

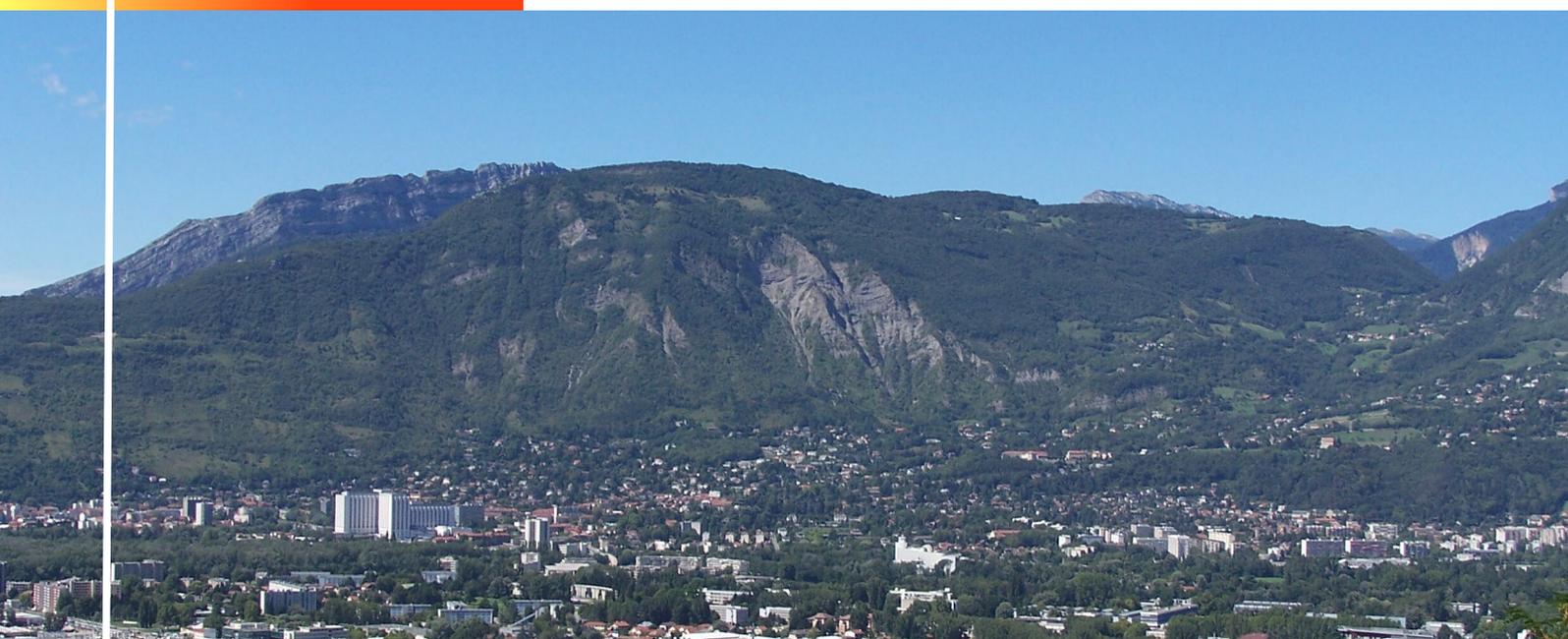
**DOCUMENT  
PROVISOIRE**

# Plan de Prévention des Risques Naturels

(hors inondation de l'Isère)

## Commune de La TRONCHE

### Note de présentation



---

Maître d'ouvrage : DDT de l'Isère

---



---

Référence	Document provisoire	Version	2.1
Date	juin 2018	Édition du	28/04/17

---

**ALP'GEORISQUES – Z.I. – 52, rue du Moirond – Bâtiment Magbel – 38420 DOMENE - FRANCE**  
Tél. : 04-76-77-92-00 Fax : 04-76-77-55-90  
sarl au capital de 18 300 € – Siret : 380 934 216 00025 - Code A.P.E. 7112B  
N° TVA Intracommunautaire : FR 70 380 934 216  
Email : [contact@alpgeorisques.com](mailto:contact@alpgeorisques.com) – Site Internet : <http://www.alpgeorisques.com/>

---



## Identification du document

Projet	Plan de Prévention des Risques Naturels de La Tronche		
Titre	Plan de Prévention des Risques Naturels		
Fichier	Rapport_aleas_La_Tronche-V2-1.odt		
Référence	<i>Document provisoire</i>	Proposition n°	D1401011
Chargé d'études	Tél. 04 76 77 92 00		jeanpierr.rossetti@alpgeorisques.com
	DDT de l'Isère	Boulevard Joseph Vallier – 38100 Grenoble	
Maître d'ouvrage	Référence commande :		XXXXXXXX
	Maître d'œuvre ou AMO		/

## Versions

Version rapport	Date	Version carte	Auteurs	Vérifié par	Modifications
1.0			JPR/DMB/ JP	DMB	

## Diffusion

Diffusion	Support	Pointage	
Commune	Papier		Nombre d'exemplaires :
	Numérique		
DDT	Papier		Nombre d'exemplaires :
	Numérique	<input checked="" type="checkbox"/>	

## Archivage

N° d'archivage (référence)	Document provisoire
Titre	Plan de Prévention des Risques Naturels – Note de présentation
Département	38
Commune(s) concernée(s)	La TRONCHE
Cours d'eau concerné(s)	Charmeyran
Région naturelle	Grésivaudan / Chartreuse
Thème	PPRN
Mots-clefs	PPRN carte aléas La Tronche DDT38



## SOMMAIRE

<b>I.PRÉAMBULE.....</b>	<b>8</b>
<b>II.CONTEXTE LÉGISLATIF ET RÉGLEMENTAIRE.....</b>	<b>8</b>
II.1.Rappel de l'objet du PPRN.....	9
II.2.Prescription du PPRN.....	10
II.3.Approbation et révision du PPRN.....	11
II.4.Contenu du PPRN.....	12
<b>III.PRÉSENTATION DE LA COMMUNE.....</b>	<b>13</b>
III.1.1.Situation.....	13
III.1.2.Le réseau hydrographique.....	14
III.1.3.Contexte géologique.....	14
III.1.4.Contexte économique et humain.....	18
<b>IV.LES PHÉNOMÈNES NATURELS ÉTUDIÉS.....</b>	<b>19</b>
IV.1.Contenu et forme des cartes des phénomènes naturels et des aléas.....	20
IV.2.Sources d'informations.....	21
<b>V.CARTOGRAPHIE INFORMATIVE DES PHÉNOMÈNES NATURELS.....</b>	<b>21</b>
<b>VI.LES ALÉAS.....</b>	<b>21</b>
<b>VII.QUALIFICATION ET CARTOGRAPHIE DES ALÉAS.....</b>	<b>22</b>
VII.1.L'aléa inondation de plaine.....	23
VII.2.L'aléa lié aux crues des ruisseaux torrentiels.....	23
VII.2.1.Définition.....	23
VII.2.2.Principe de qualification de l'aléa.....	23
VII.2.3.Qualification et cartographie de l'aléa de crue torrentielle.....	30
VII.3.L'aléa ruissellement sur versant et ravinement.....	35
VII.3.1.Définition du phénomène.....	35
VII.3.2.Principes de qualification de l'aléa.....	35
VII.3.3.Qualification de l'aléa de ruissellement.....	37
VII.4.L'aléa glissement de terrain.....	41
VII.4.1.Définition du phénomène.....	41
VII.4.2.Principes de qualification de l'aléa.....	42
VII.4.3.Scénarios types sur le territoire.....	45
VII.4.4.Événements historiques et observations de terrain.....	46
VII.4.5.Aménagements et ouvrages.....	69
VII.4.6.L'aléa.....	69
VII.4.7.Problématique des murs de soutènements.....	76
VII.5.Les chutes de pierres et de blocs.....	76
VII.5.1.Définition.....	76
VII.5.2.Principes de qualification de l'aléa.....	76

VII.5.3. Qualification de l'aléa chutes de pierres et de blocs sur la commune.....	83
VII.6. Les effondrements de cavités souterraines et la suffosion.....	90
VII.6.1. Définition des phénomènes.....	90
VII.6.2. Qualification et cartographie de l'aléa d'effondrement et de suffosion.....	90
VII.7. L'aléa avalanche.....	90
VII.7.1. Définition.....	90
VII.7.2. Qualification et cartographie de l'aléa d'avalanche.....	90
<b>VIII. BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>91</b>
<b>IX. ANNEXES.....</b>	<b>92</b>
Principe général.....	94
Angle de trajet / angle géométrique.....	95
Angle d'analyse.....	96
Données bibliographiques et valeurs usuelles.....	97
Limites conceptuelles.....	98
Coefficient de ruissellement.....	101
Propagation des hauteurs ruisselantes.....	102
Principaux résultats pour le scénario de référence.....	112

## **Avertissement**

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

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

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

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

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

# **Plan de Prévention des Risques Naturels de La Tronche**

## **Note de présentation**

### **I. Préambule**

La Direction Départementale des Territoires de l'Isère (DDT 38) est chargée d'instruire la révision du PER de La Tronche, valant PPRN, approuvé le 27 janvier 1989.

La DDT 38 a confié à Alp'Géorisques la réalisation des études techniques nécessaires à cette révision. Ces études visent notamment à établir une nouvelle cartographie des aléas de mouvements de terrain, de crue torrentielle et de ruissellement. Une carte des enjeux de la commune sera également établie. Ces données permettront d'élaborer un plan de zonage réglementaire et un règlement.

Cette note de présentation expose notamment les données utilisées et les méthodologies mises en œuvre pour l'établissement de la cartographie des aléas et des enjeux.

La cartographie a été élaborée à partir de reconnaissances de terrain effectuées par Jimmy Panvert (volets hydrauliques), Didier Mazet-Brachet (glissements de terrain) et Jean-Pierre Rossetti (autres risques et synthèse), et d'une enquête auprès des municipalités et des services déconcentrés de l'État.

### **II. Contexte législatif et réglementaire**

Le Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPRN) de la commune de La Tronche est établi en application de l'article L.562-1 du Code de l'Environnement, modifié par la loi 2003-699 du 30 juillet 2003 (art. 66) relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages. Les articles R.562-1 à R.562-10 du Code de l'Environnement fixent les modalités d'application de ces textes.

## **II.1. Rappel de l'objet du PPRN**

Les objectifs des PPRN sont définis par l'article L. 562-1 du code de l'environnement.

### **Article L. 562-1**

*« I.-L'État élabore et met en application des plans de prévention des risques naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones.*

*II.-Ces plans ont pour objet, en tant que de besoin :*

*1° De délimiter les zones exposées aux risques, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle, notamment afin de ne pas aggraver le risque pour les vies humaines ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles, pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités ;*

*2° De délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1° ;*

*3° De définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;*

*4° De définir, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.*

*III.-La réalisation des mesures prévues aux 3° et 4° du II peut être rendue obligatoire en fonction de la nature et de l'intensité du risque dans un délai de cinq ans, pouvant être réduit en cas d'urgence. À défaut de mise en conformité dans le délai prescrit, le préfet peut, après mise en demeure non suivie d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur.*

*IV.-Les mesures de prévention prévues aux 3° et 4° du II, concernant les terrains boisés, lorsqu'elles imposent des règles de gestion et d'exploitation forestière ou la réalisation de travaux de prévention concernant les espaces boisés mis à la charge des propriétaires et exploitants forestiers, publics ou privés, sont prises conformément aux dispositions du titre II du livre III et du livre IV du code forestier.*

*V.-Les travaux de prévention imposés en application du 4° du II à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme avant l'approbation du plan et mis à la charge des propriétaires, exploitants ou utilisateurs ne peuvent porter que sur des aménagements limités.*

VI. — Les plans de prévention des risques d'inondation sont compatibles ou rendus compatibles avec les dispositions du plan de gestion des risques d'inondation défini à l'article L.566-7.

VII. — Des décrets en Conseil d'État définissent en tant que de besoin les modalités de qualification des aléas et des risques, les règles générales d'interdiction, de limitation et d'encadrement des constructions, de prescription de travaux de réduction de la vulnérabilité, ainsi que d'information des populations, dans les zones exposées aux risques définies par les plans de prévention des risques naturels prévisibles.

Les projets de décret sont soumis pour avis au conseil d'orientation pour la prévention des risques naturels majeurs. »

## **II.2. Prescription du PPRN**

Les articles R. 562-1 et R. 562-2 du Code de l'Environnement définissent les modalités de prescription des plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN).

### **Article R. 562-1**

« L'établissement des plans de prévention des risques naturels prévisibles mentionnés aux articles L. 562-1 à L. 562-9 est prescrit par arrêté du préfet.

Lorsque le périmètre mis à l'étude s'étend sur plusieurs départements, l'arrêté est pris conjointement par les préfets de ces départements et précise celui des préfets qui est chargé de conduire la procédure. »

### **Article R. 562-2**

« L'arrêté prescrivant l'établissement d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles détermine le périmètre mis à l'étude et la nature des risques pris en compte. Il désigne le service déconcentré de l'État qui sera chargé d'instruire le projet.

Il mentionne si une évaluation environnementale est requise en application de l'article R. 122-18. Lorsqu'elle est explicite, la décision de l'autorité de l'État compétente en matière d'environnement est annexée à l'arrêté.

Cet arrêté définit également les modalités de la concertation et de l'association des collectivités territoriales et des établissements publics de coopération intercommunale concernés, relatives à l'élaboration du projet.

Il est notifié aux maires des communes ainsi qu'aux présidents des collectivités territoriales et des établissements publics de coopération intercommunale compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme dont le territoire est inclus, en tout ou partie, dans le périmètre du projet de plan.

Il est, en outre, affiché pendant un mois dans les mairies de ces communes et aux sièges de ces établissements publics et publié au recueil des actes administratifs de l'État dans le département. Mention de cet affichage est insérée dans un journal diffusé dans le département.

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles est approuvé dans les trois ans qui

*suivent l'intervention de l'arrêté prescrivant son élaboration. Ce délai est prorogeable une fois, dans la limite de dix-huit mois, par arrêté motivé du préfet si les circonstances l'exigent, notamment pour prendre en compte la complexité du plan ou l'ampleur et la durée des consultations. »*

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles de La Tronche a été prescrit par arrêté préfectoral du 22 juillet 2014.

### **II.3. Approbation et révision du PPRN**

Les articles R. 562-7, R. 562-8 et R. 562-9 du code de l'Environnement définissent les modalités d'approbation des plans de prévention des risques naturels prévisibles.

#### **Articles R. 562-7**

*« Le projet de plan de prévention des risques naturels prévisibles est soumis à l'avis des conseils municipaux des communes et des organes délibérants des établissements publics de coopération intercommunale compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme dont le territoire est couvert, en tout ou partie, par le plan.*

*Si le projet de plan contient des mesures de prévention des incendies de forêt ou de leurs effets ou des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde relevant de la compétence des départements et des régions, ces dispositions sont soumises à l'avis des organes délibérants de ces collectivités territoriales. Les services départementaux d'incendie et de secours intéressés sont consultés sur les mesures de prévention des incendies de forêt ou de leurs effets.*

*Si le projet de plan concerne des terrains agricoles ou forestiers, les dispositions relatives à ces terrains sont soumises à l'avis de la chambre d'agriculture et du centre national de la propriété forestière.*

*Tout avis demandé en application des trois alinéas ci-dessus qui n'est pas rendu dans un délai de deux mois à compter de la réception de la demande est réputé favorable. »*

#### **Articles R. 562-8**

*« Le projet de plan est soumis par le préfet à une enquête publique dans les formes prévues par les articles R. 123-6 à R. 123-23, sous réserve des dispositions des deux alinéas qui suivent.*

*Les avis recueillis en application des trois premiers alinéas de l'article R. 562-7 sont consignés ou annexés aux registres d'enquête dans les conditions prévues par l'article R. 123-13.*

*Les maires des communes sur le territoire desquelles le plan doit s'appliquer sont entendus par le commissaire enquêteur ou par la commission d'enquête une fois consigné ou annexé aux registres d'enquête l'avis des conseils municipaux. »*

#### **Articles R. 562-9**

*« À l'issue des consultations prévues aux articles R. 562-7 et R. 562-8, le plan, éventuellement modifié, est approuvé par arrêté préfectoral. Cet arrêté fait l'objet d'une mention au recueil des*

actes administratifs de l'État dans le département ainsi que dans un journal diffusé dans le département. Une copie de l'arrêté est affichée pendant un mois au moins dans chaque mairie et au siège de chaque établissement public de coopération intercommunale compétent pour l'élaboration des documents d'urbanisme sur le territoire desquels le plan est applicable.

Le plan approuvé est tenu à la disposition du public dans ces mairies et aux sièges de ces établissements publics de coopération intercommunale ainsi qu'en préfecture. Cette mesure de publicité fait l'objet d'une mention avec les publications et l'affichage prévus à l'alinéa précédent. »

## **II.4. Contenu du PPRN**

l'article R. 562-3 du code de l'Environnement définit le contenu des plans de prévention des risques naturels prévisibles :

### **Articles R. 562-3**

« Le dossier de projet de plan comprend :

1° Une note de présentation indiquant le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles, compte tenu de l'état des connaissances ;

2° Un ou plusieurs documents graphiques délimitant les zones mentionnées aux 1° et 2° du II de l'article L. 562-1 ;

3° Un règlement précisant, en tant que de besoin :

a) Les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune de ces zones en vertu des 1° et 2° du II de l'article L. 562-1 ;

b) Les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde mentionnées au 3° du II de l'article L. 562-1 et les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existant à la date de l'approbation du plan, mentionnées au 4° de ce même II. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour celle-ci. »

Conformément à ce texte, le plan de prévention des risques naturels prévisibles de La Tronche comporte, outre la présente note de présentation, des documents graphiques et un règlement.

Cette note présente succinctement la commune de La Tronche et son contexte géographique, démographique et économique. Elle décrit en outre les phénomènes naturels pris en compte par le plan de prévention des risques naturels prévisibles, les enjeux présents et les aléas auxquels le territoire communal est exposé.

Trois documents graphiques y sont annexés :

- une carte de localisation des phénomènes naturels ;
- une carte des aléas ;
- une carte des enjeux.

Le règlement et le plan de zonage réglementaire constituent le second livret du plan de prévention des risques naturels prévisibles.

### III. Présentation de la commune

#### III.1.1. Situation

La commune de La Tronche est située dans la vallée Grésivaudan, en rive droite de l'Isère. Les communes limitrophes sont Grenoble, Saint-Martin-d'Hères, Meylan, Corenc, Quaix-en-Chartreuse et Saint-Martin-le-Vinoux. Le territoire couvre une superficie de 642 hectares.

Installée sur le versant sud-est du Mont Jalla et du Mont Rachais, le territoire communal présente une topographie marquée puisque l'altitude est comprise entre 212 m et 1 046 m.

La pente est très forte dans la partie haute du versant surmontant le bourg, où elle excède souvent 45°. Ce versant est parfois entaillé par des ravins de taille respectable et dominé par des barres rocheuses dépassant 10 à 20 mètres de hauteur. Vers le Nord, les affleurements tendent à disparaître et la pente, bien que soutenue, y est toutefois plus faible (35° environ).



Figure 1: Localisation de la commune.

Les zones urbanisées se concentrent sur les piedmonts (pentes inférieures à 15° en général), jusqu'à l'Isère. La plaine reçoit les principales infrastructures (voie rapide urbaine, hôpital, zones d'activités).

### **III.1.2. Le réseau hydrographique**

Le territoire communal est situé dans le bassin versant de l'Isère. Il est drainé par le Charmeyran, qui le limite à l'Est et trouve sa source sous le Col de Vence. Le Charmeyran constitue la limite avec Corenc jusqu'à Montfleury. À l'aval de ce point, il entre sur le territoire de La Tronche, où il transite dans un lit très artificialisé. Son cours aval est souterrain, de l'avenue du Grand Sablon jusqu'à l'Isère.

Le Charmeyran reçoit sur sa rive gauche un seul affluent. Ce petit ruisseau qui draine le secteur de La Figette et de Bouqueron sur la commune de Corenc. Il connaît une diffluence au droit de La Figette qui le partage en deux branches au droit de la croupe de Bouqueron.

Il reçoit sur sa rive droite un petit affluent drainant la combe de Maubec (ruisseau de Maubec), puis le torrent du Gorget, puis la grande Ruine issus de la ravine de Pierre Mode. Ces deux derniers torrents connaissent un transport solide très soutenu et parfois des laves torrentielles. Ils ont fait l'objet de nombreux et anciens travaux de restauration des terrains en montage (RTM).

Le bassin du Charmeyran qui couvre une superficie de 407 ha à l'amont de la Grande Rue, est également alimenté par les écoulements de versant et de nombreuses combes sèches, sans lit marqué, qui ne peuvent recevoir la qualification de cours d'eau.

À l'aval de la Grande Rue, le lit du Charmeyran est perché sur son cône de déjection. Il ne peut donc plus recevoir d'alimentation naturelle. L'étude réalisée en 2004 par Alp'Géorisques sur le cours aval, a montré que cette partie du cours ne recevait pratiquement aucun apport additionnel en provenance du réseau pluvial urbain.

Deux autres petits appareils torrentiels ont également été identifiés sur le territoire. Leurs cours sont indépendants du Charmeyran, car ils n'ont pas (ou plus) d'exutoire naturel. Le premier débouche dans le quartier de Bellevue, à l'amont des propriétés. Il draine la combe des Gouriots (nous le nommerons torrent des Gouriots). Le second est constitué de deux branches principales se rejoignant à l'amont du quartier de Noyarey (nous le nommerons torrent de Noyarey). Tous deux connaissent un transport solide significatif, malgré des bassins versants de taille réduite.

### **III.1.3. Contexte géologique**

La commune de La Tronche s'inscrit dans le contexte géologique sédimentaire du Massif de la Chartreuse et de la vallée glaciaire de l'Isère.

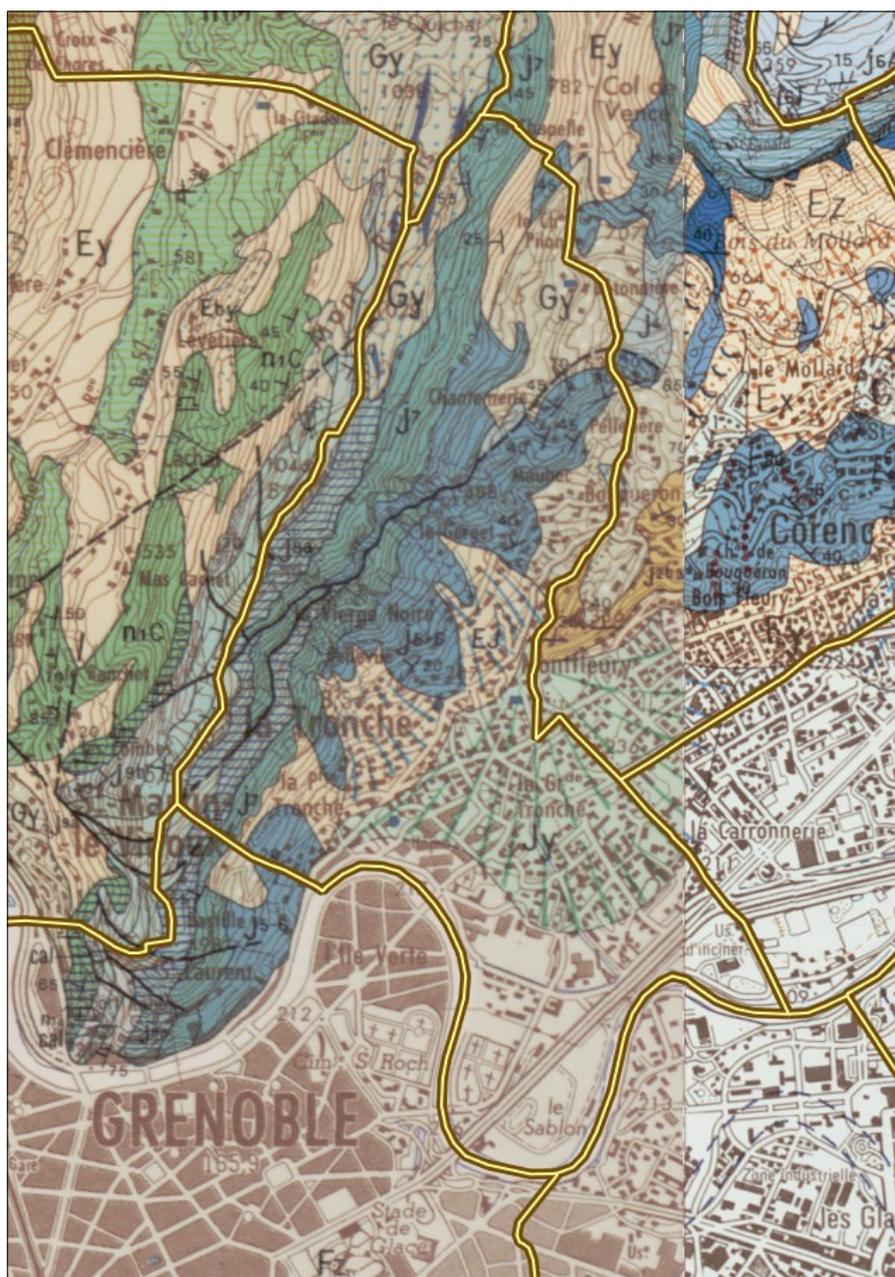


Figure 2: Extraits assemblés de la carte géologique BRGM au 1/50 000 (réduit) de Grenoble et de Domène

Sur la commune, l'ossature du relief est constituée de formations calcaires et marneuses datées du Bathonien (-166 à -161 Ma) au Kimméridgien supérieur (-153 à -152 Ma).

L'ensemble de ces formations est très plissé (anticlinal) et disloqué par un chevauchement plongeant vers l'Ouest qui affecte le sommet du Jalla. Il en découle une structure géologique complexe, illustrée par la coupe ci-dessous, tirée de la notice de la carte géologique de Grenoble au 1/50 000.

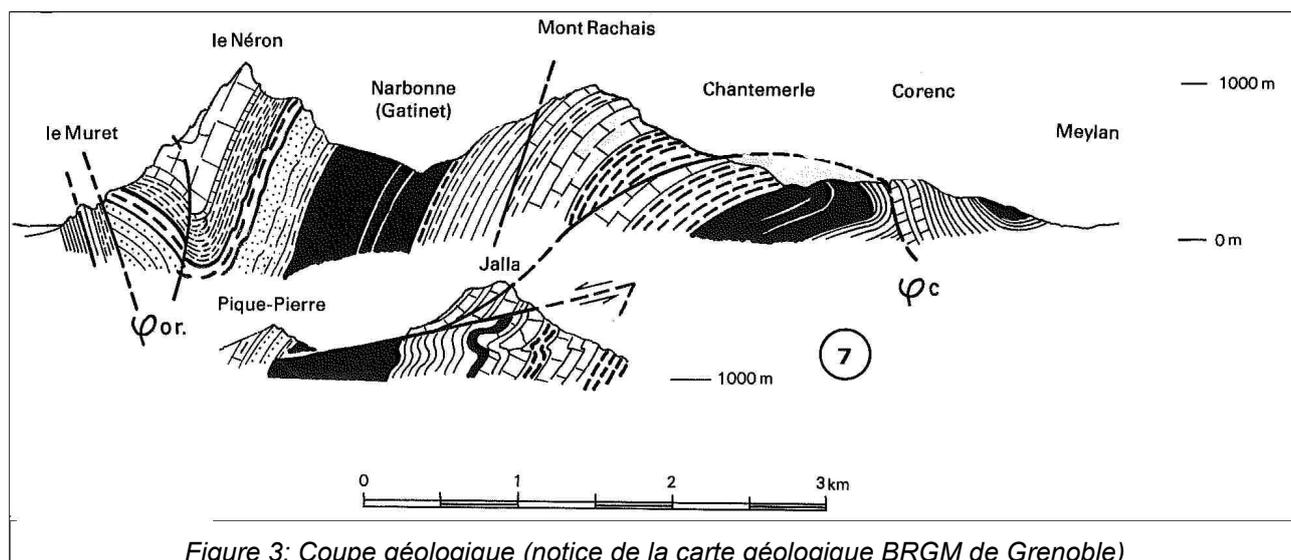


Figure 3: Coupe géologique (notice de la carte géologique BRGM de Grenoble)

### III.1.3.1. Les différentes formations géologiques

Les formations géologiques sont présentées de la plus ancienne à la plus récente :

#### a. Le substratum

Les calcaires noirs du Bathonien (-166 à -161 Ma) notés J2b-3 :

Marginalement représentés sur le territoire, ils n'affleurent que dans le lit du Charmeyran au droit du Rondeau de Montfleury.

Les « terres noires » de l'Oxfordien inférieur (-161 à -156 Ma) notées J4 :

Cette formation très épaisse (jusqu'à 700 m) est peu représentée sur la commune. On la rencontre sous forme de schistes argileux noirs au niveau du lit du Charmeyran à l'amont du Pré de Maubec, jusqu'à Batonnière, mais également au niveau de la combe de Chantemerle en raison du chevauchement du Jalla. Fréquemment surmonté par des formations morainiques, ce niveau est connu pour être sensible aux glissements de terrain.

Les marno-calcaires de l'Oxfordien supérieur (-156 à -155Ma) notés J5-6 :

Ce niveau est largement représenté sur le territoire communal. Il s'étend depuis la base de La Bastille, jusqu'au Col de Vence. Il occupe donc le piedmont du Jalla et du Rachais et concerne de ce fait une grande part des zones urbanisées de la commune. On le retrouve également plus haut dans le versant, du fait du chevauchement du Jalla, dans les ravins de Pierre Mode et sur le versant dominant Chantemerle. L'altération des marno-calcaires produit en surface un sol argileux sensible à l'érosion et aux glissements de terrain.

Les calcaires du Kimméridgien Inférieur (-155 à -154 Ma) notés J7 :

Le séquanien se présente en calcaire en petits bancs de 20 à 50 cm d'épaisseur qui forme une corniche bien visible dans le paysage. Il est présent sous forme de deux bandes distinctes du fait du chevauchement du Jalla, parallèles au versant. Les affleurements sont visibles au sommet du versant et en particulier au-dessus de La Petite Tronche, aux Gouriots et dans le sommet des

ravins de Pierre Mode. Compte tenu de sa position élevée dans le versant et de l'épaisseur des bancs calcaires massifs que le compose, ce niveau produit un grand nombre de chutes de blocs sur la commune.

#### Les calcaires du Kimméridgien Inférieur à moyen (-154 à -153 Ma) notés J8a :

De nature marno-calcaire marquée, cette formation forme un talus au-dessus de la corniche séquanienne. Ils occupent également une position élevée dans le versant et peuvent être le lieu de départ de blocs de taille modeste.

#### Les calcaires du Kimméridgien supérieur (-153 à -152 Ma) notés J8b :

Le Tithonique inférieur est représenté ici par des calcaires massifs d'une puissance de près de 50 mètres. Il affleure uniquement sur la croupe du Mont Jalla et du Mont Rachais. Il forme en particulier des falaises de 10 à 20 m de hauteur au Bec du Corbeau. Compte tenu du caractère massif de ce matériau, les affleurements peuvent produire des blocs de grande taille dont le débit pendant la chute peut rester limité. Ils menacent en particulier le secteur compris entre La Petite – Tronche et Bellevue.

### **b. Les formations récentes**

#### Les éboulis et les colluvions :

Toutes les roches, qui affleurent à la surface, s'altèrent. Elles perdent généralement leurs caractéristiques minéralogiques et mécaniques initiales. Les plissements, la fissuration, la décompression, la fragmentation, la dissolution se conjuguent pour faciliter le jeu de l'érosion et conduire progressivement au démantèlement des reliefs. Les affleurements calcaires et marneux sont de ce fait très souvent recouverts d'éboulis anciens stabilisés et généralement végétalisés. Ces éboulis se présentent en nappe à forte matrice argileuse sur les versants. L'altération des éboulis et du substratum peut également conduire à l'accumulation de colluvion qui constitue alors un sol argileux superficiel dont l'épaisseur est en général inférieure au mètre. Ces terrains meubles et argileux peuvent être sensibles aux glissements de terrain, notamment en cas de modification des conditions initiales (terrassement, remblai, rejets d'eau, etc.). Ce type de situation se rencontre particulièrement sur les versants du Jalla et du Rachais, jusqu'en plaine.

#### Les dépôts glaciaires :

La période du Würm marque le dernier passage des glaciers au niveau de la Cluse de Grenoble. Ceux-ci ont laissé des moraines en placage sur le versant de la Chartreuse. On les retrouve en particulier au Nord de Chantemerle jusqu'à Château-Pilon. Les moraines ont en général abrasé et remanié les terrains rencontrés par les glaciers. Les moraines ont donc une composition très variable. Elles sont représentées ici par des matériaux hétérogènes dont la caractéristique principale est celle d'une grave limono-argileuse. Les moraines sont en particulier sensibles aux glissements de terrain.

#### Les dépôts torrentiels :

Les torrents qui parcourent le territoire communal ont eu, et ont encore pour certain d'entre eux, une activité érosive marquée. Leur exutoire en vallée de l'Isère est donc marqué par la présence de cônes de déjection fossiles. Le principal est constitué par les dépôts du Charmeyran. Son cône se développe sur les communes de Meylan et de La Tronche depuis Montfleury, jusqu'à la Carronnerie et au CHU. Dans une moindre mesure, des cônes d'éboulis remaniés par les eaux

torrentielles sont présents au débouché des différents ravins du Mont Jalla sur les quartiers de Noyarey, Bellevue, Vierge Noire et Gorget. Par définition, les cônes de déjection sont, sans intervention humaine, potentiellement exposés aux divagations torrentielles.

#### Les alluvions fluviales :

Le fond de la vallée de l'Isère est tapissé par une grande épaisseur d'alluvions diverses (graviers, sables, sables fins ou sablons, limons, argile). Cette formation est occupée par la nappe d'accompagnement de l'Isère (aquifère). L'aménagement de ce secteur peut nécessiter des précautions géotechniques en raison de risque de tassement ou de glissement de terrain (Quai Charpenay).

### **III.1.4. Contexte économique et humain**

La population de La Tronche a connu une lente croissance jusqu'à la première guerre mondiale, passant d'un millier à trois milliers d'habitants en l'espace de 150 ans.

La croissance s'est ensuite fortement accélérée jusqu'en 1968, sauf au cours de la seconde guerre mondiale qui marque un palier bien visible. Entre 1968 et 2007, la commune va perdre près de 2 000 habitants, soit 25 % de sa population. Depuis 2007, la courbe s'est inversée et semble repartir à la hausse (fig. 4). La population est aujourd'hui de 6 741 tronchois (données de 2014).

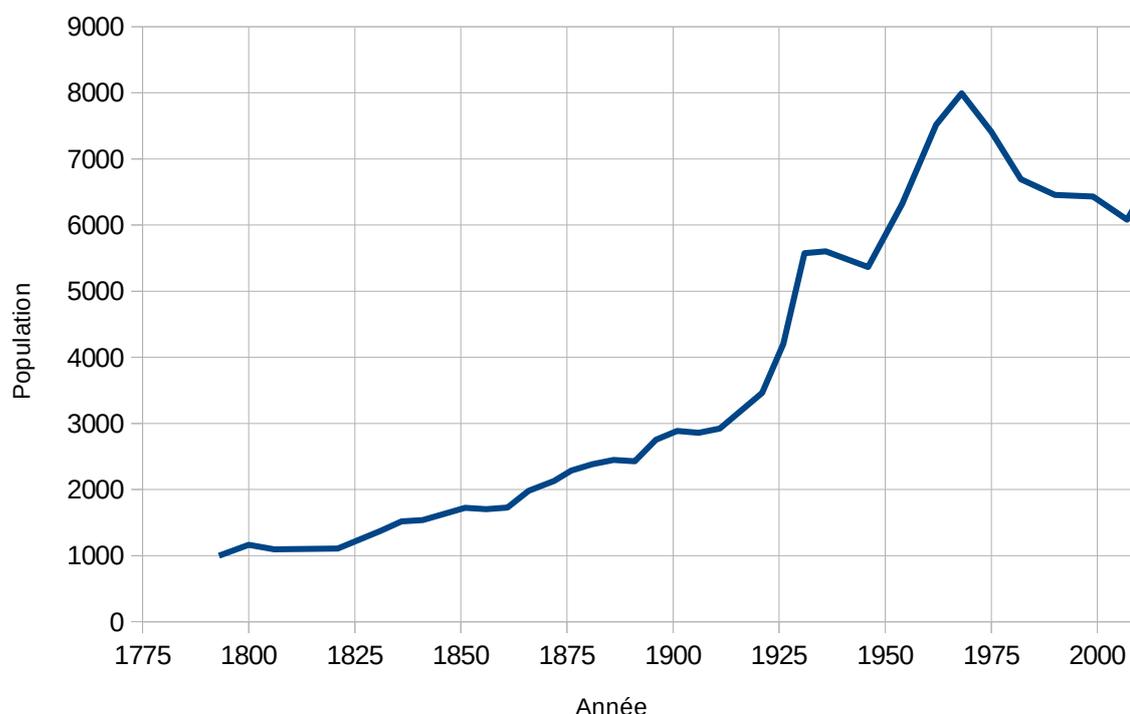


Figure 4: Evolution de la population entre 1793 et 2014

Le territoire de La Tronche bénéficie d'un cadre particulièrement favorable en raison de son exposition sud qui le met à l'abri du vent du Nord qui s'engouffre dans la cluse de Grenoble en provenance du Bas Grésivaudan.

La proximité de la capitale des Alpes lui procure un intérêt tout particulier pour un habitat résidentiel de qualité très prisé. Ainsi, malgré la relative exigüité des parties peu pentées, la commune dispose d'un habitat assez lâche comportant de nombreux grands parcs privés, qui tendent toutefois à se morceler du fait de la pression immobilière et de la recherche d'une densification progressive du bâti.

Les parties basses de la commune ont vu se développer un petit habitat collectif et pavillonnaire après les années 60. La plaine accueille également les principales activités économiques (zones d'activités et hôpital) et les infrastructures (voie rapide urbaine, voie de tramway, etc.).

Sur les hauteurs, l'habitat traditionnel voué à l'agriculture est progressivement englobé dans un tissu de villas ou de lotissements qui constituent de petits quartiers de moins en moins individualisés.

## IV. Les phénomènes naturels étudiés

Un phénomène naturel correspond à la manifestation d'un agent naturel (ou parfois anthropique) mettant en jeu les lois fondamentales de la physique du globe (gravité, thermodynamique, hydraulique, géodynamique, etc.).

Les phénomènes naturels pris en compte par le Plan de prévention des risques naturels prévisibles de La Tronche sont définis par l'arrêté préfectoral de prescription du 22 juillet 2014.

*À compléter à partir des informations relatives à l'arrêté de prescription.*

Ces phénomènes sont énumérés et succinctement définis dans le tableau 1. Les définitions proposées sont conformes aux différents guides techniques pour l'élaboration des PPRN et aux déclinaisons locales des directives nationales applicables pour le département de l'Isère, pour l'essentiel définies en MIRNat (Mission Interservices des Risques Naturels).

Tableau 1: Listes et définition des phénomènes naturels pris en compte dans le PPRN.

Aléa	Symbole	Définition du phénomène
Crue des ruisseaux torrentiels, des torrents et des rivières torrentielles	T	Crue d'un cours d'eau à forte pente (plus de 5 %), à caractère brutal, qui s'accompagne fréquemment d'un important transport de matériaux solides (plus de 10 % du débit liquide), de forte érosion des berges et de divagation possible du lit sur le cône torrentiel. Cas également des parties de cours d'eau de pente moyenne (avec un minimum de 1 %) lorsque le transport solide reste important et que les phénomènes d'érosion ou de divagation sont comparables à ceux des torrents. Les laves torrentielles sont rattachées à ce type d'aléa.
Ruissellement sur versant Ravinement	V	Divagation des eaux météoriques en dehors du réseau hydrographique suite à de fortes précipitations. Ce phénomène peut provoquer l'apparition d'érosions localisées (ravinement).

Aléa	Symbole	Définition du phénomène
Glissement de terrain	G	Mouvement d'une masse de terrain d'épaisseur variable le long d'une surface de rupture. L'ampleur du mouvement, sa vitesse et le volume de matériaux mobilisés sont éminemment variables : glissement affectant un versant sur plusieurs mètres (voire plusieurs dizaines de mètres) d'épaisseur, coulée boueuse, fluage d'une pellicule superficielle.
Chute de pierres et blocs	P	Chute d'éléments rocheux d'un volume unitaire compris entre quelques centimètres cubes et quelques mètres cubes. Le volume total mobilisé lors d'un épisode donné est inférieur à une centaine de mètres cubes. Au-delà, on parle d'éboulements en masse, pris en compte seulement lorsqu'ils sont facilement prévisibles.
Affaissement, effondrement	F	Évolution de cavités souterraines d'origine naturelle (karst) et anthropique (carrière) avec des manifestations en surface lentes et progressives (affaissement) ou rapides et brutales (effondrement). Celles d'origine minière ne relèvent pas du code de l'Environnement (code Minier), mais peuvent y être signalées pour information.
Suffosion	F	Entraînement, par des circulations d'eaux souterraines, de particules fines (argiles, limons) dans des terrains meubles constitués aussi de sables et graviers, provoquant des tassements superficiels voire des effondrements.
Avalanche	A	Déplacement gravitaire (sous l'effet de son propre poids), rapide, d'une masse de neige sur un sol en pente, provoqué par une rupture dans le manteau neigeux.

L'exposition de la commune aux phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et le niveau de risque sismique (annexe 1) sont rappelés mais ne sont pas cartographiés.

## **IV.1. Contenu et forme des cartes des phénomènes naturels et des aléas**

Conformément aux textes réglementaires définissant le contenu des PPRN, la note de présentation est accompagnée d'une carte informative relative aux phénomènes actifs et aux événements passés, de cartes techniques justifiant et explicitant l'aléa et de cartes des aléas. Les cartes des aléas sont établies par phénomène et sous forme d'une carte de synthèse.

La carte informative des phénomènes naturels, est établie sur fond topographique au 1/25 000. Elle localise les événements historiques et les phénomènes actifs identifiés sur le terrain.

La carte des aléas est réalisée conformément à la doctrine départementale de l'Isère, validée en MIRNAT. Cette doctrine, dans sa version d'octobre 2016, constitue le document de référence pour la qualification de l'aléa cité dans cette note de présentation.

Les cartes d'aléa par phénomène ont été établies sur fond cadastral au 1/5 000 complété par des courbes de niveaux. Les phases techniques font appel à d'autres données cartographiques (modèles numérique de terrain, orthophotoplans) qui ne sont pas strictement compatibles avec le fond cadastral.

Une carte d'aléa synthétique, intégrant l'ensemble des aléas étudiés sera établie sur fond cadastral au 1/5 000 complété par des courbes de niveaux.

*C'est a priori la présentation retenue lors des réunions de travail avec le service instructeur.*

*Remarque. Les dénominations utilisées des lieux (lieux-dits, cours d'eau, bâtiments spécifiques, etc.) cités dans le rapport de présentation sont localisées sur les cartes correspondant aux descriptions dans lesquelles leur nom apparaît. Il s'agit, soit des noms usuels tirés du cadastre, de la carte IGN, du plan de ville ou de témoignages.*

## IV.2. Sources d'informations

Les sources d'informations sollicitées dans le cadre l'élaboration du PPRN de La Tronche sont énumérées dans le tableau 2. Les ressources bibliographiques consultées sont présentées au chapitre VIII. Bibliographie.

Tableau 2: Sources d'information exploitées.

Source	Nature des informations
DDT de l'Isère	Études techniques
RTM	Fiches événements, photos
Commune	Études techniques, événement historique
Alp'Géorisques	Expertises de terrain, modélisation

Les études techniques réalisées sous maîtrise d'ouvrage privée et portant sur des secteurs particuliers ont également été exploitées Il s'agit notamment d'études géotechniques.

## V. Cartographie informative des phénomènes naturels

Les événements historiques et les observations de terrains (dont les ouvrages) sont numérotées et localisées sur la carte informative des phénomènes historiques et observés, présentée en annexe.

## VI. Les aléas

La notion d'aléa traduit la probabilité d'occurrence, en un point donné, d'un phénomène naturel de nature et d'intensité définie. Pour chacun des **phénomènes rencontrés**, différents niveaux d'aléas sont définis en fonction de l'**intensité** et la **probabilité d'occurrence** pour un ou plusieurs scénarios de référence.

Du fait de la grande variabilité des phénomènes naturels et des nombreux paramètres qui

interviennent dans leur déclenchement, l'estimation de l'aléa dans une zone donnée est complexe. Son évaluation reste subjective ; elle fait appel à l'ensemble des informations recueillies au cours de l'étude, au contexte géologique, aux caractéristiques des précipitations et à l'appréciation du chargé d'études. Pour limiter l'aspect subjectif, **la cartographie respecte les principes de caractérisation des différents aléas définis par les services de l'État sur le département de l'Isère**. Ces principes sont explicités pour chaque type d'aléa dans les pages suivantes.

## VII. Qualification et cartographie des aléas

Pour chaque phénomène étudié, les chapitres suivants proposent une définition du phénomène, une description de sa dynamique et de son historique sur la commune, la méthodologie de qualification de l'aléa, sa mise en œuvre et la cartographie de l'aléa sur la commune.

La cartographie des aléas respecte la sémiologie graphique et la nomenclature des codes définies par le document de référence de la DDT de l'Isère (fig. 5).

Chaque zone distinguée sur la carte des aléas est identifiée par une limite et par un remplissage en couleur traduisant le type et le niveau d'aléa intéressant la zone.

Lorsque plusieurs types d'aléas se superposent sur une zone, la couleur appliquée est celle correspondant à un des aléas présents du niveau le plus fort. L'ensemble des aléas présents est alors identifié par les codes correspondant à l'aléa de chacun des phénomènes.

<b>Inondations</b>							
	Généralisé (1)	Faible	Moyen	Fort	Très Fort	Très Fort +	Exceptionnel
Inondation de plaine		I1	I2	I3	I4	I5	
Crues rapide des rivières et des fossés		C1	C2	C3	C4	C5	
Inondation en pied de versant		I'1	I'2	I'3	I'4		
Crues des torrents et des rivières torrentielles		T1	T2	T3			TE
Ruissellement sur versant et ravinement	V*	V1	V2	V3	V4		
<b>Mouvements de terrain</b>							
	Aggravation (2)	Généralisé (1)	Faible	Moyen	Fort (3)	Très Fort	Très Fort (écroulement)
Glissements de terrain	G0		G1	G2	G3	G4	
Chutes de pierres et blocs	P0		P1	P2	P3 (P3r)	P4	P5
Affaissements, effondrements, suffosion	F0	F ?	F1	F2	F3		
<b>Avalanches</b>							
	Faible	Moyen	Fort	Exceptionnel	Forêt de protection historique	Forêt de protection ancienne (4)	Zone d'effet de la forêt ancienne
Avalanches	A1	A2	A3	A E	A B	A b	A 2 b

(1) : Faible de manière générale au sein de la zone affichée, mais sans présence certaines en tout point.  
 (2) : Zones non directement exposées aux aléas, mais où des projets ou des modes d'exploitation pourraient aggraver l'aléa ou en créer de nouveaux.  
 (3) : Chutes de blocs : aléa P3r affiché pour les zones de recul prévisible des falaises et corniches rocheuses.  
 (4) : Affiché uniquement en cas de présence dans la zone d'effet de zone urbanisée en zone moyen d'avalanche.

Figure 5: Représentation des aléas et codification utilisée.

## **VII.1. L'aléa inondation de plaine**

La commune de La Tronche est concernée par les inondations de l'Isère. Ce phénomène fait l'objet d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles spécifique, approuvé le 30 juillet 2007.

## **VII.2. L'aléa lié aux crues des ruisseaux torrentiels**

### **VII.2.1. Définition**

Les crues des petits cours d'eau à forte pente<sup>1</sup> sont en règle générale brutales et s'accompagnent fréquemment d'un important transport de matériaux solides (plus de 10 % du débit liquide), de fortes érosions des berges et de divagations possibles du lit sur le cône torrentiel. Des phénomènes strictement torrentiels, comme les laves torrentielles ou le charriage peuvent se développer lors de ces crues, si le contexte est favorable.

Les principales conséquences de ces crues sont des affouillements de berges et des débordements accompagnés de fort transport solide, avec érosion et dépôts de matériaux dans toute l'emprise des zones exposées aux divagations. Les dépôts peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur et des affouillements très importants peuvent apparaître.

L'aléa « crue torrentielle » traduit les effets de ces crues possibles (scénarios), et notamment des divagations et érosion sur les cônes de déjection et des affouillements de berges. Ces zones potentiellement touchées ne seront pas nécessairement toutes impactées au cours d'un événement donné.

### **VII.2.2. Principe de qualification de l'aléa**

L'aléa de crue torrentielle est qualifié à partir d'un scénario de référence, caractérisé par une probabilité d'occurrence et une intensité. Un scénario de référence est défini pour chaque cours d'eau ou par tronçon homogène de cours d'eau.

#### **VII.2.2.1. Phénomènes de référence**

Par analogie avec les autres phénomènes et conformément aux directives nationales, le scénario de référence correspond au plus fort phénomène historique connu. Du fait de la très grande variabilité des effets d'une crue torrentielle pour un même débit, c'est l'extension et l'intensité du phénomène historique qui est alors prise en compte. La période de retour du phénomène ne peut, en règle générale, n'être appréciée qu'au travers des précipitations à l'origine de la crue.

En l'absence de phénomène historique le scénario de référence est défini à partir de précipitations centennales estimées. De multiples scénarios de référence peuvent être proposés pour la période de retour centennale, en fonction des caractéristiques de pluies (durée, intensité, etc.) et éventuellement de facteurs annexes (abondance du transport solide, formation d'embâcle, etc.).

---

<sup>1</sup> On considère que le caractère torrentiel des cours d'eau est avéré pour une pente moyenne supérieure à 5 %.

### VII.2.2.2. Critères généraux de qualification de l'aléa

L'aléa de crue torrentielle est caractérisé par deux facteurs, la probabilité d'atteinte d'une zone donnée par le phénomène de référence et son intensité sur cette zone.

#### a. Emprise concernée et probabilité d'atteinte

Une approche spécifique a toutefois été utilisée pour la qualification de l'aléa de crue torrentielle sur la commune de La Tronche. La notion de probabilité d'atteinte est ici ramenée à la détermination de l'emprise exposée pour les scénarios de référence qui correspondent aux divers débordements envisagés. La probabilité d'atteinte est homogène dans l'ensemble de cette emprise.

*Cette approche est liée à l'étalement dans le temps des études de caractérisation des aléas. L'aléa de crue torrentielle a été définie antérieurement à la publication du document de référence par le service instructeur.*

Pour la commune de La Tronche, les points de débordement potentiel du Charmeyran et les débits débordants ont été définis par une modélisation hydraulique unidimensionnelle. Les cheminements des écoulements après débordement et les zones potentiellement affectées ont pour partie été déterminées à partir des résultats de la modélisation bidimensionnelle du ruissellement (cf. VII.3.3.1).

#### b. Définition de l'intensité

Dans les zones exposées aux crues torrentielles, l'intensité du phénomène de référence est déterminée qualitativement à partir de critères définis par le service instructeur (tab. 3).

Tableau 3: Définition de l'intensité des crues torrentielles.

Critère d'intensité	Niveaux d'intensité retenus		
	Fort	Moyen	Faible
Ordre de grandeur des paramètres hydrauliques	<p>La brutalité des débordements ne rend pas possible un déplacement hors de la zone exposée ou jusqu'à une zone refuge.</p> <p>La hauteur d'écoulement ou d'engravement<sup>2</sup> dépasse 1 m.</p> <p>Les affouillements verticaux ont une profondeur supérieure à 1 m.</p> <p>La taille des plus gros sédiments transportés excède 50 cm.</p>	<p>Les phénomènes sont suffisamment progressifs pour laisser la possibilité d'atteindre et, au moins, de rejoindre une zone refuge.</p> <p>Et</p> <p>Un des seuils de l'intensité faible est dépassé, mais :</p> <p>La hauteur d'écoulement ou d'engravement reste inférieure à 1 m.</p> <p>Les affouillements verticaux ont une profondeur qui ne dépasse pas 1 m.</p> <p>La taille des plus gros sédiments transportés n'atteint pas 50 cm.</p>	<p>Les phénomènes sont progressifs et laissent la possibilité d'anticiper pour quitter la zone menacée ou rejoindre une zone refuge</p> <p>et</p> <p>La hauteur d'écoulement ou d'engravement reste inférieure à 0,5 m.</p> <p>et</p> <p>Les affouillements verticaux ont une profondeur qui ne dépasse pas 0,5 m.</p> <p>et</p> <p>La taille des plus gros sédiments transportés n'atteignent pas 10 cm.</p>

<sup>2</sup> Dépôt de matériaux transportés par le torrent. Il peut s'agir d'alluvions plus ou moins grossières (y compris des blocs

Critère d'intensité	Niveaux d'intensité retenus		
	Fort	Moyen	Faible
Flottants	Les risques d'impact par des flottants de grande taille sont importants	Les risques d'impact par des flottants de grande taille sont modérés.	Les flottants sont de petite taille et ne peuvent pas endommager une façade de maison.
Laves torrentielles	La parcelle peut être atteinte par des laves torrentielles, soit dans les zones de transit soit dans les zones de dépôt épais et pouvant contenir des blocs de plus de 50 cm.	La parcelle est située en dehors des zones de transit des laves torrentielles mais peut être atteinte par des dépôts fluides de moins de 1 m d'épaisseur et sans éléments transporté de plus de 50 cm.	La parcelle ne peut pas être atteinte par des laves torrentielles.
Effets prévisibles sur les enjeux	Espace naturels et agricoles	Des phénomènes d'engrèvement ou d'érosion de grande ampleur sont prévisibles à cause des divagations du lit du torrent. Ils conduisent à de profonds remaniements des terrains exposés.	Des phénomènes d'engrèvement ou d'érosion sur les parcelles exposées, mais leur ampleur reste limitée.
	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.
	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 écoulements prévisibles sont de faible hauteur. Les dépôts peuvent être boueux mais sans matériaux de plus de 10 cm. Les affouillements prévisibles sont faibles.
			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
			Les routes peuvent être submergées mais sans endommagement et avec possibilité de remise en service rapide.

pluri-métriques) et de flottants (arbres, débris divers).

Critère d'intensité	Niveaux d'intensité retenus		
	Fort	Moyen	Faible
Document de référence DDT38, version octobre 2016			

### c. Définition de l'aléa de crue torrentielle

Le niveau d'aléa est défini par le tableau 4. Cette définition doit être modulée par la prise en compte qualitative de multiples facteurs complémentaires tels que :

- la capacité du bassin versant à produire des matériaux solides mobilisables pour contribuer au phénomène de référence ;
- des évolutions probables des lits à l'échéance de 100 ans ;
- l'importance des travaux de correction torrentielle active tels que reboisement, seuils, barrages, etc. dans le bassin versant.

Tableau 4: Définition de l'aléa de crue torrentielle en fonction de la probabilité d'atteinte et de l'intensité.

Aléa de référence		Probabilité d'atteinte
Intensité	Forte	Fort – T3
	Moyenne	Moyen – T2
	Faible	Faible – T1

Les lits mineurs et les chenaux de divagation habituels sont systématiquement classés en aléa fort jusqu'aux sommets des berges, indépendamment des critères généraux.

De même, les bandes de terrain situées au-delà des sommets de berges et susceptibles d'être concernées par l'érosion durant le phénomène de référence ou à une échéance de 100 ans (si un tel recul progressif et probable compte tenu de la dynamique du cours d'eau) sont systématiquement classés en aléa fort.

#### VII.2.2.3. Modalités de prise en compte des ouvrages de protection

Conformément aux directives nationales relatives à la qualification de l'aléa, les ouvrages de protection contre les crues torrentielles ne sont, d'une manière générale, pas pris en compte.

Cette approche se justifie par la difficulté d'évaluer l'efficacité des ouvrages existants vis-à-vis du scénario de référence, notamment lorsque les études de dimensionnement ne sont pas disponibles ou reposent sur des hypothèses très différentes de celles des scénarios retenus.

Toutefois, la correction torrentielle active, mise en œuvre depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle ou le début du XX<sup>e</sup>, a modifié de manière significative et durable la dynamique des bassins versants et des torrents. Ces dispositifs de protection sont de fait pris en compte dans l'analyse des cours d'eau y compris par le biais de leur influence sur les phénomènes historiques postérieurs à leur mise en œuvre. Les phénomènes de référence intègrent donc de fait l'existence de ces ouvrages

particuliers.

L'aléa de crue torrentielle est donc défini et cartographié :

- Sans tenir compte des ouvrages passifs ou actifs, exception faite de la prise en compte implicite de la correction active des hauts bassins décrite ci-dessus.
- En intégrant des débordements par formation de brèches ou surverse localisée dans des zones où les berges sont constituées par des merlons ou lorsque le lit est perché et que ces désordres sont probables pour le phénomène de référence.

En outre, les ouvrages longitudinaux de type merlon et digue (indépendamment de tout classement officiel au titre des ouvrages intéressant la sécurité publique), sont susceptibles de connaître des défaillances (rupture, basculement, brèche) et peuvent engendrer un aléa spécifique, localement plus intense que l'aléa de crue torrentielle qui affecterait la zone en l'absence d'ouvrage. Pour tenir compte de cet aléa spécifique (qualifié de sur-aléa), une bande de précaution large de 50 m (sauf conditions locales particulières conduisant à une réduction de cette largeur à 25 m) est portée sur la carte d'aléa. Cette bande est réputée exposée à un aléa fort de crue torrentielle, mais elle est distincte de l'aléa de crue torrentielle correspondant au scénario de référence.

Les tronçons des cours d'eau de la commune comportant un lit perché, des merlons fragiles ou des ouvrages longitudinaux structurants ont été recensés [2] et localisés (fig. 6 et 7).

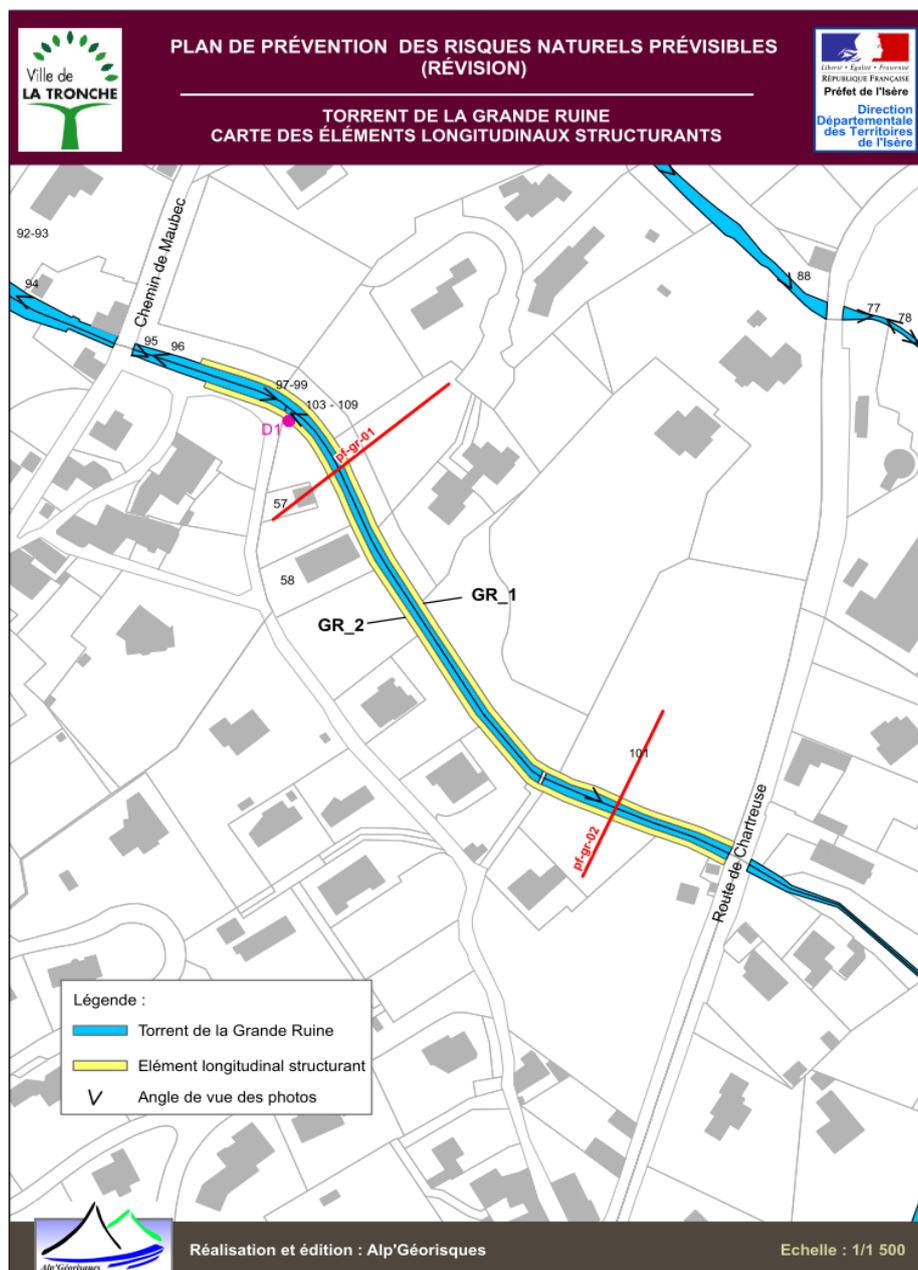


Figure 6: Localisation des éléments structurants pour le torrent de la Grande Ruine.

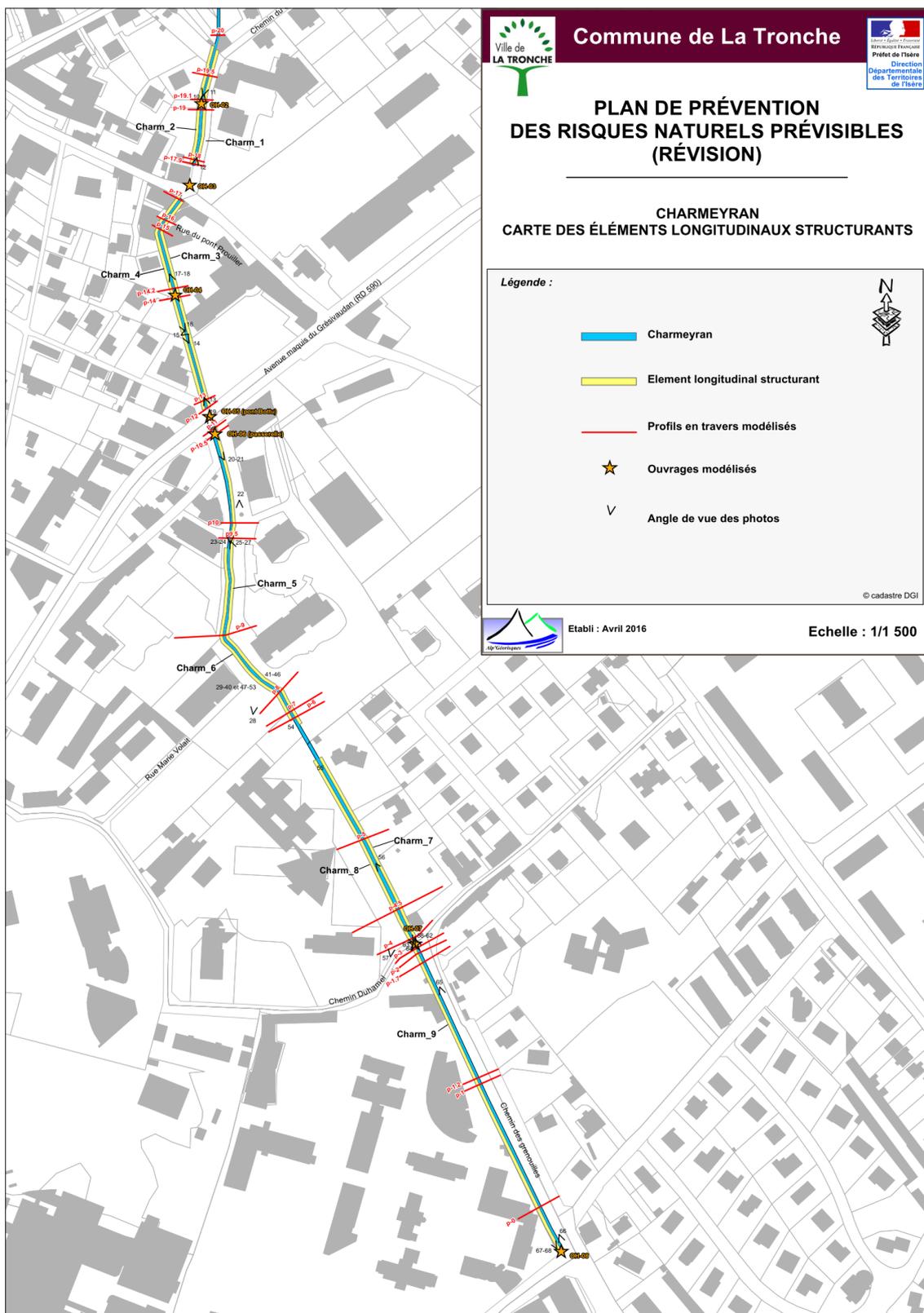


Figure 7: Localisation des éléments longitudinaux structurants pour le Charmeyran.

### VII.2.3. Qualification et cartographie de l'aléa de crue torrentielle

La commune de La Tronche est exposée aux crues torrentielles du Charmeyran et des torrents de Maubec, du Gorget et de la Grande Ruine.

Le Charmeyran a fait l'objet d'une étude spécifique [3] intégrant une analyse hydrologique et une modélisation unidimensionnelle destinée à évaluer les débits débordant pour divers scénarios. Les principaux éléments sont résumés dans les paragraphes suivants.

Pour les autres torrents, l'aléa a été qualifié à partir des observations de terrain et des informations historiques disponibles (tab. 5) selon la méthode décrite plus haut (cf. paragraphe VII.2.2.2).

Tableau 5 : Phénomènes historiques de crues torrentielles

Date	Phénomène	Observations
1750	Crue du Charmeyran	Dégâts aux fonds LE ROUX
1758	Crue du Charmeyran	Dégâts aux fonds ROMAN
1781	Crue du Charmeyran	Dégâts aux fonds BERNARD
Hiver 1874-75	Crue du Charmeyran	Route nationale et pont obstrués. Intervention de l'armée pour rétablir la circulation
21/07/1882	Crue du Charmeyran	Barrages endommagés
1905	Crue du Charmeyran	Cercueils arrachés du cimetière et retrouvés à PIZANÇON
1913	Crue du Charmeyran	Voie du tramway affouillée devant l'Hôpital Civil. Mur du clos de l'asile des vieillards abattu par les eaux, pont obstrué, eaux sur la route
28/12/1923	Crue du Charmeyran	Route de CHAMBERY obstruée
1925 ?	Crue de la Ruine	Débordement en rive gauche à l'amont du chemin de la Vierge Noire et propagation d'une coulée jusqu'à 330 m d'altitude environ (fig. 8).
19/01/1951	Crue du Charmeyran	Débordement sur la RN 90 à la suite de l'obstruction du pont BOTTU. Dépôt de matériaux jusqu'à l'entrée de l'Hôpital Civil
08/02/1955	Crue du Charmeyran	Ponts du chemin DUHAMEL et du GRAND SABLON obstrués
25/12/1968	Crue du Charmeyran	Transformateur de secours de l'hôpital menacé, ainsi que le pavillon des prématurés. RN 90 obstruée.
04/06/1971	Crue du Charmeyran	RN 512 obstruée sur 100 m par de la boue et des rochers au carrefour de la RN 512 et de la RN 512a
06/09/1982	Crue du GORGET	La plage de dépôt stocke 1100 m <sup>3</sup>
07/06/1986	Crue de la RUINE	/
27/06/1986	Crue de la RUINE	/
18/08/1986	Crue de la RUINE	Jardins engravés et chemin de la VIERGE NOIRE coupé. Le lit est obstrué par 2500 m <sup>3</sup> de matériaux vers la cote 400.



Figure 8: Trace d'un débordement torrentiel en rive gauche de la Grande Ruine (photographie aérienne de septembre 1925).

### **VII.2.3.1. Le Charmeyran**

Le Charmeyran marque la limite entre les communes de La Tronche et de Corenc. En amont de la plage de dépôts, le Charmeyran est très encaissé et les débordements ne peuvent s'effectuer qu'en bordure immédiate du lit mineur, à l'intérieur des gorges, sans pouvoir divaguer. En revanche, en raison des fortes pentes du lit mineur et des berges, une érosion de ces dernières semble très probable. Dans cette portion du cours, l'aléa est limité au lit du torrent (aléa fort).

En aval de la plage de dépôt, le Charmeyran s'engage dans un cours très artificiel, le plus souvent bordé de murs, et comportant de très nombreux ouvrages de tous type. Une description de cette portion du cours, extraite de l'étude [3], et présentée en annexe 6.

Les débits de référence ont été estimés par modélisation hydrologique, le Charmeyran n'étant pas équipé de dispositif de mesure de débit. Plusieurs scénarios de précipitations correspondant à des durées différentes (3 h et 12 h) et à plusieurs répartitions temporelles (pic d'intensité à  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{2}$  et  $\frac{2}{3}$  de la durée de l'épisode pluvieux). On a ainsi obtenu plusieurs courbes de répartition des débits dans le temps ou hydrogrammes (fig. 9).

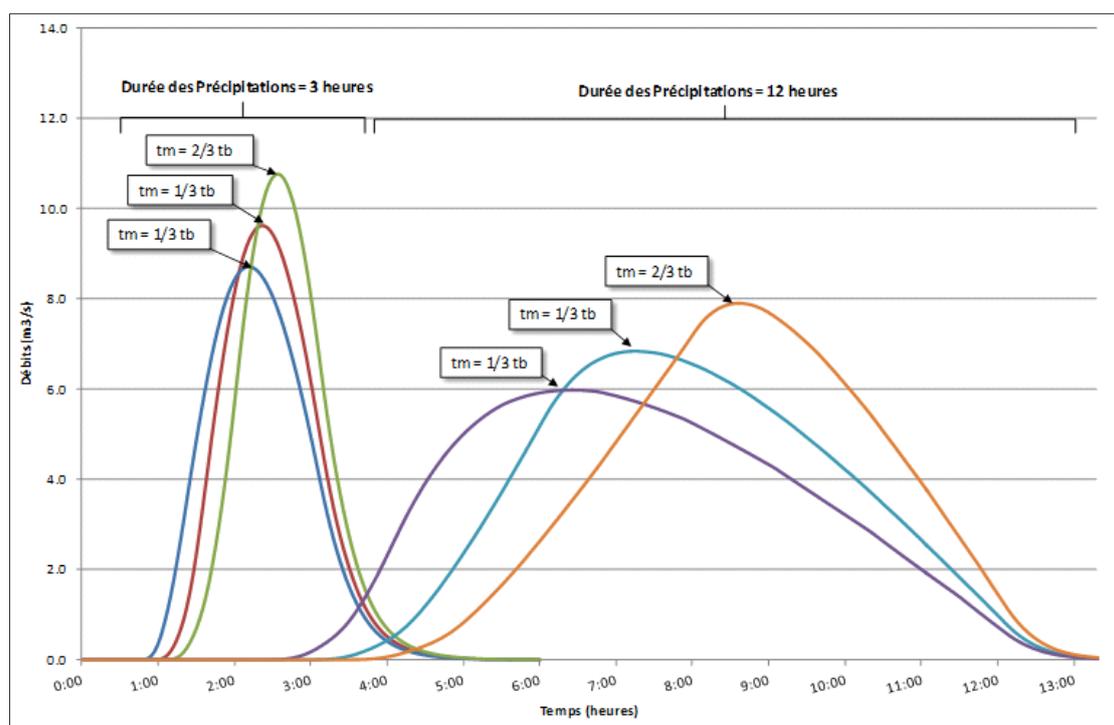


Figure 9: Hydrogrammes de référence pour l'étude des débordements du Charmeyran.

Le transport solide a été pris en compte en intégrant une surélévation de 0,10 m de la cote du fond du lit. Cette valeur, relativement faible, a été estimée en tenant compte d'hypothèses conservatives pour la disponibilité des matériaux (capacité maximale de transport atteinte), la granulométrie, la géométrie du chenal et les hauteurs d'eau [3]. Des dépôts plus importants sont possibles à hauteur des singularités (ponts, seuils, changements de pente ou de largeur) mais des scénarios d'embâcles étant étudiés par ailleurs, ces phénomènes aléatoires ne sont pas susceptibles de modifier significativement les hypothèses relatives aux points de débordements.

Les hydrogrammes débordants sont obtenus à partir des hydrogrammes calculés pour divers scénarios par le modèle hydraulique [3] dont les principales caractéristiques sont présentées en annexe 7. Le principe de détermination des hydrogrammes débordants est présenté fig. 10.

Le scénario de référence retenu correspond à une obstruction des ouvrages avec une injection de la totalité du débit pouvant transiter dans le chenal (débit de plein bord) à l'aval du point de débordement.

Par exemple, si le pont de la Grande Rue est considéré comme obstrué, on admet que tout le débit ( $11 \text{ m}^3/\text{s}$ ) peut déborder en ce point. Pour l'estimation du débit au niveau de l'ouvrage situé immédiatement en aval, on considère que le pont de la Grande Rue est fonctionnel et laisse passer tout son débit théorique (ici  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ ). On considère ensuite que l'ouvrage aval est obstrué et que  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  peuvent déborder, etc.

L'objectif est d'obtenir des données permettant non de représenter un épisode donné mais une enveloppe des épisodes possibles pour le phénomène de référence.

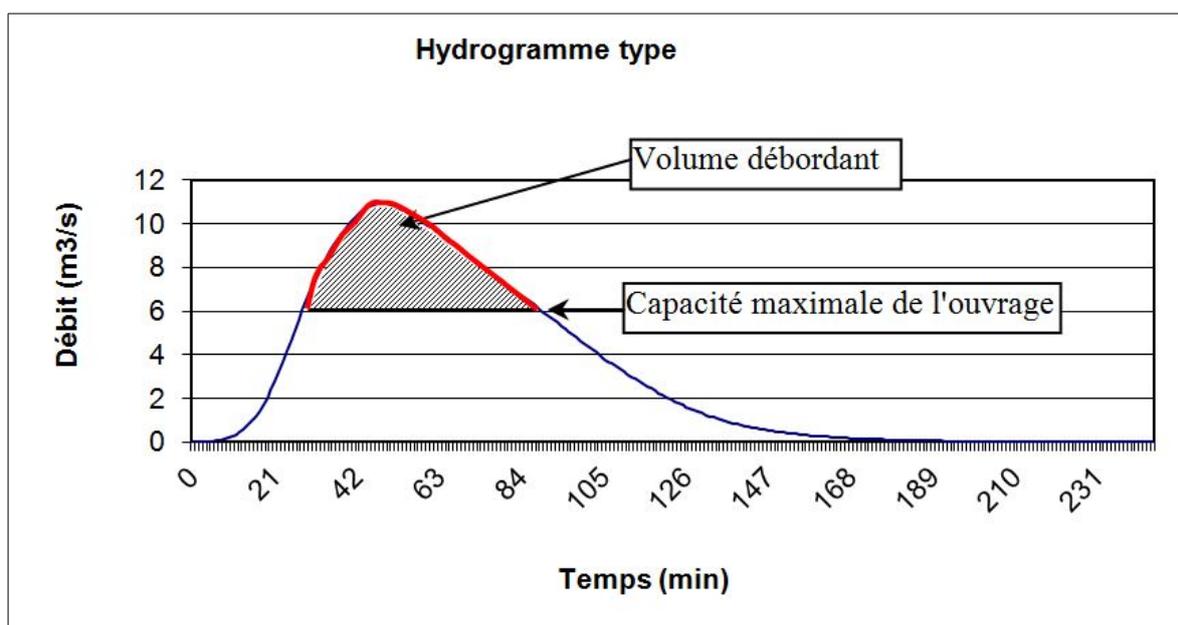


Figure 10: Principe de détermination des hydrogrammes débordants.

L'aléa de crue torrentielle pour le Charmeyran aval a été qualifié et cartographié sur la base de ce scénario (obstruction des ouvrages). La cartographie résulte de la composition (addition) des débordements de tous les ouvrages considérés comme obstrués. La probabilité d'atteinte des zones exposées et l'intensité des divagations torrentielles ont été définies à partir des éléments suivants :

- les estimations de débits et de volumes débordants ;
- les résultats du modèle hydraulique 2D de ruissellement mettant en évidence les axes d'écoulements préférentiels ;
- les données topographiques disponibles ;
- les informations relatives aux phénomènes historiques ;
- des visites de terrain.

En dehors des éléments longitudinaux structurants identifiés (fig. 7), tous les murs de la zone d'études ont été considérés comme transparent. En revanche, les façades des bâtiments ont été considérées comme imperméables et comme faisant obstacle aux écoulements.

Dans les zones d'accumulation, les volumes estimés par l'approche hydraulique (annexe 7) et le modèle numérique de terrain ont permis d'estimer des hauteurs d'eau.

### **VII.2.3.2. Le torrent de Maubec**

Le torrent de Maubec prend sa source sur le flanc est du Mont Rachais. Son bassin versant est plus petit que ceux du Gorget et de la Grande Ruine et son lit, bien que marqué, n'est pas aussi encaissé.



*Figure 11: Le torrent de Maubec, à l'aval du Chemin de Maubec.*

En amont du chemin de Maubec la pente du lit mineur est très forte (supérieure à 70 %). Elle s'abaisse en aval du chemin de Maubec mais reste quand même très élevée (supérieure à 10 %).

Étant donné le caractère encaissé du lit, des débordements semblent très peu probable sauf en cas de conditions d'obstruction particulières (embâcles de très grandes dimensions, etc.).

L'aléa est limité au lit du torrent (aléa fort) sur tout le cours du torrent.

### **VII.2.3.3. Le torrent du Gorget**

Le torrent du Gorget prend sa source sur le flanc est du Mont Rachais, dans la combe de Pierre Mode. Il s'écoule ensuite sur de très fortes pentes (supérieures à 70 %). Des ouvrages de correction active (seuils) sont présents sur la majorité de son linéaire. Une plage de dépôt est également présente en amont du chemin de Maubec vers 380 m d'altitude (fig.12).

Sur l'intégralité de son linéaire, le torrent du Gorget est encaissé dans des gorges très profondes ce qui exclut le risque de débordement. En revanche, étant donné la capacité érosive du torrent et les fortes pentes des berges, une déstabilisation de ces dernières semble très probable. La présence de multiples ouvrages de soutènement montre que de tels phénomènes sont fréquents.

L'aléa est limité au lit du torrent (aléa fort) sur tout le cours du torrent. Les berges hautes, exposées à des glissements du fait de leurs fortes pentes et en cas d'affouillement sont exposées à un aléa de glissement de terrain (cf. chapitre VII.4).



Figure 12: Plage de dépôt du torrent du Gorget.

#### **VII.2.3.4. Le torrent de la Grande Ruine**

Le torrent de la Grande Ruine présente de fortes similitudes avec le torrent du Gorget. Comme lui, il prend sa source sur le flanc est du Mont Rachais, dans la grande combe de Pierre Mode et s'écoule ensuite sur de très fortes pentes (supérieures à 70 %). Des ouvrages de correction active (seuils) sont présents sur la partie amont de son linéaire (en amont du chemin de Maubec).

La différence majeure entre le torrent de la Grande Ruine et le torrent du Gorget concerne le tronçon compris entre le chemin de Maubec et la route de Chartreuse. Sur ce tronçon, le Gorget est encaissé dans de profondes gorges alors que la Grande Ruine s'écoule dans un lit perché, surélevé et bordé par l'accumulation des produits de curage accumulés au cours du temps (fig. 13).

Cette configuration particulière a deux conséquences :

- d'une part, le torrent peut déborder de son lit mineur. Un témoignage recueilli sur le terrain indique qu'un tel phénomène s'est déjà produit en rive droite à l'aval du chemin de Maubec ;
- d'autre part, des débordements pourraient entraîner la formation de brèches dans les produits de curage constituant les berges, ce qui induirait de très fortes vitesses d'écoulement et d'importantes hauteurs à l'arrière des berges. La cartographie de l'aléa intègre ce scénario. C'est-à-dire que sur l'intégralité du linéaire de la Grande Ruine où les berges du lit mineur sont constituées de produits de curage [2] l'hypothèse d'une brèche a été retenue en chaque point.



Figure 13 : Lit perché du torrent de la grande Ruine à l'aval du chemin de Maubec.

À l'aval de la route de Chartreuse, le lit de la grande Ruine est de nouveau encaissé, sans possibilité de débordement, jusqu'au Charmeyran. L'aléa est limité au lit du torrent (aléa fort) sur tout ce tronçon.

### **VII.3. L'aléa ruissellement sur versant et ravinement**

#### **VII.3.1. Définition du phénomène**

Le ruissellement sur versant est la conséquence de la divagation des eaux de pluie ou de fonte de neige (eaux météoriques) en dehors du réseau hydrographique. Ces phénomènes surviennent à la suite de fortes précipitations. Ils se traduisent par des écoulements diffus ou concentrés (notamment dans les combes et talwegs habituellement secs ainsi que sur les routes et les chemins) et des accumulations d'eau dans les dépressions ou à l'arrière d'obstacles (remblais routiers, murs, etc.).

Le ruissellement peut provoquer l'apparition d'érosions localisées, d'ampleur très variables (arrachement de quelques centimètres ou décimètres de terres arables mais parfois destruction des routes revêtues et affouillements de plusieurs mètres de profondeur). Les matériaux ainsi prélevés sont entraînés par les eaux et redéposés, causant ainsi d'autres dommages. Ce phénomène de ruissellement accompagné d'érosion et de transport de matériaux prend le nom de ravinement.

#### **VII.3.2. Principes de qualification de l'aléa**

L'aléa de ruissellement et ravinement est qualifié à partir des caractéristiques des écoulements pour d'un scénario de référence défini principalement par les précipitations qui génèrent le phénomène.

### VII.3.2.1. Phénomènes de référence

Par analogie avec les autres phénomènes et conformément aux directives nationales, le scénario de référence correspond au plus fort phénomène historique connu. Du fait de la nature même du phénomène, on ne dispose pas de mesure de débit (ou de hauteur d'écoulement) et seules les précipitations permettent de caractériser un épisode de ruissellement.

En l'absence de phénomène historique, le scénario de référence est défini à partir de précipitations centennales estimées. De multiples scénarios de référence peuvent être proposés pour la période de retour centennale, en fonction des caractéristiques de pluies (durée, intensité, etc.) et éventuellement de facteurs annexes (sols gelés, présence de neige au sol, sols saturés ou non, etc.).

### VII.3.2.2. Critères généraux de qualification de l'aléa

Les caractéristiques des écoulements sont appréciés au travers des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement et un tableau de détermination de l'aléa en fonction de ces deux paramètres a été défini par le service instructeur (tab. 6).

Les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulements peuvent être déterminées par une modélisation hydraulique adaptée ou à dire d'expert. Les phénomènes historiques peuvent fournir des indications utiles pour l'évaluation des paramètres hauteur et vitesse d'écoulement.

Tableau 6: Définition de l'aléa de ruissellement sur versant et ravinement en fonction des caractéristiques des écoulements.

		Vitesse d'écoulement en m/s		
		0,2 à 0,5	0,5 à 1	> 1
Hauteur de submersion en mètres	0 à 0,2	Faible V1	Faible V1	Faible V1
	0,2 à 0,5	Faible V1	Moyen V2	Moyen V2
	0,5 à 1	Moyen V2	Fort V3	Fort V3
	> à 1	Fort V3	Très fort V4	Très fort V4

Document de référence DDT 38, version octobre 2016

Toutefois, le ruissellement et le ravinement sont des phénomènes complexes qui échappent pour partie à une analyse fondée exclusivement sur l'évaluation des conditions d'écoulements. Pour pallier cette difficulté, des critères complémentaires sont utilisés. Ces critères permettent une prise en compte qualitative des effets de la concentration des écoulements, des ruissellements diffus et des spécificités du transport solide qui accompagne le ravinement.

### VII.3.2.3. Axes d'écoulement

Dans les zones où les écoulements se concentrent, les effets du ruissellement et du ravinement sont particulièrement intenses et les écoulements peuvent entraîner des flottants (débris divers, véhicules, etc.). Les affouillements peuvent être importants. L'estimation des hauteurs et des vitesses d'écoulement est donc complexe voire impossible dans ces zones.

Indépendamment des estimations des caractéristiques des écoulements, l'aléa est donc systématiquement considéré comme très fort (V4) dans les axes d'écoulement identifiés.

#### **VII.3.2.4. Ruissellement diffus**

Lors de fortes précipitations, des ruissellements diffus se produisent sur l'ensemble du territoire. Les hauteurs d'eau sont généralement faibles (centimétriques) et les vitesses très variables en fonction de la pente. De multiples facteurs aléatoires peuvent perturber ces ruissellements et faire varier leur extension durant le phénomène de référence. Ce phénomène n'est pas cartographié.

Dans les parties hautes des versants, les principaux axes de ruissellement ont été identifiés et cartographiés pour faciliter la compréhension de la dynamique du phénomène. Les zones de concentration ne sont pas considérées comme exposées à un aléa de ruissellement : la discrimination entre ruissellement diffus et ruissellement au sens strict, c'est-à-dire induisant un aléa quantifiable est difficile.

#### **VII.3.2.5. Spécificités du ravinement**

L'érosion qui peut accompagner le ruissellement et le transport de matériaux ou de flottants par les eaux peuvent conduire à des variations aléatoires des directions d'écoulements, des hauteurs et des vitesses. Des dépôts de matériaux peuvent, par exemple obstruer des axes d'écoulement et provoquer des changements de direction et des affouillements localisés peuvent provoquer la destruction de murs ou de murettes qui constituaient des obstacles au ruissellement.

Quel que soit le mode de détermination de l'aléa selon les définitions reposant sur les hauteurs et vitesses d'écoulement, une analyse qualitative peut conduire à augmenter le niveau d'aléa ou à modifier l'emprise des zones exposées pour tenir compte des spécificités du ravinement.

### **VII.3.3. Qualification de l'aléa de ruissellement**

Il n'existe pas de phénomène historique documenté permettant de constituer le phénomène de référence. Un phénomène centennal théorique sera donc utilisé comme phénomène de référence pour la qualification de l'aléa de ruissellement et de ravinement.

L'importance d'un épisode de ruissellement dépend de multiples facteurs (précipitations, état initial des sols, extensions des zones touchées, etc.). La période de retour réelle d'un épisode de ruissellement est donc très complexe à estimer. On admet donc que la période de retour de l'épisode de ruissellement est identique à la période de retour des précipitations associées.

Le phénomène de référence a été étudié à partir d'une modélisation bidimensionnelle des écoulements sur l'ensemble du territoire communal. Cette modélisation a débouché sur une cartographie des hauteurs et des vitesses d'écoulement permettant de qualifier l'aléa.

#### **VII.3.3.1. Caractéristiques du modèle utilisé**

Le modèle intègre la topographie, la capacité d'infiltration et de stockage des sol et les précipitations de période de retour centennale.

Ce modèle<sup>3</sup> a pour particularité de pouvoir calculer, en chaque point d'un maillage, le ruissellement

---

3 Modèle TELEMAC 2D (Laboratoire National d'Hydraulique et d'Environnement LNHE) modifié par

produit directement à partir de la pluie de référence. Les axes d'écoulements sont déterminés lors de la simulation par transformation directe de la pluie en débit et propagation du débit de proche en proche. Cette méthode permet de prendre en compte l'évolution graduelle du débit le long des axes de ruissellement.

### a. Pluie de référence

Étant donné les caractéristiques de la zone d'étude (fortes pentes et petits bassins versants), le phénomène de ruissellement est lié à des pluies de courtes durées et de fortes intensités.

La durée des précipitations retenue est donc de deux heures. Cette durée est suffisamment longue pour assurer une saturation des sols et suffisamment courte pour être représentative de fortes intensités.

La répartition des pluies dans le temps est schématisée par un hyètoqramme<sup>4</sup> triangulaire (fig. 14), avec une période d'augmentation des pluies égale à la moitié de la durée totale de la pluie. Cette hypothèse n'est ni optimiste, car le pic des précipitations ne se produit pas en début d'événement et n'est donc pas totalement absorbé par le sol, ni pessimiste, car le pic de précipitations ne se produit pas à la fin de l'événement, quand le sol est complètement saturé.

Le cumul des précipitations pour la durée retenue (2 heures) a été estimé grâce aux données<sup>5</sup> de la station Météo France de Saint-Martin-d'Hères.

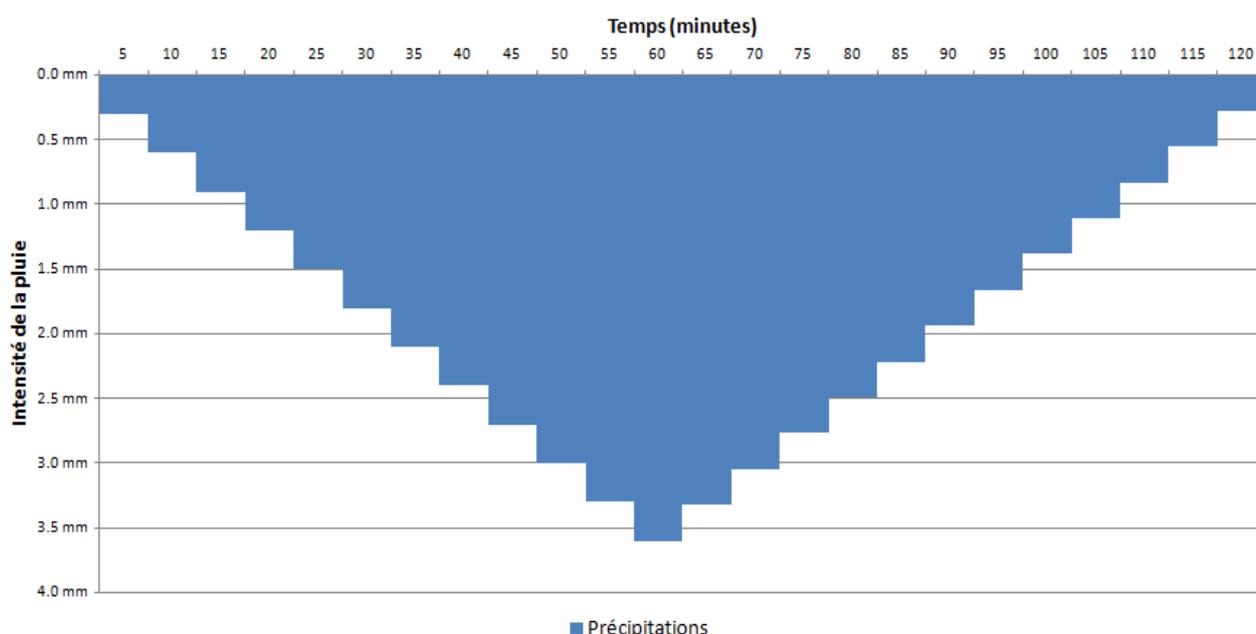


Figure 14: Hyètoqramme de la pluie de projet retenue pour la qualification de l'aléa.

Alp'Géorisques.

4 Hyètoqramme : courbe de répartition des précipitations en fonction du temps.

## **b. Maillage de calcul**

Le modèle hydrologique-hydraulique se base sur un maillage de calcul formé de mailles triangulaires dont la résolution est de 2 mètres dans les zones urbanisées et de 20 mètres dans les zones naturelles situées dans la partie haute des versants. Le maillage de calcul comporte 550 000 nœuds pour lesquels on a défini les paramètres topographiques (altitude), hydrologiques (coefficient de ruissellement) et hydraulique (coefficient de frottement).

La topographie est définie à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT), dont la résolution est de 1 m, qui a été établi à partir d'un levé LIDAR spécialement réalisé pour la révision du PPRN de La Tronche.

## **c. Principaux paramètres**

Le modèle nécessite deux paramètres principaux :

- un paramètre assimilé à un coefficient de ruissellement, qui permet la transformation de la hauteur de pluie de référence (pluie brute) en hauteur d'eau participant au ruissellement (pluie nette). La transformation est faite selon la méthode du SCS (annexe 3) qui nécessite un paramètre unique. Les valeurs de ce paramètre dépendent de l'occupation du sol et de la nature des terrains.
- un paramètre de frottement, qui traduit la rugosité des sols et qui permet le calcul des hauteurs et des vitesses d'écoulement aux nœuds du maillage de calcul selon les équations de Saint-Venant (annexe 3). Le coefficient utilisé est le coefficient de Strickler, qui est inversement proportionnel à la rugosité. Les valeurs utilisées ont été choisies pour tenir compte de l'accroissement de la rugosité liée au transport solide et à la présence de flottants.

## **d. Scénarios et hypothèses**

Des paramètres topographiques complémentaires ont été intégrés à la modélisation : les bâtiments et les obstacles longitudinaux.

Les bâtiments existants, identifiés à partir des données cadastrales, ont été intégrés systématiquement comme des obstacles infranchissables par les écoulements.

La prise en compte des obstacles longitudinaux (murs de clôture et d'enceinte des propriétés) a déterminée deux scénarios différents :

- Scénario n°1. Intégration des obstacles comme éléments infranchissables par les écoulements ;
- Scénario n°2. Aucun obstacle n'est intégré (hormis les bâtiments existants).

Les paramètres hydrologiques et hydrauliques retenus sont identiques pour les deux scénarios.

Les cartes de hauteur et de vitesse correspondant aux deux scénarios ainsi que la carte de localisation des obstacles longitudinaux sont annexées à cette note de présentation (annexe).

---

5 Coefficients de Montana.

Le réseau de collecte et d'évacuation des eaux pluviales n'est pas pris en compte dans la modélisation. Ce choix se justifie par l'écart très important entre le phénomène de référence (pluie centennale générant des écoulements chargés) et la période d'insuffisance utilisée pour le dimensionnement des réseaux (10 ans en zone urbaine et 50 ans pour les secteurs et ouvrage à vulnérabilité particulière). Les ouvrages sont donc systématiquement saturés pour le phénomène de référence. En outre, les ouvrages d'entonnement des aqueducs, les grilles et avaloirs sont très fréquemment obstrués lors d'épisodes de ruissellement et de ravinement intenses.

### VII.3.3.2. *Élaboration de la carte de l'aléa de ruissellement*

Pour la qualification de l'aléa de ruissellement, le service instructeur a retenu l'aléa maximal obtenu pour les scénarios 1 et 2.

La carte d'aléa brute ainsi définie à partir des résultats de la modélisation (cartes hauteur et vitesse pour les deux scénarios) a été adaptée pour tenir compte des spécificités du ruissellement et des principes retenus et corriger les artefacts de la modélisation (lissage des contours, suppression des effets de bords du modèle, etc.). Les zones exposées à un aléa diffus non modélisé ont en outre été identifiées.

Les phénomènes historiques répertoriés ont été pris en compte pour l'élaboration de la carte de l'aléa de ruissellement et de ravinement, notamment pour l'identification des axes de ruissellement principaux et l'interprétation des résultats bruts de la modélisation.

La concentration des écoulements sur les routes et chemins est la principale caractéristique du ruissellement sur la commune. Cette concentration se traduit par un aléa fort ou très fort localisé mais limite l'extension des zones concernées.

Dans la partie basse de la commune, des zones d'accumulation apparaissent du fait de la diminution de la pente et la présence d'obstacles topographiques (dépressions, remblais, etc.).

## VII.4. *L'aléa glissement de terrain*

### VII.4.1. *Définition du phénomène*

Mouvement d'une masse de terrain d'épaisseur variable le long d'une surface de rupture. Cette surface peut être plane (surface stratigraphique, plan de faille, décollement de la frange d'altération sur le substratum, etc.) ou de forme approximativement circulaire (glissement rotationnel). L'ampleur du mouvement, sa vitesse et le volume de matériaux mobilisés sont éminemment variables : glissement affectant un versant sur plusieurs mètres d'épaisseur (voire plusieurs dizaines de mètres), coulée boueuse, décollement d'une pellicule superficielle, etc.

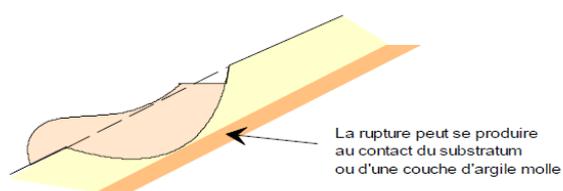


Figure 15: *Glissement rotationnel*

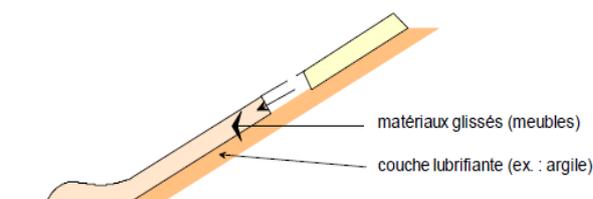


Figure 16: *Glissement plan*

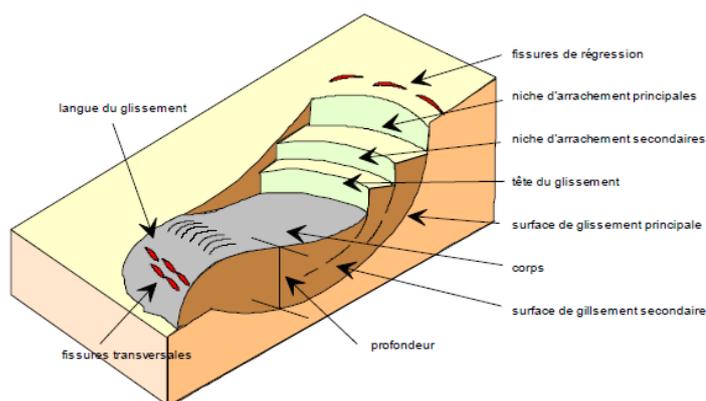


Figure 17: Vocabulaire des glissements de terrain

Le volume de sol déplacé est très variable, de quelques mètres cubes à quelques millions de mètres cubes. La profondeur de la surface de glissement (il peut y en avoir plusieurs emboîtées) est comprise entre quelques dizaines de centimètres et plusieurs dizaines de mètres. La vitesse de déplacement peut varier des quelques millimètres par an à quelques dizaines de mètres par jour.

La coulée de boue est une autre forme de glissement où le rôle de l'eau est prépondérant en agissant sur la viscosité du matériau glissé ce qui se traduit par une propagation longue (longueur très supérieure à la largeur).

Le fluage est une déformation du terrain sans surface de rupture matérialisée qui produit la reptation (ou solifluxion). Les déformations sont plus importantes en surface et s'amenuisent avec la profondeur. Il s'agit d'une déformation plastique du terrain. Le piétinement du bétail qui forme des sentiers horizontaux dans les pâturages souligne cette propension des terrains au fluage (phénomènes lié au surpâturage).

Le glissement de terrain est un phénomène d'érosion régressive, c'est-à-dire que les terrains situés en amont peuvent être affectés par le glissement sous l'effet de la régression de ce dernier. Toutefois, le glissement de terrain est aussi un phénomène progressif, puisque les matériaux glissés peuvent se propager vers l'aval sur des distances plus ou moins grandes. Dans ce cas, la languette de glissement se propage au-dessus des terrains stables.

La qualification de l'aléa de glissement de terrain implique donc de s'intéresser au corps du glissement, à la zone située à l'amont susceptible d'être concernée par l'érosion régressive et à la zone aval exposée à la propagation de la languette de glissement.

#### **VII.4.2. Principes de qualification de l'aléa**

L'aléa de référence prend en compte le plus fort événement historique connu dans le site ou dans un secteur similaire (sur les plans géologiques, géomorphologique, hydrogéologique et structural) ou, lorsqu'il lui est supérieur, le plus fort des événements potentiels résultant de scénarios jugés possibles au cours des cents prochaines années.

L'aléa glissement de terrain est défini en analysant et décrivant notamment les éléments suivants et en précisant l'origine de leur connaissance :

- géologie du sous-sol ;
- pente du terrain ;
- dénivelée de la zone concernée ;
- présence plus ou moins importante d'indices de mouvements (niches d'arrachement, fissures, bourrelets, ondulations) ;
- présence de circulations d'eau souterraines ou résurgentes ;
- type de glissement (glissement plan lent ou rapide, glissement profond circulaire ou complexe, coulées de boues, solifluxion, etc.) et caractéristiques (ordres de grandeur de superficie d'extension, de volume, de vitesse, etc.) des phénomènes de glissement jugés possibles au vu des éléments ci-dessus.

Les secteurs d'aléa où le facteur déclenchant ne peut être que d'origine anthropique, c'est-à-dire suite à des travaux (par exemple surcharge en tête d'un talus ou d'un versant déjà instable, décharge en pied supprimant une butée stabilisatrice, mauvaise gestion des eaux), sont identifiés en tant que zones de glissement potentiel et classées en aléa faible ( $G_0$ ).

L'absence d'indice de mouvement de terrain décelé n'est pas une justification de l'absence d'aléa mouvement de terrain.

Compte tenu de l'objet des zones hors aléa en amont de zones de départ où des travaux pourraient aggraver la probabilité d'occurrence, il n'y a pas lieu d'y distinguer de niveaux d'aléa.

Dans les autres cas, le niveau d'aléa est qualifié à partir de la détermination de la probabilité d'occurrence et de l'intensité.

La **probabilité d'occurrence** est définie par le tableau suivant :

Tableau 7: Grille des probabilités d'occurrence des glissements de terrain

Probabilité d'occurrence	Description
Forte (go3)	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 (go2)	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.

Probabilité d'occurrence	Description
Faible (go1)	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.

La probabilité d'occurrence est considérée de même classe pour les zones de départ, d'arrivée et les auréoles de sécurité (zones déstabilisées en périphérie à court et moyen terme).

Il convient de souligner que, selon cette grille, les glissements actifs et les glissements anciens sont nécessairement classés en probabilité d'occurrence fort (go3) et que toutes les classes de probabilité peuvent caractériser des glissements potentiels (c'est-à-dire des terrains qui ne glissent pas).

La probabilité d'occurrence est considérée de même classe pour les zones de départ, d'arrivée et les auréoles de sécurité (zones déstabilisées en périphérie à court et moyen terme).

L'**intensité** est par ailleurs établie selon la logique suivante :

Tableau 8: Grille des intensités des glissements de terrain

Faible (gi1)	Modérée (gi2)	Élevée (gi3)	Très élevée (gi4)
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).

La grille fait référence à la notion de bâti « standard » et de bâti « adapté ».

Le bâti standard correspond à une construction réalisée selon les règles de l'art, sans renforcement particulier (si ce n'est vis-à-vis du risque sismique). Les fondations sont en général des semelles filantes superficielles hors gel avec un chaînage à chaque niveau de la construction, éventuellement reliés par des poteaux verticaux.

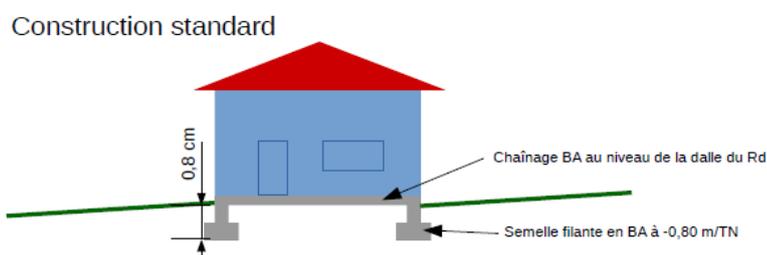


Figure 18: Bâtiment standard (maison individuelle)

La notion de bâti « adapté » sous-entend que la construction est possible pour un coût raisonnable. Reste à définir ce qu'est un « coût raisonnable » : On considérera qu'un surcoût de 10 à 15 % par rapport à un projet standard est « raisonnable ». Les fondations peuvent être plus profondes, la structure rigidifiée, associé à un drainage du sol et à du soutènement des talus.

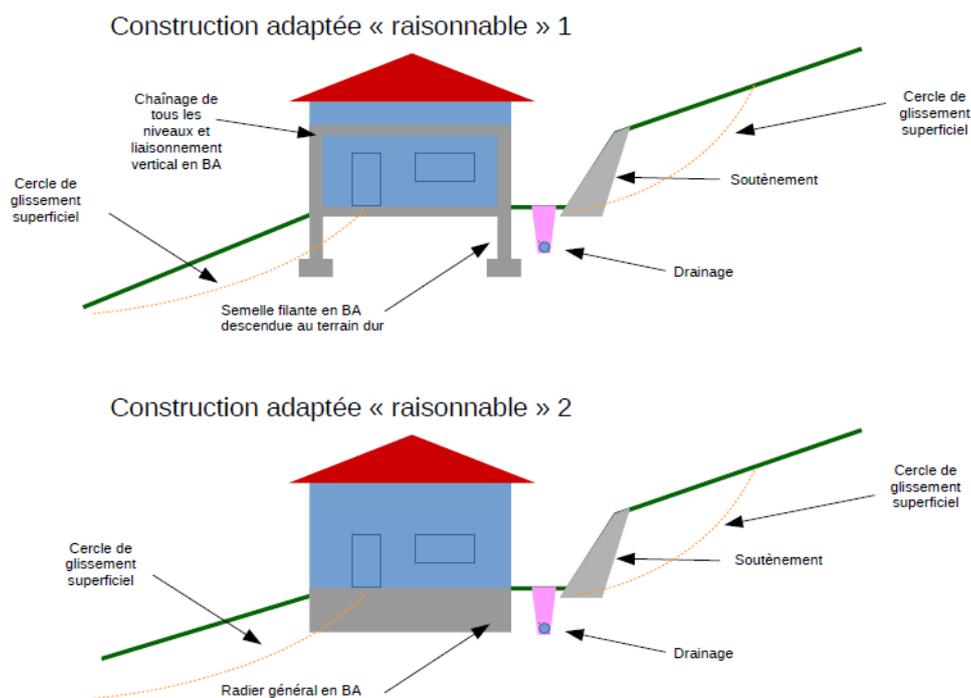


Figure 19: Bâti adapté (maison individuelle)

Les zones de départ et d'extension des coulées boueuses sont classées en considérant l'intensité élevée ou très élevée.

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

Tableau 9: Grille de qualification de l'aléa de glissement de terrain

Intensité	Faible (gi1)	Modérée (gi2)	Élevée (gi3)	Très élevée (gi4)
Probabilité d'occurrence				
Faible (go1)	Faible (G1)	Moyen (G2c)	Fort (G3c)	Très fort (G4)
Moyenne (go2)	Moyen (G2a)	Fort (G3a)	Fort (G3d)	Très fort (G4)
Forte (go3)	Moyen (G2b)	Fort (G3b)	Très fort (G4)	Très fort (G4)

L'application de cette grille montre que les glissements actifs ou anciens sont forcément classés en « aléa moyen » (G2b) ou supérieur. Le critère déterminant de l'aléa est donc, dans ce cas, l'intensité du glissement qui se traduit principalement par la profondeur du glissement et sa dynamique.

### VII.4.3. Scénarios types sur le territoire

Les terrains sur la commune de La Tronche présentent une nature à dominante argileuse, mais variable selon les formations géologiques en place (placages morainiques, marnes, colluvions sur marnes, colluvions sur calcaires, cônes d'éboulis et cônes torrentiels, etc.). D'une façon générale,

la présence d'argile en plus ou moins grande proportion est un élément défavorable pour la stabilité des pentes, compte-tenu de ses mauvaises propriétés géomécaniques. Ce matériau plastique présente en effet un angle de frottement interne faible qui limite la résistance du sol s'opposant à la gravité. Lorsque la pente du terrain dépasse cet angle, les risques de déstabilisation s'aggravent rapidement. À pente égale, un terrain s'avérera plus ou moins exposé aux glissements de terrain, selon sa teneur en argile.

La présence d'eau est également en facteur défavorable. Cet élément peut se présenter sous forme d'eau souterraine ou d'écoulement de surface. L'eau joue un rôle moteur et déclencheur dans le mécanisme des glissements de terrain. Il intervient en saturant les terrains, en agissant sur les pressions interstitielles, en lubrifiant entre elles des couches de terrain de nature différente, en provoquant des coulées boueuses, etc.

Le territoire de La Tronche présente un relief localement assez marqué s'adouissant sur le piedmont. En fonction de la nature géologique des terrains et de la pente, différents scénarios de glissement sont envisageables :

#### **VII.4.3.1. Scénario de glissement pelliculaire**

Ce type de glissement se développe sur des pentes plutôt soutenues dans les colluvions peu épaisses (inférieures au mètre) sur pentes fortes ou moyennes et sur les talus routiers. La surface de glissement est plutôt plane, bien que de petites loupes d'arrachement circulaires puissent s'y développer. Les dommages sont généralement limités sur le bâti et sur la voirie.

La probabilité d'occurrence dépend principalement de la pente et l'humidité des terrains. L'intensité est faible, ce qui se traduit par un aléa compris entre le G1 et le G2b.

#### **VII.4.3.2. Scénario de glissement superficiel**

Ce glissement se développe dans la frange d'altération des marnes et dans les moraines sur des épaisseurs qui restent généralement inférieures à deux ou trois mètres. Les dommages peuvent être significatifs au bâti non adapté et sur la voirie.

La probabilité d'occurrence dépend principalement de la pente et l'humidité des terrains. L'intensité est modérée, ce qui se traduit par un aléa compris entre le G2c et le G3b.

#### **VII.4.3.3. Scénario de glissement profond**

Ce glissement se développe dans les marnes altérées, les colluvions épaisses et les moraines. La surface de glissement est plutôt circulaire, mais le phénomène peut évoluer vers une coulée boueuse. Les volumes en jeu sont généralement importants avec des épaisseurs souvent supérieures à trois mètres. Les vitesses de déplacement peuvent être lentes, s'apparentant à un fluage. Dans les zones actives, les dommages au bâti et à la voirie sont importants.

### **VII.4.4. Événements historiques et observations de terrain**

Seuls six événements de glissement de terrain ont été identifiés dans les archives (tab. 10).

*Tableau 10: Glissements de terrain répertoriés dans les documents consultés.*

<b>Numéro de localisation</b>	<b>Date/fréquence</b>	<b>Description / observations / photos</b>	<b>Sources</b>
G.1	20/01/1995	Route de la Vierge Noire coupée à la suite de glissements partiels des berges de la rive gauche du torrent du Gorget.	RTM
G.2	35/05/1993	À La Vierge Noire, chemin de Mentonne obstrué par 10 m <sup>3</sup> de matériaux éboulés devant la maison Vial après un orage diluvien.	RTM/DL
G.3	11/01/1995	À Chantemerle, glissement de talus sur une maison avec obstruction complète de la voirie communale par environ 40 m <sup>3</sup> de terre. Le phénomène s'est produit après une pluie sur neige dans la nuit du 10 au 11.	RTM + commune
G.4	Entre le 30/01 et le 04/02/1995	À La Tour des Chiens, décrochement de 35 ares en rive droite susceptible de former un embâcle sur le Charmeyran. Phénomène consécutif à un redoux et pluies importantes sur neige.	RTM
G.5	30/01 et le 04/02/1995	200 m <sup>3</sup> de terre glissent du talus amont sur le chemin de Maubec, sur une longueur de 30 à 40 m.	RTM + commune
G.6	01 à 02 /2002	Quai Charpenay : fissuration d'un immeuble avec décrochement en pied de quelques dizaines de cm. Fissures et fontis dans les jardins de deux habitations individuelles. Affaissement de la voirie communale sur près de 200 m (phénomène récurrent nécessitant une recharge de la chaussée périodiquement).	Bibliographie

Des reconnaissances systématiques de terrain ont permis d'identifier in situ différents indices d'instabilité présents sur le territoire (fig. 27 et tab. ).

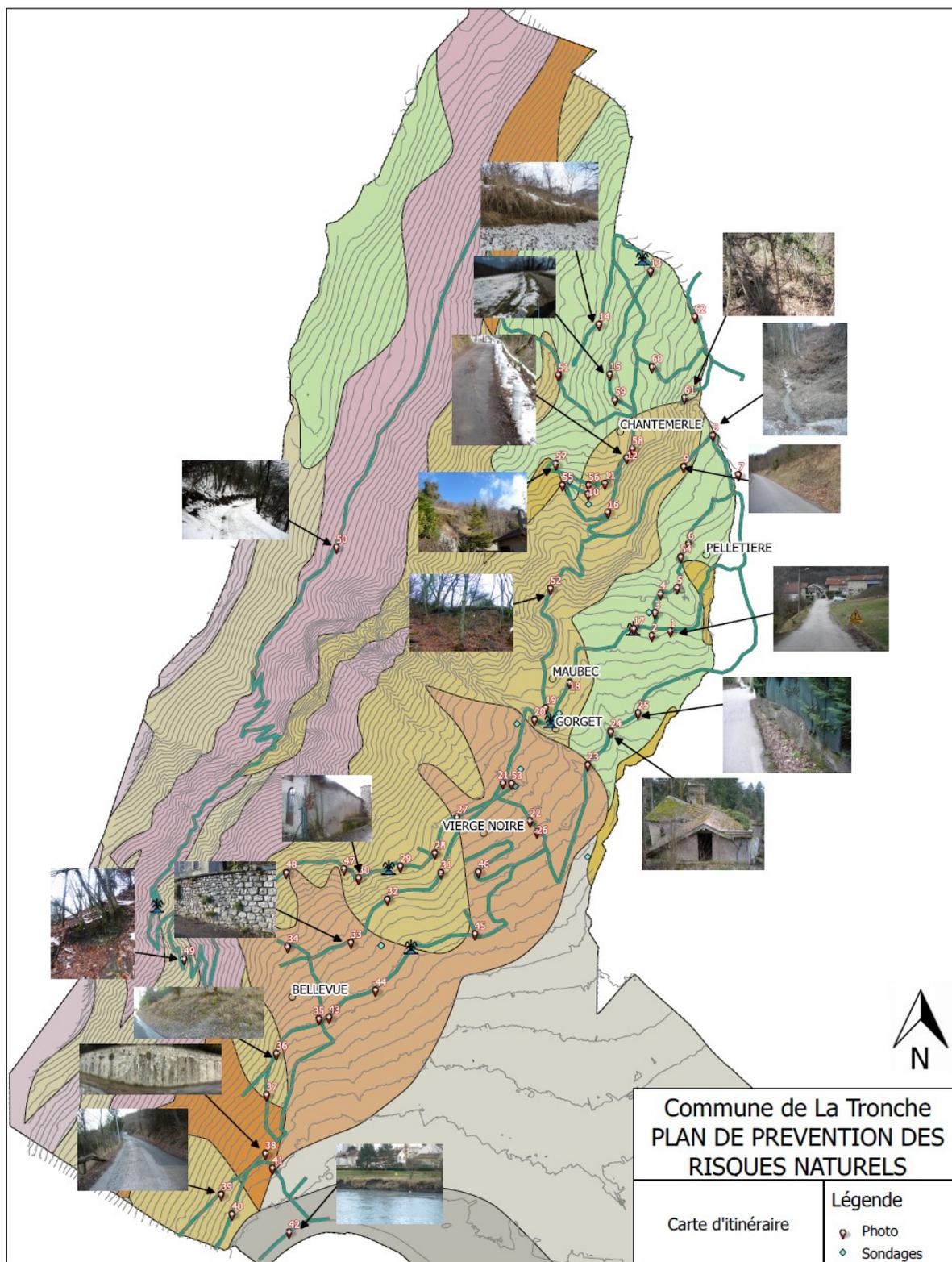


Figure 20: Localisation des principaux indices d'instabilité.

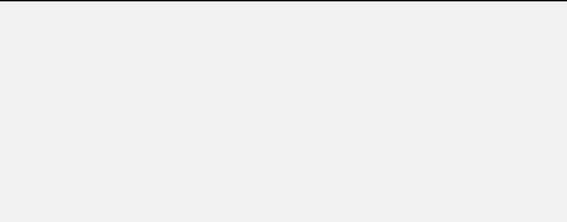
**Tableau 11: Description des indices de glissements de terrain observés.**

n°	Commentaires	Prise de vues
1	<p>Chemin de Maubec vers Pelletière</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Glissement actif (affaissement et glissement vers l'aval) ;</li> <li>• Terrain dérangé en aval du chemin impacté (bossellement, fondations des regards mises à nu) ;</li> <li>• Maison la plus proche (au niveau du virage) fissurée sur la façade donnant sur le chemin. Remarque : bâtisse voisine en simple mauvais état.</li> </ul>	
2	<p>Maison côté ouest par rapport au glissement actif (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissure inclinée sur la maison ;</li> <li>• Fissures extensives sur la route et le muret.</li> </ul>	
3	<p>Travaux de terrassement pour une maison individuelle avec garage et piscine</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Glissements et effondrements localisés des parois de la fouille ;</li> <li>• Présence d'eau en fond de fouille entre 1.5 et 3 m par rapport au terrain actuel ;</li> <li>• Mur béton, en limite amont de la future maison, légèrement bombé.</li> </ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
4	<p>Bâtiment en amont avec paroi ferrillée.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Longue niche d'arrachement étendue dans le jardin.</li> </ul>	
5	<p>Mur présent sur le sentier longeant la propriété (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissure verticale (extension et léger décrochement) sur le mur à droite du sentier, en montant.</li> </ul>	
6	<p>Sentier au-dessus des vignes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Déchaussement des fondations des piliers de la barrière entraînant leur basculement. Compression de certaines barres horizontales d'où éclatement du béton et aciers tordus ;</li> <li>• Arbres inclinés sur la parcelle et terrain bombé dans le bas ;</li> <li>• Venues d'eau importantes (fuite au niveau d'un ouvrage à proximité de la maison donnant sur les vignes) ;</li> <li>• Base des regards visible en amont du chemin (affaissement, érosion ?) ;</li> <li>• Rigole et trou en travers du chemin, dans le virage derrière la maison ;</li> <li>• Érosion en aval du chemin après le virage.</li> </ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
7	<p>À l'arrivée sur le chemin de Chantemerle</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Érosion en aval de la route.</li></ul>	
8	<p>En aval de La Tour-des-Chiens</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Instabilité au niveau des berges. Pur – ge des arbres pour le passage d'une ligne électrique.</li></ul>	
9	<p>En continuant sur la route</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Fissuration le long de la route due à un affaissement ;</li><li>Quelques bourrelets en aval de la route, au-dessus de la maison. On note aussi la présence de sillons agraires ;</li><li>Arrachements localisés au niveau du talus routier et en aval de la route avant le virage (soulèvement).</li></ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
10	<p>Toujours le long de la route, dans le virage au-dessus de la propriété n°31</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Entaille subverticale, large de 50 cm et parallèle à la pente ;</li><li>• Rigole profonde assez étroite juste au-dessous (pas d'eau visible).</li></ul>	
11	<p>Propriété n°32</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fissuration d'une partie de la façade.</li></ul>	
12	<p>En continuant sur la route</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fissuration et affaissement de la route, côté aval ;</li><li>• Arrachement sur le talus amont.</li></ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
13	<p>Après ferme de Gaude, dans le virage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Venues d'eau (terrain humide) et fontaine présente ;</li> <li>• Arrachement superficiel au-dessus d'une voie d'accès à gauche en montant ;</li> <li>• Fissuration inclinée sur le mur à gauche de la route, probablement par perte de la butée de pied.</li> </ul>	
14	<p>Sentier après chemin de Chantemerle en montant vers Malivert</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arrachement superficiel en amont après aménagement du sentier ;</li> <li>• Drainage en pied (tranchée de galets visible) ;</li> <li>• Venues d'eau possibles au milieu du sentier ;</li> <li>• Arrachement plus marqué après le virage au niveau de la propriété.</li> </ul>	
15	<p>Au retour sur le chemin de Chantemerle après la ferme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Venues d'eau dans le champ sur la gauche ;</li> <li>• Arrachement en amont de la route et venues d'eau.</li> </ul>	
16	<p>Un peu plus bas à l'extrémité du petit sentier descendant depuis le (12)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maison assez proche de la pente ;</li> <li>• Arrachement au-dessus du bâtiment dans le virage.</li> </ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
17	<p>Au retour sur le chemin de Maubec après le glissement (1)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fontaine présente sur la gauche.</li></ul>	
18	<p>En continuant sur le chemin de Maubec</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Présence de quelques fissures parallèles au chemin de MAUBEC.</li></ul>	
19	<p>En continuant la route vers l'arrêt Le Gorget</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fontaine présente sur la droite ;</li><li>• Fissure verticale dans le mur au-dessus de la maison du sculpteur dans le chemin à droite.</li></ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
20	<p>Virage juste avant le seuil</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Chute de pierres au niveau de l’affleurement marneux sur la droite.</li></ul>	
21	<p>Avant le gué et le canal aménagé</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fissures superficielles dans le mur à droite ;</li><li>• Affaissement de la route (partie aval en face).</li></ul>	
22	<p>Chemin de Mentonne à La Vierge Noire</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mouvements notables entre le mur et la route ;</li><li>• Fissure structurelle sur la maison à gauche avant le feu tricolore).</li></ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
23	<p>Sur la route de CHARTREUSE</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissuration et glissement au niveau du coin d'un muret dans la combe après la Villa HERMIONE ;</li> <li>• Cunette béton détruite en aval du mur après le pont. Mouvement du muret à droite (?).</li> </ul>	
24	<p>En continuant sur la route</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissure décrochante dans le muret à droite ;</li> <li>• Fissuration présente au niveau des ruines de l'ancienne chapelle vers la combe suivante (glissement de la partie gauche de la structure).</li> </ul>	
25	<p>Toujours en suivant la route</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mur de droite bombé et fissuré, vide derrière (naturel ?) ;</li> <li>• Affaissement et bombement des murets gauche et droite, sous la maison de forme cubique, et fissuration et affaissement de la route ;</li> <li>• Ancienne fissure comblée au niveau de la maison en amont de la route, à la sortie de La Tronche.</li> </ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
26	<p>Chemin de Mentonne à La Vierge Noire</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissures verticales sur les murs des deux côtés dans toute la montée ;</li> <li>• Route bosselée ;</li> <li>• Fissure sur le mur donnant au niveau de la route en arrivant sur le chemin du MONT VI-NOUX.</li> </ul>	
27	<p>Au début du chemin de La Pinotte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mur déformé (ventre) sur la droite après l'intersection ;</li> <li>• Mur déformé vers le n°4 (charges de la maison ?) ;</li> <li>• Fissure en travers de l'escalier à gauche de la route et sur les murets de chaque côté ;</li> <li>• Maison aux volets bleus bombée.</li> </ul>	
28	<p>En continuant, après la chapelle</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissures verticales présentes sur le mur de gauche ;</li> <li>• Terrain bosselé dans la forêt à droite avec arbres inclinés, présence d'un trou (diamètre de 3 m et hauteur de 1 m). Episodes de glissement (?).</li> </ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
29	<p>En continuant en direction de la propriété en travaux</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fissures verticales sur le mur de droite qui continuent sur la route ;</li> <li>• Un peu après, léger affaissement et fissures longitudinales de la route ;</li> <li>• Large fissure verticale puis horizontale à l'entrée de la propriété, sur le bâtiment à gauche (affaissement ?) ;</li> <li>• Fissures inclinées sur le muret à gauche du chemin en longeant le bâti, fissuration du chambranle en haut ;</li> <li>• Anciens murs effondrés à droite ;</li> <li>• Arbres penchés et petite niche d'arrachement en amont, terrain assez bosselé en aval. Signes d'érosion (?)</li> </ul>	
30	<p>En continuant le long du chemin</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arrachements en partie droite ;</li> <li>• Présence d'affleurements marneux ;</li> <li>• Sol très humide, passage d'eau avant le virage, en amont.</li> </ul>	
31	<p>Chemin de La Vierge Noire</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cassure de pente en aval du chemin ;</li> <li>• Fissuration verticale au niveau du mur de droite se prolongeant sur la route, vers le n°10 ;</li> <li>• Glissement en aval dans la forêt ;</li> <li>• Pas de glissement apparent dans le terrain en aval de la propriété (29). Le manoir est conforté par une paroi clouée en fin de réalisation.</li> </ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
32	<p>Aménagement de la future voie d'accès à la propriété (29)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Terrassement de 2 à 3 m subvertical. Léger glissement observé. Pose de gabions thermosoudés comme soutènement ;</li><li>• Un peu après, mur de gauche fissuré verticalement et route bosselée.</li></ul>	
33	<p>En prenant le chemin de Noyarey</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Basculement du mur de droite, fissure horizontale dans la partie supérieure (origine structurale ?) ;</li><li>• Route légèrement enfoncée dans la partie droite (réseaux) ;</li><li>• Fissures inclinées et rebouchées au mortier sur un mur à droite.</li></ul>	
34	<p>Sentier immédiatement à droite</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mur fissuré et bosselé.</li></ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
35	<p>En redescendant le sentier juste avant la seconde intersection</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mur fissuré quasi verticalement, à gauche ;</li><li>• Muret fissuré à deux reprises dans le petit virage sous BELLEVUE.</li></ul>	
36	<p>Au niveau de la route à droite</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Affleurement et arrachement dans la partie amont ;</li><li>• Fissuration du muret gauche et du mur en face (vertical) un peu après vers les n°40 et 42.</li></ul>	
37	<p>En prenant le petit chemin qui descend (après avoir fait demi-tour)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ancien mur (construction réalisée en plusieurs étapes ? dégradation ?).</li></ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
38	<p>En continuant à droite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plusieurs fissures parallèles et inclinées sur le mur de droite ;</li> <li>• Fissures en « chapeau » au-dessus d'une extension ;</li> <li>• Fissures dans le muret en face, au niveau du virage.</li> </ul>	
39	<p>En montant le chemin de La Bastille</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Route fissurée et affaissée du côté gauche, arbres penchés en aval ;</li> <li>• Basculement et fissuration du muret gauche et du mur en face, quasi verticalement ;</li> <li>• Basculement du talus aval au niveau des travaux ;</li> <li>• Pavage bosselé un peu plus loin, à l'entrée d'une maison à gauche, fissure dans un muret sous une maison, en face ;</li> <li>• Fissuration inclinée du muret à droite, au n°32, affaissement de la route, côté gauche.</li> </ul>	
40	<p>En redescendant et en prenant à droite de l'intersection</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muret gauche légèrement penché et affaissement de la route ;</li> <li>• Fissuration du muret à gauche sous le n°36, du muret à droite au n°38 ;</li> <li>• Petit glissement du talus amont, en revenant vers le n°32 ;</li> <li>• Fissuration du muret au-dessus du poulailler.</li> </ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
41	<p>En descendant le chemin de La Poterie</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fissures verticales sur les murets à gauche et à droite ;</li><li>• Hangar fissuré ;</li><li>• Légère fissuration verticale sur les maisons à gauche et à droite avant le feu tricolore (origine structurelle).</li></ul>	 Une photographie montrant un mur en béton grisâtre. Une fissure verticale nette traverse le mur. À gauche, une partie d'un conteneur vert est visible. Au bas du mur, il y a un trou circulaire et du gravier.
42	<p>En descendant jusqu'à la rive droite de l'Isère</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Instabilité des deux berges (et fissuration de la route ?).</li></ul>	 Une vue d'une rivière, l'Isère, qui s'écoule entre des berges. La rive droite est couverte de roseaux secs et d'herbes. En arrière-plan, on voit des bâtiments et un pont.
43	<p>Sur le chemin du Coteau vers le n°16 (après avoir fait demi-tour)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Muret droit fissuré verticalement, plusieurs fois ;</li><li>• Route affaissée à droite (réseaux ?) ;</li><li>• Fissure verticale au n°12, à gauche.</li></ul>	 Une photographie d'un muret en béton qui semble fissuré. À côté, une route asphaltée est affaissée et présente des fissures. Une clôture en grillage vert est visible en arrière-plan.

n°	Commentaires	Prise de vues
44	<p>En continuant sur le chemin</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fissures verticales à gauche et à droite jusqu'à la fontaine (n°30, 28, 24, 23 et en face).</li></ul>	
45	<p>A gauche avant la route de Chartreuse</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fissures verticales sur la maison à droite en montant ;</li><li>• Anciennes fissures avec barres métalliques de confortement, en redescendant, sur le mur de gauche.</li></ul>	
46	<p>Dans le virage Nord au lotissement Saint-Germain</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bourrelets côté forêt à gauche de la villa avec un mur en béton.</li></ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
54	<p>Au-dessus des vignes, sur le sentier</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une rigole a été creusée pour l'eau, entre la source et un regard.</li> </ul>	
55	<p>Chemin de Chantemerle vers n°27</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arrachement en amont de la route, vers le virage, en face du mur de soutènement ;</li> <li>• Arrachements superficiels en amont du chemin un peu plus loin.</li> </ul>	
56	<p>Chemin de Chantemerle vers n°46</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1er témoignage : glissement dû à des travaux de terrassement et importantes venues d'eau (2014) ;</li> <li>• Possible arrachement au niveau de la zone boisée, rupture de pente ;</li> <li>• Arrachement superficiel en amont à droite, dans le bas du talus, venue d'eau canalisée mais pas d'exutoire, tuyau mis à nu.</li> </ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
57	<p>En continuant sur le sentier (impasse) vers les deux derniers bâtis</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2e témoignage : glissement datant des années 80, suite à une période pluvieuse et travaux d'élargissement de la voie d'accès. Environ 2000 m<sup>3</sup>. Protection : mur cantilever pour la maison et muret de soutènement pour bâtisse en contrebas. Revégétalisation naturelle et tranchée drainante de 6 à 7 m de large.</li> </ul>	
58	<p>Toujours sur le chemin (après avoir fait demi-tour)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terrain très raide en aval et arbres penchés ;</li> <li>• Route affaissée après le virage, avant l'élevage de poules.</li> </ul>	
59	<p>En amont du chemin vers les poulaillers</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arrachement superficiel ;</li> <li>• 3e témoignage (agriculteur) : nombreuses venues d'eau.</li> </ul>	

n°	Commentaires	Prise de vues
60	<p>Sentier descendant à La Tour-des-Chiens</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arrachements superficiels en amont du chemin, après le virage jusqu'en bas ;</li> <li>• Venues d'eau et arrachement derrière le mur de soutènement ;</li> <li>• Venue d'eau aboutissant dans un regard vers le n°26.</li> </ul>	
61	<p>A proximité de La Tour-des-Chiens</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Possible arrachement (aval du château) après la rupture de pente ;</li> <li>• 4e témoignage : glissement et effondrement partiel d'un mur sur une vingtaine de mètres, il y a 4 ans, au printemps. Glissement sur le versant en face, après élagage des arbres ;</li> <li>• En traversant le ruisseau, dans la forêt, arrachement de 0,5 à 1 m en direction de la forte pente. Ce glissement, d'une extension de plusieurs dizaines de mètres, se serait produit de manière instantanée.</li> </ul>	 

n°	Commentaires	Prise de vues
62	<p>En remontant le chemin des Combes</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Arrachement superficiel à droite juste après l'intersection puis un peu plus loin, toujours à droite ;</li><li>• Arrachement superficiel sous les arbres, à gauche en remontant, au niveau du comblement par des arbres d'une « tranchée » naturelle (eau) ;</li><li>• Petit glissement circulaire en amont en arrivant vers le gros ruisseau, et autre arrachement plus loin vers la barrière de la première propriété privée rencontrée.</li></ul>	 A photograph showing a steep, eroded slope covered with dry, yellowish-brown grass. The ground is uneven and rocky, with some loose soil and small stones visible. The scene appears to be a natural erosion site or a potential landslide area.

### VII.4.5. L'aléa

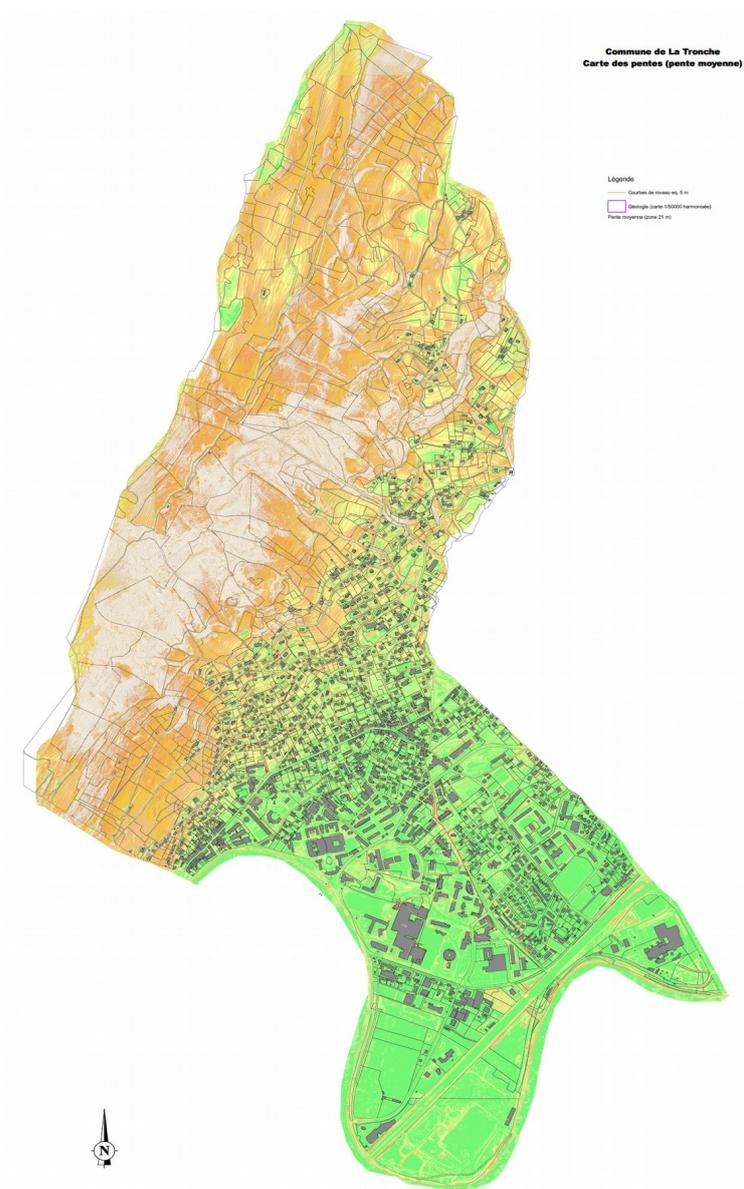
L'aléa de glissement de terrain a été qualifié selon la méthodologie exposée (voir chapitre VII.4.2).

#### VII.4.5.1. La probabilité d'occurrence

Cette composante de l'aléa est définie en fonction de divers paramètres morphologiques et géotechniques. Ces derniers ne peuvent être appréciés que par des études géotechniques ponctuelles ou à dire d'expert.

La pente, qui est un élément essentiel pour la détermination de la probabilité d'occurrence des glissements de terrain a été prise en compte à partir des observations de terrain et d'un modèle numérique de terrain (MNT) détaillé traité pour établir une carte des pentes (fig. 21).

Les études géotechniques disponibles ont été exploitées dans la mesure où elles apportent des éléments utiles pour la qualification de l'aléa.



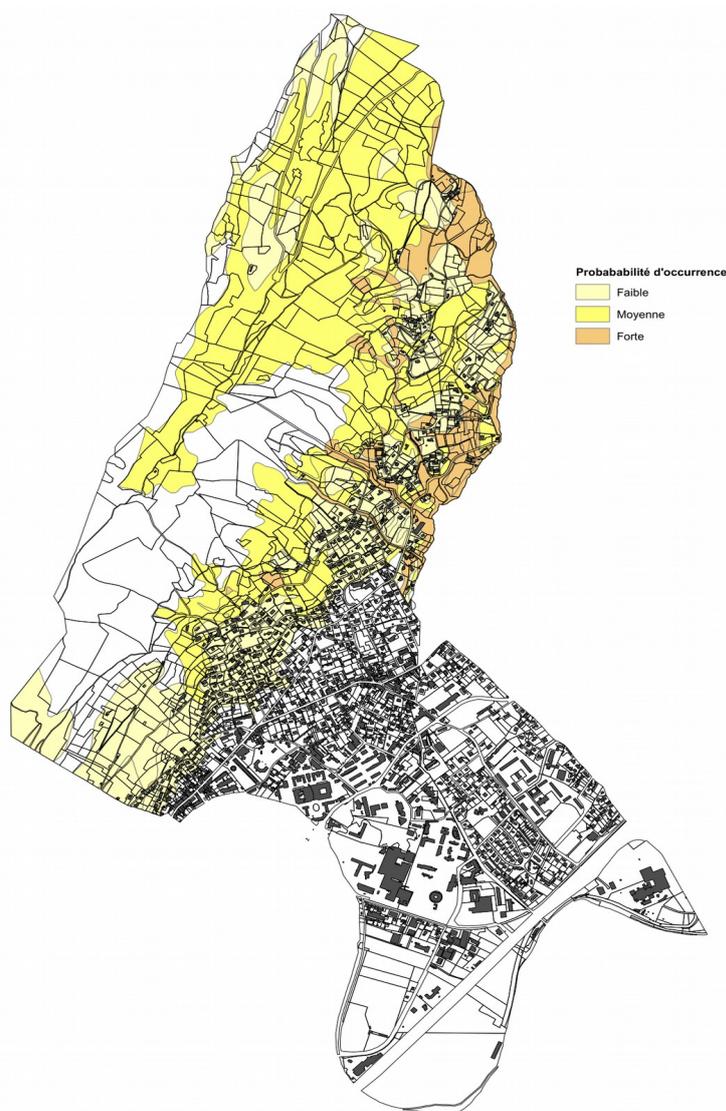


Figure 22: Carte des probabilité d'occurrence des glissements de terrain

#### VII.4.5.2. L'intensité

L'intensité du glissement de terrain est appréciée au regard des désordres probables sur un bâti standard (bâti respectant les règles de l'art) et un bâti adapté (bâtiment « durci » pour résister à un glissement peu profond ou suffisamment lent) en cas de survenance du phénomène de référence.

L'appréciation de l'intensité est donc guidée par deux principaux paramètres :

- l'activité des glissements de terrain : les glissements actifs sont systématiquement classés en intensité très forte (sauf s'ils sont pelliculaires) ;
- l'épaisseur des terrains meubles susceptibles de glisser : il est en particulier considéré qu'un renforcement de bâtiment impliquant de rechercher une fondation profonde ou d'avoir recours à des confortements profonds (par exemple paroi ancrée) ne constitue pas un bâti adapté mais plutôt un bâtiment à fondations spéciales.

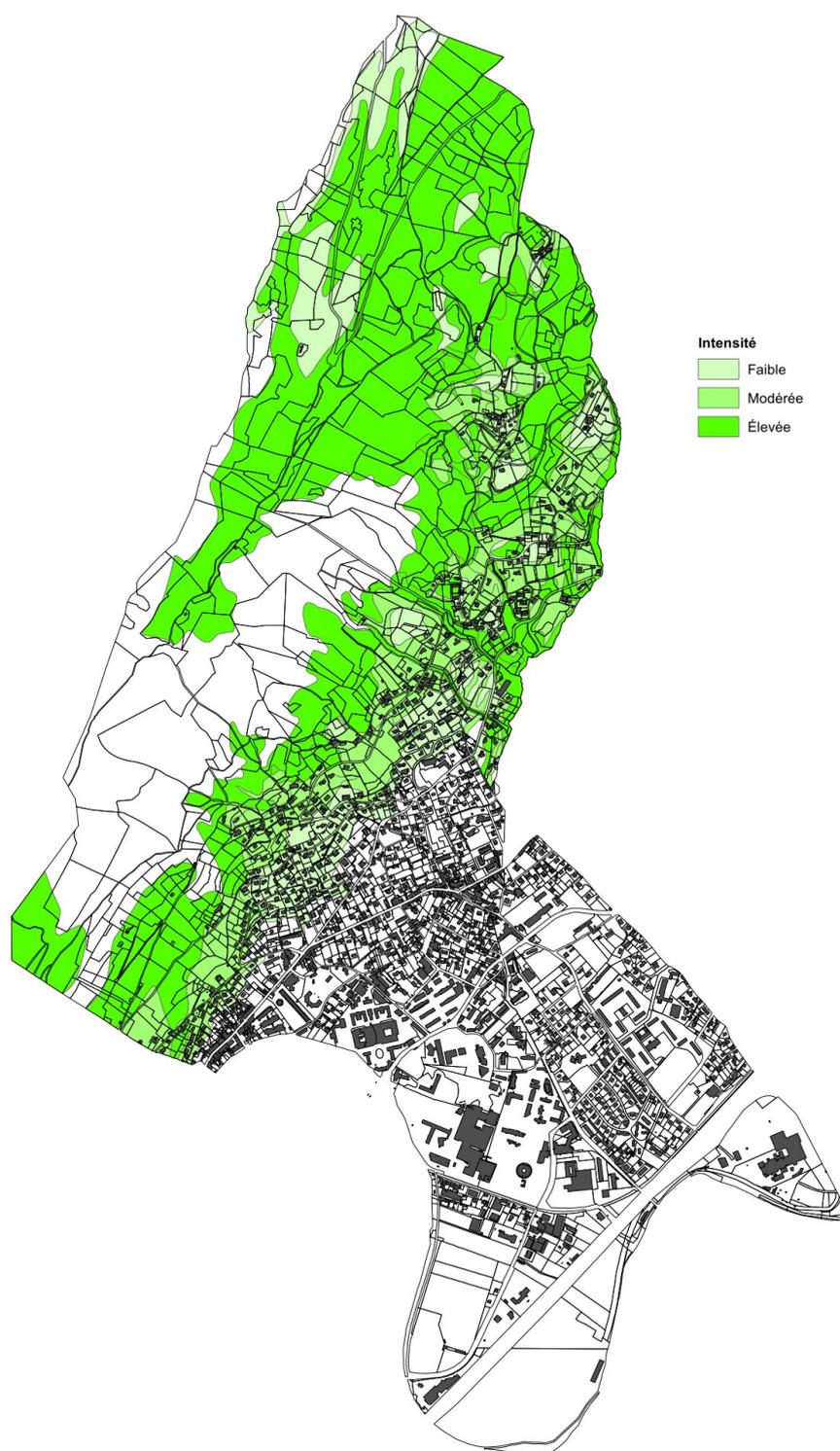


Figure 23: Carte des intensité des glissements de terrain

### **VII.4.5.3. Qualification de l'aléa**

La cartographie de l'aléa de terrain résulte du croisement des paramètres « probabilité d'occurrence » et « intensité » selon la grille présentée au chapitre VII.4.2.

Il en ressort que les glissements anciens ou actifs de Bâtonnières, Chantemerle, Maubec, ainsi

que les berges du Charmeyran, de Pierre-Mode et du Gorget sont classés en **aléa très fort de glissement de terrain (G4)**.

Les versant calcaires et marneux ou encore les placages morainiques et les éboulis argileux sur pente fortes ou moyennes, en particulier dans les contextes d'hydromorphie marquée, les abords du torrent de la Vierge-Noire, sont classés en **aléa fort de glissement de terrain (G3)**.

Lorsque la pente s'adoucit, souvent dans un contexte mieux drainé, ces mêmes terrains sont classés en **aléa moyen de glissement de terrain (G2)**, de même que les formations des cônes d'éboulis et de déjection, au débouché des combes sur pente fortes.

Sur pentes modérées, ces mêmes terrains sont classés en **aléa faible de glissement de terrain (G1)**.

#### **VII.4.5.4. Prise en compte des murs de soutènements**

Les murs de soutènement ne sont pas des ouvrages de protection, mais des ouvrages de prévention. En effet, ils n'ont pas vocation à retenir un glissement de terrain mais plutôt à l'empêcher de se produire. Sur la commune de La Tronche, il existe un grand nombre de murs de soutènement, souvent privés, limitant les propriétés ou aménagés pour « casser » la pente. Certains sont hauts de plusieurs mètres et leur stabilité à long terme n'est pas garantie.

Toutefois, nous ne disposons pas des informations nécessaires pour évaluer précisément cette stabilité et les murs de soutènement ne sont donc pas pris compte dans la qualification de l'aléa de glissement de terrain.

## **VII.5. Les chutes de pierres et de blocs**

### **VII.5.1. Définition**

Ce phénomène correspond à la chute d'éléments rocheux d'un volume unitaire compris entre quelques centimètres cubes et quelques dizaines de mètres cubes. Le volume total mobilisé lors d'un épisode donné est inférieur à un millier de mètres cubes. Au-delà, on parle d'écroulements en masse et le phénomène n'est pris en compte seulement s'il est prévisible (indices manifestes).

Pour faciliter la lecture du document, l'aléa de chutes de pierres et de blocs pourra être désigné comme aléa de chutes de blocs ; la référence aux chutes de pierres ne sera faite que lorsque ce type de phénomène est prépondérant.

La possibilité de phénomènes de chutes de pierres et/ou de blocs résulte de la présence de zones de départ potentielles (présence de falaises, d'escarpements rocheux ou de blocs dispersés dans des pentes soutenues).

### **VII.5.2. Principes de qualification de l'aléa**

L'aléa de chutes de pierres ou de blocs est qualifié à partir d'un scénario de référence, caractérisé par une probabilité d'occurrence et une intensité. Un scénario de référence est défini pour chaque secteur homogène identifié au sein des zones potentiellement concernées par le phénomène.

Par analogie avec les autres phénomènes et conformément aux directives nationales, le plus fort

phénomène historique survenu dans un secteur homogène constitue le scénario de référence. Pour les chutes de pierres et de blocs, la notion de plus fort phénomène observé fait référence à la distance de propagation la plus longue et au volume maximal des blocs. Les éboulements en masse et les écroulements sont exclus de cette analyse, mais il peut exister une incertitude quand au phénomène à l'origine des blocs observables. En cas de doute, l'hypothèse la plus conservative est retenue.

En l'absence de phénomène historique le scénario de référence est défini à partir des caractéristiques des zones de départ et du versant. Ces caractéristiques sont appréciées à dire d'expert, par analogie avec des zones comparables du point de vue morphologique et géologique. Le scénario de référence doit correspondre à un phénomène dont l'apparition est considérée comme probable<sup>6</sup> au cours des cent prochaines années.

### **VII.5.2.1. Notion de secteur homogène**

Un secteur potentiellement exposé aux chutes de pierres et de blocs est constitué par une zone de départ potentielle, une zone de propagation et une zone d'arrêt. L'extension latérale d'un secteur homogène est définie par la morphologie du versant et l'extension de la zone de départ. Il peut ainsi être limité par un talweg marqué, une crête ou l'éloignement par rapport à la zone de départ identifiée.

Des secteurs homogènes peuvent localement se chevaucher notamment dans la partie basse des versants (zones de propagation et d'arrêt) ou si des zones de départ sont situées dans l'emprise de zones potentiellement exposées aux chutes de pierres et de blocs provenant d'autres zones de départ.

Les scénarios de référence sont définis par secteur homogène en intégrant notamment les aspects suivants :

- Le point ou les points de départ considérés comme représentatifs de la zone de départ.
- La classe de volume des blocs pouvant provenir de la zone de départ. On peut, si nécessaire définir plusieurs scénarios correspondant à des classes de volume différentes.
- Une estimation de la fréquence des chutes de blocs appartenant à la classe de volume considérée.
- La dynamique probable du phénomène (chute de bloc isolé ou d'une masse susceptible de se fragmenter en blocs appartenant à la classe de volume considérée.
- La possibilité d'éboulement mobilisant des masses d'un volume total supérieur à 100 m<sup>3</sup>.

### **VII.5.2.2. Notion de probabilité d'occurrence**

Pour les chutes de pierres et de blocs, la probabilité d'occurrence du phénomène en un point donné est définie par la combinaison de l'activité des zones de départ et de la probabilité d'atteinte du point considéré.

---

<sup>6</sup> Ce terme n'est pas employé ici dans son acception mathématique. Aucune probabilité statistique n'est associé à l'apparition du phénomène de référence,

### a. Activité des zones de départ

L'activité des zones de départ correspond au nombre de blocs, conformes au scénario de référence, tombant sur une période de temps donnée (100 ans). Elle est évaluée à partir des traces de départ visibles, du nombre des blocs observés dans la pente et d'observations faites dans des contextes géologiques et topographiques similaires. L'activité est quantifiée par un indice (indice d'activité), défini dans le tableau 12, qui reprend les indications du document de référence établi par le service instructeur (version octobre 2016).

#### Remarques.

L'indice d'activité se rapporte à la zone de départ et non au versant (zones de propagation et d'arrêt). Une prise en compte directe du nombre de blocs situés dans ces zones impliquent l'intégration de la notion de probabilité d'atteinte dans l'indice d'activité, hors ces facteurs sont méthodologiquement considérés comme indépendants. Si le dénombrement des blocs observables est utilisé pour la détermination de l'indice d'activité, une correction intégrant la probabilité d'atteinte de la zone où se situent les blocs doit être apportée.

L'appréciation de l'indice d'activité est qualitative. Son estimation quantitative implique une datation des blocs, des impacts et des zones de départ. Cette datation, si elle est théoriquement possible par le biais de diverses méthode (croissance des lichens, dendrochronologie, etc.), ne peut être mise en œuvre pour les études opérationnelles de qualification de l'aléa.

Tableau 12: Définition de l'indice d'activité des zones de départ.

Indice d'activité	Nombre indicatif de départ sur 100 ans	Définition
Faible	1	De l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les 100 ans
Moyen	10	De l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les 10 ans
Fort	100	De l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les ans

### b. Probabilité d'atteinte

La probabilité qu'un bloc, conforme au scénario de référence et se détachant d'une zone de départ atteigne un point donné est conditionnée par de multiples facteurs : la morphologie du versant (pente, concavité ou convexité, etc.), les caractéristiques des formations superficielles (capacité à absorber l'énergie d'impact du bloc), la rugosité du versant, la forme du bloc, etc.

Cette probabilité peut être estimée à dire d'expert, par le biais de modélisations trajectographiques ou par une approche pseudo-déterministe reposant sur le concept de ligne d'énergie (voir ). C'est cette approche qui a été retenue par le service instructeur pour la qualification de l'aléa de chutes de pierres et de blocs.

La mise en œuvre de la méthode de la ligne d'énergie implique, pour chaque secteur homogène, la détermination de quatre angles de ligne d'énergie, correspondant à diverses probabilités d'atteinte définies dans le tableau 13. On distingue un angle de référence, qui correspond à une probabilité d'atteinte moyenne (tab. 13), à partir duquel les autres angles seront définis selon des règles

simples (tab. 14) dépendant des caractéristiques du secteur homogène concerné. La valeur de l'angle de référence et les règles déterminant les autres angles à partir de celui-ci sont des caractéristiques du scénario de référence pour un secteur homogène donné.

Tableau 13: Probabilité d'atteinte et angle de ligne d'énergie.

Angles de ligne d'énergie	Probabilité d'atteinte
angle $\beta_1$	Très forte
angle $\beta_2$ (angle de référence)	Forte
angle $\beta_3$	Moyenne
angle $\beta_4$	Faible

La détermination de l'angle de référence est faite à partir de trois éléments complémentaires :

1. L'existence d'un phénomène historique définissant le scénario de référence (cf. chapitre VII.5.2, page 71). L'angle de référence est alors choisi de manière à être inférieur ou égal à l'angle de ligne d'énergie minimal des points atteints.
2. Les caractéristiques morphologiques du versant. Les valeurs des angles de ligne d'énergie sont fortement corrélées avec la topographie et des plages de valeurs d'angle sont définies par type de versant. Cette analyse repose pour partie sur des similitudes avec des sites pour lesquels des informations plus complètes sont disponibles.
3. La mise en œuvre de modèles trajectographiques simplifiés ou l'analyse critique de modélisations antérieures, fournissant une analyse statistique de la répartition des points d'arrêt de blocs conformes au scénario de référence.

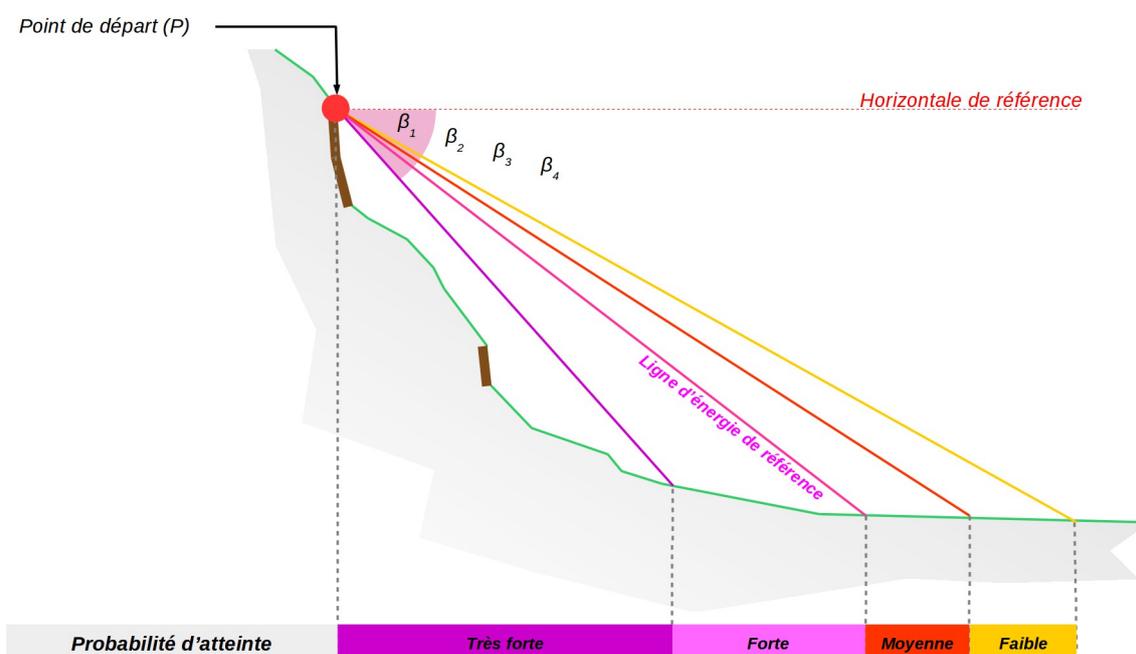


Figure 24: Définition des probabilités d'atteinte en fonction des lignes d'énergie.

Tableau 14: Détermination des angles de ligne d'énergie à partir de l'angle de référence.

Angles de ligne d'énergie	Règles d'évaluation	Valeurs indicatives des paramètres
angle $\beta_1$	$\beta_3 + a$	$2^\circ \leq a \leq 5^\circ$
angle $\beta_2$	-	Angle de référence
angle $\beta_3$	$\beta_2 - b$	$1^\circ \leq b \leq 3^\circ$
angle $\beta_4$	$\beta_2 - c$	$2^\circ \leq c \leq 5^\circ$
a, b, c sont caractéristiques d'un secteur homogène et plus généralement d'un type de versant.		

Des valeurs indicatives des angles de ligne d'énergie ont été proposées par le groupe de travail MEZAP et ont été reprises par le document de référence du service instructeur. Ces valeurs sont reprises dans le tableau II est essentiel de noter que ces valeurs ne sont applicables que dans un contexte topographique donnée et ne sont donc pas applicables systématiquement à la commune de La Tronche.

La probabilité d'occurrence est déterminée en tout point à partir de l'indice d'activité et de la probabilité d'atteinte selon les règles définies par le tableau 15.

Tableau 15: Détermination de la probabilité d'occurrence en fonction de la probabilité d'atteinte et de l'indice d'activité.

		Probabilité d'atteinte			
		Faible	Moyenne	Forte	Très Forte
Indice d'activité	Faible	Faible	Modéré	Élevée	Très Élevée
	Moyen	Modéré	Modéré	Élevée	Très Élevée
	Fort	Modéré	Élevée	Élevée	Très Élevée
<i>Source : DDT de l'Isère – Document de référence version octobre 2016</i>					

Des chutes de pierres et de blocs peuvent affecter des secteurs qui ne peuvent être analysés selon la méthode présentée ci-dessus. C'est notamment le cas pour les versants présentant de très nombreuses petites zones de départ potentielles (escarpements rocheux métriques, pierres et blocs isolés pouvant être remis en mouvement, etc.) ou des petits escarpements rocheux dont la hauteur n'excède pas quelques mètres (4 à 5 m) surmontant des zones planes (talus rocheux par exemple).

La probabilité d'occurrence est alors définie à dire d'expert, soit directement (sans application du tableau 15), soit à partir d'une évaluation de la probabilité d'atteinte et par application du tableau 15.

### VII.5.2.3. Notion d'intensité

Pour les chutes de pierres et de blocs, l'intensité du phénomène est proportionnelle à l'énergie cinétique des pierres ou des blocs dans la zone considérée. Cette énergie cinétique ne pouvant être estimée quantitativement sans faire appel à des techniques de modélisation, l'intensité est estimée qualitativement à partir du volume des éléments rocheux. Cette simplification est possible dans la mesure où l'énergie cinétique des blocs est proportionnelle à leur masse et que la masse volumique des roches varient très peu pour une zone de départ donnée.

Le tableau 16 définit l'indice d'intensité du phénomène en fonction des volumes de pierres ou des blocs pris en compte dans le scénario de référence. Pour faciliter l'analogie avec d'autres phénomènes – et notamment les glissements de terrain – une interprétation de cet indice en termes de dommage probable sur une construction standard est proposée.

Tableau 16: Définition de l'indice d'intensité en fonction du volume des pierres ou des blocs.

Indice d'intensité	Description	Potentiels de dommages
Faible	Le volume unitaire pouvant se propager est inférieur à 0,25 m <sup>3</sup> .	Pas de dommage au gros œuvre. Peu ou pas de dommages aux éléments de façade.
Modéré	Le volume unitaire pouvant se propager est supérieur ou égal à 0,25 m <sup>3</sup> mais inférieur à 1 m <sup>3</sup> .	Dommages au gros-œuvre sans ruine. Intégrité structurelle sollicitée.
Élevée	Le volume unitaire pouvant se propager est supérieur ou égal à 1 m <sup>3</sup> mais inférieur à 10 m <sup>3</sup> .	Dommage important au gros-œuvre. Ruine probable. Intégrité structurelle remise en cause.
Très Élevée	Le volume unitaire pouvant se propager dépasse 10 m <sup>3</sup> .	Destruction du gros-œuvre. Ruine certaine. Perte de toute intégrité structurelle.

Source : DDT de l'Isère – Document de référence version octobre 2016

### VII.5.2.4. Principe général de qualification de l'aléa

Le niveau d'aléa de chutes de pierres et de blocs est déterminé en fonction de la probabilité d'occurrence et de l'indice d'intensité selon les règles définies par le tableau 17.

Tableau 17: Définition du degré d'aléa de chutes de pierres et de blocs en fonction de la probabilité d'occurrence et de l'indice d'intensité.

Aléa		Intensité				Phénomène de grande ampleur
		Faible	Modérée	Élevée	Très élevée	
		Bloc <0.25m <sup>3</sup>	0.25m <sup>3</sup> < Bloc < 1m <sup>3</sup>	1m <sup>3</sup> < Bloc < 10m <sup>3</sup>	Bloc >10m <sup>3</sup>	
Probabilité d'occurrence	Faible	Faible (P1)	Moyen (P2)	Fort (P3)	Fort (P3)	Très fort aggravé (P5)
	Modérée	Faible (P1)	Moyen (P2)	Fort (P3)	Fort (P3)	
	Élevée	Moyen (P2)	Fort (P3)	Fort (P3)	Très fort (P4)	
	Très élevée	Fort (P3)	Fort (P3)	Très fort (P4)	Très fort (P4)	

Source : DDT de l'Isère – Document de référence version octobre 2016

L'aléa très fort aggravé (tab. 17, « P5 ») correspond à des phénomènes généralement exclus des scénarios de référence (écroulement en grande masse). Aucun indice de phénomène de ce type n'ayant été identifié, cet aléa ne concerne pas la commune de La Tronche.

#### VII.5.2.5. Zones spécifiques

Les principes de qualification de l'aléa de chutes de pierres et de blocs exposés ci-dessus permettent une cartographie de l'essentiel des zones exposées à ce phénomène. Cette démarche peut/doit néanmoins être complétée par la prise en compte de deux types de zones spécifiques : les zones potentiellement concernées par le recul des falaises et des escarpements rocheux et les zones dans lesquelles des interventions humaines peuvent conduire à une aggravation de l'aléa.

##### a. Zones exposées à un aléa de recul de falaise

Les zones correspondant au recul prévisible des falaises et escarpements rocheux au cours des cent prochaines années sont identifiées spécifiquement sur la carte des aléas. Elles sont exposées à un aléa unique, assimilé à un aléa fort, et identifiées par l'indice P3r.

L'extension de ces zones est définie à dire d'expert, sauf si le contexte justifie le recours à une estimation des taux de recul annuels moyens et que les données nécessaires sont disponibles. Il est notamment indispensable de disposer de photographies aériennes offrant une définition suffisante et couvrant une période assez longue pour permettre une analyse diachronique pertinente (plusieurs décennies à minima).

##### b. Zones d'aggravation potentielle de l'aléa

Les zones non exposées à l'aléa, mais où des aménagements pourraient aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux, sont considérées comme exposées à un aléa spécifique unique, et identifiées par l'indice P0.

Ces zones sont délimitées à dire d'expert, en fonction du contexte géologique et topographique et des données disponibles.

### **VII.5.2.6. Modalités de prise en compte d'éléments complémentaires**

La forêt, le bâti existant et les éventuels ouvrages de protection peuvent avoir une incidence sur les chutes de pierres et de blocs. Les modalités d'intégration de ces trois éléments sont présentés dans les paragraphes suivants.

#### **a. La forêt**

La forêt située dans les zones de propagation et d'arrêt des pierres et des blocs peut contribuer à limiter l'aléa induit par les chutes de pierres et de blocs.

Par principe, l'aléa de chutes de pierres et de blocs est toutefois qualifié sans tenir en compte de l'éventuel rôle protecteur de la forêt. Ce principe est justifié par l'impossibilité de garantir la pérennité d'un boisement présentant des caractéristiques de nature, densité et de maturité qui lui confèrent une fonction de protection avérée. La disparition ou la dégradation d'un boisement peut notamment être dû à un incendie, à un chablis ou à l'état phytosanitaire du peuplement).

La forêt ou des arbres de haute tige isolés peuvent contribuer à la fragmentation de la roche dans les zones de départ, contribuant ainsi à l'activité de ces zones. Ce facteur peut être signalé s'il apparaît significatif pour une zone de départ particulière, mais il est, en règle générale, implicitement pris en compte dans l'évaluation de l'activité de la zone de départ.

#### **b. Le bâti existant**

Les bâtiments existants peuvent constituer des protections de fait pour les zones situées en contrebas. Toutefois, l'efficacité de cette protection est difficile à évaluer tant dans la situation actuelle qu'à une échéance de 100 ans, qui constitue la période de référence pour l'élaboration des PPRN.

Cette difficulté tient notamment au caractère aléatoire des trajectoires suivies par les blocs (contournement des bâtiments) et à la possibilité de rebonds suffisants pour franchir les bâtiments. À long terme, la pérennité des bâtiments actuellement présents ne peut, en outre, être garantie.

Le rôle protecteur du bâti existant, même s'il est ponctuellement avéré, n'est donc pas pris en compte pour l'élaboration de la carte de l'aléa de chutes de pierres et de blocs.

#### **c. Les ouvrages de protection**

Conformément aux directives nationales relatives à la qualification de l'aléa, les ouvrages de protection contre les chutes de blocs ne sont pas pris en compte.

Cette approche se justifie par la difficulté d'évaluer l'efficacité des ouvrages existants vis-à-vis du scénario de référence, notamment lorsque les études de dimensionnement ne sont pas disponibles ou reposent sur des hypothèses très différentes de celles des scénarios retenus.

L'efficacité de ces ouvrages (merlons, écrans souples, ancrages passifs ou actifs, etc.) dépend de leur entretien et il est très difficile d'avoir une certitude quand à l'état de ces ouvrages à une échéance de 100 ans.

Les écrans souples, s'ils présentent une bonne efficacité dans leur domaine de dimensionnement, subissent des déformations importantes lors de leur fonctionnement. Ils peuvent donc être efficaces lors du passage des premiers blocs, mais être hors service si d'autres blocs empruntent la même trajectoire lors d'un même événement.

Par exception à ce principe, les merlons avec face raidie côté amont peuvent être pris en compte, sous réserve qu'ils soient correctement dimensionnés pour le scénario de référence et gérés par un maître d'ouvrage public administrativement et financièrement pérenne. Ces ouvrages sont traités au cas par cas.

### **VII.5.3. Qualification de l'aléa chutes de pierres et de blocs sur la commune**

La commune de La Tronche est dominée par plusieurs barres rocheuses et falaises d'importance variable qui génèrent des chutes de pierres et de blocs. Plusieurs phénomènes historiques illustrent l'activité de ces zones de départ.

#### **VII.5.3.1. Phénomènes historiques**

Les phénomènes de chutes de pierres et de blocs historiques sont récapitulés ici et exploités pour la définition des scénarios de référence par secteur homogène.

*Tableau 18: Chutes de blocs répertoriées sur la commune de La Tronche.*

<b>N°</b>	<b>Site</b>	<b>Date</b>	<b>Sources</b>	<b>Description</b>
1	Localisation inconnue	1758	AD	70 livres en diminution de la taille pour la Dame présidente de la Coste pour les dommages causés à ses bâtiments.
2	Rocher de Montgalan	1784	AD	40 livres en diminution de taille pour le sieur Turfa suite aux dommages à ses vignes.
3	Mont-Rachais / Grande Tronche	16/05/1889	PD	Quelques dégâts aux arbres fruitiers au pied de la montagne.
4	Mont-Rachais	02/02/1892	AR	?
5	Mont-Rachais	30/07/1892	AR	Suite à une forte tempête.
6	Mont-Rachais	16/12/1898	AR	Dégâts à des arbres fruitiers à La Vierge Noire. 2 hommes atteints par des pierres (Giroud Antoine et Collet Aimé). Blocs de toutes tailles, jusqu'à 80 cm
7	Grande Ruine	Hiver 1906-07	AR	Un bloc de 0,5 m <sup>3</sup> crève une toiture, un autre s'arrête dans la chambre à coucher des propriétaires, sans faire de victime.
8	Bec du Corbeau	1937	AR	Quelques dégâts dans les jardins et habitations du bas de la montagne. Éboulement favorisé par les incendies détruisant le boisement du versant.
		1953		
9	Mont Rachais	09/01/1963	DL	Important dégâts chemin de la Pinotte aux propriétés Gros, Montcenis et Achard (jardins, maisons, arbres détruits) par « plusieurs centaines de tonnes de rochers ».

N°	Site	Date	Sources	Description
10	Bec du Corbeau	18/05/1990	DL + AR + C	2 blocs de 2 et 1,5 m <sup>3</sup> ont touché la maison Nicolet (42, chemin du Coteau – alt. 330 m). L'un a fracassé la maison Nicolet, l'autre a poursuivi sa course et s'est arrêté sur le sentier alt. 290. Un troisième bloc (0,2 m <sup>3</sup> ) a suivi une trajectoire plus à l'Ouest et s'est arrêté à la cote 300 m, sur un sentier.
11	Bec Aigu	10/01/2001	AR+C	Éboulement d'une masse d'environ 150 m <sup>3</sup> disloquée en petits blocs qui s'arrêtent 200 m en amont des maisons
12	En Noyaraye	Été 2003	Étude [1]	Un bloc s'arrête en amont de Noyarey (volume 0,5 à 1 m <sup>3</sup> ). La zone de départ se situerait dans les escarpements séquanien qui dominent Noyaraye entre 520 et 600 m d'altitude.
13	Maubec	23/03/2004		Un bloc de 1 m <sup>3</sup> vient percuter une voiture en stationnement (épave). 2 blocs plus gros s'arrêtent en amont. Maison d'habitation située à 20 m de la trajectoire.
Sources consultées : Archives départementales (AD), Archives service RTM Isère (AR), Petit Dauphinois (PD), Dauphiné Libéré (DL), Commune (C)				

### VII.5.3.2. Secteurs homogènes et scénarios de référence

Les secteurs homogènes retenus correspondent aux principales zones de départ potentielles identifiées et aux versants qu'elles dominent. La délimitation de ces secteurs homogènes s'appuie sur la morphologie du versant (talweg, crêtes, concavité et convexité du versant notamment). Ces secteurs ne sont pas limités vers l'aval, car il n'existe ici aucune limite morphologique a priori infranchissable par les blocs (cours d'eau important, versant opposés, etc.).

**Remarque ;** La délimitation des secteurs homogènes permet d'identifier plus clairement les hypothèses retenues pour la qualification de l'aléa. Les limites des secteurs homogènes ne sont pas des limites de zones d'aléas.

#### a. Zones et points de départ

Les zones de départ ont été identifiées à partir des observations de terrain, des études disponibles (notamment [1]) et des données topographiques.

Pour chaque secteur, des points matérialisant les zones de départ considérées ont été identifiés. Ces points ne constituent pas une localisation exhaustive des zones de départs ; ils constituent seulement une référence pour la détermination des angles de ligne d'énergie et sont, en règle général, situés au point haut des zones de départ réelles (hypothèse conservative).

Les zones de départ intermédiaires sont localisées pour information au sein des secteurs homogènes, car la méthode de la ligne d'énergie conduit à une intégration systématique de zones exposées aux blocs provenant des zones de départ basses dans l'emprise des zones exposées

aux blocs provenant des zones de départ hautes. Par définition, l'angle de référence pour ces zones doit être supérieur ou égal à celui des autres zones de départ situées dans le même secteur homogène<sup>7</sup>.

### b. Choix des angles de référence

Pour chaque secteur homogène, un angle de référence a été déterminé selon la méthode exposée au chapitre VII.5.2.2. Le tableau récapitule les angles de ligne d'énergie retenus. Les profils topographiques comportant les lignes d'énergie correspondantes sont présentés en annexe.

### c. Description et synthèse

Les secteurs homogènes identifiés sont décrits dans le tableau 19 et localisés sur la figure. Une carte détaillée est annexée à cette note de présentation (annexe 8).

*Tableau 19: Description des secteurs homogènes pour la qualification de l'aléa de chutes de pierres et de blocs.*

n°	Nom	Description	
1	Bec du Corbeau	Ce secteur correspond aux versants de la Petite Tronche, dominés par les barres calcaires situées en contrebas de la crête du Mont Jallat et qui culminent vers 800 m d'altitude au Bec du Corbeau. Les zones de départ sont formées par de petites falaises calcaires hautes de 10 à 20 m et qui se succèdent du Nord au Sud sur 300 m. Le pendage est perpendiculaire à la surface topographique, ce qui favorise la formation de surplombs constituant autant de compartiments potentiellement instables. Selon [1] les volumes de ces compartiments sont compris entre 10 m <sup>3</sup> et 50 m <sup>3</sup> . Ces falaises dominent un versant très pentu recoupé par de nombreux talwegs.	
		Zones de départ	a, b, c, d, e
		Historique	Néant
		Activité	moyenne
		Indice d'intensité	Fort (1 m <sup>3</sup> ≤ Volume < 10 m <sup>3</sup> )
		Angles de ligne d'énergie	
2	Noyarey	Ce secteur correspond à un petit versant concave qui domine le quartier du Percy s'étend sur le secteur de Noyaray et de la Rochette. Il culmine vers 600 m d'altitude, à l'ouest du Bec du Corbeau. Les zones de départ sont constituées par des escarpements rocheux et des barres hautes de quelques mètres à quelques dizaines de mètres et qui s'étagent dans le versant	
		Zones de départ	f, g
		Historique	néant
		Activité	Moyenne
		Indice d'intensité	Modérée (0,25 m <sup>3</sup> ≤ Volume < 1 m <sup>3</sup> )
		Angles de ligne d'énergie	
3	Les Cotes	Ce secteur correspond à la large combe qui s'étend à l'Est du Bec du Corbeau jusqu'aux premiers escarpements de Roche Bise. C'est une zone	

<sup>7</sup> Si ce n'était pas le cas, un nouveau secteur homogène devrait être créé.

n°	Nom	Description	
		largement boisée, qui montre des pentes soutenues et dépourvues de barres rocheuses importantes ou de falaises. Quelques escarpements ont été localisés à partir des données topographiques. Ils sont principalement formés par les marno-calcaires séquaniens.	
		Zones de départ	h, i
		Historique	néant
		Activité	moyenne
		Indice d'intensité	Fort ( $1 \text{ m}^3 \leq \text{Volume} < 10 \text{ m}^3$ )
		Angles de ligne d'énergie	
4	Roche Bise – Bec Aigu	<p>Ce secteur correspond à la zone la plus haute qui domine les quartiers de Noyaraye et Bellevue. Il englobe les escarpements rocheux des Piroules, qui dominent la partie Est de Noyaraye et La Regrignère.</p> <p>La falaise principale, longue de 250 m environ, est constituée par des bancs calcaires massifs (Tithonique) très redressés et formant une falaise en dévers, haute de quelques dizaines de mètres. Elle se prolonge vers le Sud par une barre calcaire moins élevée (20 m maximum [1]) et présentant une morphologie similaire.</p> <p>Le Bec Aigu est constitué par deux pointements calcaires situés vers 850 et 830 m d'altitude, en contrebas du chemin du Col de Vence à La Bastille. Les bancs, très redressés, forment des falaises hautes d'une trentaine de mètres. Le volume mobilisable a été estimé à 450 m<sup>3</sup> [1].</p> <p>La partie basse du versant comporte trois zones d'escarpements et de barres rocheuses, entre 750 m et 780 m d'altitude, entre 635 m et 680 m d'altitude et entre 530 m et 590 m d'altitudes</p>	
		Zones de départ	j, k, l, m
		Historique	
		Activité	moyenne
		Indice d'intensité	Fort ( $1 \text{ m}^3 \leq \text{Volume} < 10 \text{ m}^3$ )
		Angles de ligne d'énergie	
5	La Pinotte	<p>Ce secteur correspond au versant triangulaire qui domine les quartiers de la Pinote et de Champ Gataut. Ce versant est surmonté par un escarpement rocheux, formé par les marno-calcaires séquaniens, qui s'étend entre 650 et 580 m d'altitude. La partie centrale de l'escarpement est active, comme le montre le développement des éboulis vifs en aval.</p>	
		Zones de départ	n
		Historique	
		Activité	moyenne
		Indice d'intensité	Fort ( $1 \text{ m}^3 \leq \text{Volume} < 10 \text{ m}^3$ )
		Angles de ligne d'énergie	
6	Le Goulet	<p>Situé immédiatement à l'Est du secteur 5, ce secteur est dominé par des escarpements, formés par les marno-calcaires séquaniens et les calcaires argileux argovo-rauraciens, qui se développent entre 650 et 770 m d'altitude. Le versant boisé, légèrement concave, domine les quartiers de La Côte et de Montvinoux (partie ouest).</p>	
		Zones de départ	o
		Historique	

*Plan de Prévention des Risques Naturels de la commune de La Tronche  
Note de présentation*

n°	Nom	Description	
		Activité	moyenne
		Indice d'intensité	Fort ( $1 \text{ m}^3 \leq \text{Volume} < 10 \text{ m}^3$ )
		Angles de ligne d'énergie	
7	Montvinoux	Ce secteur est surmonté par les barres calcaires massives de la cime du Mont-Jalla (1010 m – 1030 m d'altitude). Les escarpements du secteur 6 se prolongent vers le Nord-Est et se développent entre 700 m et 820 m d'altitude. Ils dominent un versant boisé, légèrement concave, formant une combe peu marquée qui débouche au-dessus de la Vierge Noire (Montvinoux).	
		Zones de départ	p, q
		Historique	
		Activité	moyenne
		Indice d'intensité	Fort ( $1 \text{ m}^3 \leq \text{Volume} < 10 \text{ m}^3$ )
		Angles de ligne d'énergie	
8	Pierre Mode Ouest	Ce secteur correspond à la partie Ouest des falaises de Pierre Mode. Il correspond à un vaste cirque rocheux (marno-calcaires et calcaires marneux) qui se prolonge par le torrent de la Grande Ruine, et débouche dans le quartier de la Vierge Noire (Montvinoux partie est). Les barres rocheuses de la cime du Mont Jalla s'estompent progressivement au droit de ce secteur. La délimitation des secteurs 7 et 8 dans leurs parties basses est pour partie arbitraire : des limites topographiques existent, mais elles s'estompent localement.	
		Zones de départ	q, r
		Historique	
		Activité	moyenne
		Indice d'intensité	Fort ( $1 \text{ m}^3 \leq \text{Volume} < 10 \text{ m}^3$ )
		Angles de ligne d'énergie	
9	Pierre Mode Est	Ce secteur correspond à la partie centrale du bassin versant du torrent du Gorget. Il est formé par un cirque rocheux (calcaires marneux) dont les falaises et escarpements s'étagent entre 450 m et 770 m d'altitude. L'érosion est active dans tout le secteur. Vers l'aval, ce secteur forme une combe bien encaissée (torrent du Gorget) qui sépare les quartiers du Gorget Sud (rive droite) et du Gorget Nord (rive gauche).	
		Zones de départ	s
		Historique	
		Activité	moyenne
		Indice d'intensité	Fort ( $1 \text{ m}^3 \leq \text{Volume} < 10 \text{ m}^3$ )
		Angles de ligne d'énergie	
10	La Grande Vigne	Ce secteur correspond au versant compris entre les combes de la Grande Ruine et du Gorget. Il est surmonté par des barres rocheuses et escarpements rocheux situées entre 600 m et 700 m d'altitude	
		Zones de départ	t
		Historique	
		Activité	moyenne

*Plan de Prévention des Risques Naturels de la commune de La Tronche*  
*Note de présentation*

n°	Nom	Description	
		Indice d'intensité	Fort ( $1 \text{ m}^3 \leq \text{Volume} < 10 \text{ m}^3$ )
		Angles de ligne d'énergie	
11	La Barde	Ce secteur correspond à une combe large et bien marquée qui débouche au Nord du Gorget Nord et dans laquelle des escarpements rocheux (calcaires marneux) se développent entre 520 m et 600 m d'altitude.	
		Zones de départ	
		Historique	
		Activité	moyenne
		Indice d'intensité	Fort ( $1 \text{ m}^3 \leq \text{Volume} < 10 \text{ m}^3$ )
		Angles de ligne d'énergie	
12	Gorget Nord	Ce secteur correspond aux flancs de la colline qui domine le Gorget Nord. Ce court versant, largement boisé, comporte des escarpements rocheux notamment dans sa partie sud. Sa partie orientale ne semble exposée qu'à des départs diffus.	
		Zones de départ	
		Historique	
		Activité	
		Indice d'intensité	
		Angles de ligne d'énergie	
13	Les Combes	Ce secteur correspond à la partie la plus abrupte d'une vaste combe qui se développe à l'Ouest de Maubec et qui constitue le bassin versant du torrent de Maubec. Des escarpements rocheux sont notamment présents : <ul style="list-style-type: none"> <li>- dans la partie est de la combe, entre 500 m et 530 m d'altitude ;</li> <li>- dans la partie nord de la combe, entre 500 m et 550 m d'altitude.</li> </ul>	
		Zones de départ	v, w
		Historique	
		Activité	
		Indice d'intensité	
		Angles de ligne d'énergie	
14	Maubec	Ce secteur correspond aux barres et escarpements rocheux (calcaires marneux) qui dominent Maubec vers le Nord. Ils se développent entre 440 m et 480 m d'altitude environ, dans le versant partiellement boisé qui sépare Chantemerle (quartier du Replat) et Maubec.	
		Zones de départ	x, y
		Historique	13
		Activité	moyenne
		Indice d'intensité	Fort ( $1 \text{ m}^3$ )
		Angles de ligne d'énergie	
15	Ventefond	Ce secteur correspond au versant qui prolonge le secteur 14 vers le Nord-Est. Il est boisé et présente des pentes moins soutenues. De petits escarpements rocheux et des zones de départ diffuses peuvent générer des chutes de pierres et de blocs	
		Zones de départ	z

n°	Nom	Description	
		Historique	Néant
		Activité	moyenne
		Indice d'intensité	Fort (1 m <sup>3</sup> )
		Angles de ligne d'énergie	
16	La Revoire Ouest	Ce secteur correspond au versant boisé qui domine Pelletière vers l'Ouest. La pente moyenne est modérée, mais des zones plus escarpées sont présentes dans la partie haute et peuvent constituer des zones de départ potentielles.	
		Zones de départ	Aa, ab
		Historique	Néant
		Activité	moyenne
		Indice d'intensité	Fort (1 m <sup>3</sup> ≤ Volume < 10 m <sup>3</sup> )
		Angles de ligne d'énergie	
17	La Revoire Est	Ce secteur correspond au versant boisé qui domine les premières maisons à l'Est de Pelletière. Il est séparé du secteur 16 (La Revoire Ouest) par une crête boisée. La pente moyenne est modérée, mais des zones de départ diffuses peuvent être présentes.	
		Zones de départ	ac
		Historique	Néant
		Activité	moyenne
		Indice d'intensité	Fort (1 m <sup>3</sup> ≤ Volume < 10 m <sup>3</sup> )
		Angles de ligne d'énergie	
18	A Crochu	Ce secteur correspond à la zone comprise entre le secteur 1 et la limite communale. Les secteurs les plus pentus peuvent comporter des zones de départ diffuses.	
19	Bois Buron	Ce secteur correspond au versant boisé et pentu qui s'étend au Nord-Est de la commune et qui est dominé par la crête du Mont Rachais. Les secteurs les plus pentus peuvent comporter des zones de départ diffuses.	

La cartographie de l'aléa a été établie à partir des hypothèses présentées dans le tableau 19, Les limites aval et latérales des zones d'aléa ont été positionnées selon les lignes d'énergie et localement ajustées pour tenir compte des observations de terrain et de la topographie.

Compte tenu des intensités retenues (volume des blocs de référence le plus souvent supérieur à 1 m<sup>3</sup>) et de la définition de l'aléa (tab.17), l'aléa est souvent fort indépendamment de la probabilité d'atteinte. Cette qualification de l'aléa est sensiblement différente de celle qui était utilisée dans le passé.

Pour permettre de distinguer les zones d'aléa fort induites par des fortes probabilités d'occurrence et de fortes intensités de celles induites seulement par les fortes intensités, une représentation différente a été adoptée sur la carte de l'aléa de chutes de pierres et de blocs : les zones d'aléa fort induites par l'intensité sont représentées par des hachures alors que les autres zones d'aléa fort sont en couleur pleine.

## **VII.6. Les effondrements de cavités souterraines et la suffosion**

### **VII.6.1. Définition des phénomènes**

L'évolution de cavités souterraines d'origine naturelle (karst) et anthropique (carrière) peut se traduire par des manifestations en surfaces lentes et progressives (affaissement) ou rapides et brutales (effondrement).

La suffosion est l'entraînement, par des circulations d'eaux souterraines, de particules fines (argiles, limons) dans des terrains meubles constitués aussi de sables et graviers, provoquant des tassements superficiels voire des effondrements.

### **VII.6.2. Qualification et cartographie de l'aléa d'effondrement et de suffosion**

Selon la DREAL, consultée par le service instructeur, aucune cavité souterraine liée aux carrières souterraines n'est connue sur le territoire de la commune.

Aucune trace de karst n'a été identifiée, sur le territoire communal. Aucune cavité naturelle n'a été identifiée ou supposée compte tenu du contexte géologique.

Cet aléa n'est donc pas représenté dans le cadre du PPRN de La Tronche.

## **VII.7. L'aléa avalanche**

### **VII.7.1. Définition**

Une avalanche et le déplacement gravitaire (sous l'effet de son propre poids) rapide, d'une masse de neige provoquée par une rupture dans le manteau neigeux.

### **VII.7.2. Qualification et cartographie de l'aléa d'avalanche**

Compte tenu de l'altitude du territoire communal et de l'exposition des pentes les plus hautes, il n'existe pas de site exposé à des avalanches.

Toutefois, des coulées localisées et de faible ampleur peuvent néanmoins se former du fait de l'évolution du manteau neigeux. Les sites potentiellement exposés à ce phénomène sont également le siège d'activités torrentielles ou de ruissellement. Ils sont identifiés à titre informatif sur la carte synthétique des aléas.

## VIII. Bibliographie

1. **Carte topographique** « série bleue » au 1/25 000 Feuille 3133 E (La Cote Saint-André)
2. **Carte topographique** « série bleue » au 1/25 000 Feuille 3233 O (Le Grand Lemps)
3. **Carte géologique de la France** au 1/50 000 Feuille XXXI-33 (La Cote Saint-André)
4. **Plan cadastral** au 1/5000 de la commune de
5. Orthophotoplans de la zone d'étude
6. SCAN 25 IGN
7. [www.insee.fr](http://www.insee.fr)
8. [www.meteofrance.fr](http://www.meteofrance.fr)
9. [www.prim.net](http://www.prim.net)
10. [www.geoportail.fr](http://www.geoportail.fr)
11. [www.georisques.gouv.fr/](http://www.georisques.gouv.fr/)
12. [www.rtm-onf.ign.fr](http://www.rtm-onf.ign.fr)
13. [www.infoterre.brgm.fr](http://www.infoterre.brgm.fr)

[1] IMS-RN. Août 2004. Diagnostic du risques de chutes de pierres et de blocs – Phase 1 – Examen géologique des zones rocheuses. – Ville de La Tronche.

[2] Alp'Géorisques. Janvier 2016. Identification des éléments longitudinaux structurants les écoulements des torrents – Étude technique pour le PPRN de La Tronche – DDT de l'Isère

[3] Alp'Géorisques. Février 2017. Cartographie de l'aléa torrentiel – Étude technique pour le PPRN de La Tronche – DDT de l'Isère

GEO001 Kaéna. LE GORGET NORD – Villa de M. ZANZOURI – Qualification du risque de glissement. Dossier 09.0106.F. A2C (Mars 2017)

GEO002 SAGE. Analyse de la constructibilité de la propriété de M. Vaussenat au regard des risques naturels. Parcelles n°124-125-126 et 128. RP.6950. Vaussenat (Octobre 2015)

GEO003 SAGE. Étude de fondation d'un projet de garage. RP.5509. Vaussenat (Juin 2012)

TRA004 IMS RN. Étude trajectographique pour la protection contre les chutes de blocs de la parcelle 324 et parcelles voisines. Reprise de l'étude SAGE de mars 2002, modélisation trajectographique 2D et 3D. Définition d'une solution de protection. Verdet (Novembre 2003)

GEO005 Fabre Denis. Avis géotechnique concernant l'analyse des conditions générales de stabilité de la propriété de M. et Mme Château au lieu-dit Le Cellier à Maubec. Château (avril 2007)

TRA006 SAGE. Études des risques de chutes de blocs lieu-dit "Montvinoux". RP.1939. Bellet (Octobre 2001)

GEO007 GÉOLITE. Constructibilité de deux parcelles – Étude de faisabilité géotechnique. 06-079.

Benezech et Marty (Mai 2006)

- GEO008 GéoPlus. Projet de bâtiment d'habitation R+1. 27 Chemin de Chantemerle. Étude géotechnique. 06.G.1 .1.3629 Indivision Massol-Seguïn (Juin 2006)
- GEO009 IMS RN. Condition de constructibilité de 2 projets de maison à usage d'habitation au lieu-dit Crêt de Maubec. Perrot pour Jacquemon (Avril 1994)
- GEO010 SAGE. Analyse de la constructibilité d'une propriété privée au chemin de Maubec. RP.5519. Polidori (Août 2012)
- GEO011 EGSOL. Maison individuelle R +2/3 – Étude géotechnique d'avant-projet. R38/11/12026 G. Michallet (Novembre 2011)
- GEO012 Géopôle. Étude geotechnique – Maison d'habitation propriété Benoist. 08 09 1973. Benoist (Septembre 2008)
- GEO013 SAGE. Analyse de la constructibilité de diverses zones de commune de La Tronche. Prise en compte des risques naturels (glissements de terrain, chutes de blocs, ruissellement). RP.3645. Association de Chantemerle (Avril 2007)
- GEO014 CEBTP - SOLEN. Étude géotechnique d'avant-projet. 3 pavillons « Clos des oliviers ». RGR2.8.0650 et VGR1.8.0213. Maison d'en France (octobre 2008)
- GEO015 IMS RN. Étude d'aptitude à l'assainissement individuel. 30 chemin de Maubec, parcelles 199,200,203. dossier n°3808-4867. Hingant (septembre 2008)
- GEO018 Kaéna. Étude géotechnique. Villa Marchal-Dupuis, chemin de Maubec.13.2444.B. Marchel-Dupuis (Juillet 2013)
- GEO019 Géolithe. Site de Pré communal. Étude de faisabilité géotechnique. Dossier n°06-147. Commune de La Tronche (Août 2008)

## **IX. Annexes**

<b>Annexe 1. Carte d'exposition sismique.....</b>	<b>100</b>
<b>Annexe 2. Méthode de la ligne d'énergie.....</b>	<b>101</b>
<b>Annexe 3. Paramètres utilisés pour la modélisation du ruissellement.....</b>	<b>108</b>
<b>Annexe 4. Cartes des obstacles longitudinaux.....</b>	<b>110</b>
<b>Annexe 5. Cartes des hauteurs d'eau et des vitesses découlement.....</b>	<b>112</b>
<b>Annexe 6. Description du cours du Charmeyran à l'aval de la plage de dépôt.....</b>	<b>113</b>
<b>Annexe 7. Modélisation hydraulique du Charmeyran.....</b>	<b>117</b>

## Annexe 1. Carte d'exposition sismique

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

Les particularités de ce phénomène, et notamment l'impossibilité de l'analyser hors d'un contexte régional - au sens géologique du terme - imposent une approche spécifique. Cette approche nécessite des moyens importants et n'entre pas dans le cadre de cette mission. Le zonage sismique de la France a été défini par le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français, pour l'application des nouvelles règles de construction parasismiques. Ce zonage sismique divise le territoire national en cinq zones de sismicité croissante (de très faible à forte), en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes. Les limites de ces zones sont ajustées à celles des communes.

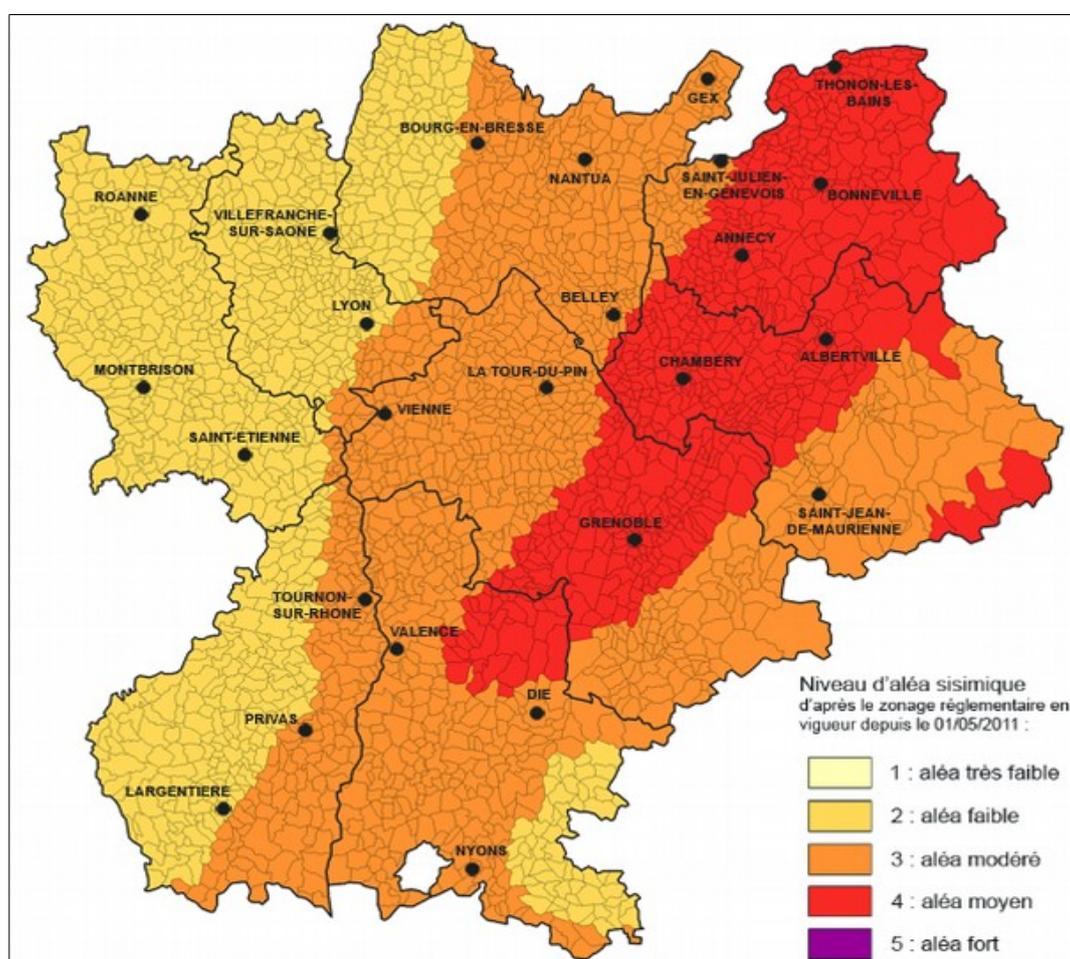


Figure 25: Zonage de sismicité de la région Rhône-Alpes.

D'après ce zonage, la commune de se situent en zone de sismicité 4 (aléa moyen).

## Annexe 2. Méthode de la ligne d'énergie

La méthode dite de la ligne d'énergie (ou encore méthode des cônes) permet d'estimer, à partir d'une zone de départ de chutes de roches, la localisation du point d'arrêt maximal probable des blocs. Elle est basée sur le principe de la ligne d'énergie développé par Heim en 1932.

### Principe général

Le modèle de la ligne d'énergie repose sur le principe simple et trivial selon lequel un bloc ne peut progresser sur une pente que si celle-ci est suffisamment raide. Si la pente est supérieure à un angle limite  $\beta$ , le bloc accélère, sinon, il ralentit. Ainsi, un bloc peut se déplacer d'un point de départ A à un point d'arrivée B, point d'intersection de la topographie avec une ligne imaginaire partant du point A et faisant un angle  $\beta$  avec l'horizontale (fig. 1). Cette ligne est appelée « ligne d'énergie », et l'angle  $\beta$  « angle de la ligne d'énergie ».

*Représentation schématique du principe de la ligne d'énergie et de la formule permettant de déterminer l'angle beta (modifié d'après Berger et Dorren, 2008).*

Pour une zone de départ donnée, connaissant le profil topographique du versant en aval de cette zone, on peut alors, si l'on connaît la valeur de l'angle  $\beta$ , proposer le point maximal probable qu'atteindra tout projectile partant de la zone de départ.

Afin de prendre en compte la possibilité de déviation du bloc par rapport à trajectoire principale (à cause de la forme du bloc ou de la présence d'obstacles), il est possible de définir un cône de propagation des blocs, de sommet A et d'angle  $\beta$  par rapport à l'horizontale.

Cette méthode peut être appliquée « manuellement » ou à l'aide de données numériques. Dans le premier cas, elle sera appliquée via différents profils sur lesquels seront calculés les points maximaux d'arrêt probable, et par interpolation à dire d'expert entre ces profils. Dans le deuxième cas, le logiciel Rollfree, développé sous environnement Matlab par IRSTEA (Toe et Berger, 2004), permet d'appliquer cette méthode à partir d'un modèle numérique de terrain. C'est le logiciel utilisé dans cette étude.

### **Angle de trajet / angle géométrique**

Deux possibilités se présentent quant à l'implantation du profil topographique auquel appliquer le principe de la ligne d'énergie.

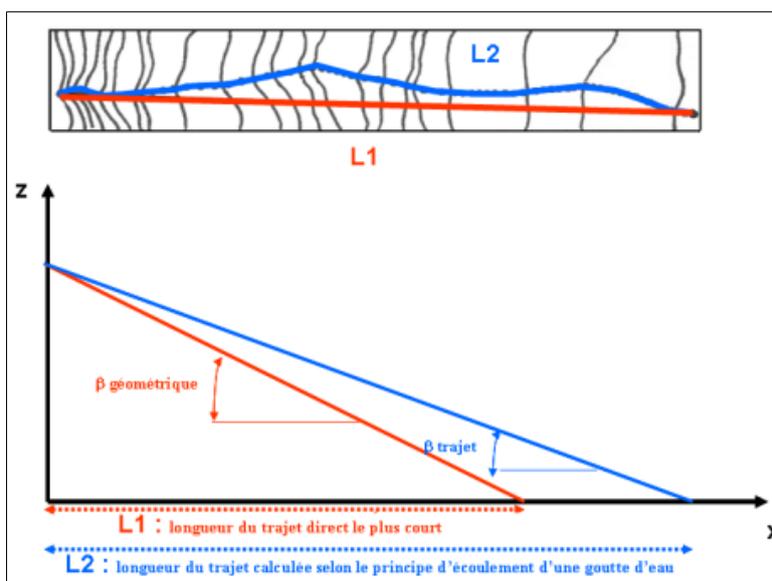
Une première école de pensée préconise d'utiliser un profil rectiligne, selon la direction de plus grande pente depuis le point de départ, que l'on peut appeler « profil géométrique » (en rouge sur la figure suivante). L'angle associé à la ligne d'énergie dans ce cas est appelé « angle géométrique ». La topographie entre le point de départ et le point d'arrêt n'est donc absolument pas prise en compte.

Une seconde école de pensée propose d'utiliser le profil en long correspondant au trajet le plus probable par rapport à la topographie du versant, que l'on peut appeler « profil de trajet » (ligne d'écoulement topographique, en bleu sur la figure suivante). L'angle associé est alors appelé « angle de trajet ».

Le point d'arrêt est le même dans les deux cas, mais le profil de trajet est plus long que le profil géométrique, puisqu'il respecte les variations locales de topographie. La différence de longueur entre les deux profils se traduit par une différence entre les angles associés (de quelques degrés d'après MEZAP<sup>8</sup>).

Le logiciel RollFree utilise l'angle géométrique. En effet, l'angle de trajet impliquerait d'utiliser ou développer un principe de calcul d'écoulement, ce qui est plus complexe à mettre en œuvre.

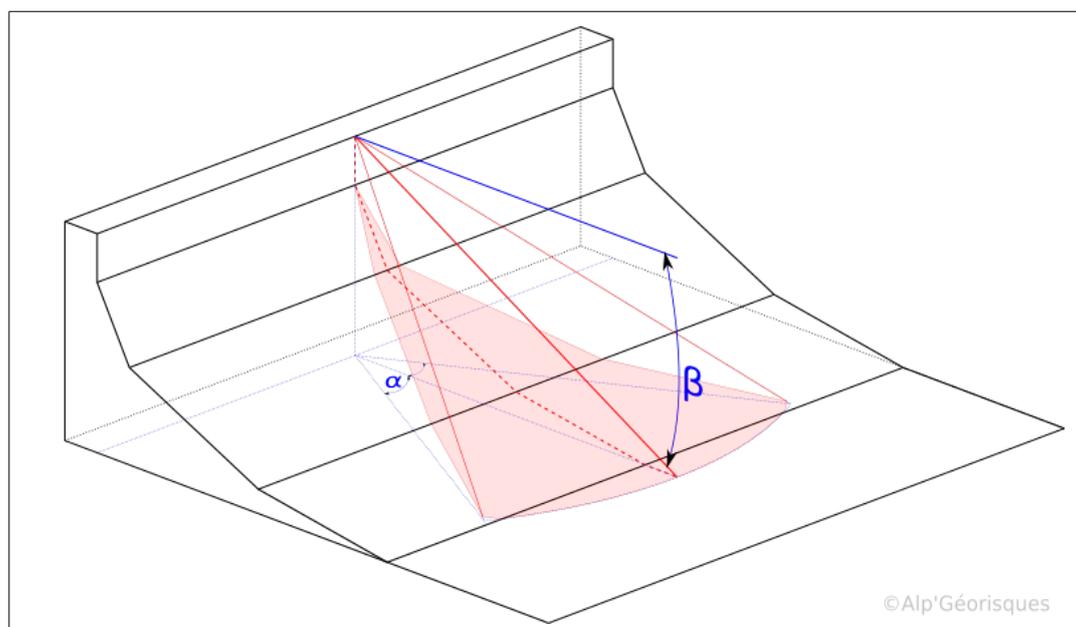
8 Groupe de travail « Méthodologie de Zonage de l'Aléa chutes de Pierre » animé par IRSTEA pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.



Principe de l'angle géométrique (rouge) et de l'angle de trajet (bleu). Le point d'arrêt est le même dans les deux cas, mais le profil de trajet est plus long que le profil géométrique, ce qui explique que les deux profils déroulés sur un même axe semblent aboutir à deux points d'arrêt différents.

## Angle d'analyse

Afin de prendre en compte la possibilité de déviation de la trajectoire des blocs par rapport à la ligne de plus grande pente, le logiciel Rollfree permet d'appliquer un angle d'analyse de part et d'autre de la/des direction(s) principale(s) de propagation.



Exemple d'application d'un angle d'analyse alpha de part et d'autre de la direction principale de propagation.

Cet angle peut être appliqué entre 5 et 30°. Les développeurs de Rollfree recommandent d'utiliser

un angle d'analyse entre 20 et 30°.

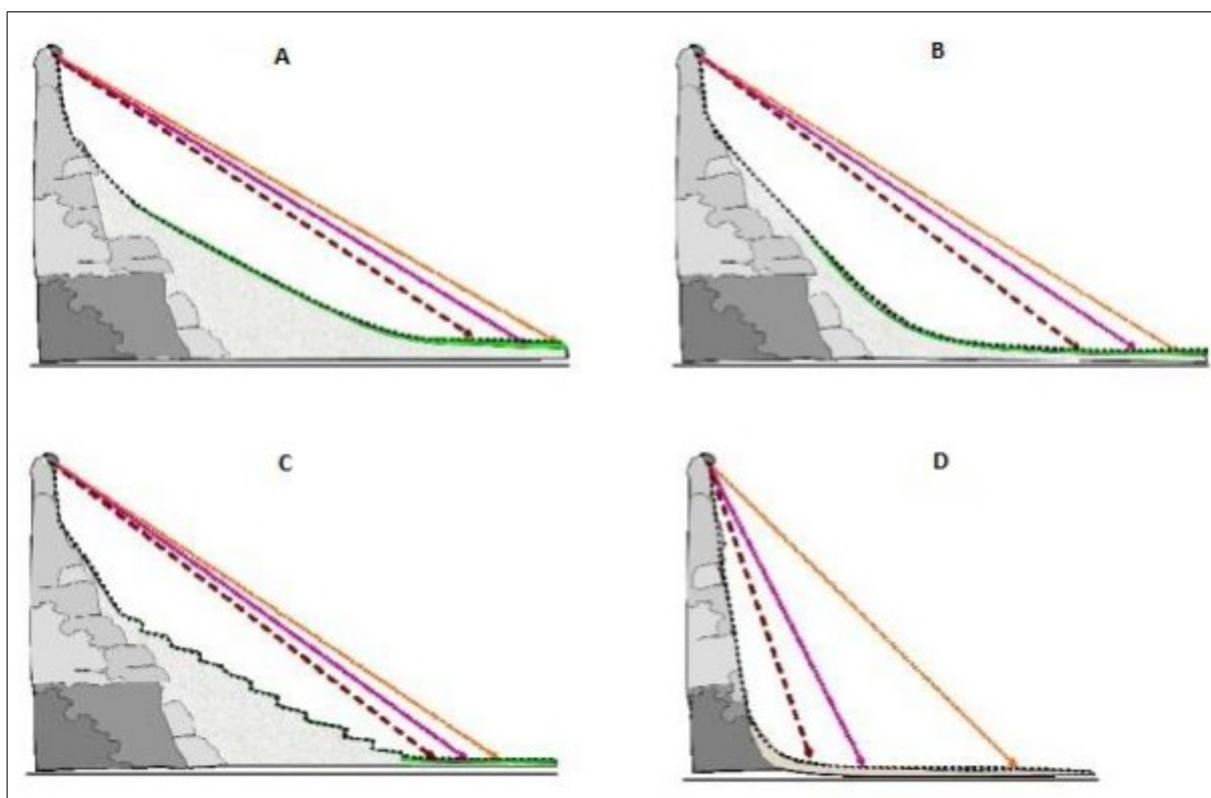
### Données bibliographiques et valeurs usuelles

De nombreux auteurs ont travaillé sur la détermination de l'angle de la ligne d'énergie, par l'analyse de données de terrain (blocs éboulés) ainsi que d'expériences en laboratoire ou grandeur nature. Le tableau suivant présente les résultats d'une analyse statistique des valeurs de l'angle géométrique rencontrées dans la littérature, réalisée par le groupe de travail MEZAP (aucune précision n'est faite sur la signification des qualificatifs « minimal » et « maximal » relatifs aux angles issus des données bibliographiques ») :

Statistique	Ensemble des données bibliographiques (1968-2014)		Base de données RTM 2011-2013	Expérimentations à échelle réduite IRSTEA 2014
	Angle géométrique minimal	Angle géométrique maximal	Angle géométrique	
Moyenne	30.68°	43,55°	36,69°	33,47°
Min	23.28°	30°	24,65°	23,28°
1 <sup>er</sup> quartile	28.84°	37,93°	33°	27,94°
2 <sup>e</sup> quartile	31.32°	38,90	36°	31,56°
3 <sup>e</sup> quartile	33°	45,10°	40°	36,62°
Max	36,87°	90,00°	58,42°	90°

On remarque que les valeurs de l'angle géométrique s'étalent sur une plage très large de 23,28° à 90°. D'après les résultats statistiques obtenus, le GT MEZAP propose, **à titre indicatif**, des plages de valeurs permettant une quantification de la probabilité d'atteinte, ainsi que des modulations de ces intervalles d'angles selon des profils types de versant :

Probabilité d'atteinte d'un point	Intervalles d'angles de la ligne d'énergie
<b>Très forte</b>	35° et plus
<b>Forte</b>	33° – 35°
<b>Moyenne</b>	30° – 33°
<b>Faible</b>	26° – 30°



Profils types et lignes d'énergies associées proposés par le groupe de travail MEZAP (modifié d'après GT MEZAP, 2014). A : profil de pente régulière en pied de zone de départ, répartition statistique des blocs régulière selon des valeurs d'angles usuelles ( $30^{\circ} - 34^{\circ}$ ) ; B : Profil de pente régulière en pied de zone de départ avec replat marqué en fin de trajectoire, répartition statistique des blocs régulière selon des valeurs d'angles plus fortes ( $31^{\circ} - 38^{\circ}$ ) ; C : Profil de pente irrégulière en pied de zone de départ, répartition statistique des blocs régulière selon des valeurs fortes ( $30^{\circ} - 38^{\circ}$ ) ; D : Falaise et replat marqué, répartition statistique des blocs très resserrée selon des valeurs d'angle très fortes.

## Limites conceptuelles

### Influence de la topographie locale le long du versant :

La méthode de la ligne d'énergie présente l'avantage d'être une méthode simple d'utilisation puisqu'en théorie, elle ne tient pas compte des caractéristiques du terrain (topographie locale, coefficients de restitution, etc.) entre les points de départ et d'arrivée. En cela, elle n'est pas un modèle de trajectographie.

Cependant, en pratique, on remarque aisément que l'application de la méthode de la ligne d'énergie ne peut se passer d'une analyse de la topographie du versant. Les couples « plages d'angles/profils types de versant » proposés par le GT MEZAP illustrent parfaitement ce constat. Pour ces profils types, la méthode de la ligne d'énergie s'applique en adaptant les angles choisis selon la configuration du versant.

Or, pour certaines configurations de versant, lorsque la topographie locale influence directement sur l'atteinte maximale des blocs, la méthode de la ligne d'énergie n'est tout simplement plus applicable. C'est le cas pour l'exemple suivant, dans lequel un relief, suffisamment conséquent pour faire obstacle aux blocs, réduit considérablement le point d'arrêt maximal probable par rapport au point d'arrêt de la ligne d'énergie. Dans ce cas la méthode de la ligne d'énergie

implique un zonage excessif du point d'arrêt maximal probable par rapport à la réalité.

*Configuration topographique pour laquelle la méthode de la ligne  
d'énergie n'est pas applicable.*

Ce cas peut être vu comme la vision en deux dimensions d'autres cas, en trois dimensions, pour lesquels l'application de la méthode de la ligne d'énergie pose problème. Ce sont les configurations de versants qui présentent une topographie chenalisée, influant sur les trajectoires et les points d'arrêt maximal probable, mais transparente au vu de la ligne d'énergie :

*Application de la méthode de la ligne d'énergie à un versant chenalisé : le zonage des points d'arrêt maximal probable est excessif par rapport à la réalité (en vert la zone d'arrêt réelle des blocs, en rouge le zonage induit par la méthode de la ligne d'énergie).*

Le cas du versant chenalisé peut être généralisé à tout versant présentant des variations locales de topographie suffisamment importantes pour dévier ou stopper les trajectoires des blocs de façon brutale, sans pour autant influencer sur la ligne d'énergie. Pour ces cas-là donc, la méthode de la ligne d'énergie telle qu'elle est définie par le principe de Heim n'est pas applicable. Autrement

dit, cette méthode n'est applicable que lorsque le versant présente une topographie suffisamment régulière, comme les profils types proposés par le GT MEZAP.

**Déviations des trajectoires : limites de l'angle d'analyse :**

Dans le cas d'un versant relativement régulier, l'application d'un angle d'analyse permet d'écarter les trajectoires latérales invraisemblables apparaissant lors de l'application du cône de propagation défini uniquement par l'angle de la ligne d'énergie.

Cependant, dans certains cas limites, l'application d'un angle d'analyse peut s'avérer inappropriée. C'est le cas lorsque la topographie du versant implique une déviation des trajectoires hors du cône formé par l'angle d'analyse, comme sur la figure suivante :

*Configuration topographique pour laquelle l'application d'un angle d'analyse n'est pas appropriée (en vert la zone d'arrêt réelle des blocs, en rouge le zonage induit par la méthode de la ligne d'énergie).*

Dans cet exemple, on remarque que le point d'arrêt maximal réel n'est pas pris en compte par le zonage de la méthode de la ligne d'énergie. Le problème lié à l'utilisation de l'angle d'analyse vient du fait que l'angle est défini au niveau du point de départ, de part et d'autre de la direction principale de propagation.

## Annexe 3. Paramètres utilisés pour la modélisation du ruissellement

### Coefficient de ruissellement

En chaque point du maillage et pour chaque pas de temps de la simulation, la pluie nette (hauteur ruisselante) est calculée grâce à la méthode du S.C.S. Cette méthode se base sur un unique paramètre : le « Curve Number » qui dépend de l'occupation du sol, du type de sol et de son état de saturation.

La pluie nette se calcule alors en fonction du cumul de précipitations d'après les équations suivantes :

$$Pluie_{nette} = \frac{(Pluie_{brute} - 0,2S)^2}{Pluie_{brute} + 0,8S} \quad \text{et} \quad S = \frac{25400 - 254 CN}{CN}$$

Avec :

Pluie brute : hauteur de pluie cumulée (mm)

Pluie nette : partie de la pluie qui ruisselle (mm)

S : rétention maximale par le sol (mm)

CN : « Curve Number » (paramètre de la méthode)

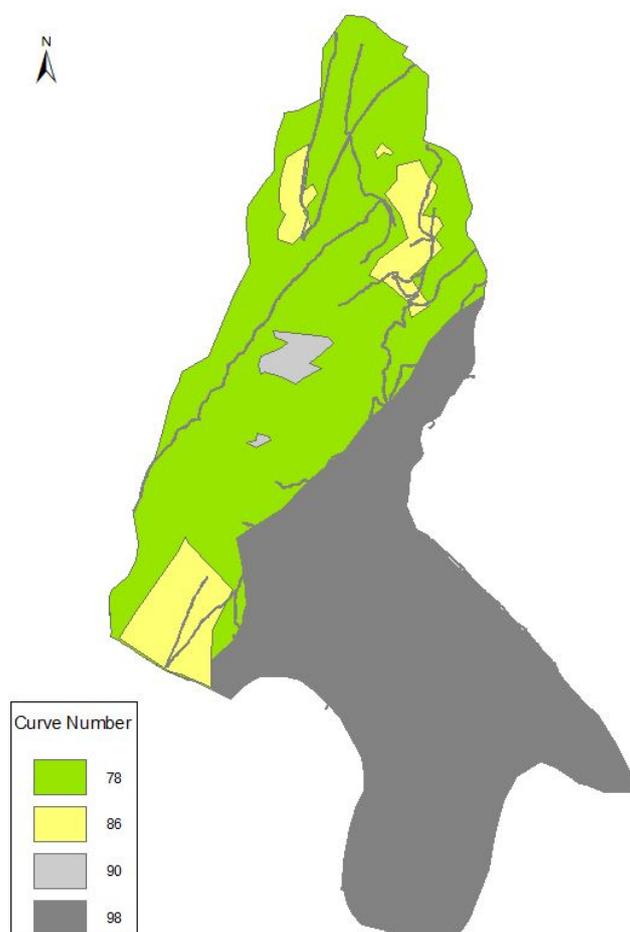


Figure 26 : valeurs du paramètre « Curve Number » retenues pour la modélisation.

La valeur et la répartition spatiale des « Curve Number » sont présentées sur la figure 26. L'intégralité de la zone urbaine est traitée de manière homogène et elle est considérée comme imperméable.

### Propagation des hauteurs ruisselantes

Pour chaque pas de temps de la simulation et à chaque nœud du maillage les hauteurs nettes calculées sont propagées de proche en proche d'après les équations de Saint-Venant. Le coefficient de frottement pris en compte par les équations est le coefficient de Strickler. Les valeurs retenues sont : 15 pour la forêt, 20 pour les zones diverses (zones urbaines hors routes) et 40 pour les falaises et les routes.

Les valeurs retenues sont légèrement inférieures à celles données dans les tables afin de prendre en compte les effets des éventuels obstacles (voitures, haies, clôtures, etc.) sur le ralentissement des écoulements et l'augmentation des hauteurs d'eau.

La répartition spatiale des coefficients de frottements retenus sont présentés sur la figure 27.

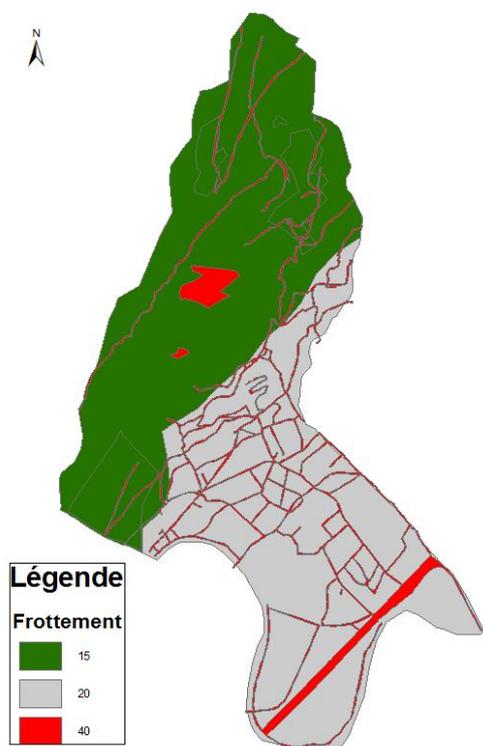


Figure 27 : coefficients de frottements de Strickler

## **Annexe 4. Cartes des obstacles longitudinaux**



## **Annexe 5. Cartes des hauteurs d'eau et des vitesses découlement**

Voir cartes hors texte

## Annexe 6. Description du cours du Charmeyran à l'aval de la plage de dépôt

À l'aval de la plage de dépôt, le Charmeyran s'engage dans un cours très artificiel, coincé entre les murs des berges. Nous observons d'amont en aval les tronçons suivants, en partant de la plage de dépôt :

- L'exutoire de la plage de dépôt est constitué d'un orifice carré de 50×50 cm permettant au débit ordinaire de s'écouler et d'un chenal de crue d'une section minimum de 1,3 m de haut par 2 m de large. Ce chenal passe sous la route. Il est bétonné et en relativement bon état. On remarque juste la présence d'un affouillement de 40 cm à l'aval immédiat de l'orifice. On note également l'arrivée d'eaux pluviales à l'entrée de ce chenal et l'arrivée d'une source à sa sortie.
- 
- Le cours d'eau longe ensuite un chemin. Le fond du lit et les berges sont bétonnées. On rencontre tout d'abord deux seuils (40 et 90 cm). Ce second seuil présente une fosse d'affouillement d'environ 60 cm. Puis, le fond du lit redevient naturel et on trouve deux autres seuils à l'aval de la passerelle (80 cm et 3 m). Le seuil de 3 m est en fait constitué d'une succession de seuils de 80 cm chacun environ.
  - Le lit est alors assez encaissé entre des berges maçonnées en pierres sèches. Le fond du lit est naturel. On rencontre un seuil d'environ 80 cm avec une fosse d'affouillement de 50 cm, puis un pont largement dimensionné.
  - Le cours d'eau longe ensuite l'ALLÉE VERTE. Le fond du lit ainsi que la berge rive droite sont bétonnés. On note l'arrivée d'eaux pluviales en rive droite et une érosion localisée à la base du mur en rive gauche.
  - Le pont de la GRANDE RUE (RD 512a) présente une ouverture de 1,6 m de haut (qui passe à 0,8 m au milieu) par 1,8 m de large. L'ouvrage est en bon état. Le fond du lit est toujours bétonné.
- 

- Le lit est en bon état général jusqu'au pont PROUILLER. Le fond du lit est bétonné entre murs. On observe un peu de végétation à la base des murs. À l'aval de ce tronçon, le cours d'eau longe le chemin du CHARMEYRAN. Un ponceau privé d'ouverture 0,8 m de haut par 1,6 m de large franchit le chenal une quarantaine de mètres en amont du pont PROUILLER. En rive droite à l'amont de ce ponceau, on note la présence d'une ancienne vanne en bois ainsi qu'une ouverture dans le mur. Cette dernière ne constitue pas une échappatoire aux eaux débordantes.



- Le pont PROUILLER commence à l'aval immédiat d'une chute de 70 cm de haut. Il présente une ouverture minimale de 0,8 m de haut par 1,8 m de large. Sa hauteur est en effet limitée par des canalisations. Le fond du lit est pavé et présente quelques affouillements. On note deux petites arrivées d'eau au milieu du pont. A l'aval immédiat du pont figure un petit seuil de 30 cm.
- Jusqu'au pont de l'avenue des MAQUIS DU GRÉSIVAUDAN (RD 590), le fond du lit est toujours pavé mais présente d'importantes marques d'érosions (affouillements multiples). De plus, il présente une végétation assez abondante (présence d'arbustes à la base des murs).
- Le pont de l'avenue des MAQUIS DU GRÉSIVAUDAN (RD 590) ou pont BOTTU est précédé d'une rampe en béton de 4,5 m de long afin d'accélérer l'écoulement de l'eau. Le pont mesure 1,55 m de haut (1,45 m sur les côtés) par 2 m de large. Le fond du lit est pavé et présente un affouillement au milieu de l'ouvrage.



- Sur un linéaire de 150 m après le pont, le fond du lit est pavé et présente quelques affouillements localisés. Le lit est relativement en bon état. On rencontre jusqu'au chemin DUHAMEL une succession de petits seuils (10 cm de haut). Deux seuils au milieu du tronçon sont plus importants (environ 50 et 60 cm) et présentent une fosse d'affouillement. Le fond redevient naturel sur les 250 ml précédant le chemin DUHAMEL. La base des murs formant les berges présente quelques signes d'érosions (affouillements) localisés.



On notera que sur ce tronçon dit « DU CARMEL », le torrent coule entre des digues, au-dessus du terrain naturel. Ces digues en maçonnerie de pierres sèches présentent en général une butée en terre (cf. figure suivante). De grands arbres se sont développés en tête de ces remblais et pourraient occasionner des dégâts importants aux protections en cas de renversement (tempête). La digue rive gauche apparaît généralement plus basse et plus fragile qu'en rive droite.

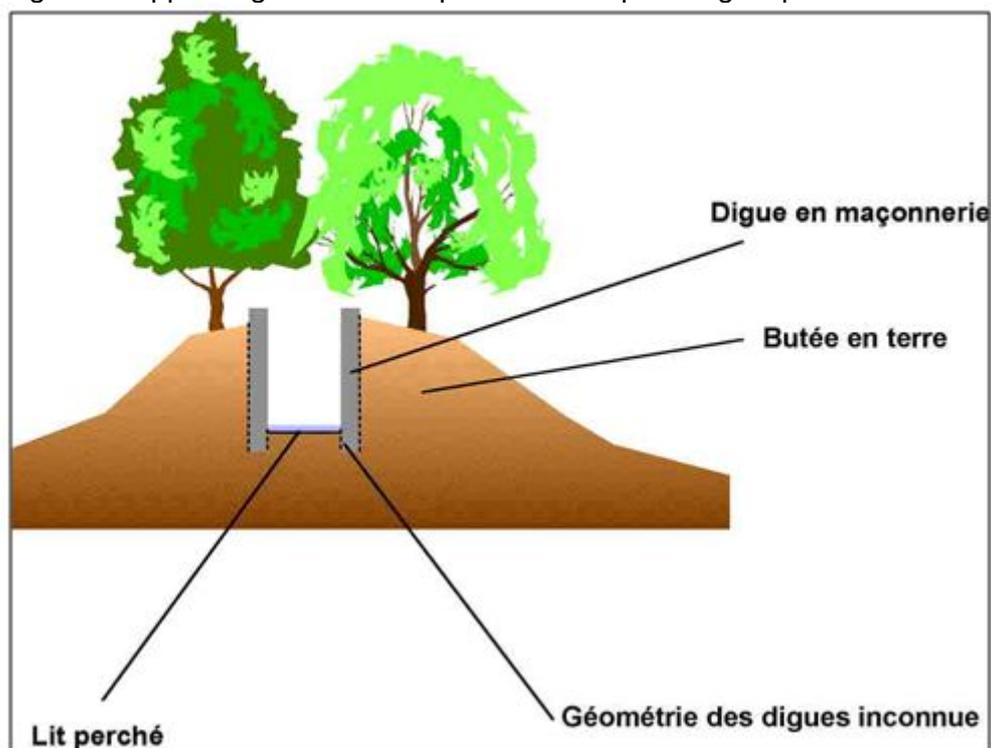


Figure 28 : coupe schématique du Charmeyran au droit de la zone dite DU CARMEL

- Le pont du chemin DUHAMEL présente une ouverture de 1 m de haut par 1,75 m de large. Le fond du lit est alors bétonné sur tout le linéaire. Ce dernier est légèrement érodé en son centre à l'aval du pont où une rampe permet d'accélérer l'écoulement.

- Le dernier tronçon présente des berges bétonnées en bon état. Le radier est localement érodé sur 5 ml. On note la présence d'un dépôt en rive droite, sur lequel pousse de la végétation, ainsi que la présence de deux vanes.



L'entonnement du Charmeyran dans la canalisation  $\phi 1200$  est bien réalisé et en bon état. L'amont de l'entonnement représente une ouverture de 0,85 m de haut par 1,8 m de large sur laquelle repose une vanne. Une rampe bétonnée avec des berges profilées permet ensuite de rejoindre la buse  $\phi 1200$ .

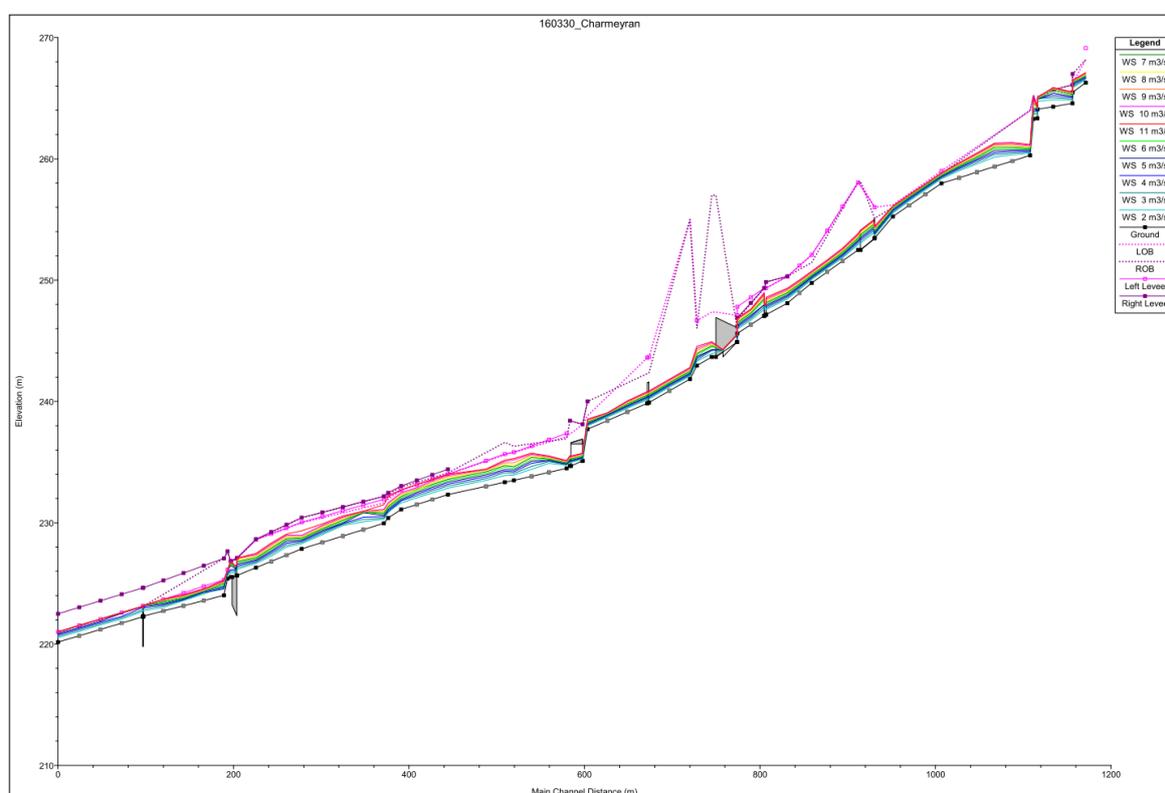
La pente moyenne du cours d'eau est d'environ 4,8 % de la plage de dépôt à l'avenue des Maquis du Grésivaudan (RD 590). Elle passe à 2,6 % ensuite jusqu'à la confluence avec l'Isère (cote 209,40 m NGF).



Les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- géométrie du chenal définie par les levés topographiques extraits de l'étude ALP'GEORISQUES, 2004 et complétés par les données LIDAR ;
- rugosité estimée par le coefficient de Manning  $n$  variant selon les profils :
  - P30 à P28 :  $n = 0,02$
  - P27.5 à P25 :  $n = 0,025$
  - P24 à P18 :  $n = 0,02$
  - P17.9 à P9.5 :  $n = 0,02$
  - P9 à P4.5 :  $n = 0,025$
  - P4 à P0 :  $n = 0,02$
- conditions aux limites : profondeur normale à l'amont.

Le modèle a été exploité en régime permanent pour un régime d'écoulement torrentiel.



Le lit majeur du torrent a été représenté dans le modèle à des fins pédagogiques mais le logiciel ne peut pas gérer le débordement lorsque le lit majeur se situe en contrebas du lit mineur (cas typique des torrents s'écoulant sur leur cône de déjection). L'objectif de la modélisation 1D est d'estimer la capacité des sections et des ouvrages afin de déterminer les points de débordements

et les hydrogrammes débordants. Pour cela, le modèle a été utilisé en mode permanent et, pour chaque section ou ouvrage débordant, plusieurs débits ont été modélisés afin de déterminer la capacité limite de la section (en tenant compte des 10 cm de surélévation du fond par le transport solide).

### **Principaux résultats pour le scénario de référence**

Pour ces scénarios, les éléments longitudinaux structurants (murets, murs, butées en terres) ont été considérés comme résistant aux écoulements. D'après les éléments historiques et les caractéristiques hydrauliques et géométriques, certains ouvrages ont été considérés comme totalement obstrués.

Pour chaque ouvrage considéré comme obstrué, on fait l'hypothèse que tous les ouvrages situés en amont fonctionnent à leur capacité maximale théorique, c'est-à-dire sans aucune obstruction. On évalue ainsi le débit maximum pouvant atteindre chaque ouvrage et on considère que la totalité du débit déborde si l'ouvrage est obstrué.

Par exemple, si le pont de la GRANDE RUE (OH-01) est considéré comme obstrué, on considère que tout le débit peut déborder en ce point (11 m<sup>3</sup>/s). Pour l'estimation du débit au niveau de l'ouvrage OH-02 on considère que l'ouvrage OH-01 est fonctionnel et laisse passer la capacité hydraulique théorique associée (ici 7 m<sup>3</sup>/s). On considère ensuite que OH-02 peut être obstrué et que 7 m<sup>3</sup>/s peuvent déborder.

Il semble très pessimiste de considérer que les ouvrages s'obstruent totalement dès le début de l'événement. Ainsi, il a été considéré que les ouvrages ont été obstrués juste avant le pic de crue. Par la suite nous ferons donc l'hypothèse que la moitié du volume total de l'hydrogramme est débordant. Pour un ouvrage considéré comme obstrué les caractéristiques des écoulements débordants sont donc :

- Le débit de pointe maximum pouvant atteindre l'ouvrage ;
- La moitié du volume de l'hydrogramme pouvant atteindre l'ouvrage.

Les hypothèses retenues pour chaque ouvrage sont présentées ci-dessous :

- Ouvrage de la plage de dépôt (OH-00). La plage de dépôt est constituée de deux ouvrages : un premier de faible section (50 cm x 50 cm) directement dans la ligne de l'écoulement, considéré comme obstrué à cause de sa faible dimension. Le fonctionnement normal de la plage de dépôt a très certainement été prévu pour que cet ouvrage soit obstrué au cours des événements intenses.

La plage de dépôt est constituée d'un second ouvrage composé d'un déversoir latéral à la suite duquel les écoulements sont canalisés. La section de cet ouvrage est de 3 m<sup>2</sup> (2 m de largeur et 1,5 m de hauteur) et sa capacité a été estimée à 13 m<sup>3</sup>/s alors que le débit de pointe centennal retenu est de 11 m<sup>3</sup>/s (pluie de 3 heures, temps de montée 2/3). Il est difficile d'évaluer la vulnérabilité de cet ouvrage à l'obstruction, car la présence du seuil latéral à l'amont perturbe les écoulements. Néanmoins, cette considération a très peu d'influence sur la cartographie de l'aléa : dans le cas où l'ouvrage serait obstrué, les écoulements déborderaient sur le CHEMIN DU PETIT VIOLET et rejoindraient directement le lit de l'autre côté de cette rue. Ainsi, cet ouvrage a été considéré comme obstrué ce qui induit de

l'aléa uniquement sur le CHEMIN DU PETIT VIOLET sur une quinzaine de mètres.

- Pont de la GRANDE RUE (OH-01). D'après les éléments historiques, cet ouvrage a été obstrué en 1971. À ce titre, il a été considéré comme totalement obstrué, ce qui implique que la totalité du débit de pointe (11 m<sup>3</sup>/s) déborde vers la GRANDE RUE et le volume estimé à 60 000 m<sup>3</sup> (pluie de 12 heures, temps de montée 2/3) ;
- L'ouvrage OH-02 (passerelle d'accès Chemin du Charmeyran) mesure 1,3 m de largeur et 0,8 m de hauteur ce qui est faible, notamment comparé aux dimensions de l'ouvrage de la GRANDE RUE (1,6 m x 1,6 m) et qui a pourtant été déjà obstrué. Ainsi, une obstruction totale de cet ouvrage a été considérée. D'après ces hypothèses, le débit et le volume maximum débordants sont respectivement de 7 m<sup>3</sup>/s et de 60 000 m<sup>3</sup> ;
- Pour les mêmes raisons que l'ouvrage OH-02, le pont PROUILLER (1,6 m de largeur et 0,6 mètre de hauteur) a été considéré comme totalement obstrué. Le débit de pointe débordant et le volume maximal débordant sont également de 7 m<sup>3</sup>/s et de 60 000 m<sup>3</sup> ;
- L'ouvrage OH-04 (passerelle) présente une section hydraulique largement suffisante pour le débit centennal. De plus, la configuration du chenal ne semble pas favoriser la formation d'embâcles. Cet ouvrage n'a pas été considéré comme obstrué ;
- Le pont BOTTU (OH-05 AVENUE MAQUIS DU GRÉSIVAUDAN) a été obstrué en 1971. L'hypothèse d'une obstruction totale a donc été retenue. Ainsi, le débit de pointe maximal débordant a été estimé à 7 m<sup>3</sup>/s et le volume maximal débordant à 60 000 m<sup>3</sup>.
- L'ouvrage OH-06 (passerelle) n'a pas été considéré comme obstrué en raison de la très grande section d'écoulement et de la présence à quelques dizaines de mètres en amont du pont Bottu dont la section est bien plus faible.
- Le pont du CHEMIN DUHAMEL (OH-07) a été obstrué en 1955. Il a donc été considéré comme totalement obstrué. Le débit de pointe débordant et le volume maximum débordant ont respectivement été estimés à 7 m<sup>3</sup>/s et 60 000 m<sup>3</sup>.
- L'ouvrage OH-08 (canalisation du Charmeyran aval) a des dimensions équivalentes (1,8 m de largeur et 0,9 mètre de hauteur) au pont BOTTU, obstrué d'après les éléments historiques. Il a donc été considéré comme totalement obstrué. Le débit de pointe maximal débordant a été estimé à 6 m<sup>3</sup>/s et le volume maximal débordant à 60 000 m<sup>3</sup>.

*Tableau 20 : Débits de pointe et volume débordants aux points au niveau des ouvrages d'après les hypothèses d'obstruction*

<b>Ouvrage obstrué</b>	<b>Obstruction</b>	<b>Débit de pointe débordant</b>	<b>Volume maximum débordant</b>
Plage de dépôt (OH-00)	OUI	11 m <sup>3</sup> /s	60 000 m <sup>3</sup>
Pont de la GRANDE RUE (OH-01)	OUI	11 m <sup>3</sup> /s	60 000 m <sup>3</sup>
Passerelle (OH-02)	OUI	7 m <sup>3</sup> /s	60 000 m <sup>3</sup>
Pont PROUILLER (OH-03)	OUI	7 m <sup>3</sup> /s	60 000 m <sup>3</sup>
Passerelle (OH-04)	NON	0 m <sup>3</sup> /s	0 m <sup>3</sup>

<b>Ouvrage obstrué</b>	<b>Obstruction</b>	<b>Débit de pointe débordant</b>	<b>Volume maximum débordant</b>
Pont BOTTU (OH-05)	OUI	7 m <sup>3</sup> /s	60 000 m <sup>3</sup>
Passerelle (OH-06)	NON	0 m <sup>3</sup> /s	0 m <sup>3</sup> /s
Pont du CHEMIN DUHAMEL (OH-07)	OUI	7 m <sup>3</sup> /s	60 000 m <sup>3</sup>
Canalisation du Charmeyran aval (OH-08)	OUI	6 m <sup>3</sup> /s	60 000 m <sup>3</sup>

## **Annexe 8. Cartes des secteurs homogènes et localisation des profils de référence pour la méthode de la ligne d'énergie**

Voir carte hors texte





**ALP'GEORISQUES** - Z.I. - 52, rue du Moirond - Bâtiment Magbel - 38420 DOMENE - FRANCE  
Tél. : 04-76-77-92-00 Fax : 04-76-77-55-90  
sarl au capital de 18 300 €  
Siret : 380 934 216 00025 - Code A.P.E. 7112B  
N° TVA Intracommunautaire : FR 70 380 934 216  
Email : [contact@alpgeorisques.com](mailto:contact@alpgeorisques.com)  
Site Internet : <http://www.alpgeorisques.com/>