

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 92 (2010-2011)
Heft: 1

Rubrik: Il y a 150 ans dans le bulletin

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

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

Il y a 150 ans dans le bulletin

GLISSEMENT DE TERRAIN.

397

DU GLISSEMENT DU TERRAIN

au lieu dit LA FRASSE, sur la route d'Aigle au Sépey,

et des études à faire pour déterminer les travaux nécessaires à la consolidation des couches en mouvement.

Par M^r F.-G. CHAVANNES, ingénieur.

(Séance du 7 janvier 1863.)

Depuis nombre d'années le terrain glisse d'une manière lente, mais continue, entre le ruisseau descendant du Cergniat, la Grande-Eau, le ruisseau du Sépey et le dernier escarpement de rocher du versant sud-est de la chaîne d'Aï. Ce glissement du sol n'est pas également rapide sur toute cette surface, il est plus fort vers le ruisseau du Cergniat, où l'affaissement dépasse un pied, en moyenne, par an.

Les conséquences de ce mouvement sont coûteuses et dangereuses; destruction de propriétés, dégradation constante de la route de 2^{me} classe, 1^{er} rang, et un cube considérable de matériaux jetés dans la Grande-Eau. — La route a déjà été corrigée, une nouvelle correction coûteuse est projetée et par dessus tout la Grande-Eau exhausse son lit dans la plaine. Si cet exhaussement n'est pas arrêté, le moment n'est pas loin où la crue subite des eaux ne se bornera plus à éveiller des inquiétudes habituelles à Aigle, mais causera des désastres énormes. Nous allons voir que les moyens de faire cesser ce dispendieux état de choses exigeront un sacrifice bien faible en comparaison de ces dépenses constantes et de ces dangers croissants.

Les rochers qui bordent l'éboulement au nord-ouest se prolongent sous les couches mobiles, et forment ainsi un sous-sol imperméable et glissant incliné très-fortement vers la Grande-Eau. Le dépôt superficiel en mouvement semble consister en couches argileuses et graveleuses, mélangées de roches dont le caractère lithologique est analogue à celui des tufs.

Le mouvement du terrain a causé la formation de deux lignes de maximum de rupture. L'une suit la séparation du terrain fixe et forme la circonscription de l'éboulement. L'autre qui lui est à peu près concentrique suit, sur un assez grand parcours, le sommet de la dernière pente rapide, immédiatement au-dessus de la Grande-Eau. Entre ces deux lignes la zone de terrain affecte la forme d'un pla-

teau relativement peu incliné et passablement accidenté. Ce plateau glisse en bloc, presque sans mouvement intérieur, il est couvert de nombreux bâtiments et de cultures montagnardes. La faille qui se manifeste par la deuxième ligne de rupture présente environ 30 pieds de dénivellation. Le plateau est traversé par trois ruisseaux et sa surface est assez grande pour entretenir de nombreuses sources à sa partie inférieure. Les eaux des ruisseaux et des sources s'infiltrant dans la faille y entretiennent la terre dans un état boueux et augmentent la poussée. Le ruisseau du milieu a une eau tuffeuse et une fois arrivée sur la pente au dessous de la faille, cette eau, brassée par de nombreuses cascates, laisse dégager l'acide carbonique et dépose un tuf calcaire qui remplit le lit et fait divaguer le ruisseau.

Il résulte de cette disposition des lieux que la couche terreuse est constamment imbibée d'eau qui s'infiltré jusque sur le roc où elle glisse en affouillant la fondation même du sol et en lubrifiant une surface de frottement très inclinée. La couche terreuse glisse et avance vers le fond de la vallée de la Grande-Eau en présentant un front d'au moins 20,000 pieds de longueur et une épaisseur considérable. Sans le torrent, la couche meuble venant butter contre le dernier escarpement de Chamossaire prendrait bientôt une inclinaison telle que le mouvement cesserait, mais à mesure que la couche avance elle est rongée par la Grande-Eau qui en entraîne les débris, et la seule limite de cet état de choses est la mise à nu d'une lieue carrée de rocher et la formation d'un énorme cône de déjection dans la plaine. La Grande-Eau enlève chaque année une couche d'un pied d'épaisseur environ, sur 15 pieds de hauteur et 20,000 pieds de longueur, soit un cube de 300,000 pieds cubes ; sans tenir compte des affouillements des ruisseaux eux-mêmes et du lavage causé par les fortes pluies. Le lit dans lequel le torrent dépose ayant une longueur d'environ 13,000 pieds, sur une largeur moyenne d'au plus 50 pieds, la surface recevant le dépôt est de 650,000 pieds carrés. Ces 300,000 pieds cubes de dépôt doivent donc causer un exhaussement annuel de 0,46 pieds de hauteur. Mais comme une grande partie du dépôt est entraînée au Rhône, où du reste il est fort nuisible, on peut admettre un exhaussement annuel de 0,20 pieds.

La Grande-Eau coule souvent à pleins bords, ses digues devront donc être exhausées de deux pieds en dix ans. Une partie de la ville d'Aigle et d'énormes surfaces de cultures sont actuellement plus basses que le fond du lit du torrent.

Les conséquences d'un pareil état de choses sont évidentes et effrayantes.

Le but de ce travail étant de fixer les bases des études à faire pour déterminer les travaux de consolidation, je serai très bref quant à la description de la consolidation elle-même, d'autant plus que dans un précédent travail remis à la commission, j'ai à propos

de la Baie de Clarens, décrit et discuté assez au long les moyens à employer contre les éboulements de montagnes.

Dans le cas actuel il faut fournir un écoulement aux sources de façon à les empêcher de couler dans la faille. Il faut lutter contre l'affouillement des ruisseaux et leur donner une grande vitesse sur les points où ils coupent la faille. Il faut donner au lit du ruisseau tuffeux une pente et une direction rectiligne, afin que la vitesse de l'eau y atteigne 15 à 18 pieds par seconde et que l'affouillement mécanique du tuf y contrebalance son dépôt chimique. Enfin, il faut faire des barrages dans le lit de la Grande-Eau, provoquer un dépôt au pied de l'éboulement, remplacer la pente trop forte par une série de barrages étagés bien enrochés à l'aval. Rejeter le courant contre l'escarpement de Chamossaire, cette berge étant formée de bancs massifs de rochers qui ne peuvent être ni affouillés, ni sensiblement délités par l'eau.

On obtiendrait ainsi de faire cesser l'affouillement et en sur-élevant le lit on diminuerait la pente de la couche mobile immédiatement en contact avec la Grande-Eau. Ces barrages peuvent être construits sans gêner en rien le flottage des bois.

Pour pouvoir faire le devis de cette consolidation voici les études qui me semblent nécessaires :

1° Compiler à l'échelle de $\frac{1}{1000}$ les plans cadastraux de la surface ébouleuse et de son périmètre fixe.

2° Etablir le profil en long de la partie de la Grande-Eau et de ses affluents comprise sur cette carte et établir de nombreux repères sur des points déterminés au plan.

3° Rechercher la position des sources et la rapporter sur la dite carte.

4° Déterminer sur le terrain et reporter sur la carte les principales lignes de rupture.

5° Sur ces documents, choisir la position des barrages, déterminer le profil en long, dont il faut provoquer la formation dans les cours d'eau et tracer le drainage (drainage à effectuer par tranchées et pierrées).

6° Lever le profil en travers des cours d'eau sur les points choisis pour les barrages.

7° Faire les plans d'exécution des barrages.

8° Rédiger le devis et un mémoire de l'ordre dans lequel les divers travaux doivent être exécutés et de la répartition des dépenses entre l'Etat, les communes et les particuliers.

Ces études comprendront de 1600 à 1800 perches courantes de nivellement et la compilation des cartes cadastrales d'une surface d'environ une lieue carrée. Si l'Etat fournissait la carte, les études pourraient se faire moyennant une somme de 900 à 1,200 fr. suivant le cahier des charges qui serait imposé.

D'après les quelques croquis, nivellements approximatifs, etc.,

400

MÉTÉOROLOGIE

que j'ai faits, j'ai lieu de croire que le coût des travaux ne dépasserait pas 8 à 12,000 fr., à répartir en 5 annuités.

On sera peut-être étonné de voir les études s'élever au 10 pour cent de l'exécution, mais dans des travaux de ce genre, ou de petits ouvrages se trouvent disséminés sur une grande surface ; où tous doivent être reliés et solidaires et où le choix des positions est si important, le coût des études ne peut que présenter une fraction élevée du coût de l'exécution, tandis que le contraire a lieu lorsque des travaux grands et coûteux sont massés en un bloc.



Rétrospective

par

Christophe BONNARD¹

La stabilisation du glissement de terrain de La Frasse, dans le canton de Vaud – Objectif poursuivi par tout ingénieur au cours du temps

Article de F.-G. CHAVANNES de 1863, ingénieur

Le glissement de terrain de La Frasse, situé au sud-est des Tours d'Aï, et que franchit la route cantonale du Col des Mosses, en dessous du Sépey, a fait naître chez tous les ingénieurs et les géologues qui l'ont étudié des rêves de stabilisation: comment arrêter, ou du moins suffisamment ralentir, une masse active de 42 millions de m³ en mouvement permanent depuis des milliers d'années, et qui cause à la route des dégâts importants (figure 1)?



Figure 1.–La route RC 705, au droit du glissement de La Frasse, subit des déformations importantes, depuis sa construction en 1830, et nécessite des travaux d'entretien coûteux. (Photo: E. Prina)

¹PBBG SA, rue Beau-Séjour 15, CH-1002 Lausanne; e-mail: christophe.bonnard@pbbg.ch
Ancien collaborateur au Laboratoire de Mécanique des Sols, EPFL

La première démarche, remarquablement synthétisée par l'auteur de l'époque (CHAVANNES 1863), est la nécessité d'identifier le phénomène et d'en comprendre le mécanisme. Les quelques informations fournies dans cet article montrent que les limites du phénomène d'instabilité et son mécanisme ont été assez bien compris, du moins pour ce qui concerne la morphologie de surface. Les principales niches d'arrachement (appelées à l'époque lignes de rupture) sont bien situées, le profil longitudinal du glissement dans sa partie haute est très bien décrit («plateau peu incliné et passablement accidenté»), les conditions d'infiltration des eaux de surface et leur rôle probable sont perçus de façon correcte, quoiqu'un peu schématique. Ce diagnostic est remarquable, compte tenu des faibles moyens d'investigation de l'époque.

Toutefois, l'inclinaison supposée du plan de glissement – qualifiée de très forte – n'est pas correcte, puisqu'elle n'est que de 11° dans la partie principale supérieure du glissement et de 20° dans la partie inférieure ; elle n'a pu être mise en évidence que plus tard, tout d'abord grâce à la galerie de drainage entreprise par le prof. Lugeon en 1920, et qui a permis de préciser les conditions géologiques dans le versant, ensuite par les nombreuses mesures inclinométriques entreprises dès 1982, dans le cadre du projet DUTI, puis par les mandataires du Service des Routes (BONNARD 1983, DUTI 1986, EPFL-NCG, 2004) (figure 2).

La deuxième étape implique une évaluation du développement potentiel du phénomène et de ses conséquences, de façon à justifier les travaux recommandés en dernier lieu. Dans cette étape, l'auteur tente de formuler un scénario – le comblement progressif du lit de La Grande- Eau – et de le chiffrer, pour en tirer des conséquences sur les conditions de sécurité à l'aval. C'est là que les choses se gâtent, à la lumière de nos connaissances actuelles, car les mesures données du phénomène, exprimées en pieds (= 30.5 cm), exagèrent très largement la réalité des faits et laissent penser que tous les matériaux érodés annuellement (estimés

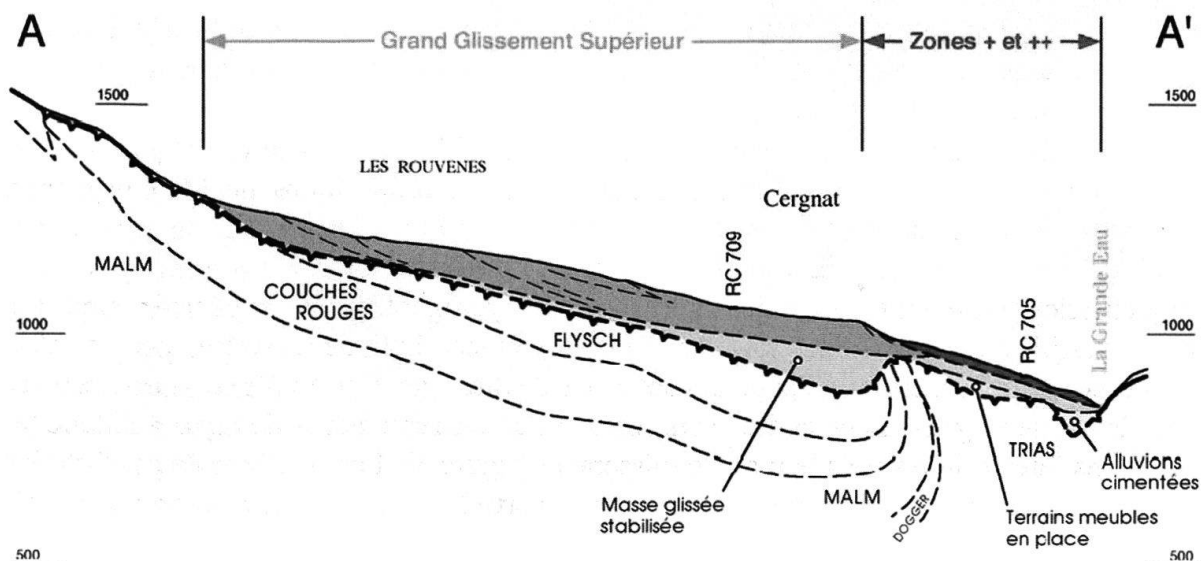


Figure 2.–Profil en long schématisé du glissement de La Frasse, mettant en évidence la faible inclinaison de la partie supérieure (11°) et la plus forte pente dans la partie inférieure (20°) (tiré de EPFL-NCG 2004).

alors à 300'000 pieds cubes, soit 8'500 m³) se déposent uniformément dans le lit de la rivière jusqu'à Aigle, pour la moitié d'entre eux environ, alors que le reste est entraîné au Rhône. En réalité, les bilans de masse effectués sur le glissement montrent que 2'000 m³ seulement sont entraînés en moyenne par la rivière (DUTI 1986). Il a aussi pu être établi, sur la base de travaux de mensuration dans le lit de la Grande-Eau, que la surélévation de la rivière au droit du glissement a atteint 6m au total entre 1958 et 1982, ce qui affecte très peu l'équilibre du versant instable.

La conséquence critique de ce processus d'interaction entre le glissement et la rivière n'est en fait pas l'évolution progressive de la déposition à l'aval (il n'y a pas eu de «situations effrayantes» à Aigle au cours des derniers 150 ans), mais plutôt le risque de formation d'un barrage temporaire, suite à une phase d'accélération momentanée du glissement. Pour analyser ce scénario, il n'est pas possible de prendre en compte la vitesse moyenne (le chiffre cité au début de l'article – 30 cm/an d'affaissement – est d'ailleurs largement inférieur à ce qui a pu être reconstitué dans les études de mouvement au 19^{ème} siècle, soit 82 cm/an au droit de la route entre 1840 et 1867 (LUGEON *et al.* 1922), mais il faut apprécier les mouvements lors de situations de crise, telles qu'elles se sont manifestées entre 1913 et 1919, en 1966, entre 1981 et 1982, entre 1939 et 1994, et dans une moindre mesure en 2007.

Que se passe-t-il en période de crises et à quels phénomènes répondent-elles? Seule la modélisation journalière dans un modèle d'éléments finis, sur une longue période comprenant un épisode de crise, et traitant tant des conditions hydrogéologiques que géomécaniques, a permis de reconstituer récemment le mécanisme du glissement (TACHER *et al.* 2005). Il a ainsi été possible d'établir que ces épisodes de crise ne répondent pas à un épisode court de pluie très intense ni à une période de plusieurs mois très pluvieuse, mais à une conjonction de phénomènes météorologiques nécessitant la prise en considération d'une période de 2 ans et la non prise en considération de toutes les précipitations journalières inférieures à 2 mm/jour environ. A ce jour, en fait, il n'est jamais survenu de crise suffisamment forte pour barrer la Grande-Eau de façon importante (un lac temporaire de 1 à 2m de profondeur s'est formé à l'amont du glissement en 1982). Il a pu être démontré qu'il n'y a aucune mise en charge du versant sous la masse instable par les eaux circulant dans les calcaires karstiques du Malm (BONNARD *et al.* 1987).

La dernière étape, dans l'analyse de l'ingénieur, est la formulation d'une solution constructive visant à la stabilisation. C'est là que les propositions de M. Chavannes, malgré leur apparente logique et leur caractère méthodique approprié, au niveau des études préalables, ne sont pas susceptibles de répondre aux enjeux. En effet, grâce à la modélisation en régime transitoire des conditions hydrogéologiques et géomécaniques, il a été possible de tester tant des solutions de renforcement du lit de la rivière, comme celles proposées dans l'article étudié, que des solutions de drainage, à partir d'une galerie réalisée sous la masse en glissement, et d'où sont forés des drains remontants, de façon à réduire les pressions interstitielles sous le plan de glissement (figure 3). Les solutions de confortation du lit réduisent certes les mouvements du terrain à proximité immédiate des ouvrages, mais la masse glissée tend à passer par-dessus les murs en cas de crise. Au contraire, les solutions de drainage, bien que localisées dans la zone basse du glissement, permettent de réduire les mouvements de 95% en cas de crise dans toute la zone du pied, de sorte que la route ne subira plus les conséquences néfastes de ces épisodes critiques.



Figure 3.—Forage des drains remontants à partir de la galerie de drainage sous le glissement de La Frasse; les débits sont momentanément importants en cours de forage, mais se sont fortement réduits (photo extraite de SOLDINI *et al.* 2009).

Cette analyse a permis aux autorités de prendre la décision d'entreprendre les travaux de stabilisation proposés et la galerie drainante est opérationnelle depuis la fin 2008. Des travaux de renforcement complémentaire des berges de la Grande-Eau sont actuellement en cours, maintenant que l'activité du pied du glissement est fortement réduite. Les mesures continues des déplacements de plusieurs points de la partie aval du glissement montrent des résultats tout à fait significatifs; les valeurs les plus grandes mesurées, à l'aval de la route cantonale, ne dépassent pas 2 à 3 cm/an, au cours de l'année écoulée, alors que les vitesses moyennes annuelles à long terme dans le même secteur avaient été estimées entre 40 et 60 cm/an. L'ampleur de cette réduction est similaire à ce qui avait été modélisé pour la crise de 1993-94.

Est-ce que les ingénieurs engagés dans les diverses phases de ce projet de stabilisation ambitieux, et dont je fais partie avec beaucoup d'autres, que je tiens à remercier pour leur esprit de collaboration, peuvent rêver d'un succès définitif? Il est certes trop tôt pour l'affirmer, car il est impossible de modéliser valablement les effets de conditions météorologiques extrêmement rares sur le comportement du glissement drainé. Mais il est raisonnable de

prévoir que, si le système de drainage est bien entretenu à long terme, voire même renforcé plus à l'amont, les mouvements enregistrés lors d'épisodes de crise n'atteindront plus les déplacements tels qu'ils ont été évalués en 1966 par exemple, lorsque des déplacements de plus d'une dizaine de mètres se sont produits au printemps; à cette occasion, de nombreuses maisons du hameau de Cernat, sur la route de Leysin, avaient connu des dégâts notables, ce qui avait justifié une autre étude (BERSIER & WEIDMANN 1970).

Le rêve d'une stabilisation définitive et totale du glissement de La Frasse, tel que visé par M. Chavannes, n'est donc pas encore matérialisé; mais le ralentissement significatif du glissement actuellement mesuré (figure 4) permet d'envisager une gestion beaucoup plus facile de ce secteur de la route du Col des Mosses.

Il faudra voir dans un siècle ou plus ce que nos successeurs écriront dans cette rubrique du Bulletin SVSN...

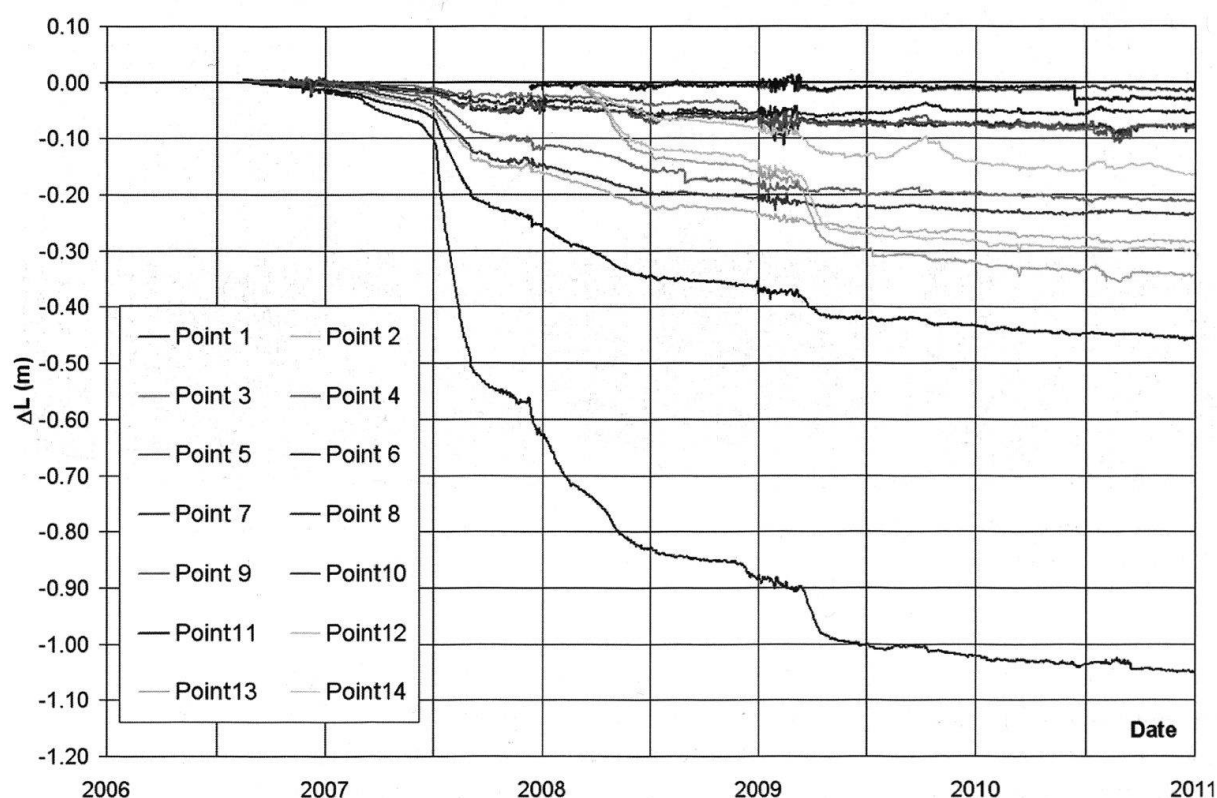


Figure 4.—Evolution des déplacements, au cours des cinq dernières années, de la zone basse du glissement de La Frasse (Commune d'Ormont-Dessus (le Sépey)), suivis par un dispositif laser de mesure continue (ROBOVEC). (SWISS GEO TESTING 2010). Autorisation obtenue de l'Etat de Vaud.

BIBLIOGRAPHIE

- BERSIER A. & WEIDMANN M., 1970. Le glissement de terrain de Cernat – La Frasse (Ormonts-Dessous, Vaud). *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 334: 70.
 BONNARD C., 1983. Nouvelles techniques de mesure au glissement de La Frasse (Ormonts-Dessous, Vaud). *Route et Trafic* 1/83.

- BONNARD C., NOVERRAZ F. & PARRIAUX A., 1987. Origin of groundwater likely to affect a large landslide. *Proc. IXth Europ. Conf. on Soil Mech. and Found. Engrg.*, Dublin 1: 389-392.
- CHAVANNES F.-G., 1863. Du glissement de terrain au lieu dit La Frasse, sur la route d'Aigle au Sépey. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 7: 397-400.
- DUTI, 1986. (BONNARD C. & NOVERRAZ F., Eds.) Le glissement de Cergnat-La Frasse (Le Sépey – Leysin) – Analyse pluridisciplinaire. Projet d'Ecole Détection et Utilisation des Terrains Instables. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. 90 p.
- EPFL-NCG, 2004. Association technique Norbert, De Cérenville Géotechnique + EPFL pour l'étude du glissement de La Frasse. Glissement de La Frasse, modélisation et étude de faisabilité [*inédit*].
- LUGEON M., PASCHOUD E. & ROTHPLETZ F., 1922. Rapport d'expertise sur le glissement de La Frasse. Département des travaux publics du Canton de Vaud, Service des Routes [*inédit*].
- SWISS GEO TESTING, 2010. Mesures continues par extensomètre laser au glissement de La Frasse. [Comm. pers. de G. Steinmann]
- SOLDINI M., PHILIPPOSIAN F., GROSJEAN G., DECOPPET P.A. & DAVOLI C.A., 2009. Forages drainants à La Frasse. *Tracés* 6: 10-15.
- TACHER L., BONNARD C., LALOU L. & PARRIAUX A., 2005. Modelling the behaviour of a large landslide with respect to hydrogeological and geomechanical parameter heterogeneity. *Journal of the International Consortium on Landslides* 2: 3-14.