

Département de l'Ain

Commune déléguée de Culoz - Commune de Culoz-Béon

## Révision du Plan Local d'Urbanisme

### Pièce 6.3.1 : Annexes - Porter à Connaissance de l'aléa chutes de blocs

Vu pour être annexé à la  
délibération du conseil municipal  
approuvant le P.L.U.

En date du 27 juin 2023

Le Maire



*[Handwritten signature in blue ink]*



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DE L'AIN

**Le préfet,**

à

Monsieur le Président  
de la communauté de communes Bugey  
Sud  
55 Grande rue

01300 BELLEY

Bourg en Bresse, le

- 6 FEV. 2020

**Direction départementale des territoires**

*Service Urbanisme Risques*

*Unité Prévention des Risques*

Référence : 2020CourrierPacAleaChuteDeBlocsCCBugeySud045

Vos réf. :

Affaire suivie par : Boris Schmitt  
ddt-sur-pr@ain.gouv.fr  
tél. 04 74 45 63 19 - fax 04 74 45 63 60

**Objet : porter à connaissance de l'aléa chute de blocs et effondrement rocheux sur les communes de Béon et Culoz**

Le présent courrier a pour objet de porter à votre connaissance le nouvel aléa de référence « chute de blocs et effondrement rocheux » sur les communes de Béon et Culoz, en application des articles L.132-2 et R.132-1 du code de l'urbanisme.

Cet aléa a été défini dans le cadre d'une étude réalisée par le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), pilotée par la direction départementale des territoires (DDT) en concertation avec les élus.

Il vous appartient de prendre en compte ces nouvelles informations sur l'aléa chute de blocs et effondrement rocheux dans la cadre de votre compétence en matière de schéma de cohérence territoriale (SCoT).

Ainsi, vous trouverez jointes à la présente pour les communes de Béon et Culoz un CD contenant :

- la carte de l'aléa « chute de blocs et effondrement rocheux » ;
- la carte informative de l'aléa « chute de blocs et effondrement rocheux » (levés de terrain et historique) ;
- le rapport complet de l'étude ;
- une note présentant les principes d'application de l'article R.111-2 du code de l'urbanisme, afin de prendre en compte le risque dans l'aménagement.

Ces documents seront prochainement mis en ligne sur le site internet de l'État dans l'Ain.

Les cartes de l'aléa de référence et les cartes informatives des phénomènes sont donc à prendre en compte dans les prochaines évolutions du SCoT.

PJ : *carte des aléas de référence - carte des phénomènes historiques - rapport de synthèse de l'étude - rapport complet de l'étude - note présentant les principes d'application de l'article R.111-2 du code de l'urbanisme*

Copie à : préfecture / DCAT / BUAIC – sous-préfecture de Belley - CD01 – DDT/SUR/ADS et Planification

Je précise que ces données cartographiques traitent seulement de l'aléa « chute de blocs et effondrement rocheux » traité dans le rapport d'étude joint. Il peut être nécessaire de prendre en compte en complément des précautions correspondant aux cours d'eau, aux fossés à préserver ou aux remontées de nappe, selon le contexte de la commune concernée et la connaissance locale de ces phénomènes.

Enfin, je vous joins la note présentant les principes d'application de l'article R.111-2 du code de l'urbanisme que j'ai transmise aux maires concernés. Elle leur permettra, ainsi qu'à vos services chargés d'appliquer le droit des sols, de prendre en compte cette nouvelle connaissance de l'aléa étudié en fonction de plusieurs critères : le caractère urbanisé ou non d'un secteur donné, le niveau d'aléa et la nature du projet envisagé.

J'ai demandé aux maires concernés d'appliquer désormais les principes de cette note pour leurs décisions en matière d'occupation des sols en utilisant si nécessaire l'article R.111-2 du code de l'urbanisme qui peut conduire, en zone d'aléa, à refuser certains projets ou à leur imposer des prescriptions spéciales. J'entends pour ma part exercer le contrôle de légalité au regard de ces principes.

Je précise également que les dispositions des plans de prévention des risques (PPR) approuvés sur ces communes restent applicables jusqu'à l'approbation de leurs révisions, en plus des principes énoncés dans la note.

La DDT est à votre disposition pour tout renseignement complémentaire et pour évoquer les éventuelles difficultés que vous pourriez rencontrer dans l'application de ces dispositions.

Le préfet,


PRÉFET DE L'AIN

Le préfet,

à

Destinataires in fine

Direction départementale des territoires

Service Urbanisme Risques

Unité Prévention des Risques

Référence : 2020CourrierPacAleaChuteDeBlocsMaires043

Vos réf. :

Affaire suivie par : Boris Schmitt

ddt-sur-pr@ain.gouv.fr

tél. 04 74 45 63 19 - fax 04 74 45 63 60

Bourg en Bresse, le - 6 FEV. 2020

**Objet : porter à connaissance de l'aléa chute de blocs et effondrement rocheux sur les communes de Béon et Culoz**

Le présent courrier a pour objet de porter à votre connaissance le nouvel aléa de référence « chute de blocs et effondrement rocheux », en application des articles L.132-2 et R.132-1 du code de l'urbanisme.

Cet aléa a été défini dans le cadre d'une étude réalisée par le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) et pilotée par la direction départementale des territoires (DDT) à laquelle vous avez été associé.

Il vous appartient de prendre en compte ces nouvelles informations sur l'aléa chute de blocs et effondrement rocheux dans le cadre de vos décisions d'urbanisme, qu'il s'agisse de la délivrance des autorisations d'occupation des sols ou de l'élaboration comme des évolutions de votre document d'urbanisme.

Ainsi, vous trouverez joints à la présente :

- la carte de l'aléa « chute de blocs et effondrement rocheux » ;
- la carte informative de l'aléa « chute de blocs et effondrement rocheux » (levés de terrain et historique) ;
- le rapport complet de l'étude (rapport déjà transmis par courrier du 08/01/2020) ;
- une note présentant les principes d'application de l'article R.111-2 du code de l'urbanisme, afin de prendre en compte le risque dans l'aménagement.

Ces documents vous seront transmis prochainement sous format numérique, afin d'en faciliter la consultation, et seront mis en ligne sur le site internet de l'État dans l'Ain. Vous veillerez à en assurer le libre accès pour le public.

PJ : CD et dossier : *carte de l'aléa de référence - carte informative de l'aléa chute de blocs et effondrement rocheux - rapport complet de l'étude - note présentant les principes d'application de l'article R.111-2 du code de l'urbanisme*

Copie à : préfecture / DCAT / BUAIC – sous-préfecture de Belley – CC Bugey Sud - CD01 – DDT/SUR/ADS et Planification

La carte de l'aléa de référence doit vous servir dans tous les cas au fondement des décisions d'urbanisme. La carte informative de l'aléa « chute de blocs et effondrement rocheux » apporte des éléments complémentaires que vous pouvez mentionner dans vos décisions afin d'en compléter la motivation.

Je précise que ces données cartographiques traitent seulement de l'aléa « chute de blocs et effondrement rocheux » traité dans le rapport d'étude joint. Il peut être nécessaire de prendre en compte en complément des précautions correspondant aux cours d'eau, aux fossés à préserver ou aux remontées de nappe, selon le contexte de votre commune et la connaissance locale de ces phénomènes.

Enfin, la note jointe présentant les principes d'application de l'article R.111-2 du code de l'urbanisme vous permettra de prendre en compte cette nouvelle connaissance de l'aléa étudié en fonction de plusieurs critères : le caractère urbanisé ou non d'un secteur donné, le niveau d'aléa et la nature du projet envisagé.

Je vous demande d'appliquer désormais les principes de cette note pour vos décisions en matière d'occupation des sols en utilisant si nécessaire l'article R.111-2 du code de l'urbanisme qui peut vous conduire, en zone d'aléa, à refuser certains projets ou à leur imposer des prescriptions spéciales. J'entends pour ma part exercer le contrôle de légalité au regard de ces principes.

Je précise également que les dispositions du plan de prévention des risques (PPR) approuvé sur votre commune restent applicables jusqu'à l'approbation de sa révision, en plus des principes énoncés dans la note.

La DDT est à votre disposition pour tout renseignement complémentaire et pour évoquer les éventuelles difficultés que vous pourriez rencontrer dans l'application de ces dispositions.

Le préfet,



Arnaud COCHET

## Liste des destinataires

**Messieurs les maires de :**

- Béon
- Culoz



Direction départementale  
des territoires de l'Ain  
**Service Urbanisme Risques**  
**Unité Prévention des Risques**  
23 rue Bourgmayer CS 90410  
01012 BOURG EN BRESSE CEDEX  
[www.ain.gouv.fr](http://www.ain.gouv.fr)

---

# *Principes d'application de l'article R.111-2 du code de l'urbanisme*

*suite au porter à connaissance  
de l'aléa chute de blocs et  
effondrement rocheux sur  
les communes de*

**Béon et Culoz**

---



# Sommaire

<b>1. Le contexte.....</b>	<b>5</b>
1.1. Les outils existants.....	5
1.2. Le nouvel aléa chute de blocs et effondrement rocheux.....	6
1.3. Les conséquences du porter à connaissance (PAC).....	7
<b>2. Les principes généraux.....</b>	<b>7</b>
<b>Application de l'article R.111-2 pour prendre en compte le nouvel aléa de référence</b>	<b>9</b>
<b>3. Définition de l'espace dans lequel se trouve le projet au regard de l'urbanisation (enjeux).....</b>	<b>10</b>
3.1. Zones urbanisées.....	10
3.2. Zones non-urbanisées ou peu urbanisées.....	10
<b>4. Identification du niveau d'aléa.....</b>	<b>11</b>
<b>5. Application des principes de prévention.....</b>	<b>11</b>
5.1. Définition des projets.....	11
5.2. Aléa chute de blocs et effondrement rocheux : projets interdits et projets admis.....	13
5.3. Prescriptions à appliquer aux projets admis.....	17
5.4. Autres projets.....	22
<b>6. La motivation des décisions.....</b>	<b>23</b>
6.1. La vulnérabilité des enjeux.....	23
6.2. L'intensité du phénomène naturel (aléa).....	23
<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>24</b>
<b>Fiche conseil : Adaptation du projet aux risques de chute de blocs.....</b>	<b>25</b>

# LE PROGRÈS

Édition Bourg - Bresse - Val de Saône nord 01C

Jeudi 9 mars 2017 - 1,00 €

ALERTE INFO

Vous êtes témoin d'un événement, vous avez une info ?

0 800 07 68 43 Service & appel gratuits

LPRFILROUGE@leprogres.fr

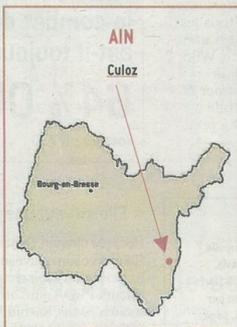
AIN

## Gigantesque éboulement : 88 maisons évacuées

La chaussée de la D120, qui mène au col du Grand Colombier, a été arrachée par une énorme chute de rochers, hier. Ici, un bloc de roche dont la course folle s'est arrêtée à quelques mètres du domaine viticole de Bel-Air. Photo Antoine DELSART

PAGES 10 ET 11

Mercredi vers 5 heures, des rochers et une coulée de boue ont déferlé sur le quartier de Bel-Air et la D 120, sans faire de victime. Évacués en urgence, une centaine d'habitants ont trouvé refuge à la salle des fêtes et 25 d'entre eux n'ont pu regagner leur domicile la nuit dernière. Récit d'une folle journée.



Culoz s'est réveillée en sursaut mercredi matin, après le grondement de sa montagne. Peu après 5 heures, une pluie de roches a dégringolé des parois qui surplombent le quartier de Bel-Air, arrachant sur 100 mètres, la chaussée de la D 120 qui mène au col du Grand Colombier. Par chance, l'éboulement n'a fait aucune victime.

Mais très tôt, la mise en place d'un strict périmètre de sécurité a provoqué l'évacuation de 40 puis 88 habitations menacées. Dès 7 heures, 110 Culoziens et leurs animaux de compagnie ont ainsi trouvé le gîte et le couvert à la salle des fêtes (lire par ailleurs). En attendant fébrilement les consignes.

« On l'a échappé belle... »

Après une imprévisible descente et de multiples rebonds destructeurs, certains blocs rocheux de plusieurs tonnes se sont immobilisés à seulement quelques mètres du réservoir d'eau communal, des antennes-relais et surtout des



11 heures. Le quartier de Bel-Air a beau être bouclé, des curieux viennent observer les cicatrices de l'éboulement sur la falaise. Photo Antoine DELSART

maisons. Au domaine viticole où le gardien Alain Merlin et son épouse dormaient. Il en sourit : « On l'a échappé belle. Sinon, je ne serai pas là pour vous en parler. Je ne sais pas encore quels sont les dégâts sur le vignoble. »

Depuis la mairie, le Plan communal de sauvegarde (PCS) et une cellule de crise préfectorale a vu collaborer une cinquantaine de pompiers, un géologue, dix-huit gendarmes, les élus et les agents de la ville. « Une folle matinée », confesse le maire, Franck André-Masse, entre deux coups de téléphone. Avec deux objectifs en tête : protéger d'abord, évaluer les risques ensuite.

Après plusieurs survols en hélicoptère puis en drone, et des repérages à pied, « l'expert risque naturel, du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) de Lyon, a pu déterminer que les blocs instables sont réduits en volume et en masse. Par conséquent, la zone de dangerosité a été réduite ». À seulement 13 maisons, soit 25 habitants qui ont dû être relégués, chez des proches ou à l'hôtel. Jusqu'à quand ? La décision dépendra des opérations qui débutent ce jeudi : elles visent à « purger la falaise » de ses blocs les plus dangereux.

Antoine Delsart



Un énorme bloc de roche, dont la course folle s'est arrêtée à quelques mètres du domaine viticole. Photo A. D.



Les pompiers emmènent des habitants chez eux pour récupérer leurs médicaments. Photo A. D.



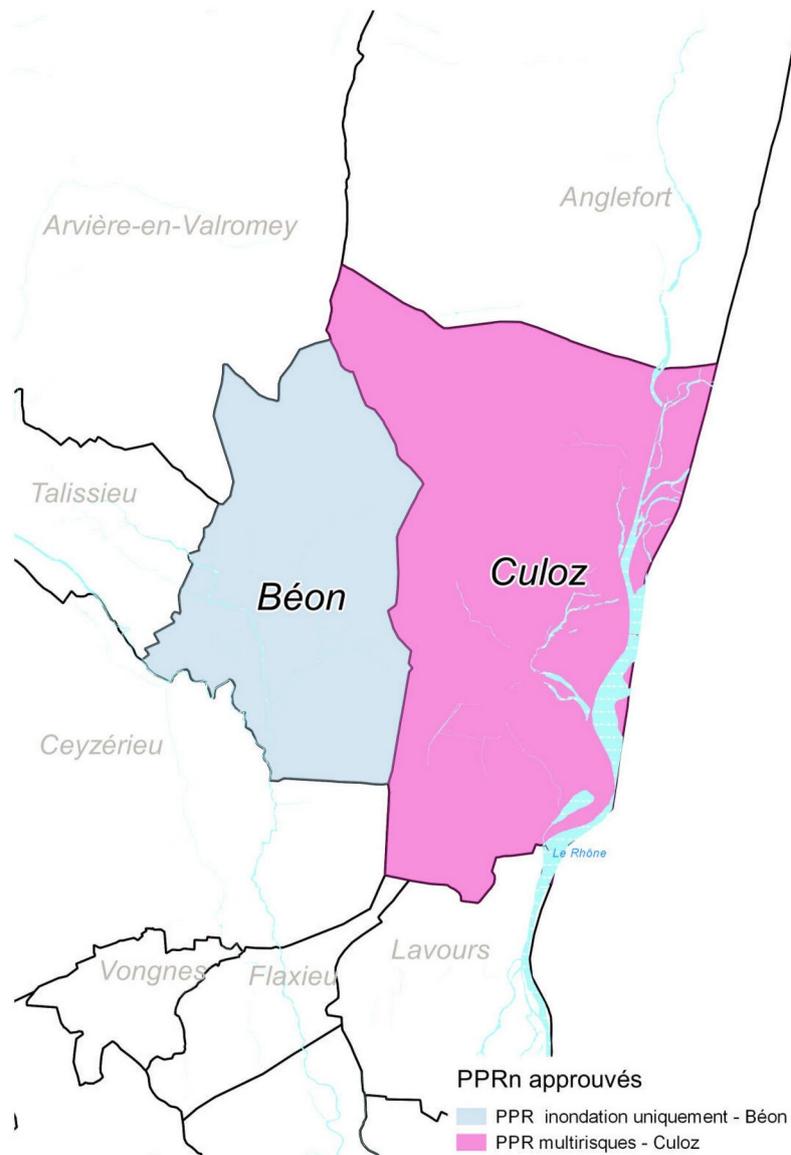
Ici en travers de la D120, plusieurs pins ont été déracinés, arrachés, par l'incroyable puissance des roches en chute libre. Photo Antoine DELSART

# 1. Le contexte

## 1.1. Les outils existants

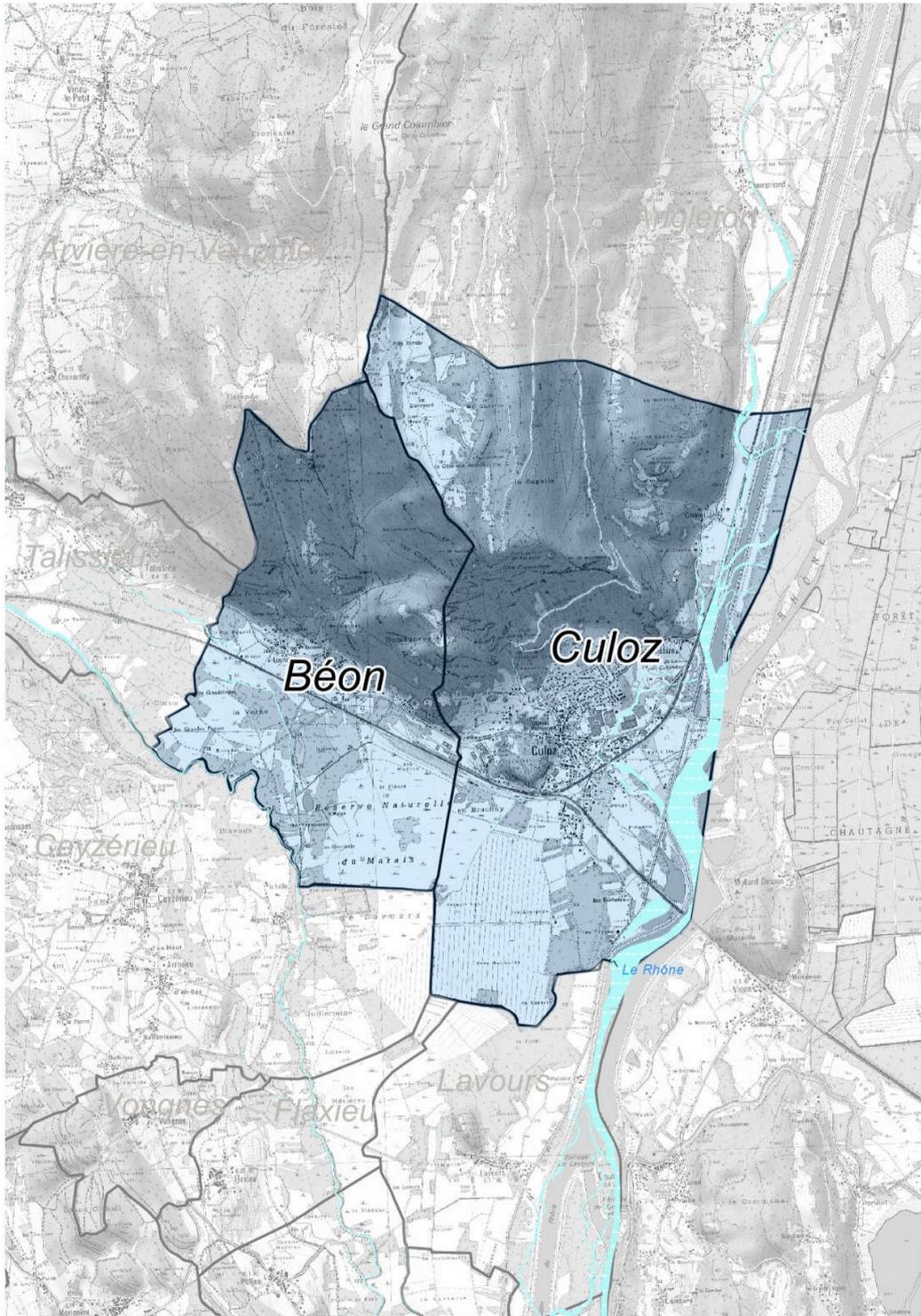
Les communes de Béon et Culoz sont actuellement couvertes par des plans de prévention des risques naturels (PPRn). Cependant, seul le PPRn de la commune de Culoz prend en compte l'aléa chute de blocs, celui de la commune de Béon concerne seulement l'aléa inondation du Rhône et du Sérán.

Suite au phénomène d'éboulement en masse survenu sur la commune de Culoz en mars 2017, il a été décidé de conduire une nouvelle étude d'aléa portant sur les chutes de blocs et effondrement rocheux sur les deux communes de Béon et Culoz. Cette étude a été confiée au Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM).



## 1.2. Le nouvel aléa chute de blocs et effondrement rocheux

L'aléa porté à connaissance est issu de l'étude cartographique de l'aléa chute de blocs et effondrement rocheux des communes de Culoz et Béon, réalisée par le BRGM.



*Périmètre de l'étude chute de blocs et effondrement rocheux*

La révision des PPRn existants sur ces deux communes sera prochainement engagée pour prendre en compte les résultats de cette étude. En attendant leur approbation, cette note permet de prendre en compte les résultats de l'étude dans les décisions d'urbanisme.

### 1.3. Les conséquences du porter à connaissance (PAC)

La connaissance de l'aléa de référence peut avoir deux conséquences selon la situation de la commune :

- **1<sup>er</sup> cas – CULOZ – la commune est couverte par un plan de prévention des risques naturels (PPRn) approuvé intégrant l'aléa mis en évidence par la présente étude**

Le PPRn existant sera révisé afin de prendre en compte ce nouvel aléa de référence et adapter le règlement. En attendant l'approbation de la révision du PPRn, ce dernier reste applicable en plus des principes énoncés dans la présente note : **en cas de dispositions non-concordantes entre le règlement du PPRn et les principes de la présente note, la règle la plus contraignante doit être appliquée.**

- **2<sup>e</sup> cas – BÉON – la commune est couverte par un PPRn approuvé n'intégrant pas l'aléa chute de blocs mis en évidence par la présente étude**

Le PPRn reste en vigueur et sera révisé pour y intégrer l'aléa porté à connaissance. Le nouvel aléa porté à connaissance **constitue la référence à prendre en compte pour le risque naturel concerné**, notamment lors de l'instruction des autorisations d'urbanisme.

La révision des PPRn existants ne peut être réalisée instantanément sur l'ensemble du périmètre concerné.

Il est donc nécessaire de **clarifier les dispositions à appliquer en matière d'autorisation d'urbanisme durant la période qui s'étend du porter à connaissance de l'aléa jusqu'à la révision des PPRn existants. C'est l'objet de la présente note.**

#### **Article R.111-2 du code de l'urbanisme**

*Le projet peut être refusé ou n'être accepté que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales s'il est de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique du fait de sa situation, de ses caractéristiques, de son importance ou de son implantation à proximité d'autres installations.*

## 2. Les principes généraux

Les principes qui président à la gestion de la période transitoire sont notamment les suivants :

- **l'interdiction de construire en zone d'aléa fort ;**
- **la limitation des équipements et établissements sensibles dans les zones d'aléas** afin de ne pas compliquer exagérément la gestion de crise ;
- **la réduction de la vulnérabilité\*** des équipements et établissements sensibles déjà implantés ;
- lorsqu'elles sont possibles, **l'adaptation au risque de toutes les nouvelles constructions** en zone d'aléas.

Les autres réglementations applicables (code de l'environnement notamment les articles L. 214-1 et suivants, code de l'urbanisme, code de la construction et de l'habitation, etc.) continuent évidemment à s'appliquer.

Il est rappelé qu'il **ne peut être fait usage du sursis à statuer** dans le cadre de l'instruction d'une autorisation d'urbanisme au motif qu'un PPRn est en cours d'élaboration ou de révision.

Le **contrôle de légalité** des autorisations d'urbanisme sera effectué en appliquant les principes énoncés dans cette note, en attendant l'approbation éventuelle d'un PPRn intégrant le nouvel aléa porté à connaissance.

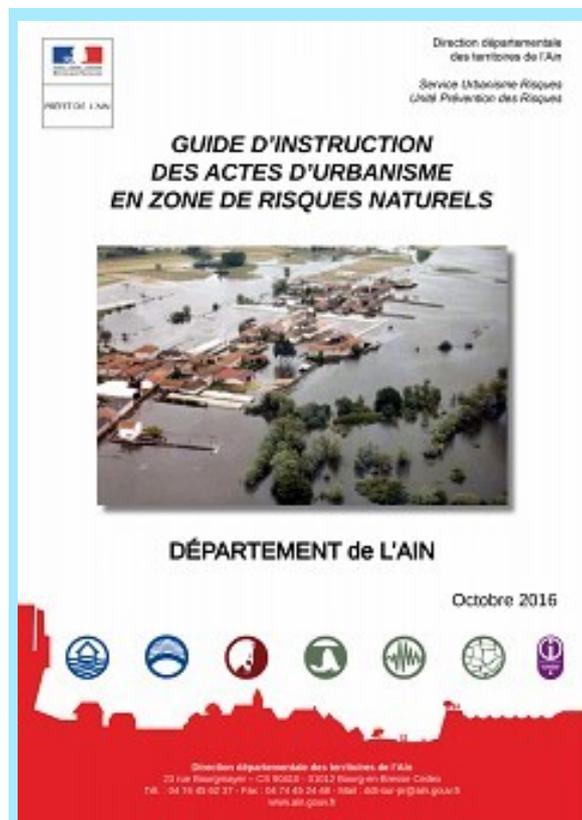
**La définition des termes marqués par un astérisque \* est donnée dans le glossaire à partir de la page 24.**

En cas de difficulté rencontrée dans l'application des principes énoncés dans la présente note, il est possible de consulter la DDT. Les consultations, accompagnées du dossier (permis de construire ou d'aménager, déclaration préalable, certificat d'urbanisme) sont à adresser à :

**Direction départementale des territoires**  
**Service urbanisme et risques / unité prévention des risques**  
**23 rue Bourgmayer CS 90410 - 01012 Bourg en Bresse cedex**

ou par voie électronique à DDT01 - unité prévention des risques : [ddt-sur-pr@ain.gouv.fr](mailto:ddt-sur-pr@ain.gouv.fr)

**Ces envois pour avis sont limités aux projets complexes et en cas de difficulté d'application des règles (règlement du PPR, application de l'article R.111-2 du code de l'urbanisme, etc.). Il conviendra de mentionner dans la consultation une question précise sur la règle qui pose problème.**



Un **Guide d'instruction des actes d'urbanisme en zone de risques naturels** est également à votre disposition sur le site internet de l'état dans l'Ain :

<http://www.ain.gouv.fr/dispositifs-de-prevention-r1398.html>

La DDT de l'Ain a élaboré ce guide à destination des communes et centres instructeurs pour les aider dans l'instruction des autorisations d'urbanisme en zone de risques naturels.

## **Application de l'article R.111-2 pour prendre en compte le nouvel aléa de référence**

---

### 3. Définition de l'espace dans lequel se trouve le projet au regard de l'urbanisation (enjeux)

Le caractère urbanisé ou non d'un espace doit s'apprécier au regard de la réalité physique et non en fonction des limites de l'agglomération au sens du code de la route ni du zonage opéré par un document d'urbanisme.

#### 3.1. Zones urbanisées

Ces zones correspondent aux espaces déjà urbanisés. On y trouve notamment **les zones strictement résidentielles, les centres de village et les zones d'activités au sens large.**

La définition de ces zones **répond au critère de continuité de l'urbanisation.** Cela conduit à exclure les zones d'habitat très diffus et l'habitat isolé.

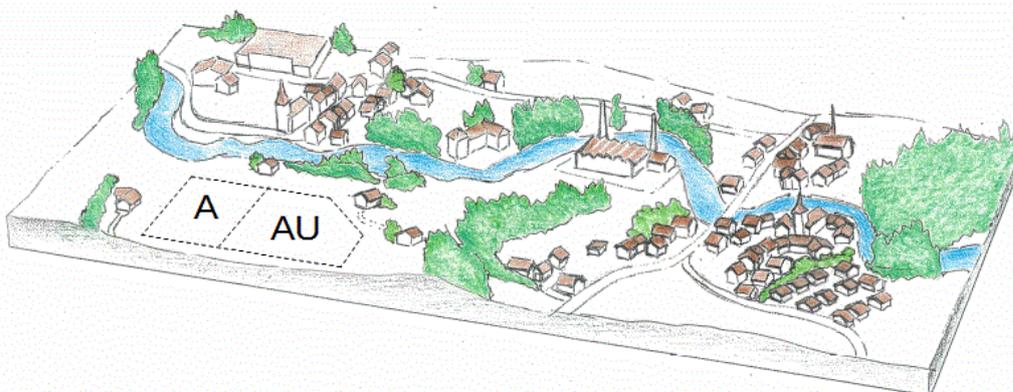
On peut considérer qu'en dessous d'un groupe de 5 bâtiments, le secteur n'est pas urbanisé au sens de la présente note. Cette appréciation est toutefois à adapter en fonction du contexte local du projet (groupe de bâtiments plus ou moins proches, habitat très diffus, etc.).

#### 3.2. Zones non-urbanisées ou peu urbanisées

Ces zones correspondent en grande partie aux espaces naturels et agricoles, **dans lesquels on peut notamment trouver de l'habitat isolé ou très diffus (habitations seules ou en petit nombre).**

Les zones à urbaniser (AU) des plans locaux d'urbanismes (PLU) non-construites sont donc considérées comme des zones non-urbanisées.

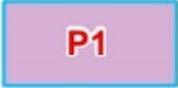
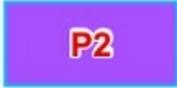
**Pour les phénomènes naturels (aléas) de mouvements de terrain, le raisonnement appliqué est très voisin de celui utilisé pour les inondations et conduit à préserver les zones d'aléas non urbanisées (ne pas y implanter d'enjeux), de façon à ne pas créer de risque, ainsi que les zones peu urbanisées (ne pas y implanter de nouveaux enjeux), afin de ne pas augmenter le risque.**



*Les zones AU des PLU sont considérées comme non-urbanisées si elles ne sont pas construites.*

## 4. Identification du niveau d'aléa

L'aléa est représenté de la façon suivante :

<i>Phénomène</i>	<i>Degré d'aléa</i>		
	Faible	Moyen	Fort
 Chutes de blocs	 P1	 P2	 P3

La lettre représente le type d'aléa et le chiffre son intensité.

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

## 5. Application des principes de prévention

### 5.1. Définition des projets

Les projets évoqués dans la présente note sont pour la plupart définis par les destinations et sous-destinations mentionnées aux [articles R.151-27 et R.151-28 du code de l'urbanisme](#) ainsi que par l'[arrêté du 10 novembre 2016 définissant les destinations et sous-destinations de constructions pouvant être réglementées par le règlement national d'urbanisme et les règlements des plans locaux d'urbanisme ou les documents en tenant lieu.](#)

Destination	Sous-destination
Exploitation agricole et forestière	Exploitation agricole
	Exploitation forestière
Habitation	Logement
	Hébergement
Commerce et activités de services	Artisanat et commerce de détail
	Restauration
	Commerce de gros
	Activités de services où s'effectue l'accueil d'une clientèle
	Hébergement hôtelier et touristique
	Cinéma

Équipements d'intérêt collectif et services publics	Locaux et bureaux accueillant du public des administrations publiques et assimilés
	Locaux techniques et industriels des administrations publiques ou et assimilés
	Établissements d'enseignement, de santé et d'action sociale
	Salles d'art et de spectacles
	Équipements sportifs
	Autres équipements recevant du public
Autres activités des secteurs secondaire ou tertiaire	Industrie
	Entrepôt
	Bureau

Pour la destination « équipements d'intérêt collectif et services publics », les principes diffèrent selon la sous-destination (notamment au regard de la vulnérabilité\* des personnes accueillies ou de la difficulté à les évacuer).

D'autres projets soumis à autorisation au titre du code de l'urbanisme sont également évoqués. C'est le cas notamment des campings, des remblais\*, des parkings\* et des clôtures.

**Pour les projets qui ne seraient pas mentionnés dans la présente note, il convient de consulter la DDT.**



## 5.2. Aléa chute de blocs et effondrement rocheux : projets interdits et projets admis

### 5.2.1. Dans les zones urbanisées

Les projets admis sous conditions (mention « admis » dans le tableau ci-dessous) doivent respecter les prescriptions énoncées au 5.3 « Prescriptions à appliquer aux projets admis ». D'autres projets sont par ailleurs évoqués au 5.4 « Autres projets ».

Projets	Enjeux  Aléa	Zone urbanisée	
		Fort (P3) / Moyen (P2)	Faible (P1)
Exploitations agricoles et forestières	Création <sup>1</sup>	admis sous conditions <sup>2</sup>	admis
	Agrandissement de l'existant (extension, changement de destination ou d'affectation*)	admis	admis
	Reconstruction	admis sous conditions <sup>3</sup>	admis
Habitations (logement ou hébergement)	Création <sup>1</sup>	interdit <sup>4</sup>	admis <sup>5</sup>
	Agrandissement de l'existant (extension, changement de destination ou d'affectation*)	admis mais limité	admis
	Annexes*	admis mais limité	admis
	Reconstruction	admis sous conditions <sup>3</sup>	admis
Commerces et activités de services	Création <sup>1</sup>	interdit <sup>6</sup>	admis
	Agrandissement de l'existant (extension, changement de destination ou d'affectation*)	admis mais limité	admis
	Reconstruction	admis sous condition <sup>3</sup>	admis
Locaux et bureaux accueillant du public des administrations publiques et assimilés et leurs locaux techniques et industriels	Création <sup>1</sup>	interdit <sup>6</sup>	admis
	Agrandissement de l'existant (extension, changement de destination ou d'affectation*)	admis mais limité	admis
	Reconstruction	admis sous conditions <sup>3</sup>	admis

1 Par construction nouvelle, changement de destination\* ou d'affectation\*.

2 Sauf pour le logement et sous réserve de l'application des prescriptions d'ordre constructif.

3 Sauf si le bâtiment a été entièrement détruit par un des aléas dans lequel il est zoné.

4 Sauf les cas de changement de destination visant à étendre un logement existant dans le même corps de bâtiment.

5 Sauf pour les hébergements destinés aux personnes dépendantes (notamment âgées), public vulnérable ou difficile à évacuer.

6 Sauf dans le cas d'un changement de destination\* diminuant la vulnérabilité\* (ex. logement → commerce).

Projets	Enjeux Aléa	Zone urbanisée	
		Fort (P3) / Moyen (P2)	Faible (P1)
Établissements d'enseignement, de santé et d'action sociale	Création <sup>7</sup>	interdit	interdit
	Agrandissement de l'existant (extension, changement de destination ou d'affectation*)	interdit	admis
	Reconstruction	interdit	admis
Salles d'art et de spectacles, équipements sportifs et autres équipements recevant du public	Création <sup>7</sup>	interdit <sup>8</sup>	admis
	Agrandissement de l'existant (extension, changement de destination ou d'affectation*)	admis mais limité	admis
	Reconstruction	admis sous conditions <sup>9</sup>	admis
Autres activités des secteurs secondaire ou tertiaire (industrie, entrepôt, bureau, centre de congrès et d'exposition)	Création <sup>7</sup>	interdit <sup>8</sup>	admis
	Agrandissement de l'existant (extension, changement de destination ou d'affectation*)	admis mais limité	admis
	Reconstruction	admis sous conditions <sup>9</sup>	admis
Campings	Création	interdit	interdit
	Augmentation du nombre d'emplacements	interdit	interdit
	Reconstruction	admis sous conditions <sup>9</sup>	admis mais limité
Terrains à vocation sportive ou de loisirs, non couverts et sans hébergement	Création	admis sous conditions <sup>10</sup>	admis
	Extension	admis	admis
Parking* sous-terrains et sous-sols	Création	admis	admis
	Extension	admis	admis
Remblais*	Création	admis	admis
Infrastructures publiques, transports, réseaux*	Création	admis	admis
Clôtures	Création	admis	admis
	Agrandissement de l'existant	admis	admis
Parkings*	Création	admis sous conditions <sup>10</sup>	admis
	Agrandissement de l'existant	admis	admis

7 Par construction nouvelle, changement de destination\* ou d'affectation\*.

8 Sauf dans le cas d'un changement de destination\* diminuant la vulnérabilité\* (ex. logement → bureaux).

9 Sauf si le bâtiment a été entièrement détruit par un des aléas dans lequel il est zoné.

10 Réalisation d'une étude géologique de risques de chutes de blocs et mise en place, le cas échéant, de solutions de protection adaptées (voir fiche conseil en fin de note).

## 5.2.2. Dans les zones non-urbanisées

Les projets admis sous conditions (mention « admis » dans le tableau ci-dessous) doivent respecter les prescriptions énoncées au 5.3 « Prescriptions à appliquer aux projets admis ». D'autres projets sont par ailleurs évoqués au 5.4 « Autres projets ».

Projets	Enjeux Aléa	Zone non-urbanisée
		Fort (P3) / Moyen (P2) / Faible (P1)
Exploitations agricoles et forestières	Création <sup>11</sup>	admis sous conditions <sup>12</sup>
	Agrandissement de l'existant (extension, changement de destination ou d'affectation*)	admis
	Reconstruction	admis sous conditions <sup>13</sup>
Habitations (logement ou hébergement)	Création <sup>11</sup>	interdit
	Agrandissement de l'existant (extension, changement de destination ou d'affectation*)	admis mais limité
	Annexes*	admis mais limité
	Reconstruction	admis sous conditions <sup>13</sup>
Commerces et activités de services	Création <sup>11</sup>	interdit <sup>14</sup>
	Agrandissement de l'existant (extension, changement de destination ou d'affectation*)	admis mais limité
	Reconstruction	admis sous conditions <sup>13</sup>
Locaux et bureaux accueillant du public des administrations publiques et assimilés et leurs locaux techniques et industriels	Création <sup>11</sup>	interdit <sup>14</sup>
	Agrandissement de l'existant (extension, changement de destination ou d'affectation*)	admis mais limité
	Reconstruction	admis sous conditions <sup>13</sup>
Établissements d'enseignement, de santé et d'action sociale	Création <sup>11</sup>	interdit
	Agrandissement de l'existant (extension, changement de destination ou d'affectation*)	interdit
	Reconstruction	interdit

11 Par construction nouvelle, changement de destination\* ou d'affectation\*.

12 Sauf pour le logement et sous réserve de l'application des prescriptions d'ordre constructif.

13 Sauf si le bâtiment a été entièrement détruit par un des aléas dans lequel il est zoné.

14 Sauf dans le cas d'un changement de destination\* diminuant la vulnérabilité\* (ex. logement → bureaux).

		<b>Enjeux</b>	<b>Zone non-urbanisée</b>
<b>Projets</b>		<b>Aléa</b>	Fort (P3) / Moyen (P2) / Faible (P1)
<b>Salles d'art et de spectacles, équipements sportifs et autres équipements recevant du public</b>	Création <sup>15</sup>		interdit <sup>16</sup>
	Agrandissement de l'existant (extension, changement de destination ou d'affectation*)		admis mais limité
	Reconstruction		admis sous conditions <sup>17</sup>
<b>Autres activités des secteurs secondaire ou tertiaire (industrie, entrepôt, bureau, centre de congrès et d'exposition)</b>	Création <sup>15</sup>		interdit <sup>16</sup>
	Agrandissement de l'existant (extension, changement de destination ou d'affectation*)		admis mais limité
	Reconstruction		admis sous conditions <sup>17</sup>
<b>Campings</b>	Création		interdit
	Augmentation du nombre d'emplacements		interdit
	Reconstruction		admis sous conditions <sup>17</sup>
<b>Terrains à vocation sportive ou de loisirs, non couverts et sans hébergement</b>	Création		admis sous conditions <sup>18</sup>
	Extension		admis
<b>Parking* sous-terrains et sous-sols</b>	Création		admis
	Extension		admis
<b>Remblais*</b>	Création		admis
<b>Infrastructures publiques, transports, réseaux*</b>	Création		admis
<b>Clôtures</b>	Création		admis
	Agrandissement de l'existant		admis
<b>Parkings*</b>	Création		admis sous conditions <sup>18</sup>
	Agrandissement de l'existant		admis

15 Par construction nouvelle, changement de destination\* ou d'affectation\*.

16 Sauf dans le cas d'un changement de destination\* diminuant la vulnérabilité\* (ex. logement → bureaux).

17 Sauf si le bâtiment a été entièrement détruit par un des aléas dans lequel il est zoné.

18 Réalisation d'une étude géologique de risques de chutes de blocs et mise en place, le cas échéant, de solutions de protection adaptées (voir fiche conseil en fin de note).



## 5.3. Prescriptions à appliquer aux projets admis

### 5.3.1. Principe général d'application de l'article R.111-2

Si un projet peut être admis au regard des chapitres précédents mais qu'il est tout de même de nature à porter gravement atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique au regard de ses caractéristiques, de sa situation ou du contexte local, et qu'aucune des prescriptions énoncées ci-après ou toute autre prescription ne peut empêcher cette atteinte, il convient alors de refuser le projet en application des dispositions de l'article R.111-2 du code de l'urbanisme.

Les prescriptions énoncées ci-après peuvent être complétées dans le sens d'un renforcement de la prévention sous réserve d'apporter les motivations nécessaires.

Par ailleurs, si le maire a connaissance d'un risque plus élevé que celui porté à connaissance (données historiques, autres types d'aléas), ces éléments doivent également être pris en compte pour renforcer les prescriptions ou, si nécessaire, refuser les projets.

#### Prescription générale

Les projets sont admis sous réserve :

- qu'ils n'aggravent pas les risques et n'en provoquent pas de nouveaux, que ce soit pour les occupants ou pour les tiers ;
- qu'ils prennent en compte les caractéristiques des phénomènes naturels identifiés sur la zone (définis dans la cartographie des aléas).

#### Cas des secteurs exposés à plusieurs aléas

**Les projets exposés à plusieurs aléas devront respecter l'ensemble des prescriptions énoncées ci-après ainsi que les prescriptions des PPRn existants.** Cela peut dans certains cas conduire à refuser un projet qui, s'il n'avait été exposé qu'à un seul de ces aléas, aurait pu être admis.

#### Projets admis en aléa fort

Pour les constructions et aménagements nouveaux hors annexes et extensions aux habitations, admis en aléa fort, le pétitionnaire devra justifier le choix de l'implantation et l'absence d'alternative valable hors zone d'aléa ou dans une zone d'aléa moindre.

Pour les secteurs en aléa fort, il sera utile également de se référer à la carte de « Probabilité d'atteinte », voir l'illustration n°68 page 109 du rapport d'étude – *Cartographie de l'enveloppe d'atteinte des blocs depuis les zones de départ identifiées* – qui définit les zones faiblement, moyennement et fortement exposées aux chutes de blocs.

Consulter le chapitre 5.2. ALÉA DE PROPAGATION : PROBABILITÉ D'ATTEINTE pages 99 à 116 du rapport de l'étude BRGM 2019.

### 5.3.2. Explication des règles de construction utilisées dans cette note

#### Façades exposées, façades latérales et façades abritées

La direction de propagation du phénomène est généralement celle de la ligne de plus grande pente.

Elle peut s'en écarter significativement, du fait de la dynamique propre au phénomène (rebonds irréguliers pendant les chutes de blocs), d'irrégularités de la surface topographique, constituant autant d'obstacles défectueux, ou même de la présence de constructions à proximité pouvant aussi constituer des obstacles défectueux.

C'est pourquoi sont considérées comme :

- **exposées**, les façades pour lesquelles  $0^\circ \leq \alpha \leq 80^\circ$  ;
- **latérales**, les façades pour lesquelles  $80^\circ < \alpha \leq 115^\circ$  ;
- **abritées**, les façades pour lesquelles  $115^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ .

Le mode de mesure de l'angle  $\alpha$  est schématisé ci-après :

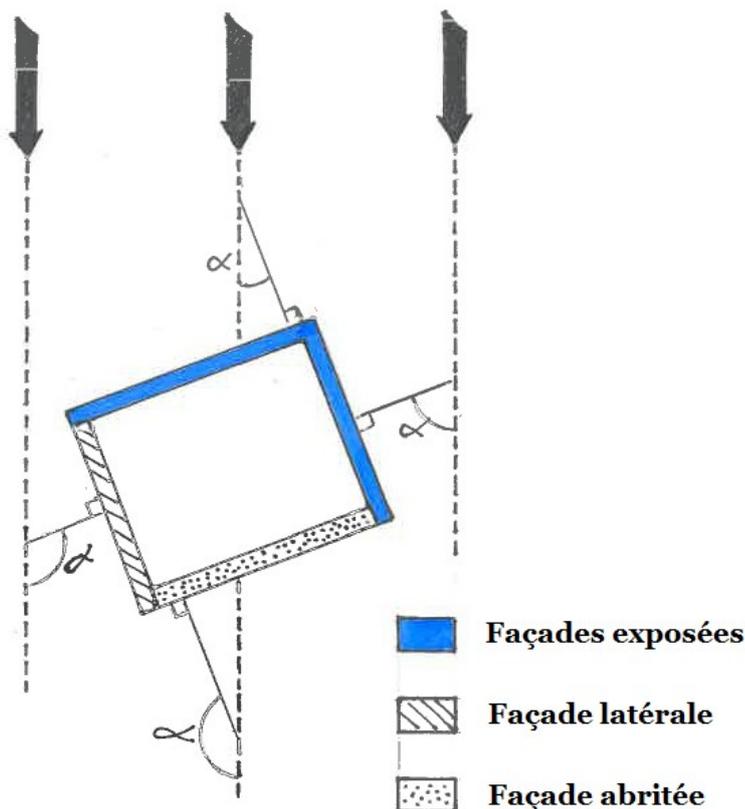


Schéma explicatif sur la notion de « façade exposée » ou de « façade latérale » ou de « façade abritée »

Toute disposition architecturale particulière ne s'inscrivant pas dans ce schéma de principe, devra être traitée dans le sens de la plus grande sécurité.

Il peut arriver qu'un site soit concerné par plusieurs directions de propagation : toutes sont à prendre en compte.

### Zone abritée

Les façades exposées aux phénomènes de chutes de blocs ou d'écoulements avec charges solides peuvent assurer un abri pour une zone située en aval, représentée sur les schémas ci-dessous.

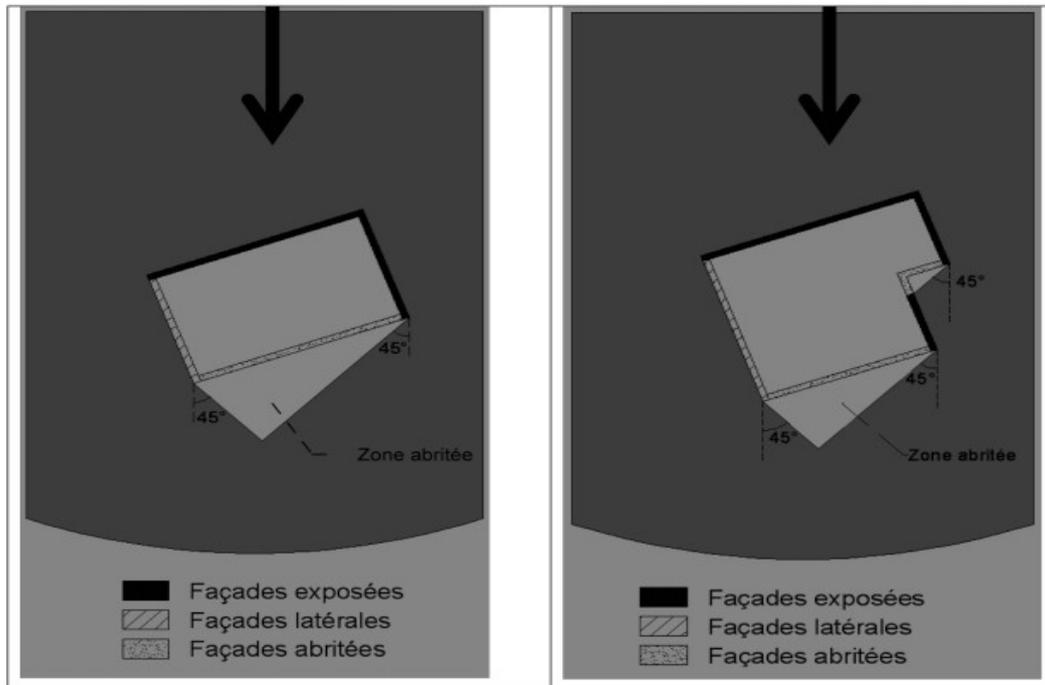


Schéma explicatif sur la notion de zone abritée

Cette zone abritée n'existe que si les façades exposées et latérales respectent les mesures de renforcement définies par le règlement (Voir ci-après).

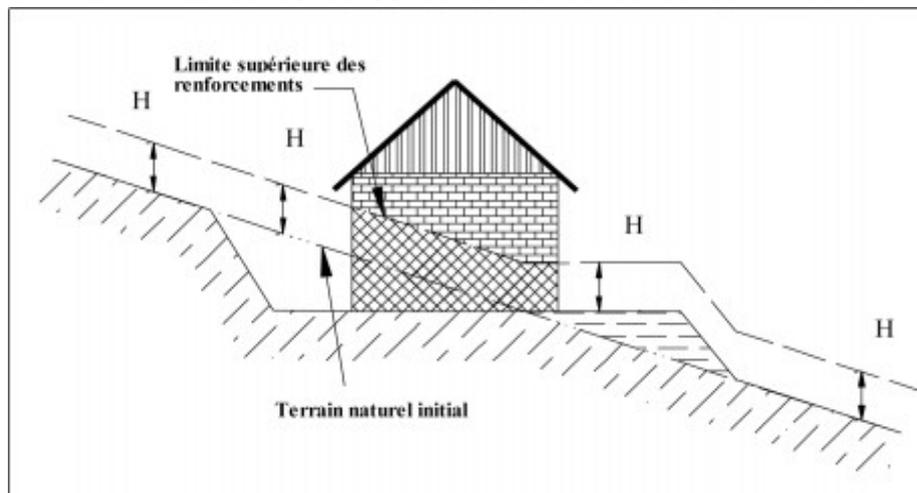
### 5.3.3. Prescriptions

#### Accès et ouvertures

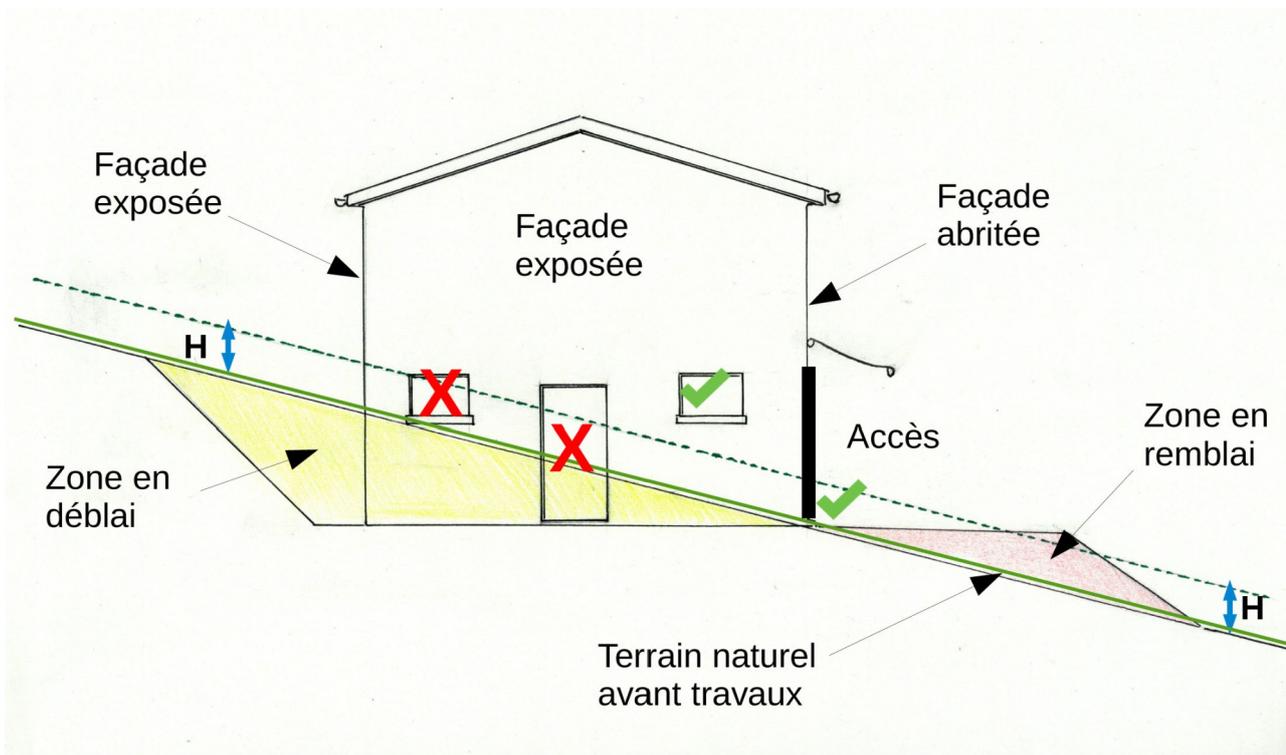
Les accès aux bâtiments ne devront pas être réalisés sur les façades exposées.

En dessous d'une hauteur de 3 m par rapport au terrain naturel, les façades exposées seront aveugles.

En cas de terrassement, la hauteur par rapport au terrain naturel est mesurée comme suit :



Détermination des hauteurs de référence par rapport au terrain naturel



Détermination de la position des ouvertures par rapport à la hauteur de référence **H**

### Annexes et extensions aux habitations

Les extensions en plan sont réalisées le long de la façade abritée, les annexes closes le long de la façade abritée ou de la façade latérale.

Les extensions en hauteur ne sont pas limitées en surface.

Les annexes de type abris de jardin ou abris ouvert sur au moins tout un côté peuvent être réalisées sur le côté exposé et détachées du bâtiment principal.

Les balcons, terrasses, piscines ou zones de stationnement devront se situer dans la zone abritée par un bâtiment.

Les parties construites en extension et situées en dessous d'une hauteur de 3 m doivent respecter les prescriptions imposées aux constructions nouvelles (hauteur mesurée à partir du terrain naturel).

#### En aléa fort (P3) :

- L'emprise au sol des annexes closes (4 murs, fermées) et extensions en plan ne dépasse pas 20 m<sup>2</sup>. Les extensions en plan sont limitées à une fois par unité foncière.
- Une annexe ou extension ne créant pas de plancher et destinée à du stockage ou au stationnement peut être accolée sur la longueur de la façade exposée. À condition que sa conception et son dimensionnement soient destinées à améliorer la sécurité des biens et des personnes. L'emprise au sol est limitée à 40 m<sup>2</sup> et les façades exposées respectent les prescriptions en matière d'accès, d'ouvertures et de renforcement des constructions.

### Exploitations agricoles et forestières

Les bâtiments destinés à l'exploitation agricole ou forestière sont admis en zone d'aléa fort et moyen sous réserve d'être liés et indispensables à ces activités et sans alternative hors zone d'aléa ou dans une zone d'aléa moindre.

Les constructions et installations strictement nécessaires aux exploitations agricoles ou forestières sont les suivantes :

- Les bâtiments techniques agricoles ou forestiers et les installations nécessaires aux exploitations ;
- La construction d'un logement nécessaire à l'exploitant et implanté à proximité des bâtiments agricoles (gardiennage). Toutefois, la création d'un logement de gardiennage est interdite en zone d'aléa fort.

#### Règles applicables aux projets suivants :

- Commerces et activités de services ;
- Locaux et bureaux accueillant du public des administrations publiques et assimilés et leurs locaux techniques et industriels ;
- Salles d'art et de spectacles, équipements sportifs et autres équipements recevant du public ;
- Autres activités des secteurs secondaire ou tertiaire (industrie, entrepôt, bureau, centre de congrès et d'exposition).

Qu'il s'agisse d'une **création** ou d'un **agrandissement de l'existant**, les travaux ne doivent pas avoir pour effet de créer un ERP de catégorie 1, 2 ou 3 (les ERP de catégorie 2 et 3 existants ne doivent pas passer en catégorie supérieure du fait de l'agrandissement).

Dans le cadre d'un **agrandissement de l'existant** (par annexe, extension, changement de destination\* ou changement d'affectation\* :

- Dans les zones d'aléa moyen ou fort : les projets d'agrandissement respectent les prescriptions imposées aux constructions nouvelles ; ils créent une surface de plancher comprise entre 20 m<sup>2</sup> et 40 m<sup>2</sup> ; ils sont situés dans la zone abritée par le bâtiment principal.
- Dans les zones d'aléa faible : les projets d'agrandissement respectent les prescriptions imposées aux constructions nouvelles.

Dans le cadre d'une **reconstruction**, en zone d'aléa moyen ou fort, ou, en zone-non urbanisée quel que soit l'aléa, l'emprise au sol\* ne dépasse pas celle de la construction initiale.

#### Renforcement des constructions

Il sera rappelé au pétitionnaire que les façades exposées devront être conçues pour résister à un impact d'au moins 100 KJ en aléa faible et d'au moins 300 KJ en aléa moyen et en aléa fort. Ces principes relèvent toutefois du droit de la construction et ne peuvent être prescrits sur le fondement de l'article R.111-2 du code de l'urbanisme.

#### Étude géologique de risques de chutes de blocs (voir fiche conseil en fin de note)

Une étude géologique peut être réalisée par le porteur de projet pour évaluer plus précisément le phénomène et le niveau d'aléa, et proposer, le cas échéant, d'autres solutions de protection adaptées aux particularités locales et à la configuration des lieux.

Les solutions alternatives seront autorisées après démonstration de leur capacité à garantir la protection pérenne des biens et des personnes.

Le cas échéant, l'étude d'adaptation du projet au risque de chutes de pierres ou de blocs pourra être réalisée conformément à la fiche conseil correspondante située à la fin de la présente note.



## 5.4. Autres projets

Les projets suivants sont admis dans les mêmes conditions que les habitations :

- les parcs résidentiels de loisirs ([Article R111-36](#) du code de l'urbanisme) ;
- les habitations légères de loisirs ([Articles R111-37 à R111-40](#)) ;
- les résidences mobiles de loisirs ([Articles R111-41 à R111-46](#)) ;
- les résidences démontables constituant l'habitat permanent de leurs utilisateurs ([Article R111-51](#)).

Les projets suivants sont interdits en zone d'aléa :

- l'aménagement de terrains bâtis ou non bâtis prévu à l'article L.444-1 du code de l'urbanisme, destinés aux **aires d'accueil et aux terrains familiaux des gens du voyage** ;
- les **dépôts de véhicules** et les **garages collectifs de caravanes ou de résidences mobiles de loisirs** ;
- **l'aménagement d'un parc d'attractions.**

Pour les **campings** existants seules les constructions strictement nécessaires à la mise aux normes de l'existant sont autorisées, en recherchant à diminuer la vulnérabilité\* des installations.

L'aménagement d'un **terrain pour la pratique des sports ou loisirs motorisés**, d'une **aire de jeux et / ou de sports** ou **l'aménagement d'un golf** sont admis dans les mêmes conditions que les **terrains à vocation sportive ou de loisirs**.

Le pétitionnaire justifie toutefois le choix de l'implantation et démontre l'absence d'alternative valable hors zone d'aléa ou dans une zone d'aléa moindre.

## 6. La motivation des décisions

---

En cas de refus ou d'accord avec prescriptions, la motivation de la décision doit être clairement décrite pour pouvoir appliquer l'article R.111-2 du code de l'urbanisme. Cette motivation peut porter sur la vulnérabilité\* du projet à l'aléa ou son rôle pour gérer une crise, ou sur l'intensité du phénomène naturel (niveau d'aléa).

### 6.1. La vulnérabilité des enjeux

On s'attachera à mentionner si **le public accueilli est particulièrement vulnérable ou difficile à évacuer**. C'est notamment le cas des personnes dépendantes (notamment âgées), des enfants (particulièrement en bas âge) ou plus généralement des personnes à mobilité réduite.

Il doit également être mentionné le cas échéant **le rôle que peut jouer un établissement dans la gestion de crise** : une mairie, un centre d'intervention et de secours ou un hôpital doivent être pleinement opérationnels pendant une crise (chute de blocs, inondation ou autre). Un refus ou une prescription peuvent donc être appliqués au regard de cette caractéristique.

### 6.2. L'intensité du phénomène naturel (aléa)

Il est important de mentionner l'ensemble des données disponibles sur l'aléa de référence.

Il est donc important de mentionner :

- le **niveau d'aléa** (faible, moyen ou fort) ;
- **l'existence d'un phénomène passé** dans le même secteur (à voir dans la carte des phénomènes historiques) ;
- si nécessaire, des **éléments issus du rapport d'étude**.

## GLOSSAIRE

---

**Annexe à une habitation** : une annexe est une construction secondaire, de dimensions réduites et inférieures à la construction principale, qui apporte un complément aux fonctionnalités de la construction principale. Elle doit être implantée selon un éloignement restreint entre les deux constructions afin de marquer un lien d'usage. Elle peut être accolée ou non à la construction principale avec qui elle entretient un lien fonctionnel, sans disposer d'accès direct depuis la construction principale.

**Changement d'affectation** : changement d'utilisation d'une partie de bâtiment dont la destination est inchangée. Par exemple, la transformation du garage d'une maison individuelle en pièce de vie constitue un changement d'affectation.

**Changement de destination** : changement de l'usage d'un bâtiment. Les destinations définies par l'article R.151-27 du code de l'urbanisme sont ici prises en référence. Par exemple, la transformation d'un bâtiment initialement destiné à l'exploitation agricole en habitation constitue un changement de destination.

**Emprise au sol** : la définition est donnée par l'article R.420-1 du code de l'urbanisme. Il s'agit de la projection verticale du volume de la construction, tous débords et surplombs inclus. Toutefois, les ornements tels que les éléments de modénature et les marquises sont exclus, ainsi que les débords de toiture lorsqu'ils ne sont pas soutenus par des poteaux ou des encorbellements.

**Hauteur par rapport au terrain naturel** : la notion de hauteur par rapport au terrain naturel\* est utilisée pour les écoulements de toute sorte (débordements torrentiels, inondations, coulées de matériaux) et pour les chutes de blocs. La référence à une hauteur donnée signifie que les façades exposées doivent être protégées face aux écoulements et les ouvertures et accès limités jusqu'à celle-ci (*limite supérieure des renforcements dans les schémas du titre « Prescriptions à appliquer aux projets admis »*).

**Infrastructures publiques, transports, réseaux** : cela regroupe toutes les infrastructures de transport (routier, autoroutier, ferroviaire, piétonnier, etc.), les réseaux (aériens et souterrains), ainsi que les bâtiments strictement nécessaires à leur exploitation et leur entretien. Sont également inclus dans cette catégorie les ouvrages de production d'électricité à partir de l'énergie solaire installés au sol et les éoliennes.

**Parking** : aire de stationnement des véhicules, qu'elles soient ouvertes au public ou non.

**Remblai** : dépôt de matériaux de terrassement destiné à surélever le profil du terrain naturel.

**Terrain naturel** : il s'agit du terrain (et notamment de son altitude) avant travaux.

**Unité foncière** : ensemble des parcelles d'un même tenant appartenant à un même propriétaire.

**Vulnérabilité** : niveau de conséquences prévisibles (sinistres) d'un phénomène naturel sur les enjeux. Concerne aussi bien les personnes (blessure, noyade, isolement, impossibilité d'avoir accès à l'eau potable ou au ravitaillement, perte d'emploi, etc.) que les biens (ruine, détérioration, etc.) ou la vie collective (désorganisation des services publics ou commerciaux, destruction des moyens de production, etc.). Agir sur la vulnérabilité, c'est donc agir sur le nombre de personnes ou la valeur des biens accueillis dans l'ensemble du bâtiment exposé au risque. Ainsi, transformer un entrepôt en habitation augmente la vulnérabilité (création d'un lieu de sommeil). Il est possible également de réduire la vulnérabilité en renforçant les mesures de protection contre les effets des inondations (suppression d'ouvertures, création d'une pièce refuge, etc.) et / ou des mouvements de terrain (renforcement des structures, mise en place d'ouvrages de protection, etc.).



## Fiche conseil : Adaptation du projet aux risques de chute de blocs

Votre terrain est situé dans un secteur exposé à un risque de chutes de pierres ou de blocs. Votre construction et les protections associées devront être adaptées à ce risque.

Cette adaptation doit être définie par un géologue.

Le géologue établira un rapport après étude de votre terrain. Un modèle de cahier des charges d'une étude géologique usuelle vous est donné ci-dessous, à titre d'exemple. Cet exemple devra être adapté, d'une part, à la situation des lieux et, d'autre part, aux caractéristiques de votre projet et à ses modalités de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation.

Le géologue adaptera les moyens d'investigation pour répondre à votre cahier des charges.

Dans les cas les plus simples (projets de faible ampleur, possibilité de déplacer le projet vers les parties les mieux protégées du site, données déjà disponibles sur le site...), le géologue pourra juger possible de conclure par un avis synthétisant les connaissances disponibles sur ce site, sans nouvelles investigations géologiques.



### **Cahier des charges sommaire d'une étude géologique de risques de chutes de blocs, exemple**

Cette étude est menée dans le contexte géologique du site.

Elle doit prendre en compte des critères objectifs, en particulier :

- dans les zones de départ : les secteurs pouvant libérer des blocs, les mécanismes pouvant aboutir à la mise en mouvement de blocs, la masse et forme des blocs au départ (déterminées par l'étude de la fracturation), l'altitude de départ etc.
- dans les zones de transit : la surface topographique sur laquelle se développent les trajectoires, la nature et les particularités des terrains rencontrés par les blocs (rebonds possibles, fracturation, dispersion aléatoire des débris, présence de végétation absorbant une partie de l'énergie ...)
- dans la zone d'arrivée : la surface topographique, la présence d'obstacles modifiant les trajectoires en phase d'arrêt.

#### **COMPLÉMENT QUANTITATIF (CALCULS)**

Dans un certain nombre de cas, le bureau d'études pourra être amené à compléter cette étude qualitative par une simulation trajectographique sur ordinateur. Ces calculs doivent alors permettre de présenter une cartographie d'intensité du phénomène redouté et de définir les principes de protection (localisation et dimensions, à partir des énergies et des hauteurs de rebond calculées).

Cette étude devra conclure sur :

- les protections à mettre en place (soit dans les zones de départ pour stabiliser les masses instables, soit en amont du projet pour arrêter les blocs en mouvement) ;
- les renforcements et les adaptations des façades exposées ;
- les protections adaptées de l'environnement immédiat de la construction (accès, jardin, modalités de stationnement des véhicules...).

Le cas échéant, une étude des structures du bâtiment pourra compléter l'étude géologique.

Il est conseillé de faire vérifier, par le géologue, la bonne conformité de votre projet aux conclusions de son étude.

**IMPORTANT : la prise en compte de ces mesures ainsi que des résultats des études est de la responsabilité du maître d'ouvrage.**



Vue générale des flancs sud et sud est du massif du Grand Colombier - image sat. 21/08/2017 - Google Earth



CULOZ - Vue sur le Lac du Bourget, les marais de la Chautagne et de Lavours depuis le belvédère du Fenestré

## Porter à connaissance

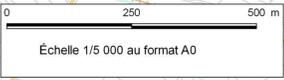
### Aléa chute de blocs et effondrement rocheux

Commune de BÉON

### Carte de l'aléa



DDT01 - BRPM - mai, janvier 2005  
Etat révisé - 02/03/02 - 02/03/02  
Source : BRGM - DDT 01 Unité Prévention des Risques



Aléa chute de blocs		Ouvrages de protection	
	P3 - Aléa fort		Murion
	P2 - Aléa moyen		Levée de terre
	P1 - Aléa faible		
<b>Cadastre</b>		<b>Réseau routier</b>	
	Bâtiments durs		Départementale
	Bâtiments légers		Réseau ferré
	Limite de parcelles		Ligne électrique
	Surfaces d'eau - cours d'eau		



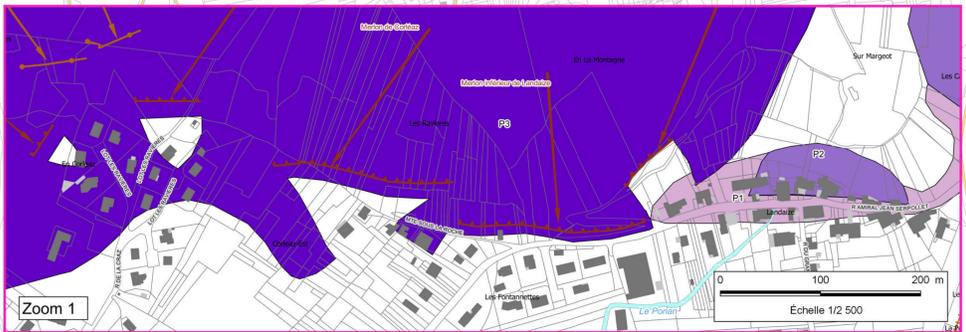
Voir zoom

# Porter à connaissance

## Aléa chute de blocs et effondrement rocheux

Commune de Culoz

### Carte de l'aléa



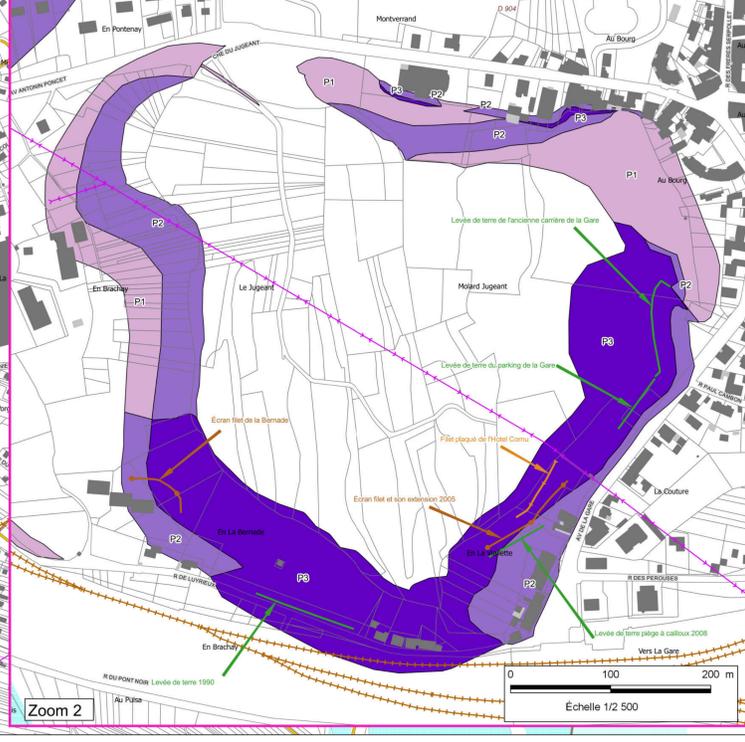
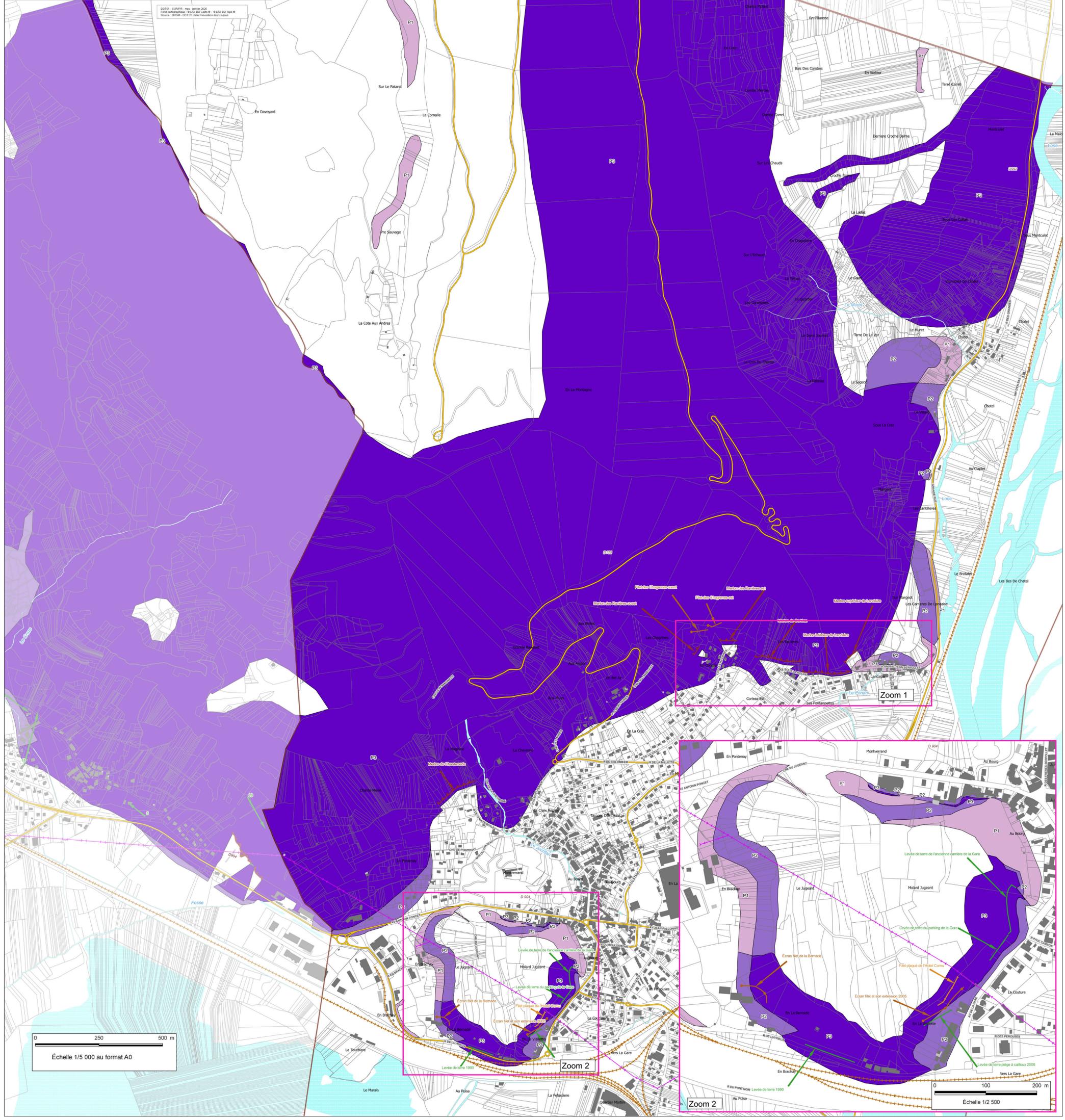
Aléa chute de blocs		Ouvrages de protection	
	P3 - Aléa fort		Merlon
	P2 - Aléa moyen		Filet
	P1 - Aléa faible		Filet plaqué
			Levée de terre

Cadastre		Réseau routier	
	Bâtiments durs		Départementale
	Bâtiments légers		Réseau ferré
	Limite de parcelles		Ligne électrique
	Surfaces d'eau - cours d'eau		
	Limite de communes		



DDT01 - SURPR - mai - juin 2020  
Échelle graphique : © DDT01 - DDT01 - DDT01  
Source : BRGM - DDT01 (Unité Prévention des Risques)



0 250 500 m  
Échelle 1/5 000 au format A0

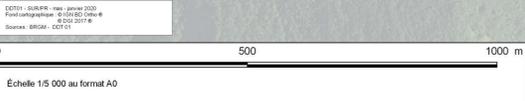
0 100 200 m  
Échelle 1/2 500

Porter à connaissance

Aléa chute de blocs  
et effondrement rocheux

Commune de Béon

Carte informative des  
phénomènes naturels



CC0 - BRGM - mai - janvier 2020  
Plan d'urbanisme - 2015-2020 - 2017  
Sources : BRGM - CC0 2017



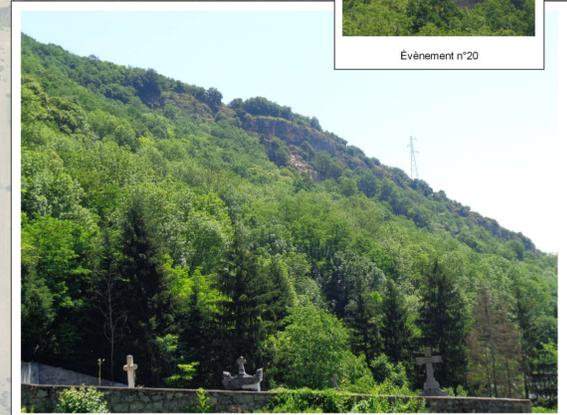
Béon - La Chartreuse - vue sur le Dôme et les falaises de Pontenay



Vue générale des flancs sud et sud est du massif du Grand Colombier - image sat. 21/08/2017 - Google Earth



Evénement n°20



Béon - Briseveau - événement n°20

**Zone d'alea de départ**

- Falaises et ressauts

**Mouvement de terrain**

- Éboulement et chute de blocs ou de pierre - zone de départ - événement récurrent
- Éboulement et chute de blocs ou de pierre - zone d'arrêt - événement récurrent
- Éboulement et chute de blocs ou de pierre - zone d'arrêt - événement à 2, 3 occurrences
- Éboulement et chute de blocs ou de pierre - zone d'arrêt - événement à occurrence unique
- Chutes de pierres récurrentes liés au gel hivernal
- Chutes de pierres et de blocs récurrentes liés au gel hivernal
- Zone de propagation rocheuse d'un éboulement en masse

**Levée de terrain (reconnaissance des parties basses de versant)**

- Bloc > 250 l
- Petit bloc récent < 250 l
- Épandage pierreux récent

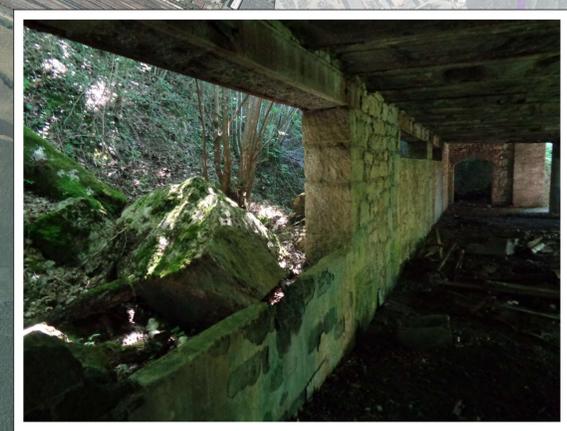
**Ancienne carrière à ciel ouvert et en souterrain de la Sable (pierre à ciment) à Briseveau**

- Puits ouvert
- Zone d'emprise souterraine supposée (contours approximatifs)

**Ouvrages de parade**

- Merlon
- Levée de terre

N°événement	Date du désordre	Commune	Lieu dit	Volume total	Volume du plus gros blocs	Descriptif
20	juin 2018	Béon	Briseveau	environ 25 m <sup>3</sup>	4 m <sup>3</sup>	Départ en falaise, contenu dans la fosse supérieure de l'ancienne carrière
18	01/01/2014	Béon	Chemin de Chanduraz	0,15 m <sup>3</sup>	0,15 m <sup>3</sup>	Bloc au niveau de la voie communale, 150 l en 2009/2010, 50 l en 2014,
9	Récurrent	Béon	Chemin de Chanduraz	< 0,25 m <sup>3</sup>		Maison impacté à 3 reprise +/- faiblement
5	1940/1965	Béon	Cougeuse			Maison détruite sous le cimetière par éboulement



Béon - bloc dans les ruines de l'ancienne carrière à Briseveau



PRÉFET DE L'AIN

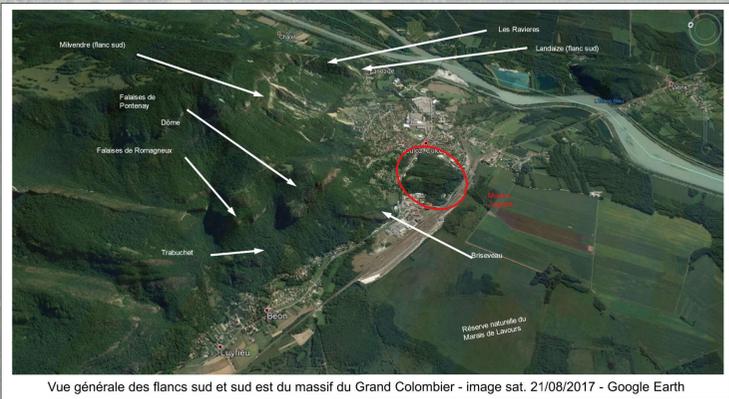
Direction départementale  
des territoires de l'Ain  
21 rue Bourgogne CS 93410  
01012 BOURG EN BRESSE CEDEX  
Service urbanisme et risques  
Unité prévention des risques

Porter à connaissance

Aléa chute de blocs  
et effondrement rocheux

Commune de Culoz

Carte informative des  
phénomènes naturels



Vue générale des flancs sud et sud est du massif du Grand Colombier - image sat. 21/08/2017 - Google Earth



Éboulement Chatel Nord - 2018 - événement n°19



**Zone d'aléa de départ**

- Falaises et ressauts

**Mouvement de terrain**

- Éboulement de masse - zone de départ - événement 2 à 3 occurrences
- Éboulement de masse - zone de départ - événement unique
- Éboulement de masse - zone d'arrêt - événement unique
- Éboulement et chute de blocs ou de pierre - zone de départ - événement récurrent
- Éboulement et chute de blocs ou de pierre - zone de départ - événement 2 à 3 occurrences
- Éboulement et chute de blocs ou de pierre - zone de départ - événement à occurrence unique
- Éboulement et chute de blocs ou de pierre - zone d'arrêt - événement récurrent
- Éboulement et chute de blocs ou de pierre - zone d'arrêt - événement 2 à 3 occurrences
- Éboulement et chute de blocs ou de pierre - zone d'arrêt - événement à occurrence unique

**Chutes de pierres**

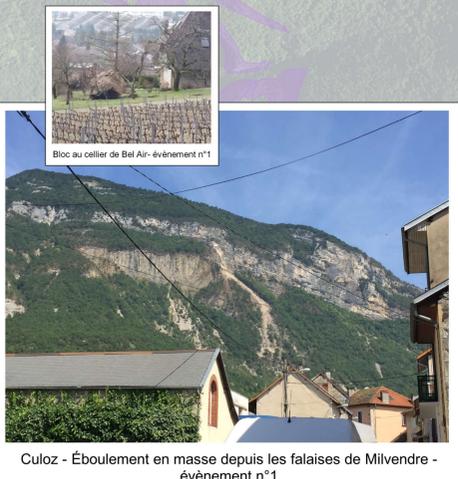
- Chutes de pierres récurrentes liés au gel hivernal
- Chutes de pierres et de blocs récurrentes liés au gel hivernal
- Zone de propagation rocheuse d'un éboulement en masse

**Levés de terrain (reconnaissance des parties basses de versant)**

- Blocs > 250 l
- Petits blocs récents < 250 l
- Épandage pierreux

**Ouvrages de parade**

- Merlon
- Levée de terre
- Ecran filet



Culoz - Éboulement en masse depuis les falaises de Milvendre - événement n°1



Culoz - Les Ravières - filets de protection



Culoz - Landaize est - 4/02/1994



Culoz - Landaize - merlon de protection



Culoz - Mollard de Jugeant - filets de protection

Id N° événement	Date du désordre	Commune	Lieu dit	Volume total	Volume du plus gros bloc	Descriptif
1	08/03/2017	Culoz	Bel Air	> 1000 m <sup>3</sup>	50 m <sup>3</sup>	PCS activé - antenne, réservoir AEP et 2 maisons épargnées de peu. RD 120 coupée
2	27/04/1999	Culoz	Est Colombier	1 200 m <sup>3</sup>	> 4 m <sup>3</sup>	Éboulement en masse, réactivation de 100 m <sup>3</sup> début juin
3	7	Culoz	Corléa	10 à 40 m <sup>3</sup>	10 à 40 m <sup>3</sup>	Blocs présents les plus aval d'un ancien cône d'éboulement en masse
4	7	Culoz	Corléa	1 à 5 m <sup>3</sup>	1 à 5 m <sup>3</sup>	Blocs présents les plus aval d'un ancien cône d'éboulement en masse
6	1940/1950	Culoz	Bel Air	< 1 m <sup>3</sup>	< 1 m <sup>3</sup>	Deux blocs < 1 m <sup>3</sup> dans bordure vigne au dessus de Bel Air
10	01/01/1996	Culoz	Sous Portenay	4 à 5 m <sup>3</sup>	4 à 5 m <sup>3</sup>	
11	01/01/1975	Culoz	Avenue de la Gare	3,5 tonnes	3,5 tonnes	Maison touchée, filet mis en place en suite
12	01/01/1986	Culoz	Corléa Est	< 0,25 m <sup>3</sup>	< 0,25 m <sup>3</sup>	Bloc au niveau des bâtiments, filet mis en place en suite
13	02/1987	Culoz	En La Bernardie	700 kg	700 kg	Bloc au niveau des bâtiments, filet mis en place en suite
14	18/06/1988	Culoz	Chatel Nord	Quelques centaines de m <sup>3</sup>	1,2 m <sup>3</sup>	Coulée de boue, charriage des blocs rocheux jusqu'à la RD 992
15	18/02/1990	Culoz	Jugeant Sud RD 37c	100 tonnes	1,2 m <sup>3</sup>	RD 37c et voiture touchée, levé de terre effectué pour risque résiduel et suivi quelques années
16	25/04/1999	Culoz	Chatel Nord	20 à 30 m <sup>3</sup>	0,7 m <sup>3</sup>	Bloc sur RD 992, réactivation du 18/06/1988
17	01/01/2006	Culoz	Landaize	1,5 à 2 m <sup>3</sup>	1,5 à 2 m <sup>3</sup>	Bloc au niveau des maisons
19	21/01/2018	Culoz	Chatel Nord	0,6 m <sup>3</sup>	0,6 m <sup>3</sup>	Coulée de boue et charriage de blocs, réactivation du 18/06/1988
21	14/08/2016	Culoz	Sous Milvendre, RD 120	quelques dizaines de m <sup>3</sup>	0,6 m <sup>3</sup>	Coutoir résiduel sur merlon RD 120

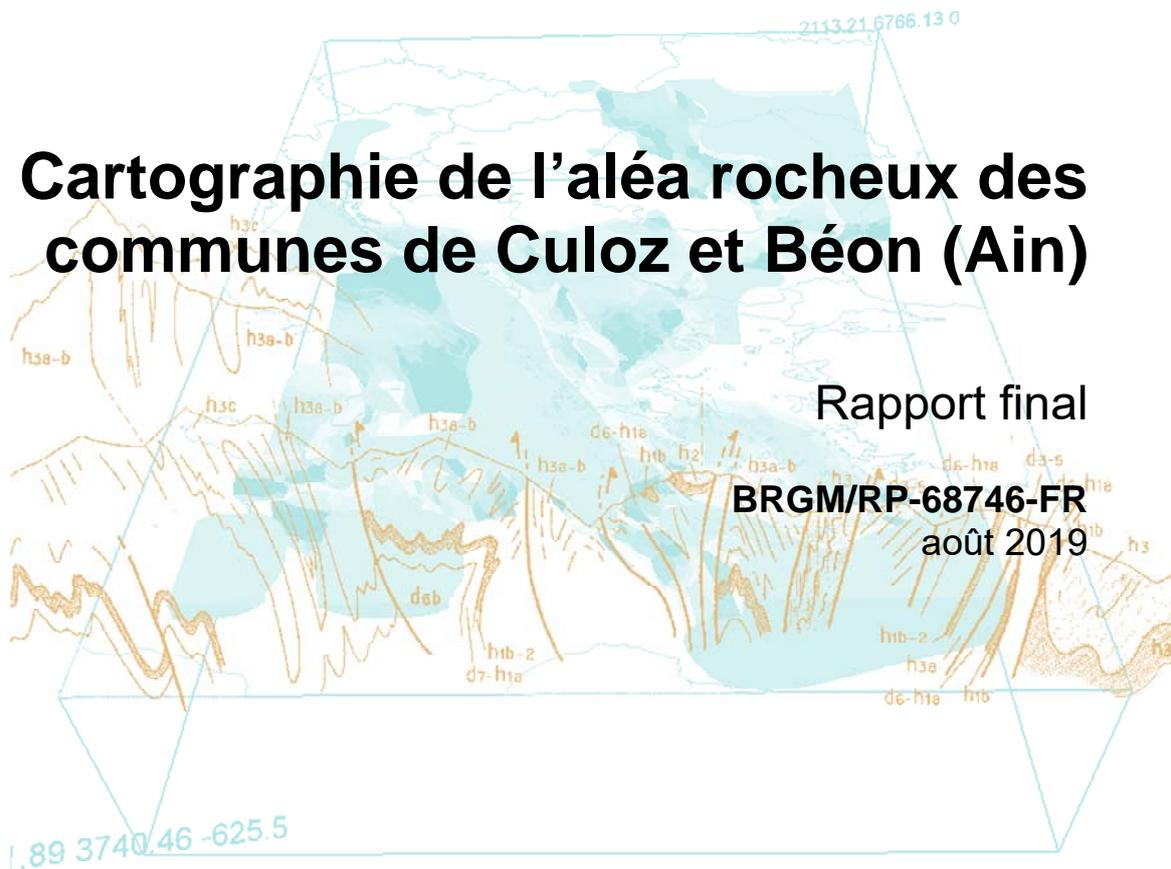
Document public

# Cartographie de l'aléa rocheux des communes de Culoz et Béon (Ain)

Rapport final

BRGM/RP-68746-FR

août 2019



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**



Document public

# Cartographie de l'aléa rocheux des communes de Culoz et Béon (Ain)

Rapport final

**BRGM/RP-68746-FR**  
août 2019

Étude réalisée dans le cadre des opérations  
de Service public du BRGM 2018

**E. Equilbey**

**Vérificateur :**

Nom : B. Colas  
Fonction : ing. Risques Naturels  
Date : 06/3/2019

Signature :



**Approbateur :**

Nom : S. Buschaert  
Fonction Directeur BRGM Auvergne-  
Rhône-Alpes  
Date : 11/9/19

Signature :



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

# Avertissement

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. Contact : [qualite@brgm.fr](mailto:qualite@brgm.fr)

**Mots-clés** : Plan de prévention des risques naturels, chute de blocs, propagation, exposition, aléa, probabilités d'atteintes, activité, MEZAP, merlon, filet, calcaire, Jurassique, Crétacé, Bajocien, Bathonien, Oxfordien, Kimméridgien, Tithonique, Urgonien, Bugey, Vallée Rhône, Ain, Auvergne-Rhône-Alpes

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

**Equilbey E.** (2019) –Cartographie de l'aléa rocheux des communes de Culoz et de Béon (01). Rapport final. BRGM/RP-68746-FR, 156 p., 93 ill., 3 ann., 1 CD.

© BRGM, 2019, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

Suite à la survenue d'un important éboulement rocheux de plus de 1000 m<sup>3</sup> le 8 mars 2017 sur le flanc sud du Grand Colombier, il est apparu opportun de réviser la carte de l'aléa rocheux préexistante de la commune de Culoz. La cartographie de l'aléa rocheux à actualiser a par ailleurs été étendue à l'ensemble de la commune de Culoz et aussi à la commune voisine de Béon qui partage avec elle l'un des plus importants linéaments de falaises (falaises de Pontenay) à flanc du versant sud et sud-est du Grand Colombier. Cette étude a été confiée par la DDT de l'Ain à la direction régionale Auvergne Rhône Alpes du BRGM.

Ce travail d'actualisation de la cartographie d'aléa chutes de blocs a été mené à partir :

- d'un inventaire évènementiel détaillé basé sur la bibliographie disponible, sur un travail d'enquête auprès des représentants communaux et de riverains, ainsi que sur des visites de terrain ;
- de l'établissement d'une typologie d'éboulement rocheux sur le périmètre d'étude ;
- de l'identification et de la sectorisation des zones de départ potentiel de chutes de blocs (à l'appui notamment de campagnes de terrain) ;
- de l'évaluation des aléas de rupture zone par zone (volume, activité) ;
- de la détermination des propagations potentielles de blocs en versant à partir d'analyses croisées de trajectographie et de méthodes plus globalisantes. In fine, la cartographie des limites d'atteinte est ajustée manuellement à dire d'expert.

La cartographie d'aléas chute de blocs (dont l'échelle de validité est le 1/5 000<sup>ème</sup>) a été établie pour des scénarii de référence (considérés comme les plus plausibles sur la période centennale) variables selon les secteurs:

- Intensité considérée comme élevée sur la quasi totalité des secteurs de falaises (bloc unitaire se propageant de 1 à 10 m<sup>3</sup>) voire potentiellement très élevée (> 10 m<sup>3</sup>) sur les falaises de Milvendre et de Pontenay ;
- Intensité considérée comme modérée (bloc unitaire se propageant de 0,25 à 1 m<sup>3</sup>) sur certaines zones de courtes falaises ou ressauts verticaux en amont de la rue Leyrieu et de la Croix de la Roche (Béon), et du Jugeant (flanc sud-ouest, coin sud-est, en 2 points du flanc nord) sur Culoz ;
- Intensité considérée comme faible (bloc unitaire de moins de 0,25 m<sup>3</sup>) sur certains ressauts rocheux inclinés (dalles structurales notamment) ou talus rocheux plus ou irréguliers (dont quelques talus routiers sains) sur le secteur de Trabuchet en amont du G.R. (Béon), sur le Jugeant (flanc nord à nord est, flanc ouest à nord-ouest), sur Landaize Est et ponctuellement en amont de Chatel.

Le volume des blocs pouvant se propager jusqu'aux enjeux conduit généralement à considérer **un aléa de niveau élevé dans les zones d'exposition au phénomène**, conformément aux recommandations de la méthodologie nationale MEZAP récemment établie (2013). Le niveau d'aléa est cependant réduit à modéré dans les zones de propagation moyennement ou faiblement exposées quand l'intensité est modérée ou pour les zones fortement exposées quand l'intensité est faible. Les quelques zones d'aléa retenues au niveau faible correspondent à des zones moyennement et faiblement exposées pour des intensités faibles (ou sans propagation significative, pour quelques courts talus routiers inclinés, réguliers et d'allure saine).

Pour certaines zones d'enjeux bâtis protégées depuis longtemps par des merlons de protection contre les chutes rocheuses, l'aléa a pu être au final écarté (aléa résiduel en aval de l'ouvrage évalué comme non significatif).

Le croisement de la carte d'aléa et des éléments exposés permet d'identifier les principales zones d'exposition des enjeux bâtis à de l'aléa fort (risque élevé). Cela représente, sur Béon un total de 55 maisons (+ bâtiments annexes) répartis sur 6 sites plus ou moins adjacents, et sur Culoz un ensemble de 25 maisons (et bâtiments annexes) répartis sur 11 sites plus ou moins distincts.

Sur ces zones à risque élevé, compte-tenu à la fois des caractéristiques des sites et des événements prévisibles, des protections passives sont à privilégier, de type merlon ou sinon écran de filets dynamiques. Pour 2 des 11 zones de Culoz (Bel Air, rue de Leyrieux), des études de définition des protections linéaires à mettre en œuvre ont déjà été en partie menées et elles ne restent juste plus qu'à être finalisées avant d'engager les travaux. Un pré-chiffrage global de ces travaux de mise en sécurité est par ailleurs fourni.

On notera que cette nouvelle cartographie d'aléa chutes de blocs rocheux n'aura qu'une validité limitée dans le temps. En effet, la prise en compte des ouvrages de protection créés dans un avenir proche, tout comme l'évolution possible de l'état des ouvrages de protection déjà existants, mais aussi des plausibles événements rocheux à venir, obligeront à brève échéance (de l'ordre d'une décennie) à la révision du PPRN avec actualisation de la présente carte d'aléa de 2019.

# Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Contexte général de l'étude .....</b>	<b>13</b>
2.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET MORPHOLOGIQUE – ZONE D'ETUDE ..	13
2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE .....	18
2.3. CONTEXTE HISTORIQUE.....	25
<b>3. Collecte et structuration des données .....</b>	<b>31</b>
3.1. ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE .....	32
3.1.1. Archives de la division de l'Ain : .....	33
3.1.2. Archives de la mairie de Culoz.....	39
3.1.3. Archives du CEREMA de Bron (ex-CETE de LYON).....	40
3.1.4. Archives départementales intermédiaires et définitives de l'Ain.....	40
3.1.5. Internet .....	40
3.2. INVENTAIRE HISTORIQUE DES PHENOMENES.....	40
3.3. LEVE TOPOGRAPHIQUE.....	45
3.4. LEVES GEOLOGIQUES .....	48
3.4.1. Falaises, ressauts et talus calcaires.....	49
3.4.2. Eboulis et formations superficielles .....	64
3.5. SPECIFICITES IDENTIFIEES SUR L'EXPLOITATION DE BRISEVEAU (BEON)	66
3.6. EXAMEN DES CARTOGRAPHIES REGLEMENTAIRES PRE-EXISTANTES ..	68
3.7. INVENTAIRE DES OUVRAGES DE PARADE.....	71
3.8. CARTES INFORMATIVES FINALES .....	74
<b>4. Cartographie d'aléa « chute de blocs ».....</b>	<b>75</b>
4.1. METHODE.....	75
4.2. TYPOLOGIE DES RUPTURES.....	76
4.2.1. Glissement plan.....	78
4.2.2. Rupture plane ou par dièdre.....	79
4.2.3. Rupture de surplomb.....	80
4.2.4. Autres mode de rupture.....	81
4.2.5. Remobilisation de bloc .....	82

4.3. INVENTAIRE EVENEMENTIEL .....	83
<b>5. Evaluation de l'aléa « chute de blocs » .....</b>	<b>89</b>
5.1. ALEA DE RUPTURE .....	89
5.1.1. Zones de départ .....	89
5.1.2. Intensité de phénomène .....	94
5.1.3. Activité .....	95
5.1.4. Synthèse aléa de rupture .....	96
5.2. ALEA DE PROPAGATION : PROBABILITE D'ATTEINTE .....	99
5.2.1. Trajectographie 2D .....	99
5.2.2. Méthode de la « ligne d'énergie » .....	105
5.2.3. Synthèse des approches .....	106
5.2.4. Considérations spécifiques en terme de d'évaluation de la propagation rocheuse 111	
5.2.5. Prise en compte particulière des ouvrages de parade sur la propagation et aléa résiduel .....	114
5.3. PROBABILITE D'OCCURRENCE .....	117
5.4. ALEA CHUTE DE BLOCS .....	117
<b>6. Gestion du risque rocheux .....</b>	<b>123</b>
6.1. ANALYSE DU RISQUE D'EBOULEMENT ROCHEUX .....	123
6.2. GESTION DU RISQUE D'EBOULEMENT ROCHEUX .....	123
6.2.1. Analyse comparée de la cartographie existante sur Culoz .....	123
6.2.2. Nouvelle cartographie sur la commune de Béon .....	127
6.2.3. Présentation des zones bâties à risques de chutes de blocs .....	128
6.2.4. Travaux de sécurisation .....	141
<b>7. Conclusion .....</b>	<b>147</b>
<b>8. Bibliographie .....</b>	<b>149</b>

## Liste des figures

Illustration 1 – localisation régionale des communes de Béon et Culoz .....	13
Illustration 2 – périmètres de l'étude (zones de révision et d'extension) et des travaux passés ou en cours de finalisation (SAGE) .....	15
Illustration 3 – vue générale des flancs sud et sud est du massif du Grand Colombier (01) .....	17
Illustration 4 – vue générale du flanc sud-est (Béon) du massif du Grand Colombier (01) .....	18

Illustration 5 – carte géologique simplifiée du Grand Colombier tel que ré-interpertée par le site <a href="http://www.geol-alp.com">www.geol-alp.com</a> .....	19
Illustration 6 – interprétation des paysages en terme de géologie structurale de la bordure sud du Grand Colombier vue depuis le sud-ouest ( <a href="http://www.geol-alp.com">www.geol-alp.com</a> ) .....	19
Illustration 7 – interprétation des paysages en terme de géologie structurale de la bordure sud du Grand Colombier vue depuis le sud-est dans l'axe des structures ( <a href="http://www.geol-alp.com">www.geol-alp.com</a> ) .....	20
Illustration 8 – cartes géologiques à 1/50 000 pour les communes de Béon et Culoz (n°700 de Belley et n°701 de Rumilly) .....	23
Illustration 9 – éboulements du printemps 1999 sur le flanc est du Grand Colombier à hauteur de la RD120 (PR 6+500) .....	25
Illustration 10 – éboulement du 08 mars 2017 depuis les falaises de Milvendre à Culoz (01) ...	27
Illustration 11 – zones de terrains reconnus.....	31
Illustration 12 – zonages de l'aléa rocheux du PPRN de 2004 (non impactée par la révision de 2008) .....	35
Illustration 13 – modification du PPRN de Culoz sur le flanc sud-est du Mollars Jugeant avenue de la gare à Culoz.....	36
Illustration 14 : synthèse du risque rocheux à l'issue des premières études CETE de Lyon (1985-1988).....	36
Illustration 15 – rendu cartographique final du CETE (janvier 1988) .....	38
Illustration 16 – extrait du Journal de l'Ain du 30 septembre 1863 .....	40
Illustration 17 – inventaire des désordres rocheux sur les communes de Béon et Culoz (Ain)..	43
Illustration 18 – localisation des évènements rocheux et des zonages affectés par le gel hivernal .....	44
Illustration 19 – restitution du MNT ombré au pas de 5 m, avec localisation (carré rouge) du secteur ayant fait l'objet d'une acquisition LIDAR en 2017 (voir illustration 19).....	45
Illustration 20 – restitution du MNT à 5 m (carte des pentes) .....	46
Illustration 21 – restitution du MNT local à 2 m sur Culoz, secteur de Milvendre .....	47
Illustration 22 – restitution du MNT local à 2 m sur Culoz, secteur de Milvendre (carte des pentes) .....	47
illustration 23 – cartographie lithologique des sols de versant.....	48
Illustration 24 – falaises de Pontenay et de Romagneux .....	50
Illustration 25 – falaises de Milvendre et de Ravières .....	51
illustration 26 – falaises exposées sur la vallée du Rhône.....	54
illustration 27 – falaises d'arrière versant sur Béon .....	56
illustration 28 – vue du flanc est du Grand Colombier depuis le versant opposé (BRGM 2008) .....	57
illustration 29 – falaises du flanc Est du Grand Colombier.....	59
illustration 30 – ressauts rochers du Jugeant.....	60
illustration 31 – falaise du flanc sud du Jugeant (BRGM à gauche, IMSRN à droite).....	61
illustration 32 – falaise du flanc est du Jugeant .....	61
illustration 33 – dalle structurale de Margeot et ancienne carrière proche du Villard .....	63
illustration 34 – talus dans les calcaires aaléniens au sud-ouest du Jugeant.....	63

illustration 35 – formations superficielles.....	65
illustration 36 – exemples de blocs isolés .....	65
illustration 37 – puits au cuvelage béton retrouvé en aval de la fosse inférieure.....	66
illustration 38 – secteur de la carrière de Briseveau (dont les ouvrages de protection contre les chutes rocheuses).....	67
Illustration 39 – cartographie R111-3 pour la commune de Culoz .....	68
Illustration 40 – cartographie de l'aléa rocheux pour la commune de Culoz de 2004 .....	69
Illustration 41 – simple levée de terre réalisé en octobre 2008 sur le flanc est du Jugeant.....	70
Illustration 42 – merlons de Chantemerle à gauche et de Corléaz à droite .....	71
Illustration 43 – ouvrages de parade sur Cluoz face aux falaises de Milvendre et de Ravières (dont le projet de Bel Air) .....	72
Illustration 44 – ouvrages de parade existants sur Culoz au niveau du Jugeant.....	72
illustration 45 – configuration et mécanismes de chutes de blocs (Dussauge-Peissier, 2002) ..	77
illustration 46 – configuration rupture et glissement plan des couches en aval pendage redressé (RD120 du flanc est et ancienne carrière de l'avenue de la Gare.....	78
illustration 47 – exemples de rupture plan possible (écaille) et panneau (CAN) .....	79
Illustration 48 – exemples de rupture possible de surplomb avec souscavement de bancs ou d'un panneau de falaise. Surplombs créées à la faveur de plis locaux.....	80
illustration 49 – exemples de rupture possible par basculement ou défaut de pied de colonne, de panneau. Délitage par le gel suivi d'un glissement plan de couches en aval pendage .....	82
illustration 50 – exemple avec un bloc remobilisé de 600 l environ le 14 aout 2018, ou avec une masse de 50 m3 suspecte, potentiellement remobilisable en cas d'affouillement marquée (photos IMS RN).....	83
illustration 51 – volumes des blocs levés sur le terrain .....	84
illustration 52 – localisation des blocs levés sur le terrain.....	84
illustration 53 – divers éléments rocheux relevés sur le terrain .....	86
illustration 54 : chute de pierres et petits blocs par le gel hivernal épandus sur la RD120 (hiver 2017-2018).....	87
illustration 55 : petits blocs frais sur le bas coté (de cet hiver ?). Quelques blocs moins frais voire sensiblement plus ancien.....	88
illustration 56 – carte des zones de départ potentiels de blocs – Fond Orthophoto 2016 .....	90
illustration 57 – ensembles (et zones) de départ homogènes – Fond Orthophoto 2016 .....	91
illustration 58 – liste des 17 ensembles homogènes retenus.....	92
illustration 59 – exemple de fiche descriptive de zone .....	93
illustration 60 – définition des classes d'intensité de l'aléa rocheux en fonction du volume et du potentiel de dommages (source : document Mezap) .....	94
illustration 61 – définition des classes d'indice d'activité (source : document Mezap).....	95
illustration 62 – indices d'intensité / activité selon les sites de départs potentiels de blocs identifiés .....	97
illustration 63 – localisation des profils de trajectographie simulés (fond : ©IGN, scan25).....	100
illustration 64 –exemple de restitution sur profil trajectographique (Profil Culoz B ; volume 7,5 m <sup>3</sup> ) .....	103

illustration 65 – représentation schématique du principe de la ligne d'énergie et de la formule pour déterminer l'angle $\beta$ .....	105
illustration 66 – Plages de valeurs indicatives des angles géométriques pour la méthode des cônes issues de l'analyse statistique des valeurs publiées à ce jour (source : document MEZAP) .....	105
illustration 67 – Synthèse des distances d'atteinte définies par simulations trajectographiques (PIERRE 98) et par analyse statistique sur événements (LE) .....	107
illustration 68 – Cartographie de l'enveloppe d'atteinte des blocs depuis les zones de départ identifiées .....	109
illustration 69 – comparaisons des résultats obtenus d'atteintes sur le profil G1 avec Pierre98 entre le jeu MNT au pas de 2 m et celui au pas de 5 m .....	112
illustration 70 – comparaisons des résultats obtenus d'atteintes entre les méthodes trajectographiques (SAGE, BRGM) et de valeurs statistiques de la ligne d'énergie (BRGM). limites d'atteintes BRGM en traits discontinus et celles de SAGE en traits continus .....	113
illustration 71 – propagation rocheuse arrêtée par les merlons de Ravières et de Corléaz Est	115
illustration 72 – exemple de profil trajectographique menée par le CEREMA dans le cadre du dimensionnement du merlon de Chantemerle (document 1998 consulté au CEREMA de Bron) .....	115
illustration 73 – Tableau de synthèse sur la prise en compte ou pas des ouvrages de parade en terre dans la cartographie de l'aléa rocheux .....	116
illustration 74 – matrice de probabilité d'occurrence du phénomène de référence (source : MEZAP) .....	117
illustration 75 – matrice d'évaluation de l'aléa (source : document MEZAP) .....	118
illustration 76 – carte de l'aléa chute de blocs sur les communes de Béon (01) et Culoz (01)	121
illustration 77 – carte des éléments posés .....	123
illustration 78 – comparaison des atteintes rocheuses de la carte d'aléa 2019 au zonage actuel existant 2003 .....	124
illustration 79 – comparaison de la carte d'aléa 2019 au zonage actuel existant 2003 .....	125
illustration 80 – Secteur à risque du lotissement des Chartreuses à Béon (Ain) .....	129
illustration 81 – Secteur à risque du centre bourg ancien de Béon (Ain) .....	130
illustration 82 – Secteur à risque de Cougeuse à Béon (Ain) .....	131
illustration 83 – Secteurs à risque de Centre Bourg Ouest (rue des Muriers), de Murier-Chanduraz et de Bel Horizon à Béon (Ain) .....	132
illustration 84 – Secteur central de Bel-Air à risque sous les falaises de Milvendre à Culoz (01)	134
illustration 85 – Secteur à risque de la rue Leyrieux au sud du Jugeant à Culoz (01) et projet de mise en sécurisation de 2012 (IMSRN) .....	136
illustration 86 – Secteur à risque de Longeaz –Ravière Ouest à Culoz (01) .....	137
illustration 87 – Secteur à risque de Chantemerle-Est et petits secteurs périphériques voisins (Chèverrie, Montvéran à Culoz (01) .....	138
illustration 88 – Secteur à risque de la rue Albert Fériet à Culoz (01) .....	139
illustration 89 – Secteur à risque de la Croix de la Roche à Culoz (01) .....	140
illustration 90 – Secteur à risque de la Montée Sous Roche à Culoz (01) .....	140
illustration 91 – Secteur à risque de Chatel Sud à Culoz (01) .....	141

<i>illustration 92 – carte globale des éléments de protection proposés</i> .....	142
<i>illustration 93 – Tableau récapitulatif des travaux de mise en sécurité à prévoir sur les deux communes de Béon et de Culoz (Ain)</i> .....	144

## Liste des annexes

Annexe 1 Cartes informatives et cartes de l'aléa rocheux .....	151
Planche n° 1 hors texte	
Planche n° 2 hors texte	
Planche n° 3 hors texte	
Planche n° 4 hors texte	
Annexe 2 Méthode des cônes .....	155
Annexe 3 Fiche de présentation de l'outil de trajectographie Pierre98 .....	165

# 1. Introduction

Située en pied du Grand Colombier, la commune de Culoz est régulièrement confrontée aux chutes de blocs rocheux. La commune dispose ainsi depuis 1989 d'une cartographie de l'aléa rocheux (formalisé en PPRN en 2003) et est dotée de nombreux ouvrages de protection contre ces évènements.

Le 8 mars 2017 au matin, un important éboulement rocheux de plus de 1000 m<sup>3</sup> s'est produit sur le flanc sud du Grand Colombier (depuis la falaise de Milvendre) : celui-ci a lourdement endommagé la RD120 sur plusieurs lacets et a épargné de quelques mètres les premières maisons les plus en amont du quartier Bel Air sur la commune de Culoz (et autres installations présentes : réservoir AEP et Antenne de Télétransmission).

Le Plan Communal de Sauvegarde (PCS) a été aussitôt activé, avec évacuation préventive des 88 maisons les plus exposées a priori de ce quartier Bel Air à un éventuel éboulement -résiduel. L'évaluation géologique initiale du risque résiduel permet dès le premier soir de limiter la zone d'exclusion à 13 maisons. Les évaluations suivantes et les premiers travaux de purge d'urgence permettront de restreindre la zone d'exclusion qu'à 2 maisons au troisième jour (10 mars). Il faudra encore attendre près de 3 semaines pour un retour complet à la situation normale (rapport BRGM RP-66875-FR).

A hauteur du cône d'éboulement de mars 2017, la cartographie de l'aléa rocheux n'a pas été directement contredite (cône de propagation bien situé intégralement dans les zones d'aléa fort, moyen et même faible pour les blocs s'étant propagé le plus en aval) mais elle est apparue néanmoins sous-estimée et perfectible et à ce titre, une révision a semblé utile. Cette révision a été confiée par la DDT de l'Ain à la direction régionale Auvergne-Rhône-Alpes du BRGM. Cette révision a également été l'occasion d'étendre le zonage à l'ensemble de la commune (pour intégrer notamment le secteur bâti de Chatel où le phénomène de chute rocheuse n'avait pas été jugé significatif a priori).

La commune adjacente de Béon est également située sur le flanc du Grand Colombier et partage une série de falaises commune (falaises du Pontenay) et est donc située dans un contexte géomorphologique relativement similaire à celui de Culoz. Béon ne dispose pas aujourd'hui d'un zonage d'aléa chute de blocs dans son PPRN. A ce titre, la DDT de l'Ain a également souhaité une cartographie de l'aléa rocheux sur cette commune. Contrairement à Culoz, il s'agira donc pour Béon d'un premier zonage sur cette thématique.



## 2. Contexte général de l'étude

### 2.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET MORPHOLOGIQUE – ZONE D'ETUDE

Les communes de Culoz et Béon sont situées (illustration 1) dans le Bugey oriental, avec en partie basse la vallée du Rhône et en partie haute les versants du massif du Grand Colombier, respectivement sur les flancs sud et sud-est.

La zone d'étude (illustration 2) s'étend à l'ensemble du territoire des deux communes de Béon et de Culoz.

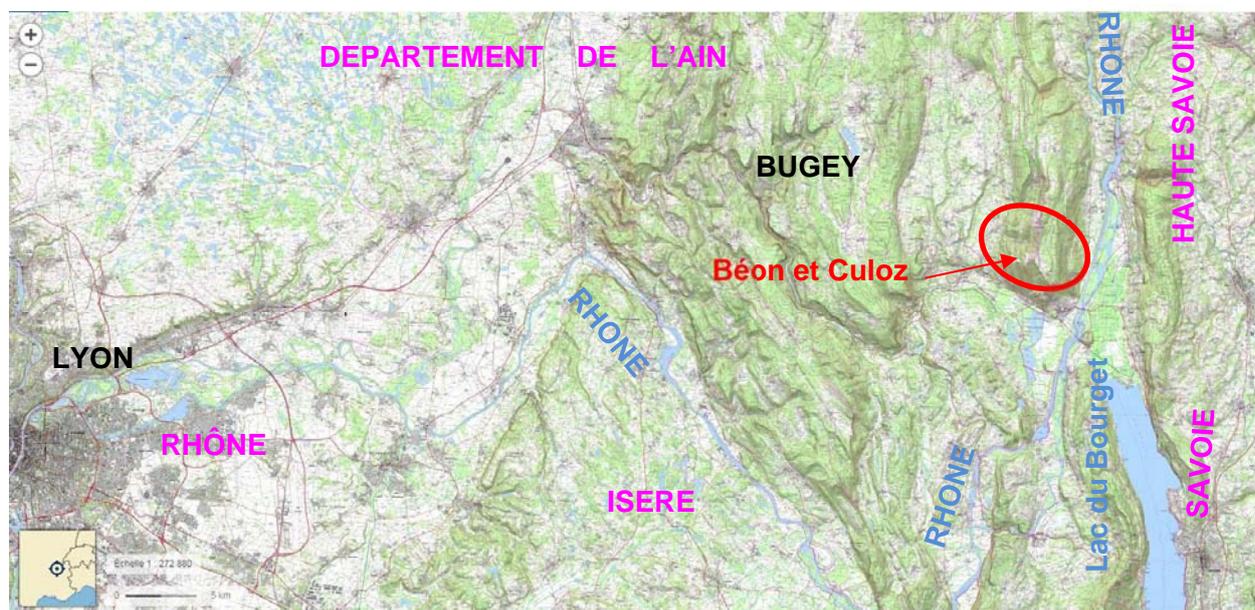


Illustration 1 – localisation régionale des communes de Béon et Culoz

Il est successivement rencontré depuis le bas des versant jusqu'au plateau du Colombier (illustration 3) :

- la vallée alluviale du Rhône, qui s'étale au sud de la voie ferrée SNCF sur plus de 1,5 km de largeur, à pente quasi nulle (232 à 236 m NGF), et constituant une partie de la réserve naturelle des Marais de Lastours ;
- la zone de raccord en bas de versant, avec les flancs de vallée, correspondant généralement au pied des éboulis anciens, avec une pente qui monte +/- progressivement à des valeurs d'au plus 15° localement ;
- les flancs de versant, au profil généralement plutôt convexo-concave, avec raidissement des pentes moyennes de 15 à 25° en aval à plus de 35° en amont, et avec en général une alternance en nombre variable et étagée :
  - o de zones rocheuses, constitués par de courts ressauts verticalisés de quelques mètres et surtout des falaises vives verticales jusqu'à plus de 100 m de dénivelé d'un coup ;
  - o et des zones d'éboulis de toutes dimensions (blocs, pierres ou éboulis fins), d'étendues, de dénivelés et de pentes, voire même localement de replats (aux lieux-dits Les Perches, Romagneux et Chatel d'En Haut)

- Le plateau du Colombier en pente globale douce depuis le sommet à 1534 m NGF jusqu'en bordure du plateau. Cette bordure débute sur le flanc sud du plateau vers les côtes de 1180 m NGF au niveau du point de vue panoramique sur Culoz pour augmenter progressivement sur le flanc sud-est du plateau (limites de Béon), jusqu'à la côte proche de 1 400 m NGF au point le plus septentrionale de Béon.

A ces altitudes, le phénomène de gel/dégel est récurrent pendant toute la période hivernale. La couverture neigeuse peut persister sans souci jusqu'au début du printemps, notamment sur le plateau sommital du Grand Colombier.

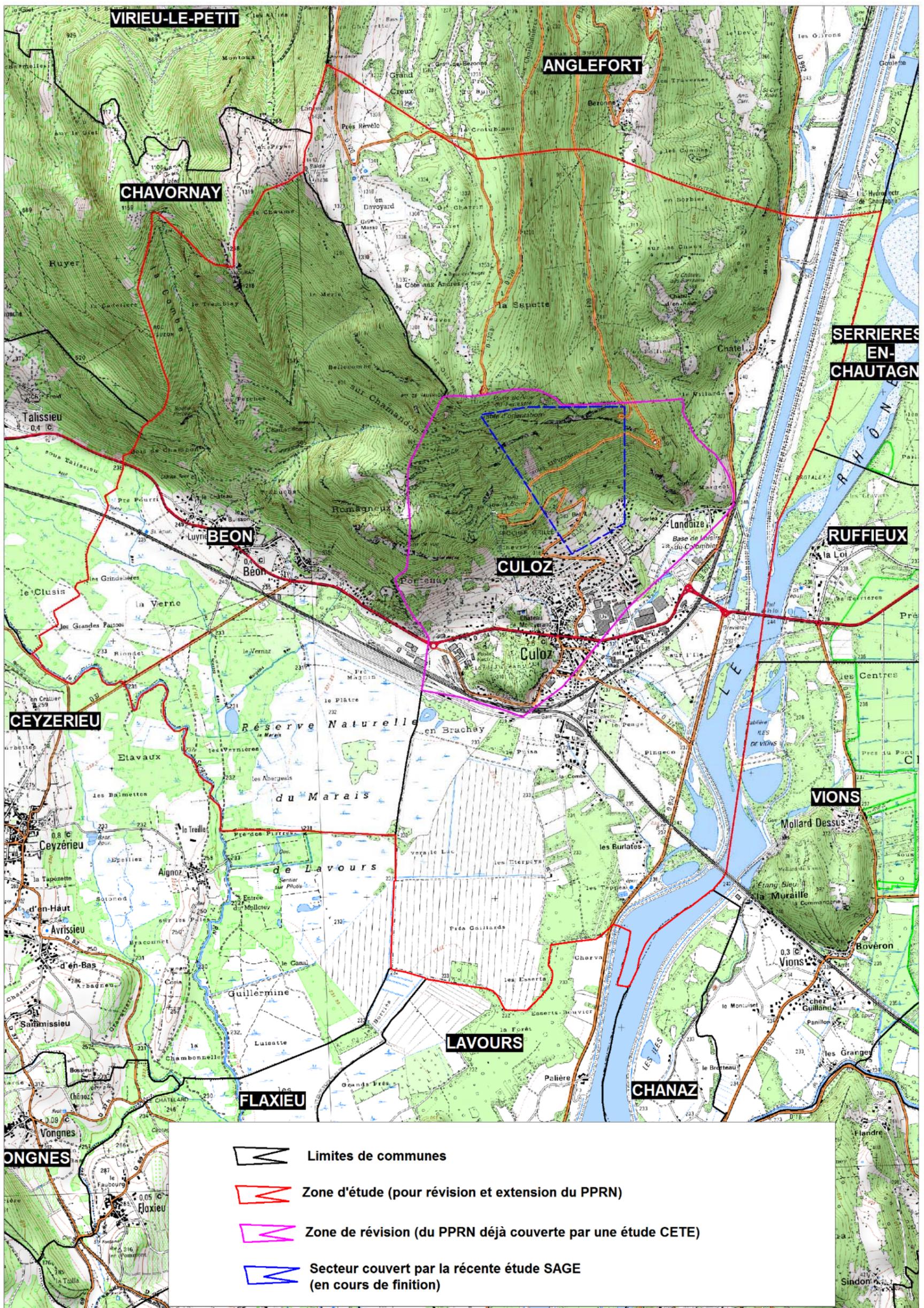


Illustration 2 – périmètres de l'étude (zones de révision et d'extension) et des travaux passés ou en cours de finalisation (SAGE)



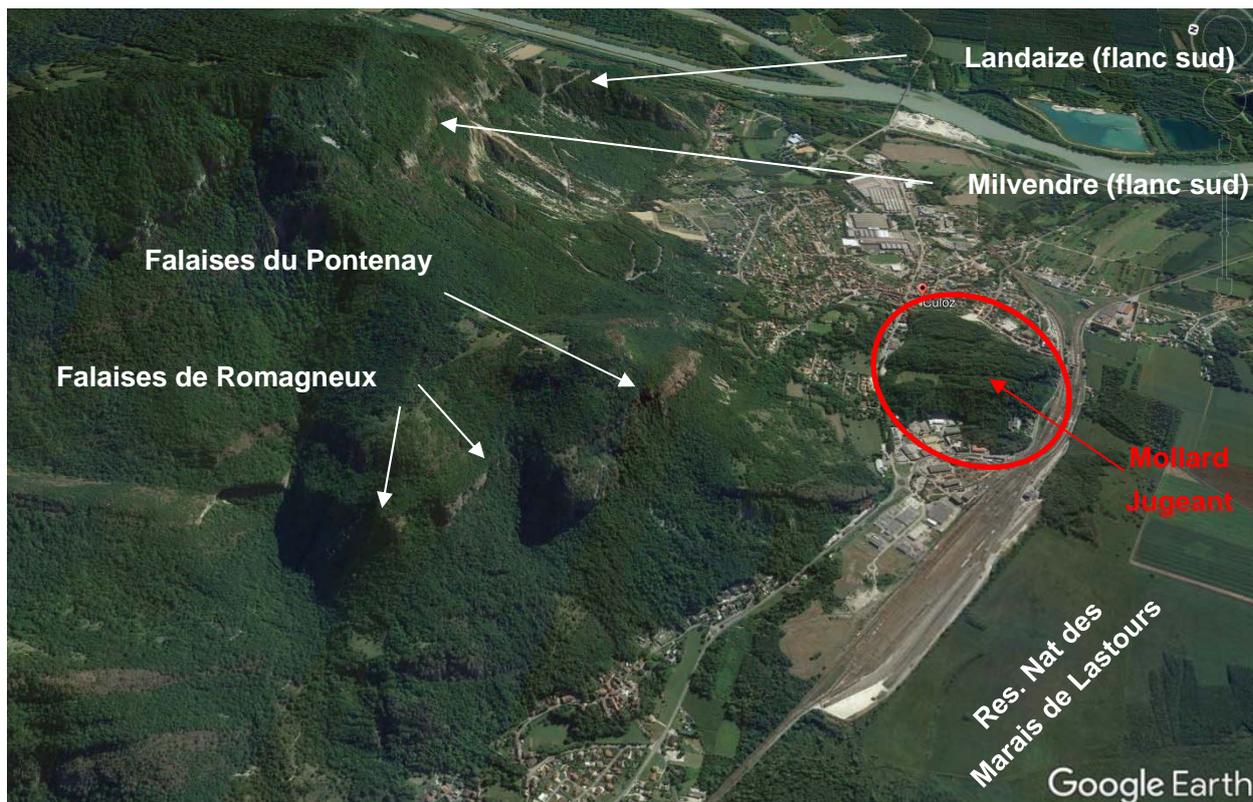


Illustration 3 – vue générale des flancs sud et sud est du massif du Grand Colombier (01)

A ce schéma géomorphologique global, on signale par ailleurs deux secteurs bien spécifiques :

- Sur Culoz le dôme rocheux résiduel du Mollard Jugeant qui émerge au-dessus de la plaine alluviale entre le centre bourg et la gare. Il présente notamment sur ses flancs est et sud des très nets et significatifs fronts de falaises verticaux (jusqu'à plus de 60 m de dénivelé) ;
- Sur Béon, se distinguent à mi-hauteur du flanc sud-est du massif deux longs compartiments de terrain en lames, parallèles de terrain perchées et redressées, ajoutant deux lignes de crêtes (dont celle acérée du Chanduraz) mais aussi deux lignes de talweg complémentaires. En « amont versant » des falaises susceptibles d'atteindre les zones à enjeu bâtis, ces reliefs ne sont en mesure d'atteindre les enjeux bâtis : ils sont qualifiés ici d'« arrière versant » et en conséquence n'ont été étudiés que de manière très sommaire.

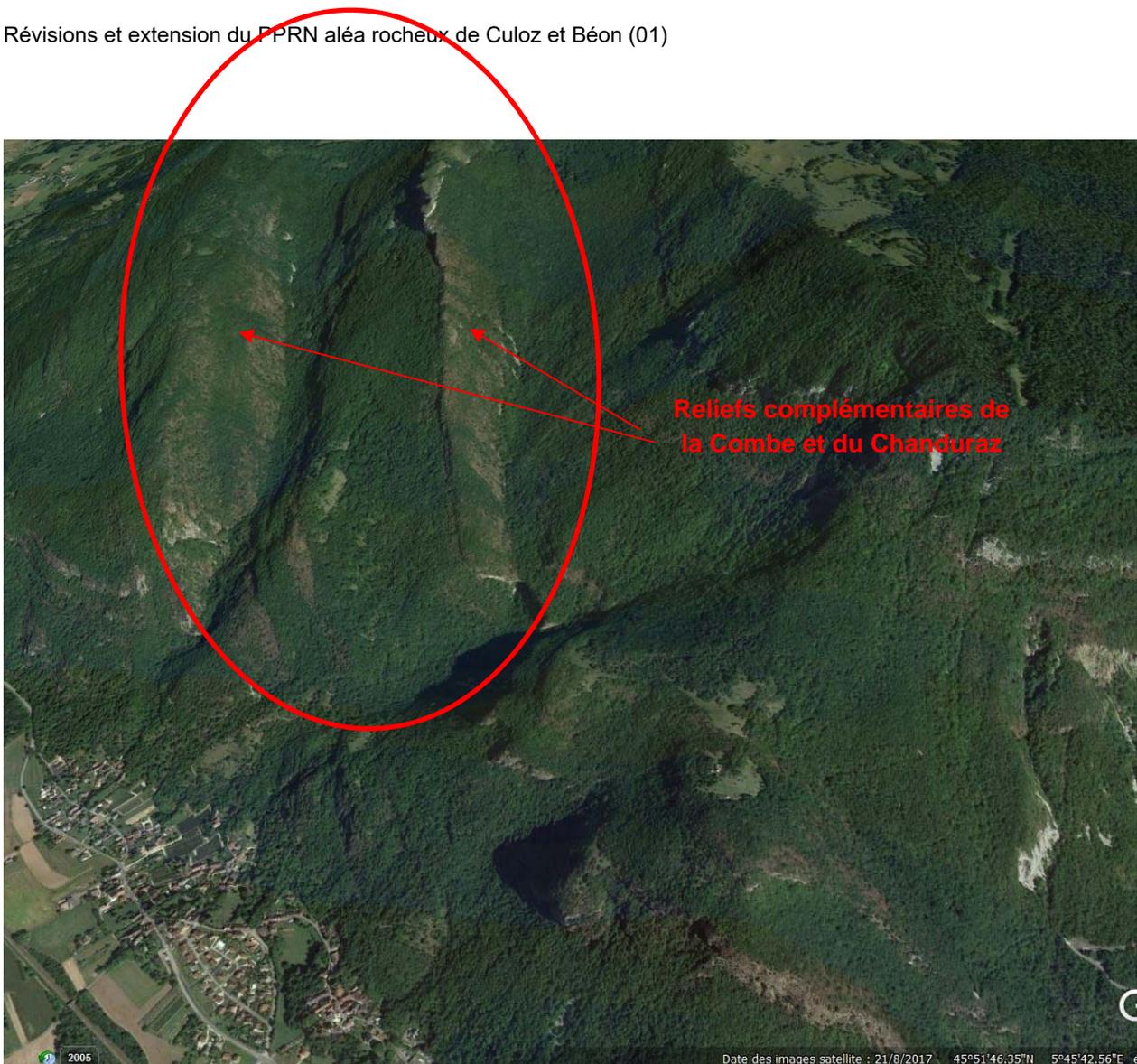


Illustration 4 – vue générale du flanc sud-est (Béon) du massif du Grand Colombier (01)

## 2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Le chaînon du Grand Colombier constitue le point le plus élevé du Massif du Jura méridional. La large cluse ouverte par le Rhône le sépare du Chaînon du Mont-Du Chat (Savoie).

Le massif du Grand Colombier est constitué (illustration 5) de couches carbonatées plissées à faciès calcaire prédominant, datant du Bajocien (Jurassique moyen) jusqu'au Barrémien (Urgonien ; Crétacé inférieur).

En terme de géomorphologie (illustration 6 et illustration 7), il s'agit d'un crêt jurassien typique à regard ouest, à pendage nul à cœur et à pendage est sur son flanc est. Sur son flanc sud-est, il est au contraire caractérisé par la présence d'un important chevauchement  $\Phi_c$  du Grand Colombier qui fait reposer les couches jurassiques sur celles crétacées du grand synclinal du Valromey (c'est vraisemblablement le jeu de ce chevauchement qui est à l'origine de l'altitude proéminente du chaînon).

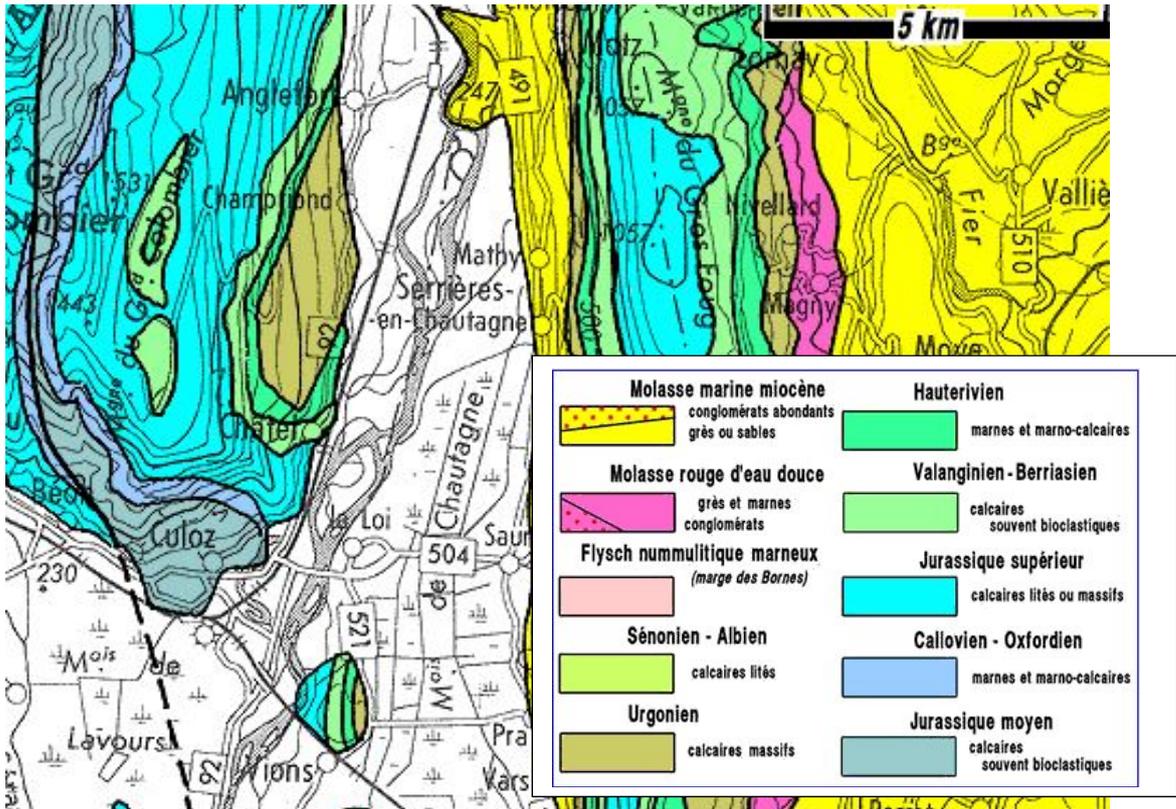


Illustration 5 – carte géologique simplifiée du Grand Colombier tel que ré-interpertée<sup>1</sup> par le site [www.geol-alp.com](http://www.geol-alp.com)

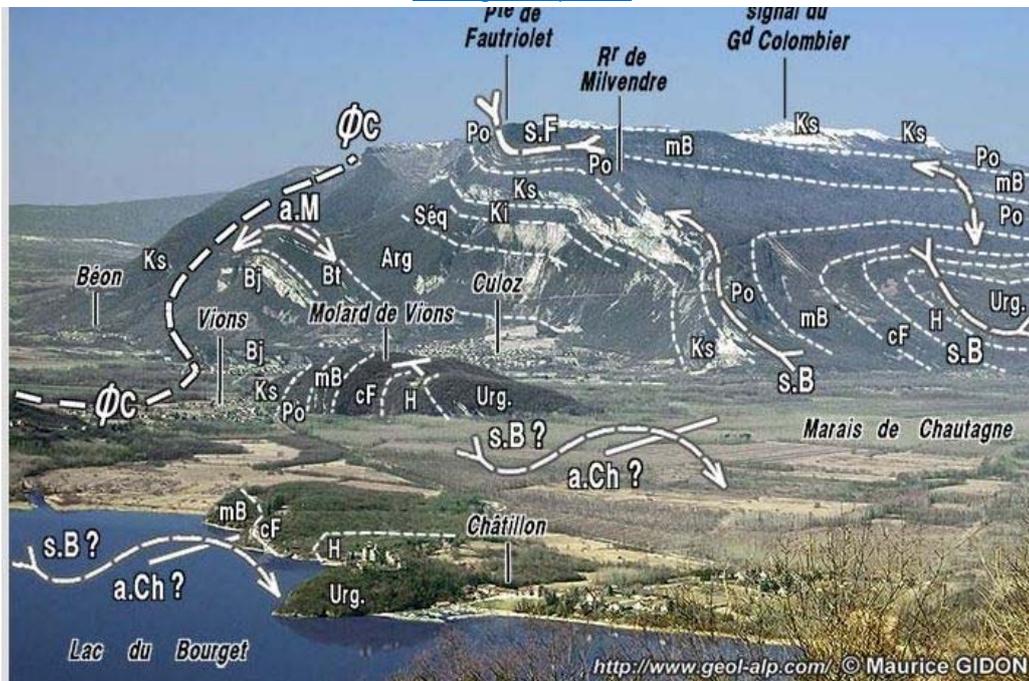


Illustration 6 – interprétation des paysages en terme de géologie structurale de la bordure sud du Grand Colombier vue depuis le sud-ouest ([www.geol-alp.com](http://www.geol-alp.com))

<sup>1</sup> redessinée sur la base de la carte géologique d'ensemble des Alpes occidentales, du Léman à Digne, au 1/250.000<sup>ème</sup>, par M.Gidon (1977), publication n° 074

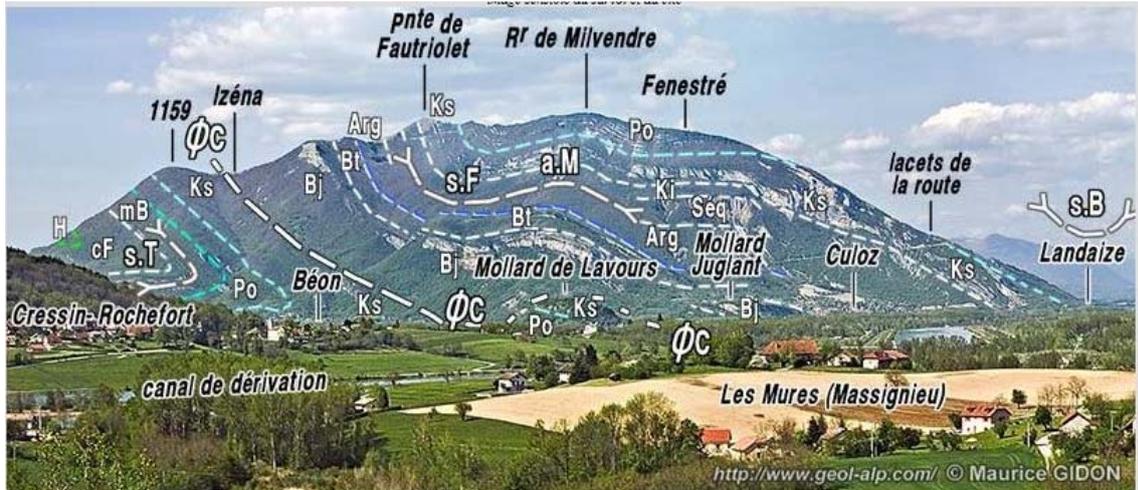


Illustration 7 – interprétation des paysages en terme de géologie structurale de la bordure sud du Grand Colombier vue depuis le sud-est dans l'axe des structures ([www.geol-alp.com](http://www.geol-alp.com))

Les formations calcaires les plus développées en terme d'épaisseur des bancs et d'épaisseur totale ont données lieu à une série de falaises (étagées lorsque la tectonique et l'érosion n'ont pas trop bouleversé l'agencement normal des couches), de bas en haut :

- la falaise bajocienne (Bj ; J<sub>1</sub>) du Pontenay est l'un des plus importantes avec des dénivelés dépassant localement les 70 m d'épaisseur (jusqu'à 100 m) ;
- la falaise bathonienne (Bt ; J<sub>2</sub>) dépasse rarement les 25 à 30 m ;
- dans un ensemble callovo-oxordien à faciès dominants marneux et marno-calcaire, on retrouve des niveaux calcaires parfois développés donnant lieu à des falaises d'extension linéaire limitée (Arg : argoviennes J<sub>5</sub> et Sq : séquanien J<sub>6</sub>) ;
- les puissantes falaises du Kimméridgien (Kim J<sub>7-8</sub>), au dénivelé pluri décimétrique, présentes en premier plan sur Culoz (Milvendre et Landaize) mais aussi en arrière-plan sur Béon (Sur-Chamandon) ;
- les falaises du Portlandien<sup>2</sup> (Po ; J<sub>9</sub>) en tête de versant et bordure de plateau, résiduelles sur Culoz ;
- les falaises et ressauts étagées du Tithonien (Po, J<sub>9</sub>), du Berriasien et Valanginien (mB ; n<sub>1</sub> et n<sub>2</sub>) dans le synclinal chevauché du Valmorey, à l'ouest de Béon. On les retrouve aussi de manière plus discrète sur le flanc est du Grand Colombier dans le versant au-dessus de Chatel (plus ou moins démantelés et en bonne partie masqués par la forêt) ;
- et enfin les falaises de l'Urgonien (n<sub>4</sub>) sur le flanc est au niveau de Chatel Haut en aval pendage, et par endroit (Chatel du Sarrazin) disloquées en 3 barres rocheuses successives le long du versant.

Ce sont des roches gélives qui, à la faveur de l'action du gel/dégel aux mauvaises saisons, engendrent donc une érosion hivernale assez marquée qui viennent s'ajouter aux éboulis déjà en place.

A hauteur des zones habitées de Culoz et Béon (illustration 8), ce sont les zones d'éboulis qui affleurent le plus sur les cartes géologiques à 1 /50 000 (N° 700 de Belley et n°701 de Rumilly)

<sup>2</sup> Portlandien devenu depuis Tithonien

Au vu de la carte à 50 000, l'accident de Grand Colombier  $\Phi_c$  est matérialisé à hauteur de la commune de Béon par un doublon de failles de chevauchement avec une lame centrale de chevauchement d'âge Kimméridgien ( $J_8$ ). Sur Culoz, le Mollard Jugeant constitue la terminaison orientale du pli faille chevauchant du Grand Colombier.

Les calcaires sont karstifiés. Il s'agit plus d'une karstification relativement diffuse (à hauteurs des ondulations de pli par exemple), sans résurgences karstiques majeures signalées. La zone la plus active hydrologiquement dans les versants (et à ce titre ravinée) est celle du lit du Jourdain et de ses affluents (Culoz), qui incisent localement en profondeur le versant. Sinon, dans une moindre mesure, les secteurs de Trabuchet et de Roche Percée sont les secteurs les plus actifs. On notera aussi que, quand le massif du Grand Colombier est hydrogéologiquement en charge, des résurgences d'eau importantes peuvent survenir, à la faveur d'un épisode pluviométrique prolongée, notamment sur le flanc est (favorisée par l'aval pendage des couches) et ainsi y amplifier les ruissellements arrivant sur la RD992 en pied de versant.

Sur les zones de débouchés karstiques des falaises de Milvendre, les suintements karstiques sur Culoz engendrent fréquemment lors des hivers assez rigoureux des rideaux de glace le long des parois de falaise. A la fonte, de soudains bruits d'éboulement relativement clairs témoignent alors de leurs chutes.



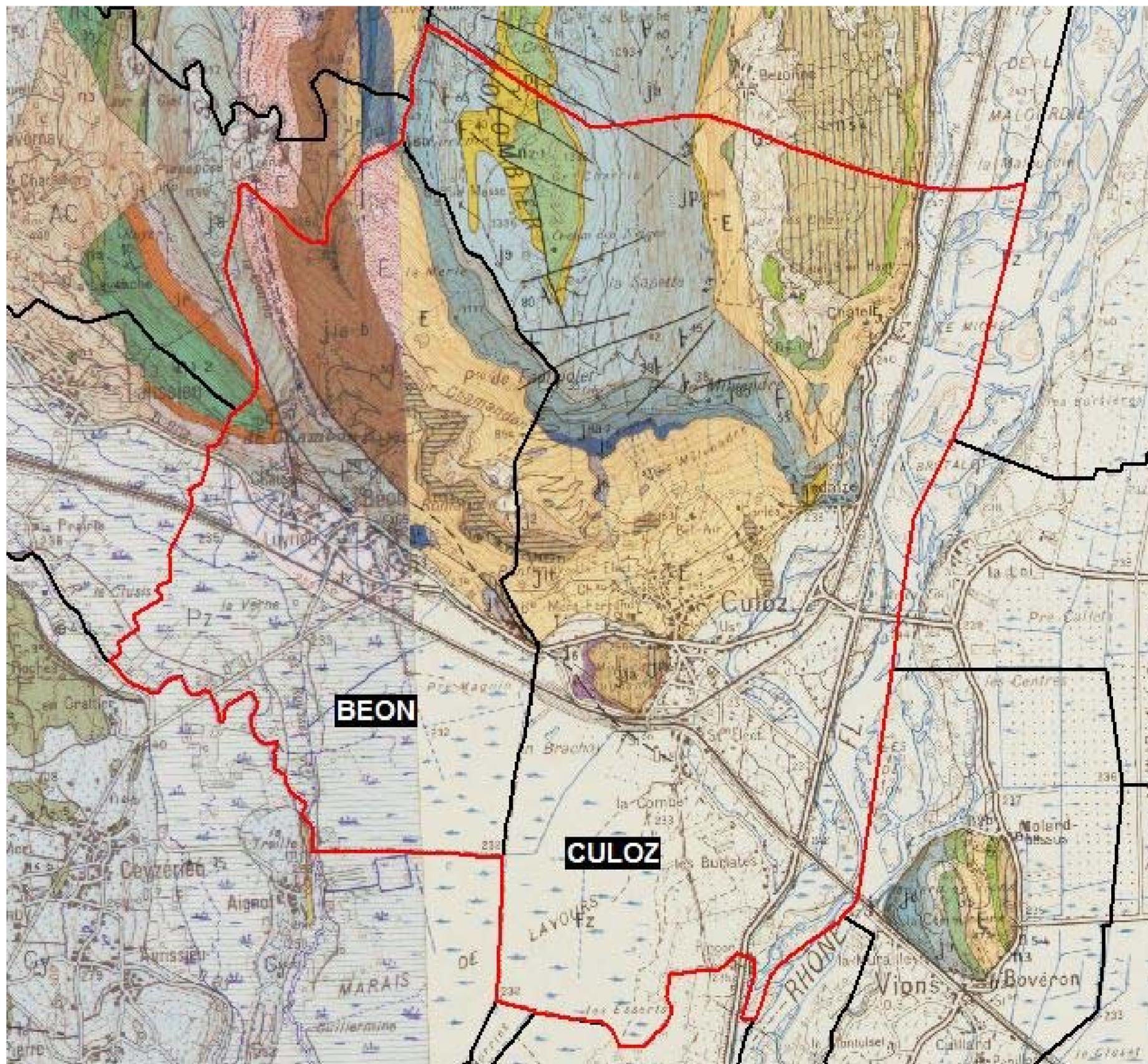
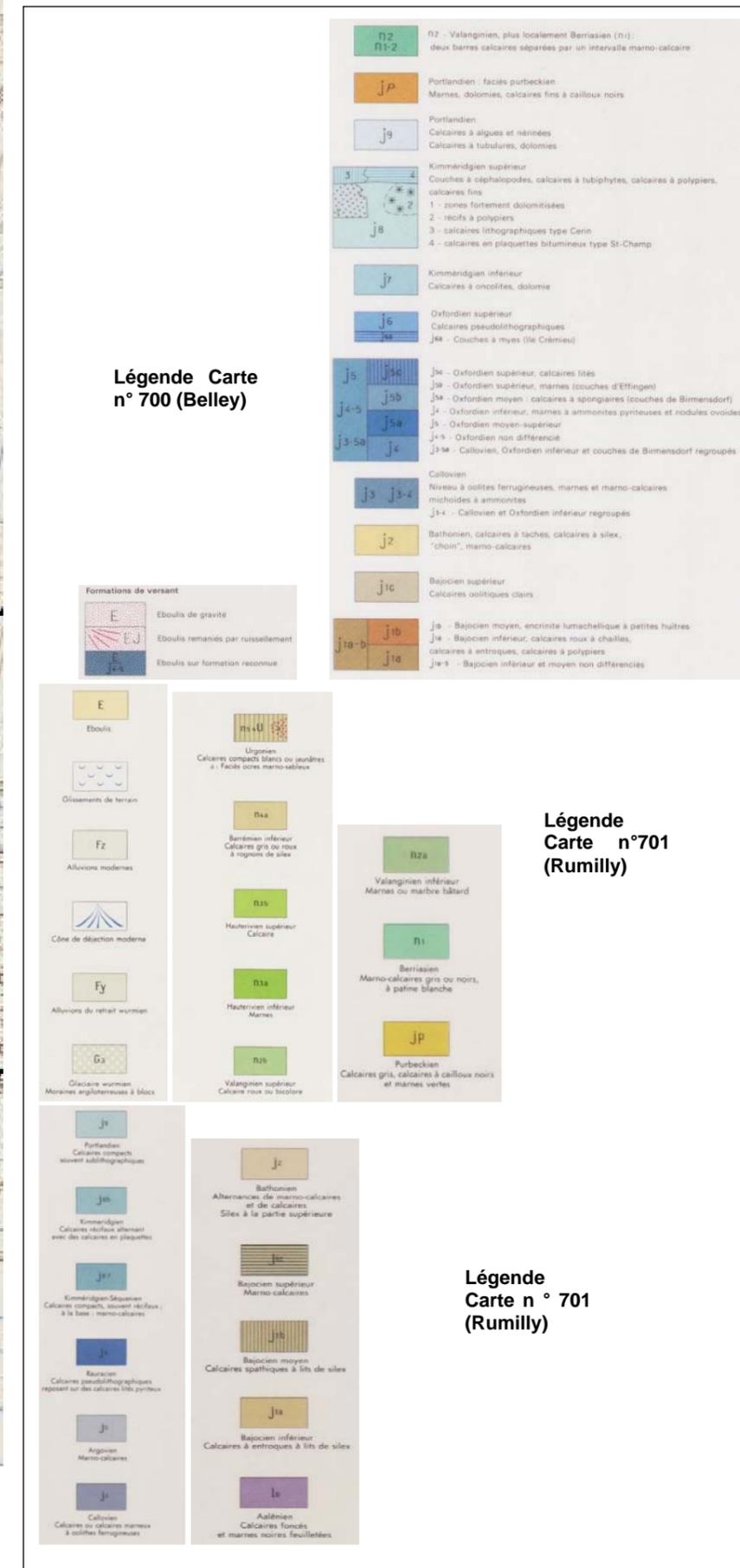


Illustration 8 – cartes géologiques à 1/50 000 pour les communes de Béon et Culoz (n°700 de Belley et n°701 de Rumilly)





### 2.3. CONTEXTE HISTORIQUE

La base nationale des mouvements de terrain (BD-MVT) gérée par le BRGM, n'inventorie sur Culoz que deux événements rocheux datés et circonstanciés, tous deux relatifs à des éboulements de plusieurs centaines de m<sup>3</sup>, dont le volume cumulé total estimé dépasse même le millier :

- Événement 21100791 : un éboulement polyphasé (illustration 9) sur le flanc est du Grand Colombier s'est initié le 25 avril 1999, dans un secteur évolutif de talus amont de la RD120 (PR 6 +500) depuis plusieurs années (avec nette accélération durant l'hiver 1998/1999), avec un premier éboulement de 20 à 30 m<sup>3</sup> au contact des calcaires de l'Hauterivien Supérieur avec les marnes de l'Hauterivien inférieur (60 m au-dessus de la RD120) : 1 bloc de 0,7 m<sup>3</sup> se propage sur la chaussée. Le désordre progresse avec plusieurs blocs supérieurs au m<sup>3</sup> ayant atteint la RD120 au 27 avril. Et dans la nuit du 27 au 28 avril, près de 1000 m<sup>3</sup> de matériaux éboulés sont entraînés depuis le versant sur 45 m de longueur, 4 m d'épaisseur moyenne sur 5 m de largeur. Depuis la cicatrice avec plus de 600 m<sup>3</sup> instables, 100 m<sup>3</sup> complémentaires viennent s'ajouter en début juin 1999. Le secteur a été ensuite sécurisé par minage, mise en place de risbermes, clouage et pose de filets plaqués ;
- Événement 12100300 : l'éboulement du 08 mars 2017 depuis les falaises de Milvendre (illustration 10) de plus de 1000 m<sup>3</sup> constitue le facteur déclenchant de la présente étude : il s'est produit (rapport BRGM-66875-FR) dans un secteur de la commune où l'urbanisation depuis le centre bourg est remonté le plus dans le versant et où aucun ouvrage de protection n'avait été mis en œuvre. Le gros de l'éboulement a intersecté à 4 reprises la RD120 largement endommagée, mais qui a joué un net rôle de piège à cailloux, notamment dans les deux virages en épingles à cheveux, épargnant ainsi de justesse les bâtiments les plus exposés. Il persiste sur le principal couloir d'éboulement un risque résiduel prononcé sur la RD120 actuellement non sécurisé.

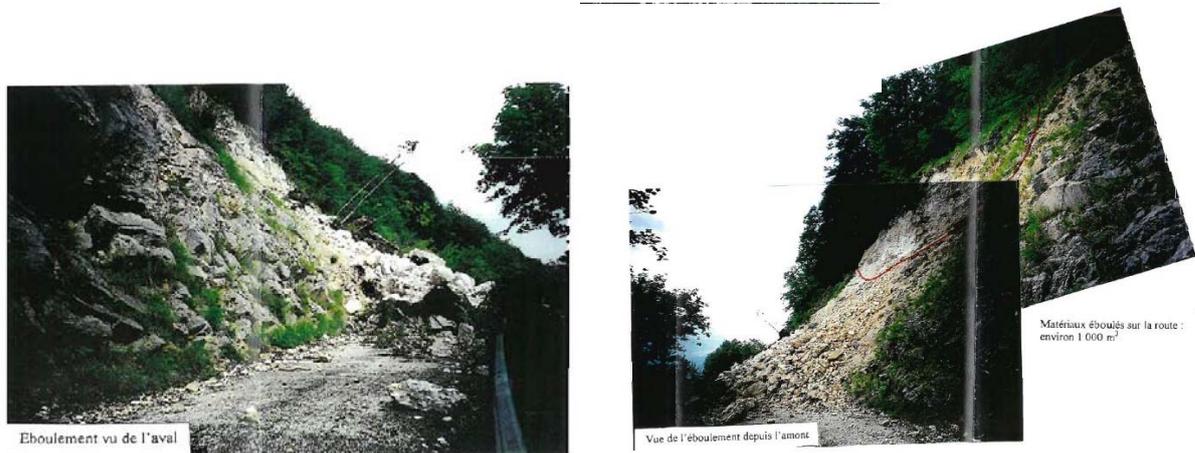


Illustration 9 – éboulements du printemps 1999 sur le flanc est du Grand Colombier à hauteur de la RD120 (PR 6+500)



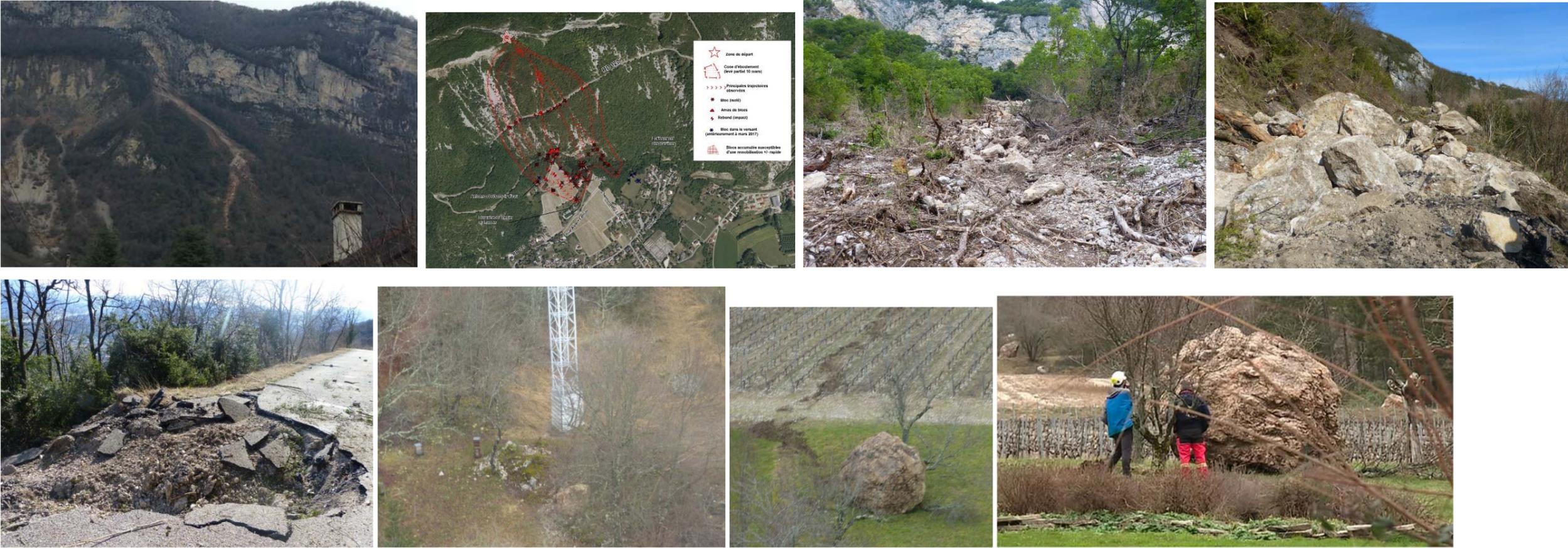


Illustration 10 – éboulement du 08 mars 2017 depuis les falaises de Milvendre à Culoz (01)



La base nationale des mouvements de terrain (BD-MVT) ne reflète guère l'activité rocheuse effective sur la commune de Culoz, soumis à des événements rocheux certes de bien moindre ampleur mais néanmoins récurrents, qui expliquent que la commune soit dotée d'une carte de l'aléa rocheux dans son plan de prévention des risques naturelles et d'un nombre important d'ouvrages de parade rocheuse. Un inventaire bien plus exhaustif de l'activité rocheuse sera présenté au 3.2 Historique Evènementiel. On notera juste ici que la RD120 est fermée chaque hiver du fait de la neige et de l'action du gel/dégel saison qui, avec le caractère gélif des calcaires du Grand Colombier, engendre des arrivées de chute de pierre qui se disséminent de manière plus ou moins diffuse sur la section de RD120 la plus exposée sous Milvendre mais son flanc Est.

Sur Béon, aucun évènement rocheux spécifique n'avait été inventorié dans cette base lors de l'inventaire départemental des mouvements de terrain de 2009 (Rapport BRGM-57460-FR) alors que là encore l'activité rocheuse est loin d'être insignifiante même si par contre aucun éboulement en masse récent n'y a jamais été constaté.



### 3. Collecte et structuration des données

Cette phase préalable à l'évaluation de l'aléa et de sa cartographie, s'est classiquement déroulée avec :

- une phase bibliographique ;
- une phase d'enquête auprès des mairies et des riverains concernés ;
- une série de reconnaissances sur le terrain menées entre le 31 novembre 2017 et le 13 avril 2018 afin de permettre :
  - o une cartographie détaillée des terrains géologique de surface dans les zones de propagation sous les zones de départ rocheux pour préciser les caractéristiques des sols lors des simulations trajectographiques (carte des "sols") ;
  - o l'identification et la description des zones de ruptures potentielles, conditionnées par leurs paramètres géologiques (lithologiques et stratigraphiques, structuraux...) ;
  - o le levé des blocs éboulés présents dans le versant et autres éléments de géomorphologie rocheuse (zones d'éboulis, de chaos) pour aider à la caractérisation de l'activité rocheuse *in-situ* et les possibilités de propagation rocheuse.

L'ensemble des zones reconnues sur les deux communes est reporté sur l'illustration 11 suivante.

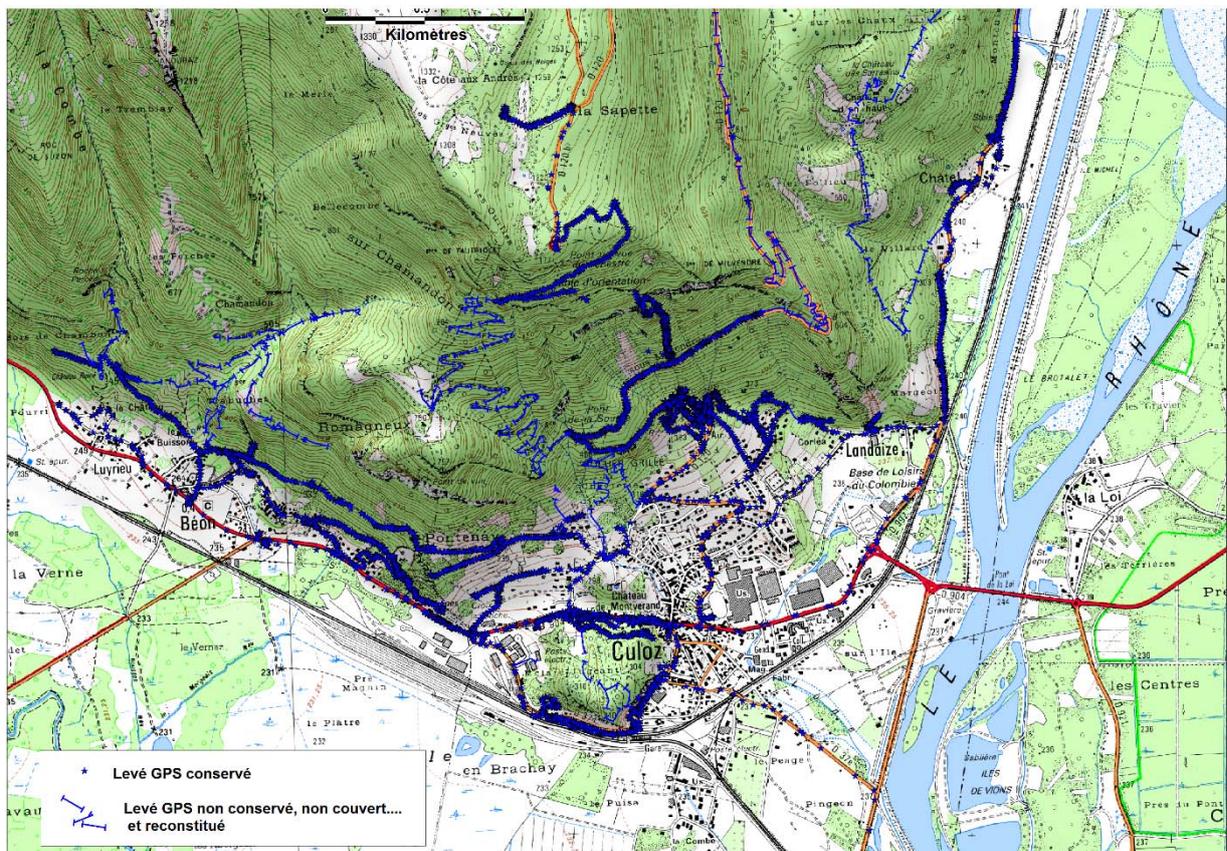


Illustration 11 – zones de terrains reconnus

### 3.1. ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

Pour cette étude, il a été consulté les fonds d'archives publiques suivantes :

- les archives de la DDT de l'Ain ;
- les archives communales de Culoz ;
- les archives du CEREMA de Bron ;
- les archives départementales de l'Ain à Bourg-en-Bresse ;
- les archives intermédiaires du Conseil départemental de l'Ain à Bourg-en-Bresse ;
- Internet (dont notamment la presse régionale ancienne antérieure à 1940, numérisé sur le site <http://memoire.arald.org/>).

La mairie de Béon et la subdivision du Bugey du Service des Routes (CD01) n'avaient pas d'archives écrites probantes à consulter, mais les éléments de connaissance en leurs possession ont fait l'objet d'une restitution orale sur le terrain.

### 3.1.1. Archives de la division de l'Ain :

Outre les demandes de subventions, il comporte deux types d'archives sur Culoz :

- les rapports, notes d'instruction d'élaboration des documents réglementaires (évoluant du R111-3 au PER, puis au PPRN de 2004 et sa révision de 2008) ;
- et les rapports techniques établis par le CETE de Lyon tant au niveau de l'évaluation cartographique de l'aléa, des études trajectographiques pour le dimensionnement des ou la gestion des éboulements (suivi mis en place après l'éboulement de 1990 par exemple).

#### ***Dossiers d'instruction***

La cartographie R111-3 du risque rocheux établie par le CETE en 1991, a fait ensuite l'objet de discussions, observation et surtout ajustements, entre le CETE, la DDE, la DRM<sup>3</sup> et la mairie de Culoz jusqu'en 1994 et même en 1996, du fait principalement des réalisations en parallèle des ouvrages de parade entre 1994 et 2002.

La cartographie R111-3 a été mise à l'instruction par la DDE en 1995 et a été alors transformée en instruction de PPR<sup>4</sup>. Or le décret d'application de la loi du 2 février 1995 qui impose la prescription du PPR par le préfet, date du 11 octobre 1995 et il n'était alors pas connu de la DDE, avant la mise à l'enquête publique qui s'est déroulée du 13 novembre 1995 au 06 décembre 1995 (sans qu'il y ait eu prescription).

Il y a eu en parallèle un travail d'intégration au POS dès 1994 puis différentes modifications ultérieures en fonction des ajustements du zonage réglementaire, au PLU de la commune lors des phases de mise à jour de ces documents d'urbanisme.

La prescription au final du PPR (élargi entre temps à l'aléa inondation du Rhône) a été finalement prescrit le 5 mai 2003 avec une enquête publique du 23.02 au 13.03.2002 et une approbation en date du 9 Juillet 2004.

La carte résultante de l'aléa rocheux pour ce PPRN de Culoz est donnée en illustration 12.

Une révision partielle du PPR limitée au seul secteur du Jugeant à hauteur de la Gare, suite à la réalisation d'ouvrages de protection (modification du zonage réglementaire sans modification de la carte d'aléa) a été approuvée au 5 Décembre 2008 (illustration 13).

#### ***Dossiers d'études techniques***

Trois types d'études techniques ont été réalisées par le CETE de Lyon :

- les études d'évaluation du risque rocheux (rapport principal daté de décembre 1986 et rapport complémentaire datée de janvier 1988) ;
- les études trajectographiques pour la définition des ouvrages de parades rocheuses ;
- les études connexes comme le suivi de la zone d'éboulement du 18 février 1990 sur le flanc sud du Mollard Jugeant.

---

<sup>3</sup> Délégation aux risques majeurs (ministère de l'environnement)

<sup>4</sup> L'instauration des PPR suite à la loi du 2 février 1995 abrogeant l'instruction des R111-3.



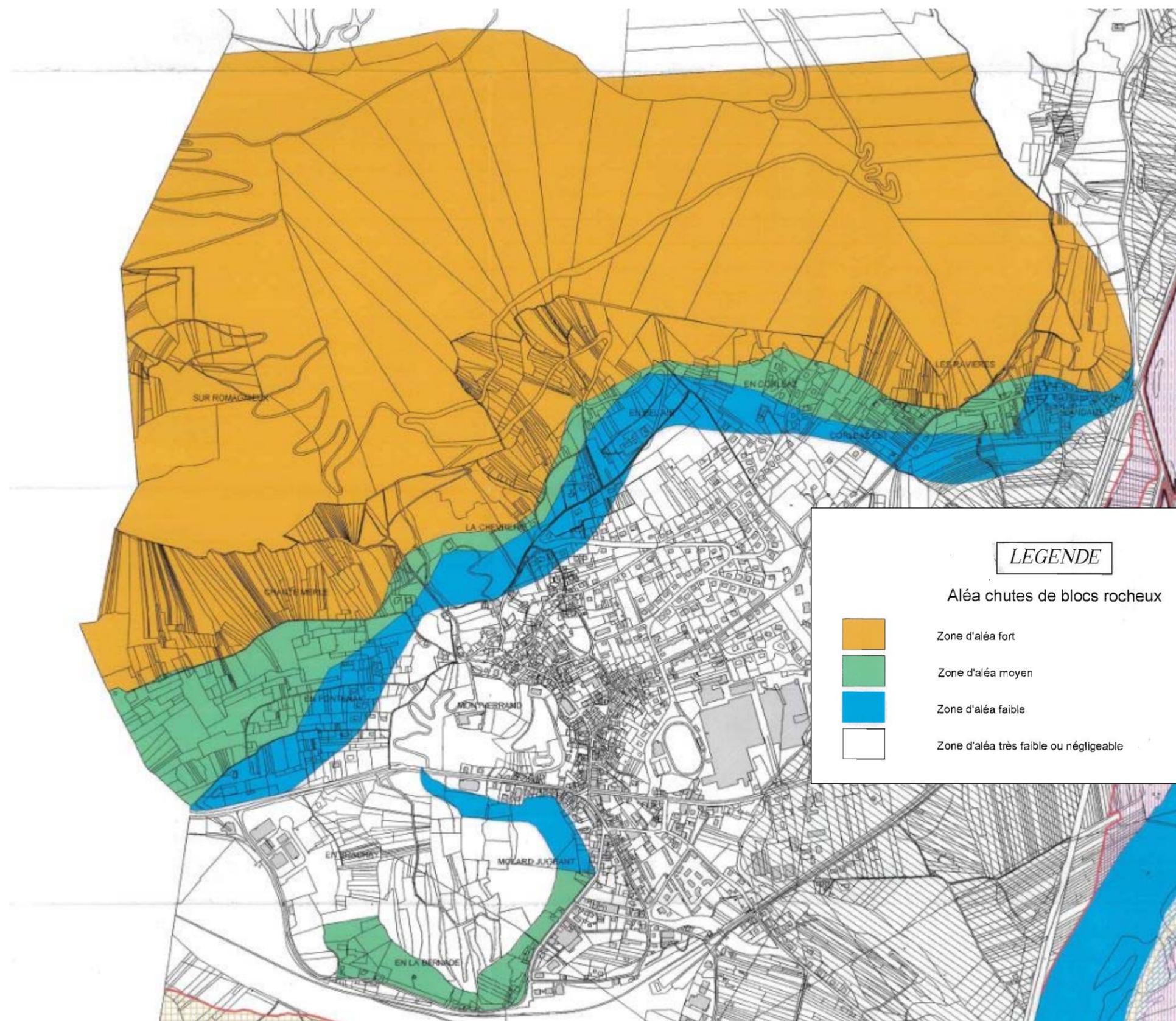


Illustration 12 – zonages de l'aléa rocheux du PPRN de 2004 (non impactée par la révision de 2008)

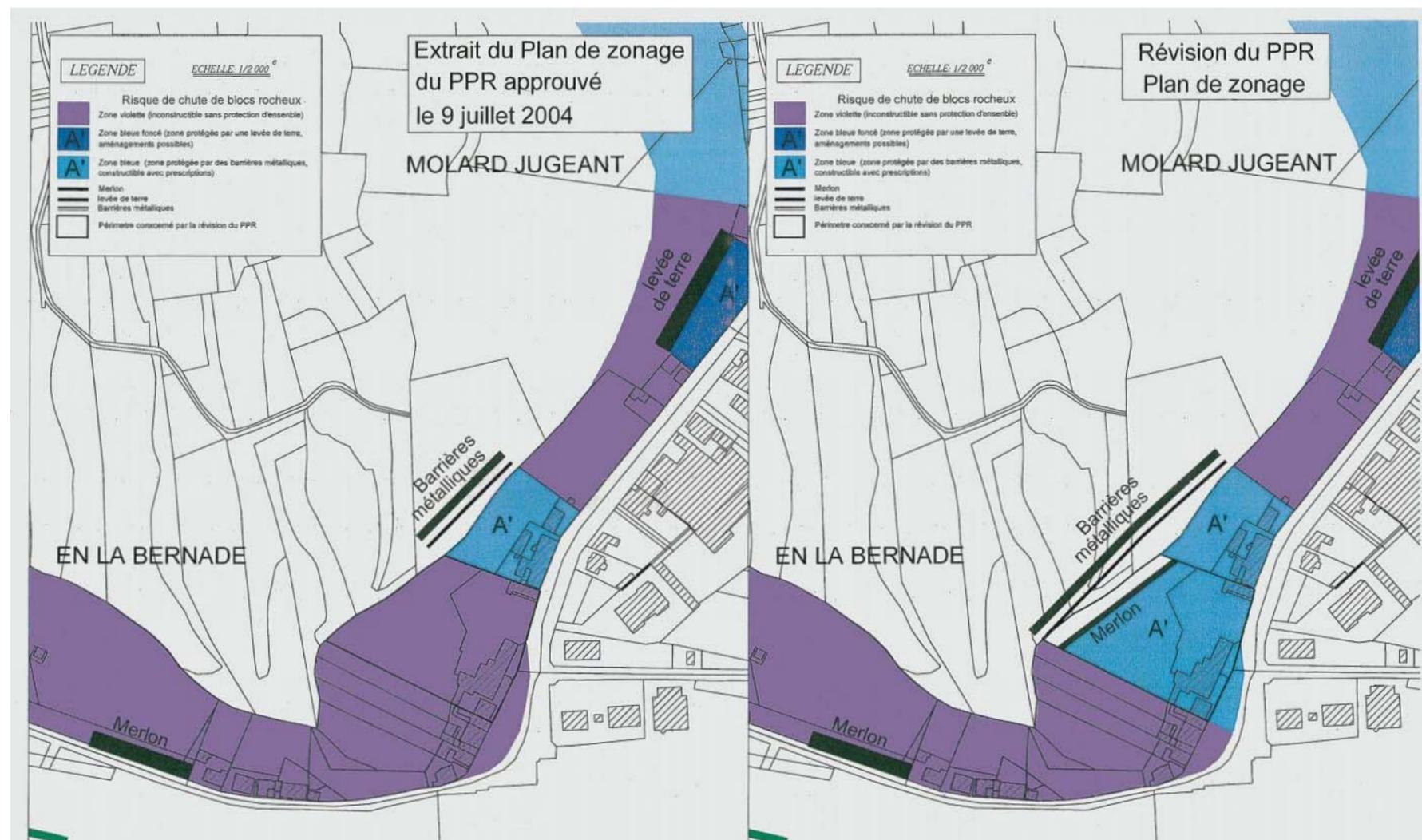


Illustration 13 – modification du PPRN de Culoz sur le flanc sud-est du Mollars Jugeant avenue de la gare à Culoz

Zone Homogène	Risque d'éboulement en masse				Risque d'éboulement limitée / chute de gros blocs				Risque de chute de blocs				Risque de chute de petits blocs / pierres			
	Volume	bloc de référence	niveau	échéance	Volume (m3)	bloc de réf.	niveau	échéance	Volume	bloc de réf.	niveau	échéance	volume	bloc de référence	niveau	échéance
Pontenay	jusqu'à plus de 10 000 m3	<=100 m3	faible	moyen terme	50, 100	jusqu'à plus de 10 m3	modéré	moyen terme	10 à 20 m3	+/- 1 m3	élevée à très élevée	moyen terme				
Milvendre Ouest (Chevrerie, Bel Air)					oui	?	modéré (propagation élevée)	moyen terme	< 20, 30 m3		élevé (propagation modérée)	moyen terme				
Milvendre Est	>> 100 m3 <=1 000 m3	<=100 m3	faible	moyen terme	entre 20 et 100	5 à 10 m3	modérée (voire élevée)	moyen terme	5 à 10 m3	+/- 1 m3	élevée	moyen terme	1,0,1 à 0,2		élevée	court terme
Landaize	>> 100 m3 <=1 000 m3	<=100 m3	faible	moyen terme	entre 20 et 100	5 à 10 m3	modérée (voire élevée)	moyen terme	5 à 10 m3	+/- 1 m3	élevée	moyen terme	1,0,1 à 0,2		élevée	court terme
Jugeant flanc Est partie Nord		non			oui	??	??	??								
Jugeant flanc Est partie centrale		non					non			+/- 1 m3	modérée	moyen voire court terme		< 0, 1 m3	modérée	court terme
Jugeant flanc Est Hotel Cornu (sud)		non					non		7 à 30	+/- 1 m3	très élevée	très court terme		quelques litres	très élevée	permanent

Illustration 14 : synthèse du risque rocheux à l'issue des premières études CETE de Lyon (1985-1988)

### **\* Etudes d'évaluation du risque rocheux**

Les premières études d'évaluation du risque rocheux aboutissent à :

- une première quantification de l'aléa de rupture par zone homogène globale (synthétisé dans le tableau de l'illustration 14 ci-avant) ;
- une première estimation de l'aléa de propagation, grâce à une série de profils trajectographiques (20), matérialisée par une limite de constructibilité ;
- une définition très sommaire de la typologie des ouvrages de protection à mettre en œuvre (merlons, filets haute capacité) et estimation très grossière de leurs coûts, permettant d'envisager la constructibilité en amont de cette limite de constructibilité.

Le premier rapport de 1986 se limite au secteur de la falaise de Pontenay, aux falaises côté Landaize et à la seule falaise kimméridgienne de Milvendre. Le second rapport de 1988 complète la partie ouest du Rocher de Milvendre par la prise en compte des autres falaises en jeu (les falaises oxfordiennes en dessous et la falaise portlandienne au-dessus) et aborde l'examen du Mollard Jugeant, ceci uniquement sur les falaises du flanc est<sup>5</sup>. Pour cette dernière, l'évaluation s'est fait sans trajectographie et la constructibilité n'est pas délimitée précisément, juste indexée aux parcelles concernées (soit en gros l'ouest de l'avenue de la Gare).

La propagation a été modélisée avec l'aide de profils perpendiculaires à la pente, des données topographiques du 1 / 25 000 en prenant en compte des blocs de 1 à 10 m<sup>3</sup>.

Le rendu cartographique final se limite (illustration 15) à une cartographie à 1/5000 (deux A3 accolées) précisant la limite de constructibilité, la position des ouvrages de protection envisagées pour les zones bâties, ou à bâtir (en cours de construction ou non).

Ces 2 études ont servi à une déclinaison quasi immédiate par le CETE en 1991 de la première cartographie du périmètre du risque rocheux R111-3.

En 1996, le CETE est intervenu pour un complément d'évaluation du risque rocheux sur le flanc est du Jugeant au sud de la zone déjà étudiée en 1988, à hauteur de l'Hôtel Cornu.

### **\* Etudes trajectographiques pour la définition des ouvrages de parades rocheuses**

Une première étude de définition préliminaire des ouvrages de parade a été faite par le CETE dès novembre 1988 sur les secteurs d'En Corleaz (Lotissement dit des Ravières) et d'En Corleaz Est (20 trajectoires pour 3 merlons). Ce projet a dû faire l'objet d'adaptation technique du merlon projeté aux difficultés topographiques rencontrées lors de sa réalisation en 1994 sur le secteur d'En Corleaz avec substitution locale du merlon à deux reprises par des filets Haute Capacité.

Une seconde étude de définition préliminaire des ouvrages de parade a été faite par le CETE en 1996 dans la continuité est de la première étude pour protéger Landaize (hameau et usine) à l'aide de 2 merlons (et deux profils trajectographiques). En 2000, l'étude préliminaire est reprise, modifiée et poussée jusqu'à la définition des 2 merlons définitifs.

---

<sup>5</sup> Et encore que la parte dite de l'ancienne carrière au nord de l'hôtel Cornu, en écartant la partie sud du flanc est.



Illustration 15 – rendu cartographique final du CETE (janvier 1988)

### 3.1.2. Archives de la mairie de Culoz

Un premier lot d'archives prêtés en septembre 2017 et restituée lors de la réunion officielle de démarrage contenait nombreux d'informations indirectes (instructions des opérations, courriers, dont des correspondances à finalité techniques, judiciaire) et les rares études techniques étaient déjà connues.

Les études d'évaluation du risque rocheux de 1986 et 1988 de CETE sont venues, avec la définition d'une zone d'inconstructibilité, remettre en cause la faisabilité d'un lotissement communal dit des Ravières situé en amont de la limite de constructibilité et sur lequel les premières constructions démarraient et nombre de projets de maisons individuelles se sont retrouvés gelés dès porter à connaissance des études CETE.

L'étude menée à titre de contre-expertise du cabinet Sanglerat datée du 31 aout 1989 pour le compte d'une association de riverains culoziens ne remet pas en cause cette limite de constructibilité sur tout son tracé entre Pontenay et Landaize. La situation restera ensuite très tendue et compliquée à gérer pour tous les acteurs publics comme privés (contentieux juridique pour la mairie portée devant le tribunal) sur ce lotissement de Ravières jusqu'à la fin des travaux de protection en 1995, qui permettra alors à certains projets immobiliers restés en suspens et au final faisables, d'arriver ensuite à la construction initialement souhaité.

Un second lot d'archives récupéré en janvier 2018 contenait au milieu de nombres de documents administratif plusieurs études techniques inédites :

- Etudes (1990-1993) de diagnostic puis de suivi de la falaise sud de Jugeant par le CETE de Lyon suite à l'éboulement du 18 février 1990 ;
- Etudes complémentaires d'évaluation du risque et de définition des ouvrages de parade sur le versant est du Jugeant (études Géolithe, Géopluton, IMSRN) ;
- Dossier des ouvrages exécutés (CAN).

Les fractures ouvertes détectées en mars 1990 après examen de la zone de départ de l'éboulement du 18 février 1990 par le CETE ont conduit à leur surveillance après pose d'étriers métalliques en septembre 1990 : les mesures effectuées entre 1990 et 1993 n'ont pas permis de détecter des mouvements significatifs au-delà du bruit de fond.

En 1993, le BET Géolithe réalise une étude de définition des ouvrages de parade sur le flanc est du Jugeant diagnostiqué par le CETE en 1988 (sous la supervision de ce dernier organisme, intervenant en AMO pour la mairie de Culoz).

En 2001, le BET Géo-pluton précise la définition des ouvrages de parade sur le flanc est du Jugeant (notamment à l'aide de 11 profils trajectographiques), toujours avec la supervision du CETE de Lyon.

Le BET IMSRN en 2005 validera les ouvrages d'exécution, dont la dernière phase de travaux sera réalisée par CAN : au nord, la zone des fronts de taille de l'ancienne carrière sans enjeux à l'aval n'a été que partiellement sécurisée par une levée de terre de 3 à 3,5 m de haut, susceptible de retenir la majorité des départs rocheux. Sur les parois naturelles de falaise présentant des signes d'écaillages avancées en partie haute, outre des ancrages, un double jeu de filets a été déployé sur les vires du flanc protégeant les enjeux bâtis. Sur le restant de la falaise sans instabilités présentes prononcées, tout au plus une courte levée de terre d'au plus 1 m distante du pied de falaise joue un rôle de piège à cailloux très imparfait.

Enfin, en 2013, le BET IMSRN fait un diagnostic rocheux localisé sur le flanc sud du Jugeant au niveau de 4 maisons situés rue de Leyrieux et prédimensionne les ouvrages de parade (pas de dimensionnement définitif des ouvrages d'exécution, faute de l'étude trajectographique associée). Le secteur étudié concernait entre autres la zone ayant fait l'objet d'un suivi extensométrique par le CETE entre 1990 et 1994.

### 3.1.3. Archives du CEREMA de Bron (ex-CETE de LYON)

Une grande partie des documents produits par le CETE ayant déjà au préalable été consultés dans les archives de la DDT ou de la mairie de Culoz, ne sont pas révoqués ici.

La consultation des archives du CEREMA (ex CETE de Lyon) en février 2018 a permis de retrouver l'étude de définition préliminaire des ouvrages de parade au niveau de Pontenay datée de mars 1998 (6 profils trajectographiques pour la réalisation ultérieure du merlon de Chantemerle).

### 3.1.4. Archives départementales intermédiaires et définitives de l'Ain

Les archives intermédiaires du Conseil Départemental de l'Ain ont juste permis d'identifier

- un marché de travaux de sécurisation de l'éboulement en masse du talus routier de la RD120 de 1999 sur le flanc est du Grand Colombier a permis d'avoir quelques détails sur cet éboulement qui a été suivi par le CETE et qui a défini les principes de sécurisation ;
- une étude très préliminaire des travaux de sécurisation à mener sur la RD120 sur les flancs du Grand Colombier avec leur hiérarchisation.

En ce qui concerne les Archives Départementales classiques définitives de Bourg-en-Bresse, il est fait référence, mais sans le localiser précisément, à un éboulement de 600 tonnes affectant la RD37c sur le flanc sud du Jugeant en date du 04/04/1965 (référence d'archives 271W42).

### 3.1.5. Internet

Il a été retrouvé dans la presse ancienne l'existence d'un éboulement rapporté dans le journal de l'Ain daté du 30 septembre 1863 sur la commune de Culoz et ayant entraîné la destruction d'une maison (illustration 16), sans plus de précision sur le volume en jeu, la localisation : les blocs massifs anciens situés dans le secteur de Corleaz et des Chagrines pourraient correspondre à cet évènement de la seconde moitié du XIXème siècle.

**A CULOZ, la maison de M. Charvin a croulé par suite d'un éboulement de terres et de pierres qui se sont détachées de la montagne; plusieurs des locataires ont eu quelques contusions, toutefois sans gravité.**

*Illustration 16 – extrait du Journal de l'Ain du 30 septembre 1863*

## 3.2. INVENTAIRE HISTORIQUE DES PHENOMENES

De nombreux évènements récemment survenus sur Béon et Culoz ont été inventoriés (tableau de l'illustration 17) et datés plus ou moins précisément, ceci jusqu'à cet évènement ancien le plus ancien connu de 1863 (mais non localisé précisément).

On différencie les mouvements connus par leurs zones de départ de la plupart connus par les éboulis stoppés à l'arrivée et/ou après impact sur les bâtis. Les éboulements en masse ont été différenciés

Enfin, Il a été différencié les mouvements à occurrence unique de ceux ayant connus plusieurs occurrences (2 à 3), de ceux à activité qualifiée de « récurrente ».

Le gel hivernal (illustration 18) affecte les falaises et donne lieu à des départs récurrents de pierres, voire de petits blocs (moins d'un m<sup>3</sup>). Cette activité est systématique chaque hiver sur la RD120 qui est fermée sur la zone impactée. De manière moins fréquente (mais plusieurs fois en général sur 10 ans), les blocs observés sous Milvendre autour de la RD120 atteindraient quelques mètres cube.

Ils ont été reportés sur l'illustration 18 suivante :



N° Evenements	Date du désordre	Commune	Lieu-dit	Volume total	Volume de plus gros blocs	Descriptif	Localisé	Domage aux batis	Autres dommages	Commentaires
21	14/08/2018	Culoz	couloir résiduel sur merlon RD120		0.6 m3		O			
20	juin-18	Béon	Briseveau	environ 25 m3	4 m3	départ en falaise, contenu dans la fosse supérieure de l'ancienne carrière	O	non		autre blocs vieux de quelques années jusqu'à un de > 1m3
19	21/01/2018	Culoz	Chatel (Nord)	qq dizaines de m3	autour de 0.5 m3	surtout coulée de boue mais charriage des blocs rocheux	O	non		réactivation du 18/06/1988
1	08/03/2017	Culoz	Bel Air	> 1000 m3	50 m3	PCS activé : Antenne, Réservoir AEPet 2 maisons épargnées de peu	O	non	RD120	lourdement impacté sur 3 Virages
18	01/01/2014	Béon	Chemin de Chanduraz	0,15 m3	0,15 m3	50l en 2014, 150 l en 2009/2010	O	non	bordure VC	environ 2009 /2010
17	01/01/2006	Culoz	Landaize		1,5 à 2m3		O	non	non	
2	27/04/1999	Culoz	flc Est Colombier	1200 m3	>4 m3		O		RD120	réactivation de 100 m3 en début juin
16	25/04/1999	Culoz	Chatel (Nord)	20 à 30 m3		bloc de 0,7 m3 sur la RD992	O			réactivation du 18/06/1988
15	18/02/1990	Culoz	Jugeant Sud RD37c	100 tonnes	1.2 m3	leve de terre effectué pour risque résiduel et suivi qq années	O	non	RD37c + voiture	
14	18/06/1988	Culoz	Chatel (Nord)	qq centaines de m3		surtout coulée de boue mais charriage des blocs rocheux jusqu'à la RD992	O			
13	févr-87	Culoz	En La Bernardie		700 Kg	filet mise en place ensuite	O			
12	01/01/1986	Culoz	Corléa Est							
11	01/01/1975	Culoz	avenue Gare		3,5 tonnes	filet mise en place ensuite	O	maison touchée		
10	01/01/1966	Culoz	Sous Pontenay		4 à 5 m3		O			
B	04/04/1965	Culoz	Jugeant Sud RD37c	600 tonnes			N			archives AD01 : 271W42
9	récurrente	Béon	Chemin de Chanduraz			maison impactée à 3 reprises +/- faiblement	O	oui	non	
8	récurrente	Béon	sous le Devin			ruine régulièrement touchée	O	non hors ruine		
7	récurrente	Béon	sous GR et chemin de Chanduraz		<0,25 m3		O	maison touchée à trois reprises		dont evenements 2010, 2014
6	années 1940/1950	Culoz	Bel Air		<1m3	deux blocs <1 m3 dans bordure vigne au dessus de Bel Air	O	non		témoignage oral
5	années 1940/1965 ??	Béon	Cougeuse	?	?	maison détruite sous le cimetière par éboulement	O	oui		témoignage oral
A	30/09/1863	Culoz	??			maison de Mr Chauvin détruite par éboulement	N	oui		presse
4	indéterminé	Culoz	Corléa		1 à 5 m3	blocs présents les plus aval d'un ancien cone d'éboulement en masse	O			
3	indéterminé	Culoz	Corléa		10 à 40 m3	blocs présents les plus aval d'un ancien cone d'éboulement en masse	O			

Illustration 17 – inventaire des désordres rocheux sur les communes de Béon et Culoz (Ain)<sup>6</sup><sup>6</sup> Le N° de l'évènement a été reprise dans la carte informative finale.

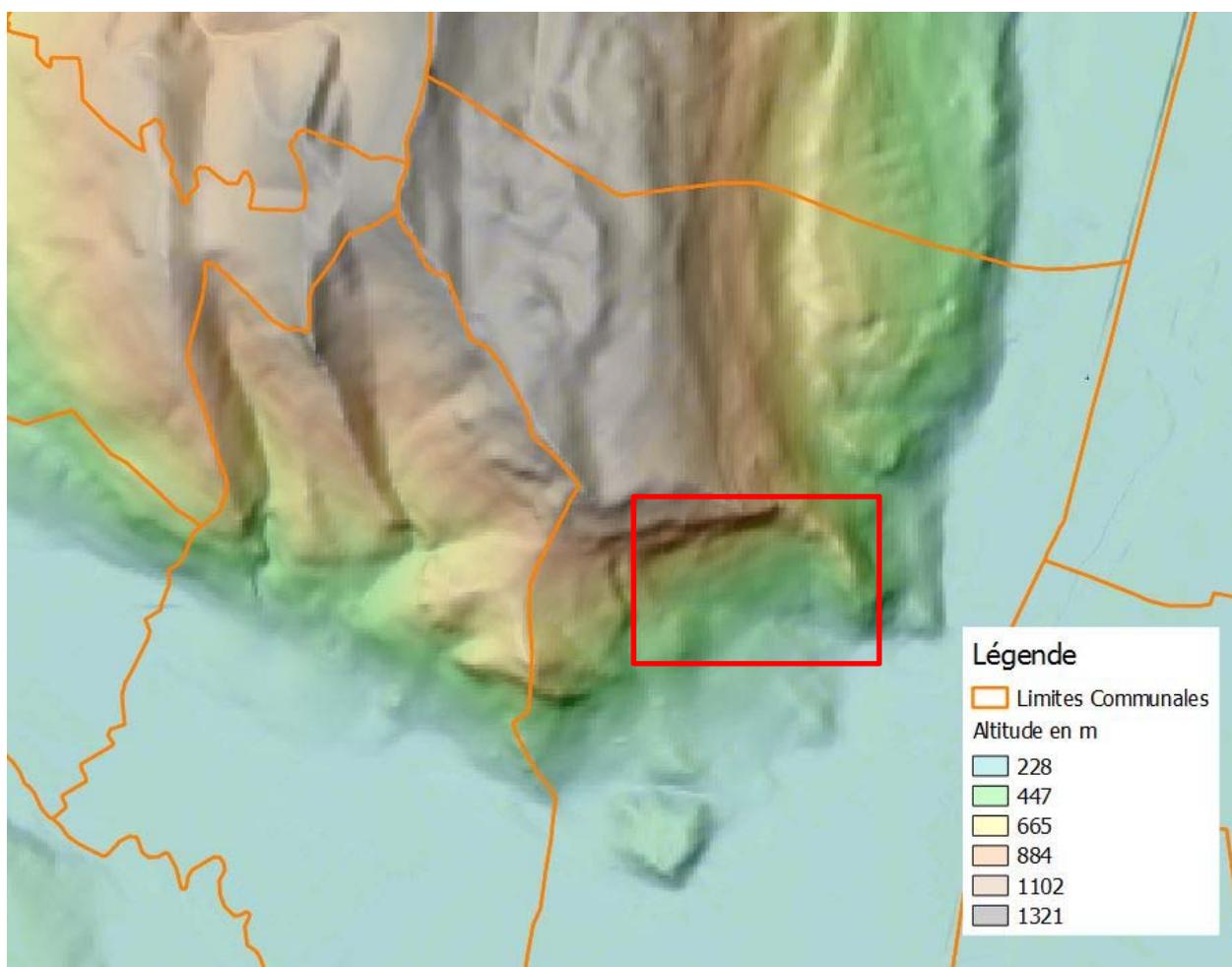


### 3.3. LEVE TOPOGRAPHIQUE

Il a été utilisé le MNT au pas de 5 m établi de l'IGN (RGE Alti 5m de 2015 de l'Ain). A l'usage, celui-ci semble d'une résolution moindre que 5 m (mode dégradé), avec un effet de lissage marqué, masquant les quelques étroites contrepentes existantes comme celles artificiellement créées par les merlons de parade.

L'utilisation de ce MNT (illustration 19) a permis :

- l'identification des zones de départ préférentielles : barres rocheuses clairement apparentes, barres rocheuses « masquées » sous la végétation notamment à partir des cartes des pentes (illustration 18) et des reliefs (MNT ombré, orthophotos IGN et ©GoogleEarth);
- l'extraction de profils-type nécessaires à la réalisation des simulations trajectographiques.



*Illustration 19 – restitution du MNT ombré au pas de 5 m, avec localisation (carré rouge) du secteur ayant fait l'objet d'une acquisition LIDAR en 2017 (voir illustration 19)*

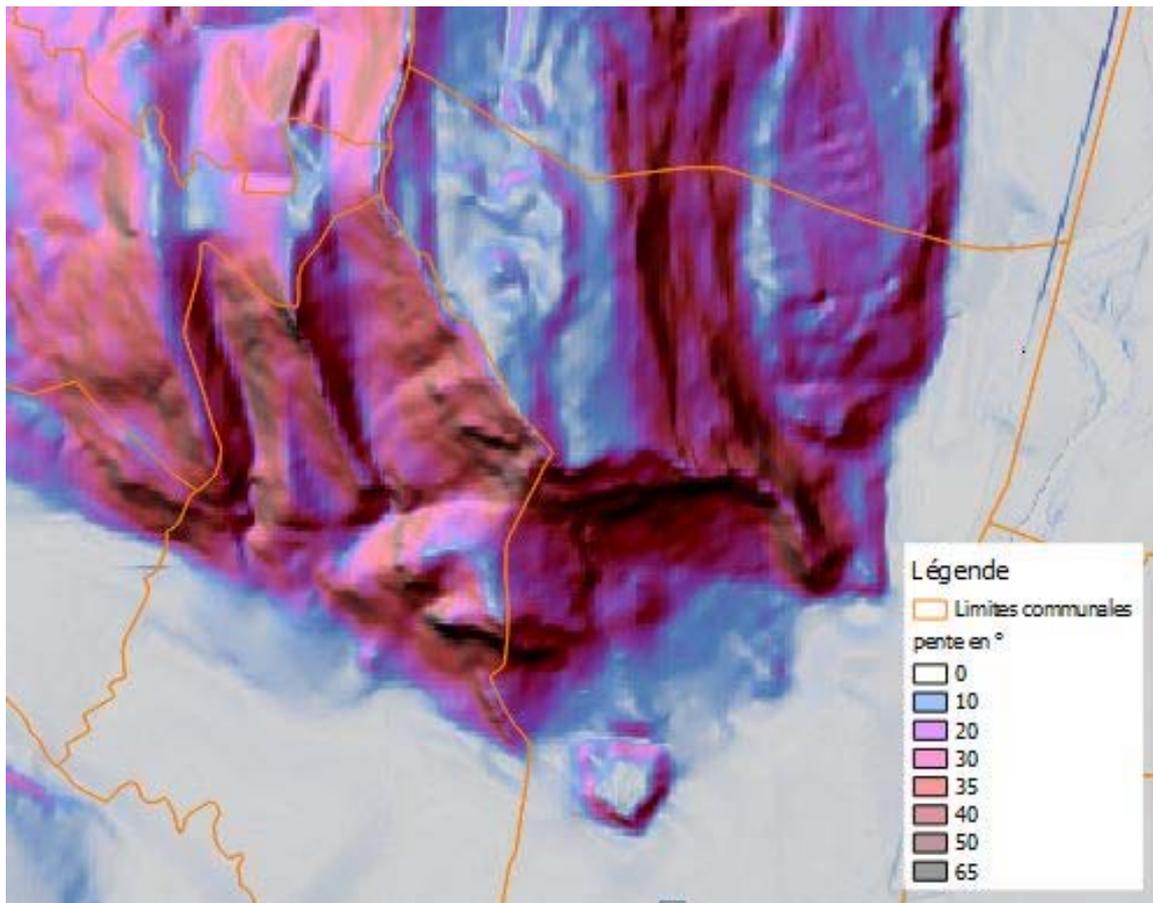


Illustration 20 – restitution du MNT à 5 m (carte des pentes)

Localement, avec les acquis faits en 2017 par l'étude de SAGE sur le secteur des falaises de Milvendre, un semi de points bien plus précis a été acquis, permettant de disposer d'un MNT représentatif au pas de 2 m et non lissé (illustration 21). Celui offre un niveau de contraste bien meilleur, même si en bordure et ponctuellement dans les zones boisées (par exemple à hauteur des merlons qui protègent le lotissement des Ravières) il y a un manque de données acquises fiables et du coup une restitution localement incorrecte.

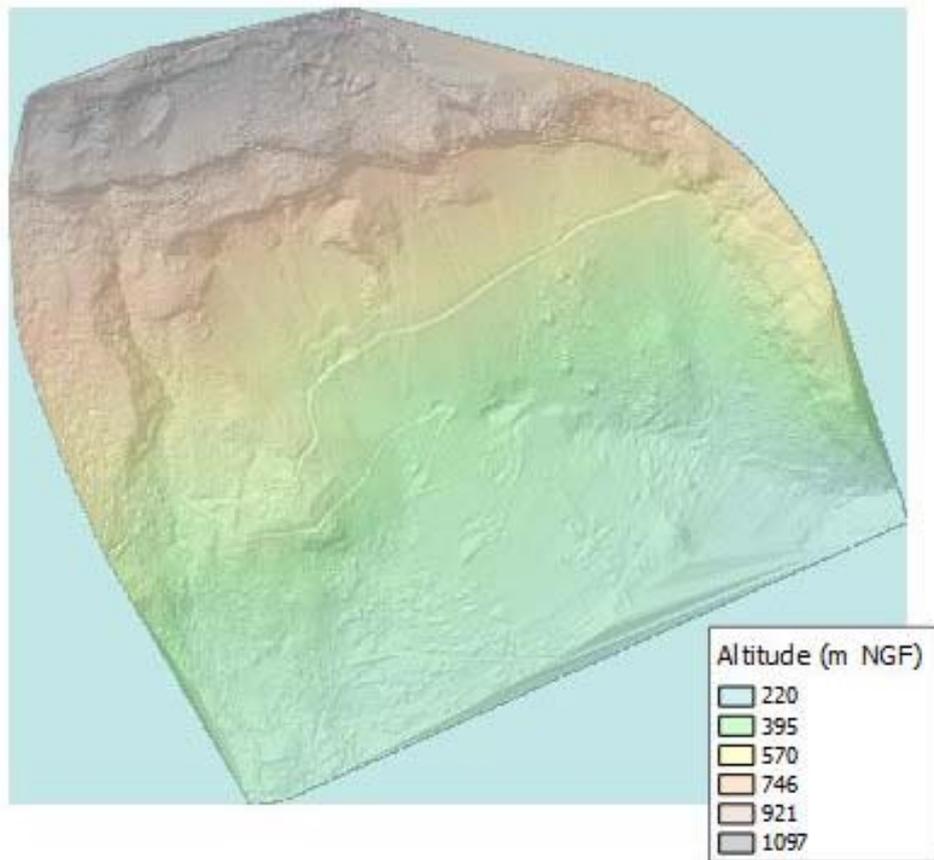


Illustration 21 – restitution du MNT local à 2 m sur Culoz, secteur de Milvendre

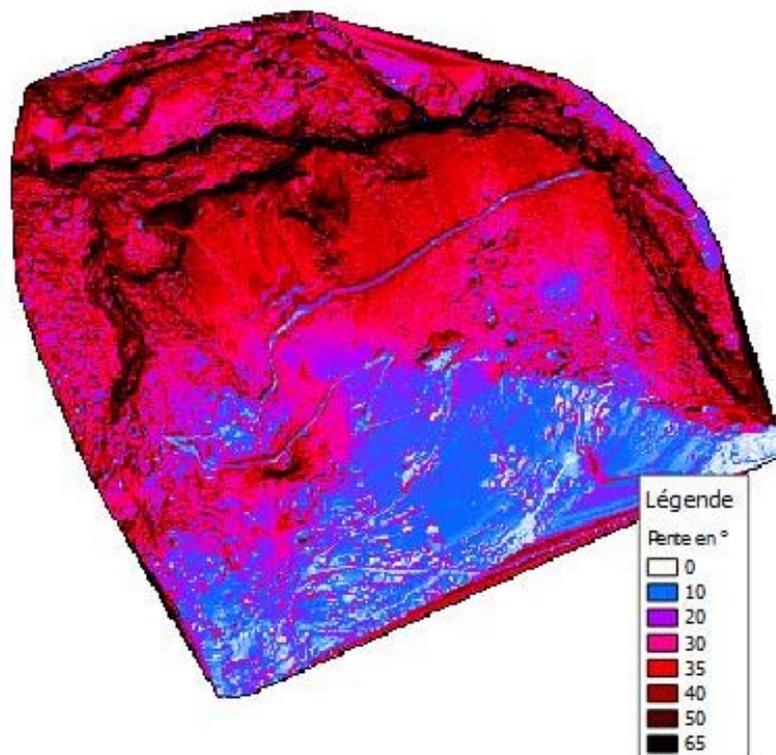


Illustration 22 – restitution du MNT local à 2 m sur Culoz, secteur de Milvendre (carte des pentes)

### 3.4. LEVES GEOLOGIQUES

Les levés pédestres réalisés et l'exploitation des images aériennes ont permis d'affiner la connaissance géologique de la zone issue de la carte BRGM au 1/50 000 :

- distinction des faciès géologiques ;
- nature et représentation spatiale des formations superficielles.

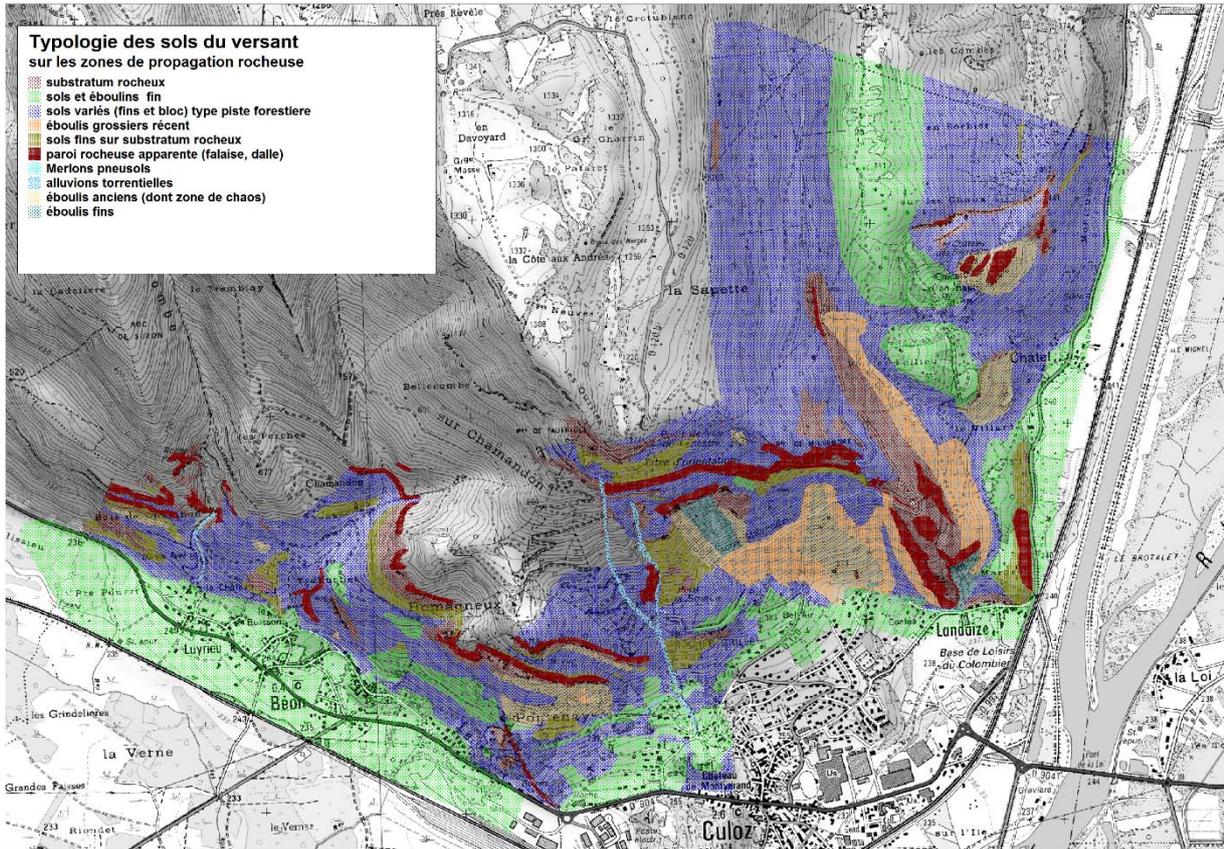


illustration 23 – cartographie lithologique des sols de versant

Les faciès géologiques présents sur les parois rocheuses et dans les zones de propagation aval s'organisent autour de deux pôles et leurs altérations :

- Les formations carbonatées en place, à matrice rocheuse presque exclusive mais plus ou moins altérée et érodées, et plus ou moins à l'affleurement, siège des dépôts rocheux ;
- Les zones d'éboulis et autres formations superficielles issues de leurs remaniements et de leurs érosions, présentes sur un substratum carbonaté (calcaire sinon marneux voire localement argileux). Elles masquent largement les autres formations présentes (comme les vires marneuses) et se confondent parfois avec elle (colluvions argileuses sur zones argilo-marneuses à l'affleurement de l'Infra-Bajocien ou de l'Oxfordien).

La précision des contours entre les différents faciès géologiques reste souvent entachée d'une erreur notable liée à la couverture végétale (notamment boisée) qui recouvre et masque largement la surfaces des flancs de versant.

### 3.4.1. Falaises, ressauts et talus calcaires

Les calcaires représentent le faciès lithologique dominant du massif du Grand Colombier mais ceci sous des formes extrêmement variées, en lien avec les éléments géomorphologiques suivants :

- la puissance des différents horizons calcaires, aptes à former des parois verticales métrique (court ressaut) à hectométrique (falaises de grande hauteurs) ;
- les éléments structuraux des couches calcaires : pendage, plissement et fracturation géologique;
- du degré d'altération rocheuse, à commencer par la karstification plus ou moins présente, la sensibilité au gel, accentuée par les venues locales d'eaux karstiques ou sinon plus ou moins diffuses ;
- de la morphologie globale des différents versants du Grand Colombier, en lien avec l'étagement normal des formations calcaires d'âge successive, ou le biais des surfaces de chevauchement.

#### ***Principales falaises présentes, falaises de Milvendre et du Pontenay***

Deux horizons géologiques différents sont le siège des principales falaises de la zone d'étude :

- falaises bajociennes de Pontenay (flanc sud-ouest du Grand Colombier) : elles affleurent (illustration 24) sur l'ouest de Culoz à la faveur d'un plissement pour atteindre jusqu'à près de 120-140 mètres de haut. Ces falaises à ossature relativement horizontale se prolongent ensuite sur Béon par une bande de falaise continue de 70 m environ de puissance, qui rejoignent un large dôme calcaire affleurant sur plus de 120 m de dénivelé, surplombant le centre bourg de Béon. Après une courte interruption, les falaises bajociennes se poursuivent de manière discontinue, d'abord en situation de tête de versant (Romagneux Ouest) puis d'arrière-versant, pour des puissances moindres bien qu'encore significatives (Chamandon, Chanduraz) car restant sur de hauteurs verticales de dénivelé d'ordre pluridécamétrique ;
- falaises kimméridgiennes de Milvendre puis des Ravières du flanc sud du Grand Colombier (illustration 25) : ce sont des couches à net pendage global vers l'Est, plus ou moins plissées. Les parois verticales sont pluridécamétriques (jusqu'à plus un maximum de 200-250 m de dénivelé en amont et à l'est de Bel Air).

Du fait d'un pendage assez systématiquement vers le nord (généralement léger, sauf sur les compartiments chevauchés du flanc sud-ouest du Grand Colombier, où il peut être plus prononcé), toutes les falaises orientées au sud sont donc en position d'amont pendage, ce qui est plutôt en faveur de la stabilité.

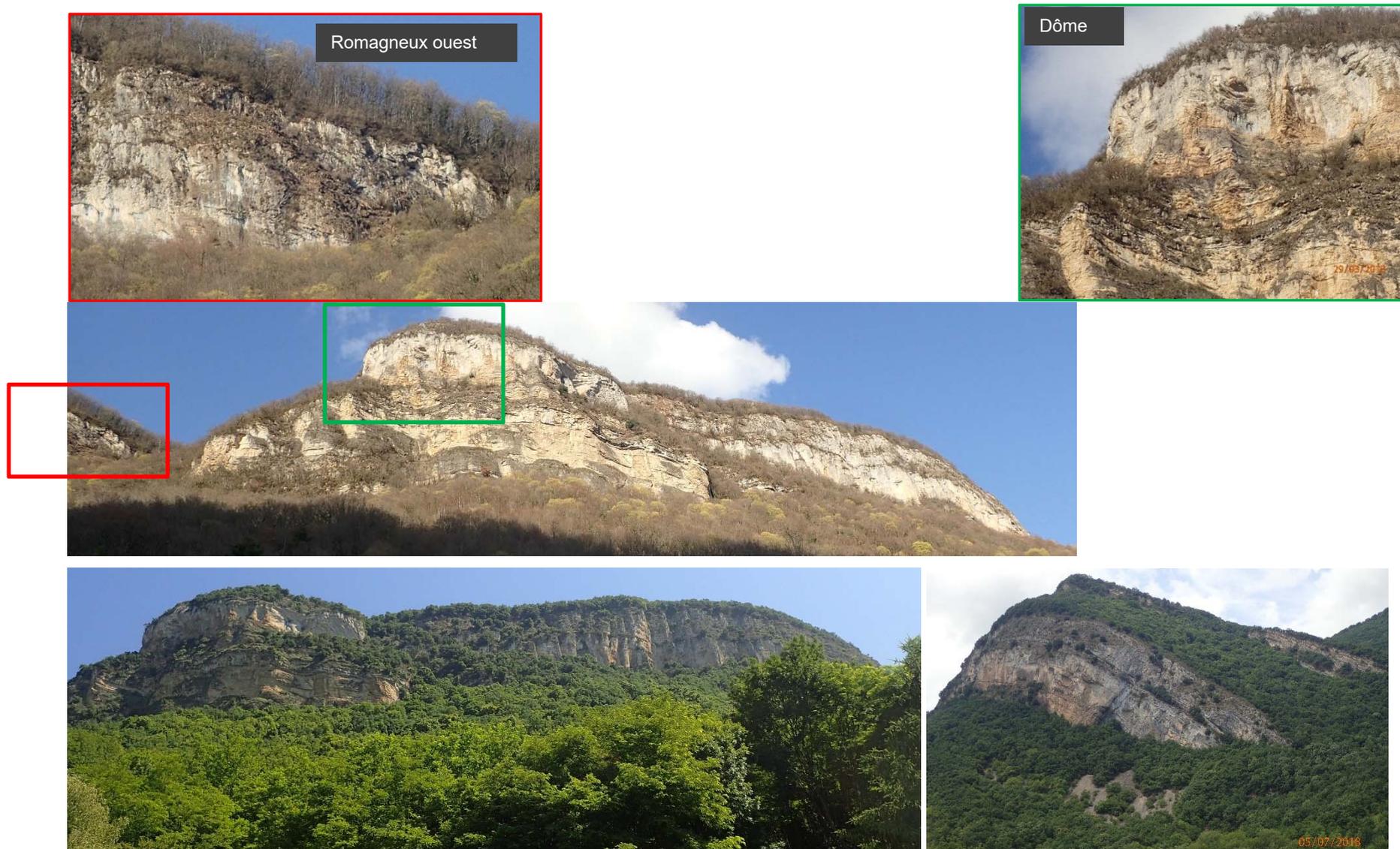


Illustration 24 – falaises de Pontenay et de Romagneux

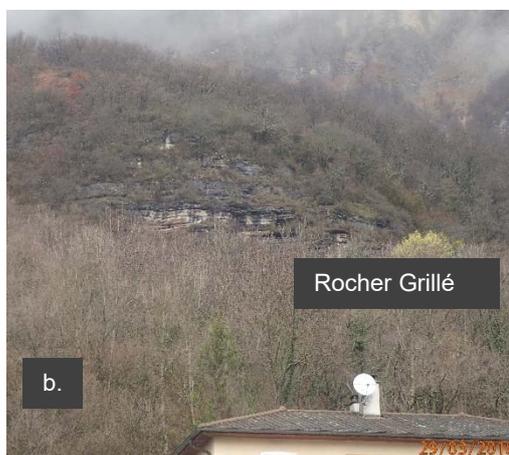
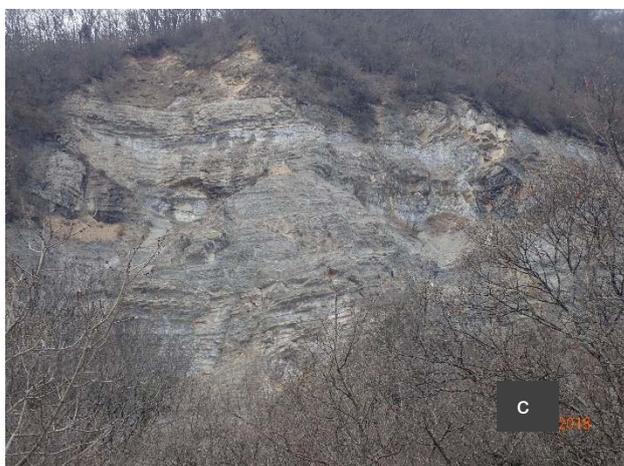


Illustration 25 – falaises de Milvendre et de Ravières

***Autres falaises du versant sud et sud-ouest du Grand Colombier surplombant le fond de vallée du Rhône***

Il existe bien d'autres horizons géologiques à l'origine de falaises ou ressauts verticaux rocheuses dans le versant au dessus du fond de vallée du Rhône (et de ses enjeux routiers comme bâtis) :

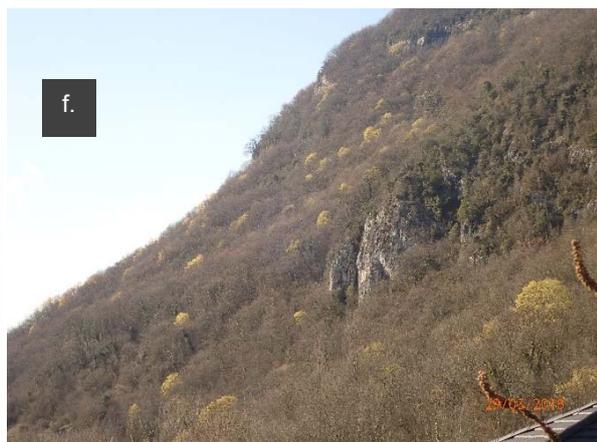
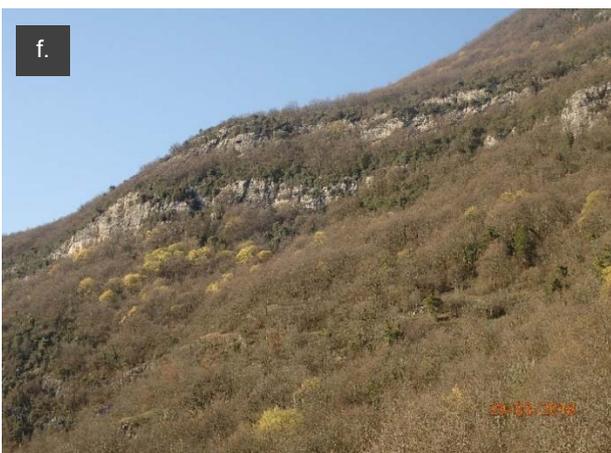
- a. Au-dessus de la falaise bajocienne de Pontenay, on retrouve les horizons des calcaires bathoniens qui forment en étage supérieure une seconde falaise régulière en son milieu, haute de 20 à 30 mètres. Dans sa partie ouest altimétriquement plus haute, elle se réduit d'abord à une crête rocheuse affleurante sur quelques mètres de haut, de plus en plus discontinue avant de disparaître. A l'est, après que la falaise bajocienne du Pontenay plonge brutalement à l'est puis disparaît, la falaise bathonienne s'épaissit jusqu'à atteindre près de 50 m de hauteur : les couches y sont plus minces, plus nombreuses et d'aspect plus découpée, altérée. Cette falaise s'interrompt au niveau de l'entaille faite par le ruisseau Jourdan. Dans sa continuité, elle semble ponctuellement ressurgir à hauteur du Rocher Grillé.
- b. Au-dessus de la falaise kimméridgienne, on retrouve une série étagée de courtes falaises/ressauts portlandiennes très régulièrement découpés, qui engendrent des dépôts de blocs peu volumineux (entre 0,5 et 1,5 m<sup>3</sup>) que l'on retrouve en aval éparpillés de manière diffuse dans la vire constituée en surface d'une couche quasi continue d'éboulis fins. Ces barres s'étiolent vite côté est, tandis que plus à l'ouest (vers Pointe de Fauriolet), au niveau du ruisseau du Jourdan, les bancs deviennent plus massifs et plus compacts.
- c. Sous la falaise kimméridgienne et avant l'étage bathonien de Rocher Grillé, on retrouve encore deux horizons de falaise d'âge oxfordien. A l'est du ruisseau Jourdan, la falaise séquanienne dédouble en partie basse la falaise kimméridgienne sur un linéaire horizontal régulier de plus de 350 m de long et pour une hauteur de 20 à 30 m de dénivelé : le cône d'éboulis fins parcouru par un chevelu régulier de fines ravines témoigne d'un matériau plus marno-calcaire que calcaire. En contrebas et à l'ouest du ruisseau Jourdain, la falaise rauracienne affleure ponctuellement de manière massive en amont immédiat du Pont de la Source, avec une surface verticalisée qui dépasse les 50 m de dénivelé. La morphologie actuelle de cette falaise rauracienne fait penser à l'entaille d'une carrière isolée creusée à flanc raide de versant sans qu'on sache si elle est purement naturelle ou en partie héritée d'une ancienne extraction anthropique.
- d. A l'est de Béon, la falaise oxfordienne de Briseveau débute en pied de versant à La Croix de la Roche et elle remonte ensuite le versant en direction du NE sur plus de 560 m avant de disparaître sous les éboulis de la falaise bajocienne de Pontenay. Elle est issue d'un compartiment en chevauchement sur le synclinal de Valromey, lui-même chevauché par le massif du Grand-Colombier matérialisé à son pied, en contact de chevauchement, par la falaise bajocienne du Pontenay : cette falaise de Briseveau présente une paroi verticale au jour variant de 10 m en pied de versant jusqu'à plus de 40 m au tiers de versant : la hauteur de falaise verticale s'amenuise ensuite (en partie noyée sous le cône d'éboulis) à une hauteur de 20, 30 m. En partie basse, les calcaires sont assez massifs et compacts tandis qu'en partie haute, ce sont plutôt des bancs massifs séparés par des interlits plus argileux et plus ou moins sous-cavés par des surplombs.



- e. A l'est du Bourg, le versant rocheux se manifeste au-dessus du GR par un talus rocheux, formé par plusieurs ressauts subverticalisés successifs oxfordiens, siège de nombreux départs de pierres et petits blocs (jusqu'à 150 l) quasiment chaque hiver. Un peu plus à l'ouest, dans le vallon, le versant est constitué en rive gauche (est) par une véritable falaise qui atteint vite 8 -12 m de dénivelé, assez sain, et suivi en pied par un relatif replat jusqu'à l'entaille de la rivière (peu favorable à de longues propagation). Sur la rive opposée, persiste localement une falaise haute de 15- 20 m en retrait à mi-versant à la faveur d'une boucle concave érosive de la rivière, qui disparaît sur le reste de la rive du versant sous forme de pentes fortes tant aval qu'amont



- f. A l'ouest de Béon, ce sont les calcaires du Berriasien du Syndical du Valmorey qui forment en tête de versant une série de barres rocheuses étagées de hauteur verticale d'ordre décimétrique assez régulièrement découpés par la tectonique tout le long des barres. Sous ces falaises, on retrouve assez vite en aval des affleurements rocheux du Tithonique (ex-Portlandien) d'abord assez diffus (pointements isolés ou ressauts à dénivelé métrique) puis allant jusqu'à former ponctuellement une vraie paroi rocheuse verticale pluridécimétrique en limite de commune avec Talissieu au-dessus de la RD904.



*illustration 26 – falaises exposées sur la vallée du Rhône*

### **Falaises d'arrière versant à Béon**

Avant d'aborder le flanc est du Grand Colombier, une rapide mention des falaises d'arrière versant de Béon sur le flanc sud-ouest du Grand Colombier est donnée ci-dessous :

- a. A l'ouest des falaises berriasiennes du Syndical du Valmorey, le ruisseau temporaire d'une vallée rectiligne très encaissée dans le secteur de Roche Percée a incisé deux importants verrous rocheux kimméridgiens successivement étagés chacun sur plusieurs dizaines de mètres de dénivelé. Outre ces barres rocheuses formant falaises, la même vallée de direction NNW-SSE dite de la Combe est flanquée sur son flanc gauche (flanc nord-est) d'une série de falaises successives étagées et en amont pendage. En aval du verrou du bas, la vallée encaissée serpente en dents de scie et tout bloc en propagation depuis le verrou du base (ou depuis l'amont de ce verrou) ne peut que rester piégé sur place ou juste en aval dans ces dents de scie (en amont du château en ruine, dont le tumulus termine de bloquer la vallée). Un seul bloc ancien a été retrouvé sur place en pied du verrou du bas.;
- b. Plus à l'est, dans le versant au-dessus du hameau du Château, des pierres et petits blocs atteignent assez épisodiquement la piste forestière à hauteur du dernier lacet en aval, qui mène du bourg de Béon jusqu'au plateau au-dessus du Chanduraz. Elles proviennent très vraisemblablement des petits ressauts présents, en contrebas du promontoire avancé des Perches ;
- c. Un éventuel éboulement à hauteur de la crête Chanduraz pourrait rejoindre la vallée des Combes en amont des verrous, et/ou suivre en contrebas l'axe de la crête et rejoindre la vallée du Chamandon (orientée est-ouest), et/ou enfin rejoindre (encore plus en arrière versant) la vallée de BelleCombe Surchamandon. Le promontoire avancé des Perches empêche une éventuelle propagation rocheuse sur le hameau du Château ;
- d. Dans la vallée de Chamandon, plusieurs falaises alentours sont susceptibles d'atteindre le fond de vallée en pente douce. Sur son flanc nord, une falaise bajocienne serpentant sur plus de 350 m de long qui cumule en dénivelé en fond de vallée à une bonne trentaine de mètre de hauteur. La surface de cette falaise est très irrégulière, rugueuse et ne laisse entrevoir que des départs limités, de blocs, infra-métriques. Il en est de même sur le flanc sud-ouest opposée sur les deux falaises en terminaison ouest de Romagneux. Il existe encore sur le flanc nord une seconde falaise supérieure d'âge bathonienne mais d'envergure limitée vue de loin (guère plus importante que la falaise bathonienne du Rocher Grillé) ;
- e. Dans la seconde vallée orientée NNW-SSE de Surchamandon, il y a sur le flanc amont sous le plateau d'importants linéaments étagés de falaises, notamment d'âge kimméridgien (dans le prolongement ouest de celles de Milvendre). Vue de loin, d'importants éboulements (y compris en masse) semblent possibles dans ce cul de sac qui viendraient s'accumuler en pied d'arrière versant, voire même déborder ensuite dans le lit encaissé en amont de la vallée supérieure du Chamandon avant de rejoindre la partie de vallée élargie et à pente douce plus en aval.

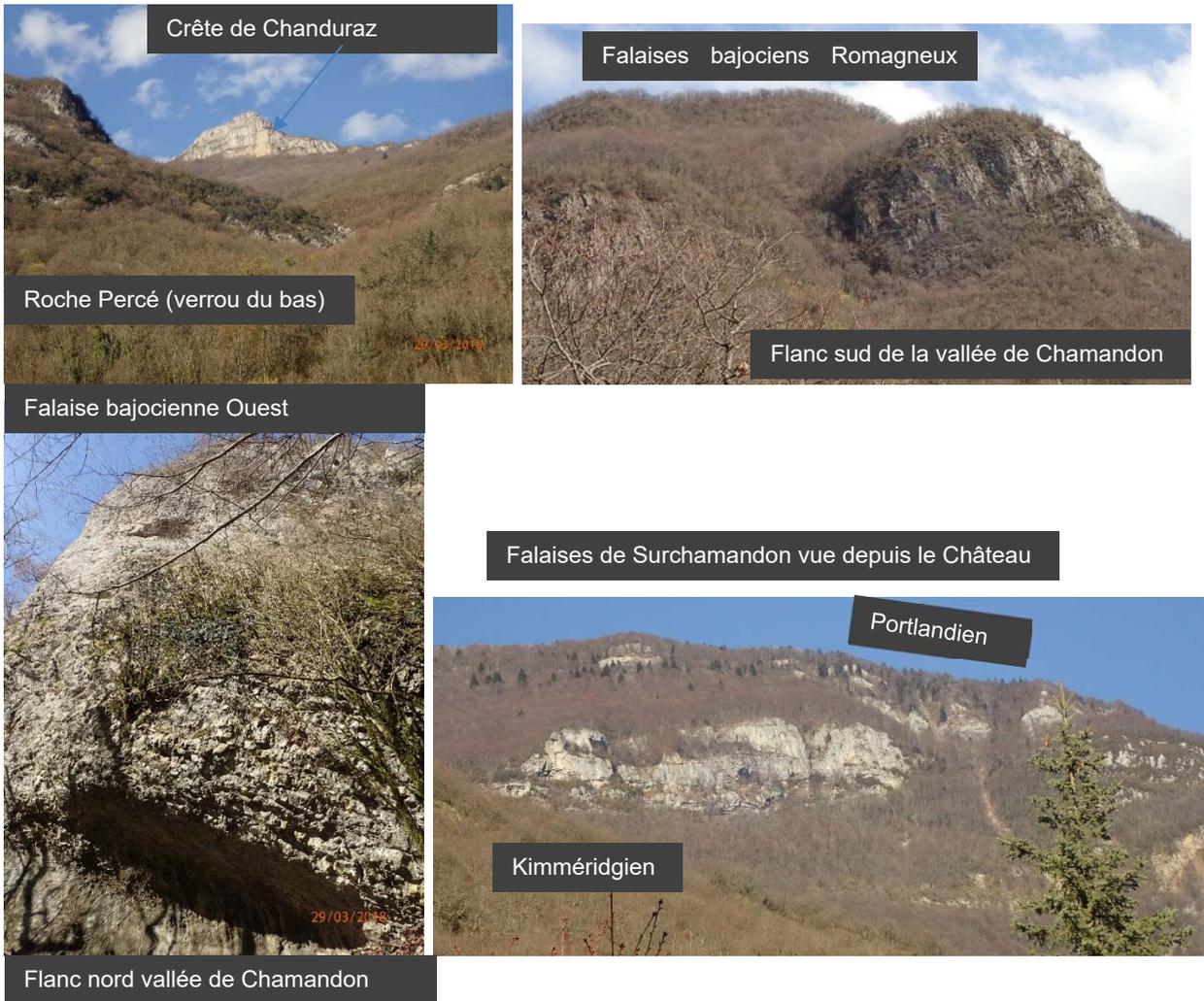


illustration 27 – falaises d'arrière versant sur Béon

### **Flanc est du Grand Colombier (Culoz)**

Sur le flanc est du Grand Colombier, les formations (illustration 28 et illustration 29) sont toutes à pendage est global et ce pendage est plus prononcé en partie haute que la pente topographique avant que cela ne soit l'inverse en partie basse (en rapport avec le synclinal de Bezannes). Le cœur de ce synclinal à mi versant est ainsi constitué à Chatel d'En Haut par les terrains les plus récents, l'Urgonien formant des barres calcaires massives, ici résiduelles et du coup fortement démantelées. Il est entouré en pied de versant (à hauteur de Chatel et plus au nord) et au-dessus dans le versant (à hauteur de la RD120) par les calcaires de l'Hauterivien (siège de l'éboulement en masse de mai 1999) puis par les marnes et calcaires du Berriasien et du Valanginien. On retrouve ensuite le Tithonique (ex-Portlandien) en pied de versant au sud de Chatel (entre Margeot et Villard) et en arrière fond des falaises de Ravières, mais aussi en partie haute du flanc de versant au-dessus de la RD120.

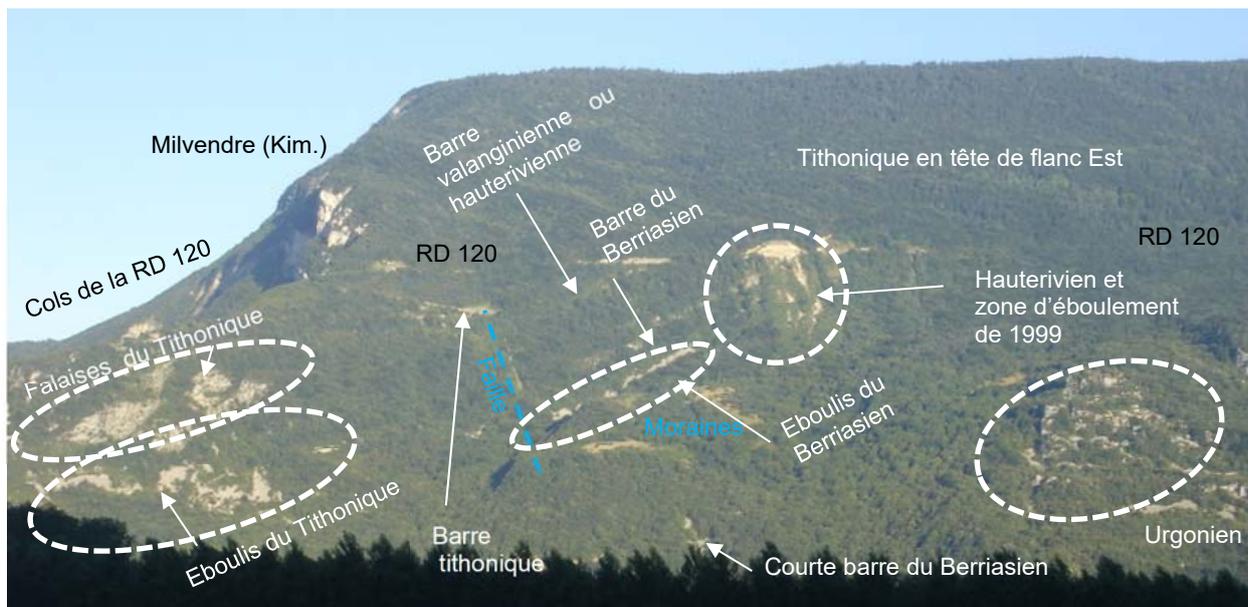


illustration 28 – vue du flanc est du Grand Colombier depuis le versant opposé (BRGM 2008)

Les différentes falaises et ressauts présents sont les suivantes :

- a. Les plus importantes falaises visibles sur ce flanc est sont constituées au sud par les affleurements du Tithonique qui affleurent en aval pendage sous la RD120 au niveau de la zone de col (versant sud-est du massif du Grand Colombier) sur une bande de versant longue de 350 m et large de 20 à 40 m. Une partie des affleurements est constituée par des dalles structurales pentées entre 55° et un peu plus de 80°. L'érosion sur les têtes et surtout les flancs de ces dalles donne alors lieu à des parois verticalisées hautes entre 10 et 20 m de dénivelé comportant quelques bancs massifs. Le pied d'éboulis grossiers s'étale ensuite sur une largeur de versant entre 150 et plus de 200 m de large avant une zone de replat du versant. Il n'y a pas de signes d'activité récente, ni a priori de zones manifestes d'instabilités en masse de ces falaises.
- b. Dans le prolongement nord, ces affleurements rocheux semblent se poursuivre sous forme atténuée et surtout masquée sous la couverture boisée (plus de cône d'éboulis visible non plus). A la faveur d'une faille située 350 m plus loin, ce sont ensuite les calcaires du Berriasien puis du Valanginien (ou de l'Hauterivien) qui prennent le relais mais ils restent masqués sous la forêt (barres étagées tout juste un peu visibles depuis le versant opposés), avec par contre l'épandage d'éboulis rocheux en pied bien visible sur l'orthophoto aérienne sur une longueur de versant de presque 300 m
- c. En poursuivant ce même prolongement, on arrive côté amont de la RD120 dans la zone des affleurements Hauterivien qui se sont éboulés en 1999 en masse notamment du fait des strates en aval pendage. La zone a été stabilisée par risbermes et filets plaqués. Aux abords de la zone sécurisée, certaines strates en aval pendage pourraient à leur tour à terme se mobiliser mais il n'a pas été constaté de signes de mobilisation récente, ni de signes d'imminence de mouvement, sans compter que les volumes en jeu seraient plus a priori quelques m<sup>3</sup>, voire quelques dizaines de m<sup>3</sup> que des centaines ou milliers de m<sup>3</sup>
- d. En partie médiane de versant, dans une zone de relatif replat (pentes plus douces en tout cas) des placages résiduels de moraine sont visibles. Sous cette zone de replat, la pente se raidit un peu avec en tête une courte barre rocheuse résiduelle bien affleurante sur une trentaine de mètres de long à l'horizontale et son flanc d'éboulis en aval, avant que la pente se radoucisse en pied de versant. Dans le prolongement nord de cette courte barre,

le Berriasien ressort sporadiquement sous forme d'un talus rocheux incliné au-dessus du hameau de Chatel, long de plus de 50 m. Au nord de Chatel, il n'est plus visible sous la couverture boisée, ce qui n'y exclut pas au moins de courtes barres résiduelles sous l'Urgonien

- e. L'Urgonien : la partie résiduelle de l'Urgonien à l'extrémité sud du synclinal se présente comme une falaise calcaire de 20 à 40 m de haut qui se serait disloquée très anciennement le long de la pente en trois barres successives : la barre la plus amont en plateure forme un promontoire panoramique appelé le Château des Sarrasins (large de 40 par 90 de long). La barre médiane n'est plus constituée que par une prore rocheuse plantée vers le nord puis un amas de blocs +/- alignée. Enfin la barre aval de 30 à 60 m de large sur 200 m présente une forte inclinaison vers l'aval semble poinçonnée dans les terrains sous-jacents et évitant ainsi sa dislocation complète. Dans son prolongement nord, on retrouve la suite de cette falaise originelle sous forme de barres rocheuses, d'abord une longue barre posée et inclinée vers l'amont (20 à 40 m de haut), puis en barres résiduelles discontinus à plat qui émergent de 10-15 m au-dessus de la forêt et qui chapeautent le bas de versant au-dessus de la RD922. Plus au nord et en amont du Chatel Sarrasin, on retrouve dans une partie médiane de versant relativement en replat une seconde falaise qui ne pointe pratiquement pas plus de 10, 15 m de dénivelé en surface, falaise orientée d'abord plus ouest-est avant de progressivement bifurquer au nord. Cette seconde falaise vient alors dédoubler, ceci plus en amont, la première falaise.
- f. Pour finir, la partie supérieure du flanc est du Grand Colombier est constitué au-dessus de la RD120 par des terrains tithoniques d'abord à pente globale modérée (25-30°) puis qui se raidissent un peu (35-40°) en tête de versant à la bordure du plateau. L'ensemble est entièrement masqué sous la couverture forestière sans aucun affleurement rocheux visible. La présence de matériaux rocheux constituant au moins des zones d'aléa départ diffus n'est confirmée que par les pierres et petits blocs produits chaque année par le gel et piégés par la RD120 et sinon quelques blocs de 0,5 à 4 m<sup>3</sup> plus ou moins anciens, posés de manière éparpillée et lâche sur tout le linéaire de versant.





illustration 29 – falaises du flanc Est du Grand Colombier

### **Jugeant**

C'est une partie avancée du massif du Grand Colombier du fond de la vallée qui a été épargnée de sa disparition complète par l'érosion fluviale et glaciaire, et qui constitue une butte résiduelle (mollard) d'âge essentiellement bajocien (le soubassement aalénien affleure en pied ouest du Mollard) : les strates y sont essentiellement horizontales côté ouest mais à net pendage est sur son tiers est, et avec un très léger pendage systématique vers le nord. On observe aussi des petites zones de plis locaux. Dans le coin Nord-est, le pendage des couches est nettement orienté vers l'Est, en plongeant à 20 -40° avec mise à jour naturel ou anthropique (ancienne carrière dite de l'avenue de la Gare) des strates en dalles structurales.

A l'exception d'une bonne partie de son flanc nord, cette butte est presque entièrement couronnée en tête de ressauts verticaux sinon de falaises (illustration 30) :

- on retrouve avant tout des falaises vives significatives (plus de 10 m de hauteur d'un seul tenant) que sur le flanc est (sur plus de 400 m de linéaire) et sur son flanc sud (dans sa moitié est, sur plus de 200 m linéaire). Sur le flanc nord, sont relevés ponctuellement à deux reprises des parois rocheuses quasi verticales de 12 à 20 m de hauteur respectivement sur 30-40 m puis 60 à 80 m de linéaire (probablement à la faveur de plis locaux);
- sur le flanc ouest et le coin nord-ouest, une courte barre rocheuse de quelques mètres de haut (3 à 6 m de haut) couronne les flancs de la butte à pente modérée sinon un peu raide. Elle est en très grande partie masquée par la végétation et on la devine plus qu'on ne la voit.

- Sur le coin sud-ouest, la barre de 8 à 10 m se dédouble d'abord sur deux niveaux (pour des hauteurs de 5 à 8 m) en amont de l'immeuble de la cité de la Bernade. Plus à l'est, la barre inférieure disparaît sous les éboulis avant qu'une troisième barre sommitale n'apparaisse. Ensuite, la barre intermédiaire disparaît à son tour et la barre sommitale prend de l'envergure de 8 – 10 m de hauteur jusqu'à plus de 35 m (falaise du flanc sud).



illustration 30 – ressauts rochers du Jugeant

Une bonne partie du flanc nord présente des pentes variables, faible à raide, avec des affleurements rocheux plus ou moins présents mais sans vrai ressaut verticalisé. Sur le coin nord-est les pentes sont assez fortes à très raides, ressaut rocheux incliné sans parois verticalisés.

Outre leurs orientations, les deux zones de principales falaises voisines du Jugeant restent pour autant assez différentes.

La falaise du flanc sud du Jugeant (illustration 31) est constituée par les calcaires du Bajocien inférieur, qui sont des calcaires à Entroques à stratification assez fine (bancs d'épaisseur décimétrique, pluri-décimétrique pour les plus épais en tête de paroi). Elle présente à son pied un flanc d'éboulis important côté ouest (jusqu'à une hauteur de dénivelé de 15 m) qui disparaît à l'est (replat direct dans une zone de léger renforcement utilisé en stationnement par les riverains).



illustration 31 – falaise du flanc sud du Jugeant (BRGM à gauche, IMSRN à droite)

Sur son flanc est (illustration 32), la falaise est constituée d'abord par les calcaires compacts coralliens du Bajocien moyen disposés en bancs métriques. Dans sa partie nord où elle a été exploitée, la falaise atteint 60 m de dénivelé et le front de versant suit les strates en pendage aval incliné à 40-50 ° vers le NE suivant les dalles structurales (3 dalles successives séparées par des petits ressauts). En limite sud de carrière, une dent en éperon avancé, « piton rocheux » de 7000 à 8000 m<sup>3</sup>, marque la limite avec la falaise naturelle. Déjà fissurée suivant plusieurs flancs, elle pourrait donner lieu à des départs en masse (sans que cela puisse concerner nécessairement d'un coup tout le piton) qui viendraient s'éparpiller sur le replat du parking. Cette falaise naturelle du flanc est forme un versant quasi vertical haut de 55 m à près de 80 m à son maximum et à son pied un important replat en contact direct ou via un flanc d'éboulis de pied jamais trop développé.

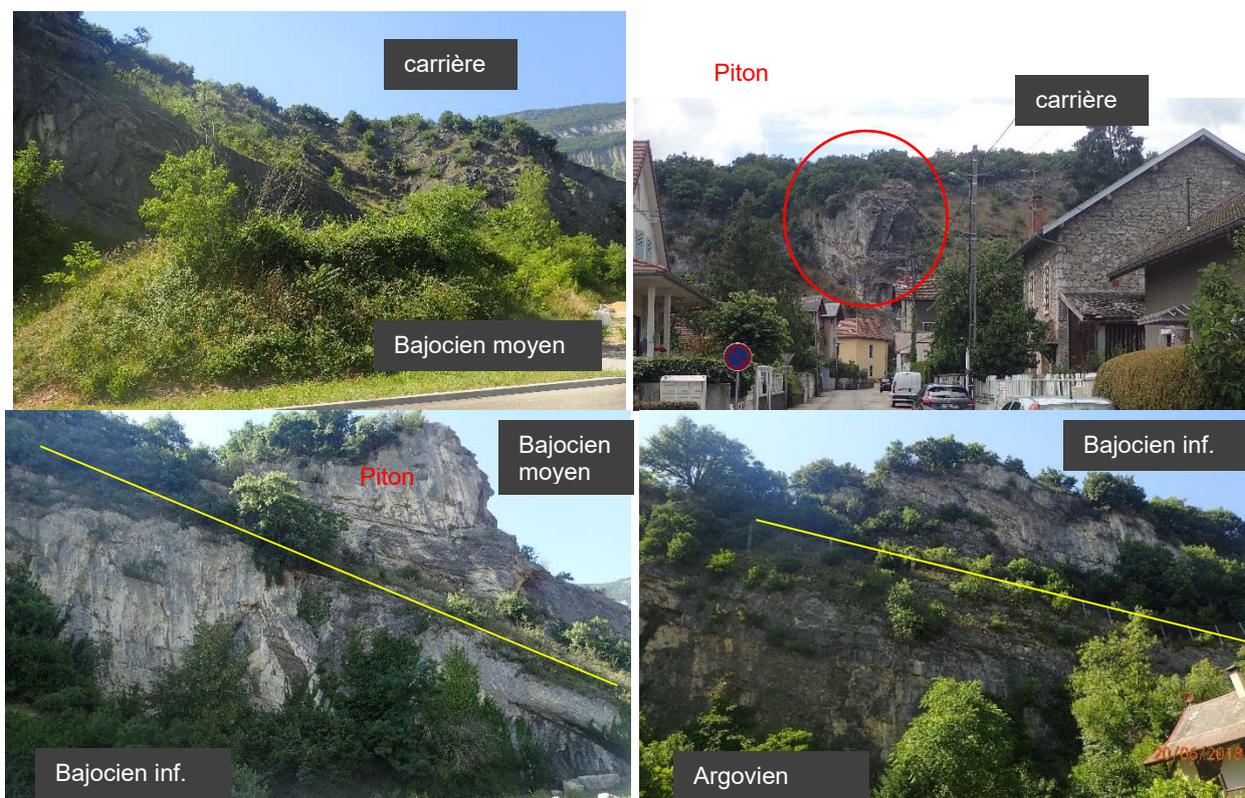


illustration 32 – falaise du flanc est du Jugeant

Au niveau de la carrière, la falaise naturelle est constituée en pied par les calcaires du bajocien inférieur qui apparaissent au jour et d'une falaise supérieure dans les calcaires du Bathonien moyen, séparé par une vire plus marneuse. En allant vers le sud, ces derniers s'amenuisent vite puis disparaissent tandis que la falaise du Bajocien inférieur se développe jusqu'à devenir unique (au nord de l'hôtel Cornu). La paroi gris clair est alors d'aspect massif et sain avec des traces anciennes de suintements très généralisés. Cette falaise du flanc est d'un seul tenant ne dure presque pas, avec l'apparition tout de suite après dans le flanc d'éboulis en pied de versant d'une seconde paroi rocheuse qui va donner lieu à une falaise inférieure qui croît progressivement jusqu'à une hauteur de près de 50 m tandis que les calcaires du Bajocien inférieur, séparés par une vire en falaise supérieure, vont s'amenuiser à 20 à 25 m. Ces derniers, disposés en petits bancs, présentent alors une surface délitée et fracturée et s'écaillent facilement. La falaise inférieure est constituée de marno-calcaires beiges disposés en bancs métriques et à structure quasi tabulaire. Une fracturation parallèle à l'axe de la falaise favorise l'individualisation en blocs et d'écailles de volume. Cette falaise inférieure est d'âge oxfordien (argovien) comme la falaise de Briseveau dont elle est située dans le prolongement et témoigne là encore d'une surface de chevauchement du massif du Grand Colombier.

La surface de chevauchement plonge brutalement dans le coin sud-est du Jugeant et les têtes de falaises du flanc sud et du flanc est chutent toutes deux sur leurs derniers 40 m, se rejoignant sur une crête rocheuse qui ne dépasse pas les 3 m de hauteur de dénivelé.

Pour l'anecdote, on signale la présence d'une masse rocheuse isolée de 70 tonnes posée à plat sur le plateau du Jugeant, non loin de sa bordure sud. Ce bloc erratique est lié au recul puis au retrait du glacier du Rhône lors du Würmien, masse dénommée la « Pierre Levanaz ».

### ***Autres talus rocheux***

Si jusqu'à maintenant, il n'a été fait état que des ressauts verticaux sinon de falaise, on note également la présence de quelques talus rocheux qui ne laissent a priori guère craindre un mouvement rocheux significatif, notamment due à l'inclinaison moindre du versant (propagation au mieux réduite sans grande énergie cinétique associée) et/ou un état des terrains d'allure sain (probabilité de rupture plus ou moins écarté).

Il a été identifié ainsi 2 zones de dalles structurales pentées, vers l'est à 35 à 50 (illustration 33) :

- une discrète dalle rocheuse au nord-ouest du Jugeant, car en partie masquée sous la végétation, sur une largeur de versant de 40 m et pour une hauteur de dénivelé limitée de 12 m. Un peu plus au sud sur le flanc externe nord de l'ancienne carrière, on retrouve à nouveau cette dalle rocheuse sur 50 m de largeur de versant et pour des hauteurs de dénivelé de 8 à 10 m ;
- une imposante dalle rocheuse bien visible le long de la RD922 à Margeot, faisant plus de 320 m de long sur près de 20 à 25 m de dénivelé. La surface de cette dalle est très régulière et d'aspect globalement très sain. Elle est constituée en 3 tenants, séparées par des ressauts rocheux verticaux pouvant dépasser les 2 m et d'où des départs de blocs dans les strates mises à nu restent à craindre. Quelques ravinements ou petites entailles au sein des dalles sont également présents, bien qu'assez diffus.

Côté nord, cette dalle n'apparaît plus affleurante, masquée sous la végétation. Plus au nord, avant d'atteindre Le Villard, la surface rocheuse réapparaît à l'affleurement à hauteur d'une ancienne entaille ponctuelle faite dans le versant sur 40 m de long par une ancienne carrière d'extraction.



*illustration 33 – dalle structurale de Margeot et ancienne carrière proche du Villard*

Côté sud puis vite à l'ouest sur Landaize, l'affleurement rocheux persiste mais il demeure en bonne partie masquée sous une couverture végétale. Sur Landaize Est où les pentes et les dénivelés du talus s'accroissent (jusqu'à atteindre 16 m), des départs de pierre ou de petits blocs semblent possibles.

Au sud de la zone industrielle d'En Brachay au coin sud-ouest du Jugeant, les calcaires gréseux noirs aaléniens, massifs et sains, sont visibles (illustration 34) à l'affleurement rocheux sous forme d'un talus routier en amont de la RD37c. L'affleurement dépasse par endroit plusieurs mètres de hauteur dans une roche saine massive.



*illustration 34 – talus dans les calcaires aaléniens au sud-ouest du Jugeant*

Sur le flanc est du Grand Colombier, en limite de commune avec Anglefort, un talus rocheux de quelques mètres de dénivelé dans l'Urgonien, sur plus de 100 m de long, s'individualise dans une zone de versant à pente douce.

Enfin sur le plateau même du Grand Colombier, on note la présence d'un talus un peu raide dans les calcaires du Purbeckien d'une dizaine de mètres de dénivelé masqué sous la forêt.

### 3.4.2. Eboulis et formations superficielles

Cinq formations dans la zone de propagation rocheuse sous les falaises et ressauts ont été distinguées (illustration 35 et illustration 36) :

- a. Les éboulis grossiers et chaos de blocs : ils constituent généralement le cône d'éboulis en pied des principales falaises par exemple. Les éléments de ces épandages rocheux calcaires sont de taille variables, de moins d'un litre à quelques m<sup>3</sup> (mais parfois plus), plus ou moins granoclassés. Les plus anciens sont émoussés, avec des formes arrondis. On trouve aussi des zones de chaos, masses de grandes volumes (jusqu'à plusieurs centaines et milliers de m<sup>3</sup>) provenant d'éboulements en très masse très anciens (Milvendre) ou du démantèlement de barres rocheuses disloqués dans le versant (Urgonien du Chatel d'En Haut).
- b. Les éboulis fins : ils constituent par exemple le cône d'éboulis en pied des falaises marno-argileuses (comme la falaise séquanienne sous la falaise kimméridgienne à l'ouest de l'éboulement de mars 2017) ou du Portlandien. Ils résultent aussi de l'altération des éboulis plus grossiers. Leurs propres altérations donnent lieu aux colluvions de versant
- c. Les zones d'éboulis hétérogènes, fait de matériaux meubles, à blocs emballés, issues d'un mélange de colluvions fines à blocs par exemple, ou les zones de pistes forestières. C'est la formation la plus couramment rencontrée notamment à mi versant (en général végétalisée – boisée).
- d. Les sols fins sur roche mère : ce sont des zones comportant des colluvions, sols fins continus en surface mais peu épais, sur des surfaces de sol à pente raide ou très irrégulière : ils forment sur les flancs de versant des zones en promontoires ou en replat plus ou moins prononcées.
- e. Les sols fins sur substratum meuble ou de forte épaisseur : ce sont des éboulis fins ou des colluvions qui tapissent à pente régulière le versant. On les retrouve, soit dans les versants dans des pentes pas trop raides où les éléments fins de ces formations superficielles se confondent avec un substratum meuble marno-argileux voire argileux (comme sous les falaises de Romagneux à Trabuchet ou de Pontenay à l'ouest de la falaise et carrière de Briseveau), soit en pente douce dans les pieds de versants : c'est alors la formation présente la plus fréquente en surface, au niveau des enjeux bâtis.





*illustration 35 – formations superficielles*



*illustration 36 – exemples de blocs isolés*

### 3.5. SPECIFICITES IDENTIFIEES SUR L'EXPLOITATION DE BRISEVEAU (BEON)

En limite est de la commune de Béon, juste avant celle de Culoz, cette carrière d'extraction du calcaire pour le ciment a été surtout exploitée par exploitation à ciel ouvert à partir des fronts initiaux de la falaise naturelle, donnant lieu à deux larges fosses distinctes étagées le long du versant.

Par contre, en pied de versant, en amont immédiat des installations de la carrière et ceci jusque au démarrage de la fosse inférieure, plusieurs puits verticaux de diamètre conséquent (3 à 5 m) et d'environ 8 à 10 m de profondeur (sinon plus) ont été retrouvés (illustration 37 et illustration 38) avec leurs orifices ouverts. Cela pose un double problème :

- un risque accidentel de chute corporelle dans la colonne des puits, faute de protection de l'orifice (l'ouvrage semblant le plus récent en béton a au moins une margelle de hauteur pluridécimétrique mais rien de plus et de suffisant pour prévenir tout risque de chute). Les autres orifices de puits repérés sont situés à ras le sol sous un taillis plus ou moins ombragé ;
- un risque d'effondrement de ces ouvrages abandonnés depuis longtemps (pas immédiat sur l'ouvrage au cuvelage béton), notamment ceux au muraillement maçonnés en tête. Si la ruine de ces ouvrages peut se produire par rupture de la colonne du puits sur tout son dénivelé, c'est au niveau de la tête de puits en surface que l'effondrement peut être le plus à craindre en terme d'occurrence, d'intensité du mouvement de terrain (entraînement dans l'effondrement des terrains déconsolidés de surface formant un large cône évasé tout autour du diamètre déjà conséquent de la colonne de puits. Le très mauvais état constaté de la maçonnerie du cuvelage de tête (largement fissuré, quelques départs de pierre) observé sur deux puits ne fait que craindre à brève échéance un tel scénario.

Le rôle exact de ces puits n'est pas connu. Ils pourraient ne s'agir que de puits pour les besoins en eau de la carrière lors de son exploitation. Mais d'autres usages (exploitation, recherche) sont également possibles et pressentis. Ces puits laissent craindre que l'extraction ait pu aussi être menée au moins localement en souterrain à faible profondeur (pratique courante), ce qui laisserait la possibilité d'effondrement au jour après la ruine au fond des ouvrages souterrains laissés ouverts et non remblayés (galeries, chantiers).



*illustration 37 – puits au cuvelage béton retrouvé en aval de la fosse inférieure*

Compte tenu de la nappe alluviale de fond de vallée toute proche, on n'attend pas en tout cas dans ce scénario possible des vides souterrains résiduels très étendus en profondeur.

Ne s'agissant pas de l'objectif de l'étude, toute la zone n'a pas été reconnue et il est à craindre la présence d'autres ouvrages ouverts dans ce secteur sans protection.

Un autre risque dans ce secteur (mais sans plus aucun rapport avec les mouvements de terrain cette fois ci) provient des bâtiments abandonnés en état de ruine avancée, tant de la maçonnerie que les éléments d'échelle permettant la liaison entre les installations étagées dans le pied de versant.

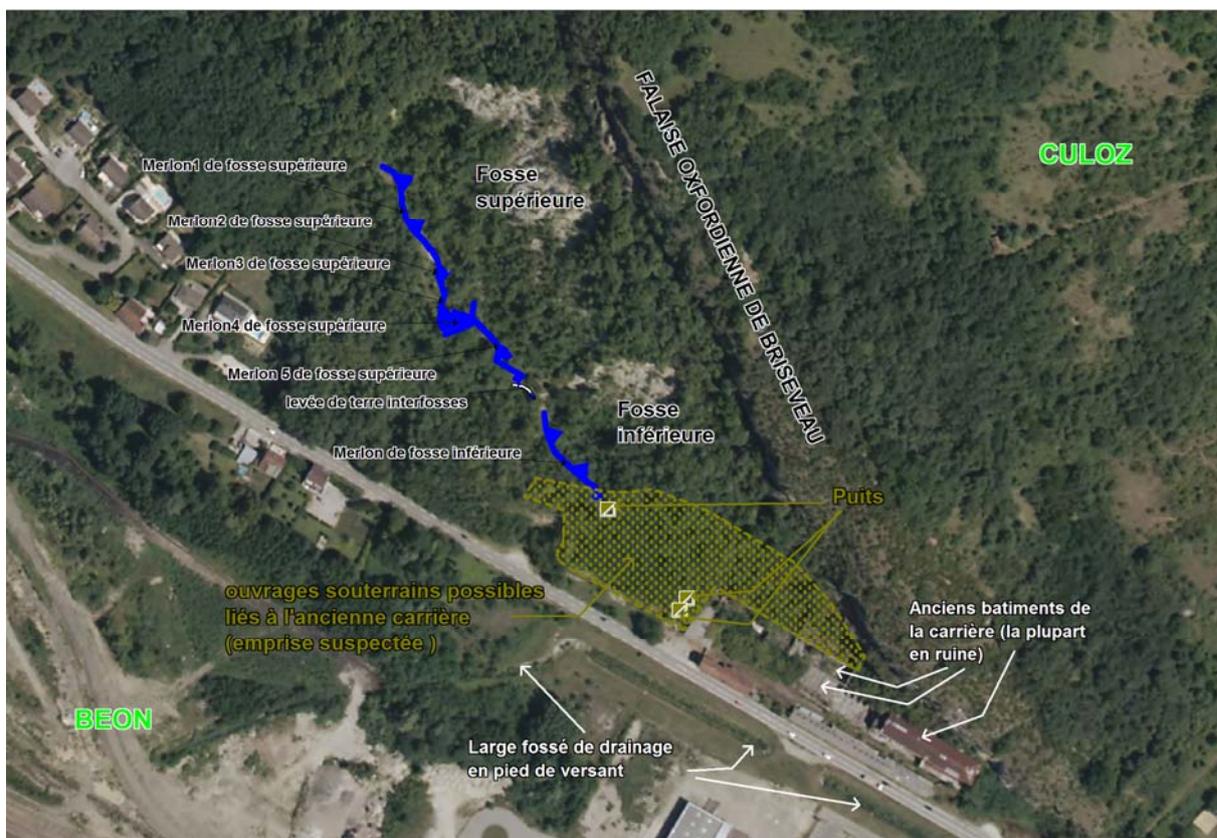


illustration 38 – secteur de la carrière de Briseveau (dont les ouvrages de protection contre les chutes rocheuses)

### 3.6. EXAMEN DES CARTOGRAPHIES REGLEMENTAIRES PRE-EXISTANTES

De la limite de constructibilité de 1988 du CETE de Lyon<sup>7</sup> dont le tracé n'est pas précisé de manière explicite (probablement la limite maximale de propagation des modélisations trajectographiques faites) découle la cartographie du R111-3 retenu (illustration 39) avec :

- en amont de cette limite, une zone qualifiée de risque fort (en rouge) avec discrimination sur les flancs est et ouest de zones constructibles sous conditions qualifié de risque fort à moyen ;
- en aval, une zone de risque faible définie comme une zone d'imprécision, du fait des nombreuses incertitudes inhérentes de l'étude trajectographique mené à 1 /5000, d'une largeur tampon de 100 m (réduite à 50 m côté Est où l'étude trajectographique est à une échelle moindre estimée à 1/1000 ;
- l'ajout du secteur du Jugeant ;

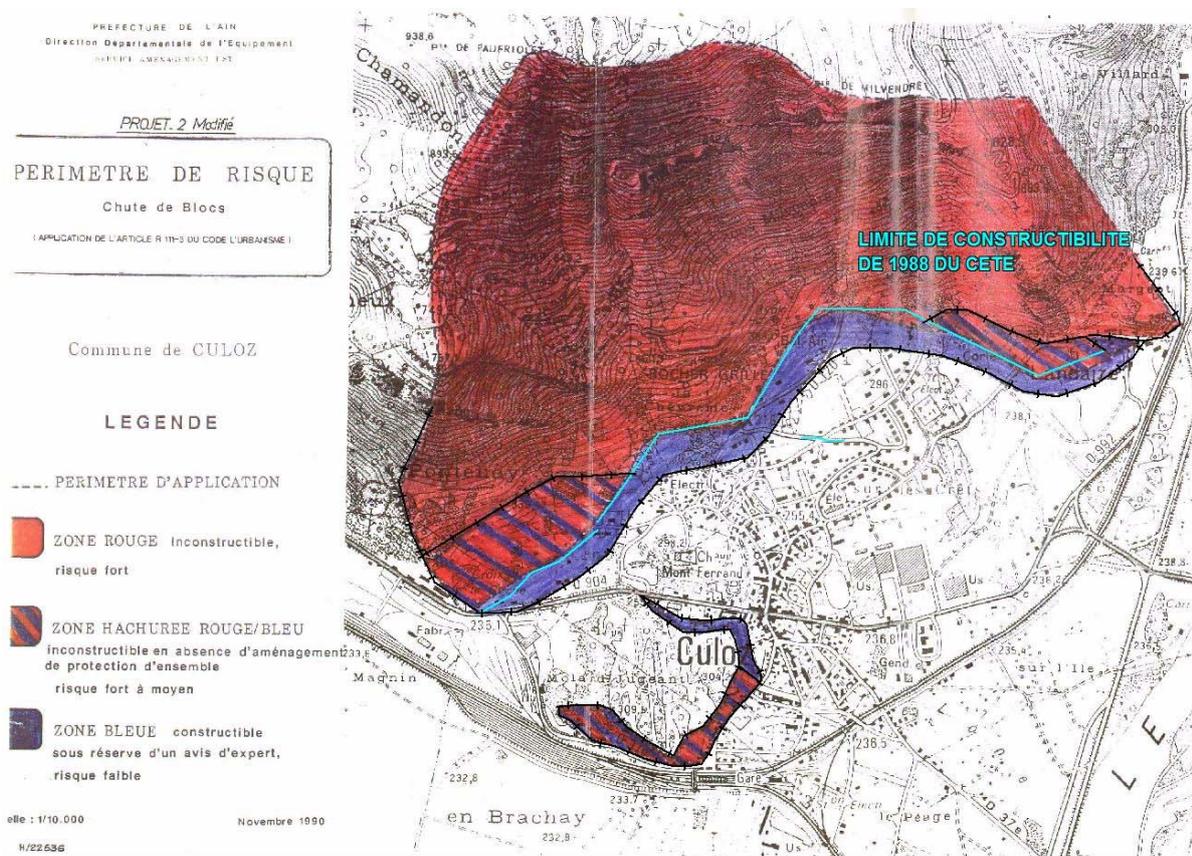


Illustration 39 – cartographie R111-3 pour la commune de Culoz

Cette cartographie a ensuite inspiré la cartographie de l'aléa rocheux de 2004 (illustration 40), pour laquelle seules des explications génériques sont fournis dans le règlement du PPRN sans aucun élément nouveau par rapport aux rapports CETE antérieurs laissant croire à une analyse spécifique de détermination du niveau d'aléa. On notera juste que le zonage intermédiaire, qui était absent dans la partie médiane (passage directe de la zone de risque fort à la zone de risque faible) est désormais carté et en même temps qu'il n'y a pas de maison existante en zone d'aléa fort.

<sup>7</sup> Partiellement représenté sur l'illustration 14)

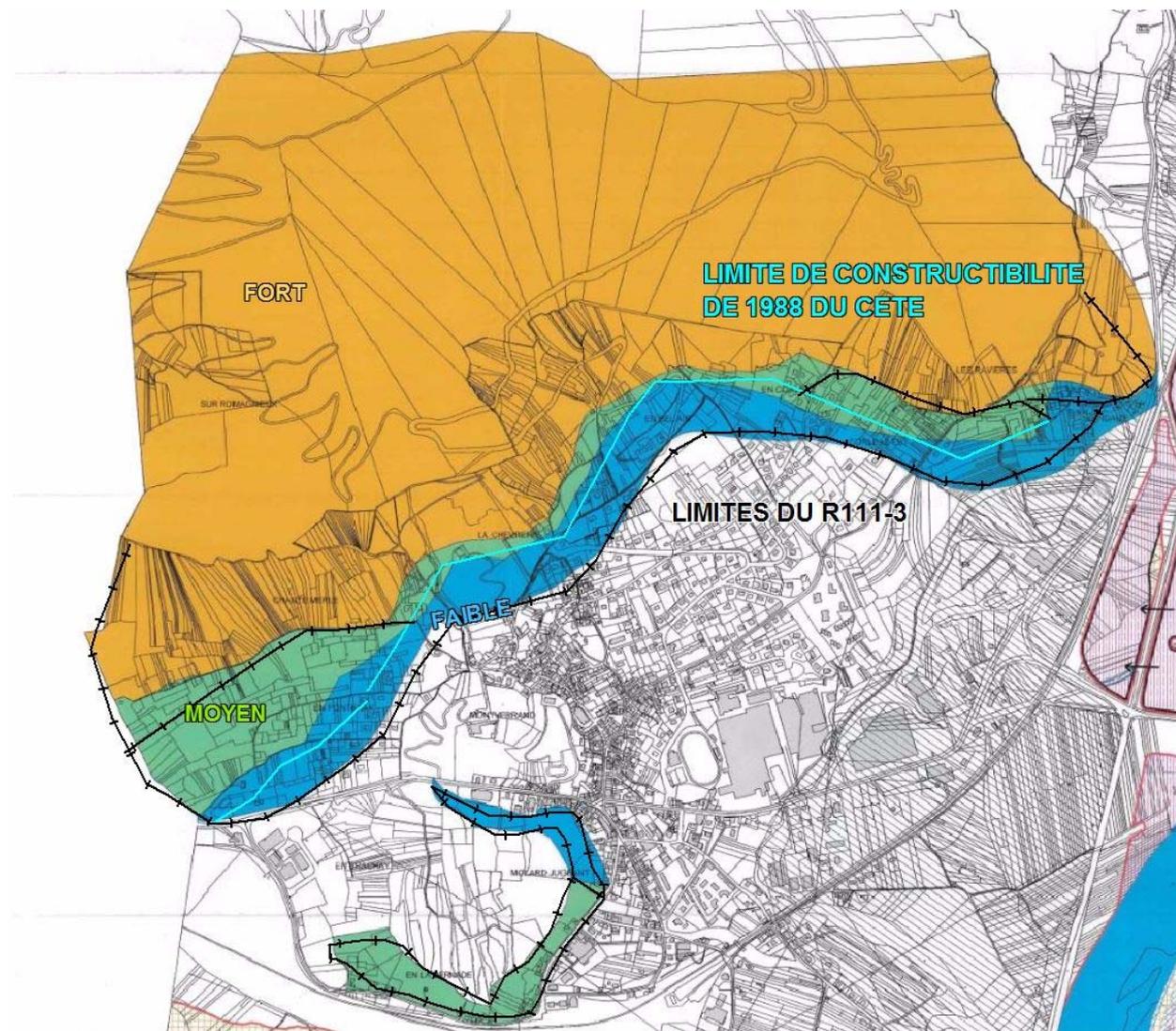


Illustration 40 – cartographie de l'aléa rocheux pour la commune de Culoz de 2004

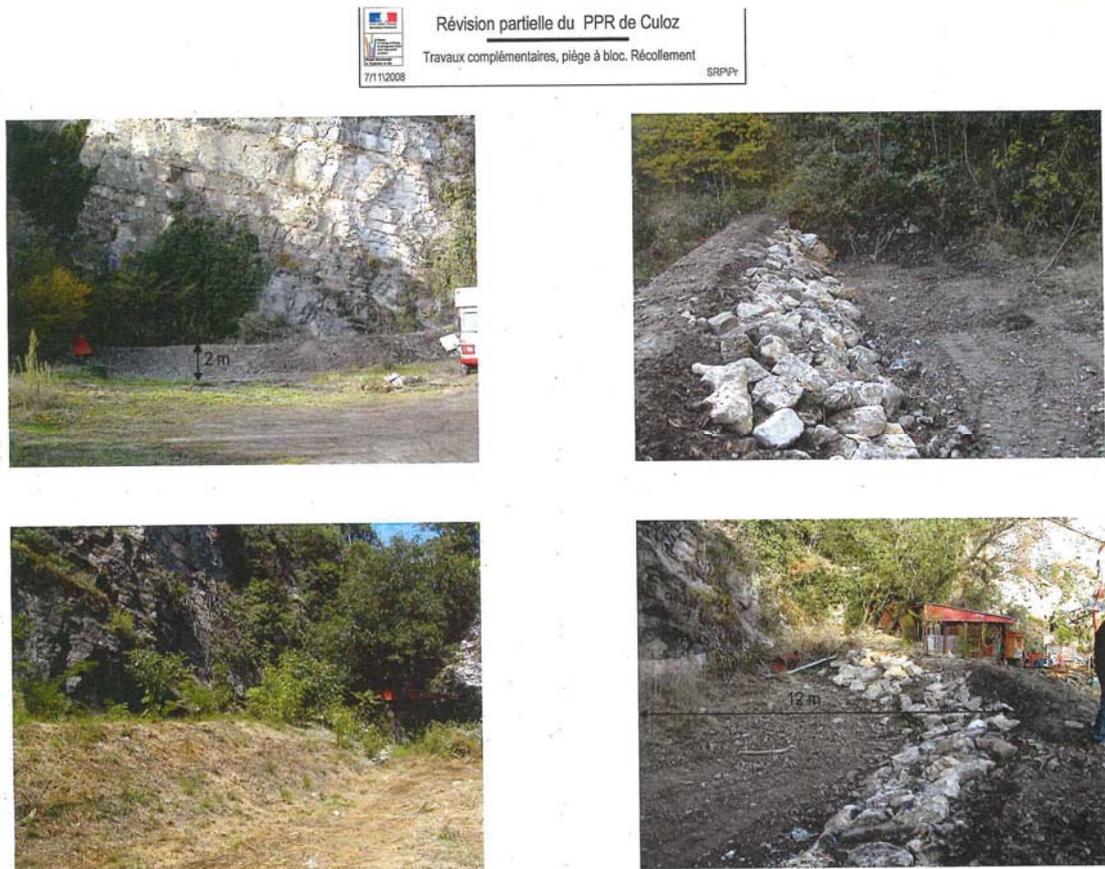
Cette carte d'aléa n'a pas spécifiquement pris en compte les ouvrages de parade (par contre la carte réglementaire intègre bien ces ouvrages).

La révision de 2008 n'a pas affecté ce zonage d'aléa.

On notera que la révision de 2008 avait pour motivation d'intégrer au zonage réglementaire deux ouvrages de parade

- le prolongement de filets en paroi réalisés en fin 2005 début 2006 ;
- un merlon réalisé a posteriori en fin octobre 2008.

En fait de merlon, il s'agit d'une levée de terre de hauteur théorique 2 m destiné à constituer un piège à cailloux en pied de paroi. Cet ouvrage a été préconisé en 2005 dans un schéma de principe par IMSRN en 2005, sans dimensionnement détaillé (qui à notre connaissance n'a jamais été réalisé ensuite). La réalité de l'ouvrage après le recollement du 7 novembre 2008 (illustration 41) montre plutôt un levé de terre de nettement moins d'un mètre (au vu du véhicule servant d'échelle) qui ne constitue en rien un ouvrage de parade significativement efficace pour pouvoir être pris en compte.



*Illustration 41 – simple levée de terre réalisé en octobre 2008 sur le flanc est du Jugeant*

On notera par ailleurs qu'il existe à proximité de cet ouvrage faussement qualifié de merlon un second ouvrage similaire, qualifié de merlon dans les pièces du PPRN alors qu'il s'agit d'une simple levée de terrain d'un mètre de dénivelé, réalisée en urgence et sans dimensionnement, après l'éboulement de 1990 sur le flanc sud du Jugeant, pour contenir le gros des éboulis en cas d'éboulement résiduel secondaire en amont de la RD37c. La cartographie R111-3 puis la carte d'aléa ne dépassent pas en aval cet ouvrage implanté aux marges de l'accotement amont de la voirie départementale alors que les blocs éboulés de février 1990 s'étaient répandus plus en aval, éparpillés sur la chaussée bitumée.

Il n'a pas été relevé d'autre incohérence de ce type sur les cartes produites.

Il reste enfin sur le territoire communal de Culoz une zone bâtie non couverte par ce PPRN sur Chatel, où l'aléa rocheux avait été jugé non significatif.

### 3.7. INVENTAIRE DES OUVRAGES DE PARADE

Dès la première étude du CETE d'évaluation des aléas rocheux de 1986 sur Culoz, et compte tenu des maisons exposées, la nécessité de protéger les zones d'enjeux bâtis existants les plus exposées est mentionnée. Les modélisations trajectographiques réalisées pour évaluer les propagations rocheuses ont tout de suite été valorisées pour proposer une solution de protection par merlon et un pré-dimensionnement pour en confirmer la pertinence sur le cas du secteur de Pontenay est même inclus dans ce premier rapport.

Ensuite, entre 1988 et 2000, les rapports du CETE pour dimensionner les différents merlons de parade le long du flanc sud du grand Colombier entre Pontenay et Landaize s'enchaînent (au nombre de 4 en tout) et la réalisation effective suit en différé, entre 1994 (Ravières) et 2002.

Une série de 6 merlons en pneusols et deux écrans filets ont ainsi été définis par le CETE de Lyon (illustration 42) puis posés pour protéger les différentes zones bâties les plus proches des falaises rocheuses :

- lotissement de Chantemerle en aval de Pontenay (1 merlon) ;
- lotissement des Ravières à Corleaz (2 courts merlons + 2 écrans de filets) ;
- maisons de Corleaz Est sous les falaises des Ravières (1 long merlon) ;
- Hameau de Landaize (2 merlons).



*Illustration 42 – merlons de Chantemerle à gauche et de Corléaz à droite*

On notera pour le lotissement des Ravières, la solution initiale envisagée était un seul long merlon mais que les contraintes topographiques locales en amont du lotissement ont obligé à modifier le projet et de fractionner l'ouvrage de parade unique en 4.

On notera aussi qu'entre Chantermerle et Corléaz, les maisons présentes exposées mais disséminées de manière individuelle (Chevrerie, Bel Air) n'ont pas été concernées par ce programme.

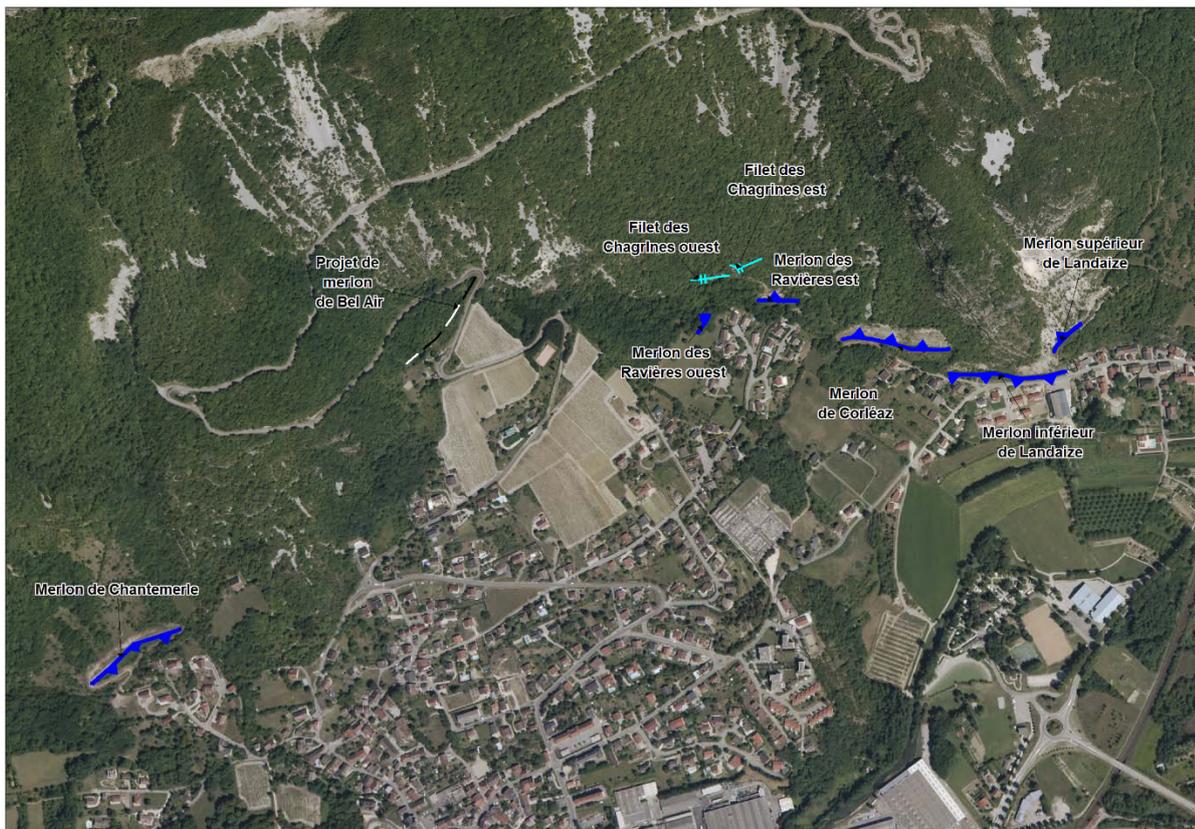


Illustration 43 – ouvrages de parade sur Culoz face aux falaises de Milvendre et de Ravières (dont le projet de Bel Air)



Illustration 44 – ouvrages de parade existants sur Culoz au niveau du Jugeant

Autour du Jugeant (illustration 44), ce sont notamment les événements rocheux successifs (1965, 1987 et 1990) qui ont amené à ce que des ouvrages de parade soient réalisés sur son flanc sud :

- il n'a pas été retrouvé la date de la pose des écrans filets mis en protection de l'immeuble de la Cite de La Bernade qui avait été légèrement impacté en 1987 (postérieur à l'évènement de 1987) ;
- une courte levée de terre d'un mètre de haut environ avait été réalisé en urgence en 1990 pour protéger la RD37d, dans la crainte d'un mouvement résiduel à chaud après le départ ponctuel du 18 février 1990.

Outre la crainte de ce mouvement résiduel, 2 écailles restantes en tête de falaise formant surplomb avec fractures ouvertes en pied), la présence de fissures ouvertes dans des panneaux de falaise situés dans l'est proche de la cicatrice de départ de 1990 avait motivé un suivi extensométrique de 3 fissures par le CETE de Lyon, qui s'était achevé 4 ans plus tard sans déceler de mouvements significatifs.

Sur les falaises est du Jugeant (illustration 44), plus que l'unique évènement rocheux inventorié de 1975, c'est le projet de réaménagement de l'avenue de la Gare à hauteur d'abord de l'ancienne carrière dès 1992 et ensuite étendu en 1998 et 2000 à l'ensemble des falaises de ce flanc est du Jugeant qui va être à l'origine de trois phases de travaux

- une protection du flanc sud-est du Jugeant par filets plaqués et barrière grillagée a d'abord été mise en place à hauteur de l'Hôtel Cornu en 1999 ;
- une levée de terre de 3 à 3,5 m a été réalisée en 2002 à la terminaison nord des falaises du flanc est (zone de la carrière) pour limiter la propagation des chutes rocheuses au-delà<sup>8</sup>.
- La suite des travaux de la première phase (Hôtel Cornu) par prolongation des filets et barrière grillagée côté sud en fin 2005 (ayant fait l'objet de la révision du PPRN de 2008)

L'ensemble de ces ouvrages a été reconnu sur le terrain et permet les constats suivants en terme d'état des ouvrages et d'activité rocheuse.

- les merlons pneusols n'ont pas fait d'entretien contre la végétalisation depuis plusieurs années. Une friche arbustive s'y développe de manière plus ou moins prononcée sur tous les merlons pneusols (encore anecdotique sur l'ouvrage de Chantemerle et de Landaize en partie supérieure, suffisamment envahissante pour ne plus permettre de bien reconnaître les ouvrages en amont du lotissement des Ravières faute de débroussaillage préalable) ;
- en amont des merlons, il a été retrouvé sur deux des merlons (Corleaz Est, Landaize supérieure) des petits blocs d'allure assez récente avec en maximum respectifs 400 et 200 l. Pour deux autres (Landaize inférieur et Chantemerle), aucun élément rocheux n'a été piégé par les ouvrages de parade. Pour les deux derniers, il n'a rien été constaté non plus mais la couverture végétale ne permet pas de l'affirmer en toute garantie.
- Pour les filets posés les plus anciens (En La Bernade, amont du lotissement des Ravières), les câbles sont détendus, témoignant de l'absence de visite d'entretien. Vu l'ancienneté de ces ouvrages, il va y avoir nécessité aussi de remplacer des pièces constitutives de ces dispositifs d'écran filets.

Il en ressort un manque évident d'entretien qui ne peut perdurer longtemps, faute de ne plus pouvoir à l'avenir considérer comme garanti le rôle de protection de ces ouvrages de parade à la prochaine révision de PPRN (déstructuration des éléments constitutifs des merlons).

---

<sup>8</sup> Réalisé sur la base d'un plan schématique et à l'aide des études de propagation rocheuse par étude trajectographique préalable. Pas de note de dimensionnement de l'ouvrage d'exécution ni de dossier de recollement post travaux

Sur Béon (illustration 38), il est observé sur le terrain que le bord aval des deux larges fosses d'exploitation étagées le long du versant a été délimité et aménagé par une série quasi continue en cascade de talus de protection en terre (faisant office de merlons massifs de plus de 40 m de largeur) haut de 4 à plus de 8 m de haut (obtenus soit par excavation des terrains en place et/ou par ajout de remblais). Entre le fond de la fosse et ces ouvrages, la largeur est toujours d'au moins 50 m. Compte tenu des distances entre rebond et des hauteurs résiduelles attendus de rebonds en aval des fosses, ces flancs sont largement surdimensionnés pour contenir tout propagation de blocs même volumineux et en nombre : quelques rares blocs (proches du m<sup>3</sup> pour les plus gros) ont été retrouvés piégés au pied de ces merlons.

Par contre, on note deux défauts dans la continuité de cette protection :

- un étroit (de 3 m à moins de 5 m de largeur) et assez long (15 à 20 m) couloir d'entrée à la fosse supérieure interrompt en son milieu la délimitation aval par talus de la fosse ;
- à la liaison entre les deux fosses, le talus se réduit localement sur 10 à 15 ml à un simple merlon de remblais peu épais et de hauteur limitée ( un peu moins de deux m de hauteur).

Le rôle de ce couloir (outre l'accès au moins piétonnier) est sans doute de faciliter aux eaux de surface piégées dans la fosse de se drainer partiellement en latéral dans l'aval versant : au débouché aval de ce couloir, les terrains (plateforme de remblais) sont davantage humides et boueux (gorgés d'eaux en période hivernale, avec filet d'eaux temporaire). A proximité du débouché amont du couloir dans la fosse, quelques blocs font obstruction partielle à toute venue d'autre bloc. Cette obstruction partielle, combinée à l'orientation du couloir trop en biais par rapport à des trajectoires de blocs très énergétiques (venant de la falaise de Pontenay) ne permet pas d'envisager même pour une trajectoire erratique improbable qu'un bloc puisse emprunter le couloir puis reprendre ensuite suffisamment de vitesse pour continuer sa course dans le versant boisé jusqu'à la RD.

### **3.8. CARTES INFORMATIVES FINALES**

Pour chacune des deux communes, une carte informative synthétique a été établie (Cf annexe 1) avec respectivement la planche n°1 pour Béon et la planche n° 2 pour Culoz

Ces cartes reportent les informations suivantes :

- Position des événements rocheux passés (ceux du tableau de l'illustration 17), y compris avec les zones de propagation rocheuses quand connues)
- Zones affectées par le gel hivernal tel que relevées aux vues des hivers 201-2018 et 2018 et 2019 ;
- Position des différents blocs relevés à l'arrêt lors des reconnaissances fait sur le terrain
- Zones d'aléa départ ;
- Position des ouvrages de parades rocheuses ;
- Position de l'emprise supposée des travaux souterraines de la carrière de Sabla (sur Béon) seulement).

## 4. Cartographie d'aléa « chute de blocs »

### 4.1. METHODE

La cartographie de l'aléa rocheux nécessite de définir les volumes susceptibles d'atteindre les enjeux. Ces volumes peuvent être issus de plusieurs types de scénarios : départ de volume unitaire se propageant vers l'enjeu, départ d'un volume important se fragmentant lors de sa chute et produisant des volumes plus faibles se propageant vers l'enjeu ou écroulements en masse avec propagation spécifique. La méthode valorisée dans le cadre du présent programme est issue des résultats à paraître d'un groupe de travail sur l'évaluation de l'« aléa rocheux » dans le cadre d'un PPRn (MEZAP<sup>9</sup>)

Pour l'aléa de chute de bloc, le scénario de référence est caractérisé par le volume du plus gros bloc susceptible, sur la période de référence de 100 ans, de se propager jusqu'aux enjeux. Cet aléa peut être reproductible ou non. Ce scénario de référence peut correspondre soit au plus gros événement historique connu, soit être supérieur soit inférieur à celui-ci. Si aucun événement historique n'est connu, une analyse spécifique est à mener.

Après examen des zones de départ, examen des zones de dépôt, référence à des contextes similaires (géologie, topographie), témoignages, synthèse historique, il est proposé des zones homogènes de départ, chacune étant caractérisée par un volume unitaire de bloc (volume après fragmentation) susceptible de se propager dans la pente jusqu'aux enjeux. Plusieurs scénarios de référence par zone homogène peuvent être présentés. L'hypothèse d'un scénario de type phénomène de grande ampleur induisant un mélange turbulent dans la propagation sur la période de référence 100 ans est à préciser.

L'approche utilisée ensuite pour l'évaluation de l'aléa de référence est de type expert. Cette analyse est basée sur des observations in-situ (constats réalisés sur le terrain, cf. § 5.1 et 3.4) et en fonction des documents d'archives, le tout en prenant soin de compiler les données événementielles (§ 4.3) servant de référence à l'analyse de propagation des blocs en versant. En termes pratiques, cette évaluation découle de 4 étapes résumées comme suit :

#### 1. Aléa de rupture

On définit *ce qui peut être mis en mouvement*. C'est la quantité de roche, exprimée en volume, qui peut être déstabilisée et mise en mouvement. Le moteur de ce mouvement est gravitaire. Ces volumes potentiellement mobilisables décrivent l'intensité attendue des phénomènes, qualifiée par un **indice d'intensité**. Cette intensité est associée à l'endommagement potentiel engendré par une atteinte à des enjeux (ici un bâtiment d'habitation « classique »).

On définit ensuite *la fréquence* avec laquelle ce ou ces volumes de roches se mettent en mouvement. On peut ainsi observer dans certains contextes, des chutes de pierres incessantes alors qu'une fois par décennie, un gros bloc se détache. Dans ce type d'étude, il s'agit de facto d'un facteur qui s'appuie, lorsqu'ils existent, sur de longs historiques d'observations, à défaut sur l'expertise. Ce paramètre qualifie un **indice d'activité** des zones de départ.

Le croisement de ces deux paramètres définit **l'aléa de rupture**. Cette notion est spatialisée en définissant les zones de départs potentiels, guidées essentiellement par la morphologie et

<sup>9</sup> MEZAP : groupe de travail réuni sous l'autorité du MEDDE pour la détermination d'une METHodologie de Zonage de l'Aléa chute de Pierres, piloté par IRSTEA

en distinguant le cas échéant les compartiments rocheux potentiellement instables repérés sur site des zones de départ dites « diffuses » non nécessairement repérables ou délimitées de façon discrète.

## 2. Aléa de propagation – probabilité d’atteinte

Une fois l’aléa de rupture défini, le principe est d’étudier la propagation des éléments rocheux en versant. Cette analyse est basée sur les retours d’expérience d’évènements passés et sur des modélisations plus ou moins complexes, validée ou « corrigées » par la connaissance du terrain.

Selon les cas, on définit les chemins probables des trajectoires de chutes de blocs (calculs déterministes en 2D ou 3D de trajectographie intégrant les volumes et formes des éléments rocheux, la nature des sols soumis à impacts, les vitesses de propagation ...) ou des enveloppes globales résultant d’analyses empiriques.

Le résultat permet de définir **des probabilités d’atteinte** de blocs en tout point du territoire.

## 3. Probabilité d’occurrence

La probabilité d’occurrence résulte du croisement de l’indice d’activité des zones de départ et des probabilités d’atteinte simulées.

## 4. Aléa résultant

L’aléa de mouvement de terrain (ici « chute de blocs ») résulte du croisement de la probabilité d’occurrence et de l’intensité du phénomène de référence considéré.

Dans la pratique, la mise en œuvre de cette démarche sur Culoz et Béon impose la définition de phénomènes de référence par secteur pour lesquels sont déclinés :

- l’estimation de la probabilité de départ (rupture) ;
- la détermination de la probabilité d’atteinte ;
- le calcul de l’aléa résultant « chute de blocs » à l’échelle communale.

## 4.2. **TYPOLOGIE DES RUPTURES**

La typologie générale des évènements « chute de blocs » est décrite de façon assez exhaustive sur l’illustration 45. Les reconnaissances de terrain et l’analyse des évènements passés mettent en évidence les principaux types de rupture affectant les parois rocheuses et autres escarpements présents sur la zone d’étude. La diversité des modes de rupture potentiels et la spatialisation hétérogène de ces mécanismes constitue une caractéristique principale du site. Des affleurements regroupent en effet de nombreux types de ruptures potentielles.

Les mécanismes les plus fréquemment rencontrés sont liés à des pendages de couches généralement peu importants (nuls à moyens) soit les ruptures par surplomb, ruptures de colonne en pied, au niveau de dièdres structuraux ou de zones très plissées, et enfin des écaillages ou la bascule de panneaux liés à la décompression du massif par des fissures verticales s’ouvrant en arrière paroi.

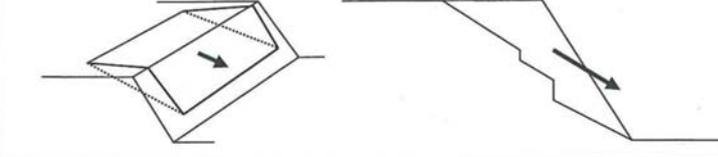
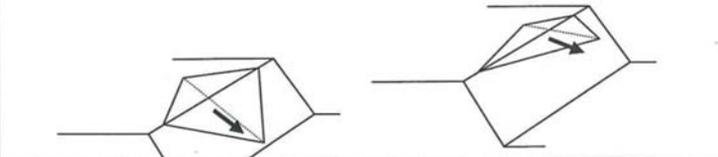
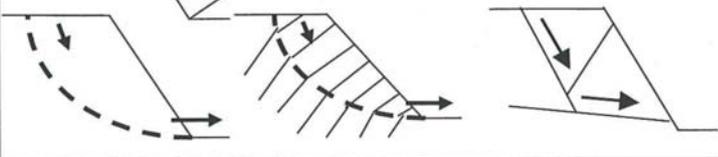
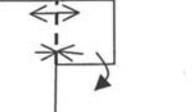
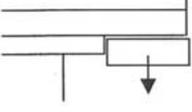
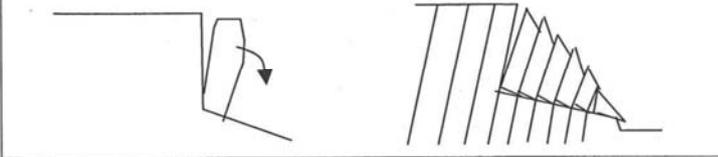
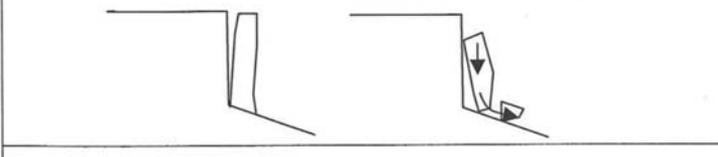
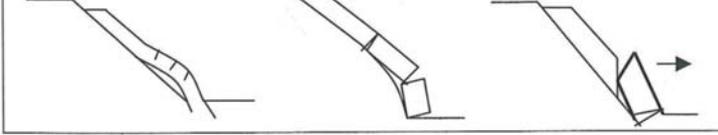
Configurations / mécanismes	Mécanisme d'instabilité
	Glissement plan Gp
	Glissement dièdre ou plan Gd
	Glissements rotationnel et fractionné Gr
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">             Configuration plutôt verticale (rupture en cisaillement)         </div> <div style="text-align: center;">             Configuration plutôt horizontale (rupture en traction)         </div> </div>	Rupture de surplomb S
	Basculement de colonne ou de blocs Cb
	Rupture de colonne en pied Cp
	Rupture de banc (par flambage ou sur fracture) Bf

illustration 45 – configuration et mécanismes de chutes de blocs (Dussauge-Peissier, 2002)

Sur le flanc sud-ouest où le redressement local des couches lié aux différents panneaux de chevauchement est parfois important, on retrouve sensiblement pour des configurations de couches en amont pendage les mêmes types de rupture par surplomb, ou ruptures de colonnes en pied.

Les structures sur le flanc est du Grand Colombier, comme celui du Jugeant sont à pendage marqué vers l'est soit en aval pendage défavorable : cela favorise plutôt de possibles mécanismes de ruptures par glissement plan de fines couches litées (surtout le long d'intercalaires marneux) ou par exemple le fractionnement poussé des falaises urgoniennes, hérité des périodes glaciaires, divisées en 3 pans de falaises successifs ayant plus ou moins glissées le long des pentes et plus ou moins démantelées, au niveau de Chatel Sarrazin (Chatel Haut) au-dessus du hameau bâti de Chatel (Bas).

On note aussi que les blocs rocheux unitaires produits relèvent tous, à de très rares exceptions près, d'une forme parallélépipédique, héritée notamment de la stratification des couches calcaires.

#### 4.2.1. Glissement plan

Ce mécanisme de rupture plane par glissement initial le long des interlits marneux n'est guère attendu que dans les zones présentant un aval pendage marqué, soit en premier lieu :

- l'ancienne carrière de l'avenue de la Gare sur le Flanc est du Jugeant ;
- certains talus routiers amont de la RD120 dans la zone des cols ou sur le flanc est.

Les dalles structurales évoquées ci-dessus ne semblent plus guère être en mesure de connaître ce type de rupture mais l'aléa ne peut être totalement écarté. Les conditions de rupture sont liées à :

- des facteurs de prédisposition : orientation relative des discontinuités au sein de la masse rocheuse et organisation géométrique du versant.. La nature du contact est prépondérante dans la prédisposition au phénomène. Les remplissages sont peu visibles, pour l'essentiel, on attend une altération progressive des zones de discontinuités, avec la présence de ponts rocheux plus ou moins importants.
- des facteurs d'activité : Les circulations d'eau qui lessivent le contact sont naturellement aggravantes pour le déclenchement, et accentuées en cas de gel/ dégel. La fatigue du contact au niveau des épontes est le principal facteur déclenchant le phénomène (rupture de pont rocheux ou perte de frottement par érosion des épontes).

Les masses rocheuses – volumes et géométries, associées à ces ruptures sont également très variables : volumes variables de l'ordre du m<sup>3</sup> à quelques centaines de m<sup>3</sup> en fonction de l'ampleur de la surface affectée, fonction de l'organisation locale du réseau de fractures, des interlits et de la géométrie des talus rocheux.

La propagation de ces éléments est majoritairement faible (glissement puis butée sur le premier replat aval). Néanmoins, en cas de rotation du bloc, les trajectoires peuvent vite évoluer, en particulier si une dalle se propage sur sa tranche.



illustration 46 – configuration rupture et glissement plan des couches en aval pendage redressé (RD120 du flanc est et ancienne carrière de l'avenue de la Gare)

#### 4.2.2. Rupture plane ou par dièdre

Dans le cas des calcaires, c'est le mode de rupture le plus souvent rencontré. Outre le plan de stratification qui est souvent une surface de fragilité, ils sont le plus souvent affectés par un ensemble de discontinuités postérieurs à leurs dépôts, en lien avec l'activité tectonique, qui sont ensuite autant de potentiels surfaces de rupture, soit seul (découpe puis rupture plan), ou sinon de manière combinée (découpe puis rupture suivant un dièdre).

Souvent, la direction de la falaise est elle-même une de ces familles de fissures qui affectent les calcaires et qui favorise, guide l'érosion selon cette axe naturelle de découpe. Après, même si ce n'est pas une de ces discontinuités héritées, il y a souvent apparition de telles discontinuités parallèles à la paroi, dues à la décompaction des terrains, surtout pour des parois de grande hauteur et ou de grandes étendues. Cette fissuration parallèle à la paroi rocheuse engendre par décollement des écailles voire des panneaux, et combiné à d'autres familles de discontinuités, des colonnes en dièdre.

Les zones de plis, notamment les plissements locaux comme celui rencontré à hauteur de l'éboulement de mars 2017 sont des zones de rupture préférentielles.

Les facteurs de ruptures restent les mêmes que précédemment. On précise juste l'importance majeure que peut avoir l'eau dans la rupture, tant du fait des venues massives d'eau par endroit au débouché des circuits karstiques, comme accélérateur des effets de gel/dégel dans une roche naturelle gélive, notamment au sein des discontinuités dans laquelle elle peut s'accumuler. L'eau joue enfin un rôle au niveau de ponts rocheux, notamment avec l'altération de ces derniers (acidité des eaux) ou parfois ailleurs au contraire par création de nouveaux ponts rocheux (cimentation calcaires).



*illustration 47 – exemples de rupture plan possible (écaille) et panneau (CAN)*

Les masses rocheuses – volumes et géométries, associées à ces ruptures sont également très variables : volumes initiaux variables de l'ordre du m<sup>3</sup> (écailles) à une dizaine de m<sup>3</sup> (petite colonne) et forme en général élancées (colonnes) ou aplaties (écaille), fonction de l'organisation locale du réseau de fractures et de la géométrie des barres rocheuses. Les discontinuités présentes permettent parfois d'étendre la zone de rupture initiale à une zone bien plus vaste, et d'amplifier le volume de départ jusqu'à plusieurs centaines voire milliers de m<sup>3</sup>.

#### 4.2.3. Rupture de surplomb

A la faveur des fracturations rentrantes dans le massif, des masses en surplomb apparaissent localement. Ce type de configuration est régulièrement rencontré ici notamment sur les nombreuses falaises en amont pendage, où les ruptures restent davantage confinées sur la seule paroi avec un sous-cavage des bancs parfois peu conséquents pour les épais bancs calcaires massifs. Dans les formations à petits bancs et interlits plus argileux (comme pour le Bajocien inférieur sur les falaises de flanc sud et est du Jugeant), ce type de rupture favorise par contre un délitage important des falaises et d'autres ruptures associés (écaillages.....). Cela s'observe également là où dans les zones de plis locaux les bancs déformés et comprimés sont généralement plus fins qu'ailleurs.



*Illustration 48 – exemples de rupture possible de surplomb avec sous-cavement de bancs ou d'un panneau de falaise. Surplombs créées à la faveur de plis locaux*

Les conditions de mouvement sont liées à :

- Des facteurs de prédisposition : orientation relative des discontinuités par rapport à la falaise et départs régressifs depuis le pied. L'encastrement relatif des masses et la continuité des plans de fracturation « rentrants » sont essentiels dans la genèse de ce type de rupture.
- Des facteurs d'activité : les circulations d'eau et la fatigue des ponts rocheux au niveau des masses en surplomb sont les principaux facteurs d'activité.

Les masses rocheuses – volumes et géométries - associées à ces ruptures sont également très variables.

#### 4.2.4. Autres mode de rupture

Il y a relativement peu de colonnes prédécoupées présentes : cette relative absence est sans doute liée à une roche relativement fragile en terme de ponts rocheux (fragilité accrue par sa gélivité) notamment à hauteur de son pied de son assise, qui doit faciliter la rupture rapide des colonnes en pied.

Sur la falaise du Jugeant Sud, des incertitudes sur la stabilité d'un panneau avait amené à un suivi extensométrique pendant 4 ans de 1990 à 1994 (arrêté faute de déplacements significatifs). A l'échelle de 100 ans, cette rupture reste potentiellement attendue.

Sur le flanc est, dans les couches à aval pendage, on note parfois le fort délitement des bancs (liés notamment au gel) qui peuvent avoir ensuite les mécanismes de glissement plan des bancs.





*illustration 49 – exemples de rupture possible par basculement ou défaut de pied de colonne, de panneau. Délitage par le gel suivi d'un glissement plan de couches en aval pendage*

Dans l'éboulement de mai et Juin 1999, ce sont vraisemblablement l'association de ces mécanismes de glissement plans et rupture de bancs, qui ont contribué à l'ampleur de l'éboulement total.

Les conditions de rupture sont liées à :

- Des facteurs de prédisposition : orientation relative des discontinuités au sein de la masse rocheuse (discontinuité mécaniques ou tectoniques). Le basculement d'éléments peut résulter d'une initiation en glissement plan (voir dièdre) ou plus fréquemment par évolution de l'assise (rupture en compression ou érosion différentielle).
- Des facteurs d'activité : la présence de végétation, de circulations d'eau sont autant de facteurs déclenchant le phénomène. Le basculement peut être également lié à des ruptures (micro-ruptures) de l'assise.

Les masses rocheuses – volumes et géométries, associées à ces ruptures, sont très variables (de l'ordre du m<sup>3</sup> à plusieurs dizaines de m<sup>3</sup> voire plus), fonction de l'organisation locale du réseau de fractures et de la géométrie des barres rocheuses.

#### **4.2.5. Remobilisation de bloc**

Le versant est marqué par la présence de nombreux blocs dans les pentes, en aval des barres rocheuses. Ces éléments de volume unitaire inframétrique à plurimétrique, sont pour partie issus du démantèlement sur place (sans mouvement significatif) des barres rocheuses (par altération, érosion progressive et ravinement), mais aussi pour partie le fruit d'instabilités plus ou moins récentes et n'ayant pas généré de trajectoires étendues. Certains de ces éléments sont imparfaitement stabilisés dans la pente et présentent un risque de remobilisation. Dans le cas présent, c'est surtout dans le couloir principal d'éboulement de l'événement de mars 2017 qui a de plus remis à nu les épandages d'éboulis plus anciens exposés aux ravineurs qu'on observe de tels phénomènes (3 blocs au moins (de quelques centaines de litre à chaque fois) ayant atteint la RD120).

Les conditions de mouvement de ces compartiments sont liées à :

- Des facteurs de prédisposition : position et forme du bloc, érodabilité de l'assise, encastrement relatif de la masse dans le sol ;

- facteurs d'activité : le ravinement est le moteur essentiel de déstabilisation par affouillement de l'assise. Les incendies sont un facteur potentiellement fortement aggravant qui accentue l'érosion après les précipitations.



illustration 50 – exemple avec un bloc remobilisé de 600 l environ le 14 août 2018, ou avec une masse de 50 m<sup>3</sup> suspecte, potentiellement remobilisable en cas d'affouillement marquée (photos IMS RN)

### 4.3. INVENTAIRE EVENEMENTIEL

Le report des évènements connus permet de circonscrire globalement les zones principales d'atterrissement. Cet inventaire ne saurait évidemment pas être exhaustif mais vise d'une part à identifier les zones plus particulièrement exposées et d'autre part à permettre de quantifier les volumes résultant susceptibles d'atteindre les enjeux (en intégrant la fragmentation initiale de la masse rocheuse en cas d'éboulement conséquent et la fragmentation éventuelle en cours de propagation de masses individualisées).

En terme de cartographie, ont été identifiées en priorité les blocs remarquables : par leur volume et par leurs atteintes (les éléments les plus lointains en pied de versant étant naturellement recherchés). Il s'agit d'un recensement non exhaustif de blocs éboulés effectué à partir de différentes sources d'informations :

- reconnaissances de terrain pédestres ;
- données signalées lors des évènements rocheux anciens, ou inventoriées par les mairies, le CEREMA et la SAGE.

Le recensement (illustration 51 et illustration 52) distingue :

- l'inventaire fait lors de l'évènement de mars 2017 (127 blocs unitaires) ;
- les blocs retrouvés sur le terrain et d'allure fraîche (estimées comme issus d'évènements de moins de 20 ans) ;
- les blocs retrouvés sur le terrain et d'allure ancienne (estimés d'âge supérieur à 20 ans) ;
- les épandages de pierres et petits blocs repérés en sortie d'hiver 2017-2018 sur la portion de route de la RD120 L liés au gel hivernal.

La quasi-totalité des blocs est de forme parallélépipédique.

L'illustration 51 présente la distribution des blocs selon leur volume.

Sur les zones de versant reconnu à pied (et en dehors de la zone d'éboulement de mars 2017), il n'a été repéré aucun bloc isolé de plus de 7 m<sup>3</sup> mais l'examen des données LIDAR indiquerait dans sa partie est en amont des Chagrines, la présence d'au moins une bonne vingtaines d'autres blocs de 1 à 10 m<sup>3</sup>, une dizaine de masses estimée à plus de 100 m<sup>3</sup> et même 8 masses de plus de 1000 m<sup>3</sup> (toutes anciennes voire très anciennes).

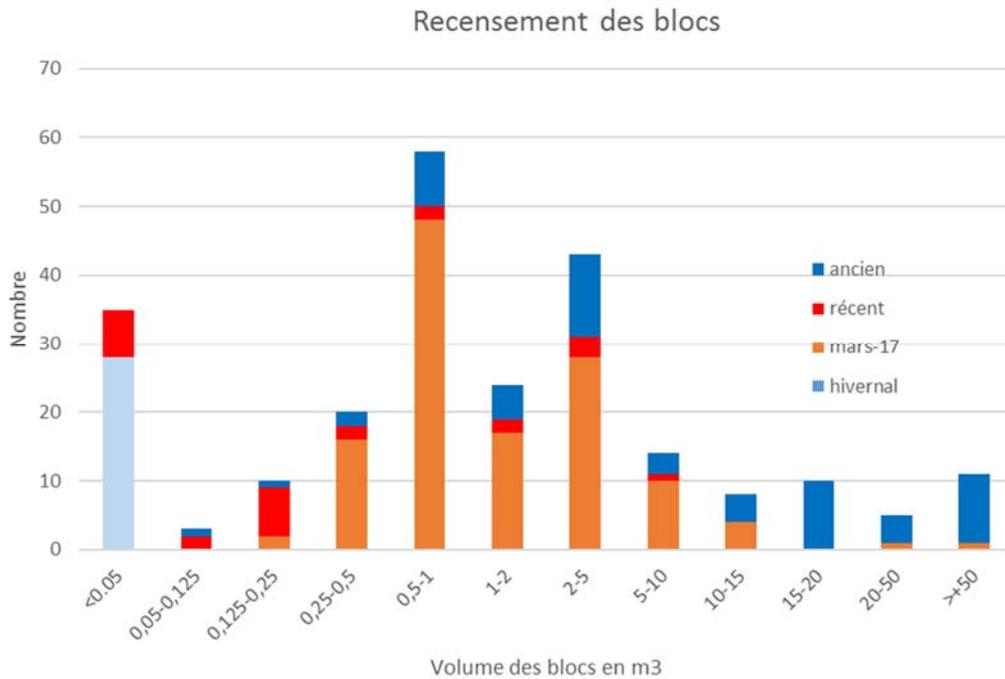


illustration 51 – volumes des blocs levés sur le terrain

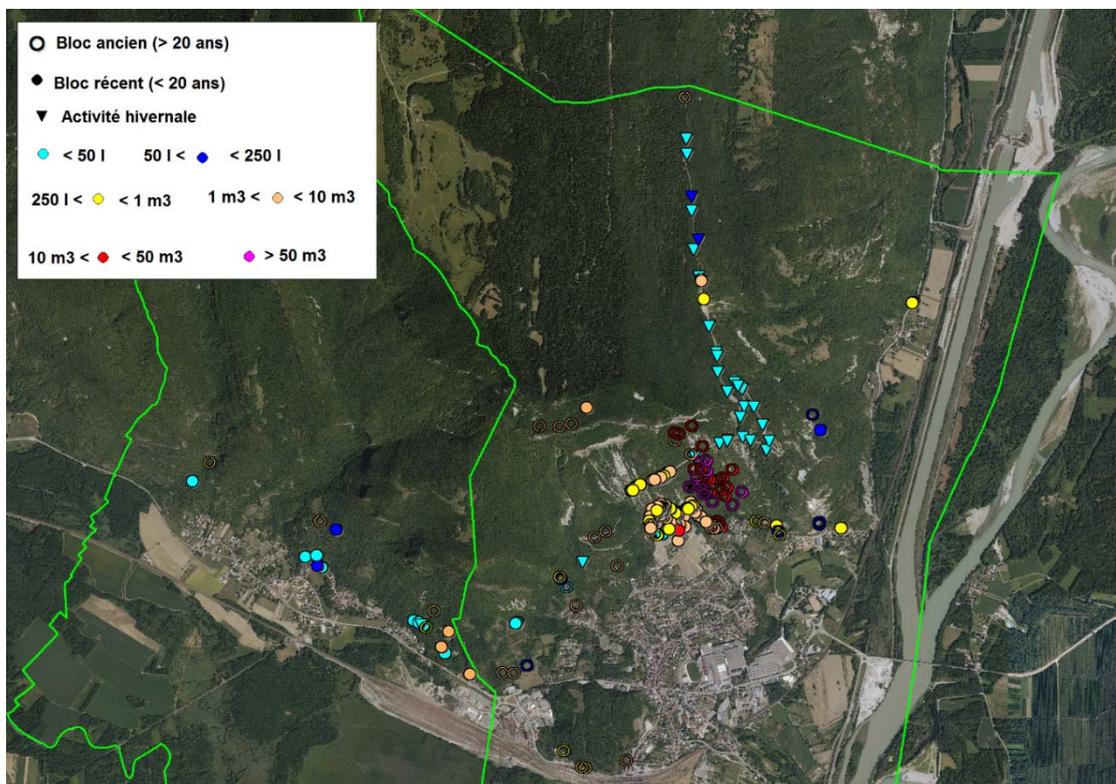


illustration 52 – localisation des blocs levés sur le terrain

Sur Béon, en dehors du secteur de la falaise de Briseveau assez actif et pouvant engendrer des blocs de 1 m<sup>3</sup> sinon plus, le reste des versants reconnus ne montre que de rares blocs de plus d'un m<sup>3</sup> tous anciens (illustration 53), et sinon en activité récente, il n'est trouvé que des petits blocs de moins de 50 l (sauf 1 cas de moins de 150 l). On n'a cependant pas eu de précisions sur les volumes des blocs ayant atteint une maison à plusieurs reprises ni sur le bloc ayant détruit une autre.

Sur Culoz, on retrouve disséminés un peu partout sur tous les flancs de versant du Grand Colombier la présence de blocs (au moins anciens) jusqu'aux abords des zones habitées (illustration 53). Sur les Chagrines (en amont du lotissement des Ravières), il a été relevé une concentration marquée de blocs de plus d'un m<sup>3</sup> accumulés en pied de versant là où la pente s'adoucit d'un cran avant les zones d'enjeux bâtis. Cette zone d'éboulis se confond pour partie avec le flanc est du cône d'éboulement de mars 2017 (illustration 10). Dans le versant en amont de cette zone d'accumulation, une série de blocs très anciens de plus de 10 m<sup>3</sup> et souvent supérieure même à 50 m<sup>3</sup> est éparpillée jusqu'au pied des falaises de Milvendre. A l'ouest du cône d'éboulement de mars 2017, les blocs sont bien plus rares (et anciens) mais une activité pierreuse récente est par contre constatée, liée vraisemblablement au gel/dégel. Sur le flanc Est du Grand Colombier, le levé des blocs s'est limité aux éléments rocheux arrêtés aux abords des principaux chemins d'accès, avec de nombreux autres blocs attendus ailleurs et masqués sous les arbres, la broussaille ou les hautes herbes.

La moitié supérieure du versant est bien davantage concernée par une activité hivernale récurrente significative lié au gel/dégel sur les calcaires gélifs et aux effets de la fonte des neiges qui engendre chaque année de nombreux départs de pierres et de petits blocs, tel que décrit et surtout constaté au sous-paragraphe suivant (relatif à la RD120).





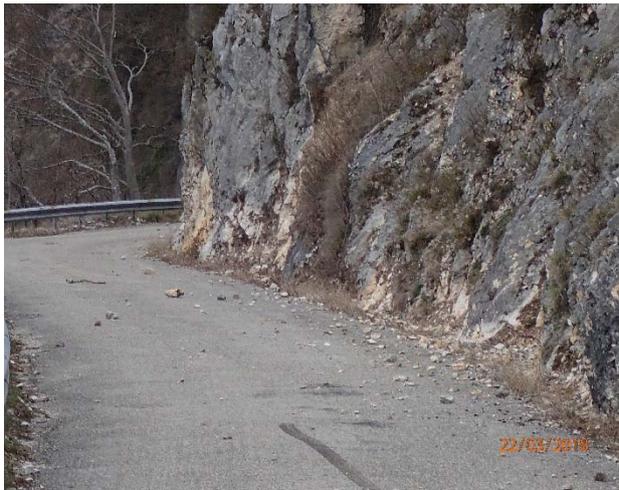
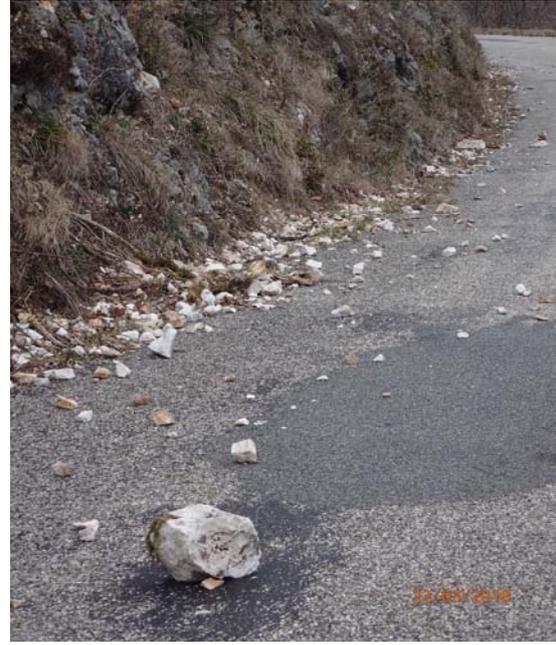
illustration 53 – divers éléments rocheux relevés sur le terrain

Sur le Jugeant, les départs rocheux connus restent en nombre limité mais du fait de la proximité des enjeux bâtis comme routier, seul le volume réduit des blocs unitaires (n'ayant dépassé les 250 l qu'à deux reprises pour les événements rocheux renseignés) y a limité les dommages subis. L'activité rocheuse plus significative que la chute de pierre n'est guère attendue que sur la courte moitié du Mollard Jugeant depuis le coin sud-ouest à la Bernade jusqu'à l'ancienne carrière (inclus) de l'avenue de la Gare sur le flanc est.

### Cas particulier de la RD120

Sur la portion de RD120 fermée en hiver sous les rochers de Milvendre et sur le flanc est du grand Colombier (pour Z > 480 m GF jusqu'à 870 m NGF), l'effet du gel hivernal a pu être observée avec une visite de la RD120 fermée avec le CD01 en fin mars 2017, soit 1 semaine avant que la route soit nettoyée puis ensuite ré-ouverte.

Une grande partie du linéaire (environ 80 %) est atteinte par des chutes de pierres dont le départ est lié au gel hivernal : il s'agit d'éléments rocheux la plupart de petits volumes (quelques cm<sup>3</sup>), mais dont 5 à 10 % atteignent et dépassent le dm<sup>3</sup> : on a recensé 8 petits blocs dépassant les 20 jusqu'à 50 l. Il y a aussi sur le bas-côté aval parfois des blocs plus gros, d'allure plus ou moins frais (dépassant 50 -100 l), soit repoussés hors du bitume par les quelques badauds qui forcent la fermeture de la route, soit issues des hivers précédents. Outre les petits blocs, il y a en 18 endroits des secteurs d'épanouissements pierreux plus importants qui ont été recensés.



*illustration 54 : chute de pierres et petits blocs par le gel hivernal épanchés sur la RD120 (hiver 2017-2018)*



*illustration 55 : petits blocs frais sur le bas coté (de cet hiver ?). Quelques blocs moins frais voire sensiblement plus ancien*

En dehors du gel hivernal, quelques zones d'épandages pierreuses d'allure récente ont été également repérées (7).

## 5. Evaluation de l'aléa « chute de blocs »

### 5.1. ALEA DE RUPTURE

On définit ici ce qui peut être mis en mouvement : à partir d'où ? quels volumes ? quand, à quelle échéance ? Le moteur de ce mouvement est gravitaire, à la faveur des facteurs exposés au § 4.2.

#### 5.1.1. Zones de départ

La définition des zones de départs potentiels est basée sur les paramètres de prédisposition suivants :

- la géologie : faciès rocheux pouvant générer des blocs ;
- la morphologie : présence de falaises ou de ressauts topographiques pouvant générer des éboulements ou des départs de blocs isolés ;
- les mécanismes de rupture : conditions de fracturation notamment propices aux éboulements.

A l'échelle de l'ensemble de la zone, et compte-tenu de la diversité des ruptures identifiées, le cas échéant au sein de mêmes ensembles, il n'a pas été fait de discrimination spécifique sur le mode de rupture, en considérant que tout relief était à même de produire des blocs.

#### **Géologie**

Les zones favorables sont définies par rapport aux levés géologiques (cf. § 3.4). Les résultats sont compilés sur l'illustration n°56. Du point de vue lithologique, les ensembles favorables au départ de chutes de blocs sont l'ensemble des formations calcaires au sein des falaises, ressauts verticaux ou même talus routier ou forestier à pente raides, sans compter quelques blocs résiduels présents dans les éboulis à forte pente.

#### **Morphologie**

L'inventaire exhaustif des zones de départs potentielles (falaises et barres rocheuses) lors d'une reconnaissance *in situ* est difficilement réalisable à l'échelle de la zone d'étude difficilement accessible dans les zones d'arrière versant boisé sans pistes pédestres en nombre. A ce titre, le couplage par photo-interprétation et valorisation des données du MNT (pentes et ombrage) a été engagé. Des réflexions, par retour d'expérience de zones d'éboulement dans le massif alpin [Berger, 2009] ont été menées pour valoriser les données MNT au travers de la carte des pentes notamment. Sur cette base, un modèle permettant de calculer la valeur du seuil de pente  $\alpha$  en fonction de la résolution de MNT (avec RES résolution du MNT) est proposé :

$$\alpha = 55^{\circ} \cdot RES^{-0,075}$$

Ainsi pour le MNT lissé au pas de 5 m dont on dispose, une pente supérieure ou égale à 48° est considérée comme zone de départ potentiel. Ce critère seul appliqué au MNT lissé au

pas de 5 m est bien insuffisant<sup>10</sup> car il exclurait par exemple tout aléa de départ rocheux sur le Jugeant par exemple, ou l'éboulement de 1500 m<sup>3</sup> sur le flanc est du Grand Colombier au droit de la RD120 qui n'aurait pas de zone de départ identifié (pour ne citer que 2 exemples parmi tant d'autres).

En complément, cette approche est croisée et enrichie avec le retour terrain et la digitalisation des barres rocheuses apparentes présentes sur les images orthophotoaériennes haute résolution afin de produire une carte des zones de départs potentiels la plus exhaustive possible.

Les résultats des démarches réalisées sont reportés sur l'illustration 56 qui présente les zones de départ potentielles sur la zone d'étude.

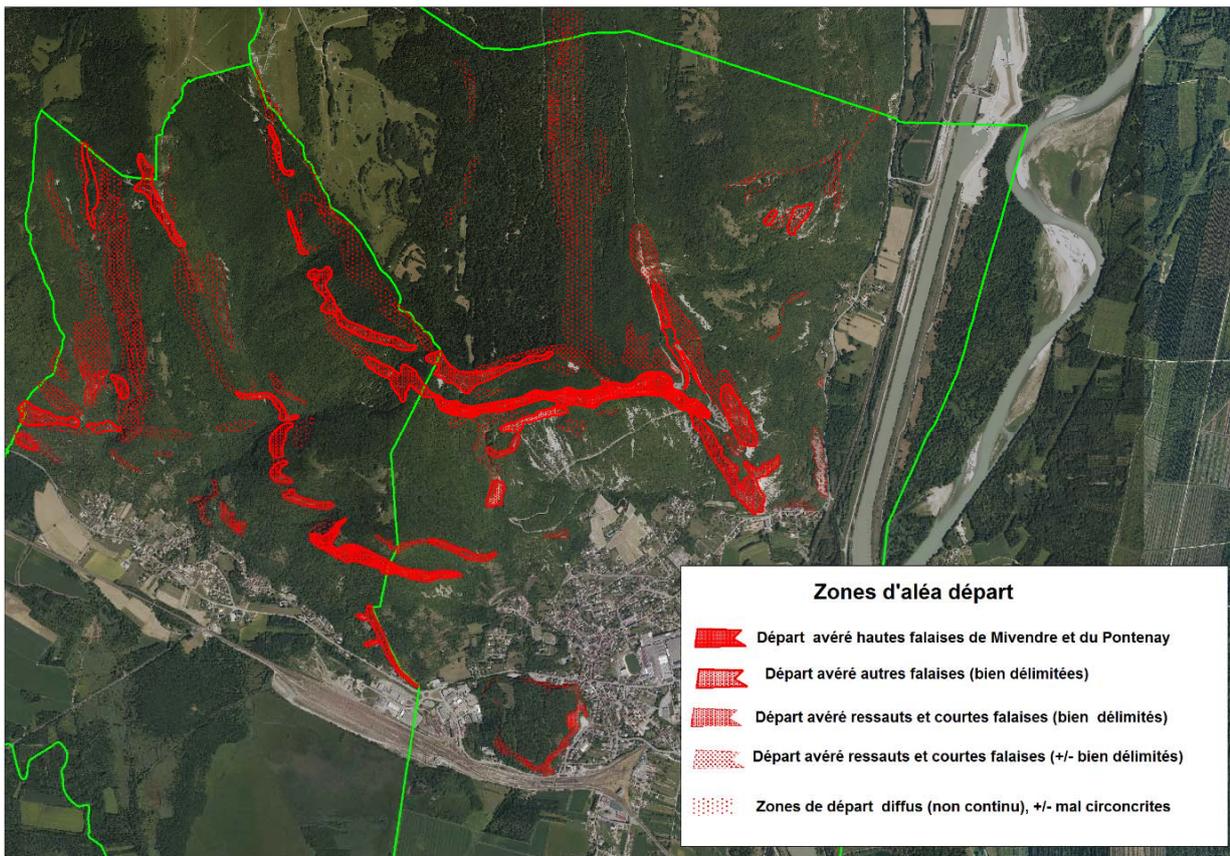


illustration 56 – carte des zones de départ potentiels de blocs – Fond Orthophoto 2016

Ces zones de départ potentiels de blocs ont dans un second temps été regroupées en grands ensembles homogènes du point de vue de leurs principales caractéristiques géomorphologiques et structurales, et de leur activité potentielle (cf. 5.1.3) vis-à-vis des chutes de blocs.

13 ensembles homogènes ont été distingués autour du Grand Colombier (illustration 57 et illustration 58), auxquels s'ajoutent 4 autres ensembles autour du Mollard Jugeant. Chacun de ces ensembles fait l'objet d'une fiche d'identification présentant les caractéristiques retenues en termes de masses potentiellement instables, les volumes concernés et les mécanismes associés.

<sup>10</sup> S'agissant sans doute d'un lissage du MNT au pas de 25 m, même avec un angle retenu de 43° (plutôt que 38°), le constat reste le même

Un exemple de fiche d'identification d'une des zone homogènes est présenté ci-après (illustration 59).

Quelques talus rocheux disséminés (5) sans véritables zones d'aléa départ attendus d'ici 100 ans (dénivelé très réduit ou réduit mais pour des roches massives très saines...) et sans davantage de possibilité de propagation rocheuses en dehors du pied de talus immédiat ont été reportés à part, pour une prise en compte particulière en termes d'aléa.

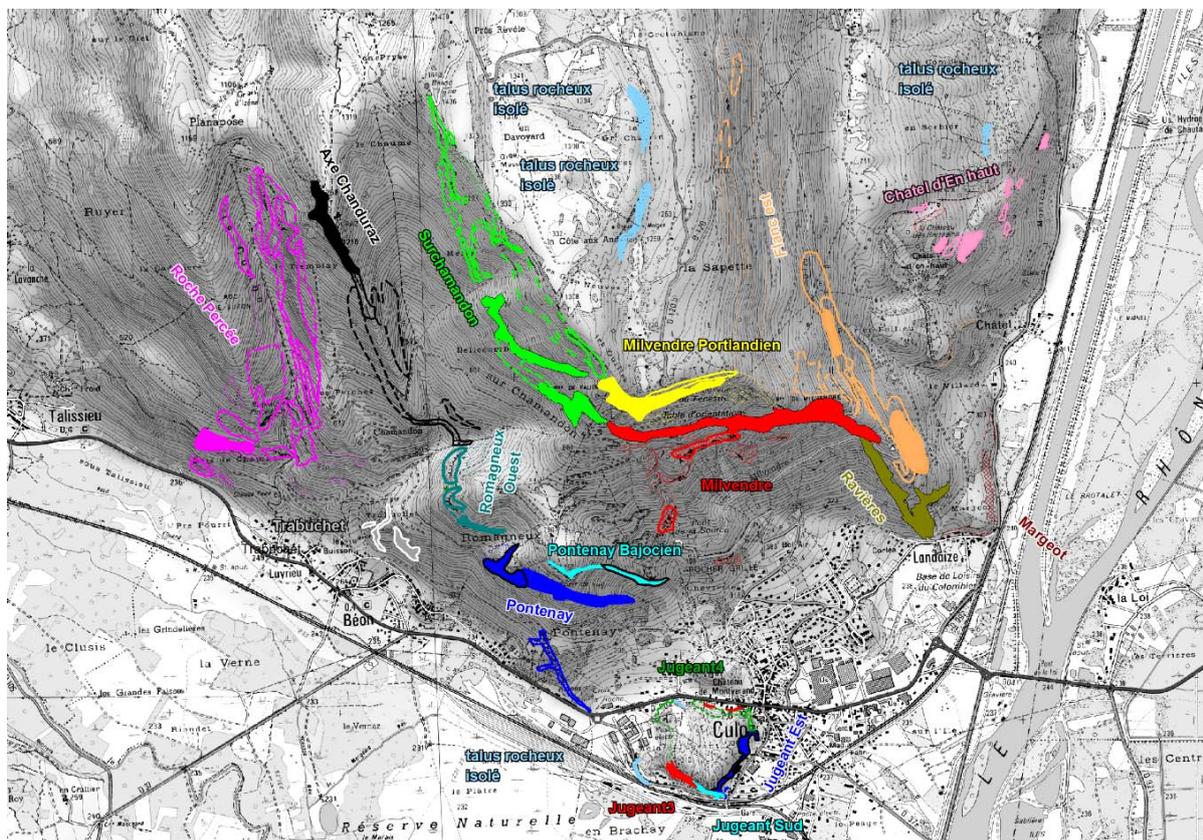


illustration 57 – ensembles (et zones) de départ homogènes – Fond Orthophoto 2016

Au sein de chacun des ensembles homogènes, il y a généralement dans le lot 1 ou 2 zones de départ homogènes (polygones remplis) qui sont par leur propagation, les volumes des blocs en jeu, leur position dans le versant, déterminantes et prépondérantes pour l'évaluation des aléas : elles correspondent généralement à la falaise la plus haute en dénivelé, la plus haute en altimétrie et occasionnant les départs les plus volumineux. Les autres zones de départs homogènes au sein de chaque ensemble correspondent à des falaises et des ressauts étagés possiblement plus bas, ou à des zones de versant rocheux présentant des zones de départ diffuses non continues.

Quand il y a un doute entre deux niveaux de falaises étagées sur la prépondérance possible entre les deux (exemple de la principale falaise bajocienne de Pontenay et de la falaise bathonienne de Pontenay), il a été fait deux ensembles distincts.

Pour la suite, la détermination des aléas (volume, propagation, niveau d'aléa) se base sur la prise en compte de ses seules zones de départ prépondérantes identifiées.

Groupe Homogène	Code	Béon	Culoz
Béon Ouest (Roche perchée)	BEORC	x	
Axe Chanduraz	BEACHZ	x	
Sur-Chamandon	BESCH	x	x
Trabuchet	BETRA	x	
Romagneux Ouest	BEROO	x	
Pontenay	BCPONI	x	x
Pontenay-sup (Bathonien)	BCPONS	x	x
Milvendre	BCMILV		x
Milvendre -sup (Portlandien)	BCMILP	x	x
Ravières	CZRAV		x
Margeot (Landaize Est)	CZMAR		x
Flanc Est	CZFLCE		x
Chatel d'en Haut (Chatel Sarrasin)	CZCHE		x
Jugeant Est	CZJE		x
Jugeant Sud	CZJS		x
Jugeant 3 (SW et local. N)	CZJ3		x
Jugeant 4 (W et N)	CZJ4		x

*illustration 58 – liste des 17 ensembles homogènes retenus*

Les deux ensembles homogènes, d'arrière versant d'Axe-Chanduraz et Surchamandon (Béon) qui n'atteignent ni zone bâtie, ni route carrossable (chemins pédestres néanmoins potentiellement exposés a priori) n'ont été reconnus que marginalement sur le terrain et ont surtout été caractérisées à distance (au vue des parties rocheuses visibles de loin).

Les deux ensembles homogènes de Roche Perchée (Béon) et Chatel d'En Haut (Culoz) sont aussi en bonne partie situées en arrière versant, sans propagation possible vers des zones à enjeu du massif. Ces secteurs ont également été reconnus de façon marginale aux abords et ont été caractérisées à distance (au vue des parties rocheuses visibles de loin).

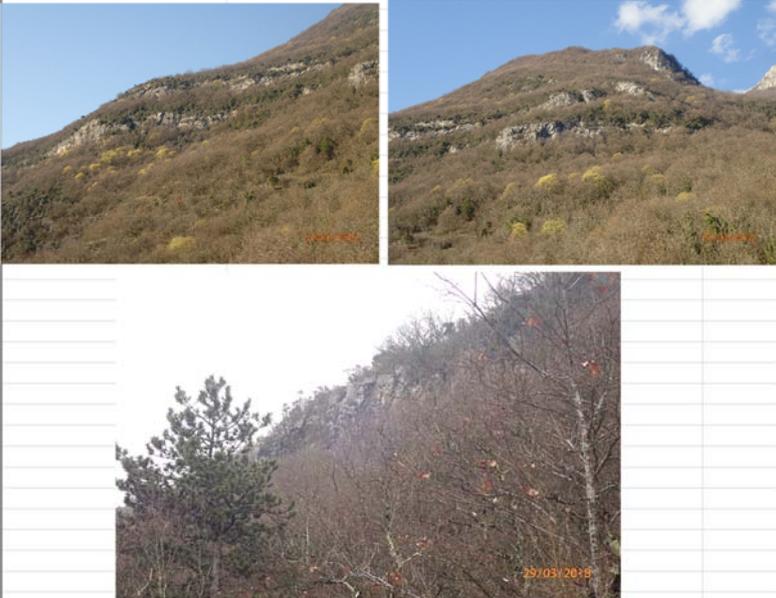
ALEA EBOULEMENT ROCHEUX		
FICHE DE SITE	BEON	BEORC1
Localisation / Description falaises du Berriasien		
		
Géométrie		
Géométrie Plusieurs barres continues de falaises étagées, hautes de 4 à 10 m. Ensemble globalement à découpe régulière suivant des axes verticaux de fracturation		
Mécanisme de rupture Ecaillage /Diedre / basculement / surplomb		
Volume total estimé 25 m3		
Volume unitaire 1-2 m3 (majoré à 4 m3 pour scénario retenu)		
Indice d'intensité <b>Elevée</b>		
Caractéristiques observés sur le terrain		
Reconnaissance	visuelle (++), approchée sans atteindre le pied d'éboulis	
Facteurs de prédisposition	Fracturation verticale (découpe en colonne et dièdre). Gel-dégel (face Sud en période hivernale).	
Facteurs aggravants	Végétation (peu marquée)	
Facteurs favorables	Léger amont pendage	
Cone d'éboulis	non continu en partie végétalisé	
Blocs présents	rien de repéré	
Indice d'activité <b>Faible voire moyen</b>		
Autres observations	surmontées des falaises valangiennes (BEORC3) et surplombant (par chevauchement) les ressauts et falaises du Kimméridgien et du Tithonique (BEORC2)	
Images		
		

illustration 59 – exemple de fiche descriptive de zone

Enfin, le flanc est du Grand Colombier ne montre pas dans la partie supérieure de versant masquée par la forêt, au-dessus de la RD120, de nettes parois rocheuses visibles importants (type ligne continue de falaises...). La zone n'est desservie que par quelques rares pistes forestières et elle est loin de tout enjeu (en dehors de la RD120 atteinte chaque année par des départs liés au gel). Elle semble surtout concernée par des affleurements rocheux généralement limités, donnant lieu à un aléa de départ diffus. Cette partie de l'ensemble homogène n'a pas été reconnue en dehors des abords depuis la RD120.

### 5.1.2. Intensité de phénomène

Les volumes potentiellement mobilisables (définis après fragmentation en cours de propagation de la masse au départ) conditionnent directement l'intensité attendue des phénomènes, qualifiée par un **indice d'intensité**. Cette intensité est associée à l'endommagement potentiel des enjeux engendré par leur atteinte. De façon globale, le niveau d'intensité du phénomène est défini à partir de la grille ci-dessous issue du groupe de travail MEZAP :

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

*illustration 60 – définition des classes d'intensité de l'aléa rocheux en fonction du volume et du potentiel de dommages (source : document Mezap)*

L'analyse de la distribution des volumes des blocs recensés dans les zones d'atterrissement principales (cf. § 4.3 et illustration ) montre une prédominance des volumes de classe limitée à modérée puis une diminution du nombre d'éléments d'intensité élevée à très élevée. Ceci est conforme à la distribution attendue de blocs rocheux en pied de falaises.

De façon générale, la fragmentation au cours de chute (après fragmentation liée au pré-découpage de la fracturation rocheuse) n'a pas été considérée au regard de la dureté des calcaires par rapport au milieu de propagation généralement de moindre résistance. Toutefois pour des blocs issues des falaises supérieures du Bathonien et se propageant jusqu'à la falaise de Pontenay ou issues des falaises portlandiennes et se propageant jusqu'aux falaises de Milvendre, la hauteur de chute libre de plusieurs dizaines de mètres de dénivelé est suffisamment importante pour que des blocs au départ estimés d'un volume de l'ordre de 1 à 3 m<sup>3</sup> voire plus, puissent se fractionner après impact et in-fine fournir des éléments rocheux de moindre volume (< 1 m<sup>3</sup>) susceptibles de poursuivre leur propagation plus en aval.

Globalement les scénarios de référence prennent en compte les volumes potentiels les plus élevés, soit des propagations de blocs généralement de l'ordre de quelques mètres cube (forte

représentativité générale de cette classe) pour des volumes totaux plus importants (de l'ordre de quelques m<sup>3</sup> à quelques dizaines de m<sup>3</sup>, voire plusieurs centaines de m<sup>3</sup> pour les secteurs homogènes les plus critiques). Concernant la forme des blocs, des formes parallélépipédiques d'élanement plutôt faible (1,2 à 1,8) seront priorisées.

La synthèse des volumes de référence considérés par zone est reportée sur l'illustration 62.

### Remarque

Pour la prise en compte de la propagation, il est important de noter que des scénarios de rupture potentielle en grande masse entraînant un comportement de propagation de type « écoulement » (phénomène « de grande ampleur » dont la dynamique s'apparente à celle d'un mélange « turbulent ») est retenu dans le cadre de la présente étude. La survenue d'un tel événement depuis les falaises de Milvendre a en effet déjà eu lieu à deux sinon trois reprises. Elle semble également possible bien que peu probable sur les falaises bajociennes du Pontenay et pourrait survenir à nouveau sur le flanc est à la faveur d'un aval pendage défavorable. Ce type de scénario se conclut néanmoins dans l'appréciation de l'aléa par des propagations de blocs isolés en fin de trajectoire.

### 5.1.3. Activité

La fréquence avec laquelle les volumes de roches se mettent en mouvement qualifie un **indice d'activité** des zones de départ, défini à partir de la grille suivante établi par le groupe de travail MEZAP.

Indice d'activité par zone d'homogène	Description
<b>Faible</b>	De l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les 100 ans
<b>Moyen</b>	De l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les 10 ans
<b>Fort</b>	De l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les ans

*illustration 61 – définition des classes d'indice d'activité (source : document Mezap)*

La connaissance historique recensée dans le cadre de cette étude a été présentée précédemment (§ 3.2).

Sur l'ensemble des différents sites de départs potentiels de blocs, une évaluation de l'activité a été faite à dire d'expert et consignée dans les fiches d'identification. Presque partout, cette évaluation a conduit à un indice d'activité de niveau faible (de l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les 100 ans) à moyen (de l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les 10 ans), et de niveau moyen pour les parties un peu plus actives (comme le flanc sud du Jugeant CZJS).

L'activité apparaît plus marquée sur la falaise inférieure de Briseveau à Béon (secteur BCPONI) de moyenne voire forte mais il n'y a pas de propagation possible en aval et elle est restée située dans la zone de forte exposition de la falaise de Pontenay en position surjacente.

L'activité apparaît être également moyenne voire forte sur la falaise du secteur Trabuchet (BETRA) au-dessus du G.R., en lien avec l'activité du gel hivernal. Pour le scénario de référence,

où le volume des blocs (quelques centaines de litre mais inférieur au m<sup>3</sup>) est au-dessus des blocs couramment produits (quelques dizaines de litre voire la centaine de litre) par l'activité hivernale, l'activité reste moyenne.

L'activité hivernale correspondant à une activité forte tel que constatée en cours d'étude, notamment sous les falaises de Pontenay et surtout de Milvendre n'engendrent que des blocs de relatif petit volume bien en deçà de ceux des scénarios de référence.

#### **5.1.4. Synthèse aléa de rupture**

L'illustration 62 présente une synthèse des indices d'intensité et d'activité sur les différents sites de départs potentiels de blocs identifiés. La plupart des ensembles homogènes sont susceptibles de générer des phénomènes de propagation étendue d'intensité élevée, mais avec une activité qualifiée de faible à moyenne.

Plusieurs scénarios de références sont parfois proposés pour le même ensemble homogène : Dans le cas général, cela correspond en effet au sein du même ensemble homogène à des zones homogènes de départs distinctes.

Dans le cas particulier des falaises de Milvendre (BCMILV), Pontenay (BCPONI) et du Flanc Est (CZFLCE), on a laissé à la fois, un scénario d'éboulement en grande masse (prépondérant mais d'occurrence attendue moindre) pouvant approcher sinon dépasser le millier de m<sup>3</sup> et un scénario d'éboulement plus couramment attendue, pouvant atteindre néanmoins jusqu'à quelques centaines de m<sup>3</sup>. Cela ne changera en rien les zonages résultants finaux mais cela permet juste de mieux conserver en mémoire une certaine dualité entre les scénarios les plus pessimistes non écartés sur 100 ans et les scénarios attendus comme récurrents sur un siècle.

Groupe Homogène	Code	Scénario de référence	Volume total	Volume Unitaire	Intensité	Activité
Béon Ouest (coté Rhone)	BEORC	Eboulement de 2 à 30 m3	<=30 m3	0,5 à 4m3	Elevée	Faible à Moyenne
Béon Ouest (arrière versant )	BEORC	Eboulement de 1 à 250 m3	>100 m3	0,25 à plus de 10 m3	Elevée	Faible voire Moyenne
Axe Chanduraz	BEACHZ	Eboulement de 1 à 250 m3	de 1 à 300 m3	de 0,2 à plus de 10 m3	Limitée à très élevée	Faible voire Moyenne
Sur-Chamandon	BESCH	Eboulement de 1 à 250 m3	de 1 à 500 m3	de 0,2 à plus de 10 m3	Limitée à très élevée	Faible voire Moyenne
Trabuchet	BETRA	Eboulement en tête de quelques m3	0,2 à 5 m3	<= 1 m3	Modérée	Faible à Moyenne
Trabuchet	BETRA	Chutes couramment observées	0,5 m3	<150 l	Limitée	Moyenne à Fort
Romagneux Ouest coté Rhone	BEROO	Eboulement de 0,5 à 40 m3	<=40 m3	de 0.25 à 5 m3	Modérée à Elevée	Faible voire Moyenne
Romagneux Ouest coté Chamandon	BEROO	Eboulement de 1 à 5 m3	> 1 m3	<1 m3	Modérée	Faible voire Moyenne
Pontenay	BCPONI	Eboulement de 1 à 100 m3	<=100 m3	de 1 à 10 m3	Elevée	Faible à Moyenne
Pontenay	BCPONI	Eboulement en masse de plus de 500 m3	>=500 m3	de 1 à 50 m3	Elevée à très Elevée	Faible
Pontenay (Briseveau)	BCPONI	Eboulement de 0,5 à 30 m3	<=30 m3	de 1 à 10 m3	Elevée	Moyenne à Fort
Pontenay-sup (Bathonien) coté W	BCPONS	Eboulement de 0,5 à 20 m3	<=20 m3	(< 1m3 après fragmentation)	Modérée	Faible à Moyenne
Pontenay-sup (Bathonien) coté E	BCPONS	Eboulement de 0,5 à 50 m3	<50 m3	de 0.5 à 5 m3	Modérée à Elevée	Faible à Moyenne
Milvendre	BCMILV	Eboulement de 0,5 à 100 m3	1 à 100 m3	de 0.5 à 10 m3	Modérée à Elevée	Faible à Moyenne
Milvendre	BCMILV	Eboulement en masse	> 1000 m3	de 1 à 100 m3	Elevée à très Elevée	Faible voire Moyenne
Milvendre-sup (Portlandien)	BCMILP	Eboulement de quelques m3	1 à 10 m3	0,1 à 1.5 m3 (< 1m 3 après fragmentation)	Modérée	Faible voire Moyenne
Ravières	CZRAV	Eboulement de quelques m3	1 à 20 m3	1 à 4 m3, exceptionnelle 5-10 m3	Elevée	Faible à Moyenne
Margeot (Landaize Est)	CZMAR	Départ réduit sur versant rocheux	< 2 m3	< 0,25 m3	Limitée	Faible à Moyenne
Margeot	CZMAR	Départ sur plan structural (bordures en arete)	de 0.2 à 5 m3	< 1 m3	Modérée	Faible à Moyenne
Flanc Est moitié versant sup	CZFLCE	Eboulement attendu de 1 à 100 m3	<= 100 m3	1 à 5 m3	Elevée	Faible à Moyenne
Flanc Est loc.	CZFLCE	Eboulement en masse	> 1 000 m3	1 à 5 m3	Elevée à très Elevée	Faible voire Moyenne
Flanc Est loc.	CZFLCE	Départ sur falaise vive résiduelle	< 4 m3	50 à 800 l	Modérée	Faible voire Moyenne
Flanc Est loc.	CZFLCE	Départ sur court ressaut rocheux	< 2 m3	20 à 200 l	Limitée	Faible voire Moyenne
Chatel d'en Haut (Chatel Sarrasin)	CZCHE	Eboulement depuis les falaises démantelées ou les corniches	2 à 50 m3	0,2 à 3 m3	Elevée	Faible à Moyenne
Jugeant Est	CZJE	Eboulement (écailles, petits surplombs)	2 à 20 m3	0,1 à 1 m3	Modérée	Faible à Moyenne
Jugeant Sud	CZJS	Eboulement (surplombs, panneaux)	2 à 20 m3	0,1 à 2 m3	Elevée	Faible à Moyenne
Jugeant 3 (SW et local. N)	CZJ3	Petit éboulement sur courtes barres	0,5 à 10 m3	0,1 à 1 m3	Modérée	Faible voire Moyenne
Jugeant 4 (W et N)	CZJ4	Départ depuis les courts affleurements rochers	< 2 m3	< 0,125 m3	Limitée	Faible voire Moyenne

illustration 62 – indices d'intensité / activité selon les sites de départs potentiels de blocs identifiés



## 5.2. ALEA DE PROPAGATION : PROBABILITE D'ATTEINTE

L'évaluation de la propagation de chutes de blocs en versant a été menée en suivant les étapes complémentaires suivantes :

- Simulations trajectographiques en 2D ;
- Analyse à partir de la méthode dite de la ligne d'énergie permettant la définition d'enveloppes de propagation en fonction des caractéristiques topographiques du site ;
- Cartographie de synthèse basée sur les résultats des méthodes précédentes enrichis d'une approche « experte ».

### 5.2.1. Trajectographie 2D

L'outil utilisé est PIERRE98, logiciel probabiliste de trajectographie 2D de chute de bloc prenant en compte l'impact bloc / sol [Mella A. et Hungr, 1999]. Le calcul d'une trajectoire est effectué de manière déterministe en prenant potentiellement en compte la variabilité des paramètres liés au bloc, au sol et aux interactions sol/bloc. L'analyse probabiliste résulte de la multiplication des trajectoires calculées en simulant, pour chaque paramètre d'entrée, une réalisation possible d'une variable aléatoire et de l'analyse statistique qui résulte de l'ensemble des simulations.

Les 42 profils de calcul jugés représentatifs des configurations les plus pénalisantes rencontrées sur l'ensemble de la zone d'étude et ayant fait l'objet des simulations sont présentés sur l'illustration 63. Ils correspondent :

- à des zones de départ remarquables identifiées ;
- à des configurations topographiques préférentielles, favorables pour la propagation de blocs en mouvements (type zones de talweg) ;
- à des atteintes potentielles aux zones d'enjeux (route, bâti).

Pour 7 d'entre eux (BéonA, BéonD, CulozA, CulozBA, Culoz\_BAB, CulozC0, CulozH5), les profils recoupent deux falaises étagées différentes sur lesquels il a fait deux simulations trajectographiques différentes tenant compte de des deux zones de départs différentes. Il s'agit en général de pouvoir prendre en compte la relativement courte falaise bathonienne au-dessus de la falaise bajocienne de Pontenay voire de la falaise portlandienne au-dessus de la falaise kimméridgienne de Milvendre.

Pour le profil BéonE, il a été testé des départs sur la falaise bathonienne, sur la falaise bajocienne intermédiaire (haute falaise de pontenay) et sur la falaise oxfordienne de la carrière de Briseveau en contrebas).

Enfin pour le Jugeant, les profils issus du MNT lissé à 5 m ne sont pas assez représentatifs de la morphologie locale des versants (surtout pour les flancs sud et Est plus redressés) pour permettre d'y faire une étude trajectographique qui aurait du sens.

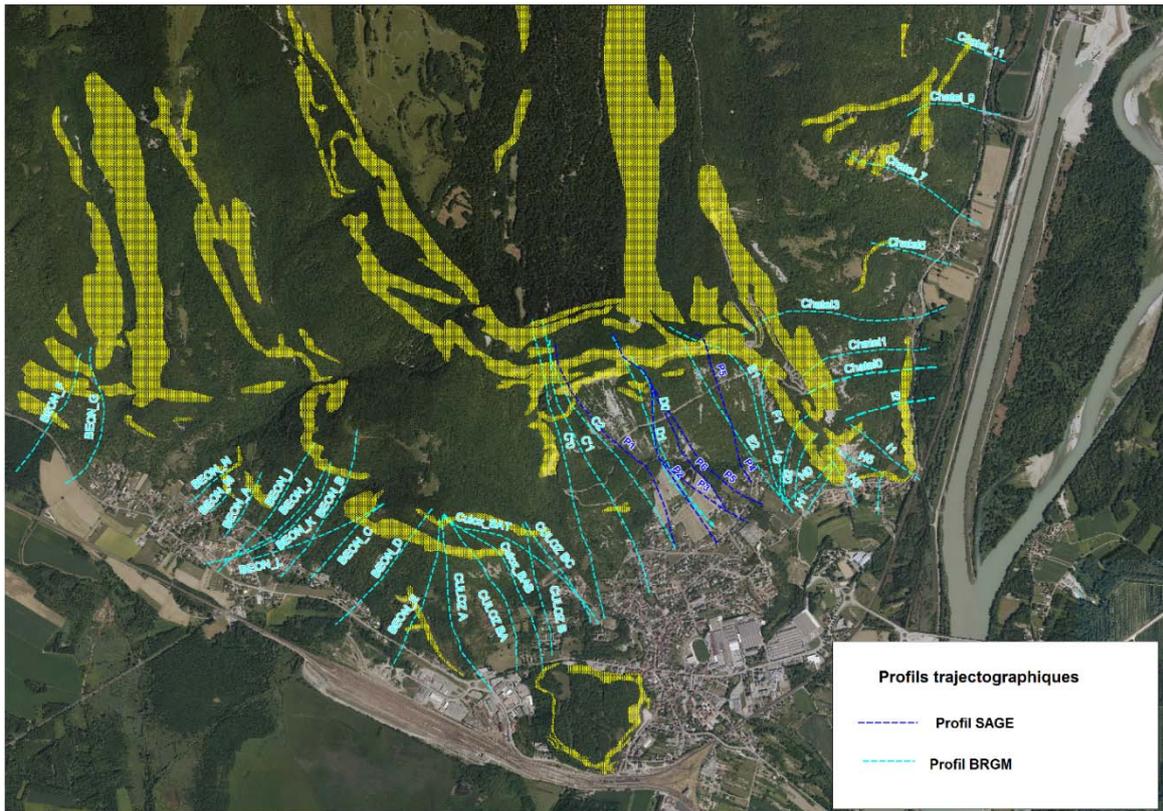


illustration 63 – localisation des profils de trajectographie simulés (fond : ©IGN, scan25)

Les types de sols considérés sont ceux de l'illustration 23. Les hypothèses de blocs retenues, guidées par les observations de terrain, sont les suivantes :

- blocs de forme parallélépipédique (élancement compris entre 1,2 à 1,8 retenu) ;
- volumes unitaires de blocs variant généralement entre 0,9 m<sup>3</sup><sup>11</sup> à 10 m<sup>3</sup> selon les profils (généralement 1 sinon 2 volumes différents testés). Seuls 3 profils présentent des volumes de moindre importance sur les zones de départ.

Les masses et méga-masses anciennes présentes dans le versant (jusque plus de 1000 m<sup>3</sup>) ne sont pas des phénomènes de scénario probable considérés dans la cartographie de l'aléa. Il n'est en effet pas détecté de bloc en situation d'instabilité avérée sur la zone d'étude susceptible de se déclarer dans la période de retour considérée de l'ordre de 100 ans (probabilité d'occurrence jugée trop faible).

Pour chaque profil, les calculs ont été menés pour des lancers de 5000 à 12000 blocs depuis chaque zone de départ identifiée sur les profils. Les résultats se présentent comme une distribution des zones d'arrêt de blocs dans les versants. La donnée est valorisée comme une probabilité d'atteinte en chaque point du profil.

La synthèse des analyses est présentée sur l'illustration 67.

<sup>11</sup> Une grande partie des simulations fixées avec des blocs pris à 0,9 m<sup>3</sup> correspondent à des blocs provenant de la falaise bathonienne (sinon portlandienne) qui au départ pourraient dépasser un peu le m<sup>3</sup>, mais qui devraient se fractionner a minima à l'impact après une longue chute de plusieurs dizaines de mètre (voire plus de 100 m) en pied de falaise bajocienne (sinon kimméridgienne).

L'ensemble des simulations est annexé. Les classes de probabilité d'atteinte sont définies comme suit en référence aux valeurs communément admises (MEZAP) :

- $P > 10^{-2}$  (1 bloc sur 100 atteint l'enjeu) : probabilité forte ;
- $10^{-4} < P < 10^{-2}$  (1 bloc sur 10000 atteint l'enjeu) : probabilité moyenne ;
- $10^{-6} < P < 10^{-4}$  (1 bloc sur 1 000 000 atteint l'enjeu) : probabilité faible.

Un lâcher de 10 000 blocs ne permet pas d'évaluer une probabilité d'atteinte  $10^{-6}$ . L'évaluation des distances d'arrêt pour cette gamme de probabilité est menée par extrapolation semi logarithmique (cf. annexe 3)



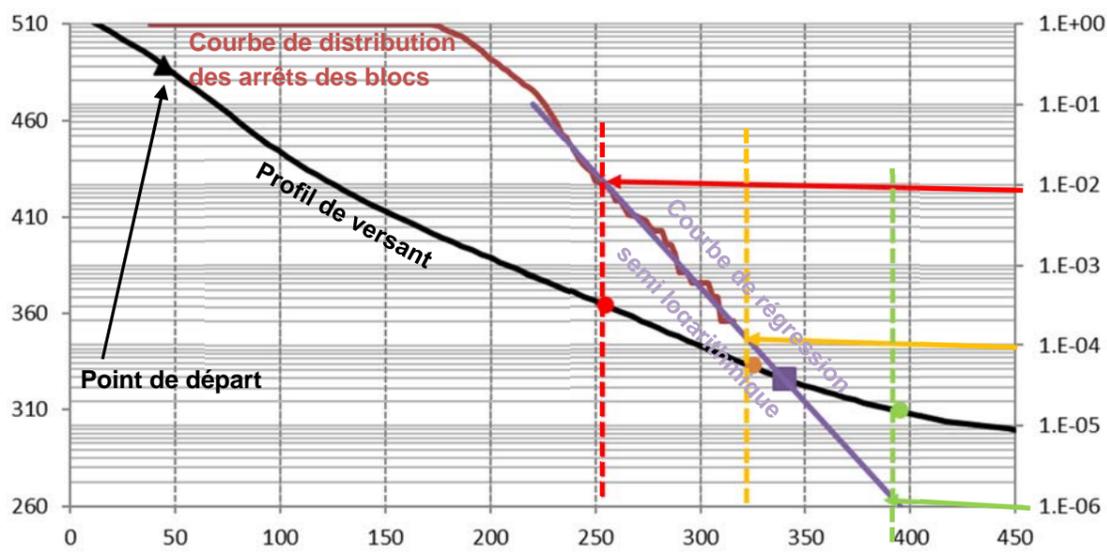
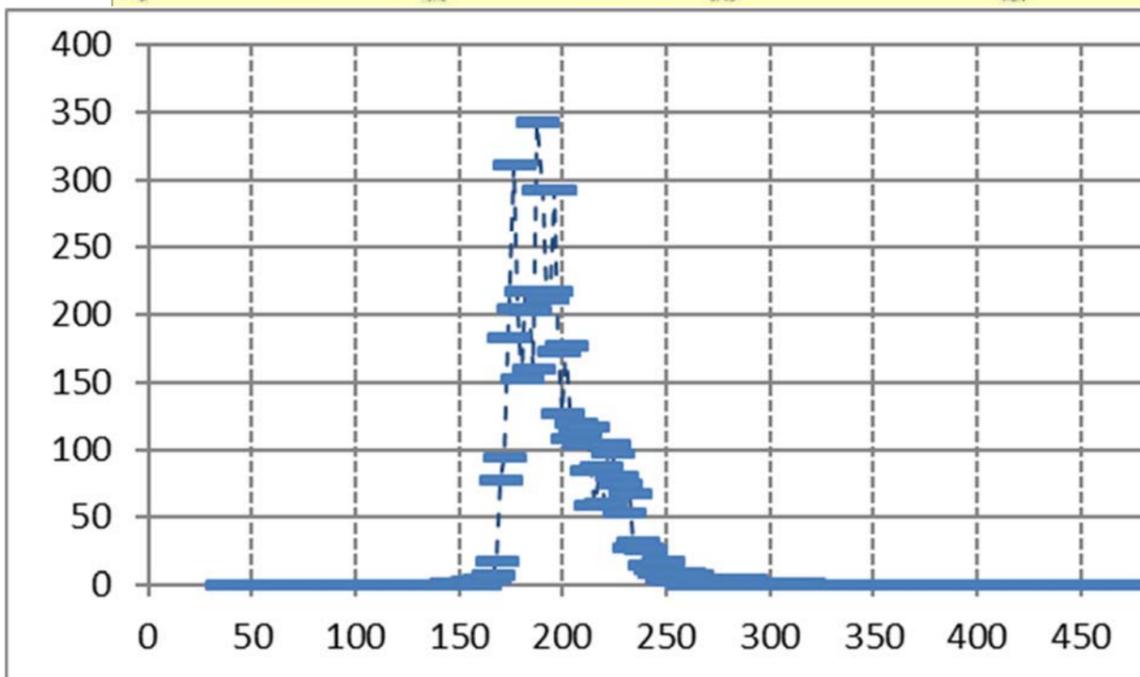
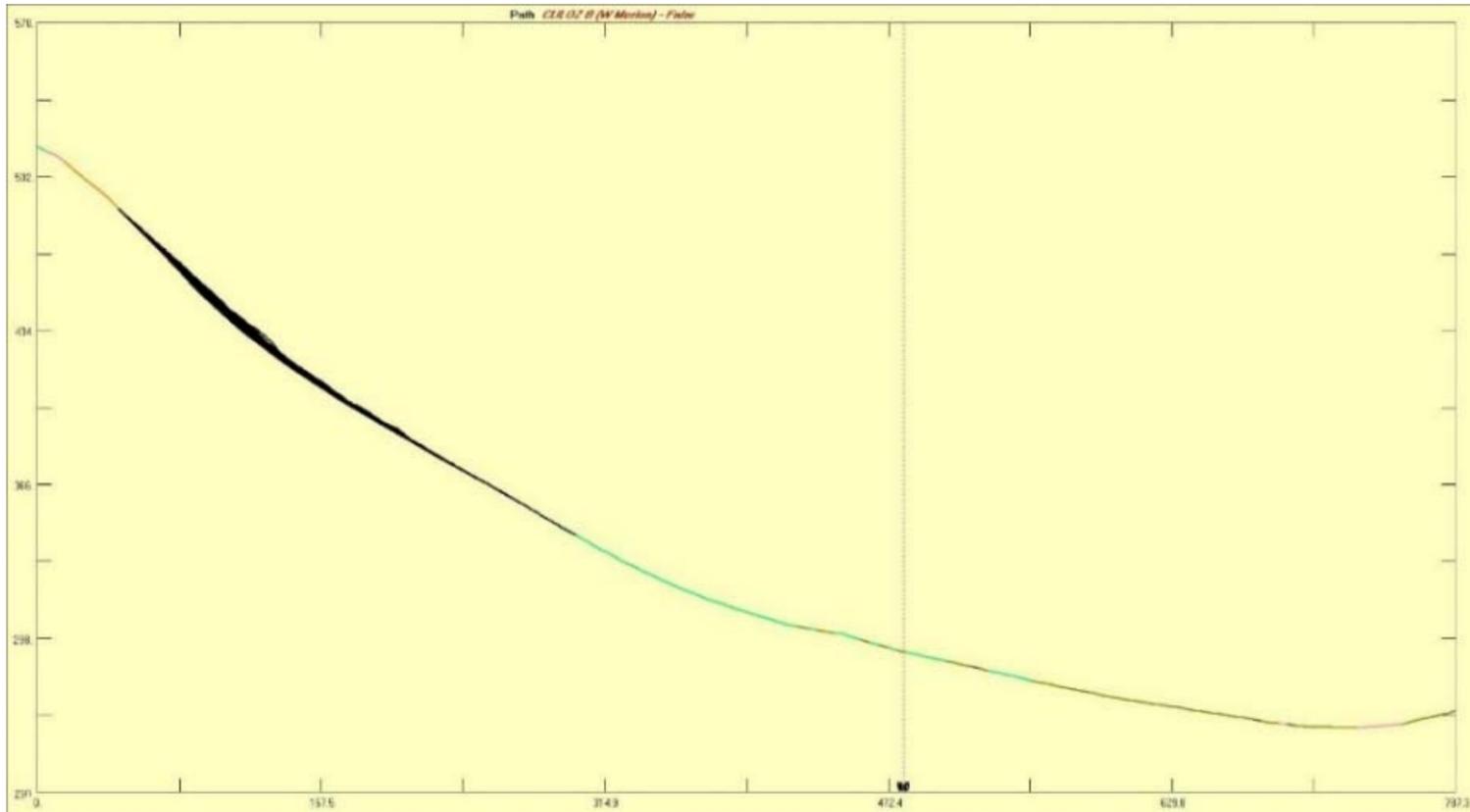


illustration 64 – exemple de restitution sur profil trajectographique (Profil Culoz B ; volume 7,5 m<sup>3</sup>)



### 5.2.2. Méthode de la « ligne d'énergie »

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" (Cf. annexe 2). 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  $\beta$ , il accélère. Si elle est inférieure à  $\beta$ , 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  $\beta$  avec l'horizontal (illustration 65). Cette ligne est appelée la ligne d'énergie et l'angle  $\beta$ , l'angle de la ligne d'énergie.

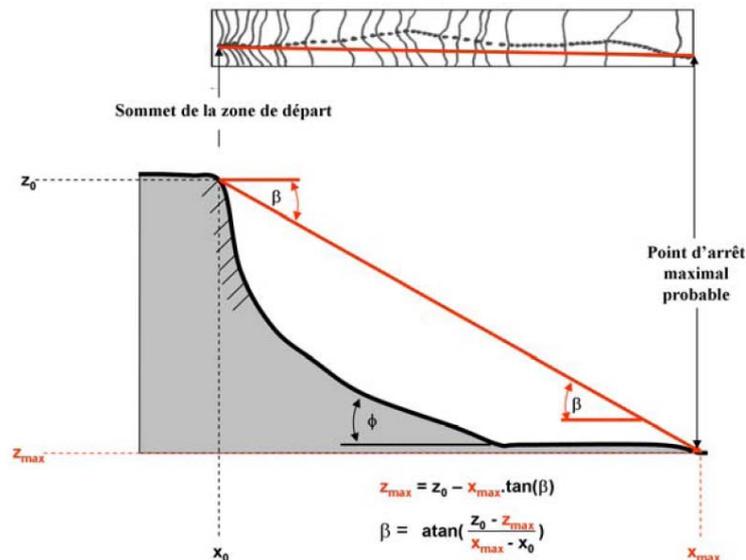


illustration 65 – représentation schématique du principe de la ligne d'énergie et de la formule pour déterminer l'angle  $\beta$

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). L'observation et la mesure d'angles sur plusieurs phénomènes permet de présenter des plages statistiques de valeurs permettant une quantification de la probabilité d'atteinte (illustration 66).

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°

illustration 66 – Plages de valeurs indicatives des angles géométriques pour la méthode des cônes issues de l'analyse statistique des valeurs publiées à ce jour (source : document MEZAP)

Le choix de la valeur d'angle au sein de l'intervalle exposé est pratiqué et justifié en fonction de la connaissance du site et des retours d'expérience sur des sites équivalents. A ce titre, le BRGM dans le cadre de développements récent du GT MEZAP a mis en évidence une relation entre la morphologie des versants et les valeurs de ligne d'énergie. Cette relation empirique est basée sur la valorisation de plusieurs milliers d'évènements de chute de blocs [Colas et al., 2017]. C'est sur la base de cette relation que les valeurs d'angles sont définies pour chaque profil.

Le contexte bien renseigné sur Culoz incite à retenir plutôt les fourchettes basses de ces valeurs (versants fortement pentés de forme concave).

Le tableau figurant sur l'illustration 67 permet de comparer pour chaque profil les distances et angles d'énergie associés selon les probabilités d'atteinte définies à partir :

- des simulations trajectographiques effectuées à l'aide de Pierre98 ;
- de l'approche empirique par la ligne d'énergie, fondées sur des valeurs de références statistiques.

### 5.2.3. Synthèse des approches

A partir des deux analyses, pour chaque zone, les atteintes sont évaluées. L'analyse croisée des travaux réalisés permet de proposer les limites de propagation des différents scénarios par zones. Afin d'aboutir à une hiérarchisation de l'atteinte potentielle de blocs rocheux en versant (blocs correspondants au scénario de référence), la démarche a été la suivante :

- exploitation des profils trajectographiques 2D (§ 5.2.1) en associant les probabilités d'atteintes aux classes qualitatives suivantes :
  - $P > 10^{-2}$  : probabilité d'atteinte forte ;
  - $10^{-4} < P < 10^{-2}$  : probabilité d'atteinte moyenne ;
  - $10^{-6} < P < 10^{-4}$  : probabilité d'atteinte faible.
- évaluation des atteintes à partir de la méthode des cônes (§ 5.2.2) ;
- *In fine*, positionnement des enveloppes de propagation et cartographie résultante arrêtées à dire d'expert, en intégrant les caractéristiques topographiques locales, les caractéristiques et la disposition des blocs présents dans les zones d'arrêt, ainsi que les distances maximales d'atteinte déterminées à partir des outils d'aide à la cartographie (illustration 67).

Nom profil	LE BRGM						SCENARIO DE REFERENCE	N blocs	Pierre98 BRGM						MNT	Merlon O/N
	faible		moyen		fort				faible		moyen		fort			
	atteinte	LE	atteinte	LE	atteinte	LE			atteinte	LE	atteinte	LE	atteinte	LE		
BEON A	337	29.4	305	32.9	277	35.5	15 l	6000	315	30.9	286	35.6	267	37.4	5 m	non
BEON A HAUT	347	30.8	310	34.0	286	36.5	0.9 m3	6000	340	31.1	316	32.7	303	34.1	5 m	non
BEON B	960	27.5	860	30.0	801	32.0	3 m3	5000	845	31.3	797	33.1	749	34.7	5 m	non
BEON C	597	33.6	524	37.0	451	40.3	12 m3	5000	590	33.7	502	37.7	414	41.9	5 m	non
BEON D	798	30.2	774	33.4	665	35.6	6 m3	5000	735	33.1	709	34.1	670	37.9	5 m	non
BEON D Haut	857	31.8	778	34.4	714	36.5	0.9 m3	5000	715	36.4	695	37.1	663	38.1	5 m	non
BEON E haut	1041	29.5	880	32.3	823	34.3	0.9 m3	5000	810	34.6	780	35.3	656	38.0	5 m	non
BEON E	1041	29.1	847	31.8	488	40.1	10 m3	6000	830	32.5	794	33.7	660	36.8	5 m	non
BEON Ebas	832	26	804	28.0	760	30.4	2 m3	6000	760	30.2	748	31.0	736	31.9	5 m	non
BEON F	603	28.6	555	31.2	526	33.1	4 m3	5000	588	29.3	552	31.5	516	34.0	5 m	non
BEON G	702	26	635	28.0	424	30.0	4 m3	5000	540	28.98	488	29.0	436	29.6	5 m	non
BEON I	833	26.8	750	29.3	701	31.1	2 m3	5000	616	34.5	605	34.9	603	35.0	5 m	non
BEON J	708	26.8	633	29.6	588	31.5	3 m3	5000	600	31	531	33.6	481	35.2	5 m	non
BEON K	716	29	641	33.1	567	35.6	3 m3	5000	660	255.4	599	261.6	537	35.9	5 m	non
BEON L	532	35.1	453	39.1	398	42.4	0.5 à 2.5	5000	610	31.6	547	34.1	539	34.6	5 m	non
BEON M	28	26	47	28.0	66	30.0	20 -550 l	6000	54	26.1	44	26.9	33	28.1	5 m	non
BEON N	166	26	151	28.0	136	30.0	0.1 à 0.8	6000	94	33.8	88	34.5	83	35.3	5 m	non
CULOZA	901	28.4	698	33.2	500	39.1	10 m3	5000	890	28.6	795	31.1	700	33.0	5 m	non
CULOZA HAUT	962	28.4	856	31.1	701	34.3	0.9 m3	5000	760	33.2	720	33.9	700	34.3	5 m	non
CULOZ_BA	672	33.4	579	38.0	501	42.5	10 m3	5000	830	28.1	738	30.9	646	34.6	5 m	non
CULOZ_BA HAUT	977	27.4	859	30.2	754	32.6	0.9 m3	5000	840	30.6	716	33.5	592	37.1	5 m	non
CULOZ_BAB	710	25.9	597	30.7	529	34.4	5 m3	5000	780	23.9	688	26.7	596	311.4	5 m	non
CULOZ_BAB Haut	929	26	817	28.5	708	31.0	0.9 m3	5000	790	29.1	706	31.0	622	33.4	5 m	non
CULOZ_BAT	879	26	770	28.5	671	31.0	2 m3	5000	720	29.8	624	32.0	528	33.5	5 m	oui
CULOZ_B	424	26	365	28.0	274	30.0	7.5 m3	5000	395	27	325	28.9	688	291.4	5 m	non
CULOZ_BC	365	26	318	28.0	274	30.0	7.5 m3	5000	330	27.6	324	27.7	780	273.7	5 m	oui
CULOZ_C0	1547	26.6	1390	28.2	1319	31.7	3 m3	5000	1250	33.5	1210	34.1	1115	35.2	2 m	non
CULOZ_C0 Haut	1594	28.3	1420	30.8	1266	33.3	0.9 m3	5000	1270	33.2	1219	34.0	989	36.3	2 m	non
CULOZ_C1	1409	26	1294	28.5	771	30.4	4 m3	5000	1080	31.4	1016	32.3	734	34.0	2 m	non
CULOZ_C2	1195	27.2	947	33.9	676	38.5	10 m3	12000	1080	31.5	928	34.2	764	37.1	2 m	non
CULOZ_D0	1017	32.8	831	36.8	705	40.1	10 m3	500	1100	31.5	1029	32.5	929	34.6	2 m	non
CULOZ_D1	1010	29.8	800	31.6	665	34.5	10 m3	12000	940	29	836	30.8	752	32.6	2 m	non
CULOZ_E1	878	26	790	28.5	727	30.4	4 m3	5000	860	26.5	768	29.2	621	32.6	2 m	oui
CULOZ_E2	980	26	906	28	814	30	2 à 10 m3	5000	752	31.2	744	31.4	630	38.4	2 m	oui
CULOZ_F1	798	26	720	28	577	31.7	6 m3	5000	670	30.7	658	33.4	646	30.1	2 m	oui
CULOZ_G1	450	29.3	404	32.2	368	34.5	4 à 8 m3	5000	322	34.5	316	34.6	311	35.1	2 m	oui
CULOZ_G2	312	31	275	34.5	250	36.4	2 m3	5000	240	36.7	233	36.8	226	38.4	2 m	oui
CULOZ_H0	206	26.4	177	30.1	159	32.7	2 m3	5000	220	24.9	200	27.4	180	29.5	5 m	non
CULOZ_H1	145	26	134	28	125	30	2 m3	5000	128	29.5	124	30.3	120	30.9	5 m	oui
CULOZ_H3	252	29.7	226	32.8	212	35.1	2 m3	5000	201	36.1	198	36.3	197	36.5	5 m	oui
CULOZ_H5 haut	319	26	294	28	273	30	2 m3	5000	230	34.8	224	35.6	222	35.8	5 m	non
CULOZ_H5 bas	390	26	376	28	370	30	240 l	5000	416	21.2	408	22.8	399	24.3	5 m	non
CULOZ_I1	198	26	182	28.1	166	30.25	2 m3	5000	225	22.9	199	25.8	185	27.7	5 m	non
CULOZ_I3	611	26	563	28	468	30	2 m3	5000	420	31	380	32.5	340	33.9	5 m	non
CHATEL 0	572	26	349	31.2	309	33.6	4 m3	5000	300	34.1	240	37.2	180	40.0	5 m	non
CHATEL 1	650	26	418	30.5	368	33.0	4 m3	5000	560	27.6	456	29.0	352	33.8	5 m	non
CHATEL 3	1076	26	978	28	843	30	4 m3	5000	860	29.8	644	32.9	428	36.4	5 m	non
CHATEL 5	340	26	306	28	230	30	0.9 m3	5000	286	29.1	273	29.5	264	29.7	5 m	non
CHATEL 7	813	26	370	36.8	317	42.9	3m3	5000	408	34	376	36.3	343	39.5	5 m	non
CHATEL 9	463	26	442	28	419	30	1,5 m3	5000	442	28	424	29.6	407	30.9	5 m	non
CHATEL 11	430	26.2	409	28.8	391	30.8	1,5 m3	5000	420	27.5	400	29.9	380	32.0	5 m	non

illustration 67 – Synthèse des distances d'atteinte définies par simulations trajectographiques (PIERRE 98) et par analyse statistique sur événements (LE)

Le report cartographique des zones d'atteintes est réalisé sur l'illustration 68. Localement, un lissage est réalisé à dire d'expert, notamment en fonction des configurations topographiques rencontrées.



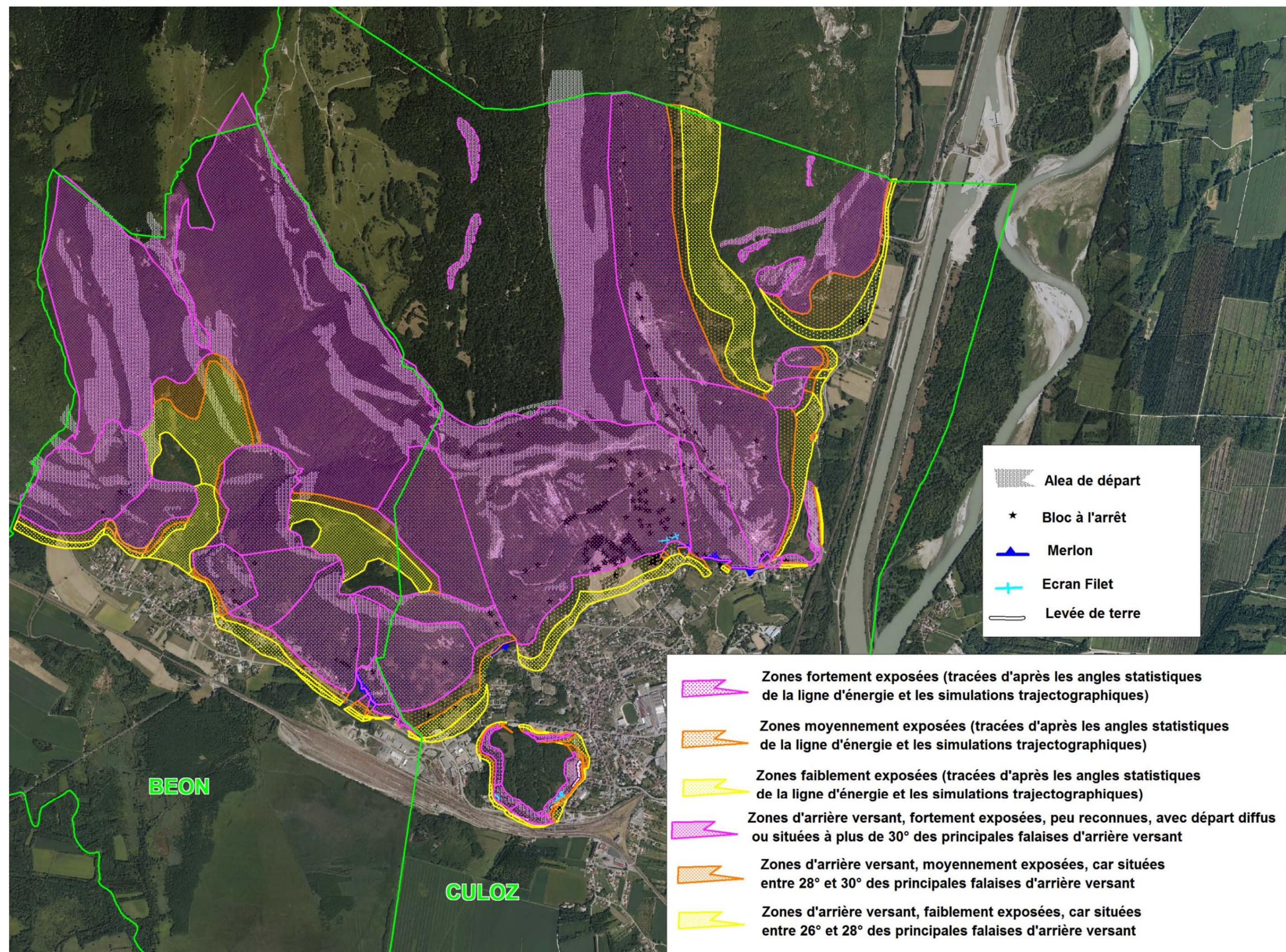


illustration 68 – Cartographie de l'enveloppe d'atteinte des blocs depuis les zones de départ identifiées



## 5.2.4. Considérations spécifiques en terme de d'évaluation de la propagation rocheuse

### *Jugeant*

Sur le Jugeant, le MNT à 5 m lissé n'est pas représentatif ni des aléas de départ, ni des pentes de versant. On ne dispose pas automatiquement des profils de versant, permettant ensuite soit une estimation automatique des valeurs statistiques des angles d'énergie, soit des simulations trajectographiques. Il a donc été nécessaire de faire tout autour du Mollard Jugeant une mesure régulière de la hauteur du dénivelé de la tête de versant.

Pour les profils de versant très redressés et relativement verticaux suivi d'un long replat marqué en pied de versant<sup>12</sup> sur les flancs sud, est et ponctuellement aussi sur les flancs au nord, il a été pris par défaut les angles d'énergie sécuritaires suivants :

- atteinte forte : 40° ;
- atteinte moyenne : 36° ;
- atteinte faible : 32°.

Ailleurs (flanc ouest, nord et sud ouest), il a été pris par défaut et par précaution les valeurs statistiques des angles de ligne d'énergie correspondantes aux propagations maximales à savoir :

- atteinte forte : 30° ;
- atteinte moyenne : 28° ;
- atteinte faible : 26°.

### *Arrière versant*

Sur les parties de flancs du Grand Colombier situées en arrière versant et reconnus surtout de loin (arrière versant de Béon sur Roche Perchée, Axe Chanduraz et Sur-Chamandon, et flanc est supérieur et sur Culoz) l'aléa départ ne reste que partiellement caractérisé que pour les parties rocheuses visibles de loin, malgré la couverture boisée.

Pour ces zones d'arrière versant, elles ont toutes été considérées comme potentielles zones de départ et il a été regardé la propagation rocheuse (à l'aide du MNT lissé à 5 m) qui en résulterait, en prenant les angles statistiques de ligne d'énergie pour les propagations maximales (soit 30°, 28 et 26°).

Mais à trois occasions sur le flanc sud-ouest (à hauteur de zones de promontoire avancées) et deux occasions sur le flanc est du Grand Colombier (replats intermédiaires à mi versant de part et d'autre de la zone rocheuse du Chatel Sarrazin), la propagation rocheuse s'arrête avant d'atteindre des barres rocheuses du versant. Une partie des flancs de versant du Grand Colombier à mi-dénivelé est donc hors zone d'aléa rocheux.

---

<sup>12</sup> Correspondant aux profils de versant B et D dans le guide MEZAP.

### ***Eléments de comparaison en termes de simulations trajectographiques***

Sur Milvendre, où on dispose de deux jeux de MNT différents (MNT lissé au pas de 5 m et MNT issu du LIDAR avec bonne restitution d'ensemble au pas de 2 m), il a été possible de faire sur le même profil des simulations trajectographiques avec les deux jeux de données différents.

La comparaison des résultats obtenus ne montre guère de différences en termes de propagation obtenus entre les deux jeux de données, quelques mètres d'écart dans un sens ou l'autre (sans mettre en évidence un jeu de données plus pénalisation pour l'un ou l'autre). A titre d'exemple, les résultats obtenus sur le profil G1 sont les suivants :

Atteinte	x ARRET (2 m)	angle (2m)	x ARRET (5 m)	angle (5 m)
FORTE (10-2)	268.50	35.10	269.40	35.12
MOYEN (10-4)	274.10	34.62	272.20	35.00
FAIBLE (10-6)	279.70	34.70	275.00	34.72

*illustration 69 – comparaisons des résultats obtenus d'atteintes sur le profil G1 avec Pierre98 entre le jeu MNT au pas de 2 m et celui au pas de 5 m*

Au final, sur le secteur de Milvendre couvert par le MNT au pas de 2 m, les résultats finaux en terme de simulations trajectographiques ont été faits avec le MNT plus précis de 2 m, qui permettent (Cf. chapitre 5.2.5 suivante) en outre une prise en compte de certains des ouvrages de protection.

L'étude SAGE de 2017 comporte notamment 5 profils trajectographiques sous les falaises de Milvendre à hauteur de Bel Air et de Longeléaz.

Les modélisations faites de recalage de l'épisode de mars 2007 dans le principal couloir d'éboulis (D0) ou selon une trajectoire décalée sur le promontoire rocheux tout de suite à l'ouest (D1) en direction de Bel Air sont cohérents (illustration 70) en termes d'atteintes avec les blocs s'étant le plus propagés en aval, et avec le profil P2 de SAGE.

Sur les profils C2 et E2 de part et d'autres des simulations de SAGE, les écarts d'atteintes sont plus prononcées (mais pour des profils un peu différents<sup>13</sup>)

Pour des résultats proches et compte tenu du nombre accru de simulations effectuées par SAGE, il a été au final retenu sur le secteur central de Bel Air les limites d'atteintes définies par SAGE.

En revanche, le nombre de profils BRGM à hauteur du lotissement des Ravières situé dans une zone de convergence topographique prononcée des falaises de Milvendre et des Ravières a été accru.

<sup>13</sup> Le profil C2 traverse entre les deux tronçons de la RD120 une zone plus argileuse, absente un peu plus à l'est sur le profil SAGE P1.

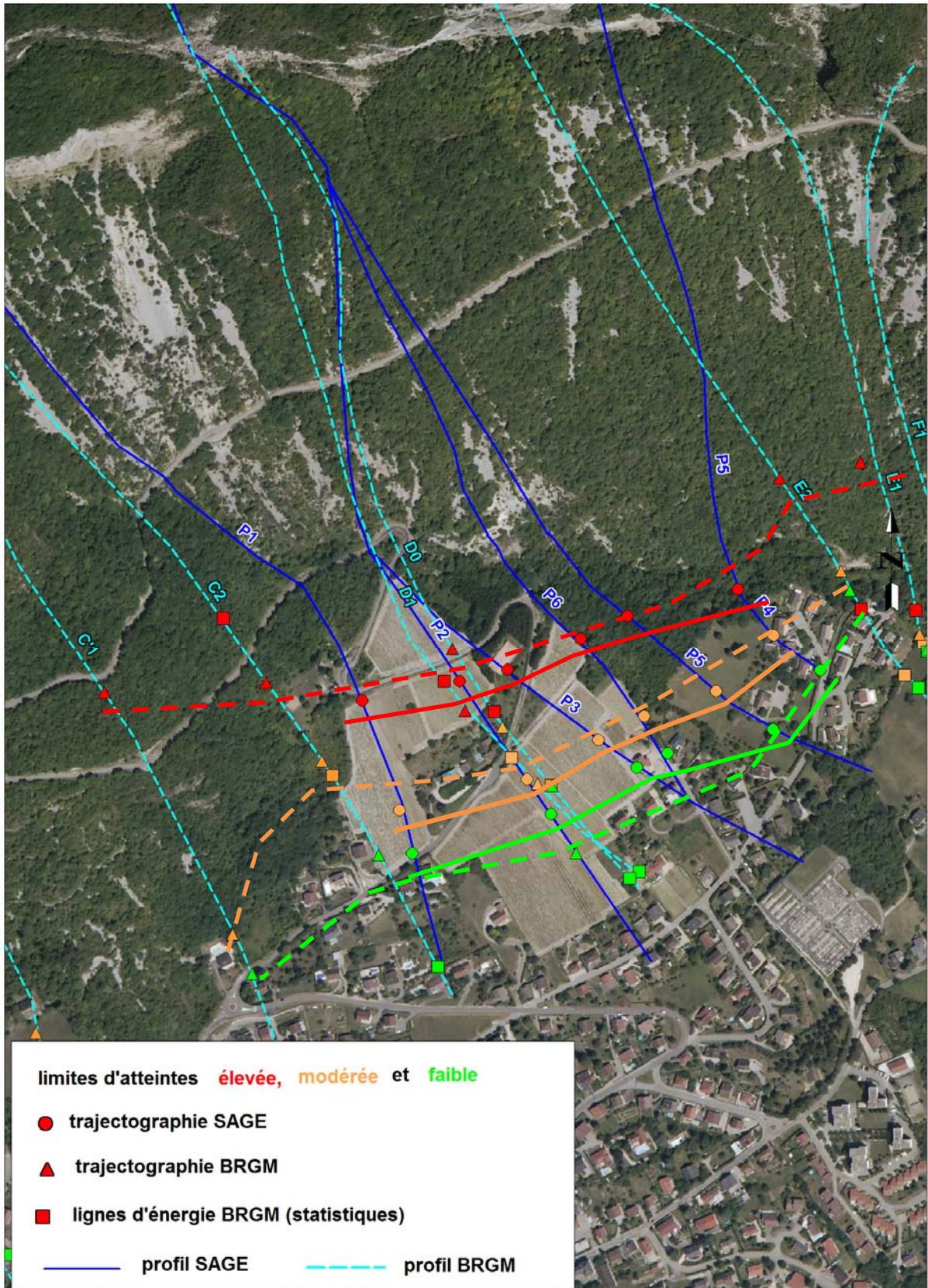


illustration 70 – comparaisons des résultats obtenus d'atteintes entre les méthodes trajectographiques (SAGE, BRGM) et de valeurs statistiques de la ligne d'énergie (BRGM). limites d'atteintes BRGM en traits discontinus et celles de SAGE en traits continus

Les modélisations faites antérieurement par le CEREMA ont été faites sur des profils de versant plus simples, sans notion de probabilité d'atteintes (calcul déterministe et non probabiliste). Une comparaison directe des résultats n'aurait de fait aucun sens en dehors de la limite aval d'atteinte. On signale néanmoins par anticipation du chapitre 5.2.5 suivant que les merlons (réalisés en pneusols) dimensionnés sur la base de ces études trajectographiques du CEREMA sont justifiés par les études trajectographiques BRGM réalisés (quand la donnée disponible permet d'en faire la confirmation).

#### **5.2.5. Prise en compte particulière des ouvrages de parade sur la propagation et aléa résiduel**

Le document COTEC n°2 (sur la constructibilité à l'aval d'un ouvrage de protection en montagne) permet pour l'évaluation des aléas la prise en compte des ouvrages de protection de type merlon, réalisés et entretenus sous maîtrise d'ouvrage publique, jugés comme étant pérennes à l'échelle des 100 ans d'échéance du PPRN.

Il s'agit alors de qualifier précisément l'aléa résiduel en aval de l'ouvrage (ce que seul une simulation trajectographique au droit de l'ouvrage peut permettre de faire, du fait de la modification topographique apportée par l'ouvrage au profil naturel de versant).

Le MNT courant 5 m lissé ne restitue pas la présence des ouvrages de protection sur les profils de versant et il n'offre donc pas la possibilité de faire une estimation de l'aléa résiduel.

Par contre, le MNT à 2 m issu de l'acquisition LIDAR faite pour l'étude SAGE couvre 4 des 6 merlons PNEUSOL : le merlon de Corleaz est particulièrement bien restitué par cette acquisition LIDAR. Le merlon des Ravières Est a été un peu moins bien restitué, car la couverture forestière masque un peu l'ouvrage. Le merlon des Ravières Ouest n'est que partiellement restitué.

Le merlon de Chantemerle est hors zone d'acquisition et les deux merlons étagées de Landaize sont en bordure d'acquisition LIDAR (où la restitution du profil de versant est par effet de bordure nettement plus mauvais que celui du MNT de (5m lissé).

La pertinence de l'ouvrage de Corleaz-Est a pu être testé et vérifiée suivant les profils G1 et G2 et même F1 (illustration 71) : aucune propagation en aval de l'ouvrage n'a été constaté sur aucun des blocs simulés. La grande majorité des trajectoires des blocs simulés et qui arrivent sur l'ouvrage sont sans rebond (hauteur nulle), soit des blocs limités au seul roulement : quelques rares blocs arrivent à l'impact sur l'ouvrage en cours de rebond. L'ouvrage prévu et dimensionné pour stopper toute propagation rocheuse plus en aval, confirme avoir atteint cet objectif et l'aléa résiduel en aval de l'ouvrage peut être considéré comme non significatif.

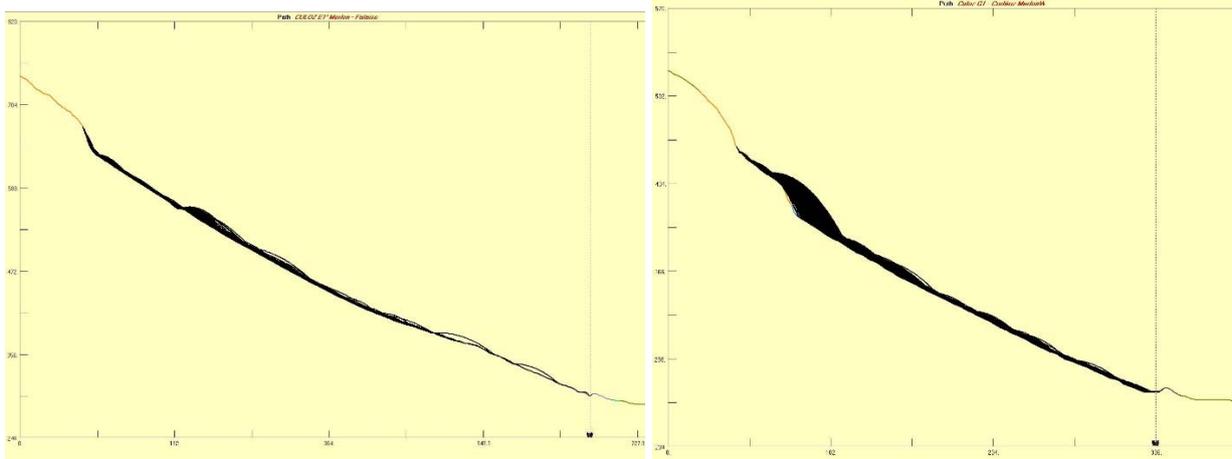


illustration 71 – propagation rocheuse arrêtée par les merlons de Ravières et de Corléaz Est

La pertinence de l'ouvrage des Ravières Est a pu être également vérifiée suivant les profils E1 et E2 sans qu'aucune propagation rocheuse au-delà n'ait été constatée. On retiendra là encore un aléa résiduel non significatif.

La bonne pertinence du dimensionnement a ainsi pu être établie sur les ouvrages de Corléaz et de Ravières Est. Sur les 4 autres merlons pneusols également dimensionnés par le CEREMA (systématiquement à l'aide d'une étude trajectographique ; cf. exemple d'illustration de la trajectographique pour 3 blocs d'élanements différents en illustration 72), il a été contrôlé que la hauteur des rebonds indiquée par les simulations trajectographiques à l'aide du MNT lissé à 5 m restait bien inférieure à la hauteur des merlons. Pour ces ouvrages, à défaut de pouvoir évaluer complètement le niveau d'aléa résiduel, il a été estimé par analogie avec les ouvrages de Corléaz et de Ravières Est que le niveau d'aléa résiduel était bien également non significatif.

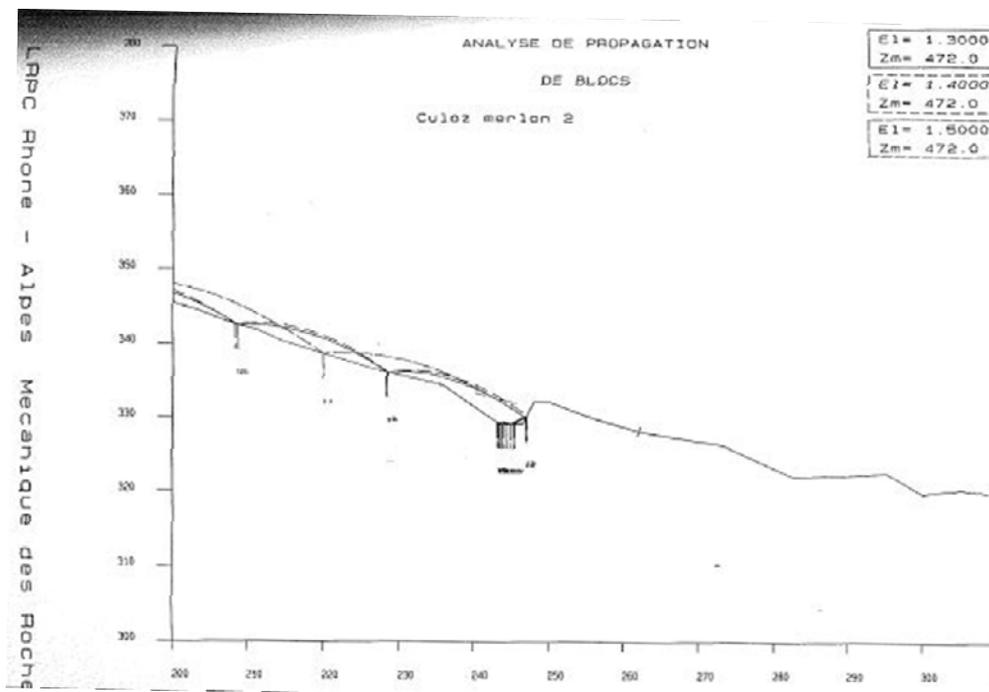


illustration 72 –exemple de profil trajectographique menée par le CEREMA dans le cadre du dimensionnement du merlon de Chantemerle (document 1998 consulté au CEREMA de Bron)

Sur le merlon réalisé avenue de la Gare à hauteur de l'ancienne carrière, sa hauteur (variant entre 3 et 3,5 m), son éloignement de la falaise (distant de 6 à 8 m), a été estimée pour permettre de contenir l'essentiel des éléments rocheux du front de taille de l'ancienne carrière en cours de propagation rocheuse, sans pour autant offrir la garantie qu'il est en mesure d'arrêter tous les départs rocheux. Le piton en limite sud de l'ancienne carrière est déjà en surplomb de ce merlon (possibilité de chute libre depuis la tête du piton passant au-dessus du merlon). De plus la conception de cet ouvrage (Varrel, 2001) n'a pas dépassé le schéma de principe et il n'a pas fait l'objet, à notre connaissance, l'objet d'un dimensionnement avant réalisation. Enfin on ne dispose pas d'un profil de versant au centre de la carrière (avec ou sans ouvrage) permettant un calcul trajectographique en vue d'apprécier l'efficacité de cet ouvrage. Pour ces raisons, cet ouvrage sera considéré comme transparent dans l'analyse.

Ce qui est vrai pour ce merlon, l'est encore plus pour toutes les levées de terre, où l'efficacité d'arrêt reste relativement proportionnée à la hauteur limitée des ouvrages.

Dans la prise en compte possible des ouvrages de protection, il reste sinon le cas des merlons bordant en aval les deux fosses de la carrière de Briseveau : la largeur des fosses atteint 100 à 120 m dont au moins la moitié est à fond plat voire en faible contrepente. Si le profil de versant au droit des carrières n'est pas particulièrement bien reconstitué avec le MNT lissé au pas de 5m, notamment en terme de fosse et de merlon, les hauteurs de rebond simulées sur le profil Béon\_E (pour un bloc de 10 m<sup>3</sup> partant de la falaise bajocienne de Pontenay) n'indiquent que de rebonds limités à hauteur des merlons d'au plus 1,5 m pour une moyenne de 1 m voire moins. En comparaison des 3 à plus de 6 m de hauteur de merlon, et au vu de la largeur de la partie plane de la fosse, même avec des hauteurs de rebond bien plus importants que ceux simulés, il n'a pas été retenu comme plausible que ces merlons puissent être dépassés en capacité. Par contre, la levée de terre inter-fosses, haute de 1,2 m au minimum, pourrait être aisément dépassée par un éventuel rebond, sans compter qu'au vu de sa largeur limitée, un bloc très énergétique pourrait l'endommager totalement au niveau de la surface d'impact.

Au final, les ouvrages de protection en terre, pris en compte ou pas dans la détermination de l'aléa rocheux, sont recensés dans le tableau synthétique suivant (illustration 73).

Nom de l'ouvrage	Commune	Note de dimensionnement	MO publique	ouvrage visible sur MNT disponible	vérification pertinence par BRGM	prise en compte dans la cartographie (O/N)	niveau d'aléa résiduel
Merlons fosse supérieure	Béon	sans obj.	sans obj.	non (5m)	oui : hauteur ouvrages >> hauteur rebonds	O	nul
levé de terre interfosses	Béon	non	sans obj.	non (5m)	a priori non : hauteur ouvrage limite basse par rapport aux hauteurs de rebond	N	fort (=alea court)
Merlon fosse inférieure	Béon	sans obj.	sans obj.	non (5m)	oui : hauteur ouvrages >> hauteur rebonds	O	nul
Merlon Chantemerle	Culoz	oui (CEREMA)	oui	non (5m)	oui : hauteur ouvrages >> hauteur rebonds	O	estimé nul *
Merlon de Ravières Ouest	Culoz	oui (CEREMA)	oui	partiellement (2m)	oui : hauteur ouvrages >> hauteur rebonds	O	estimé nul *
Merlon de Ravières Est	Culoz	oui (CEREMA)	oui	oui (2m)	oui (trajectographie validée sur 2 profils)	O	nul
Merlon de Corléaz	Culoz	oui (CEREMA)	oui	oui (2m)	oui (trajectographie validée sur 2 profils)	O	nul
Merlon de Landaise (bas)	Culoz	oui (CEREMA)	oui	non (5m)	oui : hauteur ouvrages >> hauteur rebonds	O	estimé nul *
Merlon de Landaise (haut)	Culoz	oui (CEREMA)	oui	non (5m)	oui : hauteur ouvrages >> hauteur rebonds	O	estimé nul *
Merlon avenue de la Gare	Culoz	a priori non	oui	non (5m)	non : profil disponible de versant non fiable	N	fort (=alea court)
levé du parking de (l'avenue de) la Gare	Culoz	non	oui	non (5m)	non : profil disponible de versant non fiable	N	fort (=alea court)
levé de terre piège à cailloux 2008 (avenue de la Gare)	Culoz	non	non	non (5m)	non : profil disponible de versant non fiable	N	fort (=alea court)
levée de terre 1990 (rue de Leyrieux)	Culoz	non	oui ?	non (5m)	non : profil disponible de versant non fiable	N	fort (=alea court)

estimé nul \* : par extrapolation de la pertinence effectivement vérifié sur les ouvrages de Coreléaz et de Ravières Est

*illustration 73 – Tableau de synthèse sur la prise en compte ou pas des ouvrages de parade en terre dans la cartographie de l'aléa rocheux*

### 5.3. PROBABILITE D'OCCURRENCE

La qualification de la probabilité d'occurrence est définie à partir de la matrice de l'illustration 74, en croisant la probabilité d'atteinte en un point et la probabilité de départ qualifiée par l'indice d'activité (qualifié de faible, sinon moyen- cf. § 5.1).

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

illustration 74 – matrice de probabilité d'occurrence du phénomène de référence (source : MEZAP)

L'application de cette grille conduit à considérer que :

- dans les zones fortement exposées (probabilité d'atteinte forte quelle que soit le niveau de rupture), la probabilité d'occurrence est systématiquement élevée, dans tous les cas ;
- dans les zones moyennement exposées, la probabilité d'occurrence est modérée, sauf sur le secteur bâti du Trabuchet où elle est élevée (mais que pour les scénarios de référence avec des volumes de blocs  $\ll 0,25 \text{ m}^3$ , où l'activité tend à être moyenne à fort) ;
- dans les zones faiblement exposées, la probabilité d'occurrence est modérée sinon faible (mais ensuite le résultat en termes de niveau d'aléa reste de tout façon le même).

### 5.4. ALEA CHUTE DE BLOCS

Le niveau d'aléa résultant est qualifié en tout point de la zone d'étude en utilisant la matrice ci-dessous (illustration 75).

L'intensité élevée des phénomènes redoutés majoritairement identifiés au niveau des zones de départ potentielles (volumes se propageant de 1 à 10 m<sup>3</sup> après fragmentation), conduit alors à un aléa résultant (« chutes de blocs ») considéré de niveau élevé (ellipse rouge) sur toute la zone de propagation rocheuse (l'intensité du phénomène - et donc son potentiel d'endommagement, y compris en fin de trajectoire<sup>14</sup> – prenant le pas sur sa probabilité de survenue).

<sup>14</sup> Un bloc de 2 m<sup>3</sup> en fin de course ( $v \sim 2 \text{ m/s}$ ) possède une énergie de translation de l'ordre de 10 kJ suffisante pour endommager sérieusement des habitations vulnérables (ouvrants côté pentes, structures maçonnées non armées...)

		Intensité				Phénomène de grande ampleur (écoulement turbulent)
		$V \leq 0,25 \text{ m}^3$	$0,25 < V \leq 1 \text{ m}^3$	$1 < V \leq 10 \text{ m}^3$	$V > 10 \text{ m}^3$	
Probabilité d'occurrence	Faible	Faible	Modérée	Elevée	Très élevée	Cartographie avec un niveau d'aléa unique: très élevé (Cf. 3.1)
	Modérée	Faible	Modéré	Elevé	Elevé	
	Elevée	Modéré	Elevé	Elevé	Très élevé	
	Très élevée	Elevé	Elevé	Très élevé	Très élevé	

illustration 75 – matrice d'évaluation de l'aléa (source : document MEZAP)

L'intensité n'est que modérée (volumes se propageant de 0,25 à 1 m<sup>3</sup> après fragmentation) sur plusieurs zones de départ dont les falaises supérieures du Bathonien (BCPONS, côté ouest) et du Portlandien (BCMILP), les falaises du Trabuchet, les falaises de Romagneux-Ouest débouchant sur Chamandon, la courte falaise résiduelle située entre le Villard et Chatel, les falaises à l'est du Jugeant, les courtes falaises étagées au SO du Jugeant (et ponctuellement au Nord du mollard), et enfin les ressauts rocheux situés en amont du Buisson sur Béon. Sur toutes ces zones (ellipse vert), l'aléa reste également de niveau élevé sur la zone fortement exposée, mais sur le reste de la zone de propagation, le niveau d'aléa reste modéré.

L'intensité est considérée comme « limitée » (volumes se propageant de moins de 0,25 m<sup>3</sup> après fragmentation) sur quelques zones de départ (flanc ouest du Jugeant, dalles structurales du NE du Jugeant, de Margeot, ressaut rocheux de Landaize est, ressaut rocheux en amont du Chatel). Le niveau d'aléa chutes de blocs (ellipse bleue) est modérée sur les zones fortement exposées et faible sur le reste des zones de propagation rocheuse.

Il existe sinon quelques zones de talus rocheux disséminés sans véritable zones d'aléa départ attendus d'ici 100 ans (pente reconnue comme très réduite ou roche massive très saine...) et sans davantage de possibilité de propagation significative en dehors du pied immédiat de talus. Pour ces zones rocheuses à intensité limitée (et le pied de talus immédiat), un aléa est néanmoins retenu et la prise en compte cet aléa de classe d'occurrence très faible a été considéré par simplification à un aléa de niveau faible.

Pour les falaises et ressauts d'arrière-versant situés dans les ensembles homogènes de l'Axe Chanduraz et de Surchamandon, la propagation rocheuse converge et est attendue vers le secteur de Chamandon à hauteur de la cote 505 sur la piste forestière. Plus en aval, le talweg serpente en zigzag et à pente réduite (10 à 20°) constituant ainsi une protection topographique naturelle certaine à tout propagation rocheuse plus en aval (obligation de trajectoire très erratique<sup>15</sup> pour ne pas être définitivement arrêtée). Dans cette partie très aval de zone faiblement exposée (définie avec un angle par défaut de 26°), l'aléa est maintenu par précaution<sup>16</sup> mais le niveau d'aléa y a été réduit à moyen.

La carte d'aléa résultante est donnée ci-dessous (illustration 76).

---

<sup>15</sup> Du fait de leur inertie importante, cela exclurait d'entrée les plus gros volumes et seule les masses plus réduites pourraient adopter des trajectoires aussi erratiques avec succès.

<sup>16</sup> Aucun bloc ne suggère qu'une telle propagation puisse avoir jamais eu lieu, même à des temps anciens, glaciaires ou autres.



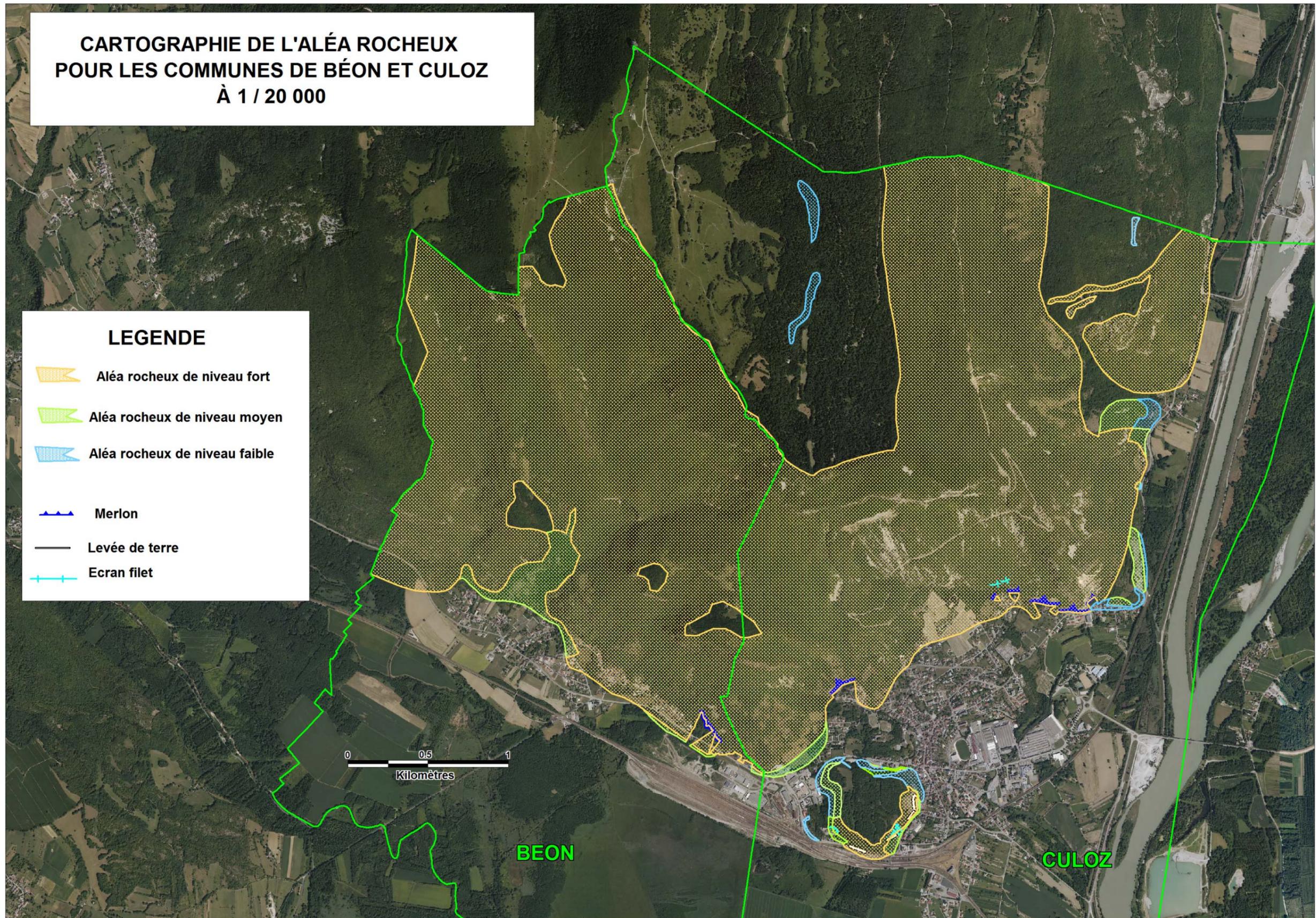


illustration 76 – carte de l'aléa chute de blocs sur les communes de Béon (01) et Culoz (01)



## 6. Gestion du risque rocheux

### 6.1. ANALYSE DU RISQUE D'ÉBOULEMENT ROCHEUX

Le croisement de la carte d'aléas chute de blocs et des enjeux existants sur la zone d'étude est effectué sur la base des reconnaissances de terrain et des données de l'ortho-photographie réalisée dans le cadre du projet. D'Est en Ouest, l'identification des principaux enjeux bâtis restant concernés par l'aléa chutes de blocs « élevé » est la suivante (ellipses jaunes) :

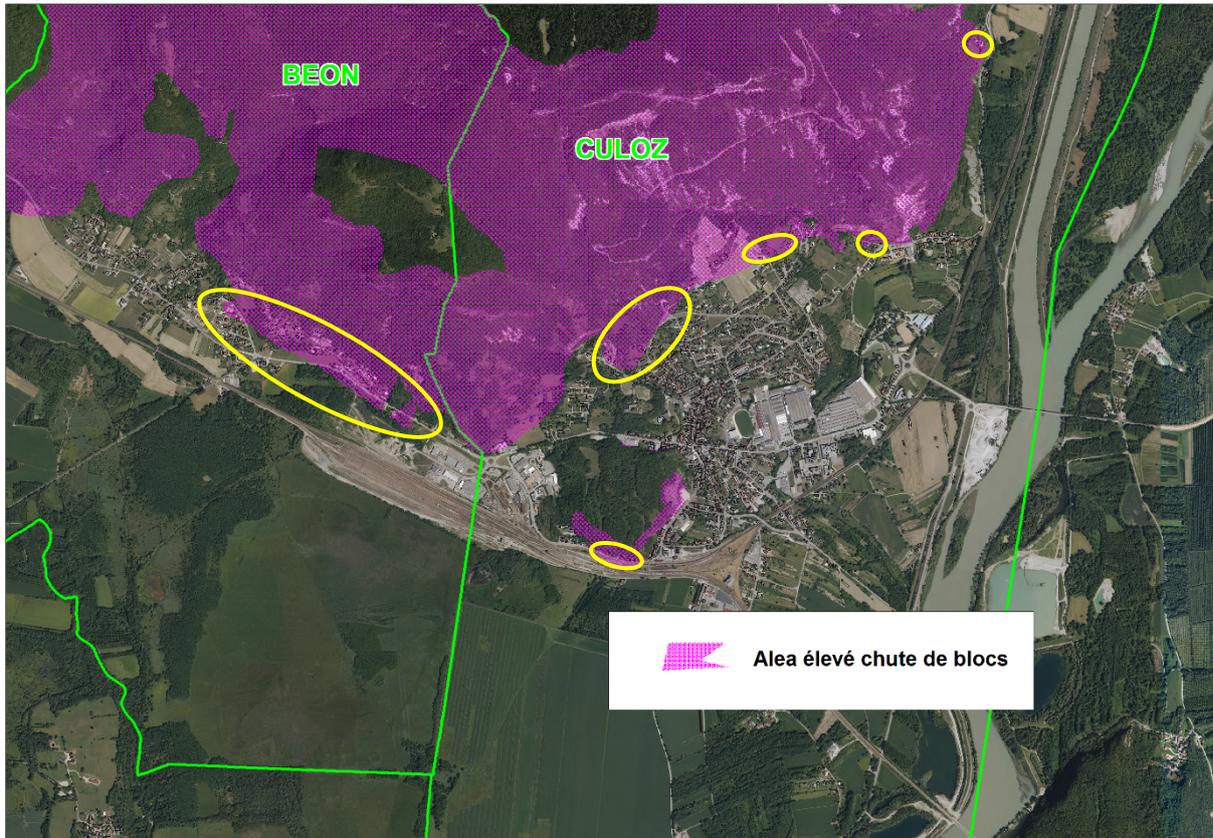


illustration 77 – carte des éléments posés

Le volume des blocs susceptibles de se propager jusqu'aux enjeux se traduit par un risque considéré comme de niveau « élevé » en cas d'atteinte au bâti car il n'est pas considéré en l'état de distinction sur la vulnérabilité du bâti.

### 6.2. GESTION DU RISQUE D'ÉBOULEMENT ROCHEUX

#### 6.2.1. Analyse comparée de la cartographie existante sur Culoz

L'analyse de propagation réalisée en 1988 par le CETE pour la constructibilité définit les emprises globales de propagation les plus fréquentes sur la ville de Culoz. Dans la cartographie R111.3, la zone de propagation distingue la partie centrale (face aux falaises de Milvendre) où toute la zone de propagation est jugée inconstructible, des parties ouest (sous les falaises de Pontenay) et est (sous les falaises des Ravières) où les parties les plus aval sont considérées comme

constructibles sous conditions. Les parties constructibles sous conditions deviendront à peu de chose près les zones d'aléas moyen tandis que les zones inconstructibles qualifieront le niveau élevé de l'aléa. Dans la cartographie R111.3, une incertitude sur l'estimation de 1988 de la propagation rocheuse est ajoutée (bande de 100 m pris forfaitairement) qui sera ensuite principalement déclinée en aléa de niveau faible.

La cartographie des aléas du PPRN de 2003 (non explicitée de manière méthodologique) reprend donc le zonage R111.3 en le lissant, avec juste quelques considérations complémentaires pour la délimitation du zonage de l'aléa moyen (continuité d'une bande d'aléa moyen sur le versant sud du Grand Colombier, en aval des ouvrages de protection réalisés, pas d'enjeu bâti sur le zonage d'aléa élevé). Si la cartographie des aléas du PPRN de 2003 respecte bien les principes couramment admis à l'époque dans le tracé des aléas naturels d'une décroissance des niveaux d'aléa, et de la non-prise en compte des ouvrages de protection, elle dérive essentiellement du zonage de constructibilité (certes ajustés au zonage d'aléas naturels par des praticiens aguerris). Cette approche n'est plus recevable au regard de la stratégie nationale de zonage des aléas.

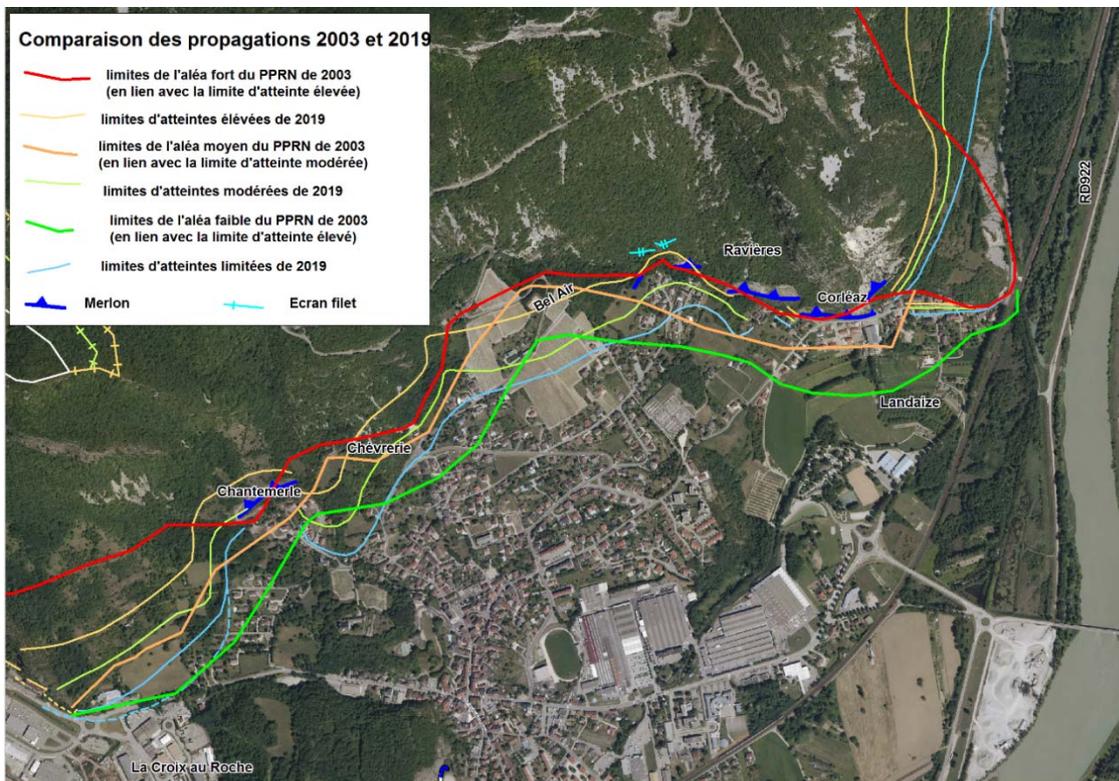


illustration 78 – comparaison des atteintes rocheuses de la carte d'aléa 2019 au zonage actuel existant 2003

L'illustration 78 présente l'analyse comparée des atteintes de 2003 et de 2019. La cohérence en terme de atteintes de propagation est globale mais on note des différences locales dont notamment :

- une sous-estimation des atteintes de 2001 sur les secteurs de Bel-Air et de la Chèverrie par rapport à celles proposées en 2019 ;
- une surestimation des atteintes de 2001 sur les secteurs de la rue du Grand Colombier, de Landaize et de Landaize Est par rapport à celles proposées en 2019.
- sur Chantemerle, Corléaz et Landaize, la prise en compte des merlons en 2019 réduit largement les zones d'atteinte, ce que la carte d'aléa 2003 n'avait pas pris en compte.

Globalement, les limites de propagation sont moindres en 2019 et donc les étendues de l'aléa rocheux sont moindres en 2019 qu'en 2003 (illustration 79), mais avec la prise en compte de l'endommagement jusqu'aux atteintes de propagation les plus faibles (liées au niveau d'intensité), il y a plutôt un accroissement du zonage de l'aléa fort.

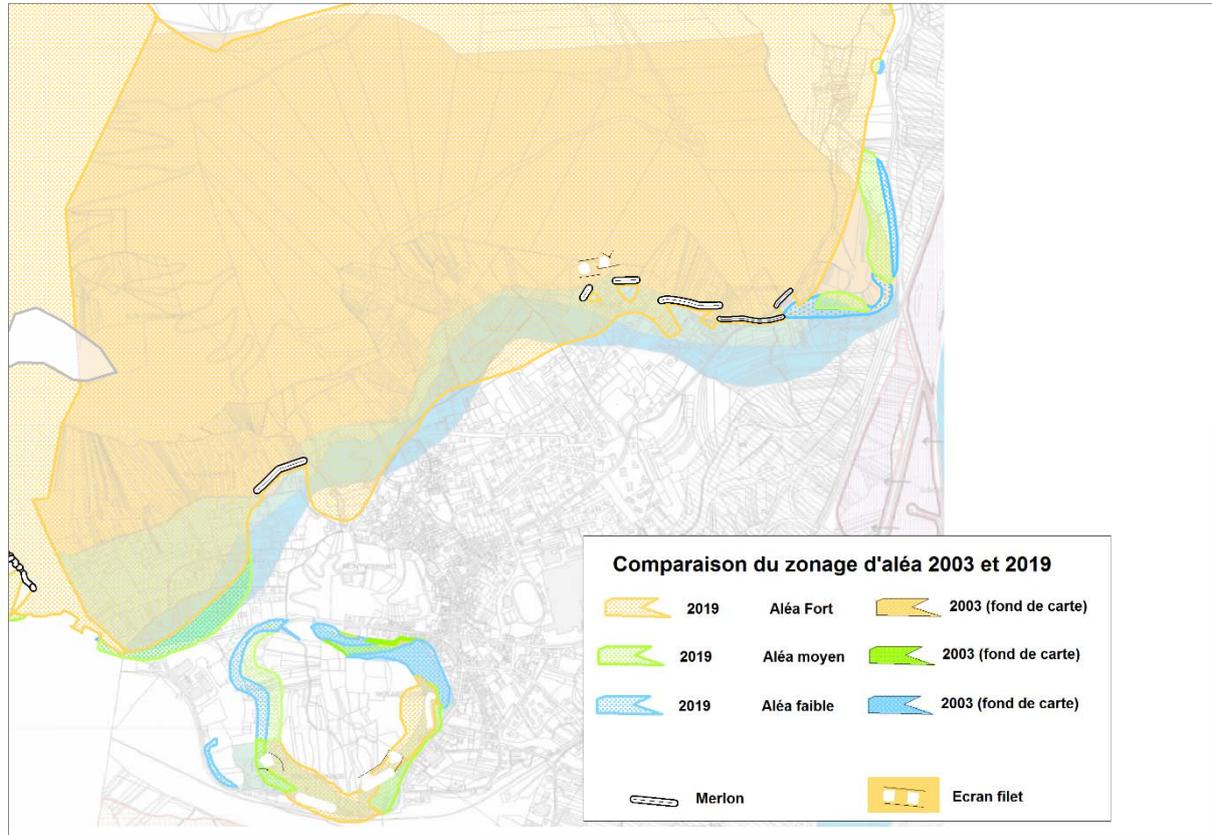


illustration 79 – comparaison de la carte d'aléa 2019 au zonage actuel existant 2003

De plus, le zonage s'est globalement étendu et/ou aggravé en niveau de manière notable autour du Jugeant.

Enfin, l'extension en 2019 de la cartographie à toute la commune, soit le flanc est du Grand Colombier en plus, a certes confirmé que le risque rocheux affectant le bâti n'était guère accrue pour la commune de Culoz (1 maison en aléa fort, 1 en aléa moyen et 4 en aléa faible dont 2 partiellement) mais aussi que l'ensemble de ce flanc est du Grand Colombier reste très largement concerné par de potentielles propagations rocheuses (en dehors du mi versant boisé en relatif replat au nord du Chatel-de-Sarrasin). De plus, le niveau d'aléa y est très majoritairement de niveau élevé.

Les cartes communales d'aléa rocheux à l'échelle 1/5 000 fournie en annexe 1 reportent ces limites sur le plan cadastral transmis par la DDT.

Si on regarde les surfaces impactées par l'aléa rocheux et leurs évolutions entre 2003 et 2019, on constate en absolu, ceci avec l'extension sur Châtel, une sensible augmentation de 316 ha à 590 ha, réparties comme suit :

- aléa fort : 246.7 ha passant à 562.1 ha, soit avec l'extension, de 13 à 29.4 % de la superficie communale (soit de 21 à 47,8 % au nord de la voie ferrée) ;

- aléa moyen : 34.47 ha (PPRN) réduit à 15.49 ha, soit malgré l'extension, de 1.8 à 0.8 % de la superficie communale (soit de 7 à 10 % au nord de la voie ferrée) ;
- aléa faible : 34.78 ha (PPRN) passant à 12.10 ha, soit malgré l'extension de 1.8 à 0.6 % de la superficie communale (soit de 5 à 2 % au nord de la voie ferrée).

Si on regarde ces mêmes évolutions de surface de manière relative, en tenant compte de la superficie initiale de la zone du PPRN en 2003 et de celle étudiée de la commune en 2019 au nord de la voie ferrée, les évolutions sont à la baisse, de manière générale de 68.8 % à 50.2 %, comme par niveau d'aléa (53.7 à 47.8 % pour le niveau fort, 7.5 à 1.3 % pour le niveau moyen; 7.6 à 1 % pour le niveau faible).

En termes d'enjeux bâtis concernés, les évolutions entre 2003 et 2019 sont globalement à la baisse, passant d'un nombre total de 94 à 68<sup>17</sup> (avec 40 enjeux de 2003 passés hors aléa et 14 nouveaux enjeux concernés en 2019 dont les 6 nouveaux sur le secteur de Chatel). Par contre, en terme de niveau d'aléa, la tendance est nettement inversée, puisque on passe de 48 enjeux bâtis en aléa faible, 41 en aléa moyen et 0 enjeux bâtis en aléa fort, à 13 enjeux bâtis en aléa faible, 14 en aléa moyen et 41 enjeux bâtis en aléa fort.

Dans le détail individuel, un grand nombre parmi toutes les évolutions possibles est constaté :

- 7 restent inchangés à niveau faible répartis sur deux sites (Landaize Est, Chantemerle aval) ;
- 13 (dont 2 immeubles et l'Hôtel Cornu) restent inchangés à niveau moyen répartis sur trois sites (Landaize Est, avenue de la Garde, En La Bernade) ;
- 20 passent du niveau moyen au niveau fort, répartis sur 5 sites (Chèvrerie, chemin des Anges, lotissement des Ravières, Corleaz Est, rue de Leyrieux) ;
- 10 passent du niveau faible au niveau fort, répartis sur 4 sites (La Croix au Roche, Bel Air, Rue de Colombier, rue de Longeléaz) ;
- 4 passent du niveau moyen au niveau faible sur le secteur de Landaize et abords (Margeot) ;
- 1 hangar industriel sur la ZI En Brachay, implanté en pied de versant occidental du Jugeant, est désormais affecté d'un niveau d'aléa faible. S'y ajoutent 4 maisons situés sur le hameau de Châtel (dont 2 que partiellement) ;
- 1 maison sur le Villard au sud du hameau principal de Chatel est désormais concernée par un aléa de niveau moyen ;
- 7 maisons non retenues en 2003 sont désormais affectées d'un aléa de niveau fort, répartis sur 3 secteurs (Chantemerle ouest rue Arsène Dumont, passage du Montvérant et rue de Longeléaz côté Bel air). S'y ajoute une maison au Villard au sud du hameau principal de Chatel ;
- 9 (dont une usine) qui étaient retenues en aléa de niveau moyen en 2013 ont été écartées de toutes atteintes rocheuses, répartis sur 5 sites (Landaize, Corleaz Est, Lotissement des Ravières, Chantemerle aval et au sud-ouest du Jugeant) ;
- Et enfin 31 maisons qui étaient retenues en aléa de niveau faible en 2013 ont été écartées de toutes atteintes rocheuses, répartis sur 5 sites (Landaize, Corleaz Est, Bel Air, Rue de Colombier et Chantemerle aval).

---

<sup>17</sup> Maisons d'habitation, immeubles, bâtiments industriels (usine, hangar, garage) hors bâtiments annexes non comptabilisés

Les RD120 et RD37c restent concernées par les atteintes rocheuses mais pour des niveaux d'aléa fort. La RD904 est désormais marginalement concernée à l'entrée ouest de la commune (sur un peu plus de 200 m linéaire pour un niveau d'aléa moyen). La RD922 est presque entièrement concernée par l'aléa, avec un niveau fort au nord de Chatel et un niveau faible sinon moyen au sud du Chatel.

### **6.2.2. Nouvelle cartographie sur la commune de Béon**

Les surfaces impactées par l'aléa rocheux atteignent au total près de 499 ha, soit 48.3 % de la commune de Béon (80.1 % au nord de la voie ferrée), répartis comme suit :

- aléa fort : 481.7 ha, soit de 46.6 % de la superficie communale (soit 77.4 % au nord de la voie ferrée) ;
- aléa moyen : 16.95 ha, soit 1.6 % de la superficie communale (soit 2.7 % au nord de la voie ferrée) ;
- aléa faible : 57 m<sup>2</sup> seulement, soit moins de 0.01 % de la superficie communale (mais aussi <0.01 % au nord de la voie ferrée).

En termes d'enjeux bâtis, concernés, c'est un total de 60 maisons d'habitation<sup>18</sup> qui est concerné par l'aléa rocheux :

- principalement par l'aléa fort qui affectent 55 maisons, répartis sur 6 secteurs voisins (Chartreuse, Cougeuse, Centre Bourg, Rue des Muriers avant chemin de Chanduraz puis après le chemin du Chanduraz et enfin Bel Horizon) ;
- plus secondairement par l'aléa moyen qui affectent 5 maisons (et bâtiments annexes) autour du croisement des rues des Muriers et Bel Horizon ;

La RD904 est concernée par l'aléa rocheux, de même que les rue du Murier, rue du Bel Horizon chemin de Chanduraz et enfin l'impasse de la Chartreuse. Il s'agit presque toujours d'un aléa de niveau fort, sauf en niveau d'aléa moyen la zone de croisement des rues des Muriers et Bel Horizon et la RD904 à son extrémité est (sur 85 ml environ) sur la Croix au Roche, juste avant d'entrer sur Culoz.

---

<sup>18</sup> Sans comptabiliser les bâtiments annexes

### **6.2.3. Présentation des zones bâties à risques de chutes de blocs**

Dans le cadre de la révision des Plan de Prévention des Risques de Béon et de Culoz sur le volet mouvements de terrain, la carte d'aléa chutes de blocs définie, matérialisant un aléa de niveau « élevé » sur l'ensemble de la zone considérée comme exposée au phénomène, a vocation *in extenso* à être transcrit réglementairement en zone de risque « fort » (ce quel que soit le classement des terrains aux documents d'urbanisme en vigueur).

Il est rappelé que bien que jouant un rôle protecteur vis-à-vis des chutes de blocs, la forêt ne peut être considérée comme une protection pérenne vis-à-vis des phénomènes au regard notamment du risque de feu de forêt ou tempête. Qui plus est, cet effet bénéfique n'est plus avéré pour des instabilités d'intensité élevée (quelques mètres cubes) comme ceux pouvant être pris en considération principalement pour les deux communes dans les zones boisées.

Dans ces zones protégées, les règles (constructibilité, prescriptions) varient, fonction du type d'ouvrage de protection et du niveau d'aléa.

On notera juste pour les ouvrages déjà existants et pris en compte sur Culoz que certains ouvrages avaient été mal qualifiés (Cf. 3.6) ce qui devrait changer le niveau de qualification pour le zonage réglementaire. L'emprise exacte des ouvrages ne correspond pas forcément à ce qui avait été considéré sur le zonage réglementaire (notamment en terme de continuité supposée de certains merlons, qui n'existe au final pas).

Pour les zones de risques fort comprenant déjà des maisons d'habitation, et non déjà protégées, il est vivement recommandé que ces zones puissent faire à terme l'objet d'une mise en sécurité par travaux.

Une rapide présentation de ces diverses zones bâties à sécuriser est donnée ci-dessous, par commune et par priorité technique a priori décroissante.

#### ***Commune de Béon :***

##### **Secteur du lotissement des Chartreuses**

Sa position relative en pied de versant sous les hautes falaises bajociennes de Ponthenay est assez proche de celle du centre bourg ancien (mais sans rupture de pente un peu en amont du lotissement dans la partie boisée). Le versant sous les falaises est presque entièrement boisé sur toute sa longueur, avec un profil de versant sans ressaut verticalisé connu, avec un sol à mi versant plus fin et même argileux.

Le lotissement reste assez récent (quelques décennies tout au plus), sans historique rocheux signalé sur son emprise, avant ou après sa réalisation. En amont du lotissement, une activité rocheuse avérée s'étend des falaises jusque sur un chemin situé 40 m au-dessus de la lisière des bois où une activité pierreuse et hivernale est surtout observée (illustration 80).



illustration 80 – Secteur à risque du lotissement des Chartreuses à Béon (Ain)

Entre ce chemin et la lisière du bois au contact du lotissement, il n'a pas été identifié en rapide reconnaissance du sous-bois d'éléments rocheux significatifs arrêtés dans cet intervalle de bas de versant. La quasi-totalité de ces maisons (14/15) serait situé dans la zone fortement exposée avec la maison la plus en aval versant n'étant que moyennement exposée.

On notera en plus qu'une propagation rocheuse depuis les falaises bathoniennes en amont des falaises bajociennes n'est pas non plus exclue. Plus à l'est (mais sans que cela ne bénéficie vraiment à cette zone à enjeux bâties), les flancs de fosse de l'ancienne carrière interceptent toutes les propagations rocheuses depuis l'amont.

### Secteur du centre bourg ancien

Bien qu'implanté juste en aval d'un dôme rocheux proéminent à l'extrémité ouest des falaises de Ponthenay, qui présente par ailleurs de larges et grandes cicatrices (certes d'allure ancienne) d'arrachement rocheux, aucun événement rocheux affectant le centre historique ancien de Béon n'a été rapporté, signalé. Sur le flanc ouest de versant, une seconde falaise bajocienne certes de dénivelé moindre, entre 30 et 50 m est en prolongation des falaises de Ponthenay. Le bourg implanté en pied de versant bénéficie néanmoins sur son amont immédiat d'une bande de "glacis" présentant une pente moins prononcée que sur le restant du bas de versant. Or la protection offerte par une première rupture de pente en aval de ce glacis, mais aussi des matériaux affleurants plus fins concourt certainement à limiter la propagation rocheuse plus en aval vers le bourg (et au final on n'inventorie aucune maison du bourg ancien située dans la zone fortement exposée).



illustration 81 – Secteur à risque du centre bourg ancien de Béon (Ain)

Les maisons sont réparties (illustration 81) en gros pour moitié en zone moyennement exposée (13) et sinon en zone faiblement exposée (11 et l’Eglise en plus).

Enfin, il est à noter que l’habitat dans le centre bourg est dense, concentré et que les maisons les plus aval, loin aussi des flancs, bénéficient de la protection naturelle assumée par les maisons plus exposées en amont sur les deux premiers rangs. Cette protection immédiate des maisons les plus aval du bourg ancien ne reste cependant pas pérenne et durable à l’aune de 100 ans et à ce titre, aucune limitation du niveau d’aléa n’est possible (toutes situées en zone d’aléa fort).

### Secteur de Cougeuse

Le secteur de Cougeuse, à l’est du bourg et à l’ouest de la zone des Chartreuses forme une courte bande dans le versant de 160 m de large qui ne comporte que 2 maisons et le cimetière. Mais un évènement rocheux ancien (plus de 40 ans) avait détruit une maison située à peu près à hauteur de la maison actuelle la plus aval (située en zone moyennement exposé) et le cimetière aurait subi des petits dégâts mineurs liés à des chutes de pierre ou petits blocs. La maison la plus exposée reste aussi la plus récente en termes d’enjeux (illustration 82).

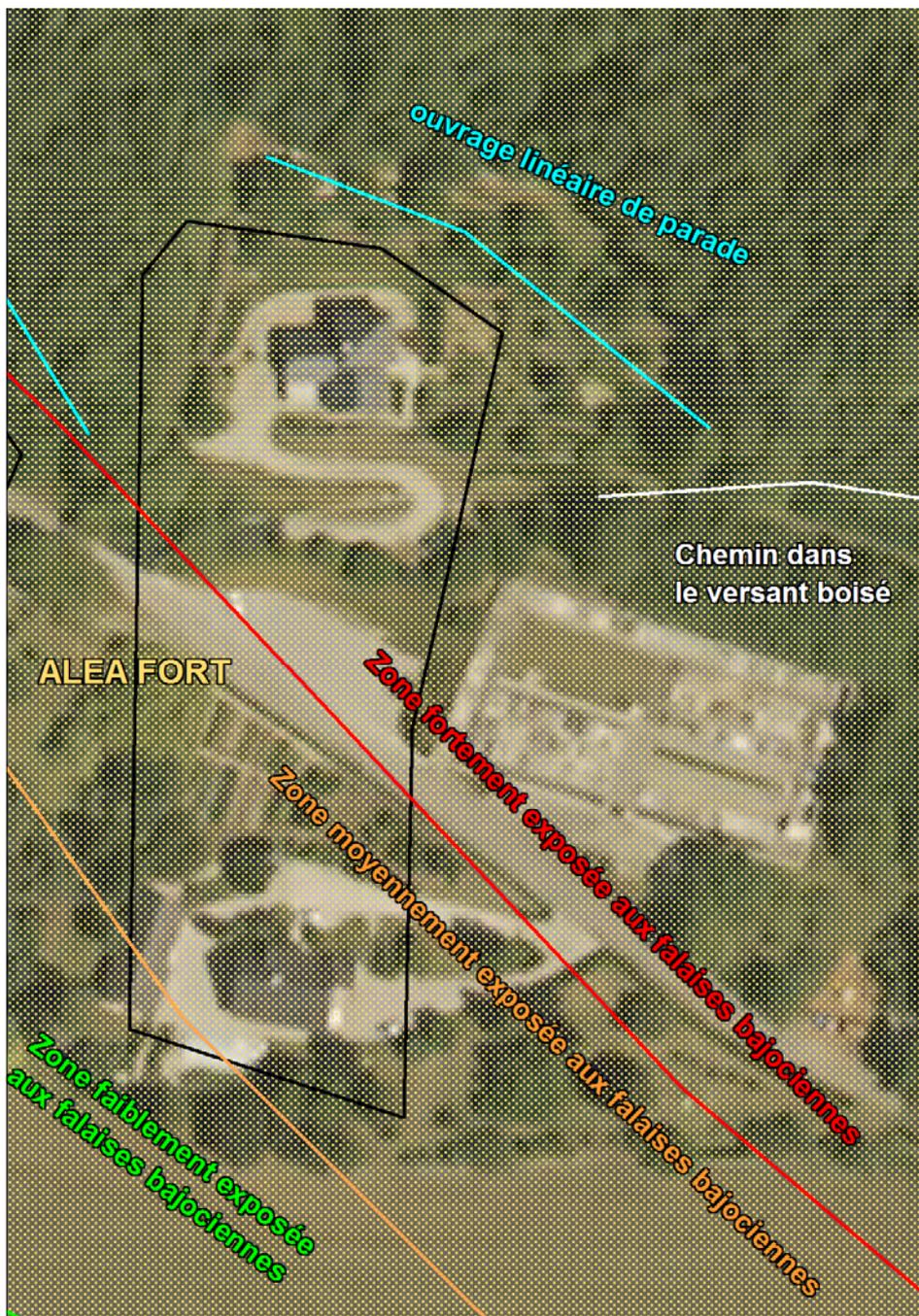


illustration 82 – Secteur à risque de Cougeuse à Béon (Ain)

### Secteur de l'Ouest Bourg (rue des Mûriers)

Elle concerne les abords ouest tout proches à l'ouest du centre bourg ancien le long de la Rue des Muriers, avec 4 maisons concernées et autres bâtiments annexes (zone A sur l'illustration 83). Seule la maison en aval de la rue des Muriers n'est que moyennement exposée tandis que les 3 maisons en amont de rue sont fortement exposées aux falaises bajociennes qui prennent le relais côté ouest des falaises bajociennes de Pontenay.

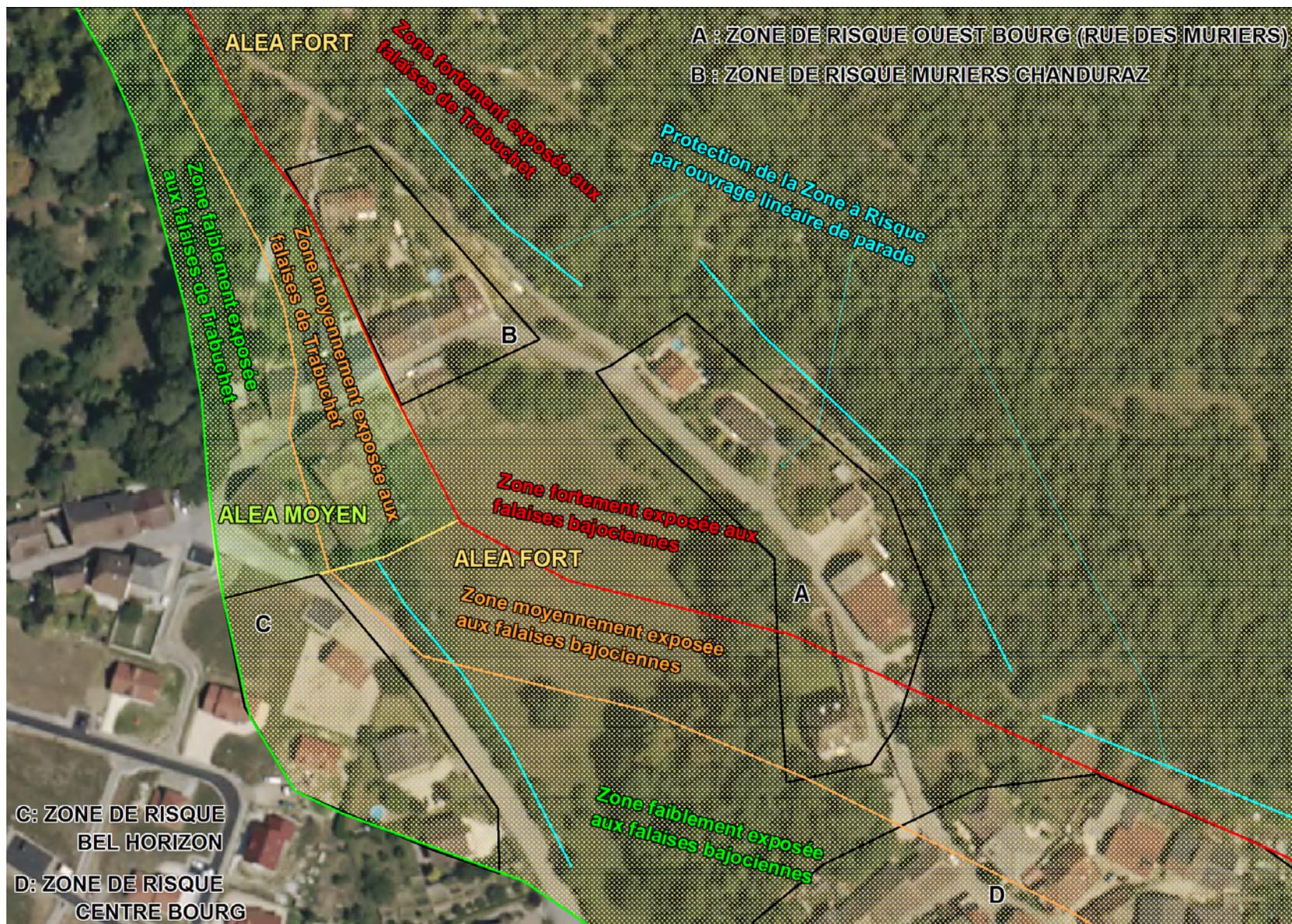


illustration 83 – Secteurs à risque de Centre Bourg Ouest (rue des Muriers), de Murier-Chanduraz et de Bel Horizon à Béon (Ain)

On ne connaît pas d'évènement rocheux dans cette zone en partie basse de versant proche des enjeux et plus en amont dans la zone de propagation, le versant est entièrement boisé. Dans ce versant reconnu qu'au niveau des chemins pédestres, il n'a été repéré qu'un bloc assez récent de moins de 50 l sur le chemin au-dessus des falaises de Trabuchet (soit 1 rupture rocheuse d'origine bajocienne) avec des sols (quand visibles) localement assez fins et plutôt argileux.

### **Secteur de Mûriers Chanduraz**

Contrairement au secteur précédent où l'activité rocheuse (bajocienne) est restée ces dernières décennies à notre connaissance nulle, le secteur de Mûriers Chanduraz se caractérise par une activité à rythme presque annuelle en lien vraisemblable avec l'action du gel hivernal sur les falaises kimméridgiennes de Trabuchet proches des enjeux bâtis et de fait connus du coup (départs par contre limités en termes de volume unitaire propagé, car sensiblement inférieur à 250 l).

Le sentier du GR au-dessus du chemin de Chanduraz est fréquemment atteint par des blocs de 10 l à plusieurs dizaines de litres (maximum avéré inventorié de moins de 150 l sur la dernière décennie). Sous ce sentier, de nombreux pierres et petits blocs se sont accumulés au fil du temps dans le talus de versant mais il ne se passe pas quelques années avant qu'un élément rocheux en propagation n'atteigne ce pied de talus souvent bloqué en amont du chemin bitumé de Chanduraz mais aussi sur l'accotement aval, voire même plus (1 maison a été impactée en aval à trois reprises).

Les premières maisons sous le chemin de Chanduraz restent ainsi dans la zone fortement exposée (aléa de niveau fort), correspondant à ce secteur de Muriers Chanduraz (3 maisons sur le secteur B de l'illustration 83), alors que les zones moyennement et faiblement exposées ne sont concernées que par un aléa de niveau moyen.

### **Secteur de Bel Horizon**

Ce secteur de propagation correspond uniquement à une zone de propagation de faible exposition (4 maisons sur le secteur C de l'illustration 83) en lien avec la falaise rocheuse bajocienne (la même que celle qui affecte le secteur de l'ouest Bourg rue des Muriers) sans activité rocheuse connue en partie basse de versant ces dernières décennies. De plus, entre la rue des Muriers et la rue Bel Horizon, le champ à faible pente constitue une large zone de ralentissement de tout bloc en propagation. C'est donc pour ces multiples raisons que la mise en sécurité de ce secteur apparaît à l'immédiat bien moins prioritaire qu'ailleurs, même si à ce stade l'aléa de niveau fort reste confirmé et qu'à terme sa sécurisation reste néanmoins à envisager en fin de programme.

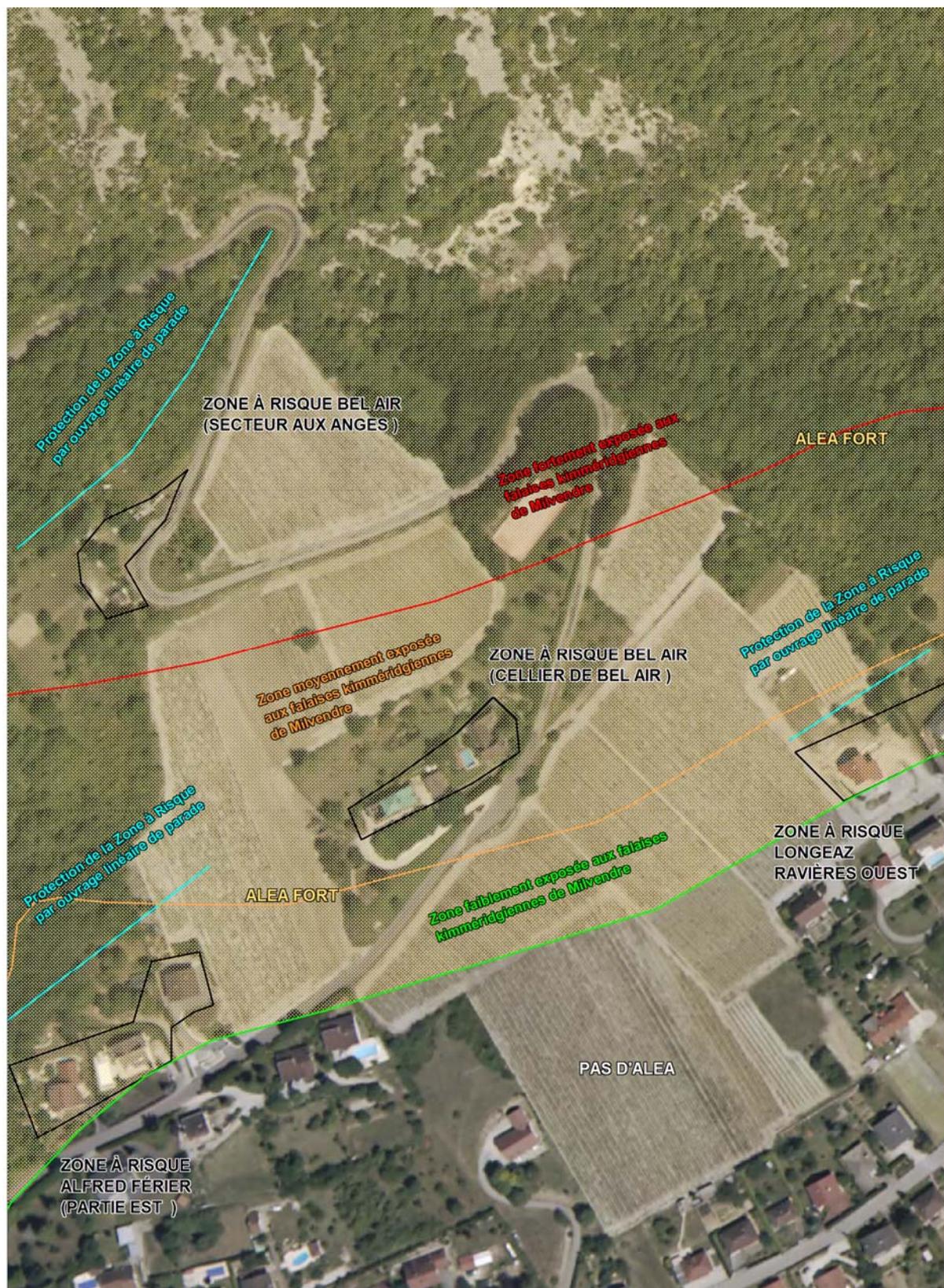


illustration 84 – Secteur central de Bel-Air à risque sous les falaises de Milvendre à Culoz (01)

### **Commune de Culoz:**

#### **Secteur de Bel Air**

Cette zone de risque élevé à bâti et autres enjeux stratégique présents non protégés avait été mise en évidence lors de l'effondrement de mars 2017.

Lors de l'étude de diagnostic rocheux sur les falaises de Milvendre fait par la SAGE en second trimestre 2017 il a déjà établi une localisation et un prédimensionnement partiel provisoire d'un ouvrage de protection (de type merlon) visant à la protection du Cellier de Bel Air d'une part (zone moyennement exposée), et d'autre à l'est du lieu-dit Aux Anges de l'ensemble réunissant le réservoir d'eau potable, l'antenne de communication et une maison d'habitation atténuante. d'autre part (illustration 84). La réalisation de l'ouvrage était en attente préalable de la présente étude de révision de l'aléa. L'existence d'autres enjeux à protéger de part et d'autre du secteur Bel Air pourrait aboutir à une redéfinition complète des ouvrages de mise en sécurité envisagées. Pour le présent rapport, on reste ici en première approche sur un secteur de risque et une protection unique.

#### **Secteur Rue de Leyrieux (face sud du Jugeant)**

Trois maisons rue de Leyrieux ont été construites en pied de versant avec une tête de falaise en net surplomb, secteur de risque particulièrement critique et connu depuis longtemps (zone de forte exposition), avec une étude de prédéfinition des ouvrages de protection réalisée en 2012 par IMSRn et qui avait fait ensuite l'objet d'une demande de subvention sur les fonds Barnier pour réalisation de ces travaux de sécurisation (illustration 85). Faute ensuite d'une étude de dimensionnement finale pour valider techniquement la solution technique alors proposée (notamment le volet trajectographique), le projet était restée ensuite sans suites.

Il est rappelé aussi que la sécurisation proposée exclut une volumineuse masse décollée en tête de falaise de plus de 500 m<sup>3</sup>, partiellement suivi entre 1990 et 1994 par deux extensomètres (sans mouvement significatif alors décelé), avec un aléa de rupture estimé comme faible et pour lequel un dispositif de suivi par capteur et enregistrement numérique bien plus moderne que le dispositif de l'époque est proposée, avant de pouvoir conclure sur d'éventuels travaux de sécurisation possible.

#### **Secteur Longeaz- Ouest de Ravières**

C'est en amont immédiat de cette dernière maison que de nombreux blocs arrêté dans un champ (probablement plus issues de deux éboulements en masse passés plutôt qu'un seul) ont été relevés. En amont du champ, dans le pied de versant boisé au lieux dit les Chagrines, il y a une accumulation de bloc rocheux très significatives qui s'explique déjà pas mal par une forte convergence topographique des versants en aval des falaises de Milvendre. Plus qu'un ouvrage unique, c'est sans doute plus deux ouvrages qui seraient à prévoir (illustration 86), l'ouvrage du côté du lotissement de Ravières pouvant par ailleurs protéger davantage le flanc ouest du lotissement des Ravières vis-à-vis de trajectoires rocheuses obliques par rapport aux pentes depuis les falaises de Milvendre. La pente modérée de terrains en amont des ouvrages des parades y est en faveur d'une baisse rapide des hauteurs de rebonds, ce qui devrait *a priori* d'exclure la nécessité de merlons de très hautes taille (< 4 m sinon plus).

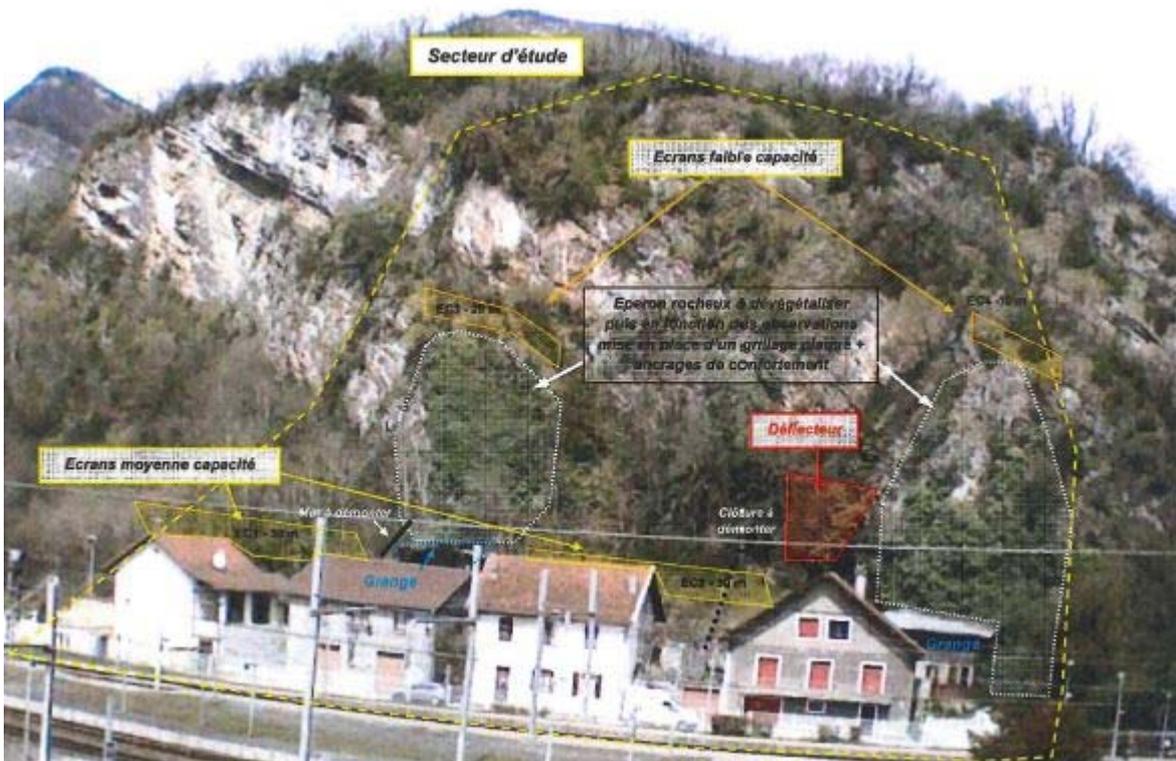


illustration 85 – Secteur à risque de la rue Leyrieux au sud du Jugeant à Culoz (01) et projet de mise en sécurisation de 2012 (IMSRN)

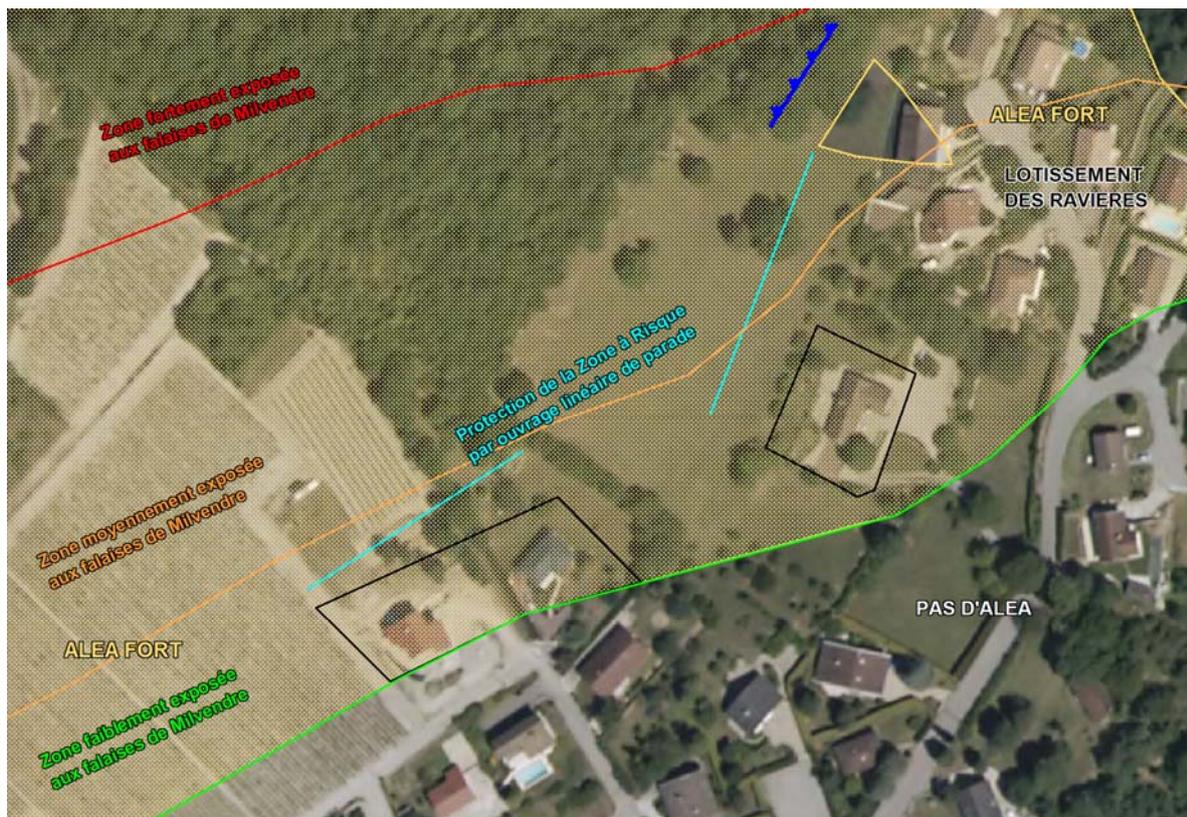


illustration 86 – Secteur à risque de Longeaz –Ravière Ouest à Culoz (01)

### **Secteur Chantermerle Est (et autres petits secteurs périphériques de Chevrerie et du passage Montvéran)**

Un merlon déjà réalisé permet de protéger le hameau de Chantemerle des propagations rocheuses depuis la falaise bathonienne de Pontenay située en amont côté ouest.

Par contre, coté est du hameau de Chantemerle, la rivière Jourdain et l'encaissement de son lit constitue de fait un piège certain aux venues de blocs depuis les falaises plus éloignées mais bien plus hautes de Milvendre sans toutefois exclure la possibilité d'un franchissement par un bloc rocheux en propagation du cours d'eau et une atteinte des 7 maisons situées sur le flanc est du hameau rue Arsène Dumont, dont le gîte d'étape du Cabiolon (illustration 87). Les trois maisons les plus amont sont moyennement exposées tandis que les 4 plus en aval ne sont que faiblement exposées.

De l'autre côté du ruisseau plus en amont coté est, une maison isolée (habitation secondaire à occupation temporaire dans l'année) au lieu-dit la Chèvrerie est bien plus fortement exposée (illustration 87). De même, une maison d'habitation plus à l'est du hameau mais là encore de l'autre côté du ruisseau, reste faiblement exposée au passage Montvéran (illustration 87).

### **Secteur de la Rue Albert Fériér**

4 maisons en amont de la rue d'Abert Fériér et la maison dans le virage sont réparties en deux sites voisins mais distincts et elles sont faiblement exposées. Et c'est donc plus deux ouvrages de protection plus qu'un seul ouvrage unique qui semble à préconiser



illustration 87 – Secteur à risque de Chantemerle-Est et petits secteurs périphériques voisins (Chèvrerie, Montvéran à Culoz (01))

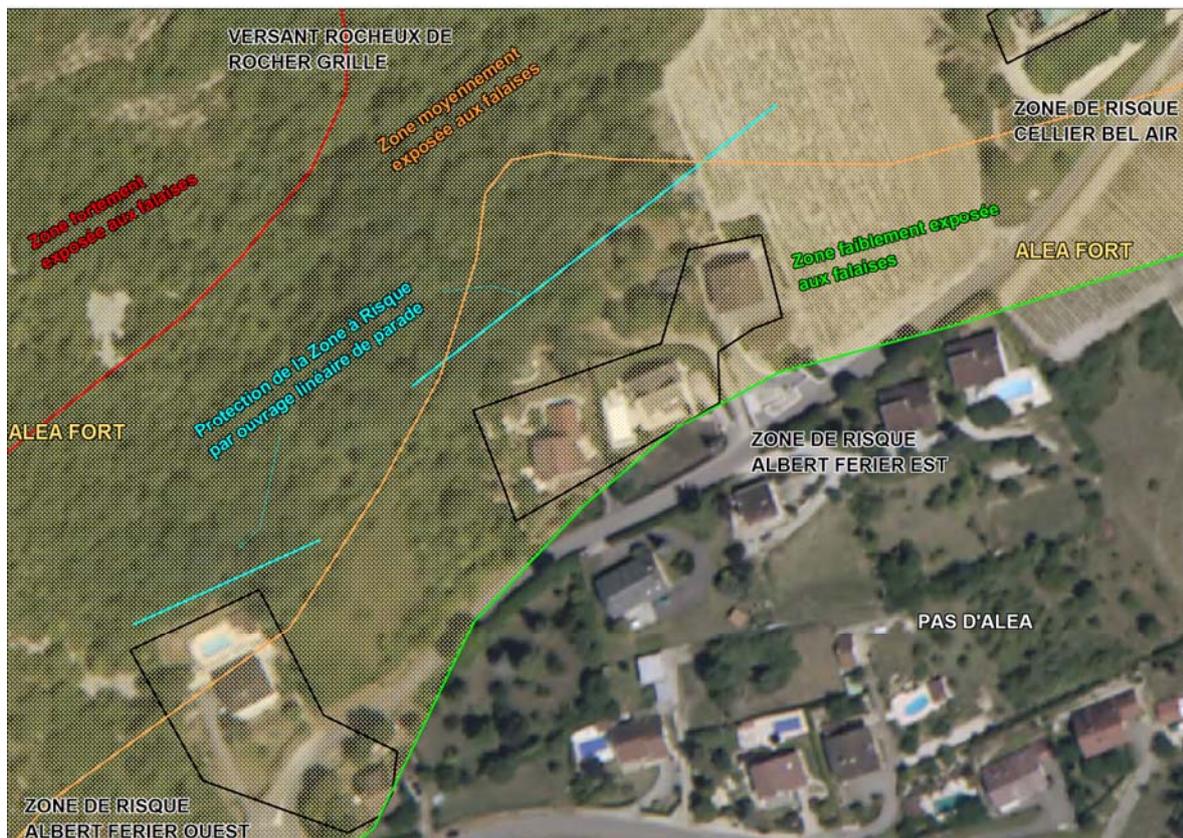


illustration 88 – Secteur à risque de la rue Albert Fériet à Culoz (01)

### Secteur de la Croix de la Roche

Sous les falaises du Pontenay (principalement la falaise bajocienne inférieure, mais aussi la falaise bathonienne supérieure) des propagations rocheuses sont susceptibles d'atteindre la RD904 à l'entrée ouest de Culoz. Sans avoir atteint la limite de propagation maximale, deux blocs de plus d'un m<sup>3</sup> témoignent néanmoins de cette potentialité et d'une certaine activité rocheuse liée à ces falaises (illustration 89).

Plus en aval, une maison située à 80 m et 45 m de distance de ces deux blocs à l'arrêt, un garage et un ancien bâtiment industriel abandonné, tous trois situés en zone de faible exposition aux falaises bajociennes de Pontenay constituent la zone de risque élevée (la partie distribution d'essence du garage est située en zone d'aléa moyen en lien avec les falaises bathoniennes de Pontenay).

### Secteur de la Montée sous Roche

Les deux merlons de Corleaz et de Landaize (inférieure) ne se chevauchent pas et il reste de fait la possibilité de propagation rocheuse cheminant de manière oblique par rapport à la pente à l'origine de la zone de risque de la Montée sous Roche avec une maison faiblement exposée en aval de la voie (illustration 90). Un prolongement du merlon inférieur de Landaize devrait suffire à écarter tout aléa et risque pour l'unique maison aujourd'hui identifiée.

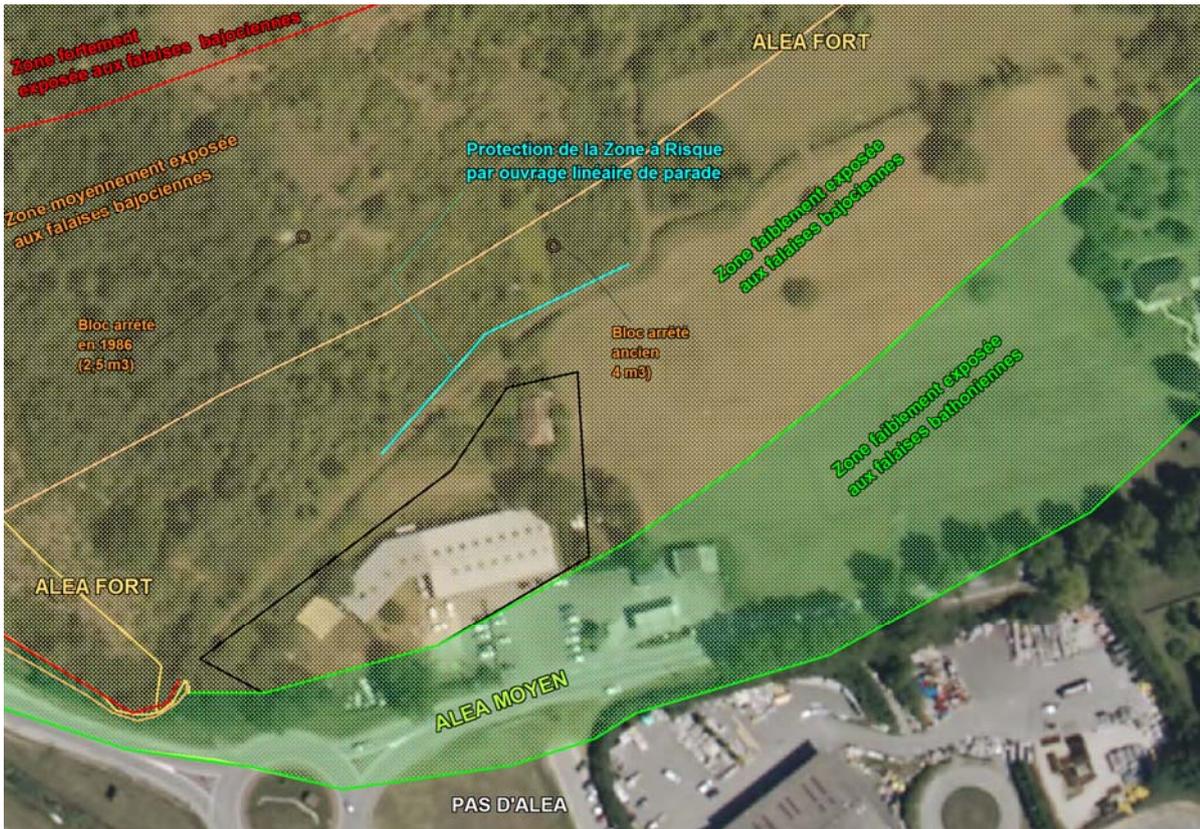


illustration 89 – Secteur à risque de la Croix de la Roche à Culoz (01)

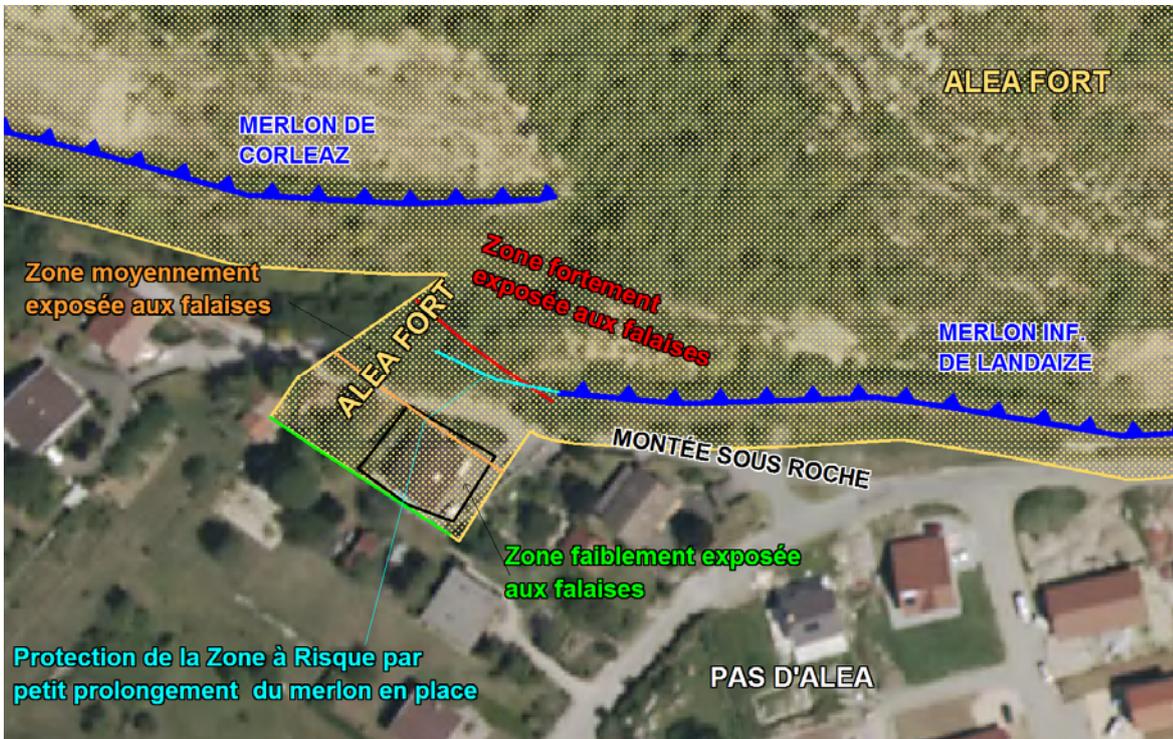


illustration 90 – Secteur à risque de la Montée Sous Roche à Culoz (01)

### Secteur de Chatel Sud

Seule une maison sur la partie Sud de Chatel est concernée par de l'aléa fort (en lien avec une longue propagation depuis les falaises hautes du Portlandien en amont de la RD120). Cette maison ne reste que faiblement exposée (illustration 91).

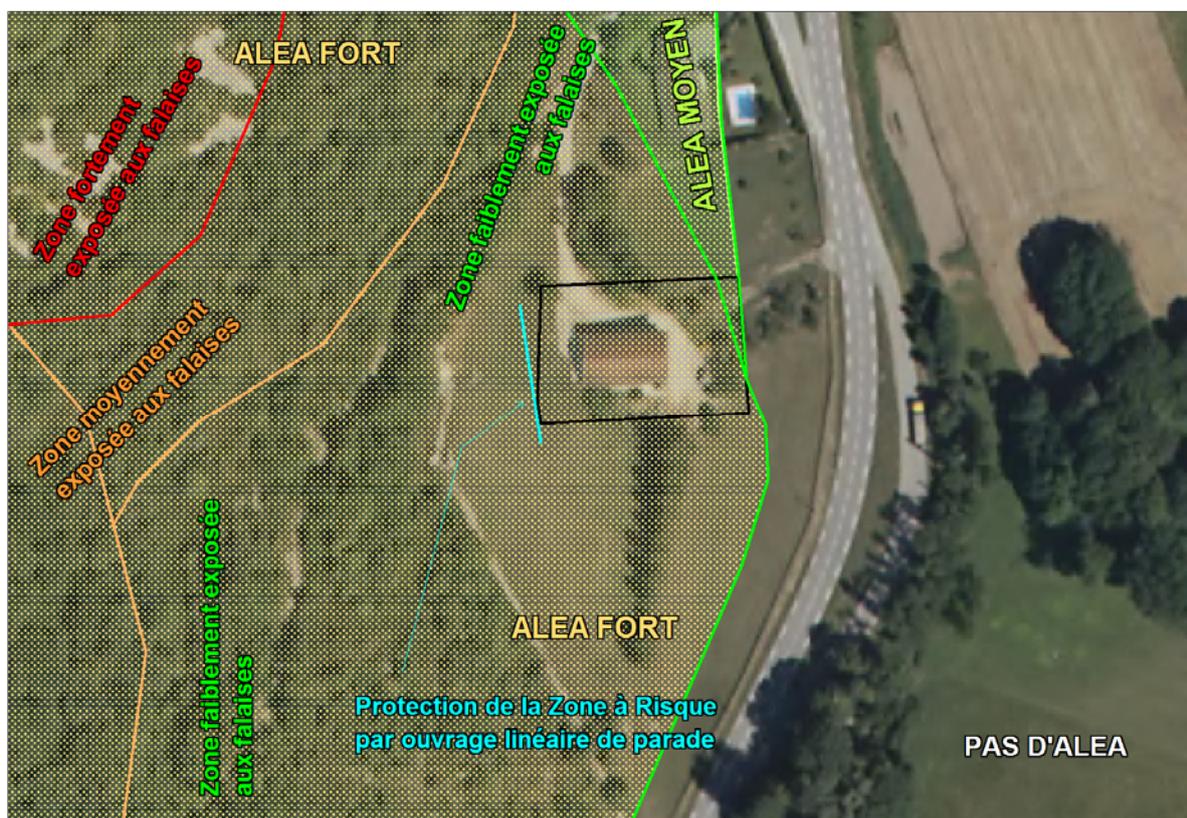


illustration 91 – Secteur à risque de Chatel Sud à Culoz (01)

#### 6.2.4. Travaux de sécurisation

Au regard des enjeux mentionnés précédemment, la protection des zones identifiées comme à risque élevé apparaît comme une priorité à l'échelle de la zone d'étude. La multiplicité et le caractère diffus des escarpements rocheux générateurs de blocs rendent généralement peu envisageables, à la fois techniquement et économiquement, toutes les stratégies de protection au niveau des zones de départ potentielles. Seules des mesures dites « passives » visant à minimiser le risque d'atteinte des enjeux en cas d'événements, apparaissent ici pouvoir être envisagées.

L'illustration 92 resitue la position a priori de ces ouvrages de protection à mettre complémentarément en place.

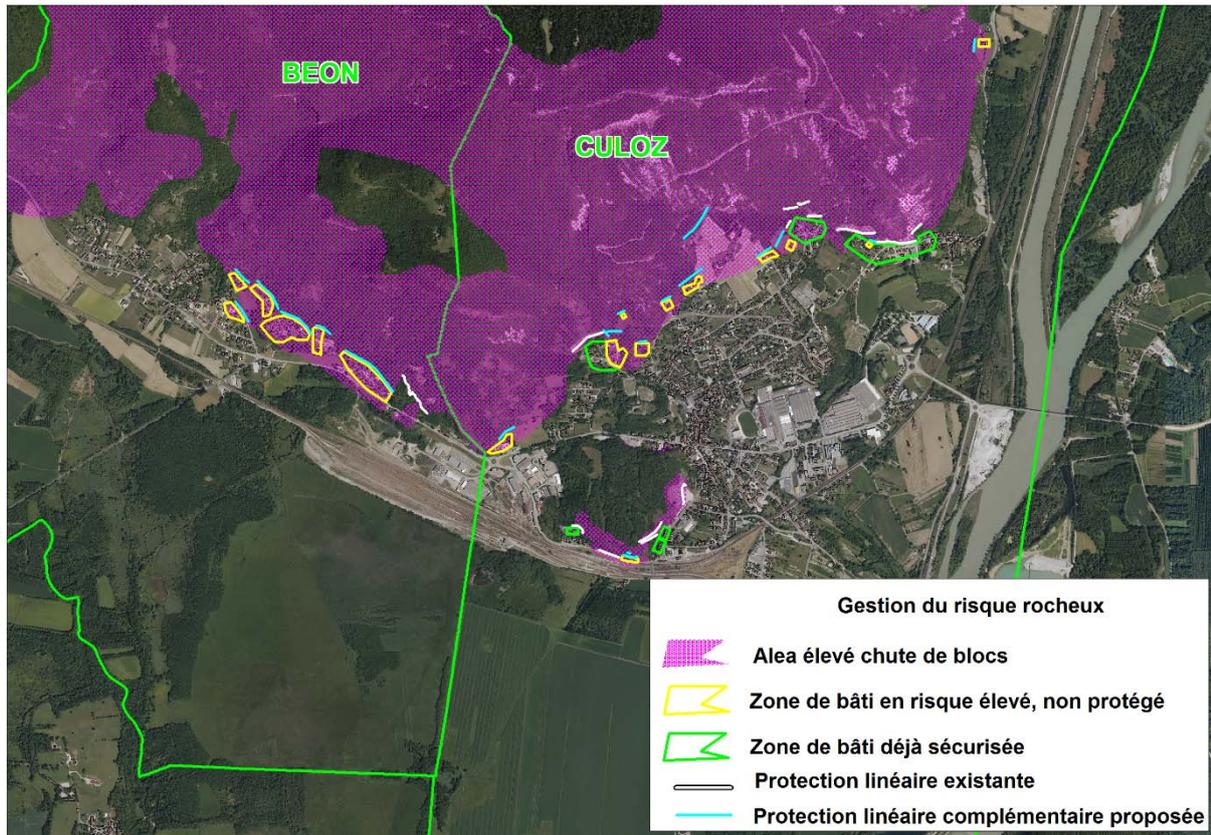


illustration 92 – carte globale des éléments de protection proposés

### **Travaux de sécurisation restant sur la commune de Culoz**

Sur Culoz, où les travaux de sécurisation déjà réalisés ont été importants, il reste encore au regard des zones de risque élevé quelques secteurs à couvrir (où les enjeux bâtis sont particulièrement exposés) :

- le secteur bâti de Bel Air –Aux Angès (proposition de mise en sécurité à venir par la SAGE avec pour l’instant un projet de merlon unique) ;
- le secteur de la Rue Leyrieux sur le flanc sud de Leyrieux qui a déjà fait l’objet d’un pré-dimensionnement par le BET IMSRN en 2013 ;

Sur l’unique secteur de risques situés sur le flanc sud de Jugeant rue de Leyrieux, les propositions de sécurisation fait par IMSRN en 2012 demeurent valides, à savoir :

- la pose d’écrans pare-blocs moyenne et faible capacités et localement d’un déflecteur ;
- le confortement d’éperons par grillages plaqués ou de filets de câbles plaqués.

On ne dispose en effet sur ce site pas de la place suffisante pour mettre en œuvre un merlon de protection. Compte tenu du chiffrage de l’époque, de son actualisation et de l’étude nécessaire préalable (y compris étude trajectographique) pour le dimensionnement précis des ouvrages, il faut envisager entre 180 et 200 K€ pour la sécurisation partielle et immédiate de la zone (hors masse volumineuse).

Pour une perspective à plus long terme de sécurisation de cette zone de risques (incluant la masse volumineuse), il pourrait être préférable de phaser en deux temps l'intervention avec :

- la mise en place d'un suivi de la masse instable. En fonction des résultats, proposer une sécurisation complète de la zone (y compris sous forme d'un dispositif pérenne d'alerte) et la dimensionner, ou conclure sur l'impossibilité de solutions technico-financières raisonnables (soit une gestion des risques tout autre à prévoir, de type expropriation) ;
- la mise en œuvre des travaux définis et retenus.

La maison isolée de la Chèvrerie est aussi fortement exposée mais l'occupation des lieux n'est pas du tout pérenne, rendant cette sécurisation de fait bien moins prioritaire.

Sur toutes les autres zones de risque élevé, une solution technique de protection par merlons semble bien adaptée à tous les sites, sauf peut-être, pour des raisons de contraintes topographiques, sur la maison de la Chèvrerie où une solution par écran pare-blocs pourrait lui être substituée.

De par le nombre de maisons concernées (7) et sachant qu'une partie d'entre elles est moyennement exposée, c'est le secteur de Chantemerle est (rue Arsène Dumont) qui apparaît ensuite comme étant prioritaire.

Enfin, tous les autres zones ne concernent que des enjeux bâtis faiblement exposées et c'est en fonction du nombreux d'enjeux à protéger qu'une hiérarchisation des travaux peut être proposée à savoir :

- le secteur de Longeaz-Corléaz Ouest qui viendra également sécuriser davantage le lotissement des Ravières sur son flanc ouest ;
- le secteur de la rue Albert Ferrier en amont de la RD120 avant bel Air ;
- le secteur de la Croix aux Roches;
- la maison voisine du passage de Montvéran ;
- Le secteur de Chatel Sud ;
- le secteur de la montée de la Roche.

En dehors des travaux de protection déjà en partie ébauchées (SAGE, IMSRN), c'est environ 655 ml de protection linéaire complémentaire répartis en 10 tronçons qui serait à programmer. Le chiffrage estimatif pour ces protections complémentaires (travaux, études) est évalué de l'ordre de 420 K€ à 560 K€<sup>19</sup>. L'ensemble de ces travaux est reporté sur le tableau de l'illustration 93.

On note aussi qu'outre le renforcement des ouvrages de protection, il y a aussi la question de l'entretien des ouvrages de parade existants qui est déjà assumé en premier lieu. En l'état, le constat fait sur les ouvrages de protection déjà existants n'est pas satisfaisant et un effort substantiel est attendu pour y remédier, tant :

- sur les filets de protection où une maintenance significative est attendue, notamment en amont des ravières et au niveau de la cité de la Bernarde (pièces à changer, remise en tension des câbles.) ;

---

<sup>19</sup> Non inclus les coûts d'acquisition de terrain.

- que sur les merlons pneusols où la végétalisation arbustive menace à court terme de déstructurer localement la tenue de l'ouvrage et de les rendre inopérants, notamment en cas d'impacts multiples rapprochés.

A ce titre, la validité du PPRN révisé ne pourra excéder 10 ans et pour la prochaine révision pour la commune de Culoz, le bon état physique de chacun des ouvrages de protection devra pouvoir être confirmé, après visite de contrôle technique individuelle. Faute de quoi, la prise en compte des ouvrages en termes de zonages d'aléa ne sera plus possible lors de la prochaine révision .

Commune	Zones à protéger	Nb d'enjeux à protéger	type de protection a priori	ml de protection	remarques
Culoz	Bel Air	2 + res. AEP	merlon	180	déjà en cours de programmation (SAGE)
Culoz	Rue de Leyrieux	5 + annexes	écrans + filets et ancrage	75	déjà prédéfini (IMS Rn)
Culoz	Chantemerle ouest	7	merlon	100	
Culoz	Longeaz Ravieres W	3	merlon	150	amélioration attendue aussi pour le lotissement de Ravières
Culoz	Rue Albert Férier	4	merlons	180	1 ou 2 merlons (ml indiqué pour 1 merlon)
Culoz	Cheverrie	1	merlon ou écran	35	
Culoz	Croix de la Roche	1 + garage auto.	merlon	90	
Culoz	Passage Montvéran	1	merlon	35	
Culoz	Chatel sud	1	merlon	35	
Culoz	Montée sous la Roch	1	merlon	30	prolongement du merlon Landaize ouest
Total Culoz (nouveau hors Bel Air et Rue de Leyrieux)				555	
Béon	lot.des Chartreuses	15	écrans ou merlon	320	
Béon	Muriers Chanduraz	4	écrans ou merlon	95	
Béon	Cougeuse	2	écrans ou merlon	80	
Béon	Muriers ouest Bourg	4 + annexes	écrans ou merlon	170	
Béon	Centre bourg	25 + annexes	écrans ou merlon	180	
Béon	Bel Horizon	5	merlon	120	
Total Béon				965	

*illustration 93 – Tableau récapitulatif des travaux de mise en sécurité à prévoir sur les deux communes de Béon et de Culoz (Ain)*

### **Travaux de sécurisation restant sur la commune de Béon**

Les seuls ouvrages de protection contre le risque rocheux ont été réalisés dans le cadre de l'ancienne exploitation à ciel ouvert à Briseveau par fosses où les flancs de fosse sont en mesure de contenir vers l'aval toute propagation rocheuse (sauf à hauteur de la plateforme intermédiaire entre les deux fosses).

Les reconnaissances terrains ont permis aussi d'estimer que deux des anciens bâtiments industriels sont en mesure de stopper toute propagation rocheuse en aval (moyennant un endommagement plus ou moins poussée de l'édifice impacté).

Dans ce secteur oriental de la commune où l'activité rocheuse est l'une des plus prononcée, on ne note aucun incident sur les zones d'enjeu bâtis comme routiers.

L'ensemble des enjeux bâtis implantés en pied de versant sud-ouest du Grand Colombier depuis les abords de la rue des Mûriers jusqu'à l'impasse de la Chartreuse est concerné par un risque élevé.

C'est d'abord tout la zone du lotissement assez récent de la Chartreuse soumis à un zonage de risque élevé sous les falaises de Pontenay et où les enjeux bâtis sont presque tous fortement exposés (seule 1 des 15 maisons n'est que moyennement exposée) qu'une sécurisation par protection linéaire est vivement recommandée.

Une solution technique de protection par merlon pourrait être éventuellement compliquée à installer en amont du lotissement et elle pourrait être alors substituée alors par des écrans pare-blocs haute capacité, implantés sur 1 voire 2 rangées (sur toutes les autres zones, on retrouve à de rares exceptions près qui seront mentionnés, des contraintes topographiques similaires donc a priori la même incertitude de choix de la solution technique entre merlon et écrans).

Ensuite deux autres secteurs avec du bâti plus ancien en zone fortement exposée et avec des événements historiques recensés seraient à sécuriser en priorité :

- le secteur de Chanduraz Muriers (en aval du GR) où l'activité rocheuse est assez forte même s'il ne s'agit plus que des petits blocs (<250 l) ;
- le secteur de Cougeuse du fait des désordres passés subis .
- Enfin le secteur de la rue des Muriers à l'ouest du centre bourg.

C'est ensuite le secteur du centre bourg ancien sans activité rocheuse avérée, et pour finir le secteur de Bel horizon.

Au final, c'est donc un linéaire cumulé estimé à près de 965 ml de protection, répartis sur 6 tronçons, qui serait à assurer pour la protection de zones habitées de la commune de Béon (illustration 93).

Elle devrait consister avant tout en la réalisation d'écrans de filets dynamiques implantés dans les zones d'énergie moindres sur les profils et dans des secteurs favorisant les rebonds à faible hauteur (< 4 m environ). Sur les zones où les énergies des blocs seront les plus fortes ou les contraintes topographiques locales contraignantes, la redondance d'ouvrages est à prévoir. Dès que la situation le permettra, on privilégiera les ouvrages de protection de type merlons plus simple de réalisation et surtout plus facile d'entretien (même si celui-ci, débroussaillage principalement, doit être par contre assez régulier)

Le chiffrage estimatif des travaux de mise en sécurité et des études préalables est évalué de l'ordre de 780 k€ à 1,22 M€.

Sur Béon, la réalisation d'ouvrages de protection, l'actualisation du zonage réglementaire et l'ajustement de la carte d'aléa en lien avec les études de définition de ces ouvrages de protection (dont les études trajectographiques de détails) obligera rapidement à devoir faire ensuite une révision du PPRN sur ce volet aléa rocheux.



## 7. . Conclusion

La révision de la cartographie d'aléa chutes de blocs pour le PPRN existant sur la ville de Culoz et son extension à l'ensemble de la commune de Béon a été menée à partir :

- d'un inventaire évènementiel détaillé basé sur la bibliographie disponible, sur un travail d'enquête auprès des représentants communaux et de riverains, ainsi que sur des visites de terrain ;
- de l'établissement d'une typologie d'éboulement rocheux sur le périmètre d'étude ;
- de l'identification et de la sectorisation des zones de départ potentiel de chutes de blocs (à l'appui notamment de campagnes de terrain) ;
- de l'évaluation des aléas de rupture zone par zone (volume, activité) ;
- de la détermination des propagations potentielles de blocs en versant à partir d'analyses croisées de trajectographie et de méthodes plus globalisantes. In fine, la cartographie des limites d'atteinte est réalisée manuellement à dire d'expert en prenant en compte les observations de terrain.

La cartographie d'aléas chute de blocs (dont l'échelle de validité est le 1/5 000<sup>ème</sup>) a été établie pour des scénarii de référence variables selon les secteurs:

- Intensité considérée comme élevée sur la quasi totalité des secteurs de falaises (bloc unitaire se propageant de 1 à 10 m<sup>3</sup>) voire potentiellement très élevée (> 10 m<sup>3</sup>) sur les falaises de Milvendre et de Pontenay ;
- Intensité considérée comme modérée (bloc unitaire se propageant de 0,25 à 1 m<sup>3</sup>) sur certaines zones de courtes falaises ou ressauts verticaux en amont de rue de Leyrieux et de la Croix de la Roche (Béon), et du Jugeant (flanc sud-ouest, coin sud-est, en 2 points du flanc nord)
- Intensité considérée comme faible (bloc unitaire de moins de 0,25 m<sup>3</sup>) sur certains ressauts rocheux inclinés (dalles structurales notamment) ou talus rocheux plus ou irréguliers (dont quelques talus routiers sains) sur le secteur de Trabuchet en amont du GR (Béon), sur le Jugeant (flanc nord à nord est, flanc ouest à nord-ouest), sur Landaize Est et ponctuellement en amont de Chatel.

On gardera à l'esprit que compte-tenu de l'étendue de la zone d'étude, des caractéristiques des falaises génératrices d'instabilités et de l'impossibilité dans le cadre de cette étude (au regard des moyens mis en œuvre) de recenser l'ensemble des compartiments instables, ces scénarii de référence correspondent aux événements les plus plausibles sur la zone d'étude sur la période de référence (centennale).

Le volume des blocs pouvant se propager jusqu'aux enjeux conduit généralement à considérer **un aléa de niveau élevé dans les zones d'exposition au phénomène**, conformément aux développements en cours sur la thématique à l'échelle nationale (recommandations MEZAP à paraître : groupe de travail réuni sous l'autorité du MEEM pour la détermination d'une Méthodologie de Zonage de l'Aléa chute de Pierres, piloté par IRSTEA). Le niveau d'aléa est cependant réduit à un niveau modéré dans les zones de propagation moyennement ou faiblement exposées quand l'intensité est modérée ou pour les zones fortement exposées quand l'intensité est faible. Les quelques zones d'aléa retenues au niveau faible correspondent à des zones moyennement et faiblement exposées pour des intensités faibles (ou sans propagation significative, pour quelques courts talus routiers inclinés, réguliers et d'allure saine).

Pour certaines zones d'enjeux bâtis protégées depuis longtemps par des merlons de protection contre les chutes rocheuses, l'aléa a pu être au final bien écarté (aléa résiduel en aval de l'ouvrage évalué comme non significatif).

Le croisement de la carte d'aléa et des éléments exposés permet d'identifier les principales zones d'exposition des enjeux bâtis à de l'aléa fort (risque élevé). Cela représente sur Béon un total de 55 maisons (+ bâtiments annexes) répartis sur 6 sites plus ou moins adjacents, et sur Culoz un ensemble de 26 maisons (et bâtiments annexes) répartis sur 11 sites plus ou moins distincts.

Sur ces zones à risque élevé, compte-tenu à la fois des caractéristiques des sites et des événements prévisibles, des protections passives sont à privilégier, de type merlon ou sinon écran de filets dynamiques. Cela représenterait environ 655 ml de protections linéaires pour Culoz et 965 ml de protection linéaire sur Béon. Pour 2 des 11 zones de Culoz (Bel Air, rue de Leyrieux), des études de définition des protections linéaires à mettre en œuvre ont déjà été en partie menées et elles ne restent juste plus qu'à être finalisées avant d'engager les travaux. Un pré-chiffrage global de ces travaux de mise en sécurité est par ailleurs fourni, avec une fourchette variant au total entre 1,2 et 1,8 MEuros (répartis pour 2/3 environ sur Béon et 1/3 sur Culoz).

On notera que cette version nouvellement révisée (Culoz) ou créée (Béon) de carte d'aléa chutes de blocs rocheux aura une validité limitée dans le temps. En effet, la prise en compte des ouvrages de protection créés dans un avenir proche, tout comme l'évolution possible de l'état des ouvrages de protection déjà existants, mais aussi des plausibles événements rocheux à venir, obligeront à brève échéance (de l'ordre d'une décennie) à la révision du PPRN avec actualisation de la présente carte d'aléa de 2019.

Pour cette future phase de révision du PPRN, il sera alors recommandé de faire réaliser au préalable l'acquisition d'un levé MNT plus précis (si rien n'a complété l'actuel MNT lissé à 5 m) type levé LIDAR de l'ensemble des territoires communaux, ce qui devrait permettre d'affiner le zonage d'aléa et confirmer la pertinence des merlons de protection sur Culoz qui pour moitié d'entre eux n'a pu être évaluée que de manière experte.

Pour tenir compte des modifications du zonage réglementaire en lien avec l'avancement de réalisation des ouvrages de protections linéaires, des révisions partielles de ces PPRN, au gré des besoins (révisions des PLU) resteront attendues à plus court terme.

## 8. Bibliographie

**Allier Remy (2006)** Commune de Culoz. Dossier des ouvrages exécutés pour KAP IMMO SARL. Note CAN C05/1415 9p. 3ann.

**Berger (2009)** Pour une meilleure prise en compte des forêts à fonction de protection vis-à-vis des risques naturels dans les plans de prévention des risques naturels prévisibles, les aménagements forestiers et les chartes forestières de territoire. Programme "Risque Décision Territoire".

**Bimbard J., Duperray L., Trauchessec M. (2000)** Culoz. Site de Landaize. Merlon de protection contre les éboulements rocheux. Janvier 2000. Dossier F/31665. CETE de Lyon 25 p. , 9 annexes.

**CETE (1998)** Commune de Culoz. Falaise de Pontenay. Etude de définition des mesures de protection d'un lotissement. Mars 1998. Dossier H/29931. CETE de Lyon.

**Colas B., Faure P., J. Rohmer (2017)** – Valorisation des travaux réalisés dans le cadre du GT MEZAP (Année 1). Rapport d'avancement. BRGM/RP-66589-FR, 62 p., 57 fig., 1 ann.

**COTEC N°2, Révision des guides méthodologiques PPR Montagne (2014)** Constructibilité en aval d'un ouvrage de protection en montagne. Issus des travaux d'un GT impliquant RTM, CEREMA, IRSTEA. Guide restant à paraître par le MEEM

**Dumont P. (1985)** Les Rochers de Landaize Examen sommaire de la Falaise. Note juillet 1985 H/17061. CETE de Lyon 3p. + 1 annexe.

**Dumont P. (1986)** Etude des risques d'éboulement rocheux et des mesures de protection. Rapport n°1 décembre 1986. CETE de Lyon. 15 p., 5 annexes (dont 1 planche hors texte (abs.))

**Dumont P. (1988)** Etude des risques d'éboulement rocheux et des mesures de protection. Rapport n°2 . Janvier 1988. Dossier H/17459. CETE de Lyon 13 p., 5 annexes dont 1 planche hors texte).

**Dumont P. (1988)** Commune de Culoz. Travaux de protection contre les éboulements rocheux. Projet de protection de la zone de Landaize. Novembre 1988. Dossier H/17459-1. CETE de Lyon 12 p. , 1 annexe + 1 planche hors texte (Annexe A1 présente).

**Dumont P. (1990)** Commune de Culoz. Eboulement du 18 -02 -1990 Note de Mars 1990 H/21917. CETE de Lyon. 8 p. , 2annexes

**Dumont P. (1990)** Commune de Culoz. Route de Béon. Mesures des repères d'observation en falaise sur compartiment rocheux. Note de septembre 1990 H/21917. CETE de Lyon 5p., 2 ann.

**Dumont P. (1991)** Commune de Culoz. Route de Béon. Mesures des repères d'observation en falaise sur compartiment rocheux. CETE de Lyon. Notes de janvier 1991 (5p.), d'avril 1991 (5p.) et de septembre 1991 (5p. + annexes)

**Dumont P. (1991)** Commune de Culoz. Périmètre de risque Chute de Blocs (application article R1111-3). Avis sur zone D.D.E Janvier 1991. Dossier H/22536. CETE de Lyon 8 p. +1 Annexe (3 cartes format A3)

**Dumont P. (1993)** Commune de Culoz. Route de Béon. Mesures des repères d'observation en falaise sur compartiment rocheux. CETE de Lyon. Notes de mars 1993 (5p., annexes), et d'avril 1993 (5p. + annexes).

**Dupray S., Mathy A. (1998)** Ville de Culoz Hôtel Cornu Etude du risque rocheux. Etude préliminaire Aout 1998. Dossier H/22536. CETE de Lyon. 6 p., 1 annexe (6 planches)

**Dupray S. (2001)** Aménagement de la Carrière, avenue de la Gare, mairie Culoz. Analyse de l'étude Géolithe par rapport au cahier des charges. Suite à donner par le BE pour répondre au cahier des Charges. CETE de Lyon. Note non référencée : affaire 34681 du 03 aout 2001 5 p.

**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., 35 p., 22 ill., 2 ann.

**Evrard H. (1996)** Culoz. Site de Landaize Usine. Etude trajectographique complémentaire. Janvier 1996. Dossier H/25775. CETE de Lyon 12 p. , 3 annexes.

**Magnin J. (2018)** CD01 agence routière et technique de Bugey Sud. RD120 PR 4+640 Eboulement du 14 août 2018. Compte rendu d'intervention du 21 août 2018. Rapport IMS RN G1/2018/01/1583. 14 p.,

**Mellal, Hungr (1998)** PIERRE©: an interactive software for computer-aided rock fall analyses. The University of British Columbia, Department of Earth and Ocean Sciences, 6339 Stores Road, Vancouver, BC V6T 1Z4 Canada

**Muquet L. (2005)** Commune de Culoz (01) Travaux de confortement en falaise pour KAP Immo. Etude d'exécution Mission G3 d'IMS RN. 7 pages + 2 annexes<sup>i</sup>

**Rimailho D. (2013)** Rue du Leyrieux Commune de Culoz D01. Etude de protection contre les chutes de bloc sur 4 habitations. Juin 2013 Rapport IMS RN 2013/G1/01/0492. 30 p.,

**Sanglerat G., collab. Mongereau N. (1989)** Analyse des risques présentés par les falaises entourant la commune de Culoz. 18 p, 20 annexes. Cabinet d'expertises Sanglerat.

**Tribouillard Marc (1993)** Ville de Culoz. Mise en sécurité des terrains dominés par les anciennes carrières de l'Avenue de la Gare. Rapport Géolithe N°92.12/4. 7 p. et annexes.

**Varrel E. (2001)** Etude de protection contre les risques rocheux. Ancienne carrière de Culoz. Commune de Culoz. Rapport Géo-pluton Dossier n° 01071. 25 p. 3 annexes (dont 1 planche h. texte (présente)).

## **Annexe 1**

### **Cartes informatives et cartes de l'aléa rocheux**



Planche hors texte n°1 : carte informative pour la commune de Béon (1/ 5000)

Planche hors texte n°2 : carte informative de la commune de Culoz (1/ 5 000)

Planche hors texte n°3 : carte de l'aléa rocheux de la commune de Béon (1/ 5000)

Planche hors texte n°4 : carte de l'aléa rocheux de la commune de Culoz (1/ 5 000)



## **Annexe 2**

### **Méthode des cônes**

(document extrait du document « Proposition d'une note technique à l'attention des Services Déconcentrés de l'Etat en charge des procédures PPRn. Méthodologie de l'élaboration du volet « aléa rocheux » d'un PPRn ». Rédaction du groupe de travail MEZAP, version 21/01/14).



## ANNEXE 2 : 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  $\beta$ , il accélère. Si elle est inférieure à  $\beta$ , 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  $\beta$  avec l'horizontal (Cf. Fig. 1). Cette ligne est appelée la ligne d'énergie et l'angle  $\beta$ , l'angle de la ligne d'énergie.

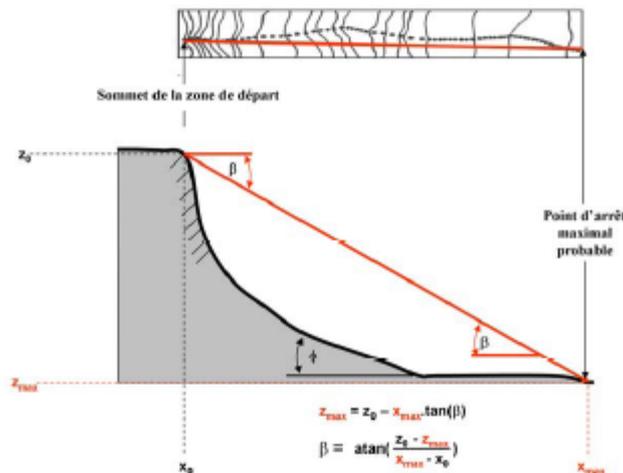


FIGURE 1 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PRINCIPE DE LA LIGNE D'ENERGIE ET DE LA FORMULE POUR DETERMINER L'ANGLE B

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  $\beta$ , 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, ils peuvent donc progresser dans un cône, appelé cône de propagation. Ce cône a une pente  $\beta$  et son sommet est placé au niveau de la zone de départ A, d'où le nom de méthode des cônes.

Depuis sa formalisation, ce principe a fait l'objet de nombreuses études. Différents auteurs se sont, entre autre, intéressés à l'adaptation de cette méthode en fonction de la localisation du point de départ A et du type de profil en long à utiliser pour les calculs. Ainsi des auteurs tels que Lied (1977), Wiczcoreck et al. (1990) et Evans and Hungr (1993) proposent d'utiliser non le

point sommital des falaises mais les sommets des « talus » (intersection entre la pente et le pied de falaise). Ils ont ainsi élaboré le principe « d'angle d'ombrage » (Shadow angle) (cf. Fig.2). La valeur de l'angle de la ligne d'énergie étant pour chacun de ces auteurs de respectivement de : 28°, 22° et 27,5°. L'utilisation du shadow angle nécessite de déterminer le sommet des « talus ». Une telle détermination n'est pas chose aisée à réaliser de façon automatique à partir de l'analyse d'un MNT.

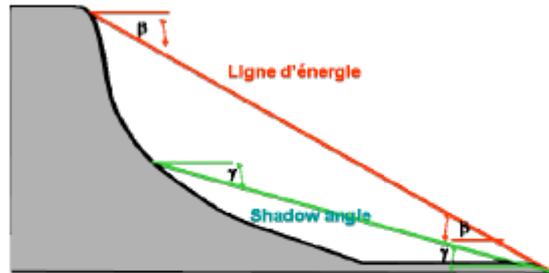


FIGURE 2 : PRINCIPE DE LA LIGNE D'ENERGIE SELON HEIM (1932) ET PRINCIPE DU SHADOW ANGLE SELON LIED (1977)

En ce qui concerne le choix d'implantation du profil en long, il existe deux grandes écoles de pensées. La première préconise d'utiliser la ligne de plus grande pente et est à l'origine du concept de l'angle géométrique (aussi dénommé « reach angle »). La deuxième quant à elle propose d'utiliser le profil en long correspondant au trajet le plus probable sur la pente et est ainsi à l'origine du concept de « l'angle de trajet » (travel angle). La figure 3 présente ces deux concepts.

Avec le principe de l'angle de trajet, l'angle de la ligne d'énergie est plus faible qu'avec le principe de l'angle géométrique. La différence entre les deux angles est de l'ordre du degré. Le principe de la ligne d'énergie avec l'angle de trajet est là encore plus difficile à traduire dans un utilitaire de calcul permettant de travailler sur de vastes surfaces géographiques. En effet, il faut développer ou utiliser un principe de calcul d'écoulement permettant de déterminer les lignes de plus grandes pentes, les thalwegs et micro-thalwegs présents.

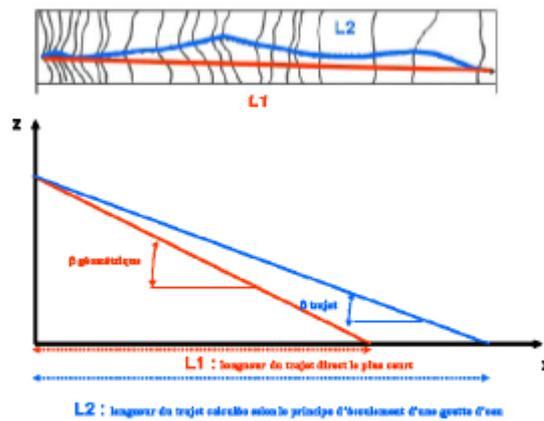


FIGURE 3 : PRESENTATION DES PRINCIPES DE CALCUL DE LA LIGNE D'ENERGIE AVEC LE PRINCIPE DE L'ANGLE GEOMETRIQUE ET DE L'ANGLE DE TRAJET. DANS LES DEUX CAS LE POINT D'ARRET GEOGRAPHIQUE EST LE MEME MAIS PAR CONTRE LES DISTANCES DES TRAJETS D'ATTEINTES SONT DIFFERENTES.

Plusieurs auteurs ont travaillé sur la détermination de l'angle  $\beta$  de la ligne d'énergie selon le principe de Heim (1932) et celui de l'angle de trajet. Le tableau 8 donne les valeurs observées.

Auteur/Source	Valeur de l'angle de la ligne d'énergie (entre parenthèse valeur de l'angle géométrique)	
	Minimum ou intervalle	Moyenne
Shreve (1968)	(26,57° - 38,66°)	---
Hsü (1975)	31° (32°)	---
Onofri & Candian (1979)	28,34° - 40,73° (28,84° - 41,73°)	---
Grunder (1984)	32,6° - 33,4° (33,1° - 34,4°)	---
Moser (1986)	33° - 42° (34° - 43°)	---
Domaas (1985 in Toppe 1987)	32° (33°)	---
Mac ewen (1989)	(30,96°) $\approx$ (31°)	
Gerber (1994)	33° - 37° (33,5° - 38°)	---
Meissl (1998)	29° - 47,5° (29,5° - 48,5°)	38° (38°)
Heinimann et al. (1998)	33° - 37° (33,5° - 38°)	---
Focardi & Iotti (2001)	27° - 29° (27,5° - 30°)	---
Ayala-carcedo et al. (2001)	(29,1° - 38,9°)	(31,9°) pour la valeur minimale
Jaboyedoff & Labouise (2003)	32° (33°)	---
Jaboyedoff & Labouise (2011)	(32,6° - 35,6°)	34°
Corominas et al. (2003)	26° - 54° (27° - 55°)	---
Dorren & Berger (2005, 2006)	31,3° - 37° (31,9° - 38°)	---

Copons et al.(2009) site a	(36,87° - 56,3°)	---
Copons et al.(2009) site b	(28,81° - 42,0°)	---
Hutter et al. (2005) modèle réduit	(30° - 37°)	---
Scheidegger (1973)	(29,68° - 39,69°)	---
Marquinez et al. (2002) cas 1	(32,5° - 40,9°)	(31,5° - 40,2°)
Marquinez et al. (2002) cas 2	(29,4° -38,5°)	
Antoniou & Lekkas (2009)	(35°)	---
Deparis et al (2008)	(31,61° - 47,20°)	---
Hyndman & Hyndman (2009)	(33°)	---
Berger et al. (2009) sans forêt	(27,67° - 33,88°)	---
Berger et al. (2009) avec forêt	(31,32° - 37,86°)	---
Berger et al. (2014) modèle réduit	(24,65° - 90°)	---
Ebase de données RTM (données (2011-2013)	(24,65° - 58,42°)	---

TABLEAU 1 : VALEURS DE L'ANGLE B (TRAJET ET GEOMETRIQUE) SUIVANT DIFFERENTS AUTEURS.

Le tableau 2 présente les résultats de l'analyse statistique réalisée sur les données du tableau 1.

Statistique	Angle géométrique minimal	Angle géométrique maximal
Moyenne	30,68°	43,55°
Min	23,28°	30°
1 <sup>er</sup> quartile	28,84°	37,93°
2 <sup>ème</sup> quartile	31,32°	38,90
3 <sup>ème</sup> quartile	33°	45,10°
Max	36,87°	90,00°

TABLEAU 2 : ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES DU TABLEAU 8.

La bibliographie indique des valeurs de  $\beta$  variant de 23,28 à 90,00°. Cependant, les études de Gerber (1994) et de Meissl (1986) préconisent de déterminer la valeur de cet angle en tenant compte de la dimension des projectiles et de la rugosité du sol. (Cf. Tableau 3).

Type de projectile	Valeur de l'angle de la ligne d'énergie et rugosité du sol		
	33° et faible rugosité	35° et rugosité moyenne	37° et forte rugosité
Pierre (inférieure au dm <sup>3</sup> )	Prairie	Broussaille	Arbres
	Pas d'irrégularités	Petites irrégularités	Grosses irrégularités
	Sol superficiel	Sol superficie	Sol profond
1dm <sup>3</sup> <Pierre-Bloc<1m <sup>3</sup>	Broussaille	Arbres	
	Petites irrégularités	Grosses irrégularités	
	Sol superficiel	Sol profond	
Bloc>1m <sup>3</sup>	Arbres		
	Grosses irrégularités		
	Sol profond		

TABEAU 3 : VALEURS DE L'ANGLE GEOMETRIQUE B EN FONCTION DE LA RUGOSITE DU SOL ET DE LA DIMENSION DES PROJECTILES (D'APRES MEISSL 1986 ET GERBER 1994).

Au regard des expériences grandeur nature de chutes de blocs du Cemagref sur le site de Vaujany (Isère) (Dorren L.K.A et al., 2005), des valeurs des tableaux 1, 2, 3 et des résultats que obtenus lors des travaux d'expertise et de contre-expertise des PPRn de Veyrier-du-lac et de Talloires, les analyses des résultats font ressortir les critères d'angle suivants pour le calcul de la ligne d'énergie selon les principes de l'angle géométrique et de Heim (1932) :

Niveau de probabilité d'atteinte d'un point	Angle de la ligne d'énergie sans prise en compte de la forêt	Angle de la ligne d'énergie avec prise en compte de la forêt	Différence d'angle : avec forêt - sans forêt
Fort	33,88°	37,86°	3,99°
Moyen	30,22°	34,13°	3,91°
Faible	27,67°	31,32°	3,65°

TABEAU 4 : VALEUR DES ANGLES GEOMETRIQUES POUR LE CALCUL DE LA LIGNE D'ENERGIE OBTENUS PAR LA RETRO ANALYSE DE PHENOMENES PASSES ET DU ZONAGE DE 2 PPRN.

Il est intéressant de noter que la présence de la forêt se traduit par une augmentation systématique de la valeur d'angle de l'ordre de 3.8° (≈ 4°) par rapport au terrain nu.

Il peut donc être préconisé, d'utiliser pour les versants boisés les valeurs suivantes :

Valeur seuil de l'angle géométrique	Niveau de probabilité d'atteinte d'un point par un bloc unitaire
$\geq 35^\circ$	Fort
$33^\circ \leq < 35^\circ$	Moyen
$30^\circ \leq < 33^\circ$	faible
$26^\circ \leq < 30^\circ$	très faible mais non nul

TABLEAU 5 : VALEURS DE SEUILLAGE DES ANGLES GEOMETRIQUES POUVANT ETRE UTILISES POUR L'AIDE A L'EXPERTISE ET LA REALISATION D'UNE PRE-CARTOGRAPHIE DE L'ALEA CHUTES DE PIERRES ET DE BLOCS.

Dans la pratique, l'opérateur devra justifier et argumenter le choix fait pour les valeurs de seuillage (en fonction de la topographie, de la nature d'occupation des sols, cas similaires connus,...) et à ce titre, il peut utiliser les données présentées dans cette annexe. S'agissant de paramètres souvent variables géographiquement, il n'est pas concevable de définir autre chose que des intervalles de valeurs à l'échelle du territoire national.

Dans le cas des éboulements en masse, l'intervalle de valeurs préconisé est de  $[25^\circ, 28^\circ]$ .

Afin d'aider l'opérateur dans ses choix, il est intéressant de comparer les valeurs du tableau 5 avec celles issues de l'analyse statistique des 194 cas réels (période 2011-2013) de la base de données événements du RTM. Evènements pour lesquels la valeur de l'angle d'énergie a été mesurée. Le tableau 6 présente les résultats de l'analyse statistique de cette base de données.

Statistique	Angle géométrique
Moyenne	36,69°
Min	24,65°
1 <sup>er</sup> quartile	33,00°
2 <sup>ème</sup> quartile	36,00°
3 <sup>ème</sup> quartile	40,00°
Max	58,42°
0,43 percentile	25,99°
10,00 percentile	30,00°
25,00 percentile	33,00°
40,00 percentile	35,00°

TABLEAU 6 : ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES 2011-2013 DE LA BASE DE DONNEES RTM

Là encore et afin d'illustrer la distribution des valeurs d'angle de ligne d'énergie, nous donnons la distribution observée lors de la réalisation des expérimentations à échelle réduite par Irstea. Lors de ces expérimentations en laboratoire, le même projectile est lancé 100 fois de suite sur un dispositif constitué de 3 plans inclinés et recouvert d'une couche homogène de sable humide. Après chaque lancé le dispositif est remis en état. Ce dispositif permet de tester à la fois l'influence des conditions topographiques en faisant varier l'angle et la longueur des différents

plans, et l'influence de la forme et de la masse des projectiles. A ce jour 3400 lâchers ont été analysés. Le tableau 7 présente l'analyse statistique de la base de données expérimentales et la figure 4 la distribution des valeurs d'angle de ligne d'énergie en fonction du pourcentage cumulé de passage des projectiles.

Statistique	Angle géométrique
Moyenne	33,47°
Min	23,28°
1 <sup>er</sup> quartile	27,94°
2 <sup>ème</sup> quartile	31,56°
3 <sup>ème</sup> quartile	36,62°
Max	90,00°
8,00 percentile	26,06°
40,00 percentile	29,92°
58,00 percentile	33,00°
68,00 percentile	35,03°

TABLEAU 7 : ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES EXPERIMENTALES DE IRSTEA (2014)

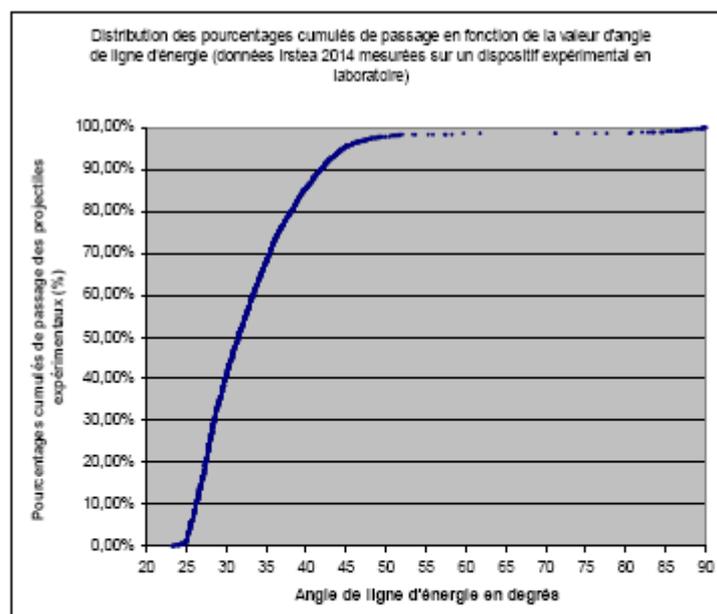


FIGURE 4 : DISTRIBUTION DES POURCENTAGES CUMULES DE PASSAGE EN FONCTION DE LA VALEUR D'ANGLE DE LIGNE D'ENERGIE (DONNEES IRSTEA 2014 MESUREES SUR UN DISPOSITIF EXPERIMENTAL EN LABORATOIRE)



## **Annexe 3**

# **Fiche de présentation de l'outil de trajectographie Pierre98**



## Propagation de blocs rocheux en versant

### Trajectographie

PIERRE98© est un logiciel de simulation de trajectoires de chutes de blocs. Le modèle numérique est basé sur des concepts mécaniques rigoureux matérialisant les interactions sol-bloc notamment et sur des retours d'expérience d'observations in-situ.

#### **Caractéristiques du modèle**

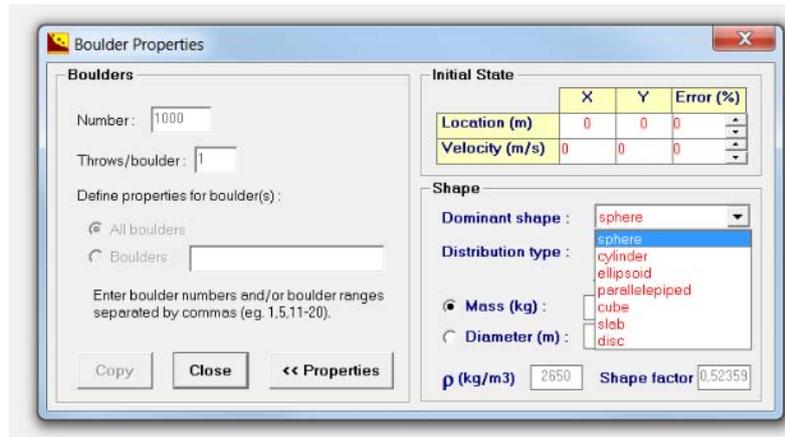
Les simulations de trajectoires de chutes de blocs intègrent les aspects suivants:

- ✓ Analyse en 2D selon profil topographique ;
- ✓ Paramètres de bloc (masse et forme) ;
- ✓ Paramètres de sol (rugosité, frottement, restitution) ;
- ✓ Différents modes de mouvement du bloc ;
- ✓ Intégration d'un modèle d'impact en plasticité pour définition des coefficients de restitution normal et tangentiel ;
- ✓ Analyse probabiliste des résultats à partir de variation des paramètres d'entrée des calculs suivant des fonctions de densité de probabilité.

#### **Paramètres de bloc**

La définition des blocs au départ se fait sur 3 paramètres principaux :

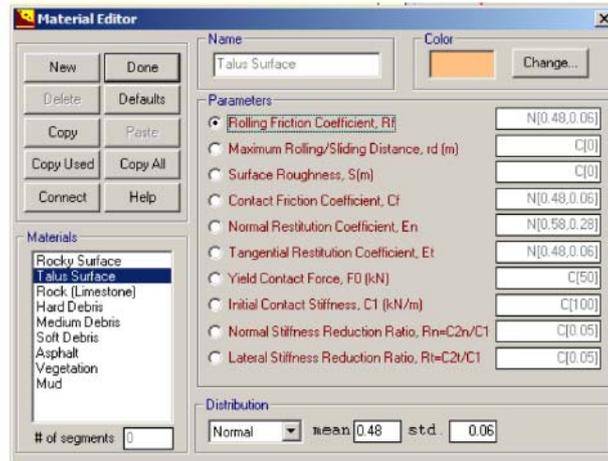
- ✓ Masse ponctuelle, diamètre équivalent et densité de matériau ;
- ✓ Prise en compte des formes de blocs selon 7 formes dominantes : sphère, cylindre, ellipsoïde, parallélépipède, cube, dalle, disque. Le coefficient de forme peut être rentré manuellement ;
- ✓ Position et vitesse du bloc au départ.



## Paramètres de sols

Sauf cas particulier la définition des types de sols le long des profils est contraint. Il est couramment distingué 7 sols dont les principaux paramètres de frottement et de restitution sont les suivants :

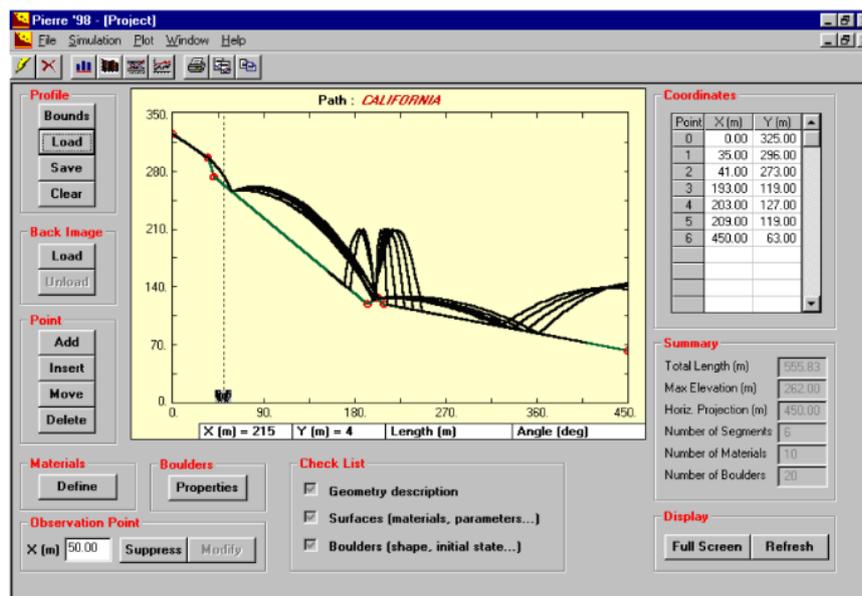
n° sol	Type de sol	Coefficient de frottement dynamique Rf (s.u.)	Coefficient de frottement Cf (s.u.)	Coefficient de restitution normal En (s.u.)	Coefficient de restitution tangentiel Et (s.u.)
1	autres (1)	-	-	-	-
2	sol fin (2)	0.6	1	0.3	0.7
3	piste, éboulis fin (3)	0.65	1	0.37	0.73
4	éboulis grossier (4)	0.65	0.7	0.35	0.8
5	couvert fin (5)	0.6	1	0.6	0.8
6	roche (6)	0.55	0.8	0.7	0.9
7	route goudronnée (7)	0.58	0.58	0.4	0.58



## Modes de mouvement

Les modes de mouvements considérés pour la propagation des blocs sont :

- ✓ Vol libre, sans perte de moment : trajectoire parabolique, résistance de l'air négligée
- ✓ Glissement / roulement : perte d'énergie par frottement (statique et/ou dynamique)
- ✓ Rebond : modélisation à l'impact des pertes d'énergie suivant le modèle de Falcetta
- ✓ Transition entre différents modes : rebond → roulement / roulement / glissement vers rebond



## **Analyse probabiliste de propagation**

---

La formule  $N=1/(P \times 0.1^2)$  indique le nombre théorique de simulations nécessaires pour estimer un événement à la probabilité d'occurrence  $P$  avec une erreur visée de 10% (convergence de l'estimation de la probabilité  $P$  par simulation Monte-Carlo).

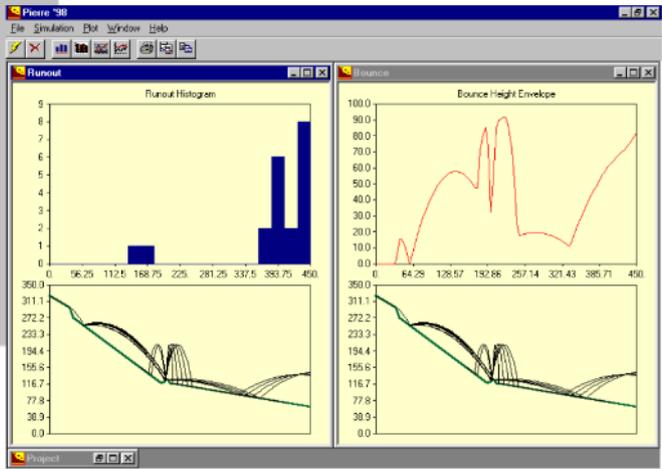
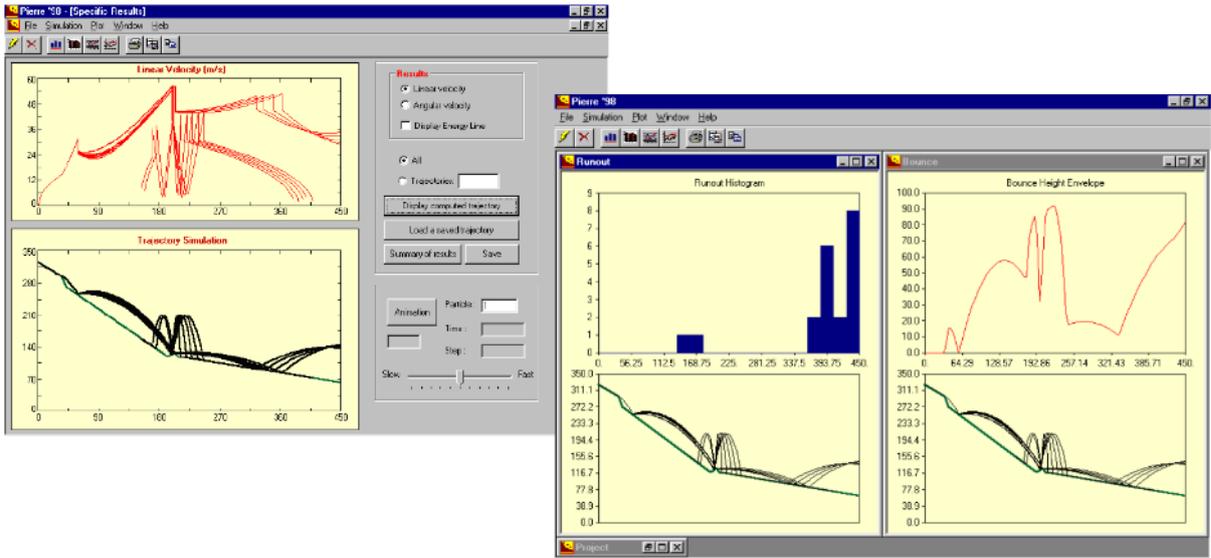
Ceci impliquerait la réalisation d'au moins 10 000, 1 000 000 et 100 000 000 simulations de trajectoires pour estimer les distances d'arrêt pour des probabilités d'atteinte de  $P=10^{-2}$ ,  $P=10^{-4}$  et  $P=10^{-6}$ , respectivement.

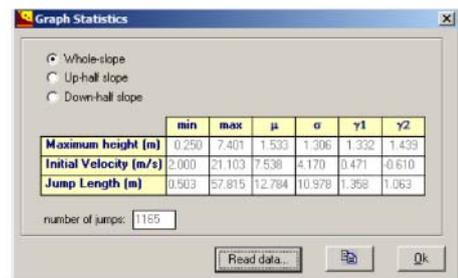
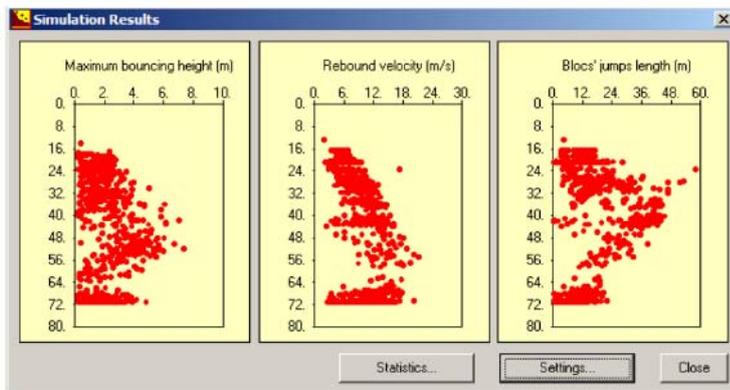
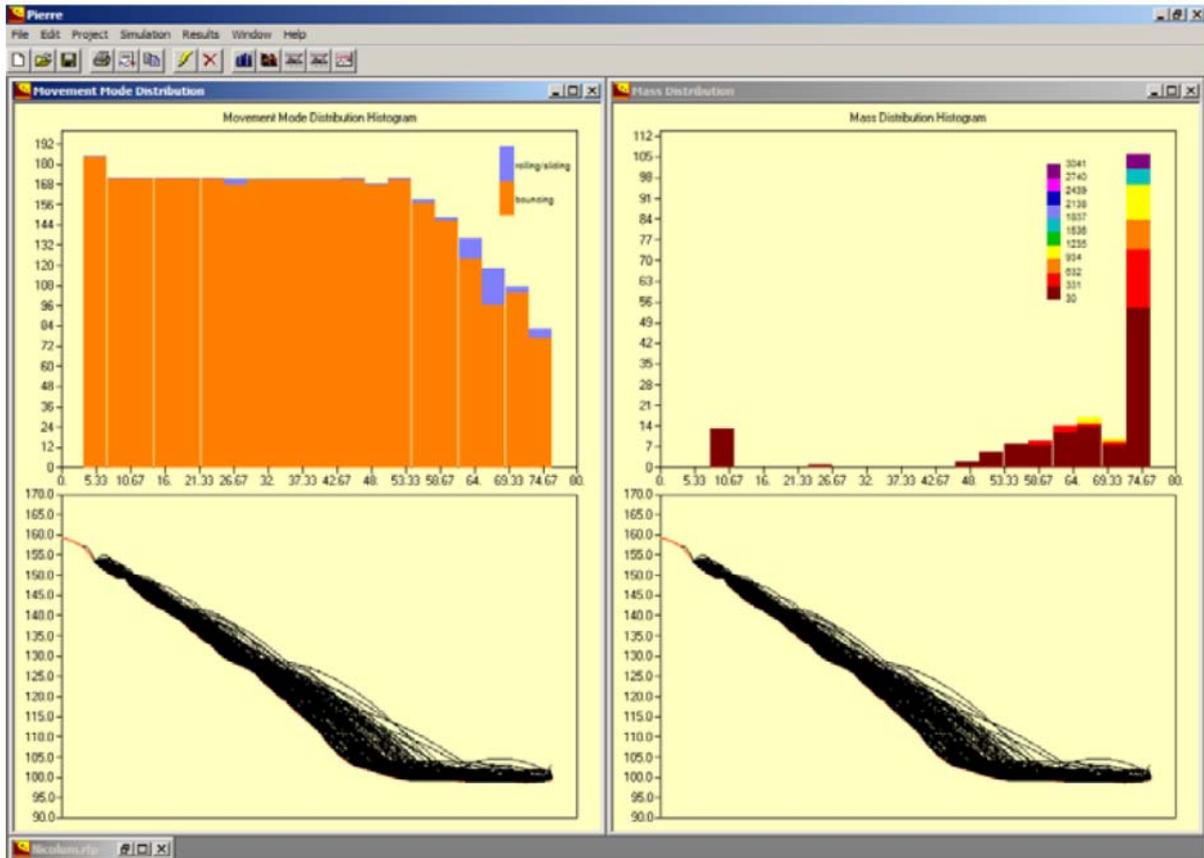
A l'heure actuelle, la réalisation de 1 000 000 simulations de trajectoires (ou plus) est trop gourmande en temps de calcul pour être envisagée dans le cadre d'une étude de cas appliquée.

Il est couramment réalisé entre 5 000 et 10 000 simulations de trajectoires avec Pierre98, ce qui constitue un nombre de simulations nécessaire pour évaluer les distances d'arrêt pour une probabilité d'atteinte de  $P=10^{-2}$ . Ce nombre de simulation permet également d'estimer l'ordre de grandeur de probabilité d'atteinte de l'ordre de  $10^{-4}$  (1 bloc sur 10000).

Pour des raisons pragmatiques, l'estimation des distances d'arrêt pour des probabilités d'atteinte de  $10^{-4}$  à  $10^{-6}$  est menée par extrapolation linéaire de l'évolution de la probabilité d'atteinte en fonction de la distance d'arrêt.

La validité de cette démarche a été confirmée pour une dizaines de sites aux profils topographiques très différents. Les tests menés ont consisté à modéliser la queue de distribution des probabilités d'atteinte par une loi de Pareto généralisée pour extrapoler les distances d'arrêt pour des petites probabilités. Les deux approches (extrapolation linéaire et loi de Pareto généralisée) conduisent à une estimation des distances d'arrêt à  $P=10^{-6}$  assez proches, la démarche utilisant la loi de Pareto généralisée étant généralement la plus pessimiste.







**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemain  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34 - [www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

**Direction régionale Auvergne-Rhône-Alpes**  
151 Boulevard de Stalingrad  
69626– Villeurbanne Cedex– France  
Tél. : 04.72.82.11.50