

Assainir le glissement de la Frasse

Le glissement de terrain de la Frasse dans les Alpes vaudoises est parmi les zones instables les plus connues de Suisse. Les études et mesures d'auscultation ont montré que l'eau interstitielle est le principal moteur de ce phénomène, qui affecte le tracé de la route cantonale reliant Aigle au Sepey.

Le glissement de la Frasse se situe en aval du village du Sepey (VD), sur la commune d'Aigle et d'Ormont-Dessous. Son volume est estimé à 40 millions de m³. Il est long de 2 000 mètres et large de 500 à 1 000 mètres. Il est repérable par sa forme caractéristique (fig. 1), large à son sommet (zone d'arrachement), rétrécie en son milieu (zone de transit) et évasée à sa base (zone d'étalement).

L'origine du phénomène est à rechercher dans les singularités géologiques du secteur :

- présence en forte épaisseur de roches argileuses très sensibles aux phénomènes d'altération (flyschs),
- érosion de couches rigides en pied de versant par l'érosion glaciaire : au retrait des glaces, les flyschs, privées de leur butée, se sont mis à glisser,

- pendage aval des structures géologiques favorisant un glissement couches sur couches,
- action des eaux souterraines réglant le déclenchement des mécanismes du glissement,
- présence, en pied de glissement, de la rivière de la Grande Eau, qui se singularise par la soudaineté et le volume de ses crues. Le pouvoir érosif qui en résulte joue un rôle déterminant dans l'entretien des mouvements de la partie inférieure du glissement, où les vitesses annuelles moyennes s'échelonnent entre 15 et 60 cm/an.

Les situations de crise peuvent conduire à de fortes accélérations (près de 350 cm/an pendant l'hiver 1993-1994) et sont susceptibles de provoquer de gros dégâts, entraînant notamment :

- un risque latent pour la ville et les habitants d'Aigle par le phénomène d'obstruction du lit de la Grande Eau (embâcle), suivi d'une brusque rupture (débâcle),
- des déformations très importantes de la route cantonale RC 705 qui relie Aigle au Sepey (fig. 3) et, dans une moindre mesure, de celle entre Le Sepey et Leysin (RC 709),
- des dégâts aux habitations situées sur le glissement.

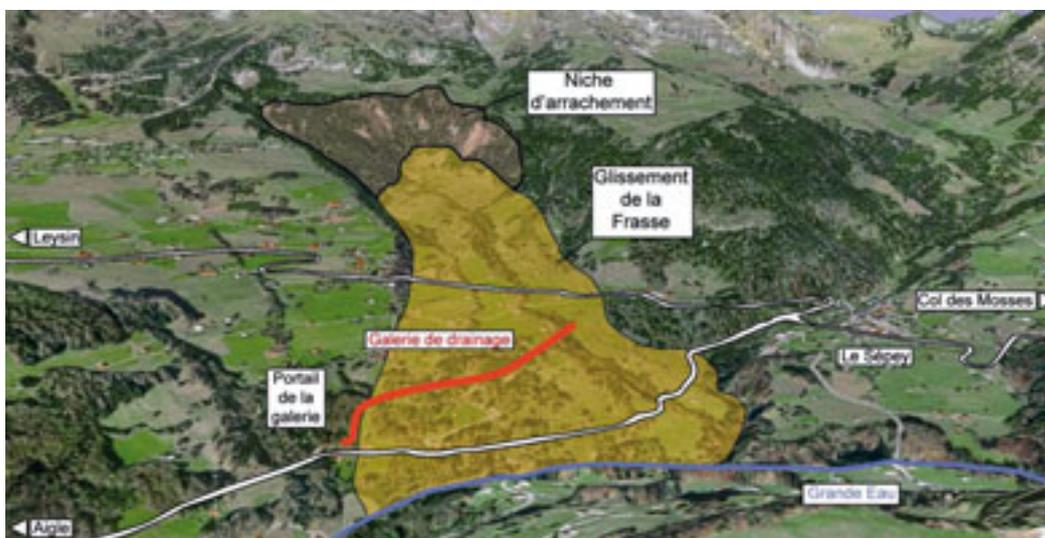


Fig. 1 : Vue depuis le sud-ouest du glissement de la Frasse (Image Google Earth)

Fig. 2 : Plateforme de pompage (en haut à gauche) et galerie de drainage. Coupe de principe tirée du rapport final de l'étude de faisabilité 2002-2003 de l'assainissement du glissement de la Frasse [6]

Fig. 3 : Etat actuel de la route cantonale RC 705 Aigle-Le Sepey

Un crédit d'investissement, débloqué par le Grand Conseil en octobre 2005, a permis de concrétiser le projet de réalisation d'une galerie équipée d'une cinquantaine de forages drainants verticaux (voir article p.10).

Historique des études

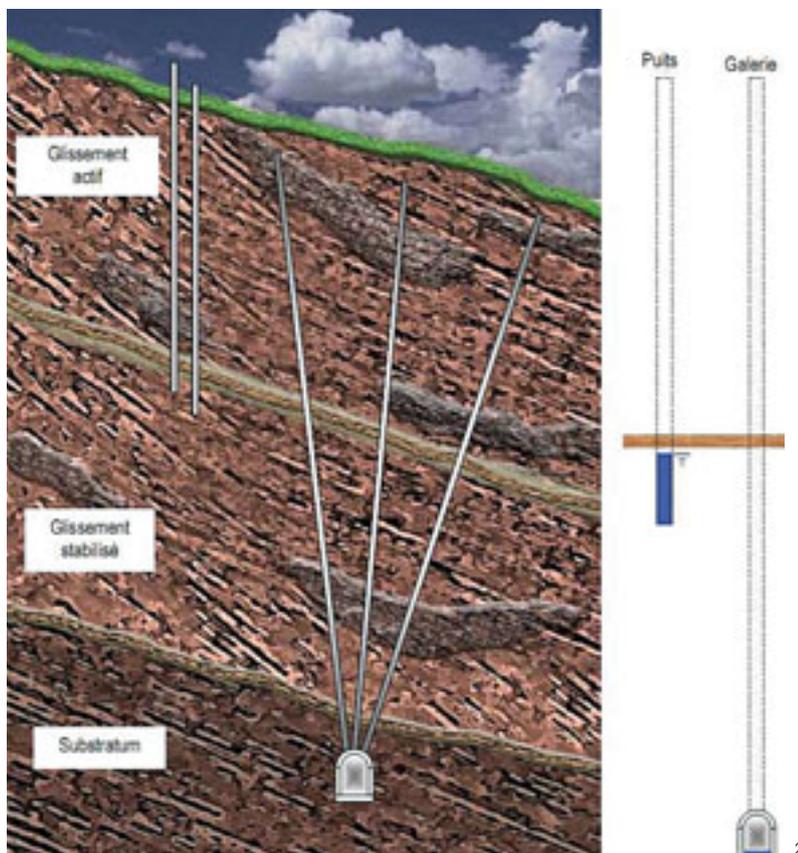
Les premières études sur les causes du glissement remontent à 1863, quelques années après la construction de la RC 705 (1836-1840), qui a subi d'importants mouvements, jusqu'à 20 m latéralement et 9 m verticalement (études Chavannes). D'autres ingénieurs se sont penchés sur le problème en 1866 (étude Cunéod) et 1912 (Etude Develey), tous cherchant à intervenir au niveau de la Grande Eau.

En 1922, suite à une étude de Lugeon, Paschoud et Rothpletz sur la crise de 1910-1914 [1]¹, deux galeries de reconnaissance de 95 m et 182 m ont été construites. Elles ont aujourd'hui disparu. Plus près de nous, l'étude Bersier-Weidmann en 1970 [2] et le projet DUTI/EPFL en 1986 [3] rapportent les analyses faites suite à des crises en 1966, respectivement 1981-1982. Chacune de ces études faisait suite à une accélération du glissement en relation avec de fortes précipitations.

Depuis 1978, le groupement NCG (Norbert - De Cérenville) procède à une auscultation régulière du glissement (suivi inclinométrique, relevé piézométrique manuel et automatique, jaugeage de sources, etc.) dont ont découlé de nombreuses études et interventions sur le glissement. Parmi celles-ci, citons les travaux d'urgence qui ont amenés en 1994 [4] à la réalisation d'une plateforme de pompage de 22 puits située au niveau de la zone la plus active («zone ++» sur figure 2, p. 11). Cette installation, encore en service aujourd'hui, a montré son efficacité mais présente une durabilité peu satisfaisante (faible tolérance aux mouvements résiduels) ainsi que des coûts élevés de maintenance (pompes) et d'exploitation (électricité).

Concept d'assainissement

Finalement, c'est en 2002 que le Service des eaux, sols et assainissement (SESA) et l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) ont décidé de mettre sur pied une étude de faisabilité qui a conduit au principe d'assainissement développé par l'Association technique NCG + EPFL [5] (fig. 2). Celui-ci prévoyait d'agir sur les sous-pressions des eaux souterraines par le biais d'une galerie de drainage implantée sous la masse en glissement et à partir de laquelle des forages drainants subverticaux pénétrant suffisamment dans ladite



¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

Fig. 4a : Modélisation d'assainissement par drainage profond. Différence de potentiels entre le modèle de base et le modèle de la galerie à la surface du glissement

Fig. 4b : Modélisation des déplacements depuis le 01/08/93. Situation le 27/05/94 : le modèle reproduit clairement la présence de zone de mouvements plus marqués (en rouge) correspondant à la zone « ++ ». La variante avec galerie présente des mouvements réduits. (Documents NCG + EPFL, Geomod SA)

masse seraient exécutés. Son gros avantage par rapport à une solution par pompage est de pouvoir évacuer les eaux par gravité sur toute l'épaisseur du glissement. L'étude de faisabilité a conclu qu'une telle intervention ralentirait les mouvements du glissement, notamment dans les zones «+» et «++». A noter que cette méthode a déjà fait ses preuves et a donné entière satisfaction en 1995 dans le Val Rovana (TI) pour la stabilisation du glissement de Campo Vallemaggia, dont le volume en mouvement est estimé à 400 millions de m³ [6].

Le concept d'assainissement prévoit aussi, dans une étape future, un réaménagement avec renforcement du lit et des berges de la Grande Eau par des enrochements, et finalement, une réfection complète de la route cantonale qui nécessite, depuis sa construction en 1836, un entretien fréquent et coûteux.

L'analyse des relations entre les précipitations et les mouvements du glissement a montré que celui-ci réagit de manière différée. Une relation a été établie avec les précipitations survenues plusieurs mois auparavant. Il en découle que le glissement est non seulement tributaire des pluies qui l'alimentent directement, mais aussi, et surtout, de l'impluvium dans un bassin d'alimentation beaucoup plus vaste. En conséquence, le concept d'assainissement s'est rapidement détourné d'une solution par drainage de surface qui s'avèrerait à coup sûr insuffisante.

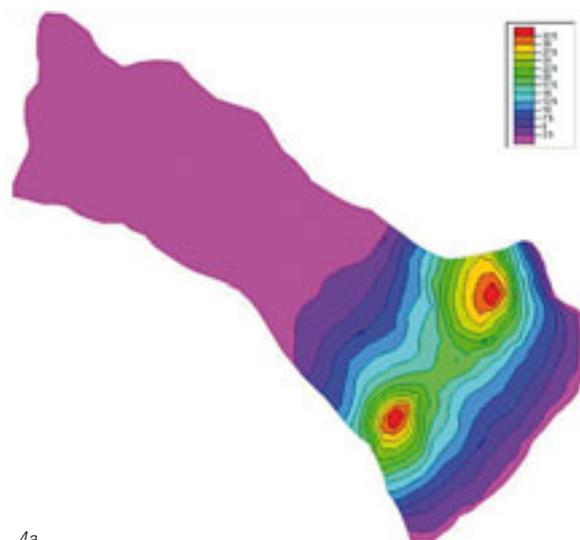
Une solution envisagée en 1986 [3], qui consistait en un ceinturage drainant du glissement visant à intercepter les eaux souterraines qui l'alimentent, n'a pas été retenue en raison de son coût et de sa réalisation délicate. Finalement, le principe d'assainissement choisi consiste à intercepter les eaux souterraines dans la partie amont des zones les plus actives.

Modélisation du drainage

Pour évaluer l'efficacité du dispositif, une série de modèles a été réalisée (fig. 4a et b) :

- modèles d'infiltration efficace des précipitations [7],
- modèle géologique structural définissant la géométrie prévue des formations rocheuses,
- modèles numériques hydrogéologiques (logiciel *Feflow*) permettant de calculer les pressions hydrauliques au sein de la masse glissée, notamment sur les surfaces de glissement,
- modèles numériques géomécaniques (logiciel *Zsoil*) calculant les déplacements, en tenant compte des pressions hydrauliques.

Les modèles hydrogéologiques et géomécaniques ont été calibrés à partir de données relevées *in situ* entre le 1^{er} août



4a

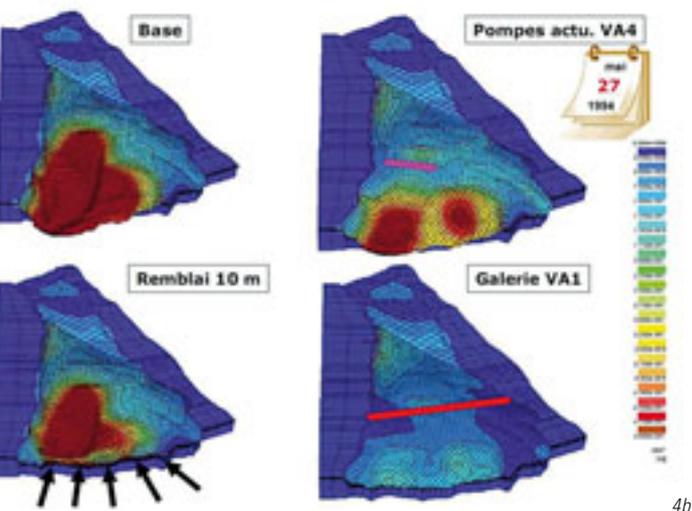
1993 et le 31 décembre 1995. Une fois la calibration des paramètres obtenue, l'efficacité du drainage a été évaluée en ajoutant les drains dans les modèles. Une modélisation détaillée de la zone des drains a permis d'optimiser leur espacement à environ dix mètres.

Projet et mise en soumission

Le crédit d'investissement, débloqué par le Grand Conseil en 2005, a permis de poursuivre le développement du projet, avec notamment des reconnaissances complémentaires sous forme d'une étude géophysique par sismique réflexion haute résolution, de forages carottés ainsi que par la mise en place d'un appareil de mesure automatique des déplacements par laser.

A la même période est créée l'Entreprise de correction fluviale (ECF) du glissement de la Frasse, véritable maître de l'ouvrage du projet. Nommée par le Conseil d'Etat, elle est dirigée par une commission exécutive dont les membres sont des représentants de l'Etat de Vaud (Service des eaux, sols et assainissement et Service des routes) et des conseillers municipaux des communes les plus directement concernées (Ormont-Dessous et Aigle).

Fin 2006 - début 2007, le projet d'ouvrage [8] et les documents de soumission ont été établis. Ils comprenaient le



4b

percement d'une galerie de 725 m en cul de sac, légèrement montante (2% de pente), située dans les terrains stables, sous les masses en mouvement les plus actives, et la réalisation de 54 forages drainants verticaux exécutés depuis la galerie.

Des travaux préparatoires ont été réalisés au printemps 2007. Il s'agissait de l'aménagement de l'ancienne route au niveau du Pont de Champillon et des ses abords (renforcement de murs de soutènement, excavation, mise en place de canalisations enterrées), ainsi que de l'exécution de la fouille du portail et de son soutènement, afin de rendre possible l'attaque de la galerie telle que prévue dans le projet d'ouvrage. Enfin, en avril 2007, le maître d'ouvrage a adjugé les travaux de la galerie et des forages drainants à un consortium d'entreprises qui a débuté les travaux d'excavation fin août 2007.

Réduire mouvements et coûts

La volonté de l'Etat de Vaud de procéder à l'assainissement du glissement s'inscrit dans une optique de diminution des frais de remise en état des infrastructures, occasionnés par les mouvements du versant et de réduction des risques de formation d'embâcle-débâcle dans le lit de la Grande Eau. A cette fin, la solution de réaliser une galerie de drainage présente les avantages d'une longue durabilité de l'ouvrage,

d'un investissement initial relativement modeste pour ce type de construction et d'un impact environnemental quasi nul.

Un tel ouvrage devrait permettre à terme de réduire les mouvements du glissement dans des proportions significatives. Toutefois, seul le suivi à long terme de l'évolution du glissement permettra de juger concrètement de l'efficacité des moyens mis en œuvre.

Marc Soldini, ing. civil EPF
Groupement SD-BEG-Frasse, p.a. sd ingénierie Lausanne SA,
Place Chauderon 3, CH – 1002 Lausanne

Emmanuel Marclay, géologue dipl. UNIL
Christian Taruffi, ing. civil dipl. EPF
Dr Laurent Tacher, géologue dipl. EPF, hydrogéologue UNINE
Association technique «NCG + EPFL»
pour l'étude du glissement de la Frasse
p.a. De Cérenville Géotechnique SA,
Ch. des Champs-Courbes 17, CH – 1024 Ecublens

Références:

- [1] LUGEON, PASCHOUD et ROTHPLETZ, *Rapport d'expertise sur le glissement des Frasses*, 1922
- [2] BERSIER A. et WEIDMANN, M. : *Le glissement du terrain de Cergnat-La Frasse (Ormont-Dessous, Vaud)*, Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat., 334, 70, 1970
- [3] DUTI (Détection et Utilisation des Terrains Instables), Projet EPFL, *Le glissement de Cergnat – La Frasse*, 1986
- [4] Groupement NCG, Stabilisation de la zone ++, Travaux d'urgence 94, Puits drainants, 1995
- [5] Association technique «NCG + EPFL» pour l'étude du glissement de la Frasse, Assainissement : *Etude de faisabilité 2002-2003, 2004*.
- [6] BERTOLA, P.F., Lombardi SA Ingegneri Consulenti, Minusio, Svizzera, et G.BEATRIZOTTI, Scuola universitaria professionale della Svizzera Italiana, *La stabilizzazione dello scivolamento di campo Vallemaggia – Risultati e modelli interpretativi*, Cadennazzo, Svizzera, maggio 2008
- [7] JANSSON, P-E et KARLBERG, L. : *Coupled heat and mass transfer model for soil-plant-atmosphere systems*. Royal Institute of Technology, Dept of Civil and Environmental Engineering, Stockholm, 2001
- [8] Groupement NCG, Travaux d'assainissement : *Galerie de drainage*, Projet d'ouvrage, 2006

Etude de faisabilité et concept d'assainissement

Association technique «NCG + EPFL» pour l'étude du glissement de la Frasse comprenant :
- Bureau Technique Norbert, Géologues-Conseils SA
35, Avenue du Grand-St-Bernard, CH – 1920 Martigny
- De Cérenville Géotechnique SA
17, ch. des Champs-Courbes, CH – 1024 Ecublens
- LMS et GEOLEP, ENAC – EPFL, CH – 1015 Lausanne

Projet d'exécution et direction des travaux

Consortium SDBE– Groupement d'ingénieurs et géologues comprenant :
- sd ingénierie Lausanne SA,
Place Chauderon 3, CH - 1002 Lausanne
- Bureau d'Etudes Géologiques SA
Route de la Combe 2, CH – 1816 Chally-sur-Montreux