Le glissement de Rùtan dei Sassi, Val Canaria (Tessin, Suisse)

Autor(en): **Antognini, Marco / Beffa, Floriano / Valenti, Giorgio**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin für angewandte Geologie**

Band (Jahr): **1 (1996)**

Heft 1

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-219180

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bull. Géol. appl.	Vol. 1	No. 1	p. 55 - 64	Juin 1996

Le glissement de Rùtan dei Sassi, Val Canaria (Tessin, Suisse)

avec 5 figures

MARCO ANTOGNINI*, FLORIANO BEFFA** & GIORGIO VALENTI***

Résumé

Le glissement de Rùtan dei Sassi se situe sur le versant droit de la vallée Canaria (Tessin, Suisse). La zone instable couvre une superficie de 240'000 m^2, tandis que le volume de la masse glissante est estimé à env. 8 millions de m^3. Après une phase initiale caractérisée par des déplacements importants (jusqu'à 10 m, printemps-été 1992) le phénomène se poursuit de façon plus calme, avec une vitesse moyenne de 1 cm par mois. Une relation de type cause-effet entre les précipitations et l'activité du glissement n'a pas pu être établie. L'instabilité du versant est vraisemblablement due à la nature du substrat rocheux (dolomie, cornieule et gypse) sur lequel s'appuient les terrains quaternaires. Lors de l'alluvion de 1993, la déviation du torrent Ri di Monti a produit un important creusement dans la partie occidentale du glissement.

Abstract

The Rùtan dei Sassi's landslide is located on the western side of the Canaria valley (Ticino, Switzerland). The sliding mass covers an area of 240'000 m^2, and its volume can be estimated at 8 million m^3. After an initial phase caracterized by huge displacements (up to 10 m, spring-summer 1992) the slope movement develops in a more quiet way, at an average speed of 1 cm / month. A simple relationship between precipitation and landslide's activity cannot be established. The instability is probably due to the peculiar nature of the rocky basement (dolomite, «cornieule» -porous dolomite breccia- and gypsum) on which lies the quaternary deposits. During the flood events occurred in 1993, the Ri di Monti creek's diversion produced a huge canyon in the western side of the landslide.

Zusammenfassung

Die Rutschung von Rùtan dei Sassi befindet sich auf dem rechten Hang im Canariatal (Tessin, Schweiz). Die instabile Zone hat eine Oberfläche von 240'000 m^2 und das Volumen der gleitenden Masse beträgt ungefähr 8 Mio m^3. Nach einer durch grössere Bewegungen gekennzeichneten Anfangsphase (bis zu 10 m im Frühling-Sommer 1992), schreitet das Phänomen langsamer fort, mit einer Geschwindigkeit von ca. 1 cm im Monat. Eine Beziehung zwischen Niederschlägen u. Gleitungsaktivität ist bis jetzt noch nicht festgestellt worden. Die Instabilität des Hanges ist sehr wahrscheinlich durch eine Dolomit-Rauhwacke-Gips-Schicht, auf der sich das Quartär befindet verursacht. Während der Ueberschwemmung von 1993, hat der Wechsel des Bachlaufs Ri di Monti eine Tiefe Aushöhlung im Westteil des gleitenden Hangs zur Folge gehabt.

Riassunto

Lo scivolamento di Rùtan dei Sassi si situa sul versante destro della valle Canaria (Ticino, Svizzera). La zona instabile copre una superficie di 240'000 m^2, ed il volume della massa in movimento è stimato a ca. 8 milioni di m^3. Dopo una fase iniziale caratterizzata da importanti spostamenti (fino a 10 m, primavera-

* v. Madonna della Salute 10a, 6900 Massagno
** MUTTONI A. & BEFFA F., geofisica e geologia, c.p. 266, 6760 Faido
*** Istituto Geologico e Idrologico Cantonale, 6593 Cadenazzo

estate 1992) il fenomeno prosegue con minore intensità, ad una velocità media di 1 cm al mese. Una relazione di tipo causa-effetto tra le precipitazioni e l'attività della frana non ha potuto essere stabilita. L'instabilità del versante è verosimilmente dovuta alla natura del substrato roccioso (dolomia, corniola e gesso) sul quale poggiano i terreni quaternari. Durante l'alluvione del 1993, la deviazione del torrente Ri di Monti ha prodotto un importante solco erosivo nella parte occidentale della frana.

1. Introduction

Il y a quatre ans (printemps 1992), une partie du versant droit de la vallée Canaria a été intéressée par un phénomène d'instabilité de grande dimension. Une masse de terrain meuble d'environ 8 millions de m^3 à commencé a glisser provoquant d'importants dégâts aux maisons (une douzaine) et à la route forestière. Les pâturages ont été gravés par des impressionnantes fractures avec un rejet de l'ordre du mètre. Dès lors, l'Institut géologique cantonal (que nous abrégerons par la suite IGC) a commencé à étudier ce glissement dans le but d'en comprendre les causes ainsi que l'évolution future. Cet article se propose de présenter ce phénomène et de fournir une première interprétation des faits observés directement sur le terrain. Nous avons aussi établi un profil géologique sur la base des résultats d'une campagne sismique.

2. Situation géographique et contexte géologique

La Val Canaria se trouve au nord-est d'Airolo (Tessin septentrional) et constitue une parmi les nombreuses ramifications de la vallée Leventina. Elle atteint une longueur maximale d'env. 7.5 km et est parcourue par la rivière Garegna, affluent du Ticino.
La zone d'étude se situe sur le versant droit de la vallée, en proximité de l'hameau de Rùtan dei Sassi [feuille 1252 «Ambri-Piotta»: 692'290/155'320; alt.: 1457 m], environ 2.2 km en amont de la jonction avec le Ticino.
Du point de vue géologique, le long de la vallée affleurent les roches appartenantes aux unités suivantes (du nord au sud; Fig. 1): Le massif du Gothard (gneiss et schistes), sa couverture métasédimentaire (dolomie triasique) incluant aussi des schistes lustrés du pennique (Bündnerschiefer) et, à l'embouchure de la vallée, la nappe du Lucomagno (gneiss; pennique inférieur).
Le glissement de Rùtan s'appuie sur la couverture mésozoïque du Gothard. Il s'agit ici de roches carbonatées d'âge triasique, essentiellement de la dolomie brèchique, de la cornieule (Rauhwacke), de la dolomie riche en gypse et du gypse. Nous avons aussi des schistes lustrés (avec des lentilles dolomitiques ou calcitiques), des schistes à deux micas, des quartzites ainsi que des métaconglomérats (Jurassique-Crétacé du pennique). Le long de la niche d'arrachement du glissement affleurent les roches cristallines d'origine sédimentaire d'âge paléozoïque appartenantes à la partie méridionale du massif du Gothard. Les lithologies présentes sont très variées: schistes à muscovite, grenat et biotite, schistes à deux micas, schistes et gneiss à deux micas avec horneblende ainsi que des amphibolites (Série de la Tremola, Zone de Nelva; Steiger 1962).
La masse en mouvement a une composition très hétérogène. Elle comprend essentiellement des terrains meubles, soit des dépôts glaciaires, fluviatiles ainsi que des éboulis. Dans la partie occidentale du glissement (zone secondaire, voir plus loin)

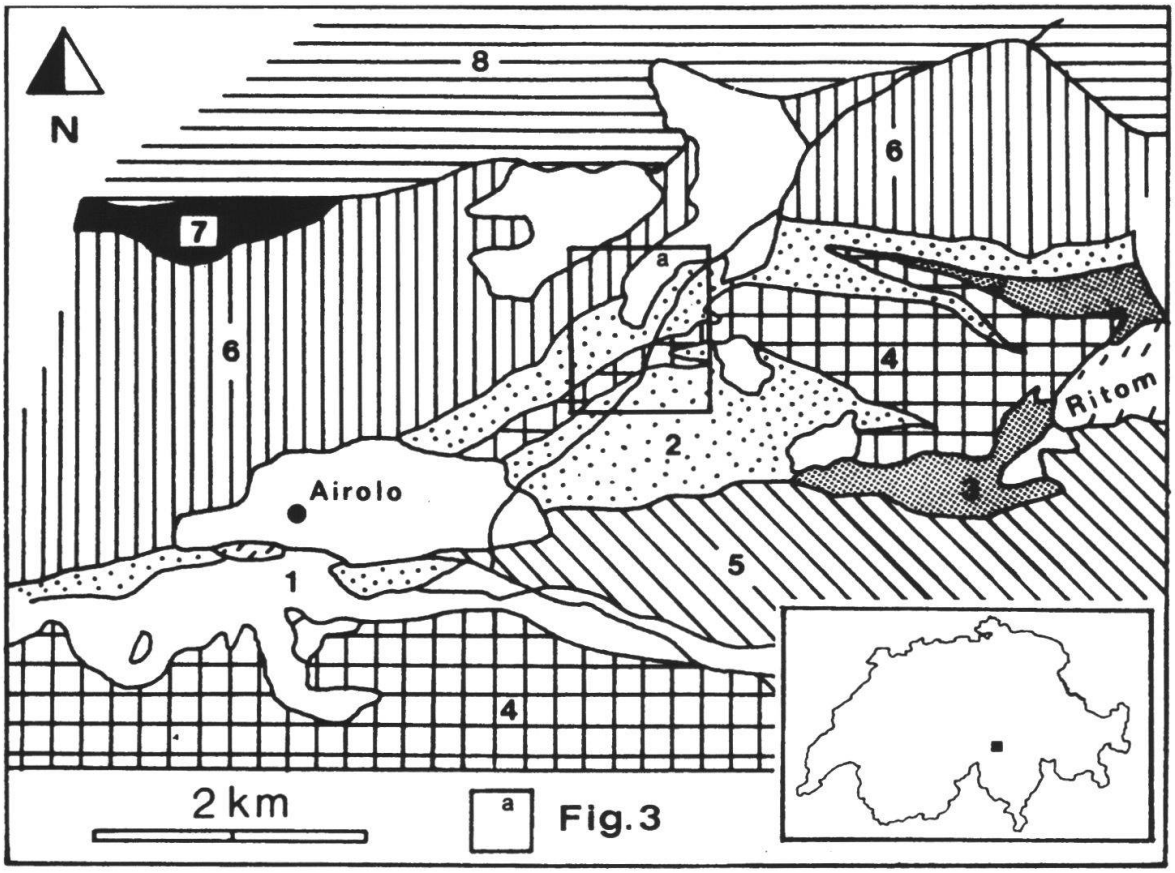

Fig. 1: Esquisse tectonique de la région comprise entre Airolo et le lac Ritòm et localisation du terrain d'étude. **1** = Quaternaire s.l; **2** = Trias (dolomie et gypse); **3** = Couverture mésozoïque du Gotthard (Bündnerschiefer, Quartenschiefer); **4** = Bündnerschiefer du pennique; **5** = Nappe du Lucomagno (gneiss); **6** = Série de la Tremola (schistes et amphibolites); **7** = Série de Prato (micaschistes à horneblende et grenat); **8** = Série de Giübine (gneiss); Hachure = lacs. D'après: Preiswerk et al. (1934), Hafner et al. (1975), Beffa et al. (en prep.).

on trouve même des affleurements isolés de dolomie; le phénomène d'instabilité affecte donc aussi du matériel rocheux.
Le tout est recouvert par des pâturages tandis que les parties plus raides du versant abritent de la forêt (Fig. 2).

3. Chronologie des événements

Dans ce paragraphe on se limitera à l'histoire récente (1991-95) d'une petite partie du Val Canaria. Quand même, nous aimerions mentionner le fait que, déjà le siècle passé, le grand naturaliste tessinois Luigi Lavizzari signalait la présence d'un grand glissement de terrain dans cette vallée. D'après sa description ce phénomène aurait interéssé le versant gauche de la vallée; il s'agit probablement du glissement du Ce, qui a eu lieu en 1846 (Lavizzari 1863).

Novembre 1991:
une masse d'environ 100'000 m^3 de roche se détache des bastions rocheux qui surmontent la localité de Monti. La niche d'arrachement se trouve à une altitude d'env. 1840 m. Ce phénomène a intéressé les schistes et les gneiss de la Série de la

Fig. 2: Panoramique du glissement de Rùtan (versant droit du Val Canaria). L'hameau de Monti occupe une partie des pâturages sur la gauche (en aval par rapport au glissement). La niche d'arrachement apparaît come un ruban blanchâtre irrégulier. En haut à gauche on remarque le grand affleurement rocheux dû a l'éboulement du Riale delle Fontanelle (novembre 1991). Au centre du cliché, vers le bas, on distingue l'important creusement produit par le Rì di Monti pendant l'alluvion de 1993.
Situation: octobre 1994, vue vers le N-NW. Photo de Roberto Buzzini.

Tremola qui se trouvent directement en amont du glissement de Rùtan. L'intense fracturation de ces roches est à l'origine de l'éboulement. De plus, le phénomène de fauchage (déplacement par courbure des têtes de banc) est très répandu dans la partie sud du massif du Gothard; un cas historique bien connu est l'éboulement du Sasso Rosso (1898), au nord d'Airolo (env. 1 km à l'ouest de la zone instable décrite dans le présent article).
Nous l'avons baptisé «éboulement du Ri delle Fontanelle», d'après le nom du ruisseau qui en constitue la limite orientale (Fig. 3).

Printemps 1992:
une masse d'environ 8 millions de m^3 de terrains meubles commence à glisser provoquant de graves dégâts: une douzaine de maisons sont endommagées et la route forestière qui longe le fond de la vallée est coupée en plusieurs endroits.
Le 27 juin les forestiers et l'IGC installent un réseau de points (20 sur la masse en mouvement et 2 de référence sur le versant opposé) pour des mesures géodésiques. En mesurant la distance entre les points «fixes» et ceux «en mouvement» on a pu quantifier le déplacement du terrain instable (IGC, 1992). Les résultats de cette campagne initiale (fin juin-août) démontrent la grande amplitude des déplacements, avec un minimum de 2 mètres (un point dans le secteur SW) et un maximum de 7 mètres (la majorité des points). Si l'on tient compte du fait que les premiers mouvements importants ont eu lieu pendant le mois de mai on peut supposer que le déplacement durant la période mai-août a été probablement supérieur aux 10 mètres. Malgré les différentes valeurs mesurées, l'allure des courbes montre une tendance commune à tous les points (Antognini et al. 1995): vitesse élevée jusqu'à mi-juillet (avec des pics de 50 cm/jour) suivie par un ralentissement progressif; à la fin du mois d'août le déplacement journalier était de l'ordre du centimètre.

Septembre 1993:
pendant ce mois, le Tessin a été frappé par des abondantes précipitations, à la suite desquelles le lac Majeur a envahi la ville de Locarno, atteignant son record d'altitude pendant ce siècle (197.24 m; Spinedi 1994). Cet événement catastrophique a provoqué de graves dégâts sur l'ensemble du Val Canaria (la route a été détruite en plusieurs endroits), mais il n'y a pas eu de mouvements particuliers de la masse instable, ce qui est très surprenant. Pourtant, l'action des eaux de ruissellement a été violente. Le 24 septembre, le Rì di Monti en crue est sorti de son lit habituel pour se creuser un nouveau chemin. Le résultat est impressionnant (Fig. 4): le cours d'eau s'écoule actuellement à l'intérieur d'un creusement d'une longueur de presque 500 m (30 mètres de largeur et 25 de profondeur maximales!) avant de regagner son ancien lit, une centaine de mètres en amont de la jonction avec la Garegna (Fig. 3).

4. Description du phenomène

D'emblée, nous aimerions souligner le fait que des indices d'instabilité étaient déjà présents avant 1992. En effet, lors de nos investigations nous avons observé une série de photos aériennes prises en 1989 sur lesquelles est clairement visible la niche d'arrachement principale (cicatrice caillouteuse dans la forêt). En 1992 on aurait donc assisté à l'accélération d'un phénomène déjà actif auparavant.
La zone instable couvre une superficie de 240'000 m^2 et s'étend depuis la rivière Garegna (env. 1400 m) jusqu'à une altitude de 1650 m. Nous avons subdivisé le glissement en deux parties:

Zone principale
Elle a un front d'env. 750 mètres et une largeur comprise entre 250 et 550 mètres. La limite occidentale correspond au cours (ancien lit!) du Riale di Monti tandis que vers l'ouest elle se réduit jusqu'à disparaître en proximité du pont sur la Garegna (point topographique 1481; NE de Rùtan dei Sassi). Cette zone présente une niche d'arrachement très évidente (Fig. 2), tandis que d'autres petites niches tapissent la

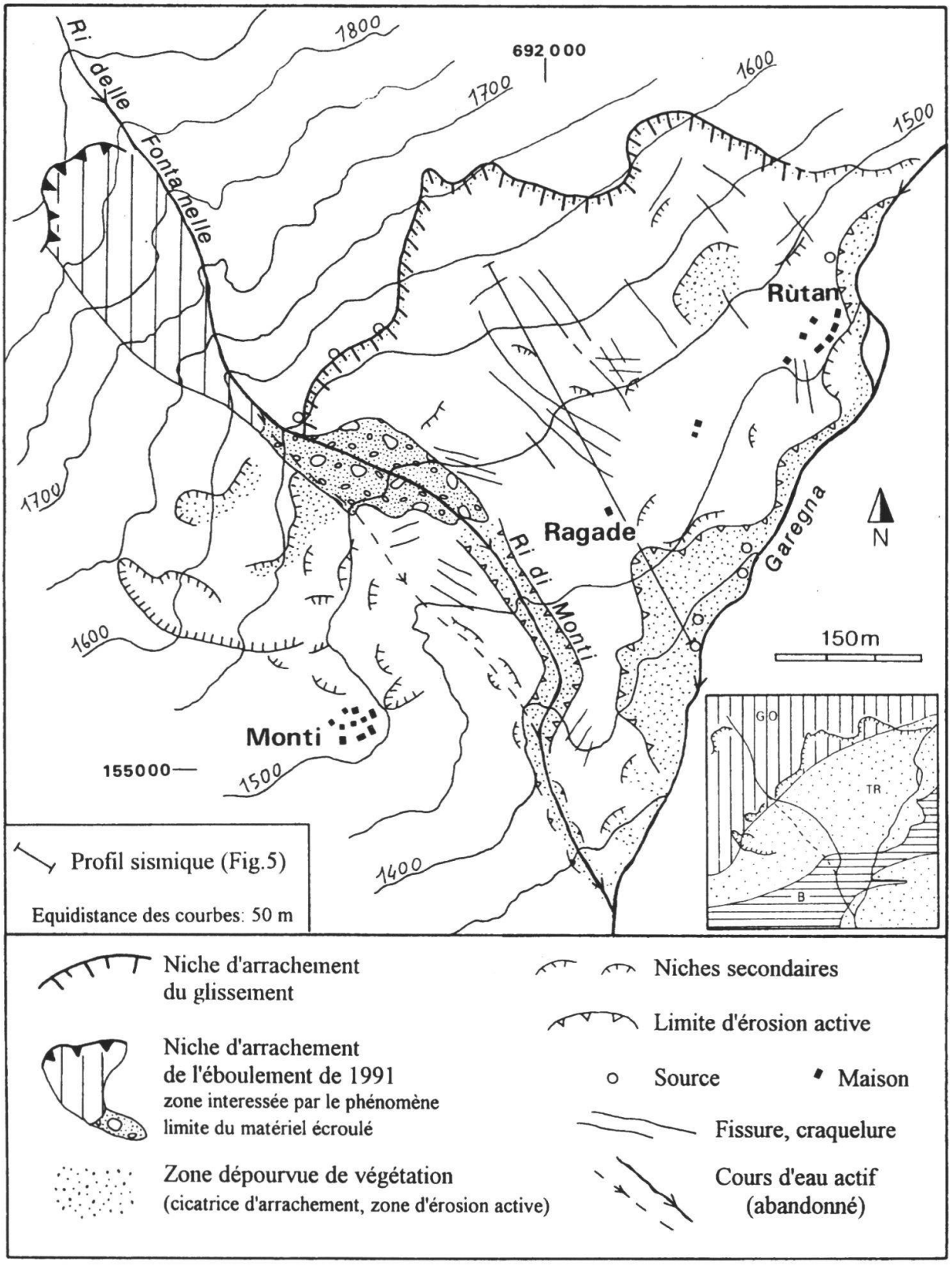

Fig. 3: Carte géomorphologique simplifiée du glissement de Rùtan, d'après la carte géologique 1:5'000 levée par F. Beffa (situation: été 1994). En medaillon, esquisse tectonique de la région d'étude; GO, massif du Gothard (schistes et gneiss); TR, Trias (dolomie et gypse); B, Bündnerschiefer du pennique.

masse en mouvement. En plusieurs endroits, les pâturages sont parcourus par de nombreuses fractures dont le rejet peut être de l'ordre du mètre.
La partie méridionale est caractérisée par la présence d'un talus dû à l'action érosive de la rivière Garegna (érosion du pied). L'angle de stabilité du talus atteint 37°-38°.
Dans le secteur occidental (SO de Ragade) la topographie a été bouleversée lors des intempéries de 1993. Ici, on peut observer le Ri di Monti s'écouler dans son nouveau lit (Fig. 2 et 4).

Zone secondaire

Elle se situe au N-NW par rapport à l'hameau de Monti. Sa morphologie est plus complexe que celle de la zone principale. Les traits marquants de cette partie du glissement peuvent être résumés de la façon suivante:

- la niche d'arrachement est discontinue et on a plusieurs niches disposées à différentes altitudes,
- il n'y a pas une zone active d'érosion du pied (avec talus),
- des affleurements de dolomies triasiques ponctuent la partie centrale de cette zone, ils sont eux aussi en mouvement,
- la limite méridionale est très mal définie, la trace de la niche d'arrachement se perd en s'approchant au lit du Ri di Monti, lequel matérialise, au moins en partie, la limite occidentale de tout le glissement.

5. Interprétation géologique

La masse en mouvement s'appuie en grande partie sur un substrat composé de dolomies et gypses triasiques (Fig. 3). Ces roches carbonatées-évaporitiques sont constituées par des minéraux solubles dans l'eau et résultent donc particulièrement vulnérables à l'action des agents météoriques. L'action érosive de l'eau sur ce type de roche se manifeste tant en surface qu'en profondeur avec la création d'un réseau souterrain, ce qui permet à l'altération de se propager. A ce propos, la circulation d'eau en profondeur dans la Val Canaria a été récemment vérifiée grâce à une série d'essais de traçage dans le cadre des investigations hydrogéologiques dans la région de Piora (Jäckli 1994). Des analyses chimiques effectuées sur trois sources karstiques (env. cinq cents mètres en aval du glissement) ont démontré que les eaux sont très minéralisées; elles contiennent entre 1000 et 1400 mg/l de sulfate de calcium (Bernasconi 1980). La série des phénomènes d'altération inclut aussi l'hydratation de l'anhydrite (avec production de gypse), ce qui cause une augmentation du volume à l'intérieur de la roche. Les lithologies triasiques karstifiées favorisent l'infiltration d'eau à l'intérieur des terrains meubles qui les recouvrent et en provoquent l'instabilité. Il est probable qu'une partie de cette eau s'infiltre dans la région de Pontino, Piano di Pontino (1900-2000 m d'altitude), en amont du glissement (voir Fig. 2). En suivant les fractures des schistes de la Tremola elle ressortirait en correspondance du Trias qui, dans cette zone, constitue le fond de la vallée. Malheureusement, nous ne disposons pas de mesurations piézométriques et donc il n'est pas possible de démontrer la présence d'eau sous pression.
Un autre facteur important qui a pu favoriser l'infiltration d'eau à l'intérieur des terrains meubles est l'éboulement du Ri delle Fontanelle. Cet événement s'est produit environ six mois auparavant la période paroxysmale du glissement (mai 1992). Nous pensons que la présence du matériel écroulé dans le lit de la rivière a provo-

Fig. 4: Vue rapprochée de la partie occidentale du glissement de Rùtan dei Sassi. Le 24 septembre 1993, lors d'une crue exeptionelle, le Rì di Monti a quitté sont lit habituel (sur la gauche, près de la limite avec la forêt) pour se creuser un nuoveau lit (à droite). Situation: octobre 1994, vue vers le N-NW. Photo de Roberto Buzzini.

qué l'infiltration de l'eau, le cours normal étant en partie obstrué.
Une relation de type cause-effet entre les précipitations et l'activité du glissement ne peut pas être établie avec certitude. Il est vrai que le glissement s'est produit pendant la période de fonte des neiges, mais il est également certain qu'il n'y a pas eu d'accélération de mouvement lors de l'alluvion de 1993. Quant à la situation météorologique au printemps 1992, les précipitations n'étaient pas plus abondantes par rapport à la moyenne, mais il faut signaler qu'il a fait plus chaud que d'habitude (Spinedi 1994), ce qui a accéléré la fonte des neiges.

D'autres éléments favorisant les instabilités de versant dans cette zone sont l'intense fracturation des schistes de la Tremola (avec circulation d'eau le long des fissures) et l'érosion du pied de la masse glissante par les eaux de la rivière Garegna.

A l'état actuel des connaissances, nous croyons que pendant les mois du printemps 1992 on a assisté à l'accélération d'un phénomène d'instabilité qui est dû essentiellement à la nature du substrat rocheux sur lequel s'appuie une épaisse (10-60 mètres, d'après les données sismiques; voir prochain paragraphe) masse de terrains meubles.

Les mesurations géodésiques continuent à intervalles réguliers (mensuel à bimensuel, selon les événements), mais il n'y a plus eu de grands déplacements. En moyenne, les valeurs mesurées sont de l'ordre de 1 cm par mois.

Le principal danger en connection avec l'activité du glissement de Rùtan (mis à part la destruction des maisons déjà endommagées) est celui de la formation d'un barrage. Dans le cas d'une accélération soudaine du phénomène une grande masse de matériel pourraît obstruer l'écoulement de la Garegna avec la création d'un lac. A cet égard, tout récemment (1995) un système automatique de surveillance a été installé. L'alerte se déclenche lors d'une drastique diminution du débit (formation d'un barrage). La station de mesure se trouve à Madrano, le long de la rivière Garegna, env. 1.5 km en aval de la zone instable.

6. Profil sismique

Pendant le mois de décembre 1994 plusieurs profils sismiques ont été réalisés dans la vallée Canaria (Geotest 1995). L'interprétation de ces profils a été faite par Muttoni & Beffa (1995). A la figure 5 nous présentons une coupe géologique du substrat rocheux du glissement ainsi que la distribution des vitesses à l'intérieur de la masse en mouvement. La couche superficielle présente des vitesses comprises entre 400 et 600 m/s et une épaisseur d'une dizaine de mètres (éboulis, alluvions et dépôts morainiques remaniés). Elle surmonte un niveau plus épais (~20 m) caractérisé par des vitesses de 1100-1400 m/s (éboulis, dépôts morainiques). Dans le sec-

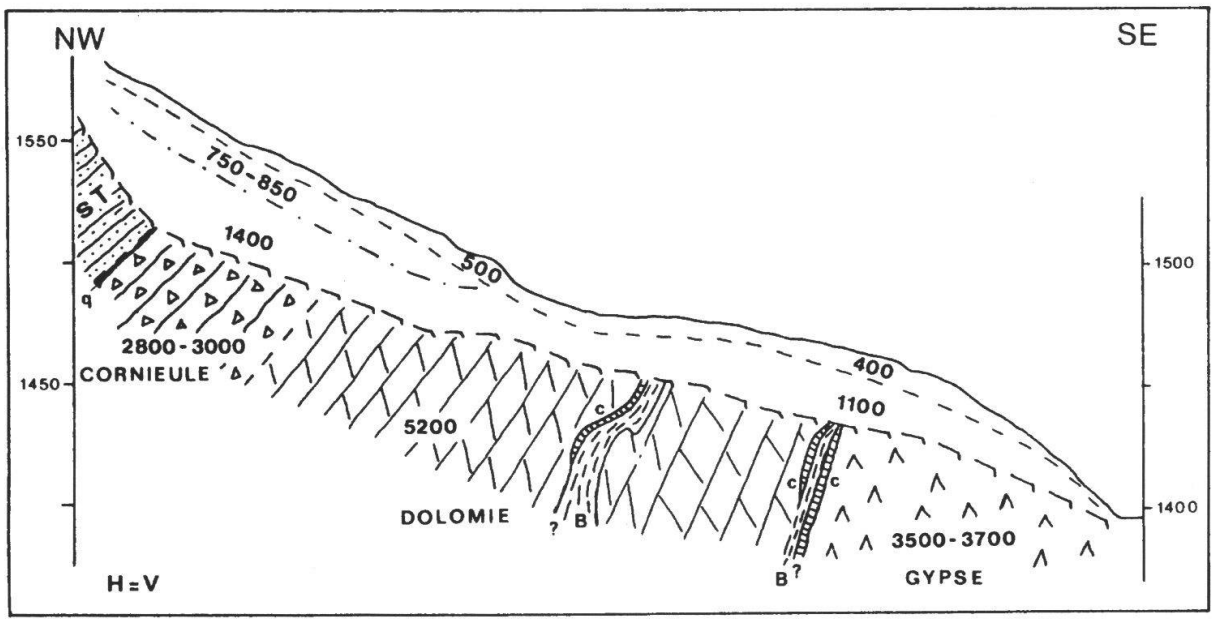

Fig. 5: Coupe simplifiée du glissement de Rùtan, d'après les données sismiques (Geotest, 1995; interprétation géologique de Muttoni & Beffa, 1995). Les vitesses sont en m/s. sT = série de la Tremola, q = quartzite, B = Bündnerschiefer, c = lentilles de cornieule.

teur septentrional du glissement ces deux niveaux sont séparés par une couche intermédiaire (v= 750-850 m/s; ancien éboulement?). Tout en bas nous avons des vitesses plus hautes (2800-5200 m/s; substrat rocheux). A l'état actuel des connaissances il n'est pas possible de fournir plus d'information quant à la nature des terrains meubles (des sondages mécaniques sont prévus). Nous pensons que la surface de glissement correspond au contact roche-couverture (au moins dans cette partie du glissement, zone principale) mais il n'est pas exclu que le contact entre la couche plus superficielle et le niveau sousjacent puisse représenter une surface de glissement secondaire.

Remerciements

Nous aimerions remercier les personnes suivantes: le Dr. Markus Felber pour les encouragements et la lecture critique du manuscrit. Le Dr. G. Beatrizotti pour nous avoir permis d'utiliser les données sismiques. Roberto Buzzini pour l'excellent travail photographique.
Cet article est dédié à la mémoire de Ulrich Mäusli décédé accidentalement pendant la campagne géophysique de 1994.

Bibliographie

ANTOGNINI, M., BEFFA, F., VALENTI, G. 1995: Instabilità di versante nella zona di Rùtan dei Sassi, Val Canaria. - Boll. Soc. Tic. Sci. Natur. 83/1.

BEFFA, F. 1993: Petrographic, structural, geochemical and quaternary studies of Gotthard massif and Lucomagno nappe, Val Piora region (TI-CH). - Diplomarbeit, ETH Zürich.

BEFFA, F., BIANCONI, F., GÜNTHERT, A., STEIGER, R.H. en prep.: Atlas géologique de la Suisse 1:25'000: Feuille 1252 Ambrì-Piotta. - Commission Géologique Suisse.

BERNASCONI, R. 1980: Der Gipskarst von Val Canaria (TI). - Stalactite, 30 (2).

BROMHEAD, E. N. 1991: Stabilità dei pendii. - Dario Flaccovio Editore, Palermo.

GEOTEST 1995: Val Canaria - profili sismici a rifrazione nella zona di smottamento. - Rapport n°94258.

GIANI, G.P. 1988: Analisi di stabilità dei pendii. - Quaderni di studi e di documentazione 8, Associazione Mineraria Subalpina, Torino.

HAFNER, S., GÜNTHERT, A., BURCKHARDT, C.E., STEIGER, R.H., HANSEN, J.W., NIGGLI, C.R. 1975: Atlas géologique de la Suisse 1:25'000: Feuille 1251 Val Bedretto. - Commission Géologique Suisse.

IGC 1992: Zone di pericolo, Comune di Airolo. - Rapport Istituto geologico cantonale, Cadenazzo.

JÄCKLI, H. 1994: Hydrogeologische Untersuchungen in der Piora-Mulde. - Gotthard Basistunnel - SBB, AlpTransit, Bericht Nr. 425 bm.

LAVIZZARI, L. 1863: Escursioni nel Cantone Ticino. - Ristampa del 1988, Armando Dadò Editore, Locarno.

MUTTONI, A., BEFFA, F. 1995: Val Canaria - interpretazione geologica dei profili sismici a rifrazione. - Rapport inédit.

PREISWERK, H., BOSSARD, L., GRÜTTER, O., NIGGLI, P., KÜNDIG, E., AMBÜHL, E. 1934: Geologische Karte der Tessineralpen zwischen Maggia- und Blenio-Tal 1:50'000. - Commission Géologique Suisse.

SPINEDI, F. 1994: Stato meteorologico 1992-1993. - Boll. Soc. Tic. Sci. Natur. 82/1.

STEIGER, R. H. 1962: Petrographie und Geologie des südlichen Gotthardmassivs zwischen St.Gotthard- und Lukmanierpass. - Schweiz. Miner. Petrogr. Mitt., 42/2.

VARNES, D.J. 1978: Slope movement types and processes. in Landslides: Analysis and Control. - Spec. Rep. 176. National Academy of Science, Natl. Res. Counc., Washington, D. C.