



# Mouvements de terrain en Savoie durant l'année 2010

## Rapport « final »

**BRGM/RP-59650-FR**  
juin 2011

BRGM/RP-59650-FR  
juin 2011

Geosciences pour une  
**brgm**



3 5000 00081153 8



# Risques naturels liés aux mouvements de terrain en Savoie durant l'année 2010

Rapport « final »

**BRGM/RP-59650-FR**  
juin 2011

Étude réalisée dans le cadre de la convention  
passée entre le Conseil Général de la Savoie et le BRGM  
10PIRA30

**O. Renault**



## Vérificateur :

Nom : C. MATHON

Date : 29 mars 2011

Signature :

## Approbateur :

Nom : Y. SIMEON

Date : 14 avril 2011

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,  
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.



Préfecture de la Savoie  
Direction Départementale de la Protection Civile



**Mots clés :**

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : Risques naturels, Mouvements de terrain, Chutes de rochers, Eboulements, Glissements de terrain, Coulées de boue, Contexte géologique, Expertise géologique, Savoie (département), Conseil général Savoie, Préfecture Savoie, Direction Départementale de la Protection Civile Savoie « Assistance en situation de crise », Synthèse départementale annuelle

Renault O. (2011) – Risques naturels liés aux mouvements de terrain en Savoie durant l'année 2010. Synthèse des interventions géologiques effectuées par le BRGM. BRGM/RP-59650-FR, 79 p., 3 ill., 3 ann.

## Synthèse

### MODALITÉS ADMINISTRATIVES

La mission confiée au BRGM par le Conseil Général de la Savoie est régie par une convention annuelle, financée par le département de la Savoie.

L'objet de la mission est de fournir une assistance dans le domaine de la géologie et des risques naturels aux Services du département (Conseil Général) et à la Préfecture de la Savoie (Direction Départementale de la Protection Civile) lorsqu'un événement imprévu survient tel qu'une chute de rochers, un éboulement, un glissement de terrain, un effondrement ou une coulée de boue, affectant ou non l'habitat et les voies communales.

### CONCLUSIONS

En 2010, les événements nécessitant intervention ont été très peu nombreux dans un contexte de pluviométrie annuelle inférieure aux moyennes interannuelles surtout dans l'ouest du département.

Au cours de l'année 2010, les interventions de terrain effectuées par le BRGM sont au nombre de 4 ; elles ont concerné 3 sites différents répartis dans 3 communes. Un site (Modane) a nécessité deux interventions sur le terrain.

Ces interventions sont détaillées dans 2 rapports dont 1 a été précédé d'un compte-rendu provisoire fourni 24 h après l'intervention sur le terrain. Une autre intervention (jugée mineure) n'a donné lieu qu'à un compte-rendu non suivi de rapport.

Les interventions concernent des risques de chutes de rochers sur des personnes et des biens ainsi qu'un problème de tassement sur une maison individuelle. Ces événements n'ont fait aucune victime et peu de dégâts matériels.

Les interventions ont eu lieu en Chartreuse et dans la vallée de la Maurienne.

Sur un total de 4 interventions, une seule avait un caractère d'urgence plus ou moins prononcé, survenant peu de temps après une chute de blocs rocheux (Modane).

Les autres interventions avaient un caractère préventif ou consultatif (Saint-Pierre d'Entremont et Bramans).



## Sommaire

<b>1. Introduction – Cadre des interventions du BRGM .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Liste des comptes-rendus et rapports du BRGM suite à ses interventions en Savoie durant l'année 2010 (par ordre chronologique) .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Localisation géographique des interventions.....</b>	<b>11</b>
<b>4. Liste des interventions du BRGM en 2010 par commune et lieux-dits (avec date de visite) .....</b>	<b>13</b>
<b>5. Conditions météorologiques .....</b>	<b>15</b>
<b>6. Examen des interventions – Travaux – Recommandations .....</b>	<b>17</b>
<b>7. Contexte géologique de chaque intervention .....</b>	<b>19</b>
<b>8. Conclusion .....</b>	<b>21</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 : Plan de situation des interventions BRGM pour les risques naturels en 2010 .....	10
Illustration 2 : Précipitations observées durant l'année 2010 dans les stations de Bourg-Saint-Maurice et de Chambéry-Aix (Source Météo-France).....	16
Illustration 3 : Analyse du contexte géologique des interventions réalisées entre 2004 et 2010 .....	19

## Liste des annexes

Annexe 1 Saint-Pierre-d'Entremont (73) - Fissuration d'une maison au lieu-dit "Le Pont du lac". Réf : OR/10-10/SGR-LY.....	23
Annexe 2 Bayle E (2010) - Eboulement de la falaise du Replaton du 10 mars 2010 à Modane -. BRGM/RP-58 293-FR, 22 p, 12 ill. ....	31
Annexe 3 Renault O (2010) : Bramans (73) - Examen des risques d'éboulement au droit de la cabane du ruisseau d'Ambin - Avis du BRGM. BRGM/RP-58857-FR, 21 p, 11 ill. ....	53





## **1. Introduction – Cadre des interventions du BRGM**

Le Conseil Général de la Savoie a établi avec le BRGM, Service Géologique Régional, une convention servant de cadre juridique et financier aux interventions en matière de risques naturels.

Elle permet aux Services départementaux de la Préfecture sous l'autorité de la Direction Départementale de la Protection Civile de la Savoie de s'appuyer sur les compétences techniques du BRGM en matière géologique « pour traiter les phénomènes affectant les routes départementales et communales ou concernant des lieux habités ». En contrepartie, le département prend en charge financièrement les interventions du BRGM, les études approfondies étant exclues de ce cadre.

Le BRGM doit par conséquent mettre à disposition du département un géologue ayant une connaissance approfondie de la région et des risques naturels géologiques ainsi que des techniques à mettre en œuvre rapidement afin d'estimer l'intensité du risque et de proposer des travaux de mise en sécurité adaptés à chaque cas.

En cas d'urgence, le géologue doit se rendre sur site dans les meilleurs délais et doit formuler un avis oral ou écrit aux autorités départementales et/ou préfectorales rencontrées. Un compte-rendu doit être remis dans les 24 heures, suivi d'un rapport détaillé (dans le mois), lorsque l'évènement le justifie.

Chaque année, un rapport de synthèse est fourni sur demande du Préfet.

Au cours de l'année 2010, les interventions effectuées par le BRGM sont au nombre de 4 ; elles ont concerné 3 sites différents répartis dans 3 communes. Une seule de ces interventions avait un caractère urgent (Modane).

Les interventions sont détaillées dans 2 rapports dont 1 précédé d'un compte-rendu provisoires fourni 24 h près l'intervention sur le terrain. Une autre intervention (jugée mineure) n'a donné lieu qu'à un compte-rendu non suivi de rapport.

La liste des rapports définitifs et compte-rendu est donnée par ordre chronologique dans le présent rapport.



## **2. Liste des comptes-rendus et rapports du BRGM suite à ses interventions en Savoie durant l'année 2010 (par ordre chronologique)**

p. 23    Ann. 1 - Saint-Pierre-d'Entremont (73) - Fissuration d'une maison au lieu-dit "Le Pont du lac". Réf : OR/10-10/SGR-LY

p. 31    Ann. 2 - Bayle E (2010) - Eboulement de la falaise du Replaton du 10 mars 2010 à Modane -. BRGM/RP-58 293-FR, 22 p, 12 ill.

p. 53    Ann. 3 - Renault O (2010) : Bramans (73) - Examen des risques d'éboulement au droit de la cabane du ruisseau d'Ambin - Avis du BRGM. BRGM/RP-58857-FR, 21 p, 11 ill.

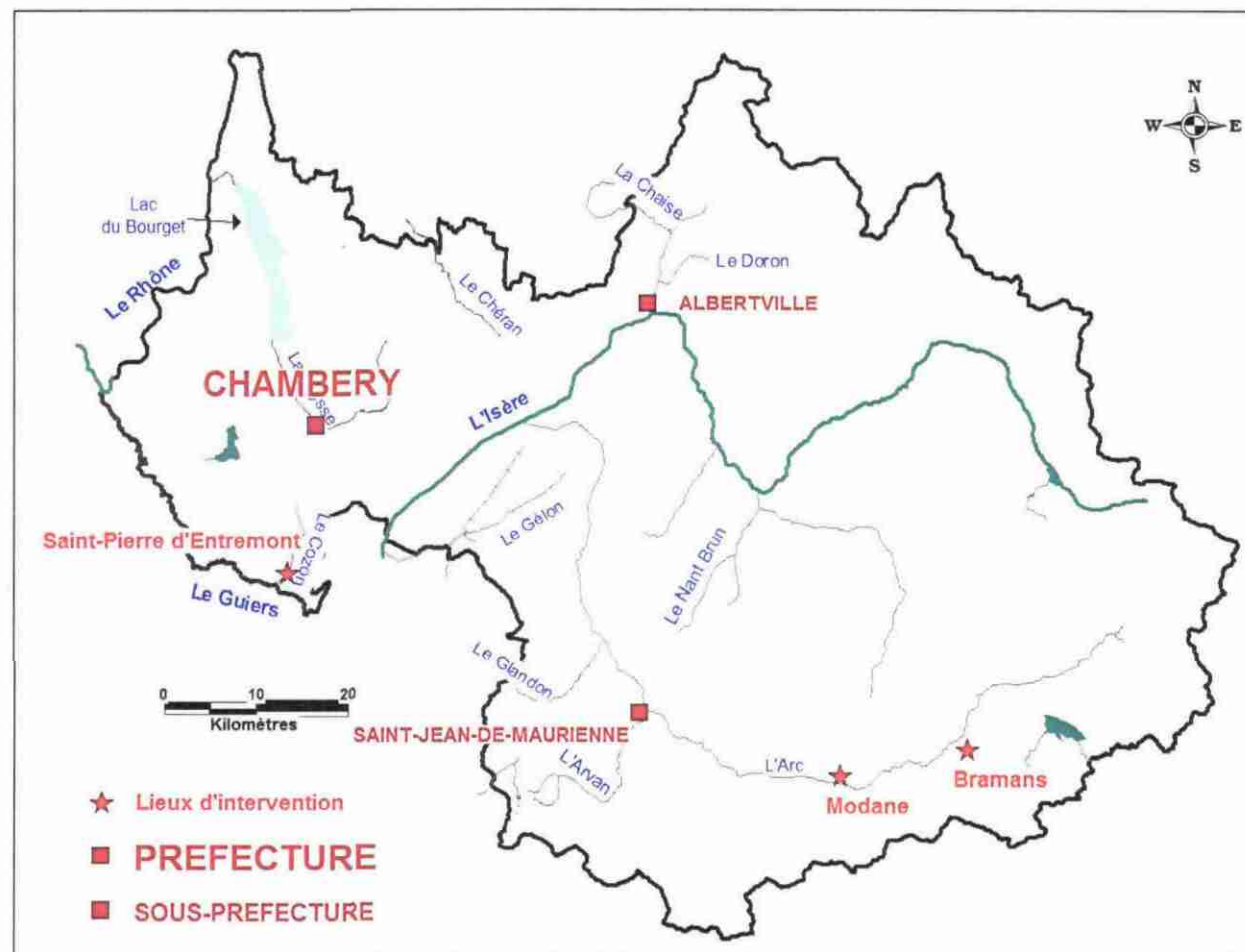


Illustration 1 : Plan de situation des interventions BRGM pour les risques naturels en 2010

### **3. Localisation géographique des interventions**

Les interventions du BRGM pour l'année 2010 sont au nombre de 4 ; elles sont situées en Maurienne et en Chartreuse. Le nombre de ces interventions est très peu élevé par rapports aux années précédentes :

→ 1 intervention à Saint-Pierre-d'Entremont pour l'examen d'une maison fissurée au lieu-dit "Le Pont du lac" ;

→ 2 interventions à Modane suite à un éboulement sous le fort du Replaton ;

1 intervention à Bramans afin d'examiner les risques d'éboulement au-dessus d'une cabane fréquentée par des jeunes.



#### **4. Liste des interventions du BRGM en 2010 par commune et lieux-dits (avec date de visite)**

<b>Commune</b>	<b>Lieu-dit</b>	<b>Date</b>
Saint-Pierre d'Entremont	« Le Pont du lac »	29 janvier 2010
Modane	Sous le fort du Replaton	10 et 25 mars 2010
Bramans	Cabane du ruisseau d'Ambin	30 juin 2010





## 5. Conditions météorologiques

Les précipitations jouent un rôle déterminant dans le déclenchement des mouvements de terrain.

En Savoie, l'année 2010 a été marquée par une certaine hétérogénéité des précipitations entre l'ouest et l'est du département :

- le cumul de précipitations mesurées à la station de Chambéry-Aix est de 1 041 mm pour une moyenne interannuelle (1971-2000) de 1 315 mm, soit un déficit d'environ 21 % ;
- le cumul de précipitations mesurées à la station de Bourg-Saint-Maurice est de 929 mm pour une moyenne interannuelle de 982 mm, soit un déficit d'environ 5 %.

Ce bilan annuel fait suite à une année 2009 plutôt sèche (déficit pluviométrique moyen de 27 % par rapport à la moyenne interannuelle des cumuls pluviométriques), deux années 2007 et 2008 plutôt normales du point de vue pluviométrique et à trois années plutôt sèches (déficit pluviométrique moyen de 19 % en 2004, de 33 % en 2005 et de 9 % en 2006).

A l'exception du mois de février à Chambéry, la première partie de l'année allant de janvier à avril est globalement marquée par un déficit pluviométrique ; celui-ci est particulièrement flagrant à la station de Bourg-Saint-Maurice.

Le mois de mai connaît des précipitations fortement excédentaires, notamment à la station de Bourg-Saint-Maurice (cumul pluviométrique plus de 2,5 fois supérieur à la normale). Un excédent de pluie est d'ailleurs observé pendant tous les mois d'été à Bourg-Saint-Maurice alors que la station de Chambéry connaît des mois de juin et juillet déficitaires.

Le début d'automne est à nouveau déficitaire dans les deux stations alors que les mois de novembre et décembre sont davantage proches des normales.

Les forts cumuls observés au printemps à Bourg-Saint-Maurice n'ont pas été suivis de demandes d'interventions urgentes.

Il est intéressant de remarquer que la période 2000-2010 a été marquée par six années plutôt déficitaires d'un point de vue pluviométrique (2003, 2004, 2005, 2006, 2009 et 2010), par quatre années relativement conformes (2000, 2002, 2007 et 2008) et par une seule année excédentaire (2001). Cette situation a probablement contribué à réduire le nombre et l'ampleur des instabilités de versants et par conséquent à réduire le nombre d'interventions.

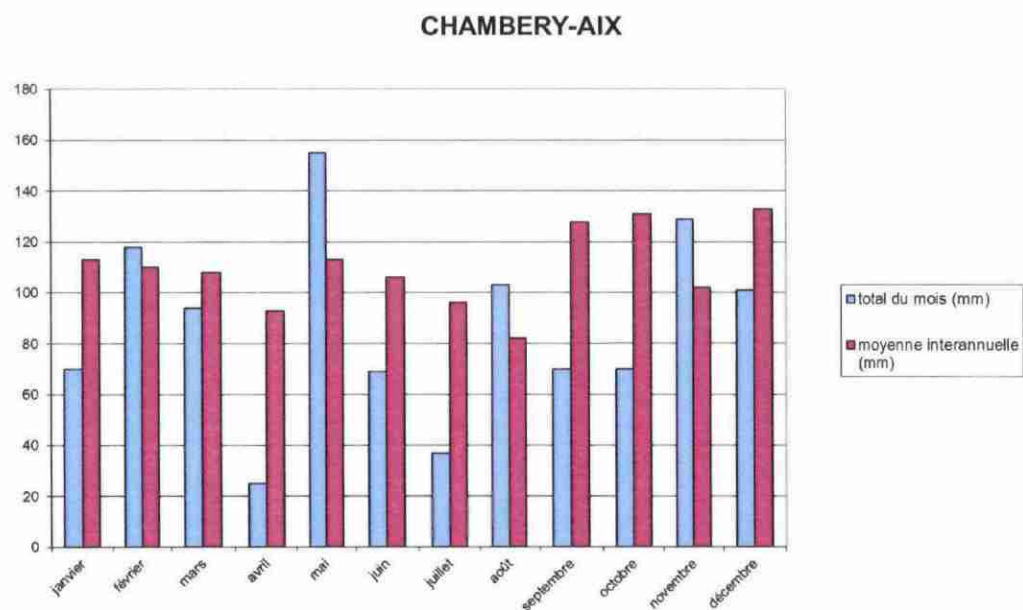
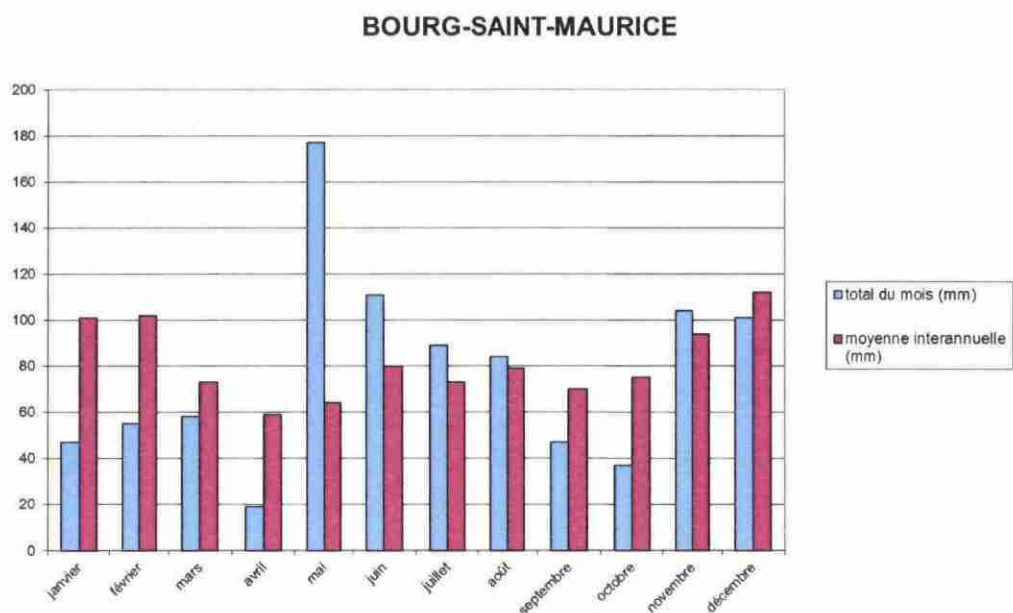


Illustration 2 : Précipitations observées durant l'année 2010 dans les stations de Bourg-Saint-Maurice et de Chambéry-Aix (Source Météo-France)

## 6. Examen des interventions – Travaux – Recommandations

Deux interventions ont concerné des problèmes de chutes de blocs rocheux ou de risque d'éboulement. Une intervention a concerné des problèmes de tassement sur une maison habitée.

Nous avons choisi de dresser un bref rappel des trois cas étudiés, par ordre chronologique, avec leurs caractéristiques, les recommandations émises et les travaux éventuellement exécutés. Les rapports détaillés des interventions figurent en annexes.

à Saint-Pierre-d'Entremont, le BRGM est intervenu afin d'examiner les causes possibles de la fissuration d'une habitation sise au lieu-dit "Le Pont du Lac".

La maison est située en bordure (côté amont) de la RD 912 dans le creux d'un thalweg très humide orienté NNW/SSE. Ce thalweg est occupé par des éboulis reposant sur les marno-calcaires du Berriasien ( $n_{1b}$ ). La pente, faible au niveau de route, s'accroît nettement en amont de la maison (25-30°). Depuis quelques mois, le propriétaire a constaté l'apparition de plusieurs fissures sur les pignons SE et SW de son habitation ; certaines de ces fissures sont néanmoins anciennes et avaient été rebouchées à l'enduit par l'ancien propriétaire.

Plusieurs éléments sont remarqués à proximité des pignons fissurés :

- présence d'un petit ruisseau qui s'écoule à moins de 5 m du pignon sud-ouest de la maison ;
- injection des eaux de toiture à l'angle des pignons sud-est et sud-ouest dans une canalisation en très mauvais état, censée drainer les eaux de ruissellement aux abords de la RD 912 ;
- mise en place récente d'une plateforme en terre, butée par des enrochements à l'aplomb du pignon sud-ouest. La hauteur maximale du remblai est d'environ 2 m.

L'orientation et la localisation des fissures plaident en faveur d'un tassement de l'angle sud du bâtiment caractérisé par une concentration des eaux d'origine naturelle (ruisseau, circulations souterraines erratiques) et anthropiques (injection des eaux de toiture et mauvais état du réseau de collecte des eaux de la RD 912).

A ce contexte hydrique défavorable est venu s'ajouter la mise en place d'un remblai, qui en accentuant les contraintes sur le sol, à proximité de la fondation, aurait pu, dans une certaine mesure, accentuer l'effet de tassement.

Seule une étude géotechnique détaillée (mission G5) pourrait permettre de déterminer avec certitude les causes exactes du sinistre et les moyens nécessaires et suffisants pour y remédier.

- **à Modane**, le BRGM est intervenu à la suite d'un éboulement de 6 à 8 m<sup>3</sup> de rocher survenu dans la nuit du 05 au 06 mars à 1h du matin au sein de la falaise située sous le fort du Replaton. Les blocs rocheux se sont dispersés sur un chemin communal le long de l'Arc (occupés par des jardins et des garages) et ont atterri non loin d'une halte-garderie. La visite du BRGM s'est déroulée en deux temps, la première fois le 10 mars avec la commune, la deuxième fois le 25 mars dans le cadre d'une inspection héliportée avec le PGHM et le service RTM.

L'éboulement est dû à l'ouverture de diaclases dans la roche, favorisée par l'alternance gel-dégel. La forte dispersion des blocs est due à la hauteur de la zone de départ et aux rebonds amplifiés par la rugosité du terrain. Les inspections de terrain ont permis d'identifier de nouveaux risques d'éboulements susceptibles d'atteindre la halte-garderie et les personnes circulant sur le chemin.

Il a été recommandé de conserver l'interdiction d'accès au chemin communal le long de l'Arc, au chemin communal Arc-Replaton, aux jardins et aux garages dont la valeur devra être comparée avec le coût des protections à mettre en œuvre. La sortie des enfants de la halte-garderie devra se faire côté Arc. Une étude géotechnique doit être réalisée le plus rapidement possible afin de dimensionner les travaux de protection.

- **à Bramans**, le BRGM est intervenu afin de fournir un avis sur les risques d'éboulement au droit de la cabane du ruisseau d'Ambin fréquentée par les jeunes du village.

La cabane du ruisseau d'Ambin est située à l'est du bourg, en rive droite du ruisseau, à l'altitude approximative de 1250 m NGF. Elle est située au pied d'un môle partiellement rocheux d'une cinquantaine de mètres de hauteur entièrement constitué de gypse.

Une reconnaissance visuelle montre que la cabane est soumise à un risque élevé de chute de blocs de gypse.

Cette situation rend son utilisation dangereuse en l'absence de travaux de sécurisation.

Le coût estimatif des travaux de sécurisation qui comprend le microminage d'une masse instable, la mise en place d'un contrefort, d'ancrages, de barrières de filet et d'un grillage pare pierres est évalué en première analyse à 68 420 € HT. Ces ouvrages devront bénéficier d'un dimensionnement par un bureau d'études spécialisé.

Compte tenu de la faible valeur financière de la cabane, l'alternative à ces travaux de confortement consisterait à la déplacer vers un endroit sécurisé.

## 7. Contexte géologique de chaque intervention

La plupart du temps, les conditions météorologiques jouent un rôle catalyseur et déclenchant pour tous les désordres survenant dans les formations superficielles (glissements, coulées boueuses) et dans une moindre mesure dans un massif rocheux (éboulements). Cependant, il est reconnu que certaines formations géologiques sont plus favorables que d'autres aux phénomènes de mouvements de terrain. Ainsi, l'analyse du contexte géologique est un paramètre déterminant pour mieux comprendre les mouvements de terrains.

- À Saint-Pierre-de-Chartreuse, le tassement se produit dans les marno-calcaires du Berriasien (n<sub>1b</sub>).
- À Modane, les blocs éboulés proviennent d'une falaise constituée de gneiss du Sapey, faciès gneiss œillé (o<sub>7</sub>).
- À Bramans, la cabane du ruisseau d'Ambin se situe au pied d'une masse de gypse triasique (tG).

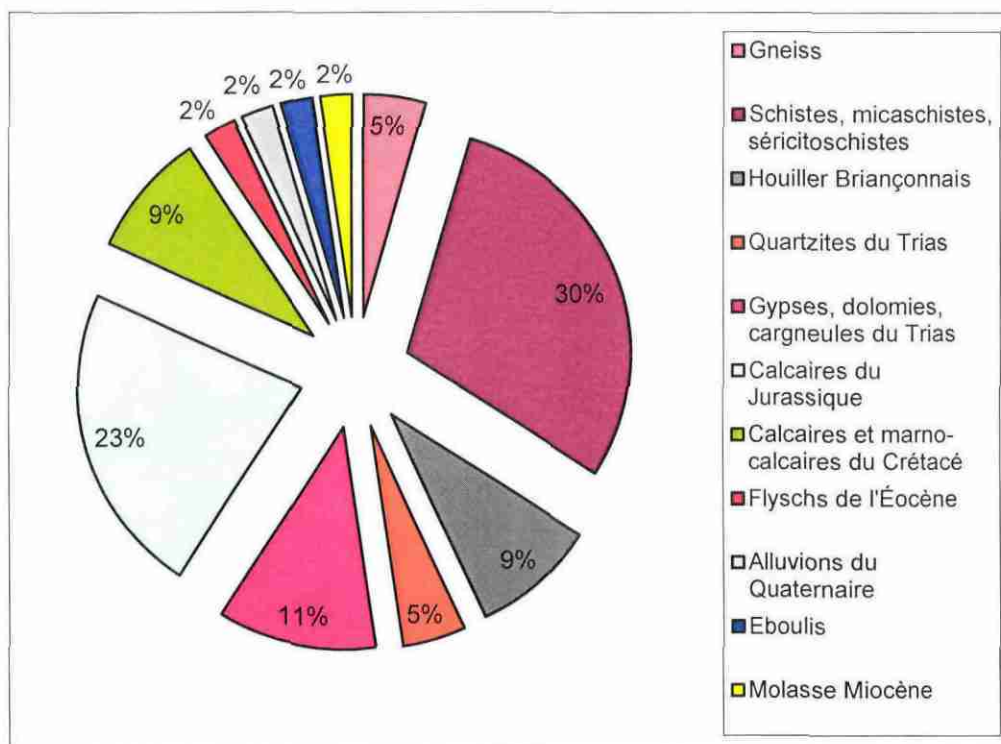


Illustration 3 : Analyse du contexte géologique des interventions réalisées entre 2004 et 2010

L'illustration 3 montre la répartition des contextes géologiques des interventions réalisées depuis 2004 (44 interventions au total). Les principales formations concernées sont les schistes, micaschistes et séricito-schistes de la série satinée, les calcaires du jurassique (Préalpes autour de Chambéry) suivis par les gypses et les dolomies du Trias.

## 8. Conclusion

Dans le cadre de sa mission d'assistance dans le domaine de la géologie et des risques naturels auprès des Services du Département (Conseil général) et de la Préfecture de la Savoie (Direction départementale de la Protection civile), le Service Géologique Régional Rhône-Alpes du BRGM a été consulté quatre fois durant l'année 2010 pour des avis d'expert concernant des sites instables.

Les demandes d'intervention ont été très peu nombreuses, dans un contexte pluviométrique assez contrasté, marqué par un déficit pluviométrique à l'ouest du département.

Au cours de l'année 2010, les interventions de terrain effectuées par le BRGM sont au nombre de 4 ; elles ont concerné 3 sites différents répartis dans 3 communes. Un site (Modane) a nécessité deux interventions sur le terrain.

Ces interventions sont détaillées dans 2 rapports dont 1 a été précédé d'un compte-rendu provisoire fourni 24 h après l'intervention sur le terrain. Une autre intervention (jugée mineure) n'a donné lieu qu'à un compte-rendu non suivi de rapport.

Les interventions concernent des risques de chutes de rochers sur des personnes et des biens ainsi qu'un problème de tassement sur une maison individuelle. Ces événements n'ont fait aucune victime et peu de dégâts matériels.

Les interventions sont situées en Chartreuse et dans la vallée de la Maurienne.

Sur un total de 4 interventions, une seule avait un caractère d'urgence plus ou moins prononcé, survenant peu de temps après une chute de blocs rocheux (Modane).

Les autres interventions avaient un caractère préventif ou consultatif (Saint-Pierre d'Entremont et Bramans).





## **Annexe 1**

### **Saint-Pierre-d'Entremont (73) - Fissuration d'une maison au lieu-dit "Le Pont du lac". Réf : OR/10-10/SGR-LY**



## Service Géologique Régional Rhône-Alpes

151 Bd de Stalingrad  
69626 VILLEURBANNE CEDEX

Tél. 04.72.82.11.50

Fax 04.72.82.11.51

Villeurbanne, le 02 février 2010

**Préfecture de la Savoie  
Service Interministériel de Défense  
et de Protection Civiles**

*A l'attention de Madame Cylvy NEPLE*

**Objet :** Saint-Pierre-d'Entremont (73) - Fissuration d'une maison au lieu-dit "Le Pont du lac".  
**Réf :** OR/10-10/SGR-LY

Monsieur Le Préfet,

A la demande de la Préfecture de la Savoie, le BRGM est intervenu sur la commune de Saint-Pierre-d'Entremont afin d'examiner les causes possibles de la fissuration d'une habitation sise au lieu-dit "Le Pont du Lac".

La visite de terrain a eu lieu le jeudi 29 janvier 2010 entre 14 h et 15 h, en présence de Monsieur Louis Bocchino, 1<sup>er</sup> adjoint, de Monsieur Keramoal, employé communal et de Monsieur Yann Desmaris, propriétaire de la maison fissurée.

### **Historique des désordres et observations :**

La maison de Monsieur Desmaris est située en bordure (côté amont) de la RD 912 au lieu-dit Le Pont du Lac. Il s'agit d'une vieille ferme âgée d'environ 1 siècle en R+2, l'édifice en lui-même ayant subi au cours de son histoire plusieurs modifications dans son architecture. La partie sud du bâtiment est en pierres appareillées alors que la partie nord serait en mâchefers. Côté amont, un appentis en parpaings a été construit il y a quelques années.

La maison est implantée dans le creux d'un thalweg très humide orienté NNW/SSE. Ce thalweg est occupé par des éboulis reposant sur les marno-calcaires du Berriasien (n<sub>1b</sub>). La pente faible au niveau de route, s'accroît nettement en amont de la maison (25-30°). Un

petit ruisseau s'écoule à moins de 5 m du pignon Sud-Ouest de la maison. Le thalweg en question est lui-même l'objet de multiples venues d'eau souterraines diffuses en particulier à l'amont de la maison. Ces venues d'eau ont d'ailleurs fait l'objet, par Monsieur Desmaris, propriétaire de la maison depuis environ 5 ans, d'un drainage par l'intermédiaire d'un drain longitudinal peu profond.

Depuis qu'il est devenu propriétaire, Monsieur Desmaris constate l'apparition de fissures sur son habitation : trois fissures sur le pignon sud-ouest et une fissure sur le pignon sud-est qui fait face à la RD 912. Ces fissures présentent quelques millimètres d'ouverture. On peut constater que deux des fissures présentes sur le pignon sud-ouest sont anciennes et avaient été rebouchées à l'enduit par l'ancien propriétaire. On remarque également que ces fissures sont verticales et présentent une ouverture plus importante en haut de l'édifice. La fissure sur le pignon sud-est s'est faite au niveau du raccord entre deux parties de l'habitation réalisées avec des matériaux différents.

On peut également constater que l'injection des eaux de toiture se fait à l'angle des pignons sud-est et sud-ouest dans une canalisation censée drainer les eaux de ruissellement aux abords de la RD 912. Cette « canalisation » est en très mauvais état.

A noter qu'une autre canalisation en polyéthylène (ou PVC ?) descend du versant et passe à faible profondeur à quelques mètres du pignon sud-ouest, avant de traverser la RD 912.

On notera enfin qu'une plateforme en terre butée par des enrochements a été mise en place par Monsieur Desmaris le long du pignon sud-ouest. La hauteur maximale du remblai est d'environ 2 m.

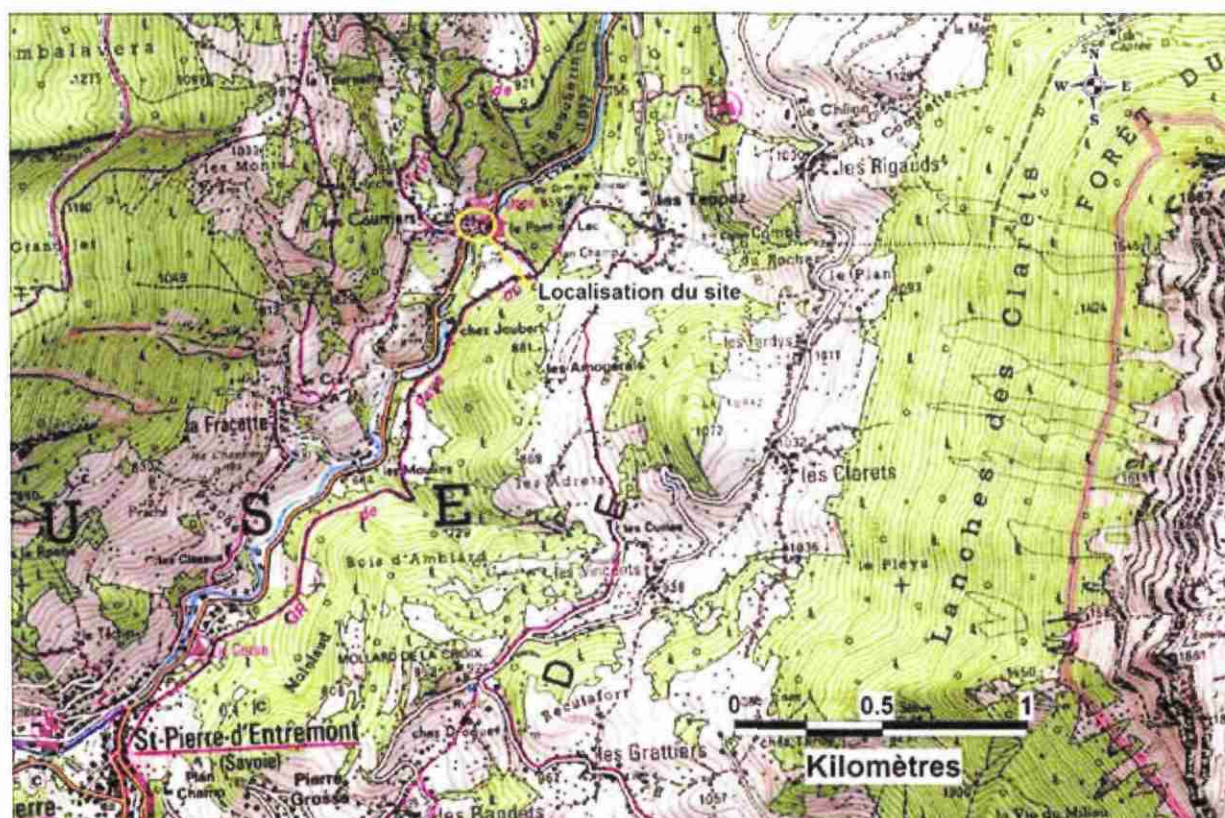


Illustration 1 : Plan de situation sur la carte IGN à 1/25 000





Illustration 2 : croquis des observations de terrain



Illustration 3 : localisation des fissures en façade sud-ouest

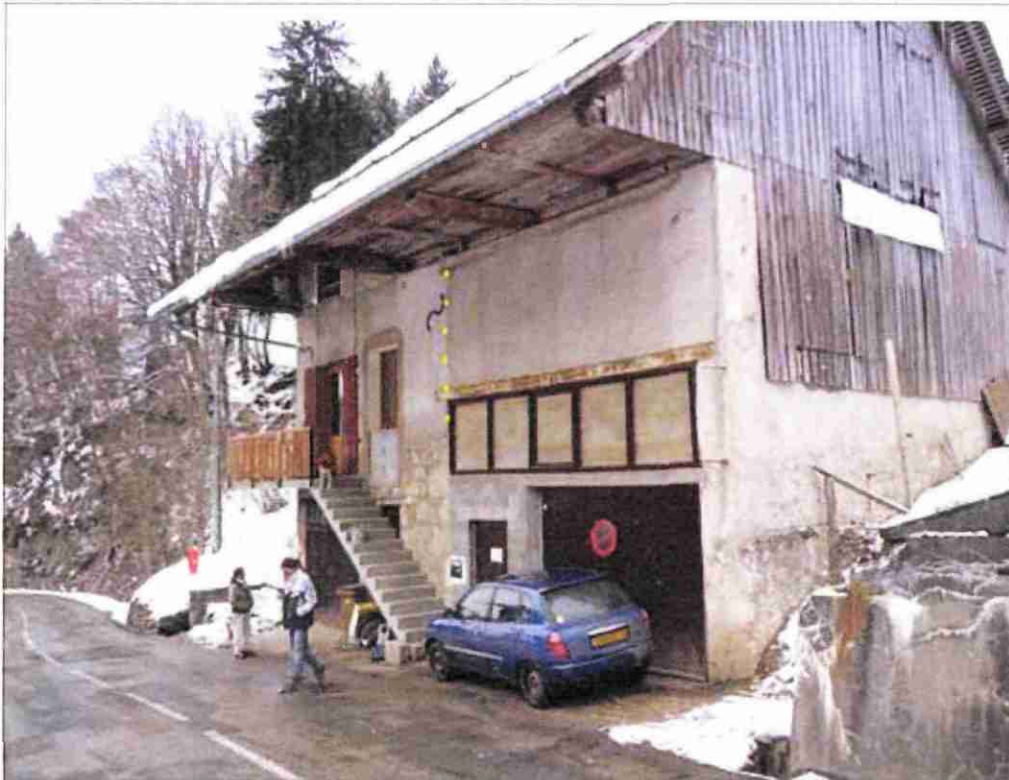


Illustration 4 : localisation de la fissure en façade sud-est



Illustration 5 : aspect de la pente derrière l'habitation

## Avis du BRGM :

### ➤ Analyse du phénomène

Les problèmes de fissuration de la maison de Monsieur Desmaris proviennent très certainement des fortes variations de l'état hydrique du sol du thalweg. En effet, la saturation périodique des terrains présents dans la pente (colluvions argileuses à blocs calcaires) induit une diminution des caractéristiques géomécaniques du sol d'assise des fondations ce qui entraîne leur poinçonnement par la charge appliquée. L'orientation et la localisation des fissures plaident pour un tassement de l'angle sud du bâtiment caractérisé par une concentration des eaux d'origine naturelle (ruisseau, circulations souterraines erratiques) et anthropiques (injection des eaux de toiture et mauvais état du réseau de collecte des eaux de la RD 912).

A ce contexte hydrique défavorable est venu s'ajouter la mise en place d'un remblai qui en accentuant les contraintes sur le sol à proximité de la fondation, aurait pu dans une certaine mesure, accentuer l'effet de poinçonnement.

Compte-tenu du contexte, on ne peut par ailleurs, totalement exclure que la fissuration puisse être imputable à d'autres causes telles que :

- la karstification du soubassement rocheux de nature calcaire qui entraînerait un tassement des colluvions en surface ;
- le fluage/reptation des colluvions dans le thalweg.

Seule une étude géotechnique détaillée (mission G5) pourrait permettre de déterminer avec certitude les causes exactes du sinistre et les moyens nécessaires et suffisants pour y remédier.

### ➤ Recommandations

Cependant, quelle que soit la cause exacte du sinistre, l'atténuation des désordres passe en priorité par une maîtrise des eaux dans le sol et en particulier au droit des pignons sud-est et sud-ouest. Il convient donc :

- d'étancher la canalisation de collecte des eaux le long de la RD 912 et d'injecter les eaux de toiture dans cette canalisation ;
- de vérifier l'étanchéité de la canalisation (en polyéthylène ou PVC ?) qui passe près de la maison (inspection camera). Il est souhaitable que la canalisation soit en PEHD muni de raccords souples afin d'éviter qu'elle ne casse sous l'effet des tassements du sol voire au passage de poids lourds sur la route
- d'établir un drain le long du pignon sud-ouest à hauteur de la fondation à environ 1 m de distance, de façon à limiter les circulations d'eau erratiques et périodiques dans le sol d'assise du pignon sud-est ;

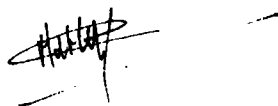
Si le problème persiste, une étude géotechnique pourra permettre de définir les paramètres géotechniques du sol et de proposer la solution de confortement appropriée (mission G5).

Nous restons à votre disposition pour tout élément complémentaire.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur le Préfet, l'expression de nos sentiments les plus respectueux.

Le vérificateur,

Christian MATHON  
Ingénieur Géotechnicien  
Unité RMT - Marseille



L'auteur,

Olivier RENAULT  
Géologue-Géotechnicien  
SGR Rhône-Alpes





## **Annexe 2**

**Bayle E (2010) - Eboulement de la falaise du  
Replaton du 10 mars 2010 à Modane -. BRGM/RP-  
58 293-FR, 22 p, 12 ill.**





*Document public*

## Rapport d'expertise :

### Eboulement de la falaise du Replaton du 6 mars 2010 à Modane (73)

**BRGM/RP-58293-FR**

Avril 2010

#### Cadre de l'expertise :

Appuis aux administrations



Appuis à la police de l'eau



**Date de réalisation de l'expertise : 10 mars 2010**

**Localisation géographique du sujet de l'expertise : Falaise du  
Replaton à Modane (73)**

**Auteurs BRGM : E. Bayle**

**Demandeur : Préfecture de Savoie**





Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

L'original du rapport muni des signatures des Vérificateurs et Approbateurs est disponible aux Archives du BRGM.

Ce rapport est le produit d'une expertise institutionnelle qui engage la responsabilité civile du BRGM.

Ce document a été vérifié et approuvé par :

Vérificateur : Nom : C. Mathon		Date : 06/04/2010
Approbateur : Nom : Y. Siméon		Date : 07/04/2010

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

**Mots clés** : expertise – appuis aux administrations – mouvement de terrain – éboulement – chute de blocs – falaise – Modane – Savoie – Rhône-Alpes.

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

E. Bayle (2010) – Eboulement de la falaise du Replaton du 6 mars 2010 à Modane (73), Rapport final. Rapport BRGM/RP-58293-FR. - 22 p., 12 illustrations.

© BRGM, 2010, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

# Synthèse

## Contexte :

Date de la formulation de la demande d'expertise au BRGM : 8 mars 2010

Demandeur : Préfecture de Savoie

Nature de l'expertise : Evaluation des risques résiduels après un éboulement

Situation du sujet : Falaise du Replaton à Modane (73)

Date d'occurrence : 6 mars 2010

Nature de l'intervention du BRGM : visites de terrain le 10 avec la commune et le 25 mars avec le RTM et le PGHM de Modane.

## Faits constatés :

Dans la nuit du 5 au 6 mars 2010 à 1 h du matin, un éboulement s'est déclenché depuis la partie ouest de la falaise, sous le fort du Replaton. Le volume total est estimé entre 6 et 8 m<sup>3</sup> et s'est produit près d'une halte-garderie.

## Diagnostic du BRGM :

Les alternances de gel/dégel ont probablement écarté des diaclases et seraient responsables de l'éboulement du 6 mars 2010. La grande dispersion des blocs est due au dénivelé et aux rebonds tandis que leur volume (jusqu'à 2 m<sup>3</sup>) est due à une roche peu fracturée à petite échelle. Cet évènement semble isolé, mais peut se reproduire. Des risques existent en présence de personnes sur le chemin de l'Arc, dans les jardins ou dans les garages. Un éperon rocheux a également été examiné : des volumes rocheux nous y ont paru instables à court ou moyen terme et ils menacent plus le bâtiment de la halte-garderie que ne le font ceux pouvant provenir de la falaise du Replaton.

## Recommandations du BRGM :

Sur l'ensemble du site, la falaise ne présente pas d'indices d'un éboulement imminent et/ou en grandes masses, mais des chutes de blocs isolées peuvent se produire. Dans l'immédiat, nous recommandons :

- de conserver l'interdiction d'accès au chemin le long de l'Arc, au chemin de randonnée Arc/Replaton, aux jardins et aux garages sous la falaise du Replaton. Les travaux de protection seront coûteux, leur coût doit être évalué pour être comparé à la valeur des biens à protéger ;
- de signifier les risques aux propriétaires d'une parcelle privée en aval de l'éperon rocheux afin d'éviter qu'ils y stationnent, sans en interdire l'accès. Le chemin de randonnée n'est plus accessible (barrière).
- de faire effectuer la sortie des enfants de l'autre côté du bâtiment de halte-garderie(côté Arc).

Au-dessus de la halte-garderie, une étude géotechnique doit être réalisée dès que possible afin de dimensionner les travaux de protection (filets pare-blocs pour ceux provenant de l'éperon rocheux et de la falaise sous le fort, voire en plus un emmaillotage des éléments instables sur l'éperon). Les travaux de mise en sécurité devront suivre rapidement (pour être terminés avant l'hiver).

## Sommaire

<b>1. Contexte</b>	<b>7</b>
<b>2. Situation et rappel des faits</b>	<b>7</b>
2.1 LOCALISATION DU SECTEUR ETUDIE	7
2.2 RAPPEL DES FAITS	9
<b>3. Contexte géologique et hydrogéologique</b>	<b>10</b>
<b>4. Faits constatés</b>	<b>12</b>
4.1 VISITE DU SITE	12
4.2 DESCRIPTION DU VERSANT SOUS LE FORT DU REPLATON	12
4.3 DESCRIPTION DE L'EBOULEMENT DU 6 MARS 2010	12
<b>5. Diagnostic</b>	<b>16</b>
5.1 ENCHAINEMENT DES FAITS	16
5.2 ALEA ET RISQUE DEPUIS LA FALAISE SOUS LE FORT DU REPLATON	17
5.3 ALEA D'EBOULEMENT DEPUIS L'EPERON ROCHEUX	18
<b>6. Recommandations / avis</b>	<b>19</b>
6.1 JARDINS, GARAGE ET CHEMIN LE LONG DE L'ARC	19
6.2 PARCELLE PRIVEE ET CHEMIN AU PIED DE L'EPERON ROCHEUX	19
6.3 BATIMENT DE LA HALTE-GARDERIE	20
<b>7. Annexe : compte-rendus d'intervention du BRGM</b>	<b>21</b>

## Illustrations

Illustration 1 : localisation du site sur fond 1/25 000 de l'IGN	7
Illustration 2 : localisation du site sur photographie aérienne (photo BRGM)	8
Illustration 3 : vue du pied du versant (photo BRGM)	8
Illustration 4 : extrait de la carte géologique de Modane n°775 (infoterre.brgm.fr)	10

Illustration 5: exemples de plans de fracturation sous le Replaton (photo BRGM).....	11
Illustration 6 : blocs dans les jardins suite à l'éboulement de mars 2010. ....	13
Illustration 7 : Localisation des éléments en falaise (photo BRGM).....	13
Illustration 8 : Situation des éléments constatés sur le site (fond IGN 1/25 000).....	14
Illustration 9 : vue des principaux enjeux depuis l'amont (photo BRGM).....	15
Illustration 10 : différentes vue du site de l'éboulement, près de l'éperon rocheux (photos BRGM)	16
Illustration 11 : zone de départ des blocs du 6 mars 2010 .....	17
Illustration 12 : vue de différentes instabilités rocheuses (photos BRGM).....	18





## 1. Contexte

Un géologue-géotechnicien du BRGM (Emmanuel Bayle, géotechnicien du Service Géologique Régional Bourgogne/Franche-Comté) est intervenu le lundi 10 mars 2010 sur la commune de Modane (73), sous le fort du Replat en rive droite de l'Arc, à la demande de la Préfecture de la Savoie.

Cette mission intervient dans le cadre de la convention d'assistance du BRGM en gestion de crise à la Préfecture de Savoie. L'objet de l'appui sollicité est de donner un avis technique à la Préfecture de la Savoie et à la mairie de Modane sur les risques d'éboulement, suite aux chutes de bloc du 6 mars 2010.

La visite de terrain s'est déroulée en présence de M. Albriet (Services Techniques de la mairie de Modane) le 10 mars 2010. En complément, un survol du site en hélicoptère a été réalisé avec le RTM et le PGHM le 25 mars.

## 2. Situation et rappel des faits

### 2.1 LOCALISATION DU SECTEUR ETUDIE

Le secteur étudié se situe en rive droite de l'Arc, sous le fort du Replat au nord du centre-ville de Modane (73).

Le versant concerné est haut d'environ 150 m et exposé sud Il se constitue essentiellement d'un éboulis à forte pente ( $> 30^\circ$ ) qui augmente en amont, jusqu'à une barre rocheuse d'au-moins 15 m de hauteur sur laquelle est implanté le fort du Replat (Illustration 1 et Illustration 2).

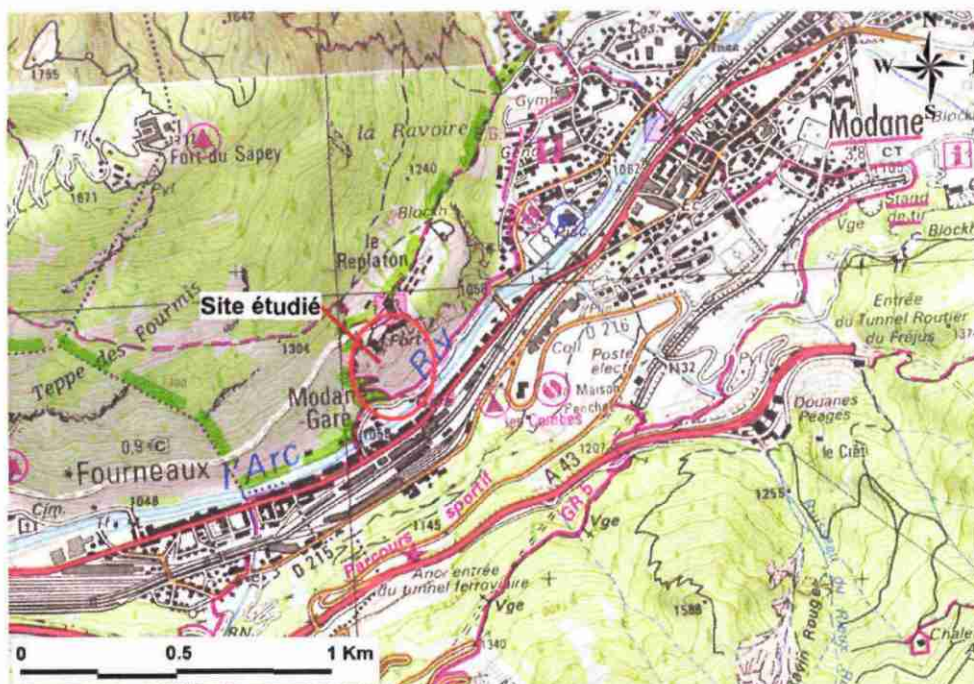


Illustration 1 : localisation du site sur fond 1/25 000 de l'IGN.





*Illustration 2 : localisation du site sur photographie aérienne (photo BRGM).*

Entre le pied du versant et l'Arc, les aménagements du secteur sont les suivants (Illustration 3) :

- un bâtiment en béton abritant une douzaine de garages avec des portes en bois est situé en extrémité est ;
- un bâtiment utilisé comme halte-garderie par la commune de Modane est situé en extrémité ouest ;
- des jardins potagers avec quelques cabanes en bois sur l'ensemble du secteur ;
- un chemin carrossable appartenant à la commune, utilisé comme accès aux garages et aux jardins ainsi qu'en promenade piétonnière ;
- un chemin privé pour accéder à une maison habitée (elle-même située hors du secteur étudié).
- trois citernes de gaz extérieures, alimentant des restaurants en rive gauche de l'Arc, dont deux à 40 m de la halte-garderie.



*Illustration 3 : vue du pied du versant (photo BRGM).*

## **2.2 RAPPEL DES FAITS**

Le 26 mars 2009, un éboulement (volume total de 2 à 3 m<sup>3</sup>) s'est produit depuis la partie est de la falaise sous le fort du Replaton. En pied de versant, les blocs rocheux ont atteint le chemin communal et des jardins potagers, le plus gros bloc atteignant l'Arc (rapport BRGM/RP-57304-FR de mai 2009).

En automne 2009, des travaux de purge ont été effectués sur le côté est cette falaise. L'entreprise ayant réalisé les travaux a indiqué que certains blocs ne pouvaient pas être purgés car risquant de déstabiliser par la suite des volumes importants. La commune a conservé l'interdiction d'accès au chemin et aux jardins pour l'hiver 2009-2010.

La nuit du 5 au 6 mars 2010 à 1 h du matin, un éboulement plus important s'est déclenché depuis la partie ouest de la falaise, sous le fort du Replaton (non concernée par la purge précédente). Près d'une vingtaine de blocs ont été comptabilisés dont une dizaine avec des volumes unitaires de l'ordre de 0,5 à 1 m<sup>3</sup>. Le volume total est estimé entre 6 et 8 m<sup>3</sup>. Le service RTM de l'ONF a effectué une visite du site le 8 mars 2010 dans le cadre de la mise à jour du PPR de Modane.

La commune n'a pas connaissance d'autres chutes de blocs dans ce secteur. A noter que le BRGM était intervenu en 1991 sur la commune voisine de Saint-André, après un éboulement de 500 m<sup>3</sup> de rochers depuis une falaise de même nature (rapport BRGM RR-32606-FR).



### 3. Contexte géologique et hydrogéologique

D'après la carte géologique 1/50 000<sup>ème</sup> du BRGM (N°775 – Modane) et nos observations, le contexte géologique est le suivant.

Le site étudié appartient géologiquement au domaine des Alpes internes, en bordure occidentale de la zone houillère briançonnaise interne.

L'ensemble du versant, de l'Arc au fort du Sapey, est constitué d'une formation de gneiss du Permien (complexe des gneiss de Sapey). Cette formation est une écaille de socle qui est à la base de la nappe de charriage briançonnaise.

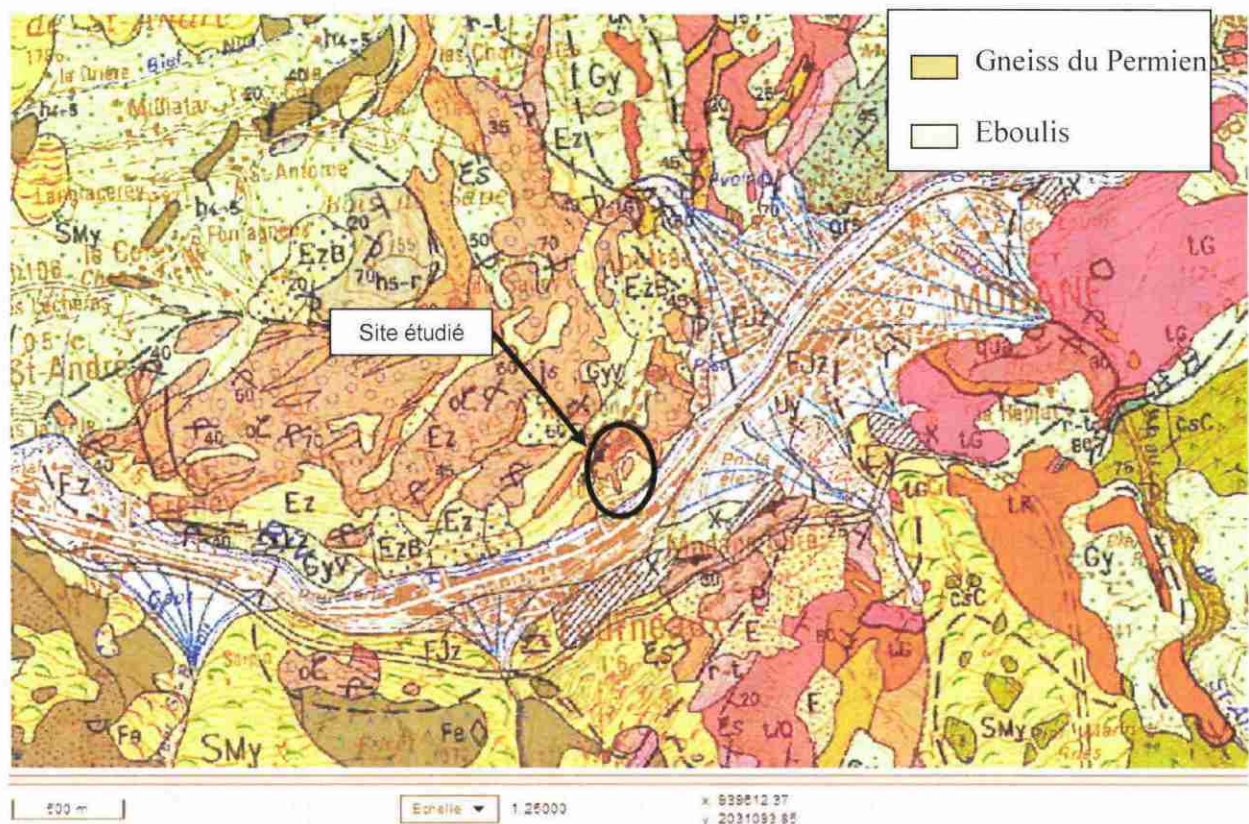


Illustration 4 : extrait de la carte géologique de Modane n°775 (infoterre.brgm.fr)

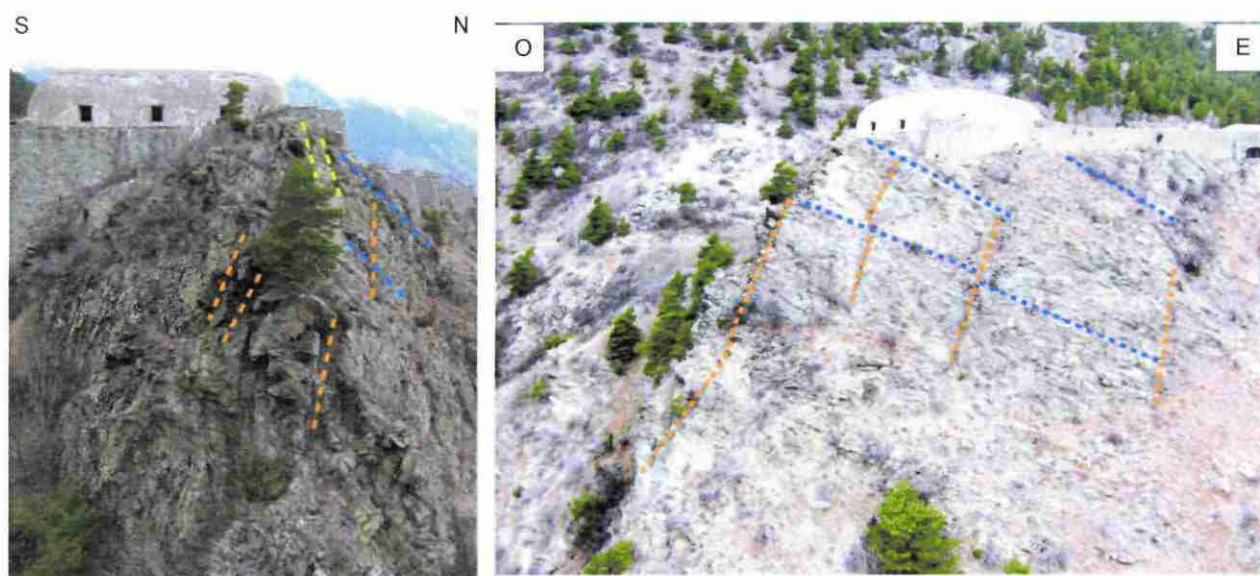
Les gneiss sont des roches métamorphiques peu gélives (non sensibles au gel/dégel) car peu poreuses. En falaise (surmontant des niveaux d'éboulis actifs), ces gneiss sont souvent massifs, mais parfois feuilletés.

Ces roches ont subi de nombreuses contraintes tectoniques, créant de nombreux plans de fractures espacés parfois de quelques mètres :

- le plan principal est orienté NE/SW, avec un fort pendage quasi-vertical, qui crée la falaise actuelle sous le fort du Replat ;
- un plan secondaire est orienté NW/SE, avec un pendage modéré vers le NE (amont pendage) ;
- un dernier plan est également orienté NW/SE, avec un fort pendage ( $>70^\circ$ ) vers le SW.

Ces plans de fractures créent des zones de fragilité (Illustration 5), au sein desquelles l'eau d'origine météorique peut s'infiltrer. Le gel/dégel va alors contribuer à l'écartement des fractures, pouvant détacher des blocs de la paroi.

Le volume moyen des rochers délimités par l'espacement de ces plans de discontinuités est variable, mais peut être important (souvent de l'ordre du mètre cube, voire plus). Lorsque plusieurs rochers sont superposés, les volumes délimités peuvent dépasser la dizaine de mètres cubes le long d'un seul plan.



*Illustration 5: exemples de plans de fracturation sous le Replat (photo BRGM).*

Lors de nos différentes observations (10 et 25 mars 2010), aucune venue d'eau n'a été observée. Les seules eaux sont les écoulements superficiels (pluviométrie).



## **4. Faits constatés**

### **4.1 VISITE DU SITE**

Les premières reconnaissances du BRGM sur le terrain se sont déroulées le 10 mars 2010. Elles ont permis l'observation / la localisation :

- des blocs éboulés ;
- des enjeux ;
- de la topographie des lieux.

Il n'a pas été possible de repérer la source de l'éboulement depuis le pied de falaise et l'éboulis est difficilement accessible. Des zones potentielles avaient été repérées environ 180 m au-dessus de l'Arc (soit depuis le fort du Replaton, soit depuis la route de Valfréjus sur le versant opposé) par le RTM et le BRGM, mais sans certitudes.

Le 25 mars 2010, la Préfecture de Savoie a mis à la disposition du BRGM l'hélicoptère du PGHM de Modane afin de définir plus précisément la zone de départ de l'éboulement et surtout d'estimer l'aléa résiduel (M. Macabiès, du RTM, était également présent).

### **4.2 DESCRIPTION DU VERSANT SOUS LE FORT DU REPLATON**

Haute de 10 à 20 m sous le fort du Replaton et à environ 1180 m NGF d'altitude, la falaise a une orientation SO/NE (Illustration 7). Elle se termine en extrémité ouest par un éperon rocheux dirigé vers le sud. Constituée de gneiss, les plans de fracturation la découpent en nombreuses masses dont certaines de volumes dépassant 1 à 2 m<sup>3</sup>.

Un éboulis actif constitue l'essentiel de la partie aval du versant, sur environ 110 m de dénivelé. La pente est forte (> 35°), avec quelques arbustes.

### **4.3 DESCRIPTION DE L'ÉBOULEMENT DU 6 MARS 2010**

Dix-huit blocs rocheux (volume total de 6 à 8 m<sup>3</sup>) ont été observés en pied de versant, répartis sur environ 100 mètres le long de l'Arc. Ces blocs sont des gneiss massifs dont les volumes unitaires sont estimés :

- pour trois blocs à au-moins 1,5 m<sup>3</sup> ;
- pour neuf blocs entre 0,1 et 1 m<sup>3</sup> ;
- pour six blocs à moins de 0,1 m<sup>3</sup> ;

Les blocs sont essentiellement répartis entre le chemin au pied de l'éboulis et l'Arc (où l'un des blocs semble avoir terminé sa course), dans des parcelles occupées par des jardins. Très peu de dégâts sont signalés sur le bâti (cabanes et garages), seul un toit en tôle est partiellement détruit. Quelques blocs ont dépassé un chemin de randonnée et se sont arrêtés en limite d'un chemin privé d'accès à une maison.



*Illustration 6 : blocs dans les jardins suite à l'éboulement de mars 2010.*

Les arbustes du bas de la pente portent les traces des rebonds (branches cassées) à près de 5 m de haut tandis qu'en partie haute, les éclats de pierre (points d'impacts) permettent de retrouver la zone de départ (peu visible depuis le pied de falaise et invisible depuis le fort).

Les blocs ont contourné l'éperon rocheux en extrémité ouest (qui sépare cette falaise), avec deux enjeux :

- une route d'accès privée à une maison habitée (la maison est de l'autre côté du versant) ;
- un bâtiment au bord de l'Arc qui est la halte-garderie de Modane.



*Illustration 7 : Localisation des éléments en falaise (photo BRGM).*



Le survol de la falaise le 25 mars a permis de constater les éléments suivants :

- la zone de départ semble se situer en sommet de falaise, sous le fort (d'après les impacts), expliquant ainsi la forte énergie des blocs (rebonds à 5 m et cratères de plusieurs dizaines de cm). Néanmoins, aucune trace nette n'apparaît à l'affleurement (la fracture pouvait être ancienne). Le(s) premier(s) bloc(s) semble(nt) avoir entraîné(s) d'autres rochers lors des impacts ;
- l'éperon rocheux présente de très nombreuses diaclases sur son versant exposé ouest, dont certaines sont ouvertes de plusieurs centimètres. Elles délimitent des blocs rocheux d'apparence massive, qui sont superposés et de taille variable (volumes unitaires de 1 à 2 m<sup>3</sup>) ;
- le bâtiment de la halte-garderie est dans l'axe trajectographe des blocs rocheux de l'éboulement de mars 2010, dont il n'est protégé que par un replat topographique d'environ 50 m. Il est également dans l'axe de blocs pouvant provenir de l'éperon rocheux ;
- la maison habitée est située de l'autre côté du versant et ne semble pas menacée par la falaise étudiée, ni par l'éperon rocheux ;
- le chemin de randonnée entre l'Arc et le fort du Replat passe sous l'éperon rocheux.

L'ensemble des éléments (aléas et enjeux) sont présentés sur la carte ci-après (Illustration 8).

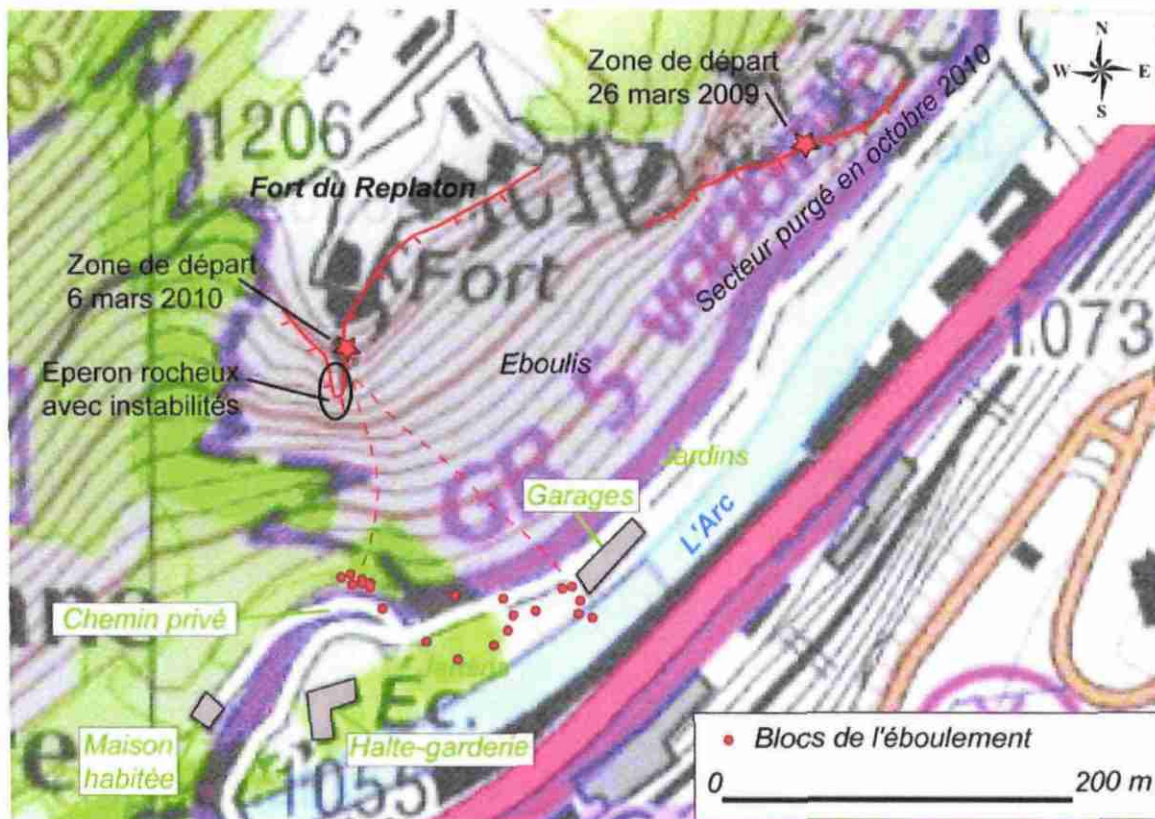
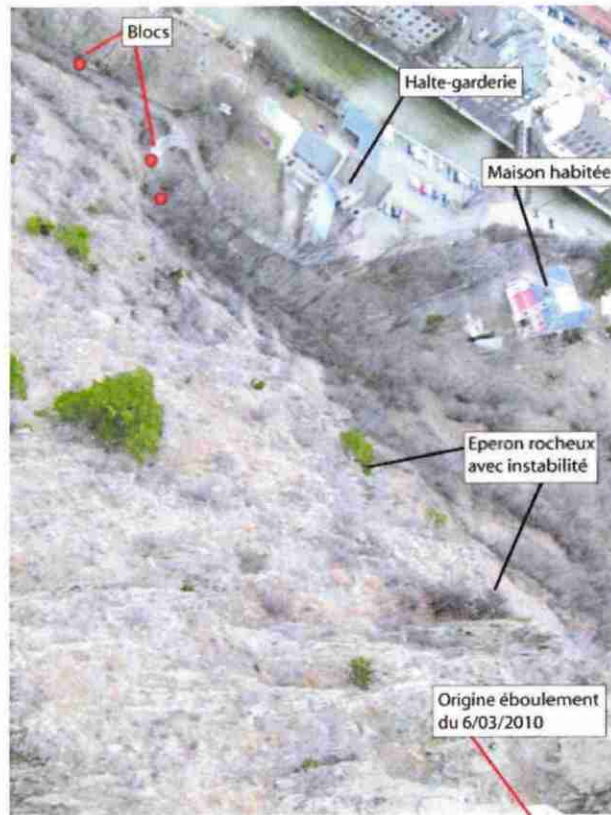


Illustration 8 : Situation des éléments constatés sur le site (fond IGN 1/25 000)





*Illustration 9 : vue des principaux enjeux depuis l'amont (photo BRGM)*

## 5. Diagnostic

### 5.1 ENCHAINEMENT DES FAITS

Les alternances de gel/dégel de fin d'hiver ont vraisemblablement écarté certaines diaclases anciennes et déjà ouvertes (absence de marques claires sur le rocher et présence d'eau) sous le fort du Replat, pouvant être à l'origine du basculement d'un ou plusieurs blocs en sommet de falaise.

Les nombreux éclats de roche aux premiers impacts dans la falaise suggèrent une forte énergie dès le début, auquel cas il s'agirait vraisemblablement d'un bloc massif d'un volume de 2 à 4 m<sup>3</sup>.

Des traces en falaise suggèrent que d'autres rochers ont été entraînés lors des impacts. Le fort dénivélé (plus de 100 m de hauteur) et la hauteur des rebonds (5 m) ont conduits à la dispersion des blocs sur plusieurs dizaines de mètres en pied de versant, via les lignes de plus grande pente. Le bois en pied de versant (avant le replat) a permis de stopper la plupart des blocs qui se dirigeaient vers la halte-garderie.

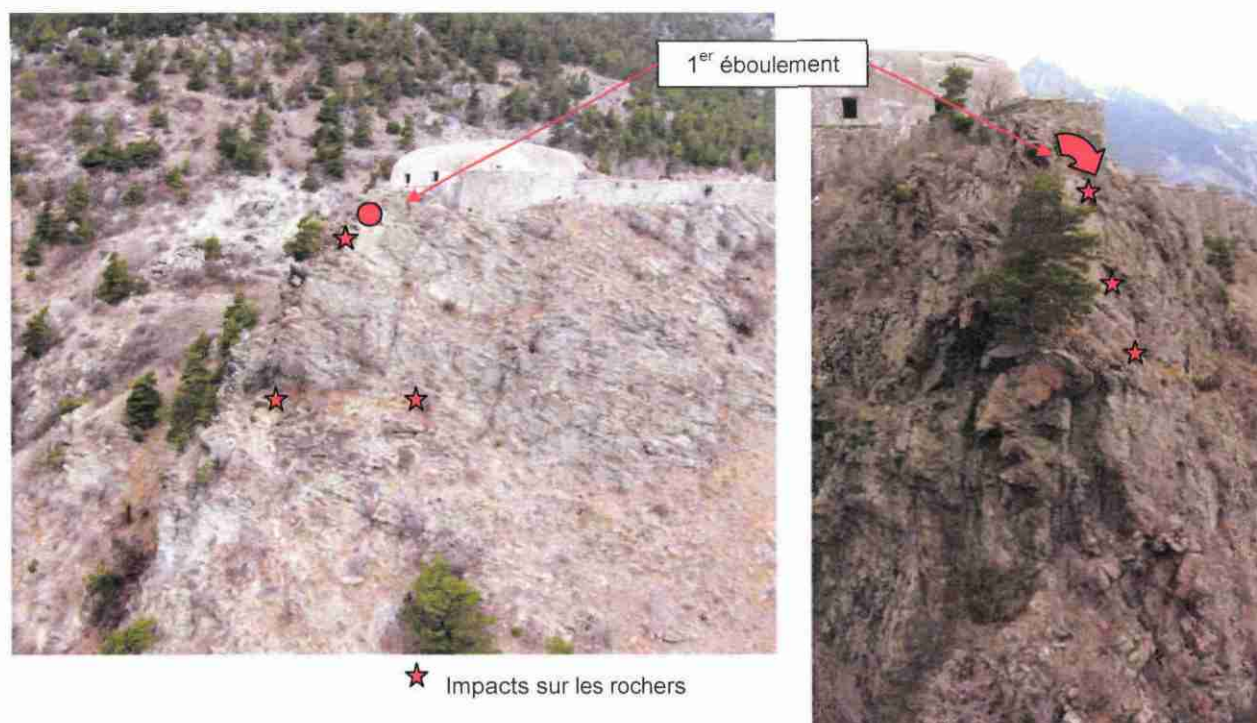
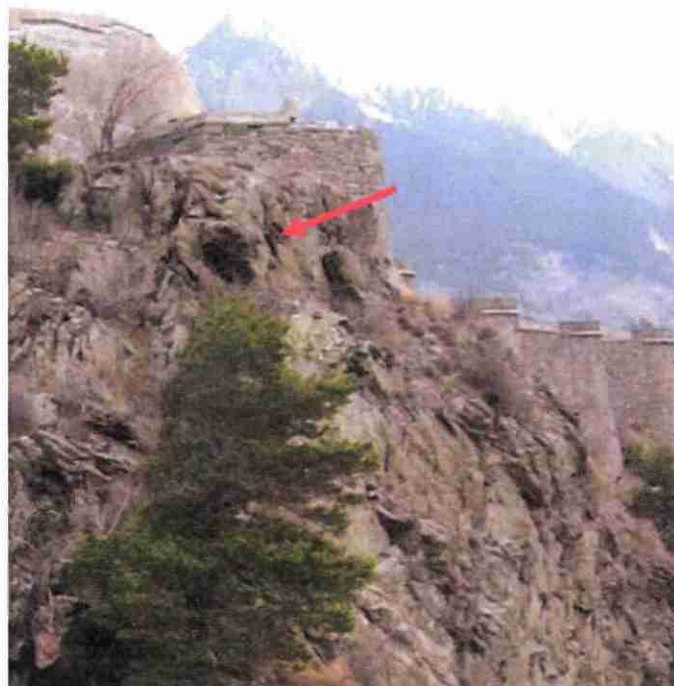


Illustration 10 : différentes vue du site de l'éboulement, près de l'éperon rocheux (photos BRGM)

## 5.2 ALEA ET RISQUE DEPUIS LA FALAISE SOUS LE FORT DU REPLATON

De nombreux autres blocs potentiellement instables ont été observés en sommet de falaise, avec des diaclases du même type. D'autres chutes de blocs isolées peuvent donc se produire à l'avenir, sans qu'il soit possible de définir une probabilité d'occurrence (à très court terme comme à court terme). Les conséquences attendues seront à priori identiques :

- l'Arc protège les bâtiments en rive gauche de Modane ;
- les blocs sont susceptibles d'atteindre le replat situé en amont du bâtiment de la halte-garderie, voir le bâtiment lui-même. A priori ils auront perdu une large part de leur énergie (roulements sur le replat), néanmoins des dégâts ponctuels ne peuvent être totalement exclus.



*Illustration 11 : zone de départ des blocs du 6 mars 2010*

La halte-garderie possède peu de fenêtres de ce côté et la sortie des enfants ainsi que la pièce principale sont de l'autre côté (vers l'Arc). Conjuguée à la faible énergie des blocs, la vulnérabilité des enfants et du personnel de la halte-garderie est estimée moyenne vis-à-vis de cette falaise.

A court terme (quelques mois à 2 ans), le risque est estimé moyen au niveau de la halte-garderie, des travaux de sécurisation sont donc à prévoir.

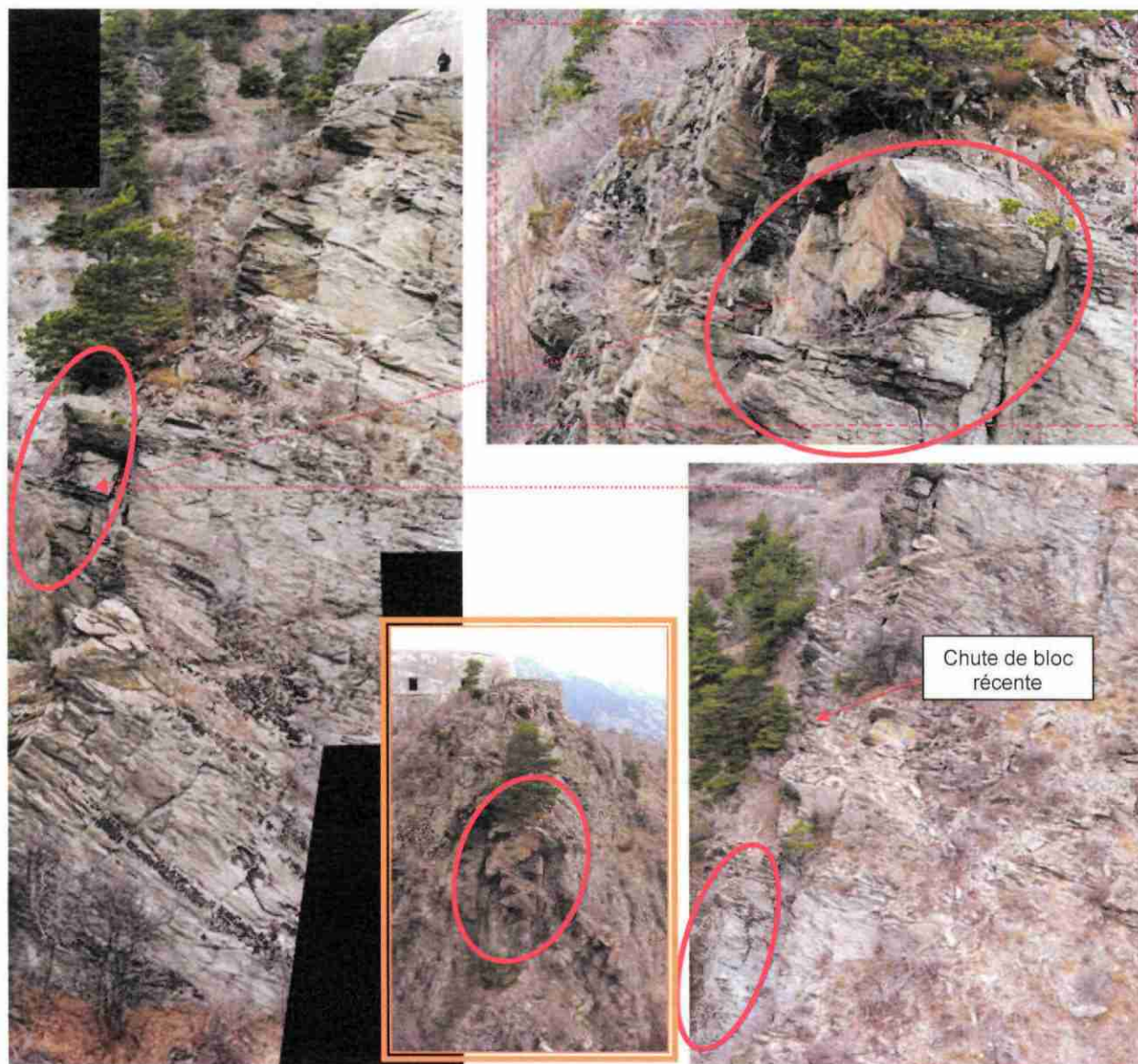
La vulnérabilité des personnes sur le chemin bordant l'Arc, dans les jardins ou dans les garages et sur le chemin de randonnée Arc/Replaton est très forte (aucune protection).

A court terme, le risque est estimé fort sur le chemin bordant l'Arc, dans les jardins et dans les garages et sur le chemin de randonnée Arc/Replaton sous la falaise du Replaton, des travaux de sécurisation sont à prévoir (ou expropriation selon le montant des travaux).



### 5.3 ALEA D'ÉBOULEMENT DEPUIS L'ÉPERON ROCHEUX

L'éperon rocheux étudié présente de nombreux blocs potentiellement instables. Des volumes unitaires de 1 ou 2 m<sup>3</sup>, parfois empilés les uns sur les autres, sont délimités, avec des risques d'éboulements plus massifs. Plusieurs diaclases sub-verticales sont ouvertes, les blocs reposant alors sur les diaclases dont la pente orientée vers le NE (amont pendage) favorise la stabilité de l'ensemble.



*Illustration 12 : vue de différentes instabilités rocheuses (photos BRGM).*

Néanmoins, des phénomènes d'éboulement peuvent se produire, l'aléa est moyen.

La ligne de plus grande pente est dirigée, après le bois, vers le replat au bout duquel se trouve la halte-garderie. La maison habitée n'est pas concernée par cet éperon rocheux, par contre le chemin d'accès l'est. **La vulnérabilité de la halte-garderie est forte.**

A court terme (quelques mois à 2 ans), le risque est estimé fort car l'énergie des blocs pourrait être plus grande (dans le cas d'un éboulement en masse), sans indice de l'imminence de ce phénomène. Des travaux de sécurisation sont à prévoir dans les délais les plus brefs.

## 6. Recommandations / avis

L'éboulement du 6 mars 2010 semble lié à une chute d'un ou plusieurs blocs isolés, qui ont à leur tour, lors des impacts, entraînés d'autres blocs dans la falaise située sous le Replaton. **Nous n'avons pas observé d'indices d'un éboulement imminent et/ou en grandes masses.**

Toutefois, les événements montrent que depuis 2009 des chutes de blocs ont atteint le chemin le long de l'Arc et les jardins. La hauteur de chute et les volumes importants des blocs créent un fort risque pour les personnes (sans qu'elles puissent prévoir visuellement la trajectographie des blocs depuis ces jardins), même dans les abris et garages (portes en bois).

### 6.1 JARDINS, GARAGE ET CHEMIN LE LONG DE L'ARC :

Dans l'immédiat, nous recommandons de conserver l'interdiction d'accès au chemin le long de l'Arc, au chemin de randonnée Arc/Replaton, aux jardins et aux garages sous la falaise du Replaton. Eventuellement des autorisations exceptionnelles peuvent être données pour le rechargement des citernes de gaz par exemple, sous réserve d'une surveillance de la falaise pendant ces opérations.

Cette interdiction d'accès doit être maintenue jusqu'à l'achèvement des travaux de stabilisation. Ces travaux seront coûteux, leur coût doit être évalué pour être comparé à la valeur des biens à protéger (« loi Barnier »).

Les citernes de gaz devront être enterrées si elles ne peuvent être déplacées (le problème du rechargement se posera), en commençant par les plus proches de la halte-garderie.

### 6.2 PARCELLE PRIVEE ET CHEMIN AU PIED DE L'EPERON ROCHEUX

Seuls le jardin et le chemin d'accès de cette parcelle et le chemin de randonnée Arc/Replaton sont menacés par des blocs en provenance de la falaise sous le fort du Replaton ou de l'éperon rocheux, mais pas la maison.

Dans l'immédiat, nous recommandons d'avertir les propriétaires de ces risques afin d'éviter qu'ils y stationnent, sans en interdire l'accès. Le chemin de randonnée n'est plus accessible (barrière).

A très court terme, nous recommandons de mettre en sécurité ce secteur par la pose de filets pare-blocs. Ils auront pour fonction de reprendre les blocs provenant de la falaise sous le Replaton (qui contournent l'éperon rocheux) et ceux de l'éperon rocheux (où les volumes et l'énergie seront plus importants). Un emmaillotage sur l'éperon lui-même permettrait de réduire la surface des zones sources de chutes de blocs, mais l'accès est très difficile.

**Nous recommandons de dimensionner les travaux à réaliser avec un bureau d'études géotechniques dès que possible.** Leur coût devra être évalué le plus précisément possible pour être comparé à la valeur des biens à protéger (« loi Barnier »). Les éventuels travaux de mise en sécurité devront suivre rapidement pour terminer les travaux avant le prochain hiver.

### 6.3 BATIMENT DE LA HALTE-GARDERIE

A ce jour, nous conservons notre recommandation d'effectuer la sortie des enfants de l'autre côté du bâtiment (côté Arc).

Les mesures à envisager sont identiques à celles en page précédente : **une étude géotechnique doit être réalisée dès que possible afin de dimensionner les travaux de protection** (filets pare-blocs pour ceux provenant de l'éperon rocheux et de la falaise sous le fort, voire en plus un emmaillotage des éléments instables sur l'éperon). Les travaux de mise en sécurité devront suivre rapidement (quelques mois).

Notons enfin que les filets pare-blocs actuellement en place en amont de la halte-garderie ne protègent pas celle-ci des blocs susceptibles de provenir de l'éperon rocheux étudié dans ce rapport.



## 7. Annexe : compte-rendus d'intervention du BRGM

**Bayle Emmanuel**

---

**De:** Bayle Emmanuel  
**Envoyé:** vendredi 26 mars 2010 09:23  
**À:** 'cylvy.neple@savoie.pref.gouv.fr'  
**Cc:** 'pierre.macabies@onf.fr'; Renault Olivier  
**Objet:** Compte-rendu intervention hélicoptée à MODANE

Bonjour,

Dans un premier temps nous souhaitons vous remercier pour les moyens de reconnaissance mis à notre disposition hier afin de survoler la falaise au-dessus de Modane, sous le fort du Replat.

Le vol s'est très bien déroulé (et personnel du PGHM très accueillant) et surtout nous avons pu très bien observer la zone de départ des blocs responsables de l'éboulement du 6 mars. Un compte-rendu a été fait aux services techniques de la mairie (avec le RTM) dès la fin du vol.

*Nous n'avons pas observé d'indices d'un prochain éboulement imminent.*

Par contre, la falaise présente de nombreux blocs volumineux (1 à 2 m<sup>3</sup>) potentiellement instables au-dessus de la zone de garages et du chemin le long de l'Arc (mêmes conséquences à prévoir que pour l'éboulement du 6 mars). Nous avons recommandé à la mairie de conserver en l'état l'interdiction d'accès au chemin bordant l'arc. Les solutions techniques seront onéreuses, la mairie va étudier la possibilité d'expropriation.

Le vol a aussi (et surtout) permis d'examiner l'éperon rocheux côté ouest, au-dessus de la halte-garderie : des instabilités rocheuses sont observées (sans indice d'un phénomène à imminent ou à très court terme). Ce bâtiment est situé au bout du couloir d'éboulement, après un replat qui la protège des blocs peu volumineux mais pas d'un éboulement en masse. Nous avons averti la mairie, qui a déjà commandé une étude géotechnique auprès de la SAGE afin de dimensionner les solutions techniques. Nos recommandations pour la halte-garderie restent inchangées par rapport au compte-rendu du 11 mars (cf ci-dessous). Toutefois nous précisons que des travaux de protection sont nécessaires pour ce bâtiment (ex. pose de filets ASM).

L'ensemble de ces points sera détaillé dans notre rapport. N'hésitez pas à me joindre si vous avez besoin d'informations complémentaires.

Bonne journée,

Emmanuel BAYLE

---

**De :** Bayle Emmanuel  
**Envoyé :** jeudi 11 mars 2010 13:00  
**À :** 'cylvy.neple@savoie.pref.gouv.fr'  
**Cc :** Renault Olivier; Deverly Fabrice  
**Objet :** Compte-rendu intervention BRGM à MODANE

Bonjour,

Voici un compte-rendu de notre intervention de mercredi 10 mars à Modane suite à un éboulement. La visite du site, en rive droite de l'Arc, s'est réalisée avec M. Albriet, des services techniques de la mairie de Modane.

L'éboulement s'est déclaré dans la nuit du vendredi 5 au samedi 6 mars 2010, à 1h du matin d'après les témoignages de voisins.

Il concerne une vingtaine de blocs de gneiss très massifs (pas de discontinuités observables), dont une dizaine avec des volumes de l'ordre de 0,5 à 1 m<sup>3</sup>.  
- Ces blocs sont en grande partie dispersés sur le replat situé entre le versant du Fort du Sapey et l'Arc, aménagé en jardins reliés par un chemin piétonnier. Trois citernes de gaz externes (alimentant les

restaurants de l'autre côté de l'Arc) sont dans ces jardins, sans protection particulière.

- D'autres blocs se sont arrêtés sur des replats boisés du versant, qui domine un chemin d'accès à une maison, ce chemin dominant lui-même le bâtiment de la garderie municipale. Cette garderie est située à l'extrémité d'un replat, à environ 80 m de la zone d'épandage des blocs.

La végétation permet d'indiquer que les blocs ont eu des rebonds de plus de 5 m de haut, avec des cratères de 30 cm marquant chaque impact sur le sol gelé. Nous n'avons pas pu remonter jusqu'à la zone de départ des blocs en suivant les impacts, le versant étant raide et constitué d'éboulis actifs.

L'examen des photographies réalisées face au versant (route de Valfréjus) semble montrer que la zone de départ se situerait sur la crête d'un éperon rocheux, au pied SW du Fort du Sapey.

**Des investigations complémentaires sont nécessaires**, sur corde ou depuis un hélicoptère, pour :

- confirmer/identifier la zone de départ des blocs ;
- déterminer s'il reste des volumes instables, notamment sur le versant exposé Ouest (enjeux principaux en pied de versant).

Dans l'immédiat, nous recommandons :

- de maintenir l'**interdiction d'accès au chemin piétonnier** le long de l'Arc (avec barrières et affichage clair du risque) ;
- de maintenir l'**interdiction d'accès à l'ensemble des garages** situés en rive droite de l'Arc ;
- de maintenir l'**interdiction d'accès à l'ensemble des jardins** situés en rive droite de l'Arc ;
- d'avertir M. SICARD que l'éboulement s'est propagé jusqu'à sa limite de propriété et que dans l'attente des reconnaissances complémentaires, **il ne faut pas stationner ou s'arrêter sur le chemin d'accès à la maison**. La maison n'est à priori pas concernée, étant de l'autre côté du vallon.
- **garderie** : les volumes des blocs observés n'ont pas assez d'énergie pour traverser les replats et murets en pierre pour atteindre le bâtiment, situé à 80 m des blocs les plus aval. Cependant, en attendant les conclusions des reconnaissances complémentaires, **les enfants de la garderie ne devront pas sortir en groupe du côté Nord-Est** (côté éboulement). Normalement, la sortie des enfants se fait côté Arc, cette mesure ne devrait donc pas être contraignante.

A priori, une étude détaillée de cet éperon rocheux sera nécessaire dans l'avenir étant donné la présence d'enjeux vulnérables en pied de versant (maison et garderie) et des mesures confortatives seront probablement nécessaires (par exemple emmaillotage des volumes les plus instables, pose de filets pare-blocs en pied de versant). La commune de Modane est en contact avec le bureau d'études LA SAGE sur ce sujet.

**Pour les citernes de gaz**, une solution doit être dès à présent recherchée. La solution la plus simple est de les enterrer, mais ceci nécessitera l'accès ponctuel pour la livraison de gaz.

Pour une meilleure visualisation, je joins quelques photos et une carte.

Cordialement,

Emmanuel BAYLE

-----  
B.R.G.M. Service des Actions Régionales  
Géotechnique et Risques Naturels  
Parc Technologique - 27, rue Louis de Broglie  
21000 DIJON  
Tél : 03 80 72 90 40 / Fax : 03 80 78 01 34  
<http://www.brgm.fr>  
<http://infoterre.brgm.fr>







Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France

Tel. 02 38 64 34 34

Service Géologique Régional Rhône-Alpes

151, Boulevard Stalingrad

69626 Villeurbanne Cedex – France

Tél. : 04 72 82 11 50

## **Annexe 3**

**Renault O (2010) : Bramans (73) - Examen des risques d'éboulement au droit de la cabane du ruisseau d'Ambin - Avis du BRGM. BRGM/RP-58857-FR, 21 p, 11 ill.**



Document public



# Bramans (73) - Examen des risques d'éboulement au droit de la cabane du ruisseau d'Ambin

## Avis du BRGM

Rapport final

BRGM/RP-58857-FR

Août 2010





# Bramans (73) - Examen des risques d'éboulement au droit de la cabane du ruisseau d'Ambin

## Avis du BRGM

Rapport final

**BRGM/RP-58857-FR**

Août 2010

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 2010 10PIRA30

O. Renault

**Vérificateur :**

Nom : C. MATHON

Date : 26 août 2010

Signature :



**Approbateur :**

Nom : Y. SIMEON

Date : 27 août 2010

Signature :



Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.



Mots clés : falaise, risque naturel, gypse, éboulement, chutes de blocs, Bramans, Savoie.

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

Renault O (2010) : Bramans (73) - Examen des risques d'éboulement au droit de la cabane du ruisseau d'Ambin - Avis du BRGM. BRGM/RP-58857-FR, 21 p, 11 ill.



## Synthèse

Dans le cadre de sa mission d'assistance - régie par convention - dans le domaine de la géologie et des risques naturels auprès des Services du Département (Conseil Général) et de la Préfecture de la Savoie (Direction Départementale de la Protection Civile), le BRGM est intervenu sur la commune de Bramans afin de fournir un avis sur les risques d'éboulement au droit de la cabane du ruisseau d'Ambin fréquentée par les jeunes du village.

La cabane du ruisseau d'Ambin est située à l'est du bourg, en rive droite du ruisseau, à l'altitude approximative de 1250 m NGF. Elle est située au pied d'un môle partiellement rocheux d'une cinquantaine de mètres de hauteur entièrement constitué de gypse.

Une reconnaissance visuelle montre que la cabane est soumise à un risque élevé de chute de blocs de gypse.

Cette situation rend son utilisation dangereuse en l'absence de travaux de sécurisation.

Le coût estimatif des travaux de sécurisation qui comprend le microminage d'une masse instable, la mise en place d'un contrefort, d'ancrages, de barrières de filet et d'un grillage pare pierres est évalué à 68 420 € HT. Ces ouvrages devront bénéficier d'un dimensionnement par un bureau d'études spécialisé.

Compte tenu de la faible valeur financière de la cabane, l'alternative à ces travaux de confortement consisterait à la déplacer vers un endroit sécurisé.



## Sommaire

<b>1.</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>Contexte géologique.....</b>	<b>9</b>
<b>3.</b>	<b>Examen du site.....</b>	<b>11</b>
<b>4.</b>	<b>Analyse des risques.....</b>	<b>17</b>
<b>5.</b>	<b>Recommandations .....</b>	<b>19</b>
<b>6.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>21</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 : Situation géographique de lieu de l'intervention sur la carte IGN à 1/25 000.....	7
Illustration 2 : Extrait de la carte géologique à 1/50 000 <sup>e</sup> n°775 de Modane montrant la situation du lieu de l'intervention.....	9
Illustration 3 : représentation schématique des conditions de versant.....	12
Illustration 4 : vue générale de la cabane et du môle gypseux – Photo BRGM.....	13
Illustration 5 : Vue de la cabane et des affleurements AF1 et AF2 – Photo BRGM.....	13
Illustration 6 : vue latérale de l'affleurement AF1 (photo BRGM) .....	14
Illustration 7 : vue du bloc instable de 2 m <sup>3</sup> dans AF1 (photo BRGM) .....	14
Illustration 8 : trou dû à la dissolution au sommet de AF1 (photo BRGM) .....	15
Illustration 9 : La falaise sommitale AF3 avec les éboulis de pied (photo BRGM).....	15
Illustration 10 : vue sur l'affleurement AF2 (photo BRGM).....	16
Illustration 11 : nouvel emplacement de la cabane pressenti par la commue (d'après scan 25 IGN) .....	20



## 1. Introduction

Dans le cadre de sa mission d'assistance - régie par convention - dans le domaine de la géologie et des risques naturels auprès des Services du Département (Conseil Général) et de la Préfecture de la Savoie (Direction Départementale de la Protection Civile), le BRGM est intervenu sur la commune de Bramans afin de fournir un avis sur les risques d'éboulement au droit de la cabane du ruisseau d'Ambin fréquentée par les jeunes de la commune.

La cabane du ruisseau d'Ambin est située à l'est du bourg, en rive droite du ruisseau, à l'altitude approximative de 1250 m NGF.

Le présent avis a été émis sur la base d'une visite de terrain qui s'est déroulée le 30 juin 2010 entre 18 h 30 et 20 h, en présence de Monsieur FAVRE, premier adjoint au Maire de Bramans. Une deuxième visite a été effectuée le 1<sup>er</sup> juillet entre 8 H 30 et 10 H.

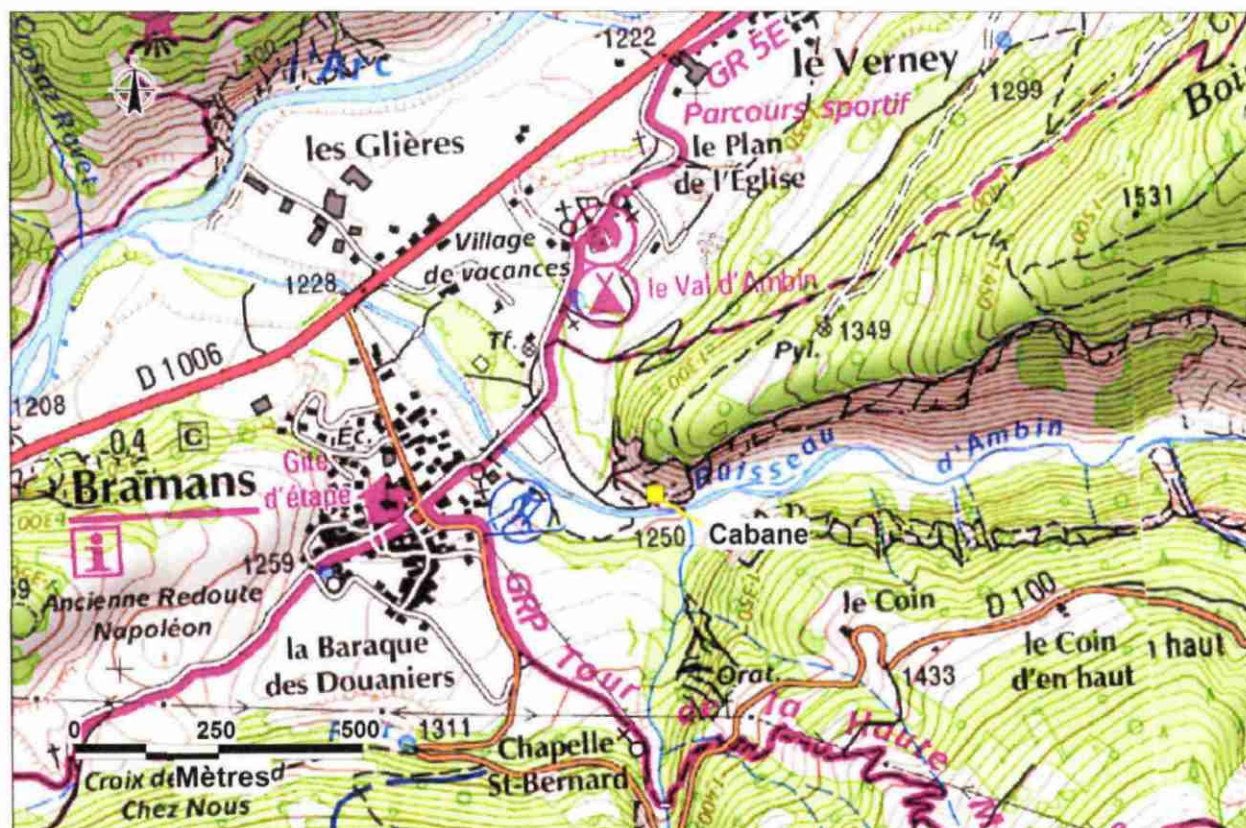


Illustration 1 : Situation géographique de lieu de l'intervention sur la carte IGN à 1/25 000





## 2. Contexte géologique

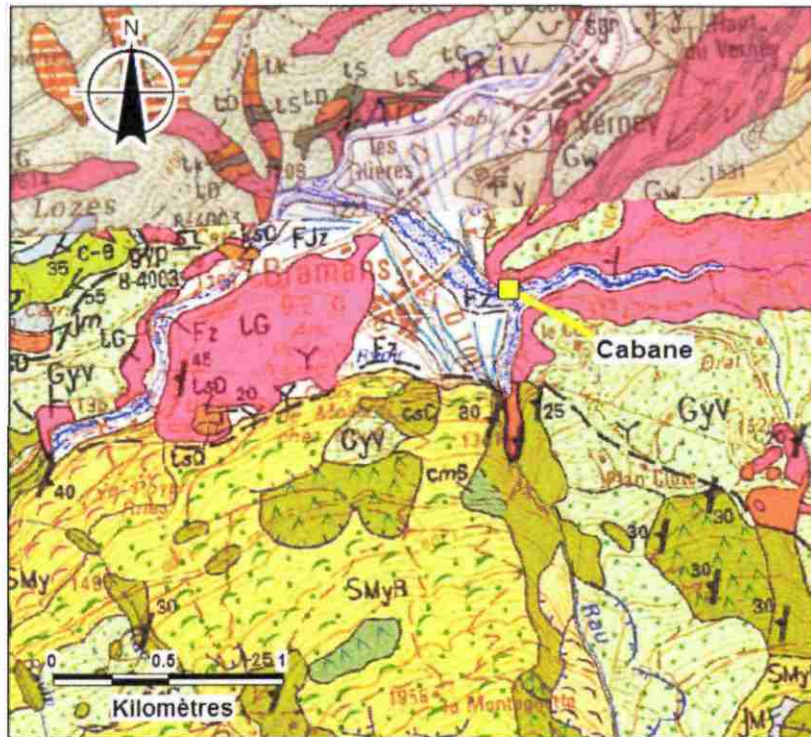


Illustration 2 : Extrait de la carte géologique à 1/50 000<sup>e</sup> n°775 de Modane montrant la situation du lieu de l'intervention

D'après la carte géologique à 1/50 000<sup>e</sup> n° 775 de Modane, la cabane du ruisseau d'Ambin se situe au pied d'une masse de gypse triasique (tG) qui domine d'une cinquantaine de mètres le ruisseau d'Ambin. La masse de gypse ne possède aucune stratification apparente du fait de son caractère fluidal hérité des déformations induites par la tectonique alpine.

Située à environ 30 m du lit du ruisseau d'Ambin, la cabane repose sur une épaisseur indéterminée de formations alluviales (Fz).





### 3. Examen du site

La cabane du ruisseau d'Ambin est située au pied d'un môle partiellement rocheux d'une cinquantaine de mètres de hauteur entièrement constitué de gypse.

Plus précisément, la cabane est située au pied d'un couloir à 45/50° d'une dizaine de mètres de large et de 30 mètres de long (Cf. Illustration 3) ; ce couloir est encadré de part et d'autre par plusieurs affleurements de gypse.

- un premier gros affleurement (AF1) est situé en rive droite du couloir ; le pied de cet affleurement domine la cabane de 6-7 m de hauteur avec un décalage latéral (la limite est de l'affleurement est située au-dessus de la cabane) ; l'affleurement est constitué d'une masse de gypse d'environ 250 m<sup>3</sup> (hauteur : 8 m ; largeur : 10 m ; épaisseur : 3 m) ; le rocher y est largement fissuré et décomprimé du fait de la facturation géologique (héritée de la tectonique alpine) et mécanique (Cf. Illustration 7) mais aussi en raison des phénomènes d'altération et de dissolution du gypse. Un bloc d'environ 2 m<sup>3</sup> situé sur le front de l'affleurement est instable à très court terme (un petit bloc "clé" maintient « miraculeusement » ce bloc en équilibre - Cf. Illustration 8). L'ensemble de l'affleurement est marqué par un réseau de discontinuités conjuguées (fractures et cavités) qui le rendent instable par parties, voire en totalité.
- En rive gauche du couloir à 10/12 m au dessus de la cabane, un deuxième affleurement (AF2) de taille plus réduite (hauteur : 5 m ; largeur : 5 m ; épaisseur : 1 m) semble plus sain que le précédent. On notera cependant la présence d'une écaille instable (quelques centaines de litres), celle d'un sous-cavage et un début de phénomène de décompression/basculement de l'affleurement (Cf. Illustration 5 et 10).
- En haut du couloir, la pente s'adoucit (environ 20°) sur une distance de 25 m. Ce secteur est jonché de blocs de plusieurs centaines de litres en provenance de la falaise sommitale (AF3 -15 à 20 m de haut, Cf. Illustration 4 et 9). C'est surtout la partie de falaise située en rive gauche du couloir qui est la plus instable en raison de la présence d'un horizon marneux subvertical à environ 2 m derrière le front de falaise. Il en résulte une érosion différentielle matérialisée par des formes géométriques assez curieuses (chandelle, surcreusement, ...).

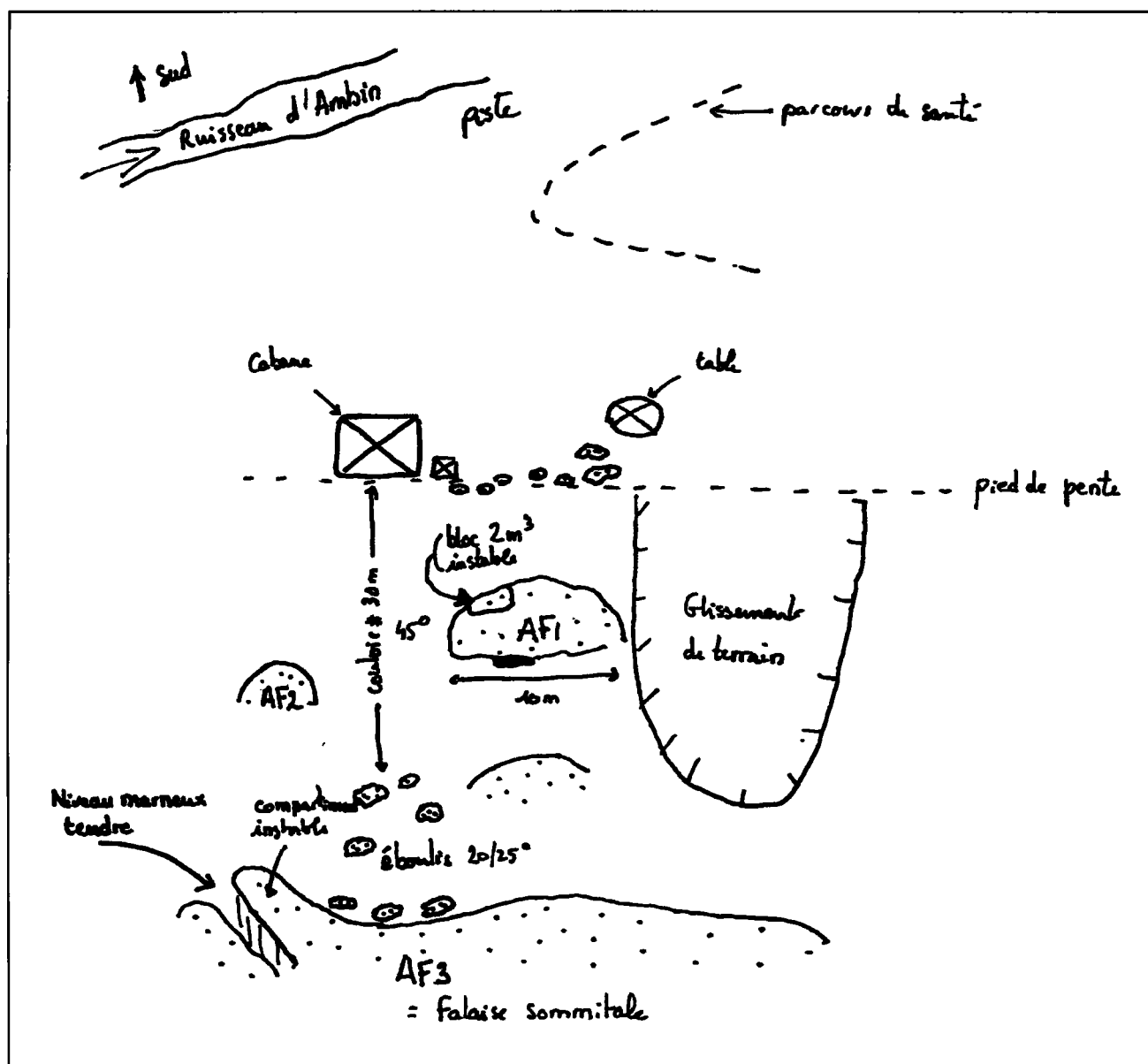


Illustration 3 : représentation schématique des conditions de versant

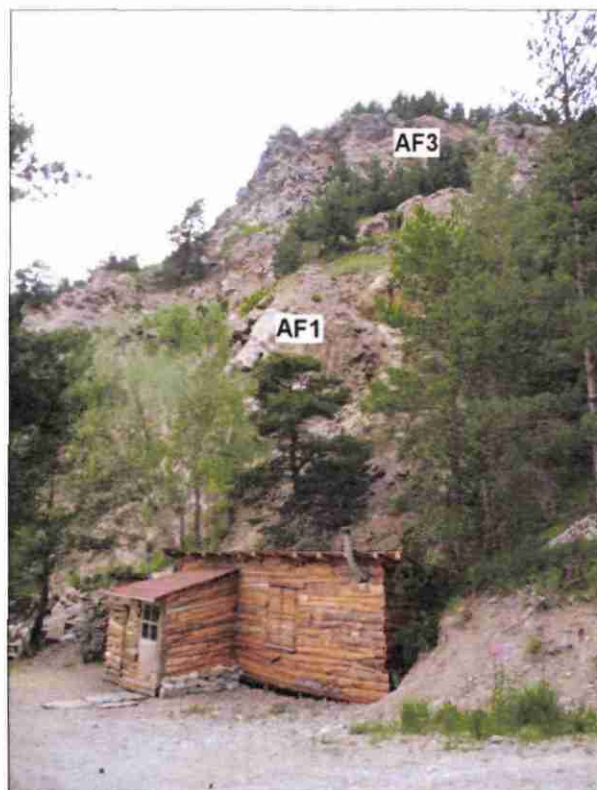


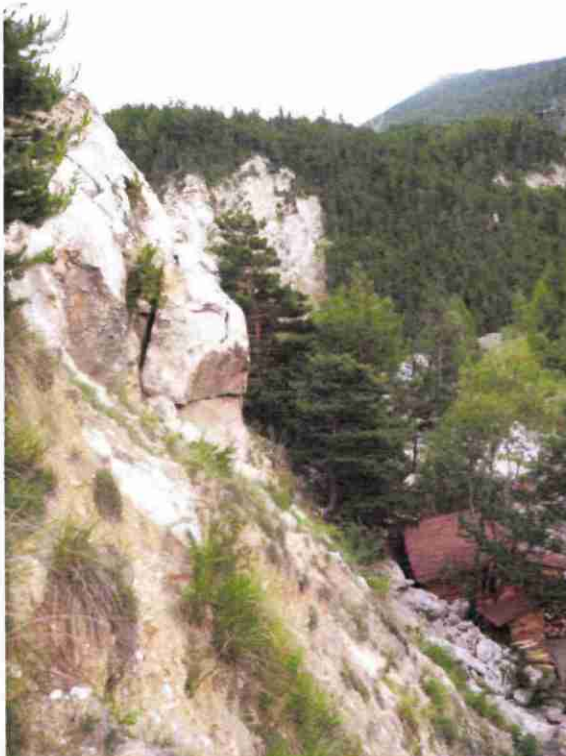
Illustration 4 : vue générale de la cabane et du môle gypseux – Photo BRGM



Illustration 5 : Vue de la cabane et des affleurements AF1 et AF2 – Photo BRGM



*Illustration 6 : vue latérale  
de l'affleurement AF1  
(photo BRGM)*



*Illustration 7 : vue du bloc  
instable de 2 m<sup>3</sup> dans AF1  
(photo BRGM)*





*Illustration 8 : trou dû à la dissolution au sommet de AF1 (photo BRGM)*



*Illustration 9 : La falaise sommitale AF3 avec les éboulis de pied (photo BRGM)*



*Illustration 10 : vue sur l'affleurement AF2 (photo BRGM)*

## 4. Analyse des risques

Le gypse est un des matériaux rocheux les plus médiocres des Alpes d'une part en raison de ses faibles caractéristiques géomécaniques et d'autre part en raison de sa sensibilité aux agents météoriques qui provoque la formation de cavités de dissolution. Ces éléments sont préjudiciables à la stabilité en grand des massifs rocheux et incitent à la prudence même en l'absence de critères classiques prévalant dans d'autres formations rocheuses (fracturation, litage, venues d'eau).

Pour ces raisons, on ne peut exclure l'effondrement total de l'affleurement n°1 (volume total de 250 m<sup>3</sup>) qui est largement fracturé et « creux », même si son délitement par morceaux semble plus probable, dès le très court terme pour ce qui concerne le bloc de 2 m<sup>3</sup> situé sur le front de l'affleurement. Les blocs issus de cet affleurement sont surtout susceptibles de concerner l'environnement de la cabane (lieu de vie, barbecue, table de déjeuner).

Côté rive gauche du couloir, le deuxième affleurement (AF2) est plus sain mais on ne peut exclure la rupture d'une écaille localisée voire la rupture de l'ensemble à long terme (soit 25 m<sup>3</sup>). Les blocs éventuellement issus de cet affleurement percuteront la cabane.

Malgré le replat intermédiaire, des blocs issus de la falaise sommitale (AF3) peuvent également atteindre la cabane.

Le risque d'éboulement/chutes de blocs est donc fort pour la cabane et son environnement.





## 5. Recommandations

En raison des risques d'éboulement à très court terme, nous déconseillons l'usage de la cabane.

La sécurisation à long terme du site suppose :

- le microminage de la masse de 250 m<sup>3</sup> (AF1) ; à noter que ce travail a de forte chance d'endommager la cabane ;
- la mise en place d'un contrefort en maçonnerie + ancrages + grillage pares-pierres sur la masse de 25 m<sup>3</sup> (AF2) ;
- la mise en place de 25 m de barrière de filet en haut du couloir afin de parer aux éventuels blocs en provenance de la falaise sommitale (AF3).

Le tableau ci-après fournit une valeur approchée du coût des travaux.

Désignation	Coût unitaire (K€ HT)	Quantitatif	Coût total (K€ HT)
Microminage de AF1	200 €/m <sup>3</sup>	250 m <sup>3</sup>	50 000
Mise en place d'un contrefort de 2 m <sup>3</sup> (AF2)		Forfait	2 500
Ancrages (AF2)	80 €/ml	10 ml	800
Grillage pare-pierre (AF2)	35 €/m <sup>2</sup>	40 m <sup>2</sup>	1 400
Barrière de filet (écran de classe 2) – AF3	300 €/ml	25 ml	7 500
Maîtrise d'œuvre (10 % du montant des travaux)			6 220
<b>Total</b>			<b>68 420</b>

Le coût des travaux est estimé à 68 420 € HT y compris la mission de maîtrise d'œuvre par un bureau d'études géotechnique qui est indispensable.

Ces travaux de sécurisation étant lourds et onéreux, et certainement très supérieurs à la valeur de la cabane, nous recommandons de la déplacer :

- soit d'une quinzaine de mètres en aval, en limite du parcours de santé en fermant le côté montagne par une levée de terre ; on devra cependant s'assurer du fait que la cabane ne se situe pas en zone inondable ou en zone à risque de lave torrentielle.

- soit éventuellement, en amont du camping du Val d'Ambin, comme cela semble pressenti par la Mairie (Cf. Illustration 11). Il existe une petite falaise dans ce secteur et conseillera de ne pas implanter la cabane trop près de celle-ci et de disposer à son pied une levée de terre.

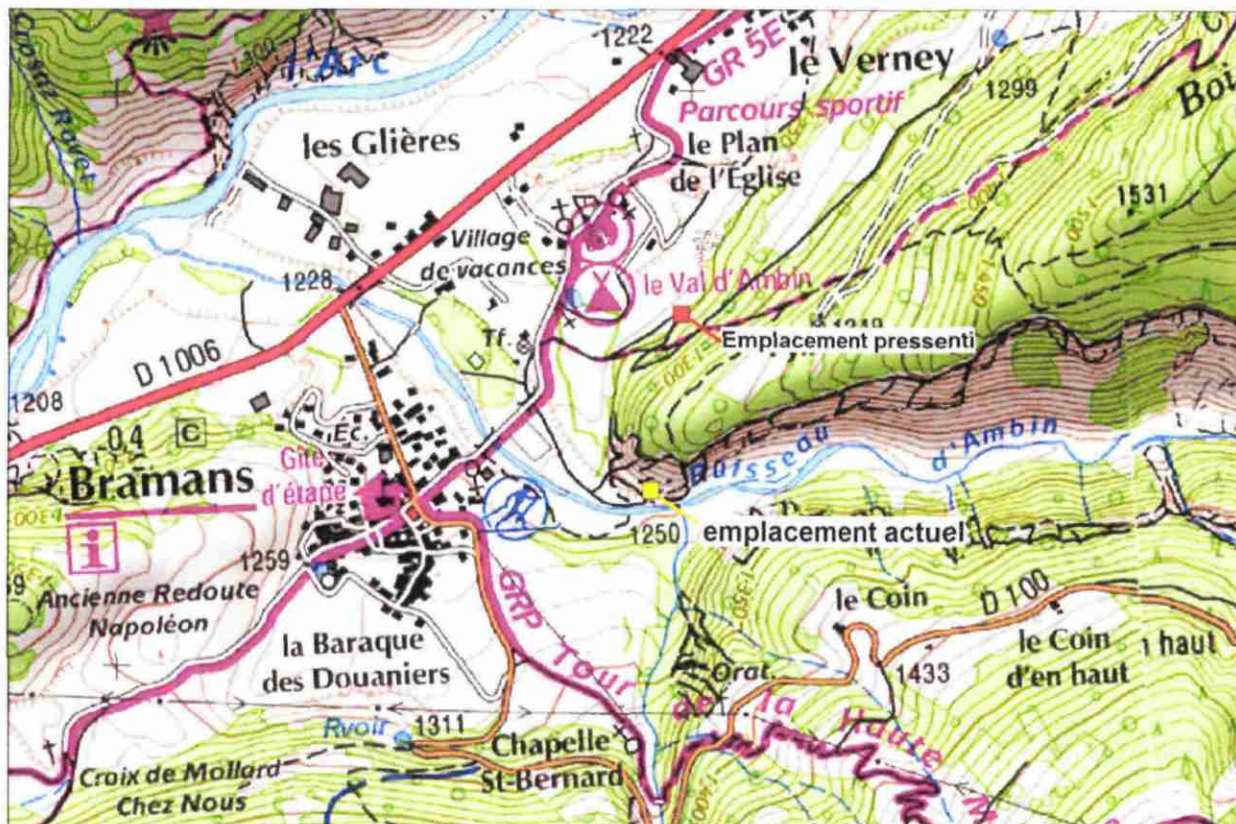


Illustration 11 : nouvel emplacement de la cabane pressenti par la commune (d'après scan 25 IGN)

## 6. Conclusion

Dans le cadre de sa mission d'assistance - régie par convention - dans le domaine de la géologie et des risques naturels auprès des Services du Département (Conseil Général) et de la Préfecture de la Savoie (Direction Départementale de la Protection Civile), le BRGM est intervenu sur la commune de Bramans afin de fournir un avis sur les risques d'éboulement au droit de la cabane du ruisseau d'Ambin fréquentée par les jeunes du village.

Une reconnaissance visuelle montre que la cabane est soumise à un risque élevé de chute de blocs rocheux en provenance d'un môle de gypse d'une hauteur de 50 m.

Cette situation rend son utilisation dangereuse en l'absence de travaux de sécurisation.

Le coût estimatif des travaux de sécurisation qui comprend le microminage d'une masse instable, la mise en place d'un contrefort, d'ancrages, de barrières de filet et d'un grillage pare pierres est estimé à 68 420 € HT. Ces ouvrages devront bénéficier d'un dimensionnement par un bureau d'études spécialisé.

Compte tenu de la faible valeur financière de la cabane, l'alternative à ces travaux de confortement consisterait à la déplacer vers un autre endroit sécurisé.



*Géosciences pour une Terre durable*

**brgm**

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

**Service géologique régional "Rhône-Alpes"**  
151 Boulevard Stalingrad  
69626 – Villeurbanne Cedex – France  
Tél. : 04.72.82.11.50