



Retour d'expérience Effondrement de falaise dans la vallée du Gottéron

—
25 avril 2016



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG

Service des forêts et de la faune SFF
Amt für Wald, Wild und Fischerei WaldA

Impressum

Direction des institutions, de l'agriculture et des forêts DIAF

Avril 2017

—

Editeur

Service des forêts et de la faune **SFF**

Rte du Mont Carmel 1

Case postale 155

1762 Givisiez

—

Auteurs

Willy Eyer, Benoît Mazotti

—

Relecture

Pierrette Baeriswyl

—

Image de couverture

GEOTEST SA, commune de Tafers, SFF

—

Copyright

Service des forêts et de la faune **SFF**

—

Remerciements

Nous remercions toutes les personnes qui ont collaboré dans ce projet et qui nous ont aidé d'une façon ou d'une autre, particulièrement :

- Angelo Lauper, responsable technique des constructions, Tafers
- Roger Raemy, forestier, conseiller local en matière de dangers naturels
- Lorenz Meier, Geopraevent SA
- Valentin Raemy, Geotest SA
- Kaspar Graf, Geotest SA
- Werner Jürgen, Geopraevent SA
- Alexandre Loye, Terranum Sàrl

Contenu

1	Résumé	4
<hr/>		
2	Introduction	6
	Le secteur «Rotary»	6
	Géologie	6
	Dangers naturels	7
<hr/>		
3	Site de l'effondrement	8
	Situation de danger	8
	Scénarios d'événement	8
<hr/>		
4	Système d'alerte	9
	Le système de mesure	9
	Seuils d'alerte	10
<hr/>		
5	Résultats des mesures	12
	Evolution	12
	Comportement géomécanique de la molasse	14
<hr/>		
6	Analyse des résultats du dispositif d'alerte	15
<hr/>		
7	Organisation	16
	Responsabilités	16
	Aspects financiers	16
<hr/>		
8	Enseignements principaux	17
	Enseignement technique	17
	Enseignement organisationnel	17
<hr/>		
9	Références	19
<hr/>		

1. Résumé

Résumé

Le lundi 25 avril 2016 peu après minuit, un effondrement de falaise d'environ 2500 m³ a eu lieu dans la vallée du Gottéron (coordonnées 581'210/183'900, commune de Tafers). Cet événement a entièrement détruit une maison du 17^e siècle et a obstrué le fond de la vallée sur une centaine de mètres. La rivière du Gottéron a été de même obstruée durant une courte durée.

Déjà en 2012, un effondrement d'une quinzaine de mètres cubes était survenu. Cet événement avait attiré l'attention de la commune et du canton sur la falaise. Dans un premier temps, des mensurations manuelles durant 2 ans ont montré des déplacements de la roche de l'ordre du millimètre. En conséquence, une année avant l'effondrement total de la falaise, un dispositif de surveillance automatique a été installé.

De manière générale, cet événement extraordinaire a mis en avant la nécessité d'utiliser une palette d'outils variés (surveillance, mesure de protection, mesures d'organisation, etc.). De plus, les données enregistrées par les extensomètres jusqu'aux dernières minutes donnent des indices intéressants au niveau du comportement d'un tel effondrement. Enfin, la bonne communication et collaboration entre les habitants impliqués, les instances politiques locales, les bureaux indépendants et le Canton a été un aspect important qui a permis entre autres la bonne gestion de cette situation.

Cette approche a permis dans ce cas de fermer le secteur au public et d'évacuer la maison à temps. Sans cela, un accident mortel n'aurait peut-être pas pu être évité.

Le présent document se focalise principalement sur la description du contexte, la surveillance et le suivi mis en place. Sans aborder toutes les actions et mesures réalisées, il propose quelques conclusions qui peuvent intéresser les spécialistes, les autorités mais également le grand public.

Zusammenfassung

Am Montag, 25. April 2016 stürzte eine Felspartie im Galterntal (Koordinaten 581 210/183 900 Gemeinde Tafers) kurz nach Mitternacht von etwa 2500 m³ Fels ab. Das Ereignis zerstörte ein Wohnhaus aus dem 17. Jh. vollständig und überdeckte einen Abschnitt von ca. 100 m² eines Wanderwegs mit Lockermaterial. Der Galternbach wurde kurzzeitig gestaut.

Am gleichen Ort war bereits im Jahr 2012 ein kleiner Absturz von ca. 15 m³ erfolgt. Dieses Ereignis löste seitens Kanton und Gemeinde eine erhöhte Aufmerksamkeit aus. Die mit manuellen Messungen verfolgte Entwicklung zeigte nach 2 Jahren Veränderungen im mm-Bereich. Genau ein Jahr vor dem Absturz wurde ein präzises Mess- und Überwachungsdispositiv eingerichtet.

Die Bewältigung dieses aussergewöhnlichen Ereignisses illustriert, wie mit einer Palette verschiedener Massnahmen Risiken gemindert werden können (Überwachung, Schutzmassnahmen, organisatorische Massnahmen, etc.). Weiter liefern die Messungen der Extensometer bis hin zum Absturz interessante Informationen zum Bewegungsverlauf der Felsmassen. Schliesslich hat die zweckmässige Kommunikation und die gute Zusammenarbeit zwischen den Behörden, den Betroffenen und den privaten Büros zu einem erfolgreichen Umgang mit dieser Situation beigetragen.

Dank der getroffenen Massnahmen erfolgten die Sperrung des Gebiets und die Evakuierung des Wohnhauses rechtzeitig, ansonsten es mit grösster Wahrscheinlichkeit zu Todesopfern gekommen wäre.

Der vorliegende Bericht erläutert hauptsächlich die natürlichen Gegebenheiten sowie das Mess- und Überwachungsdispositiv. Ohne auf sämtliche Massnahmen und Aktionen einzugehen, werden einige Folgerungen zuhanden von Spezialisten und Behörden formuliert, welche aber auch ein breiteres Publikum interessieren können.

2. Introduction

Le secteur «Rotary»

La vallée du Gottéron est une région touristique faiblement habitée et encore très naturelle, à deux pas de la ville de Fribourg. Au fond de cette vallée en forme de V, composée de versants très raides et de falaises imposantes, s'écoule la rivière du Gottéron qui se jette dans la Sarine en vieille ville de Fribourg. La Vallée est profonde d'environ 100 mètres et les falaises peuvent atteindre une trentaine de mètres au maximum.

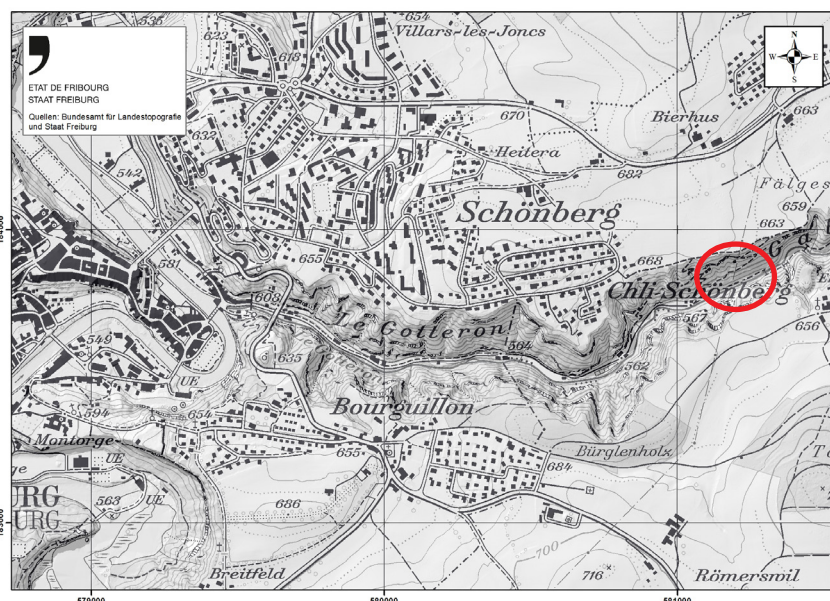


Figure 1

La Vallée du Gottéron et le site du Rotary (rond rouge). Le lieu-dit « Rotary » fait référence à un sentier pédestre financé dans le passé par le Rotary Club.

Géologie

D'une épaisseur de plus de 2 000 mètres dans les environs de la ville de Fribourg, les formations géologiques de grès visibles font parties de la molasse du Plateau suisse et ont été formées au Tertiaire lors de l'orogénèse alpine. La couche géologique visible dans la vallée du Gottéron fait partie de la molasse marine supérieure (OMM – Burdigalien), suivie de la molasse d'eau douce inférieure (USM, Aquitaniens) qui affleure par endroits au fond de la Vallée. Des bancs de grès épais et compacts s'alternent avec des horizons plus fragiles composés de schistes ou de grès marneux.

Le creusement des vallées de la Sarine et du Gottéron est le résultat de processus d'érosion inter- et postglaciaire. De nos jours, le paysage est dominé par un jeu de falaises de grès, de pentes raides boisées, d'une rivière à caractère imprévisible et d'agréables sentiers vallonnés. Ces caractéristiques géomorphologiques sont typiques des alentours de la ville de Fribourg.

Sur le site de l'effondrement, les bancs de grès légèrement inclinés ont une épaisseur d'environ 20 mètres et sont entrecoupés par des horizons plus fragiles de quelques mètres composés de schistes ou de grès molassiques (cf. figure 2). De plus, aucune résurgence d'eau significative n'a été constatée entre 2012 et 2016.



Figure 2

Situation avant l'effondrement de 2016 et après celui de 2012 (cf. figure 3). Les différents horizons géologiques sont facilement identifiables ainsi que la voûte qui crée un surplomb (la ligne horizontale sous la voûte est identifiable sur la figure 7 après l'effondrement). Le filet par pierres de 1000 kJ conçu pour un scénario d'une rupture partielle en amont de l'habitation est aussi visible.

Dangers naturels

Plusieurs catégories de dangers naturels peuvent être liées à la présence des falaises dans la vallée du Gottéron.

Les grès sont exposés de manière intense à des processus d'érosion et d'altération. Les horizons les plus durs de la molasse marine reposent sur des couches plus fragiles (grès marneux, schistes) et provoquent une érosion différentielle des falaises. Il peut en résulter, par exemple, des situations de surplomb. De même, des discontinuités variées peuvent être observées le long des falaises. Ces caractéristiques géologiques provoquent annuellement des chutes de pierres/blocs de quelques mètres cubes pouvant aller jusqu'à des éboulements de plusieurs centaines de mètres cubes. Lors de ces événements, des pierres/blocs allant du décimètre jusqu'au mètre peuvent être observés.

Une autre caractéristique typique est la présence d'un sol peu épais qui provient en partie de l'altération des grès. Lors d'épisodes pluvieux intenses par exemple, il est récurant d'observer l'occurrence de glissements de terrain superficiel et de coulées de boue. Les derniers événements en date ont d'ailleurs causé des dégâts sur les habitations, heureusement sans blessé.

La combinaison de différentes mesures de protection (mesures organisationnelles, mesures techniques et forêts protectrices) apporte une contribution significative à l'amélioration de la sécurité des biens et des personnes dans cette vallée.

3. Le site de l'effondrement

Situation de danger

Le lieu de l'effondrement était placé depuis 2012 sous le feu des projecteurs. En effet, une partie de la falaise d'environ 15 m³ s'était détachée sous un surplomb en forme d'arche et avait détruit le sentier Rotary en contrebas sans faire d'autres dégâts particuliers (cf. figure 3).

Figure 3

Situation de danger après l'événement de 2012. « Vue depuis le versant opposé sur la zone de l'événement (1), sur la maison et sur la fissure arrière persistante identifiée (2). Le trait rouge délimite le secteur potentiellement touché par le scénario 1 ci-dessous avec un effondrement d'environ 100 m³ supplémentaires. Le trait-tiré rouge délimite le périmètre de falaise qui pourrait potentiellement s'effondrer totalement (scénario 3 ci-dessous) ». (Geotest AG)



Scénarios d'événement

Suite au premier événement en 2012, une expertise géologique a été mandatée et a mis en lumière une fissure arrière persistante (cf. figure 3). A ce stade, trois scénarios ont été établis avec une probabilité d'occurrence décroissante :

- scénario 1 très probable : nouvel effondrement mineur dans la partie en surplomb ;
- scénario 2 probable : effondrement partiel de la falaise, notamment au-dessus de la maison ;
- scénario 3 possible : effondrement de la totalité de la falaise (suivant la fissure arrière persistante), dans le cas où la partie de la falaise au-dessus de la maison aurait une susceptibilité à la rupture plus importante qu'attendue.

L'élaboration de ces trois scénarios a joué un rôle crucial dans la suite des opérations. A ce stade, le troisième scénario était considéré comme très peu probable.

En conséquence de cette première analyse, une surveillance manuelle (mesure des déplacements entre des fers ancrés dans la roche à l'aide d'un double-mètre, cf. figure 5) a été mise en place dès l'automne 2012 dont le suivi était assuré par le conseiller local en matière de dangers naturels. Les mesures étaient relevées tous les 3 mois environ et après deux ans, des valeurs de déplacements de l'ordre du mm ont été observées (jusqu'à 5 mm entre l'automne 2014 et le printemps 2015).

A partir de ces indices de mouvements significatifs (cf. chapitre 5) avec une possible évolution critique de la situation de danger, un système d'alerte automatique a été mis en place dès le 25 avril 2015 (extensomètres, cf. chapitre 4).

4. Système d'alerte

Le système de mesures

La décision de mettre en place un système d'alerte et non d'alarme a été basée sur une analyse coût-efficacité et sur une évaluation des risques existants pour les habitants de la maison et les utilisateurs du sentier pédestre au fond de la vallée. La mise en place de ce type de système nécessite de faire appel à des entreprises spécialisées, dans ce cas la firme Geopraevent SA, qui installent le dispositif de mesures, gèrent les données et mettent à disposition les résultats sur une plateforme internet par exemple. En revanche, ce type d'entreprise n'offre à priori pas de conseils techniques sur l'interprétation des résultats. Un mandat d'accompagnement auprès d'un prestataire technique peut être envisagé afin d'avoir un deuxième avis sur la manière d'interpréter les résultats.

Afin de bien mesurer les mouvements potentiels des différentes parties de la falaise, six extensomètres (TJM) ont été installés (cf. figure 4). Deux Datalogger transmettaient les résultats des extensomètres ainsi que la température toutes les 15 minutes à la firme mandatée. Ces résultats étaient ensuite traités et mis à jour toutes les heures sur une plateforme internet accessible seulement aux personnes autorisées (cf. figure 6). Ces intervalles peuvent être modifiés selon les besoins. Les batteries des Datalogger ont une durée de vie d'environ une année sans entretien particulier.

La précision des TJM est de l'ordre du dixième de millimètre. Une telle précision met en lumière de petites variations apparentes, non réelles, dues à l'influence des changements de températures journalières sur l'instrument de mesure (changement de la longueur de la tige métallique de l'extensomètre, cf. figure 10).

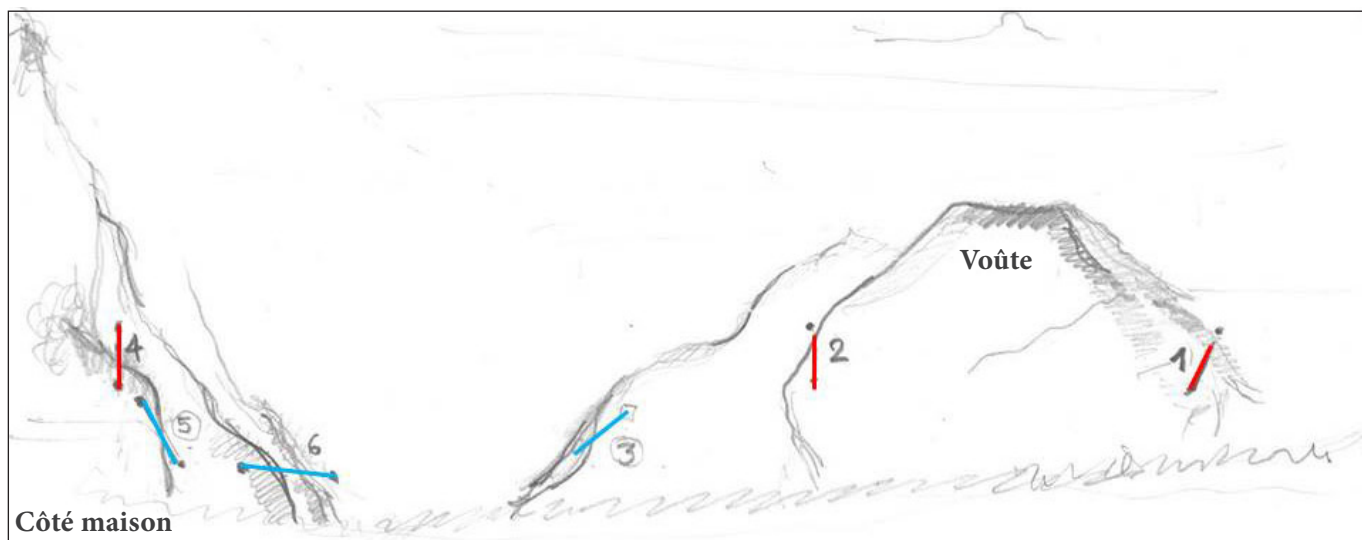


Figure 4

Répartition des TJM 1 à 6. Les emplacements des TJM ont été décidés suite à une entente sur place entre spécialistes. Un changement de l'emplacement peut être une option ultérieure en fonction des résultats observés. Attention : les deux variantes de fixer les TJM sur la roche ont un impact sur le signal +/- de l'instrument. Cette particularité doit être prise en compte lors de l'interprétation des données (dessin V. Baumann).

Seuils d'alerte

La définition des seuils d'alerte doit tenir compte des risques et enjeux. A cause de la présence de 6 mensurations indépendantes à des endroits montrant différents modes de mouvements, il n'était pas évident de fixer ces seuils. Trois niveaux d'alerte ont été finalement arrêtés :

Niveau 1 « échange nécessaire » :

- Mouvement journalier* > 0.5 mm/24h ou déplacement cumulé dépasse un seuil fixé préalablement (analyse pour chaque TJM).
- Annonce « échange nécessaire » par sms aux spécialistes (liste préétablie).
- Mesures : premier commentaire sur la plateforme internet pour savoir s'il y a lieu de réagir. Si nécessaire, entretien téléphonique avec l'avis d'au minimum 3 spécialistes préalablement sélectionnés. Informations et recommandations transmises à la commune et aux habitants.
- Option : ajustement des seuils d'alerte.

Niveau 2 « urgence » :

- Mouvement journalier* > 1 mm/24h (analyse pour chaque TJM).
- Annonce « urgence » par sms aux spécialistes (liste préétablie).
- Mesures : premier commentaire sur la plateforme internet pour savoir s'il y a lieu de réagir. Si nécessaire, entretien téléphonique avec l'avis d'au minimum 3 spécialistes préalablement sélectionnés. Informations et recommandations transmises à la commune et aux habitants. En principe, information aux habitants de la maison sur l'augmentation de la probabilité de devoir quitter la maison.
- Option : ajustement des seuils d'alerte.

Niveau 3 « Alarme »:

- Identique au niveau d'alerte 2 mais s'applique seulement aux TJM 4, 5 et 6 (mesures des mouvements de la falaise directement au-dessus de la maison).
- Dans ce cas de figure, l'alerte sms a lieu aussi la nuit entre 22 h 00 et 07 h 00.
- Annonce « alarme » par sms aux habitants de la maison et aux spécialistes.
- Mesures : contact avec les habitants de la maison qui doivent quitter immédiatement le secteur en danger pour se rendre jusqu'à la propriété « Bucher ». Première réaction sur la plateforme internet. Entretien téléphonique avec l'avis d'au minimum 3 spécialistes préalablement sélectionnés. Informations et recommandations transmises à la commune et aux habitants.

* mouvement journalier = nouvelle valeur – valeur moyenne des déplacements lors les 24/30 dernières heures.

Il s'est avéré par la suite que l'utilisation des déplacements cumulés comme seuil d'alerte (niveau d'alerte 1) n'était pas très pertinent. En effet, ces seuils ont constamment dû être ajustés (rehaussement de 2 à 3 mm par exemple). En revanche, un tel seuil avait comme avantage d'être dépassé assez fréquemment (au moins 1 fois par mois) et d'exercer les réactions des différents partenaires. Vu la durée importante du dispositif, il a été renoncé à l'envoi de messages durant la nuit pour les niveaux d'alerte 1 et 2. A relever encore que la plateforme internet a joué un rôle important en tant qu'outil de communication entre les 10 différents partenaires. Elle a servi de protocole où étaient enregistrées les différentes réactions et informations (plus de 100 commentaires et informations avec nom, date et heure).

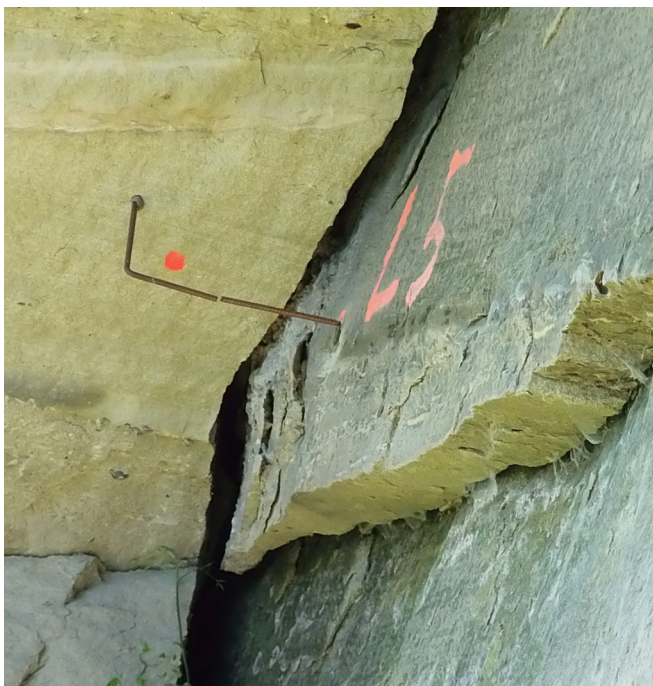


Figure 5

Système de mesure manuel installé en 2012 à gauche (mesure des déplacements entre deux bars de fer ancrées dans la roche) et le système automatique à droite installé en 2015 (ici l'extensomètre TJM 2).

5. Résultats des mesures

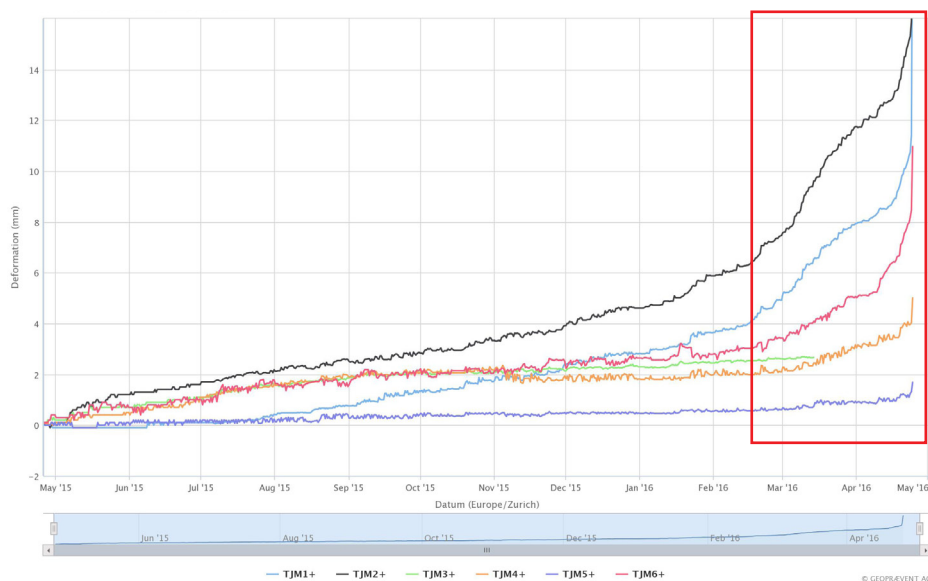
Evolution

Des mouvements de la falaise ont été observés dès le début des mesures. Après deux mois de monitoring, une évolution dans un premier temps linéaire était observée. Sachant qu'une accélération des vitesses de déplacement précède tout effondrement, la difficulté est de pouvoir identifier le début de telles phases finales critiques.

Suite à une absence de mouvements mesurés après environ 2 mois sur le TJM5, un éventuel déplacement horizontal a pu être écarté et il a été repositionné afin de pouvoir mesurer un déplacement vertical du pied de la falaise. Comme le montre la figure 6, les déplacements mesurés du TJM 5 (trait bleu foncé) sont très faibles mais significatifs. Ces résultats ont permis plus tard de valider la plausibilité du scénario 3 établi en 2012, à savoir qu'un effondrement basal total de la falaise était probablement en cours. Cela montre l'importance de bien réfléchir à l'emplacement des extensomètres lors de leur installation et d'être prêt à modifier si nécessaire leur configuration.

Figure 6

Déplacements cumulés des 6 points de mesures sur une année. Le rectangle rouge montre la phase d'évolution critique. Les déplacements totaux mesurés varient entre 1mm (TJM 5) et 15 mm (TJM 2).



Une accélération des mouvements a été observée à partir de janvier 2016. Cette évolution a été surveillée de manière accrue dès le mois de mars 2016. A la mi-mars, une fermeture officielle du sentier pédestre au fond de la vallée ainsi qu'une interdiction d'habiter la maison concernée ont été prononcées par la Préfecture. Un ralentissement non attendu des mouvements est survenu entre le 20 mars et le 10 avril. Cette accalmie temporaire a remis en doute le scénario d'une évolution rapide sans retour et d'un effondrement à court terme.

A la mi-avril, les mouvements se sont à nouveau accélérés. A ce stade, les tentatives d'extrapolation indiquaient un probable effondrement durant le mois de mai (soit 4 à 5 semaines plus tard).

Dimanche 25 avril vers 22 h 00, soit 2 à 3 heures avant l'effondrement, les valeurs mesurées et les alertes automatiques montraient que l'événement était imminent.

Figure 7

Situation après l'effondrement. Il ne reste plus grand-chose de la maison mis à part une partie des fondations encore visibles (en blanc). Dans la falaise restante, on peut reconnaître la structure horizontale qui se trouvait en dessous de la voûte (cf. figure 3).



Figure 8

Maison avant et après l'effondrement.

Comportement géomécanique de la molasse

Ce chapitre regroupe quelques expériences régionales sur le thème de la stabilité de la molasse. Les effondrements de grès qui ont été répertoriés sont en général plutôt considérés comme peu prévisibles et ayant une apparition soudaine.

Lors de la mise en place d'un système de mensuration de haute précision, il est important de pouvoir distinguer les variations naturelles des valeurs qui indiqueraient une détérioration de la situation de danger.

La surveillance d'une autre falaise à l'aide d'extensomètres a permis de conclure que les variations naturelles d'une falaise molassique compacte et stable sont de l'ordre du dixième de millimètre par an (variations de températures et d'humidité, cf. figure 9). A partir de ce constat, il a été admis que des valeurs plus importantes peuvent a priori être associées à des mouvements significatifs de la roche (cf. figure 10, site du Rotary).

Figure 9

Extrait de la campagne de mesures en vieille ville de Fribourg (7 ans) à l'aide de 5 extensomètres d'une longueur allant de 2 à 33 mètres (forage horizontal intra-molassique). La tendance visible d'un déplacement de 0.1 mm par année pour l'extensomètre à 33 mètres (ligne bleue) n'a malheureusement jamais pu être expliquée. Il s'agit probablement d'une évolution apparente due au système de mesures lui-même.

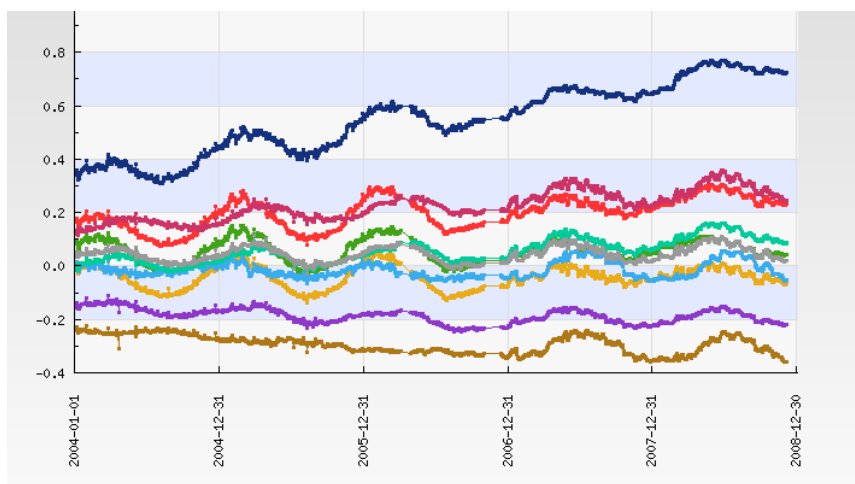
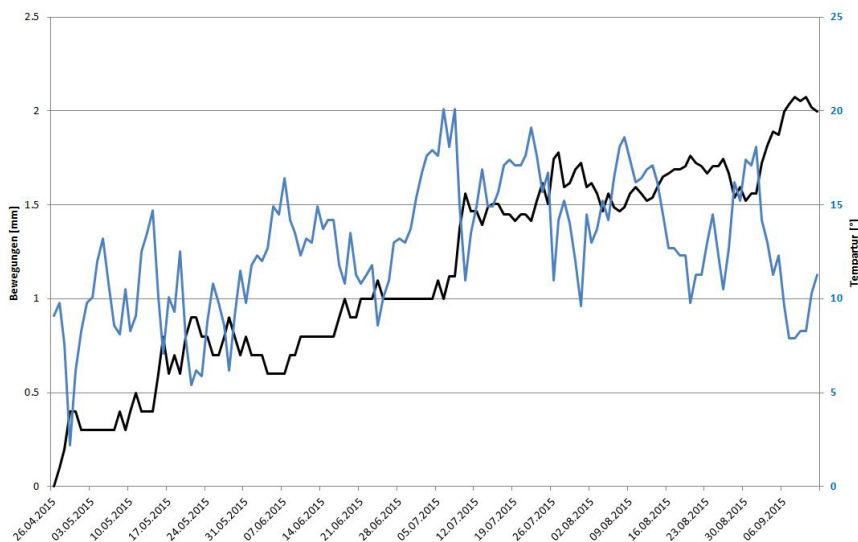


Figure 10

Extrait des mesures acquises sur le site de l'effondrement dans la Vallée du Gottéron. Comparaison entre les mouvements du TJM 6 (en noir) et les variations de températures (en bleu). Des variations rapides et importantes de températures semblent induire des déplacements de la molasse.



6. Analyse des résultats du dispositif d'alerte

Définition des seuils d'alerte

Suite à l'installation des extensomètres et en fonction des connaissances actuelles, des données disponibles et des résultats de mesures après quelques semaines, le seuil d'alerte avait été établi à 0.5 mm/24 h. Il s'est avéré que la valeur choisie était une bonne décision. En effet, aucune fausse alerte n'a été enregistrée et ce seuil a été dépassé pour la première fois 4 jours avant l'événement.

Une analyse post-événement a permis de tester différents seuils et une valeur minimale de 0.4mm/6 h ne provoquerait pas de fausses alertes non plus. Pour illustrer ces tests, le tableau ci-dessous montre l'importance de bien calibrer ces seuils afin de ne pas générer de fausses alertes, lesquelles induisent une diminution de la confiance dans le système de mesure.

Tableau 1

Illustration du nombre de dépassements de différents seuils pour des intervalles de temps compris entre 6/12/24 h, à partir des données récoltées du TJM2 entre avril 2015 et avril 2016.

Valeur d'alerte en [mm]	Nombre de dépassements par intervalle de temps			Date du premier dépassement par intervalle de temps		
	6h	12h	24h	6h	12h	24h
0.1	2097	2964	3712	25.04.2015	25.04.2015	25.04.2015
0.2	218	311	586	06.05.2015	06.05.2015	25.04.2015
0.3	33	106	255	19.04.2016	10.03.2016	21.02.2016
0.4	14	47	194	20.04.2016	20.04.2016	19.04.2016
0.5	9	6	21	24.04.2016*	24.04.2016*	21.04.2016

* Veille de l'effondrement

7. Organisation

Responsabilités

Les communes sont des acteurs importants car responsables de la sécurité des personnes sur leur territoire, aussi bien dans les zones habitées que sur les sentiers pédestres. En 2015, la commune de Tafers a donc logiquement assumé le rôle de maître d'ouvrage pour la mise en place du système d'alerte, initialement prévu pour une durée maximale de 2 ans. Elle a été soutenue techniquement et financièrement par le Service des forêts et de la faune, lequel a acheté le système de mesures et a assuré la coordination entre les différents acteurs. Le bureau Geotest SA a fourni à la commune des prestations de conseils sur demande mais n'était pas directement responsable du suivi des mesures.

Les numéros des deux téléphones portables appartenant aux habitants de la maison figuraient sur la liste des personnes informées lors des alertes automatiques de niveau 3 (cf. chapitre 4). En revanche, la famille n'avait pas directement accès au portail internet. Ce choix a été motivé par les variations permanentes des données enregistrées par les extensomètres (variations journalières dues à la température par exemple). Seul un recul objectif par rapport à ces données a permis de les interpréter de manière rationnelle sans paniquer. Le potentiel de conflits d'intérêt entre les différents acteurs était aussi un argument.

Dans tous les cas, les habitants de la maison étaient périodiquement informés de l'évolution de la situation. Cette famille de 4 personnes avait accepté de quitter la maison dès le mois d'août 2015, sans y être forcée légalement.

Quelques semaines avant l'événement, plusieurs variantes d'assainissement de la falaise étaient étudiées, notamment un minage préventif de la partie Est de la falaise (secteur de la voûte) afin de sauvegarder la maison. Cette variante n'a finalement pas été choisie car les questions de responsabilité, en cas de dégâts partiels ou totaux à la maison suite au minage, n'ont pas pu être clarifiées entre les différents acteurs (commune, entreprise, établissement cantonal d'assurance des bâtiments, propriétaire). Suite à cela, le dédommagement anticipé de la maison par l'Établissement cantonal d'assurance des bâtiments était devenu un thème crucial mais n'a pu être réglé avant l'effondrement.

Par un hasard du calendrier, la décision par écrit de l'interdiction d'habiter est tombée quelques jours avant l'effondrement, soit le 20 avril 2016. Cette décision s'est basée sur la législation cantonale d'aménagement du territoire qui stipule que l'habitabilité des bâtiments doit satisfaire certaines conditions en matière de sécurité et de protection de la santé. Le délai de recours de 30 jours n'a pas été utilisé, l'événement étant survenu avant.

Aspects financiers

Le système d'alerte a fonctionné durant une année. Les coûts totaux de sa mise en place (sans les prestations internes de la commune et du canton) se montent à plus ou moins 50 000 francs. Dans ce montant, les coûts de fonctionnement sont évalués à environ 15 000 francs par année. Dans ce cas, le rapport utilité-coût d'un tel dispositif se situe à 100 : 1.

8. Enseignements principaux

Enseignement technique

Le fait de disposer d'analyse pertinente du danger associés à un modèle géologique clair et de l'établissement de quelques scénarios permet de prendre des décisions orientées sur le risque.

Toutes les situations critiques au niveau des dangers naturels ne peuvent pas bénéficier d'une surveillance permanente et précise. En revanche, la combinaison d'outils de surveillance « low tech » à bas coûts avec l'option de basculer sur une surveillance « high tech » automatique a fait ses preuves dans ce cas de figure. En effet, sans le système initial de mesures (manuel à l'aide d'un double mètre, cf. figure 5), il n'aurait pas été possible de détecter à temps les prémices de l'événement et cela aurait peut-être conduit au décès de plusieurs personnes.

A noter encore qu'une acquisition de modèles 3D a été réalisée à l'aide de LIDAR et de drones. Toutefois, ces données n'ont pas pu être utilisées dans un but de surveillance à cause d'une précision insuffisante (1-10 cm) par rapport aux mouvements réels (1-10 mm). En revanche, l'acquisition de vidéos ou de photos à l'aide de drones permet d'avoir un aperçu rapide et sans mettre en danger des personnes. Ces informations ont par exemple été utilisées pour évaluer la situation de danger après l'événement du 25 avril 2016.

Des événements de cette ampleur peuvent être identifiés à l'avance. La difficulté est de pouvoir reconnaître à temps les indices potentiellement visibles dans le terrain puis d'en assurer un suivi. En effet, des déplacements de molasse > 0.1 mm/jour semblent être un indice clair de déformation permanente de la falaise.

De telles déformations peuvent être induites non seulement par le gel-dégel, mais aussi par de fortes variations de températures. Dans ce cas de figure, une augmentation des déplacements a été observée à maintes reprises lors de chutes de températures en plein été par exemple. En fonction de l'absence de résurgence d'eau significative sur le site du Rotary, l'eau et les précipitations ne semblent pas avoir joué de rôle prépondérant en tant que facteur déclenchant.

Enseignement organisationnel

Il n'existe pas de recette standard pour faire face à un tel événement spécifique et très rare. Voici quelques expériences qui ont été faites :

- Un partenariat factuel et objectif entre les différents acteurs (ici la commune, les services cantonaux spécialisés, la préfecture, les experts externes et les citoyens concernés) est une condition préalable pour une bonne gestion de ce type de situation. Le but principal est bel et bien la protection des personnes. Il est aussi nécessaire que les autorités veuillent et puissent assurer ce devoir.
- Le fait de pouvoir consulter en permanence les résultats d'un système de surveillance peut engendrer un stress particulier pour les personnes impliquées, avec une responsabilité directe ou indirecte. De même, l'expérience a montré que la collaboration est facilitée lorsque basée sur des faits et non sur des émotions.

-
- Un échange périodique, où les scénarios sont vérifiés et actualisés si nécessaire, est bénéfique. Dans notre cas, bien que le scénario d'un effondrement total ait été validé, l'ensemble des acteurs a été surpris par l'ampleur et la rapidité de l'évolution de la situation de danger d'effondrement les jours et les heures précédant l'effondrement.
 - Des recherches (Steinsiek 2013) montrent que les personnes touchées par un danger naturel ont tendance à le minimiser ou à le nier, d'autant plus si ce danger échappe à des expériences vécues. De telles réactions ont aussi pu être constatées dans le présent cas. Il est utile pour les spécialistes et les autorités d'en être conscients.
 - Les interdictions, fermetures ou dispositions spéciales sont souvent ignorées par une partie de la population. Même des formulations claires comme « effondrement imminent » ont été ignorées et les barrières mises en place ont été contournées. Il n'existait pas de voie de fuite sur la centaine de mètres du sentier menacé. Dans ce sens, il est logique que des mesures de sécurisation particulières soient prises lors d'un minage préventif par exemple, au regard de la responsabilité des différents acteurs.
 - L'ensemble des tâches et mesures ont été en général effectuées au bon moment. Toutefois, les autorités n'étaient malgré tout pas assez préparées à l'éventualité d'une imminente accélération des événements. Heureusement, l'effondrement a eu lieu la nuit de dimanche à lundi avec une mauvaise météo. Imaginons un instant que le même événement se soit déroulé un samedi après-midi ensoleillé, il aurait été difficile de savoir avec certitude que personne ne se trouvait sous les décombres malgré l'interdiction.
 - Le protocole listant les tâches à réaliser lors d'une évolution critique et rapide du processus (seuil d'alerte niveau 3) doit être établi au préalable, de préférence sous la forme d'une liste de contrôle.
 - Afin d'être sûr que le propriétaire de la maison ne se trouvait pas sur le site, il a été alerté sur l'évolution critique de la situation dimanche soir, soit environ 6 heures avant l'événement. Sur la base des mesures, on peut noter que l'imminence de l'événement se précisait seulement vers 22 h . A ce stade, il n'était plus possible d'envisager des mesures supplémentaires sans mettre en danger les forces d'intervention.

En conclusion, cet événement a mis en avant la nécessité d'utiliser une palette d'outils variés adaptée aux particularités des enjeux. La bonne communication et collaboration entre les habitants impliqués, les instances politiques locales, les bureaux indépendants et le canton a été un aspect important qui a permis entre autres la bonne gestion de cette situation.

9. Références

- BAFU (Hrsg.) (2017), Raumnutzung und Naturgefahren, Umsiedlung und Rückbau als Option, Bundesamt für Umwelt, Bern. 24 S.
- GEOTEST AG. (2012), Bericht 1412 098.1, Blockschlag vom 7./8. Juli 2012, Galterengraben.
- Fuchs St., Léboulement des Trois Canards, 2002, Institut de Géologie, Université de Fribourg, 26 p., non publié.
- Sättele M., Bründl M. (2015), Praxishilfe für den Einsatz von Frühwarnsystemen für gravitative Naturgefahren, WSL-SLF, BAPS, Bern.
- Raemy V. et al., (2016): Galterental Switzerland: Hazardous Rock avalanche of 24 April 2016 and its mitigation, GeoSciences 2016 conference, Wanaka.
- Service des forêts et de la faune (2016), Falaise du Gottéron, site Rotary, Valerie Baumann, 2016, non publié.
- Service des forêts et de la faune (2016), Falaise du Gottéron, site Rotary, analyse post-événement des données, Kim Romailer, non publié.
- Steinsiek P.-M. (2013), Ereignis und Katastrophe, Aus den Werkstätten der Katastrophenforschung, Freiburger Schriften zur Forst- und Umweltpolitik, 244 p. ISBN: 978-3-941300-69-9
- Ville de Fribourg (1999 - 2013), Mesures extensométriques, différents rapports techniques, Aba-Géol SA, non publié.

Service des forêts et de la faune SFF

Route du Mont Carmel 1, Case postale 155, 1762 Givisiez

www.fr.ch/sff

Avril 2017

