



Préfecture de la Savoie

Direction départementale des territoires de la Savoie

COMMUNE DE

Villarodin - Bourget

Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles

1 - Note de présentation

Nature des risques pris en compte :
avalanches, mouvements de terrain, inondations
(hors crues de l'Arc)

Approuvé le :

Janvier 2013



1.1 - INTRODUCTION

1.1.1 - Présentation

Le présent document a pour but de permettre la prise en compte des risques d'origine naturelle sur une partie du territoire de la commune de Villarodin-Bourget, en ce qui concerne les activités définies au paragraphe 1.3 du présent rapport.

Il vient en application de la loi n° 95-101 du 2 Février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, et du décret n° 95-1089 du 5 Octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles.

Après approbation dans les formes définies par le décret du 5 octobre 1995, le PPR vaut servitude d'utilité publique et doit être annexé en tant que tel au PLU, conformément à l'article L 126-1 du code de l'urbanisme.

1.1.2 - Composition du document

Il est composé des pièces suivantes :

- la présente note de présentation,
 - le plan de zonage qui porte délimitation des différentes zones, à l'intérieur du périmètre réglementé
 - le règlement, qui définit type de zone par type de zone, les prescriptions à mettre en oeuvre,
- Seuls le plan de zonage et le règlement ont un caractère réglementaire.

1.1.3 - Avertissements

Le présent zonage a été établi, entre autres, en fonction :

- des connaissances actuelles sur la nature - intensité et fréquence, ou activité - des phénomènes naturels existants ou potentiels,
- de la topographie des sites,
- de l'état de la couverture végétale,
- de l'existence ou non d'ouvrages de correction et/ou de protection, et de leur efficacité prévisible, à la date de la réalisation du zonage.

La grande variabilité des phénomènes, ajoutée à la difficulté de pouvoir s'appuyer sur de longues séries d'évènement, rendent difficile l'approche d'un phénomène de référence pour le présent zonage de risques, en s'appuyant sur les seules données statistiques.

Le phénomène de référence sera en principe :

- soit le plus fort événement connu (à condition que les facteurs ayant contribué au déclenchement et au développement de ce phénomène puissent encore être réunis. Ainsi, seront à priori écartés, par exemple, les avalanches antérieures à 1850, liées au Petit Age glaciaire, et les débordements torrentiels étendus à l'ensemble du cône de déjection lorsque l'enfoncement du chenal d'écoulement ne permet plus de tels débordements) ;
- soit le phénomène de fréquence centennale (ayant une probabilité de 1/100 de se produire chaque année), estimé par analyse historique ou par modélisation, si le plus fort événement connu est d'intensité moindre.

Lorsqu'un phénomène de fréquence centennale peut survenir plus fréquemment avec le même niveau d'intensité et la même emprise, le phénomène de référence retenu sera alors décrit avec une fréquence supérieure au centennial. Inversement, lorsque le phénomène de fréquence centennale ne s'est a priori encore jamais produit, le phénomène de référence retenu sera décrit comme potentiel.

Au vu de ce qui précède, les prescriptions qui en découlent ne sauraient être opposées à l'Administration comme valant garantie contre des phénomènes plus rares que le phénomène de référence, ou totalement imprévisibles au regard des moyens disponibles pour la réalisation du présent PPR.

Le présent zonage ne pourra être modifié qu'en cas de survenance de faits nouveaux (évolution des connaissances, modifications sensibles du milieu, ou réalisation de travaux de défenses, etc...). Il sera alors procédé à sa modification dans les formes réglementaires.

Hors des limites du périmètre d'étude, la prise en compte des phénomènes naturels se fera sous la responsabilité de l'autorité chargée de la délivrance de l'autorisation d'exécuter les aménagements projetés.

Le présent zonage n'exonère pas le maire de ses devoirs de police, particulièrement ceux visant à assurer la sécurité des personnes.

1.2 - PHENOMENES NATURELS

Il s'agit de l'inventaire des phénomènes naturels concernant les terrains situés à l'intérieur de la zone d'étude.

1.2.1 - Phénomènes naturels pris en compte dans le zonage

- affaissements, effondrements
- avalanches,
- chutes de pierres et/ou de blocs, et/ou écroulements,
- coulées boueuses issues de glissement et/ou de laves torrentielles,
- érosions de berge,
- glissements de terrain,
- inondations,
- ravinements.

1.2.2 - Phénomènes existants, mais non pris en compte dans le zonage

- séismes,

1.2.3 - Présentation des phénomènes naturels

Introduction

Ci-après sont décrits sommairement les phénomènes naturels effectivement pris en compte dans le zonage et leurs conséquences sur les constructions.

Ces phénomènes naturels, dans le zonage proprement dit, documents graphiques et règlement, seront en règle générale regroupés en fonction des stratégies à mettre en œuvre pour s'en protéger.

Affaissements et effondrements

Ces mouvements sont liés à l'existence de cavités souterraines, donc difficilement décelables, créées soit par dissolution (calcaires, gypse...), soit par entraînement des matériaux fins (suffosion...), soit encore par les activités de l'homme (tunnels, carrières...). Ces mouvements peuvent être de types différents.

Les premiers consistent en un abaissement lent et continu du niveau du sol, sans rupture apparente de ce dernier ; c'est un affaissement de terrain.

En revanche, les seconds se manifestent par un mouvement brutal et discontinu du sol au droit de la cavité, avec une rupture en surface laissant apparaître un escarpement plus ou moins vertical. On parlera dans ce cas d'effondrement.

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

Avalanches

Sur terrain en pente, le manteau neigeux est soumis de façon permanente à un mouvement gravitaire lent et continu : la reptation.

Accidentellement et brutalement, ce mouvement peut s'accélérer, entraînant la destruction de la structure du manteau neigeux : c'est l'avalanche.

Les écoulements suivent en général la ligne de plus grande pente.

On peut distinguer :

- les avalanches de neige dense transformée, peu rapides,
- les avalanches de neige froide, non transformée, peu denses et rapides.

Dans certains cas (vitesse élevée de déplacement) ces dernières avalanches peuvent évoluer en aérosol, mélange d'air et de neige se déplaçant à grande vitesse (100 Km/h et plus).

Les biens et équipements exposés aux avalanches subiront une poussée dynamique sur les façades directement exposées à l'écoulement mais aussi à un moindre degré une pression sur les façades situées dans le plan de l'écoulement.

Les façades pourront également subir des efforts de poinçonnement liée à la présence, dans le corps de l'avalanche, d'éléments étrangers : bois, blocs, etc...

Par ailleurs les constructions pourront être envahies et/ou ensevelies par les avalanches.

Toutes ces contraintes peuvent entraîner la ruine des constructions.

Chutes de pierres et de blocs - écroulements

Les chutes de pierres et de blocs correspondent au déplacement gravitaire d'éléments rocheux sur la surface topographique.

Ces éléments rocheux proviennent de zones rocheuses escarpées et fracturées ou de zones d'éboulis instables.

On parlera de pierres lorsque leur volume unitaire ne dépasse pas le dm^3 ; les blocs désignent des éléments rocheux de volumes supérieurs.

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

Les trajectoires suivent en général la ligne de plus grande pente, mais l'on observe souvent des trajectoires qui s'écarte de cette ligne "idéale".

Les blocs se déplacent par rebonds ou par roulage.

Les valeurs atteintes par les masses et les vitesses peuvent représenter des énergies cinétiques importantes et donc un grand pouvoir destructeur.

Compte tenu de ce pouvoir destructeur, les constructions seront soumises à un effort de poinçonnement pouvant entraîner, dans les cas extrêmes, leur ruine totale.

Les écroulements désignent l'effondrement de pans entiers de montagne (cf. écroulement du Granier) et peuvent mobiliser plusieurs milliers, dizaines de milliers, voire plusieurs millions de mètres cubes de rochers. La dynamique de ces phénomènes ainsi que les énergies développées n'ont plus rien à voir avec les chutes de blocs isolés. Les zones concernées par ces phénomènes subissent une destruction totale.

Coulées boueuses

Dans le présent document, le terme "coulées boueuses" recouvre des phénomènes sensiblement différents ; il s'agit cependant dans tous les cas d'écoulements où cohabitent phase liquide et phase solide.

Certaines coulées boueuses sont issues de glissements de terrains (voir ci-après à "glissements de terrain")

D'autres sont liées aux crues des torrents et des rivières torrentielles ; la phase solide est alors constituée des matériaux provenant du lit et des berges mêmes du torrent et des versants instables qui le domine.

Ces écoulements ont une densité supérieure à celle de l'eau et ils peuvent transporter des blocs de plusieurs dizaines de m^3 .

Les écoulements suivent en général la ligne de plus grande pente.

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

On parlera d'écoulement bi-phasique lorsque dans la zone de dépôt des coulées boueuses il y a séparation visible et instantanée des deux phases.

Dans le cas contraire on parlera d'écoulements mono-phasique ; il s'agit alors de laves torrentielles coulées boueuses ayant un fonctionnement spécifique

Les biens et équipements exposés aux coulées boueuses subiront une poussée dynamique sur les façades directement exposées à l'écoulement mais aussi à un moindre degré une pression sur les façades situées dans le plan de l'écoulement.

Les façades pourront également subir des efforts de poinçonnement liés à la présence au sein des écoulements d'éléments grossiers. Par ailleurs les constructions pourront être envahies et/ou ensevelies par les coulées boueuses.

Toutes ces contraintes peuvent entraîner la ruine des constructions.

Erosion de berges

Il s'agit du sapement du pied des berges d'un cours d'eau, phénomène ayant pour conséquence l'ablation de partie des matériaux constitutifs de ces mêmes berges.

Toutes les berges de cours d'eau constituées de terrains meubles peuvent être concernées.

L'apparition d'un tel phénomène à un endroit donné reste aléatoire.

Le risque d'apparition de ce phénomène rend impropre à la construction une bande de terrain plus ou moins large en sommet de berge.

Il fait aussi courir aux constructions existantes un risque de destruction partielle ou complète.

Glissements de terrain

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

Les déplacements sont de type gravitaire et se produisent donc selon la ligne de plus grande pente.

En général, l'un des facteurs principaux de la mise en mouvement de ces matériaux est l'eau.

Sur un même glissement, on pourra observer des vitesses de déplacement variables en fonction de la pente locale du terrain, créant des mouvements différentiels.

Les constructions situées sur des glissements de terrain pourront être soumises à des efforts de type cisaillement, compression, dislocation liés à leur basculement, à leur torsion, leur soulèvement, ou encore à leur affaissement.

Ces efforts peuvent entraîner la ruine des constructions.

Inondations

Les inondations sont un envahissement par l'eau des terrains riverains d'un cours d'eau, principalement lors des crues de ce dernier. Cet envahissement se produit lorsque à un ou plusieurs endroits de ce cours d'eau le débit liquide est supérieur à la capacité d'écoulement du lit y compris au droit d'ouvrages tels que les ponts, les tunnels, etc.

Ce type d'inondation peut aussi être provoqué par remontée du niveau de la nappe phréatique ; dans ce cas le facteur vitesse tient peu de place dans l'appréciation de l'intensité du phénomène.

Un autre type d'inondation est lié au ruissellement pluvial urbain.

Phénomène lié en grande partie par l'artificialisation du milieu : imperméabilisation très marquée de l'impluvium, présence d'obstacles, etc.

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

Ravinement

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

On peut distinguer :

- le ravinement concentré, générateur de rigoles et de ravins,
- le ravinement généralisé lorsque l'ensemble des ravins se multiplie et se ramifie au point de couvrir la totalité d'un talus ou d'un versant.

Dans les zones où se produit le ravinement, les fondations des constructions pourront être affouillées, ce qui peut entraîner leur ruine complète.

En contrebas, dans les zones de transit ou de dépôt des matériaux, le phénomène prend la forme de coulées boueuses et on se reportera donc au paragraphe qui leur est consacré pour la description des dommages que peuvent subir les constructions.

Séismes

Un séisme ou tremblement de terre est une vibration du sol causée par une rupture en profondeur de l'écorce terrestre.

Cette rupture intervient quand les roches ne peuvent plus résister aux efforts engendrés par leurs mouvements relatifs (tectonique des plaques).

A l'échelle d'une région, on sait où peuvent se produire des séismes mais on ne sait pas quand, et rien ne permet actuellement de prévoir un séisme.

Les efforts supportés par les constructions lors d'un séisme peuvent être de type cisaillement, compression ou encore extension. Les intensités et les directions respectives de ces trois composantes sont évidemment fonction de l'intensité du séisme et de la position des constructions.

Dans les cas extrêmes, ces efforts peuvent entraîner la destruction totale des constructions.

1.3- ACTIVITES HUMAINES PRISES EN COMPTE PAR LE ZONAGE

- urbanisations existantes et futures, ainsi que le camping-caravaning, la voirie, le stationnement et certains types d'infrastructures et équipements.

1.4 - DOCUMENTS DE ZONAGE A CARACTERE REGLEMENTAIRE EN COURS DE VALIDITE

Néant.

1.5 - INVENTAIRE DES DOCUMENTS AYANT ETE UTILISES LORS DE LA REALISATION DU PRESENT P.P.R.

☛ Documents cartographiques:

- Scans EDR couleurs et NB de l'IGN
- Feuille AW67 de la Carte de Localisation des Phénomènes d'Avalanches (CLPA) mises à jour en avril 2008 + fiches signalétiques des avalanches correspondantes, le tout consultable sur le site « Avalanches.fr » – IGN – Cemagref ;
- Carte géologique de la France au 1/50 000ème : Modane (1988) - BRGM.
- Carte de localisation probable des risques naturels dite carte "Robert MARIE" – feuille Modane 6 – 1/25.000^e – ONF RTM.
- Carte d'aléas « Villarodin-Bourget au 1/10 000ème (RTM, 1994)
- Plan d'Indexation en Z (PIZ) des zones à urbaniser de la commune de Villarodin Bourget (Géolithe – 2002)

☛ Etudes et rapports divers :

- BRGM (1975) – Risques de glissements de terrain et de chutes de blocs à Villarodin – Le Bourget. A Pachoud.
- Beteralp (1984) – Etude d'impact pour l'extension de La Norma – ZAC du Pra de Villarodin. Pour le SIAVB - SAS.
- SAGE (1995) – Zonage de constructibilité sur la ZAC de la Norma et zone Uda du POS. Pour le district de la Norma.
- ETRM et SAGE (1996) – Etude des rejets d'eaux pluviales dans le ruisseau du St Joseph. Pour le district de la Norma.
- ONF (1996) – Révision de l'aménagement de la forêt communale de Villarodin Bourget jusqu'à 2015.
- ANTEA (2000) – Etude de faisabilité géotechnique sur le site de dépôt potentiel SF 201 – Les Tierces (phases 1, 2 et 3). Pour Alpetunnel GEIE.

- SOGREAH (2001) Galerie de reconnaissance de Modane : Etude hydraulique de la zone du Moulin. Pour Alpetunnel GEIE.
- GIPEA (2004) – Villarodin Bourget – Etude de constructibilité sur le secteur de « Sur St Bernard ». Rapport 236 04, pour le compte de la commune.
- BRGM (2006) – Villarodin Bourget – Eboulement sur la route communale du Pont de la Glaire. Rapport final. O Renault. Pour le CG73.
- BRGM (2006) – Villarodin Bourget – Purges de blocs rocheux dans la falaise de Chatalamia. Rapport final. O Renault. Pour le CG 73.
- SAGE (2006) – Villarodin Bourget. - Etude de diagnostic des falaises de Chatalamia. Pour le CG73.
- BRGM (2008) – Villarodin Bourget – Chute d'un bloc rocheux sur la voie communale du lieu-dit « Amodon. Rapport final. A Bayle.
- SIGSOL (2009) – Villarodin Bourget – Reconnaissance et étude géotechniques (mission G12) pour la réalisation d'un réservoir d'eau potable au lieu dit « La Croix ». Pour le compte de la commune.
- Préfecture de la Savoie (2011) Arrêtés préfectoraux pour la réalisation de la liaison ferroviaire Lyon Turin.
- SAGE (2011) – Villarodin Bourget – TDL de Maurienne : RD 215 – Rocher de Chatalamia : étude de vérification trajectographique du merlon – projet Juillet 2011. Pour le CG73.

☛ Autres références bibliographiques :

- Archives du service RTM de la Savoie (comptes rendus d'accidents naturels, fiches événements et rapports des Eaux et Forêts puis de l'ONF - RTM, photos d'événements, dossiers de maîtrise d'oeuvre des travaux communaux de protection contre les risques naturels.
- Articles de presse.

☛ Photographies :

- Photographies aériennes IFN IR de 1982 + IGN VC de 1996
- Ortho-photographies géoréférencées de l'IGN, de 2001 et 2006
- Photographies du service RTM prises lors de visites de terrain en 2011

☛ Sites Internet

- www.bdmvt.net
- www.avalanches.fr
- http://www.savoie.pref.gouv.fr/sections/les_grands_themes/risques_en_savoie/
- <http://www.savoie-archives.fr/>

Nous avons également recueilli des témoignages auprès :

- d'une dizaine d'habitants de la commune, observateurs de longue date des phénomènes naturels sur les différents hameaux,
- des forestiers de l'ONF en poste depuis les années 70,
- d'anciens élus,
- du technicien RTM,
- des techniciens du TDL de Maurienne et du Service Risques Naturels du Conseil général

1.6 - PRESENTATION DES SECTEURS ETUDIES

Les secteurs étudiés correspondent à l'emprise de tous les phénomènes naturels prévisibles pré-cités, susceptibles d'avoir une influence sur les périmètres réglementés ci-dessous.

1.6.1 – Périmètres réglementés

Les périmètres retenus pour le zonage réglementaire des risques naturels sont focalisés sur l'enjeu principal du PPR, à savoir l'urbanisation actuelle et future. Ils correspondent donc aux zones urbanisées et/ou urbanisables au titre du POS ou du PLU en vigueur à la date de réalisation du PPR. Les parcelles adjacentes sont également prises en compte en tant que marge de sécurité par rapport à l'incertitude éventuelle des délimitations cadastrales. Les zones naturelles ou agricoles sont exclues, sauf éventuellement certaines zones susceptibles de devenir urbanisables à plus ou moins court terme. A noter aussi l'intégration de la route d'accès à Amodon, pour évaluation des risques.



1.6.2 – Caractérisation des aléas

Le risque d'origine naturelle, objet du présent zonage, est la combinaison d'un phénomène naturel, visible ou prévisible, et d'un enjeu (personnes, biens, activités, moyens, patrimoine... susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel).

Ces phénomènes naturels sont caractérisés en général par une intensité et une période de retour mais aussi, pour certains d'entre eux, les glissements de terrain en particulier, par leur activité, présente et future,.

La combinaison des deux facteurs permet de pondérer (donner un "poids") le phénomène naturel étudié ; on parle alors d'aléa.

Dans les cartographies ci-après, les aléas seront étudiés selon la méthode de la Cartographie Pondérée des Phénomènes Naturels, ou C2PN.

1.6.2.1 - Présentation

Nature et élaboration des cartes des phénomènes naturels

L'outil utilisé pour l'étude et la synthèse des phénomènes est la Cartographie Pondérée des Phénomènes Naturels.

Elle a pour objet, après analyse des phénomènes, de permettre d'apprécier, secteur par secteur, le degré respectif d'exposition de chacun de ces secteurs aux phénomènes naturels.

Ces cartes sont établies après examen du terrain et des photos aériennes, ainsi qu'à l'aide des archives les plus facilement accessibles (celles du service RTM entre autres) :comptes-rendus d'événement, études spécifiques, etc.

Elles ne peuvent malheureusement prétendre inventorier la totalité des phénomènes, certains nécessitant pour être révélés des techniques de prospection plus élaborées.

Critères de caractérisation des phénomènes pondérés

Outre l'extension géographique connue ou prévisible, les deux critères retenus sont :

- **l'intensité et la période de retour** de chaque phénomène considéré, pour les avalanches, les chutes de pierres, les coulées boueuses, les effondrements, les inondations, les érosions de berges,
- **l'activité présente et l'activité future**, de chaque phénomène considéré pour les glissements de terrains, les affaissements, les ravinements.

Le degré de pondération ainsi obtenu est dit **instantané**,

- soit s'il concerne des secteurs pour lesquels n'existe aucune couverture végétale susceptible d'interférer dans le fonctionnement des phénomènes, ni aucun système de correction et/ou de protection concernant les phénomènes naturels en cause,
- soit s'il intègre les effets de la couverture végétale, et/ou d'ouvrages de correction et/ou de protection présents lors de la réalisation de la cartographie.

Il est complété, dans le deuxième cas, par la notion de degré de pondération **absolu** : ni l'état de la couverture végétale (le boisement principalement), ni l'existence d'ouvrages de correction et/ou de protection ne sont alors pris en compte dans la définition du degré de pondération.

La confrontation de ces deux degrés de pondération, absolu et instantané, lorsqu'ils existent, permet d'apprécier l'impact de la couverture végétale, et/ou des dispositifs de correction et/ou de protection sur le danger que représente le phénomène étudié pour les enjeux.

Afin de faciliter la compréhension cartographique, une synthèse des critères retenus pour la caractérisation du phénomène est réalisée grâce à la notion d'aléa. Celle-ci est représentée via un dégradé de couleurs dans les tons violacés. La couleur affichée résulte du degré de pondération retenu pour le phénomène de référence.

Phénomène de référence

Pour chaque phénomène faisant l'objet d'une fiche descriptive, il est retenu un phénomène de référence, caractérisé par un (ou parfois plusieurs) degré de pondération correspondant à une manifestation particulière de ce phénomène ; ce phénomène est utilisé, parmi d'autres paramètres, pour la réalisation du zonage proprement dit.

1.6.2.2 - Cartographie pondérée des phénomènes naturels et commentaires

LEGENDE

Dispositions générales

L'échelle de cartographie retenue varie suivant l'amplitude du phénomène (comprise entre le 1/10000ème et le 1/2000^{ème}). Chaque phénomène étudié est décrit :

- par une lettre majuscule, valant abréviation du nom du phénomène

A : avalanches,
B : chutes de pierres et/ou de blocs, et/ou éboulement,
C : coulées boueuses issues de glissements, de laves torrentielles, ou de ravinements,
E : effondrements,
F : affaissements,
G : glissements de terrain,
I : inondations,
R : ravinements,
S : érosion de berge.

- et par un ou plusieurs degrés de pondération, éléments décrivant soit l'intensité et la période de retour, soit l'activité du phénomène étudié, degrés qui peuvent être dans les deux cas :

- o **instantané**, disposé en indice : ce degré de pondération donne les informations sur le phénomène en l'état actuel du site, en prenant en compte l'impact prévisible sur le phénomène étudié de l'état de la couverture végétale (le boisement principalement), et/ou des ouvrages de correction et/ou de protection, ou de tout autre élément naturel, quand il en existe,
- o **absolu**, disposé en exposant : ce degré de pondération donne les informations sur le phénomène en imaginant le site vide de sa couverture végétale, et/ou de ses ouvrages de correction et/ou de protection.

Définition des classes de pondération

Famille de phénomènes définis par un couple "intensité / période de retour"

(avalanches, chutes de blocs, coulées boueuses, effondrements, inondations, érosion de berges)

Contenu du degré de pondération

Chaque degré de pondération est composé (hors le cas du degré de pondération nul) par un couple de deux chiffres :

Intensité estimée du phénomène - Période de retour estimée du phénomène

Classes d'intensité

Sur un site donné, le choix de la classe d'intensité est fondé sur la constructibilité d'un bâtiment-référence virtuel (10 m par 10 m d'emprise au sol, deux niveaux, un toit), ce bâtiment devant être capable d'assurer la sécurité de ses occupants et de ne pas subir d'endommagement, grâce à la réalisation de travaux de renforcement économiquement envisageables (surcoût de 10 à 20 % de la valeur d'un bâtiment standard) qui lui permettrait de résister à l'impact du phénomène. **Quatre classes** sont alors définies :

- **0** : nulle
- **1** : faible → La réalisation des travaux de renforcement n'est qu'une mesure de confort, les manifestations du phénomène étudié ne remettant en cause ni la sécurité des occupants, ni l'intégrité du bien.
- **2** : moyenne → Il est indispensable de réaliser les travaux de renforcement pour assurer la sécurité des occupants et/ou l'absence d'endommagement du bien.
- **3** : forte → Il n'est pas envisageable de construire le bâtiment-référence, aux conditions définies ci-dessus.
- **3⁺** : Le + permet de décrire de possibles cataclysmes.

Le fait que le bâtiment-référence apparaisse constructible n'entraîne en aucun cas la constructibilité "automatique" du site étudié. L'utilisation du bâtiment-référence est l'artifice retenu pour permettre aux personnes concernées par le présent document d'avoir des références communes pour l'estimation du phénomène étudié.

Classes de période de retour

Six classes :

- **1** : potentiel → Tous les facteurs propres à rendre prévisible le phénomène étudié sont présents sur le site, mais aucun signe tangible ne permet de confirmer le fonctionnement passé du phénomène.
- **2** : rare → La période de retour est estimée **supérieure à 100 ans**, auquel s'ajoute 2⁺ permettant de faire référence à des périodes de retour pluri-centennales.
- **3** : peu fréquent → La période de retour est estimée comprise **entre 50 et 100 ans**.
- **4** : moyennement fréquent ; la période de retour est estimée **comprise entre 20 et 50 ans**,
- **5** : fréquent → La période de retour est estimée **comprise entre 5 et 20 ans**. Cette classe de période de retour peut être subdivisée en deux sous périodes : **5⁻** pour la partie de période comprise entre 5 et 10 ans ; **5⁺** pour la partie de période comprise entre 10 et 20 ans.
- **6** : très fréquent → La période de retour est estimée comprise **entre 0 et 5 ans**.

Remarque particulière pour l'estimation de la période de retour du phénomène "chutes de blocs" :

L'estimation de la période de retour sera estimée sur des fractions de la zone productrice de blocs dont la largeur sera au plus égale de 2 à 5 fois sa hauteur : deux fois pour les zones productrices de grande hauteur, cinq fois pour celles de moindre hauteur. Cet artifice, qui doit rester approximatif, est mis en œuvre pour éviter de retenir pour l'estimation de la période de retour des zones productrices excessivement larges. Ceci aurait pour effet de réduire trop sensiblement la période de retour.

Famille de phénomènes définis par un couple "activité présente / activité future"

(glissements de terrain, affaissements, ravinements)

Contenu du degré de pondération

Chaque degré de pondération est composé (hors le cas du degré de pondération nul) par un couple de deux chiffres

Activité présente estimée du phénomène - Activité future estimée du phénomène

Classes d'activité

Hormis les trois premières classes d'activité dont le contenu est décrit ci-dessous, sur un site donné, le choix de la classe est fait par rapport à la constructibilité d'un bâtiment-référence virtuel (10 m par 10 m d'emprise au sol, deux niveaux, un toit), ce bâtiment devant conserver sur le long terme (un siècle environ) un état de fonctionnement, d'hygiène et de sécurité satisfaisant, grâce à la mise en œuvre de mesures économiquement envisageables (surcoût de 10 à 20 % de la valeur du bâtiment). **Six classes** ont ainsi été définies :

- **0** : nulle,
- **1** : potentiel → Tous les facteurs propres à rendre prévisible le phénomène étudié sont présents sur le site, mais **aucun signe tangible ne permet de confirmer le fonctionnement passé du phénomène**.
- **2** : très peu actif → Des signes d'un fonctionnement passé du phénomène étudié sont visibles sur le site, mais **le phénomène apparaît actuellement presque complètement stabilisé**.
- **3** : peu actif → **L'adaptation du projet aux mouvements du sol n'est pas indispensable** (risque de désordres limités sur le bâti, même en l'absence de mesures spécifiques).
- **4** : moyennement actif → Il est **indispensable d'adapter le projet de construction aux mouvements du sol** pour assurer les conditions définies ci-dessus.
- **5** : très actif → **Il n'est pas envisageable de construire le bâtiment-référence**, aux conditions définies ci-dessus.
- **5⁺** : Le + permet de décrire de possibles cataclysmes.

Le fait que le bâtiment-référence apparaisse constructible, n'entraîne en aucun cas la constructibilité "automatique" du site étudié

L'utilisation du bâtiment-référence est l'artifice retenu pour permettre aux personnes concernées par le présent document d'avoir des références communes pour l'estimation de l'activité du phénomène étudié.

Phénomène de référence

Famille de phénomènes définis par un couple "intensité / période de retour"

Lorsque le phénomène est caractérisé par plusieurs couples "intensité/période de retour", celui retenu pour définir le phénomène de référence est souligné.

Famille de phénomènes définis par un couple "activité présente / activité future"

Dans ce cas, c'est l'activité retenue pour définir le phénomène de référence qui est soulignée.

Si le degré de pondération retenu pour définir le phénomène de référence n'est pas le plus élevé en intensité ou en activité, selon la nature des phénomènes, ce choix devra alors être justifié.

Tableaux récapitulatifs

Phénomènes définis par un couple "intensité / période de retour"

Fréquence \ Intensité	Période de retour					
	Potentiel : 1	Rare : 2	Peu fréquent : 3	Moyennement fréquent : 4	Fréquent : 5	Très fréquent : 6
Nulle : 0	0	0	0	0	0	0
Faible : 1	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6
Moyenne : 2	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6
Forte à très forte : 3 ou 3+	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6

Niveau d'aléa: fort moyen faible

Remarque: situation décrite lorsqu'elle résulte d'un ouvrage de défense contre le phénomène étudié

Phénomènes définis par un couple "activité présente / activité future"

Activité présente \ Activité future	Niveau d'activité					
	Nulle : 0	Potentielle : 1	Très peu active : 2	Peu active : 3	Moyennement active : 4	Très active : 5
Nulle : 0	0-0	0-1	0-2	0-3	0-4	0-5
Potentielle : 1	1-0	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
Très peu active : 2	2-0	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5
Peu active : 3	3-0	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5
Moyennement active : 4	4-0	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5
Très active : 5	5-0	5-1	5-2	5-3	5-4	5-5

Niveau d'aléa: fort moyen faible

Remarque: situation ayant peu de chance de se rencontrer sur le terrain

Dispositions des degrés de pondération absolue et instantanée :

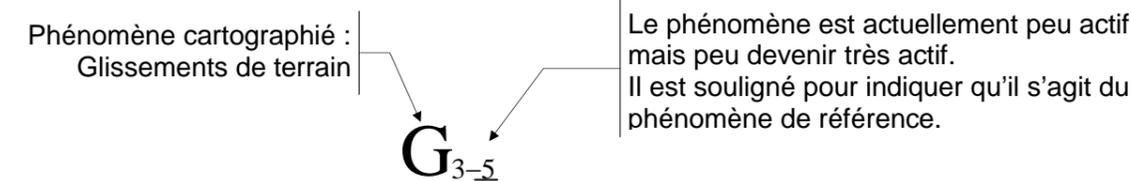
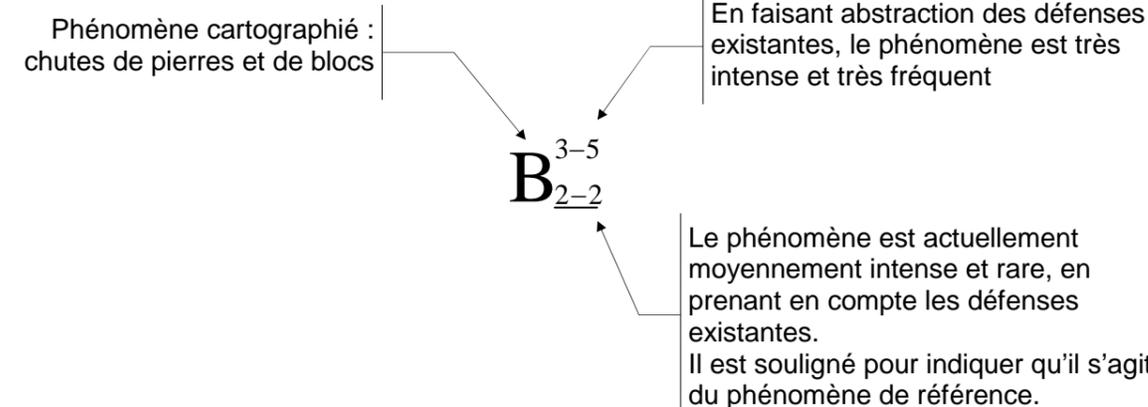
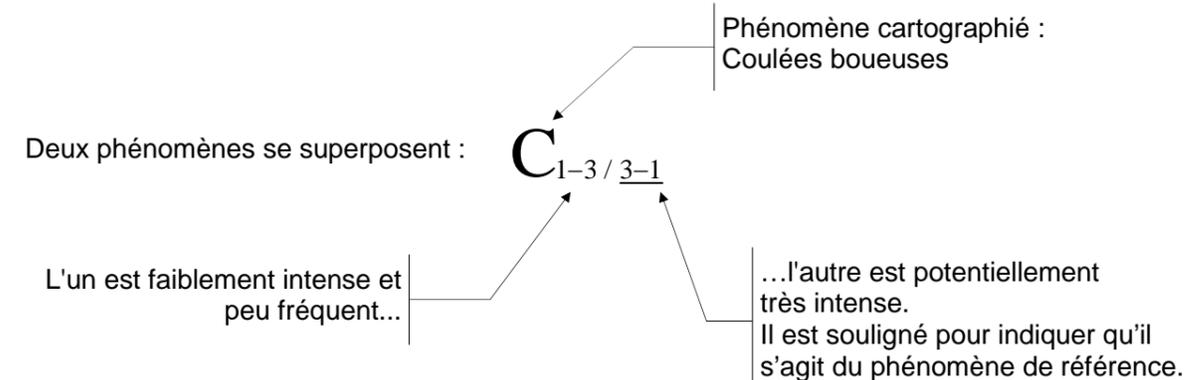
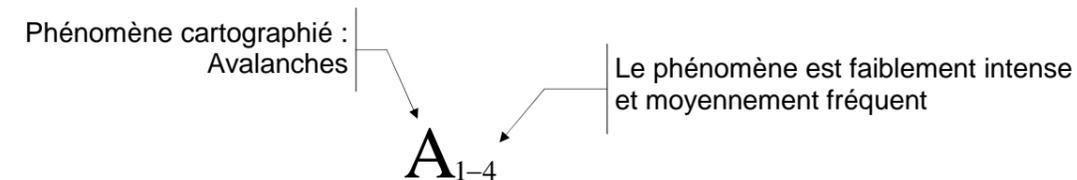
en exposant : degré pondération absolue

en indice : degré de pondération instantanée

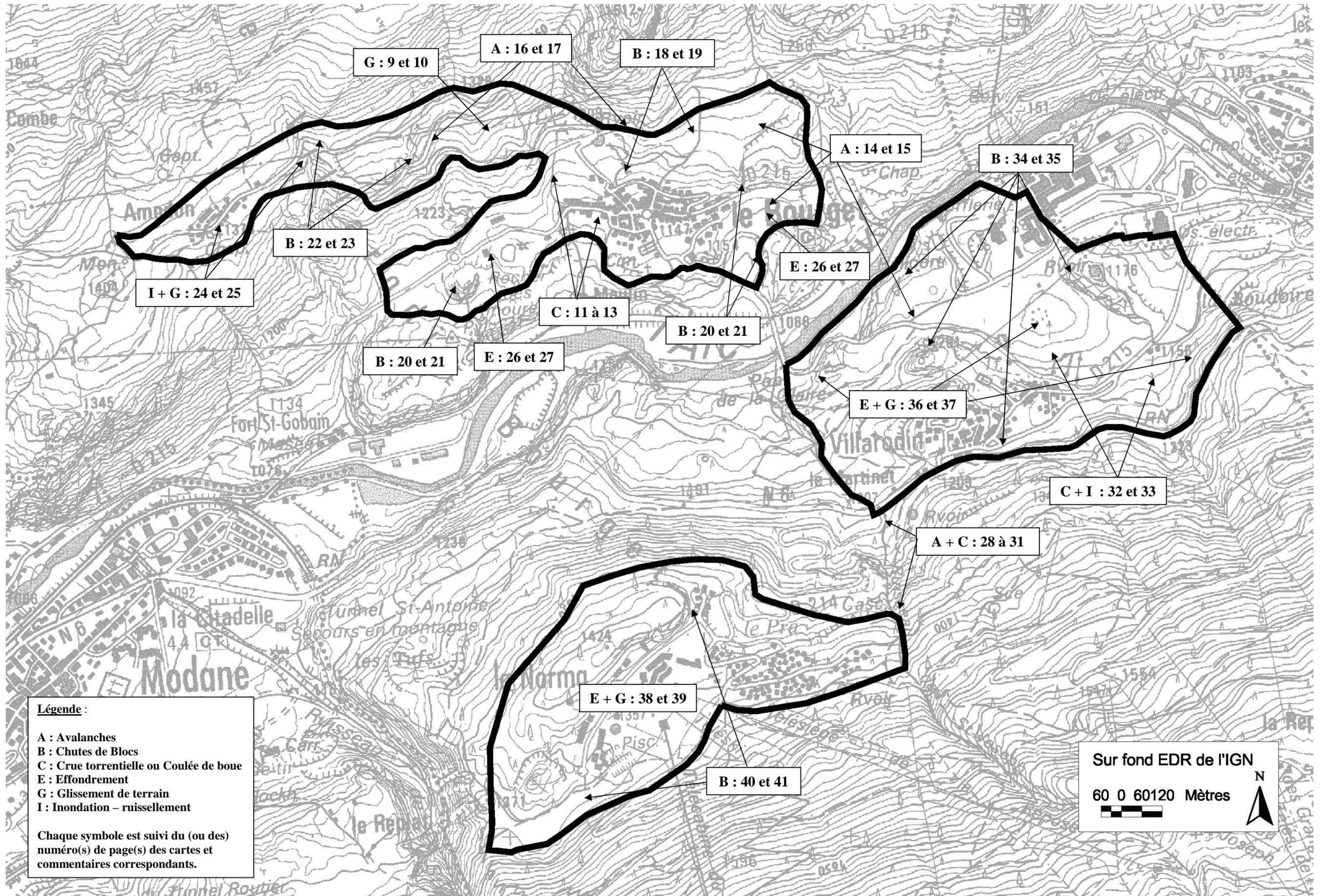
Pour le contenu des degrés de pondération voir en 1.6.2.1, ainsi que la légende.

Avertissement : sur une même classe de pondération, absolue ou instantanée, peuvent cohabiter plusieurs références chiffrées, indiquant par là que sur un même site coexistent des phénomènes de même nature mais d'intensité différente.

Exemples :



1.6.3 – Table des matières cartographique des cartes de caractérisation des phénomènes naturels :



Historique des évènements marquants :

Néant

Protections existantes :

Naturelles : Néant

Artificielles :

Nature :

1) Captage de sources à l'amont des zones en glissement actif, par drains ouverts (au nord-est et en amont de Rimollard, entre 1750 et 1600 m d'altitude). Maîtrise d'ouvrage communale, sur projets RTM :
- 1978 : captage des sources en amont de Rimollard et des glissements déclarés en 1970 et 1978 (cf. p 11), avec canal collecteur descendant sur Rimollard puis vers la combe du Rival, en aval des décrochements ;
- 1981 : 3 captages et 200 ml de tuyaux PVC souples de diamètre 10 cm, posés en régie directe, pour évacuation des eaux hors de la zone instable de la Gde Peyrotaz, à l'est du captage de 1978 ;
- 1984 : ouverture d'un collecteur en aval de ceux de 1981 sur environ 120 ml, dont 75 ml étanchéifié par un tapis PVC + Bidim de 1 m de large ;
- 1991 : reprise du drainage avec amélioration du captage des sources à l'amont du sentier et réalisation de drains en arrêtes de poisson, reliés à deux collecteurs principaux de 0,6 m de large, dont un recouvert de toile (le plus bas).

Efficacité :

1) Bonne : le réseau de drains de 1978 et 1991 est inspecté chaque année par la commune et LTF. Il assèche et réduit sensiblement l'activité des zones en glissement dominant le torrent du Rival.

Phénomène de référence :

Un glissement profond s'est déclaré postérieurement à la dernière période glaciaire (- 20 000 ans) et a modifié sensiblement le profil du versant en amont du Bourget. Il s'est amorcé dans les quartzites de l'arête sud du Râteau d'Aussois, entretenant un écoulement toujours actif jusqu'au GR5, et a créé une suraccumulation de matériaux morainiques et d'éboulis vers 1700 m d'altitude, au lieu-dit « La Cabrette ». Ces matériaux meubles sont en équilibre précaire sur un horizon imperméable constitué de bancs de quartzite au pendage conforme à la pente (Pachoud, 1975). Entretenu par de nombreuses venues d'eau circulant au contact des quartzites et imbibant les moraines, le glissement développe périodiquement des phases d'accélération affectant le front de ces suraccumulations. Perchés au sommet de la barre de quartzite, ces glissements actifs évoluent en éboulements et coulées de boue qui sautent la barre et viennent se déposer dans le lit du torrent du Rival, alimentant ainsi de fréquentes laves torrentielles. Le drainage amorcé dans les années 80 a permis de ralentir ce phénomène. Plus à l'ouest, la barre rocheuse s'estompe et le glissement a pu se propager sans rupture vers le fond de vallée. Il a ainsi constitué une épaisse langue de matériaux hétérogènes, jusqu'en limite amont du CD 215 et du lotissement St Bernard (cf. fig. 1). La carte géologique du BRGM qualifie cette langue de dépôts morainiques. La moraine à gros blocs de micaschistes est d'ailleurs visible sur certains talus de la route d'Amodon. L'étude SIGSOL réalisée en 2009 autour du nouveau réservoir d'eau fait par ailleurs état d'une couche de limons de 3 – 4 m en surface.

Hors une petite zone en glissement entretenue par des venues d'eau, en bordure est des lacets de la route d'Amodon (G₄₋₅), le reste de la langue de dépôts est globalement sèche et ne présente pas d'indices de mouvement récent, comme le confirme l'étude SIGSOL (route non déformée, talus stabilisés...). Elle peut donc être classée en glissement peu actif, pouvant devenir moyennement actif à long terme (G₃₋₄).

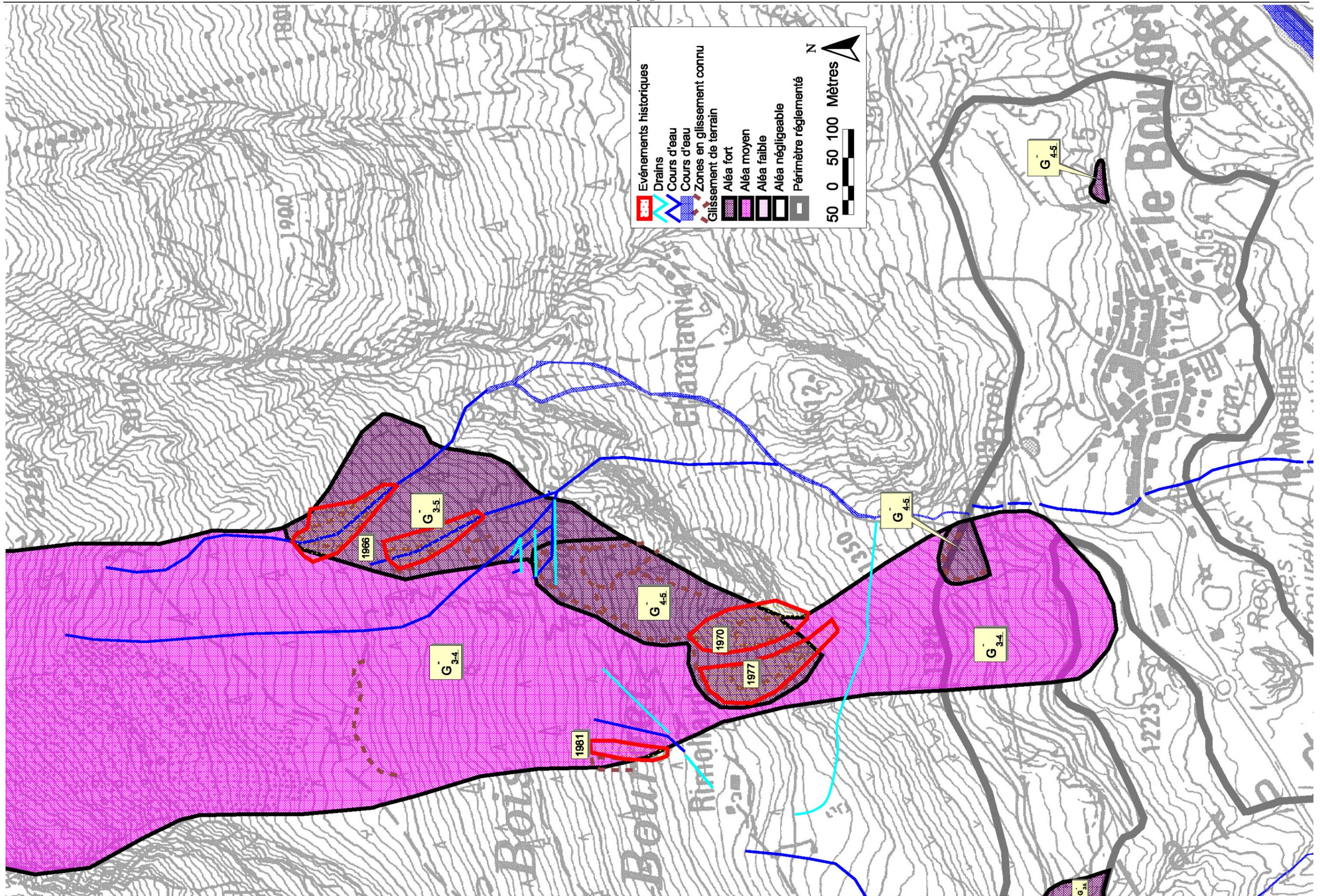
A noter aussi la présence d'anciennes loupes de glissement dans un talus constitué de cargneules altérées, le long du CD 215 aval, à l'est du Bourget (cf. fig. 2). En cas de précipitations prolongées, d'autres effondrements de talus sur la route sont prévisibles (G₄₋₅).



Fig. 1 : enveloppe approximative du glissement post-glaciaire en amont du lotissement de St Bernard



Fig. 2 : loupes de glissement dans un talus de cargneules le long du CD 215, à l'est du Bourget



Historique des évènements marquants :

Torrent du Rival :

- **Il y a plusieurs siècles :** le village du Bourget aurait déjà été touché par une importante coulée de boue. La preuve avancée est qu'il faut maintenant descendre plusieurs marches pour accéder à l'église du XVème siècle, alors qu'autrefois elle était surélevée.
- **21 juin 1929 :** suite à un violent orage, le torrent du Rival forme une lave qui menace la maison Bermond, en rive droite du Rival (1^{ère} maison à l'entrée ouest du Bourget). Les prés et vergers situés à hauteur du CD 215 aval sont recouverts de boue et de pierres.
- **12 juin 1937 :** subitement grossi par un orage et la fonte accélérée d'un épais manteau neigeux, le torrent du Rival entre en crue, ravine son lit et dépose 5 à 6000 m3 de boue sur les prés de Chaussina, jusqu'au pont du CD 215 aval qui est obstrué. Canalisé à la hâte par les habitants, le torrent parvient à traverser le village du Bourget sans gros dégât (forte couche de boue déposée sur le mas de la Glairé tout de même).
- **mai 1966 :** dans la nuit du 2 au 3 mai, la rue principale du Bourget est envahie par une boue fluide de couleur rougeâtre. Dans la nuit du 5 au 6 mai, le pont du CD 215 à l'entrée ouest du Bourget est obstrué par de nouvelles laves très épaisses, charriant de gros blocs. La population parvient à grand peine à le dégager, évitant ainsi de gros dégâts dans le village. Le lendemain, les Eaux et Forêts découvrent qu'une masse de matériaux morainique s'est mis en mouvement sur une surface d'environ 15 000 m², vers 2000 m d'altitude, au dessus des chalets de Chatalamia, en rive gauche de la source du torrent du Rival. Les arbres arrachés sont enchevêtrés et constituent des embâcles qui cèdent régulièrement, mobilisant boue et blocs entre 1900 et 1800 m. Ces boues se répandent dans les prés en amont du village. Par ailleurs, de nombreuses fissures apparaissent en amont de la zone en glissement et des sorties d'eau rougeâtre sont observables plus à l'ouest, au niveau d'un ancien arrachement. Dans la nuit du 16 au 17 mai, de nouveaux arrachements se produisent dans la zone, comme le redoutaient les forestiers. Ils évoluent là encore en laves torrentielles chargées de blocs, lesquelles obstruent à plusieurs reprises le pont du CD à l'entrée ouest du Bourget. La population doit travailler sur les lieux une partie de la nuit pour empêcher que ces laves ne débordent le pont et n'envahissent le village. Une digue de 20 m de long est alors érigée au dessus de l'actuelle route d'Amodon.
- **18 au 21 mai 1970 :** suite à un hiver très enneigé, les eaux de fonte printanières saturent les matériaux morainiques en équilibre précaire sur une falaise de quartzite et génèrent une série d'éboulements au droit d'un ancien entonnoir d'érosion, vers 1600 m d'altitude. Cette nouvelle zone de glissement se trouve environ 700 m au sud-ouest de celle de 1966. De très gros blocs sautent régulièrement la barre rocheuse et s'immobilisent dans le couloir du Rival, en amont de l'extrémité ouest du Bourget. Les habitations menacées sont évacuées préventivement par le maire.
- **Hiver 1975 :** poursuite et aggravation du glissement de terrain.
- **29 mai 1977 :** un glissement de terrain se produit à l'ouest du glissement de 1970, provoquant une importante coulée de boue vers 20h. Sorties d'eau importantes environ 400 m en amont du front de l'éboulement, qui se déversent dans les matériaux instables et en accroissent l'instabilité.
- **15 juin 1977 :** un dernier glissement de terrain se produit sur environ 40 m de large à l'amont de la zone éboulée fin mai, suivi d'une chute de blocs dont aucun n'atteint la tourne.
- **01 avril 1981 :** à la suite de fortes précipitations fin mars, des coulées boueuses se produisent dans le Rival, obstruant le pont du CD 215 aval et bifurquant vers le village du Bourget. Des blocs doivent être enlevés du pont pour rétablir l'écoulement dans son lit.
- **1985 :** nouvelles coulées boueuses dans le Rival, rendant souhaitable une plage de dépôt en complément de la digue préexistante.
- **04 juillet 1987 :** le Rival en crue bouche quasiment le pont d'Amodon par de gros blocs, ce qui provoque de petits débordements liquides sur la route d'Amodon et sur le CD 215 amont. Le lit est encombré de gros dépôts sous et à l'amont du pont d'entrée au Bourget.
- **Ces dernières années :** petites crues du Rival par fortes pluies ou à la fonte des neiges, ravinant les anciens dépôts de lave et déposant de la boue dans le fond de la plage de dépôt (dépôt récent d'environ 50 m³, observé en 2011). Le TDL de Modane n'a pas eu à déplorer des débordements du Rival sur les routes départementales depuis la réalisation de la plage de dépôt en 1988.

Protections existantes :

Naturelles : Néant

Artificielles :

Nature : (de l'amont vers l'aval)

- 1) Captage de sources à l'amont des zones en glissement actif, par drains ouverts** (au nord-est et en amont de Rimollard, entre 1750 et 1600 m d'altitude). Maîtrise d'ouvrage communale, sur projets RTM :
 - 1978 : captage des sources en amont de Rimollard et des glissements déclarés en 1970 et 1978 (cf. p 11), avec canal collecteur descendant sur Rimollard puis vers la combe du Rival, en aval des décrochements ;
 - 1981 : 3 captages et 200 ml de tuyaux PVC souples de diamètre 10 cm, posés en régie directe, pour évacuation des eaux hors de la zone instable de la Gde Peyrotaz, à l'est du captage de 1978 ;
 - 1984 : ouverture d'un collecteur en aval de ceux de 1981 sur environ 120 ml, dont 75 ml étanchéifié par un tapis PVC + Bidim de 1 m de large ;
 - 1991 : reprise du drainage avec amélioration du captage des sources à l'amont du sentier et réalisation de drains en arrêtes de poisson, reliés à deux collecteurs principaux de 0,6 m de large, dont un recouvert de toile (le plus bas).
- 2) Débardage des gros bois par hélico sur et en amont des zones en glissement**, pour décharger les terrains (MO communale : 1984, 2011). Un nouveau débardage par câble d'environ 2000 m³ d'épicéas est prévu bientôt.
- 3) Merlon en terre de 250 m de long et 3 à 4 m de haut, à la cote 1240 m**, en amont du Bourget (Molettaz), pour arrêter les chutes de blocs et les coulées de boue issues du glissement (cf. fig. 5). Travaux sous maîtrise d'ouvrage communale : création en 1971 et surélévation / prolongation vers l'ouest en 1978, suite aux glissements de 1977. Curage de l'ouvrage en 1981.
- 4) Plage de dépôt d'une capacité d'environ 500 à 1000 m³ réalisée contre le merlon existant**, avec ouverture d'un ouvrage grille de 2 m de haut et protection des remblais en enrochements bétonnés sur 2,5 m de haut de part et d'autre de la grille (cf. fig. 6). Travaux réalisés en 1988 sous MO communale, suite aux crues de 1985 et 1987.
- 5) Stabilisation du lit en aval de la plage de dépôt par 3 seuils et 3 contre seuils en enrochements bétonnés, vers 1230 m** (cf. fig. 7). Travaux réalisés en 1988 et complétés en 2001, sous maîtrise d'ouvrage communale.
- 6) Curages et élagages réguliers du lit du Rival depuis le merlon ou la route d'Amodon jusqu'aux maisons du Bourget** (en 1971, 1981, 1984 et dans les années 90 - MO communale). Elagage des berges en 2008.

Efficacité :

- 1) Bonne :** le réseau de drains de 1978 et 1991 est inspecté chaque année par la commune et LTF. Il assèche et réduit sensiblement l'activité des zones en glissement dominant le torrent du Rival.
- 2) Bonne :** ces coupes de gros bois déchargent les terrains instables tout en évitant chablis et infiltrations.
- 3 et 4) Bonne :** cette combinaison d'ouvrages globalement entretenus (dernier curage à la fin des années 90) semble capable d'arrêter l'essentiel des laves issus d'un éventuel nouveau glissement en masse.
- 5) Bonne :** l'action érosive des eaux de crue déchargées de leurs matières solides par la plage de dépôt est contrôlée par les seuils dans cette section à forte pente.
- 6) Bonne :** l'entretien du lit mineur à l'aval de la route d'Amodon et la qualité des ouvrages de franchissement de routes limitent sensiblement le risque de débordement en amont du Bourget.

Phénomène de référence :

Un glissement profond s'est déclaré postérieurement à la dernière période glaciaire (- 20 000 ans) et a modifié sensiblement le profil du versant en amont du Bourget. Il s'est amorcé dans les quartzites de l'arête sud du Râteau d'Aussois, entretenant un écroulement toujours actif jusqu'au GR5, et a créé une suraccumulation de matériaux morainiques et d'éboulis vers 1700 m d'altitude, au lieu-dit « La Cabrette ». Ces matériaux meubles sont en équilibre précaire sur un horizon imperméable constitué de bancs de quartzite au pendage conforme à la pente (Pachoud, 1975). Entretenu par de nombreuses venues d'eau circulant au contact des quartzites et imbibant les moraines, le glissement développe périodiquement des phases d'accélération affectant le front de ces suraccumulations. Perchés au sommet de la barre de quartzite, ces glissements actifs évoluent en éboulements et coulées de boue qui sautent la barre et viennent se déposer dans le lit du torrent du Rival, alimentant ainsi de fréquentes laves torrentielles (cf. fig. 1).

Une phase active a eu lieu en 1966 sur l'est de la zone, suivie par une déstabilisation de l'ouest de la zone dans les années 70. Si les éboulements ne semblent pas s'être propagés au-delà de l'actuel merlon, les coulées de boue, guidées par le torrent du Rival, se sont répandues au moins à cinq ou six reprises jusqu'au village du Bourget, au cours des 40 années précédant la réalisation de la plage de dépôt. Grâce au drainage de surface réalisé depuis les années 80 au sommet des glissements les plus actifs (cf. fig.2), et grâce sans doute à des décennies plus sèches, les zones d'arrachement semblent s'être relativement stabilisées ces 20 dernières années. Aucune véritable lave torrentielle n'est d'ailleurs venue combler la plage de dépôt depuis sa création en 1988 et les zones dénudées se reboisent peu à peu (cf. fig. 3 et 4).

Le drainage actuel, par son caractère plutôt superficiel, ne peut toutefois garantir l'absence de nouvelles phases de re-mobilisation des moraines dans les décennies à venir. La plage de dépôt devrait quand même pouvoir retenir l'essentiel des blocs et troncs d'arbres transportés par les laves torrentielles. En aval, les seuils devraient quand à eux éviter l'enfoncement du lit sur cette section encore raide et limiter ainsi l'apport de matériaux supplémentaires. Sachant par ailleurs que les gabarits des ponts communaux et départementaux sont satisfaisants, que le lit mineur est globalement bien dégagé et que sa pente (20%) ne favorise pas les dépôts, le transit des laves entre la route d'Amodon et le Bourget devrait désormais se passer sans gros débordement. Un accrochage du pont de la route d'Amodon, avec ruissellement sur la route communale puis sur le CD 215, comme en 1987, reste envisageable pour une crue centennale (C₁₋₂). De même, du fait d'une diminution de pente (14%) pouvant favoriser un dépôt localisé de matériaux au niveau des premières maisons du Bourget, un débordement de faible intensité reste possible en rive gauche, via une rampe d'accès à un garage, avec ruissellement possible sur la route vers l'est, puis sur une maison en contrebas (C₁₋₃). En revanche, les anciennes zones d'engravement dans les prés en amont du village sont aujourd'hui considérées comme protégées (C₀).



Fig. 5 : le merlon en 1984



Fig. 6 : la plage de dépôt en 2011. Noter les apports récents.



Fig. 1 : vue générale du Rival en 1986



Fig. 2 : l'un des drains ouvert, en 2011

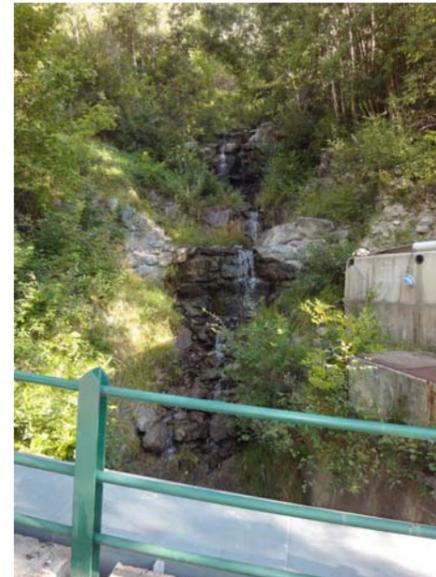


Fig. 7 : les seuils en 2011



Fig. 8 : la zone de débordement possible du Rival à l'entrée du Bourget

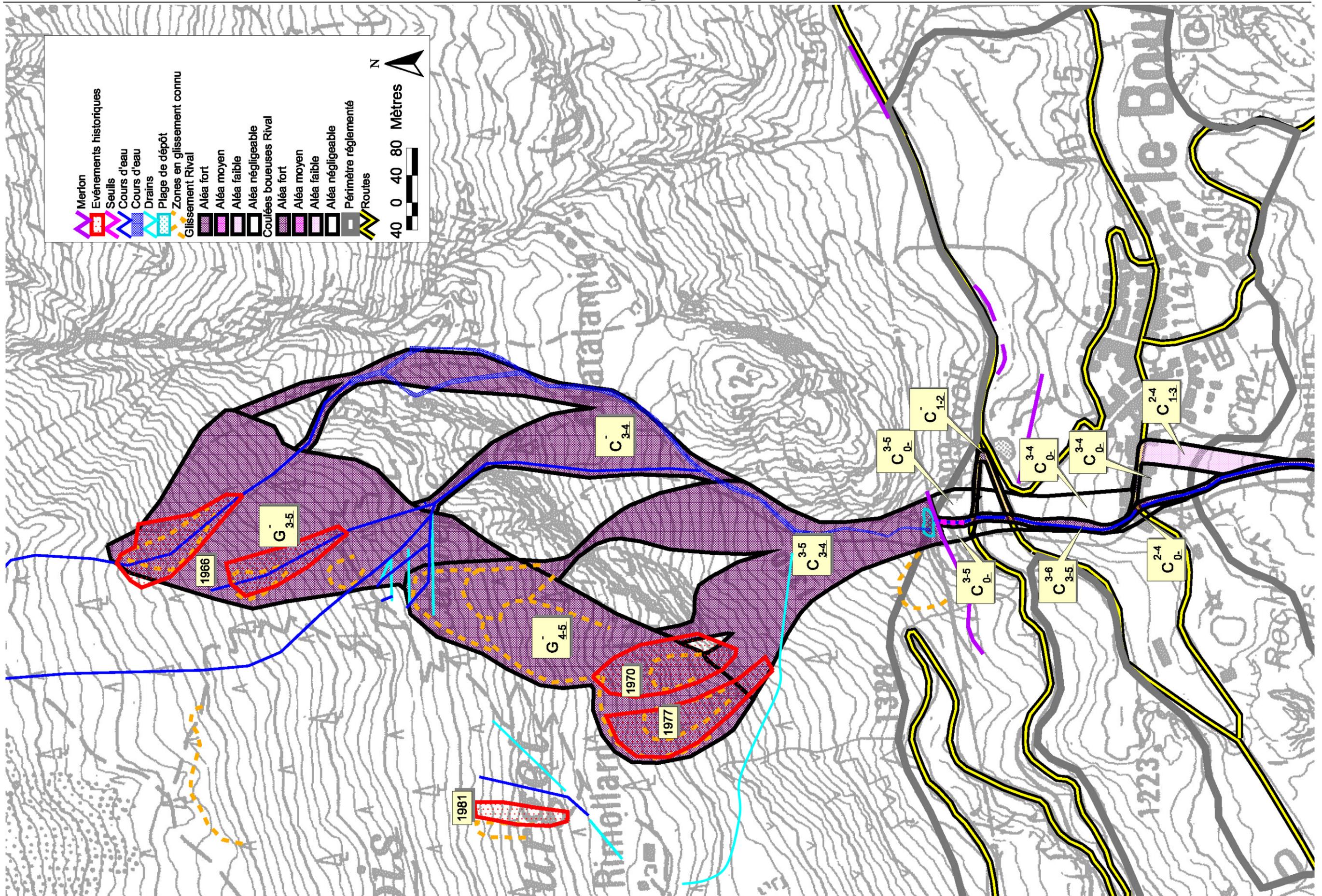


Fig. 3 : photo aérienne du Rival en 1982



Fig. 4 : même vue en 2006 (noter le reboisement naturel)

*Remarque concernant le lien entre la carte des aléas ci-après et le zonage réglementaire :
La doctrine départementale de la DDT concernant les bandes de recul le long des ruisseaux nous conduit à retenir, de manière forfaitaire, une bande inconstructible d'environ 10 m à compter du sommet de berge sur chaque rive du Rival.*



Historique des évènements marquants :

Couloir de Ste Appolonie (n° 23 CLPA / n°2 EPA) :

Ce couloir exposé plein sud sous le Râteau d'Aussois s'étend entre 2650 et 1080 m d'altitude, sur une longueur de 3,5 km. La zone de départ sommitale se présente comme une combe herbeuse. Elle bascule sous le GR5 (2350 m) dans un entonnoir plus raide et rocheux, où les départs sont plus fréquents. L'écoulement est ensuite bien canalisé dans une gorge rocheuse jusqu'au CD 215 amont (cf. fig. 1).

Avant l'ouverture du CD 215 amont vers 1974, l'avalanche coupait le CD 215 aval (à 1150 m) en moyenne tous les 3 ans. Elle venait souvent mourir dans l'Arc ou à proximité (1090 m). Depuis, elle descend toujours à peu près avec la même fréquence jusqu'au remblais de la nouvelle route (1250 m) mais une seule avalanche en 37 ans est parvenue à franchir la plage de dépôt formée par ce remblai (avalanche de 1984 – cf. fig. 2).

Par ailleurs, cette avalanche de grande ampleur forme parfois un puissant aérosol qui touche Chatalamia et qui peut traverser l'Arc. Un témoin précise qu'une fois, le souffle aurait cassé des vitraux sur l'église de Villarodin et secoué des toits en tôles dans le village.

- **14 décembre 1906** : l'avalanche coupe le CD 215 (aval) à 1150 m.
- **19 mars 1918** : le souffle de l'avalanche emporte les chevaux d'un régiment circulant sur le CD 215 (aval).
- **23 janvier 1920** : une avalanche de fond dépose 5 m de neige sur le CD 215 (aval) qui reste fermé pendant trois mois et atteint l'Arc. Phénomènes analogues en 1922, 1923 et 1928.
- **10 janvier 1945** : un convoi de militaires qui se trouvait sur le CD 215 (aval) aurait été emporté jusque dans l'Arc par l'avalanche de fond.
- **1946, 1947, 1950, 1951, 1953, 1958 et 1961** : l'avalanche coupe le CD 215 (aval) et atteint l'Arc.
- **Vers Noël 1965** : le CD 215 (aval) est coupée par l'avalanche qui y dépose 7 à 8 m de neige. La poudreuse traverse l'Arc et plâtre la falaise de l'héliport, en rive opposée.
- **22 mars 1971** : une branche de l'avalanche suit la piste d'exploitation EDF en rive droite sur une centaine de mètres vers 1250 m (tracé de la piste similaire à l'actuel CD 215 amont). Cette branche reste canalisée sur la piste qui vient d'être déneigée au chasse neige. Elle ne déborde pas sur le replat en aval. L'écoulement principal vient couper le CD 215 (aval) en y déposant 3 m de neige humide et s'arrête sur le replat sous la route, juste avant l'Arc.
- **02 février 1978** : l'aérosol emporte la toiture d'un chalet à Chatalamia (ancien chalet UCPA).
- **04 janvier 1982** : une avalanche de plaque partie vers 2000 m, en rive droite du ruisseau, déborde de son couloir vers 1580 m, toujours en rive droite, et bascule dans la pente sud dominant les chalets de Chatalamia. Le souffle (et probablement une partie plus dense) vient éventrer la façade amont du chalet de Chatalamia situé au pied du rocher (ancien chalet UCPA). L'écoulement bascule dans un petit couloir au sud du chalet et le déboise jusque vers 1300 m. La partie la plus dense de l'écoulement suit le fond du couloir principal et s'arrête contre le remblai du CD 215 amont, à 1250 m d'altitude.
- **08 février 1984** : D'après les données consignées dans l'EPA et précisées de mémoire par l'observateur ONF M François MANUEL et par le contrôleur de la DDT M TRACQ, cette avalanche, constituée de neige plutôt froide, aurait coupé le CD 215 amont sur une épaisseur de 2 m et une longueur de 100 m. Comme en 1971, elle aurait suivi un temps la route en direction du Bourget, guidée par la pente et par le talus de déneigement côté aval. Elle aurait déposé de la neige en rive droite sous le CD 215 amont (1200 m) mais ne se serait pas étalée bien loin sur le replat. Elle aurait ensuite repris le couloir en contrebas de la barre rocheuse de rive droite, sans atteindre le CD 215 aval.
- **28 février 1995** : l'avalanche, déjà descendue en poudreuse le 6 février, s'arrête contre le remblai du CD 215, à 1240 m d'altitude, en remplissant la cuvette à l'amont.
- **21 mars 2010** : l'avalanche partie au terrain en neige humide, suite à un redoux, vers 2400 m dans le ravin principal et vers 2200 m dans la combe en rive droite, se dépose jusqu'à 1240 m, à une dizaine de mètres du remblai du CD 215. Le dépôt atteint 80 m de long, 10 m de large et 3 m d'épaisseur.

Protections existantes :

Naturelles : Néant

Artificielles :

Nature :

Remblais du CD 215 amont de 8 m de haut, formant plage de dépôt (travaux sous MO du CG73 en 1974)

Efficacité :

Bonne : cette plage de dépôt suffit à arrêter la plupart des avalanches de neige dense. Pour les plus volumineuses (fréquence trentennale à cinquennale), des débordements se produisent et cet obstacle a tendance à dévier l'écoulement vers la rive droite, en direction du Bourget, à cause de l'inclinaison de la route et du talus de neige qui surmonte son parapet côté aval

Phénomène de référence :

Concernant l'écoulement dense, nous retiendrons une avalanche centennale issue de la combe sommitale, entre 2650 et 2350 m, mobilisant à son passage une importante quantité de neige dans l'entonnoir entre 2350 et 1900 m, se concentrant dans les gorges rocheuses, atteignant le remblais du CD 215 partiellement rempli par une avalanche antérieure et débordant en rive droite via la route. Ce débordement serait plus volumineux que celui de 1984 et pourrait basculer dans la combe parallèle au couloir principal jusqu'au lieu-dit Mt Cenis. L'autre langue atteindrait l'Arc suivant la trajectoire habituelle (A₃₋₃ ou A₃₋₄). L'effet de souffle associé, très marqué sur le plateau de Chatalamia (A₂₋₅), pourrait frôler le Bourget, plâtrer la falaise en rive gauche de l'Arc (A₁₋₅) et être assimilé à un fort coup de vent jusqu'à proximité du village de Villarodin (A₁₋₃).

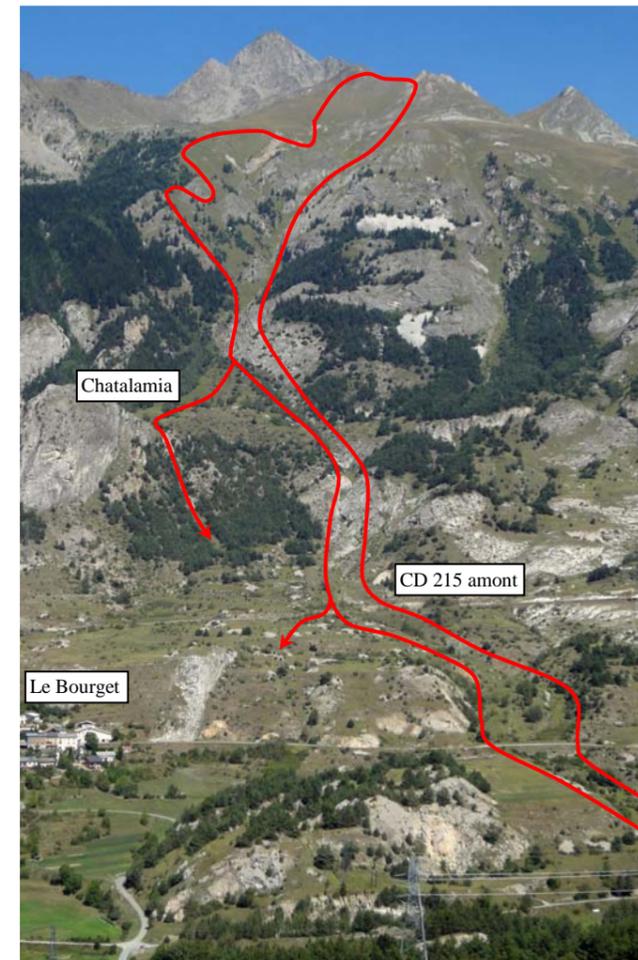


Fig. 1 : vue générale du couloir depuis La Norma

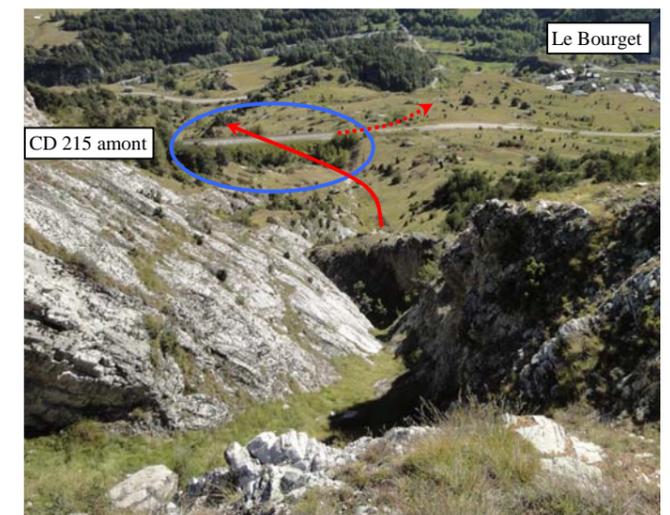
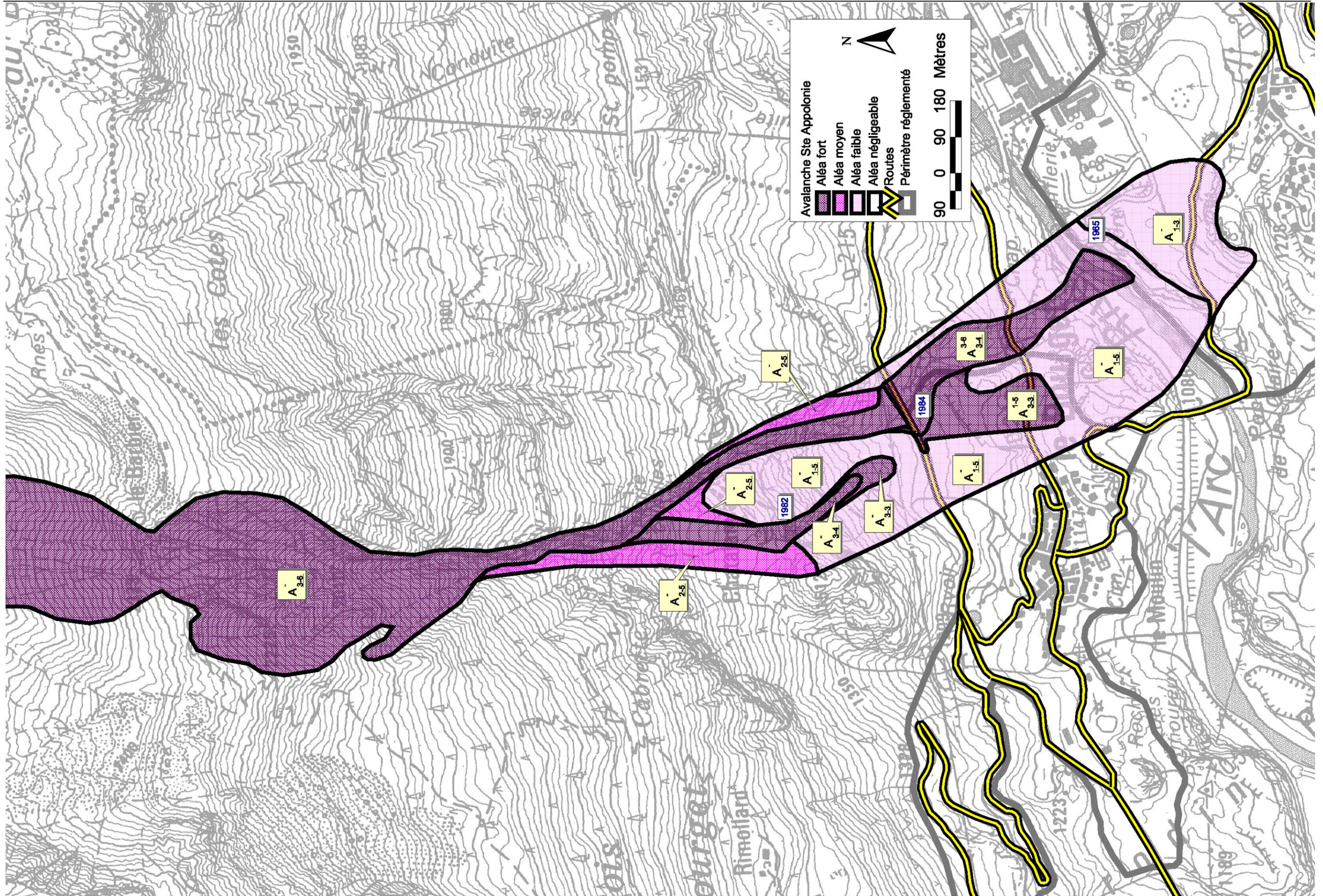


Fig. 2 : la zone d'écoulement avec le remblais du CD 215



Historique des évènements marquants :

Sous le rocher de Chatalamia :

- **14/02/1990 (?)** : suite à de fortes chutes de neige (90 cm) suivies de fortes pluies (90 mm), des coulées de neige très lourde viennent obstruer le CD 215 amont sur toute sa largeur (témoignage CG73).

Sur la route d'Amodon :

Un habitant d'Amodon et M T. Buisson des services techniques nous ont confirmé que la pente herbeuse orientée au sud-est sous le pylône HT donnait des coulées de neige qui pouvaient couper la route (cf. fig. 1). Une ligne de bouleaux aurait été plantée pour arrêter la neige avant le second passage de route. Il s'agirait selon eux de la seule zone avalancheuse menaçant vraiment la route d'Amodon.

Protections existantes :

Artificielles :

Nature :

- 1) Replat du CD 215 amont (environ 10 m) ou de la route d'Amodon (environ 5 m).

Efficacité :

- 1) Bonne concernant le CD 215, pour arrêter les purges du versant, **moyenne** pour la route d'Amodon.

Phénomène de référence :

Sous le rocher de Chatalamia :

Les dérochoirs subverticaux du rocher de Chatalamia se prolongent vers l'aval par des dalles de dolomies très raides (>50°) et très lisses, où de petites purges peuvent se produire après de fortes chutes de neige, suivies ou non de pluie. Ces coulées, peu volumineuses, peuvent s'étendre latéralement à des pentes moins raides (tabliers d'éboulis peu végétalisés) et venir obstruer le CD 215 à l'est de l'embranchement de la route d'Amodon, sur une longueur maximale de 120 m (cf. fig. 3 – A₂₋₅). Cette zone avalancheuse est repérée par photo-interprétation sur la Carte des Avalanches (CLPA).

Sur la route d'Amodon :

Nous avons recensé deux zones de coulées de neige pouvant concerner la route d'Amodon :

- La première en montant la route se situe dans une petite combe herbeuse sous le plateau de Rimollard, vers 1500 m d'altitude, en bordure des éboulis de quartzite. La zone de départ s'étend sur des pentes herbeuses inclinées à 35° et orientées au sud-est, donc favorables à de petites accumulations par vent dominant d'ouest (cf. fig. 2). Les coulées convergent dans la combe peu boisée en feuillus et peuvent se propager jusqu'au premier passage de route, voir jusqu'au second en cas de fort enneigement (deux fois 20 m). Cette zone est repérée par photo-interprétation sur la Carte des Avalanches (CLPA). (A₂₋₅ puis A₂₋₄).

- La seconde, confirmée par des témoins, se situe dans une pente herbeuse très raide (45°), juste en contrebas du replat où a été implanté un pylône HT. Egalement orientée au sud-est, cette zone peut favoriser la formation de congères par vent dominant d'ouest et générer de fréquentes coulées, qui coupent la route sur un, voir deux niveaux (60 + 30 m concernés) (cf. fig. 1 – A₂₋₆ puis A₂₋₅).

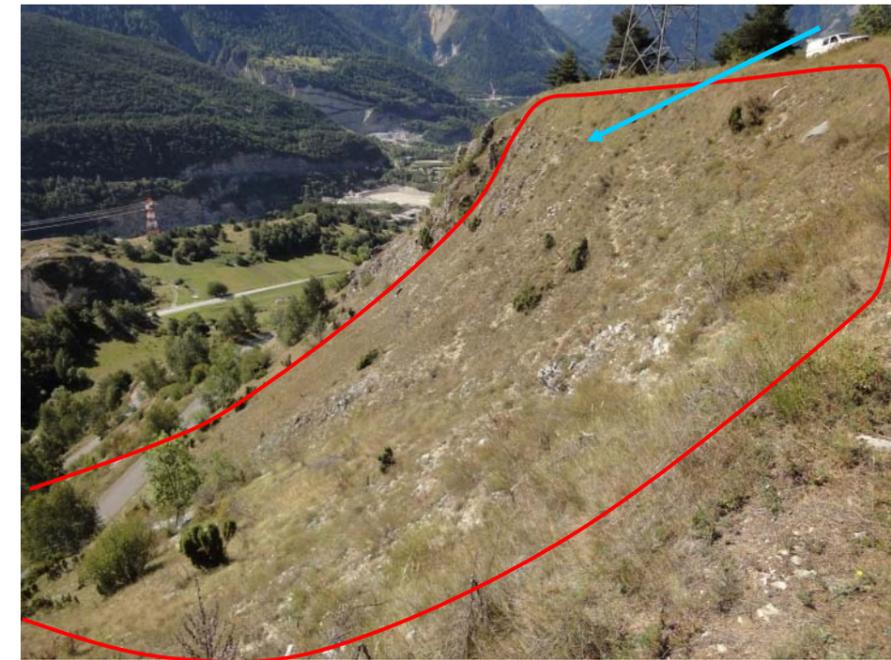


Fig. 1

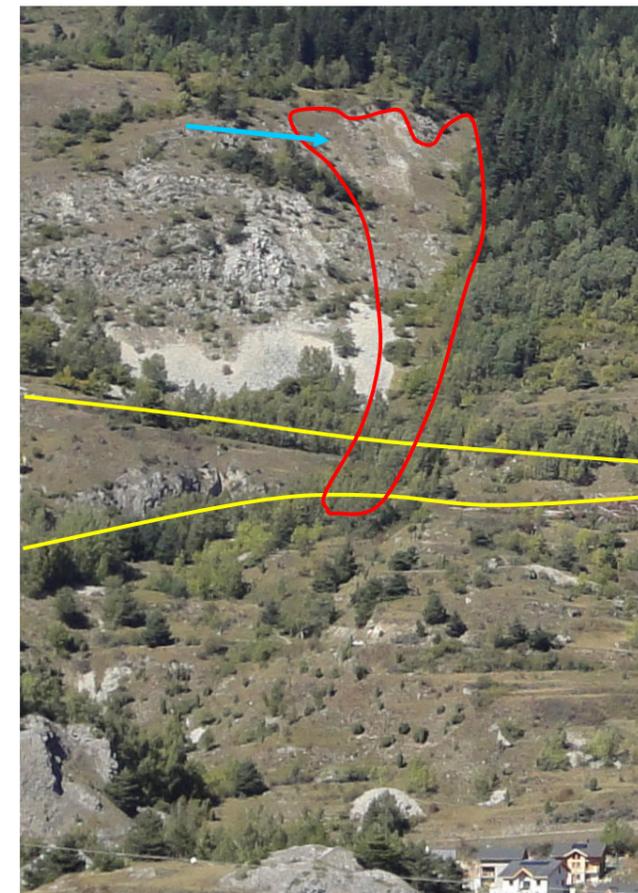


Fig. 2

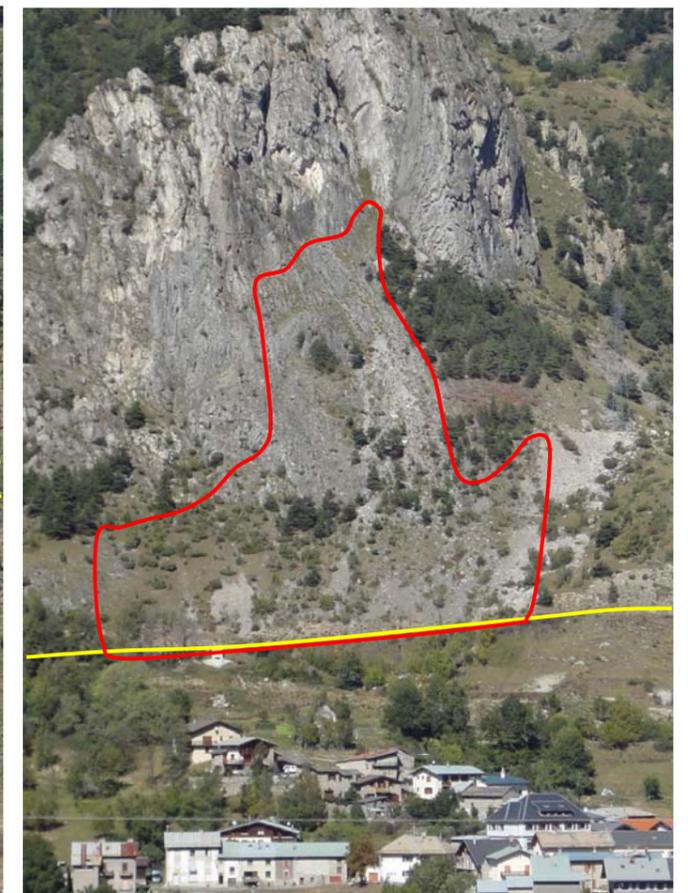
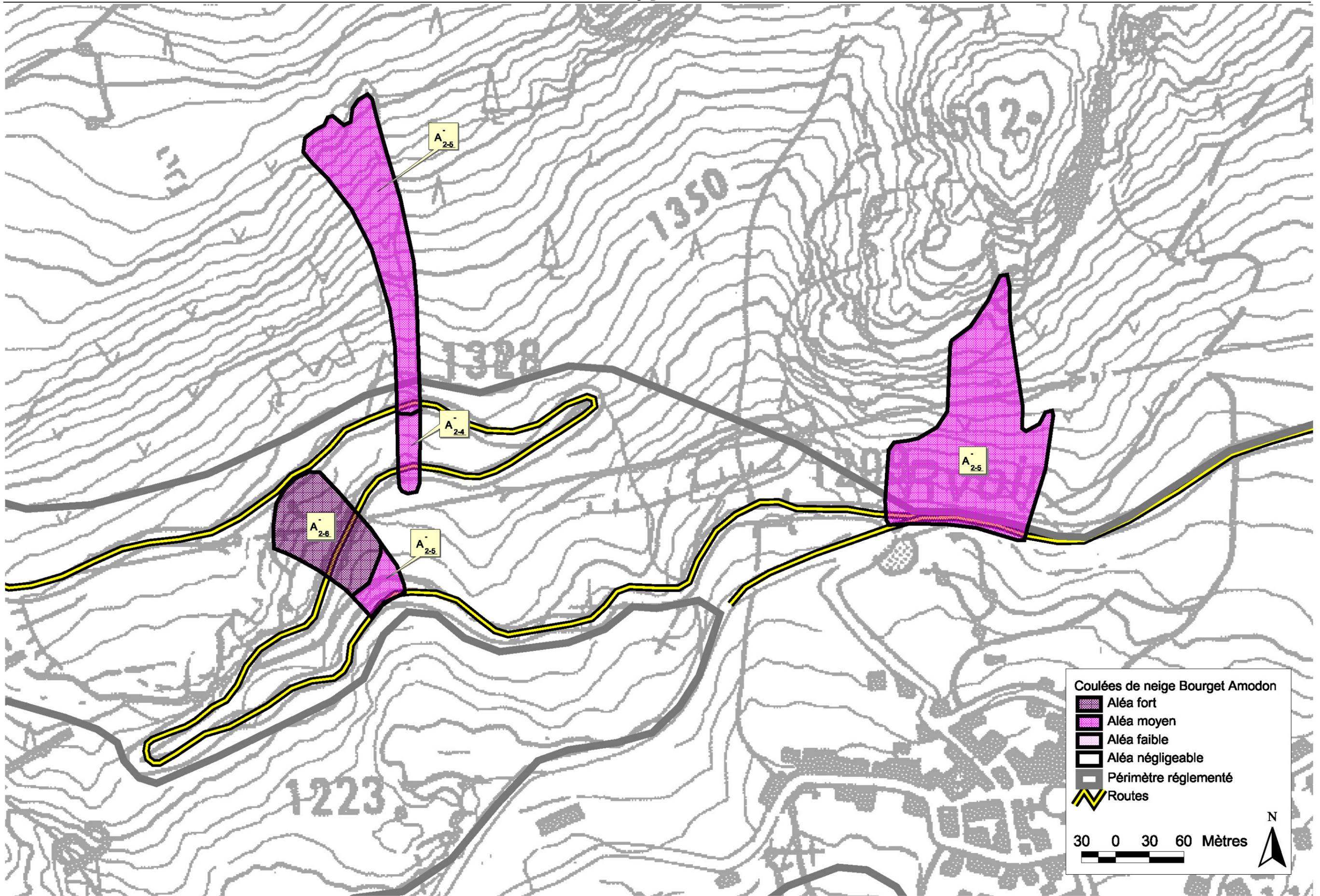


Fig. 3

En rouge : contour des zones avalancheuses, en bleu : direction du vent dominant, en jaune : les routes menacées.



Historique des évènements marquants :

Depuis le rocher de Chatalamia :

- **Fin 1974** : chute de blocs dépassant le CD 215 amont mais n'atteignant pas le village du Bourget.
- **28 décembre 1983** : environ 220 m3 de roches dolomitiques se détachent du versant sud du rocher de Chatalamia et endommagent le CD 215. Un gros bloc de 68 m3 défonce le CD sur toute sa largeur et s'arrête 80 m en aval, à 70 m des premières habitations. On note aussi quelques blocs épars en aval du CD (1 à 9 m3) (Cf. fig. 1 et 2).
- **Printemps 1986** : une grosse écaille de dolomie de 200 à 300 m3 se détache du flanc est du rocher de Chatalamia. Les lacets du sentier d'accès à Chatalamia servent de piège à blocs mais certains éléments se propagent jusqu'à proximité du CD 215 (un bloc arrêté seulement 12 m en amont). Les pins sylvestres sont broyés par des blocs atteignant jusqu'à 8 m3 (cf. fig. 5).
- **30 septembre 2006** : chute de deux blocs (total de 2 m3 environ) sur le CD 215 amont, provenant d'une hauteur d'environ 20 m au dessus du pied de falaise. Cet évènement a entraîné une fermeture préventive de la route, un examen géologique de la falaise, la mise en place d'un merlon provisoire de 3 m de haut le long du CD amont pour protéger le Bourget et la purge manuelle de six dalles instables de 5 à 10 m3 chacune. Lors de cette purge, un bloc de 50 m3 très fracturé a été identifié, juste à côté de la niche d'arrachement de 1983 (cf. fig. 1). Le service Risques Naturels du CG73 a alors décidé de son micro-minage avant réouverture de la route. Un calcul trajectographique 2D réalisé par le BRGM à l'aide du logiciel Pierre 98 a montré que ce bloc pouvait rouler jusqu'à une cinquantaine de mètres des maisons. Par précaution, dans l'hypothèse notamment d'un départ du bloc avant fragmentation, il a été décidé de réaliser un second merlon en contrebas du CD avant minage (cf. fig. 3). Après minage, le merlon temporaire en amont du CD 215 a été supprimé mais le second a été conservé, en attendant une étude de dimensionnement plus complète, qui intègre toutes les trajectoires possibles.

La mémoire locale ne retient aucun évènement ayant atteint le village du Bourget. En revanche, on observe au moins cinq gros blocs anciens (dont deux de 200 m3 chacun) à quelques dizaines de mètres seulement des premières maisons (20 à 50 m).

Protections existantes :

Naturelles : Néant

Artificielles :

Nature :

- 1) **Merlon de 250 m de long et 3 à 4 m de haut, à la cote 1240 m**, en amont du Bourget (Molettaz), pour arrêter les chutes de blocs et les coulées de boue issues du glissement. Travaux réalisés en 1978 et 1978 sous maîtrise d'ouvrage communale. Curage de l'ouvrage en 1981.
- 2) **Replat du CD 215 amont (environ 10 m)**, doublé localement de **talus de 2 à 3 m de haut**.
- 3) **Merlon de 165 m de long et 5 m de haut** (localement 3 m au droit d'une canalisation), situé entre le CD 215 amont et les premières maisons du Bourget. Travaux réalisés en 2006 sous maîtrise d'ouvrage communale.

Efficacité :

- 1) **Assez bonne** : l'ouvrage semble capable d'arrêter tous les blocs, sauf en cas d'éboulement majeur ou de remplissage préalable de la fosse par une lave torrentielle du Rival.
- 2) **Faible** : la raideur des pentes à l'amont et l'énergie cinétique acquise par les plus gros blocs permettent à la plupart des éboulements de franchir ce replat (cf. évènements de 1974 et 1983).
- 3) **Assez bonne** : le merlon est correctement dimensionné pour un départ à mi-falaise (comme en 1983) mais aucune étude trajectographique n'a été faite pour évaluer son efficacité vis-à-vis de trajectoires plus pénalisantes. De plus, il n'a pas été suffisamment prolongé vers l'est par rapport à l'étude BRGM (il manque une quinzaine de mètres).

Phénomène de référence :

On retiendra principalement deux zones d'alimentation en gros blocs de dolomie compacte, d'un volume unitaire de 5 à 100 m3, avec possibilité de blocs en forme de disque (cf. fig. 5). La zone sud domine directement le village mais grâce au merlon existant, il semble acquis que les premières maisons ne sont plus menacées (B₀). Faute d'étude trajectographique en l'état actuel du terrain, intégrant des départs en sommet de falaise, une bande de sécurité de 50 m est toutefois conservée à l'arrière de l'ouvrage. De plus, en cas de trajectoire similaire à celle de 1983, un gros bloc pourrait rouler contre l'extrémité est du merlon sans être arrêté par la fosse et venir mourir à quelques mètres des premiers bâtiments (cf. fig. 2 et 4 – B₃₋₃). Ce risque disparaîtra en cas de réalisation du merlon définitif par le CG 73.



Fig. 1 : niche d'arrachement de 1983.



Fig. 2 : le bloc de 68 m3 déposé à 70 m des maisons, en 1983.



Fig. 3 : vue du Bourget depuis le sommet du rocher

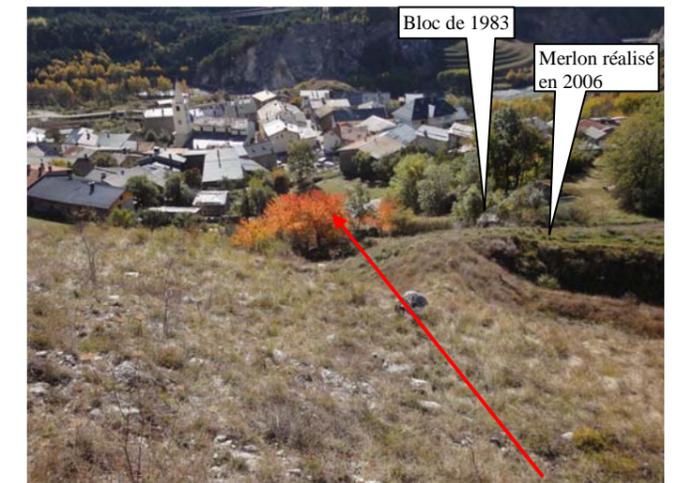


Fig. 4 : trajectoire menaçante en bordure est du merlon.

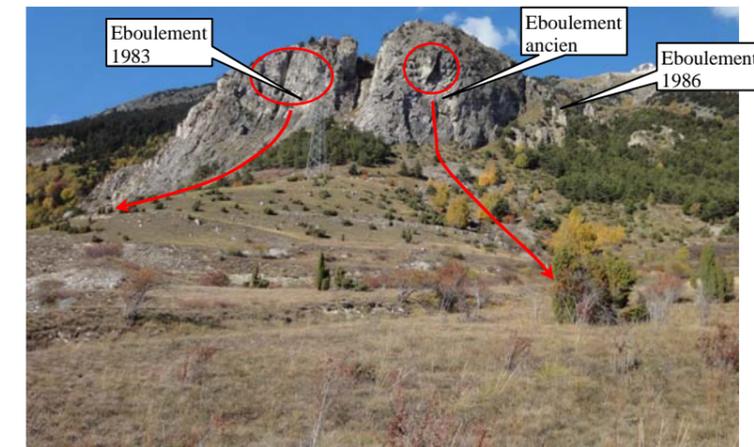
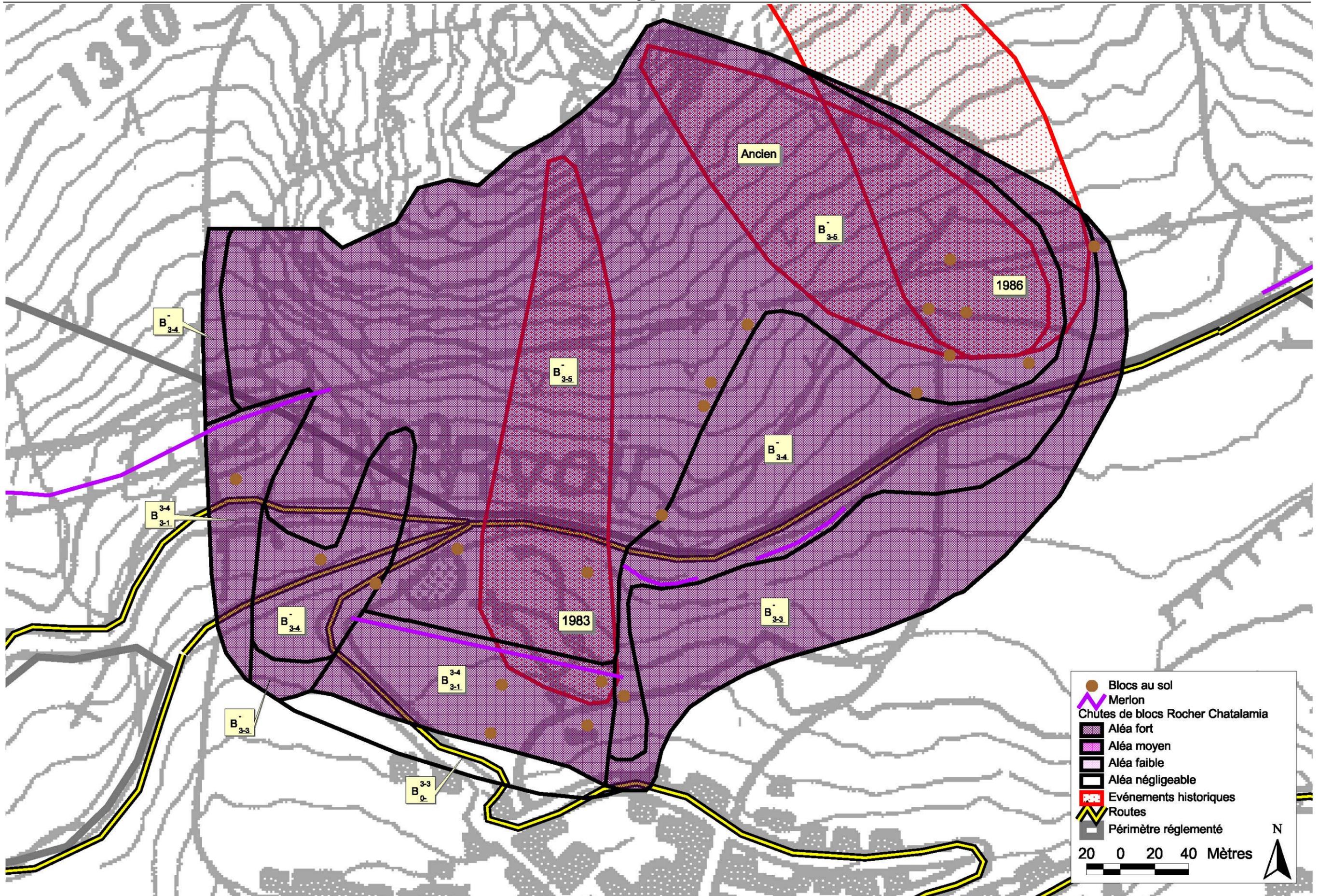


Fig. 5 : vue générale du rocher de Chatalamia, avec les principales instabilités et trajectoires



Historique des évènements marquants :

Depuis l’affleurement de gypse en bordure de route, secteur des Tufs :

- **Régulièrement** : chutes de petits paquets de gypse sur le CD 215, sous l’effet du gel – dégel (témoignage CG73).

Depuis le Rocher des Amoureux :

- **2008 (?)** : chute d’une grosse écaille de dolomie sur la face nord-est du rocher des Amoureux (témoignage ONF).
- **Il y a quelques années** : chutes de pierres vers l’école d’escalade (témoignage ONF).

Depuis les affleurements de quartzite en bordure de route, à l’est du Bourget :

- Inconnu.

Depuis l’affleurement de gypse en bordure de route entre le Bourget et Villarodin :

- **Février 1990** : une petite masse de gypse altéré s’effondre (quelques centaines de litres au total) ; des blocs (<100 l) et des pierres atteignent la route.

Protections existantes :

Naturelles :

Néant

Artificielles :

Nature :

- 1) Replats routiers (hors Rocher des Amoureux)
- 2) Ecran grillagé de 2 m de haut en bordure de CD 215, secteur des Tufs (MO CG73, 2011)

Efficacité :

- 1) **Moyenne** : des blocs peuvent basculer dans la pente en aval
- 2) **Très bonne** : protection de route correctement dimensionnée par rapport au phénomène. Les débris de gypse ne peuvent plus atteindre la route.

Phénomène de référence :

Seul le Rocher des Amoureux, constitué de calcaire dolomitique très compact (site d’escalade) peut libérer de gros blocs et justifie localement un phénomène d’intensité forte (B₃₋₄ – cf. fig. 2). Ailleurs, il s’agit de petits affleurements localisés de gypse altéré (cf. fig. 1 et 4) ou de quartzite fracturée (cf. fig. 3) qui peuvent libérer quelques pierres et petits blocs sur les routes qu’ils dominent (B₂ ou B₁). Si la protection installée par le CG73 sur le CD 215 est de nature à arrêter toutes les pierres, ailleurs le phénomène peut se propager localement jusque dans les prés en contrebas des routes.



Fig. 1 : affleurement de gypse – secteur des Tufs



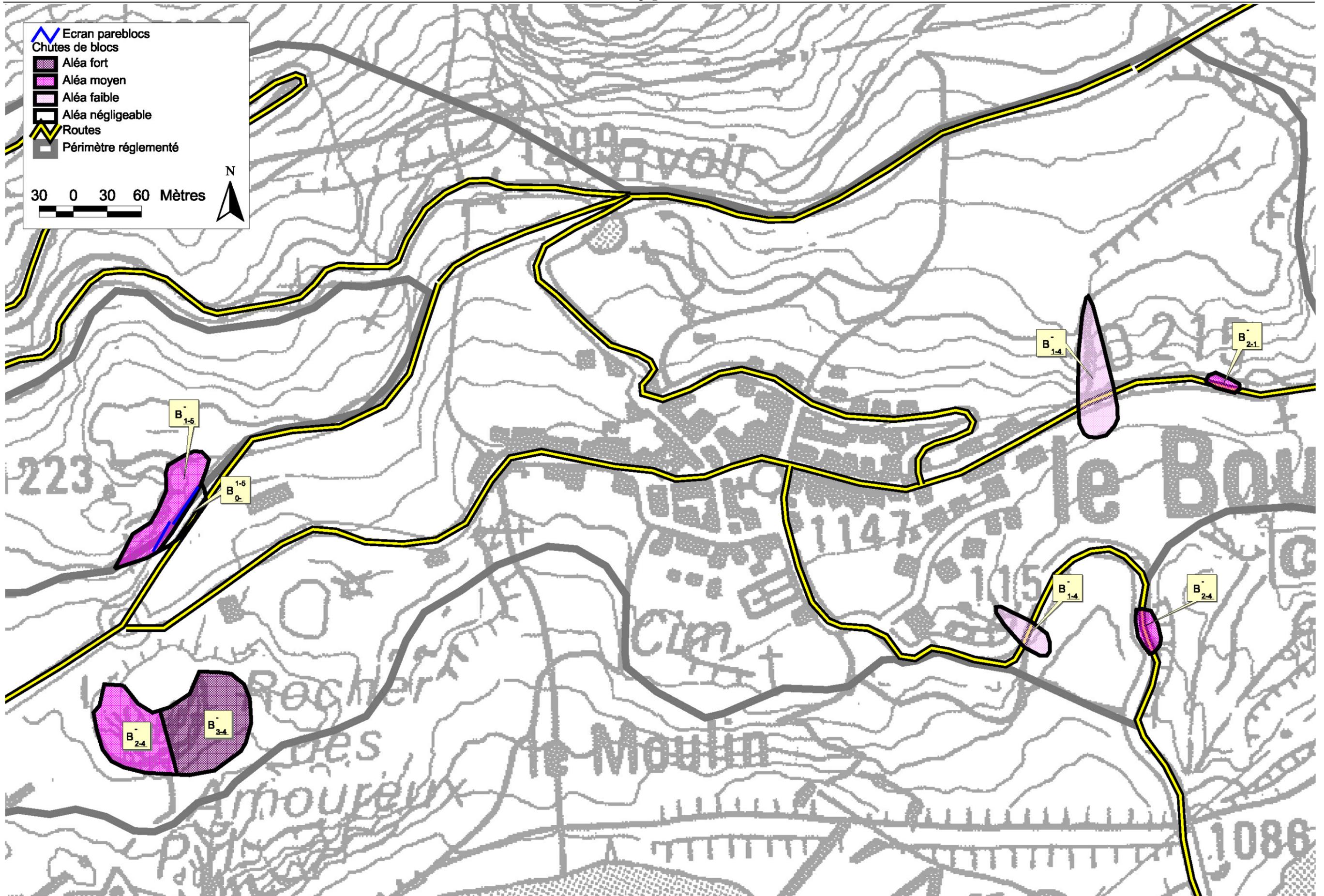
Fig. 2 : Rocher des Amoureux (versant est)



Fig. 3 : affleurement de quartzite à l’est du Bourget



Fig. 4 : gypse le long de la route du Bourget à Villarodin



Historique des évènements marquants :

Route d'Amodon :

▪ **07 mai 2008** : un bloc parallélépipédique d'environ 250 litres est retrouvé sur la route communale d'Amodon. L'arrachement est localisé environ 80 m en amont de la route, dans une falaise de micaschistes haute de 10 m (cf. fig. 5) et séparée de la route par des pentes morainiques. Il s'agit d'un événement isolé, le bloc initial s'étant fragmenté en 3 ou 4 blocs dans sa chute. Les rebonds ont atteint une hauteur de 1 à 1,5m dans la pente et le bloc principal a ensuite roulé jusqu'à la route.

Protections existantes :

Naturelles : Néant

Artificielles :

Nature :

- 1) **Replat de la route d'Amodon** (route communale tracée en 1968).
- 2) **Banquette** ou terrasse ancienne d'environ 6 m de large, en aval de la route d'Amodon et au droit de la principale zone de chute de blocs.
- 3) **Purge manuelle de la falaise de micaschistes où a eu lieu la chute de blocs en 2008** (travaux sous maîtrise d'ouvrage communale réalisés en 2008).

Efficacité :

- 1) **Moyenne** pour les trajectoires longues (sa largeur de seulement 4 à 5 m ne permet pas d'arrêter les blocs à forte énergie cinétique) ; bonne pour les déstabilisation de talus.
- 2) **Moyenne** mais peut arrêter des blocs non stoppés par la route
- 3) **Moyenne** : des instabilités demeurent.

Phénomènes de référence :

Route d'Amodon : (par ordre d'apparition en montant à Amodon)

- Talus morainique d'où peuvent se déchausser des blocs de 10 litres à plus de 1 m³ (B2-4 – cf. fig. 1)
- Talus de cargneule altérée, pouvant raviner et s'ébouler en mobilisant 1 à 10 m³ de matériaux, dont des blocs de quelques centaines de litres qui s'arrêteraient sur la chaussée (B2-4 - cf. fig. 2). A l'ouest, talus en ravinement (B1-6).
- Talus taillé dans la quartzite, pouvant libérer régulièrement des pierres inférieure au litre (B1-6)
- Escarpement de quartzite très fracturée, avec un pendage vers le NW propice au fauchage, qui peut libérer des blocs allant jusqu'à quelques dizaines de litres. (B2-5 jusqu'au premier passage de route – cf. fig. 3, B2-4 en aval jusqu'au terre-plein bordant le deuxième passage de route).
- Pente herbeuse avec quelques affleurements de quartzite pouvant libérer des pierres (B1-5)
- Paroi sub-verticale de cargneule taillée pour la route, d'aspect sain, mais avec une ou deux écailles repérées (B2-3)
- Eperon de quartzite poli par les glaciers mais en cours de démantèlement, ayant déjà libéré une grande quantité de blocs de quelques centaines de litres jusqu'à 5 m³ (éboulis vifs jusqu'à la route – cf. fig. 4). Aujourd'hui, il reste une zone active (B3-4) bordée de zones déjà purgées, où les instabilités sont plus petites et moins nombreuses (B2-4). En aval de la route et de la banquette, seul un bloc isolé pourrait encore se propager jusqu'au 3^{ème} passage de route (arrêt au niveau du bloc récent de 0,5 m³).
- Falaise de micaschistes découpés en bancs métriques et pentés vers le NE, avec des surplombs, où l'on observe encore des instabilités de 0,5 à 2 m³. Plus à l'est, on note une masse prédécoupée > 2m³ (B3-2 – cf. fig. 5 et 6).
- Talus taillé dans des bancs de grès friables, pouvant libérer régulièrement des pierres et de petits blocs (B2-5).

A noter que les rares chutes de blocs issues des bancs de quartzite dominant Rimollard ne concernent pas Amodon.



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

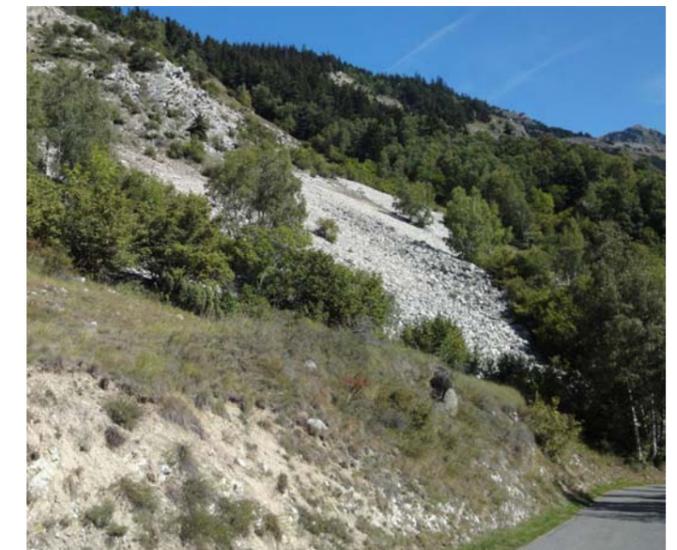


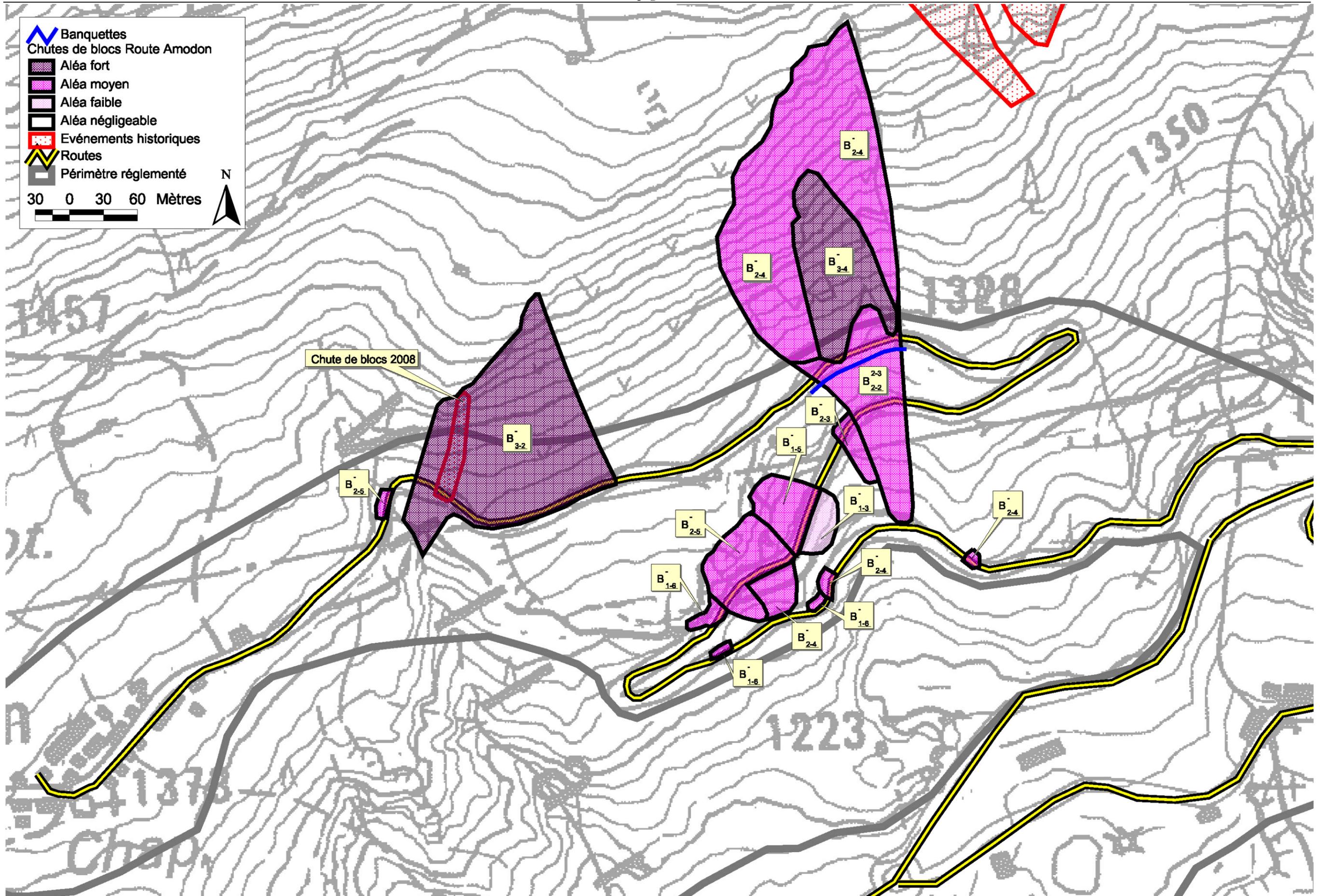
Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6



Historique des évènements marquants :

Concernant les inondations par ruissellement :

Le plateau d'Amodon est traversé par deux ruisseaux qui sont en fait des canaux d'irrigation captés sur le torrent de l'Orgère, vers 1700 m d'altitude. Leur débit est contrôlé par des vannes et reste faible (branche ouest à sec et branche est débitant quelques litres/seconde lors de notre passage en octobre 2011). Leur lit étant bien marqué, aucune zone de débordement n'a été identifiée. Un témoin signale simplement que la branche est (qui alimente un réservoir d'eau et traverse le hameau) a déjà provoqué de faibles ruissellements localisés sur la voirie en contrebas, suite à l'obstruction de la grille de l'avaloir par des feuilles. Un autre témoin signale par ailleurs que le chemin creux montant à Rimollard peut canaliser des écoulements en cas de fortes précipitations, qui rejoignent la route avant de basculer dans un ancien champs en friche, sous l'entrée est du hameau. Sur cette partie d'Amodon, des venues d'eau à faible profondeur imprègnent les moraines et peuvent inonder quelques caves. Notons par ailleurs le ruisseau intermittent qui descend de Rimollard et limite, par un talweg marqué, la bordure est du plateau d'Amodon.

Concernant les glissements de terrain :

En traversant Amodon, on est frappé par la quantité de fissures affectant les maisons en béton d'après-guerre. Les habitants précisent que cela est dû principalement à la mauvaise qualité des bétons. En effet, le hameau a été bombardé pendant la 2nd guerre mondiale et les maisons reconstruites avec peu de moyens. Les copropriétaires ont acheminé les matériaux par câble et par mules, la route n'existant pas encore, et ont limité au maximum la quantité de ciment. Ces mauvais bétons ont mal vieilli et sont particulièrement sensibles aux tassements différentiels liés à la présence de lentilles argileuses dans les moraines. Ce phénomène a certainement été aggravé par une fuite qui s'est produite ces dernières années au niveau du radier du ruisseau, sous la route. L'infiltration permanente a généré un glissement lent et ouvert des fissures de plusieurs centimètres dans le bâtiment à l'abandon en aval de la route (cf. fig. 1). Le propriétaire du chalet voisin a évité l'apparition de fissure grâce à l'ouverture d'une tranchée drainante à l'amont. A sa demande, la commune a re-étanchéifié l'acqueduc sous la route durant l'été 2011 (cf. fig. 1 et 2), ce qui devrait nettement améliorer la situation.

Protections existantes :

Naturelles : Néant

Artificielles :

Nature :

1) Avaloir précédé d'un bac de décantation et d'une grille de filtration, pour le passage du ruisseau sous la route, dans le centre du hameau.

Efficacité :

1) Bonne : le risque de débordement est aujourd'hui peu probable et resterait localisé.

Phénomène de référence :

Concernant l'inondation, nous retenons des ruissellements concentrés d'intensité moyenne (I_{2-5}) dans les lits des ruisseaux et canaux d'irrigation, ainsi que sur le chemin de Rimollard, la route qui le prolonge et la zone humide en aval (cf. témoignage ci-dessus).

Concernant les glissements de terrain, nous considérons le plateau d'Amodon comme globalement stable (rocher affleurant en amont et en aval, terrains majoritairement secs et peu ou pas déformés...). Toutefois, au niveau des moraines argileuses temporairement imbibées par des venues d'eau, sur la moitié est d'Amodon, nous retiendrons un risque de fluage superficiel et peu actif (G_{3-3}), favorisant la fissuration des vieux bâtiments en béton. La reprise du radier en 2011 n'empêche pas des infiltrations de se produire plus haut.

En aval de la route, les quelques zones humides en friche sont classées en glissement moyennement actif (G_{3-4}). Enfin, le talweg à l'entrée est d'Amodon est classé en glissement temporairement actif (G_{3-5}), du fait de talus en érosion et de signes d'affaissement sous la route (pose de gabions).



Fig. 1 : maison d'après-guerre très fissurée

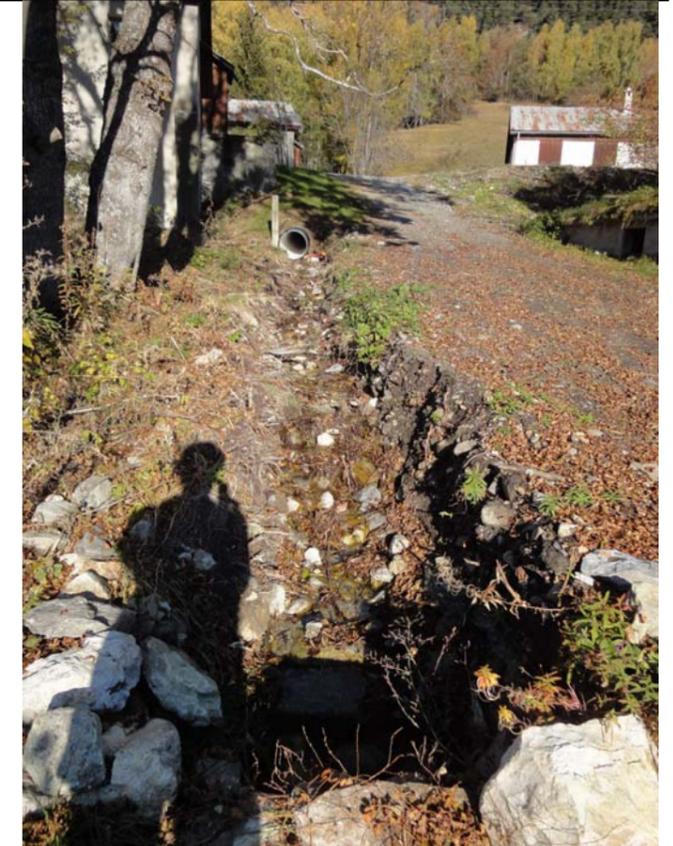
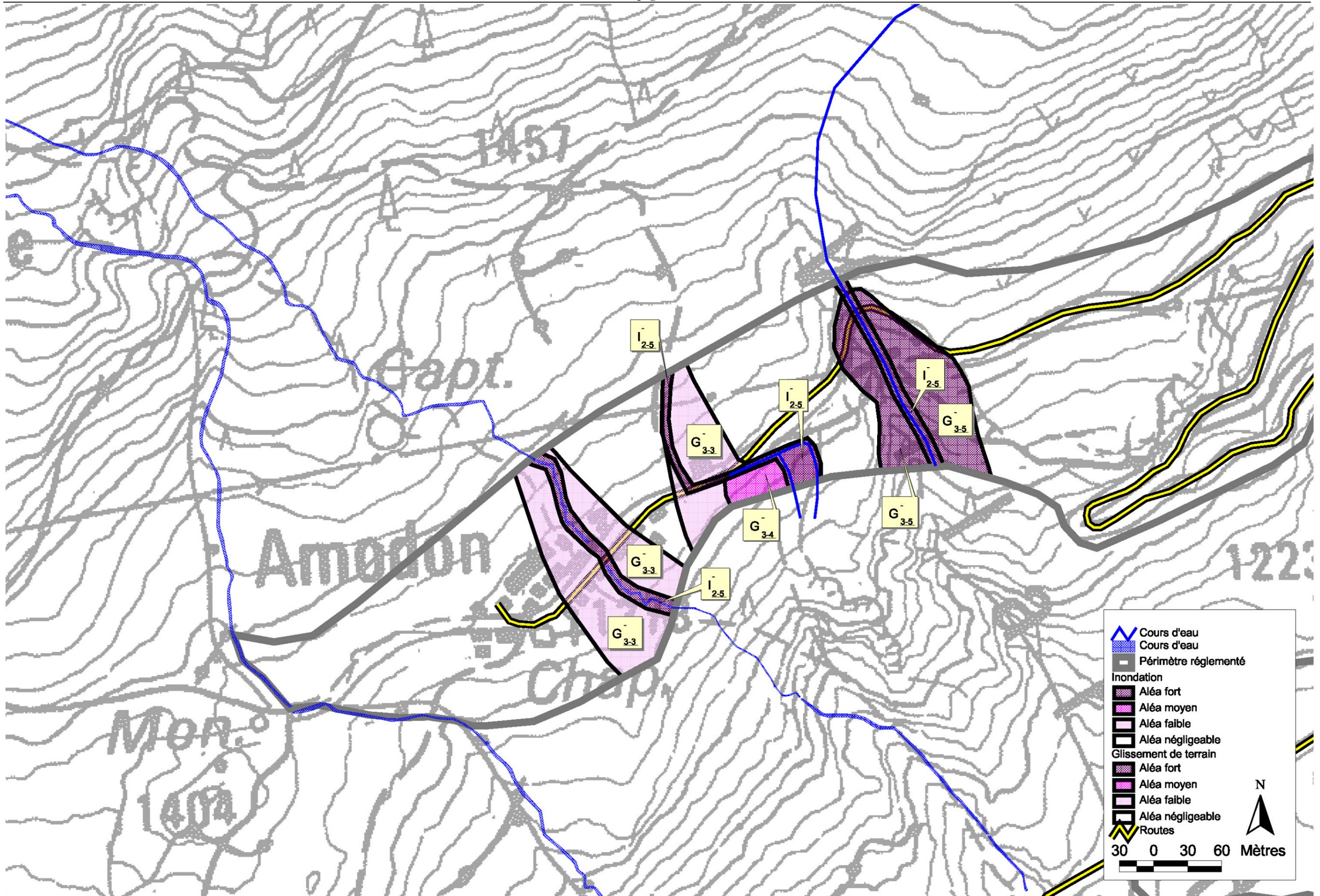


Fig. 2 : le ruisseau sous la route et son nouveau busage

Remarque concernant le lien entre la carte des aléas ci-après et le zonage réglementaire :

La doctrine départementale de la DDT concernant les bandes de recul le long des ruisseaux nous conduit à retenir, de manière forfaitaire, une bande inconstructible d'au moins 4 m à compter du sommet de berge sur chaque rive du ruisseau descendant de Rimollard (bassin versant et débit de crue très faibles, justifiant ce recul minimal).

Les canaux d'irrigation et chemin creux traversant le plateau d'Amodon ne sont pas considérés comme des ruisseaux. La bande inconstructible y est donc moins large et correspond au risque localisé de ruissellement concentré.



Historique des évènements marquants :

- Secteurs à l'ouest du Bourget (La Roche et lotissement St Bernard) : Néant. Le CG73 n'a jamais relevé d'affaissement de route.

- Secteur Mt Cenis : il y a quelques années, un trou est brutalement apparu dans l'enrobé de la route communale du Bourget à Villarodin, dans la zone de gypse affleurant. Les services municipaux ont bouché le trou avec des troncs de mélèzes (témoignage mairie).

Protections existantes :

Naturelles : Néant

Artificielles : Néant

Phénomène de référence :

Secteur « La Roche » :

Le plateau de La Roche à l'ouest du Rocher des Amoureux est constitué en surface d'une couverture morainique reposant sur des roches de la série du Trias (gypse, cargneules, dolomies, quartzites – cf. carte géologique du BRGM). Bien qu'aucun signe d'affaissement ou d'effondrement ne soit visible en surface, les affleurements de gypse au nord et au sud du secteur laissent craindre la présence de cette roche soluble sous la couverture morainique, à une profondeur indéterminée. La probabilité d'un affaissement ou d'un effondrement de surface par rupture d'une cavité souterraine y est faible mais non négligeable, en l'absence de sondage profond. L'aléa y est jugé potentiel et d'intensité modérée (E₂₋₁).

Secteur « Lotissement St Bernard » :

Sur l'emplacement du récent lotissement de St Bernard, la couverture morainique argileuse est peu épaisse et recouvre directement le gypse qui affleure tout autour, avec en prime deux grandes dolines de dissolution observables en aval « Sous St Bernard » et en amont « Le Crozat » (cf. fig. 2).

L'étude géotechnique réalisée en 2004 sur ce secteur, pour déterminer la faisabilité du lotissement, s'est basée sur des sondages électriques, complétés par des sondages destructifs de 15 m de profondeur. Ces sondages révèlent la présence de gypse à faible profondeur, avec des zones décomprimées qui sont potentiellement à risque. Pour autant, aucune cavité n'a été identifiée et le secteur a été déclaré constructible pour des maisons individuelles, moyennant quelques précautions (gestion des eaux...). Nous reprenons les résultats de l'étude et considérons l'aléa comme potentiel et d'intensité modérée sur le lotissement (E₂₋₁).

En amont et en aval du lotissement, là où le gypse affleure et où des fontis/dolines plus ou moins grands sont observables, l'aléa est déclaré et d'intensité prévisible forte (E₃₋₂).

Secteur « La Rochasse - Mont Cenis » :

Ce secteur est constitué de gypse affleurant partout sauf dans la combe du Mt Cenis. Au droit du massif de gypse, l'aléa est jugé potentiel, en l'absence de fontis clairement identifié, mais d'intensité prévisible forte (E₃₋₁). En bordure ouest de cette zone, l'épaisseur de la couverture morainique augmente et la présence sous-jacente du gypse n'est plus certaine (contact avec les quartzites). L'aléa y devient donc moyen (E₂₋₁) puis négligeable. On notera la présence d'une doline de 15 m de diamètre remplie d'eau stagnante dans le prolongement sud de cette zone, aux Glaires (hors périmètre), sans qu'il soit possible d'établir un lien géologique entre-elles.

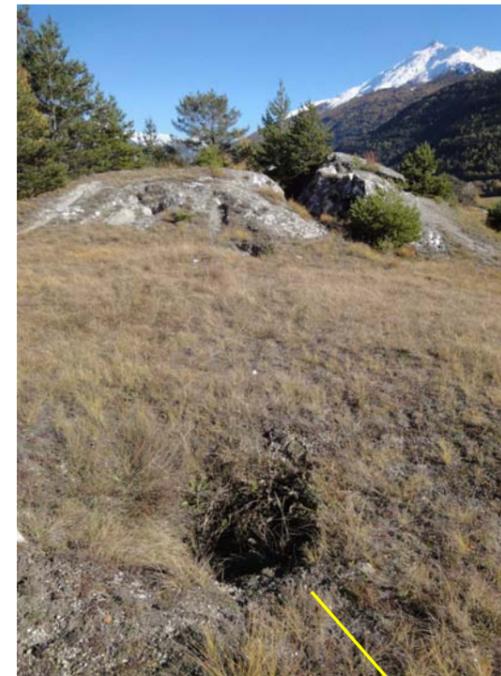


Fig. 1 : petit fontis lié à la dissolution des gypses (visibles au fond)

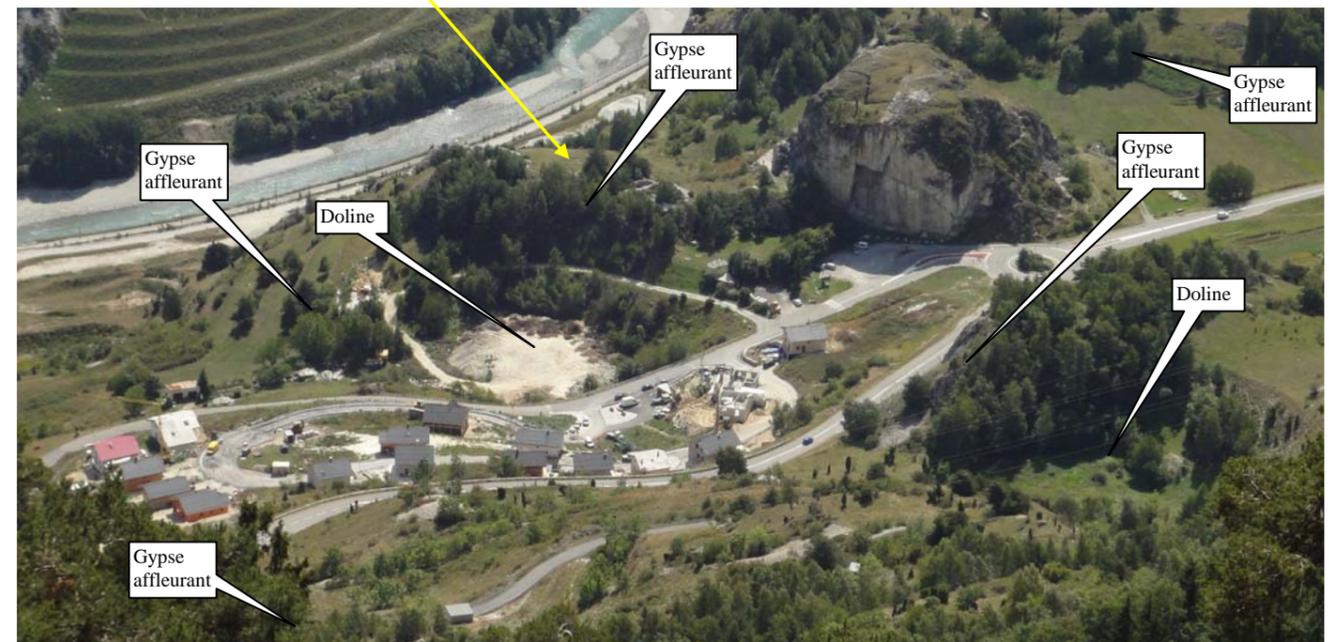
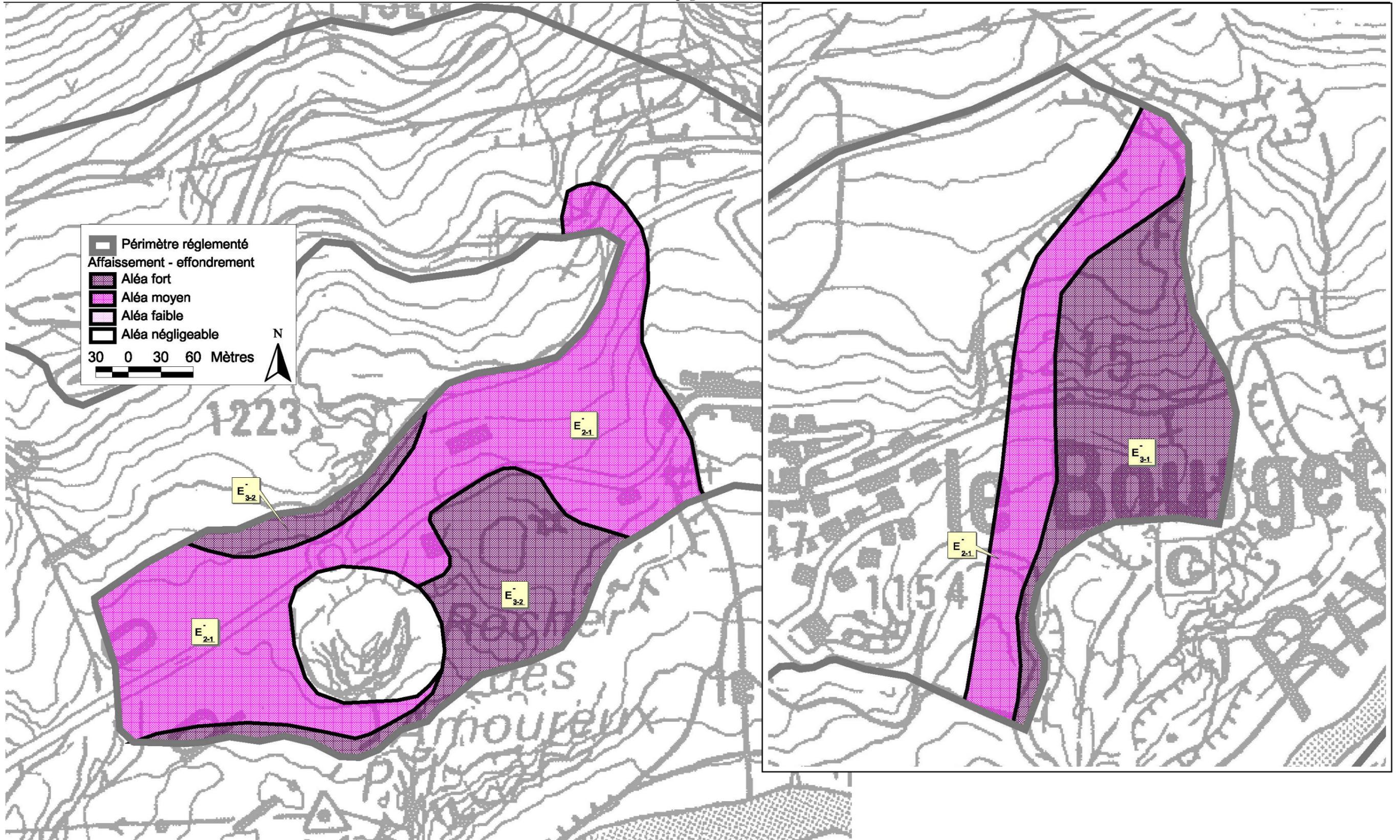


Fig. 2 : le lotissement « St Bernard » en cours de réalisation (2011), entouré d'affleurements de gypse et de dolines.



Historique des évènements marquants :

Couloir du ruisseau de St Joseph (n° 4 CLPA / n°1 EPA) :

Les avalanches de St Joseph prennent naissance en versant nord à nord-est de la Pointe de La Norma, entre 2750 et 2400 m d'altitude. Il s'agit de deux pentes raides et froides, séparées par un éperon rocheux, favorables à des accumulations de neige instable par vent d'ouest. Les écoulements se déposent le plus souvent au niveau du replat de La Repose, vers 1800 m, mais l'encaissement du ruisseau de St Joseph et sa raideur permettent aux avalanches les plus volumineuses de descendre beaucoup plus bas et d'approcher la zone urbanisée de La Norma ainsi que sa route d'accès et le CD 1006. La pente reste en effet supérieure à 25° jusqu'à moins de 100 m de la route de la Norma. Cette avalanche peut être en partie alimentée par l'avalanche voisine de La Repose (n°2 CLPA).

- **08 mars 1960** : l'avalanche du ruisseau de St Joseph est signalée jusqu'à 1400 m (à hauteur de la station de la Norma).
- **Avril 1960** : une avalanche de fond est signalée jusqu'à 1500 m, avec 30 m³ de bois résineux emporté.
- **02 février 1978** : l'avalanche de la Repose (n°2 CLPA) est venue remplir la combe du ruisseau de St Joseph sous le chemin de La Repose au Mélezet. L'avalanche du ruisseau de St Joseph (n°4 CLPA) a ensuite glissé sur le dépôt de la première et a filé tout droit (poudreuse) pour sauter dans la forêt (6 ha de forêt détruite entre 1750 et 1550 m, 400 à 500 m³ de chablis mais peu de dépôt de neige).
- **14 février 1990** : suite à un cumul de neige fraîche exceptionnel durant les 4 jours précédents, par flux d'ouest, suivi d'un redoux (limite pluie-neige vers 1800 m), une avalanche de neige humide emprunte le ruisseau de St Joseph, sans déborder comme en 1978. Elle descend jusqu'à proximité de la route de la Norma, vers 1220 m, bousculant une passerelle en bois sur le sentier communal et déposant du bois arraché au couloir (témoignages).
- **12 janvier 2004** : l'avalanche du ruisseau de St Joseph descend jusqu'à 1550 m, remplissant la combe du ruisseau sous le chemin de La Repose au Mélezet de 8 à 10 m de neige.

D'après témoignage (cf. fiche signalétique CLPA établie en 2006) et d'après l'ancienne carte des sites EPA, l'avalanche du ruisseau de St Joseph serait déjà descendue à une centaine de mètres du CD 1006 (cote 1230 m) au début du XX^{ème} siècle.

Protections existantes :

Naturelles : Néant

Artificielles :

Nature :

Déclenchements volontaires de l'avalanche par trois explodeurs à gaz, dans le cadre du PIDA de la station de La Norma. (Installation à l'été 1990, en remplacement d'un CATEX qui n'était pas très fiable.)

Efficacité :

Faible à long terme : cette stratégie destinée à contrôler les risques pour les remontées mécaniques et les skieurs s'est avérée efficace depuis sa mise en place mais elle ne garantit pas l'absence, à l'échelle du siècle, d'une nouvelle grosse avalanche descendant très bas par le ruisseau de St Joseph.

Phénomène de référence :

Vis-à-vis des zones urbanisées, nous retiendrons une avalanche centennale mobilisant tout le manteau neigeux sur l'ensemble des zones de départ, restant assez bien canalisée dans les gorges du ruisseau de St Joseph (malgré la traversée de la piste forestière à hauteur de La Norma) et venant se déposer, mêlée à de nombreux arbres, jusqu'au replat de la route de la Norma (1210 m). Si un tel phénomène peut intéresser une large zone boisée en aval de La Repose, sous forme d'un aérosol d'accompagnement, il ne semble guère pouvoir déborder sur le périmètre réglementé de La Norma ni sur celui de Villarodin.

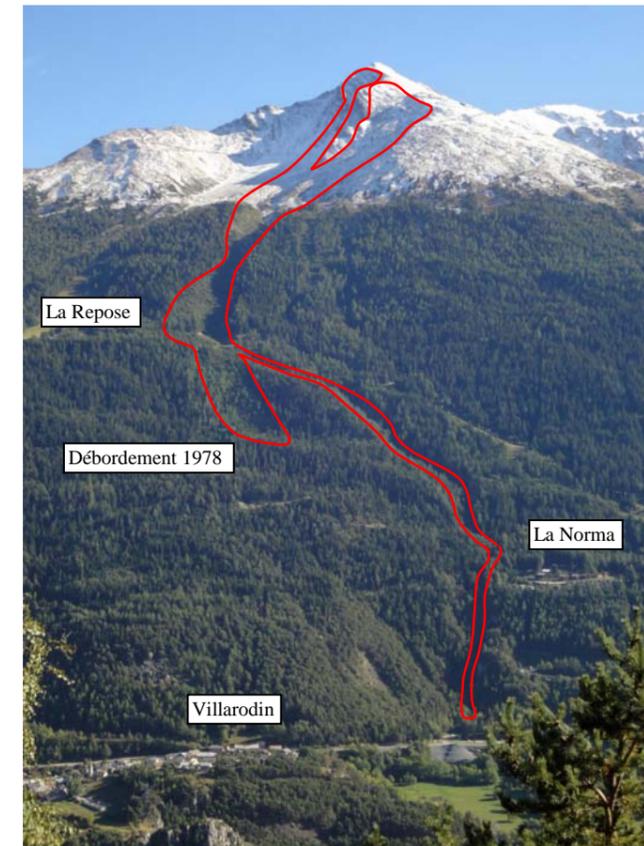
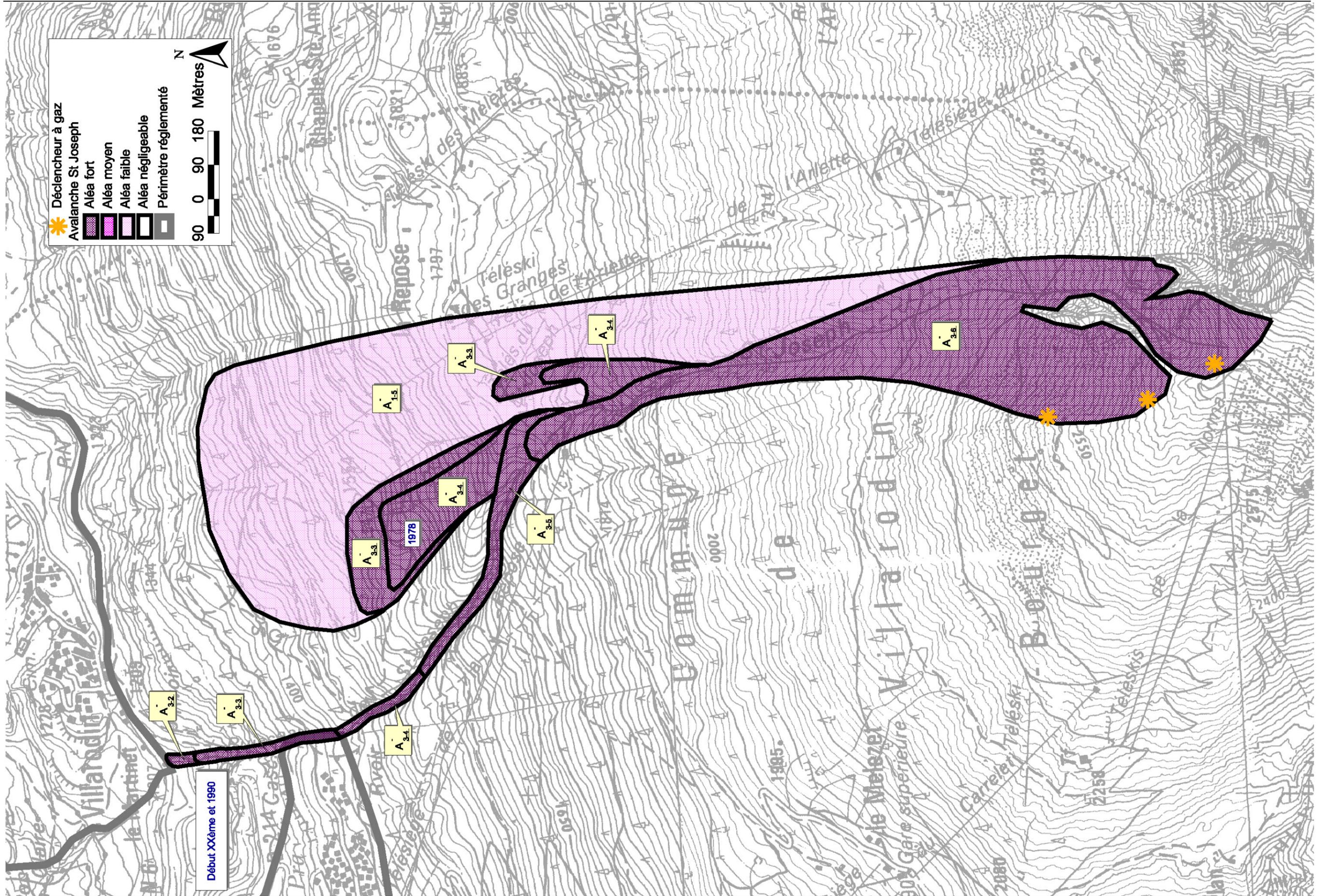


Fig. 1 : vue d'ensemble du couloir d'avalanche



Fig. 2 : le couloir en zone d'arrêt (pente baissant à 11°). Noter les jeunes conifères en bordure, repoussant suite à l'avalanche de 1990.



Historique des évènements marquants :

Ruisseau de St Joseph :

- **28 juillet 1905** : une crue du St Joseph dépose environ 200 m3 de boue et de pierres sur la RN 6.
- **24 août 1987** : suite à des pluies d'une intensité exceptionnelle, entraînant de forts ravinements dans les éboulis de schistes lustrés de la Pointe de La Norma, une lave torrentielle se forme en amont de La Repose (cf. fig. 1 et 2). Elle bouche la buse du chemin de La Repose au Mélezet à 1800 m, emporte à ce niveau des remblais récents puis gagne en puissance dans le lit rocheux du ruisseau de St Joseph. Elle dépose jusqu'à 3000 ou 4000 m3 de boue et de bois sur l'embranchement de la route de la Norma et la RN 6, là où la pente s'abaisse brutalement à moins de 5° (dépôts d'environ 1,5 m d'épaisseur en moyenne – cf. fig. 3). Les dépôts de lave ne se propagent pas à l'aval de la RN 6 (arrêt contre le talus de bord de route) et les écoulements réintègrent le lit du ruisseau.
- **1989** : nouveaux débordements sur la RN 6 et l'embranchement de la route de la Norma, mais sans commune mesure avec 1987.

Protections existantes :

Naturelles : Néant

Artificielles :

Nature :

1) **Le vaste terre-plein formé par le nouveau rond-point d'accès à la station de la Norma joue un rôle de plage de dépôt** pour les rares laves torrentielles du St Joseph. C'était déjà le cas en 1987 et ça le sera encore davantage avec les nouveaux remblais (cf. fig. 4).

Efficacité :

1) **Bonne** : ce terre-plein d'environ 3000 m2 situé au débouché des gorges du St Joseph et incliné à moins de 3° semble capable de stocker l'essentiel de la lave de référence (d'autant qu'une fosse a été aménagée en amont de la buse du CD 1006 - de diamètre 1000 mm). En l'absence de muret, seuls quelques écoulements boueux résiduels peuvent basculer en contrebas du talus, pour s'arrêter dans les prés en rive droite du ruisseau.

Phénomène de référence :

Ce ruisseau n'a été que sommairement étudié en 1996 pour évaluer sa capacité à recevoir un apport supplémentaire d'eau pluvial depuis la station de La Norma. De cette étude et de l'analyse du bassin versant faite pour le PPR, on peut retenir les caractéristiques suivantes :

- Surface du bassin versant en amont du CD 1006 (ex RN6) = 1 km2 (mais seule la moitié semble pouvoir contribuer au débit de crue)
- Débit moyen de la crue décennale = 1 m3/s (hors transport solide)
- Débit moyen de la crue centennale = 2 m3/s (hors transport solide)
- Forte capacité d'infiltration du bassin versant (éboulis en partie amont, avec une perte importante en rive gauche vers 2250 m d'altitude), ce qui explique que les crues soient rares
- Erosion active observable au dessus de 2250 m, dans les éboulis de schistes du haut bassin, favorisant la formation de lave torrentielle lors d'orages violents (volume prévisible de quelques milliers de m3 - cf. 1987)
- Lit rocheux et stable en dessous de 2250 m, limitant fortement les érosions de berge dans les gorges
- Pente forte jusqu'à la route d'accès à La Norma (1250 m), favorisant le transit de l'essentiel de la lave jusqu'à la voirie
- Diminution brutale de la pente juste avant la voirie, favorisant les débordements et le dépôt de la lave sur les routes
- Busage sous la route de La Norma (∅ 600 mm) sous-dimensionné, même pour la crue centennale liquide,
- En aval du CD 1006, le risque de lave torrentiel est beaucoup plus faible et le ruisseau reste assez bien canalisé, sauf à la confluence avec l'Arc (anciens dépôts de lave identifiés par sondages en rive gauche, dans le cadre de l'étude ANTEA de 2000 pour le projet de remblais LTF et risques de débordements localisés en rive droite).

En définitive, nous retiendrons une lave torrentielle d'occurrence centennale (type 1987), qui déposerait quelques milliers de mètres cubes de boue et de bois sur le rond point d'accès à La Norma (C₃₋₃), avec une surverse de moindre épaisseur dans le talus aval (C₂₋₃). Les crues liquides plus fréquentes peuvent déborder aussi sur la voirie mais ne devraient pas sortir du lit mineur en aval (C₂₋₆), sauf sans doute en rive droite à la confluence avec l'Arc (C₂₋₄).

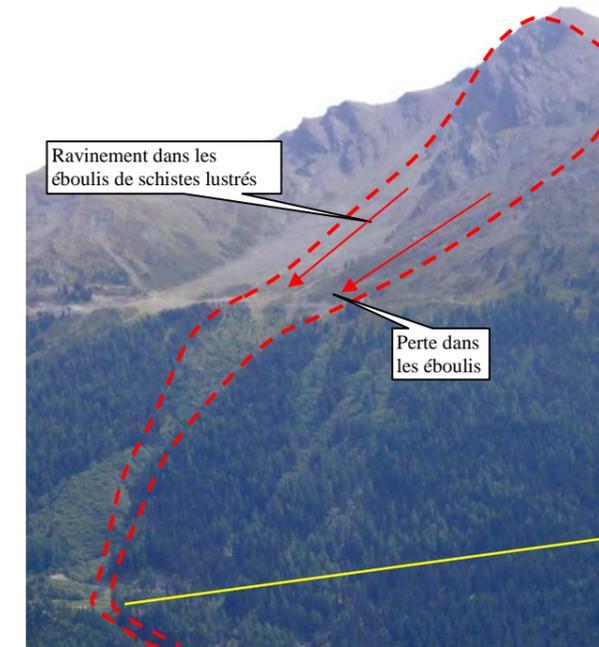


Fig. 1 : bassin versant actif du St Joseph



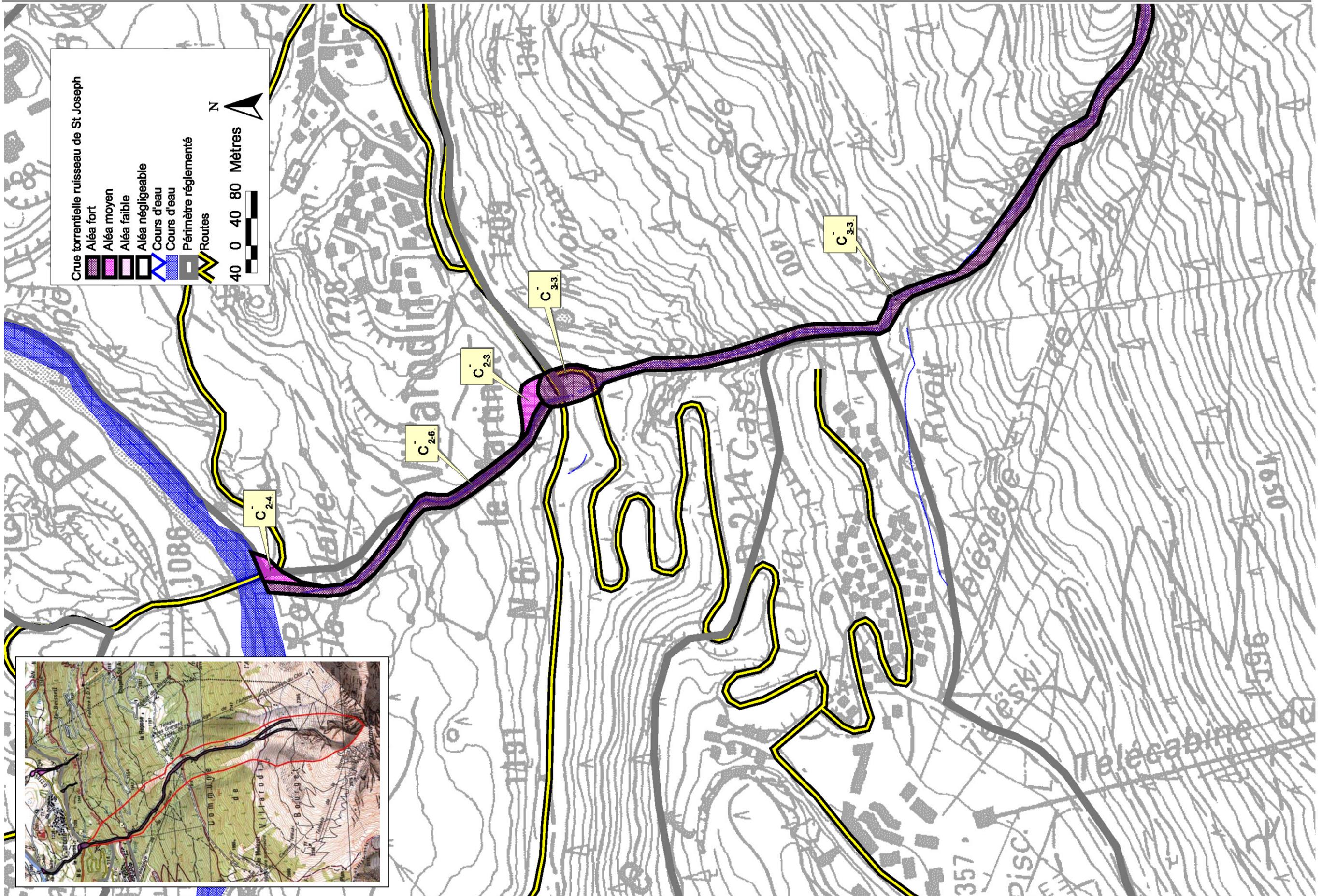
Fig. 2 : passage de la lave de 1987 sur la Repose (dépôt)



Fig. 3 : restes de dépôt de lave sur la RN6, le 25/08/87



Fig. 4 : vue analogue en 2011 (rond point en chantier)



Historique des évènements marquants :

Ruisseau du Dget (à l'ouest) :

▪ **31 mai 2008** : suite à des pluies torrentielles et à la fonte accélérée d'un abondant manteau neigeux, des ruissellements imbibent les matériaux meubles déjà en glissement dans le bassin versant du Dget et provoquent l'effondrement des remblais et gabions de soutènement du chemin du Petit bonheur sur une 15aine de mètres, à 1330 m d'altitude (fig. 1). La coulée de boue ainsi formée se dépose pour l'essentiel en amont du CD 1006 mais parvient tout de même à l'obstruer. L'avaloir pourtant conséquent (fig. 2) a été bouché par un épicéa qui est venu s'y coincer. L'avaloir du CD 215 en contrebas a aussi été bouché, provoquant des écoulements sur la route, jusqu'au hangar municipal (témoignage CG73). Un débordement sur la route communale du Bourget a été signalé par la mairie.

Ruisseau des Combes (à l'est) :

▪ **29 mai 1901** : le ruisseau des Combes recouvre l'ancienne RN 6 de pierres et de boue sur 27 m de long et engrave des champs en contrebas (cf. fig. 6 et 7). Depuis cet évènement, les témoins n'ont jamais observé de débordement en aval de la RN 6, le ruisseau est très souvent à sec.

En juillet 1953, un rapport des Ponts et Chaussées signale « une menace sérieuse d'éboulement vers 1600 m (volume mobilisable d'environ 1 million de mètres cubes !). Il s'agit d'une zone instable avec des fissures profondes et des arbres déformés durant toute leur croissance. Le délai de rupture est difficile à estimer mais la RN 6 est menacée ». (Cf. fig. 4).

En 1972, un éboulement important se produit effectivement vers 1400 m dans les gabbros altérés, emportant l'ancienne route de La Repose créée par EDF dans les années 60 (cf. 5). Les matériaux se déposent dans le lit du ruisseau sans faire d'embâcle ni générer de coulée de boue à l'aval.

▪ **30 mai 2008** : suite à des pluies torrentielles sur plusieurs jours et à la fonte accélérée d'un abondant manteau neigeux, le ruisseau en crue endommage la route intercommunale de Ste Anne - la Repose vers 1500 m d'altitude.

Protections existantes :

Naturelles :

Nature :

Boisement naturel du versant (mélange d'épicéas, mélèzes et pins sylvestres).

Efficacité :

Moyenne : la forêt limite les phénomènes de ruissellement et ravinement mais n'empêche pas des glissements de terrain localisés évoluant en coulées de boue ni des éboulements.

Artificielles :

Nature :

Captages des ruisseaux dans le réseau pluvial urbain au niveau du CD 215.

Efficacité :

Moyenne : les débits de crue sont en grande partie captés par le réseau mais des écoulements de faible intensité peuvent encore se produire à l'aval, par débordement.

Phénomène de référence :

Le ruisseau du Dget prend naissance vers 1500 m, sous la route intercommunale de La Repose, et traverse une zone en glissement alimentée par de nombreuses venues d'eau. Lors de fortes précipitations, comme en 2008, ces terrains meubles et gorgés d'eau peuvent être mobilisés, notamment au niveau des talus routiers et combes raides. D'autres petits arrachements de terrain sont donc probables. Cet apport ponctuel de matière solide pourrait alors grossir le débit de ce ruisseau qui, compte-tenu d'un très petit bassin versant, ne peut donner que quelques dizaines de litres/seconde en crue liquide. Dans ce cas, une nouvelle obstruction du CD 1006 et envisageable, malgré un avaloir conséquent (cf. fig. 2). L'essentiel de la charge solide (quelques mètres cubes) se déposerait alors sur la route et dans le talus juste en aval (C₂₋₅). Plus bas, le lit ne présente pas de trace de transport solide mais une bande de recul de 6m est conservée (I₂₋₅). Au contact avec le CD 215, le ruisseau est capté. En cas de crue, l'avaloir peut à nouveau se boucher et un écoulement peut suivre le CD 215, la route communale ou récupérer l'ancien lit naturel (I₁₋₅).

Le ruisseau des Combes prend naissance au même niveau que le Dget, plus à l'est, et traverse également des zones en glissement et en éboulement (cf. fig. 4 et 5). En cas d'apport solide (potentiellement plus conséquent que sur le Dget – cf rapport des Ponts et Chaussées), l'aqueduc sous le CD 1006, déjà à moitié engravé, pourrait très rapidement se boucher (cf. fig. 6). Après obstruction et ruissellement sur la départementale, des écoulements boueux pourraient aussi se répandre de part et d'autre d'un petit lit perché (cf. fig. 7), jusqu'au CD 215 et même jusqu'au parking du hangar communal en aval (C₂₋₃).

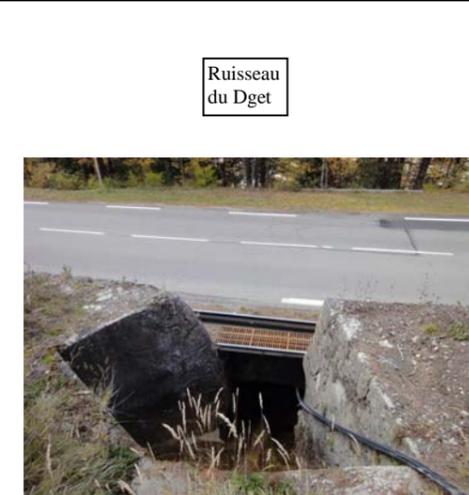


Fig. 1 : départ de la coulée de boue en 2008 Fig. 2 : busage sous le CD 1006 Fig. 3 : ruisseau en aval du CD 1006

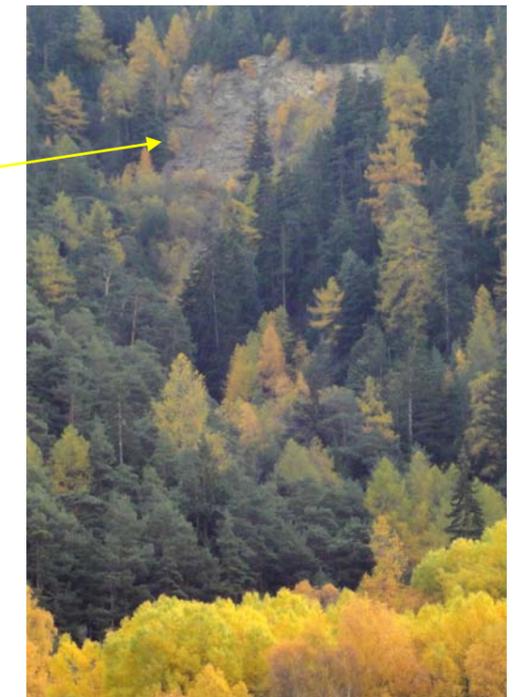
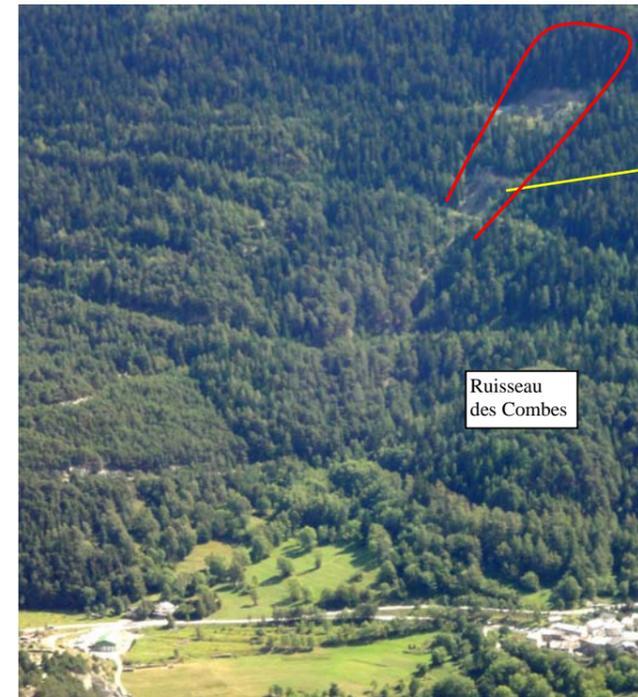


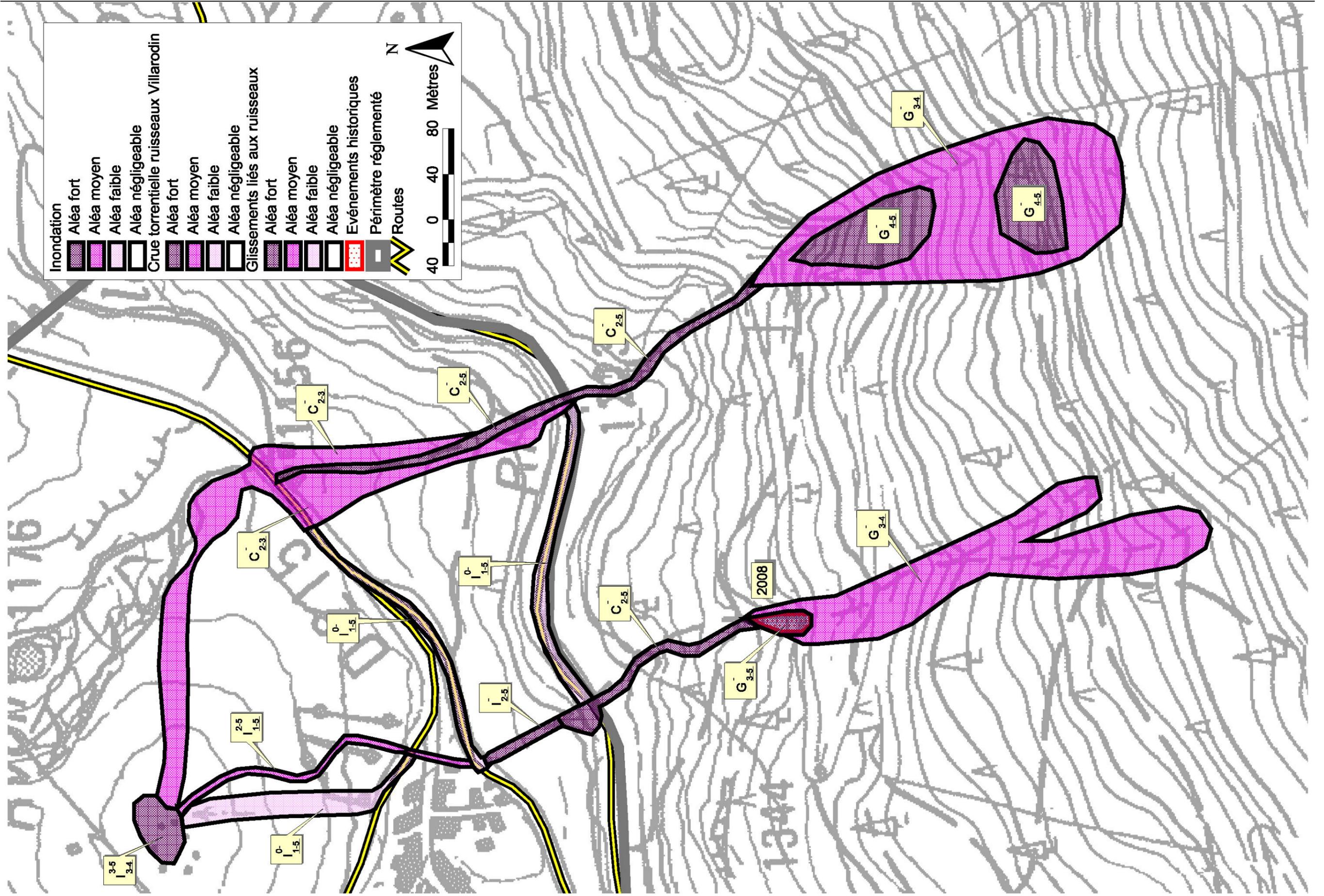
Fig. 4 : vue générale du bassin des Combes

Fig. 5 : zoom sur zone d'érosion



Fig. 6 : aqueduc des Combes sous le CD 1006
Ouvrage en dalles de schistes inapproprié

Fig. 7 : ruisseau des Combes en aval du CD 1006



Historique des évènements marquants :

Massif de dolomie sous Villarodin :

▪ **24 mars 2006** : une dalle de dolomie de 4 m³ se décroche sur un plan de discontinuité sub-vertical, environ 25 m au dessus de la route communale reliant le Bourget à Villarodin, en marge du site d'escalade de Villarodin (cf. fig. 2). La dalle se fragmente dans sa chute et les blocs atteignent et dépassent la route communale.

Eboulis de gabbro en amont de Villarodin :

▪ **2001 (?)** : en contrebas du chaos rocheux visible (cf. fig. 1), un empilement de blocs servant à caler le chemin forestier s'effondre sous l'effet de venues d'eau, emportant d'autres blocs dans le talus et ébréchant le mur amont du CD 1006. Les matériaux s'arrêtent sur le CD 1006 (témoignage CG73).

▪ **Plus récemment** : un peu plus à l'est, un bloc de gabbro se déchausse quelques mètres en amont du chemin forestier (cf. fig. 4) et termine sa course sur le CD 1006 (témoignage ONF).

Protections existantes :

Naturelles : Néant

Artificielles :

Nature :

1) Purge de petits éléments (100 à 200 litres) et emmaillotage d'un bloc de 2 à 3 m³ dans la paroi éboulée en 2006, sur proposition du BRGM. (Travaux sous maîtrise d'ouvrage communale, 2006).

2) Replat du CD 1006 (12 m) et du CD 215 (10 m) en aval d'un chaos de blocs dans la forêt dominant Villarodin.

Efficacité :

1) Insuffisante à long terme, cette zone surplombante et fortement tectonisée peut libérer de nouveaux gros blocs.

2) Bonne, aucun bloc ne semble capable de dépasser ces deux routes pour atteindre les maisons de Villarodin.

Phénomène de référence :

Le périmètre réglementé de Villarodin englobe une dizaine de dérochoirs de natures différentes, vue la complexité géologique du secteur.

Le long de l'Arc, on trouve une barre de quartzite formée par l'érosion de la rivière, pouvant libérer de gros blocs compacts jusque dans l'Arc (B₃₋₄ et B₂₋₄).

A proximité du pont de Glaire, les quartzites laissent la place à un massif de gypse altéré qui menace la route communale sur une centaine de mètres (B₂₋₄).

Sous le village de Villarodin, l'éperon de dolomies au sommet duquel trône un pylône HT sert aussi de site d'escalade. La roche y est majoritairement compacte et saine, ce qui rend assez rare le décrochement de gros blocs (B₃₋₃ et B₃₋₂). Sur son flanc est, une paroi de 35 m de haut pour 50 m de large domine directement la route et apparaît beaucoup plus tectonisée (fragmentée). Elle est le siège d'éboulements plus fréquents (cf. 2006), avec de très gros blocs (certains > 5 m³) capables de rebondir jusqu'en aval de la route communale (B₃₋₄).

En amont de l'ONERA, sur Champ Julliard, deux anciennes carrières de dolomie conservent un front de taille pouvant libérer quelques blocs sur le long terme, par altération superficielle (B₃₋₃ et B₂₋₄).

Enfin, en amont de Villarodin et du CD 1006, on distingue un chaos de gros blocs provenant du démantèlement d'un éperon de gabbro isolé (roche magmatique). A ce niveau mais surtout en aval, dans la pente forte que traverse le chemin forestier (cf. fig. 1, 4 et 5), des blocs sont régulièrement remobilisés jusqu'au CD 1006 qui les arrête. Si l'un d'entre eux dépassait le CD 1006, il serait alors arrêté par le CD 215 avant d'atteindre les maisons de Villarodin (B₃₋₂).

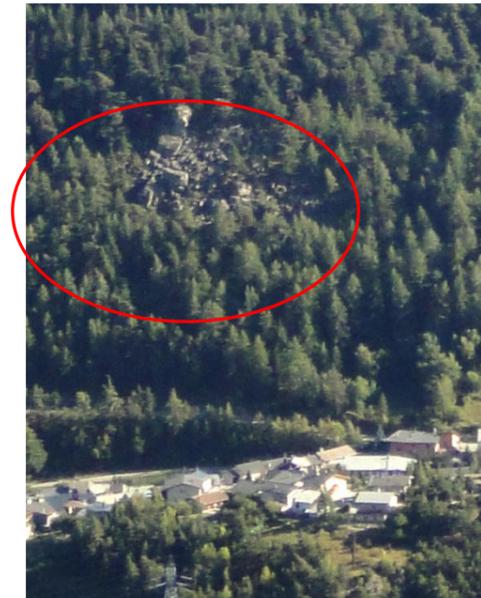


Fig. 1 : chaos de blocs de gabbro au dessus de Villarodin



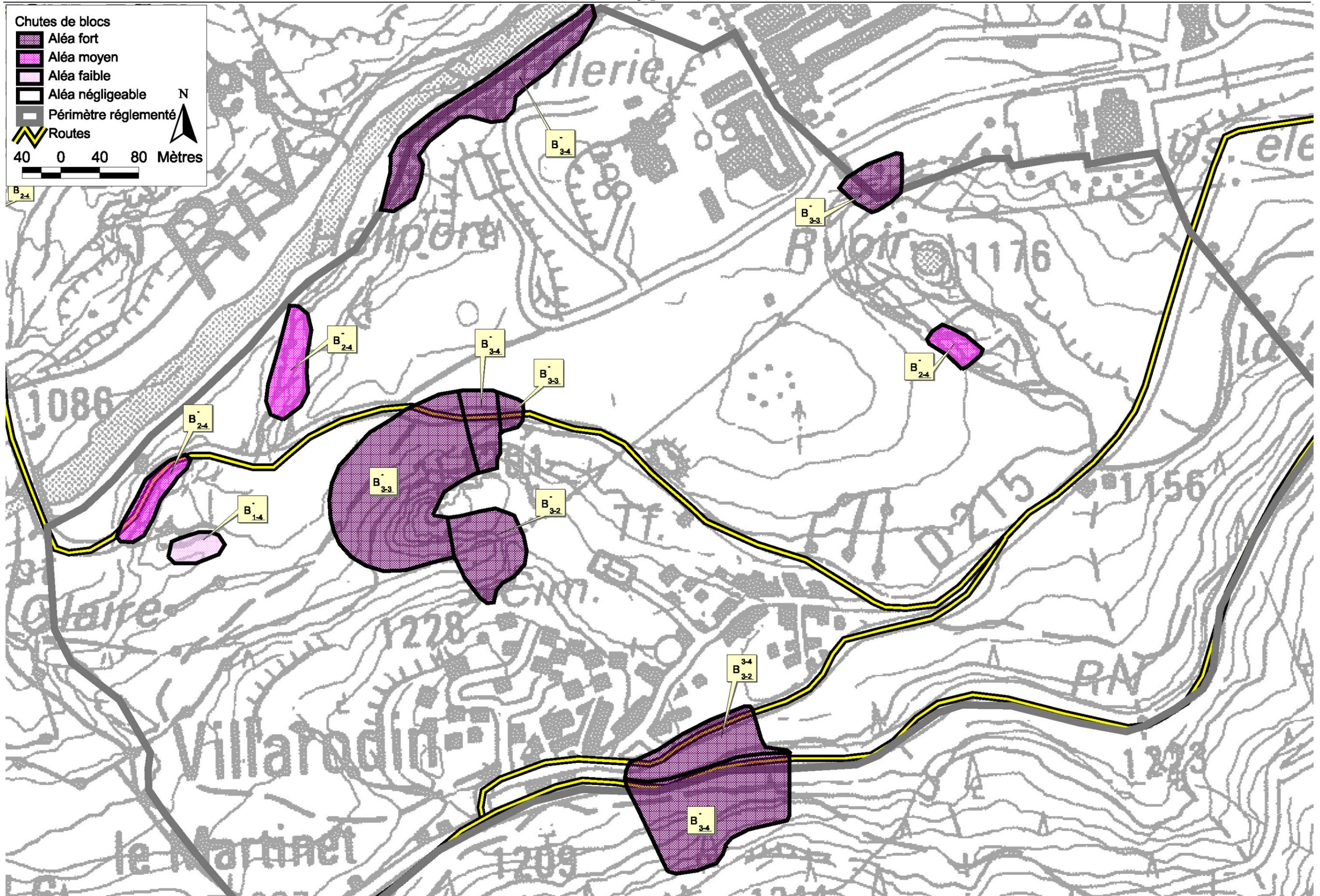
Fig. 2 : éperon de dolomie sous Villarodin



Fig. 3 : parois de dolomie et de quartzite de part et d'autre de l'ONERA



Fig. 4 et 5 : niche d'arrachement et blocs de gabbro à hauteur du chemin forestier



Historique des évènements marquants :

Secteur « Pont de la Glaire – St Etienne » :

▪ **14 février 1990** : suite à d'abondantes chutes de neige et de pluie, les ruissellements ont provoqué un effondrement de terrain en bordure de la route communale reliant le Bourget à Villarodin, à hauteur du pont de la Glaire, côté rive gauche de l'Arc. Le substratum étant constitué de gypse, une profonde cavité s'est creusée sous la route, nécessitant de gros travaux de réparation (15 000 €).

Secteur « Lotissement Champelliard - cimetière » :

▪ **Début XXème siècle** : glissement superficiel de la couche morainique reposant sur le substrat dolomitique, dans la pente dominant le cimetière, sous le plateau de Champ Pelliard. Ce glissement peu volumineux mais brutal a engendré une petite coulée de boue qui est venue se déposer jusque contre le mur amont du cimetière, en réduisant sa hauteur (cf. fig. 2).

▪ **Années 70** : même type de phénomène mais un peu plus à l'est, mobilisant une nouvelle fois la couverture morainique et peut-être des remblais liés à l'aménagement récent du lotissement de Champelliard. Des dépôts de boue sont observables jusqu'aux murs du cimetière (cf. fig. 3)

Cette pente est connue des habitants pour ses glissements localisés. Le maire signale aussi que le mur amont du cimetière dépassait davantage du terrain naturel à l'origine. Il est aujourd'hui fissuré.

Protections existantes :

Naturelles : Néant.

Artificielles : Néant

Phénomène de référence :

Secteur « Pont de la Glaire – St Etienne – Champ Mollard » :

Sur ce secteur compris entre le ruisseau de St Joseph (rive droite) et l'Arc, des moraines argileuses recouvrent un substrat gypseux qui affleure par endroits, comme dans la pente nord dominant la route communale. Sur l'ensemble du secteur, compte-tenu de l'existence avérée de cavités de dissolution des gypses à faible profondeur, l'aléa effondrement peut être considéré comme important, à l'image de l'évènement de 1990 (E₃₋₂).

Lieux dits Le Creux – Plan Champ :

La grande doline de Villarodin, en contrebas du village, s'est formée dans des gypses qui affleurent très localement en pourtour. Le ruisseau du Dget venait s'y perdre, avant d'être capté par le réseau pluvial du village, et a certainement favorisé par le passé la formation d'une cavité souterraine d'envergure, dont l'effondrement a provoqué cet immense fontis en surface (cf. fig. 1). Même si le débit n'est plus le même (il y a très longtemps que le fond de la doline n'a pas été inondé), des venues d'eau se produisent encore et la doline, qui n'évolue pas d'après les habitants, pourrait encore s'affaisser à l'avenir. L'ensemble de la dépression est donc classée en aléa fort d'affaissement/effondrement (E₃₋₂), jusqu'aux dolomies environnantes dont la stabilité est assurée.

Secteur « Derrière l'Eglise » sous Villarodin :

Dans la pente qui s'étend au nord sous le vieux village et le cimetière, la moraine argileuse reposant sur un substrat de dolomie et cargneules présente des signes de glissement lent (déformations de surface, affaissements – G₃₋₄). Les vieilles bâtisses de Villarodin sont souvent fissurées en bordure de zone mais ce phénomène serait en grande partie du aux vibrations des anciens essais de l'ONERA.

Secteur « Lotissement Champelliard - cimetière » :

Aujourd'hui les glissements superficiels observés au XXème siècle apparaissent moins probables (zone reboisée) mais sont quand même retenus comme référence à l'échelle du siècle. Le talus est classé en glissement temporairement actif (G₂₋₅) et les prés aval en zone de coulée de boue (C₂₋₄), jusqu'au cimetière.

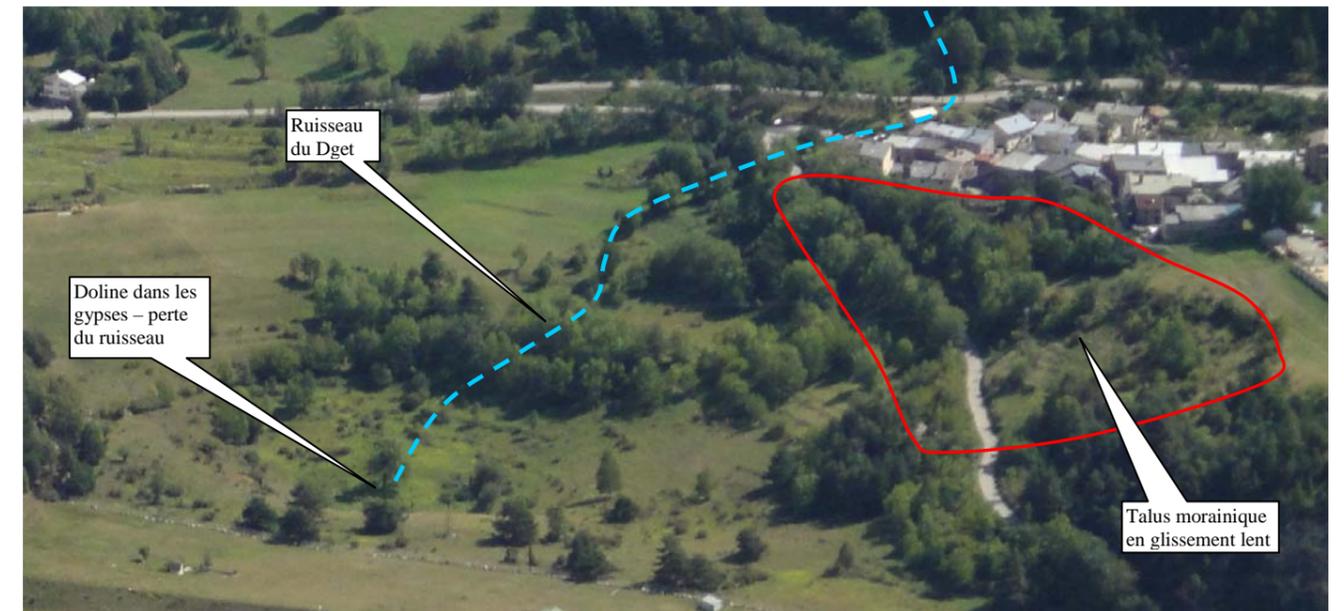


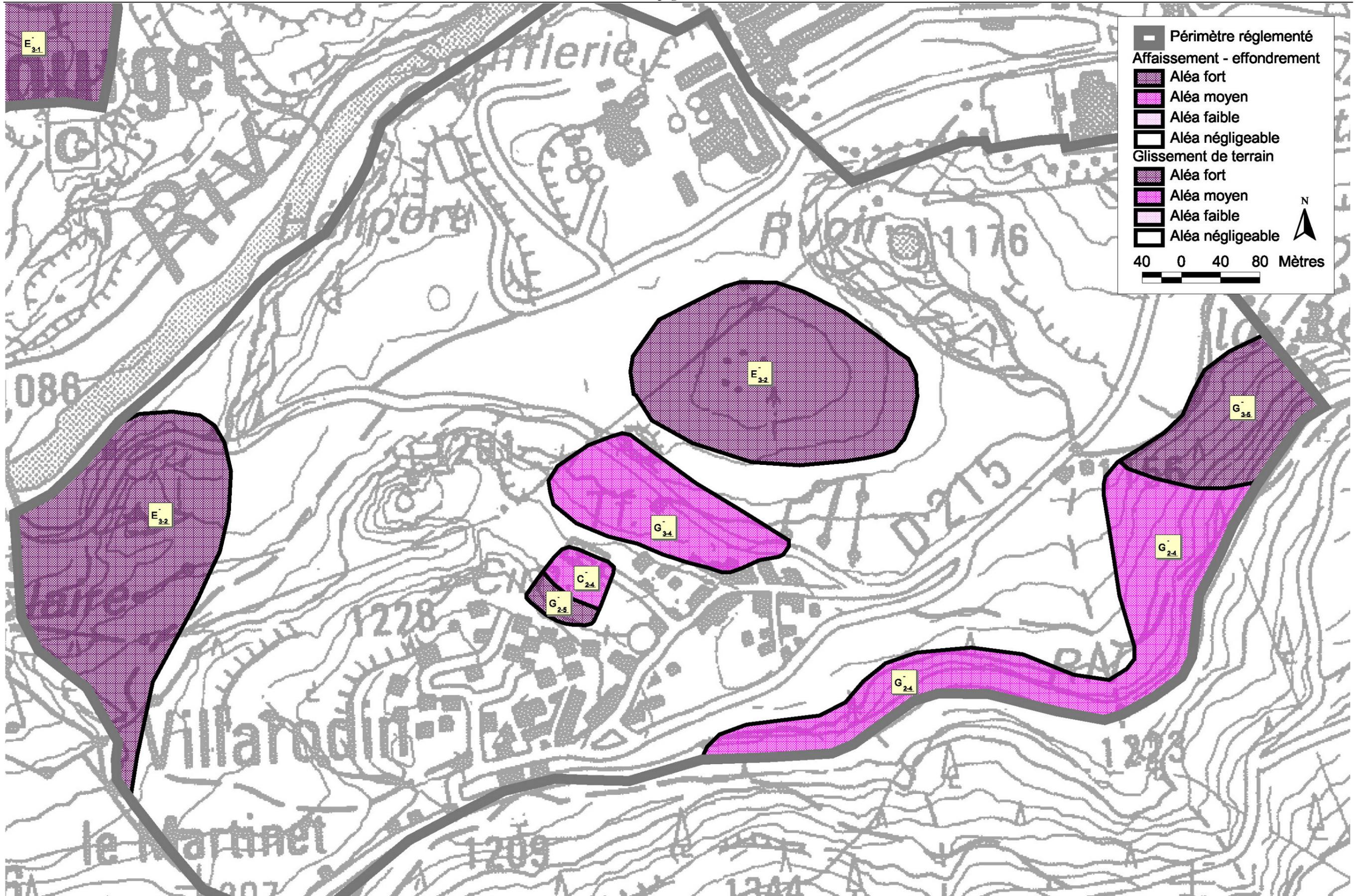
Fig. 1 : les terrains instables en aval de Villarodin



Fig. 2 : le village de Villarodin et le cimetière au début du XXème siècle (carte postale). En jaune, les traces d'un glissement de terrain jusqu'au cimetière.



Fig. 3 : le lotissement de Champelliard et le cimetière en 1982 (photo aérienne IFN). En jaune la cicatrice du 1^{er} glissement (fig. 2), en bleu un autre glissement avec coulée de boue associée.



Historique des évènements marquants :

▪ **Octobre 1993** : des fissures apparaissent dans les remblais du parking des Avenières, en bordure de la grande doline d'effondrement des gypses, au sud-ouest de la station. Ces fissures se prolongent vers le nord-est dans le terrain naturel, à une dizaine de mètres des immeubles. Elles sont actives (racines tendues).

Il faut préciser qu'une grande partie des eaux pluviales de la station se perdent dans l'entonnoir, pour ressortir bien plus bas, soit vers le cône de déjection du St Antoine, soit vers le pont de la Glaire, en passant sous la station de la Norma. Pour le cabinet SAGE, spécialisé en géotechnique, ces circulations d'eau dans les gypses sous la station sont de nature à aggraver le risque d'affaissement et menacent les immeubles.

En dehors du grand entonnoir, d'anciennes dolines de dissolution des gypses (remblayées lors de l'aménagement de la station) ont pu être répertoriées sur un plan topographique de 1970. On en compte deux sur le front de neige, deux à l'entrée de la station (rond point) et une à l'extrémité ouest de la station (contre le grand parking).

Notons enfin l'existence de très nombreuses petites dolines de quelques dizaines de centimètres à quelques mètres de diamètre sur la butte gypseuse du Pinet, en particulier au nord-est. Ces dolines apparaissent sur les replats, là où les eaux de pluie peuvent stagner et s'infiltrer pour dissoudre les gypses. Le cabinet Géolithe en a recensé 208 sur cette zone en 2012.

Protections existantes : néant

Phénomène de référence :

La station de la Norma est implantée sur une zone de contact entre la nappe des gypses (gypses, anhydrite, cargneules...) qui intéresse la majeure partie de la zone urbanisée, et la nappe des schistes lustrés (calcschistes micacés) qui concerne les chalets des Hollandais et Les Normalines, vers l'est. Le contact est en partie masqué par des formations quaternaires (moraine, éboulis, colluvions de pente).

L'étude SAGE réalisée en 1995 pour évaluer la constructibilité du plateau de la Norma distingue trois zones d'inégale exposition au risque d'effondrement :

1) Les dolines (fontis) reconnues et les terrains avoisinant, affectés localement par des fissures d'affaissement (cf. fig. 1 et 2). L'aléa effondrement y est jugé fort à long terme (E₃₋₃).

2) Les affleurements de gypse sans doline en surface (flanc est de la butte du Pinet) : possibilité de cavités en profondeur et menace d'effondrement à plus ou moins long terme. En l'état actuel des connaissances du sous-sol, l'aléa est jugé potentiellement élevé (E₃₋₁).

3) Les zones de gypse recouvert par une couverture morainique (majeur partie de la station et front de neige – cf. fig. 3) : risques d'affaissements ou de tassements différentiels dus à la dissolution des gypses en profondeur, sous l'effet de circulations d'eau. L'aléa est jugé potentiel et d'intensité moyenne (E₂₋₁).

En 2012, la commune a commandé une étude géotechnique G11 au cabinet Géolithe, pour préciser l'aléa d'effondrement et la constructibilité de la butte du Pinet, ainsi que de deux petites zones à l'entrée de la station et aux Avenières. Cette étude a été réalisée après diffusion du projet de PPR. Elle confirme ou infirme localement le zonage :

- les terrains situés à l'entrée de la station, dans le dernier virage en lacet avant le plateau urbanisé, sont constitués de remblais sur 11 à 14 m d'épaisseur, reposant sur des gypses probablement altérés et fracturés, sans mise en évidence de poche de dissolution importante. L'aléa moyen d'effondrement estimé par le cabinet SAGE en 1995 est confirmé (E₂₋₁) ;

- le parking des Avenières, au sud-ouest de la station, est en grande partie dans l'emprise de la grande doline. La stabilité des remblais du parking (plus de 10 m d'épaisseur) n'est donc pas acquise à moyen ou long terme. L'aléa fort y est confirmé (E₃₋₃). Au-delà, en bordure est, une bande d'aléa moyen est retenue, mais sa stabilité doit d'abord être vérifiée par la pose d'inclinomètres sous la base des remblais pendant 2 ans. Sur ce secteur, la limite retenue initialement entre aléa fort et aléa moyen est confirmée ;

- la butte du Pinet, initialement classée dans son ensemble en aléa fort d'effondrement du fait de l'omniprésence du gypse en surface, a pu finalement être subdivisée en trois zones :

a) les talus du flanc sud-est de la butte, constitués d'une alternance de gypses indurés et de gypses dégradés en sol sableux et limoneux sur 1 à 2 m, où la construction apparaît possible moyennant une étude géotechnique préalable et des travaux de soutènement (E₂₋₁) ;

b) la zone centrale de la butte où les reconnaissances ont montré une couche de terre végétale puis de gypses dégradés en sol sableux sur une dizaine de mètres, reposant sur des gypses pas ou peu altérés, sans mise en évidence de cavité de dissolution. En dépit de petites dolines de surface sur la moitié nord-est de cette zone, Géolithe considère que l'aléa y reste modéré et que des petits chalets en structure légère peuvent y être réalisés moyennant une étude géotechnique préalable. L'intensité de l'aléa initialement forte est donc localement réduite, en conservant une fréquence rare sur les dolines existantes (E₂₋₃) et potentielle lorsque aucun indice de surface n'a été relevé (E₂₋₁).

c) le reste de la butte, c'est-à-dire les extrémités sud-ouest et nord-est, où les gypses sont plus altérés, même en profondeur, et où des cavités de dissolution ont pu être mises en évidence par sismique réfraction et profil radar. Ces anomalies sont à mettre en parallèle avec des dolines de surface plus nombreuses et marquées ou avec une extension possible de la grande doline des Avenières. L'aléa fort y est confirmé (E₃₋₁ ou E₃₋₃ suivant la présence ou non d'indices en surface).

Signalons aussi que la majeure partie des eaux pluviales de la station, ainsi que les eaux de sources issues du versant nord et les exutoires des plans d'eau continuent d'être déversés dans la grande doline des Avenières. Le risque de développement d'un réseau karstique sous le plateau urbanisé de La Norma et d'affaissement des immeubles, souligné par le cabinet SAGE dès 1993, reste donc d'actualité. Le réaménagement du réseau d'eau pluvial proposé par la SAGE il y a 16 ans, avec rejets directs vers le St Antoine et vers l'Arc, est donc toujours vivement recommandé pour réduire ce risque sur le cœur de la station.

L'étude SAGE de 1995 distingue par ailleurs trois zones d'inégale exposition au risque de glissement de terrain :

1) Zone où les schistes lustrés sont (sub)affleurements (sous les lotissements) : des glissements de terrain ponctuels et superficiels sont possibles sur les quelques mètres de moraine et schistes désagrégés en surface (notamment dans les talus sous le lotissement le plus à l'est. L'aléa y est jugé moyen (G₂₋₄).

2) Zone où les schistes lustrés sont recouverts par une couverture morainique de plusieurs mètres (lotissements) : risques de tassements différentiels d'ampleur modérée (G₂₋₄).

3) Zone où une couverture morainique d'épaisseur inconnue recouvre un substratum inconnu (à l'amont du lotissement des Hollandais) : risques d'effondrements et de tassements différentiels liés à des variations latérales de nature du substratum. L'aléa est jugé moyen (G₂₋₄).



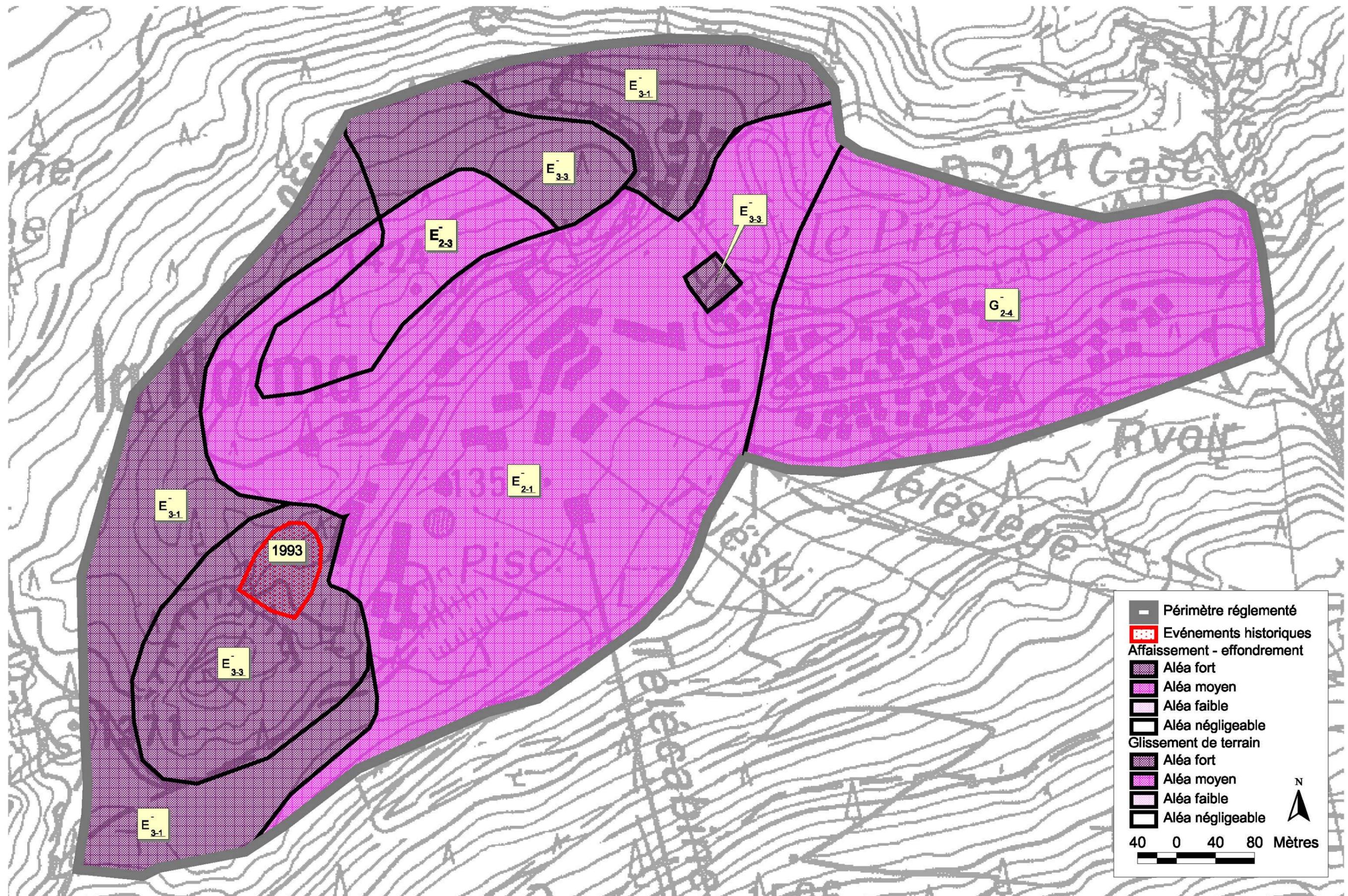
Fig. 1 : fissures à proximité de la grande doline



Fig. 2 : petite doline dans les gypses de la butte du Pinet



Fig. 3 : vue générale du front de neige et de la butte du Pinet



Historique des évènements marquants :

On observe de nombreux gros blocs de schistes sur l'aire de pique-nique entre les tennis et la base de loisirs. Si la plupart est probablement liée à l'ouverture de la piste forestière en amont (talus taillés dans des bancs de schistes altérés (cf. fig. 4), d'autres plus anciens proviennent sans doute en partie de chutes de blocs naturelles issues d'une barre rocheuse dans les schistes lustrés, vers 1700 m.

Protections existantes :

Naturelles :

Nature :

Boisement naturel du versant nord sous le Mélezet.

Efficacité :

Moyenne : cette forêt communale est exploitée (coupes assez récentes avec jeune régénération) et sa densité n'est pas suffisante pour arrêter tous les blocs de schistes sur cette pente soutenue.

Artificielles :

Nature :

Piste forestière servant aussi de retour skieurs sur la station, recoupant le versant à trois niveaux entre la barre rocheuse supérieure et le pied de versant.

Efficacité :

Faible : la largeur des replats de piste n'est pas suffisante pour arrêter d'éventuels blocs lancés dans la pente depuis l'extrémité ouest de la barre rocheuse.

Phénomène de référence :

Sur le pied du versant nord boisé entre la base de loisir et les tennis :

La barre de schistes assez compacts située vers 1700 m ne menace le pied de versant qu'à son extrémité ouest, là où elle est suffisamment développée en hauteur (cf. fig. 1 et 2). De rares blocs de l'ordre du mètre cube pourraient traverser le boisement et le replat de la piste de ski pour atteindre exceptionnellement l'aire de pique-nique, où se trouvent déjà d'anciens gros blocs (B₃₋₂). Ailleurs, les instabilités sont trop peu nombreuses et le versant plus long et moins raide. Les éventuels blocs seront très probablement stoppés par le boisement ou les trois traversées de piste. Un départ à plus court terme a aussi été identifié dans le talus de l'épingle de la piste forestière, vers 1450 m (cf. fig. 4). Il n'est pas exclu qu'un bloc bascule sous la piste pour ne s'arrêter qu'à proximité de l'accès à la base de loisirs (B₃₋₂). Ce risque est apparu avec le terrassement de la piste vers 1980. Ailleurs, il s'est résorbé avec le reboisement des talus.

De l'autre côté de la station, un affleurement de gypse sur la butte du Pinet laisse craindre, par altération superficielle, de rares chutes de pierres et petits blocs sur les premiers chalets ainsi que sur la route de desserte de la station (B₂₋₃-cf. fig. 4).

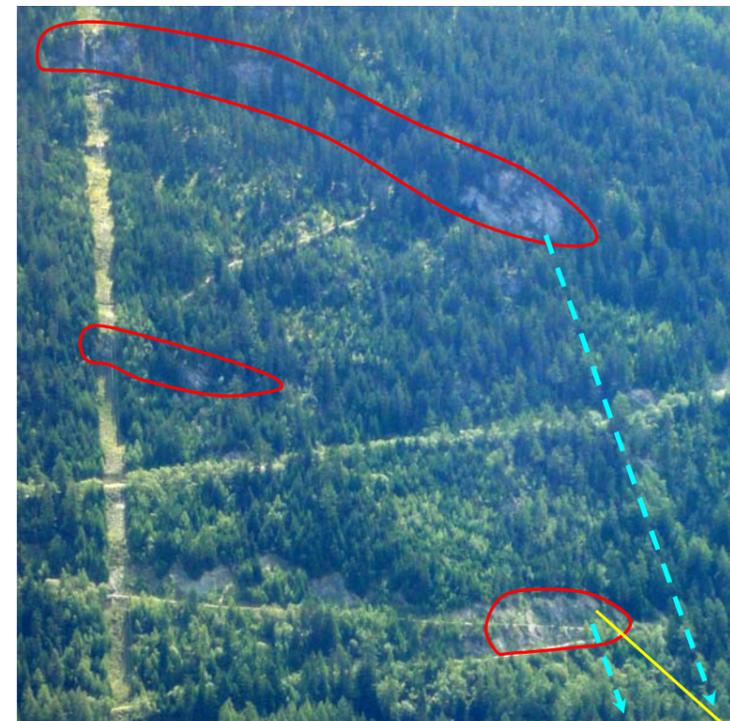


Fig. 1 : les barres rocheuses en versant nord au dessus des tennis Fig. 2 : pente de gypse en amont des chalets nord

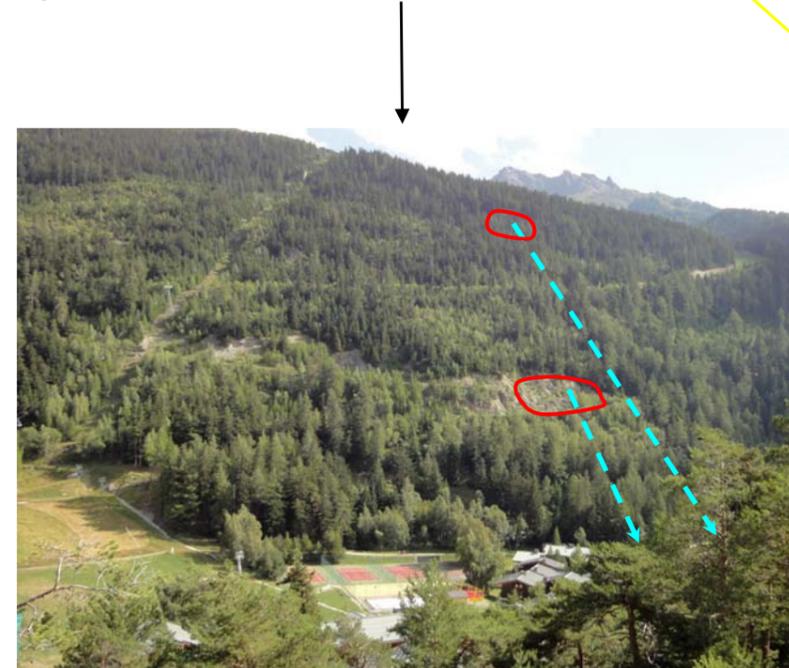
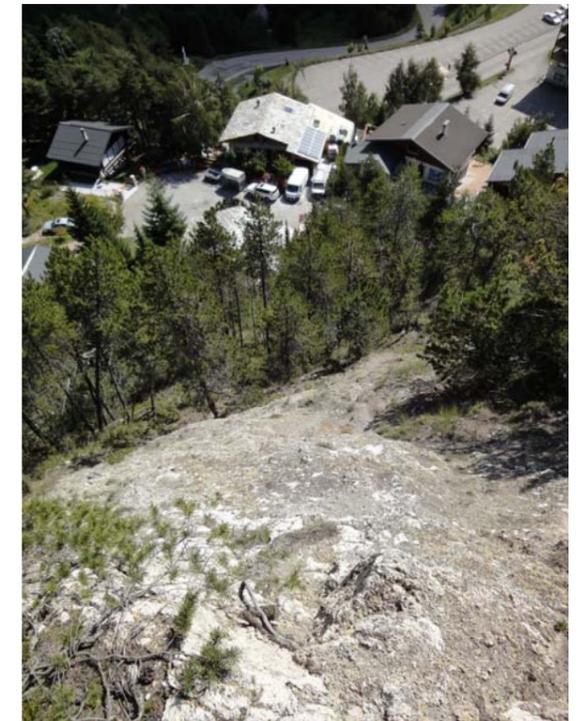


Fig. 3 : vue générale du versant et des menaces pour la station



Fig. 4 : instabilités dans le talus de la piste

