



Cartographie des aléas naturels prévisibles sur le territoire de Grenoble Alpes Métropole, dans le cadre de l'élaboration du PLUi

Commune de Grenoble

Note de présentation



Maître d'ouvrage : Grenoble Alpes Métropole
AMO : Service RTM Isère / PROGéo Environnement



Référence	18061329	Version	4.0
Date	20 septembre 2019	Édition du	19/03/18

Identification du document

Projet	Carte des aléas de Grenoble-La Bastille		
Titre	Carte des aléas		
Fichier	Rapport_Grenoble_Bastille_v4.0.odt		
Référence	18061329	Proposition n°	D1701007
Chargé d'études	Didier Mazet-Brachet		
	Tél. 04 76 77 92 00	didier.mazetbrachet@alpgeorisques.com	
Maître d'ouvrage	Grenoble Alpes Métropole	Le Forum 3, rue Malakoff 38031 Grenoble cedex	
	Référence commande :	Marchés n° 2017-102 (Lot1) et 2017-103 (Lot 2)	
Maître d'œuvre ou AMO	Service RTM Isère / PROGéo Environnement	Hôtel des administrations 9, quai Créqui 38026 Grenoble cedex	

Versions

Version rapport	Date	Version carte	Auteur	Vérifié par	Modifications
1.0			DMB	DMB	
2.0			DMB	JR	Version de travail interne
3.0			DMB	DMB	Intégration des observations de l'AMO
4.0	20/09/19	V4	DMB	DMB	Post enquête publique

Diffusion

Diffusion	Support	Pointage	
GAM	Papier		Nombre d'exemplaires :
	Numérique	✓	
Commune	Papier		Nombre d'exemplaires :
	Numérique		
AMO	Papier		Nombre d'exemplaires :
	Numérique	✓	

Archivage

N° d'archivage (référence)	18061329
Titre	Carte des aléas – Note de présentation
Département	38
Commune(s) concernée(s)	Grenoble Alpes Métropole
Cours d'eau concerné(s)	Isère
Région naturelle	Y Grenoblois
Thème	Carte des aléas
Mots-clefs	carte aléas Grenoble-La Bastille

SOMMAIRE

I.INTRODUCTION.....	9
I.1.Avertissement.....	9
I.2.Objet et contenu de l'étude.....	9
I.3.Préalable.....	9
I.4.Phénomènes naturels pris en compte sur la commune.....	10
I.5.Établissement de la carte des aléas.....	10
II.PRÉSENTATION DE LA COMMUNE.....	11
II.1.Situation.....	11
II.2.Cadre géographique et naturel.....	11
II.3.Contexte géologique.....	11
II.3.1.Les formations secondaires.....	12
II.3.2.Les formations quaternaires.....	14
II.3.3.Sensibilité des formations géologiques aux phénomènes naturels.....	14
II.4.Sources d'informations.....	15
III.QUALIFICATION DES ALÉAS SUR LE TERRITOIRE.....	15
III.1.L'aléa ruissellement sur versant et ravinement.....	16
III.1.1.Scénarios types sur le territoire.....	16
III.1.2.Événements historiques et observations de terrain.....	16
III.1.3.Aménagements et ouvrages.....	17
III.1.4.L'aléa.....	17
III.2.L'aléa glissement de terrain.....	17
III.2.1.Scénarios types sur le territoire.....	17
III.2.2.Événements historiques et observations de terrain.....	18
III.2.3.Aménagements et ouvrages.....	19
III.2.4.L'aléa.....	19
III.3.L'aléa chutes de pierres et de blocs.....	20
III.3.1.Scénarios types sur le territoire.....	20
III.3.2.Historique et observations de terrain.....	22
III.3.3.Aménagements et ouvrages.....	23
III.3.4.L'aléa.....	24
III.4.L'aléa effondrement de cavité souterraines.....	25
III.4.1.Scénarios types sur le territoire.....	25
III.4.2.Historique et observations de terrain.....	26
III.4.3.Aménagements et ouvrages.....	26
III.4.4.L'aléa.....	26
IV.BIBLIOGRAPHIE.....	27
V.ANNEXES.....	29

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.

L'actuelle version 4.0 de la note de présentation est rattachée aux versions 4 et ultérieures de la carte des aléas jusqu'à l'édition d'une nouvelle version qui vienne la remplacer.

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

I. Introduction

I.1. Avertissement

La présente étude est composée des éléments indissociables suivants :

- la carte informative (phénomènes historiques et observés, aménagements et ouvrages de protection) ;
- la carte des aléas de la commune de Grenoble dont l'échelle de lecture maximum est le 1/5 000 ;
- la carte des aléas sur fond topographique dont l'échelle de lecture maximum est le 1/10 000 ;
- la note méthodologique générale ;
- les notes de présentation par commune.

I.2. Objet et contenu de l'étude

Grenoble Alpes Métropole a confié à la Société Alp'Géorisques - ZI - 52, rue du Moirond - 38420 Domène et à la SCOP Alpes-Géo-Conseil – Saint-Philibert - 73670 Saint-Pierre-d'Entremont l'élaboration de la carte des aléas de la commune de Grenoble couvrant l'ensemble du site de la Bastille à l'amont des voies suivantes :

- quai des ALLOBROGES ;
- quai Xavier-JOUVIN ;
- quai MOUNIER ;
- quai PERRIERE ;
- quai de FRANCE ;
- route de LYON.

Ce document est informatif. Il apporte des informations permettant la prise en compte des risques naturels dans les documents d'urbanisme conformément à la législation en vigueur.

La prise en compte des risques naturels dans les règles d'urbanisme ou les autorisations de projets de travaux, de constructions ou d'installations relève exclusivement de la responsabilité du maire.

I.3. Préalable

Avant de lire le présent rapport, il convient de se reporter à la note méthodologique générale qui explique la démarche entreprise à l'échelle de Grenoble Alpes Métropole pour la qualification des aléas.

Le présent rapport se limite à la description des phénomènes et des aléas spécifiques de la commune de Grenoble.

1.4. Phénomènes naturels pris en compte sur la commune

Les phénomènes cartographiés sur la commune Grenoble sont les suivants :

Aléa	Symbole	Définition du phénomène
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).
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'écroulements 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.

Tableau I.1: Définition des phénomènes naturels

1.5. Établissement de la carte des aléas

La cartographie a été élaborée à partir de reconnaissances de terrain effectuées en août-septembre 2004 et en septembre 2017 par Didier Mazet-Brachet, chargés d'études, et d'une enquête auprès des municipalités et des services déconcentrés de l'État. Elle a été validée par Yannick Robert du service Restauration des Terrains en Montagne de l'Isère.

II. Présentation de la commune

II.1. Situation

Le site de la Bastille se situe sur la commune de Grenoble. Il est limité au sud par l'Isère, au nord-ouest par la commune de Saint-Martin-le-Vinoux et au nord-est par la commune de La Tronche.

II.2. Cadre géographique et naturel

Le site de La Bastille occupe l'extrémité septentrionale du Massif de La Chartreuse. Ce promontoire est limité à l'aval par la rivière Isère qui contourne ici le massif.

Ce site constitue un des rares espaces grenoblois présentant un caractère naturel très marqué. Vu du centre-ville, le secteur apparaît comme une saillie montagnaise escarpée et très boisée. Dans la réalité cet éperon a fait l'objet de nombreux aménagements civils et militaires (on a longtemps mis à profit le caractère stratégique de la place) et exploitations de calcaire au fil du temps, lui ôtant ainsi son caractère sauvage.

L'occupation la plus ancienne ayant laissé des traces significatives est indéniablement militaire. L'aménagement de la place forte par Lesdiguières à partir de 1591, réaménagée et complétée par Vauban au XVII^e, puis une nouvelle fois au XIX^e entre 1828 et 1848, a profondément modifié le paysage. On peut ainsi observer de nombreuses murailles, fortins, fossés, souterrains et autres aménagements du génie militaire qui faisaient de ce site un véritable bastion. À la fin du XIX^e le site a également vu s'installer les premières cimenteries qui exploitaient là une ressource rare par sa qualité minéralogique. Commence alors l'exploitation des ciments de la Porte-de-France qui seront par la suite remplacés par les cimenteries Vicat.

Le site est globalement peu peuplé au regard de la population communale. Le bâti se concentre surtout en pied de versant, le long de l'Isère et à proximité de la route de Clémencières (RD 57). Un habitat très diffus est également présent le long du chemin de la Bastille qui débute derrière la Mairie de La Tronche.

II.3. Contexte géologique

Le site de la Bastille s'inscrit dans un contexte sédimentaire dont l'ossature est constituée par les calcaires et marno-calcaires du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur. Localement, ces niveaux sont masqués par des couvertures quaternaires résultant de l'altération du substratum, de l'activité glaciaire récente ou de l'activité humaine.

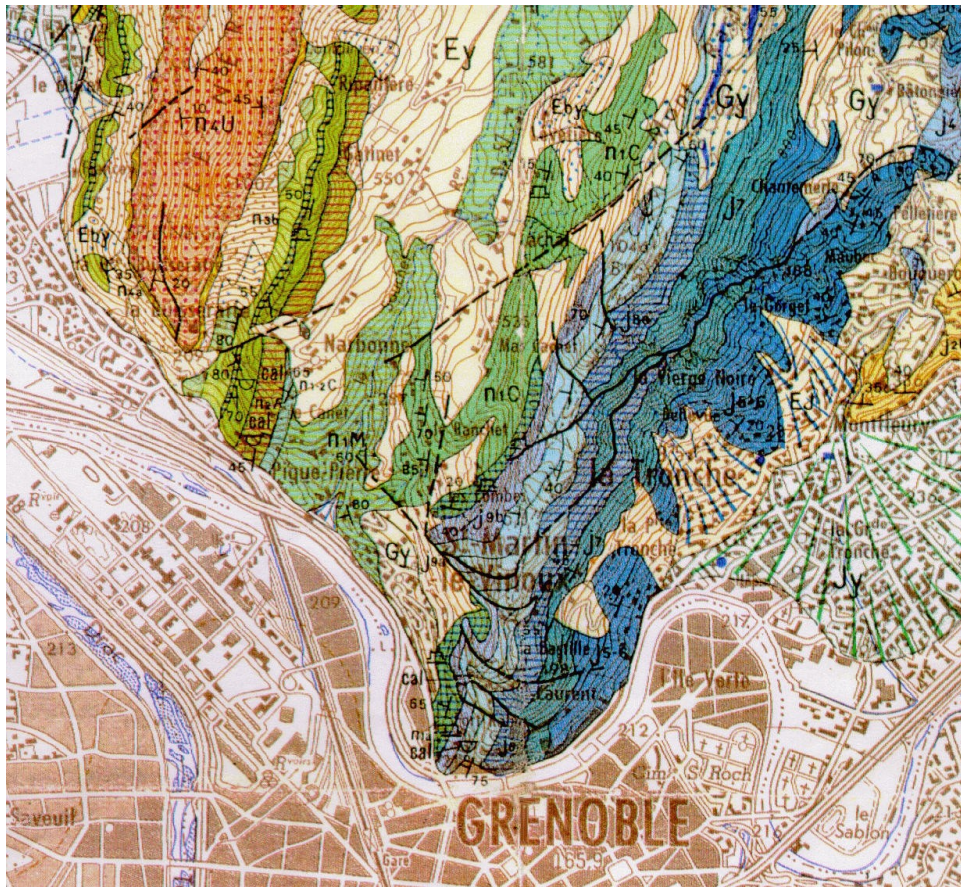


Figure II.1: extrait carte géologique

II.3.1. Les formations secondaires

Les formations secondaires présentes sur le site de La Bastille s'étendent de l'Oxfordien supérieur noté J6 (-157,1 à -154,7 Ma), visible sur le flanc est de la colline au Berriasien noté n1C (-145,6 à 104,7 Ma) qui affleure au-delà de La Porte-de-France.

Les couches sont globalement inclinées vers l'Ouest selon un pendage assez fort. Le massif est parcouru par de grandes failles, plans de chevauchement et plissements qui témoignent du passé tectonique du secteur. Vers le Nord, les strates s'infléchissent sensiblement en un vaste synclinal.

Les coupes géologiques Est-Ouest, présentées ci-après et tirées de la notice géologique de la carte géologique BRGM de « Grenoble », permettent de visualiser la nature et le pendage des formations en présence.

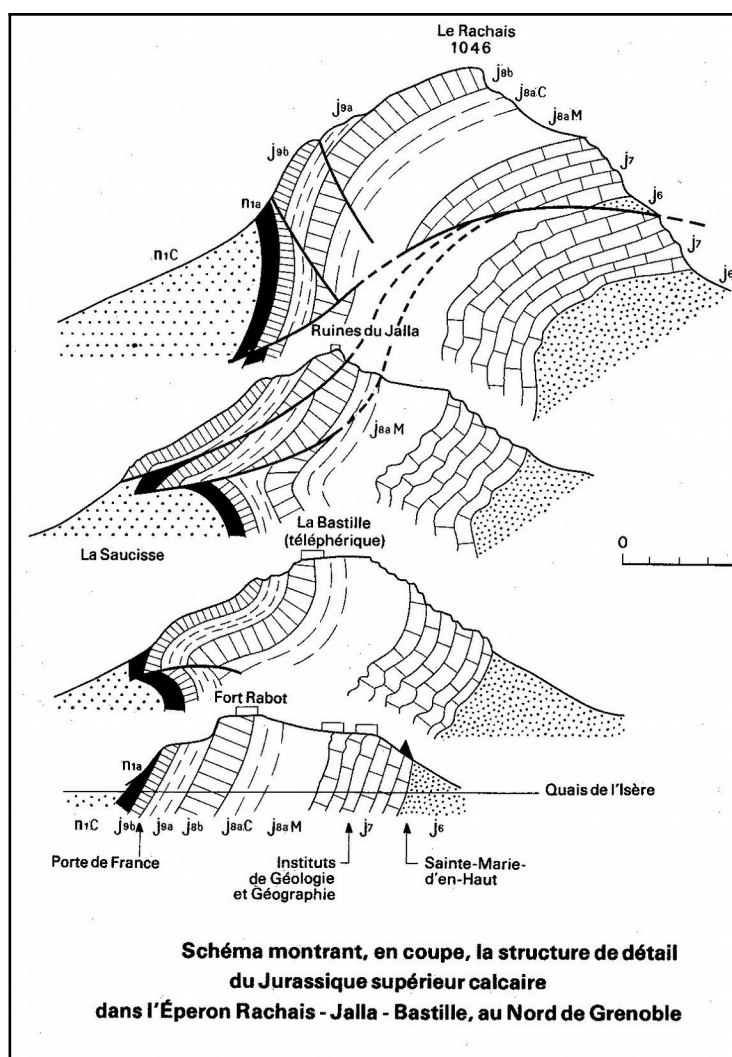


Figure II.2: Extrait de la notice de la carte géologique « GRENOBLE » – BRGM

Les calcaires de La Bastille se présentent sous différentes formes, en fonction de la strate considérée :

- sur le flanc est de La Bastille, depuis la limite de La Tronche jusqu'au Musée Dauphinois, affleurent des marno-calcaires datés de l'Oxfordien. De couleur gris-brun, ces matériaux sont présents sur des pentes modérées. Ils sont visibles en pied de versant ;
- le Séquanien visible au pied de la rue Maurice-Gignoux et de l'Institut-Dolomieu se présente sous la forme de calcaire gris-brun en petits bancs de 20 à 50 cm d'épaisseur. Ce niveau peut former de petits escarpements ;
- le Kimméridgien inférieur à moyen qui affleure en face du pont Marius-Gontard et qui constitue l'assise du Fort-Rabet et du Fort-de-La-Bastille est représenté par un calcaire argileux en bancs de 10 à 20 cm qui constitue le talus fortement penté à l'est du téléphérique ;
- le Tithonique inférieur et moyen qui affleure à l'Ouest du téléphérique depuis La Porte-de-France (Jardin-des-Dauphins) jusqu'à La Bastille et au Jalla se présente avec une patine claire en bancs peu épais de 1 à 10 cm. Ce niveau constitue des affleurements francs sans joints marneux ;
- le Tithonique supérieur est un calcaire massif en bancs de 2 à 10 m. De patine claire, il

- forme une falaise massive sur le flanc ouest de La Bastille et du Jalla ;
- le Néocomien est présent sous deux formes :
 - d'une part, d'une couche de calcaire marneux noir (Berriasien basal) d'une puissance de 50 mètres environ. Ce niveau également appelé couche à ciment de La Porte-de-France a fait l'objet d'une exploitation importante entre le Nord du Jardin-des-Dauphins (actuelle via ferrata) et le fossé nord, en limite avec Saint-Martin-le-Vinoux ;
 - d'autre part des calcaires gris (Berriasien) présents au pied de la route de Clémencières et que l'on retrouve plus au Nord, sur le flanc ouest du Jalla.

II.3.2. Les formations quaternaires

Plusieurs types de formations quaternaires se rencontrent sur la zone d'étude :

- les éboulis : les versants rocheux, calcaires et marno-calcaires, produisent une multitude de phénomènes de chutes de blocs plus ou moins intenses. Des nappes d'éboulis masquent donc parfois le substratum ;
- les colluvions : l'altération du substratum produit un sol détritique généralement peu profond. Ces colluvions de nature argileuse mais contenant une fraction caillouteuse assez riche sont présentes sur les pentes modérées ;
- les placages morainiques sont peu représentés. Ces dépôts glaciaires sont principalement visibles au pied de la route de Clémencières, en limite avec Saint-Martin-le-Vinoux. Sur les flancs du Jalla, de nombreux blocs erratiques sont visibles, témoignant ainsi du passé glaciaire de la région ;
- les dépôts Anthropiques : l'intense et ancienne anthropisation du site de La Bastille se traduit par la présence de nombreux dépôts artificiels et de remblais. Ils ont été produits :
 1. par l'activité urbaine (terrassement et remblaiement à l'arrière des murs de soutènement) ;
 2. par le génie militaire (excavation et souterrains divers et remblaiement à l'arrière des fortifications) ;
 3. par l'exploitation du calcaire à ciment (mise en décharge des déchets d'exploitation).

II.3.3. Sensibilité des formations géologiques aux phénomènes naturels

Les niveaux calcaires et marno-calcaires, dès que la pente est suffisante, sont le lieu de chutes de blocs plus ou moins intenses. Les marno-calcaires et les calcaires marneux qui se présentent généralement sous forme de petits bancs produisent plutôt des éléments de taille réduite (< à 1 m³), tandis que les falaises tithoniques sont susceptibles de libérer des blocs de taille beaucoup plus imposante. Ce dernier phénomène se localise plutôt dans la partie ouest du site et s'étend plus largement en direction de Saint-Martin-le-Vinoux.

Localement, les niveaux calcaires et marno-calcaires du substratum peuvent subir des déformations par décompression et poussée au vide. Ce phénomène peut, selon les cas s'apparenter à un glissement de terrain (quai Perrière) ou à des écroulements en masse (carrières Vicat).

Les niveaux marneux, mais surtout leur frange d'altération et les colluvions argileuses qui les dominent peuvent être le lieu de glissements de terrain. Peu nombreux, ces phénomènes peuvent toutefois se réveiller lors de précipitations abondantes et durables ou lors d'aménagement

(terrassement, remblaiement, rejets d'eau intempestifs, etc.).

D'une façon générale, les terrains de surface (colluvions, éboulis, remblais) mais également les marnes sont sensibles au ravinement. Le ruissellement peut affecter potentiellement tout le site en raison de la topographie. La concentration des eaux, notamment au niveau des axes de circulation (pistes en terre et sentiers) et la surfréquentation de certains secteurs sont des paramètres aggravants.

Les effondrements de cavités souterraines peuvent trouver une origine naturelle par dissolution dans les calcaires (karst). Ce phénomène n'a pas été identifié dans le secteur, mais reste par nature potentiel. Les exploitations de pierre à ciment n'ont apparemment concerné que des strates très redressées dont l'excavation s'est réalisée à ciel ouvert. La présence de cavités d'exploitation est donc a priori à exclure. Par contre le génie militaire a réalisé un grand nombre de galeries que nous n'avons pas visitées et qui peuvent constituer un risque potentiel d'effondrement.

Les phénomènes d'écroulement des murs de soutènement et des murailles militaires peuvent occasionner des désordres qui s'apparentent à des chutes de blocs isolés (déchaussement d'éléments de structure), d'écroulement (rupture d'un pan de mur) ou encore de glissement dans le cas de désordres concernant l'ouvrage et le remblai situé à l'amont. Les conséquences peuvent donc se faire sentir à l'aval de ses instabilités, mais également à l'amont par érosion régressive.

II.4. Sources d'informations

Les sources d'informations sollicitées dans le cadre de la présente étude sont les suivantes :

Source	Nature	Date de la consultation
Commune de Grenoble	Événementiel	11 septembre 2017
RTM	Fiches événements, photos	19/06/2017
Alp'Géorisques	PPRN de La Tronche PPRN de Saint-Martin-le-Vinoux	2017 (en cours) 2011

Tableau II.1: Sources d'informations mobilisées

Les ressources bibliographiques exploitées sont présentées au chapitre IV. Bibliographie.

III. Qualification des aléas sur le territoire

Pour chaque zone, et par phénomène, sont présentés :

- les observations générales sur le territoire ;
- les événements historiques (recensés lors de la consultation des services déconcentrés de l'État, de diverses archives et de l'enquête menée auprès de la municipalité et des riverains) et les observations de terrains relatives aux phénomènes actifs ;
- les aménagements existants ou insuffisances de gestion constatées ayant une influence négative sur les aléas étudiés et les ouvrages de protection ;

- les motivations de la qualification des différents niveaux d'aléas, conformément à la méthodologie exposée précédemment ;
- le cas échéant, les ouvrages de protection pouvant être pris en compte dans la qualification de l'aléa et l'extrait de carte des aléas « avec prise en compte des ouvrages » associé.

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 1. Les photos pouvant illustrer les observations de terrain sont rassemblées en Annexe 5.

III.1. L'aléa ruissellement sur versant et ravinement

III.1.1. Scénarios types sur le territoire

Ce phénomène concerne l'ensemble du site de La Bastille. Il se concentre toutefois principalement sur les voies de circulation (pistes de desserte) et les sentiers. Les zones très fréquentées par les piétons qui « coupent les virages », aggravent la situation et favorisent la formation de petites ravines. Sur les axes de circulation, le ruissellement est traité par cunettes et renvois d'eau. La diffusion des apports pluviaux permet de limiter les effets du ravinement. En pied de versant, les bâtiments installés le long des voies de circulation constituent un obstacle à l'écoulement des eaux. Ils sont généralement pourvus de collecteurs d'évacuation des eaux pluviales, mais des saturations du réseau restent possibles en cas de précipitations intenses ou de colmatage des avaloirs. Cette rangée de maisons reste donc particulièrement sensible au ruissellement et au ravinement (Cf. Photo 1 à Photo 5).

On signalera que la piste reliant le fortin à la cité universitaire du Fort-Rabot ne fait plus aujourd'hui l'objet d'un entretien régulier. Les ouvrages de collecte sont de ce fait en mauvais état ou colmatés ce qui occasionne localement des débuts d'érosion. La reprise de l'entretien de ces réseaux apparaît donc souhaitable faute de quoi les désordres ne pourront que s'aggraver (Cf. Photo 6).

III.1.2. Événements historiques et observations de terrain

Numéro de localisation	Date/fréquence	Description / observations / photos	Sources
V.1	Régulièrement	Les chemins piétons qui parcourent le site de La Bastille sont le lieu de ruissellements plus ou moins intenses en fonction du bassin versant drainé. Chenalisés par des fossés, ces écoulements occasionnent parfois des débordements avec érosion des chemins (en particuliers, dans les virages en épingle à cheveux). En pied de versant ces écoulements sont repris par le réseau pluvial de voirie. La saturation de ce réseau s'accompagne parfois divagation sur les chaussées en ville.	Obs. terrain
V.2	-	Les fossés latéraux de défense du site de La Bastille sont taillés dans la pente avec un profil très raide. Bien que ne disposant pas d'un bassin versant, un ruissellement s'y développe. Le fossé ouest, en limite communale avec Saint-Martin-le Vinoux récupère des eaux d'exhaure à l'aval de la RD57 (Cf. Photo 7).	Obs. terrain

Tableau III.1: Phénomènes historiques de ruissellement et de ravinement et observations de terrain

III.1.3. Aménagements et ouvrages

Numéro de localisation	Type d'aménagement / ouvrage	Maître d'ouvrage	Observations
A.V.1	Gestion des sentiers et des chemins	Commune de Grenoble	Des palissades sont dressées à l'aval des chemins et sentiers afin d'éviter que les randonneurs ne coupent les virages en épingle à cheveux
O.V.1	Fossés et renvois d'eau	Commune de Grenoble	Les principaux chemins sont pourvus de fossés ou de rigoles qui collectent les eaux de ruissellement. Des renvois d'eau sont aménagés le long de ces chemins afin de diffuser les rejets. Dans la partie basse du versant, les écoulements résiduels sont évacués par le réseau pluvial et rejetés à l'Isère.

Tableau III.2: Aménagements et ouvrages de protection contre le ruissellement et le ravinement recensés

III.1.4. L'aléa

De nombreux sentiers et chemins concernés par une concentration des eaux de ruissellement ont été classés en zones d'**aléa moyen à très fort (V4)** de ruissellement de versant et de ravinement.

Le fossé qui limite à l'Ouest le bastion et qui jouent le rôle de collecteur en direction du pied de versant est classé en **aléa très fort (V4)** de ruissellement de versant et de ravinement car il collecte des eaux d'exhaures au niveau de la RD57. Il débouche sur la Route de Lyon, en limite avec Saint-Martin-le-Vinoux.

Deux petits axes de ruissellement ont également été identifiés en **aléa très fort (V4)** de ruissellement de versant et ravinement. L'un en contrebas du chemin de La Bastille, débouchant au carrefour du Quai des Allobroges et du Quai Eugène Charpeney, l'autre en limite avec La Tronche.

Le fossé qui limite à l'Est le bastion est classé en **aléa moyen (V2)** de ruissellement de versant et de ravinement. Il débouche aux abords de l'école du quartier Saint-Laurent.

Un petit secteur qui semble souffrir d'une surfréquentation a été classé en **aléa moyen (V2)** de ruissellement de versant et ravinement à l'amont de Saint-Laurent.

Ces zones d'aléa de ruissellement de versant et de ravinement matérialisent des zones d'écoulements préférentiels et traduisent strictement un état actuel. Des phénomènes de ruissellements généralisés ou ponctuels peuvent se développer, notamment en fonction de la couverture végétale et de la pente. En conséquence, l'ensemble de la zone décrite doit être considéré comme exposé à un aléa diffus de ruissellement de versant, non représenté sur la carte.

III.2. L'aléa glissement de terrain

III.2.1. Scénarios types sur le territoire

Très peu de glissements actifs ont été identifiés. Le secteur de la Maison-Lionel-Terray apparaît sensible au phénomène. À l'amont immédiat du bâtiment affleurent des marno-calcaires sombres.

Ceux-ci apparaissent stables, mais les colluvions qui les surmontent sont animées d'un déplacement qui apparaît dangereux pour le bâtiment. Une niche d'arrachement est visible dans les broussailles et atteste de l'instabilité (Cf. Photo 8 et Photo 9).

Le principal glissement de terrain se situe au-dessus du 74, quai Perrière. Il trouve son origine dans le versant qui débute à l'aval de la Porte du Fort-Rabot. Au niveau du deuxième lacet de la rue Maurice-Gignoux, des signes de désordres sont visibles dans les ouvrages de soutènement qui font l'objet d'un suivi et dont certains ont fait l'objet de renforcement par ancrage (Cf. Photo 10 et Photo 11).

III.2.2. Événements historiques et observations de terrain

Numéro de localisation	Date/fréquence	Description / observations / photos	Sources
G.1	22 janvier 1951	Mur de soutènement fissuré au 64 quai Perrière. V villa de M. Palmiéri évacuée. Glissement superficiel dû à des pluies persistantes et à une surcharge par remblai.	Carte des aléas 2004
G.2	30 novembre 1996	Effondrement d'un mur sur le chemin du Musée Dauphinois à l'IGA. Glissement de terrain et effondrement d'un mur de soutènement ancien (XVII ^e siècle). Le chemin est coupé sur 20 m. Les blocs de mur s'arrêtent sur la terrasse de la Maison-Terray (42, quai Perrière). Le phénomène fait suite à des précipitations abondantes (chutes de neige suivies de 2 jours de pluie).	Carte des aléas 2004
G.3	28 janvier 1999	Glissement de terrain et effondrement partiel d'un mur de soutènement au 14, quai des Allobroges. Le phénomène fait suite à des précipitations abondantes (61 mm en 24 h à Saint-Martin-d'Hères).	Carte des aléas 2004
G.4	14 janvier 2002	Poussée de terre sur la façade amont d'un immeuble collé à la colline rue St-Laurent, sur environ 1 m de large et 1,50 m de haut et déformations latérales (fissures) ; effet de soutirage avec affaissement de la terrasse, sur quelques dizaines de cm, située un étage au-dessus.	RTM
G.5	4 ^e trimestre 2012	Glissement et écroulement d'un mur d'environ 2,5 m de hauteur sur 15 m de longueur au 40, rue Saint Laurent. Chute des plus petits éléments du mur (0.15 m ³) jusqu'aux terrasses inférieures des habitations. Nombreux blocs arrêtés par la végétation en place. Glissement du terrain situé à l'amont du mur. Phénomène non lié à un risque naturel mais relevant de dispositions constructives.	RTM
G.6	04 janvier 2018	Glissement (H = 4 m; L = 15 m P = 1 m soit environ 60 m ³ de matériaux) à l'arrière d'un mur de soutènement ancien qui a percuté la façade arrière d'une extension récente d'un logement au dernier étage du 74, quai Perrière. Les matériaux se sont arrêtés contre la façade amont de l'extension du logement en dernier étage et la terrasse sud en amont de la cour intérieure de l'immeuble.	RTM

Numéro de localisation	Date/fréquence	Description / observations / photos	Sources
G.7	03 avril 2018	Glissement, basculement d'un mur de soutènement ancien en pierres liaisonnées qui a écrasé un local à vélo dans une cour intérieure et bloqué l'accès à un logement au 24 quai Perrière. (volume d'environ 70 à 90 m ³ foisonnés, hauteur d'éboulement environ 5m sur 10 de large profondeur maxi 2 m). La hauteur totale du mur est d'environ 8 m. Il reste 1 m de large de terrasse au minimum avant les fondations de la maison en travaux située en amont.	RTM

Tableau III.3: Phénomènes historiques de glissement de terrain et observations de terrain

III.2.3. Aménagements et ouvrages

Cf. § III.3.3, Ligne O.P.1.

III.2.4. L'aléa

Les glissements de terrain sont peu nombreux sur la zone d'étude. L'aléa traduit à la fois l'activité des phénomènes, l'intensité et la probabilité d'occurrence. Les terrains les plus sensibles sont les colluvions sur calcaires et marno-calcaires. La pente du terrain et l'épaisseur des terrains meubles sont les caractères déterminants de la stabilité. La teneur en eau des matériaux est apparue très faible lors de nos reconnaissances de terrain.

Le glissement de terrain situé au droit du 74, quai Perrière domine le front de maisons installées le long du quai est concerné par des mouvements de la frange superficielle du sol. Des déplacements sont également sensibles au niveau des ouvrages de soutènement et du bâti installés dans le versant. Il reste toutefois difficile de faire la part des choses entre les instabilités naturelles et les déformations structurelles des aménagements en présence. L'ensemble de ce secteur a été classé en **aléa très fort (G4)** de glissement de terrain, tout comme la Montée de Cularo, au droit de la maison de retraite municipale.

L'**aléa fort (G3d)** de glissement de terrain est présent dans la partie basse du versant raide qui domine la rue Saint-Laurent.

L'**aléa fort (G3b)** de glissement de terrain est identifié au droit de la Maison « Lionel-Terray » : le talus qui domine le bâtiment est sujet à des glissements superficiels qui font toutefois planer un risque significatif pour le bâtiment en raison de sa position en contrebas de l'instabilité.L

L'**aléa fort (G3a)** de glissement de terrain est présent sur les pentes fortes, mais il caractérise des zones sur lesquelles l'épaisseur des terrains meubles de couverture sont généralement peu profonds.

Les périphéries de ces zones instables sont en général concernées par un **aléa moyen (G2a)** de glissement de terrain, afin de tenir compte de l'homogénéité géomécanique du versant. Ces zones périphériques englobent de ce fait les terrains qui pourraient être concernés par une éventuelle régression des phénomènes actifs.

L'ensemble des versants, même faiblement pentés, est classé en **aléa faible (G1)** de glissement de terrain afin d'intégrer la potentialité du phénomène. Cet aléa traduit plus l'incertitude sur

l'épaisseur des terrains meubles qu'une réelle instabilité constatée.

De nombreux terrains du site supportent des ouvrages de soutènement en plus ou moins bon état. Il s'agit soit :

- d'ouvrages militaires aujourd'hui gérés, surveillés et entretenus par la Ville de Grenoble : les études et les travaux engagés permettent de considérer, qu'à terme, le risque résiduel est faible. Les chutes de pierres isolées ou le renversement d'ouvrages ne peuvent toutefois être exclus ;
- d'ouvrages de soutènement traditionnels publics ou privés dont le rôle est essentiellement de « tenir » les terrains sur des pentes soutenues. La précarité de leur réalisation ou l'absence de leur entretien incite à la plus grande prudence.

Les secteurs concernés par ces ouvrages ont été identifiés en **aléa faible (G1)** de glissement de terrain. Cet aléa traduit, faute d'un diagnostic systématique, hors de proportion de la présente étude, la potentialité de ruine ou d'endommagement de ces ouvrages. Ce classement souligne, de fait, la nécessité de leur entretien par leurs propriétaires ou leurs gestionnaires respectifs.

III.3. L'aléa chute de pierres et de blocs

III.3.1. Scénarios types sur le territoire

De nombreux secteurs sont apparus concernés par des chutes de pierres ou de blocs. Les zones d'affleurement en falaises sont évidemment les plus affectées. Sans vouloir, ni pouvoir établir une liste exhaustive des phénomènes, nous nous bornerons à identifier les secteurs caractéristiques :

III.3.1.1. Le versant ouest du Jalla

Depuis la porte amont du Fort-de-La-Bastille, jusqu'aux ruines des cimenteries, au sommet du Jalla, des affleurements de calcaires massifs sont visibles. Ces affleurements libèrent un grand nombre de blocs qui concernent essentiellement la commune de Saint-Martin-le-Vinoux et notamment le quartier de La Saucisse (Cf. Photo 12).

III.3.1.2. Le versant est du Jalla

Cette face est moins escarpée, toutefois, à l'Est du mémorial des troupes alpines et en amont de la piste qui permet d'y accéder, des affleurements calcaires de quelques mètres de hauteur sont masqués par l'épaisse végétation. Ces affleurements produisent des blocs de taille moyenne (généralement inférieure au m³) dont les trajectoires habituelles sont assez courtes, mais pouvant atteindre le chemin du Mémorial (Cf. Photo 13).

III.3.1.3. Les affleurements à l'aval de La Bastille

À l'ouest de la gare d'arrivée du téléphérique, des affleurements escarpés de calcaires sont présents. Ils dominent la piste d'accès au Fort, mais également les chemins de ronde situés sur les murailles. Le sentier permettant d'accéder au Jardin-des-Dauphins est également concerné. La taille des blocs susceptibles de s'ébouler de ces niveaux apparaît généralement modeste (inférieure au m³) mais la fréquentation du site rend ce phénomène dangereux ce qui a nécessité diverses actions de sécurisation au moyen d'ancrage et de filets (Cf. Photo 14, Photo 15 et Photo 16).

À l'est du site, la base de la muraille est fondée sur un affleurement calcaire. Des blocs s'en détachent et menacent le chemin d'accès au Fort-de-La-Bastille. Des protections sous forme de filets d'arrêt ont été installées en protection de la voie (Cf. Photo 17).

III.3.1.4. Les affleurements à l'aval du Fort-Rabot

Le plateau du Fort-Rabot est limité à l'Ouest par une muraille fondée sur une petite falaise calcaire. Celle-ci libère des blocs de taille modeste dont les trajectoires ne semblent pas dépasser le sentier de La Bastille au Jardin-des-Dauphins. Cf. cliché 17.

III.3.1.5. Les anciennes carrières de ciment

On distinguera ici deux zones :

- La zone nord située en amont de la route de Clémencières où l'excavation s'est accompagnée d'une décompression des calcaires tithoniques massifs qui constituent la base du versant de La Bastille, à l'amont de l'exploitation. Ce phénomène a occasionné un écoulement en masse de la barre tithonique qui s'est désorganisée en gros blocs. Ceux-ci se sont heureusement arrêtés dans la cavité de l'exploitation sans se propager vers le pied de versant urbanisé de la route de Lyon (Cf. Photo 19, Photo 20 et Photo 21) ;
- La zone sud où est actuellement aménagée le tronçon inférieur de la via ferrata. La fréquentation du site et les travaux de sécurisation de la paroi ont largement limité l'occurrence du phénomène (Cf. Photo 22 et Photo 23) jusqu'à l'écroulement du 8 mai 2018 (Photo 24).

III.3.1.6. La barre de La Porte-de-France et le Jardin-des-Dauphins

La configuration actuelle résulte largement de l'exploitation du site en pierre à bâtir. À l'Ouest de l'éperon, la pente est à peu près naturelle et produit de petits blocs qui terminent leur course derrière les bâtiments installés au pied de ce petit affleurement.

Le Jardin-des-Dauphins résulte d'une exploitation ayant conduit à des surplombs impressionnants résultant du pendage des couches vers l'Ouest. Les chutes des blocs, potentiellement de taille respectable, apparaissent toutefois exceptionnelle en raison de la surveillance du site et des purges qui y sont réalisées, imposées par la fréquentation du lieu (Cf. Photo 25).

III.3.1.7. La barre du Quai de France

Le quai de France est dominé par une haute falaise sur laquelle est fondée la muraille sud du Fort-Rabot. Cette falaise s'estompe rapidement vers l'Est pour se transformer en versant escarpé au début du Quai Perrière. Cette falaise libère une multitude de blocs de petite taille (souvent inférieure à 0,1 m³, sans dépasser 1 m³), ce qui a nécessité la mise en place de grillages plaqués et d'ouvrages d'arrêt en pied de versant afin de protéger le bâti et les stationnements situés à l'arrière (Cf. Photo 26, Photo 27 et Photo 28).

III.3.1.8. La rue Maurice-Gignoux

Au niveau du second lacet et au niveau du carrefour de l'accès à l'Institut-Dolomieu, un affleurement marno-calcaire très redressé surplombe la route. Des blocs de petite taille s'en détachent fréquemment. Un grillage plaqué a été installé au droit du second lacet (Cf. Photo 29).

III.3.1.9. Le cas particulier des ouvrages

Les murailles et les soutènements

Les études menées par IMS-RN sur le site de La Bastille et en particulier sur les murailles militaires et les murs de soutènement ont confirmé l'existence d'une multitude d'instabilités. Celles-ci ont fait l'objet de multiples actions de sécurisation (rejointoiement, clouage, pose de grillages et filets de câbles plaqués, filets d'arrêt, etc.). On se reportera à l'étude de référence pour le détail du diagnostic (Cf. Photo 30 et Photo 31).

Au droit de la maison de retraite communale de la rue Saint-Laurent, un petit glissement a affecté l'espace compris entre deux bâtiments. Les matériaux ont atteint le parking de l'établissement. Ce phénomène est probablement en relation avec une pathologie de fondation d'ouvrages anciens.

Les fossés de défense militaire

Le site de La Bastille est limité par deux fossés taillés dans le rocher, l'un à l'Ouest, en limite de Saint-Martin-le-Vinoux, l'autre à l'Est, au droit de la Casemate. Les parois de ces fossés sont le lieu de chutes de blocs qui se trouvent canalisées par la tranchée. Le fossé Est qui débouche devant l'entrée de l'école du quartier Saint-Laurent est équipé d'un filet ASM (Cf. Photo 32).

III.3.2. Historique et observations de terrain

Numéro de localisation	Date/fréquence	Description / observations / photos	Sources
P.1	18/03/1665	Zone de départ située entre les deux guichets de la Porte-de-France. Plusieurs victimes et route obstruée.	Rapport RTM [18]
P.2	19 janvier 1951	Éboulement descente de l'Eygala : un mur de la propriété Bonnet-Eymard s'effondre. Un poteau téléphonique est détruit.	Carte des aléas 2004
P.3	19 décembre 1952	Petit éboulement à l'arrière du 2, quai de France. Une terrasse est recouverte de blocs et de terre.	Rapport risques RTM
P.4	3 nov 1952 10/04/1957 avril 1987 10 août 1987 29 janvier 1988	Éboulement à l'arrière du 74 quai Perrière : Éboulement d'un volume d'environ 20 m ³ (pour 1987 et 1988). Légers endommagements du mur à l'amont de l'immeuble.	Rapport risques RTM et Carte des aléas 2004
P.5	21 décembre 1982	Éboulement au 4, quai de France : une masse de pierres, de terre et d'arbuste s'éboule entre l'immeuble et le pied de falaise. Des barreaux de fenêtres et deux châssis de fenêtre sont endommagés. Le volume éboulé est estimé à 150 à 200 m ³ et s'étend sur une largeur de 10 m.	Carte des aléas 2004
P.6	6 février 1987	Écroulement à l'école d'escalade : dans la partie sud de la carrière, en amont de trois maisons, éboulement de quelques dizaines de m ³ de matériaux. Une zone instable d'environ 1000 m ³ est en cours de basculement.	Carte des aléas 2004

Numéro de localisation	Date/fréquence	Description / observations / photos	Sources
P.7	11 octobre 1989	Chute de pierres à l'école d'escalade : chute d'une écaille d'environ 0,5 m ³ derrière les immeubles à environ 12 m du sol.	Carte des aléas 2004
P.8	12-13/04/1994	Éboulement de 15 m ³ dans la cour intérieure d'un immeuble au 10 quai des Allobroges	Rapport RTM [18]
P.9	14 décembre 2002	Écroulement d'un mur au 62, rue Saint-Laurent : Le logement du 1 ^{er} étage de la copropriété est envahi par quelques m ³ de terre et de gros blocs. Léger affaissement de la terrasse située en amont, en bordure du chemin d'accès au musée (montée Chalemont)	Carte des aléas 2004
P.10	03 novembre 2009	Chutes de blocs (2 à 3 m ³ fragmentés) de calcaire massif faisant suite à des pluies continues (3-4 jours) après une période relativement sèche. En pied de paroi (zone plane) ou se situe un parking localisé devant un immeuble d'habitations. Plusieurs dizaines d'éléments rocheux ont atteint le parking extérieur où des voitures étaient stationnées ainsi que les portes de parkings couverts. Des éclats ont également atteint la façade de l'immeuble au-delà du 2 ^e étage.	RTM
P.11	08 mai 2018	Écroulement d'une dalle d'environ 500 m ³ sur le site de la via ferrata de la Bastille (ancienne carrière) en aval du Fort-Rabot versant ouest. La dalle rocheuse qui constituait le front de taille de l'ancienne carrière s'est écroulé entre 7 m (hauteur au-dessus de la plateforme en pied) et 28 m (au niveau de la via ferrata) de hauteur. Le volume qui s'est écroulé faisait environ 20 m de hauteur. Sa largeur en pied est aussi proche de 20 m mais se réduit à 5 m à son extrémité supérieure. L'épaisseur de la dalle était d'environ 2 m. L'écroulement s'est étalé en pied de paroi sur la plateforme de l'ancienne carrière. Plusieurs arbres ont été coupés. Les blocs ont atteint la limite de la clôture Est du hangar de l'installation de la via ferrata. Les plus gros blocs font 20 m ³ . L'élément rocheux qui s'est propagé le plus loin (pierre de 5 dm ³) donne un angle de 35° par rapport au haut de la zone de départ.	RTM

Tableau III.4: Phénomènes historiques de chutes de pierres et de blocs et observations de terrain

III.3.3. Aménagements et ouvrages

Numéro de localisation	Type d'aménagement / ouvrage	Maître d'ouvrage	Observations
O.P.1	Ancrage et grillage plaqué	Privé	Installé en février 1988, suite à l'éboulement du 29/01/1988, au droit du 74 quai Perrière.
O.P.2	Ancrages et filets pare-blocs	Commune	Protection des immeubles et de l'école du quai de France réalisés en 1987.
O.P.3	Ancrages et filets plaqués	Commune	Protection des immeubles situés au-dessous de la « petite falaise du Rabot » au droit de la jonction du quai de France et du quai Perrière.

Numéro de localisation	Type d'aménagement / ouvrage	Maître d'ouvrage	Observations
O.P.4	Purges, ancrages et filets plaqués	Commune	Protection des cheminements piéton du site de la Bastille. Ces actions concernent de petits affleurements calcaires et certaines anciennes maçonneries militaires.
O.P.5	Grillage plaqué	Commune	Protection du talus aval du glacis (coté ouest).
O.P.6	Filet ASM	Commune	Protection de l'accès à l'école au débouché du fossé de défense est.
A.P.1	Surveillance	Commune	Pose d'extensomètre automatique et d'un inclinomètre au 74, quai Perrière.
A.P.2	Purges	Commune	Divers travaux de purge ont été réalisés pour sécuriser le site, souvent après des événements de chutes de blocs.

Tableau III.5: Aménagements et ouvrages de protection contre les chutes de pierres et de blocs recensés

III.3.4. L'aléa

III.3.4.1. Identification des zones de départ, intensité et activité

L'identification des zones de départ de chutes de blocs a été effectuée à partir de la carte IGN 1/25 000 et des photographies aériennes, suivi d'une validation de terrain. Les zones de départ sont identifiées sur la carte en Annexe 3.

À chaque zone de départ est associé l'indice d'intensité (volume de bloc) retenu pour le scénario de référence. Il a été choisi d'après les volumes des plus gros blocs éboulés observés. En l'absence de blocs, l'intensité a été choisie en comparant des configurations de zones de départ similaires (lithologie, fracturation) pour lesquelles des blocs ont été observés. Pour les zones de départ situées dans les calcaires massifs, il a été retenu une intensité élevée (volume compris entre 1 et 10 m³) et très élevée (volume supérieur à 10 m³) en adéquation avec les volumes éboulés observés. Quelques zones d'escarpements de calcaires plus fins et marno-calcaires affleurant ont été caractérisées par une intensité modérée (volume compris entre 0,25 et 1 m³).

Quant à l'indice d'activité, il a été retenu comme faible à moyen pour l'ensemble des zones de départ (peu de blocs observés en pied de zone de départ ou dans les versants pour les volumes retenus).

III.3.4.2. Probabilité d'atteinte et probabilité d'occurrence

La probabilité d'atteinte des blocs a été évaluée à partir du principe de la ligne d'énergie selon la méthodologie explicitée dans la note méthodologique générale. Les données numériques à disposition étant de mauvaise qualité, la ligne d'énergie a été appliquée sur des profils topographiques tracés à partir des courbes de niveau de la carte IGN 1/25 000, puis interpolée entre ces profils. La probabilité d'atteinte résultante des calculs de ligne d'énergie a été corrigée selon les observations de terrain lorsque des singularités topographiques perturbent l'application stricte du principe de la ligne d'énergie. L'enveloppe de la probabilité d'atteinte est donc parfois réduite ou agrandie par rapport à l'enveloppe donnée par l'angle de ligne d'énergie.

Un total de 10 profils topographiques de versant a été étudié sur le territoire communal. Ils sont localisés sur la carte des zones de départ en Annexe 3, de même que les limites des probabilités

d'atteintes obtenues par la méthode de la ligne d'énergie, et représentés en Annexe 4.

III.3.4.3. Aléa résultant

Les grands affleurements calcaires subverticaux sont généralement classés en aléa très fort (P4) de chute de blocs :

- affleurement à l'aval du Fort-Rabot ;
- l'emprise du fossé de défense ouest ;
- affleurement à l'Ouest du Fort-Rabot ;
- ancienne Carrière Vicat ;
- secteur de la via ferrata (tronçon aval).

Les autres affleurements calcaires présents sur le site de La Bastille et leurs abords immédiats en pied de versant ont été classés en zone d'**aléa fort (P3)** de chutes de blocs :

- flanc est du Jalla ;
- surplomb du quai de France ;
- affleurement dominant la rue Maurice-Gignoux, l'Institut-Dolomieu et l'IGA ;
- le flanc est du Fort-de-La-Bastille et l'emprise du fossé de défense est ;
- les abords du quai des Allobroges ;
- le fossé de défense est du site de La Bastille.

Les versants situés à l'aval des zones précédentes et les versants rocheux dépourvus d'affleurement important (falaise) ont été classés en zone d'**aléa moyen (P2)** de chutes de blocs. Cet aléa concerne en particulier :

- le flanc est du Jalla ;
- le versant compris entre le Jardin-des-Dauphins et Saint-Martin-le-Vinoux ;
- le versant situé au Sud du Fort-de-La-Bastille ;
- le versant traversé par la rue Maurice-Gignoux ;
- le petit versant dominant le Quartier Saint-Laurent.

Une auréole d'**aléa faible (P1)** de chutes de blocs a souvent été représentée à l'aval des zones d'aléa fort et moyen de chutes de blocs afin de tenir compte des trajectoires extrêmes estimées. Cette bande a été appréciée sur la base de la nature géologique des terrains (éboulis) et de leur pente. Cet aléa représente des énergies a priori très faibles (estimées à moins de 30 kJ).

III.4. L'aléa effondrement de cavité souterraines

III.4.1. Scénarios types sur le territoire

Des affaissements des salles souterraines (non visitées) du Fort-de-La-Bastille sont probables en raison de l'observation de désordres en surface d'édifices en gradins. Ce phénomène semble affecter les secteurs ouest du Fort (à l'aval de l'Esplanade-des-Géologues) et à l'est à l'amont du fossé de défense.

III.4.2. Historique et observations de terrain

Numéro de localisation	Date/fréquence	Description / observations / photos	Sources
F.1	-	Le site de la Bastille est parcouru par une multitude de galeries d'exploitation de calcaires (tracé inconnu) et par des galeries militaires. Des déformations du sol sont localement visibles, mais il pourrait aussi s'agir de tassements de remblais.	Obs. terrain
F.2	?	Affaissement (phénomène de suffosion) dans le jardin de l'AFIPAEIM.	Rapport risques RTM

Tableau III.6: Phénomènes historiques d'effondrement de cavités souterraines et observations de terrain

III.4.3. Aménagements et ouvrages

Néant.

III.4.4. L'aléa

Un seul secteur a été classé en **aléa fort (F3)** d'effondrement de cavités souterraines. Il concerne une cavité (Le Trou des Cochons), a priori artificielle, visible en amont du sentier reliant le restaurant Le Père Gras au territoire de La Tronche.

Sur le site de La Bastille, l'aléa effondrement de cavités souterraines regroupe trois phénomènes potentiels distincts :

- les désordres liés aux carrières souterraines : elles ne concernent potentiellement que la couche à ciment entre la via ferrata (tronçon aval) et Saint-Martin-le-Vinoux. Le secteur a été classé en **aléa faible (F1)** d'effondrement de cavités souterraines
- les désordres liés aux cavités souterraines militaires : d'accès a priori plus aisé, ces galeries sont probablement moins évolutives que les précédentes. Faute de pouvoir les localiser avec précision, l'ensemble des zones anciennement militaires doivent être considérées comme situées en **aléa faible (F1)** d'effondrement de cavités souterraines.
- Le karst : le karst affecte potentiellement les calcaires. En l'absence d'observation d'indice, l'ensemble du secteur, compte tenu de sa nature calcaire, est potentiellement concerné. Cet aléa n'a pas été cartographié.

IV. Bibliographie

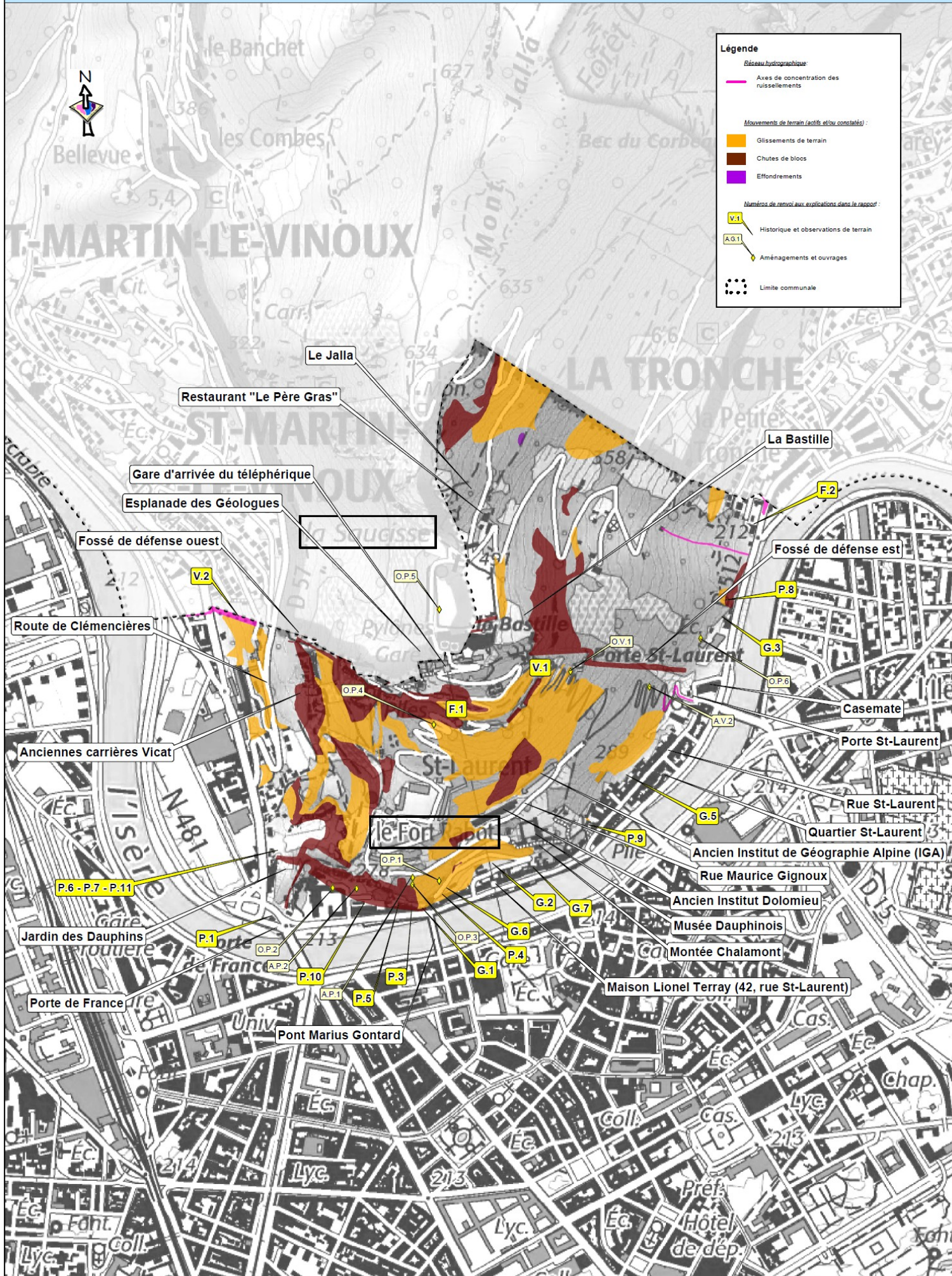
1. **Carte topographique** « série bleue » au 1/25 000 (Chartreuse-Sud)
2. **Carte géologique de la France** au 1/50 000 Feuille 772 (Grenoble)
3. **Plan cadastral** au 1/5000 de la commune de Grenoble
4. Orthophotoplans de la zone d'étude
5. SCAN 25 IGN
6. www.insee.fr
7. www.meteofrance.fr
8. www.prim.net
9. www.geoportail.fr
10. www.georisques.gouv.fr/
11. www.rtm-onf.ign.fr
12. www.infoterre.brgm.fr
13. Étude des risques de chutes de blocs et protections à envisager – ADRGT 08/1986.
14. Rapport de risques – RTM 15/12/1987.
15. Étude des risques naturels sur la montagne du Rabot – ADRGT 01/03/1988
16. La Bastille – Parc Guy-Pape : étude des risques de chute de blocs et moyens de protection – ADRGT 01/09/1988
17. Falaise du Fort-Rabot – Risques de chutes de blocs – Etude trajectographique à l'aplomb d'un parc de stationnement – 10/1989.
18. Société Vicat – Ancienne carrière de La Bastille – Examen des risques de chutes de masses rocheuses et définition des parades – BRGM 04/1989.
19. Confortement et auscultation de la falaise à l'amont du quai Perrière – ADRGT 20/03/1990.
20. Site de La Bastille – Reconnaissance d'une falaise à l'ouest suit à une chute de rochers – Hydrokarst 14/09/1993
21. Inventaire des mouvements rocheux – Secteur de l'Y grenoblois – RTM 09/1996.
22. Écroulement d'un mur sur le chemin de Cularo – Etude géologique et géotechnique – SIMECSOL 1997.
23. La Bastille – Inventaire des ouvrages des Fortifications – Diagnostic géotechnique – IMS RN 1998.

24. La Bastille – Mise en place d'un suivi d'ouvrages à risques – IMS RN 1998.

25. Logements locatifs – 14, quai de France – Étude de protection contre les chutes de blocs – IMS RN 2004.

V. Annexes

Annexe 1 Carte des phénomènes naturels



Annexe 2 Débits théoriques de crue centennale

Les exutoires des bassins versants pour lesquels un débit centennal a été calculé sont localisés et numérotés sur la figure suivante :

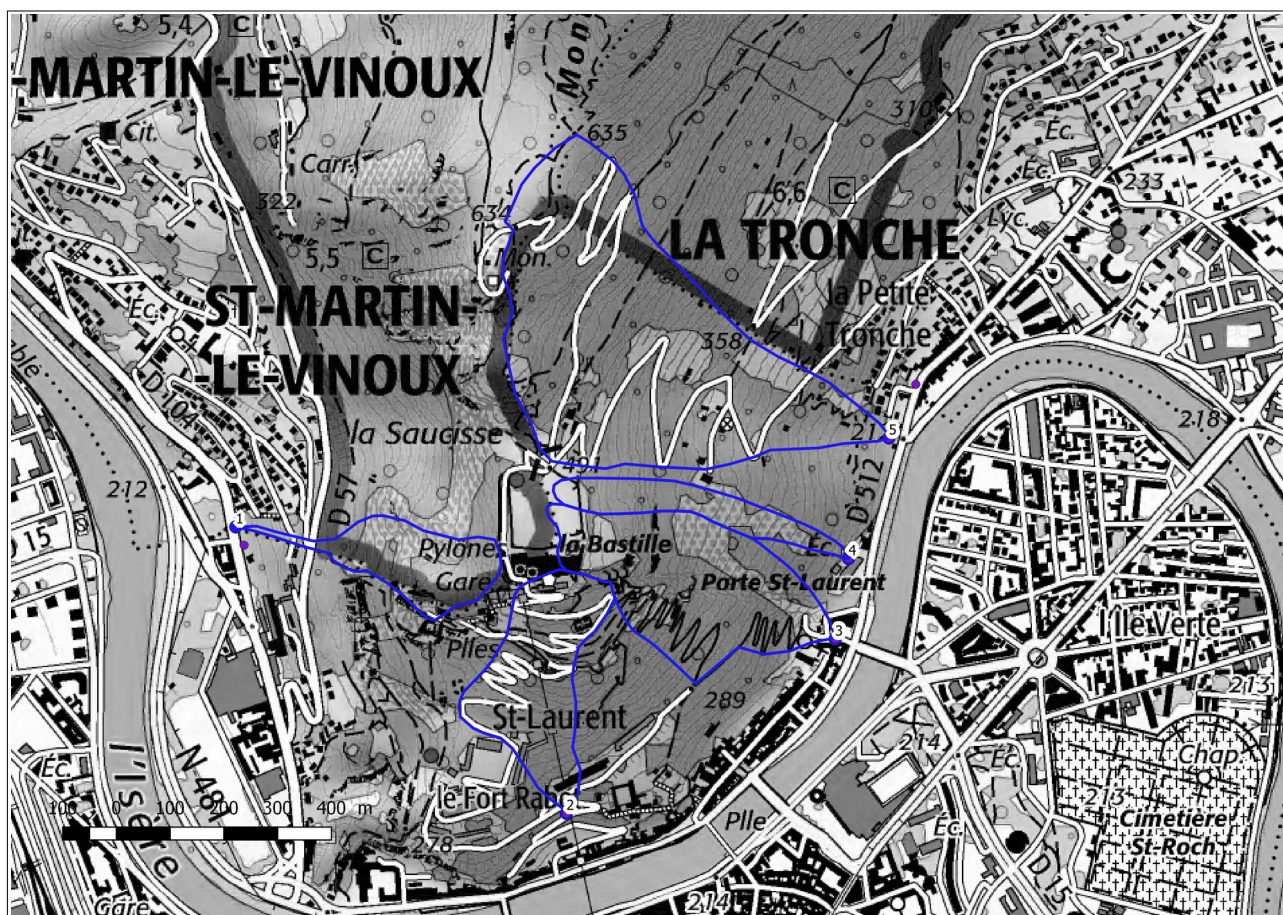
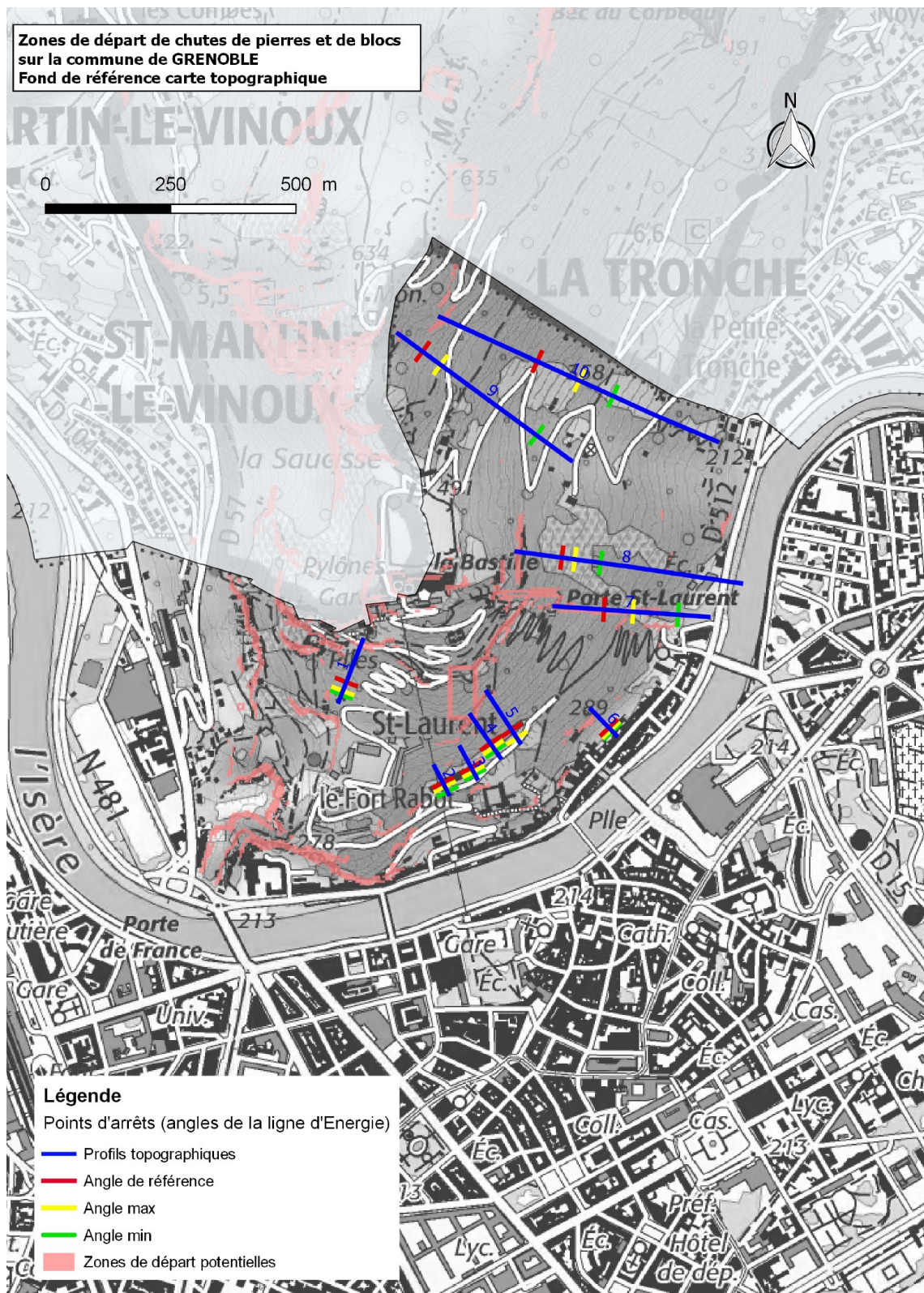


Illustration 1 : Localisation et numérotation des exutoires des bassins versants.

Les résultats intermédiaires de calculs et les débits centennaux estimés sont rassemblés dans le tableau suivant :

N° du bassin versant	Surface du bassin versant (ha)	Tc (min)	Curve Number	Durée de pluie retenue (h)	Débit centennal (m ³ /s)
1	3,83	6	71	1	0,12
2	6,51	4	76	1	0,33
3	9,80	6	72	1	0,34
4	2,90	6	71	1	0,09
5	23,3	6	71	1	0,74

Annexe 3 Carte des zones de départ potentielles de chutes de blocs



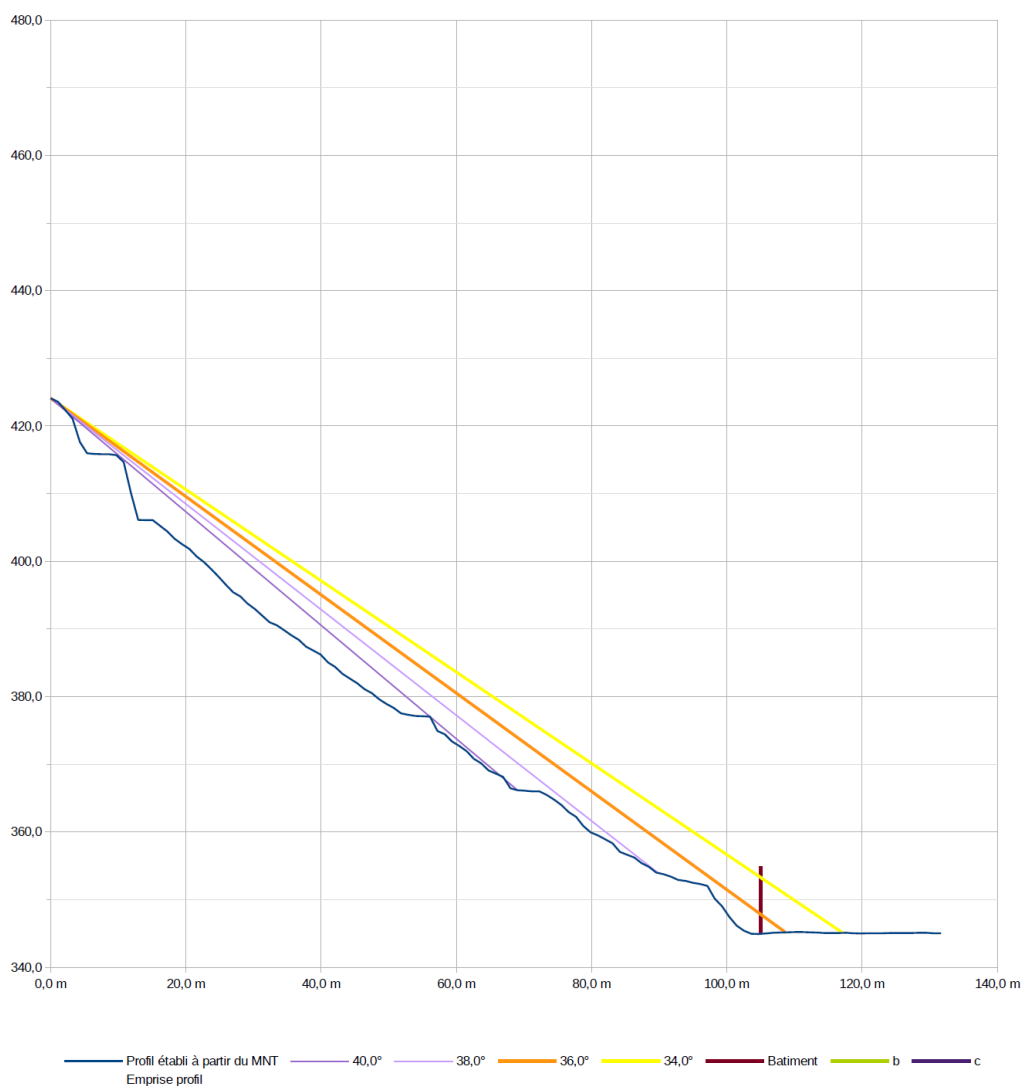
Annexe 4 Profils topographiques des versants exposés aux chutes de blocs et angles de lignes d'énergie associés

Commune : Grenoble
Secteur :
n° secteur
Profil : 1
 source profil : LIDAR 1m

Activité 2
Volume bloc de réf. 1,0 m³
Intensité 3
 Observations : départ surplomb chemin large

Point de départ		
	X	Z
départ	0	424,1
Estimation angle 1	4°	par rapport à β
Estimation angle 2	2°	par rapport à β
Estimation angle 4	-2°	par rapport à β

Angles ligne d'énergie	Angle	Angles ligne d'énergie		Probabilité d'atteinte	Probabilité d'occurrence	Aléa
		X	Z			
Angle 1	40,0°	0,0 m	424,1 m	4	4	P4
		69,1 m	366,1 m	Très forte	Très élevée	Très fort
Angle 2	38,0°	0,0 m	424,1 m	3	3	P3
		89,8 m	353,9 m	Forte	Élevée	Fort
Angle 3 (référence)	36,0°	0,0 m	424,1 m	2	2	P3
		108,7 m	345,2 m	Moyenne	Modérée	Fort
Angle 4	34,0°	0,0 m	424,1 m	1	2	P3
		117,2 m	345,1 m	Faible	Modérée	Fort



Repères			
numéro	X	Z	Beta
Batiment	105	344,9	37,0°
	105 m	355 m	
b		#N/D	#N/D
	0 m	#N/D	
c		#N/D	#N/D
	0 m	#N/D	

Trajectographie : arrêt des blocs		
95,00 %	410,1 m	
99,99 %	445,7 m	

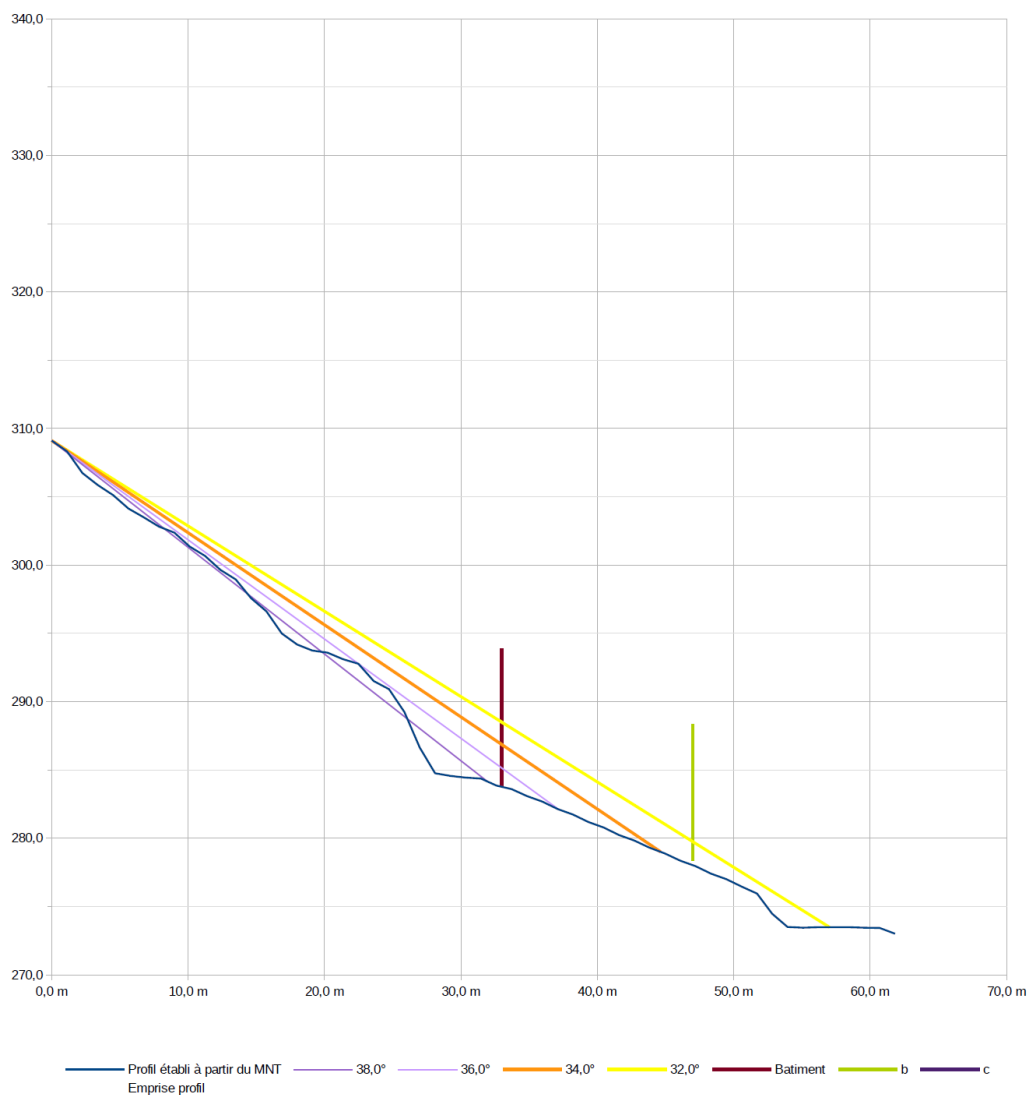
Commune : Grenoble
 Secteur :
 n° secteur
 Profil : 2
 source profil : LIDAR 1 m

Activité 2
 Volume bloc de réf. 1,0 m³
 Intensité 3

Observations :

Point de départ		
	X	Z
départ	0	309,1
Estimation angle 1	4°	par rapport à β
Estimation angle 2	2°	par rapport à β
Estimation angle 4	-2°	par rapport à β

Angles ligne d'énergie				Probabilité d'atteinte	Probabilité d'occurrence	Aléa
Angle	X	Z				
Angle 1	38,0°	0,0 m	309,1 m	4	4	P4
		32,0 m	284,1 m	Très forte	Très élevée	Très fort
Angle 2	36,0°	0,0 m	309,1 m	3	3	P3
		37,2 m	282,1 m	Forte	Élevée	Fort
Angle 3 (référence)	34,0°	0,0 m	309,1 m	2	2	P3
		44,6 m	279,0 m	Moyenne	Modérée	Fort
Angle 4	32,0°	0,0 m	309,1 m	1	2	P3
		57,0 m	273,5 m	Faible	Modérée	Fort



Repères			
numéro	X	Z	Beta
Batiment	33	283,9	37,4°
	33 m	294 m	
b	47	278,3	33,2°
	47 m	288 m	
c	#N/D	#N/D	#N/D
	0 m	#N/D	

Trajectographie : arrêt des blocs	
95,00 %	410,1 m
99,99 %	445,7 m

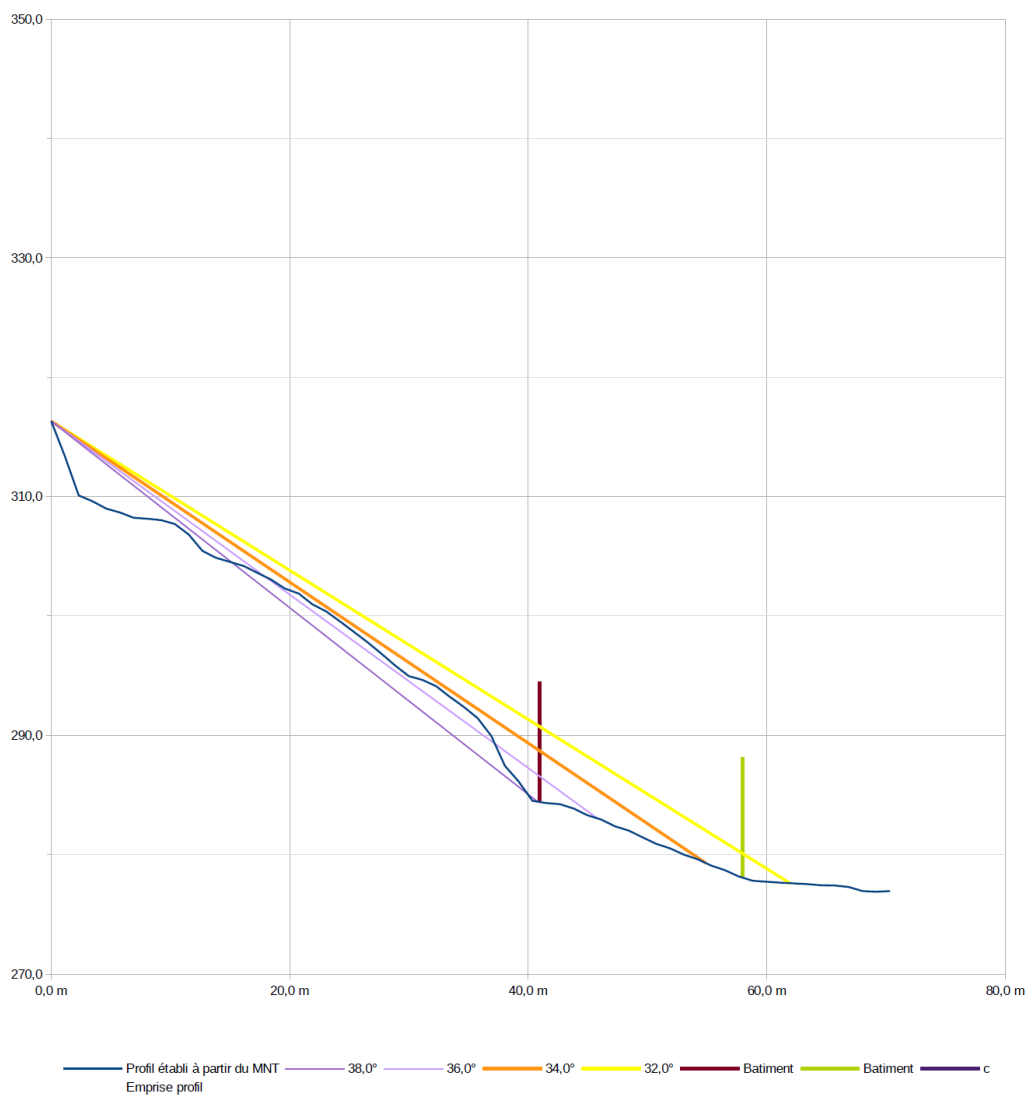
Commune : Grenoble
 Secteur :
 n° secteur :
 Profil : 3
 source profil : LIDAR 1 m

Activité : 2
 Volume bloc de réf. : 1,0 m³
 Intensité : 3

Observations :

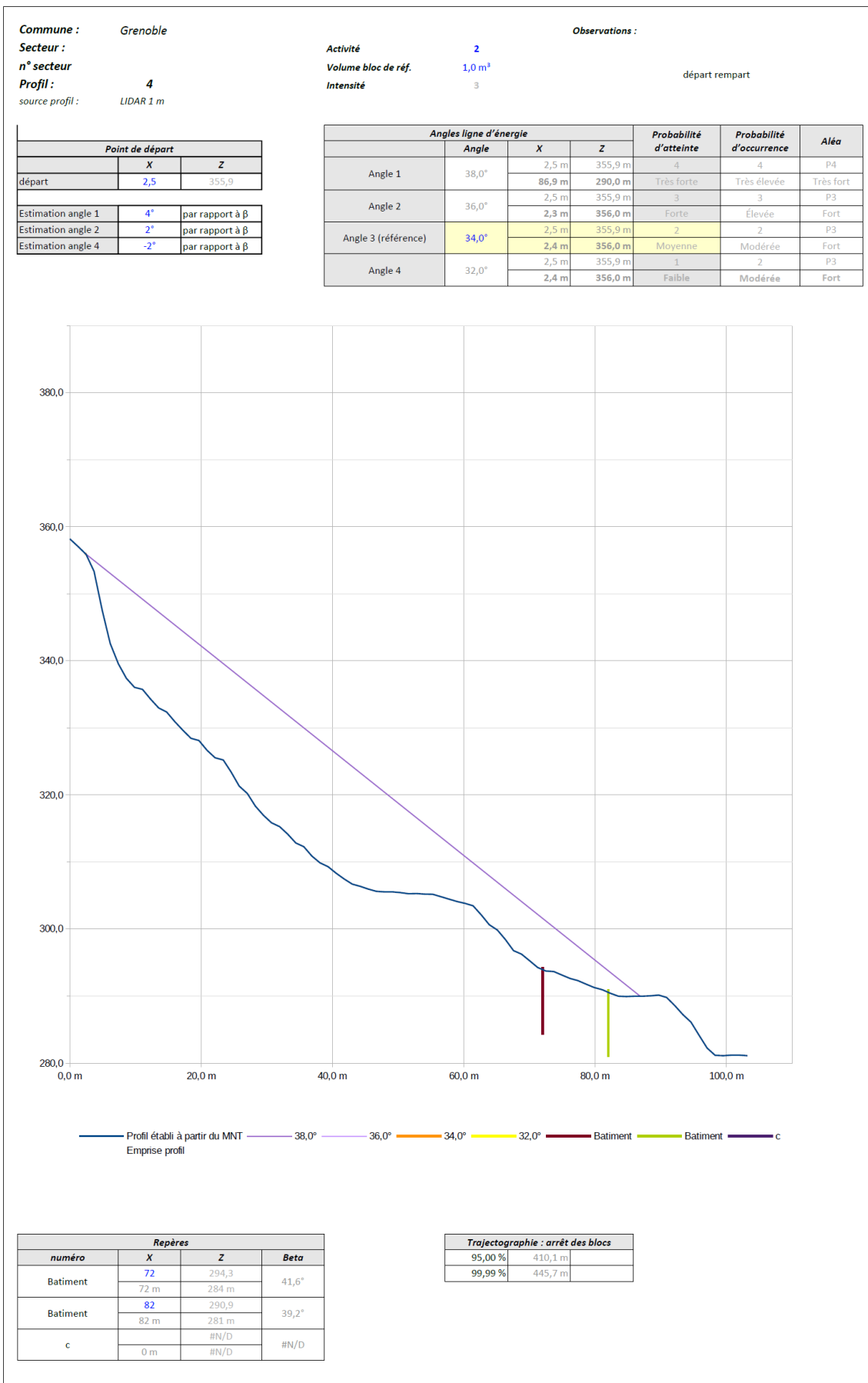
Point de départ		
	X	Z
départ	0	316,3
Estimation angle 1	4°	par rapport à β
Estimation angle 2	2°	par rapport à β
Estimation angle 4	-2°	par rapport à β

	Angles ligne d'énergie			Probabilité d'atteinte	Probabilité d'occurrence	Aléa
	Angle	X	Z			
Angle 1	38,0°	0,0 m	316,3 m	4	4	P4
		40,8 m	284,4 m	Très forte	Très élevée	Très fort
Angle 2	36,0°	0,0 m	316,3 m	3	3	P3
		45,8 m	283,0 m	Forte	Élevée	Fort
Angle 3 (référence)	34,0°	0,0 m	316,3 m	2	2	P3
		54,9 m	279,3 m	Moyenne	Modérée	Fort
Angle 4	32,0°	0,0 m	316,3 m	1	2	P3
		62,0 m	277,6 m	Faible	Modérée	Fort



Repères			
numéro	X	Z	Beta
Bâtiment	41	284,5	37,8°
	41 m	295 m	
Bâtiment	58	278,2	33,3°
	58 m	288 m	
c	#N/D	#N/D	#N/D
	0 m	#N/D	

Trajectographie : arrêt des blocs		
95,00 %	410,1 m	
99,99 %	445,7 m	



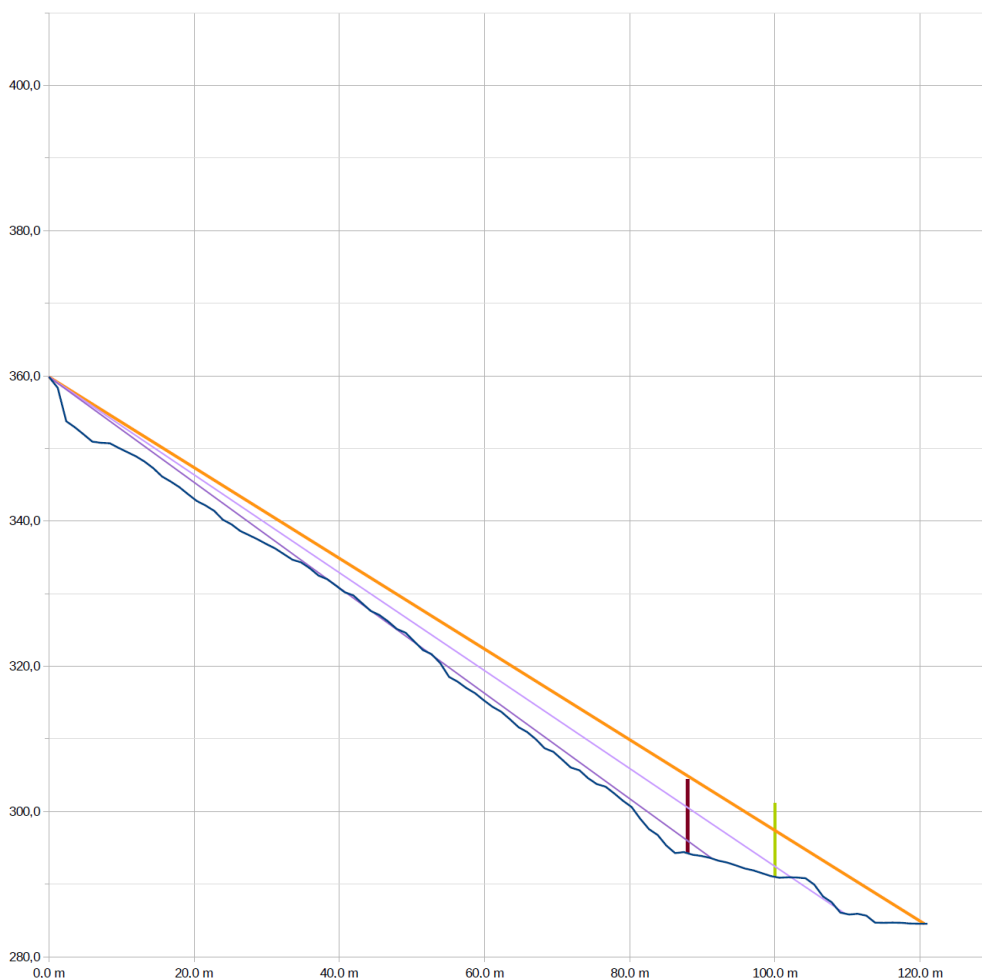
Commune : Grenoble
Secteur :
n° secteur
Profil : 5
 source profil : LIDAR 1 m

Activité 2
Volume bloc de réf. 1,0 m³
Intensité 3

Observations :
 départ rempart

Point de départ		
	X	Z
départ	0	359,9
Estimation angle 1	4°	par rapport à β
Estimation angle 2	2°	par rapport à β
Estimation angle 4	-2°	par rapport à β

Angles ligne d'énergie				Probabilité d'atteinte	Probabilité d'occurrence	Aléa
Angle	X	Z				
Angle 1	36,0°	0,0 m	359,9 m	4	4	P4
		91,3 m	293,5 m	Très forte	Très élevée	Très fort
Angle 2	34,0°	0,0 m	359,9 m	3	3	P3
		109,6 m	285,9 m	Forte	Élevée	Fort
Angle 3 (référence)	32,0°	0,0 m	359,9 m	2	2	P3
		120,6 m	284,5 m	Moyenne	Modérée	Fort
Angle 4	30,0°	0,0 m	359,9 m	1	2	P3
		0,0 m	359,9 m	Faible	Modérée	Fort



— Profil établi à partir du MNT — 36,0° — 34,0° — 32,0° — 30,0° — Bâtiment — Bâtiment — c

Repères			
numéro	X	Z	Beta
Bâtiment	88	294,4	36,7°
	88 m	304 m	
Bâtiment	100	291,1	34,5°
	100 m	301 m	
c		#N/D	#N/D
	0 m	#N/D	

Trajectographie : arrêt des blocs		
95,00 %	410,1 m	
99,99 %	445,7 m	

Commune : Grenoble

Secteur :

n° secteur

Profil : 6

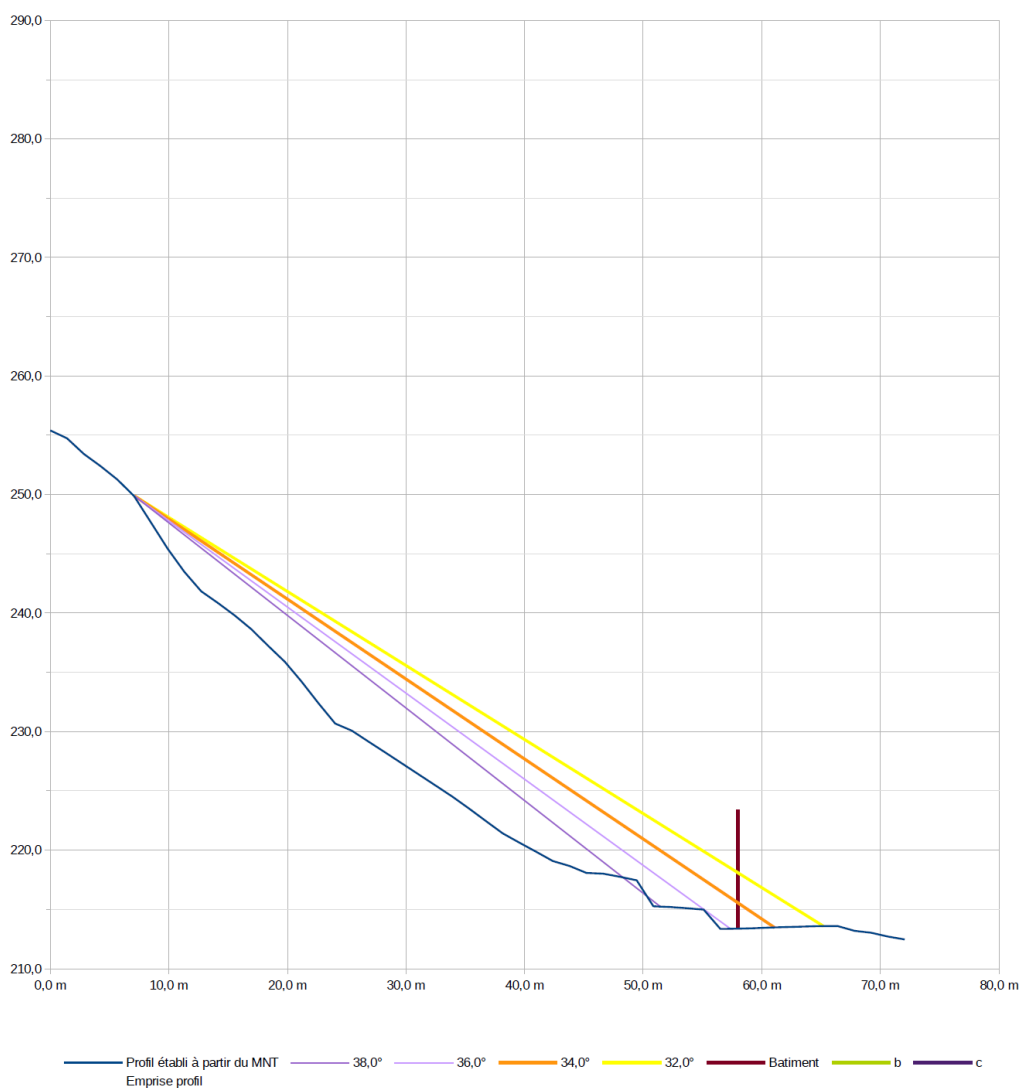
source profil : LIDAR 1 m

Activité 2
 Volume bloc de réf. 1,0 m³
 Intensité 3

Observations :

Point de départ		
	X	Z
départ	7,1	249,9
Estimation angle 1	4°	par rapport à β
Estimation angle 2	2°	par rapport à β
Estimation angle 4	-2°	par rapport à β

Angles ligne d'énergie				Probabilité d'atteinte	Probabilité d'occurrence	Aléa
	Angle	X	Z			
Angle 1	38,0°	7,1 m	249,9 m	4	4	P4
		51,5 m	215,2 m	Très forte	Très élevée	Très fort
Angle 2	36,0°	7,1 m	249,9 m	3	3	P3
		57,4 m	213,4 m	Forte	Élevée	Fort
Angle 3 (référence)	34,0°	7,1 m	249,9 m	2	2	P3
		61,1 m	213,5 m	Moyenne	Modérée	Fort
Angle 4	32,0°	7,1 m	249,9 m	1	2	P3
		65,2 m	213,6 m	Faible	Modérée	Fort



Repères			
numéro	X	Z	Beta
Batiment	58	213,4	35,7°
	58 m	223 m	
b		#N/D	#N/D
	0 m	#N/D	
c		#N/D	#N/D
	0 m	#N/D	

Trajectographie : arrêt des blocs	
95,00 %	410,1 m
99,99 %	445,7 m

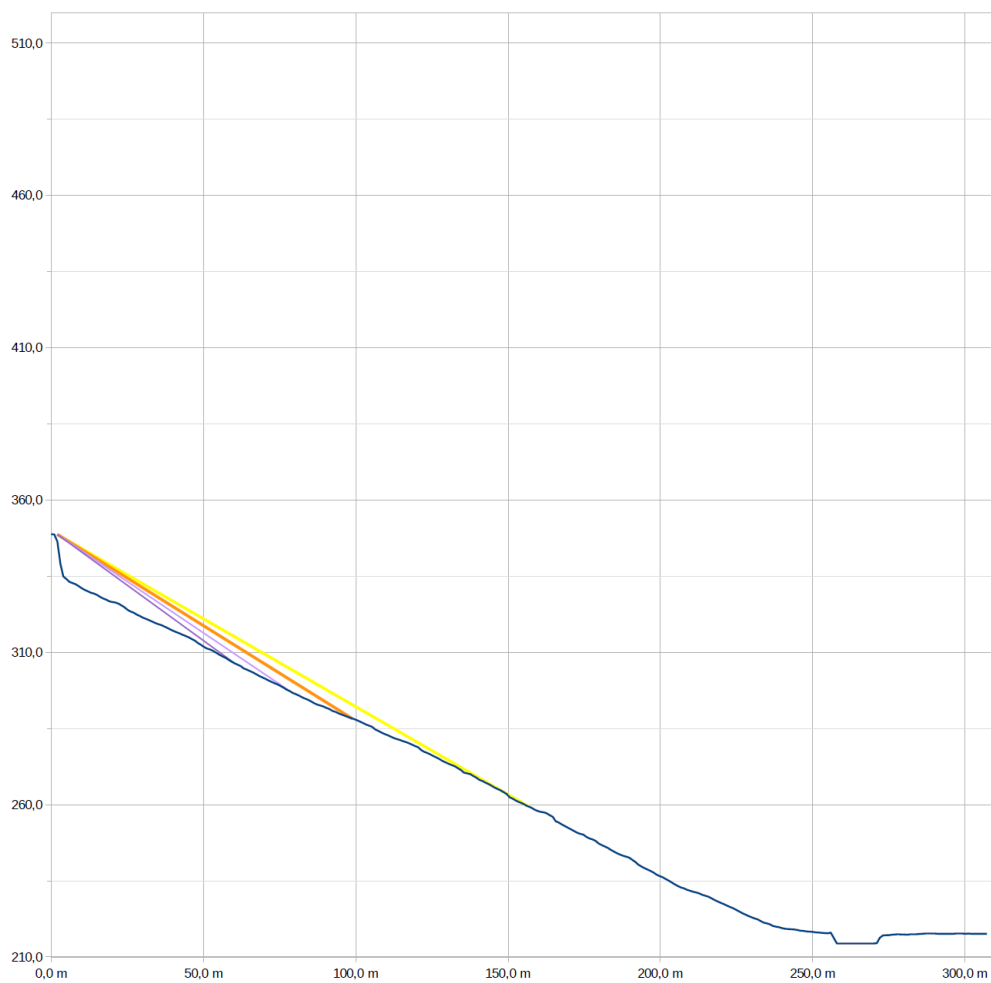
Commune : Grenoble
 Secteur :
 n° secteur : 7
 Profil : 7
 source profil : LIDAR 1 m

Activité : 2
 Volume bloc de réf. : 1,0 m³
 Intensité : 3

Observations :

Point de départ		
	X	Z
départ	2	348,7
Estimation angle 1	4°	par rapport à β
Estimation angle 2	2°	par rapport à β
Estimation angle 4	-2°	par rapport à β

Angles ligne d'énergie				Probabilité d'atteinte	Probabilité d'occurrence	Aléa
Angle	X	Z				
Angle 1	36,0°	2,0 m	348,7 m	4	4	P4
		60,5 m	306,3 m			
Angle 2	34,0°	2,0 m	348,7 m	3	3	P3
		78,2 m	297,3 m			
Angle 3 (référence)	32,0°	2,0 m	348,7 m	2	2	P3
		98,8 m	288,2 m			
Angle 4	30,0°	2,0 m	348,7 m	1	2	P3
		156,7 m	259,4 m			



— Profil établi à partir du MNT — 36,0° — 34,0° — 32,0° — 30,0° — a — b — c Emprise profil

Repères			
numéro	X	Z	Beta
a		#N/D	#N/D
	0 m	#N/D	
b		#N/D	#N/D
	0 m	#N/D	
c		#N/D	#N/D
	0 m	#N/D	

Trajectographie : arrêt des blocs		
95,00 %	410,1 m	
99,99 %	445,7 m	

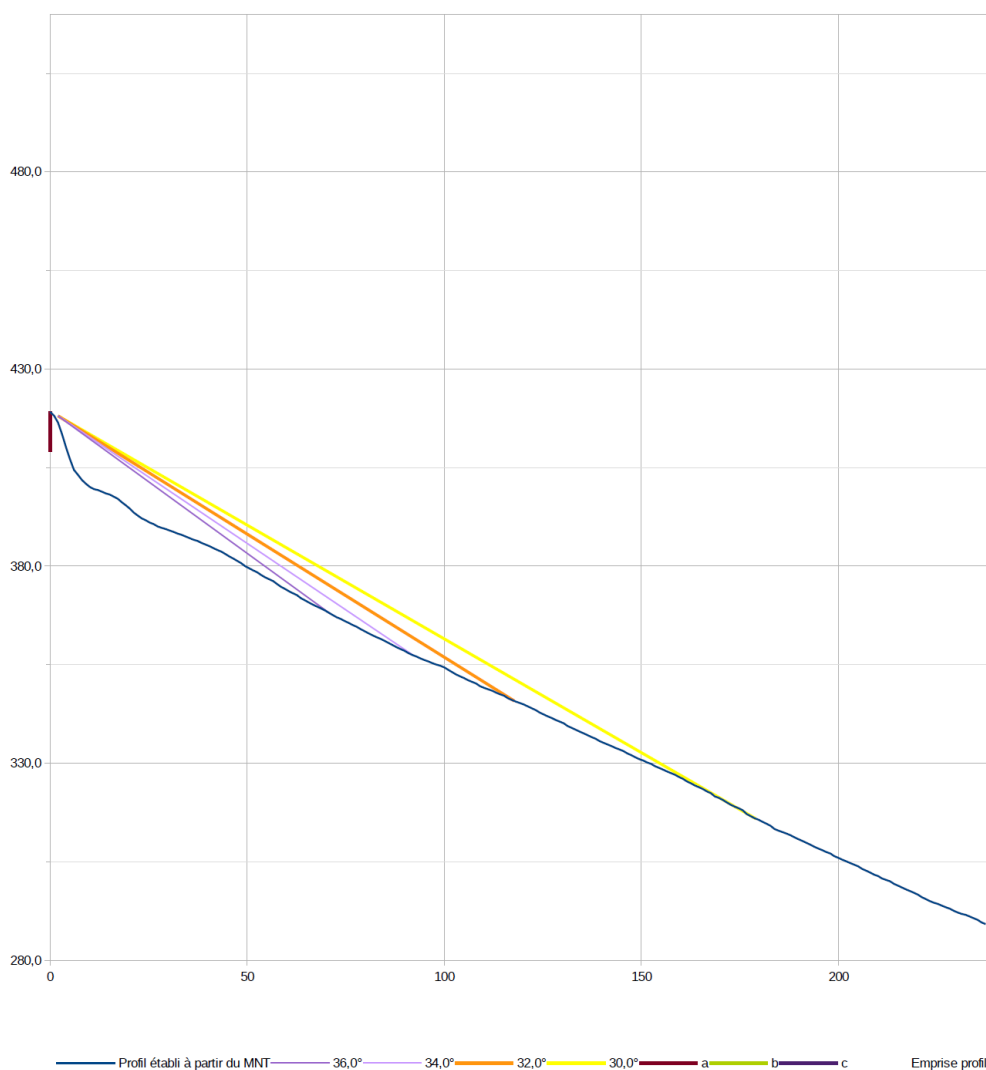
Commune : Grenoble
 Secteur :
 n° secteur :
 Profil : 8
 source profil : LIDAR 1 m

Activité : 2
 Volume bloc de réf. : 1,0 m³
 Intensité : 3

Observations :

Point de départ		
	X	Z
départ	2	418,1
Estimation angle 1	4°	par rapport à β
Estimation angle 2	2°	par rapport à β
Estimation angle 4	-2°	par rapport à β

Angles ligne d'énergie	Angle			Probabilité d'atteinte	Probabilité d'occurrence	Aléa
		X	Z			
Angle 1	36,0°	2,0 m	418,1 m	4	4	P4
		71,1 m	367,9 m	Très forte	Très élevée	Très fort
Angle 2	34,0°	2,0 m	418,1 m	3	3	P3
		92,1 m	357,3 m	Forte	Élevée	Fort
Angle 3 (référence)	32,0°	2,0 m	418,1 m	2	2	P3
		117,8 m	345,8 m	Moyenne	Modérée	Fort
Angle 4	30,0°	2,0 m	418,1 m	1	2	P3
		179,1 m	315,8 m	Faible	Modérée	Fort



Repères			
numéro	X	Z	Beta
a	0	419,1	27,0°
	0 m	409 m	
b	0	419,1	27,0°
	0 m	409 m	
c	0	419,1	27,0°
	0 m	409 m	

Trajectographie : arrêt des blocs	
95,00 %	410,1 m
99,99 %	445,7 m

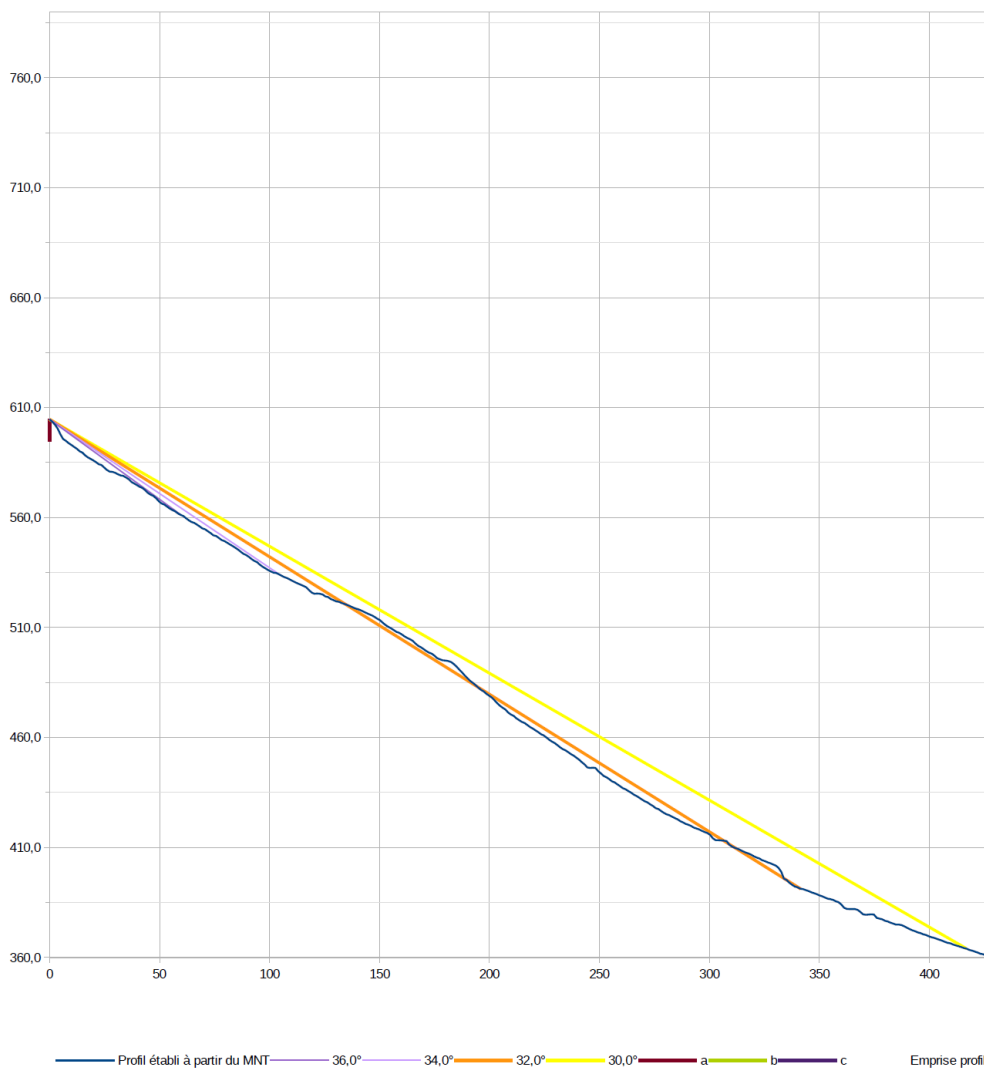
Commune : Grenoble
Secteur :
n° secteur
Profil : 9
 source profil : LIDAR 1 m

Activité 2
Volume bloc de réf. 1,0 m³
Intensité 3

Observations :

Point de départ		
	X	Z
départ	0	604,7
Estimation angle 1	4°	par rapport à β
Estimation angle 2	2°	par rapport à β
Estimation angle 4	-2°	par rapport à β

Angles ligne d'énergie				Probabilité d'atteinte	Probabilité d'occurrence	Aléa
Angle	X	Z	Angle			
Angle 1	36,0°	0,0 m	604,7 m	4	4	P4
		59,8 m	561,2 m	Très forte	Très élevée	Très fort
Angle 2	34,0°	0,0 m	604,7 m	3	3	P3
		105,0 m	533,8 m	Forte	Élevée	Fort
Angle 3 (référence)	32,0°	0,0 m	604,7 m	2	2	P3
		341,6 m	391,2 m	Moyenne	Modérée	Fort
Angle 4	30,0°	0,0 m	604,7 m	1	2	P3
		416,8 m	364,0 m	Faible	Modérée	Fort



Repères			
numéro	X	Z	Beta
a	0	604,7	#DIV/0 !
	0 m	595 m	
b	0	604,7	#DIV/0 !
	0 m	595 m	
c	0	604,7	#DIV/0 !
	0 m	595 m	

Trajectographie : arrêt des blocs	
95,00 %	410,1 m
99,99 %	445,7 m

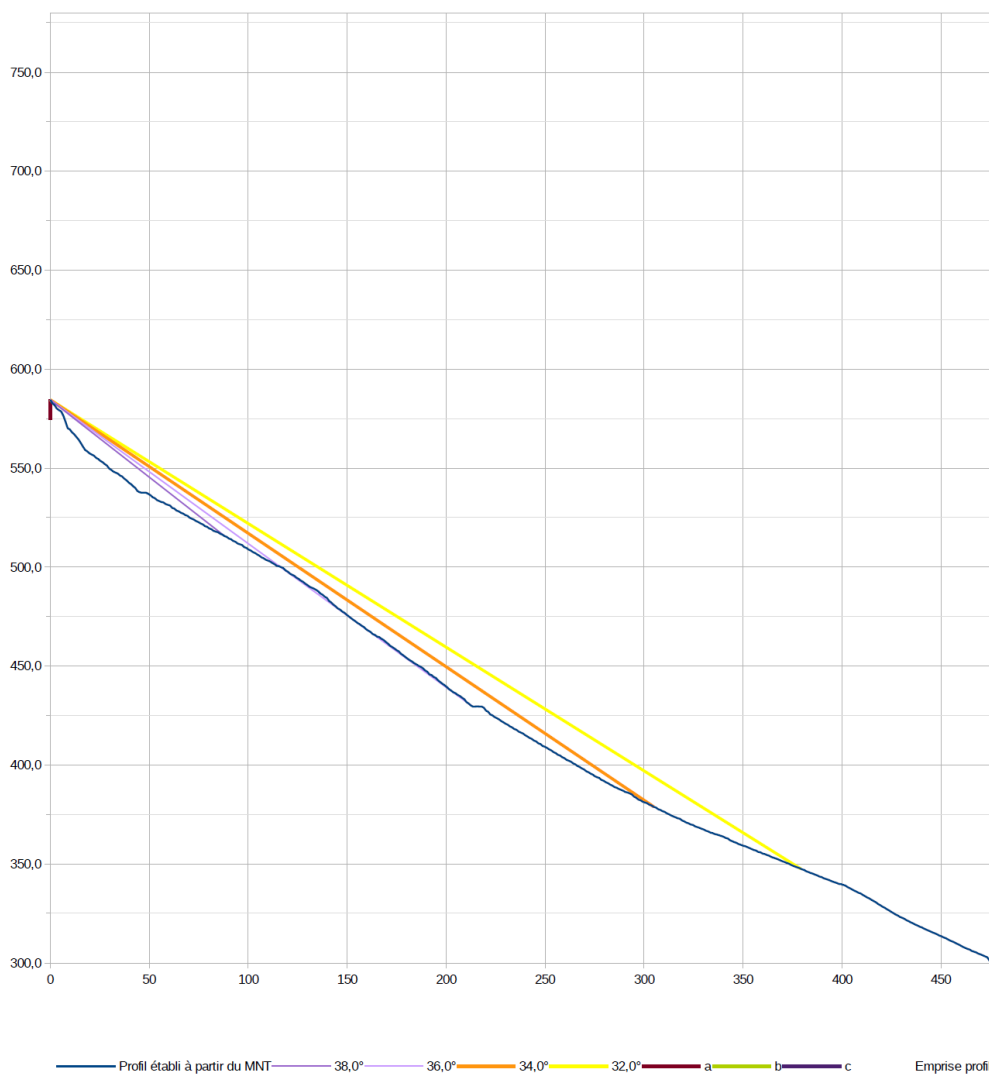
Commune : Grenoble
 Secteur :
 n° secteur
 Profil : 10
 source profil : LIDAR 1 m

Activité 2
 Volume bloc de réf. 1,0 m³
 Intensité 3

Observations :

Point de départ		
	X	Z
départ	0	584,5
Estimation angle 1	4°	par rapport à β
Estimation angle 2	2°	par rapport à β
Estimation angle 4	-2°	par rapport à β

Angles ligne d'énergie				Probabilité d'atteinte	Probabilité d'occurrence	Aléa
	Angle	X	Z			
Angle 1	38,0°	0,0 m	584,5 m	4	4	P4
		88,3 m	515,5 m	Très forte	Très élevée	Très fort
Angle 2	36,0°	0,0 m	584,5 m	3	3	P3
		212,9 m	429,8 m	Forte	Élevée	Fort
Angle 3 (référence)	34,0°	0,0 m	584,5 m	2	2	P3
		304,9 m	378,8 m	Moyenne	Modérée	Fort
Angle 4	32,0°	0,0 m	584,5 m	1	2	P3
		379,2 m	347,5 m	Faible	Modérée	Fort



Repères			
numéro	X	Z	Beta
a	0	584,5	#DIV/0 !
	0 m	574 m	
b	0	584,5	#DIV/0 !
	0 m	574 m	
c	0	584,5	#DIV/0 !
	0 m	574 m	

Trajectographie : arrêt des blocs	
95,00 %	410,1 m
99,99 %	445,7 m

Annexe 5 Table des photos



Photo 1 : Surfréquentation du versant en amont de Saint-Laurent.



Photo 2 : Cunette et renvoi d'eau sur les chemins de La Bastille.



Photo 3 : Cunette et renvoi d'eau sur les chemins de La Bastille



Photo 4 : Cunette et renvoi d'eau sur les chemins de La Bastille

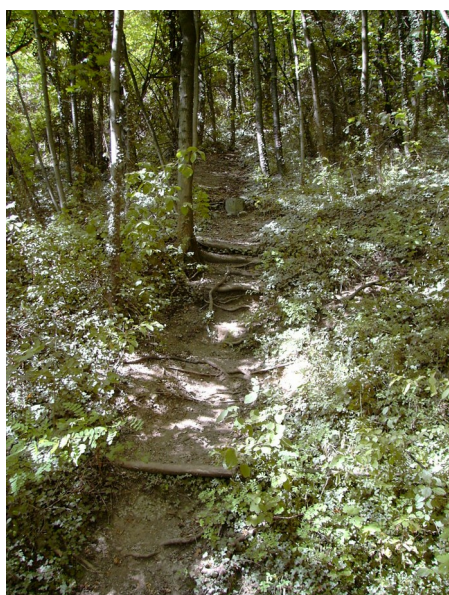


Photo 5 : Ravinement sur un sentier non aménagé.

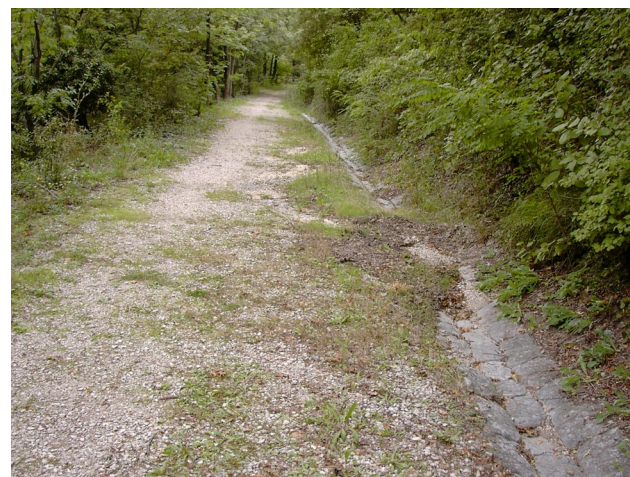


Photo 6 : Cunette mal entretenue à l'amont du Fort-Rabot.



Photo 7 : Renvoi d'eau dans le fossé de défense ouest à l'aval de la RD57



Photo 8 : Instabilité à l'amont de la Maison-Lionel-Terray



Photo 9 : Maison-Lionel-Terray



Photo 10 : « Glissement » du 74, Quai Perrière.



Photo 11 : Renforcement de soutènement à l'amont du 74, Quai Perrière

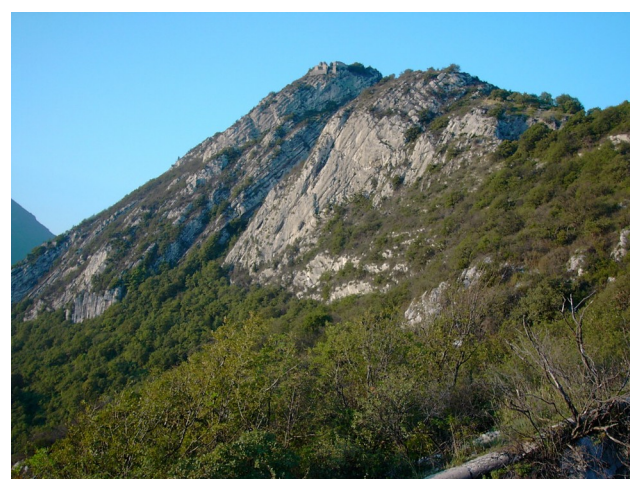


Photo 12 : Le versant ouest du Jalla



Photo 13 : Versant est du Jalla : impact d'un bloc sur un mur de soutènement



Photo 15 : Affleurement ouest à l'aval du Fort-de-La-Bastille



Photo 14 : Clouage de masses instables au-dessus des chemins de La Bastille



Photo 16 : Affleurement calcaire et muraille à l'amont de l'IGA

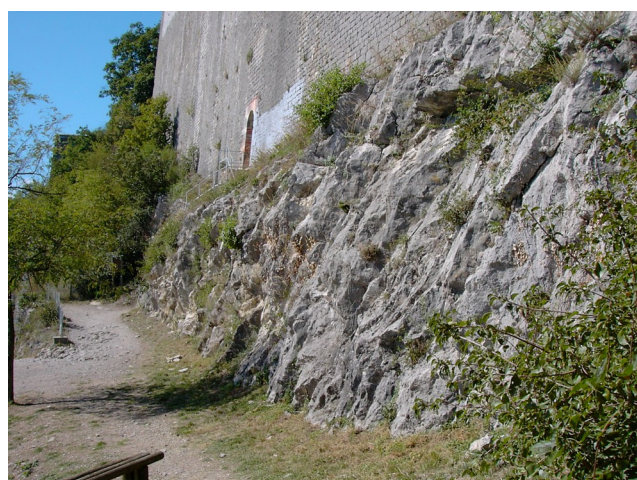


Photo 17 : Affleurement sous les murailles est



Photo 18 : Bloc éboulé de la falaise du Fort-Rabot



Photo 19 : Chaos de gros blocs au niveau de l'ancienne carrière Vicat

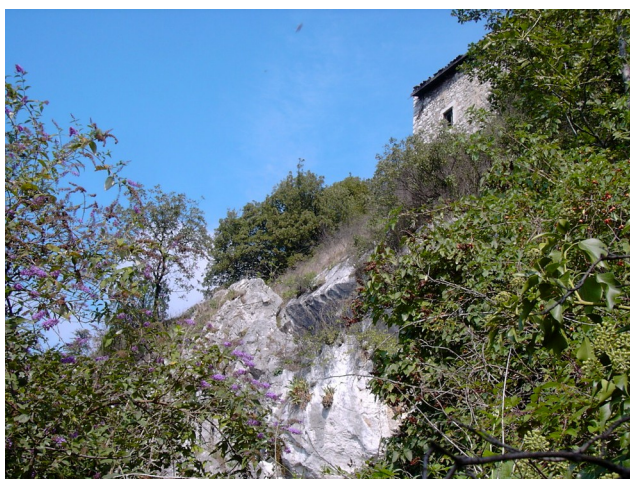


Photo 20 : Zone d'arrachement de l'éroulement



Photo 21 : Gros bloc éboulé dans la zone d'exploitation



Photo 22 : Vue générale de l'exploitation sud



Photo 23 : Vue de détail au niveau de la via ferrata



Photo 24 : Éroulement du 8 mai 2018 au niveau de la via ferrata (cliché DL)



Photo 25 : Barre du Jardin-des-Dauphins



Photo 26 : Barre du Quai-de-France



Photo 27 : Immeubles du Quai-de-France installés en pied de falaise



Photo 28 : Protections à l'arrière des immeubles du Quai-de-France



Photo 29 : Affleurement au niveau du lacet de la rue Maurice-Gignoux



Photo 30 : Muraille en mauvais état, renforcé par un filet de câble



Photo 31 : Rupture de mur d'enceinte au droit du belvédère des Géologues



Photo 32 : Filet ASM au débouché du fossé est



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



GÉOTECHNIQUE - RISQUES NATURELS

ALPES-GÉO-CONSEIL – Saint-Philibert - 73670 SAINT-PIERRE-D'ENTREMONT - FRANCE
Tél. : 04-76-88-64-25
SARL – SCOP au capital variable
Siret : 413 775 495 000 26 - Code A.P.E. 7112B
N° TVA Intracommunautaire : FR37 413 775 495
Email : postmaster@alpesgeoconseil.com
Site Internet : <http://alpesgeoconseil.com>