



Document public

Rapport d'expertise :

Situation de gestion de crise suite à l'éboulement en masse du 08 mars 2017 en amont immédiat du bourg de la commune de Culoz (01)

BRGM/RP-66875-FR
avril 2017

Cadre de l'expertise :

Appuis aux administrations Appuis à la police de l'eau
Catastrophe naturelle Autres

Date de réalisation de l'expertise : 8 au 10 Mars 2017

Localisation géographique du sujet de l'expertise : falaise de Milvendre (parcelle H494) et lieu-dit Bel-Air (notamment parcelles bâties E215, E217 et E218)

Auteurs BRGM : E. EQUILBEY

Demandeur : Préfecture de l'Ain (SIDPC01)

1.89 3740.46 -625.5



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Ce rapport est le produit d'une expertise institutionnelle qui engage la responsabilité civile du BRGM. Il constitue un tout indissociable et complet ; une exploitation partielle ou sortie du contexte particulier de l'expertise n'engage pas la responsabilité du BRGM.

La diffusion des rapports publics est soumise aux conditions de communicabilité des documents, définie en accord avec le demandeur. Aucune diffusion du présent document vers des tiers identifiés ne sera volontairement engagée par le BRGM sans notification explicite du demandeur.

Le BRGM a mis en place un dispositif de déontologie visant à développer une culture de l'intégrité et de la responsabilité dans le quotidien de tous ses salariés.

Après examen, il est ressorti qu'il n'existait aucun lien d'intérêt :

- ***entre le BRGM et l'objet ou les différentes parties prenantes de la présente expertise,***
- ***entre les salariés du BRGM qui seront impliqués et l'objet ou les différentes parties prenantes de la présente expertise.***

susceptible de compromettre l'indépendance et l'impartialité du BRGM dans la réalisation de cette expertise.

Ce document a été vérifié et approuvé par :

Vérificateur :	Date : 9/5/2017
Nom : B. Colas	Fonction : Ingénieur Risques Naturels Sénior
Approbateur :	Date : 15/05/2017
Nom : S. Buschaert	Directeur BRGM Auvergne-Rhône-Alpes

Mots-clés : expertise, appuis aux administrations, calcaire, mouvement de terrain, éboulement, évacuation, PCS, périmètre, gestion de crise, chute de bloc, impact, Culoz, Ain, Auvergne–Rhône-Alpes.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Equilbey E. (2017) – Situation de gestion de crise suite à l'éboulement en masse du 08 mars 2017 en amont immédiat du bourg de la commune de Culoz (01). Rapport BRGM/RP-66875-FR., 33 p., 22 ill., 2 ann.

© BRGM, 2017, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Sommaire

1. Introduction	5
2. Contexte général	5
2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE	5
2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET MORPHOLOGIQUE	7
2.3. HISTORIQUE	9
3. Constat	12
3.1. ACTIVATION DE LA CELLULE DE CRISE	12
3.1.1 1 ^{er} diagnostic (le 08 Mars)	12
3.1.2 2 ^{ème} diagnostic (le 08 mars)	14
3.1.3 Autres éléments constatés (09 et 10 mars) : travaux d'urgence (dont périmètre provisoire), diagnostic complémentaire ;	15
3.1.4 Sollicitations annexes (presse....)	20
4. Diagnostic et risques résiduels	22
5. Recommandations	25
6. Annexes	26
6.1. ANNEXE 1 : COMPTE-RENDU SYNTHETIQUE DE L'INTERVENTION DU BRGM EN SITUATION DE CRISE DU 08 AU 10 MARS AU PROFIT DE LA PREFECTURE DE L'AIN ET DE LA MAIRIE DE CULOZ	27
6.2. ANNEXE 2 : PRESENTATION DU PRINCIPE DE LA LIGNE D'ENERGIE (METHODE DES CONES)	32

Liste des illustrations

illustration 1 – Localisation générale (scan250) et locale (scan25) générale de la zone concernée (http://m.geoportail.fr/)	6
Illustration 2 – Localisation détaillée (ortho+cadastre) de la zone concernée par l'instabilité (http://m.geoportail.fr/)	7
illustration 3 – Extrait de la carte géologique BRGM 1/50 000 (http://infoterre.brgm.fr) et localisation du site.	8
illustration 4 – Coupe structurale interprétative du massif du Grand Colombier (site Geol-Alp)	8
illustration 5 – Inventaires des mouvements de terrain et de cavités souterraines sur la commune de Culoz (Ain) (www.georisques.gouv.fr)	10
illustration 6 – extrait du zonage d'aléa chute de blocs rocheux à hauteur de la zone d'éboulement de début mars 2017, avec report manuscrit des ouvrages de protection (merlons, filet) mis en place (document aimablement transmis par la DDT01)	11

<i>illustration 7 – Bloc de près de 10 m³ arrivé au plus près des maisons (14 m au plus près du coin de bâti du domaine du Cellier de Bel Air) après avoir labouré les parcelles viticoles amont.....</i>	12
illustration 8 – Identification depuis l'hélicoptère des zones à purger d'urgence au niveau de la zone de départ initial de l'éboulement du matin (côté ouest arête de tenue suspectée comme précaire en bordure sur la gauche, et côté est deux blocs posés sur un pli sur la droite).....	14
<i>illustration 9 – zone d'accumulation d'éboulis dans le principal couloir d'éboulis dans une section de versant encore très raide (remobilisable à tout instant et au moindre déséquilibre significatif nouveau) et devant être purgée en urgence. A droite, divers blocs éparses à contrôler au-dessus de la RD120.....</i>	14
illustration 10 : Situation schématique sommaire et évolution des périmètres à la mesure des diagnostics engagés	15
<i>illustration 11 : zone d'accumulation de bloc en tête de couloir de propagation sous la falaise de la zone de départ et surface de rupture suspectée en pied de la zone de départ et à contrôler (photos CAN).....</i>	16
illustration 12 : Bloc de plus de 30 m ³ juste en amont du dernier virage en épingle à cheveux et bloc arrêté juste sous l'antenne	17
illustration 13 : propagation maximale pour des blocs en partie centrale du cône d'éboulement (labours, vignes et tennis attendant).....	18
illustration 14 : 2 des 3 autres blocs arrêtés autour du tennis (au sud-est à gauche) et en amont (nord à droite).....	18
illustration 15 : série de blocs +/- alignés le long de la pente à 75 m à l'est du chemin de Longeaz (dans sa partie haute), s'étant arrêtés à 60 m avant la lisière du bois, soit 150 m des maisons les plus proches (depuis l'hélicoptère et au sol).....	18
illustration 16 : linéaire supérieure de la RD120 le plus fortement impacté (depuis l'hélicoptère et au sol) ...	19
illustration 17 : linéaire supérieure de la RD120 le plus fortement endommagé (en surface et profondeur d'impact jusqu'à plus d'un mètre d'enfoncement pour les rebonds des blocs les plus massifs)	19
illustration 18 : virages de la RD120 en lacet également atteints (blocs stoppés et impact des rebonds).	19
<i>illustration 19 : blocs présents dans le versant à proximité des enjeux bâtis et antérieurs à l'éboulement de mars 2017 (cercles bleus)</i>	20
illustration 20 : situation de l'éboulement tel que constaté à l'issue du 10 mars.....	21
illustration 21 : rétro-simulation sommaire de la propagation de l'évènement du 08 mars 2017 et simulation d'une remobilisation de l'accumulat d'éboulis en situation précaire au sein du principal couloir d'éboulis	23
illustration 22 : répartition des vitesses potentiellement acquises par les blocs lors de l'éboulement tel qu'obtenu par rétro-simulation sommaire	24

1. Introduction

Suite à un éboulement survenu au matin du 08 mars 2017 sur la commune de Culoz (01) et l'activation du Plan Communal de Sauvegarde (PCS), la préfecture de l'Ain (SIDPC01) a aussitôt sollicité le 08 mars 2017 l'intervention immédiate du BRGM – Direction régionale-Auvergne Rhône-Alpes pour participer à la cellule de crise réunie en mairie.

Les objectifs de la mission sont les suivants :

- Identifier si possible la cause de l'instabilité initiale constatée et du phénomène secondaire redouté ;
- Evaluer le niveau de risques résiduels ;
- Etablir les mesures conservatoires d'urgence (périmètre d'évacuation, moyens complémentaires à engager) ;
- Participation au PCS et autres actions associées (réunions publiques, presse....).

Cette intervention a été réalisée par un intervenant du BRGM de la direction régionale-Auvergne Rhône-Alpes, basé à Villeurbanne. Il s'appuie sur des observations visuelles effectuées lors de la crise du 08 au 10 mars 2017, en présence notamment de représentants de la mairie, du SDIS01 de Madame La Sous-Préfète de Belley ainsi que des propriétaires concernés. En complément, une analyse des informations disponibles relatives au contexte général est menée au travers de la consultation des bases de données accessibles.

Au-delà, l'expertise s'est appuyée sur la consultation des documents suivants :

- le PPRN (inondations et chutes de blocs) de la commune de Culoz.

La participation concrète du BRGM a été effectuée uniquement par oral durant la crise (cellule de crise, réunions publique, presse). Un premier compte rendu écrit synthétique a été réalisé à l'issue de la crise (récapitulant les principales mesures de sécurisation recommandées formulées durant la gestion de crise), puis diffusé aux participants par voie électronique le 13 mars 2017 (cf. annexe 1).

L'expertise s'inscrit dans le cadre des missions d'Appui aux Administrations menées par le BRGM au titre de l'année 2017.

Ce rapport d'expertise ne constitue pas une étude géotechnique de détail mais pointe les éléments pouvant porter atteinte à la sécurité des personnes en particulier et des biens au droit du site expertisé. Il vise également à apporter les premières recommandations en matière de sécurisation, sur la base du diagnostic établi, recommandations qui ont pour partie au moins vocation à être complétées/précisées dans le cadre d'études complémentaires spécifiques.

2. Contexte général

2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Située en bordure sud-est du département de l'Ain, le bourg de Culoz est situé au pied du Grand Colombier (1534 m NGF), sommet méridional du Jura, au contact du bassin d'effondrement de Belley (et à 10 km au nord du lac savoyard du Bourget).

Sur la commune de Culoz (Ain), l'éboulement s'est produit au niveau des falaises du massif du Grand Colombier, falaises dites de Milvendre qui surplombent le centre bourg et plus particulièrement le quartier Bel – Air. (illustration 1 et Illustration 2). La parcelle de la zone de départ est la parcelle H494 (Illustration 2). Le cône d'éboulement s'étend sur les sections cadastrales H, E (épargnant de justesse une antenne de télécommunications E115 et E127 et le réservoir d'eau AEP communal voisine E135, jusqu'aux abords immédiats des maisons en parcelles E114, E217 et E218) et en section F (section AR épargnée).

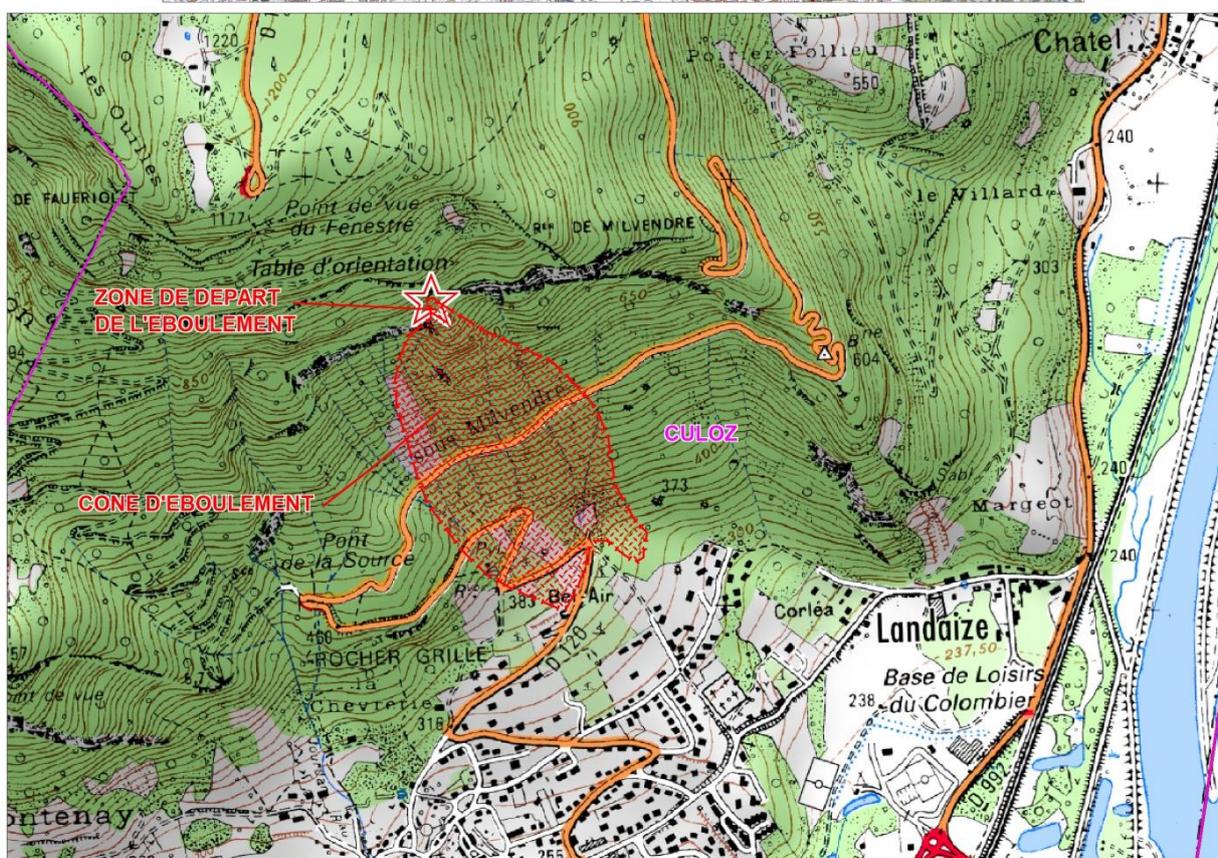
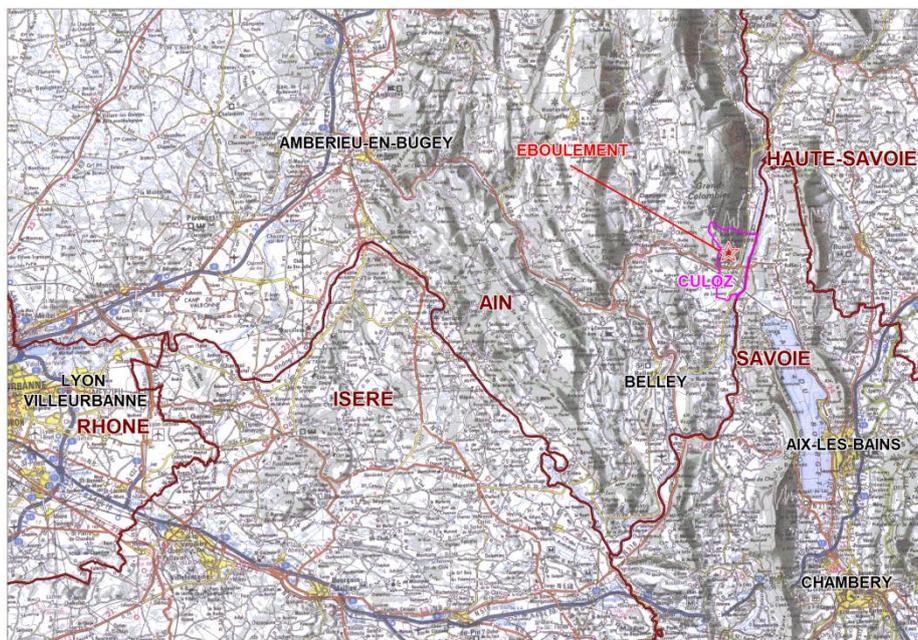


illustration 1 – Localisation générale (scan250) et locale (scan25) générale de la zone concernée (<http://m.geoportail.fr/>)

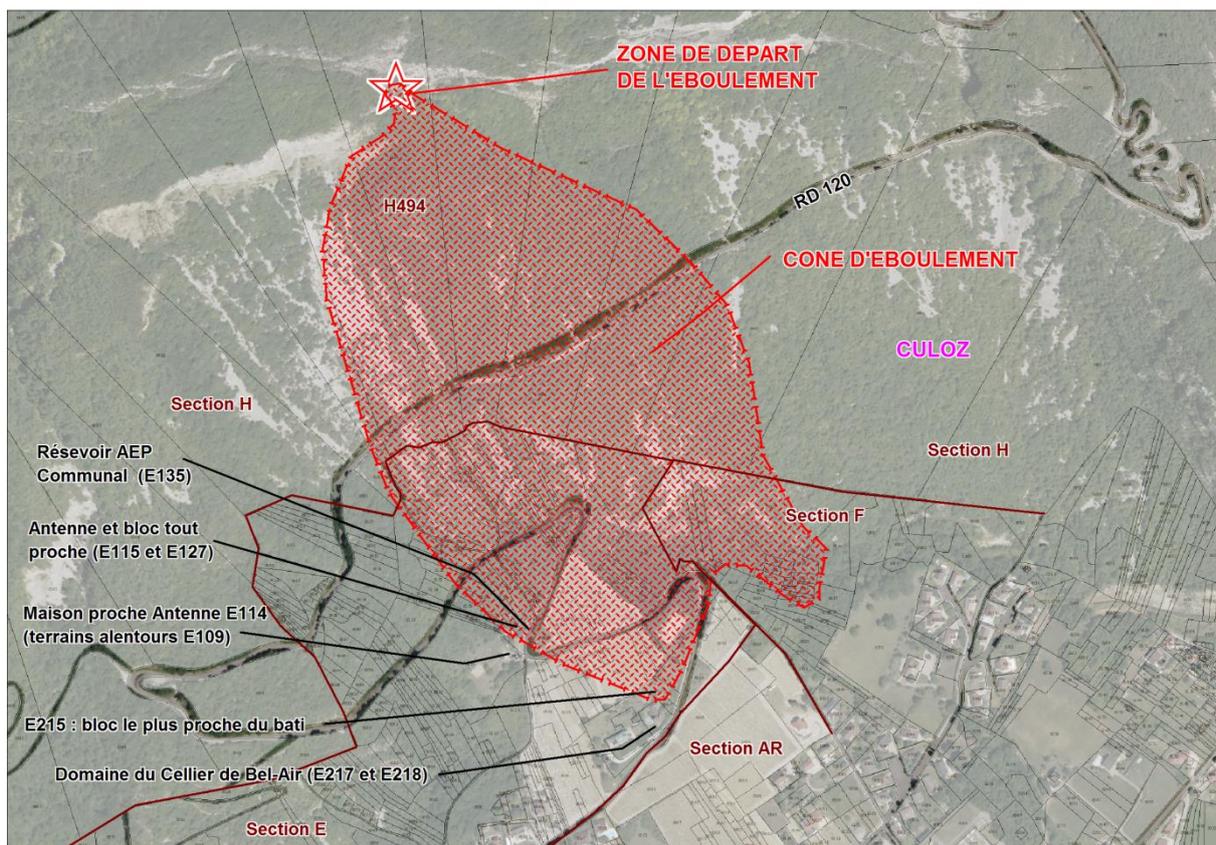


Illustration 2 – Localisation détaillée (ortho+cadastré) de la zone concernée par l'instabilité (<http://m.geoportail.fr/>)

2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET MORPHOLOGIQUE

D'après la carte géologique au 1/50 000 du BRGM de Rumilly n°701 (illustration 3), le versant du massif du Grand Colombier qui surplombe le bourg est constitué des assises calcaires et marno-calcaires du Jurassique moyen (Dogger : J₁ à J₆) et supérieur (Malm : J₇ à J₁₀).

La tête de versant, en partie Est est constituée par une unique falaise verticale datée du Kimméridgien supérieur (Kim : J_{8a}). Sur la partie ouest, cette falaise persiste tout en prenant de l'altitude (falaise supérieure), et il apparaît alors une seconde falaise séquanienne (J₇ ou Seq) plus basse avec épaulement Kimméridgien supérieur (J_{8a}), falaise inférieure. La zone de départ de l'éboulement se situe dans la zone de transition de versant avec 1 ou 2 falaises verticales, à mi-distance tant latérale qu'altimétrique. Sous la falaise séquanienne, les calcaires de l'Oxfordien supérieur (J₆) forment des contreforts rocheux en partie bien visibles à l'affleurement. Sinon les terrains carbonatés (à faciès calcaires et marneux dominant) du versant dans la zone de propagation rocheuse sont d'âge jurassique moyen (Dogger J₁ à J₅), masqués sous les épandages d'éboulis carbonatés au faciès plus argileux des falaises (E).

D'après la coupe de géologie structurale interprétée du site web Geo-Alp¹ (illustration 4), la zone de départ se situerait à l'est de la falaise séquanienne (Seq : J₇) dans un horizon de Kimméridgien inférieur (Kim : J_{8a}) en resserrement, qui semble correspondre à la belle zone de plissement des couches calcaires dégagées par l'arrachement

¹ http://www.geol-alp.com/avant_pays/lieux_savoie_occ/Gd_Colombier.html

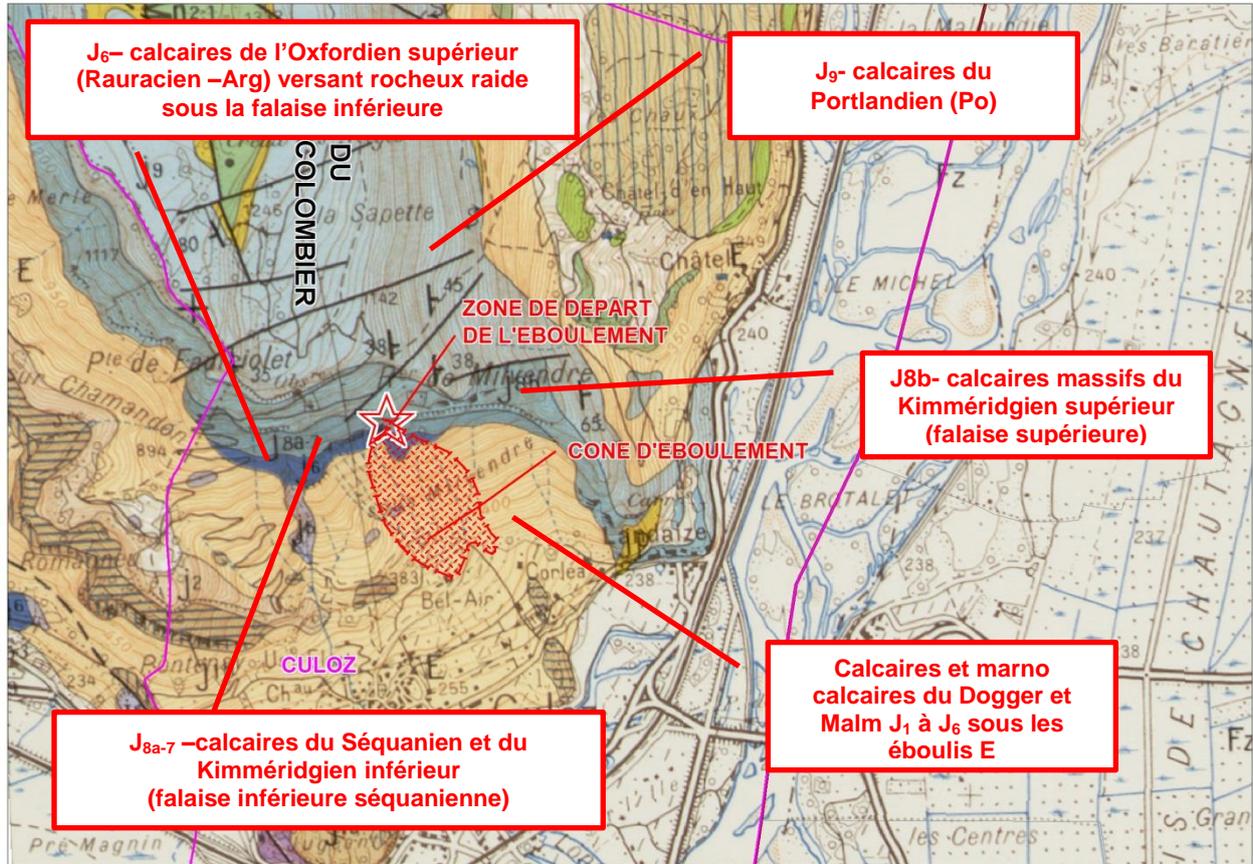


illustration 3 – Extrait de la carte géologique BRGM 1/50 000 (<http://infoterre.brgm.fr>) et localisation du site

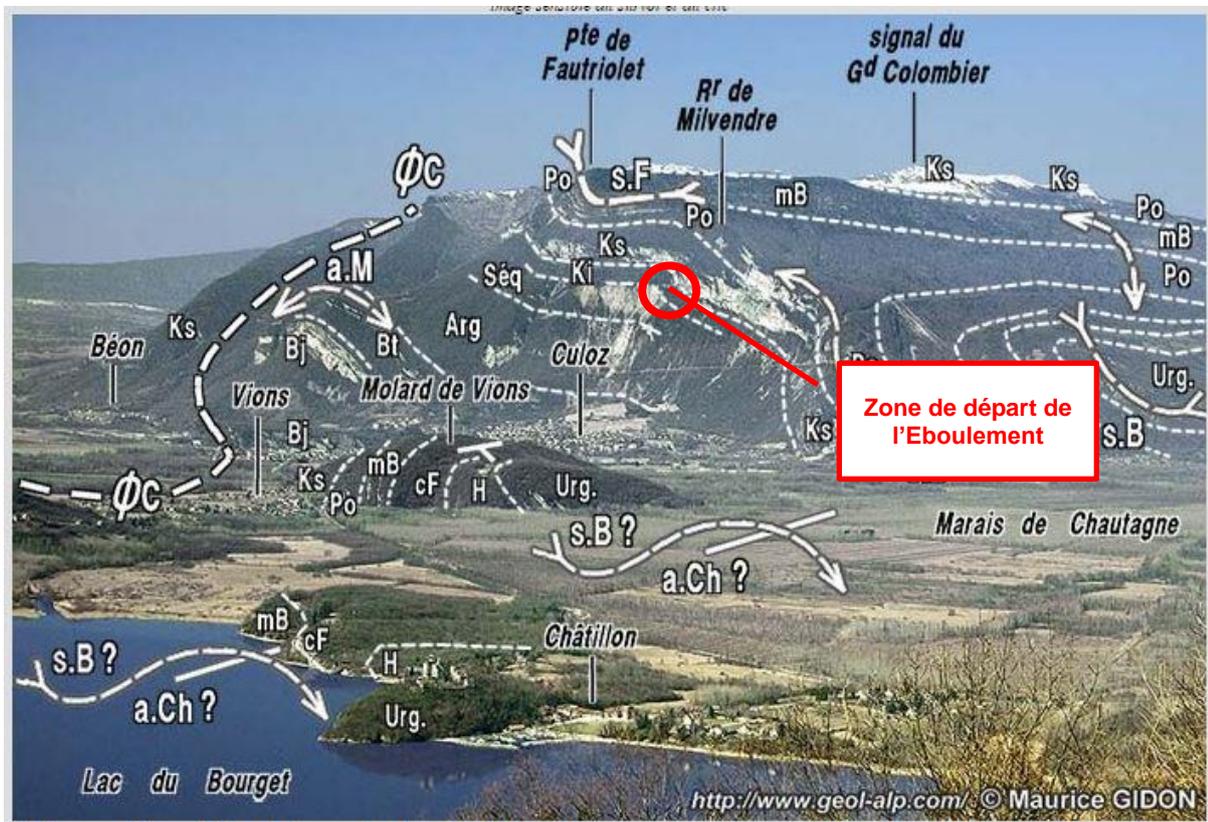


illustration 4 – Coupe structurale interprétative du massif du Grand Colombier (site Geol-Alp)

Outre le plissement des couches, il est signalé un devers des couches géologiques vers le sud, en aval pendage. Ceci est observé tant à la faveur des structures en antiforme (côté est du massif) que du chevauchement plongeant, côté ouest, du massif du Grand Colombier (Φ_c) des terrains jurassiques sur les couches crétacés.

Du point de vue hydrogéologique, le massif anticlinal du Grand Colombier constitue un ensemble calcaire karstifié qui abrite un réseau hydrographique souterrain s'écoulant par des exurgences temporaires ou tout du moins à débit très variable, directement lié au régime des précipitations. Ainsi la source du Colombier (indice BSS 07011X0030/HY), située sur le flanc ouest de l'actuel cône d'éboulement, qui capte pour l'AEP, directement dans les éboulis sous les falaises de Milvendre. Une autre exurgence dite du Jourdan (ou du Luizier) est signalée dans ce versant à proximité de la source du Colombier mais 50 m plus haut (indice BSS 07011X0110/SCE). L'autre captage AEP de la commune (captage de la patte d'Oie N° BSS 07011X0009/F) est situé plus bas en pied de massif sur le flanc sud-est non loin de Landaize.

Les indices karstiques en surface restent pour la plupart peu spectaculaires, car masqués ou colmatés par les éboulis glaciaires et de pente, ainsi que par la couverture pédologique. Les plus importants de ces indices à l'origine de cavités souterraines naturelles ont été relevés par le Comité Départemental Spéléologique de l'Ain (CDS01) et sont présentés au sous chapitre suivant 2.3.

2.3. HISTORIQUE

La base de données nationale sur les mouvements de terrains (www.georisques.gouv.fr), gérée notamment par le BRGM, mentionne sur le territoire communal 3 évènements de type glissement et 4 évènements de type chutes de blocs / éboulement (illustration 5). Un seul évènement (de type chutes de blocs) est daté. Parmi ces évènements, plusieurs glissements et une zone d'éboulement concerne le même versant que celui touché par l'éboulement de mars 2017 :

- deux glissements ont affecté la RD120 sur 25 m (fiche 6010024) et 300 m (fiche 6010025) de large sans guère plus de précision : pas de localisation précise, non datés ;
- Le troisième glissement associé aux éboulis de versant est juste signalé mais sans aucune autre caractérisation technique (fiche 6010028) ;
- Le dernier mouvement de terrain est un éboulement rocheux important de 1000 m³ survenu en mai 1999 (seul évènement daté), signalé par le LRPC de Lyon (actuel IFSTTAR). Les blocs rocheux anciens retrouvés par la suite sur le terrain pourraient correspondre a priori à ce désordre (fiche 21100791).

La base de données nationale sur les cavités souterraines (www.georisques.gouv.fr) identifie la présence de 20 cavités ou indices de vides, tous d'origine naturelle (et karstique) et nettement en relation avec la karstification du massif du Grand Colombier :

- 4 cavités qualifiées de grottes, 5 qualifiées de gouffres, 5 cavités qualifiées de Trous ou de creux ;
- 2 boyaux et 1 faille ;
- 1 abri sous roche ;
- 2 exurgences karstiques.

Dans le versant de Milvendre, 2 de ces cavités sont localisés précisément. 6 autres ont été associés au même versant mais pas localisés individuellement.

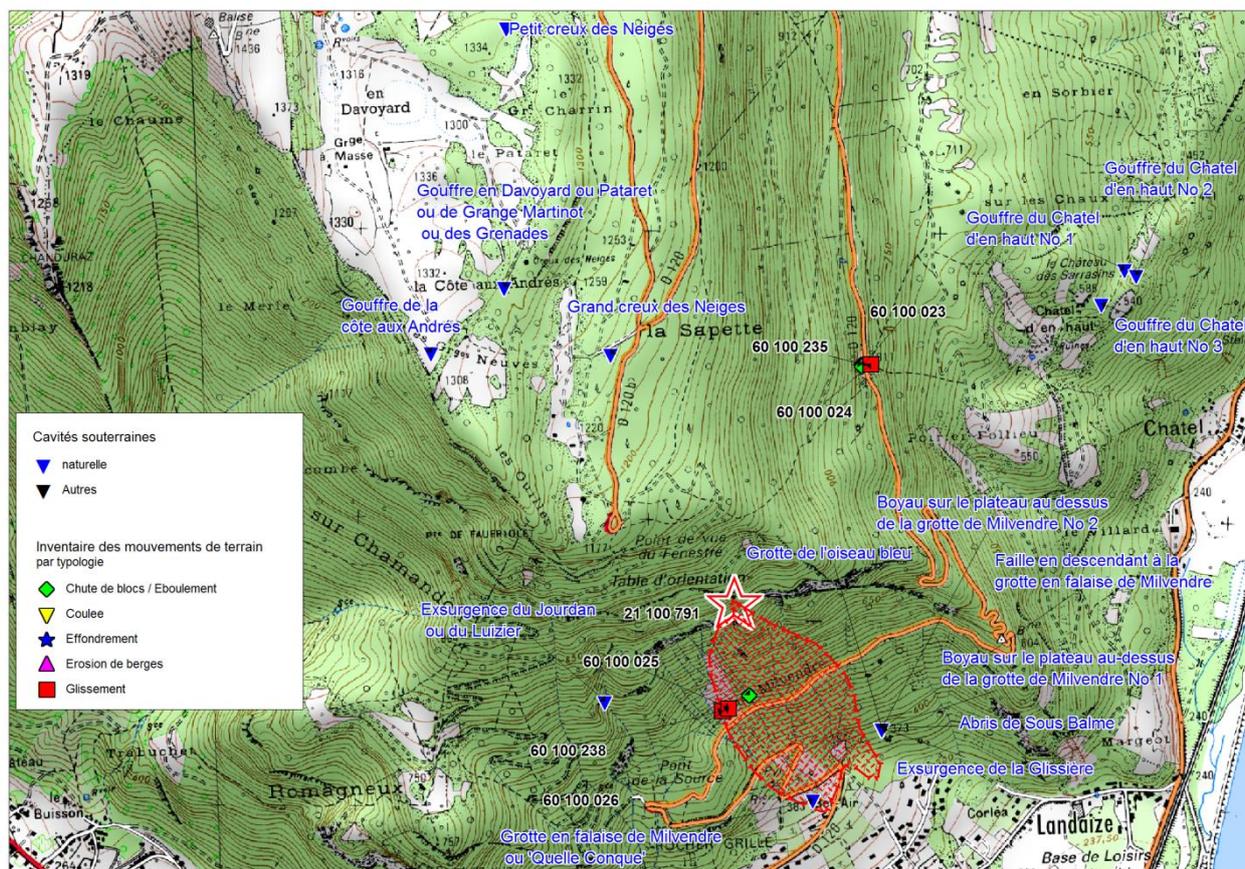


illustration 5 – Inventaires des mouvements de terrain et de cavités souterraines sur la commune de Culoz (Ain) (www.georisques.gouv.fr)

La commune n'a pas fait l'objet, à ce jour, d'arrêté de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour des phénomènes de mouvement de terrain (source <http://macommune.prim.net>).

La commune fait l'objet d'un P.P.R.N relatif au mouvement de terrain pour les éboulements rocheux, acté en 2004 (avec révision partielle et locale en 2008 sur une zone de versant différente de celle aujourd'hui examinée). La cartographie de l'aléa rocheux pour le zonage PPRN était plus ancienne et qui servait auparavant de zonage au titre de l'article R111-3 (après études des éboulements rocheux réalisées par le CETE en 1986 puis en 1998). Aucune maison n'est située dans la zone d'aléa chute de blocs rocheux de niveau fort (en pointillés jaunes sur l'illustration 6). Sur la zone d'aléa chute de blocs rocheux de niveau moyen (en pointillés vert sur l'illustration 6), on retrouve parmi les maisons du périmètre initial d'exclusion², à l'est 12 maisons situés au lotissement des Ravières et deux maisons desservies par la RD120 (délimitations en vert rajoutés à l'illustration 6). Sur la zone d'aléa chute de blocs rocheux de niveau faible (en pointillés bleu sur l'illustration 6), on retrouve 17 maisons du périmètre initial d'exclusion (délimitations en vert rajoutés à l'illustration 6).

Ce PPRN évoque sur le secteur des falaises de Milvendre au niveau de Bel-Air des possibilités d'éboulement : il est évoqué la possibilité de risque modéré d'éboulement en masse sur le moyen terme avec un risque de propagation élevé et de risque élevé de chute de blocs (jusqu'à 20, 30 m³) mais avec une propagation rocheuse limitée.

² Périmètre de 88 maisons (en bleu sur l'illustration 10).

Eboulement rocheux en masse du 08 mars 2017 sur la commune de Culoz (01)



illustration 6 – extrait du zonage d'aléa chute de blocs rocheux à hauteur de la zone d'éboulement de début mars 2017, avec report manuscrit des ouvrages de protection (merlons, filet) mis en place (document aimablement transmis par la DDT01)

3. Constat

3.1. ACTIVATION DE LA CELLULE DE CRISE

Le mercredi 8 mars 2017 à 5 h 24 au matin, un éboulement en masse s'est produit depuis les falaises de Milvendre qui surplombent le centre bourg et la partie la plus amont du quartier de Bel-Air en particulier. Devant l'ampleur constatée de l'éboulement et de la propagation rocheuse jusqu'aux abords des premières maisons bâties du quartier Bel Air, le Plan Communal de Sauvegarde (PCS) est déclenché à 9 H. Un périmètre de 88 maisons est alors défini en attente de l'avis d'un géologue. La cellule de crise appelle la direction régionale Auvergne-Rhône-Alpes du BRGM à cet effet. Dès l'appel (intervention confirmée 10 min plus tard par la Préfecture de l'Ain (SIDPC01)), un géologue spécialisé des risques Naturels se mobilise depuis Villeurbanne et rejoint le PCS en fin de matinée.

A son arrivée sur place à Culoz, malgré la couverture nuageuse masquant en grande partie le versant d'éboulement, un premier survol en hélicoptère était en cours.

Un (premier) point de situation sera fait un peu après, en présence de tous les intervenants : équipe municipale, Sous-préfète de Belley, SDIS01 (pompiers), gendarmerie.

L'éboulement en masse n'a fait ni victime, ni dommages au bâti. La RD120 qui permet la montée du bourg du Culoz sur le sommet du Grand Colombier a été par contre durement touchée en amont et plusieurs lacets en aval.

Le survol en hélicoptère a déjà permis d'identifier la zone de départ et de constater la présence d'une multitude de blocs disséminés dans le versant et notamment dans les parties raides (zone d'éboulis sous la falaise et falaise), dont la stabilité ne semble pas forcément assurée et laisse craindre à très court terme de nouveaux départs rocheux. Ces menaces résiduelles apparaissent cependant d'ampleur nettement moindre que l'éboulement en masse du matin. L'évacuation des 88 maisons avait été menée à terme.



illustration 7 – Bloc de près de 10 m³ arrivé au plus près des maisons (14 m au plus près du coin de bâti du domaine du Cellier de Bel Air) après avoir labouré les parcelles viticoles amont

3.1.1 1^{er} diagnostic (le 08 Mars)

Un premier survol en hélicoptère (Dragon de la Protection Civile mis à disposition par la sous-préfecture de Belley) au niveau de la zone de départ et de la zone de propagation et une première visite de site à pied permet d'établir un 1^{er} diagnostic comme suit.

La zone de départ est située au niveau d'une barre verticale rocheuse en amont du village (alt. # 800 m NGF) dans une partie haute du versant où les deux falaises successives tendent à se rejoindre à la faveur d'une zone de plissement. En première approximation, la zone d'arrachement rocheux s'étend sur une bonne vingtaine de mètres de large, sur des hauteurs de 5 à 10 m de, pour une surface cicatricielle de l'ordre de 150 m².

Le volume éboulé apparaît important (plusieurs centaines de m³ jusqu'à peut-être plus de 1200 m³). La zone de propagation s'étend dans le versant, constitué d'éboulis majoritairement, sur plus de 700 m de linéaire depuis la zone de départ pour une largeur en pied aval de cône d'éboulis de près de 400 m de large. Des blocs de taille variable dont les plus volumineux dépassent 10 m³ sont repérés dans le versant et s'approchent du bâti (jusqu'à une quinzaine de mètres) des premières habitations (illustration 7). La RD120 qui parcourt le versant en lacet à hauteur de la zone d'éboulement a été impactée en plusieurs points. Les zones d'arrêts de blocs sont très variables à la faveur de la morphologie du versant (présence de petites dorsales topographiques et de talweg guidant les trajectoires).

Ce 1^{er} diagnostic permet de confirmer déjà la présence d'un aléa résiduel persistant sur :

- la zone de départ (2 blocs posés côté Est et une arête rocheuses en bordure d'arrachement ouest d'allure incertaine ; illustration 8) : en cas de départs inopinés, les propagations seraient a priori moindres que celles liées à l'éboulement initial. Cependant, compte tenu de la divagation de certaines trajectoires il ne peut être complètement exclu qu'une atteinte au-delà de la propagation de l'évènement principal (mais guère au-delà, vu au niveau des zones d'arrêt les plus basses, les pentes moins prononcées et les terrains meubles présents peu favorables à une sensible augmentation des distances de propagation) puisse s'observer ;
- la zone de propagation : dans le principal couloir de propagation, une accumulation d'éboulis dans les parties encore très raides et sèches du versant est constatée : au moindre évènement pluviométrique significatif³ l'équilibre précaire de cet amas pourrait être rompu avec remise en mouvement de ces éboulis. Des remobilisations ultérieures d'éléments rocheux isolés posés à même la surface du sol sans net enfoncement, sont également possibles dans les parties de pente raide (surtout en amont de la RD120) avec néanmoins des atteintes extrêmes en aval attendues moindres que celles observées (illustration 9).

Au premier point de situation à 14H30, la nécessité de maintenir un périmètre d'évacuation est confirmée. Le périmètre initialement défini des 88 maisons est cohérent et il n'apparaît en tout cas pas sous-dimensionné (illustration 10).

Cependant, compte tenu des éléments exposés ci-avant, une réduction de ce périmètre serait a priori envisageable à l'appui d'un complément d'analyse (aspect à traiter d'ici le point de situation suivant). A contrario, des maisons restent jugées comme restant très exposées (maisons du Domaine du Cellier de Bel Air et maisons voisines de la rue Albert Ferrier, haut du chemin de la Longeléaz) pour laisser penser à un retour sur place au soir.

³ Les prévisions météorologiques ne laissent craindre aucune pluie même minime avant au plus tôt le dimanche soir 12 mars suivant



illustration 8 – Identification depuis l'hélicoptère des zones à purger d'urgence au niveau de la zone de départ initial de l'éboulement du matin (côté ouest arête de tenue suspectée comme précaire en bordure sur la gauche, et côté est deux blocs posés sur un pli sur la droite)



illustration 9 – zone d'accumulation d'éboulis dans le principal couloir d'éboulis dans une section de versant encore très raide (remobilisable à tout instant et au moindre déséquilibre significatif nouveau) et devant être purgée en urgence. A droite, divers blocs éparses à contrôler au-dessus de la RD120

Une intervention d'une entreprise spécialisée en travaux acrobatiques est requise pour entreprendre des travaux de purge d'urgence. L'entreprise CAN qui travaille actuellement sur marché pour le CD01 et qui a travaillé dans le passé pour la mairie de Culoz a été contactée par la mairie de Culoz pour intervenir sur site dès le lendemain 09 mars au matin.

3.1.2 2^{ème} diagnostic (le 08 mars)

Ce second diagnostic a eu pour finalité principale d'ajuster le périmètre initial d'évacuation, compte tenu des éléments du diagnostic initial. Bien que la zone de propagation d'un éventuel éboulement secondaire soit attendue comme moindre, la possibilité de trajectoires divagantes engendrant des propagations isolées pouvant exceptionnellement dépasser, de manière ponctuelle, la zone de propagation du matin ne peut être totalement exclue. A cet égard, un examen maison par maison a été établi en fonction de l'exposition (distance à la falaise, présence en amont immédiat d'éléments protecteurs d'arrêt ou de frein à la propagation rocheuse, localisation en position latérale ou non) et du degré a priori de vulnérabilité du

bâtiment vis-à-vis de blocs de taille similaire à ceux observés dans le cône d'éboulement (solidité structurelle, ouverture(s) et accès côté amont ou aval).

Au final, 13 maisons ont été maintenues dans le périmètre de sécurité dans les rues Albert Ferrier (domaine du Cellier et maisons en aval, dont aussi en amont la maison située à côté de l'Antenne plus ou moins en situation latérale), au niveau du chemin de la Longeléaz en partie haute, et enfin une maison à la même hauteur en bordure des Vignes, desservie depuis la rue Colombier. Ce périmètre restreint est valable pour le soir, avec de possibles modifications si besoin le lendemain matin lors de la réalisation des travaux d'urgence.

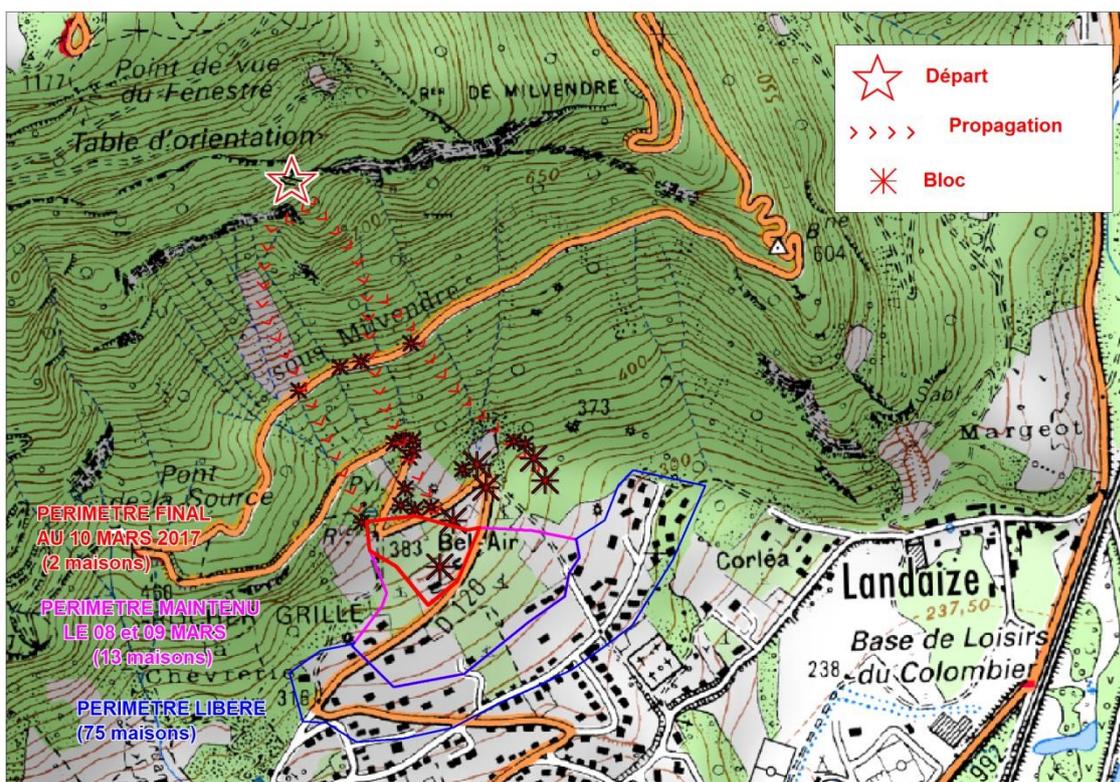


illustration 10 : Situation schématique sommaire et évolution des périmètres à la mesure des diagnostics engagés

3.1.3 Autres éléments constatés (09 et 10 mars): travaux d'urgence (dont périmètre provisoire), diagnostic complémentaire ;

Pour permettre à l'équipe de CAN d'accéder au plus vite à la zone à purger, il a été nécessaire de mobiliser un hélicoptère. Le deuxième survol (BRGM-CAN) n'a pas permis d'identifier d'autres menaces significatives sur la zone de départ mais il a révélé un autre secteur de gros blocs posés à contrôler dans la zone de propagation en pied de paroi rocheuse (sous la zone de départ) en amont du principal couloir de propagation (ce que les reconnaissances en falaise ont confirmé ensuite : illustration 11).

Dans la perspective d'une avancée rapide de ces travaux d'urgence, pour une éventuelle intervention dans les couloirs d'éboulements dans les parties raides du versant, il a été redéfini sur le couloir ouest un secteur complémentaire des 4 maisons rue Albert Ferrier (jusqu'au rond-point) pouvant faire l'objet si besoin d'une ré-évacuation temporaire pendant la phase de travaux. Sur le couloir de l'est, c'est un ensemble de 6 maisons chemin de la Longéaz et à l'est amont du chemin de Corléaz, qui pourrait nécessiter une ré-évacuation temporaire (zone amont du lotissement des Ravières).

La faible vitesse d'avancement des travaux une fois l'équipe de travaux arrivés sur la zone de départ a vite indiqué qu'une simple purge rapide ne serait pas suffisante (dans la pratique, il n'a par contre pas été nécessaire d'activer à l'immédiat les périmètres complémentaires provisoires). Effectivement, à la restitution en fin d'après-midi du 09 mars, l'équipe chantier de CAN a identifié des zones d'instabilités douteuses en paroi qui nécessitaient un diagnostic en falaise par un géotechnicien. C'est le BET SAGE, qui parmi les B.E.T sollicités, a réagi le premier, qui est intervenu dès le lendemain matin, avec la venue d'un ingénieur géotechnicien senior.

Les matériaux purgés se sont été arrêtés pour la plupart dans la végétation en contrebas des zones de départ, avec plus rarement un début de propagation dans le couloir d'éboulement principal. Aucun bloc purgé les 09 et 10 mars n'a atteint la RD120 en contrebas.

Témoins de l'activité résiduelle sur la zone liés à l'éboulement du 08 mars, quelques départs spontanés et individuels de petits blocs se sont aussi fait entendre depuis l'éboulement (dans la nuit suivante du 8-9 mars avant tout démarrage des travaux d'urgence mais aussi après), mais avec une propagation limitée (restant nettement en amont de la RD120).



illustration 11 : zone d'accumulation de bloc en tête de couloir de propagation sous la falaise de la zone de départ et surface de rupture suspectée en pied de la zone de départ et à contrôler (photos CAN)

Le passage de la DDT de l'Ain a permis d'apprendre l'existence de merlons et filets du côté du lotissement des Ravières au sud-est assez proche de la zone de propagation rocheuse (situés en position latérale par rapport au cône d'éboulement de mars 2017 et non sollicités).

Le diagnostic complémentaire en falaise de SAGE réalisé dans la matinée du 10 mars a permis de mieux cerner sur la zone de départ de l'éboulement les surfaces de rupture déjà identifiées en cause, mais aussi une surface a priori de rupture en aval pendage en pied de la zone de départ (illustration 11). Les volumes instables ont été évalués et l'élimination de tout aléa rocheux à très court terme par traitement approprié a été défini (a priori par micro-minage). Il a été aussi permis de confirmer qu'il ne demeure déjà plus de masse suffisamment importante et susceptible par propagation rocheuse de pouvoir dépasser la « coulée » de l'évènement initial. De ce fait, le périmètre maintenu d'exclusion lors de ces travaux de purge d'urgence a pu être réajustée aux deux seules maisons les plus amont (maison sous l'antenne, Domaine du Cellier) où à chaque fois un bloc s'est approché à moins de 50 m. Ce périmètre a vocation à être ensuite levé à l'issue de la finalisation des travaux d'urgence entrepris par CAN.

Un premier parcours assez global de la zone de propagation a été fait conjointement par SAGE, CAN et le BRGM dans l'après-midi du 10 mars, ce qui a permis de définitivement valider ce nouveau tracé de périmètre réduit d'exclusion (aux deux maisons) proposé en fin de matinée.

Environ une cinquantaine de blocs de volume supérieur à 5 m³ ont été repérés depuis la RD120 sur son amont jusqu'aux abords immédiats des maisons de Bel-Air (dont 1 masse monolithique atteignant a priori 30 à 35 m³ en amont immédiat du virage en épingle à cheveux proche du tennis : illustration 12). Pour une majorité de ceux-ci (quand isolé ou prédominant dans un groupe de blocs), on dispose d'un positionnement GPS.



illustration 12 : Bloc de plus de 30 m³ juste en amont du dernier virage en épingle à cheveux et bloc arrêté juste sous l'antenne

On note notamment pour la caractérisation extrême de la propagation les blocs suivants :

- le bloc (env. 2 m³) propagé le plus à l'ouest est celui qui a atterri juste en aval de l'antenne (dernier rebond avant arrêt frôlant l'antenne et voilant une armature métallique latérale en pied sans réel rôle fonctionnel (illustration 12) ;
- en partie centrale, une série avancée de 9 blocs de volumes estimés entre 6 à 16 m³ (dont celui qui s'est arrêté à 14 m de la maison du domaine du Cellier de Bel Air en illustration 7), entre le domaine du Cellier et le tennis voisin (illustration 13 et illustration 14) ;
- le flanc est du cône de propagation rocheuse s'est arrêté à 150 m des maisons situées en haut du chemin de Longeléaz (un peu à l'est de celle-ci ; illustration 15).



illustration 13 : propagation maximale pour des blocs en partie centrale du cône d'éboulement (labours, vignes et tennis adossés)

La RD120 a été balayée sur 4 sections différentes étagées, avec le linéaire supérieur atteint le plus largement (et le plus intensément), mais aussi en aval trois zones de virage en lacets successifs (illustration 16, illustration 17 et illustration 18).

Ce linéaire supérieur de la RD120 étant situé à hauteur du versant où la pente moyenne commence à faiblir, les vitesses et l'énergie étaient à leur maximum et du coup, les dégâts sont d'autant plus conséquents.

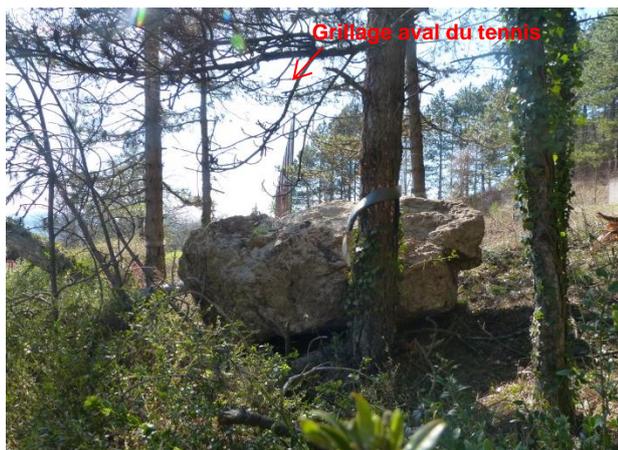


illustration 14 : 2 des 3 autres blocs arrêlés autour du tennis (au sud-est à gauche) et en amont (nord à droite)



illustration 15 : série de blocs +/- alignés le long de la pente à 75 m à l'est du chemin de Longeaz (dans sa partie haute), s'étant arrêlés à 60 m avant la lisière du bois, soit 150 m des maisons les plus proches (depuis l'hélicoptère et au sol).

Eboulement rocheux en masse du 08 mars 2017 sur la commune de Culoz (01)



illustration 16 : linéaire supérieure de la RD120 le plus fortement impacté (depuis l'hélicoptère et au sol)



illustration 17 : linéaire supérieure de la RD120 le plus fortement endommagé (en surface et profondeur d'impact jusqu'à plus d'un mètre d'enfoncement pour les rebonds des blocs les plus massifs)



illustration 18 : virages de la RD120 en lacet également atteints (blocs stoppés et impact des rebonds).

Malgré la largeur du linéaire atteint (410 m linéaire), l'importance des dégâts en superficie touchée et en profondeur d'enfoncement des assises de chaussée de ces R.D (jusqu'à plus d'un mètre d'amplitude verticale), il n'y a pas eu d'arrachement complet des assises profondes de la route.

On notera sur la zone du cône d'éboulement la présence de blocs plus anciens, notamment à côté de l'antenne et du réservoir d'eau (AEP), mais aussi au-dessus immédiat du chemin de Corléaz sur la parcelle F037 (illustration 19), là où le dernier grand éboulement du Grand Colombier (en mai 1999 si on se fie à la BD-MVT) se serait arrêté, non loin du lotissement de Ravières.

Le périmètre restant sur 2 maisons sera maintenu jusqu'à l'achèvement des travaux d'urgence, dont le planning prévisible au vendredi 10 mars en fin d'après-midi (lors de la seconde réunion publique) est le suivant :

- mise en sécurité ("nettoyage") de la zone de départ par micro-minage des plus gros blocs pour 5 jours environ ;
- purge du versant plus en aval des gros blocs restés en position précaire à court terme par purge manuelle, micro-minage ou autres (estimée en première approche à 5 jours).

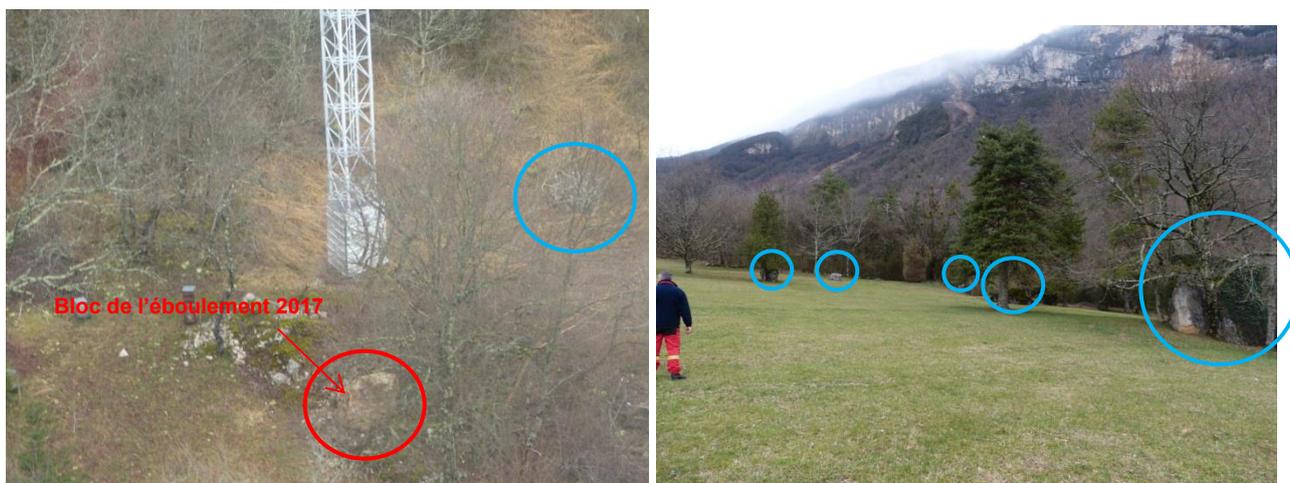


illustration 19 : blocs présents dans le versant à proximité des enjeux bâtis et antérieurs à l'éboulement de mars 2017 (cercles bleus)

L(illustration 20 synthétise les diverses observations de l'éboulement du 8 mars 2017.

3.1.4 Sollicitations annexes (presse....)

Le BRGM a participé aux réunions publiques organisées en fin d'AM du 08 mars en salle des fêtes et du 10 mars 2017 à la mairie (informations aux personnes évacuées).

Une interview TV (France 2 / BFMTV) a été faite après la réunion en salle des fêtes (après le passage de la Sous-Préfète et avec son accord). Il a participé également à l'interview TV à France3 (édition régionale) avec la Sous-Préfète dans la matinée du 09 mars.

Il a participé à la relecture de la fiche de presse du MEEM demandée par la DGPR à la DDT01. Une interview radio a été effectuée le 09 mars AM à Radio France bleu Pays de Savoie (après information et accord tacite du maire).

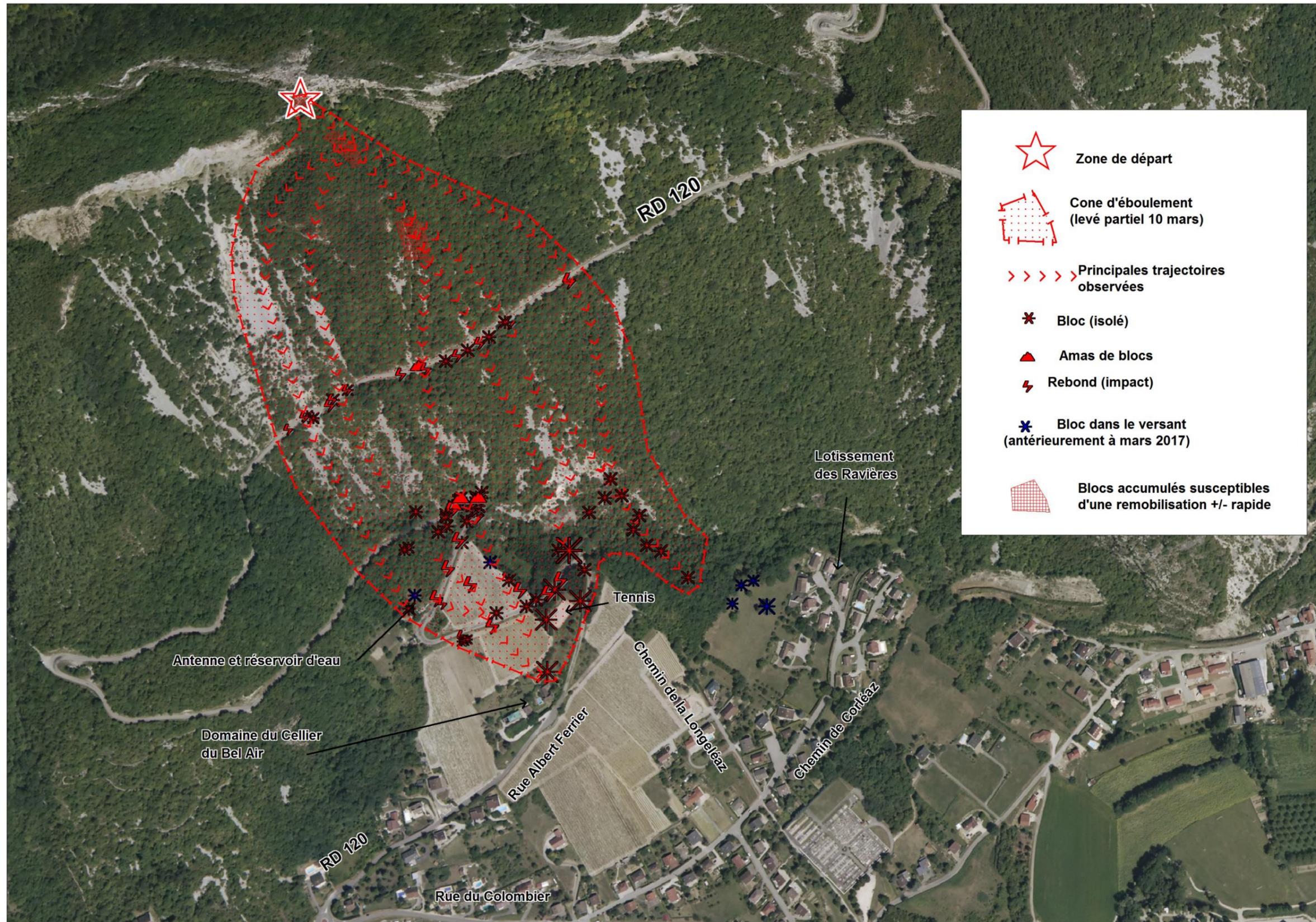


illustration 20 : situation de l'éboulement tel que constaté à l'issue du 10 mars

4. Diagnostic et risques résiduels

Toute falaise naturelle subit sous l'effet de l'érosion naturelle un phénomène de vieillissement qui se traduit au final par des chutes de pierres ou des éboulements soudains. Leur périodicité et leur intensité peut par contre varier très significativement selon la nature géologique de la paroi, l'état sain/dégradé, les profils morphologiques du versant, les sollicitations climatiques plus ou moins marquées.

D'après le témoignage de la police municipale; le phénomène de chutes de pierres et de blocs isolés reste assez fréquent sur ce versant-ci. Par contre la survenue d'éboulements en masse serait beaucoup moins fréquente⁴ (les analyses statistiques faites sur des instabilités rocheuses suivies sur des décennies, indiqueraient toutes une relation logarithmique inverse entre le volume des masses éboulées et la fréquence de survenue).

Il a eu quelques pluies dans les 15 jours précédant l'éboulement. A défaut d'être intenses, il s'agissait là des premières pluies notables de la fin et de la sortie de l'hiver⁵. Elles ont pu constituer le facteur déclencheur prépondérant (accentués notamment par la présence de circulations d'écoulement karstiques préférentielles tels que les ouvertures verticales ouvertes observés dans les zones de plis en partie basse de la zone départ). La fraîcheur nocturne quoique peu intense alors a pu contribué aussi par les effets cycliques de gel/dégel (valeurs minimales alors proches des zéros) au déclencheur du phénomène.

Sur la zone de départ, les diagnostics établis à chaud le 8 mars par survol hélicoptère puis les reconnaissances encordées du 9 mars puis du 10 mars ont permis d'établir que :

- la cicatrice d'arrachement est assez propre et qu'il demeure des masses instables, ceux-ci ne seraient pas en mesure d'engendrer des propagations rocheuses aussi étendues et pouvant menacer les enjeux bâtis situés en aval (avec un doute raisonnable pour 2 maisons maintenues donc évacuer le temps de réalisation des travaux d'urgence) ;
- les risques résiduels sur la zone de départ concernaient côté est 2 blocs posés à même un pli, une arête rocheuse en cours de purge côté ouest (et des blocs purgés de cette arête par CAN mais restant en position précaire et prévu du cou pour du micro-minage) et un questionnement sur des plans de rupture en aval pendage en pied d'arrachement (stabilité à vérifier).

Dans les zones d'éboulis en aval, des remobilisations de blocs restaient possibles à terme (surtout dans le cas d'un retour de conditions climatiques moins clémentes, avec des changements d'état de sols de surface). Ce sont surtout les zones d'accumulations de blocs sur le principal couloir d'éboulis en tête (illustration 11) et à mi-distance de la RD120 en amont de celle-ci (illustration 9) qui sont les plus préoccupantes et qui justifient donc qu'elles fassent l'objet d'un traitement pour en écarter les risques résiduels.

Quelques départs spontanés de petits blocs sans propagation marquée se sont faits d'ailleurs entendre, témoins de ces risques résiduels qui ont persisté quelques jours, après l'événement principal, ceci sans que le retour à des conditions climatiques plus défavorables n'ait même eu lieu.

⁴ 2 éboulements de plus de 1 000 m³ en 18 ans témoignent d'une activité considérée comme élevée (1 éboulement en masse par décennie).

⁵ De quantité trop réduite pour que les sols en surface soient saturés au moins de manière épidermique (sols souvent saturés en surface à la sortie de l'hiver ce qui n'a pas été le cas ici°)

A partir du MNT précis à 5 m de la zone, fourni par la DDT de l'Ain et de la méthode des cônes (principe de la ligne d'énergie présentée en annexe 2), une première modélisation sommaire (rétro-simulation sommaire de l'évènement) a été entreprise après coup qui montre une bonne convergence d'ensemble avec le cône d'éboulement observée sur le terrain (illustration 21). La remobilisation possible de la zone d'accumulation d'éboulis en pente raide au-dessus de la RD120 dans le principal cône d'éboulis a pu être également simulée en termes de cône de propagation possible (confirmant le peu de crainte d'incidence fâcheuse en aval).

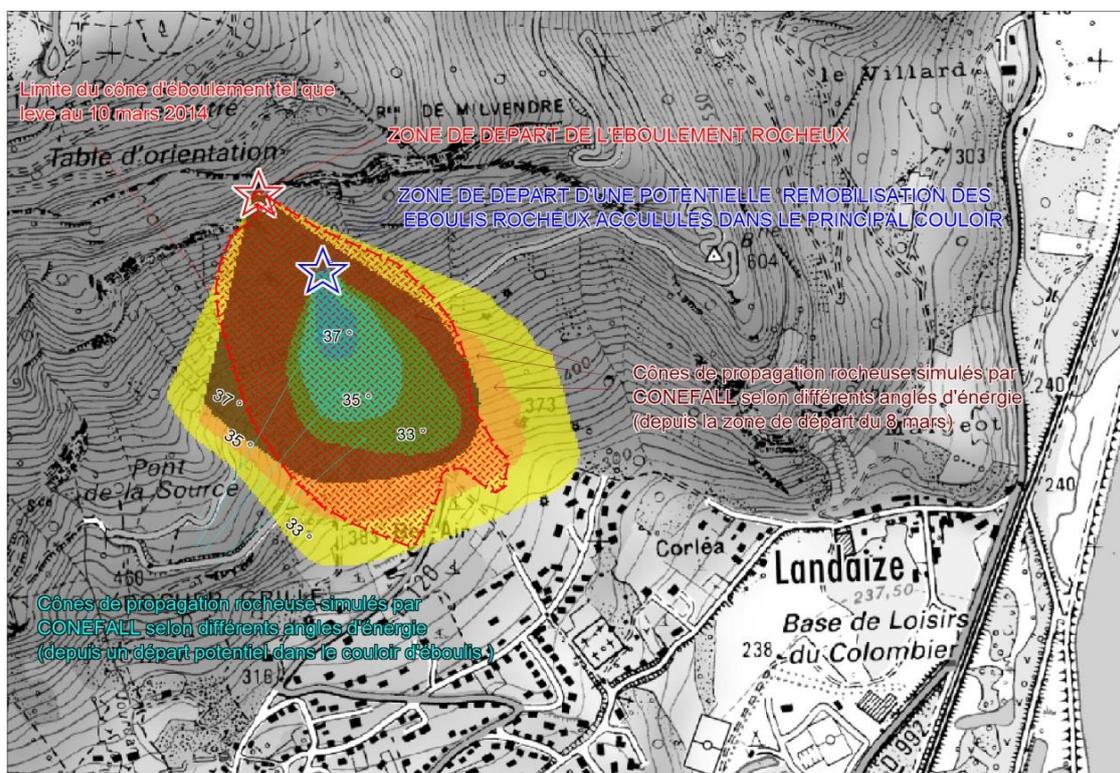


illustration 21 : rétro-simulation sommaire de la propagation de l'évènement du 08 mars 2017 et simulation d'une remobilisation de l'accumulat d'éboulis en situation précaire au sein du principal couloir d'éboulis

Pour la plupart des blocs, l'angle d'énergie caractéristique atteint ou dépasse les 37°. Seuls les plus gros blocs se sont propagés pour des angles d'énergie inférieurs de 35° et même ponctuellement 33°.

Outre la zone de propagation, la modélisation permet aussi de simuler de façon globale les vitesses et les énergies à l'impact à partir de volumes identifiés. L'analyse sommaire réalisée montre, que les vitesses étaient a priori maximales à la première intersection de la RD120, ceci validant l'intensité des dommages au niveau des intersections de la zone de propagation l'axe routier (illustration 22).

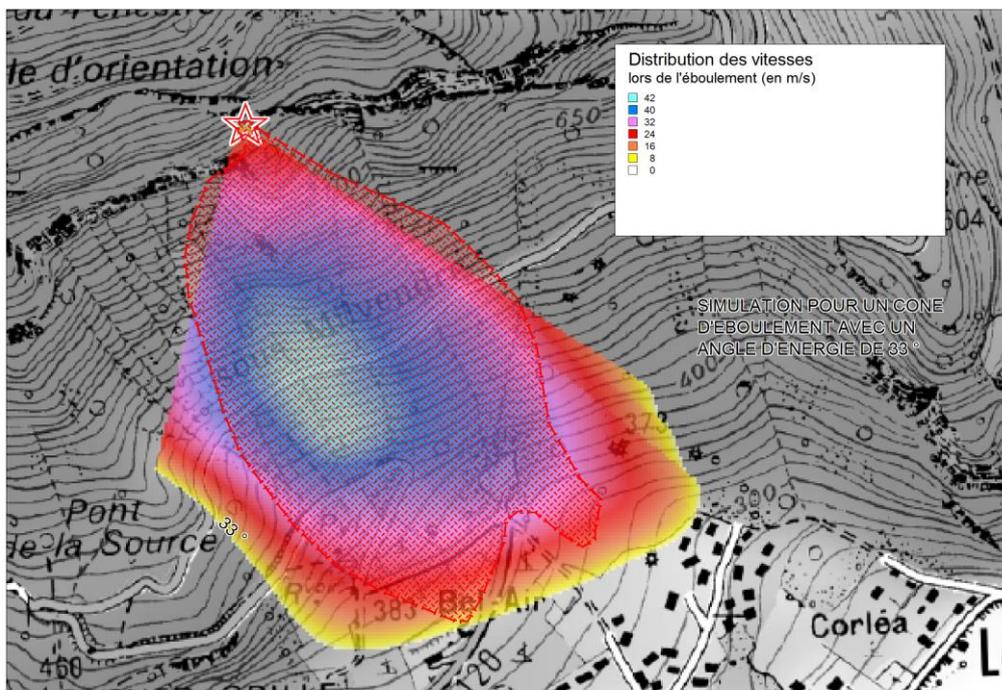


illustration 22 : répartition des vitesses potentiellement acquises par les blocs lors de l'éboulement tel qu'obtenu par rétro-simulation sommaire⁶

On notera aussi en dehors de la zone d'éboulement du 08 mars 2017 qu'il existe toujours sur l'ensemble des falaises de Milvendre a priori⁷ d'autres zones d'arrachement possibles à plus ou moins moyen terme⁸, y compris pour des zones de départs encore plus élevées en altitude susceptibles de pouvoir a priori se propager a minima davantage dans le versant.

Compte tenu de l'ampleur des éboulements de masse, de leur fréquence, de la taille des blocs susceptible d'atteindre les maisons les plus exposées, le risque pour ces dernières demeure fort sinon très fort et incite à mettre en œuvre à titre préventif dès que possible des actions de sécurisation à conjuguer avec celles qui seront nécessaires pour réhabiliter et protéger a minima la RD120.

⁶ Les vitesses indiquées ici restent indicatives et très approximatives : la valeur maximale de 42 m/s apparaît comme excessive et serait à moduler ensuite par un calage plus abouti de propagation rocheuse.

⁷ Comme décrit dans le PPRN et révoqué succinctement ici, p.9

⁸ Une zone probable d'écaillage en situation latérale et a minima distance de la zone de cicatrice d'arrachement a notamment été observée par CAN au premier survol hélico

5. Recommandations

Les recommandations liées à la crise ne sont pas rappelées ici, la levée de la cellule de crise coïncidant avec la mise en application des recommandations dites d'urgence.

Dans la foulée des travaux d'urgence (CAN sous pilotage SAGE) engagés pour écarter les risques résiduels liés à l'éboulement du 08 mars 2017, il apparaît nécessaire d'engager et ce, au plus tôt, un diagnostic de risque global de l'ensemble des falaises de Milvendre (bien au-delà de la seule zone de départ de l'évènement de 2017). Cette analyse comprendra a priori :

- un examen de l'ensemble des parois rocheuses ;
 - une analyse fine des conditions de propagation des blocs rocheux en versant (a priori à l'appui de modélisations trajectographiques) ;
 - une analyse des solutions techniques envisageables pour garantir la protection des biens et personnes exposés. Une première mission de définition des parades a été immédiatement confiée au BET SAGE (au moins en ce qui concerne les habitations 9) ;
 - une analyse financière de ces solutions techniques au regard des enjeux à protéger (RD120 et zones d'habitations).

En fonction des résultats des études engagées et des travaux qui en découleront, une révision du PPRN de la commune pourra être nécessaire, notamment si les résultats mettent en évidence des écarts très significatifs avec la cartographie actuelle..

Cette actualisation du PPRN permettrait, outre d'affiner le tracé du zonage d'aléa, que puisse être réalisée aussi une véritable hiérarchisation du risque qui permettra de proposer un programme de gestion de ce risque à l'échelle communale.

⁹ Il est vivement recommandé, ceci autant que possible, d'avoir une approche conjuguée pour protéger en même temps les infrastructures et les superstructures, pour une meilleure rationalisation des actions et des couts.....

6. Annexes

Annexe 1 : Compte rendu d'intervention du BRGM du 08 au 10 mars 2010 (tel que diffusé le 13 mars au soir)

Annexe 2 : Présentation du principe de la ligne d'énergie (méthode des cônes) et de la nouvelle méthodologique d'évaluation du zonage de l'aléa rocheux (MEZAP)

6.1. ANNEXE 1 : COMPTE-RENDU SYNTHETIQUE DE L'INTERVENTION DU BRGM EN SITUATION DE CRISE DU 08 AU 10 MARS AU PROFIT DE LA PREFECTURE DE L'AIN ET DE LA MAIRIE DE CULOZ

1. Mobilisation

Alerté par la maire de Culoz à 9H 30 (PCS activé), confirmé 5 min plus tard par la Préfecture de l'Ain (SIDPC01). Arrivée au PCS à 11H25. Mise au courant de la situation générale (éboulement rocheux au matin de la falaise sur plus de 700 m de distance et près de 400 m de dénivelé, jusqu'en amont immédiat de la périphérie du bourg) : 0 victime et 0 maison touchée ; mais propagation rocheuse arrêtée juste en amont (entre 14 et 150 m) des premières maisons : 88 maisons évacuées aussitôt.



Bloc de près de 10 m³ arrivée au plus près des maisons (14 m du bâti du domaine du Cellier de Bel Air)



Aperçu de la zone de départ sur la falaise avec la saignée créée dans le versant boisé par le couloir de propagation principal. Impact en aval des plus gros blocs, comme ici au niveau du tennis. (survol hélico)

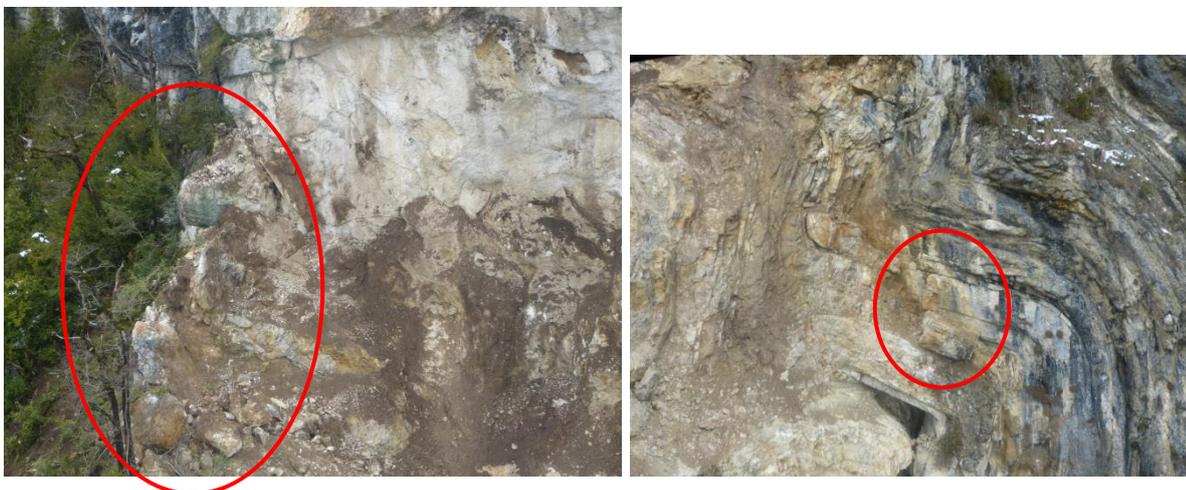
2. 1^{er} Diagnostic (le 08 Mars)

Un premier survol en hélicoptère (Dragon de la Protection Civile) mis à disposition par la sous-préfecture de Belley (zone de départ et zone de propagation) suivi d'une rapide visite de site à pied permet d'établir un 1^{er} diagnostic.

L'éboulement rocheux s'est produit le 8 mars entre 05 h et 07 h. La zone de départ est située au niveau d'une barre rocheuse en amont du village (alt. # 800 m NGF). Le volume éboulé apparaît important (plusieurs centaines de m³ jusqu'à peut-être plus de 1200 m³). La zone de propagation s'étend dans le versant, constitué d'éboulis majoritairement, sur plus de 700 m de linéaire depuis la zone de départ pour une largeur en pied aval de cône d'éboulis de près de 400 m de large. Des blocs de taille variable dont les plus volumineux dépassent 10 m³ sont repérés dans le versant jusqu'à une dizaine de mètres des premières habitations. La RD120 qui parcourt le versant a été impactée en plusieurs points. Les zones d'arrêt de blocs sont très variables à la faveur de la morphologie du versant (présence de petites dorsales topographiques et de talweg guidant les trajectoires).

Ce 1^{er} diagnostic permet de confirmer la présence d'un aléa résiduel sur :

- la zone de départ (2 blocs posés + 1 arête en bordure d'arrachement d'allure incertaine) : propagation a priori moindres que celles liées à l'éboulement initial. Cependant, compte tenu de la divagation de certaines trajectoires il ne peut être complètement exclu qu'une atteinte au-delà de la propagation de l'évènement principal (guère au-delà vu les pentes moins prononcées et les terrains meubles présents peu favorables à une augmentation des distances de propagation) puisse s'observer ;
- la zone de propagation : accumulation d'éboulis dans les parties encore très raides du versant. Des remobilisations ultérieures d'éléments rocheux sont attendues avec néanmoins des atteintes extrêmes en aval moindres que celles observées.



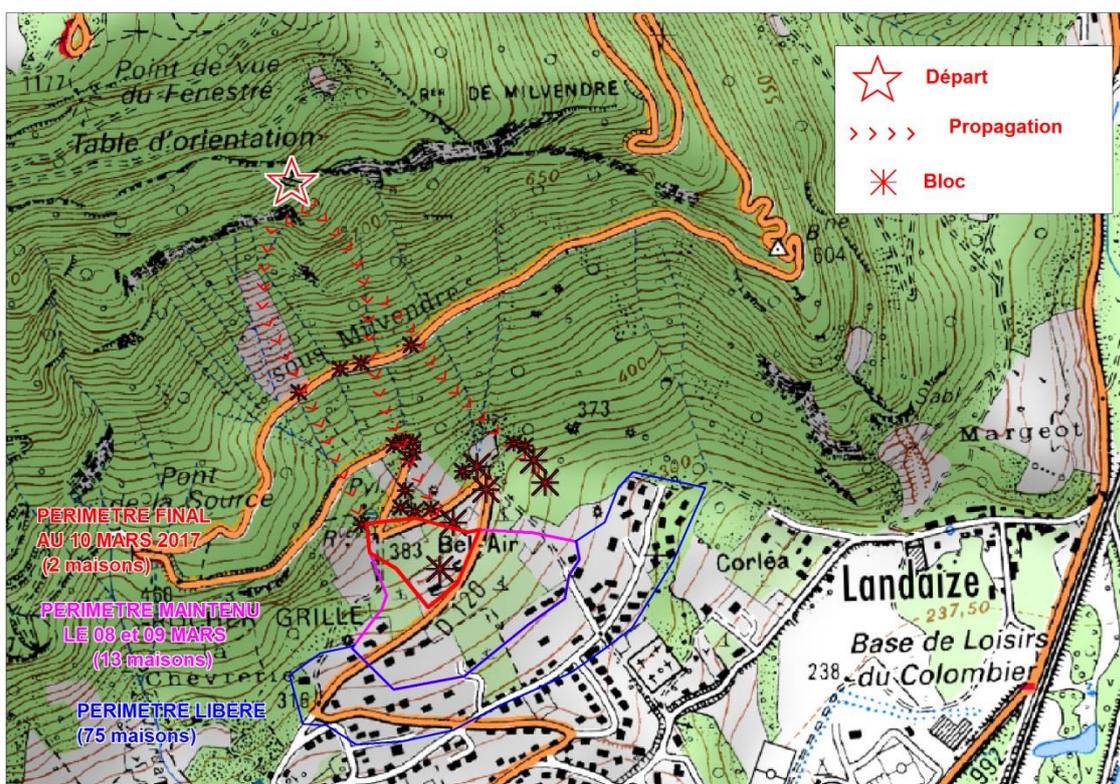
Zones à purger d'urgence (arête en bordure sur la gauche et deux blocs posés sur un pli sur la droite)

Au premier point de situation, la nécessité de maintenir un périmètre d'évacuation est confirmée. Le périmètre initialement défini des 88 maisons est cohérent et n'apparaît pas sous-dimensionné. Cependant, compte tenu des éléments exposés ci-avant, une réduction de ce périmètre semble a priori envisageable (aspect à traiter d'ici le point de situation suivant). A contrario, des maisons restent très exposées (maisons du Domaine du Cellier de Bel Air et maisons voisines de la rue Albert Ferrier, haut du chemin de la Longeléaz) pour autoriser un retour sur place au soir. Une intervention d'une entreprise spécialisée en travaux acrobatiques est requise pour entreprendre des travaux de purge d'urgence est requise. L'entreprise CAN qui travaille actuellement sur

marché pour le CD01 et qui a travaillé dans le passé pour la mairie de Culoz a été contacté par la mairie de Culoz.

3. 2eme diagnostic (le 08 mars)

Un examen maison par maison a été établi en fonction de l'exposition et la vulnérabilité. Au final, 13 maisons ont été maintenues dans le périmètre de sécurité dans les rues Albert Ferrier (dont en amont la maison situé à côté de l'antenne), au niveau du chemin de la Longeléaz en partie haute, et enfin une maison à la même hauteur en bordure des vignes, desservi depuis la rue Colombier. Ce périmètre restreint est valable pour le soir, avec de possibles modifications le lendemain matin lors de la réalisation des travaux d'urgence.



Situation schématique sommaire et évolution des périmètres au fur et à mesure que les incertitudes décroissent

4. Autres éléments du diagnostic (09 et 10 mars) : travaux d'urgence (dont périmètre provisoire), diagnostic complémentaire

Le deuxième survol (BRGM-CAN) en hélicoptère mise à disposition pour permettre à l'équipe de CAN d'accéder au plus vite à la zone à purger, n'a pas permis d'identifier de nouvelles menaces significatives sur la zone de départ et a confirmé un autre secteur de gros blocs posés à contrôler dans la zone de propagation en pied de paroi rocheuse en amont du principal couloir de propagation.

Dans la perspective d'une avancée rapide de ces travaux d'urgence, pour une éventuelle intervention dans le versant, il a été redéfini sur le couloir ouest un secteur complémentaire de 4 maisons rue Albert Ferrier (jusqu'au Rond-Point) pouvant faire l'objet si besoin d'une ré-évacuation temporaire pendant la phase de travaux. Sur le couloir de l'est, c'est un ensemble de 6 maisons chemin de la Longéaz et à l'est amont du chemin de Corléaz, qui pourrait nécessiter une ré-évacuation temporaire (dans la pratique, il n'a pas été nécessaire d'activer ces périmètres).

La faible vitesse d'avancement des travaux une fois l'équipe de travaux arrivés sur la zone de départ a vite montré qu'une simple purge ne serait pas suffisante. Effectivement, à la restitution en fin d'AM du 09 mars, l'équipe chantier de CAN a identifié des zones d'instabilité douteuse en paroi qui nécessitent un diagnostic en falaise par un géotechnicien : intervention prévue le lendemain, 10 mars, du BET SAGE.

Les matériaux purgés se sont été arrêtés pour la plupart dans la végétation en contrebas des zones de départ. Aucun bloc n'a atteint la RD120 en contrebas.

Témoins de l'activité résiduelle sur la zone, des départs spontanés de blocs se sont fait entendre depuis l'éboulement (les 8 et 9 mars).

Le passage de la DDT de l'Ain a permis d'apprendre l'existence de merlons et filets du côté du lotissement des Ravières à l'est proche de la zone de propagation rocheuse.

Le diagnostic complémentaire en falaise de SAGE a permis de mieux cerner les surfaces de rupture (mais aussi une surface de glissement en aval pendage) en cause, les volumes instables et leur traitement (a priori par micro-minage). Il a permis aussi d'exclure toute masse importante susceptible par propagation rocheuse de pouvoir dépasser la « coulée » de l'évènement initial. De ce fait, le périmètre maintenu d'exclusion pouvait être a priori réajustée aux deux seules maisons (maison sous l'Antenne, Domaine du Cellier) où un bloc s'est approché à moins de 50 m. Pour valider ce nouveau périmètre, un premier parcours assez global de la zone de propagation a été fait conjointement par SAGE, CAN et le BRGM qui a permis de définitivement valider ce périmètre réduit aux deux maisons. Une cinquantaine de blocs de volume supérieur à 5 m³ ont été repérés depuis la RD120 et abords immédiats (dont 1 masse monolithique atteignant a priori 30 à 35 m³ en amont immédiat du virage en épingle à cheveux proche du tennis.

- le bloc (2m³) propagé le plus à l'ouest est celui qui a atterri juste en aval de l'Antenne ;
- en partie centrale, une série avancée de 3 blocs proche des 10 m³ (dont celui qui s'est arrêté à 14 m de la maison du domaine du Cellier de Bel Air), entre le domaine du Cellier
- le flanc est du cône de propagation rocheuse s'est arrêté à 150 m des maisons situés en haut du chemin de Longéaz (un peu à l'est de celle-ci).

Le périmètre maintenu sur 2 maisons sera maintenu jusqu'à l'achèvement des travaux d'urgence, dont le planning prévisible au vendredi 10 mars est le suivant :

- mise en sécurité ("Nettoyage") de la zone de départ par micro-minage des plus gros blocs pour 5 jours environ ;
- purge du versant plus en aval des gros blocs restés en position précaire à court terme par purge manuelle, micro-minage ou autres (estimée en première approche à 5 jours).

5. Sollicitations annexes (presse....)

Le BRGM a participé aux réunions publiques organisées en fin d'AM du 08 mars en salle des fêtes et du 10 mars 2017 à la mairie (informations aux personnes évacuées).

Une interview TV (France 2 / BFMTV) a été faite après la réunion en salle des fêtes (après le passage de la Sous-Préfète et avec son accord). Il a participé également à l'interview TV à France3 régional avec la Sous-Préfète dans la matinée du 09 mars.

Il a participé à la relecture de la fiche de presse du MEEM demandée par la DGPR à la DDT01. Une interview radio a été effectuée le 09 mars AM à Radio France bleu Pays de Savoie (après information et accord tacite du maire).

A l'issue de la réunion publique du 10 mars, une photo conjointe BRGM-CAN-SAGE prise par une correspondante locale de presse en appui pour un article du Progrès.

6. Démobilisation

A l'issue de la réunion publique du 10 mars 2017 (PCS fermé le 09 mars au soir, mais dispositif communal de crise maintenu dans les faits le 10 mars 2017, pour prise en compte de l'intervention SAGE).



Impacts multiples, parfois profonds sur la RD120

6.2. ANNEXE 2 : PRESENTATION DU PRINCIPE DE LA LIGNE D'ENERGIE (METHODE DES CONES)

METHODE DES CONES

Il existe un type de modèle dit statistique qui permet d'estimer à partir d'une zone de départ la localisation du point d'arrêt maximal probable d'un projectile et qui ne nécessite pas à proprement parlé de détermination des coefficients de réponse des sols. Ce modèle est basé sur le principe de la ligne d'énergie développée par HEIM A. en 1932 qui a donné naissance à la méthode dite des "cônes". Ce modèle repose sur un principe simple et trivial : un bloc ne peut progresser sur une pente que si celle-ci est suffisamment raide. Ainsi, si la pente est supérieure à un angle limite β , il accélère. Si elle est inférieure à β , il ralentit.

En partant de ce constat, un bloc peut aller d'une zone de départ A jusqu'à B, point d'intersection du relief avec une ligne imaginaire partant de la zone de départ et formant un angle β avec l'horizontal (cf. Fig. 1). Cette ligne est appelée la ligne d'énergie et l'angle β , l'angle de la ligne d'énergie.

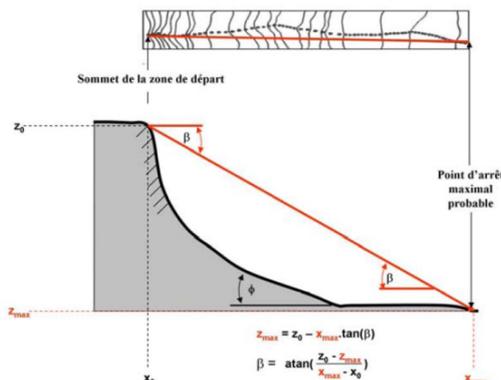


Fig. 1 – Représentation schématique du principe de la ligne d'énergie

Pour une zone de départ et avec le profil en long de la pente, on peut alors, si on connaît la valeur de l'angle β , proposer le point maximal probable qu'atteindra tout projectile qui se détachera de la zone de départ.

Compte tenu de la possibilité de déviation des trajectoires des blocs, que ce soit à cause de leur forme ou des obstacles rencontrés, les blocs peuvent donc progresser dans un cône, appelé cône de propagation. Ce cône a une pente β et son sommet est placé au niveau de la zone de départ A, d'où le nom de méthode des cônes.

Plusieurs auteurs ont travaillé sur la détermination de l'angle β de la ligne d'énergie selon le principe de Heim (1932). L'observation et la mesures d'angles sur plusieurs phénomènes permet de présenter des plages statistiques de valeurs (cf. Fig. 2) permettant une quantification de la probabilité d'atteinte :

Probabilité d'atteinte d'un point	Intervalle d'angles de la méthode du cône
Très fort	35° et plus
Fort	33°-35°
Moyen	30°-33°
Faible	26°-30°

Fig. 2 – Plages de valeurs indicatives des angles géométriques pour la méthode des cônes issues de l'analyse statistique des valeurs publiées à ce jour¹

La méthode des cônes permet donc de cartographier l'extension prévisible de l'aléa rocheux par le choix de valeurs d'angle variables en fonction de singularités locales (topographie, végétation dont la forêt). Le choix de la valeur d'angle au sein de l'intervalle exposé est pratiqué et justifié par l'opérateur en fonction de sa connaissance du site, de son expérience sur des sites équivalents.

¹ Recommandations MEZAP (à paraître) : groupe de travail réuni sous l'autorité du MEDDE pour la détermination d'une Méthodologie de Zonage de l'Aléa chute de Pierres, piloté par IRSTEA



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France
Tel. 02 38 64 34 34

Direction Régionale Auvergne Rhône Alpes
151, Boulevard de Stalingrad
69626 Villeurbanne Cedex – France
Tél. : 04 72 82 11 50