



Direction Départementale
Des Territoires de l'Ain
Unité Prévention des Risques
Service urbanisme et risques
23 rue Bourgmayer – CS 90410
01012 Bourg-en-Bresse cedex

Plan de Prévention des Risques Naturels



Juin 2018

Commune de Murs-et-Gélignieux

Etude et cartographie des aléas - Rapport technique -

Cliché page de garde :
Vue depuis le barrage du Rhône

Etabli par :



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

Date du dernier enregistrement	Désignation du document	Numéro de devis	Nombre de pages
18/06/2018	<i>Rapport technique - Etude et cartographie des aléas – commune de Murs-et-Gélignieux</i>	D07-37	43

	Nom Prénom	Fonction
Auteurs	Pierre Dupire	Ingénieur géologue
	David Etcheverry	Ingénieur hydraulicien
Relu et validé	David Binet	Chef du service RTM73

Suivi des versions :

Version	Date	Observations
V0	17/05/2018	Consultation commune
V1	18/06/2018	Version restitution

Table des matières

TABLE DES MATIÈRES	3
I PREAMBULE	4
I.1 Objet.....	4
I.2 Méthodologie	4
II CONTEXTE PHYSIQUE DE LA COMMUNE	5
II.1 Contexte topographique et morphologique.....	5
II.2 Contexte géologique.....	6
II.3 Contextes hydrographique, hydrologique et hydrogéologique	7
II.4 Conséquence sur les risques naturels	7
III ALEAS CHUTES DE BLOCS	9
III.1 Définition.....	9
III.2 Historique et données disponibles.....	9
III.3 Traitements préalables	9
III.4 Observations de terrain	10
III.5 Qualification de l'aléa	14
IV ALEAS GLISSEMENT DE TERRAIN	17
IV.1 Définition.....	17
IV.2 Historique et données disponibles.....	17
IV.3 Traitements préalables	17
IV.4 Observations de terrain	18
IV.5 Qualification de l'aléa	18
V ALEAS CRUES TORRENTIELLES	20
V.1 Définition.....	20
V.2 Historique et données disponibles.....	20
V.3 Observations de terrain : le ruisseau de la Merveille.	20
V.4 Analyse hydrologique	25
V.5 Qualification de l'aléa	29
VI ALEAS DE RUISSELLEMENT	32
VI.1 Définition.....	32
VI.2 Méthodologie appliquée	32
VI.3 Historique et données disponibles.....	32
VI.4 Traitements préalables	33
VI.5 Observations de terrain	33
VI.6 Qualification de l'aléa	39
VII SYNTHÈSE DES ÉVÉNEMENTS HISTORIQUES	41
VIII ANNEXES	42
VIII.1 Annexe 1 : Méthode MEZAP	42

I Préambule

I.1 Objet

La présente étude est réalisée pour le compte de la Direction Départementale des Territoires de l'Ain, dans le cadre de l'élaboration des cartes des aléas de mouvements de terrain et crues torrentielles pour la réalisation des Plan de Préventions des Risques Naturels (PPRN).

Le présent rapport a pour objet de garder une traçabilité des investigations entreprises durant la phase de recueil des données et d'établissement de la carte des aléas.

I.2 Méthodologie

La mission est basée selon les guides en vigueur (guide méthodologique PPRN risque mouvement de terrain, guide méthodologique PPRN risque inondation, et nouveau guide PPRN général de décembre 2016), ainsi que les nouveaux documents en cours de validation DGPR (guide PPR crue torrentielle, actualisation du guide PPR, guide MEZAP, etc.).

Le présent rapport reprend les différentes étapes réalisées :

- 1) Travail d'exploitation des données disponibles : il permet d'aboutir à une synthèse des phénomènes historiques sous forme d'un tableau associé à une carte informative des phénomènes historiques annexée au dossier. Ce travail est un préalable indispensable à toute élaboration de zonage des risques naturels. Il permet en effet de disposer des informations sur l'intensité des phénomènes, leur fréquence, l'étendue et l'atteinte de l'aléa. Cette donnée permet donc de qualifier l'aléa sur des zones où les phénomènes sont avérés et de transposer ce zonage sur d'autres secteurs qui présentent des configurations similaires.

Dans le cadre de cette phase, une réunion de travail a été organisée afin de rassembler toutes les connaissances de terrain sur l'historique des phénomènes naturels connus sur la commune. Elle s'est tenue le 9 février 2018 en mairie de Murs-et-Gélignieux en présence d'Yves JACOB (maire), Alain GIRARD (responsable d'unité ONF) et David ETCHEVERRY (ONF-RTM).

- 2) Traitements préalables sur SIG : ils permettent d'orienter l'expert dans son zonage en mettant en exergue des susceptibilités aux phénomènes.
- 3) Observations de terrain : décrites et illustrées dans ce rapport, elles apportent une expertise complémentaire par approche dite « géomorphologique ». Le travail de terrain consiste à repérer des indices, voire des traces de phénomènes, dans le but d'identifier des terrains disposant de prédispositions à la survenance des aléas étudiés. Ce travail permet d'argumenter sur le choix des scénarios de références.
- 4) Application des grilles de qualification des aléas par type de phénomène : ces grilles sont détaillées dans le présent rapport.

II Contexte physique de la commune

II.1 Contexte topographique et morphologique

La commune de Murs-et-Gélignieux s'étend sur 6,46 km². Le territoire s'étage entre 210 m au niveau du Rhône et 460 m au niveau de la forêt de Tessonnières.

Il est délimité au Sud par le Rhône, et au Nord par les reliefs du Jura. Le canal du Rhône et le bassin de loisir, divisent la commune en deux parties avec au Nord le chef-lieu et les divers hameaux implantés dans la plaine du Rhône, et au Sud-Ouest le secteur du Cuchet sur le flanc Nord-Est du Mont de Cordon.

L'orientation générale des entités géographiques est Est/Ouest selon le Rhône et Nord/Sud selon les reliefs.

La carte suivante permet de donner une relation entre les pentes observées et l'occupation du sol. Les parties urbanisées et les zones agricoles sont relativement plates (<10°) et se retrouvent majoritairement dans la plaine du Rhône.

Les inclinaisons supérieures à 45° correspondent à des falaises qui sont des zones de dépôts potentiels de blocs et de pierres. Les portions de versant pentées aux alentours de 35° correspondent à des éboulis qui sont relativement boisés.

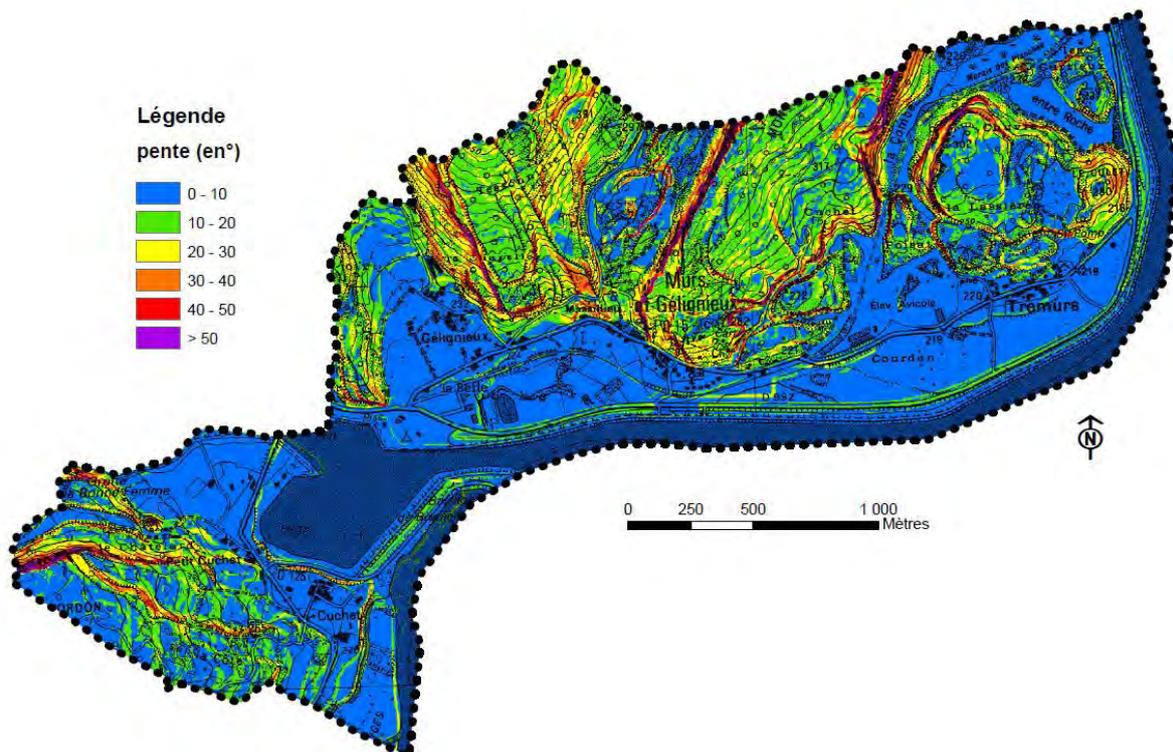


Figure 1 : carte des pentes

II.2 Contexte géologique

La commune se localise dans l'unité géographique dite du « Bas Bugey » qui fait partie du Jura méridional, correspondant à la zone plissée du Jura externe.

Il se caractérise par un faisceau de plis avec des anticlinaux en relief et des synclinaux en creux. Ce sont des structures resserrées, souvent tronquées par des accidents de même direction qui créent une ligne de relief.

Sur la partie au Nord du Rhône, le relief est entaillé par La Merveille dans un synclinal entièrement rocheux dont le cœur est constitué de calcaires massifs du Jurassique supérieur et les deux crêtes bordières en calcaires marneux du Berriasien-Valanginien.

Les zones de parois rocheuses, au contact entre ces deux formations, se composent de calcaires fins également marneux du Portlandien – Berriasien.

Ce même enchevêtrement constitue le secteur de Cuchet sur le Mont de Cordon avec des calcaires massifs du Jurassique en base, affleurant au Nord-Ouest. Des barres rocheuses de calcaires fins et les calcaires marneux qui viennent recouvrir le tout jusqu'en bordure du Rhône à l'Est.

Notons un décrochement le long de la vallée d'Izieu dans laquelle la combe a été tapissée de moraines argileuses à galets et blocs localement mêlés d'alluvions (partie basse).

Les séries calcaires ont donné naissance au cours du temps à des éboulis, qui recouvrent aujourd'hui la partie basse des versants. Ces matériaux sont recouverts jusqu'en pied de falaise d'une végétation relativement dense.

La plaine du Rhône est tapissée d'alluvions d'origine fluviale post-würmiennes et récentes. Ces formations sont composées d'éléments caractérisés par une granulométrie particulièrement étendue.

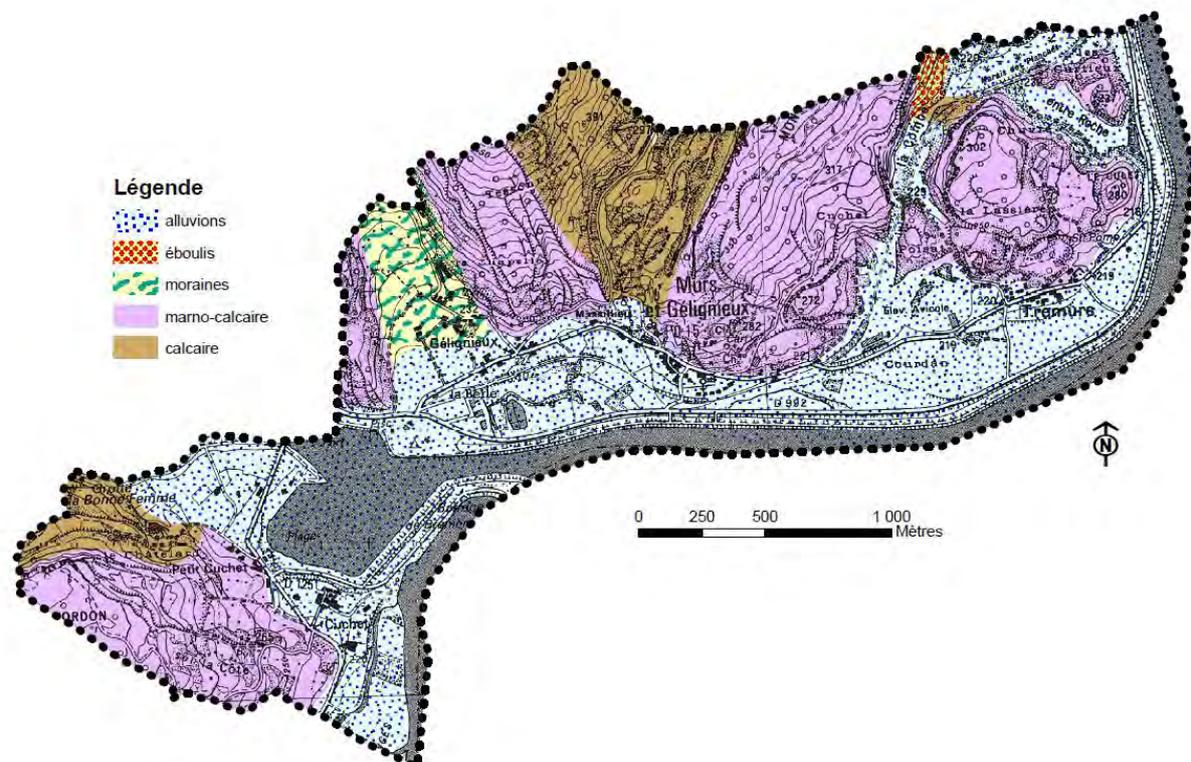


Figure 2 : carte géologique simplifiée

II.3 Contextes hydrographique, hydrologique et hydrogéologique

NB : le contexte hydrologique sera abordé plus en détail au paragraphe dédié aux crues torrentielles.

Conformément au cahier des charges, le risque d'inondation par le Rhône n'est pas abordé dans le présent dossier.

En dehors du Rhône, le ruisseau de la Merveille constitue la principale unité hydrographique de la commune. La description du cours d'eau sera détaillée plus tard.

Les versants peuvent être le siège de ruissellements dans des axes d'écoulements préférentiels. L'étendue des bassins étant toutefois très restreinte, les phénomènes restent très ponctuels.

Les dépôts alluvionnaires peuvent drainer des circulations d'eau au contact entre les passées drainantes grossières (blocs galets) et les passées plus fines intercalaires. La concentration de plusieurs de ces cheminements d'eau peut constituer parfois un réservoir aquifère notamment en ce qui concerne les ravins qui se « perdent » en pied de versant. La combe entre Izieu et Gélignieux en est un très bon exemple.

Plusieurs sources sont mentionnées dans la « *BDtopo* » de l'IGN. En revanche il est difficile de différencier leur origine et de définir leur bassin d'alimentation.

Le secteur d'étude est connu pour sa particularité karstique qui engendre inévitablement des écoulements souterrains difficiles à appréhender en l'absence d'étude spécifique.

II.4 Conséquence sur les risques naturels

II.4.1 Concernant les glissements

Les formations géologiques ont été regroupées en fonction de leur faciès et de leur comportement géomécanique probable en vue de leur associer un critère de susceptibilité au glissement de terrain.

Ainsi :

- Les alluvions sont des formations frottantes peu sensibles. Les glissements de terrain y sont très peu probables compte tenu des pentes très faibles et de la nature graveleuse des matériaux ;
- Les moraines sont des formations plus ou moins graveleuses, à matrice souvent argileuse et d'épaisseur parfois importante. En présence d'eau surtout, ces matériaux peuvent générer des glissements.
- Les versants de calcaires connaissent pas ou peu de glissement sauf lorsqu'ils affectent la couche de colluvions généralement peu épaisse recouvrant localement le substratum calcaire.

II.4.2 Concernant les chutes de blocs

Les zones situées sur des pentes supérieures à 45° sont vraisemblablement des zones potentielles de départ. Celles comprises entre 35 et 45° peuvent être à l'origine de remise en mouvement de matériaux déjà éboulés.

La structure du massif rocheux, la présence de plusieurs plans de discontinuités et leurs orientations constituent des paramètres prépondérants de prédisposition naturelle aux instabilités. Le phénomène de gélifraction représente le principal facteur d'évolution des séries calcaires constituant les falaises. En effet, dans une région caractérisée par des saisons hivernales relativement vigoureuses, l'alternance des cycles gel/dégel se développant dans

les fissures de la roche, contribue fortement à l'érosion du massif par fragmentation. Ce phénomène, renforcé par les pressions hydrostatiques (dus à la pluviométrie) qui se développent au contact des surfaces de discontinuité, conduit à une évolution relativement lente des falaises. Indépendamment de cette vitesse, ce processus d'altération est cependant inexorable. Il se traduit progressivement par le découpage d'écailles ou de prismes rocheux dont le volume est variable, mais peut être très important.

Suite à cette phase d'évolution plus ou moins longue, correspondant donc à une ouverture des surfaces de discontinuité et qui conduit l'élément rocheux à un état d'équilibre limite, on observe une accélération qui mène rapidement à la rupture. La rapidité de cette phase terminale avant la chute de l'édifice instable, explique que ce type de phénomène naturel soit difficilement prévisible.

II.4.3 Concernant les phénomènes hydrauliques

Différents processus interviennent dans la formation des crues torrentielles : l'augmentation des débits (hauteur et vitesse des eaux) mais également le transport solide. Cette alimentation se fait par charriage des matériaux présents dans le lit et sur les berges. Ces transports solides peuvent également être alimentés par des arbres, bois morts et flottants en tout genre.

Les terrains sensibles à l'érosion sont donc particulièrement propices au développement de crues torrentielles.

Des terrains sont localement sensibles à l'érosion et peuvent engendrer du charriage en crue. La composante topographique joue alors un rôle important : des replats peuvent par exemple jouer un rôle de stockage et/ou de régulation du transport solide. Par ailleurs, de par l'important couvert forestier des versants et des berges, la probabilité de transport de bois en crue est forte et engendre des risques d'obstruction d'ouvrages de franchissement (ponts, buses, dalots,...) par embâcles.

La composante solide (matériaux et flottants) sera considérée dans l'analyse des risques de chaque secteur concerné par un aléa ruissellement ou crue torrentielle.

Sur le secteur d'étude, les problématiques de transport solide prépondérant sera lié aux flottants et au risque d'embâcles. Des problèmes d'engravement seront également localement observés mais souvent là où des problèmes liés à des embâcles sont déjà existants (entrée d'ouvrage, lit à faibles gabarit avec berges végétalisées,...). Un engravement derrière embâcles favorisera d'autant plus les débordements.

III Aléas chutes de blocs

III.1 Définition

Chute d'éléments rocheux d'un volume unitaire compris entre quelques décimètres cubes et quelques mètres cubes. Le volume total mobilisé lors d'un épisode donné est limité à quelques centaines de mètres cubes. Au-delà de ces volumes on parle d'éboulement. Il s'agit de phénomènes très rapides à forte cinétique.

III.2 Historique et données disponibles

Sources d'informations consultées :

- Gerisk, 2010, Plan Communal de Sauvegarde.
- Fiche communale et cartes interactives du site www.georisques.gouv.fr
- Commune de Murs-et-Gélignieux. Réunion de travail du 9/02/2018.

Evènements historiques :

Aucun événement n'est signalé sur le territoire

III.3 Traitements préalables

Il est admis qu'une pente supérieure à 45° est constituée d'un substratum rocheux (les sols meubles ne tenant pas sur de telles pentes). Par conséquent toute pente supérieure à 45° est potentiellement composée d'affleurements rocheux pouvant libérer des blocs.

Un premier traitement a donc consisté à mettre en avant les portions de versants disposant de telles pentes (cf. carte ci-contre). Ces secteurs sont potentiellement des zones de départ de blocs qui peuvent être masqués par la végétation par exemple. Ce travail permet, en outre, de localiser des petits affleurements masqués par la végétation qui auraient pu ne pas être aperçus en phase de reconnaissance de terrain.

Les zones de départs ont ensuite été intégrées dans un traitement automatisé à l'aide d'un logiciel de modélisation de chutes de blocs : Rollfree® (développé par l'IRSTEA).

Cette carte constitue un premier niveau d'aide à la décision pour l'expert. Elle est basée sur un traitement numérique automatisé projetant une surface à pente constante, depuis les points en sommets de falaise jusqu'à l'intersection de cette surface virtuelle avec la surface topographique en pied de versant.

Usuellement, l'extension maximale des chutes de blocs ne dépasse pas une pente, mesurée depuis le sommet de falaise, de 30°.

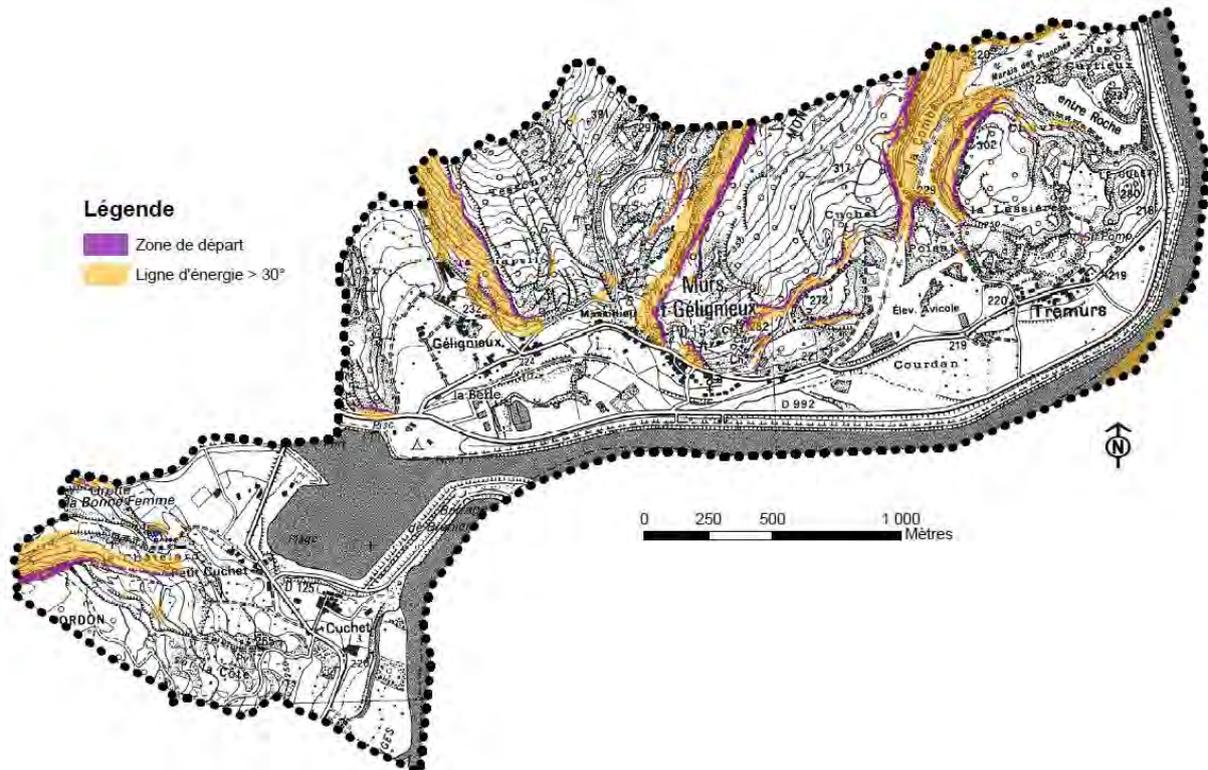


Figure 3 : Carte des zones d'atteintes potentielles de chutes de blocs

Ce travail montre que deux secteurs urbanisés sont exposés aux chutes de blocs : les villages de Gélignieux et de Murs. Sur ces derniers, les enjeux sont relativement diffus. Il ne sera donc pas appliqué de modélisation trajectographique.

III.4 Observations de terrain

Remarque : conformément au cahier des charges, les observations de terrain ont été réalisées à distance ou depuis le pied de falaise, sans reconnaissances en techniques alpines.

III.4.1 2.2.1 Aperçu structural

Les séries calcaires jurassiques présentent une stratification subhorizontale. Par ailleurs, deux familles différentes de fractures affectent le massif rocheux et sont à l'origine de sa structure actuelle. Ces accidents, observés à l'échelle locale, sont conformes aux accidents tectoniques majeurs affectant la chaîne jurassienne :

- fractures principales orientées sensiblement N-NW / S-SE ;
- fractures secondaires orientées sensiblement NE / SW.

Ces plans de discontinuités d'origine tectonique, combinées à la stratification des calcaires, sont directement à l'origine du découpage du massif en compartiments de tailles et de formes diverses, lui conférant un caractère relativement désorganisé.

III.4.2 Secteur de Gélignieux

Le secteur est marqué par un versant rocheux issu du décrochement d'Izieu. La paroi rocheuse forme la partie sommitale du versant et elle s'enfonce dans la plaine du Rhône vers le Sud. Il en résulte une barre dont la hauteur varie entre 5 et 20 m.

Notons la présence d'une falaise intermédiaire à mi-pente de configuration semblable. Entre les deux, le versant marque un replat considérable.

La stratigraphie sub-horizontale est favorable à la formation de surplombs lorsque des couches au faciès plus marneux se sous-cavent en base. L'épaisseur des bancs stratigraphiques peut atteindre jusqu'à plusieurs mètres (5 m tout au plus) mais elle est généralement inférieure à 1 m, ce qui tend à donner des masses mobilisables le plus souvent inférieures au m³.



Figure 4 : vue d'ensemble des affleurements dominant Gélignieux

L'ensemble du versant, y compris la crête, est tapissé par une végétation arbustive dont le système racinaire s'avère être un facteur aggravant aux phénomènes de chutes de blocs : les racines s'étendent dans les fissures, font éclater la roche, permettent l'infiltration d'eau, et peuvent jouer un effet levier par ballant lors de conditions ventées.

Notons que la roche est sub-affleurante sur l'ensemble du versant, y compris sur les faibles pentes. Cette configuration donne une forte compacité au sol qui peut alors provoquer d'importants rebonds en phase de propagation.

Un parcours pédestre en pied de versant n'a pas permis de relever des blocs fraîchement éboulés. Des blocs, a priori anciens au regard de leurs patines rocheuse sombres, peuvent s'observer un peu partout. Le volume de ces derniers est de l'ordre du mètre cube pour les plus gros.



Figure 5 : Bloc anciennement éboulé et roche sub-affleurante

Plusieurs masses découpées par un réseau de fractures assez développé ont été repérées sur les parties sommitales. Ces dernières ont un volume unitaire de l'ordre du mètre cube.



Figure 6 : Exemples de compartiment potentiellement mobilisables.

Notons également la possibilité de chutes de pierres isolées provenant de la partie sommitale, soit par altération de la couche rocheuse, soit du fait « d'agents » extérieurs (végétations, passage de gibiers, etc.).

III.4.3 Secteur de Murs

La partie Nord-Est de Murs est dominée par une barre rocheuse bien verticale, haute d'une quinzaine de mètres, de calcaires massifs du Thitonien.

La falaise présente des bancs compacts et peu déstructurés. Ces strates sont parfois entrecoupées par des bancs plus fins et moins massifs entraînant des sous-cavages et donc des surplombs.

Aucun indice d'activité n'a été relevé en paroi : pas de cicatrice d'éboulement passé, pas de bloc éboulé fraîchement éboulé, pas d'écaille fissurée. Cette très faible activité est corroborée par les dires d'une habitante qui réside en pied de falaise depuis une cinquantaine d'années et n'a jamais été témoin de chutes de blocs.

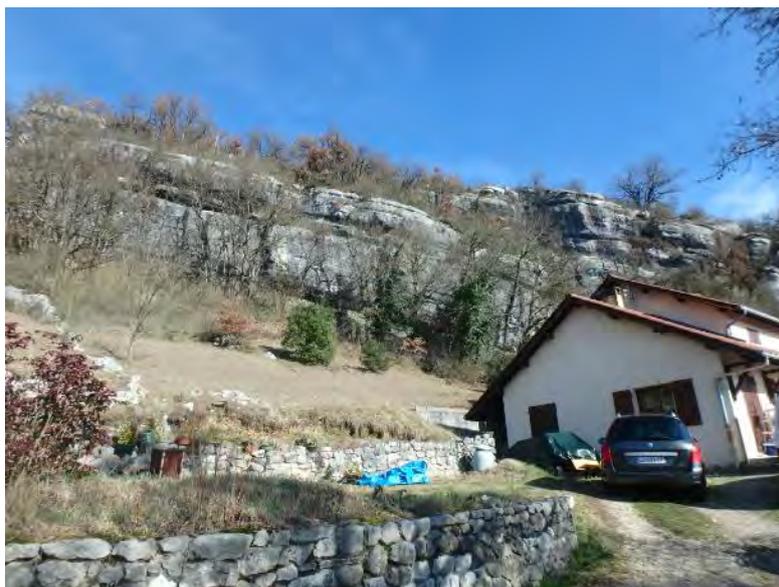


Figure 7 : Falaise au droit d'une habitation de Murs

Notons néanmoins, un bloc anciennement éboulé (date indéterminée, estimation centennale probable) d'environ 3 m³ visible sur le versant lorsqu'on s'éloigne vers le Nord depuis le chemin du Mont Gela. La zone de départ n'est pas clairement visible. Celui-ci provient vraisemblablement d'une rupture de surplomb du pilier situé une trentaine de mètres en amont.



Figure 8 : Bloc anciennement éboulé vers le Nord de Murs

Enfin, lorsqu'on se dirige vers le Sud en direction de la Route de Galletti, la paroi est un peu moins verticale et forme quelques vires sur lesquelles la végétation s'est installée. Plusieurs masses inférieures au ½ m³ semblent disposer d'un équilibre précaire et pourraient se mobiliser.



Figure 9 : Masses pouvant chuter

III.4.4 Autres secteurs

La commune étant constitué quasi exclusivement de formation sub-affleurante, on distingue de nombreuses barres rocheuses qui peuvent donner lieu à des chutes de pierres ou de blocs.

Citons d'Ouest en Est :

- Sur le relief du Mont de Cordon, en limite avec la commune de Brégnier-Cordon, des falaises pouvant libérer des matériaux sur le flanc Nord de la colline ainsi qu'au niveau de la Grotte de la Bonne-Femme. Les enjeux ne sont pas concernés.
- Le prolongement des zones décrites ci-avant : vers le Nord-Ouest de la barre qui domine Gélignieux et vers le Nord-Est de la barre qui domine Murs : zones naturelles.
- Au Nord du croisement de la route de Mortillet et du chemin de la Chartreuse, le talus routier peut provoquer des chutes de blocs. La chaussée formant un replat, les propagations sont piégées par la route.
- Au niveau de la route communale qui monte sur le flanc Est du Mont Gela, on observe plusieurs petites barres rocheuses.
- De part et d'autre La Combe, le Marais des Planches et au Nord de Poisant, ou les falaises peuvent localement atteindre plus de trente mètres de hauteur.
- Enfin, des micros-affleurements sont constatés un peu partout sur le territoire mais ceux-ci sont trop petits pour être cartographiés à l'échelle de référence.

III.5 Qualification de l'aléa

Conformément au guide méthodologique en vigueur, l'aléa chutes de blocs est qualifié par application du guide MEZAP¹.

Cette méthode empirique consiste à croiser l'intensité avec la probabilité d'occurrence qui est elle-même issue d'une matrice interceptant la probabilité d'atteinte avec l'activité.

		<i>Intensité</i>				Eboulement de grande ampleur
		$V \leq 0,25 \text{ m}^3$	$0,25 < V \leq 1 \text{ m}^3$	$1 < V \leq 10 \text{ m}^3$	$V > 10 \text{ m}^3$	
		Faible	Modérée	Elevée	Très élevée	
<i>Probabilité d'occurrence</i>	Faible	Faible (P1)	Moyen (P2)	Fort (P3)	Fort (P3)	Très fort (P3)
	Modérée	Faible (P1)	Moyen (P2)	Fort (P3)	Fort (P3)	Très fort (P3)
	Elevée	Moyen (P2)	Fort (P3)	Fort (P3)	Très fort (P3)	Très fort (P3)
	Très élevée	Fort (P3)	Fort (P3)	Très fort (P3)	Très fort (P3)	Très fort (P3)

Tableau 1: grille de qualification des aléas chutes de blocs en zone non urbanisée

L'intensité est observée sur le terrain (blocométrie). La probabilité d'atteinte est modélisée via le logiciel Rollfree (développement IRSTEA) et validée sur le terrain par mesures aléatoires au clisimètre. L'activité est appréhendée par l'analyse de l'historique et l'observation de blocs éboulés sur le terrain. Le détail de la méthode est donné en annexe 1.

¹ MEZAP : **M**éthode de **Z**onage de l'**A**léa chutes de **P**ierres (guide de référence en matière de cartographie des aléas chutes de blocs pour les cartographies d'urbanisme type PPR)

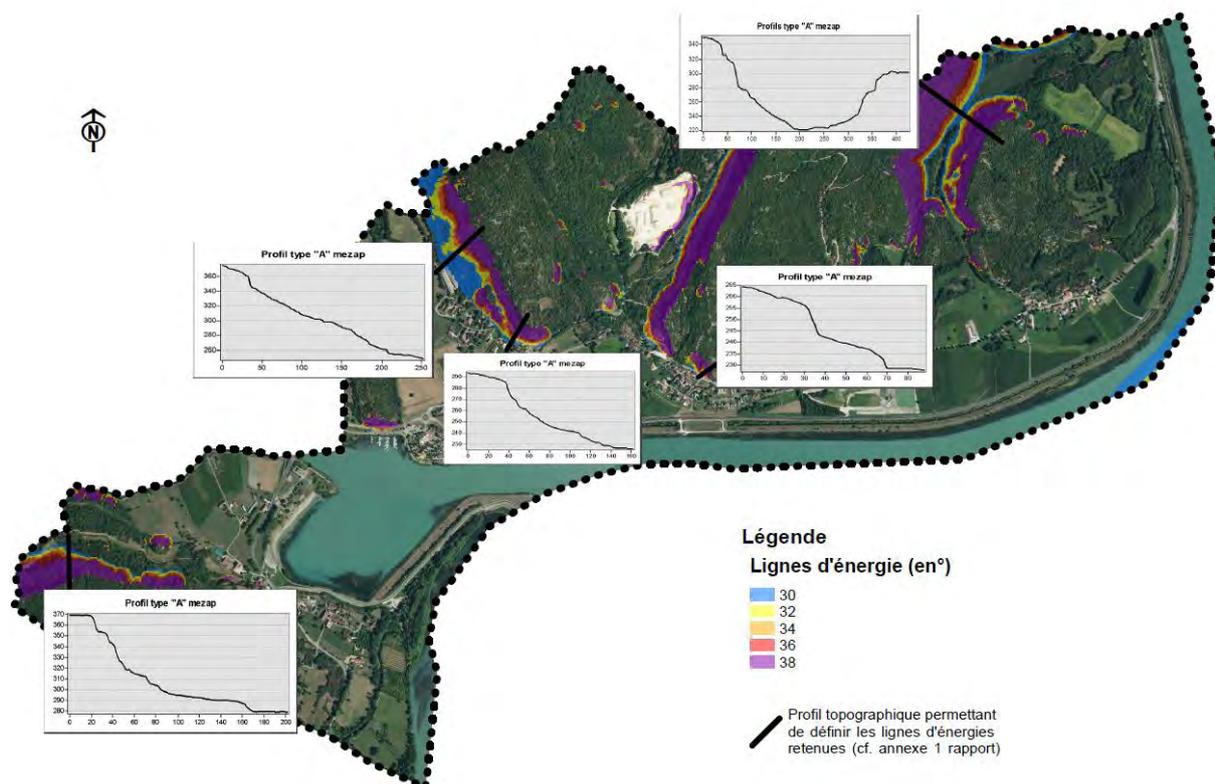


Figure 10 : carte des profils types déterminants les lignes d'énergies retenues

	Intensité	Activité	Probabilité d'atteinte		Probabilité d'occurrence	Aléa résultant
Gélignieux	1<V≤10 m ³ Elevée	Faible	Fort	34°	Elevée	Fort P3
			Moyenne	32°	Modérée	Fort P3
			Faible	30°	Faible	Fort P3
Murs	0,25<V≤1 m ³ Modérée	Faible	Fort	34°	Elevée	Fort P3
			Moyenne	32°	Modérée	Moyen P2
			Faible	30°	Faible	Moyen P2
Mont de Cordon	1<V≤10 m ³ Elevée	Moyen	Fort	34°	Elevée	Fort P3
			Moyenne	32°	Modérée	Fort P3
			Faible	30°	Modérée	Fort P3
Croisement Rte de Mortillet et du chem de la Chartreuse	V≤0,25 m ³ Faible	Moyen	Fort	36°	Très élevée	Fort P3
			Moyenne	34°	Modérée	Moyen P2
			Faible	32°	Modérée	Moyen P2
route d'accès au Mont Gela	V≤0,25 m ³ Faible	Moyen	Fort	36°	Très élevée	Fort P3
			Moyenne	34°	Modérée	Moyen P2
			Faible	32°	Modérée	Moyen P2
La Combe, le Marais des Planches et au Nord de Poisat	1<V≤10 m ³ Elevée	Moyen	Fort	34°	Elevée	Fort P3
			Moyenne	32°	Modérée	Fort P3
			Faible	30°	Modérée	Fort P3
Micros-affleurements	V≤0,25 m ³ Faible	Faible	Fort	34°	Très élevée	Fort P3
			Moyenne	32°	Modérée	Moyen P2
			Faible	30°	Faible	Faible P1

Tableau 2: croisement méthode MEZAP par secteur

Les profils types tirés du MNT informent sur une topographie type « A » selon mezap (cf. annexe 1 et carte de la figure précédente). Il en résulte une extension du zonage d'aléa jusqu'à 30° environ (depuis le sommet de falaise).

L'intensité est le paramètre déterminant dans le classement de l'aléa selon mezap. En effet, dès lors que les blocs mobilisables sont supérieurs à 1 m³, l'aléa sera systématiquement fort.

C'est notamment le cas à Gélignieux où se distinguent plusieurs masses volumineuses pouvant se décrocher. L'aléa est donc fort jusqu'en pied de versant et concerne plusieurs habitations ainsi qu'un bâtiment agricole.

Au niveau de Murs, l'aléa est fort jusqu'à la route communale, puis moyen en aval. L'intensité est modérée (blocs inférieurs au mètre cube) mais la probabilité d'atteinte est forte en amont de la voirie et moyenne à faible en aval. Ici une habitation est donc concernée par l'aléa fort et plusieurs sont en aléa moyen.

Aucun autre enjeu habité n'est concerné par l'aléa chutes de blocs.

Les autres principaux affleurements donnent un aléa fort jusqu'en pied de versant lorsque la blocométrie est élevée. C'est le cas sur le Mont de Cordon, la Combe, le Marais des Planches et au Nord de Poisat.

Les micro-affleurements visibles un peu partout sur la commune du fait d'un substratum proche de la surface, peuvent donner des aléas faibles à forts selon un dégradé correspondant à la probabilité d'atteinte. Il en résulte généralement un aléa fort sur la portion en pente, moyen en pied de versant à la rupture de pente, et parfois faible sur une bande en aval si aucun obstacle topographique ne limite la propagation ou provoque un arrêt rapide (exemple route).

IV Aléas glissement de terrain

IV.1 Définition

Mouvement d'une masse de terrain meuble d'épaisseur variable le long d'une surface de rupture.

L'ampleur du mouvement, sa vitesse et le volume de matériaux mobilisés sont éminemment variables : glissement affectant un versant sur plusieurs mètres (voire plusieurs dizaines de mètres) d'épaisseur, coulée boueuse, fluage d'une pellicule superficielle.

IV.2 Historique et données disponibles

Sources d'informations consultées :

- Commune de Murs-et-Gélignieux. Réunion de travail du 12/02/2018.

Evènements historiques :

Aucun évènement n'est signalé sur le territoire

IV.3 Traitements préalables

Les glissements de terrain sont, en grande partie, conditionnés par la nature géologique des sols, la présence d'eau et la pente.

Sur cette base, une grille de susceptibilités des terrains aux glissements de terrain a été établie sur la base de cas observés et de pratiques courantes. Le croisement est effectué sous SIG des cartes de pentes (cf §. II.1), géologique (cf. §II.2) et hydrologique (cf. § VI.3) sur le même principe que les cartographies à grande échelle du BRGM. Les résultats ont ensuite été adaptés et confrontés à la « réalité terrain ».

Géologie	Conditions hydriques	Pente (en °)					
		0 à 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	> 50
Alluvions	drainées	-	-	-	potentielle	-	-
	humides	-	-	potentielle	potentielle	-	-
Formations de versant (éboulis)	drainées	-	-	potentielle	forte	-	-
	humides	-	potentielle	forte	forte	-	-
Quaternaire argileux (moraine, colluvions, limon)	drainées	-	potentielle	potentielle	forte	forte	-
	humides	potentielle	potentielle	forte	forte	forte	-
Marno-calcaire	drainées	-	-	potentielle	forte	forte	-
	humides	-	potentielle	forte	forte	forte	-
Calcaire	drainées	-	-	potentielle	potentielle	forte	-
	humides	-	potentielle	potentielle	forte	forte	-

Tableau 3 : prédisposition des terrains aux glissements

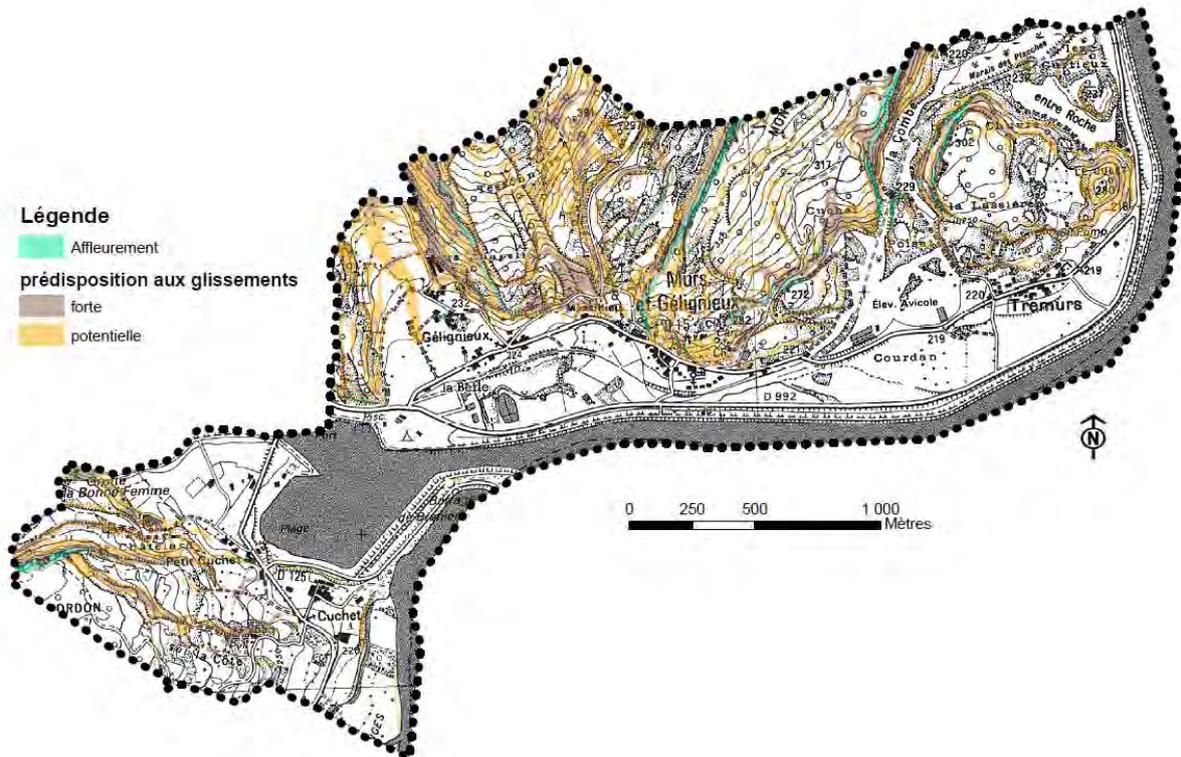


Figure 11 : carte de susceptibilités aux glissements de terrain

IV.4 Observations de terrain

Aucun glissement n'a été observé. Cela tient du fait que sur l'essentiel de la commune, le rocher est sub-affleurant.

Il n'en demeure pas moins que le territoire communal peut connaître des glissements très superficiels et très ponctuels sur la couche d'altération qui recouvre parfois les versants rocheux et les éboulis. C'est d'autant plus possible lorsque les terrains sont gorgés d'eau et en pente.

Par conséquent, tous les versants un peu raides, généralement boisés (témoignant donc d'une couche terreuse) peuvent donc très localement se déstabiliser.

IV.5 Qualification de l'aléa

IV.5.1 Grille appliquée

Le niveau d'aléa est qualifié à partir de la détermination de la probabilité d'occurrence et de l'intensité.

L'intensité est définie par le tableau suivant

Faible	Modérée	Élevée	Très élevée
Dommages limités, non structurels, sur un bâti standard	Dommages structurels au bâti standard. Pas de dommages au bâti adapté à l'aléa	Destruction du bâti standard. Dommages structurels au bâti adapté à l'aléa moyen.	Destruction du bâti adapté à l'aléa moyen (phénomènes de grande ampleur).

Tableau 4 : Intensité glissement de terrain selon le guide méthodologique PPR montagne

La probabilité d'occurrence est par ailleurs établie selon la logique suivante :

Probabilité d'occurrence	Description
Forte	Glissement actif avec traces de mouvements récents, ou Glissement ancien, ou Glissement potentiel (sans indice), avec facteur hydrologique aggravant reconnu, en situation équivalente à celle d'un glissement constaté, avec une pente supérieure à celle de ce glissement ou à la pente limite de déclenchement dans le même contexte estimée par le chargé d'étude en fonction de son expérience.
Moyenne	Glissement potentiel (sans indice) avec absence de facteur hydrologique aggravant reconnu, en situation équivalente à celle d'un glissement constaté, avec une pente supérieure à celle de ce glissement ou à la pente limite de déclenchement dans le même contexte estimée par le chargé d'étude en fonction de son expérience, ou Glissement potentiel (sans indice), avec facteur hydrologique aggravant reconnu, en situation équivalente à celle d'un glissement constaté, avec une pente légèrement inférieure à celle de ce glissement ou à la pente limite de déclenchement dans le même contexte estimée par le chargé d'étude en fonction de son expérience.
Faible	Glissement potentiel (sans indice), sans facteur hydrologique aggravant reconnu, en situation équivalente à celle d'un glissement constaté, avec une pente légèrement inférieure à celle de ce glissement ou à la pente limite de déclenchement dans le même contexte estimée par le chargé d'étude en fonction de son expérience.

Tableau 5 : Probabilité d'occurrence glissement de terrain selon guide PPR montagne

La qualification de l'aléa est obtenue par application du tableau suivant :

Intensité Probabilité d'occurrence	Faible	Modérée	Élevée	Très élevée
Faible	Faible (G1)	Moyen (G2)	Fort (G3)	Fort (G3)
Moyenne	Moyen (G2)	Fort (G3)	Fort (G3)	Fort (G3)
Forte	Moyen (G2)	Fort (G3)	Fort (G3)	Fort (G3)

Tableau 6 : Aléa glissement de terrain selon guide PPR montagne

IV.5.2 Aléas résultants

Les pentes situées en aval des falaises jusqu'en pied de versant sont potentiellement soumises aux glissements. Il existe des facteurs aggravants tels que le contexte hydrologique (sources et écoulements souterrain) et la pente est relativement marquée (entre 20 et 40°). Ces conditions leur confèrent une probabilité d'occurrence faible.

L'intensité est faible du fait de phénomènes très ponctuels et superficiels (épaisseur inférieure à 1 m).

L'aléa est donc considéré comme faible sur l'ensemble des versants situés sous les falaises.

V Aléas crues torrentielles

V.1 Définition

Crue d'un cours d'eau généralement sur une pente assez marquée, à caractère brutal, qui s'accompagne fréquemment d'un important transport de matériaux, de forte érosion des berges et de divagation possible du lit sur le cône torrentiel. Cas également des parties de cours d'eau de pente moyenne dans la continuité des tronçons à forte pente lorsque le transport solide reste important et que les phénomènes d'érosion ou de divagation sont comparables à ceux des torrents.

Sur la commune de Murs et Gélignieux, le seul cours d'eau référencé et étudié dans ce chapitre est le ruisseau de la Merveille. Sur le PCS de la commune, il est également nommé Le Montgela, nom du massif qui le domine à l'Est.

V.2 Historique et données disponibles

Sources d'informations consultées :

- Site web georisques : 13 février 1990, arrêté de catastrophe naturelle pour inondation et coulée de boues.
- Plan Communal de Sauvegarde de la commune de Murs et Gélignieux :
- Commune de Murs et Gélignieux. Réunion de travail du 09/02/2018, en présence de M. le Maire et de M. Alain COMBAZ (ONF, responsable de l'unité territoriale du secteur géographique comprenant la commune).
- Enquête de terrain : lors de la phase de terrain, des témoignages de riverains ont pu être recueillis. Le cas échéant, les éléments notables sont repris dans la description des observations de terrains.

Evènements historiques :

Secteur	Date	Observation(s)	Source(s)
Massillieu	Février 1990	Trois habitations inondées au niveau du secteur de Massillieu. Arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle pour « inondation et coulée de boue suite aux évènements de février 1990 »	Plan Communal de Sauvegarde

Tableau 7: historique des phénomènes crues torrentielles

Le seul évènement connu serait celui de février 1990. La commune n'avait plus mémoire des dommages cités sur les trois habitations.

V.3 Observations de terrain : le ruisseau de la Merveille.

V.3.1 Le bassin versant de la Merveille

Le bassin versant topographique du ruisseau de la Merveille s'étend sur 4,4 km² et est dominé à l'Est par le Mont Gela et à l'Ouest par la Montagne d'Izieu. L'essentiel de ce bassin versant se situe sur la commune d'Izieu. La Merveille entre sur le territoire communal de Murs-et-Gélignieux en amont de la carrière.



Figure 12 : Bassin versant de la Merveille

Aucun ruisseau n'apparaît sur les versants. La Merveille se forme sur le long plateau menant à Peyrieu, alimentée par de très nombreuses résurgences. Sa pente en long reste alors très faible jusqu'à la carrière de Murs-et-Gélignieux.

A l'aval de la carrière, la pente en long augmente fortement et le fond du lit est formé par une succession de seuils naturels que forme le pavage naturel du lit, qui plus est rigidifié par l'accumulation de tuf, issus des massifs calcaires d'où proviennent les résurgences.

Aussi, les apports en matériaux solides sont estimés faibles à négligeable, même en crue. En revanche, compte tenu du couvert boisé et de la végétation existante, le transport de flottant et la formation d'embâcles restent possibles pour une crue estimée d'occurrence centennale.



Figure 13 : résurgence sur le plateau (à gauche) et lit de la Merveille à l'entrée sur le territoire communal de Murs et Gélignieux (à droite)



Figure 14 Succession de seuils naturels formés de tuf

V.3.2 Traversée du hameau de Massignieu

Présentation générale

Le ruisseau de la Merveille débouche au niveau d'un ancien lavoir sur le hameau de Massillieu. Il franchit un pont en pierre, parcourt quelques mètres à ciel ouvert avant de s'engouffrer dans un tronçon enterré sous des habitations. L'entrée s'effectue via un pont voute sous une dalle béton.



Figure 15 : Deux ouvrages de franchissement à Massignieu

Entre les habitations, deux très courts tronçons sont à ciel ouvert, mais il y a une continuité de la section entre les ouvrages de traversée et donc de leur capacité hydraulique. Aussi, la traversée du pont vouté jusqu'à l'aval de la route départementale peut être considérer couverte.



Figure 16 : Courtes ouvertures sur le tronçon couvert de la Merveille

Le ruisseau retrouve un lit à ciel ouvert à l'aval de la route départementale, qu'il longe sur quelques centaines de mètres le long d'un chenal à faible gabarit hydraulique. Des débordements seraient fréquents vers le champ en rive gauche. Il retrouve ensuite un lit bien canalisé jusqu'à la plaine du Rhône. A noter l'existence d'un ouvrage de franchissement dans la plaine.



Figure 17 : Lit en bordure de la route départementale à l'aval du hameau



Figure 18 : La Merveille dans la plaine

Analyse des risques de débordements

Des profils en travers des ouvrages ont été levés par un géomètre. Le pont en pierre a une capacité hydraulique suffisante en crue centennale et son risque d'obstruction par embâcles

n'est pas jugé probable compte tenu d'un bon entonnement et d'un tirant d'air important. Le paragraphe suivant s'attachera à qualifier et quantifier en termes de débit le scénario de référence.

En revanche, le pont aval (dalle béton) présente une forte probabilité d'obstruction par flottants (tirant d'air de seulement 75 cm). Son obstruction est jugée probable et sera considérée.

Les débordements depuis l'ouvrage de franchissement sont naturellement dirigés vers la rive gauche plus basse (mur de propriété en rive droite), rejoignent la route départementale et s'écoulent vers la droite, dans le sens descendant de la route.



Figure 19 : Direction des débordements depuis l'entrée du passage couvert

La propriété faisant l'angle et celles en face sont alors exposées.



Figure 20 : Direction des débordements à l'arrivée sur la route départementale

A l'aval, les débordements restent bloqués sur la route départementale jusqu'à un point bas où ils peuvent se déverser en rive gauche dans la plaine et retrouver le lit du cours d'eau.

De l'autre côté du muret de la route départementale, le lit à ciel ouvert a un faible gabarit hydraulique. Des débordements et divagations sont possibles dans le champ en rive gauche et seraient même fréquents selon les témoignages recueillis.



Figure 21 : Propagation des débordements sur la route départementale (à gauche) – débordement dans les près (à droite)

V.4 Analyse hydrologique

V.4.1 Préambule : incertitudes sur l'estimation des débits de crue

L'analyse hydrologique a pour objectif de quantifier le débit liquide d'une crue de période de retour centennale. Elle est menée à partir de méthodes classiquement utilisées en hydrologie. Les incertitudes de ces estimations sont nombreuses sur des bassins versants non jaugés (choix des pluies de références, choix du ou des modèles d'estimation, incertitudes des différents modèles utilisés, choix des paramètres pour chaque modèle,...).

Dans un contexte karstique comme celui du secteur d'étude, s'ajoute une autre source majeure d'incertitude : l'influence du karst sur les débits des cours d'eau.

Ces phénomènes karstiques sont encore mal connus. Les cavités souterraines peuvent influencer à la baisse les débits d'étiage et jouer un rôle de régulation pour crues courantes. A l'inverse, pour des scénarios plus rares, la saturation du réseau karstique pourrait augmenter les débits (allongement de la durée de crue et des débits de pointe. Par ailleurs, lorsque les zones souterraines drainées se situent sur les bassins versants des ruisseaux considérés, elles ont tendance à diminuer les débits de surface (rôle d'écèlement de la crue : pointe de crue atténuée mais crue de durée plus étendue. En revanche, dans les cas où des cavités souterraines sont extérieures au bassin versant topographique « de surface », elles constituent une source d'apport supplémentaire et ont donc tendance à augmenter les débits.

Aussi, compte tenu des incertitudes propres aux méthodes hydrologiques classiques, et à l'effet du karst difficilement quantifiable et encore mal connu, les débits de référence présentés sont à considérer avec précaution.

V.4.2 Pluviométrie

Les données de pluie sont issues de la thèse de Djerboua, (2001, *Prédétermination des Pluies et Crues Extrêmes dans les Alpes franco-italiennes Prévion Quantitative des Pluies Journalières par la méthode des analogues (thèse de doctorat). Institut National Polytechnique de Grenoble, Grenoble France.*)

Les postes pluviométriques exploités sont localisés sur la carte ci-dessous. Les données au pas de temps journaliers sont nombreuses sur la région. Les données de pluies sur des durées plus courtes sont plus dispersées géographiquement.

Données de pluie journalière :

Aucun poste pluviométrique n'est présent sur le bassin versant de la Merveille. Une analyse de la répartition spatiale des pluies centennales journalières (Pj100) est présentée sur la figure suivante. Le même exercice a été réalisé pour des pluies journalières de période de retour décennale.

Ces analyses conduisent à retenir les cumuls journaliers de référence suivants :

P_{j10} (mm)	P_{j100} (mm)
80	120

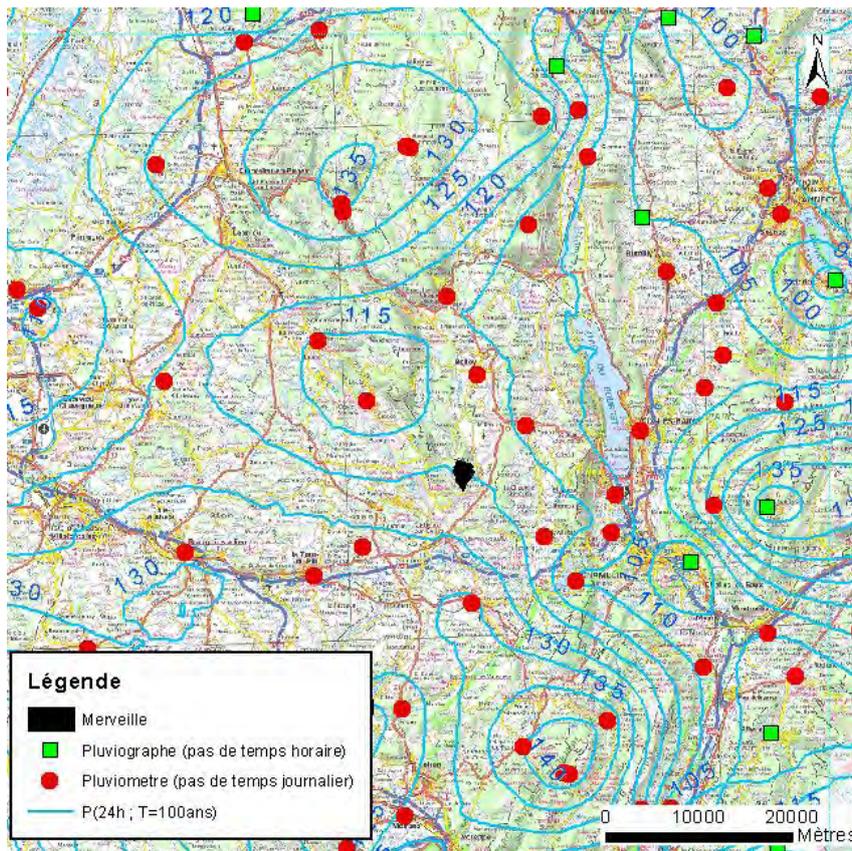


Figure 22 : Répartition spatiale des données pluviométriques

Données de pluie à des pas de temps inférieurs (jusqu'à 1h) :

Comme écrit précédemment et représenté en vert sur la carte précédente, les données de pluies à l'échelle horaire sont plus rares.

Il est considéré que les pluies à pas de temps inférieur à 24h suivent une loi dite de Montana qui s'écrit $P = a \cdot d^{1-b}$, avec d la durée de l'événement pluvieux (h).

Le graphique suivant présente les données aux postes les plus proches et présente la courbe retenue.

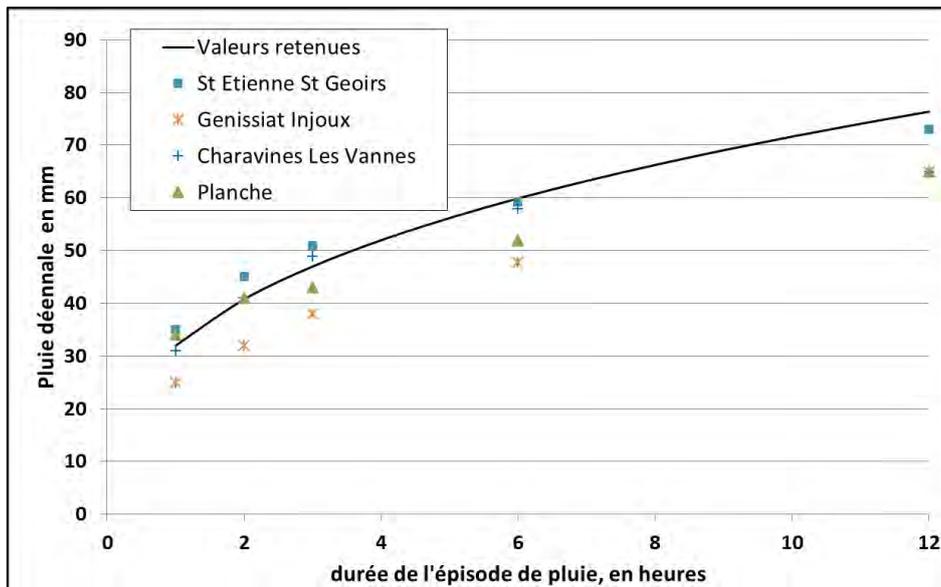


Figure 23 : Ajustement de la loi de Montana

Les paramètres associés à cette courbe, permettant d'estimer une pluie décennale sur une durée entre 1 et 12 h sont les suivants :

- $a_{10} = 32$
- $b_{10} = 0,65$

Pour une période de retour centennale, on retient de la même façon :

- $a_{100} = 45$
- $b_{100} = 0,65$

V.4.3 Variables représentatives du temps de transfert

Le temps de concentration du bassin versant est estimé à partir de différentes méthodes empiriques.

Méthode	Temps de concentration (h)
Kirpich	0,42
Sogreah	0,83
Turraza	1,30
Giandotti	1,23
Izzard Meunier (BV végétalisé)	1,77

En considérant les domaines de validité de chaque formule et les retours d'expérience sur chacune d'elle (tendance à sur ou sous-estimer), on retient l'encadrement probable suivant :

$$1 \text{ h} < t_c < 1,5 \text{ h}$$

V.4.4 Détermination du débit de référence décennal

Application de différentes formulations statistiques

Le bassin versant de la Merveille n'est pas jaugé. L'application de différentes méthodes d'estimation permet d'approcher un débit de référence décennal.

Méthode	Qi10 (m ³ /s)
Régressions multiples (Mathys et Peteuil, 2010) [paramètres : surface drainée]	3,6
Régressions multiples (Mathys et Peteuil, 2010) [paramètres : surface drainée et pluviométrie]	6,5
SOCOSE	3,3
Crupedix	3,3
SCS simplifiée	6,4
Méthode rationnelle (avec coeff. ruissellement=0.15)	4,5

La large gamme des estimations soulignent la grande incertitude liée à ce type d'estimation.

Transposition de bassins versants jaugés (Banque Hydro) :

Le ruisseau du Furans est équipé de deux stations de mesures de débits pour lesquelles les données sont disponibles sur la Banque Hydro. Son bassin versant reste peu éloigné et présente une géologie très proche. Les stations sont les suivantes :

- Le Furans à Pugieu au pont de Martinet :
 - o Exploitée de 1966 à 1983 - référence V1454310
 - o Exploitée de 1984 à 2018 - référence V1454320
- Le Furans à Arbignieu [Pont de Peyzieu] - référence V1464310

Plus éloigné au Nord, mais dans un contexte géologique semblable, le ruisseau du Suran est également équipé de station hydrométrique exploitable dans un contexte comme celui de la Merveille :

- Le Suran à Germagnat – référence V2814050

Stations	Surface du bassin versant (km ²)	Débit décennal instantané (m ³ /s)	Débit pseudo spécifique (m ³ /s/km ^{1,6})
Le Furans à Pugieu entre 1966 et 1983	58	25	0,97
Le Furans à Pugieu entre 1984 et 2018	58	18	0,69
Le Furans à Arbignieu	160	37	0,63
Le Suran à Germagnat	193	62	0,92

Aussi, un débit pseudo-spécifique de 0,7 à 1 m³/s/km^{1,6} est estimé représentatif de ces bassins versants et transposable au ruisseau de la Merveille. En considérant sécuritairement une valeur de 1 m, le débit décennal de la Merveille serait de l'ordre de 4 m³/s.

Synthèse

**Par confrontation des différents résultats, on retient un débit décennal de la Merveille :
Q₁₀ = 4,5 m³/s**

V.4.5 Débit centennial

Compte tenu des grandes incertitudes des estimations de débit de référence sur un bassin versant non jaugé, le débit centennial est estimé par application d'une méthode QdF (Débit durée fréquence) qui s'écrit sous la forme $Q_i(T) = a_{T,R} \cdot Q_i(T = 10)$

Galéa et Prufhomme, 1994, propose trois modèles régionaux. Par exploitation des données de la Banque Hydro aux stations présentées, on estime des ratios Q_{20}/Q_{10} de 1,1 et Q_{50}/Q_{10} de 1,3, ce qui se rapproche du modèle régional dit de Vandanesse, pour lequel l'estimation du débit centennial s'écrit :

$$Q_{100} = 1,762 \cdot Q_{10}$$

Aussi, le débit centennial du ruisseau de la Merveille est estimé à :

$$Q_{100} = 7,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

V.4.6 Scénario de référence

L'évènement de référence retenu est une crue centennale atteignant un débit de pointe de 7,5 m³/s, très peu chargé en matériaux solides mais pouvant transporter des flottants. Pour cet évènement, l'obstruction du passage couvert (voute sous la dalle béton) par embâcle est estimée probable et sera prise en compte dans la qualification de l'aléa.

V.5 Qualification de l'aléa

V.5.1 Méthodologie

La seule zone urbanisée traversée par la Merveille est le hameau de Massillieu. Elle est enterrée. Les risques de débordements sont donc essentiellement liés à la capacité des ouvrages de franchissement. Cette capacité sera évaluée à partir des levés topographiques des sections des ouvrages réalisés dans le cadre de l'étude.

Par ailleurs, en cas de débordements, le secteur à risque reste contraint et les spécificités topographiques du secteur (habitations, trottoir, muret,...) sont déterminantes sur le niveau d'aléa. Un modèle hydraulique ne pourrait les représenter finement, ce qui nécessiterait une validation/adaptation par expertise géomorphologique de terrain.

Pour ces différentes raisons, la qualification de l'aléa est réalisée à dire d'expert par analyse géomorphologique et topographique du site.

V.5.2 Grille de qualification

La qualification de l'aléa sera basée selon la grille de qualification des aléas du projet de guide méthodologique PPR crue torrentielle. Le principe étant que le niveau d'aléa est basé sur un croisement entre niveau d'intensité et probabilité d'atteinte, qu'il convient donc d'abord de définir :

Critère d'intensité	Niveaux d'intensité retenus		
	Fort	Moyen	Faible
Ordre de grandeur des paramètres hydrauliques	La brutalité des débordements ne rend pas possible un déplacement hors de la zone exposée ou jusqu'à une zone refuge. La hauteur d'écoulement ou d'engravement dépasse 1 m.	La brutalité des débordements rend pas possible un déplacement hors de la zone exposée ou jusqu'à une zone refuge. La hauteur d'écoulement ou d'engravement reste inférieure à 1 m.	Les phénomènes sont progressifs et laissent la possibilité d'anticiper pour quitter la zone menacée ou rejoindre une zone refuge La hauteur d'écoulement ou d'engravement reste inférieure à 0,5 m.

		Les affouillements verticaux ont une profondeur supérieure à 1 m. La taille des plus gros sédiments transportés excède 50 cm.	Les affouillements verticaux ont une profondeur qui ne dépasse pas 1 m. La taille des plus gros sédiments transportés n'atteint pas 50 cm.	Les affouillements verticaux ont une profondeur qui ne dépasse pas 0,5 m. La taille des plus gros sédiments transportés n'atteint pas 10 cm.
	Flottants	Les risques d'impact par des flottants de grande taille sont importants	Les risques d'impact par des flottants de grande taille sont modérés.	Les flottants sont de petite taille et ne peuvent pas endommager une façade de maison.
Effets prévisibles sur les enjeux	Espace naturels et agricoles	Des phénomènes d'engravement ou d'érosion de grande ampleur sont prévisibles à cause des divagations du lit du torrent. Ils conduisent à de profonds remaniements des terrains exposés.	Des phénomènes d'engravement ou d'érosion sur les parcelles exposées, mais leur ampleur reste limitée.	Les écoulements prévisibles sont de faible hauteur. Les dépôts peuvent être boueux mais sans matériaux de plus de 10 cm. Les affouillements prévisibles sont faibles.
	Bâtiments	Les contraintes dynamiques imposées par l'écoulement et les matériaux charriés peuvent détruire les bâtiments exposés. La ruine des constructions peut notamment intervenir sur les façades ou par sapement des fondations (les angles des bâtiments étant particulièrement menacés d'affouillement en raison des survitesses induites par la concentration des écoulements).	Les contraintes dynamiques imposées par l'écoulement et les matériaux charriés peuvent endommager gravement les façades non renforcées mais sont insuffisants pour endommager les façades renforcées. Les affouillements prévisibles ne sont pas assez profonds pour entraîner la ruine des constructions normalement fondées.	Les contraintes dynamiques imposées par l'écoulement sont modérées et ne peuvent pas endommager des façades usuelles même non renforcées. Les affouillements prévisibles sont faibles et ne peuvent pas menacer les fondations des bâtiments.
	Infrastructures et ouvrages	Les ponts peuvent être engravés, submergés ou emportés. Les routes ou les équipements (pylônes, captages, etc.) faisant obstacle aux divagations du torrent peuvent être détruites ou ensevelies par les dépôts. Les voies de communication sont impraticables du fait de la perte du tracé. De longs travaux de déblaiement et remise en service sont nécessaires.	Les dégâts aux infrastructures, aux ouvrages et aux équipements (pylône, captage, etc.) restent modérés et leur remise en service peut être rapide.	Les routes peuvent être submergées mais sans endommagement et avec possibilité de remise en service rapide.

Tableau 8: tableau d'intensité crue torrentielle

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

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

Tableau 9: tableau de probabilité d'atteinte crue torrentielle

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

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

Tableau 10: grille de qualification des aléas de crue torrentielle en zone non urbanisée

V.5.3 Aléas résultants

Les débordements de la Merveille suite à l'obstruction probable d'un ouvrage de franchissement expose une propriété et celle en face à un aléa fort : les vitesses d'écoulements et la hauteur d'eau contre les faces amont des bâtiments peuvent être importantes.

En limite aval du secteur d'aléa fort, le niveau d'aléa est considéré moyen sur une propriété compte tenu d'une diminution attendue dans la dynamique des débordements.

Dans la continuité aval des zones d'aléas fort puis moyen, la route départementale est classée en aléa faible jusqu'au point bas où la topographie permet un retour au lit.

Enfin, le champ en rive gauche à l'aval du hameau est exposé à un aléa fort sur l'essentiel de sa surface et moyen en bordure. Il s'agit d'une zone d'expansion possible et avérée de la Merveille en crue.

VI Aléas de ruissellement

VI.1 Définition

Ecoulement et divagation des eaux météoriques en dehors du réseau hydrographique suite à de fortes précipitations. Ce phénomène peut provoquer l'apparition d'érosions localisées (ravinement).

VI.2 Méthodologie appliquée

La méthodologie déployée pour la cartographie de l'aléa ruissellement a été la suivante :

- Collecte d'informations et de connaissances de phénomènes auprès des communes
- Traitement automatisé sur SIG afin de mettre en évidence les axes de ruissellements potentiels
- Reconnaissance de terrains :
 - o Confirmation des axes de ruissellements connus de la commune
 - o Vérification de terrain pour confirmer ou infirmer les axes de ruissellements issus du prétraitement pouvant déboucher sur des secteurs d'enjeux ;
 - o Parcours de toutes les zones urbanisées pour identifier d'éventuels autres axes de ruissellement naturels.
- Zonage de l'aléa pour chaque axe de ruissellement

La connaissance de terrains recueillie (réunion de travail, témoignages de riverains) permet d'avoir une connaissance des phénomènes passés sur quelques décennies. La cartographie de l'aléa dans le cadre de l'élaboration du PPR est réalisée, **à dire d'expert, pour un phénomène de période de retour estimée centennale.**

Sur le territoire du Bas Bugey, nombreux axes de ruissellement sont, au moins pour partie, alimentés par des phénomènes karstiques, encore mal connus. Aussi, une incertitude importante de l'évaluation de l'aléa de référence est liée à la difficulté d'appréhender les débits potentiels pouvant être issus de ces résurgences karstiques, pour une période de retour centennale.

VI.3 Historique et données disponibles

Sources d'informations consultées :

- Commune de Murs-et-Gélignieux. Réunion de travail du 09/02/2018.
- Enquête de terrain : lors de la phase de terrain, des témoignages de riverains ont pu être recueillis. Le cas échéant, les éléments notables sont repris dans la description des observations de terrains.

Evènements historiques :

D'après les renseignements recueillis lors de la réunion de travail, plusieurs secteurs de la commune sont sujets à des problèmes récurrents liés au ruissellement.

Pour autant, aucun historique sur ces secteurs n'est connu plus en détails que dans le tableau ci-dessous.

Date	Observation(s)	Source(s)
Récurrent	Lors de précipitations abondantes, des ruissellements sont observés autour de la propriété et l'humidité pénètre les murs	Réunion de travail en commune
Récurrent	En amont de la propriété, le ruisseau autour été détourné avant la construction de l'habitation (1929), faisant le tour du terrain (cf. tracé actuel). Avant cela, les apports issus du talweg amont se perdaient vraisemblablement dans les champs.	Réunion de travail en commune
Récurrent	Ce secteur a été classé inconstructible par la commune dans la mesure où il reçoit régulièrement des eaux de ruissellement du versant amont.	Réunion de travail en commune

Tableau 11: historique des phénomènes de ruissellement

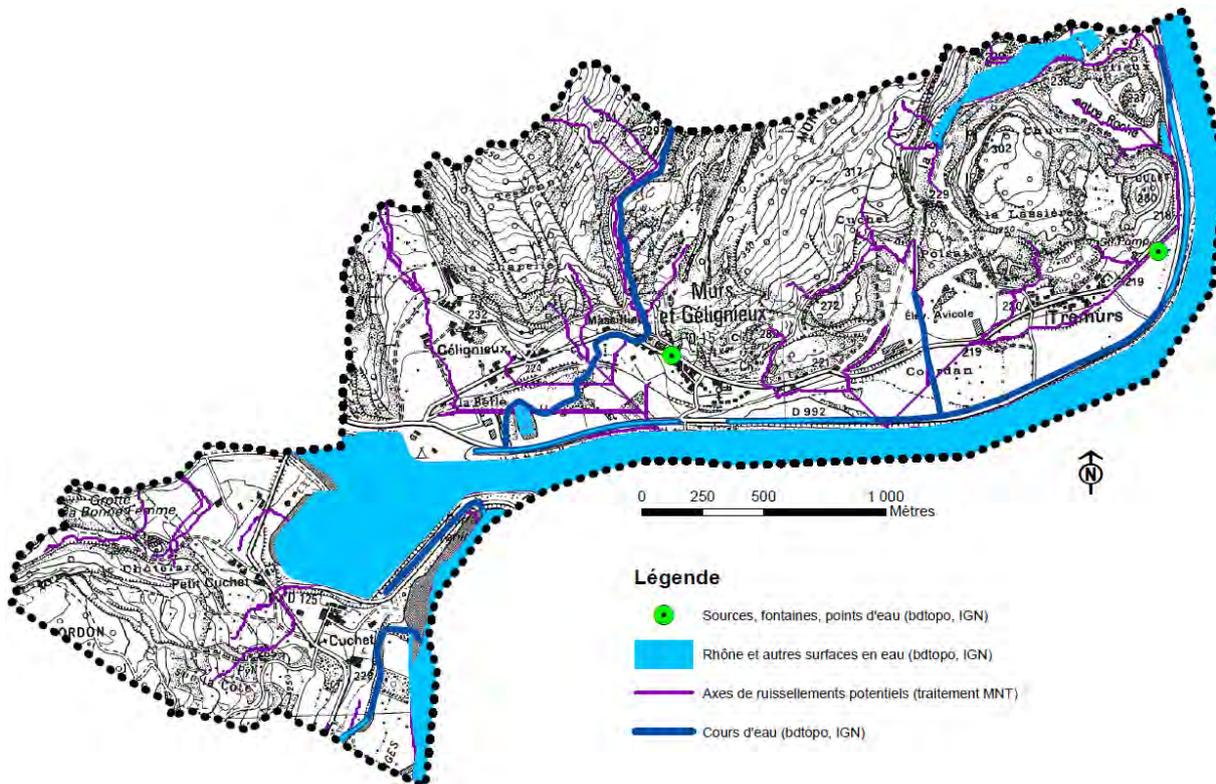
Ces trois secteurs sont identifiés par le traitement préalable présenté au paragraphe suivant. Ils ont fait l'objet d'analyse de terrain détaillée.

VI.4 Traitements préalables

Un traitement numérique a été effectué via les outils « Hydrologie » du logiciel Arcgis qui permettent de modéliser la circulation d'eau à travers une surface. Le principe utilise le modèle numérique de terrain comme entrée (ici le RGE 5m de l'IGN) à partir duquel il est d'abord construit une direction des flux qui définit le sens dans lequel l'eau s'écoule sur chaque cellule du MNT. Cette donnée est ensuite traitée en accumulation de flux pour calculer le nombre de cellules en montée qui s'écoulent à un emplacement.

Le résultat de ce travail donne une carte des écoulements préférentiels notamment des flux de ruissellement.

Remarque : la restitution est assez fidèle à la réalité du terrain dans les zones relativement encaissées, en revanche le traitement s'avère très hasardeux sur les zones de plaine et dans les secteurs où la nature du sol est perméable (alluvion, éboulis, etc.). Ces dernières ont donc été travaillées par analyse du terrain et de l'historique.



VI.5 Observations de terrain

VI.5.1 Secteur Sud – Cuchet

Sur ce secteur, trois axes de ruissellement ont été identifiés sur le versant dominant les hameaux de Cuchet et Petit Cuchet.

Le premier axe, le plus au Sud, concentre les écoulements avant qu'ils ne puissent s'étaler dans un champ et être collectées par la cunette en bordure de route départementale. Aucun lit n'apparaît pour autant marqué.



Figure 25 : Axe de ruissellement naturel Sud sur le secteur de Cuchet

Le second axe ne présente pas non plus de talweg bien marqué mais la topographie suffit à concentrer les eaux en amont d'une habitation située dans l'axe d'écoulement. Il s'agit de l'habitation autour de laquelle la commune a signalé des problèmes récurrents liés au ruissellement. Après avoir atteint la propriété, les eaux la contournent et se déversent dans la cunette en bordure de voirie, voire sur la route départementale.



Figure 26 : Ruissellement en amont de Cuchet

Ces deux premiers axes de ruissellements se rejoignent donc en bordure de route départementale. En cas de ruissellement exceptionnel, l'obstruction ou l'insuffisance de la buse est probable. Les eaux ruisselées emprunteraient alors la route du barrage et se déverseraient dans le lac.



Figure 27 : Possible ruissellement sur la route départementale

Enfin, le troisième axe d'écoulement, non identifié lors du traitement préalable automatique, correspond à un déversement des eaux captées et concentrées à la faveur de la micro-topographie sur le plateau dominant le hameau du Petit Cuchet. Le déversement se produit entre deux habitations puis s'étale dans les champs en bordure de route départementale.



Figure 28 : Déversement d'eaux de ruissellement en amont de Petit Cuchet

VI.5.2 Secteur Sud – Grotte de la Bonne Femme

Sur le secteur de la Grotte de la Bonne Femme, une résurgence d'eau a été identifiée au niveau d'un col topographique situé du côté Sud de la Tour dominant la plaine.

Les eaux de cette résurgence viennent s'ajouter aux eaux de ruissellement et s'écoulent de part et d'autre du col :

- A l'Ouest, le talweg débouche dans les champs et les eaux rejoignent le Rhône en limite communale.
- A l'Est, le ruissellement se répartit entre des terrains enherbés et la piste. Cette dernière peut alors être sujette à érosion. Les eaux s'étalent et s'accumulent dans un champ en point bas.



Figure 29 : Résurgence et axe de ruissellement vers l'Ouest



Figure 30 : Axe de ruissellement vers l'Est et indice de ravinement de la piste au débouché dans la plaine

VI.5.3 Secteur de Gélignieux

En amont du hameau de Gélignieux, une combe draine un petit versant qui s'étend jusqu'au Sud d'Izieu.

Bien que l'écoulement ne soit vraisemblablement pas permanent, un lit d'écoulement reste marqué. Au débouché dans la plaine, le ruisseau aurait naturellement tendance à s'étaler dans les champs. Son cours a été historiquement dévié pour faire le tour d'un terrain privé construit dans l'axe de la combe. Cette déviation aurait au moins 90 ans d'après la date de construction de la maison (1929).

Après avoir contourné la propriété, les eaux retrouvent une cunette le long d'un chemin puis est enterré sous la route départementale et la zone d'activité. Son débouché, non visité, serait dans une zone de lagunage, dans la plaine du Rhône.



Figure 31 : Axe de ruissellement en amont de Gélignieux et débouché dans la plaine



Figure 32 : Axe de ruissellement dévié en amont d'une habitation

Par ailleurs, une sortie de buse a été identifiée en contrebas de la route menant à Izieu. Elle récupère vraisemblablement des eaux de voirie mais également du versant. Ces eaux s'étalent dans les champs et rejoignent, lorsqu'elles ne s'infiltrent pas, l'axe d'écoulement préalablement décrit sur ce même secteur.





Figure 33 : Ruissellement issu d'une résurgence à Gélignieux

VI.5.4 Secteur entre Massillieu et Gélignieu

Ce secteur a fait l'objet d'un signalement par la commune comme étant sujet à des ruissellements récurrents. Il est également ressorti du traitement automatique préalable.

Les terrains agricoles en amont de la route départementale paraissent en effet particulièrement humides. Un regard a également été identifié au milieu de ces terrains, semblant indiquer un possible drainage ou captage de résurgence. Ces indices de terrains étayent la forte susceptibilité au ruissellement. Aucun talweg particulièrement marqué provenant de l'amont n'a pour autant été identifié.



Figure 34 : Présence d'eau et existence d'un regard dans les prés sur le versant

Lors d'épisodes de ruissellement intenses, les eaux de ruissellement se déverseraient sur la route puis vers les terrains à l'aval, rejoignant alors le ruisseau de la Merveille.

VI.5.5 Secteur amont de Trémurs

Le traitement préalable a mis en évidence un axe de ruissellement en amont du hameau de Trémurs.

La route reliant la route départementale au secteur amont de Trémurs porte à juste titre le nom de « Chemin de la Combe ».

En amont du hameau de Trémurs, un talweg naturel débouche dans un champ situé en point bas topographique. En cas de ruissellement intense, ces terrains sont susceptibles d'être

inondés par les eaux de ruissellement voire atteint par d'éventuels matériaux charriés en cas de ruissellements exceptionnels.



Figure 35 : Axe de ruissellement en amont (à gauche) et débouché dans un près (à droite)

VI.6 Qualification de l'aléa

VI.6.1 Grille de qualification

Les aléas de ruissellement sont qualifiés selon la grille suivante :

Aléa	Indice	Critères
Fort	V3	<ul style="list-style-type: none"> Versant en proie à l'érosion généralisée (bad-lands). Exemples : <ul style="list-style-type: none"> - Présence de ravines dans un versant déboisé - Griffes d'érosion avec absence de végétation - Effritement d'une roche schisteuse dans une pente faible - Affleurement sableux ou marneux formant des combes Axes de concentration des eaux de ruissellement, hors torrent Zones d'accumulation des eaux (point bas) : hauteur d'eau supérieure à 1 m
Moyen	V2	<ul style="list-style-type: none"> Zone d'érosion localisée Exemples : <ul style="list-style-type: none"> - Griffes d'érosion avec présence de végétation clairsemée - Ecoulement important d'eau boueuse, suite à une résurgence temporaire Débouchés des combes en V3 (continuité jusqu'à un exutoire) Zones d'accumulation des eaux (point bas) : hauteur d'eau entre 50 cm et 1m
Faible	V1	<ul style="list-style-type: none"> Versant à formation potentielle de ravine Ecoulement d'eau non concentrée, plus ou moins boueuse, sans transport de matériaux grossiers sur les versants et particulièrement en pied de versant.

Tableau 12 : grille de qualification des aléas de ruissellement

VI.6.2 Aléas résultants

De plus, des phénomènes de ruissellement généralisé, de plus faible ampleur, peuvent se développer, notamment en fonction des types d'occupation des sols (pratiques culturales,

terrassements légers, etc.). L'ensemble des versants est potentiellement concerné par ces ruissellements très diffus classés en aléa faible (V1).

Conformément à la grille d'aléa préalablement définie, les tronçons où l'écoulement est concentré dans un talweg ont été classés en V3. Sur ces axes, les vitesses d'écoulement peuvent dépasser le mètre par seconde.

Lorsqu'au débouché de ces talwegs, les pentes sont encore marquées, des secteurs ont pu être classés en aléa V2, afin de prendre en compte des vitesses d'écoulements pouvant encore être élevées avant diffusion du flux.

Enfin, de vastes zones ont été classées en aléa V1 afin de représenter les zones pouvant être atteinte par une diffusion et un étalement de la lame d'eau ruisselée lors d'un épisode exceptionnel estimé d'occurrence centennale. Sur ces secteurs, les vitesses d'écoulements et les hauteurs d'eau resteront faibles, respectivement estimées inférieures à 0,5 m/s et 20 cm.

Aucun enjeu habité ne fait l'objet d'un classement en aléa fort V3.

Deux secteurs habités font l'objet d'un classement en aléa moyen (V2) :

- La face amont de l'habitation dans l'axe principal d'une combe sur le secteur de Cuchet ;
- Une bande entre deux habitations sur le hameau de petit Cuchet, sans que les maisons ne soient concernées.

Enfin, les zones en aléa faible V1 s'approchent de quelques habitations sur le secteur de Gélignieux, sans que celles-ci ne semblent concernées.

VI.6.3 Aléa très faible de ruissellement

Le niveau d'aléa très faible de ruissellement n'est pas cartographié. Il correspond à des hauteurs très faibles de ruissellement (quelques centimètres) pour lesquelles les règles de l'art en matière de construction doivent faire face par principe minimal de précaution.

Pour autant, tout le territoire communal est concerné par cet aléa dès lors que des précipitations sont observées.

Sa non-considération explique notamment la non continuité de certains axes de ruissellement en l'absence de cours d'eau exutoire : le contour d'aléa faible de ruissellement s'arrête lorsque la diffusion du flux est estimée telle que le niveau d'aléa devient très faible.

VII Synthèse des événements historiques

Le tableau suivant synthétise les phénomènes historiques connus de la commune. Ils sont classés chronologiquement et associés à un code (N° Carte) qui renvoie vers l'étiquette de localisation sur la carte des phénomènes historiques jointe au dossier. Le détail des informations est présenté dans les paragraphes précédents.

Secteur	Phénomène	Date	Observation	Source(s)	N° Carte
Massillieu	Crue torrentielle	Février 1990	Trois habitations inondées au niveau du secteur de Massillieu. Arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle pour « inondation et coulée de boue suite aux événements de février 1990 »	Plan Communal de Sauvegarde	1
Petit Cuchet	Ruissellement	Récurrent	Lors de précipitations abondantes, des ruissellements sont observés autour de la propriété et l'humidité pénètre les murs	Commune	2
Propriété isolée à l'Ouest de Gélignieux	Ruissellement	Récurrent	En amont de la propriété, le ruisseau autour été détourné avant la construction de l'habitation (1929), faisant le tour du terrain (cf. tracé actuel). Avant cela, les apports issus du talweg amont se perdaient vraisemblablement dans les champs.	Commune	3
Champs entre chemin de Fontanette et route de Galletti	Ruissellement	Récurrent	Ce secteur a été classé inconstructible par la commune dans la mesure où il reçoit régulièrement des eaux de ruissellement du versant amont.	Commune	4

Tableau 13 : synthèse des phénomènes historiques

VIII Annexes

VIII.1 Annexe 1 : Méthode MEZAP

Cette méthode empirique consiste à croiser l'intensité avec la probabilité d'occurrence qui est elle-même issue d'une matrice interceptant la probabilité d'atteinte avec l'activité.

L'intensité est observée sur le terrain (blocométrie).

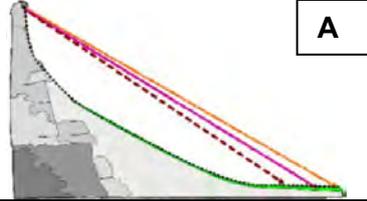
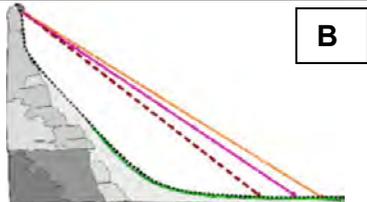
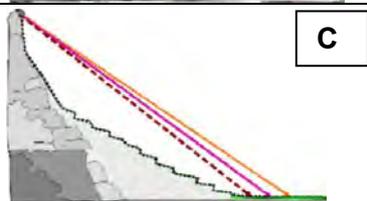
a) Intensité

L'intensité se définit par le volume du bloc de l'aléa de référence. Le niveau d'intensité est fonction des dommages au bâti. Logiquement il devrait donc être fonction de l'énergie à l'impact mais suite aux nombreuses expériences de relevés in-situ, c'est le volume des éléments attendus à l'échelle centennale qui préside à la caractérisation de l'intensité

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

b) Probabilités d'atteinte

La probabilité d'atteinte est déterminée par des plages d'angles de lignes d'énergie. Ces plages peuvent varier en fonction de la topographie du site.

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

c) L'activité

La probabilité de départ des blocs en falaise est très difficile à déterminer. Elle peut s'estimer à partir des traces de départ visibles et du nombre des blocs observés dans la pente, ce qui sera appréhendé lors des reconnaissances de terrain. Les critères utilisés pourront également être liés à l'activité passée de la zone de départ.

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

d) Probabilité d'occurrence

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

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

e) Aléa résultant

L'aléa est obtenu par croisement de la probabilité d'occurrence et de l'intensité par le biais d'une matrice :

		Intensité				Eboulement de grande ampleur
		$V \leq 0,25 \text{ m}^3$	$0,25 < V \leq 1 \text{ m}^3$	$1 < V \leq 10 \text{ m}^3$	$V > 10 \text{ m}^3$	
		Faible	Modérée	Elevée	Très élevée	
Probabilité d'occurrence	Faible	Faible (P1)	Moyen (P2)	Fort (P3)	Fort (P3)	Très fort (P3)
	Modérée	Faible (P1)	Moyen (P2)	Fort (P3)	Fort (P3)	Très fort (P3)
	Elevée	Moyen (P2)	Fort (P3)	Fort (P3)	Très fort (P3)	Très fort (P3)
	Très élevée	Fort (P3)	Fort (P3)	Très fort (P3)	Très fort (P3)	Très fort (P3)