

**Zeitschrift:** Tracés : bulletin technique de la Suisse romande  
**Herausgeber:** Société suisse des ingénieurs et des architectes  
**Band:** 135 (2009)  
**Heft:** 06: Mouvant/inerte

**Artikel:** Forages drainants à la Frasse  
**Autor:** Soldini, Marc / Philippossian, Frank / Grosjean, Grégory  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-99740>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 08.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Forages drainants à la Frasse

**Une galerie de drainage de plus de 700 m a été creusée sous la masse instable du glissement de la Frasse. Elle vise à diminuer les pressions interstitielles dans la partie basse du glissement, et à réduire ainsi l'amplitude des déplacements qu'il engendre.**

La structure géologique de la région de la Frasse est gouvernée par un synclinal couché dont l'axe est parallèle à la vallée de la Grande Eau (fig. 1). Son ossature est formée de roches rigides de la nappe des préalpes médianes, essentiellement des cornieules du Trias, des calcaires du Dogger et Malm et des couches rouges du Crétacé – Paléocène) alors que son cœur est constitué par les flyschs de la nappe de la Simme (roches argilo-gréseuses). Ces flyschs sont connus des géologues pour être très sensibles à l'érosion et comme étant à l'origine de nombreux glissements de terrain dans les préalpes (par exemple le glissement de Falli-Höllli, canton de Fribourg).

Le versant de Leysin est en général stable : les roches rigides du flanc renversé du synclinal forment un seuil naturel qui confine les flyschs tendres au plateau de Leysin (fig. 3). A la Frasse, un jeu de failles décrochantes fait que ce seuil rigide s'amincit brusquement, de sorte qu'il n'a pas pu résister à l'érosion du dernier épisode glaciaire. Une datation au carbone 14 sur un échantillon de bois prélevé lors des travaux

d'excavation de la galerie a montré qu'il y a environ 12 000 ans, les flyschs, privés de leur butée, se sont mis à glisser sur une largeur de 500 m. Depuis lors, l'écoulement de plusieurs dizaines de millions de m<sup>3</sup> de matériaux a fini par repousser la Grande Eau contre le versant opposé.

Aujourd'hui, la masse glissée se compose de deux couches épaisses de plusieurs dizaines de mètres chacune : une couche inférieure profonde, constituée de matériaux remaniés anciens et stabilisés, et une couche supérieure active.

Les nombreuses études menées au cours des trois dernières décennies ont établi que le seuil rigide est toujours présent sous le glissement, mais qu'il a été fortement érodé. Ce seuil se situe sous la partie amont des zones les plus actives (« + » et « ++ » sur la figure 2). Il délimite deux systèmes de glissement, à savoir d'une part un système amont caractérisé par une pente moyenne de 12°, une épaisseur de la tranche active supérieure à 50 m et une vitesse d'avancement modérée à élevée (5 à 15 cm/an) et, d'autre part, un système aval avec une pente moyenne de 22°, une épaisseur inférieure à 30 m et une vitesse d'avancement très élevée (15 à 60 cm/an).

Finalement, il s'est avéré que ce seuil correspond à l'emplacement idéal pour la réalisation de la galerie de drainage :

- excavation en rocher,
- couverture rocheuse suffisante pour éviter tout problème lors de la construction et qui réduit à long terme toute déformation due au glissement lui-même,
- limitation de la longueur des drains,
- situation sous la partie amont des zones les plus actives permettant d'agir sur les pressions d'eau au meilleur endroit.

## Géologie rencontrée pendant l'excavation

Les travaux d'excavation ont confirmé la pertinence du choix de l'implantation de la galerie, la quasi-absence de terrain meuble (2% seulement, pour 98% en rocher) et la rareté de venues d'eau. D'importantes zones de failles ont été traversées, sans conséquence toutefois pour la stabilité de l'ouvrage.

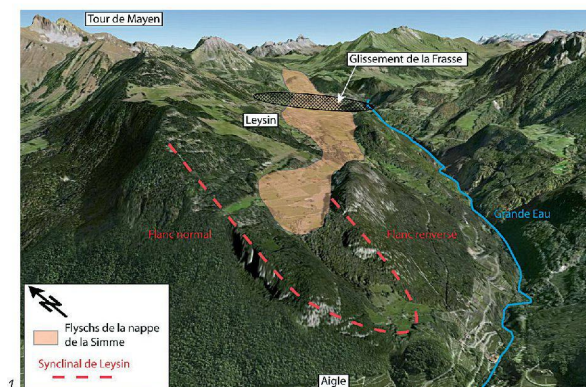


Fig. 1 : Vue du plateau de Leysin depuis la vallée de Rhône. Le synclinal est bien visible, tout comme les seuils de calcaires sur le flanc inverse. (Image Google Earth)

Fig. 2 : Vitesses du glissement de la Frasse (1985-2002). Zones vert - jaune : 1 - 15cm/an ; zones + et ++ : 15 - 60cm/an (modifié d'après Association technique NCG + EPFL, 2004)

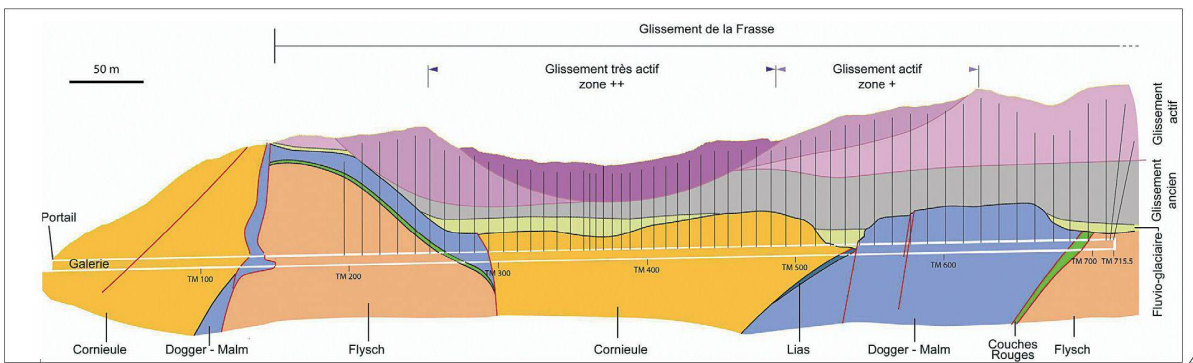
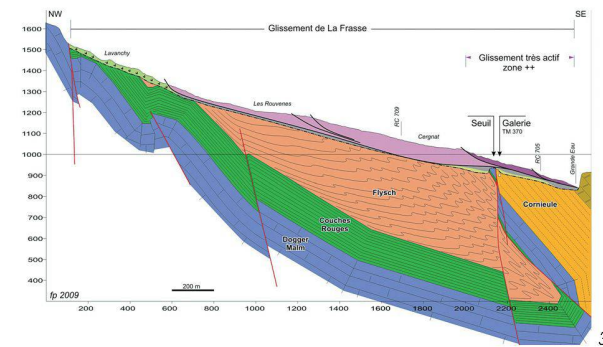
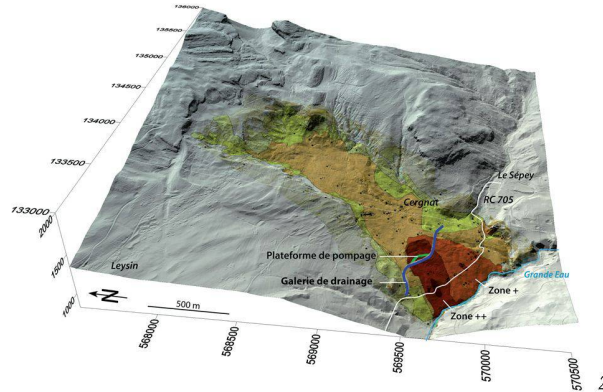
Fig. 3 : Coupe géologique : la galerie de drainage se situe sous le seuil formé de roches rigides du flanc inverse du synclinal de Leysin (modifié d'après DUTI, 1985)

Fig. 4 : Profil géologique en long selon l'axe de la galerie (mars 2009)

Tab. A : Roches traversées par la galerie et technique de construction (TM = distance cumulée depuis le portail)

Les roches et les terrains traversés lors de l'excavation de la galerie sont les suivantes (fig. 4 et tab. A) :

- Les cornieules sont des brèches à dominante dolomitique dans une pâte calcaire. Leur tenue s'est avérée bonne en phase d'excavation, facilitée par l'absence d'eau.
- Les roches du Jurassique sont majoritairement des calcaires massifs ou en bancs épais, très fracturés. Une petite zone de karst a été traversée dans le fond de la galerie (petite ouverture et courant d'air perceptible). Ces roches n'ont posé aucun problème lors de l'excavation.
- Les flyschs traversés par la galerie sont principalement des schistes sombres plus ou moins marneux, souvent altérés, de tenue médiocre. Quelques bancs compétents de grès calcaires (roches dures) y sont intercalés. Les venues d'eau observées lors du percement de la galerie étaient majoritairement localisées dans ces niveaux. Ces roches friables ont été systématiquement soutenues par des cintres métalliques.
- Les couches rouges sont des calcaires marneux lités rencontrés sur deux petites sections de 5 et 10 m.
- La section en terrains meubles est constituée d'un gravier limono-argileux à galets arrondis et de rares fragments de bois (échantillonnage pour la datation citée plus haut). L'absence d'eau a permis une excavation sans difficulté.



Roche	Tronçon	Longueur	Méthode ex.	Type de soutènement
Cornieules	TM 0 - 132 TM 297 - 524	359 m	Minage	56 cintres sur 4 zones distinctes, notamment dans une zone de faille + béton projeté
Calcaires (Lias-Dogger-Malm)	TM 132 - 150 TM 275 - 297 TM 541 - 689	188 m	Minage	Clous + béton projeté
Flysch	TM 150 - 270 TM 702 - 715,5	133,5 m	Brise-roche	133 cintres avec étrépillons + béton projeté
Couches rouges	TM 270 - 275 TM 689 - 702	18 m	Minage	18 cintres avec étrépillons + béton projeté

A

Fig. 5 : Le ROBOVEC, point fixe

Fig. 6 : Cible avec catadioptré, point en mouvement  
(Photos Gilbert Steinmann)

Ces nouvelles données ainsi que les échantillons prélevés dans les forages des drains serviront à préciser le modèle géologique du glissement de la Frasse. Ce travail est en phase de réalisation. Il apparaît déjà que l'épaisseur du rocher entre le toit de la galerie et le terrain meuble est en moyenne de 20 à 30 m, à l'exception du point bas (fluvio-glaciaire TM 524-541) qui correspond probablement à un ancien cours d'eau.

### Programme de surveillance

Le glissement est l'objet de mesures d'auscultation depuis plusieurs années, notamment par le biais de plus de 30 piézomètres, dont certains sont équipés de sondes qui permettent l'acquisition des données à distance (une mesure/h), et d'une trentaine d'inclinomètres, dont beaucoup sont aujourd'hui cisailés.

En complément à ce monitoring standard, un appareil développé par l'EPFL et la société *GEODEV*, le ROBOVEC (appareil de mesure automatique), a été mis en place en 2006 par le Laboratoire de mécanique des sols (LMS). Cette installation fixe (semi-)permanente, située sur le versant opposé du glissement (fig. 5 et 8), permet le suivi en continu de la position en 3D de 14 cibles fixées sur le glissement (fig. 6). Le ROBOVEC

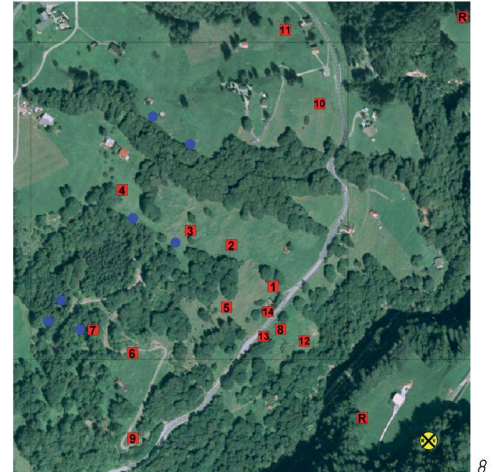
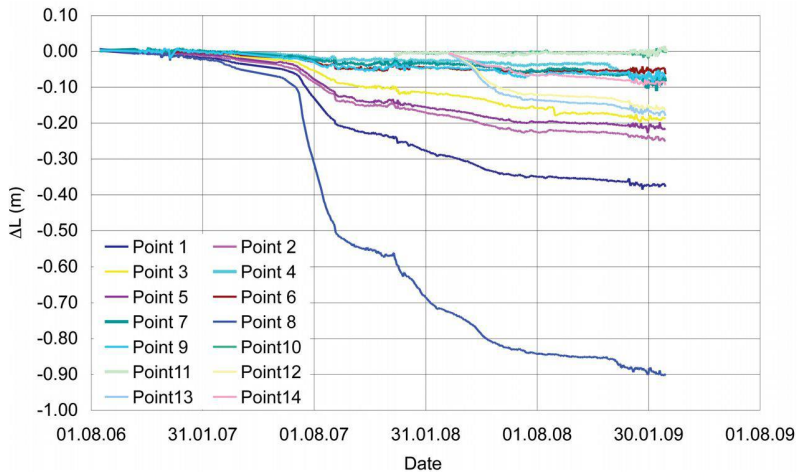
mesure par laser les distances et les angles (horizontaux et verticaux) entre un point fixe (ROBOVEC) et les cibles en mouvements. Il compense automatiquement les effets de la température et de l'intensité lumineuse sur les réflecteurs à l'aide de deux cibles de référence. La précision des mesures, qui dépend de la distance entre le ROBOVEC et les cibles, reste inférieure à 1 cm pour une distance de 600 m.

L'ordinateur qui pilote le ROBOVEC est connecté à l'Internet par une liaison WIFI. Il est piloté à distance, soit pour le téléchargement des mesures, soit pour le contrôle. Une webcam complète l'équipement. La figure 7 illustre les résultats des mesures recueillies d'août 2006 à février 2009. Le point de mesure 8, situé en dessous de la route cantonale, a enregistré un déplacement record de 40 cm en deux mois dû à de fortes précipitations en juillet et août 2007.

En plus de mesures régulières au théodolite, neuf nouveaux points de nivellement ont été placés lors de l'état des lieux des 25 habitations concernées par les travaux d'excavation de la galerie. A cette occasion, des géophones mobiles ont également été installés afin de mesurer, lors de chaque étape de minage, les vitesses et les fréquences de vibrations sur les bâtiments les plus exposés.



Fig. 7 et 8 : Résultat pour la période d'août 2006 à février 2009 et localisation des points de mesure (jaune = points fixes, rouges = cibles, bleu = sondages)



Etant donné que l'on s'attend à un changement du régime des eaux en surface dans la zone de terrain drainé, le jaugeage d'une trentaine de sources ou captages a été intensifié.

### Percement de la galerie

Après les travaux préparatoires du portail de la galerie, qui se sont terminés fin mai 2007, les premiers mètres ont été excavés au brise-roche sous la protection d'une voûte parapluie exécutée début août (fig. 11). Celle-ci est composée de 21 tubes injectés D152 mm de 12 m de longueur en calotte de la voûte.

Par la suite, l'excavation s'effectue principalement à l'explosif en pleine section (25 m<sup>2</sup>). Un jumbo à deux bras fore les 63 trous du plan de tir. La charge moyenne par volée de 3,20 m de longueur est de 140 kg, ce qui permet d'abattre 80 m<sup>3</sup> de roche en place. Des records d'avancement de 12 m par jour de travail et 36 m par semaine ont été atteints.

Dans les roches plus tendres et plus friables (flyschs et terrains meubles), l'excavation s'effectue au brise-roche avec des rendements moindres ne dépassant en moyenne pas 2,4 m par jour.

Le soutènement provisoire est constitué de béton projeté (ép. 10 cm) et d'ancrages passifs de 2,40 m de longueur, voire de cintres métalliques (HEB 140) lorsque la roche est de mauvaise tenue. Seuls 135 m de galerie (essentiellement dans la zone du flysch) ont nécessité la pose d'étrésillons au pied des cintres afin de limiter les déformations du radier.

Ces opérations se répètent de une à trois fois par jour. L'avancement moyen, toute méthode d'excavation confondu, est de 3,9 mètres par jour de travail (deux postes/jour).

Outre les trous de minage, le jumbo a également foré les trous pour la pose de 2 850 m d'ancrages passifs en calotte, et 664 m de forages de reconnaissance verticaux de 4 m de longueur.

Finalement, une foreuse munie d'une glissière de 12 m intervenait environ deux fois par mois pour l'exécution des forages de reconnaissance horizontaux à l'avancement. 780 m de terrain ont ainsi été inspectés par des étapes pouvant atteindre 54 m.

Afin de pouvoir croiser avec les machines de chantier et maintenir les cadences d'avancement, le consortium d'entreprises a décidé d'élargir à mi-chemin la section de la galerie de 2,60 m de largeur sur 25 m de long. Cette niche de croisement se situe dans la cornieule entre le Tm 352 et 377, et a nécessité l'excavation supplémentaire de 400 m<sup>3</sup> et la pose de 26 cintres métalliques.

Suite à la réinterprétation du modèle géologique lors des travaux d'excavation, il a été décidé de modifier le tracé de la galerie vers l'aval afin de poursuivre et terminer la galerie exclusivement dans la roche calcaire et d'éviter ainsi les flyschs. C'est ainsi que le tracé en situation change de trajectoire depuis le Tm 622 en effectuant, non pas un virage à gauche comme prévu initialement, mais un virage à droite.

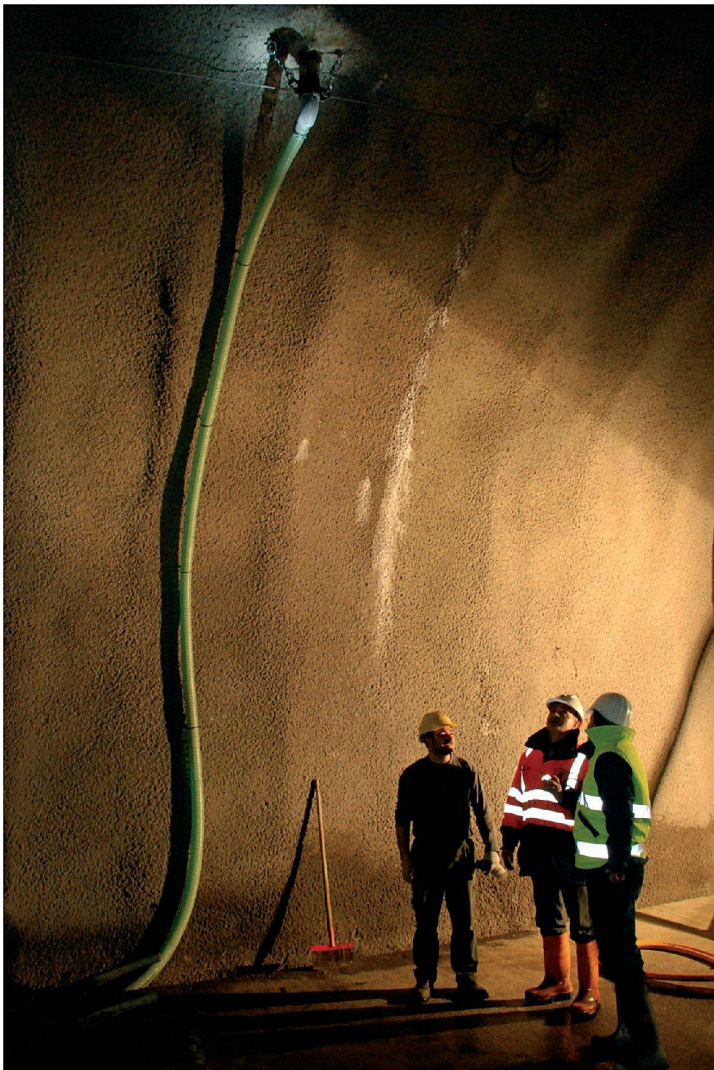
Ce nouveau tracé s'est avéré judicieux mais a dû être interrompu suite aux résultats du dernier sondage de reconnaissance horizontal à l'avancement, qui a mis en évidence des terrains de moins bonne tenue sur les dix derniers mètres du tracé. C'est ainsi que l'excavation de la niche finale (chambre de retournement) a été anticipée. Longue de 25 m, elle s'étend du Tm 690 au Tm 715,5. Les travaux

Fig. 9 : Exécution des forages

Fig. 10 : Drain terminé



9



10

d'excavation de la galerie se sont terminés début juin 2008, soit seulement neuf mois (186 JT) après le premier coup de mine.

Les 35 000 m<sup>3</sup> de déblais d'excavation ont été déposés dans la carrière au Plan Champ qui se situe à 800 m en aval du chantier. Ces matériaux seront utilisés lors du réaménagement définitif de la carrière et lors des travaux de renforcement des berges de la Grande Eau.

La pose du revêtement définitif, constitué d'une couche de béton projeté non fibré de 5 cm d'épaisseur, et le bétonnage du radier définitif d'une épaisseur de 24 cm avec ces caniveaux latéraux, ont mis un terme aux travaux de gros œuvre de la galerie de drainage qui était prête dès fin juillet à accueillir la foreuse pour l'exécution des drainages.

L'ensemble des équipements de surveillance (mesures de convergences, piézomètres, géophones, détecteur de gaz) n'ont pas observé d'événement particulier lors des travaux d'excavation, si ce n'est des variations de pression d'eau d'un piézomètre proche du tracé de la galerie.

Aucune venue d'eau importante n'a été rencontrée lors du percement de la galerie. De très faibles débits ont été relevés dans les flyschs, tandis que dans les calcaires, les venues d'eau ont été plus éparées. A la fin des travaux d'excavation (juin 2008), un débit d'environ 0,8 litre par seconde a été constaté au portail. Comme prévu, la galerie elle-même ne joue pas un rôle de drainage du massif.

### Exécution des forages drainants

Les travaux d'exécution des forages drainants depuis la galerie ont débuté mi-octobre 2008 et se sont terminés mi-mars 2009. Cinq mois ont donc été nécessaires pour mettre en œuvre 3950 m de forages drainants verticaux, répartis tous les 10 m sur les 520 derniers mètres de galerie. La longueur des forages varie entre 52 et 98 m, de sorte qu'ils s'arrêtent à cinq mètres de la surface topographique et à 20 m sous le ruisseau Le Bay.

Les forages sont exécutés au marteau fond de trou par des équipes de six personnes (deux postes/jour) de la manière suivante :

- forage de diamètre extérieur 180 mm sur toute la longueur sans tubage,
- extraction de la tige de forage diamètre extérieur 114 mm et du marteau fond de trou,
- pose du tube de drainage 114/98 mm en acier avec 40 trous de diamètre 1,5 cm par mètre linéaire,
- scellement du tube, au minimum sur les deux premiers mètres.

L'exécution de certains forages s'est avérée délicate en raison de fortes venues d'eau atteignant des débits de 10 l/s pendant une heure lorsque la tige de forage traversait une poche d'eau (fig. 9). De plus, des pierres de plusieurs centimètres de diamètre, qui tombent en chute libre lors du perçement, ont régulièrement endommagé la tête de la foreuse (pièces métalliques et tubes flexibles) et contraint les équipes de forage à exécuter plusieurs heures de maintenance et de réparation.

Le maître de l'ouvrage a fait inspecter l'intérieur des drains à l'aide d'une caméra, ceci afin de vérifier la mise en œuvre et le positionnement des infiltrations d'eau. Lors de l'inspection des premiers forages, l'entreprise a rencontré de nombreuses difficultés, liées principalement à la longueur des drains verticaux et aux fortes venues d'eau. La mécanisation des opérations pour emboîter et soulever les tiges sur 100 m de longueur a été mise en œuvre afin de soulager les opérateurs. C'est ainsi qu'une équipe de trois personnes a pu inspecter plusieurs drains par jour. La position des venues d'eau apparaît clairement sur les vidéos et permet de les localiser au sein du massif. La majeure partie d'entre elles provient de la masse glissée en mouvement.

Une fois le passage de la caméra effectué, le consortium d'entreprises a pu réaliser la fixation définitive des tubes de drainage par l'intermédiaire d'un raccord métallique et par deux ancrages de 1,50 m. Finalement, un tube en PE flexible conduit l'eau jusque dans le caniveau en pied du parement (fig. 10).

Après une phase de vidange du massif, le débit total mesuré à la sortie de la galerie s'est stabilisé à 4,5 l/sec (mi-mars 2009). Depuis lors, le volume d'eau capté a aug-

menté progressivement en relation avec le début de fonte du manteau neigeux. A fin mars, le débit total mesuré était de 7 l/sec, approchant ainsi les prévisions des modèles hydrogéologiques.

### Histoire à suivre

On constate actuellement une augmentation du débit capté. Selon les modèles de calcul, le volume d'eau soutiré par l'ouvrage de drainage devrait atteindre une moyenne annuelle de 1 000 m<sup>3</sup>/jour, soit 12 l/s et ceci une fois la plateforme de pompage mise hors service. Seules des observations sur plusieurs cycles hydrogéologiques permettront d'établir un bilan et de confirmer la validité du drainage comme méthode d'assainissement dans le cas du glissement de la Frasse.

L'entreprise de correction fluviale du glissement de la Frasse (ECF) étudie actuellement le dispositif du renforcement de la berge de la Grande Eau en rive droite par des enrochements, ce qui complétera l'assainissement et empêchera l'érosion du pied de la zone de glissement. L'assainissement de la route cantonale est également prévu à moyen terme et fera l'objet d'un projet spécifique<sup>1</sup>.

Marc Soldini, ing. civil dipl. EPFL  
Frank Philipposian, ing. géologue dipl. UNIL  
Grégory Grosjean, ing. géologue dipl. UNINE / EPFL  
Pierre-François Decoppet, ing. civil dipl. EPFL/SIA  
Groupement SD-BEG-Frasse, p.a sd ingénierie Lausanne SA,  
Place Chauderon 3, CH – 1002 Lausanne

Claude-Alain Davoli, ing. rural dipl. EPFL  
SESA, secrétaire de l'ECF  
Rue du Valentin 10, CH – 1014 Lausanne

<sup>1</sup> Une plateforme internet permet de suivre le projet : <<http://www.vd.ch/fr/themes/environnement/eau/rivieres/grands-projets/la-frasse/>>.



11