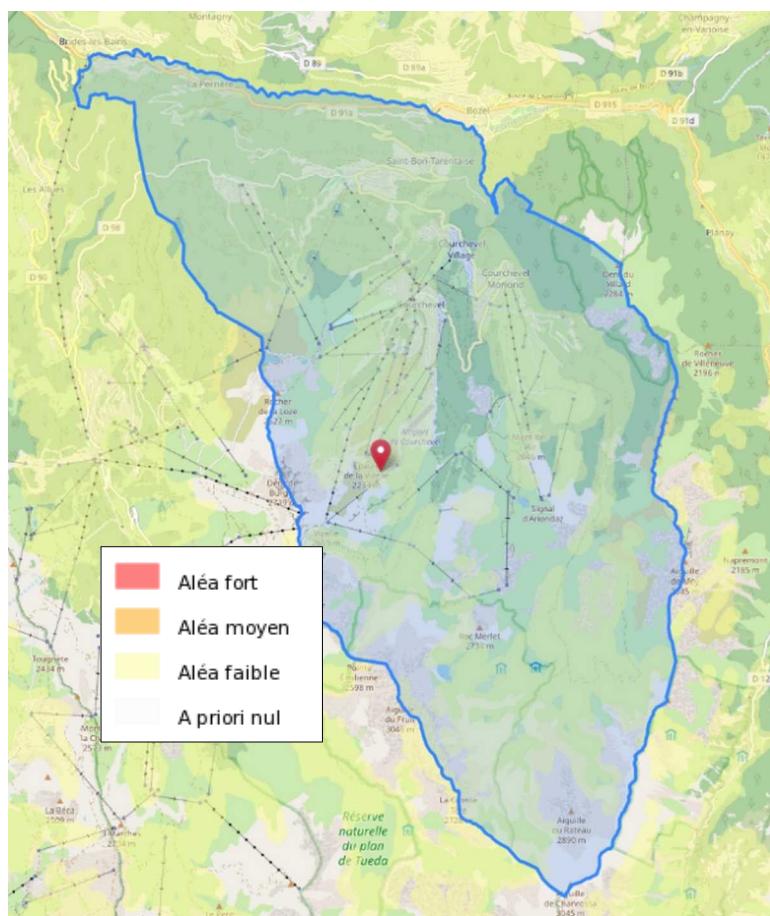


Figure VII.2: Carte de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux au niveau de la commune de Courchevel (www.georisques.gouv.fr).

VII.3. Grilles départementales de croisement aléas / enjeux

Grille de croisement Aléas/Enjeux pour l'établissement d'un zonage « risques naturels » dans un PLU

ALÉA AVALANCHES	Zone Urbanisée	Zone peu ou pas urbanisée
A3 (fort)	RF-A	RF-A
A2 (Moyen)	Bm-A	Rm-A
A1 (Faible)	Bf-A	Bf-A
ARE	<i>Autre carte</i>	

ALÉA CHUTES DE BLOCS ET DE PIERRES	Zone Urbanisée	Zone peu ou pas urbanisée
P4 (très fort) P3 (fort) *	RF-P	RF-P
P2 (Moyen)	RmU-P	Rm-P
P1 (Faible)	Bf-P	Bf-P

* il est à noter que la grille de l'aléa de chute de blocs comporte un niveau très fort d'aléa de chute de blocs qui est cartographiquement confondu avec l'aléa fort de chute de blocs. Les aléas fort et très fort de chute de blocs font l'objet des mêmes règles de traduction réglementaire (zone rouge indifférenciée).

ALÉA CRUES TORRENTIELLES	Zone Urbanisée	Zone peu ou pas urbanisée
T3 (fort)	RF-T	RF-T
T2 (Moyen)	Bm-T	Rm-T
T1 (Faible)	Bf-T	Bf-T

ALÉA RUISELLEMENT	Zone Urbanisée	Zone peu ou pas urbanisée
T3 (fort)	RF-R	RF-R
T2 (Moyen)	Bm-R	Rm-R
T1 (Faible)	Bf-R	Bf-R

ALÉA GLISSEMENT DE TERRAIN	Zone Urbanisée	Zone peu

		<i>ou pas urbanisée</i>
<i>G3 (fort)</i>	<i>RF-G</i>	<i>RF-G</i>
<i>G2 (Moyen)</i>	<i>Bm-G</i>	<i>Bm-G</i>
<i>G1 (Faible)</i>	<i>Bf-G</i>	<i>Bf-G</i>

<i>ALEA AFFAISSEMENT DE TERRAIN</i>	<i>Zone Urbanisée</i>	<i>Zone non Urbanisée</i>
<i>F3 (fort)</i>	<i>RF-F</i>	<i>RF-F</i>
<i>F2 (Moyen)</i>	<i>Bm-F</i>	<i>Bm-F</i>
<i>F1 (Faible)</i>	<i>Bf-F</i>	<i>Bf-F</i>

<i>ALÉA EFFONDREMENT DE TERRAIN</i>	<i>Zone Urbanisée</i>	<i>Zone non Urbanisée</i>
<i>E3 (fort)</i>	<i>RF-E</i>	<i>RF-E</i>
<i>E2 (Moyen)</i>	<i>RmU-E</i>	<i>Rm-E</i>
<i>E1 (Faible)</i>	<i>Bf-E</i>	<i>Bf-E</i>

<i>ALÉA INONDATION</i>	<i>Zone Urbanisée</i>	<i>Zone non Urbanisée</i>
<i>I3 (fort)</i>	<i>RF-I</i>	<i>RF-I</i>
<i>I2 (Moyen)</i>	<i>Bm-I</i>	<i>Rm-I</i>
<i>I1 (Faible)</i>	<i>Bf-I</i>	<i>Rf-I</i>



ALP'GEORISQUES - Z.I. - 52, rue du Moirond - Bâtiment Magbel - 38420 DOMENE - FRANCE
Tél. : 04-76-77-92-00 Fax : 04-76-77-55-90

sarl au capital de 18 300 €
Siret : 380 934 216 00025 - Code A.P.E. 7112B
N° TVA Intracommunautaire : FR 70 380 934 216
Email : contact@alpgeorisques.com
Site Internet : <http://www.alpgeorisques.com/>