



Préfecture de la Savoie

COMMUNE DE

Queige

Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles

1 - Note de présentation

Nature des risques pris en compte :
mouvements de terrain, coulées boueuses,
inondations

Nature des enjeux : urbanisation et camping.

novembre 2010



Approuvé le :

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 Queige, 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,
- une annexe portant descriptions des défenses naturelles (liées à l'état de la couverture végétale), des ouvrages de correction et/ou de protection existants, ayant été pris en compte dans l'analyse des phénomènes naturels.

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 centennal. 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, le stationnement et certains types d'infrastructures et équipements.

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

Néant.

Le Plan d'Indexation en Z de la commune de Queige établi par le service RTM en juillet 2001 n'est pas un zonage des risques naturels à caractère réglementaire mais doit être pris en compte dans le Plan Local d'Urbanisme qui lui a valeur réglementaire.

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
- Carte de Localisation des Phénomènes d'Avalanches (CLPA) « Beaufortain » (2007) – IGN – Cemagref + données mises à jours sur le site « Avalanches.fr ».
- Enquête permanente sur les Avalanches (EPA) – ONF Cemagref : vieux carnet des Eaux et Forêts + avis d'avalanches (sur le site « Avalanches.fr ») + cartes des sites de 2007
- Carte géologique de la France au 1/50 000ème : St Gervais les Bains (1977), Bourg St Maurice (1992), Annecy-Ugine (1992), Albertville (1999) - BRGM.
- Carte de localisation probable des risques naturels dite carte "Robert MARIE" – feuille Aime1, Albertville2, Megève 3, Ugine3– 1/25.000^e – ONF RTM.
- Plan d'Indexation en Z (PIZ) des zones exposées aux risques d'origine naturelle pour la commune de Queige (2001) – ONF RTM.

📁 Archives, études et rapports divers :

- P. MOUGIN (1914) – Les Torrents de Savoie – 1200 pages.
- SOGREAH (1988) – Etude hydraulique pour l'aménagement d'une zone de loisirs en bordure du Doron à Queige, pour le compte de la commune de Queige.
- SOGREAH (1989) – Etude hydraulique pour l'aménagement d'un lotissement touristique en rive droite du Doron et du torrent de Queige, pour le compte de la commune de Queige.
- CEDRAT (1992) – Expertise hydrologique du Doron de Beaufort ; Protection du lotissement communal artisanal de Marcot, pour le compte de la commune de Beaufort.

- BRGM (1994) – Commune de Queige ; Glissement de terrains et éboulement au lieu-dit « Marolland », pour le compte de la Direction Départementale de la Protection Civile.
- ANTEA (1997) – Glissement du Saintet à Queige ; Examen des menaces d'éboulement ; Définition des travaux de protection, pour le compte de la commune de Queige.
- ANTEA (1997) – Eboulement de Marolland ; Définition des travaux de drainage et de remodelage de la partie Sud, pour le compte de la commune de Queige.
- BRGM (1997) – Eboulement à Queige (Savoie) au lieu-dit « Marolland » ; Falaise des Biuz, pour le compte de la Direction Départementale de la Protection Civile.
- GEOCONCEPT Consultants (1997) – Projet de lotissement les Barrioz 2; Voirie de desserte; Reconnaissance préliminaire des terrains , pour le compte de la commune de Queige.
- BRGM (1999) – Examen géologique du bassin versant de Marolland à Queige (Savoie), pour le compte de la Direction Départementale de la Protection Civile.
- ANTEA (2002) – Suivi des sites des Biuz et du Sintet ; Période juin 2001-juin 2002, pour le compte de la commune de Queige.
- ANTEA (2003) – Suivi des déformations du versant du Sintet et des Biuz ; Bilan de l'année 2003, pour le compte de la commune de Queige.
- ANTEA (2006) – Suivi des déformations du versant du Sintet et des Biuz ; Etat à fin juin 2006, pour le compte de la commune de Queige.
- CEMAGREF, CRPF, ONF (2006) – Guide des sylvicultures de montagnes – 289 pages.
- SAGE (2006) – Etude de stabilisation de la route communale du Platon, pour le compte de la commune de Queige.
- ANTEA (2008) – Suivi des déformations du versant du Sintet et des Biuz ; Avril 2008, pour le compte de la commune de Queige.

📁 Autres références bibliographiques :

- Archives du service RTM de la Savoie (comptes rendus d'accidents naturels, procès verbal de gendarmerie, données nivo-météorologiques de Météo-France, EDF et des Eaux et Forêts, dossiers travaux...
- Articles de presse.

📁 Photographies :

- Photographies aériennes IFN IR de 1982 + IGN NB de 71+ 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 2008
- Dossier photographique du PGHM sur les événements calamiteux du 17 Juin 1992 sur les communes de Queige et Villard sur Doron

Rem. : Les photographies présentes dans le document sont issues de visites de terrain du service RTM. Seules les photographies suivantes proviennent d'une autre origine :

- Photo n°7 : BRGM
- Photo n°8 : Antea
- Photo n°18,19 et 20 : PGHM
- Photo n° 24 : DDE
- Photo n° 25 : IGN

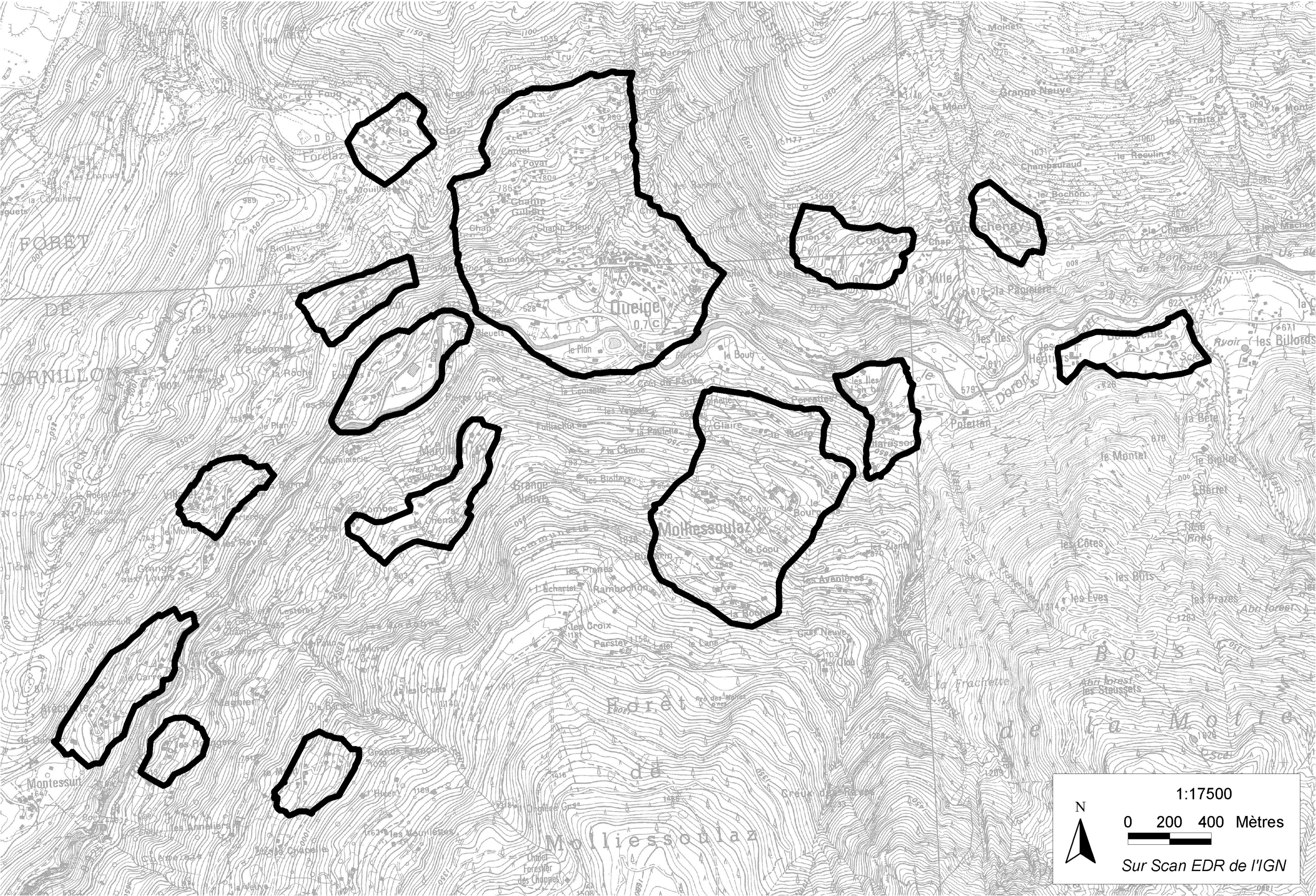
📁 Sites Internet

- cartorisque.prim.net (consultation en Juillet 2008)
- www.avalanches.fr (consultation en Juillet 2008)

1.6 - PRESENTATION DES SECTEURS ETUDIES

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. Elles 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.



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 est celle du **1/5000^{ème} au minimum**. 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"

100 ans50 ans20 ans5 ans

Période de retour

Fréquence \ Intensité	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 future \ Activité présente	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 absolues et instantanées :

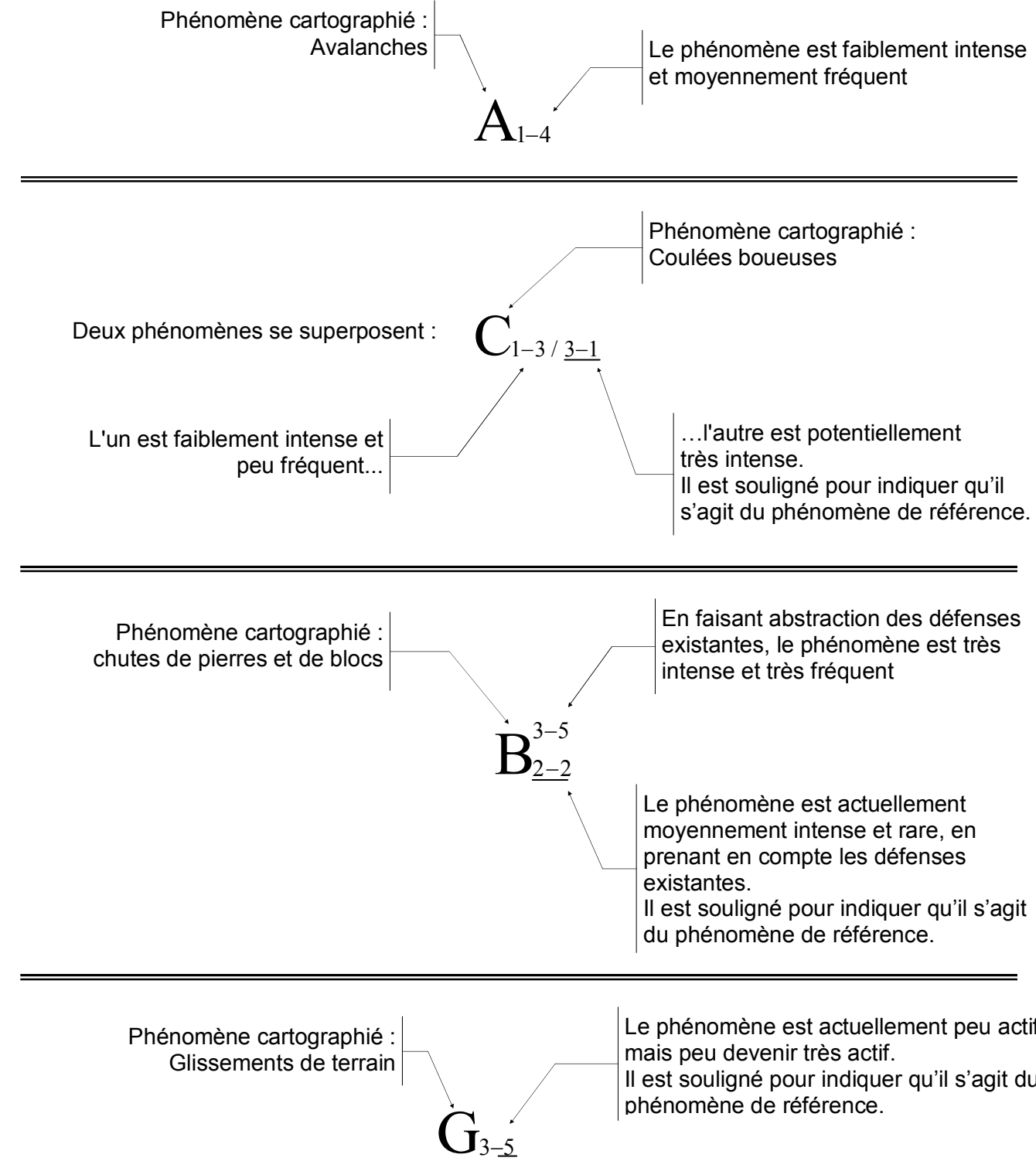
en exposant : degré pondération absolue

en indice : degré de pondération instantanée

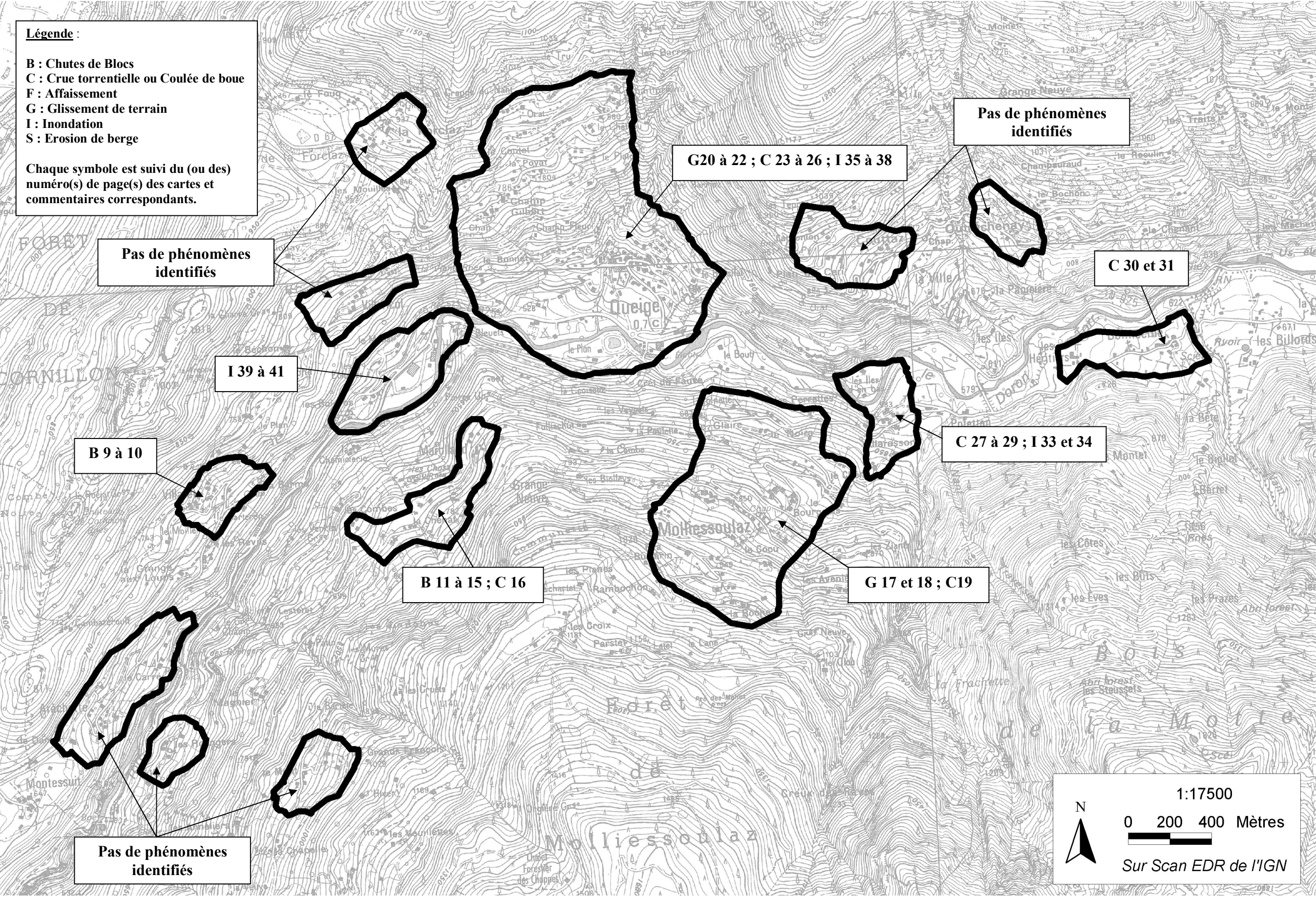
Pour le contenu des degrés de pondération voir en 1.6.2.1, ainsi que la légende.

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 :



Présentation du site :

Les chutes de blocs étudiées proviennent des pentes boisées situées en amont du hameau du Villaret. Trois zones émettrices, constituées de micaschistes, ont pu être identifiées (voir photo n°1):

- **Escarpement n°1** : Le pied de la barre rocheuse se trouve approximativement à 930 m d'altitude, non loin de la crête du Cornillon. D'une largeur d'environ 100m, cette barre rocheuse atteint une hauteur maximale de près de 40 m. Sur le plan morphologique, cette barre rocheuse présente une hétérogénéité de formes avec quelques secteurs subverticaux (hauteur maximum de 10 m) et une majorité d'affleurements ayant une pente de 60° entrecoupés de couloirs.
- **Escarpement n°2** : Bien plus bas dans le versant (pied de la barre à 800 m d'altitude) et à l'ouest du précédent, le secteur nous intéressant s'étend sur environ 50 m de large pour une hauteur maximum de 30 m. Sur le plan morphologique, il a seulement été observé des affleurements présentant une pente de 60° et entrecoupés de couloirs.
- **Escarpement n°3** : Localisé à proximité des habitations, cet escarpement (pied de la barre à 760 m d'altitude) se compose de différents affleurements disposés de manière diffuse du fait des nombreux couloirs et gradins qui les entrecoupent. Toutefois, nous pouvons considérer cet escarpement comme un seul et unique massif présentant une hauteur maximum de 20m et s'étendant sur au moins 250 m.

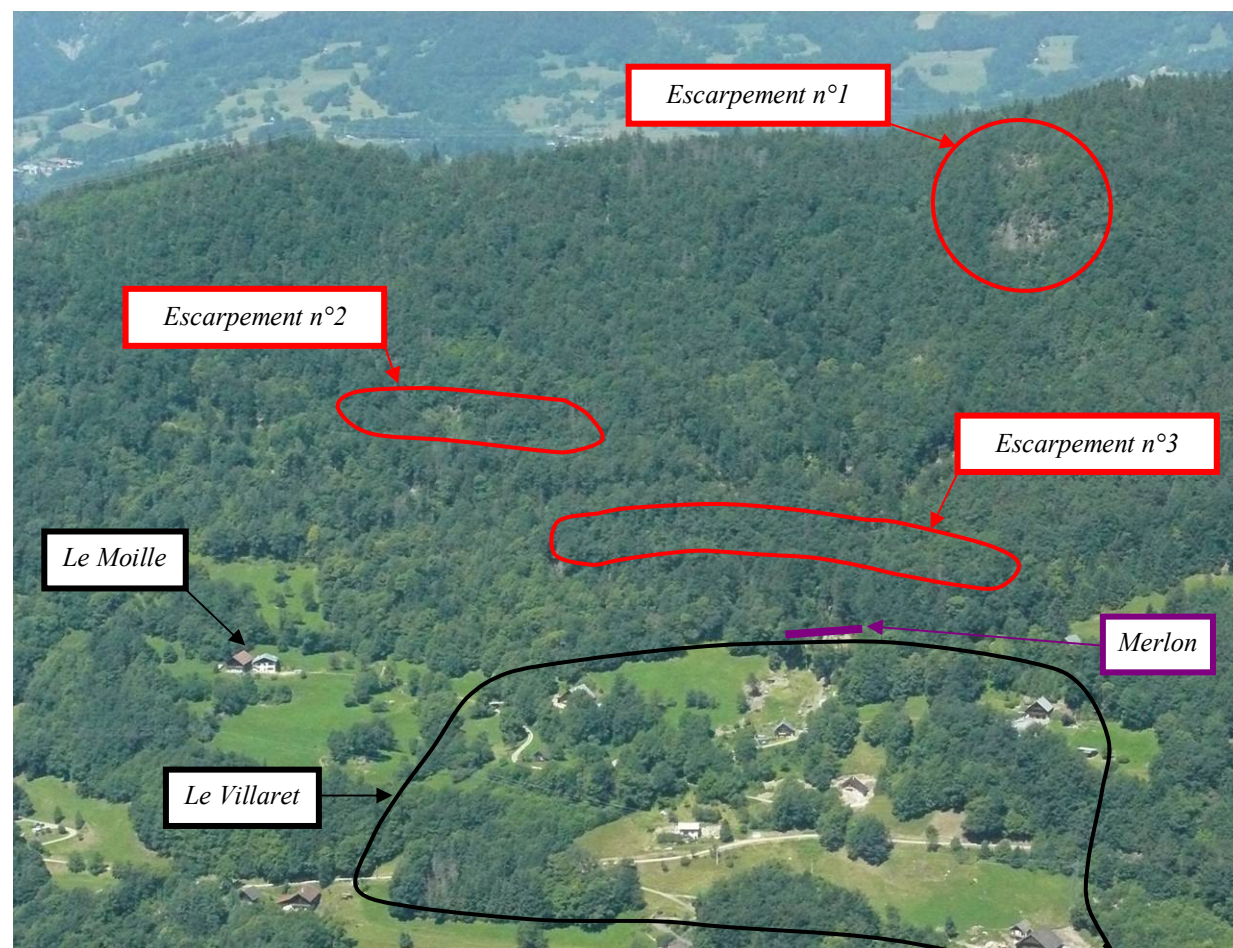


Photo n°1 : Vue globale sur le versant situé au dessus du Villaret

Historique des évènements marquants :

Un des habitants du hameau a récemment édifié un merlon car il retrouvait fréquemment des blocs d'une dizaine de litre dans la pente située au-dessus de son logement.

Protections existantes :

Naturelles :

Nature :

Le versant présente un boisement naturel très varié aussi bien en terme de densité (200 à 800 tiges/ha), d'essence (Chêne pubescent, Hêtre, Erable plane, Epicéa...) ou de diamètre (15 à 50 cm).

Efficacité :

Malgré une couverture quasi complète du versant, ce peuplement ne présente pas les caractéristiques sylvicoles nécessaires pour assurer une protection absolue vis-à-vis des chutes de blocs provenant des escarpements n°2 et 3 (Aléa résiduel de près de 50 à 80% selon le modèle Rockfor^{NET}). La forêt dispose d'un rôle de protection limité.

Artificielle:

Nature :

Un merlon en terre (L=30m ; l=2m ; h=2m) réalisé par un particulier en 2007 (voir photo n°2) sert de protection déportée vis-à-vis de la maison située en contrebas.

Efficacité :

Il n'a pas été observé de blocs au sein de la fosse lors de la visite de terrain. L'ouvrage semble relativement bien adapté pour piéger des blocs allant jusqu'à 100l et dont la dynamique principale est constituée par une phase de roulement et/ou glissement. Toutefois, une fosse de réception plus large aurait permis d'accroître l'efficacité de l'ouvrage vis-à-vis de blocs en phase de rebond

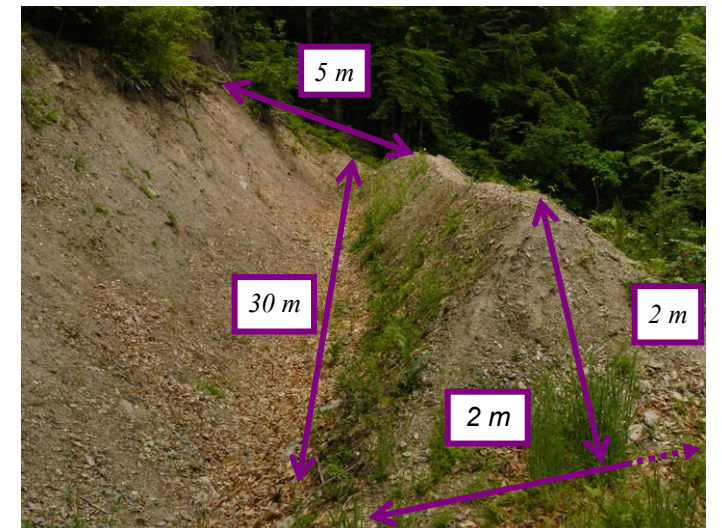


Photo n°2 : Merlon réalisé par un particulier en 2007

Phénomène de référence :

Concernant l'escarpement n°1, de nombreuses instabilités de plusieurs dizaines de litres ont été constatées. Quelques niches d'arrachement récentes ont également été observées avec des volumes unitaires de l'ordre du mètre cube. Ces deux types de blocs possèdent une phase de transit avec des rebonds importants dans la partie haute d'où le classement en intensité forte (B_{3-6}). Les blocs les plus volumineux semblent se fragmenter rapidement lors de la



du fait de la présence de deux pistes forestières et d'une pente moins prononcée ($\approx 30-35^\circ$) sur le bas de cette forêt.

Photo n°3 : Bloc issu de l'escarpement n°2

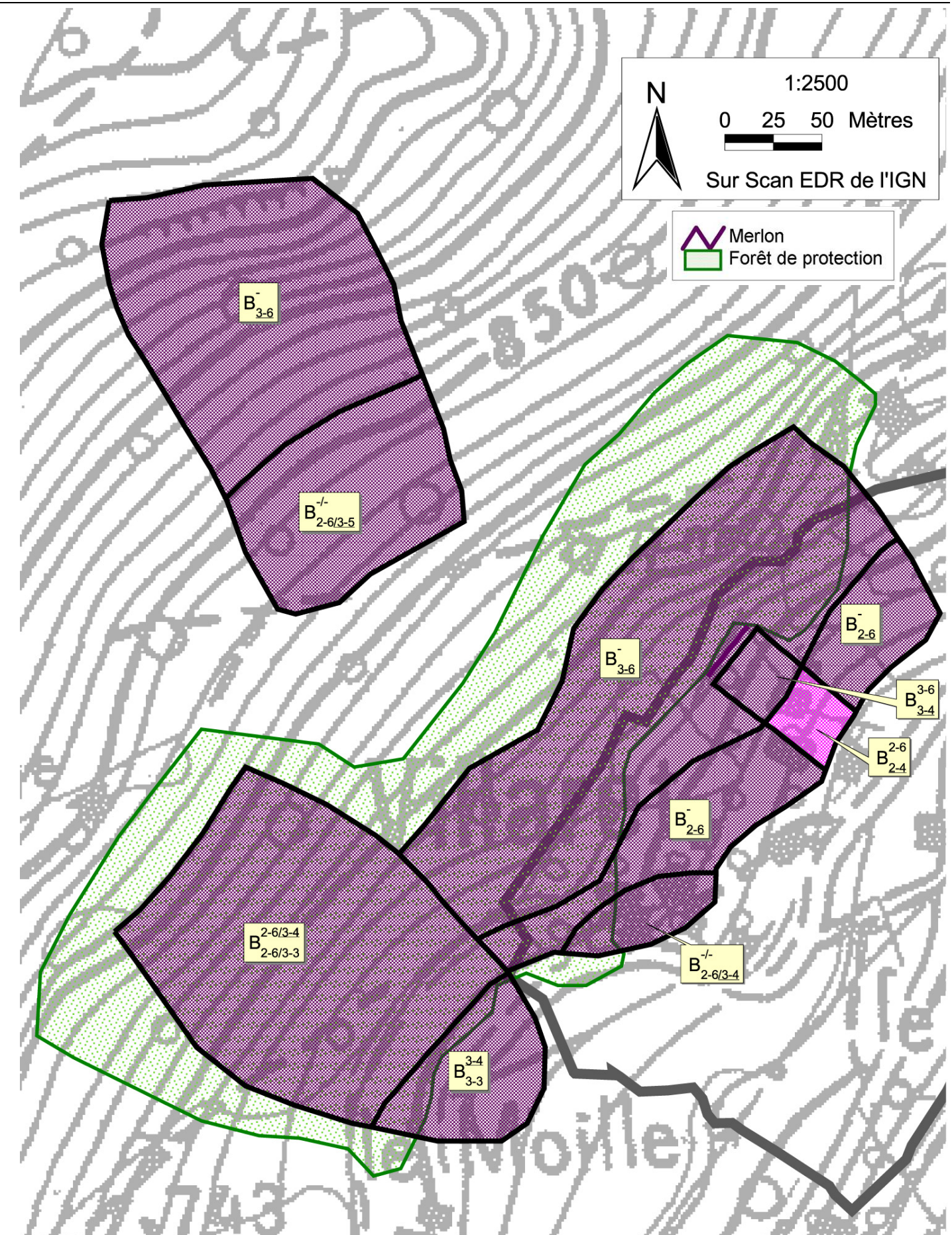
Au niveau de l'escarpement n°2, le phénomène majeur est constitué par un bloc d'un volume supérieur au mètre cube (voir photo n°3) qui a récemment glissé sur les faces d'un dièdre sur 5-6m et déraciné un chêne (diamètre 20cm) avant de s'arrêter contre deux arbres dont l'un des deux a basculé. D'autres instabilités d'une taille bien inférieure ont été notées mais leur propagation ne semble pas aller au-delà de la forêt. La forêt très dense qui se trouve juste au pied de l'escarpement

permet d'arrêter une partie des blocs les plus imposants dès le début de leur mise en mouvement. Toutefois, étant donné l'entretien et l'état sanitaire de ces peuplements forestiers, la pérennité du rôle de protection de ces peuplements forestiers ne semble pas assuré ($B_{2-6/3-3}^{2-6/3-4}$). Enfin, pour des volumes supérieurs au mètre cube, la propagation du phénomène (B_{3-3}^{3-4}) sortirait certainement de la zone forestière pour venir s'arrêter en contrebas de la piste reliant le Villaret au Moille.

Pour l'escarpement n°3, les blocs potentiellement émis ne dépassent pas plusieurs dizaines de litres (voir photo n°4). Outre cette première source de blocs, on note de nombreux blocs instables (réalisation d'une piste forestière) juste en amont de l'escarpement n°3. Globalement, la forêt permet d'arrêter un certain nombre de blocs mais, étant donné la densité des peuplements (≈ 500 t/ha) et la taille des blocs émis, la forêt n'induit pas une diminution significative du risque présent. La seule protection montrant une réelle efficacité dans la diminution du risque est constituée par un merlon réalisé par un particulier en amont de sa résidence (voir photo n°1). Toutefois, étant donné la largeur du fossé (≈ 5 m entre le terrain naturel et le sommet du merlon), des blocs transitant avec une dynamique de rebond pourraient potentiellement passer par-dessus le merlon et atteindre la résidence d'où le classement de la zone située en aval du merlon en B_{3-4}^{3-6} puis en B_{2-4}^{2-6} (phase de roulement prépondérante sur la fin). Sur le reste du secteur concerné par l'escarpement n°3, un champ et des pistes forestières ou d'accès aux résidences constituent les zones d'arrêts principales (B_{2-6}). Le cas de la résidence située le plus à l'ouest du secteur est plus problématique. En effet, du fait du risque éventuel de voir un bloc atteindre le toit de cette résidence situé en contrebas d'une courte zone d'arrêt (voir photo n°4), le phénomène retenu dispose d'une intensité plus forte que pour le reste de la zone d'arrêt. ($B_{2-6/3-4}$).



Photo n°4 : Blocs issus de l'escarpement n°3 proche d'une résidence



Site : Falaise des Biuz

Présentation du site :

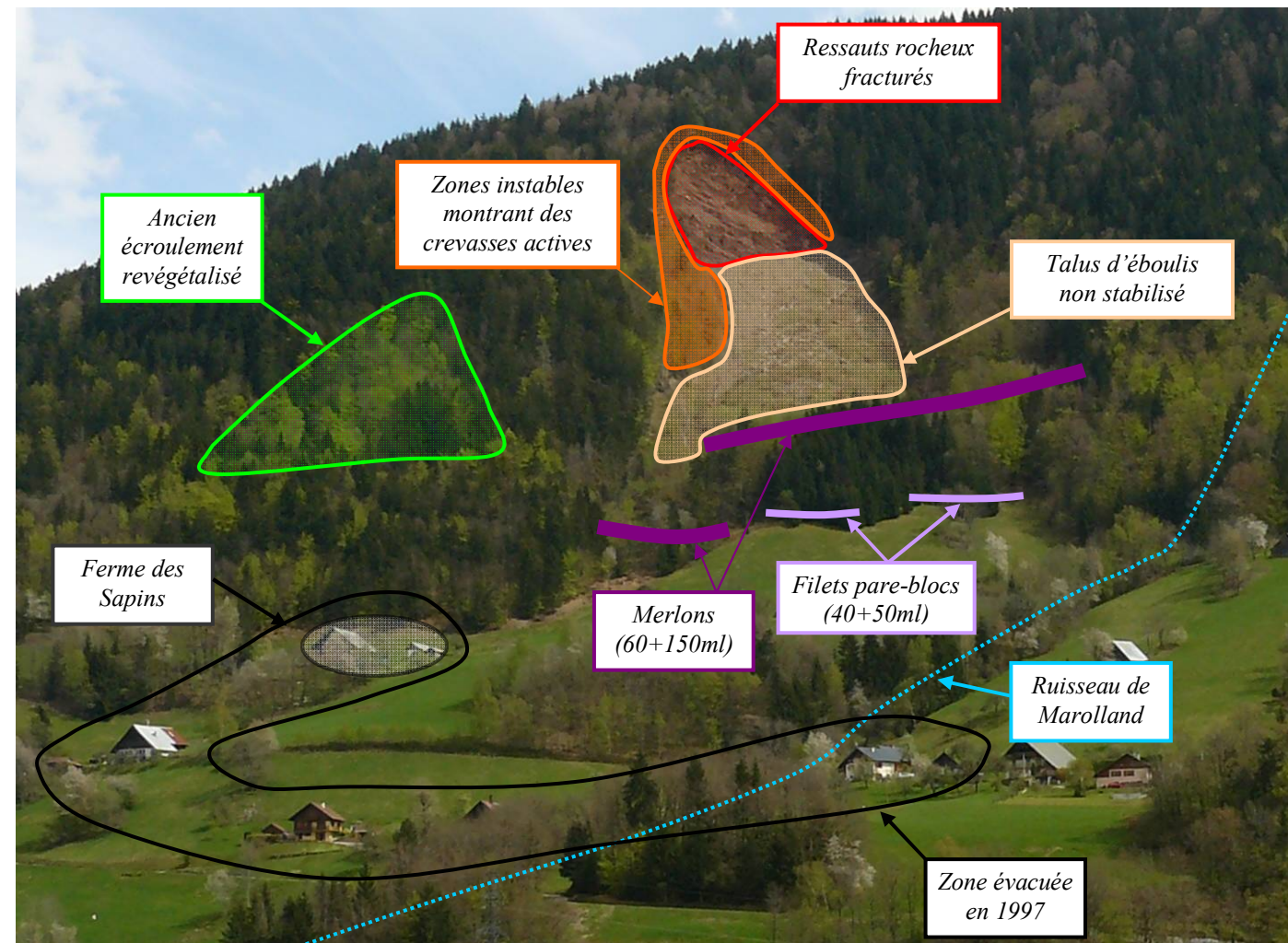


Photo n°5: Vue globale sur la falaise du Biuz

La falaise du Biuz se trouve dans le secteur Est d'un vaste écoulement de versant très ancien (décompressions post-glaciaire des versants) qui s'étend depuis Marolland jusqu'à la scierie de Lesteret et qui a pris naissance dans le bassin supérieur du Ruisseau de Marolland. L'habitat actuel (hameaux de la Chenat, des Choseaux, des Combes et des Nants) se situe d'ailleurs sur la partie frontale de ce mouvement de versant. La fragilité du massif rocheux n'est donc pas récente et on assiste actuellement à une reprise des processus d'affaissement, d'écroulement, de glissement et de chute de blocs.

Sur le plan géologique, les escarpements rocheux (entre 1050 et 1150m) mis à jour sont constitués de micaschistes du socle cristallin de Belledonne. L'altération de ces roches fournit une forte proportion d'argiles, éléments favorables à la constitution de plan de glissement. La fracturation du massif est importante avec une inclinaison verticale ou bien orientée vers l'aval. Ainsi, de nombreuses instabilités allant jusqu'à des volumes de plusieurs mètres cubes sont aisément identifiables dans la partie sommitale de la falaise des Biuz. Sur le pourtour de la zone écroulée, on constate également la présence de crevasses délimitant des pans rocheux (rive droite et rive gauche) représentant plusieurs milliers de mètres cubes. La présence de nombreuses venues d'eau à mi versant et en pied de versant confirme une circulation importante d'eau souterraine avec des phénomènes de mises en charge pouvant favoriser les processus d'écroulements et de glissements après des épisodes pluvieux conséquents. Les différents écoulements ont engendré la constitution d'un éboulis (entre 900 et 1050m) conséquent et dont la stabilité n'est toujours pas assurée à ce jour.

Historique des événements marquants :

- **1940-1960** : Les témoignages des riverains indiquent que des blocs et des coulées de boue avaient touché des zones habitées (rochers près de la maison SEVESSAND et chemins communaux coupés par la boue).
- **1962** : Un éboulement depuis la falaise de Biuz libère des blocs atteignant un replat vers 900-950m.
- **05/1994** : Vers 21 h aux alentours du 21 mai 1994 (la date n'est pas précise étant donné que les désordres n'ont été signalés que tardivement et que les témoignages recueillis divergent), des habitants de Queige, proches du Ruisseau de Marolland ont vu ou entendu la chute de gros blocs rocheux. Ces blocs se sont arrêtés sur des terrains en jachères ou couverts d'arbres et de broussailles assez éloignés des lieux habités. Le point d'arrachement se situe dans un secteur peu accessible, dans des falaises largement recouvertes de végétation. Les blocs, après avoir cassé de nombreux arbres sur un parcours de près de 200 mètres de dénivelée, se sont arrêtés près de granges, ruines abandonnées depuis longtemps. Les plus gros rochers, au nombre d'une dizaine, pourraient atteindre un volume de 3 à 10 m3. D'autres chutes de rochers se sont produites dans les semaines qui ont suivi l'éboulement principal.
- **03/06/1994** : Une visite de terrain effectué par le BRGM confirme que la zone de départ des blocs se trouve entre 1 000 et 1 050 m d'altitude au niveau des escarpements rocheux bordant vers le Sud-Est le bassin versant du Ruisseau de Marolland. Des crevasses sont bien apparentes au dessus de la niche d'arrachement. Des repères sont installés afin de suivre l'évolution du phénomène.
- **17-19/04/1996** : Des bûcherons ont remarqué l'élargissement des crevasses repérées et jalonnées en 1994 tandis que la falaise traversée par le sentier des Biuz se fissure et que des pierres s'en détachent. Le 17, les chutes de blocs s'intensifient puis dans la nuit du 18 au 19, un volumineux pan de falaise (plusieurs milliers de mètres cubes ; 50 à 60m de large) s'écroule. Les blocs libérés sont principalement arrêtés à la côte 900-950m (comme 1962) dans le talus d'éboulis. Cependant, quelques blocs dépassent cette limite et atteignent la bergerie des Sapins (bloc de 2 à 3 m3) puis les bois ou prairies situés à proximité du ruisseau de Marolland. D'après une visite effectuée les 19 et 20 avril 1996, il a été considéré que certaines habitations étaient exposées directement : la ferme des Sapins (malgré un abri relatif par le bord du couloir principal), la grange et la bergerie de la ferme des Sapins, les trois chalets d'habitation en contrebas et en bordure de la route allant à Marolland, le chalet « La Chenat ». Une vingtaine de personnes est alors évacuée le temps de réalisés des travaux de sécurisation. Durant cette période, un bloc de 200 à 300 litres heurte un cabanon près du Chalet des Teppaz. Ce bloc est peut-être issu du chantier de terrassement des pièges à blocs.
- **Fin 1996** : Des ouvrages de protections passifs sont réalisés avec suivi technique de l'entreprise Antea : un merlon dans le couloir de la ferme des Sapins en contrebas du sentier des Cruets, un merlon au dessous du replat 900-950, à peu près sur l'emplacement du sentier des Cruets et 2 lignes de filets pare-blocs dans la forêt d'épicéas.
- **02/01/1997** : Depuis la fin de matinée jusque vers 15 à 16h, un volume très important, entre 20 à 30 000m3 s'est éboulé depuis la falaise des Biuz, complété par un pan de 500m3 le 4 au soir. La masse éboulée provient d'un massif rocheux large d'environ 100m, profond de trente et épais de 3 à 10m. L'écroulement s'est produit à partir des terrains prédécoupés par d'anciennes crevasses reconnues en 1996. La configuration du site des Biuz a complètement été modifiée. Ainsi, de l'amont vers l'aval :
 - la falaise initiale en deux parties n'existe plus : elle est maintenant continue,
 - l'ancienne niche d'arrachement s'est principalement agrandie vers l'ouest,
 - les matériaux éboulés ont recouvert l'éboulement de 1996 et une partie des éboulis anciens (éboulements antérieurs),
 - des sources ont été dégagées à mi-paroi dans la partie Sud,
 - la partie basse des éboulis anciens boisés, remobilisée par l'impact et la surcharge, s'est déplacée en glissant jusqu'au merlon amont, comblant alors le fossé,
 - le merlon amont a été désorganisé sur 80 m de longueur (déplacement de 5 à 10 m par endroit),
 - un couloir abrupt s'est créé dans la partie Nord de la masse éboulée au droit du merlon aval, le merlon amont étant ici submergé.

Les blocs émis se retrouvent dans la partie frontale de l'éboulement et peuvent atteindre près de 5 à 6m3. Deux blocs dépassent la digue et sont arrêtés au sommet de la pessière par des arbres. Sur décision du maire, les maisons exposées (familles Combaz et Teppaz) ont été évacuées : les blocs n'ont cependant pas franchi le merlon inférieur et n'ont pas atteint la ligne de filets pare-blocs édifiés un peu en dessous de ces ouvrages.

- **02/1997** : Des travaux sont réalisés suite aux dégâts engendrés par l'évènement de Janvier 1997 :
 - captage des sources et leur évacuation,
 - remodelage partiel de l'éboulis
- **11/1997** : De nouveaux travaux de drainage sont réalisés suite à l'étude d'Antea (06/1997).
- **02/1998** : En plus de la poursuite des travaux de drainage, les merlons amont et aval sont remodelés.
- **26/04/1999** : Une visite de contrôle par le BRGM note qu'il n'y a pas d'évolution notable de la niche d'arrachement sommitale. Cependant des crevasses apparaissent en rive droite (décrochement possible d'un pan rocheux de près de 80m de haut). Sur la rive gauche, il est observé une forte fissuration avec émission de blocs. Le problème de l'efficacité des ouvrages de protection est également soulevé (proposition de renforcement et d'extension).
- **06/1999** : ANTEA propose et réalise la mise en place d'un suivi de la falaise avec contrôle de la stabilité de l'éboulis et des merlons par des relevés topométriques semestriels des repères mise en place ainsi que l'installation de fissuromètres en retrait de l'arrachement sommital.
- **07/2002** : Le rapport de suivi d'Antea montre une évolution notable de l'éboulis (principalement en rive droite) et le merlon supérieur n'est toujours pas stabilisé. Au niveau de la niche d'arrachement, il est constaté un affaissement global du massif, source éventuelle d'un nouvel écoulement. La rive droite est fortement instable.
- **02/2003** : De nouveau, le rapport de suivi d'Antea montre une évolution de la falaise sommitale sous la forme de déformation lente du terrain (≈ 3 mm/an), d'un élargissement de la crevasse en rive droite (22 mm/an) et de chutes de blocs (pas d'atteintes des merlons ni des filets). Le talus d'éboulis présente toujours un glissement progressif surtout en rive droite (pistes d'accès et merlon aval impacté ; comblement partiel du fossé du merlon aval).
- **2006 et 2008** : Ces deux derniers rapports d'Antea attestent la persistance du glissement d'ensemble mais ne relèvent pas d'accélération des divers phénomènes (arrachement ou glissement). Il est rappeler que les différents ouvrages sont fortement envahis par la végétation.

Protections existantes :

Naturelles :

Nature :

Une pessière se trouvent juste à l'aval de l'éboulis actuel. Son extension est toutefois limitée avec moins d'une centaine de mètre parcourue par les blocs au sein de cette forêt.

Efficacité :

Les évènements passés ont montré qu'un certain nombre de blocs avait bien été arrêté par cette forêt. Toutefois, des blocs présentant des volumes conséquents ont malgré tout dépassé cette forêt. Son efficacité vis-à-vis de chutes de bloc n'est donc pas absolue.

Artificielle:

Nature :

Différents ouvrages ont été réalisés :

- un merlon en terre (L=150m ; l=2 à 8m pour le fossé; h=2 à 7m avant le comblement) vers la côte altitudinale 900m, approximativement sur l'emplacement de l'ancien sentier des Cruets,
- un merlon en terre (L=60m ; l=3m pour le fossé; h=2,5 à 5m) dans le couloir menant à la ferme des Sapins (côte alt. 850m),
- un système de drainage du pied de l'éboulis avec évacuation des eaux,
- 2 lignes de filets pare-blocs (classe 6 au sens de la norme NF P 95-308) sous les ouvrages précédents (40 et 50 ml).

Efficacité :

Le merlon supérieur semble actuellement efficace dans l'optique de stabiliser en partie le talus d'éboulis et de garantir une certaine protection en cas de chutes de blocs peu conséquentes. Toutefois, face à l'éventualité d'un écoulement massif (plusieurs milliers de m³), cet ouvrage n'apparaît pas adapté. En effet, ayant déjà subi des

déplacements conséquents lors des évènements passés et étant donné qu'il ne présente pas de réelle plage de dépôt, la possibilité de voir de nombreux blocs éjectés de la partie frontale de l'éboulis suite à un comblement de l'ouvrage ne peut-être exclu. Cette analyse peut être reproduite pour le merlon aval dans une moindre mesure étant donné que cet ouvrage est plus éloigné de la partie active de l'éboulis. Malgré tout, le suivi de cet ouvrage confirme des difficultés de stabilisation de l'ouvrage.

Ce manque d'efficacité du merlon supérieur en cas d'écroulement majeur a des répercussions sur l'efficacité des filets pare-blocs disposés juste en aval de cet ouvrage. En effet, les filets pare-blocs ne sont pas conçus pour faire face à un écoulement massif mettant en jeu l'émission de nombreux blocs plurimétriques (cas possible dans l'optique d'une submersion du merlon amont) mais pour répondre à des chutes de blocs isolées.

Phénomène de référence :

Le fonctionnement actuel de la falaise du Biuz correspond pour sa partie sommitale à la succession de phases d'affaissement puis d'écroulement de pans rocheux entiers (mobilisation probable de plusieurs milliers de m³) avec émission de blocs pouvant dépasser la partie frontale actuelle du talus d'éboulis. Entre temps, des blocs isolés peuvent également provenir des escarpements rocheux mis à jour tandis que le talus d'éboulis montre des signes de glissements continus.

Afin de faciliter la lecture, deux cartes d'aléas (p14 et 15) ont été élaborées. La première traite des chutes de blocs et des affaissements tandis que la deuxième concerne les glissements de terrains. Il est important de rappeler que le risque de chutes de blocs est, à une échelle centennale, le principal phénomène qui puisse atteindre les enjeux actuels en rappelant toutefois que l'intensité de ce phénomène est le résultat d'une succession de l'ensemble des phénomènes précédemment cités.

Ainsi, les pans rocheux mobilisables dans un futur proche ont été caractérisés par un phénomène d'affaissement (F_{5-5^+}) tandis que la partie centrale du site est concernée par les chutes de blocs isolées ou massives ($B_{3-6/3^+-5}$). La présence de mouvement de versant aux alentours de la falaise du Biuz a été cartographiée

en tant que glissements de terrain (G_{5-5}) de part leur vitesse d'évolution bien plus lente mais néanmoins bien

marquée (fluage, forêts « ivres », venues d'eaux...). Les zones à enjeux sont impactées par la chute de blocs (B_{3-4}^{3-5}) en considérant comme scénario de référence un comblement des merlons existants par un écoulement massif avec émissions de nombreux blocs volumineux (plusieurs m³) qui ne seraient pas stoppés par les filets pare-blocs situés en contrebas. Malgré l'existence d'un replat important à proximité de la Ferme des Sapins, cette zone a été étendue jusqu'à l'aval du chalet des Teppaz qui avait probablement été touché par un bloc lors de l'évènement de 1996. Enfin, une majeure partie des enjeux montre un aspect stable vis-à-vis des glissements de terrains (G_{2-2}) même si les terrains amonts présentent un aspect « mamelonné » et des pentes plus importantes (G_{3-4}).

Site : Glissement du Sintet

Présentation du site :

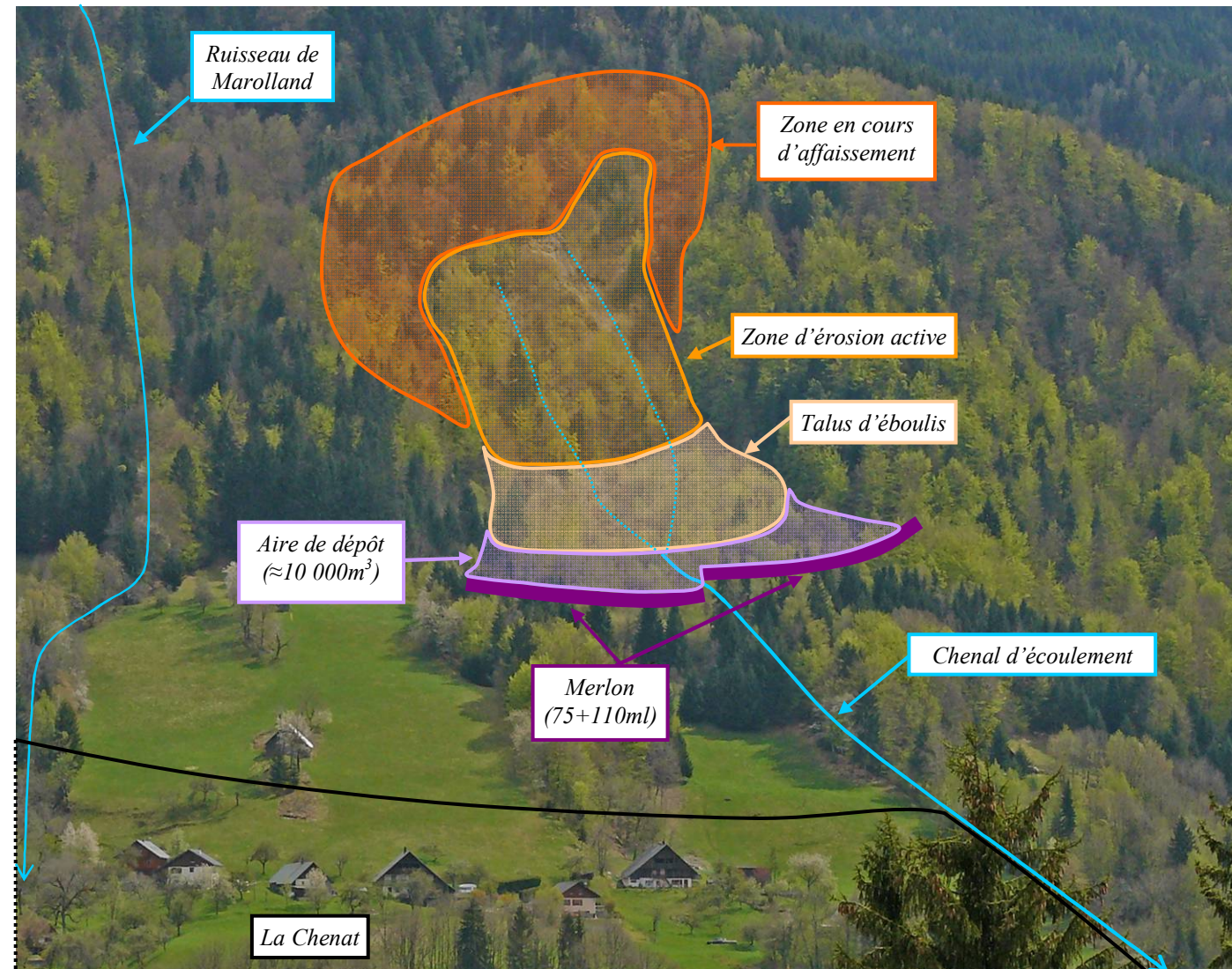


Photo n°6 : Vue globale sur le glissement du Sintet

Le glissement du Sintet se trouve 200m à l'ouest de la falaise du Biuz. Le contexte géologique global (vaste écoulement post glaciaire, micaschistes du socle cristallin de Belledonne, circulations d'eau...) est identique au site des Biuz mais les désordres rencontrés ne se sont pas manifestés sous la même forme et les secteurs potentiellement impactés concernent les Combes ainsi que la partie Ouest du hameau de la Chenat.

Le fonctionnement du site permet de distinguer trois ensembles géomorphologiques (surface globale de 4 ha ; largeur max. de 200m ; dénivellation de 250m) :

- La zone amont correspond à une importante masse affaissée nettement délimitée par un arrachement en limite supérieure. Une succession de banquettes et de nombreuses crevasses peuvent aisément être distinguées. La présence de gros arbres sur ces terrains attestent d'un mouvement global ancien de cette zone.
- La zone intermédiaire présente des signes manifestes d'érosions : glissements par paquets ou plaques de terrains, chutes de pierres et de blocs, coulées terreuses et caillouteuses. Elle est délimitée par des arrachements alvéolaires à l'amont et par un ressaut rocheux à l'aval.
- La zone aval constitue un glacis d'épandage des matériaux amenés par les phénomènes d'érosion en zone intermédiaire.

L'ensemble des terrains mis en mouvement dans les zones amont et intermédiaire a été estimé à près de 250 000m³.

Historique des événements marquants :

- **03/1931** : Un éboulement rocheux est signalé ainsi que des coulées boueuses dans le ravin du Sintet.
- **05/1952** : Un nouvel éboulement ainsi que des coulées boueuses se manifestent au sein du ravin du Sintet.
- **05/1994** : Des blocs provenant de glissements et d'éboulements mobilisant près de 1000m³ atteignent la partie Sud-ouest d'un replat situé à la côte 800m à proximité de ruines. Les volumes unitaires sont plurimétriques.
- **Printemps 1996** : Une nouvelle mise en mouvement d'une partie du glissement du Sintet survient.
- **01/1997** : Un examen du site est réalisé par l'entreprise Antea afin d'identifier les menaces existantes et de définir les travaux de protection appropriés. L'étude conclut à la possibilité de voir des volumes mobilisés allant de 100 à plus de 1000m³ sous la forme de glissements de masse et de coulées boueuses. Le dispositif proposé consiste à édifier 2 digues en terre renforcées de 3 à 5m de hauteur sur près de 200m de longueur avec le terrassement d'une aire de dépôt pouvant recevoir plus de 10 000m³. Une collecte des eaux de sources et de ruissellement vers un chenal d'écoulement est également recommandée.
- **26/04/1999** : Une visite de contrôle effectuée par le BRGM indique une évolution active du secteur avec déstabilisation des masses anciennement tassées (apparition de crevasses), érosion active et expansion du phénomène à la rive droite. Les ouvrages de protection ont été réalisés et semblent efficaces vis à vis des phénomènes potentielles.
- **06/1999** : Une proposition de suivi est formulée par l'entreprise Antea. Le dispositif comprend un suivi de la stabilité la partie amont du glissement (5 alignements de 10 jalons) et un relevé topométrique de 2 repères mise en place dans la partie basse du glissement.
- **07/2002** : La partie aval reste la plus active avec un déplacement du bloc ausculté d'au moins 20cm.
- **02/2003** : Des déformations importantes des cinq lignes de jalons (jusqu'à un mètre) sont signalées.
- **2006-2008** : On note une persistance du glissement d'ensemble (partie frontale plus active) et végétation très présente au niveau des 2 merlons. Il est également remarqué ; existence de rétention d'eau en pied du merlon.

Protections existantes :

Artificielle:

Nature :

L'aménagement réalisé a pour objectif d'arrêter une grande quantité de matériaux éboulés en une ou plusieurs fois. Les ouvrages présents sont les suivants :

- un merlon en terre avec parement amont renforcé (L=75m ; l=4 à 11m pour le fossé ; h=3 à 5m) sur la partie nord du replat situé à 800m d'altitude,
- un merlon en terre avec parement amont renforcé (L=110m ; l=4 à 11m pour le fossé ; h=3 à 5m) sur la partie sud du replat situé à 800m d'altitude,
- une aire de dépôt pouvant contenir un peu plus de 10 000m³,
- la collecte des eaux de sources et de ruissellement avec évacuation par un chenal d'écoulement « en baïonnette ».

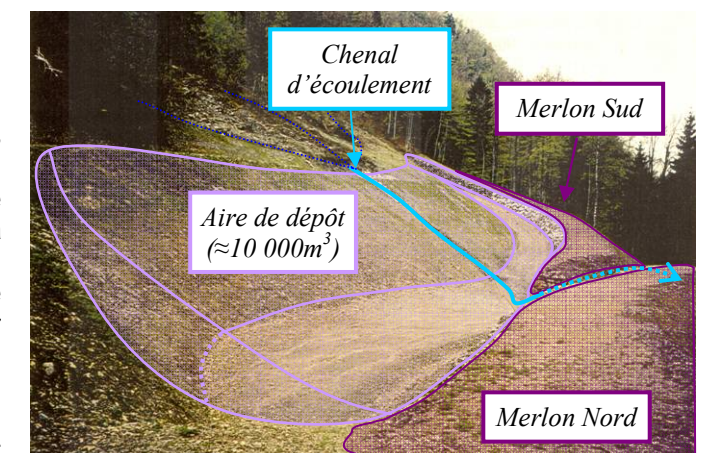


Photo n°7 : Vue globale sur les ouvrages de protection concernant le glissement du Sintet (photo prise juste après la réalisation des travaux)

Efficacité :

L'ensemble du dispositif permet de répondre efficacement aux différents types de phénomènes envisagés. En effet, face à une chute de blocs dont le volume unitaire pourrait atteindre les 10m^3 , les merlons réalisés paraissent correctement dimensionner pour garantir la sécurité des enjeux situés à l'aval. En ce qui concerne un glissement et/ou un éboulement de masse, l'aire de dépôt paraît pouvoir contenir les volumes mis en jeu estimé un peu plus de 1000m^3 . Enfin, les éventuelles coulées de boues verront leur dynamique fortement diminuer du fait du replat constituant l'aire de dépôt et de la chenalisation en forme de « baïonnette ».

Phénomène de référence :

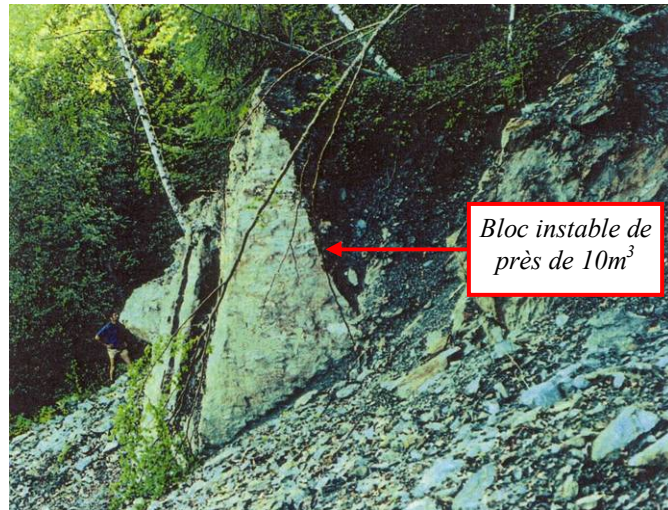
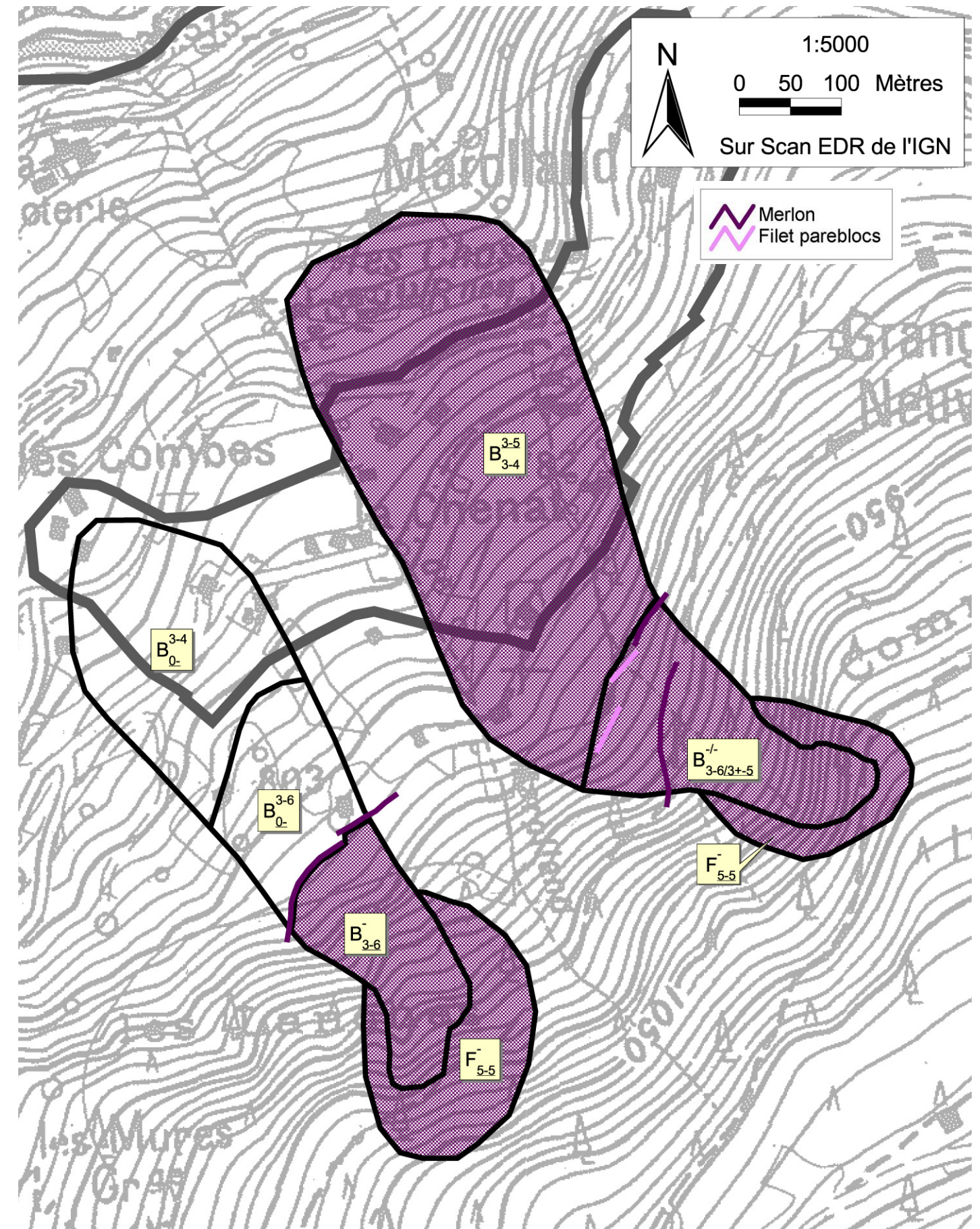


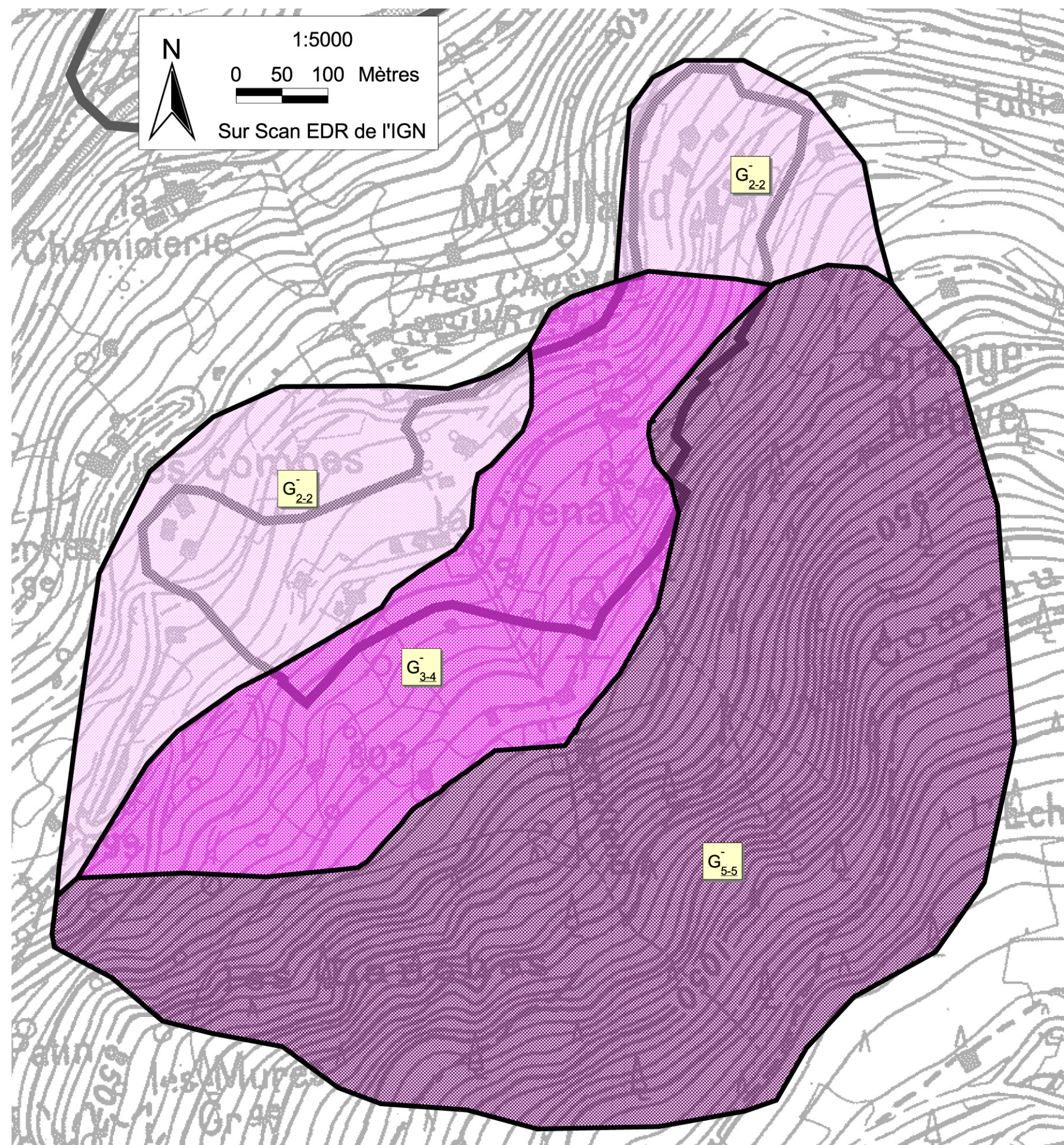
Photo n°8 : Vue sur une instabilité rocheuse de la zone intermédiaire

Comme dans le cas de la falaise du Biuz, nous sommes en présence d'une conjonction de phénomènes (Affaissement, glissement, chute de blocs, coulées boueuses) amenant à un risque global élevé. Cependant, la dynamique globale est ici bien moins brutale. De ce fait, même si les volumes mis en jeu dans la partie amont et intermédiaire sont très importants (près de $250\,000\text{m}^3$) et dépassent largement la capacité de stockage de l'aire de dépôt, les différentes études estiment que les volumes mobilisés de façon épisodique sont de l'ordre de la centaine de m^3 à plus de 1000m^3 . Les coulées de boues et caillouteuses sont également toujours possibles étant donné la quantité de matériaux facilement mobilisables et la circulation d'eau importante au sein de la zone intermédiaire. Enfin, la présence d'instabilités rocheuses notables (voir photo n°8) induit évidemment des possibilités de chutes de blocs.

En ce qui concerne le risque résiduel, les ouvrages réalisés permettent d'envisager un arrêt efficace de la propagation des phénomènes vers les zones à enjeux. Ainsi, les coulées de boues (voir carte p16) seront limitées du fait de l'aire de dépôt qui diminue déjà fortement la dynamique et de la chenalisation de l'exutoire (C_{2-5}^{3-5}). Il paraît donc peu probable de voir des débordements sur les prairies environnantes comme cela avait été le cas en 1994 (C_0^{2-5}). Ce risque est cartographié sur la carte traitant du ruisseau de Marolland.

Afin de montrer la composante verticale dominante du mouvement de terrain de la zone amont (voir carte de droite), celle-ci a été cartographiée en temps que zone d'affaissement (F_{5-5}). Les parties intermédiaire et aval sont concernées par de nombreux phénomènes mais comme dans le cas de la falaise du Biuz, le risque majeur pouvant atteindre les enjeux est celui de la chute de blocs. En effet, les éléments instables de la zone intermédiaire (volumes proche de la dizaine de m^3) correspondent à un niveau de risque élevé (B_{3-6}). Toutefois, les ouvrages réalisés constituent une protection suffisante vis-à-vis de ce risque et leur suivi est actuellement régulier. Il paraît raisonnable de considérer le risque résiduel comme nul (B_0^{3-6}).





Présentation du site :

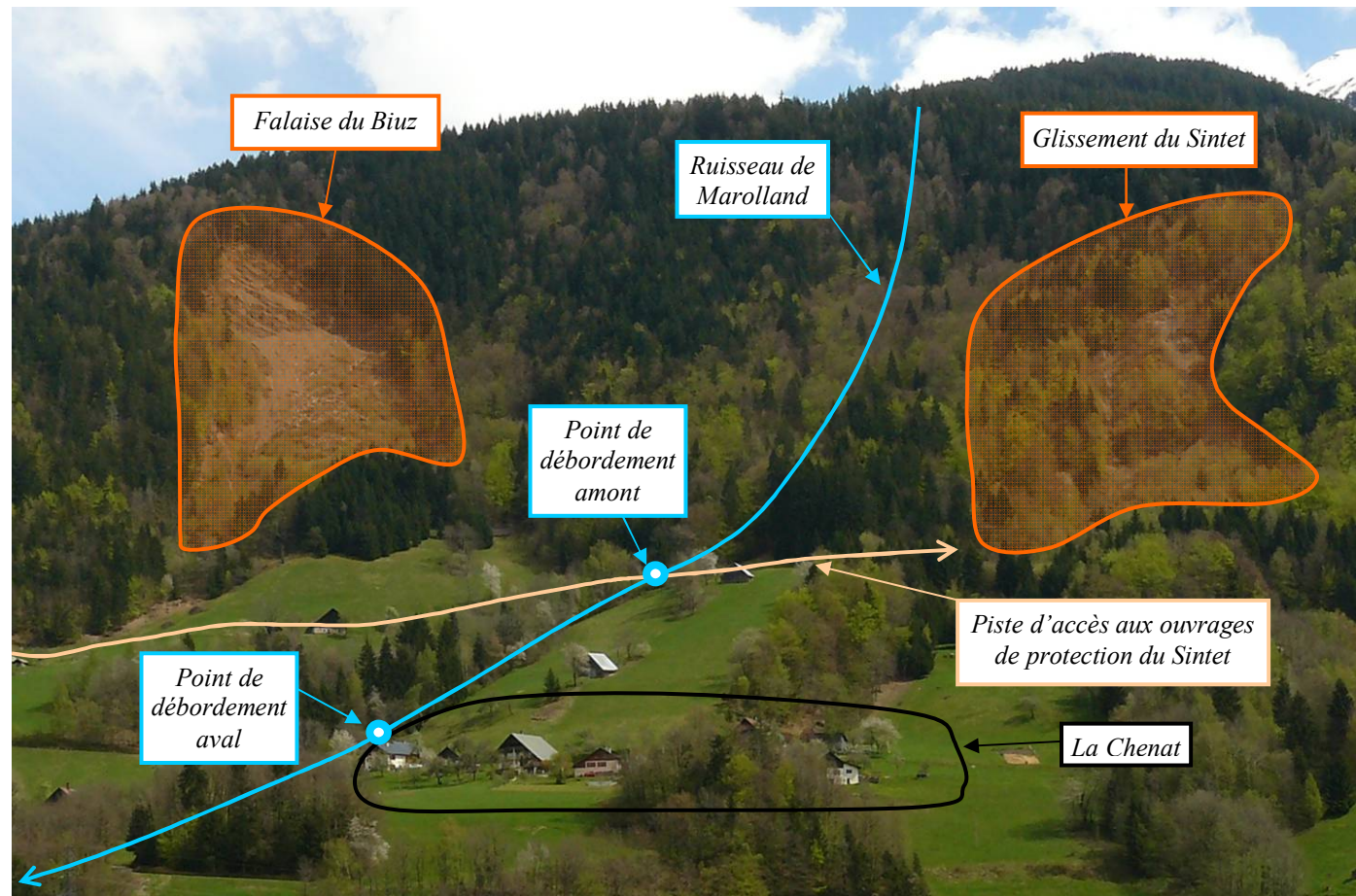


Photo n°9 : Vue globale sur le ruisseau de Marolland

Le ruisseau de Marolland (voir photo n°9) se trouve au centre d'un vaste écoulement très ancien déjà cité pour la falaise du Biuz et le glissement du Sintet. Sur le plan géologique, son bassin versant ($\approx 15-20\text{ha}$) est constitué par les micaschistes du socle cristallin de Belledonne dont l'altération fournit une forte proportion d'argile. L'occupation du sol est assurée par une forêt mixte (feuillus et résineux) avec de nombreux arbres penchés ou basculés. En terme d'apports hydriques, peu de ruisseaux se connecte à celui-ci mais l'on peut rappeler la présence de nombreuses venues d'eau à mi versant et en pied de versant (circulation importante d'eau souterraine).

Sur le plan morphologique, la dénivelée entre le sommet de l'écroulement ancien et la piste d'accès aux ouvrages de protection du Sintet est de 350m pour une pente moyenne de 35° . Dans cette portion amont, plusieurs escarpements rocheux de quelques mètres sont présents au sein du lit mineur. La chenalisation de ce même lit est assez marqué (hauteur des berges sup. à 1m) avec des traces d'érosions assez marquées. Au débouché de la forêt, la pente s'adoucit aux alentours de 20° . Enfin, à proximité du hameau de la Chenat et en rive droite, on relève d'anciennes traces de coulées boueuses au sein d'une forêt peu dense.

Historique des évènements marquants :

- **1940-1960** : Les témoignages des riverains indiquent que des blocs et des coulées de boue avaient touchés des zones habitées (rochers près de la maison SEVESSAND et chemins communaux coupés par la boue).

Protections existantes :

Néant

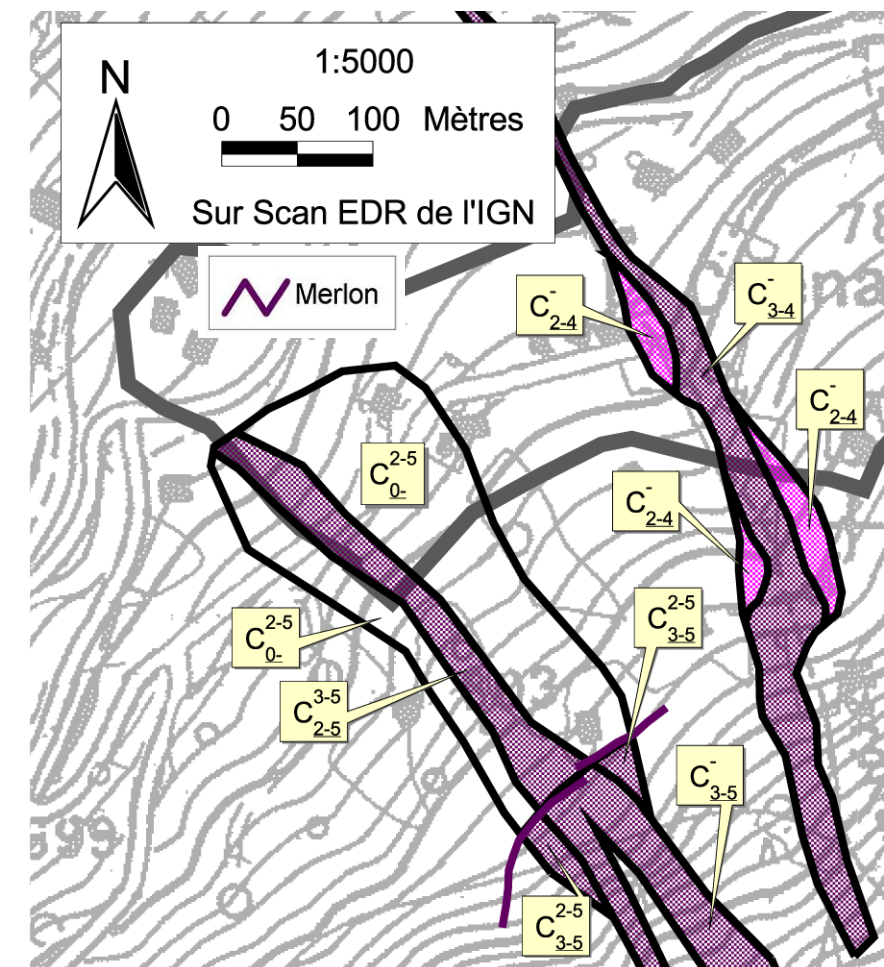
Phénomène de référence :

Le caractère très érodable des matériaux traversés par le ruisseau de Marolland (sols argileux avec des circulations d'eaux souterraines importantes) et la forte pente de la section amont semble tout a fait propice au développement d'une lave torrentielle lors de conditions pluviométriques exceptionnelles (réurrence quinquennale). Les caractéristiques envisagées sont :

- une dynamique facilitée dans sa partie amont par la présence d'escarpements rocheux (accentuation de la vitesse d'écoulement) et d'arbres basculés à proximités des berges (apports solides aisément mobilisables),
- une proportion élevée d'argile dans l'écoulement,
- un transport limité d'éléments rocheux avoisinant au maximum la centaine de litres mais mobilisation potentielle de troncs d'arbre au sein du lit mineur.

Le lit mineur du ruisseau de Marolland est donc caractérisé en C_{3-4} . En contrebas de la forêt, deux points de débordement du lit mineur ont été relevés et favorisent donc des zones d'expansion du phénomène (C_{2-4}) :

- Le point de débordement amont résulte de la non chenalisation de l'écoulement au niveau de la piste accédant aux ouvrages de protection du Sintet. Les écoulements boueux peuvent très bien déborder en rive droite et en rive gauche. Cependant, vu la topographie du secteur, ces écoulements seront redirigé vers le chenal principal avant de déborder à nouveau.
- Le point de débordement aval se situe à proximité du hameau de la Chenat. La rive gauche s'estompe fortement, ceci étant sans doute dû à d'anciens terrassements réalisés lors de la construction de la maison attenante. Là encore, les écoulement rejoindront le lit mineur.



Présentation du site :

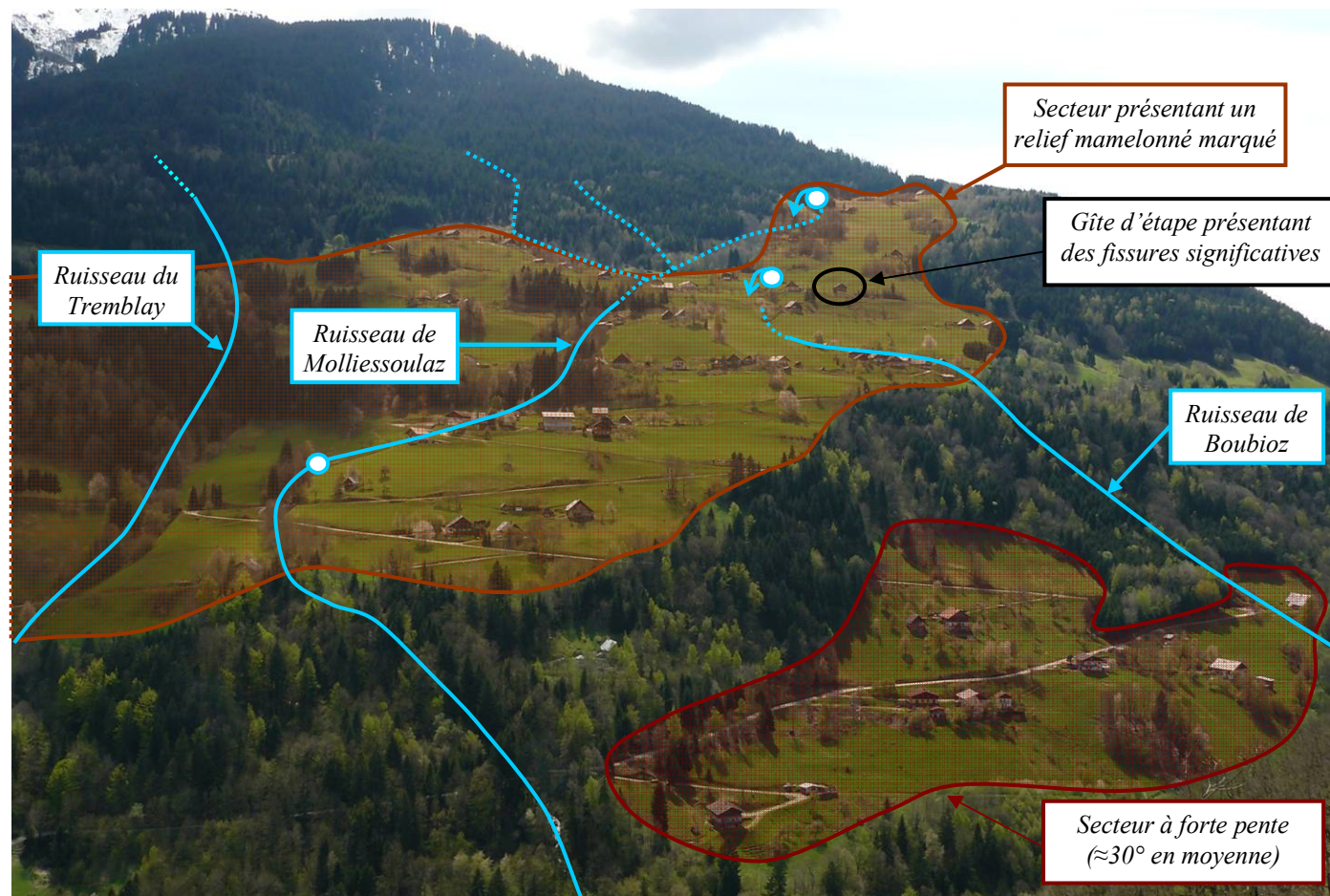


Photo n°10 : Vue globale sur Molliessoulaz

Le versant de Molliessoulaz, exposé au Nord-Nord Est, est constitué par des placages morainiques reposant sur les micaschistes du socle ancien de Belledonne. La circulation d'eau est importante puisque trois ruisseaux drainent cette portion de versant. Sur le plan morphologique et hydrologique, on remarque la présence de 2 secteurs relativement distincts :

- La partie supérieure du versant (entre 800 et 1200 m d'altitude) est concernée par de nombreuses loupes de glissements donnant lieu à un relief « mamelonné » typique des mouvements de versant de grandes ampleurs. D'ailleurs, la carte géologique signale plusieurs niches d'arrachements situés dans la forêt amont ainsi que de nombreuses traces de fluage. Enfin, plusieurs « mouilles » et/ou sources sont présentes dans cette partie supérieure du versant, bon indice d'une circulation d'eau souterraine. Les pentes sont comprises en moyenne dans les 15 à 20°.
- La partie inférieure du versant (entre 600 et 800 m d'altitude) montre un relief relativement homogène mais avec des pentes beaucoup plus fortes (≈30° en moyenne). La circulation d'eau semble se faire principalement via le réseau hydrologique de surface.

Historique des évènements marquants :

Les éléments intéressants concernent des témoignages et des constats visuels portant sur les habitations de la partie supérieure du versant. Ainsi, la plupart des habitations semble affecter par des problèmes d'humidité avec parfois même l'existence de salpêtre. Le gîte d'étape de Molliessoulaz montre lui des signes de désordres structuraux :

- un mur extérieur et une dalle carrelée sont fissurés (écartement des bords nettement visibles),
- une porte d'entrée ne ferme plus correctement,
- une dalle posée avant le sas d'entrée a subi un déplacement vertical de plusieurs centimètres.

Ces désordres sont survenus alors que le terrain a fait l'objet d'une pose de drains avant la construction du bâtiment.

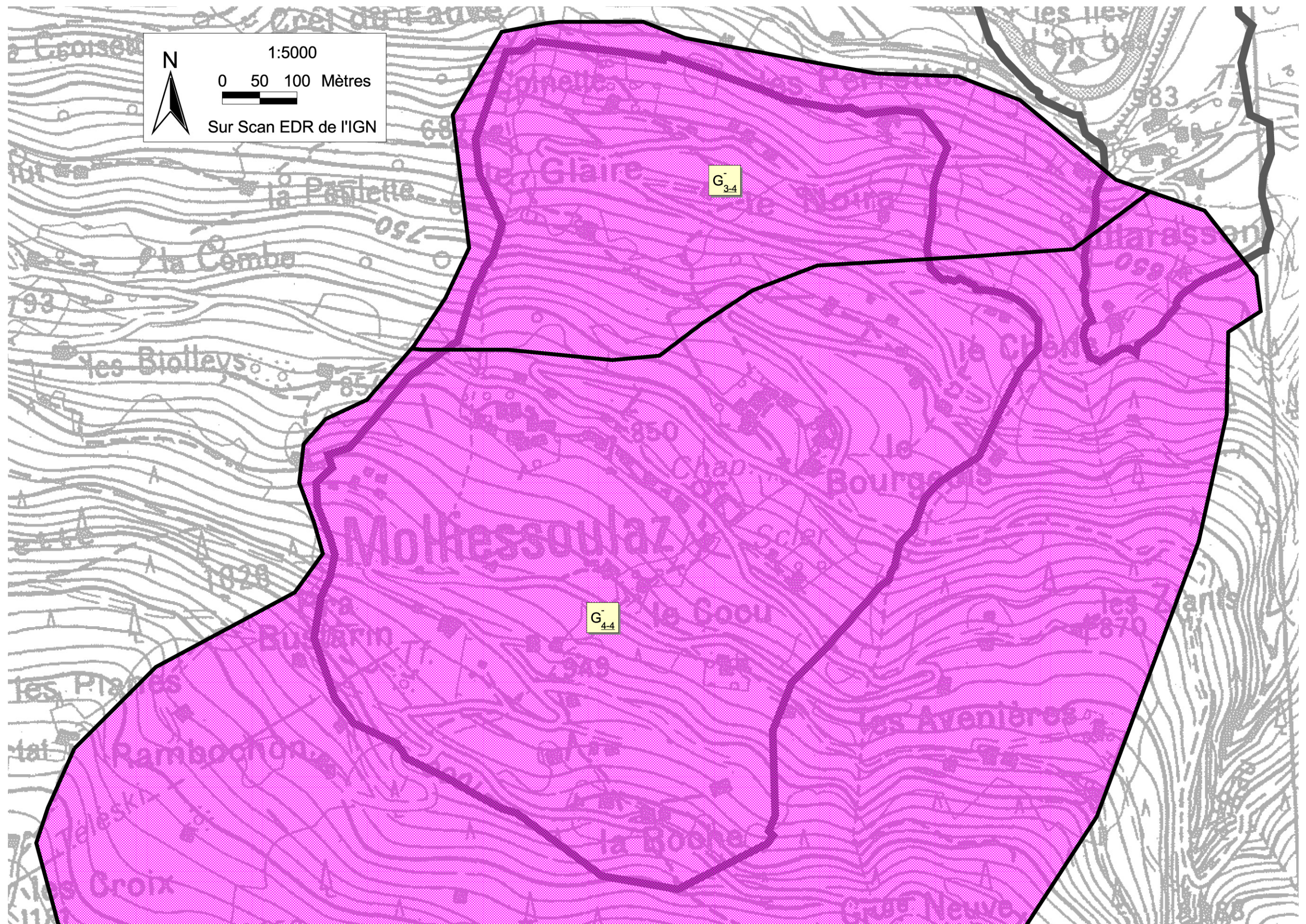
Protections existantes :

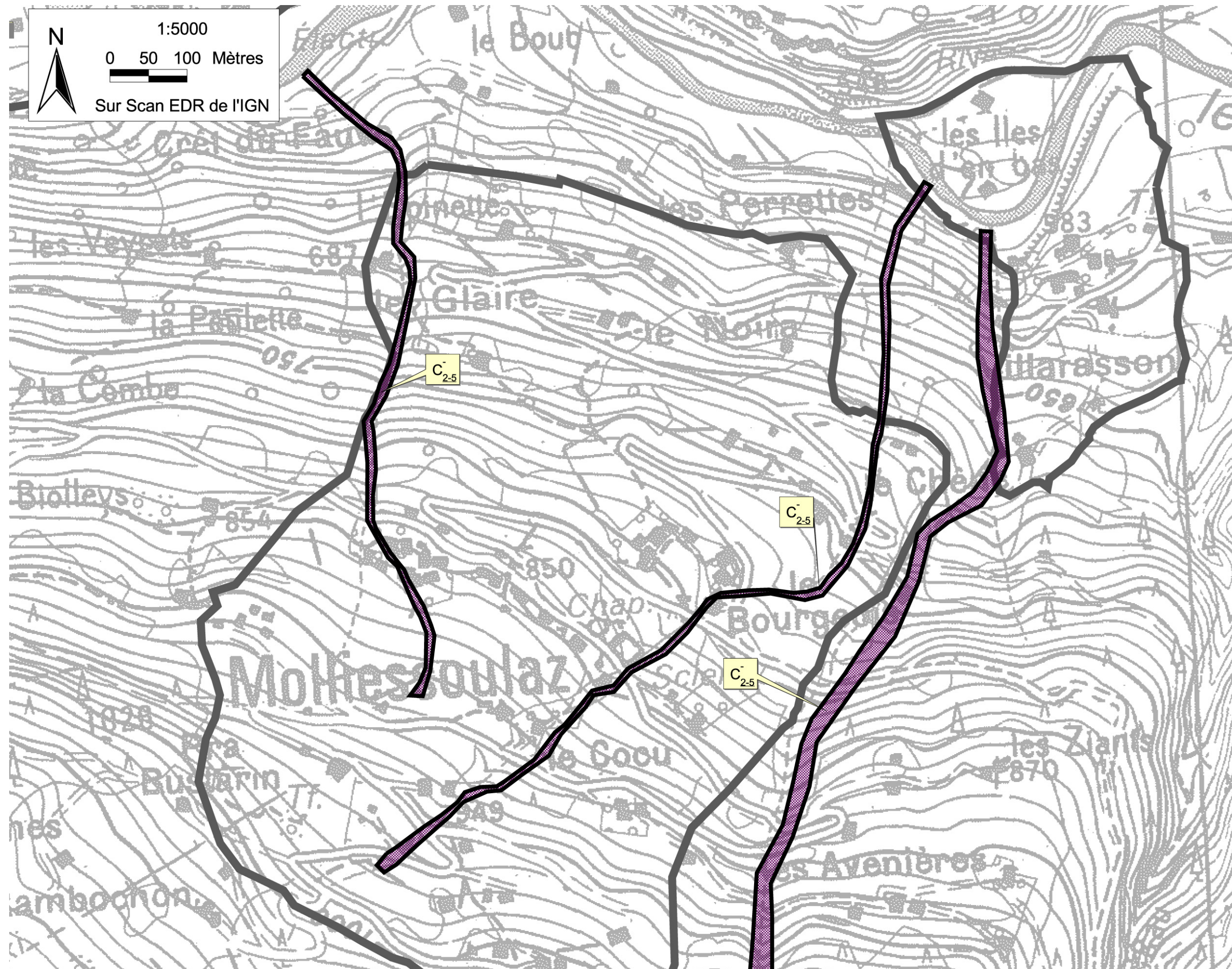
Néant

Phénomène de référence :

Etant donné le contexte géologique et hydrologique, les indices géomorphologiques ainsi que les observations effectuées sur les bâtiments présents, l'existence d'un glissement de versant apparaît plus que plausible (voir carte p18). En effet, la désolidarisation des placages morainiques des micaschistes est nettement favorisée par la circulation d'eau souterraine à l'interface de ces deux formations géologiques (G_{4-4}). La partie inférieure du versant montre moins d'indices de mouvements actuels mais ces caractéristiques géologiques et morphologiques la rendent sensible à toutes modifications (naturelles ou artificielles) des circulations d'eau souterraine (G_{3-4}).

L'ensemble des ruisseaux (voir carte p19) font également l'objet de crues torrentielles en cas d'orages intenses (C_{2-5}).





Secteur : Chef-lieu

Nature des phénomènes naturels : glissement

Présentation du site :

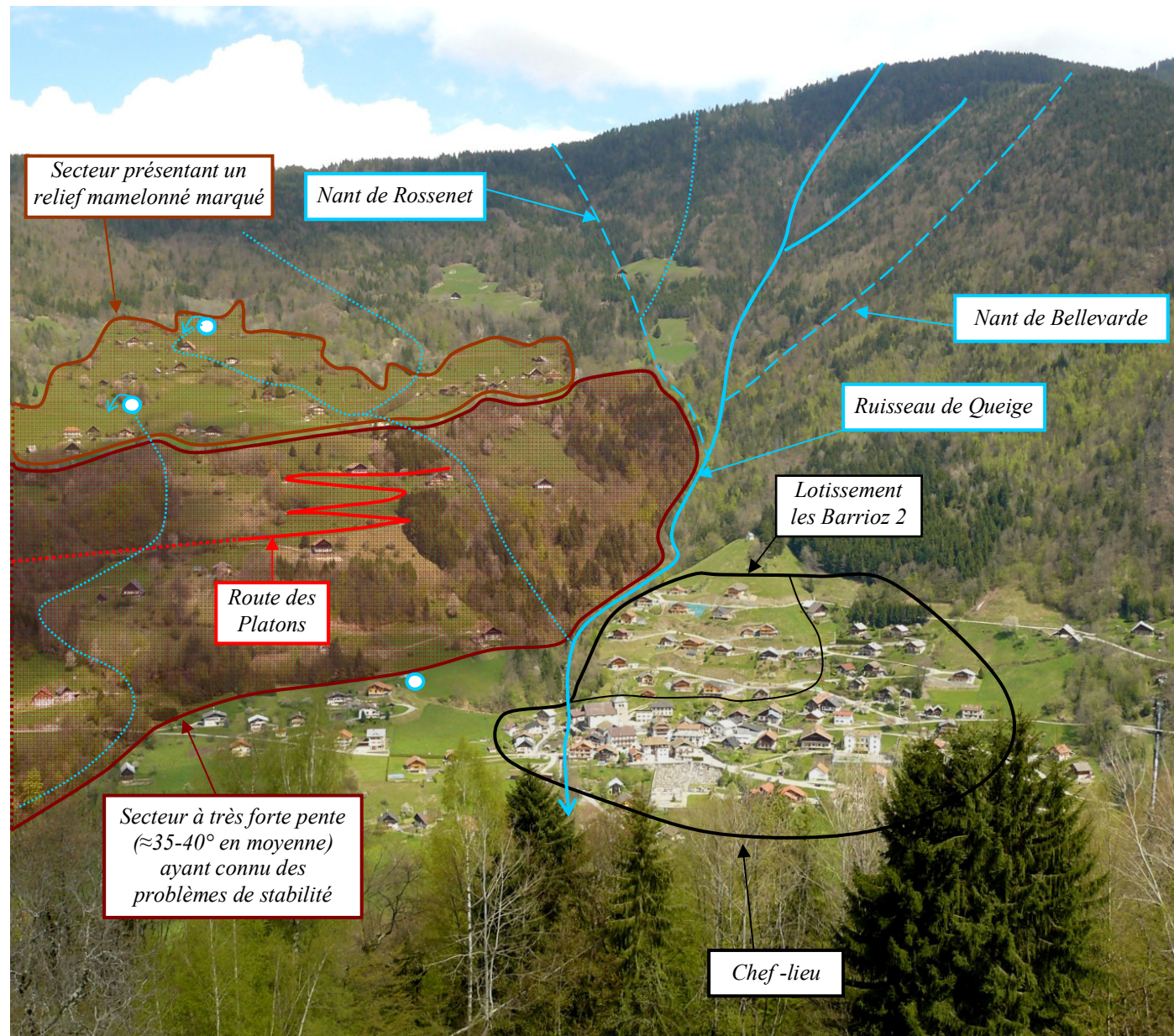


Photo n°11 : Vue globale sur le versant du Chef-lieu de Queige

Le versant du chef lieu de Queige (exposition globale au Sud) présente de nombreuses similarités avec celui de Molliessoulaz. Sur le plan géologique, on constate à nouveau des placages morainiques reposant sur les micaschistes du socle ancien de Belledonne. Toutefois, l'épaisseur des placages morainiques paraît moins importante comme semble l'attester les fréquents affleurements rocheux de micaschistes. Le Ruisseau de Queige draine la majeure partie des écoulements hydriques de surface mais certains petits ruisseaux ont leur propre fonctionnement hydrologique. Le secteur d'étude peut-être diviser en 4 unités géomorphologiques. D'amont en aval, on observe :

- En rive droite du Ruisseau de Queige, la partie supérieure du versant (entre 780 et 950 m d'altitude) montre un relief « mamelonné » typique des mouvements de versant de grandes ampleurs. Ce relief n'a pas donné lieu à une symbolique de loupe de glissement sur la carte géologique. Les pentes sont comprises en moyenne dans les 15 à 20°. Enfin, plusieurs « mouilles » et/ou sources sont présentes, éléments caractéristiques de circulations d'eau souterraine.
- Toujours en rive droite du Ruisseau de Queige, la partie intermédiaire du versant (entre 550 et 780 m d'altitude) montre un relief relativement homogène mais avec des pentes beaucoup plus fortes (sup. à 35° en moyenne). La circulation d'eau semble se faire principalement via le réseau hydrologique de surface.

- En rive gauche du ruisseau de Queige, les lotissements réalisés ces dernières années se trouvent sur un cône de déjection (pente $\approx 25^\circ$) formé par le Ruisseau de Queige et une partie de ses affluents de la rive gauche. La nature des terrains y est complexe avec une imbrication entre une couverture morainique, des dépôts de colluvionnement et des affleurements rocheux de micaschistes. Des venues d'eau ont pu être observé en profondeur lors de reconnaissances à la pelle mécanique
- Depuis le Doron de Beaufort jusqu'à la première pente raide, le Ruisseau de Queige a formé un vaste cône de déjection (≈ 25 ha avec des pentes inférieures à 10°) où les terrains sont constitués par des dépôts de colluvionnement (sols limoneux présentant des petits cailloux et des lentilles de galets).

Historique des événements marquants :

- **Années 1970** : Lors de la réalisation de la route du Platon, les glissements affectant cette nouvelle route étaient fréquents. Plusieurs ouvrages ont dû être mis en place afin d'en assurer la stabilité.
- **02/1999** : Une étude géotechnique est conduite afin de vérifier la faisabilité d'une voirie desservant le futur lotissement les Barlioz 2. La faisabilité du projet n'est pas remise en cause mais certaines précautions sont toutefois rappelés pour sa future réalisation (travail en déblais avec soutènement amont,...).
- **29/03/2006** : Un glissement de terrain emporte une portion de la voirie communale n°19, dite route du Platon (voir photo ci-dessous). Le glissement s'arrête au ras de la maison de Monsieur Bertolaccini. La zone principale de glissement à l'amont de la maison de M.BERTOLACINI fait 17m de largeur. Le mur en caisson autobloquant ainsi qu'une conduite AEP ont été emportés par cette portion du glissement. Côté ouest, l'accotement aval de la route s'est affaissé sur 5 à 10cm sur près de 28m de longueur (observation de fissures verticales profondes jusqu'à 50cm). L'étude géotechnique du Cabinet SAGE note la présence d'anciens arrachements en amont de la zone. La pression de référence retenue pour les nouveaux soutènements est de 200 kPa.

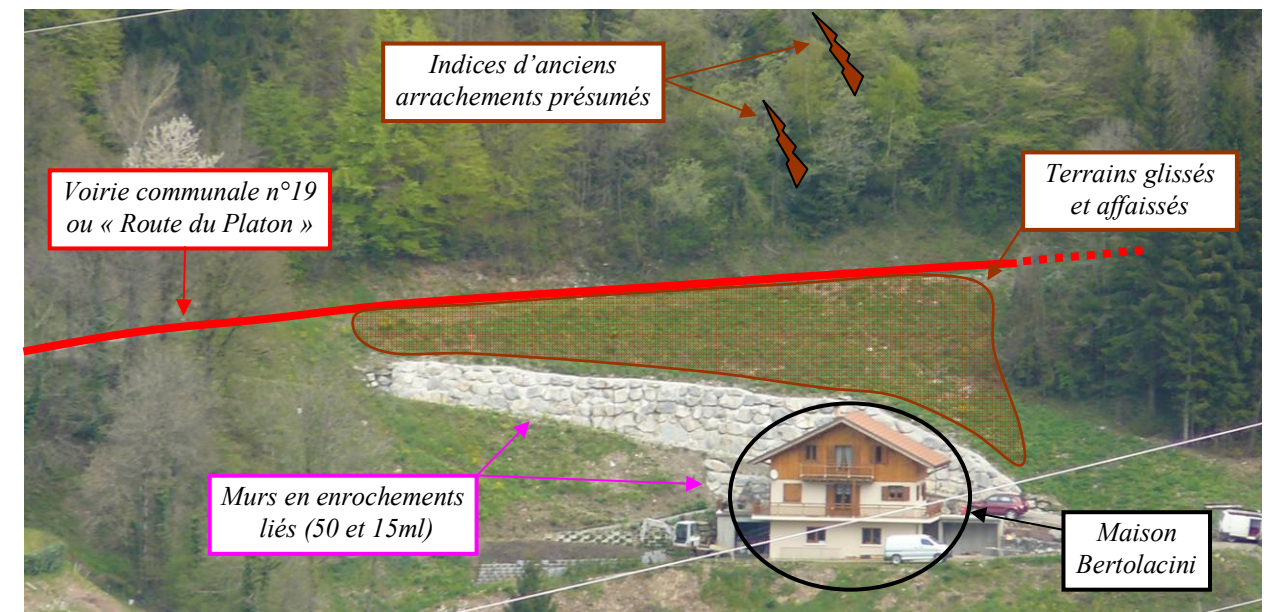


Photo n°12 : Vue globale sur le glissement ayant affecté la maison Bertolacini

Protections existantes :

Artificielle:

Nature :

Il n'y a pas eu de réflexion globale sur les problèmes de glissement de ce versant mais des réponses ponctuelles ont été apportées selon les aménagements réalisés :

- La maison Bertolacini est maintenant protégée par 2 murs de soutènements en enrochements liés avec pose de drains (L=50 et 15m; l=1m ; h=1,5 à 3,5m).
- Un gabion (L=15 ; l=1,5m ; h=2m) et 2 murs de soutènements en enrochement sec (L=25m; l=1,5m ; h=2,5m) ont été réalisés pour stabiliser la route du Platon au niveau de la succession de lacets.

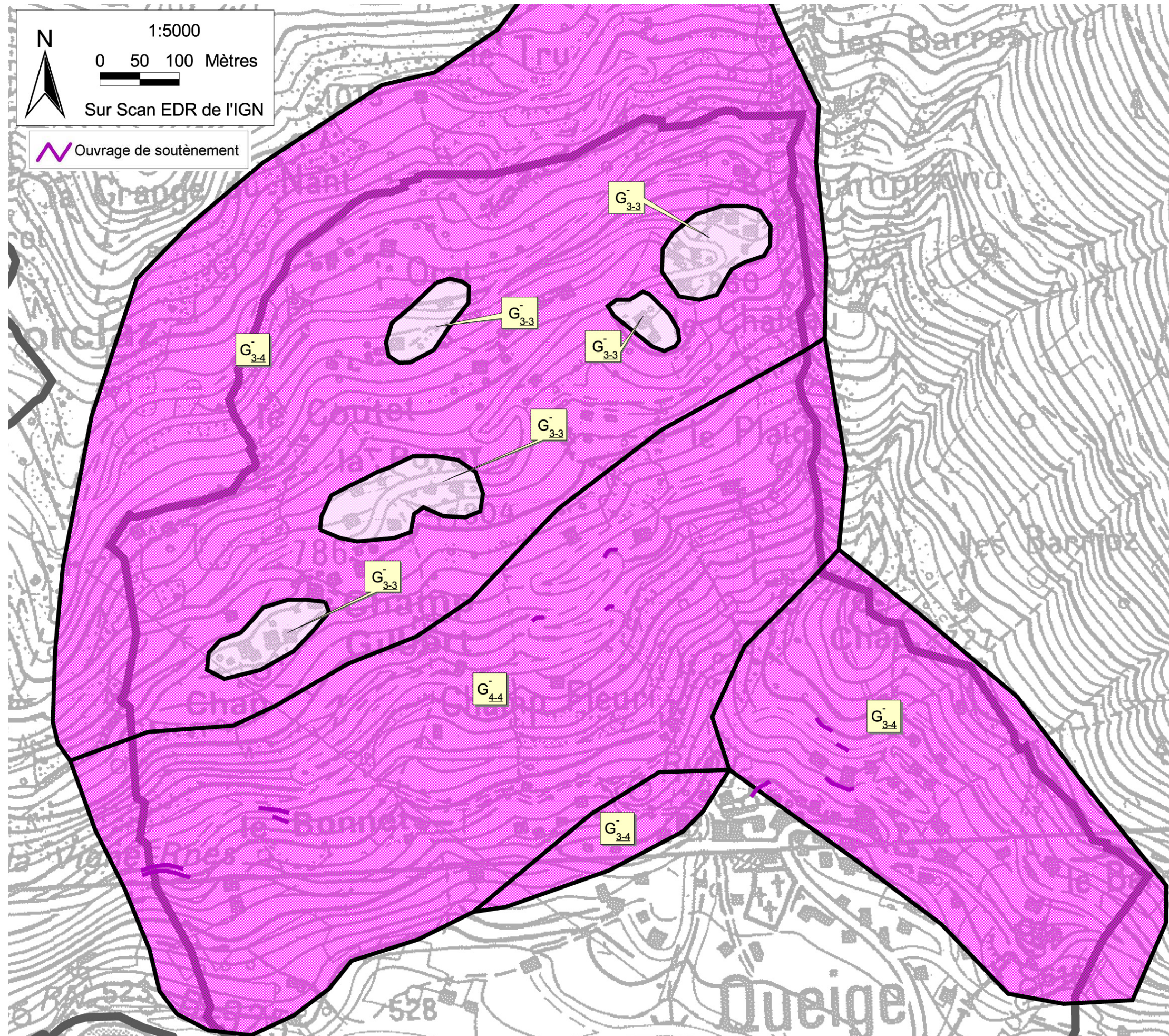
- Le lotissement les Barlioz 2 dispose d'une desserte ayant fait l'objet de plusieurs ouvrages de soutènements, la plupart du temps en enrochements secs.
- L'ensemble des routes desservant ce versant présente ponctuellement des murs de soutènement soit en enrochement lié soit en béton.

Efficacité :

Les ouvrages réalisés remplissent un rôle de soutènement amont du terrain dans la majorité des cas. Leur efficacité est souvent bonne dans leur fonction de protection des enjeux situés à l'aval. Néanmoins, aucun enjeu ne semble protéger de possibles phénomènes régressifs (action de l'aval vers l'amont) d'où la décision de ne pas tenir compte des ouvrages présents dans la cartographie du phénomène de glissement.

Phénomène de référence :

La partie supérieure du versant (voir carte p22) montre de nombreux indices (géologie, morphologie, circulation d'eau) propices à des mouvements de terrains identiques à ceux de Molliessoulaz dans la partie supérieure (G_{3-4}). Toutefois, certains replats déjà habités ne montrent pas de signes inquiétants quant à leur évolution (G_{3-3}). La partie intermédiaire, zone qui se rapproche de la partie inférieure de Molliessoulaz, présente de très fortes pentes qui ont montré une certaine instabilité par le passé à la suite de divers aménagements (G_{4-4}). Au pied de ce versant, une portion de terrain proche du chef lieu peut potentiellement engendrer des désordres sur l'amont (G_{3-4}) en cas d'aménagements non adaptés à la situation. La partie concernée par les nouveaux lotissements montre une bonne stabilité mais comme dans le cas précédent, la réalisation d'aménagements non adaptés peut-être à l'origine de désordres importants dans le futur (G_{3-4}). Le cône de déjection du Ruisseau ne présente pas de signes particuliers liés à des phénomènes de glissement de terrain.



Présentation du site :

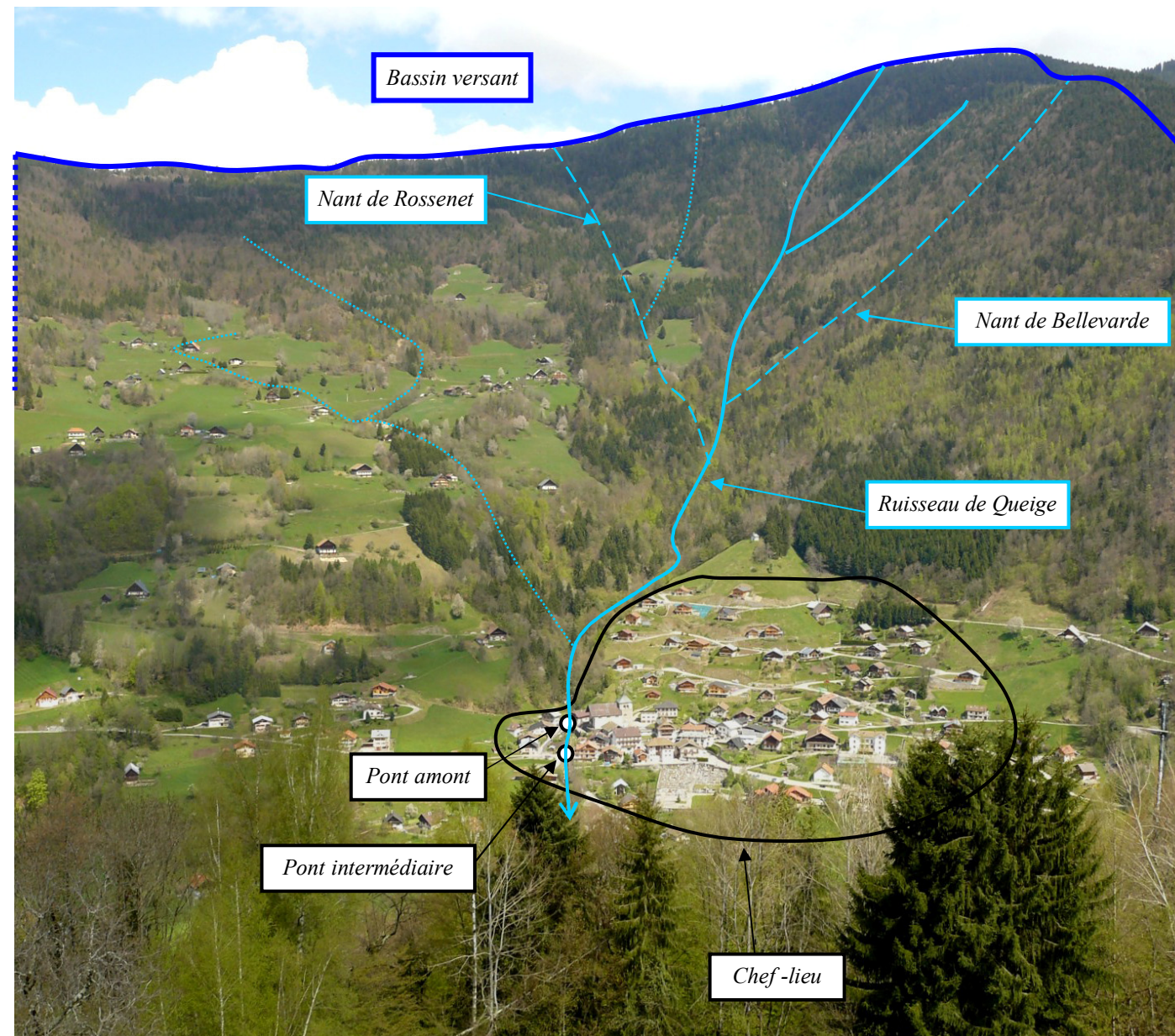


Photo n°13 : Vue globale sur le bassin versant du Ruisseau de Queige

Formé par deux branches principales qui prennent leur source vers l'altitude 1 400 mètres, dans le massif montagneux qui sépare l'Arly du Doron de Beaufort, ce ruisseau coule du Nord au Sud, traverse le village de Queige et rejoint le Doron de Beaufort (rive droite) à 490 mètres environ au-dessus de la mer. De nombreux ruisseaux constituent un chevelu hydrographique dense et permet donc une concentration rapide des écoulements vers le ruisseau de Queige. Son bassin versant (≈250 ha) présente la morphologie d'un vaste écoulement qui s'est produit sur des terrains constitués de micaschistes du socle cristallin de Belledonne avec également la présence de dépôts morainiques. L'exposition favorable de ce versant a conduit la population locale à fortement anthropiser ce versant au siècle dernier. Ainsi, ce versant était à l'époque principalement recouvert par « des prés et des champs, coupés par des taillis de Chêne » avant de se « terminer sur la crête par la forêt communale de Queige ». Depuis, du fait de la forte déprise agricole qu'ont connue ces régions montagneuses, la forêt occupe maintenant une part beaucoup plus prépondérante en terme de surface ce qui a une influence certaine sur le comportement hydrologique du ruisseau de Queige (voir phénomène de référence).

Les caractéristiques physiques du torrent sont les suivantes:

- Longueur : 2, 200 km
- Pente moyenne : 23°
- Débits : étiage → 0, 020 m³/s
eaux ordinaires → 0, 050 m³/s
grandes eaux → 3, 500 m³/s

Compte tenu des fortes pentes du torrent, la rétention de matériaux solides au sein du lit est très faible. Par contre, la raideur des versants attenants, l'érodabilité des terrains traversés, l'instabilité des berges (glissements de terrains) et les risques d'embâcles liés à la forêt (tronc d'arbres en travers du lit, ripisylve instable) sont autant de facteurs pouvant amener ponctuellement des matériaux solides dans le lit mineur au moment des crues. L'ensemble des apports ponctuels est de l'ordre de quelques milliers de mètre cube de matériaux. A travers cette problématique de transport des matériaux solides, il semble également important de noter que le cône de déjection originel a disparu suite aux diverses aménagements qui ont été effectués dessus. De ce fait, la capacité de stockage en matériaux solides au sein de la portion finale du Ruisseau de Queige reste relativement faible (≈2 000m³).

Trois ponts enjambent le ruisseau de Queige :

- Le pont amont se situe juste en face de l'église (longueur ≈ 7m ; largeur ≈ 4m ; hauteur ≈ 3m). La section d'écoulement du pont est d'environ 21m².
- Le pont intermédiaire se trouve une cinquantaine de mètres en contrebas (longueur ≈ 6m ; largeur ≈ 4m ; hauteur ≈ 2m). Sa section d'écoulement est moitié moins importante (≈12m²).
- Le pont aval (longueur ≈ 4.5m ; largeur ≈ 8m ; hauteur ≈ 2m) a été réalisé dans les années 80 après modification de l'ancien pont canal du Ruisseau de Queige, permettant ainsi à la RD 925 d'enjamber le Ruisseau de Queige. Juste en amont de ce pont dont la section est peu importante (≈9m²), le lit présente une section à forte pente (≈30°) avant de s'aplanir jusqu'à la confluence du Doron (≈30°).

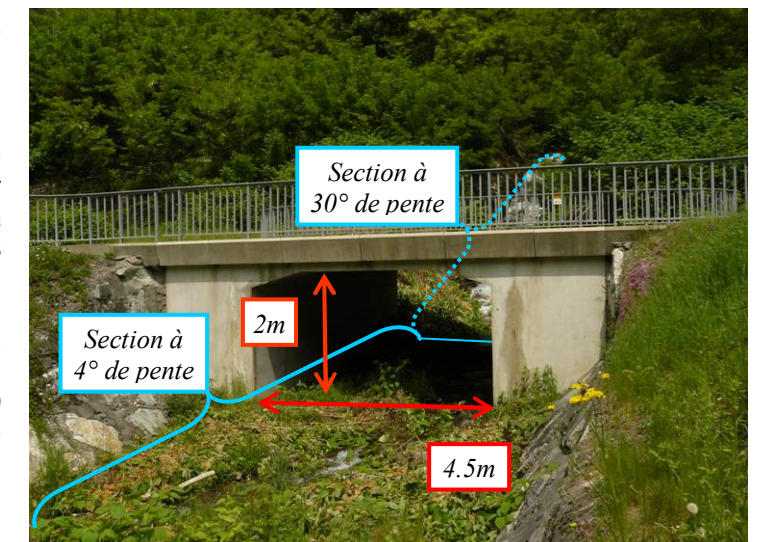


Photo n°14 : Vue depuis l'aval sur le pont enjambant le ruisseau de Queige au niveau de la RD 925

Historique des événements marquants :

- **01/11/1870** : Le torrent a charrié une quantité considérable de matières qui encombrèrent le pont de la route départementale, de sorte que pendant les crues, les eaux se répandent sur la chaussée.
- **20/11/1874** : Après avoir complètement obstrué le pont sur lequel passe la route, les déjections du torrent se sont répandues sur la chaussée. Le lit du torrent a été exhaussé d'un mètre cinquante à deux mètres et le cône de déjections recouvrait la route sur une longueur de plus de 100 mètres. Il a fallu rétablir la circulation sur les déjections mêmes. A la suite de cette lave, chaque crue, en amenant de nouveaux débris, faisait disparaître le frayé des voitures, bouleversait le lit et interrompait la circulation.
- **1877** : Le torrent de Queige a déposé cette année, un cube de 1 000 mètres de déjections.
- **26 et 27 Novembre 1882** : Des pluies diluviennes amènent la formation d'une lave qui enlève le pont de bois de la route départementale n° 9 de Pontcharra à Beaufort.
- **22/03/1897** : La brusque fonte des neiges occasionne une nouvelle coulée de lave qui enlève le pont de bois de la route et recouvre la chaussée et les champs voisins de plus de 1 800 m³ de boues et de pierres.
- **14/01/1899** : Les pluies chaudes et la fusion soudaine de la neige engendrent une lave du torrent de Queige, sous laquelle le pont de bois de la route disparut.

▪ **5 et 6 Avril 1901** : Ces jours là, des pluies abondantes (76 mm à Flumet, 63 mm à Beaufort) font encore envahir par la boue du torrent la route départementale.

▪ **1901** : Différents rapports s'inquiètent des dégâts causés par le ruisseau de Queige, chaque année, sur la route départementale n°9 (obstruction le 5 et 6 avril 1901), aujourd'hui RD 925, et dans le village (dégâts aux habitations). Ces rapports insistent sur la vidange des bois via le lit du ruisseau de Queige, pratique qui déstabilisait les berges et amenait de nombreux matériaux facilement mobilisables au sein du lit du torrent. Ainsi, lors d'orages violents ou pendant des pluies importantes en période de fonte des neiges, les laves torrentielles se produisaient fréquemment avec comme conséquences l'affouillement des berges et l'obstruction de la route départementale n°9. Des travaux de corrections torrentielles ont été proposés mais ils ne se sont pas matérialisés faute d'accord entre le service RTM, la commune de Queige et les riverains.

▪ **Janvier et Février 1955** : Des pluies abondantes causent le grossissement des eaux du torrent. Ainsi, la section du lit en amont du pont du chef-lieu est totalement occupée par les eaux chargées en matériaux (branches, boues, ...) qui passèrent au-dessus du pont amont du chef lieu. En contrebas, « le ruisseau avait sapé certains murs et provoqué en deux points des brèches importantes » (menaces pour un chemin et des immeubles). La commune de Queige décide alors de faire appel au service RTM qui propose le rétablissement des murs de rives affouillés et la création d'un radier en continu sur toute la traversée du village (lit entièrement canalisé avec section moyenne de 10m² à 20% de pente).

▪ **12/1989** : La commune de Queige envisage la réalisation d'un lotissement touristique en rive droite du Doron de Beaufort et du torrent de Queige, dans la zone de confluence. L'étude hydraulique menée par l'entreprise SOGREAH conclut à un niveau de risque élevé de submersion, d'engravement ou d'érosion relatifs à l'activité du Doron de Beaufort et du Ruisseau de Queige en l'état actuel du site.

Protections existantes :

Artificielles:

Nature :

La protection des enjeux vis-à-vis des laves torrentielles du Ruisseau de Queige a consisté à canaliser son lit sur deux portions relativement longues :

- Au niveau de la traversée du village : Le radier et les murs en maçonnerie présentent les caractéristiques suivantes :
 - Linéaire global de 130m réparti en 3 portions
 - Pente homogène de 10°
 - Largeur comprise entre 4 et 7m
 - Murs en rive gauche: 4,50m à 2,50m de haut
 - Murs en rive droite : 4,50m à 1,50m de haut
 - Section comprise entre 6m² à 20m²

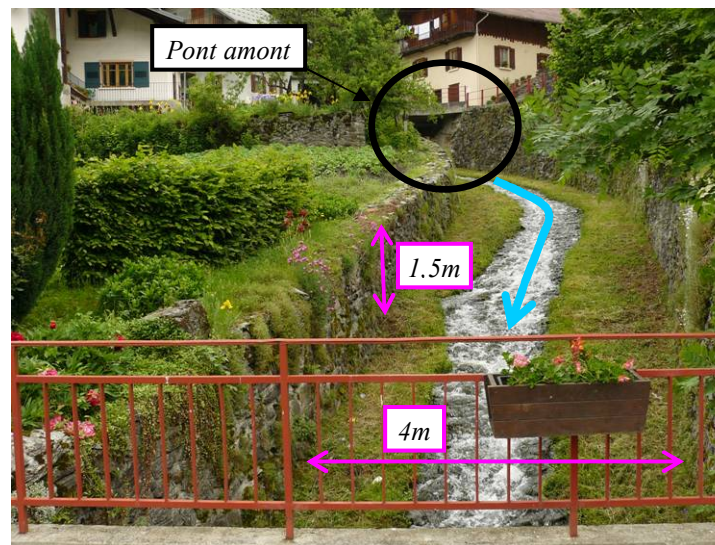


Photo n°15 : Vue vers l'amont depuis le pont intermédiaire sur le radier et les murs en maçonnerie

- Depuis la confluence avec le Doron de Beaufort : Le radier et les enrochements liés présentent les caractéristiques suivantes :
 - Linéaire global de 120m réparti en 2 portions
 - 40 m à 30° de pente en amont du pont de la RD 925
 - 80 m à 6° de pente en aval du pont de la RD 925
 - Largeur comprise entre 6 et 8m
 - Hauteur des enrochements liés : 1.50m
 - Hauteur des berges en aval du pont de la RD 925 : 3,50m
 - Section supérieure à 35m²

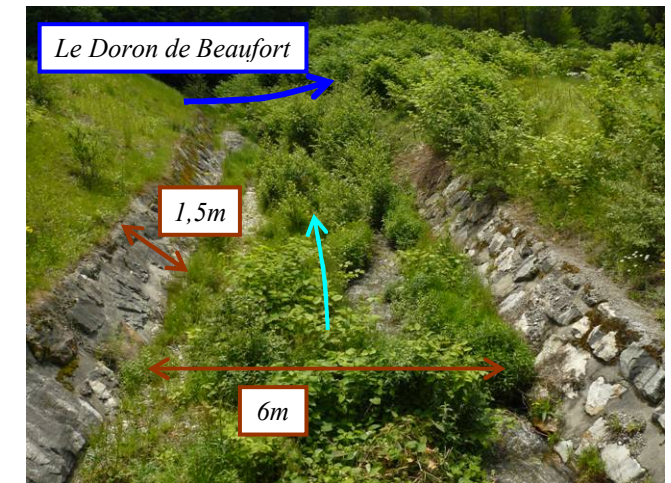


Photo n°16 : Vue vers l'aval depuis le pont de la RD 925 sur le radier et les murs en enrochements liés

Efficacité :

Globalement, les ouvrages de protections sont en assez bon état et permettent donc de faciliter l'écoulement d'une lave torrentielle vers le Doron de Beaufort. Toutefois, quelques points négatifs sont à relever :

- Les murs de la rive droite au niveau de la traversée du village présentent une hauteur trop faible, surtout entre les deux ponts. Des débordements identiques à ceux de 1955 peuvent certainement à nouveau se manifester.
- La rupture de pente qui existe au niveau du pont de la RD 925 ne favorise nullement l'écoulement des matériaux d'autant plus que la section d'écoulement est fortement diminuée par le pont lui-même.
- La confluence avec le Doron de Beaufort pourrait être plus tangentielle afin d'optimiser l'évacuation des matériaux solides par celui-ci.

Phénomène de référence :

La récurrence des laves torrentielles au sein du Ruisseau de Queige s'est fortement amoindrie entre le milieu du 19^{ème} siècle et aujourd'hui. Le mode d'occupation des sols (augmentation des surfaces forestières) et les changements de pratiques sylvicoles (abandon du débardage par « langage ») sont deux raisons importantes pouvant expliquer une fréquence d'occurrence moins importante. Cependant, le risque d'une nouvelle lave torrentielle ne peut être écarté pour les causes suivantes :

- Le développement du couvert forestier a eu un effet positif dans son rôle d'interception des pluies et d'étalement des pics de crues mais l'extension anarchique de ces peuplements forestiers (entretien compliqué du fait des fortes pentes) conduit également à une déstabilisation des berges (effet « levier » des arbres de haute stature) et à la formation d'embâcle par les troncs d'arbres.
- La mobilisation de matériaux solides (éventuellement plusieurs milliers de mètre cube) lors d'un épisode de crue reste tout à fait envisageable étant donné l'existence de différentes sources d'apports (glissement de terrain, déstabilisation de berge...) et d'une pente prononcée du lit du Ruisseau de Queige au dessus du chef-lieu.

Le phénomène de référence retenu correspond donc à une lave torrentielle semblable à celle de 1955. Cet événement peut très bien survenir lors de crues de fontes, d'importants redoux ou de fortes précipitations (période préférentielle : Novembre à Avril). Les écoulements envisagés sont constitués par une forte proportion d'argile et un charriage conséquent de bois.

Différents points de débordement le long du lit mineur du ruisseau de Queige permettent d'envisager une divagation des écoulements par rapport à leur cheminement habituel :

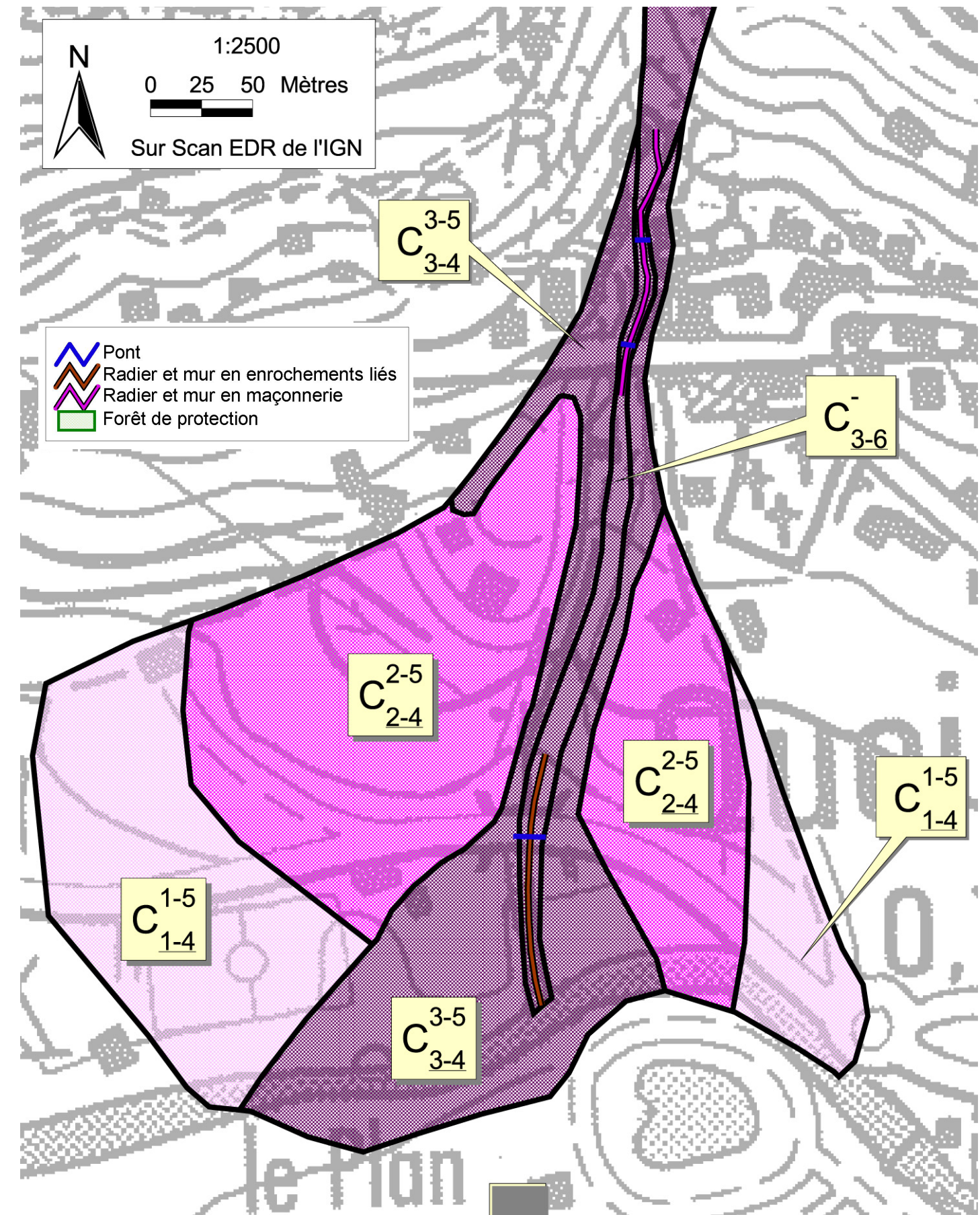
- L'obstruction des ponts présents dans la traversée de Queige est tout à fait possible étant donné que le charriage de troncs d'arbre est supposé important. Le pont intermédiaire est d'ailleurs le plus sensible de ce point de vue car il dispose de la plus faible section d'écoulement. Dans ce même secteur, la rive droite située entre les deux ponts ne permet pas non plus de contenir complètement les écoulements en période de crue. Les abords de ces points de débordements sont considérés comme exposés à un phénomène d'intensité forte du fait de la présence d'éléments disposant d'une vitesse encore suffisante pour poinçonner les façades. Par la suite, les écoulements disposent de champ d'expansion et de divagation plus important amenant à une

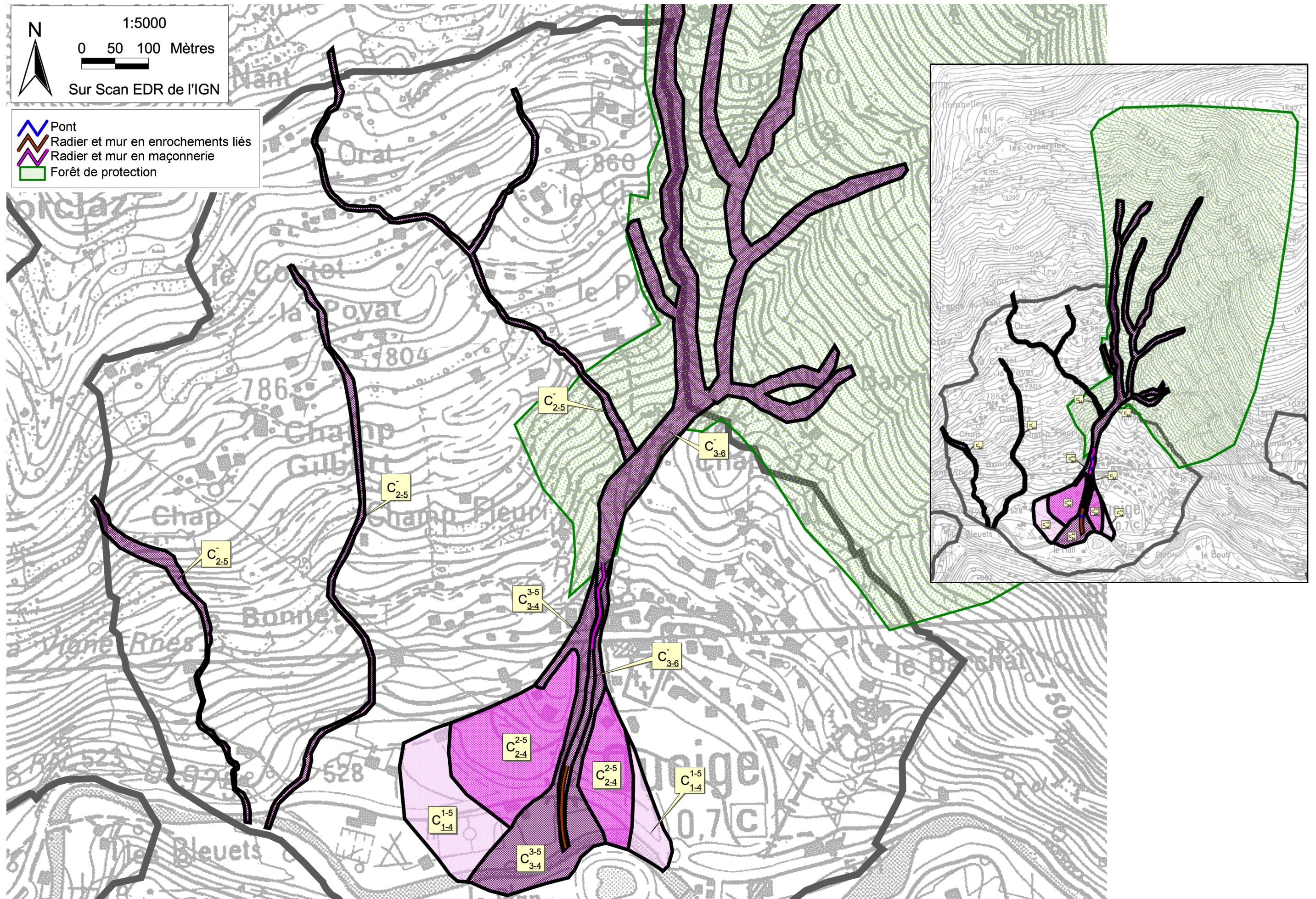
diminution des hauteurs d'écoulements et à une perte d'énergie progressive (C_{2-4}^{2-5} et C_{1-4}^{1-5}). Une route communale pour la rive gauche et un talweg pour la rive droite marque l'expansion maximum du phénomène retenu.

- Des débordements au niveau du pont de la RD 925 sont également possibles. Les écoulements divergents disposeraient alors d'une vitesse conséquente (C_{3-4}^{3-5}) du fait de la section à forte pente qui se trouve juste en amont du pont. L'étalement des coulées serait prononcé en rive droite du fait des différents dépôts de matériaux qui sont présents sur cette berge et qui peuvent influencer fortement la trajectoire des écoulements.

Afin de faciliter la lecture de la carte (voir ci-contre), les phénomènes de sapements de berges ont été rattachés à l'écoulement torrentiel au sein du lit mineur en lui attribuant une surlargeur à certains endroits présentant des berges non protégées et facilement affouillables.

Le reste du réseau hydrologique du chef lieu (voir carte p26) est également soumis à des crues torrentielles mais de moindre ampleur (C_{2-5}).





Secteur : Nant du Clou

Nature des phénomènes naturels : coulée de boue

Présentation du site :

Le Nant du Clou reçoit les eaux du Nant Traversier et du Nant de la Colombe, constituant ainsi un bassin versant qui draine les eaux des versants nord de la Roche Pourrie, de la Pointe St Jean et du Mont Mirantin. Son bassin versant est plus important que celui du Nant Bruyant avec une superficie approximative de 6 km². Le haut du bassin versant est constitué par des micaschistes. Le bas du bassin versant est largement occupé par la forêt où de nombreuses pistes ont été réalisées (trois d'entre elles enjambe le Nant du Clou entre 850 et 1200m d'altitude). Ce site est également concerné par des avalanches engendrant des dépôts importants de neige et de troncs d'arbres dans le lit du torrent. Le chenal d'écoulement (pente moyenne $\approx 20^\circ$; longueur 2 km) est fortement encaissé au sein de versants très boisés. Arrivé à l'apex du cône, le chenal actuel est dévié vers l'Est (pente moyenne $\approx 10^\circ$). Comparativement au Nant Bruyant, la chenalisation est ici bien moins marquée. Certaines sections du lit principal ne dépassent pas les 15 m² pour une hauteur de berge de 3 m.

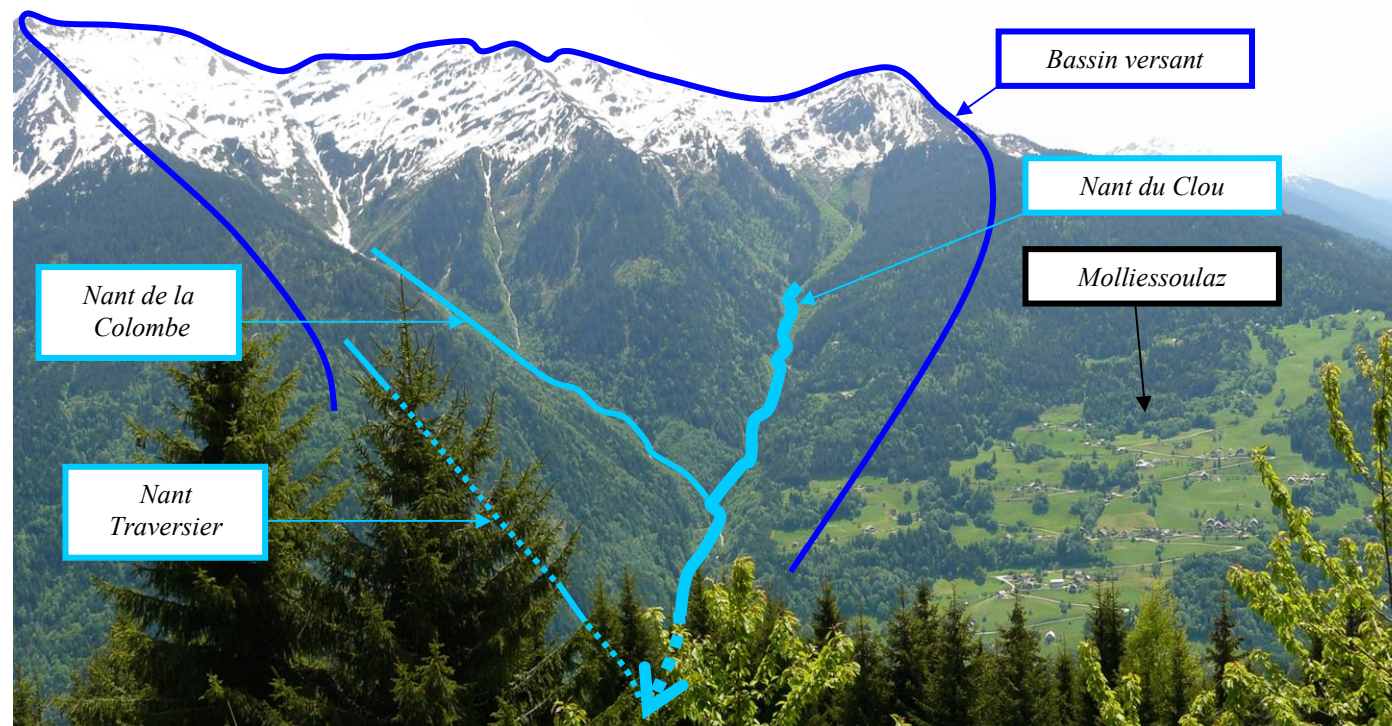


Photo n°17 : Vue globale sur le bassin versant du Nant du Clou

Historique des évènements marquants :

- **1950** : Les habitants de Villarrason gardent en mémoire une coulée boueuse bien moindre que celle de 1992.
- **01/06/1979** : Le Nant du Clou et le Nant Colombe font l'objet de crues torrentielles et de coulées de boues vers 19h30. La fonte des neiges importantes ainsi que l'obstruction du lit par les restes de débris de l'avalanche de 1978 ont favorisé l'émergence du phénomène. Une route forestière est coupée sur près de 200m linéaire. La coulée n'a pas atteint le cône de déjection.
- **Printemps 1990** : Une coulée de boue s'arrête en amont de la scierie Dugit-Gros.
- **17/06/1992** : Un orage violent et très sectorisée sur le Mirantin (vers 19h45) éclate et provoque des laves torrentielles dans le lit du Nant du Clou, le Nant Traversier et le Nant de la Colombe. Les écoulements comportent une forte proportion d'argile et transportent des blocs de dimension métrique. Les anciens rapportent n'avoir jamais vu ça auparavant.

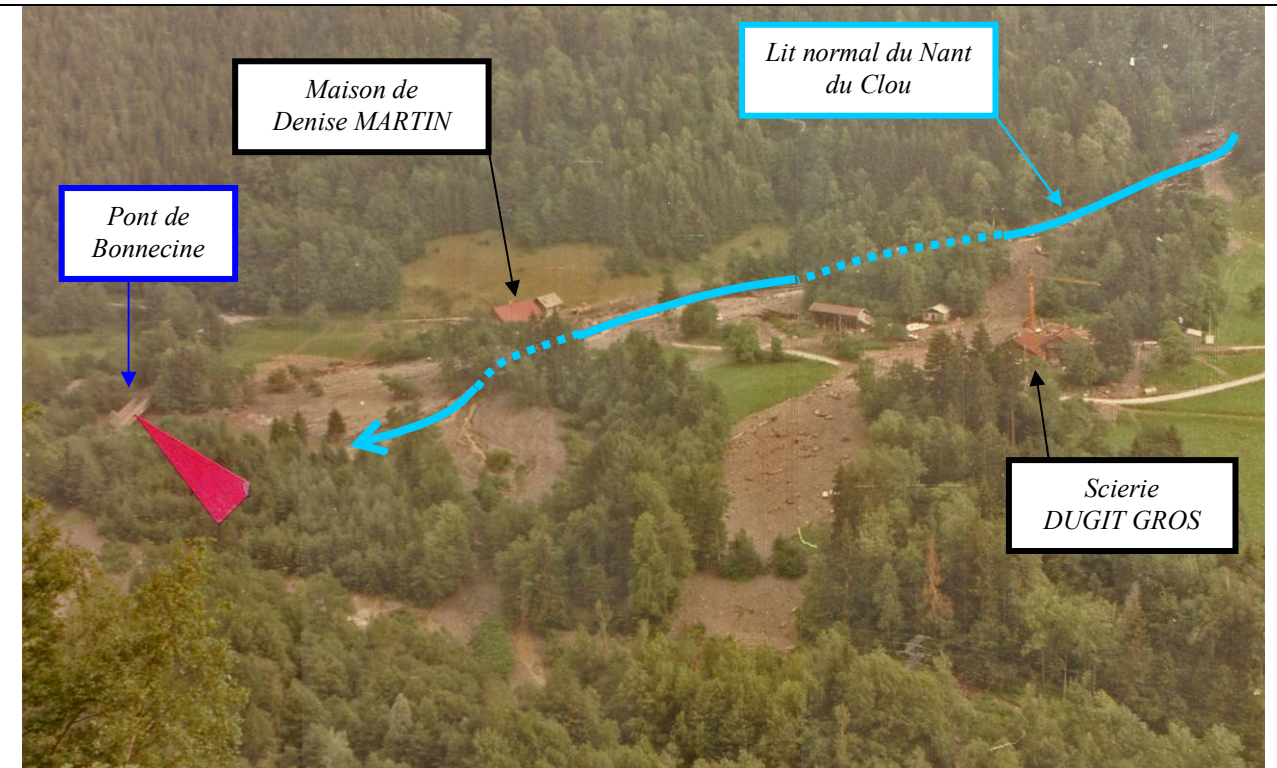


Photo n°18 : Vue globale sur le cône de déjection du Nant du Clou après la lave torrentielle du 17/06/1992

Une dépendance de la maison de Denise MARTIN (rive droite du Nant du Clou) est emportée avec les véhicules qui étaient présents (une voiture et un tracteur). Le hangar amont (« les vaches avaient de l'eau jusqu'au poitrail ») et la maison sont eux envahis par des flots extrêmement boueux.



Photo n°19 : Vue depuis l'aval de la maison de Denise Martin



Photo n°20 : Vue depuis l'amont sur la scierie DUGIT GROS

La scierie de Monsieur DUGIT GROS est également fortement touchée. Une partie de la scierie est dévastée mais des rondins de bois situés en amont ont détourné une bonne partie de la lave. Néanmoins, la scierie est envahie par la boue (0.5 à 1m dans le sous-sol). La maison qui était en cours de construction à l'aval est arasée. De nombreux véhicules (voitures, caravanes..) sont emportés dont un bulldozer. La route reliant Villarrason à Bonnecine est recouverte par au moins deux mètres de boues et de blocs à certains endroits. Enfin, vu la quantité de matériaux amené par le Nant du Clou, le cours du Doron de Beaufort est obstrué engendrant la formation d'un lac en amont. Le pont de Bonnecine et une portion de RD 925 sont alors submergés.

Protections existantes :

Artificielles:

Nature :

Une étrave a été réalisée par le propriétaire de la scierie DUGIT GROS, à partir des matériaux amenés lors de la crue 1992. D'une hauteur d'environ 3 mètres, cette protection est depuis revégétalisée.

Les matériaux de la crue de 1992 ont également permis de réaliser une digue (100m de long pour 2,5m au point le plus haut) juste à l'aval du pont de Bonnecine en rive gauche.

Efficacité :

Etant donné la position de l'étrave, celle-ci permettrait de détourner assez efficacement la partie la plus dense de l'écoulement. Par contre, le risque d'inondation par une eau fortement chargée en boue n'est lui aucunement écarté. D'autres part, cet ouvrage n'a pas fait l'objet d'un dimensionnement précis et aucun compactage des matériaux n'a été effectué lors de sa réalisation.

Concernant la digue située juste à l'aval du pont de Bonnecine, elle permettrait de créer une zone de stockage des dépôts de la lave torrentielle. Vu la hauteur des dépôts de 1992, cette digue ne pourrait contenir l'ensemble des matériaux apportés par les débordements de la rive droite du Nant du Clou mais elle limiterait fortement l'obstruction du Doron juste à l'aval du pont de Bonnecine.

Phénomène de référence :

Le seul événement majeur connu est celui de la crue 1992. Etant donné que la chenalisation du lit du Nant du Clou sur son cône de déjection et que l'occupation du bassin versant n'ont que très peu évolué depuis cette date, la possibilité de réapparition d'un phénomène d'une telle intensité est tout a fait envisageable. Concernant la période de retour du phénomène, de part le faible nombre d'informations historiques relevées et au vu du fonctionnement de ce torrent (encombrement progressif et sur le long terme du lit), une fréquence centennale apparaît possible (C_{3-3}).

Les points de débordements principaux du phénomène sont les suivants :

- Juste à l'apex du cône, le Nant Traversier se jette dans le Nant du Clou. Si celui-ci a son lit obstrué par une lave torrentielle, les écoulements boueux du Nant Traversier pourrait alors déborder en rive droite étant donné sa position quelques peu perché par rapport au Nant du Clou à leur confluence. Il est important de noter que la confluence entre Nant Traversier et Nant du Clou se trouve maintenant plus en amont de celle figurant sur la carte. En rive gauche, quelques débordements avaient été observés lors de la crue de 1992. Cependant, la topographie du secteur avait favorisé le retour des écoulements vers le lit principal. Actuellement, il semble malgré tout possible qu'une lame d'eau fortement chargée en boue s'étende en direction du hameau de Villarasson (C_{2-2} puis C_{1-2}).
- Plus en aval, entre 600 et 610 m d'altitude, les faibles dimensions du chenal actuel (hauteur de berge ≈ 3 m ; largeur au miroir ≈ 5 m max.) constitue la zone de débordements majeurs aussi bien en rive droite qu'en rive gauche. Des écoulements transportant une charge solide importante, dont des blocs métriques et des souches d'arbre, peuvent alors divaguer sur une grande partie du cône de déjection (C_{3-3}). En rive droite, les coulées boueuses seraient contraintes par un talus avant de venir à nouveau toucher la maison se situant au bord de la route. Cette résidence est d'autant plus exposée actuellement du fait de la disparition du hangar situé juste à l'amont. Ce hangar avait ainsi protégé la résidence en détournant vers la gauche la partie la plus dense des écoulements et vers la droite les

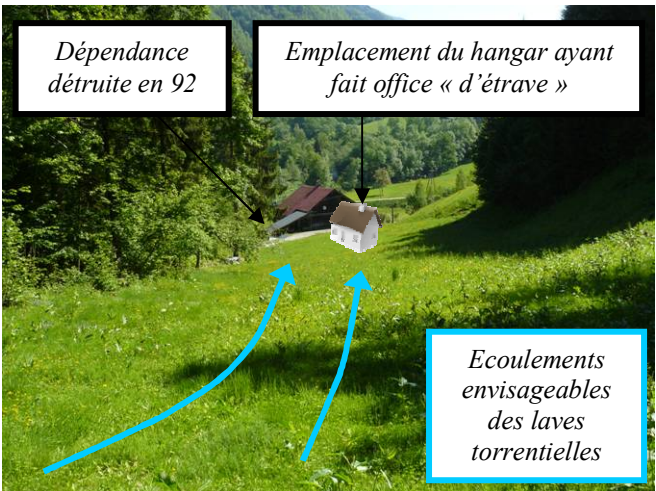
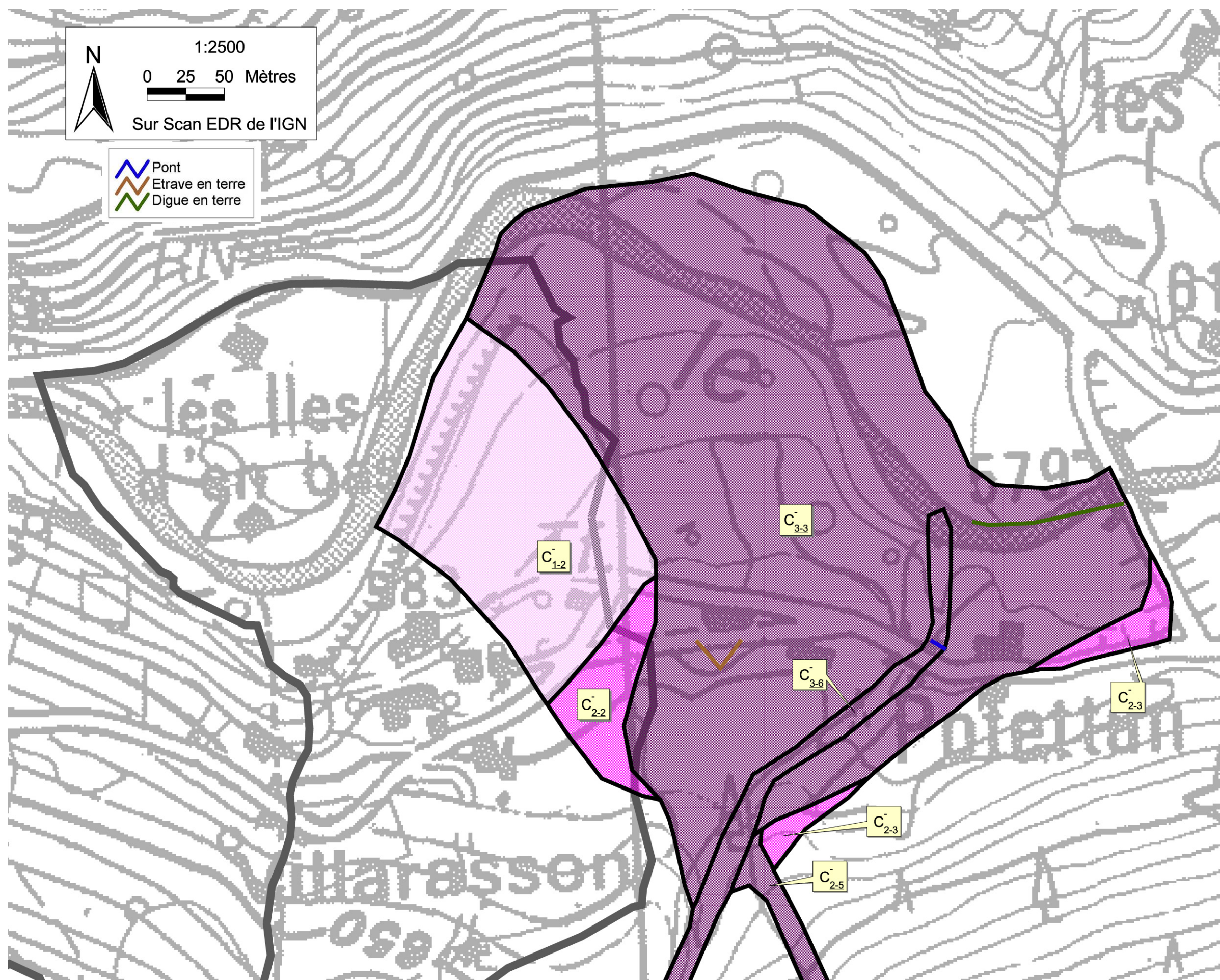


Photo n°21 : Vue depuis l'amont sur la maison située en rive droite du Nant du Clou au bord de la route

écoulements les plus liquides. Le hangar n'existant plus, la résidence se trouve directement exposée aux écoulements denses. Ces écoulements termineraient leur course en direction du Doron de Beaufort juste à l'aval du Pont de Bonnecine. Les écoulements les plus liquides pourraient emprunter en partie la route se dirigeant vers Bonnecine à partir de la maison précédemment citée (C_{2-3}). En rive gauche, la présence d'anciens cordons de lave torrentielle en forêt ainsi que celle d'un petit ruisseau légèrement chenalisé semblent délimiter l'extension maximum du phénomène vers l'ouest du cône de déjection. Malgré la réalisation d'une étrave, la scierie DUGIT GROS resterait exposée à un envahissement important par des écoulements fortement chargés en boue comme en 1992 d'où la conservation du secteur en zone C_{3-3} .

- Le dernier point de débordement est constitué par le pont qui enjambe le Nant du Clou. Celui-ci dispose d'une section bien trop faible (3,5 m de large pour 2 m de haut) pour permettre l'écoulement d'une lave torrentielle identique à celle de 1992. Par contre en cas de crue essentiellement liquide (débit estimé à 6 m³), dont la récurrence serait plus importante (C_{3-6}) que pour une lave torrentielle, la section du pont semble suffisante pour en assurer le passage.



Présentation du site :

Le Nant Bruyant draine les eaux provenant des versants nord du Mont Mirantin, du Nid d'Aigle, de la Légette du Mirantin et de Roche Plane. Son bassin versant représente une superficie approximative de 3,5 km². Le bassin de réception est constitué par des micaschistes dont une partie est fortement altérée ce qui donne lieu à des éboulements massifs (voir historique des événements). Outre ces apports de matériaux rocheux, ce site est également concerné par des avalanches engendrant des dépôts importants de neige et de troncs d'arbres dans le lit du torrent. Le chenal d'écoulement (pente moyenne $\approx 20^\circ$; longueur 1,6 km) est fortement encaissé au sein de versants très boisés. Depuis l'apex du cône de déjection jusqu'à la confluence avec le Doron de Beaufort, le Nant Bruyant est caractérisé par une chenalisation marquée (section minimum $\approx 50 \text{ m}^2$; hauteur minimum des berges $\approx 5 \text{ m}$; pente moyenne $\approx 10^\circ$).

Le Ruisseau du temps, encore appelé la Bête, est également pris en compte malgré son très petit bassin versant (moins de 40 ha) car des traces d'un cône de déjection et d'anciennes laves torrentielles ont pu être identifiés à proximité du hameau de Bonnecine.

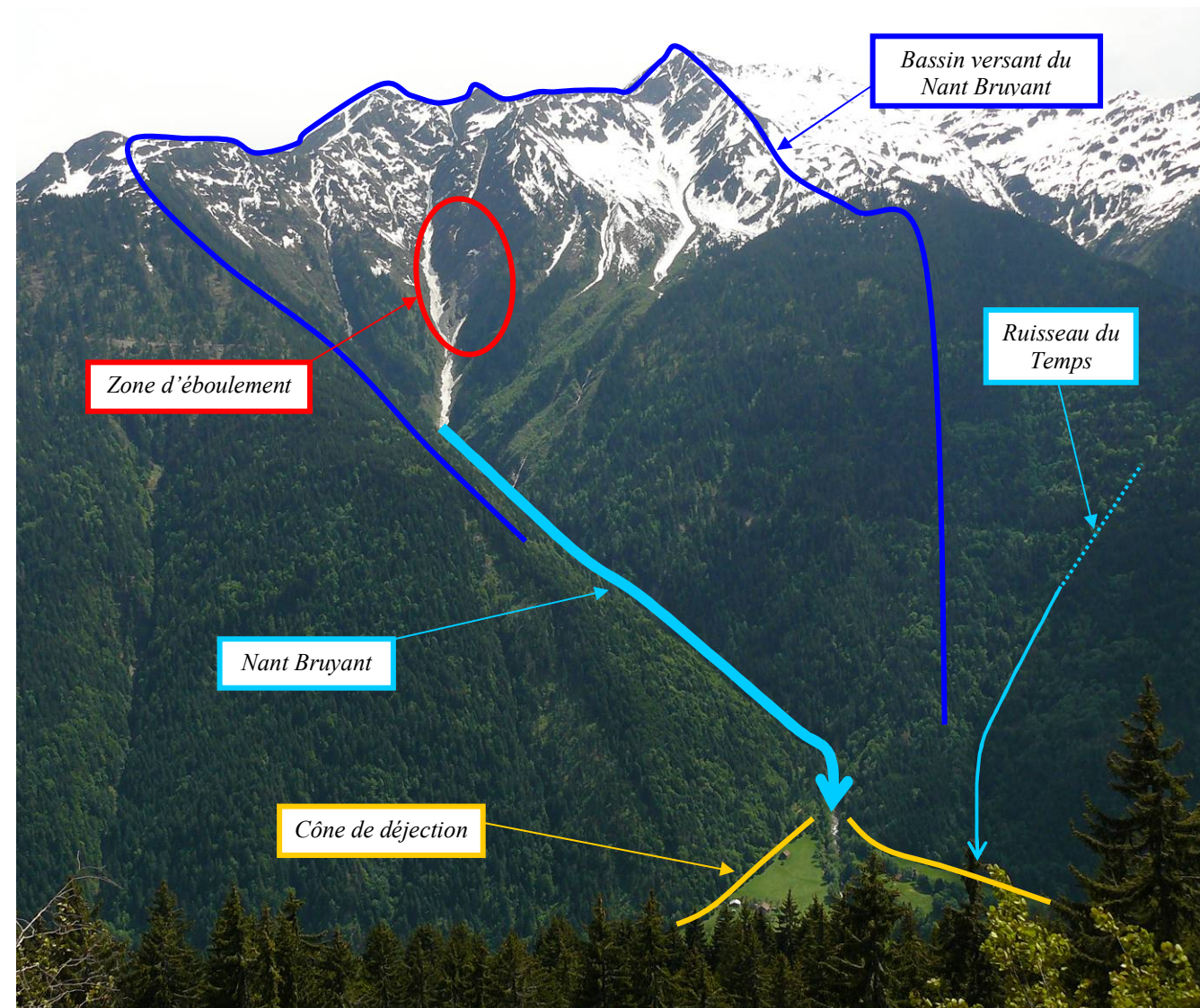


Photo n°22 : Vue globale sur le bassin versant du Nant Bruyant

Historique des événements marquants :

- **09/08/1899** : Suite à des éboulements et des orages violents, une lave torrentielle emprunte le lit du Nant Bruyant vers 17H. Le Doron de Beaufort est obstrué par « plus de mille mètres cubes de blocs, de terres... ».
- **17/09/1901** : Une lave torrentielle du Nant Bruyant rend impraticable le chemin vicinal reliant Villard sur Doron à Queige. Les restes d'une avalanche de l'hiver précédent ainsi que des éboulements continus depuis le mois de Juillet dans le bassin de réception ont facilité la survenue du phénomène.
- **17/06/1992** : Un orage très violent et très sectorisé sur le Mirantin vers 19h45 engendre une lave torrentielle. Le radier de Bonnecine est emporté.
- **28/07/2000** : Des orages de fin de nuit provoquent une lave torrentielle de 7h à 8h15 du matin. Le lit du Doron de Beaufort est alors obstrué par les matériaux provenant du Nant Bruyant avant que la débâcle n'intervienne vers 8h30. Le remblai apporté a atteint la côte -2m sous la RD925.
- **29/07/2005** : Une lave torrentielle du Nant Bruyant descend jusqu'au Doron de Beaufort, obstruction partielle du lit et formation d'un lac temporaire. Le radier de Bonnecine a été submergé sur une hauteur de 2m à 2,5m. Les matériaux transportés sont principalement issus d'un écoulement en rive droite vers 1200m et de deux écoulements en rive gauche (source principale) à 1700 et 1800m.
- **14/07/2006** : Des éboulements conséquents se produisent dans le haut du bassin versant bassin du Nant Bruyant. Ces éboulements donne lieu à une visite héliportée le 18/07/2006. En dessous de 1100m, lit est « raisonnablement » encombré de matériaux. Par contre, il est noté la présence de nombreux troncs amenés par les avalanches. Au dessus de 1100m, de très gros et nombreux blocs (plusieurs milliers de m³) sont stockés dans le lit du Nant Bruyant jusqu'au pied de l'écroulement en rive gauche à 1700m d'altitude. Les blocs éboulés ont profité du culot de neige persistant dans le Nant du Bruyant (restes d'avalanches) pour descendre relativement bas par rapport à la zone de départ. La zone de départ est fortement fracturée et déstructurées.
- **10/09/2006** : Une lave torrentielle du Nant Bruyant franchit le radier de Bonnecine rendant impraticable la route communale reliant Villard sur Doron à Queige. Le lit est obstrué par de nombreux troncs d'arbres. L'écoulement du Doron de Beaufort est modifié avec un rétrécissement et un déport en rive droite de son lit. On note une recrudescence du phénomène suite à l'écroulement progressif (plusieurs milliers de m³) d'une partie de la rive gauche du Nant Bruyant dans le haut de son bassin versant (hors zone forestière).
- **30/06/2008** : Dans la soirée du 29 juin 2008, un premier orage se développe sur le Mirantin. La pluie et les rafales de vent sont violentes mais aucune lave torrentielle n'est signalée. Le lendemain, aux environs de 6h du matin, un nouvel orage éclate mais avec moins de violence que le précédent. Toutefois, trente minutes plus tard, une lave torrentielle apportant plusieurs milliers de mètre cube de matériaux parcourt le lit du torrent avant d'obstruer complètement le Doron de Beaufort et de déborder sur la RD 925 (voir photo n°23). Une partie des écoulements suivent la RD 925 sur au moins 500m de long tandis qu'un lac se forme en amont de la zone obstruée. En parallèle, le Ruisseau du Temps est lui aussi sujet à une crue importante qui donne lieu à deux coulées de boues, l'une restant en forêt et l'autre terminant sa course dans les prés situé au dessus du hameau de Bonnecine (voir photo n°24).

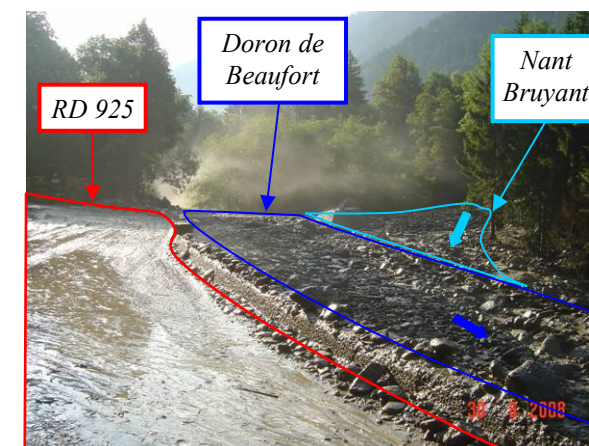


Photo n°23 : Vue sur la confluence entre le Doron de Beaufort et le Nant Bruyant après la crue du 30 juin 2008

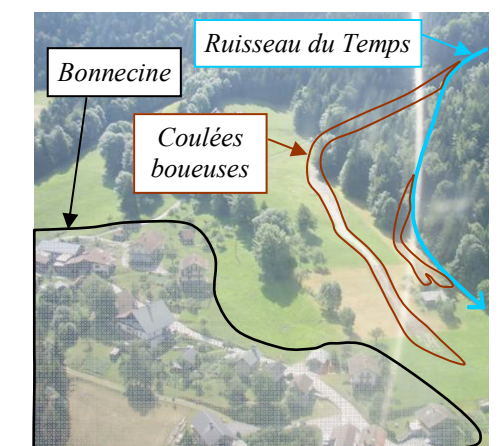


Photo n°24 : Vue aérienne sur les coulées boueuses issues du Ruisseau du Temps après la crue du 30 juin 2008

Protections existantes :

Artificielles:

Nature :

Un mur en maçonnerie protège la RD 925 sur environ 100m de long et 4m de hauteur.

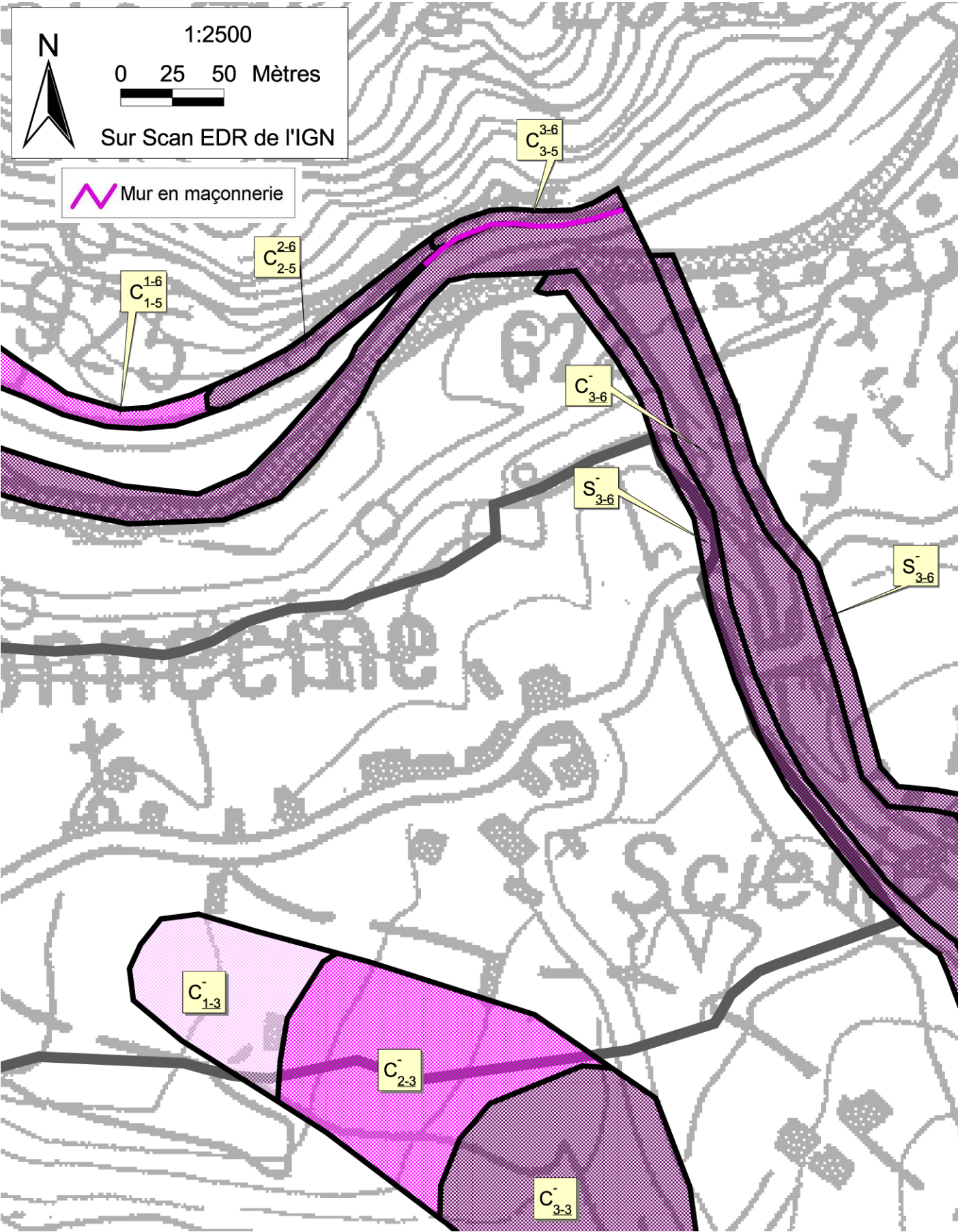
Efficacité :

Ce mur a permis par le passé d'éviter de nombreux dégâts sur la RD 925. Toutefois, suite à la dernière lave torrentielle, des détériorations importantes sont apparus sur ce mur.

Phénomène de référence :

Le Nant Bruyant porte bien son nom. Les phénomènes de laves torrentielles sont très fréquents au sein du lit de ce torrent (C_{3-6}). Toutefois, de part la chenalisation importante du torrent tout au long du cône de déjection, il n'apparaît pas possible de voir des débordements de laves divagués sur le cône de déjection. D'ailleurs les derniers cordons de laves torrentielles observés ont leur sommet à moins de 2m du haut des berges. Par contre, étant donné l'inclinaison des berges et le risque d'affouillement du pied des berges par les laves torrentielles, une zone d'érosion des berges de 10m de largeur a été définie (S_{3-6}).

Concernant le Ruisseau du Temps, l'événement retenu correspond au phénomène rencontré dernièrement dont la récurrence semble au moins centennale avec une diminution des intensités rencontrées au fur et à mesure de l'expansion du phénomène dans les champs (C_{1-3} , C_{2-3} et C_{3-3}).



Présentation générale:

Affluent le plus important de l’Arly dans lequel il se jette, à 2 kilomètres en amont d’Albertville, sur rive gauche, à la cote 350 m, le **Doron de Beaufort** prend sa source dans les pâturages de Roselend, à Roche-Merle (2 525 m). Sa direction générale est de l’Est vers l’Ouest. A l’entrée de la commune de Queige son bassin versant couvre une superficie de 240 km².

La majeure partie du bassin est constituée par des schistes anciens (Césarches, Venthon, Queige, Villard-sur-Doron et une partie de Beaufort) ; le granit affleure près de Beaufort. Au contraire, la région orientale et nord-orientale renferme des terrains sédimentaires, plus ou moins résistants (schistes et grès houillers, gypses, cargneules et dolomies, quartzites du trias, calcaires et marnes noires liasiques, schistes noirs jurassiques). Il est important de noter qu’une majeure partie du bassin versant est donc constituée par des roches facilement altérables d’où une possible teneur élevée en particules argileuses lors d’épisodes de crue.

Cours d’eau	Longueur	Bassin versant	Affluent de la rive
Ruisseau de Queige	1.4 km	1.2 km²	droite
Nant Bruyant	2.75 km	3.5 km²	gauche
Dorinet	10.9 km	56.6 km²	droite
Argentine	13 km	64.7 km²	gauche
La Gitte	8.5 km	28.3 km²	droite
Ruisseau de Trécol	6.5 km	24.4 km²	gauche

Tab. n°1 : Les principaux affluents du Doron de Beaufort

Les affluents du Doron de Beaufort sont ici rappelés (voir Tableau n°1) car leur fonctionnement en temps de crue est susceptible d’influencer fortement celui-ci. Ainsi, nous pouvons noter que sur la commune de Queige, trois torrents (Nant Bruyant, Nant du Clou et Ruisseau de Queige) ont eu dans un passé plus ou moins récent un fonctionnement du type lave torrentielle. Ces phénomènes, étant donné les volumes de dépôts mis en jeu (plusieurs milliers de m³), sont tout à fait capables d’obstruer le lit du Doron de Beaufort avec création d’un lac temporaire en amont et possibilité de débâcles violentes impactant l’aval.

D’après les mesures de débits effectuées à la station de Villard sur Doron entre 1960 et 1986 (Gestionnaire : EDF), le régime hydrologique du Doron de Beaufort est de type nival (étiage en hiver ; hautes eaux au printemps) avec un module calculé de 10,8 m3/s. Concernant la portion du Doron de Beaufort qui traverse la commune de Queige, celle-ci présente un profil en long (pentes comprises entre 1 et 2 %) et une géomorphologie s’apparentant au rivière torrentielle. Plus précisément, les secteurs étudiés (Les Iles d’en Bas, Chef lieu, Zone artisanale de Plan Piton) disposent en général d’un lit asymétrique (berges opposées de hauteurs et d’inclinaisons différentes) et d’un chenal unique à méandre.

Une autre caractéristique importante à prendre en compte pour le Doron de Beaufort est son niveau d’aménagement hydroélectrique. Ainsi, sur la commune de Queige, deux prises d’eau ont été installées, l’une au niveau des Roëngers et l’autre juste à l’amont du chef lieu. Plus en amont dans le bassin versant, de nombreux barrages, ayant vocation à la production électrique, influent sur les débits naturels du Doron de Beaufort de part la surface drainée et stockée (voir Tableau n°2). En terme de débits de pointe, ces ouvrages ont un impact fort sur les crues de récurrence décennale. Par contre, dans le cas d’une crue centennale, l’écêtement induit par les barrages serait négligeable au vu des débits rencontrés (voir ci-dessous le débit centennal retenu). Outre l’aspect quantitatif, ces aménagements jouent un rôle majeur dans l’évolution morphologique du Doron de Beaufort. En effet, en diminuant les débits courants et en atténuant les phénomènes de « chasse » possibles lors des crues décennales,, les barrages, les seuils et les prises d’eau semblent avoir diminué la capacité de transport du Doron de Beaufort. Il en résulte un engravement et un exhaussement progressif du lit ainsi qu’un développement accrue de la végétation le long des berges. Cette évolution morphologique n’est pas favorable à l’écoulement d’une crue centennale.

A la vue des caractéristiques précédemment énumérées, de la dernière grande crue historique du Doron (Septembre 1940) et des différentes études hydrauliques récemment menées le long du Doron de Beaufort, il a été retenu comme débit de référence, **un débit centennal de 200 à 220 m³/s** avec un temps de concentration estimé à 6 heures et une durée caractéristique de la crue d’une douzaine d’heures. A noter que les crues les plus importantes ont souvent été constatées lorsque des précipitations abondantes survenaient alors qu’une majeure partie du bassin versant étaient encore recouvert par la neige (voir historique global)

Barrage	Surface drainée (km²)
La Girotte	5.2
La Gittaz	21
Roselend	42.8
St Guérin	18.4

Tab. n°2 : Récapitulatif des surfaces drainées par les barrages hydroélectriques présents dans le bassin versant du Doron de Beaufort

Historique global sur le Doron de Beaufort :

▪ **fin janvier 1618** : Sans doute sous l’action d’un vent du Sud et de pluies chaudes, qui amenèrent une brusque fusion des neiges, il y eut à Beaufort une inondation si considérable qu’on n’avait pas souvenir d’en avoir vue une semblable. Cette mention, tirée des registres paroissiaux, prouve qu’avant 1618 le Doron a débordé, mais les dates de ces événements ne nous sont pas parvenues.

▪ **30 septembre 1732** : Une pluie chaude, tombée le 29 septembre, fit fondre brusquement la neige qui, depuis le 23, couvrait les sommets. Le Doron et ses affluents débordèrent. Les eaux entrèrent dans Beaufort, ébréchèrent une maison sur 8 à 9 toises de long, emportèrent un bâtiment renfermant une forge et une scierie, ainsi qu’une partie d’un moulin et d’une grange. Les ponts du Doron et plusieurs chemins ont été coupés, et, notamment la route tendant depuis le bourg en Tarentaise, n’ayant laissé que le roc, qu’il faudra piquer et escarper pour faire un nouveau chemin... Plus loin, la dite rivière a emporté plusieurs terres à différents particuliers. Les terres inondées dans la vallée et dégrevées d’impôts ensuite de cet événement, occupaient 108 ha, dont 7,5 ha à Queige.

▪ **5 juin 1739** : Le vendredi 5 juin, vers 5 heures du soir, un orage, remontant la vallée du Doron, éclata sur la montagne de Bisanne. Une pluie diluvienne s’abattit sur le versant qui regarde Villard-sur-Doron et y creusa 5 profonds ravins. Les terres détrempées, mêlées à l’eau de ruissellement, formèrent des laves qui roulèrent jusqu’au fond même de la vallée... Cette lave formidable qui prit à revers la forêt avait donc amené la submersion, le ravinement ou l’ensablement de 190 ha environ et endommagé ou détruit 39 bâtiments. La commune de Queige n’aurait pas été touchée par cet événement.

▪ **1750** : Inondation à Beaufort

▪ **1762** : Le Doron envahit la chapelle Saint-Donat.

▪ **10 juin 1764** : Comme l’Isère, le Doron et l’Argentine subirent ce jour-là une crue très considérable : les eaux emportèrent le pont de pierre à Beaufort, pénétrèrent dans le quartier de Randen où elles s’élevèrent jusqu’aux fenêtres des maisons. Les routes coupées ne permirent plus de circuler ni de communiquer avec le reste du Duché.

▪ **juillet 1768** : Nouvelle inondation de Beaufort. La rivière détruit la chapelle Saint-Roch qui avait résisté au précédent débordement.

▪ **26 octobre 1778** : Inondation à Beaufort.

▪ **1808** : La déforestation croissante de la région fait sentir son action sur le régime du Doron. « Ce torrent, écrit le Sous-Préfet de Moutiers, parfois n’a que très peu d’eau tandis qu’aux moindres pluies ou fontes des neiges, il devient considérablement enflé ».

▪ **8 février 1855** : Crue du Doron de Beaufort suite à un fort réchauffement en période enneigée.

▪ **1er novembre 1859** : On construisait la route nouvelle de Beaufort à Albertville quand survint la crue du 1er novembre 1859, commune à tous les cours d’eau de la région. Le Doron emporta environ 1/3 de la chaussée récemment faite, affouilla la culée de rive droite du pont du Villard.

▪ **1er novembre 1870** : le Doron envahit et dégrade la route départementale.

▪ **27 novembre 1882** : sous l’action persistante des vents du Sud et de pluies continuelles qui en sont la conséquence, le Doron déborde. Entre Queige et Venthon, la route, coupée en plusieurs endroits, est interdite à la circulation des voitures. La circulation a été interrompue pendant 20 jours. Les avaries causées par l’accumulation des matières ont amené des éboulements.

▪ **novembre 1889** : débordement du Doron de Beaufort

▪ **1910** : débordement du Doron de Beaufort

▪ **23 juillet 1927** : débordement du Doron de Beaufort

▪ **15 septembre 1940** : Crue du Doron de Beaufort (débit estimé à 200-250 m³/s) conjuguée avec de nombreux éboulements et la fonte des neiges entraînant la coupure de nombreux tronçons de la route départementale.

▪ **1er juin 1979** : débordement du Doron de Beaufort

Secteur : Les Iles d'en Bas

Présentation du site:

Situé à l'aval de la confluence entre Nant du Clou et Doron de Beaufort, le périmètre d'étude concerne l'intérieur d'un méandre (voir photo n°25). La rive gauche correspond à l'extrados de ce méandre. Elle constitue un point dur naturel (escarpement rocheux). La rive droite (intrados) présente des terrasses alluviales de différentes hauteurs et on peut supposer la présence d'un ancien chenal (croissance du méandre). Le méandre précédent montre lui un recoupement partiel engendrant un coude à angle droit pour le lit mineur du Doron de Beaufort juste à l'amont des Iles d'en bas. Le lit mineur présente globalement une largeur d'environ 10 à 12 mètres.

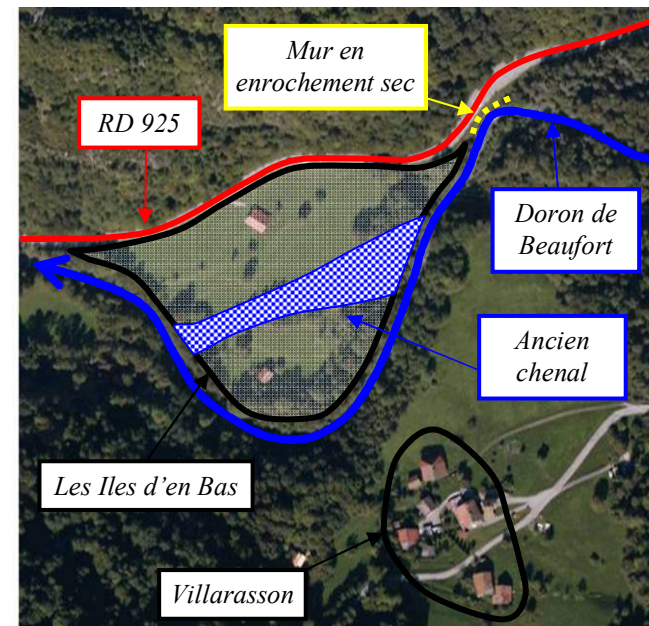


Photo n°25 : Vue aérienne sur les Iles d'en Bas

Historique des événements marquants :

- **17/06/1992** : Un orage violent et très sectorisée sur le Mirantin (vers 19h45) éclate et provoque des laves torrentielles dans le lit du Nant du Clou, le Nant Traversier et le Nant de la Colombe. Le cours du Doron de Beaufort est obstrué par les matériaux amenés par le Nant du Clou ce qui engendre la formation d'un lac en amont. Le pont de Bonnecine et une portion de RD 925 sont alors submergés.
- **22 mars 2001** : Durant une faible crue du Doron de Beaufort (débit de pointe de la crue évaluée à 60 m³/s par les agents d'EDF) l'ancienne digue située en rive droite en amont du pont de Bonnecine est contournée. Dès lors, les flux de surverse ne pouvaient plus rejoindre le lit et s'écoulaient inévitablement en direction de la RD 925 au droit de l'intersection de la route de Bonnecine avec la route départementale.

Protections existantes :

Artificielle :

Nature :

- Digue en terre en rive gauche en aval du pont de Bonnecine : longueur ≈ 100m ; hauteur ≈ 2,5m au plus haut)
- Mur de protection (enrochement sec) en rive droite juste avant les Iles d'en Bas : longueur ≈ 30m ; largeur ≈ 1m ; hauteur ≈ 3.5m

Efficacité :

La digue située juste à l'aval du pont de Bonnecine permettrait de créer une zone de stockage des dépôts de la lave torrentielle du Nant du Clou. Vu la hauteur des dépôts de 1992, cette digue ne pourrait contenir l'ensemble des matériaux apportés par les débordements de la rive droite du Nant du Clou mais elle limiterait fortement l'obstruction du Doron juste à l'aval du pont de Bonnecine.

Concernant les enrochements secs, ils permettent actuellement de limiter efficacement l'action érosive du Doron de Beaufort en temps normal. Cependant, ils ne semblent pas en mesure d'éviter tous risques de sapement de berges en cas de crues centennales.

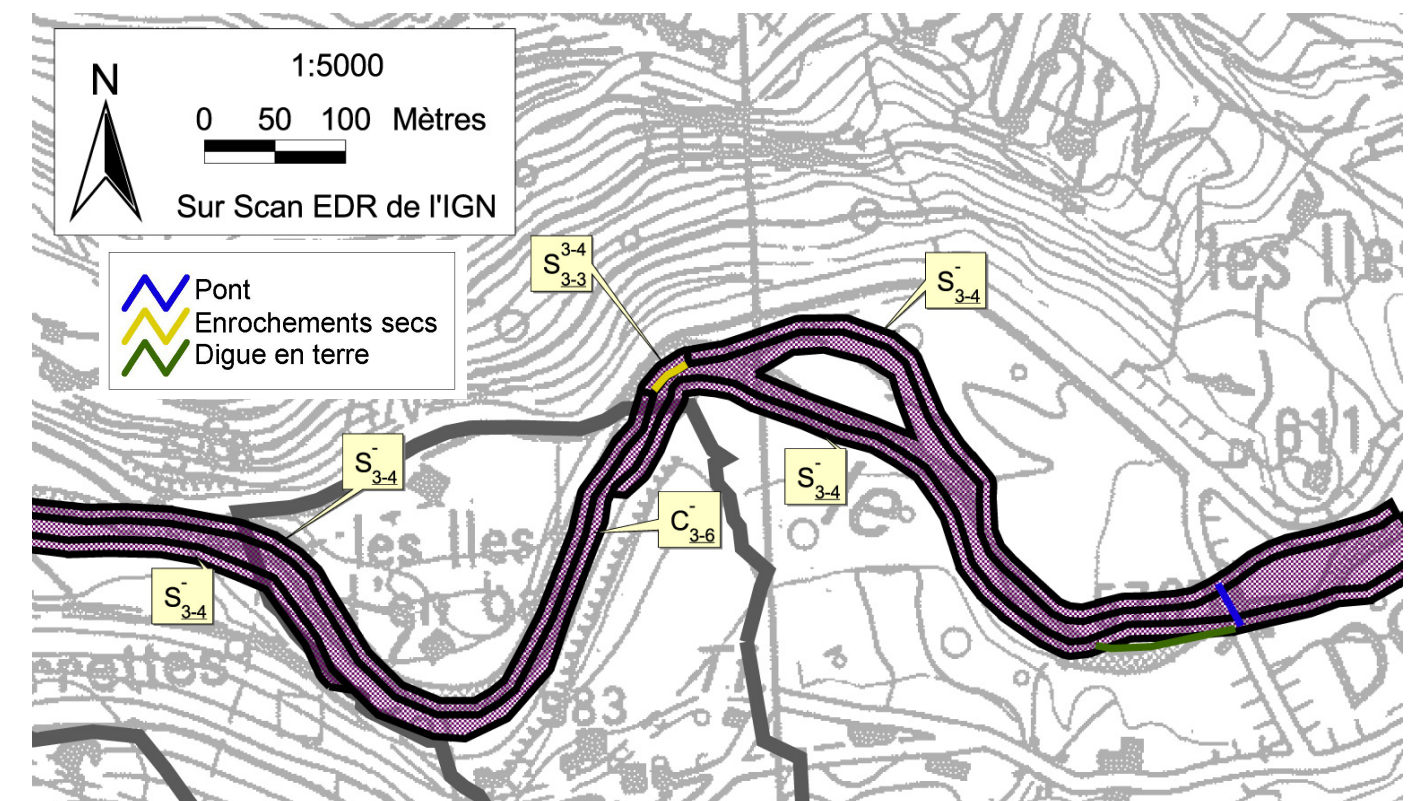
Phénomène de référence :

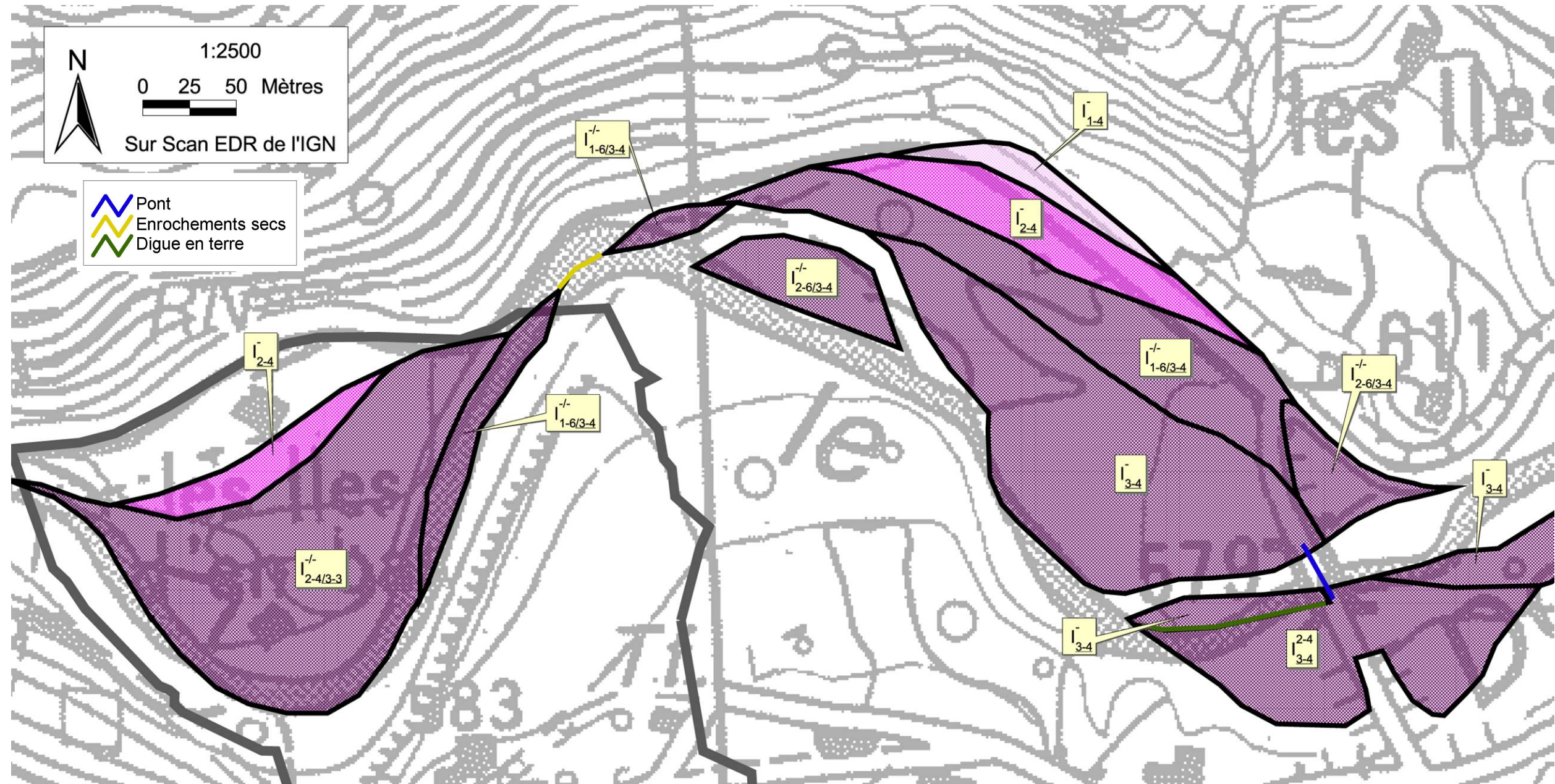
Le lit mineur actuel du Doron (voir carte de droite) a été classé dans le domaine des crues torrentielles (C_{3-6}). En effet, même si le caractère torrentiel de ce cours d'eau est peu affirmé dans ce secteur (pente comprise entre 1 et 2 %), les possibilités de charriage dans le fond du lit actuel sont réelles, tout comme la présence de flottants

(troncs d'arbres principalement) lors d'épisodes de crues. Des sapements de berges sont alors envisageables mais à une fréquence moins importantes (S_{3-4}). Une portion de la rive gauche, située au début du méandre des Iles d'en Bas, n'est pas concernée par ce problème du fait de l'existence d'un point dur naturel à cet endroit (escarpement rocheux).

Le reste du secteur est lui principalement concerné par le phénomène inondation (voir carte p34). Différents points de débordements ont été recensés :

- Le pont de Bonnecine : Les événements du printemps 1992 et de mars 2001 confirment la submersion des terrains en rive droite et d'une partie de la RD 925. Ces événements ont eu lieu alors que le Doron de Beaufort ne faisait pas l'objet d'une crue importante d'où le choix d'avoir retenu un phénomène potentiellement plus intense (I_{3-4} et $I_{1-6/3-4}$). Pour la rive gauche, le sommet de la digue construite à l'aval du pont se trouve à peu près à la même hauteur que ce même pont. En tenant compte de cette digue, le risque d'inondation est légèrement accru puisqu'elle limite le retour des eaux vers le lit mineur du Doron de Beaufort (I_{3-4}^{2-4}).
- Au niveau des Iles d'en bas : La géomorphologie des Iles d'en Bas laisse à penser que ce secteur était concerné par l'écoulement du Doron de Beaufort au préalable. Une crue centennale voir cinquantennale du Doron de Beaufort pourrait très bien de nouveau emprunter l'ancien chenal d'écoulement et submerger les terrasses alluviales attenantes. En effet, étant donné la faible hauteur des berges rencontrées (moins de 2m) au niveau des potentiels points de débordement, le risque d'inondations reste envisageable ($I_{2-4/3-3}$ et I_{2-4}).





Secteur : Chef-lieu

Présentation du site:

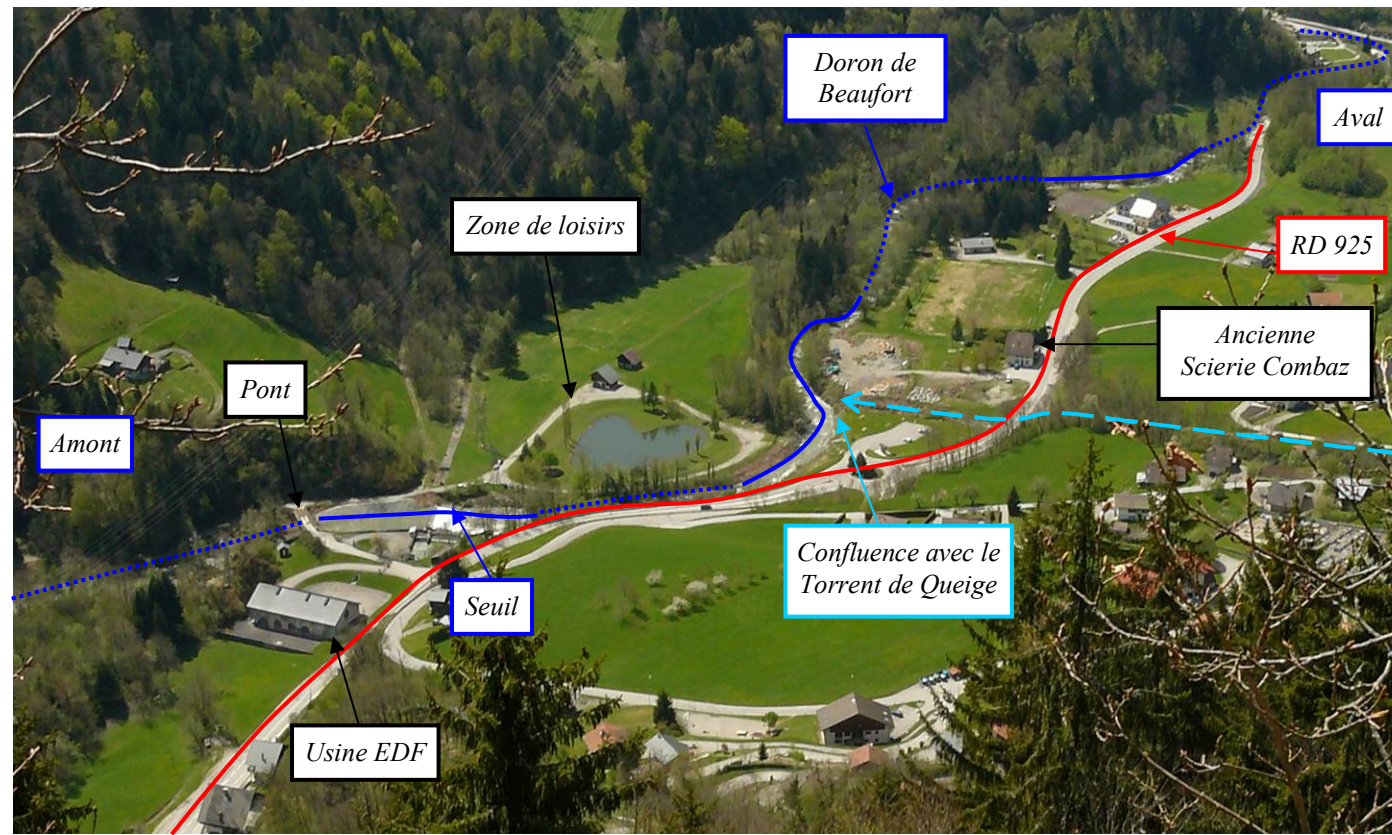


Photo n°26 : Vue globale sur le Doron de Beaufort au niveau du Chef lieu de Queige

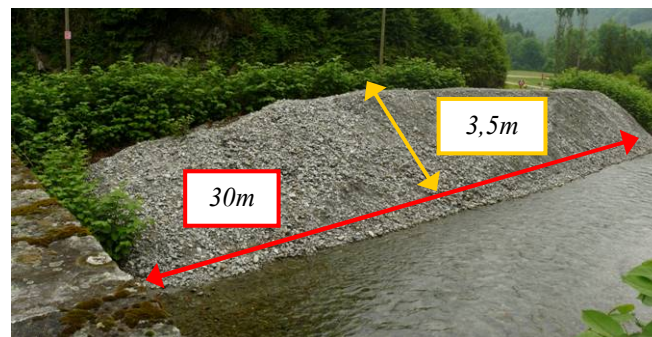


Photo n°27 : Gravats entreposés en rive gauche juste à l'amont de la prise d'eau EDF

Sur l'ensemble de cette zone, le tracé du lit mineur (largeur comprise entre 10 et 15 m) montre une certaine sinuosité (voir photo n°26). Différents niveaux de terrasses alluviales sont assez aisément distinguables montrant ainsi l'activité ancienne du Doron de Beaufort sur le plan géomorphologique. Les plus basses sont occupées par une ripisylve relativement dense.

En terme de dynamique, le Doron de Beaufort semble subir dans ce secteur un exhaussement de son lit mineur. En effet, la présence d'environ 150 m³ de gravats issu d'un curage de l'EDF (voir photo n°27) montre un engrèvement progressif mais relativement important du lit dû au seuil situé juste à l'amont d'une prise d'eau EDF.

Il est nécessaire de rappeler, d'amont en aval, certains éléments qui disposent d'une influence notable sur le comportement du Doron de Beaufort :

- Un pont enjambe le Doron de Beaufort au niveau de l'usine EDF (longueur ≈ 20m ; largeur ≈ 4m ; hauteur ≈ 4,50m). Le tirant d'air maximum est de 2,5m mais la section de passage se présente sous la forme d'un arc de cercle. Par conséquent, la section d'écoulement du pont représente approximativement 40m².
- Un seuil artificiel (longueur ≈ 20m ; largeur ≈ 4m ; hauteur ≈ 2m) a été installé juste en aval de la prise d'eau EDF et du pont enjambant le Doron.
- La confluence entre le Doron de Beaufort et le torrent de Queige constitue un élément hydraulique majeur de part les aménagements réalisés et leurs impacts sur des crues du Doron de Beaufort.

Historique des évènements marquants :

- **15 septembre 1940** : Crue du Doron de Beaufort (débit estimé à 200-250 m³/s) conjuguée avec de nombreux éboulements et la fonte des neiges entraînant la coupure de nombreux tronçons de la route départementale. L'usine EDF du Chef Lieu de Queige est envahie par 1m d'eau malgré des murs déjà existants. La scierie Combaz est également envahie par les eaux.

Protections existantes :

Artificielles :

Nature :

- Mur de protection (béton) en amont de l'usine EDF : longueur ≈ 50m ; largeur ≈ 0.5m à 1 m ; hauteur ≈ 2m
- Mur de protection (béton) en rive droite avant le pont : longueur ≈ 20m ; largeur ≈ 0.5m ; hauteur ≈ 4m
- Mur de protection (béton) en rive droite après le pont : longueur ≈ 40m ; largeur ≈ 0.5m ; hauteur ≈ 2.5m puis 1.5m
- Risberme submersible en rive gauche pour protéger la zone de loisirs : longueur ≈ 140m ; largeur ≈ 20 à 30m ; hauteur ≈ 2.5m
- Mur de protection (enrochement lié) en rive droite (en face de la zone de loisirs) sous la RD 925 : longueur ≈ 80m ; largeur ≈ 0.6m ; hauteur ≈ 4.5m
- Deux linéaires d'enrochement sec de part et d'autre de la confluence avec le ruisseau de Queige : longueur ≈ 2*20m ; largeur ≈ 1m ; hauteur ≈ 1.5m
- Enrochement sec en aval des terrains de tennis : longueur ≈ 30 m ; largeur ≈ 0.6m ; hauteur ≈ 1.5m

Efficacité :

- Les différents murs en béton entourant l'usine EDF : Ils sont en assez bon état mais leur dimensionnement et leur conception n'apparaît pas complètement adapté pour une crue d'ordre centennale (débordements envisageables).
- L'ensemble des enrochements sec : Ces ouvrages sont dans un état médiocre (voir photo n°28). Les berges restent exposées au risque de sapement de berge.
- La risberme submersible et le mur en enrochement lié : Ces deux ouvrages répondent parfaitement à leur fonction dans leur état actuel.

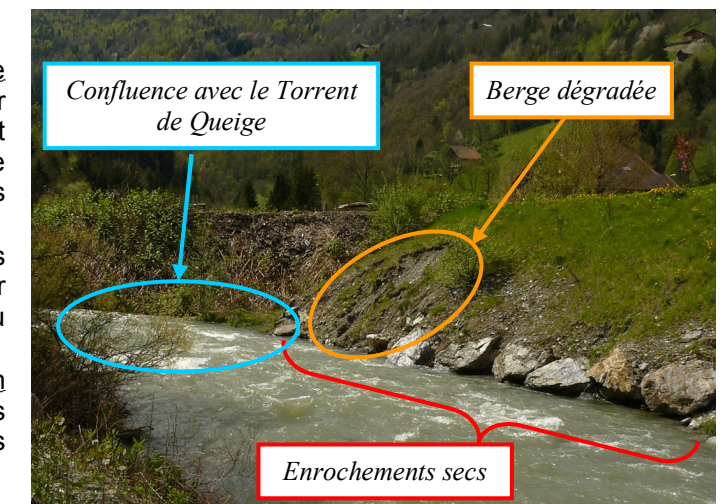


Photo n°28 : Vue sur une partie des enrochements secs situés à la confluence avec le Torrent de Queige

Phénomène de référence :

Tout comme précédemment, le lit mineur du Doron de Beaufort (voir carte p37) a été classé dans le domaine des crues torrentielles (C_{3-6}). Les risques d'érosions et de divagations latérales sont importants. De ce fait, les berges du lit mineur sont soumises au phénomène de sapement de berges (S_{3-4}). Les portions disposant d'ouvrage de protection sont plus ou moins bien protégées étant donné l'état de certains de ces ouvrages (S_{3-3}^{3-4} et S_0^{3-4}).

Afin d'établir le zonage des secteurs inondables, nous avons tenu compte des diverses études réalisées sur le secteur, des différents niveaux de terrasses existants, des données historiques de la crue de 1940, des calculs hydrauliques effectués et des points particuliers pouvant perturber l'écoulement d'une crue du Doron de Beaufort. Il a donc été retenu comme points de débordement majeurs et comme zones d'expansion les secteurs suivants (voir carte p38) :

- Le pont enjambant le Doron de Beaufort au niveau de l'usine EDF dispose actuellement d'une section bien trop faible pour permettre l'écoulement d'une crue cinquantennale. Ce phénomène est d'autant plus renforcé que le seuil présent juste à l'aval accentue l'engrèvement du lit dans ce secteur et donc par la même la

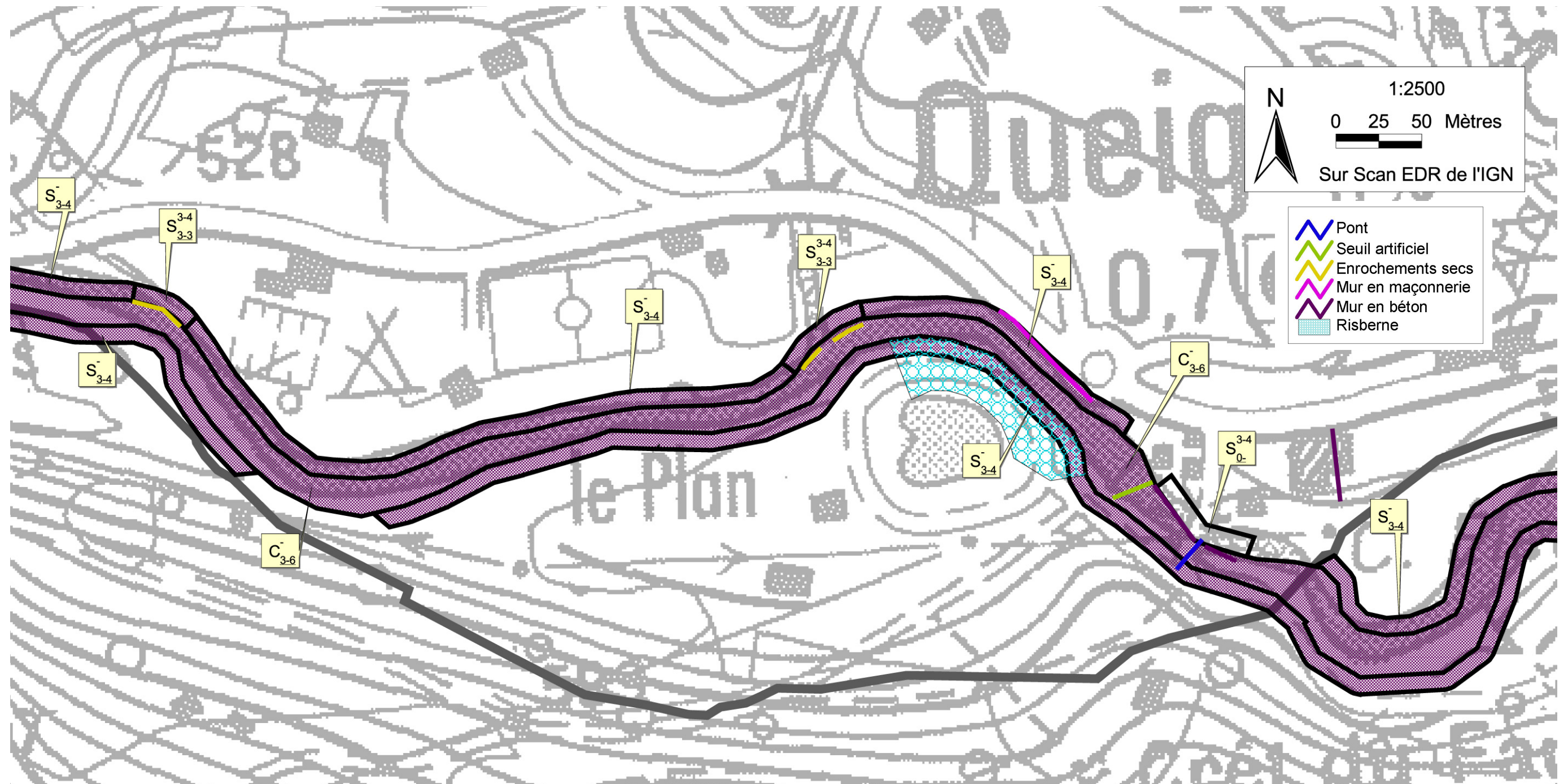
section d'écoulement du pont. Des débordements en rive gauche rejoindraient ainsi le plan d'eau puis les terrasses inférieures boisées (I_{3-4}). L'usine EDF n'est pas à l'abri d'une nouvelle inondation. La mise en charge rapide et importante du pont favorise en effet des débordements par-dessus le mur de protection en béton étant donné que le sommet de celui-ci se trouve plus bas que le pont (I_{2-3}^{3-3}). La terrasse supérieure située en rive gauche ferait également l'objet d'une forte inondation en cas de crue centennale ($I_{2-4/3-3}$).

- La zone de confluence avec le Torrent de Queige a fait l'objet de remblais importants qui garantissent en partie la sécurité de l'ancienne scierie Combaz. L'extension maximum envisagée pour une crue centennale est grossièrement délimitée par la RD 925. Le terrain de football, une partie du camping municipal et l'extension récente de l'ancienne station service sont exposés à des crues cinquantennales d'intensités moyennes ($I_{2-4/3-3}$). De possibles débordements sont également envisageables au niveau de l'ancienne station service ($I_{1-4/2-3}$) du fait d'une topographie peu marquée (pas de limite nette de talus).

Remarques : Lors de la phase de terrain, des dépôts d'objets dans le lit mineur ont été observés (voir photo n°29). Il est important de rappeler que ces objets peuvent être facilement mobilisables lors d'une crue et qu'ils peuvent induire des dégâts non négligeables sur les ouvrages présents à l'aval.



Photo n°29 : Buses entreposées dans le lit mineur du Doron de Beaufort en aval de la confluence avec le Torrent de Queige





Secteur : Zone artisanale des Boléros

Présentation du site:

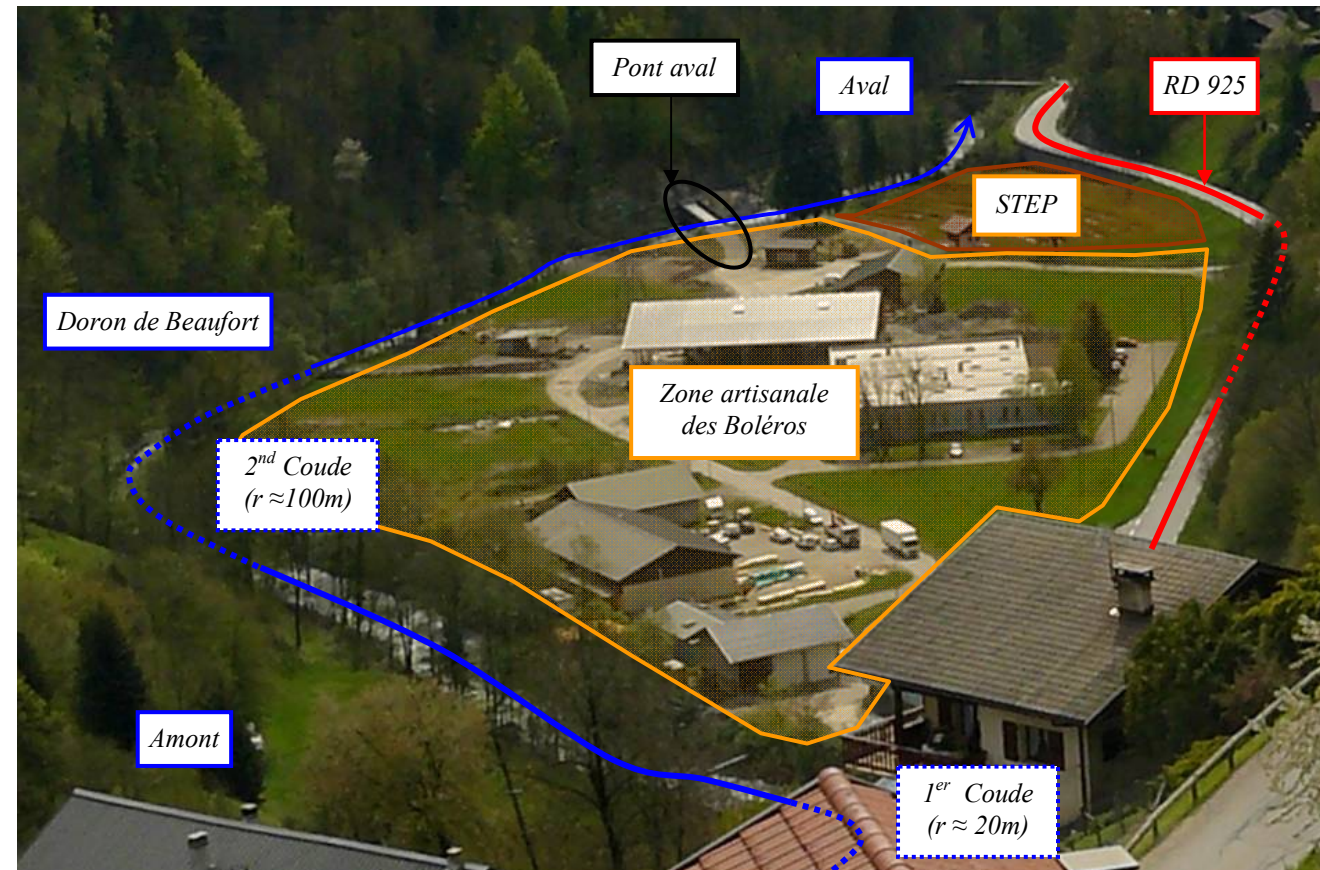


Photo n°30 : Vue globale sur la zone artisanale des Boléros

Le Doron de Beaufort présente deux coudes caractéristiques connectés par des biefs rectilignes (voir photo n°30). Le premier montre une courbure importante (rayon $\approx 20m$) tandis que le deuxième est plus lâche (rayon $\approx 100m$). Les terrasses alluviales sont bien marquées sur le rive gauche du premier coude. La zone artisanale a fait l'objet de remblaiements importants qui ont masqués les éventuelles traces géomorphologiques du Doron de Beaufort. Deux ponts enjambent la rivière dans ce secteur d'étude:

- Le premier pont se trouve dans la partie amont de la zone artisanale (longueur $\approx 22m$; largeur $\approx 3.5m$; hauteur $\approx 3m$). Il présente une étrave sur sa pile centrale. La résistance de ce pont en cas de fortes crues paraît peu évidente d'autant plus que la berge située dans l'extrados du coude n'est protégée au niveau du pont. La section d'écoulement est d'environ $60m^2$.
- Le second se situe au niveau de la STEP (longueur $\approx 24m$; largeur $\approx 3m$; hauteur $\approx 2.5m$). Récemment rénové, les piles de ce pont ont été renforcées par des enrochements. La section d'écoulement est d'environ $40m^2$.

Historique des événements marquants :

Néant

Protections existantes :

Artificielles :

Nature :

- Mur de protection (enrochement lié) en rive droite (avant le pont amont) sous la RD 925 : longueur $\approx 25m$; largeur $\approx 0.5m$; hauteur $\approx 5.5m$

- Mur de protection (béton) en rive gauche du pont amont : longueur $\approx 6m$; largeur $\approx 1m$; hauteur $\approx 3m$
- Etrave (béton) sur la pile centrale du pont amont : longueur $\approx 4m$; largeur $\approx 1m$; hauteur $\approx 3m$
- Enrochement maçonné en rive gauche du pont aval : longueur $\approx 10m$; largeur $\approx 1m$; hauteur $\approx 2m$
- Enrochement sec en rive droite du pont aval : longueur $\approx 12m$; largeur $\approx 1m$; hauteur $\approx 1.5m$

Efficacité :

- Les enrochements récemment fait au niveau du pont aval ainsi que le mur de protection de la RD 925 au niveau du 1^{er} coude paraissent pouvoir remplir leur rôle vis-à-vis du risque de sapement de berge.
- L'étrave du pont aval n'est pas correctement orientée par rapport à l'écoulement d'où une efficacité moyenne de cet ouvrage pour protéger la pile centrale du pont.
- Le mur en béton sur la rive gauche au niveau du pont amont a plus un rôle de soutien mécanique que de protection face à un phénomène de sapement de berge.

Phénomène de référence :

Aucun témoignage n'a pu être recueilli quant à la possible inondation de ce secteur lors de la crue de Septembre 1940. Cependant, par analogie avec la géomorphologie du Doron de Beaufort au niveau du chef lieu, il paraît évident que l'ensemble de la zone artisanale des Boléros présente un risque fort en terme de submersion. Cette analyse a pu être confortée par le biais de calculs hydrauliques sur le logiciel CANAL 9.

Ainsi, les hauteurs et vitesses d'eau estimées au cas de crues centennales sont respectivement supérieures à $50cm$ d'eau et $1m/s$ sur l'ensemble de la zone artisanale. Il est important de noter que ces calculs restent théoriques au niveau de l'approche du phénomène puisqu'ils ne prennent en compte que la phase liquide de l'écoulement. Ainsi, il ne faut pas négliger le rôle défavorable joué par la phase solide (transport par charriage, suspension, saltation...). Il est donc raisonnable de penser que les données chiffrées obtenues par ces calculs se trouvent dans la fourchette basse de l'estimation du risque présent sur ce secteur.

L'intrados du 1^{er} coude est donc directement concerné par une submersion des deux premiers niveaux de terrasses par une crue centennale (I_{3-4} et $I_{2-4/3-3}$). En ce qui concerne la zone artisanale, l'extrémité amont est surélevée par rapport au reste de la zone artisanale. De ce fait, différents niveaux d'inondation sont envisagés selon la hauteur des berges (I_{1-3} et $I_{1-4/2-3}$). La majeure partie de la zone artisanale représente un champ d'expansion situé entre 2 et $2,50m$ au dessus du lit mineur ($I_{2-4/3-3}$). Enfin, de part une section d'écoulement et un tirant d'air trop faible, le pont aval constitue un point de débordement dès la crue quinquennale (I_{3-4}).

En parallèle à l'aléa inondation, les phénomènes de sapements de berges (S_{3-4}) et de charriages torrentiels (C_{3-6}) sont bien sûr présents (voir carte p41).

