

Cas concret no. 2 : le glissement de Cergnat-La Frasse (VD)

Autor(en): **Noverraz, Francis**

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Bulletin für angewandte Geologie**

Band (Jahr): **3 (1998)**

Heft 1

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Cas concret no. 2:

Le glissement de Cergnat - La Frasse (VD)

FRANCIS NOVERRAZ*

Résumé

Le glissement de Cergnat - La Frasse se situe dans les Préalpes vaudoises sur le versant rive droite de la Grande Eau, dans la vallée des Ormonts. D'un volume estimé à 60 millions de m³, ce glissement connaît des crises périodiques qui nécessitent des travaux permanents d'entretien des routes cantonales Aigle - Col des Mosses et Le Sépey - Leysin. Grâce à une nouvelle interprétation géologique et à une collaboration pluridisciplinaire, des mesures de stabilisation sont proposées pour assainir ce versant instable.

1. Un cadre géologique prédestiné

Le glissement de Cergnat - La Frasse est aisément repérable dans le paysage par sa zone de tête déprimée (cirque des Rouvènes) avec zones d'arrachement en tête et latérales, et par sa zone de pied proéminente et évasée, repoussant la rivière vers la rive gauche où l'érosion permanente a créé une falaise verticale. Long de 2 kilomètres et large de 500 m à 800 m, il s'étend entre 1400 m et 820 m d'altitude, avec une pente globale de 13°. Depuis 1850, plusieurs crises ont affecté ce glissement qui est recoupé près de sa base par la route cantonale de 1^{ère} classe 705A Aigle - Col des Mosses et vers 1'060 m par la route cantonale Le Sépey - Leysin (fig. 1)

Le glissement s'est formé au détriment des roches schisto-marneuses et gréseuses du Flysch à Helminthoïdes de la nappe de la Simme, qui occupe le coeur d'un vaste synclinal renversé formé par les roches rigides de la nappe des Préalpes Médiannes (Trias-Malm-Crétacé supérieur-Eocène). Ce synclinal de plan axial parallèle à la vallée et plongeant SE, est éventré par le glissement au niveau de son flanc renversé très mince, vers l'altitude de 1'000 m.

2. Une longue histoire

Le glissement s'est manifesté de façon concrète dès la construction de la route Aigle - Le Sépey par des dégradations périodiques de celle-ci (1848, 1860, 1861, 1877, 1913-19, 1966, 1981-82, 1994) liées à des périodes de haute activité ou de crise du glissement se concrétisant par une avance de un à plusieurs mètres par mois pendant des périodes de quelques mois.

Ces crises, tout au moins les quatre survenues au cours de ce siècle, ont chaque fois

* Laboratoire de mécanique des sols, EPFL, 1015 Lausanne

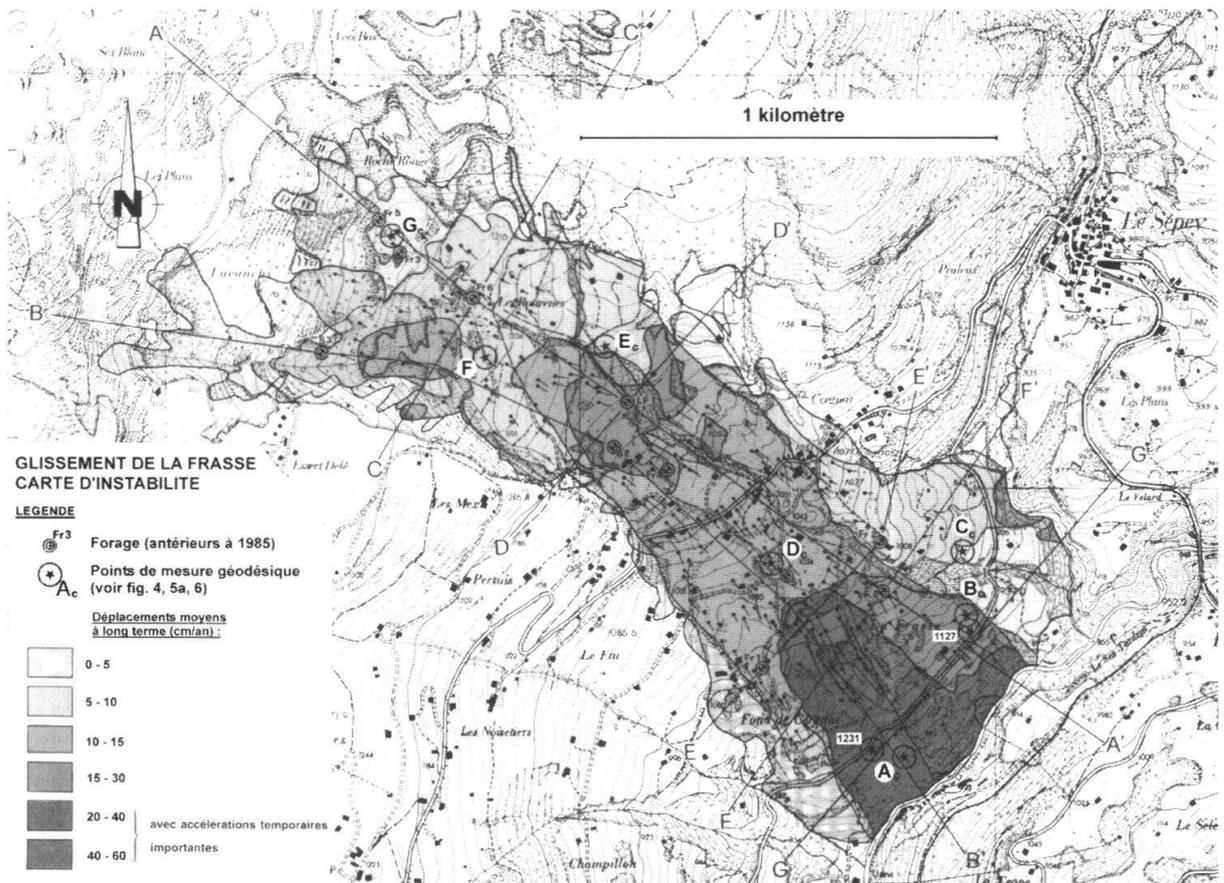


Fig. 1 : Carte du glissement avec zones d'activités différenciées et mesures de mouvements

donné lieu à des études et à des travaux d'assainissement gérés par le Département des travaux publics :

- étude et projet d'assainissement de 1868 (étude Bridel-Venez-Pasquet)
- étude M. Lugeon et al. en 1919-22, avec 2 galeries de reconnaissance -dont l'une de 200 m- et des travaux de drainage dans la partie supérieure du glissement
- étude J. Norbert-de Cérenville SA de 1984-1988 après la crise de 1981-82 avec une dizaine de forages de reconnaissance équipés d'inclinomètres, des travaux d'assainissement superficiel de la zone basse et la construction d'un mur ancré de soutien de la route Aigle - Le Sépey
- des travaux d'endiguement de la rivière (protection contre l'érosion) en 1986-87
- des travaux de drainage par forages verticaux équipés de pompes électriques dans la partie basse du glissement à la suite de la crise de 1994 (étude J. Norbert géologue).

En outre et en marge de ces études de crises «à chaud», une vaste étude pluridisciplinaire a été menée par l'EPFL (Projet DUTI) sur ce glissement de 1980 à 1984, recourant à la réalisation de six forages de reconnaissance munis d'inclinomètres, à de très larges études géodésiques et photogrammétriques des mouvements, à des investigations géophysiques par sismique-réfraction et par profils de résistivité électrique, à des investigations hydrogéologiques et hydrologiques/climatologiques, etc. (étude DUTI de 1986).

Depuis 1993, l'étude de ce glissement a été partiellement reprise dans le cadre du projet VERSINCLIM (EPFL) pour le Projet National de Recherche 31.

3. Résultats acquis par la géologie seule au cours du siècle

La délimitation cartographique du glissement de la Frasse par le géologue spécialisé ne pose aucun problème aujourd'hui tant ce glissement est morphologiquement bien caractérisé. Il n'en a pas toujours été ainsi puisque la carte géologique «Tours d'Aï» de A. Jeannet (1912-18) ne l'avait pas du tout représenté et compris; la cartographie de M. Lugeon (1922) pour l'étude précitée n'était pas entièrement correcte, pas plus que celle de la feuille 1285 Diablerets de 1940 de l'atlas géologique au 1:25'000 de la Suisse. Il faut attendre 1975 pour la partie haute (feuille 1265 Les Mosses du même atlas), 1985 pour l'ensemble (étude DUTI) et 1990 pour la partie basse (feuille 1285 Les Diablerets, nouvelle édition, de l'atlas 1:25'000) pour arriver à un levé correct du glissement et de son environnement géologique.

4. La géologie, pilote de la pluridisciplinarité pour un résultat optimal

Les études Lugeon et al. (1922) et Bersier-Weidmann (1967) avaient tenté de fournir une représentation cartographique des zones de plus ou moins grande activité en même temps qu'une analyse du mécanisme du glissement. Ces analyses basées sur l'observation de terrain seule (données géologique et morphologique) et pourtant effectuées par des géologues réputés et de haut niveau, ont abouti à un résultat partiellement erroné tant du point de vue cartographique (étude de 1922) que pour l'explication du mécanisme. L'étude de 1967 a proposé pour la première fois un profil longitudinal sommaire du glissement utilisant les résultats des trois premiers forages réalisés et approchant d'assez près la réalité.

Mais ce n'est qu'avec l'étude DUTI, très largement pluridisciplinaire, et où la recherche a été pilotée de bout en bout par la géologie, que le mécanisme du glissement a pu être tiré au clair dans presque toutes ses composantes et qu'une modélisation dynamique à trois dimensions très détaillée et précise a pu être établie : carte d'instabilité 1:5'000 mettant en évidence sept catégories de vitesses (de 0-5 cm/an à 40-60 cm/an, voir fig. 1) réparties selon une vingtaine de zones, parfaitement étayées par les mesures quantitatives géodésiques et photogrammétriques (fig. 2); profils longitudinaux (fig. 3 et fig. 4) et en travers du glissement avec répartition des mouvements en profondeur sur la base des mesures de surface et des mesures inclinométriques.

L'étude a été conçue de telle manière que chaque nouvel élément de donnée était aussitôt exploité pour élaborer la suite des études de la façon la plus rationnelle possible. En particulier, le budget limité obligeait à tirer un parti maximal d'un nombre limité de mètres de forage.

5. D'une vision erronée à une représentation correcte par l'analyse interdisciplinaire

Une première version des profils en long du glissement a été établie sur la base du levé géologique de terrain, des deux premiers forages avec inclinomètres spécifiques à l'étude et des trois forages de 1967 ainsi que des résultats des études géodésiques et photogrammétriques, et a été exploitée par le géotechnicien du projet. Partant des valeurs d'essais géotechniques en laboratoire et de ce profil, celui-ci est

Glissement de
CERGNAT - la FRASSE

Photogrammétrie :
de gauche à droite :
déplacement annuel
moyen pour les périodes
1957-1969, 1969-1974,
1974-1980, 1980-1982

(Photo reproduite avec
l'autorisation de l'Office
fédéral de topographie)

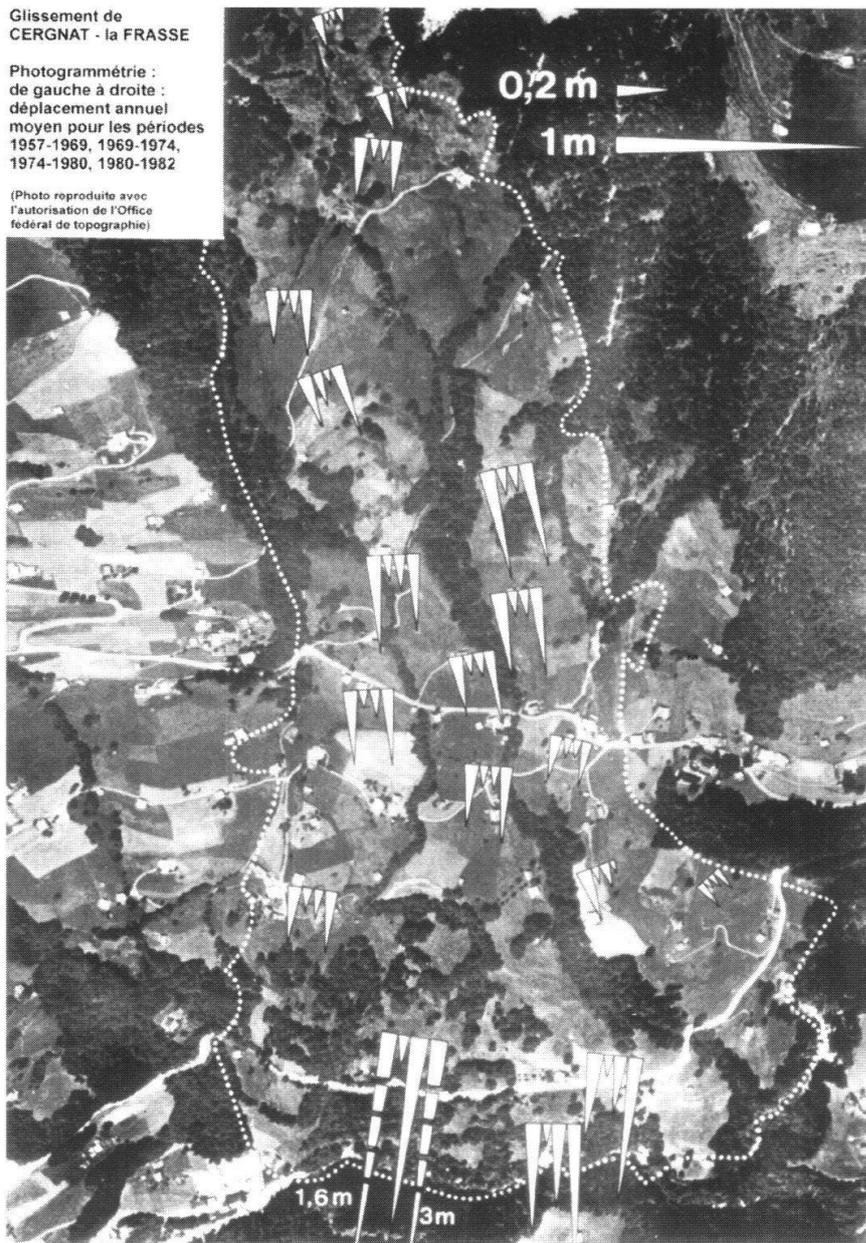


Fig. 2:
Restitution photogram-
métrique des déplace-
ments pour diverses pé-
riodes (Source: Institut
de Photogrammétrie de
l'EPFL)

arrivé à la conclusion (voir fig. 3) que la probabilité de transition de la rupture selon l'analyse probabiliste effectuée (méthode Oboni-Bourdeau), s'élevait à 90 % en amont du glissement sur la surface de glissement basale (profil supérieur fig. 3). Or une telle probabilité était incompatible avec les mouvements observés par mesures géodésiques sur la partie de tête du glissement, plus faibles qu'en aval.

Les causes de cette incompatibilité ne pouvaient résider ni dans les résultats de la mensuration ni dans le principe même de la méthode géotechnique, elles devaient donc se situer au niveau du profil géologique.

Il a dès lors été facile pour le géologue de trouver au niveau des hypothèses ayant servi à l'établissement du profil la cause du problème. La vérification de la nouvelle hypothèse (d'un seuil supplémentaire au niveau des Couches Rouges) au moyen d'un unique forage, que l'on savait devoir être court (Fr3 sur le profil du bas de la figure 3) a été facile à justifier et à budgéter.

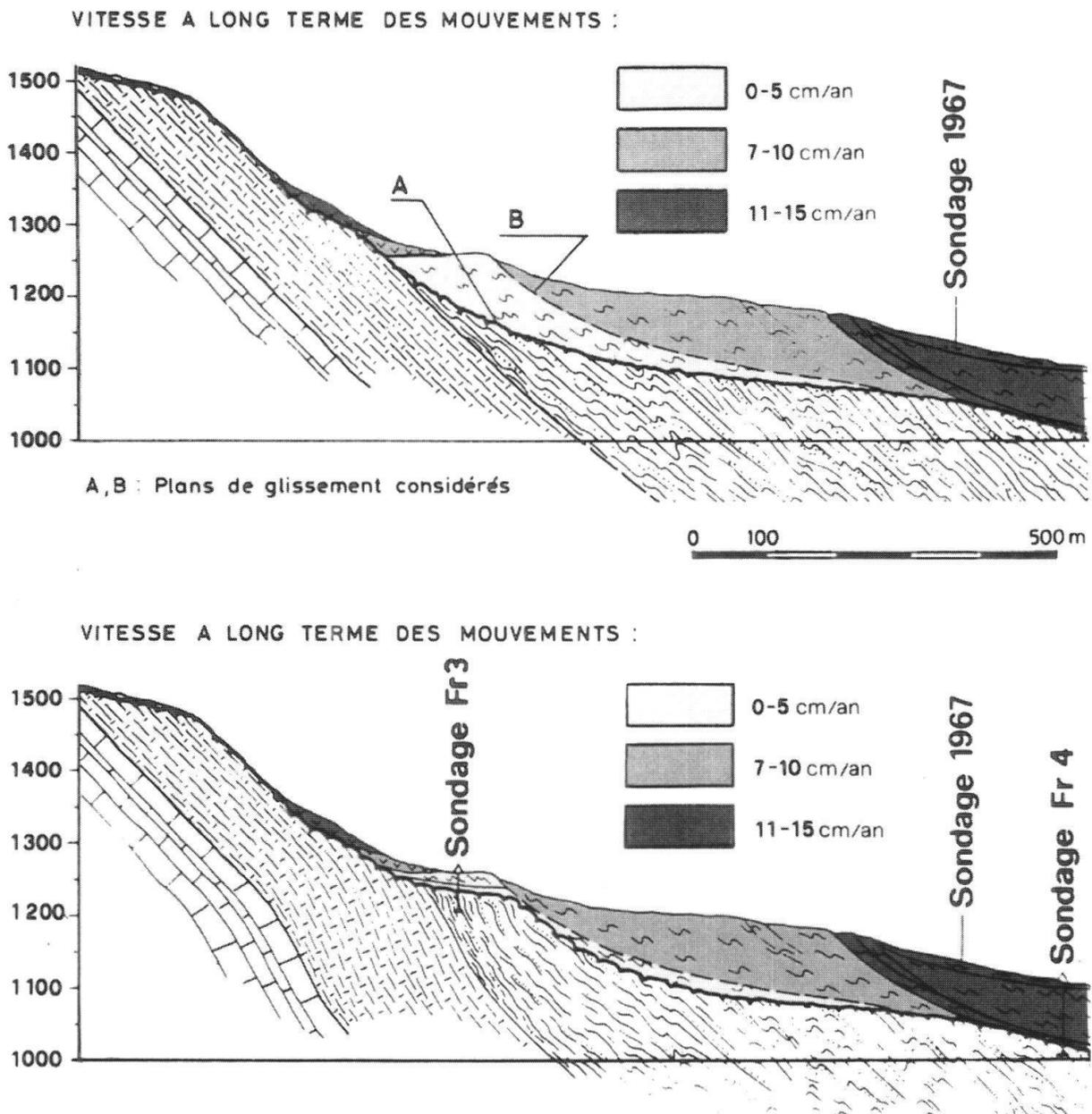


Fig. 3: Profil géologique de la partie haute du glissement avant et après reconsidération du résultat sur la base d'une analyse interdisciplinaire

Ce nouveau forage a effectivement trouvé, à peu de frais, ce seuil rocheux élevé, et une analyse probabiliste effectuée sur la base du profil modifié a vu s'abaisser la probabilité de transition à moins de 35 %, valeur qui devenait compatible.

Ce cas montre l'usage immédiat qui a pu être fait d'une collaboration tridisciplinaire, le profit en terme d'efficacité scientifique et économique qui en a été tiré, et le rôle prépondérant de la géologie dans le processus. Le résultat concret de cette opération était important puisqu'il contribuait à écarter totalement l'hypothèse d'une surcharge motrice du glissement par le haut, et partant, contribuait à orienter différemment l'explication du mécanisme du glissement, et surtout la conception de solutions d'assainissement.

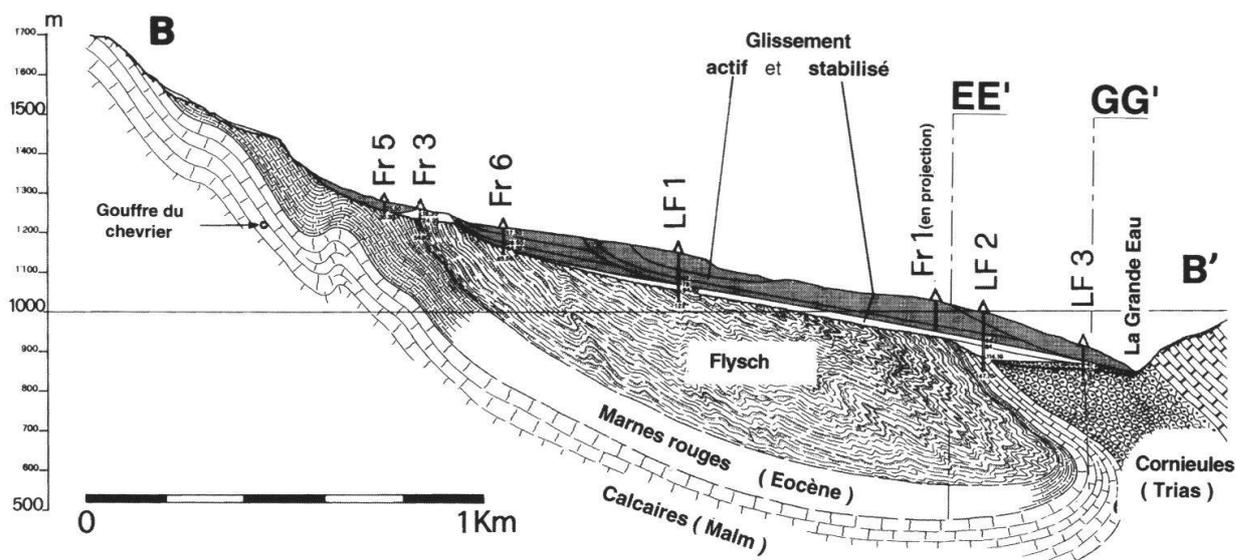


Fig. 4: Profil en long géologique du glissement

6. Reconstitution du mécanisme et des conditions d'évolution du glissement

La comparaison d'états cadastraux graphiques de 1768 et 1861, de 1838 et 1932 (partie haute du glissement), et de 1932 et 1981, ainsi que la redétermination d'anciennes polygonales (route Le Sépey-Leysin, 1951-1982, plateau des Rouvènes, 1932-1981), de repères autour de la route Aigle-Le Sépey (1966-1981/82/83), les mesures de précision à longue distance de nouveaux repères (1981/82-1985) et la détermination photogrammétrique de déplacements sur quatre périodes successives (1957-69, 1969-74, 1974-80, 1980-82, fig. 2) ont fourni les déplacements de plus de 500 points répartis sur la totalité du glissement (une sélection de ces points apparaît sur la fig. 1).

Ces déplacements de surface et en profondeur couvrent des périodes très différentes (court, moyen et long terme) sur 225 ans (fig. 5). Outre la modélisation dynamique du glissement, ils ont permis d'établir la relation apparente selon différents pas de temps avec les données pluviométriques des stations ISM toutes proches de Leysin (1930 à 1976) et du Sépey (dès 1977). Il en est résulté une première ébauche du mécanisme du glissement.

Mais cette relation pluie-mouvements rendait assez mal compte des fortes accélérations périodiques du glissement. Elle n'expliquait pas davantage la constatation, faite à partir des différentes mesures, selon laquelle les mouvements croissent plus ou moins progressivement du haut vers le bas, avec une zone très active plus ou moins indépendante du reste du glissement dans le bas (voir carte fig. 1). D'autre part, il faut relever que cette constatation était incompatible avec les hypothèses des deux études antérieures (1922, 1967/71) selon lesquelles le moteur du glissement était la surcharge créée en amont par les apports de matériaux (Couches Rouges) provenant du cirque des Rouvènes.

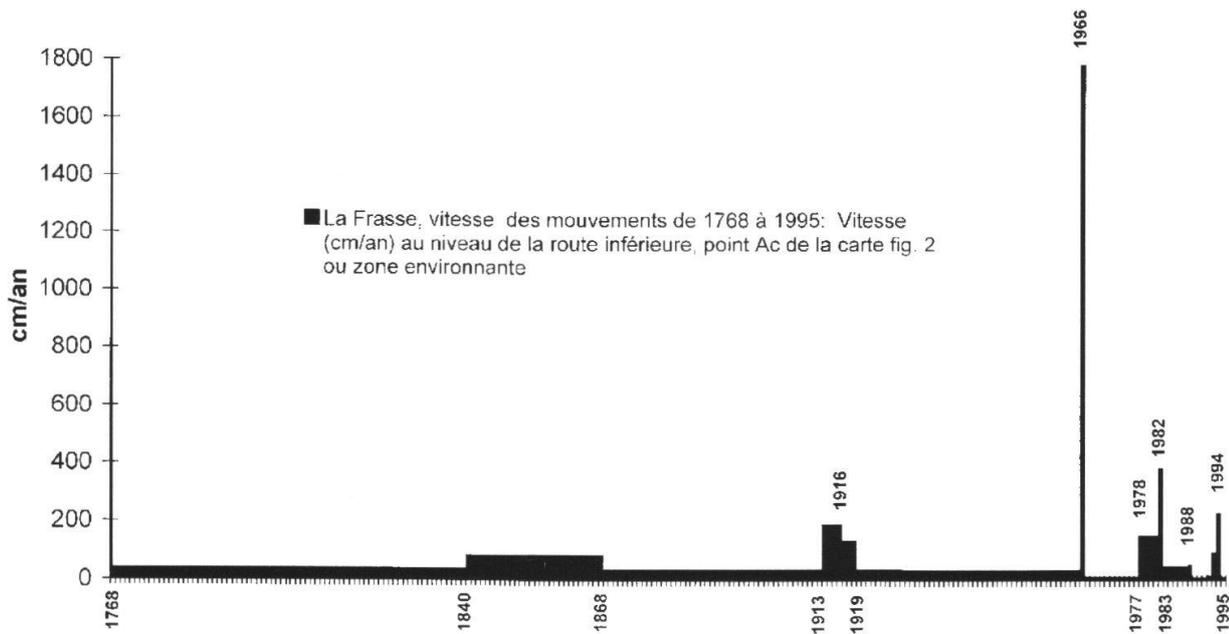


Fig. 5: Vitesse annuelle des mouvements de 1768 à 1995

Il a donc fallu analyser conjointement (fig. 6):

- les données hydrogéologiques des nombreux forages,
- les données hydrogéologiques de surface,
- les données hydrologiques et limnigraphiques avec établissement d'un bilan hydrique du bassin,
- les données pluviométriques.

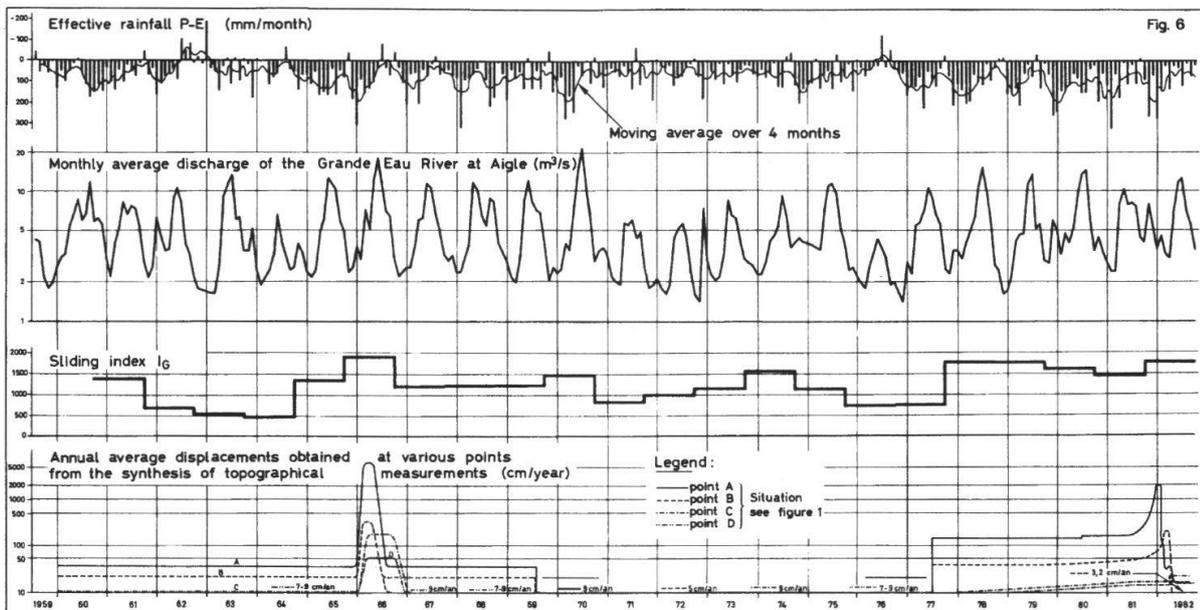


Fig. 6: Evolution comparée des mouvements, de la pluviométrie efficace, des débits de la Grande Eau, et d'un «indice de glissement» intégrant les données climatologiques, les données hydrologiques (lamme d'eau écoulée sur le glissement, périodes de restitution excédentaires et déficitaires des eaux souterraines), les données limnigraphiques.

Il a fallu encore:

- examiner en forages la provenance des matériaux constituant le glissement,
- examiner par photogrammétrie l'allure du profil en long du glissement avant/après crise,
- établir un profil en long topographique de la rivière et le comparer aux profils sur d'anciennes cartes (fig. 7),

pour parvenir à expliquer le mécanisme du glissement et les causes des fluctuations très importantes de l'activité de celui-ci.

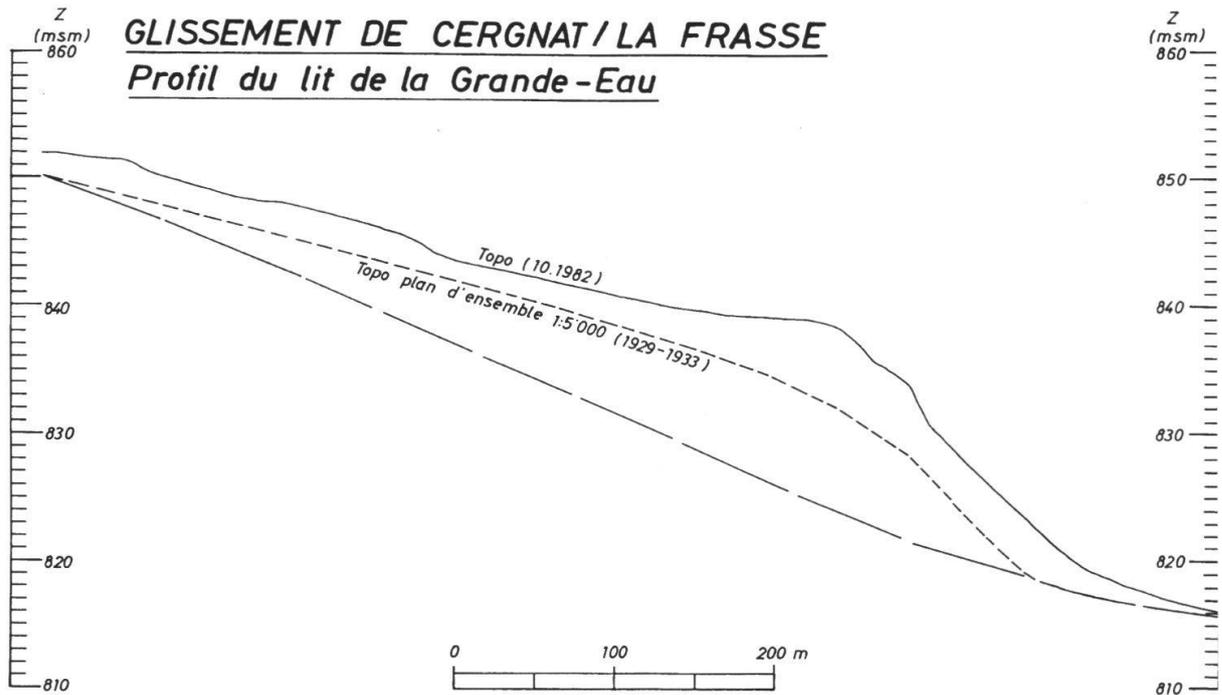


Fig. 7: Evolution comparée du profil en long de la Grande Eau

Il a fallu enfin analyser les données récentes des mesures faites bisannuellement depuis la crise de 1982 par le Service des Routes et la nouvelle crise de 1994 (fig. 8) pour étayer définitivement la thèse précédemment pressentie pour expliquer ce mécanisme.

7. Un mécanisme cyclique

- Le glissement de la Frasse parvient en état de crise potentielle lorsque son niveau de base a été suffisamment abaissé par l'érosion de la Grande Eau pour que les conditions d'équilibre de la partie basse rapide du glissement deviennent critiques;
- dès ce moment, un événement pluvieux important (sur un, deux ou trois mois) mais non exceptionnel (période de retour pluriannuelle) suffit à déclencher la crise;
- celle-ci sera d'autant plus forte que la période d'érosion sans crise aura été plus longue et que le niveau de base du glissement aura été davantage abaissé (ex.:

très fortes crise en 1966 avec 12 m de déplacement, après 47 ans sans crise; crise moindre en 1981/82 avec 4.5 m de déplacement malgré des pluies plus intenses et beaucoup plus prolongées, mais après seulement 15 ans sans crise, dito en 1994) (fig. 6 et 8);

- chaque crise a pour effet de remonter fortement le niveau de base du glissement rapide et de la rivière; celle-ci mettra ensuite une à plusieurs décennies pour évacuer les matériaux et recréer des conditions d'équilibre précaires et propices à une nouvelle crise;
- en même temps, chaque crise abaisse la zone supérieure du glissement rapide ré-activé, ce qui modifie l'état d'équilibre des masses exerçant un effet stabilisant en pied pour le corps principal du glissement de la Frasse; celui-ci se réactive alors à son tour avec un décalage dans le temps de quelques mois à une année, dans une proportion bien moindre que le glissement rapide de la zone basse (1 m environ en 1966);
- après ces périodes de crise, les mouvements ralentissent très rapidement (fig. 8) et l'ensemble du glissement est quasiment stable, ne réagissant pas même aux conditions pluviométriques les plus extrêmes. Cette période de stabilité permet à l'érosion par la rivière de prendre le dessus sur les apports de matériaux par le glissement.

Parallèlement, l'ensemble du glissement subit pendant cette période une compression conduisant à un gonflement de la partie centrale (autour du plateau de Cergnat) qui se traduit par une surélévation de celle-ci avant les grandes crises (de 1 à 1,5 m par exemple entre l'état 1957 et l'état 1969, soit avant et après la crise de 1966, tel que vérifié par photogrammétrie).

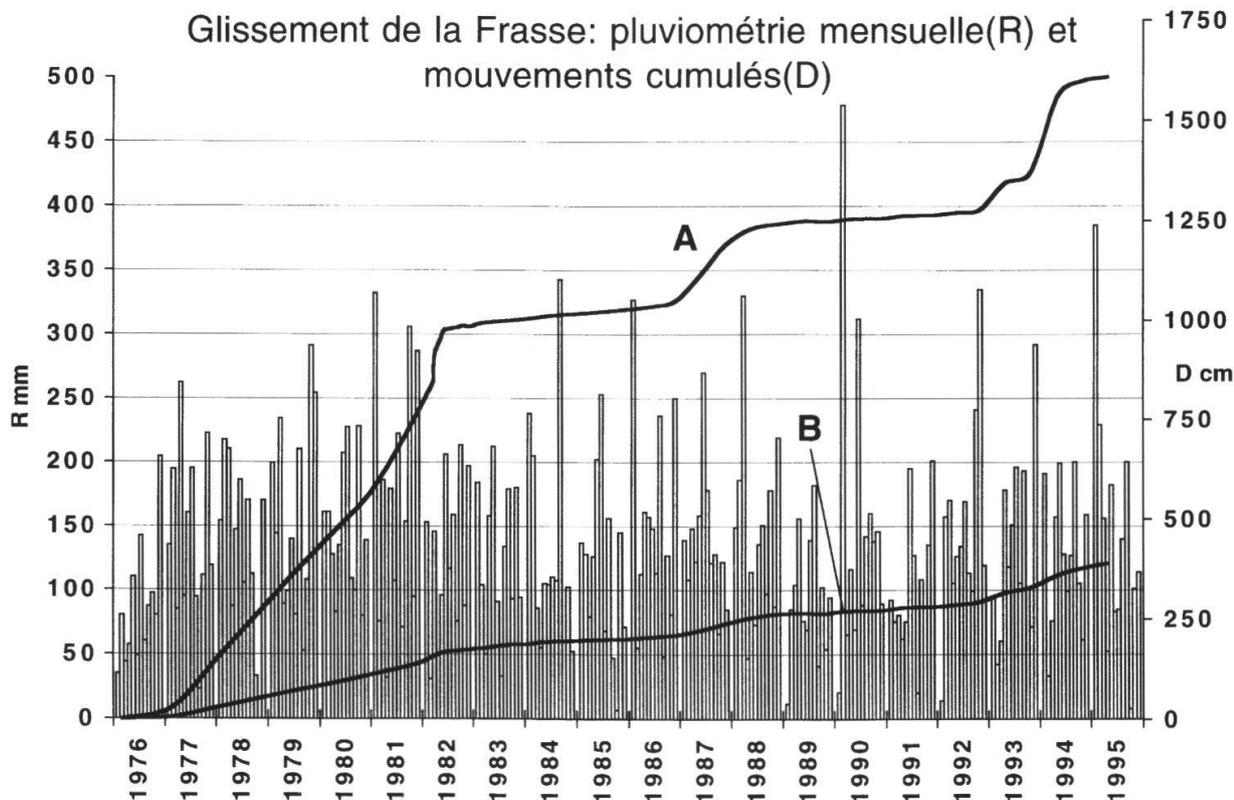


Fig. 8: Evolution comparée des mouvements de 1976 à 1995 et de la pluviométrie mensuelle (station ISM du Sépey); points A et B: voir fig.1

Cette double modification lente du profil en long du glissement conduit ainsi à une dégradation progressive des conditions d'équilibre générales de celui-ci, préparant les conditions d'une nouvelle crise.

- ces cycles durent de une à quelques décennies selon l'importance de la pluviométrie et selon le nombre de périodes de crue de la rivière;
- les conditions hydrogéologiques générales du glissement ne sont pas déterminantes lorsque les conditions du profil d'équilibre du glissement ne sont pas propices au déclenchement d'une crise. Ce fait est confirmé par l'état sous-saturé et drainant permanent du massif rocheux (Trias) dans la zone du glissement inférieur rapide par lequel débutent pourtant les crises, alors que, parallèlement, des conditions fortement artésiennes permanentes ont été mises en évidence dans la partie centrale (Flysch) du glissement principal, par lequel s'effectue l'alimentation en eau souterraine du glissement rapide inférieur.

8. Mesures d'assainissement envisageables

Dans le cas du glissement de la Frasse, le mécanisme implique les mesures de stabilisation suivantes:

- Le lit de la rivière doit être stabilisé en position haute (c'est-à-dire en position d'après-crise) de manière à maintenir l'activité du glissement inférieur rapide à son niveau le plus bas (de l'ordre de 7 à 9 cm/an), tel qu'on l'observe pendant un certain nombre d'années après chaque crise, sachant que ce niveau est peu gênant pour la route et les infrastructures;
- cette correction du lit peut être obtenue de manière classique au moyen de seuils; ces seuils devraient être très massifs (béton armé), solidement accrochés à la paroi calcaire stable de la rive gauche, mais ils ne devraient en revanche offrir qu'un minimum de résistance à la poussée du glissement, afin d'éviter leur écrasement: ce résultat peut être obtenu par exemple en réalisant des seuils se terminant en fuseau sur rive droite, de manière à poinçonner la masse glissée; il appartiendrait à la rivière d'éliminer au fur et à mesure les matériaux glissés submergeant l'aile droite des seuils ainsi conçus. La construction d'ouvrages destinés à lutter contre l'érosion latérale (ouvrages parallèles au lit de la rivière) est en revanche inappropriée en raison des poussées du glissement, qui subsisteront même en cas de réduction de l'activité de celui-ci; il est d'autre part contre-indiqué de chercher à supprimer l'évacuation des matériaux glissés par la Grande Eau, si une galerie de dérivation de celle-ci n'est pas préalablement réalisée. Cette dernière option, déjà évoquée et condamnée dans le rapport Lugeon et al. de 1922, n'est pas sans dangers dans le cas de la Frasse.
- l'activité du glissement étant ainsi maintenue à son plus faible niveau dans la zone de pied du glissement, il resterait alors à réduire l'activité de l'ensemble du glissement principal, qui est, elle, régie par les eaux souterraines et sur laquelle les travaux précités n'auraient que peu d'effets à long terme. Les mesures à prendre, plus coûteuses mais moins urgentes, consisteraient à réduire les sous-pressions et les principaux apports d'eau, observés dans le massif rocheux (Flysch) sous la partie centrale du glissement.
- Ces mesures ne peuvent consister qu'en la réalisation de galeries de drainage si-

tuées dans le massif rocheux en place, à l'abri des mouvements, une dizaine de mètres sous le glissement; ces galeries devraient avoir un diamètre suffisant pour permettre la réalisation de forages drainants remontant en direction de la surface de glissement la plus profonde, destinés à capter les eaux circulant à la base du glissement

Ces mesures d'assainissement, dont le coût est à l'échelle du glissement, c'est-à-dire élevé, permettraient de réduire les mouvements de celui-ci à un niveau très bas et vraisemblablement sans inconvénients pour les deux routes cantonales et pour les bâtiments, avec une probabilité de réussite élevée.

9. Conclusions

Ces résultats difficiles à établir n'ont pu être obtenus que grâce à une collaboration pluridisciplinaire étroite et continue dans laquelle le géologue et la géologie jouaient un rôle indispensable dans la coordination et dans la synthèse des résultats. Ils ont amenés à la conclusion que la «gestion» du mécanisme du glissement était assurée par le travail d'évacuation des matériaux par la rivière d'une part pour ce qui concerne les cycles d'activité, par les conditions hydrogéologiques dans la partie médiane du glissement, d'autre part pour l'alimentation en eaux souterraines du glissement nécessaire à l'entretien d'une activité permanente et de crise. Par contre, l'hypothèse d'une surcharge en matériaux dans la partie haute du glissement, évoquée comme moteur de l'activité par les précédentes études, s'est révélée incorrecte.

D'une manière générale, ces conclusions concernant le mécanisme du glissement sont impossibles à établir à partir d'une simple étude de terrain, dans le cas du glissement de la Frasse comme dans la plupart des cas de grands glissements. Elles exigent non seulement le concours du géologue, mais nécessitent de la part de celui-ci une bonne préscience de ce que l'on doit chercher à établir et une connaissance de ce que l'on peut obtenir par le recours à d'autres disciplines. C'est au géologue qu'incombe la coordination interdisciplinaire si l'on veut que celle-ci reste tendue vers le but qui consiste à expliquer un mécanisme de nature essentiellement géologique. De l'explication de ce mécanisme découleront les solutions d'assainissement, de stabilisation ou d'adaptations constructives aux mouvements et aux autres conséquences de l'activité du glissement.

Références bibliographiques

- BERSIER, A., WEIDMANN, M. 1970 : Le glissement de terrain de Cergnat-la Frasse (Ormont-Dessous, Vaud). Bull. Soc. Vaud. Sc. nat., 334, 7.
- BONNARD CH., NOVERRAZ F., PARRIAUX A. 1987: Origin of Groundwater likely to affect a large landslide. Proc. IXth Eur. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Dublin.
- BRIDEL G., VENETZ O., PASQUET X. 1868: Rapport sur le glissement de terrain «à la Frasse», archives Serv. des Eaux, (inédit).
- DUTI 1985: Les travaux de mensuration en terrains instables, EPFL.
- DUTI 1986: Le glissement de Cergnat-la Frasse; analyse pluridisciplinaire. Dossier final d'études. EPFL.
- ENGEL, TH. 1986: Nouvelles méthodes de mesure et d'analyse pour l'étude des mouvements du sol en terrains instables. Thèse No 601, DGRG, EPFL.
- LUGEON, M., PASCHOUD, E. & ROTHPLATZ, A. 1922 : Rapport d'expertise sur le glissement des Frasses. Etat de Vaud, Dpt des Trav. Publics, Serv. des Routes (non publ.).

