



Rendiconti  
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL  
*Memorie di Scienze Fisiche e Naturali*  
123° (2005), Vol. XXIX, t. I, pp. 45-65

ROBERTO MALARODA \*

## **Frane, marocche, marocroidi e rock glacier nelle Alpi; loro rapporto con la Neotettonica**

**Riassunto:** Come le marocche e i marocroidi (nome nuovo!) pure i ben noti rock glacier sono essenzialmente delle frane di crollo anche se per la loro genesi è indispensabile il concorso di condizioni climatiche glaciali o periglaciali.

**Abstract:** *Alpine rockfalls, marocche, marocroidi and rock glaciers; their relationship with the Neotectonics.* These geomorphological evidences are defined if new, or redefined. Prime cause of all is the gravity, mostly activated by epirogenesis along neotectonic faults whose involvement is extensively discussed and illustrated. Relevant consequences are pointed out on the chronology of all related phenomena. Glacial climate is necessary but not a determinant factor.

**Key words:** Alps; anthropic terraces; Geomorphology; Neotectonics; rockfall; rock glacier.

### PREMESSA

Dal ripetuto confronto con i fenomeni gravitativi superficiali nelle prealpi dell'alto Canavese, dalla graduale presa di coscienza dei problemi posti dai depositi della Piccola Età Glaciale, dall'identificazione dei caratteri distintivi dei rock glacier nei vari settori delle Alpi Marittime, e infine dalla fortunata circostanza che mi ha permesso di identificare con sicurezza i rapporti fra Neotettonica e genesi di un rock glacier, è nato questo lavoro che vuole evidenziare la concomitante importanza dei fenomeni di epirogenesi e dei fenomeni franosi nella storia recente delle Alpi.

Ho più volte insistito sulla necessità di tener conto, nelle considerazioni geomorfologiche, dei movimenti epirogenetici e delle conseguenti variazioni delle

\* Uno dei XL. Professore emerito nell'Università di Torino, già ordinario di Geologia - Lungupo Antonelli 33, 10153 Torino. E-mail: robertomalaroda@libero.it

quote anche entro periodi di tempo molto brevi. Benché scomoda e poco intuitiva, questa affermazione non è una grande novità. Si legge infatti nell'ampia recensione fatta da Gb. Dal Piaz (1934) dell'opera di Dubois & Stehlin sulla grotta di Cotencher, che Stehlin sosteneva che il diverso sviluppo delle glaciazioni quaternarie era stato influenzato dalle variazioni nell'altitudine delle Alpi prodotte da motivi tettonici. Sui rapporti tra frane e movimenti epirogenetici ripetuti e di verso anche opposto, che egli attribuisce essenzialmente allo scarico e carico delle masse glaciali nel corso del Quaternario, si è espresso già chiaramente anche Debenedetti (1965).

Basandosi su mie osservazioni personali per quanto riguarda il contributo originale, la presente Memoria prende in considerazione soprattutto le aree da me più recentemente visitate nella mia attività di ricerca, essenzialmente le Alpi Occidentali, e costituisce spesso una modifica a quanto da me in precedenza segnalato in carte geologiche e pubblicazioni.

#### FRANE

Nelle Alpi, data la loro litologia, le frane sono quasi esclusivamente di crollo, confinando e passando lateralmente spesso a detrito di falda con cui possono anche alternarsi. Non terrò conto degli scoscendimenti profondi che possono modificare sensibilmente la morfologia ma sono difficilmente percepiti ad una osservazione locale, anche se talora causano, più che le altre frane, eventi catastrofici come quello, ben noto, del Vajont (Semenza, 2001). Senza alcuna pretesa di completezza selezionerò alcuni esempi in cui i rapporti tra frane e Neotettonica sono stati discussi o sono proponibili.

Il sistema di frane superficiali delle Alpi Occidentali forse più sviluppato, e certo il meglio analizzato, è quello che si stende sulla sinistra della Val Cenischia, a monte di Susa (Forno & Massazza, 1987). Esso misura complessivamente 13 km<sup>2</sup> di superficie e costituisce la quasi totalità del versante tra il fondovalle, che si trova a 650-950 metri, ed una altitudine di 2600 metri, con un'estensione in lunghezza di circa 7 km. Si tratta in realtà non di un unico apparato ma di una ripetuta serie di accumuli (11 episodi principali) che singolarmente possono raggiungere una superficie di 3,5 km<sup>2</sup> ed uno spessore di una decina, talora di alcune centinaia, di metri con blocchi che vanno da pochi cm<sup>3</sup> a qualche diecina di migliaia di m<sup>3</sup>.

Per le frane della Val Cenischia i due autori concludono che l'età è immediatamente successiva al modellamento würmiano principale e che esse sono quindi verosimilmente riferibili alla parte più antica dell'Olocene (e in parte forse anche databili al Pleistocene superiore). Vi sarebbero però anche degli episodi dell'Olocene superiore. Benché l'imponente accumulo di queste frane sia evidentemente legato alle fratture della Linea Cenischia-Nizza gli autori affermano che non si può escludere che questa sia solo una coincidenza senza significato.

Altra frana di cospicue proporzioni è quella che si trova a monte di Fene-strelle, sul fianco sinistro della Val Chisone. È stata descritta da Carraro & Forno

(1981), copre una superficie di 5 km<sup>2</sup>, raggiunge spessori superiori ai 100 metri, e viene datata al Post-würmiano antico.

Per molte delle frane delle Alpi Occidentali, che denominano «paleofrane» per distinguerle da quelle attualmente attive, Carraro, Dramis & Pieruccini (1979) fanno notare come caratteristica la forte ripetitività dei movimenti e la concentrazione in settori in cui sono riconosciuti recenti sollevamenti disgiuntivi. Sia per quelle della Val Cenischia che per quella della Val Chisone è proposto un nesso causale con il complesso sistema di fratture della già citata Linea Cenischia-Nizza.

Per le frane oloceniche, pur con ampi margini di dubbio, Soldati & Borgatti (2003) ammettono invece due soli fattori, il clima e l'intervento antropico. Nell'area di Cortina d'Ampezzo e dell'alta Val Badia (Dolomiti) Pasuto, Corsini & Soldati (2003) correlano gli incrementi dell'attività di frana con le variazioni climatiche avvenute al passaggio tra Tardiglaciale ed Olocene e, nell'Olocene, tra Atlantico e Subboreale e, pur riconoscendo che per altri tempi dell'Olocene non si hanno evidenze di cause climatiche, affermano «che numerosi eventi franosi datati sembrano poter essere considerati come indicatori di variazioni climatiche». Le età di queste vaste frane sono comprese, per Cortina nei due intervalli di 13.000-10.000 a/bp e di 5.500-2.500 a/bp, per la Val Badia, leggermente diversi, di 10.000-9.000 a/bp e di 5.000-2.000 a/ bp.

A conclusioni geneticamente opposte sembra condurre lo stretto legame che intercorre nella Val della Torre, nella stessa Badia, tra numerose frane ed una importante faglia neotettonica trascorrente destra, legame descritto e figurato da Corsini & Panizza (2003). Una di queste frane, quella di Col Maladot, ha, a più riprese, sbarrato il corso del Rio Gadera producendo la formazione di vasti invasi. Con le datazioni dei reperti vegetali contenuti nei sedimenti di questi ultimi si arriva a precisare due fasi principali degli sbarramenti, una tra 10.000 e 7.000 anni fa ed una seconda tra 4.000 e 3.000 anni fa.

A questi fenomeni di frana di crollo, notevoli per la loro estensione ma anche, spesso, per la loro ripetitività si aggiungono quelli, più limitati ma pure ripetuti nel tempo, che riguardano singoli punti di creste o singole cime e che sono tali da modificare il tradizionale profilo di esse e di attirare perciò l'attenzione anche dei mass media, di alpinisti e di semplici turisti. Appartengono a questa categoria, per parlare solo di quelle più recenti, la frana del Cervino, quelle delle Dolomiti e quella del Corborant in cui massi fino a 120 m<sup>3</sup> hanno compiuto un salto di una settantina di metri (Tropeano & Brizio, 1988).

#### MAROCCHIE

Le marocche sono note esclusivamente nel Trentino ed essenzialmente nelle tre località della bassa Valle Sarca, della sella di Nago e dell'alta Val Lagarina (Val d'Adige). Quest'ultima, conosciuta di solito come Lavini di Marco benché questi ne rappresentino soltanto la parte più cospicua, è situata subito a Sud di Rovereto

ed è anche la più conosciuta perché si trova lungo una via di grande comunicazione ma soprattutto perché è stata citata da Dante, nella Divina Commedia, probabilmente riprendendo una precedente citazione di S. Alberto Magno. La litologia delle marocche è sempre quella di calcari o dolomie della serie mesozoica locale.

Carattere distintivo di queste imponenti frane è che esse occupano interamente, o quasi, il fondo di un'ampia valle glaciale o di una vasta sella sbarrandola trasversalmente, deviando verso il fianco non franato corsi d'acqua (il Sarca, l'Adige) e costringendo a spostare verso il medesimo le vie di comunicazione.

Altra caratteristica che le distingue è quella che esse sono legate sicuramente al ritiro finale di una lingua glaciale. Presentano infatti, le arcuazioni tipiche dei ghiacciai in movimento. Il trasporto dei materiali di frana lungo l'asse vallivo è stato però minimo e, nel caso dei Lavini di Marco, nullo. La classificazione delle marocche come «frane morenizzate» sembra quindi sostanzialmente appropriata.

Non è chiara totalmente invece la loro origine che potrebbe essere neotettonica o paleosismica ma anche dovuta ad un normale crollo di una parete o di un versante troppo ripido al tempo in cui su di essi è venuta a mancare la contropinta del ghiacciaio. È quest'ultima, fra l'altro, l'interpretazione di Dante che parla di «sostegno manco» come causa dei Lavini di Marco scoscesi dal versante a frana-poggio sulla sinistra della Valle dell'Adige. In base ai rilevamenti più recenti una causa, o almeno concausa, neotettonica sembra peraltro accertata.

Sulle marocche della Valle del Sarca e della Sella di Nago esistono numerose pubblicazioni elencate nella sintesi monografica di Orombelli & Sauro (1988) ed una preziosa, dettagliata, analisi dovuta a Perna (1991; 1997). È documentata l'origine polifasica, l'età compresa tra il 5630 ed il 1300 bp ed è precisato che l'incarsimento dei massi risulta anch'esso un fenomeno del tutto recente, olocenico.

#### MAROCCHIDI

Questo termine è stato creato da me per la Valle Sacra nel Canavese (Malaroda, 2004b) mentre in precedenza, per la vicina Val Gallenca, avevo usato per forme analoghe il termine «marocche» o semplicemente «frane (marocche)». Nella Memoria che accompagna la Carta Neotettonica e Geomorfologica di quest'ultima valle avevo scritto che «molti corpi glacionivali del Pleistocene medio sono significativi per gli imponenti depositi di marocche cui sono legati» (Malaroda, 1998, p. 336).

Effettivamente ciò si verifica, nell'alta valle, nei pendii a W di Mezzavilla, ove il deposito, che segue il Torrente Gallenca fino alla quota di 475 metri circa, sembrerebbe più antico dell'apparato frontale del Pleistocene medio, ed immediatamente sottostante alla piana glaciofluviale di Braida. Esso è stato da me attribuito a bruschi e ripetuti sollevamenti neotettonici legati ad eventi paleosismici (Malaroda, 1998, p. 337).

Degno di particolare attenzione, in Val Gallenca, è però soprattutto il deposito di Buasca, sul fianco sinistro, ove lungo l'asse della larga valletta che proviene da

Nord, riempita da una alluvione con pendenze da conoide, sul glaciofluviale-alluvionale del Würm più antico (o Pleistocene medio- superiore?) si osserva quasi uno spolverio di grossi trovanti irregolarmente disposti.

Nelle marocche e nei marocoidi il trasporto a distanza del materiale di frana, che è essenzialmente determinato dalla pendenza topografica (fig. 1), può essere indubbiamente favorito:

- dal perdurare di subcontemporanee attività sismiche;
- da coperture di ghiaccio o neve sul pendio;
- dall'essere presente su di esso un permafrost;
- dalla concomitanza di forti precipitazioni pluviali.<sup>1</sup>

Per quanto si è detto, l'età dei marocoidi della Val Gallenca, benché prevalentemente würmiana, sembrerebbe in alcuni casi essere invece rissiana o tardomindeliana, per cui i frammenti e il conseguente trasporto appaiono ripetuti nel tempo e dovrebbero provenire da pareti che, nel caso di quelle di Mezzavilla, distano almeno 4 km.

Come nelle frane, anche nei marocoidi si verifica il fatto che i blocchi di maggiori dimensioni, spesso anche isolati, raggiungano i punti più lontani dall'area di distacco procedendo più che i frammenti minori.

#### ROCK GLACIER

I rock glacier hanno molte delle morfologie tipiche dei ghiacciai o dei nevati salvo ad essere costituiti esclusivamente o quasi esclusivamente da accumuli di blocchi di roccia. Possono presentare rapporti, anche cronologicamente significativi, con altre strutture, in modo particolare con morene e terrazzi. Ma è con le morene che sono stati più usualmente confusi. È comune, risalendo molte valli alpine, in vicinanza della loro testata non più occupata da ghiacciai, assistere al brusco aumento della pezzatura dei blocchi mentre per il resto l'aspetto della

<sup>1</sup> Le quali, oltre a favorire il distacco dei blocchi dalle pareti d'origine possono, con essi e con il detrito più fine, formare delle sospensioni in cui il liquido ad elevata densità può scorrere e trasportare la frazione solida e anche i grandi massi di essa fino ad insospettabili distanze sotto forma di colate (Maraga *et al.*, 1992). I mass media hanno riportato colate di frane a blocchi molto simili ai rock glacier nelle Dolomiti nel luglio 2004. Il trasporto di grossi blocchi ad opera di correnti di elevata densità in occasione di intensi nubifragi è stato segnalato più volte. Così per le frane ed i conseguenti debris flow del giugno 1996 ad Est del M. Mottarone che hanno trasportato blocchi fino a circa 60 m<sup>3</sup> (Chiarle & Luino, 1996, f. 4). Un masso di circa 30 m<sup>3</sup> è stato trascinato nell'alveo del torrente di Valtellina per 500-600 m nel corso dell'alluvione del 1987 (Maletti, 1987). Nell'alluvione dell'agosto 1890 nello Zoldano (Cadore) massi di 150-160 m<sup>3</sup> sono stati rimossi per 10-12 metri (Pellegrini, 1966), un masso di 800 m<sup>3</sup> fu abbandonato dalla corrente poco a monte di Strigno (Prov. Aut. Trento, 1991), nel 1981, uno di circa 1000 m<sup>3</sup> fu mobilitato per alcune decine di metri nel Torrente Revanchio in Piemonte (CNR-IRPI, Rapporto Interno M.I. 96/7), e lo stesso avvenne per massi fino a 100 m<sup>3</sup> nella valle del piccolo Torrente Chiarsò in Carnia (Querini, 1986).

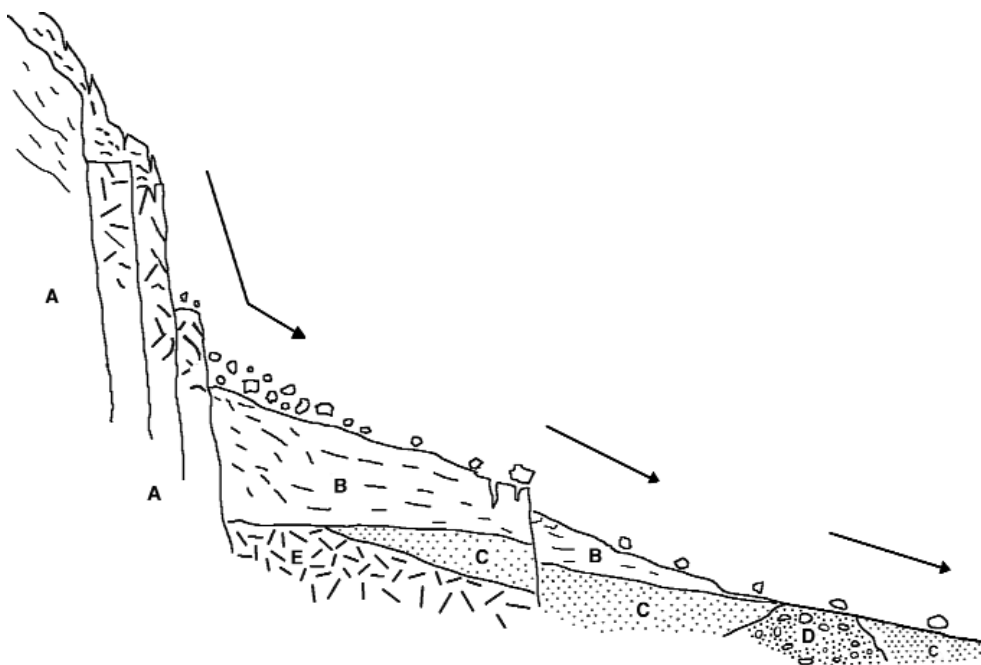


Fig. 1 - Proposta rappresentazione schematica del meccanismo di origine di un maroccoide per movimenti epirogenetici o di subsidenza lungo una famiglia di faglie attive: (A) labbri sollevati di una famiglia di faglie neotettoniche subparallele; il prisma epirogenetico è costituito da rocce fresche salvo, eventualmente, nella parte sommitale; queste rocce sono, in genere, cataclasate e anche per questo, perciò, predisposte al franamento; sopra di esse vi possono essere relitti di depositi detritici, morenici o di glacis, anche alterati; (B) ghiaccio, neve, o anche solo permafrost in spessori variabili; (C) glacis; (D) morena; (E) alteriti.

lingua morenica non risulta sensibilmente variato. Viene da pensare in questi casi che è nel circo di testata e nel cambiamento della litologia del medesimo che si trovi la soluzione del fenomeno; ma nel circo di testata, perlopiù, non si osserva alcuna significativa modifica della natura litologica. Comunque la maggior parte degli autori concordano nell'affermare che la distinzione netta tra morene e rock glacier non è sempre possibile e che a quest'ultimi non si può applicare che molto schematicamente il metodo di datazione basato sull'abbassamento del limite delle nevi (Sweizer, 1968b, p. 28).

I rock glacier sono stati segnalati per la prima volta nelle San Juan Mountains del Colorado da Spencer (1900) che li denomina «*talus streams*» e li attribuisce essenzialmente a frane («*The chief forces involved has doubtless been gravity*») i cui movimenti sono stati facilitati da ghiaccio interstiziale. In Europa le prime descrizioni sono di De Martonne per i Tauri ed i Carpazi, ma anche per le Alpi italiane nella Valle del Tagliamento, quasi contemporaneamente, Gortani (1912) parla di

forme lobate analoghe che denomina «coni di frana». Molto sovente, nelle Alpi, anche in tempi recenti e anche da me, non sono stati distinti dalle morene. Nelle Alpi Marittime Faure-Muret li cita come «pseudomorene» e Sweizer li denomina «*Blockgletzer Moräne*». A parere di Sweizer (1968a, p. 108) i rock glacier non sono comuni nelle Alpi, salvo per le Alpi Marittime ove sarebbero abbondanti (ne numerata 124). Nel Catasto dei Rock Glacier delle Alpi Italiane Guglielmin & Smiraglia (1998) ne elencano invece ben 1594.

La lunghezza è mediamente di 600-800 metri, con oscillazioni che possono raggiungere da 300 a 1400 metri, anche se è da sospettare che le dimensioni maggiori siano dovute a più generazioni successive (Sweizer, 1968a, p. 101). Secondo Tropeano & Brizio (1988) il Rock Glacier del Vallone di Collalunga misurerebbe una lunghezza di 1625 metri, mentre un altro a N del Col de Salèses sarebbe lungo circa 1875 metri e largo 60 metri, dimensioni che sembrano superate da quelle che si deducono in base alle fotografie aeree e sono riprodotte, per questi ed altri rock glacier, anche nella presente Memoria.

Siccome alcuni rock glacier contengono ancora al loro interno del ghiaccio questo ghiaccio potrebbe essere fossile cioè relitto di un più antico ghiacciaio oppure dovuto al congelamento di precipitazioni pluvio-nivali anche molto recenti. A questi, contenenti ghiaccio, che sono spesso ancora in movimento, è stato posto il nome di rock glacier attivi o attuali

Come è stato da me già esplicitato (Malaroda, 2004a, pp. 171-172) non vi è dubbio che causa prima di un rock glacier è una frana, mentre è molto probabile che si tratti di una frana generata dal movimento di una faglia neotettonica. Come tutte le faglie anche quelle neotettoniche perlopiù si raggruppano in famiglie di faglie subparallele. Le frane non possono che verificarsi ai piedi del labbro abbassato di tali faglie secondo il modo esemplificato nella fig. 2 e cioè:

1) la faglia o la famiglia di faglie presentano i labbri abbassati tutte dallo stesso lato. In questo caso si verificheranno frane e rock glacier asimmetrici rispetto al piano di faglia (fig. 2a);

2) le faglie di una medesima famiglia di faglie hanno i labbri abbassati su entrambi gli opposti lati, determinando con ciò un prisma epirogenetico sollevato. In questo caso si verificheranno frane e rock glacier simmetrici rispetto alla famiglia di piani di faglia (fig. 2b).

È evidente che i due diversi modi produrranno, oltre a diverse situazioni per frane, marocoidi e rock glacier, anche effetti geomorfologici diversi di cui risulta così possibile una più completa analisi.

#### RAPPORTI TRA ROCK GLACIER E TERRAZZI ANTROPICI

Oltre che con morene o geomorfologie naturali preesistenti o neotettoniche i rock glacier possono entrare in rapporto con i terrazzi di origine antropica. Queste, talora imponenti e impressionanti, opere umane sono state ben descritte per le

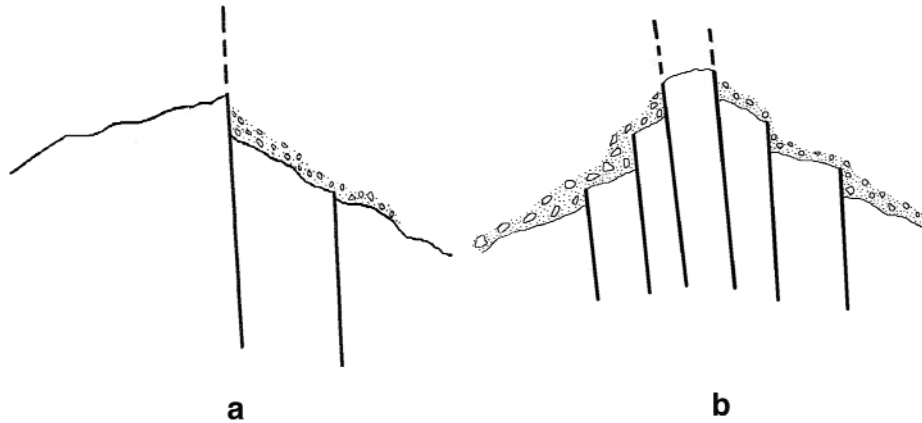


Fig. 2 - Diversi modi di origine di un rock glacier: 2a) modo 1°: la faglia (o la famiglia di faglie subparallele) neotettonica produce una parete suscettibile di franamenti solo su un labbro; 2b) modo 2°: una famiglia di faglie neotettoniche subparallele determina un prisma epirogenetico sollevato e quindi pareti predisposte alla franosità su entrambi i lati.

Cinque Terre (Liguria orientale) da Terranova (1984). Nelle Alpi Marittime si trovano sia nella Valle Roia di Tenda (Breil e Briga), sia nella Val Vésubie (Roquebillière), sia nella Val Tinée (St. Étienne de Tinée), sia nella valle del Varo. Fuori dalle Alpi, molto curati e studiati quelli di Mallorca nelle Baleari (AA.VV., 1999-2001).

Alle Cinque Terre i terrazzi antropici formano delle lunghe fasce orizzontali, parallele alle isoipse e si innalzano sul livello attuale del mare di 350-400 metri con punte massime di 500 metri. Tale paesaggio morfologico è stato creato dall'uomo con un lavoro di circa nove secoli e la successione di una trentina di generazioni. Ha avuto una prima fase di interventi massicci, i cui inizi datano tra il 1000 e il 1100, per essere poi completato nei secoli successivi. Nelle Alpi Marittime, benché con molte riserve, è caratterizzato come «*époque à terrasses*» il periodo fra l'XI e il XIII secolo. I terrazzi sono sostenuti da muretti a secco costruiti con pietra locale e vennero utilizzati soprattutto per vigneti ed uliveti e subordinatamente per castagneti o seminativi (Terranova, 1984, pp. 79-84). Attualmente sono ancora coltivati o utilizzati solo in minima parte e, nelle Marittime, vi si trovano allora, in basso degli orti e, più in alto, nelle parti abbandonate, pascoli, cedui e boschi.

Benché le altitudini citate siano quelle dominanti, a Breil (Valle Roia di Tenda) i terrazzi antropici si estendono verso l'alto fino a 1000 m nella frazione Lavina raggiungendo forse anche i 1500 metri nella frazione Praghion (AA.VV., 1999-2001, pp. 183 e 190 e ff. a p. 211). Esistono anche in Val Vésubie, specialmente sopra Roquebillière, sulla destra orografica ove raggiungono gli 800 m di quota ma è in Val Tinée che si trovano alle maggiori altitudini perché sul fianco sinistro, sopra la ben nota frana di Clapière, i terrazzi antropici salgono fino a q. 2500 (fig. 3)





Fig. 3 - Rapporti tra terrazzi antropici e depositi quaternari nella Val Vésubie (particolare della fig. 5): (A) Rock Glacier de La Blache e, a WNW di esso, probabile detrito più antico; (B) Rock Glacier del Colle di Barbacane.

(GOUT, 1993, fig. a p. 301) e anche a sud del Colle di Barbacane sembrano esistere fino alla stessa quota (foto aeree). Data l'età molto recente di queste morfologie i sollevamenti epirogenetici non dovrebbero aver alterato di molto questi valori.

A questo punto, prima di tentare di raggiungere delle conclusioni di carattere generale, è opportuno esaminare alcuni casi particolari in cui mi sembra si possano avere delle risposte precise, o almeno molto probabili, ai vari quesiti che i rock glacier pongono. Tutti gli esempi provengono dal Massiccio dell'Argentera e sono tratti in parte da osservazioni sul terreno in parte da foto aeree.

**CASO PRIMO: La causa prima dei rock glacier.** *Principali faglie neotettoniche e rock glacier attorno alla cresta tra la Valdeblore e l'alta Valle di Salèses (fig. 4).*

Il punto più significativo si trova nella Valdeblore, sul fianco destro e precisamente nell'alto Vallon d'en Veillos ed è stato già descritto (Malaroda, 2004). La lunga lingua di blocchi del rock glacier del Vallon d'en Veillos non ha inizio dall'ampio circo dell'alta valle ma dalla parete rettilinea sottostante che è certamente dovuta ad una faglia neotettonica; questa si può seguire anche nell'alto Vallon des Millefonds, a NW, e sulla cresta sovraincombente Les Roubines, a SE (**A**). È, a quanto mi risulta, la prima volta che il punto d'inizio di un rock glacier può essere individuato con precisione, escludendo una provenienza da punti più alti di un bacino vallivo anche se non è certo la prima volta che si vede nascere un rock glacier non da un circo glaciale ma da una parete. La scoperta di questa situazione, resa evidente dal fatto che una faglia neotettonica non segue qui una cresta ma attraversa un pendio, è stata decisiva per la mia interpretazione dell'origine dei rock glacier come forme legate alla Neotettonica. Va notato che la faglia in questione non ha prodotto crolli vistosi né, per conseguenza, rock glacier comparabili né a NW né a SE, ciò che è pienamente accettabile perché essi si possono verificare solo in singoli punti e non su tutta la lunghezza di una parete in sollevamento. Immediatamente a nord, nel Vallon des Millefonds esistono altri rock glacier ma prodotti da faglie diverse.

Nella stessa area, nel Vallon d'Anduebis, ad Est della cresta M. Petoumier-M. Pepoiri, è presente invece un enorme rock glacier piastriforme che ha il carattere di un esteso mare caotico di blocchi (**C**). Esso è caratterizzato da una scarsa pendenza (da q. 2200 a q. 2350), da una notevole larghezza che lo rende quasi isodiametrico (310 x 185 m) e dall'abbondanza delle ondulazioni a cordone che ne ricordano il flusso. I particolari sono raffigurati anche nella Carta dell'Argentera Meridionale (Malaroda, 1999).

Analogo, per morfologia ed estensione, è il vasto mare di blocchi che ricopre il pianeggiante terrazzo di Les Adus (**F**), poco a sud del Col de Salèses, sulla destra dell'alto Vallon de Salèses, presso la sua testata. In questo i massi sono spesso mescolati ad un fine limo glaciale su cui sembra che il rock glacier si distenda.

Nell'area non mancano altri rock glacier, anche nel Vallon de Mollières, e per tutti si può invocare una genesi legata alla Neotettonica. Fra questi, entro l'area della

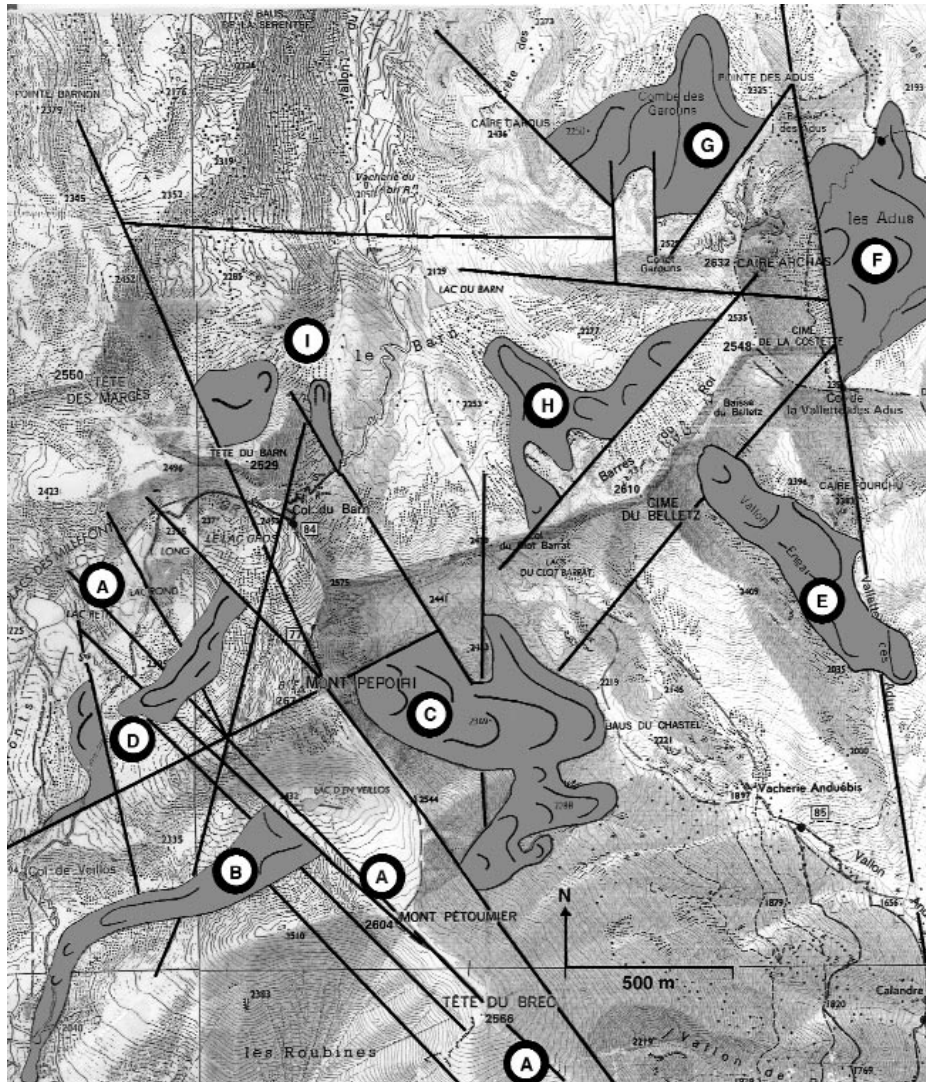


Fig. 4 - I rock glacier attorno alle creste Tête du Breç-Tête du Barn-Caire Archaz (Valdeblöre-Val du Boréon-Val des Salèses-Val de Mollières); (A) Linea Neotettonica Lacs des Millefont-Mont Petoumier; (B) Rock Glacier del Vallon d'en Veillos; (C) Rock Glacier d'Anduebis; (D) Rock Glacier del Vallon de Millefont; (E) Rock Glacier d'Engaï; (F) Rock Glacier des Adus; (G) Rock Glacier de Garouns; (H) Rock Glacier de Barn; (I) Rock Glacier del Vallon du Barn.

carta, si staccano i rock glacier di Garouns e di Barn. Da notare invece la mancanza di rock glacier in punti anche vicini e con analoghe situazioni geomorfologiche.

Significativa, pur se non imponente, è la presenza di due piccoli rock glacier indipendenti, generati da due diverse faglie a quote diverse (**D**); la si osserva nel Vallon des Lacs subito a nord del Vallon d'en Veillos. Non si nota, salvo che per un breve tratto a NE, una parete di distacco, forse perché la superficie della faglia neotettonica che corre lungo e in prossimità della cresta, oltre che demolita dai crolli è ricoperta da una estesa fascia di detrito di falda.

Nel complesso, dalla distribuzione dei rock glacier sui due lati della cresta del M. Petoumier, si dovrebbe concludere che essa, al tempo della formazione dei rock glacier, corrispondeva ad un sottile prisma epirogenetico sollevato a modo di horst (fig. 2b).

**CASO SECONDO: Asimmetria o simmetria dei rock glacier rispetto alla faglia generatrice.** *I rock glacier di Isola 2000 (tav. 1).*

Ho già pubblicata una Nota (Malaroda, 2001) sul M. St. Sauveur, che costituisce il fianco sinistro del Vallon de Chastillon da Isola 2000 fino alla grande ansa della valle in corrispondenza del Blockhaus.

In quella Nota i rock glacier del fianco orientale del M. St. Sauveur sono stati considerati morene di veri ghiacciai con la conseguenza che l'asimmetria dei due versanti del monte è stata attribuita puramente a movimenti epirogenetici associati ad eventi climatologici senza tener conto della possibilità dell'evento frana.

La spiegazione risulta ben più semplice e convincente se si considera anche quest'ultimo: più che la differenza climatica tra i due versanti risulta in questo caso importante la differenza di quota fra i due labbri di una faglia o di un sistema di faglie parallele. Come schematizzato nella fig. 2a l'asimmetria deriva ora dalla differenza tra un prisma sollevato, quello occidentale, ed uno abbassato, quello orientale.

Poiché i rock glacier ricompaiono ancora più ad est negli alti valloni di Castiglione e di Orgials troviamo in essi rappresentato un secondo prisma epirogenetico sollevato e, tra i due, risulta esistere un prisma subsidente costituito dall'allineamento Testa della Rubina - Santuario di S. Anna - Cima di Tesina (fuori campo). Le quote massime che si raggiungono nel prisma sollevato ad W sono quelle del Mt. St. Sauveur di m 2711, quelle massime del prisma sollevato orientale sono quelle del M. Malinvern di m 2939, mentre quelle massime raggiunte dal prisma subsidente intermedio sono quelle della Testa di Pevelos (m 2452) e della Cima di Tesina (m 2460). La presenza di numerose faglie trasversali a queste strutture complica leggermente il quadro ma non lo annulla.

Nel prisma subsidente l'abbassamento ha permesso la conservazione di una paleomorfologia che io considero preglaciale, come quella tra Colle Rubina e Testa della Capanna a sud e, a nord, l'altra, molto più estesa, che va dal Colle della Lombardia al Santuario di S. Anna di Vinadio e si estende, con scarsa pendenza, tra i 2250 ed i 2350 metri.

L'applicazione paleogeografica dei dati sopra esposti porta un prezioso contributo all'individuazione dei settori in via di sollevamento o sprofondamento. Essa consente, fra l'altro, in questo caso l'importante constatazione che la grande faglia ercinico-alpina Ferriere - Mollières che attraversa la nostra zona lungo la congiungente Passo di Bravaria (fuori campo) - Colle della Lombarda - Colle Rubina - Mollières, è rimasta sostanzialmente inattiva nei tempi neotettonici, ciò che risulta confermato anche dal recente studio paleosismologico di Ghafiri (1995).

**CASO TERZO: Diverso sviluppo dei rock glacier lungo una medesima faglia neotettonica. I rock glacier della cresta Tinibras - Corborant (tav. 2).**

L'area, per la quale esiste purtroppo una notevole discordanza nei toponimi italiani e francesi, comprende la cresta con le più alte cime dell'Argentera settentrionale (M. Tinibras 3031 m; Corborant 3007 m) e vi si nota l'usuale inesistenza di circhi glaciali che possano essere posti in rapporto con i rock glacier i quali invece, in molti casi, hanno inizio da rettilinee pareti di faglia neotettoniche.

Le faglie geomorfologiche subparallele, spesso molto fitte, lo sono in maniera particolarmente evidente in alcune di queste creste in cui producono, oltre a fenomeni di cattura,<sup>2</sup> ripide pareti ed una ininterrotta franosità. Anche la sola fitta successione morfologica di cime e di valichi (*pas, brèche*) che si nota già nella carta topografica la quale non riesce a rappresentarle tutte, permette di riconoscere la densità delle faglie neotettoniche che caratterizzano molte creste come, per fare un esempio, quella compresa tra il Pas de la Lauze ed il M. Tinibras (area NW della figura).

Ripetute, ingenti, frane a blocchi, quella recente del 1987 per un volume di ca. 10.100 m<sup>3</sup>, si realizzano lungo faglie geomorfologiche NW-SE alla Cima del Corborant sovrapponendosi al rock glacier che ha direzione media W-E e si estende a Sud della cresta Cima di Corborant - q. 2903 sopra i Laghi di Lansfero sulla sinistra dell'alta Valle di S. Bernolfo. Esse possono ritenersi un buon indizio di sollevamenti epirogenetici in corso entro prismi anche sottili ove le rocce sono molto cataclastiche per l'incrociarsi di sistemi di faglie neotettoniche diversamente orientate come al M. Tinibras e al Corborant.

In questa zona la lunghezza di molti rock glacier è notevole e indipendente dal fattore esposizione. Si stacca, per il suo sviluppo in lunghezza e, presso la terminazione distale, anche in larghezza il rock glacier del Vallon de la Clapière (**B**). Esso incrocia tre importanti faglie neotettoniche; si tratta delle faglie a gradinata che caratterizzano il fianco sinistro sollevato della Val Tinée o di loro coniugate, faglie che, oltre ad aumentare la pendenza del letto su cui si è mosso il rock glacier, è probabile abbiano fornito anche un ripascimento di blocchi. Nel vicino Vallon de

<sup>2</sup> Subito a NE, a N della Tête de l'Ubac, una famiglia di faglie neotettoniche ENE-WSW sul fianco destro alla testata del Vallone Superiore di Ponte Bernardo, ha determinato la cattura del circo della Baisse de l'Ubac in cui ancora recentemente si annidava un piccolo ghiacciaio (Ghiacciaio dell'Ubac, vedi Catasto dei Ghiacciai Italiani).

Rabuons (**C**) invece la fortissima pendenza dell'alveo che esse producono tra q. 2000 e q. 2500 fa sì che al brusco troncamento di una tipica lingua di rock glacier succeda, con continuità, una stretta lingua che sembra avere piuttosto i caratteri di un rock stream.

Le faglie geomorfologiche influenzano in più casi l'andamento dei rock glacier che le incontrano. Risulta difficile, con le sole foto aeree, decidere se esse siano anteriori, contemporanee o successive alle colate di blocchi; non è improbabile che abbiano subito movimenti ripetuti verificando tutte queste situazioni. L'osservazione vale in particolare per il rock glacier dell'alto Vallone del Piz (**G**) e per quello tra Punta di Schiantala ed il Becco Alto di Rostagno.

La polarità rispetto alle faglie generatrici corrisponde al caso illustrato nello schema della fig. 2b: si osservi in particolare quanto succede ai due fianchi del prisma orogenetico sollevato entro al quale si collocano le vette del Tenibres e la cresta a Nord del Corborant

A differenza dalle zone circostanti, l'ampio e composito circo glaciale dei Laghi di Rabuons (**E**) non possiede un particolare sviluppo di rock glacier; interpreto questo fatto come dovuto all'assenza di faglie generatrici di pareti entro quest'area.

**CASO QUARTO: La cronologia degli eventi.** *I rock glacier degli alti valloni della Guercia - Vallon de la Guercia e di Collalunga (fig. 5).*

La faglia del Vallone della Guercia (**A**), subverticale con forte inclinazione verso E, delimita nettamente due morfologie diverse sia sul versante italiano che su quello francese, versanti separati dalla cresta del Colle della Guercia (**B**). Ad E dominano i detriti di falda, i coni detritici e i debris-flow. Ad W si hanno morfologie prevalentemente da rock glacier, in Italia, oppure glaciali e da rock glacier, in Francia. La faglia, sembra essere subcontemporanea al Rock Glacier del Vallone della Guercia in quanto in parte lo taglia, a monte, in parte ne è tagliata, a valle (**F**). La insolita, netta diversità geomorfologica ai due lati della faglia può essere dovuta ad una epirogenesi nel suo labbro occidentale seguita da una lenta e continua subsidenza del labbro orientale. Cronologicamente sembra si debba dunque stabilire la seguente successione di eventi: a) sollevamento del labbro occidentale della faglia e contemporanea genesi dei rock glacier; b) subsidenza del labbro orientale e genesi di soli depositi detritici e di debris flow, forse anche dovuta ad un cambiamento climatico non più glaciale. L'interpretazione è confortata anche dal fatto che a W la superficie delle vette corrisponde a 2761 m per la cima più alta e a 2749 m per la media, ad E è invece di 2694 m per la cima più alta e a 2643 m per la media, ciò che comporterebbe un abbassamento a E di almeno una cinquantina di metri.

Anche nell'alto Vallone di Seccia (**Q**) sembra di notare una maggior antichità del rock glacier rispetto alla faglia che ne percorre il fondovalle nella parte settentrionale ed una contemporaneità nella parte meridionale. I due fenomeni tettonico e gravitativo dovrebbero perciò essere subcontemporanei. Nell'affluente di destra dell'alto Vallon de La Blache (**L**) è visibile un frazionamento, o piuttosto la gene-

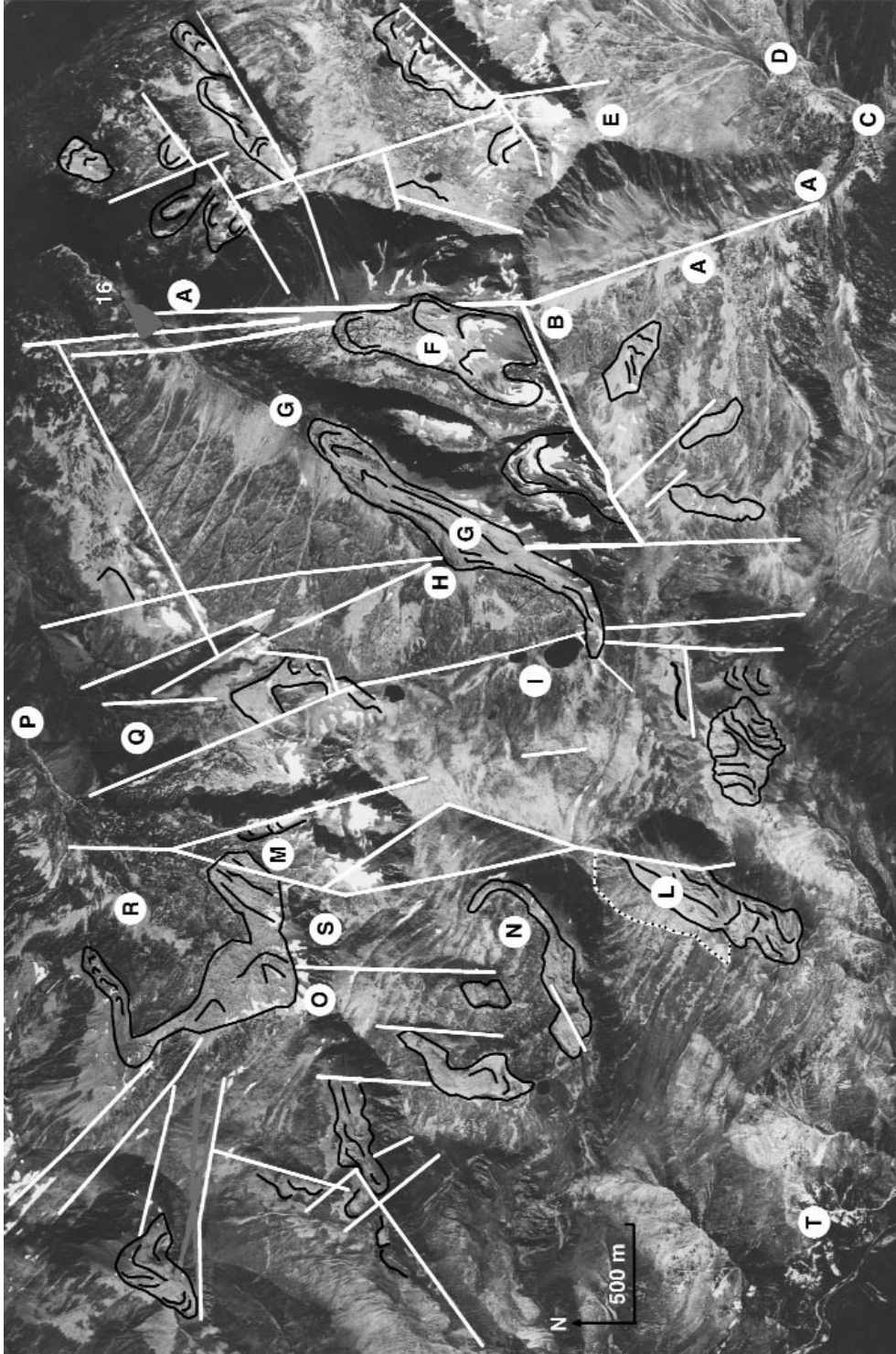


Fig. 5 - I rock glacier del fianco sinistro della media Val Tinée tra La Blanche (1019 m) ed i laghi di Colle Longue (2429 m); (A) Linea della Guercia; (B) Colle della Guercia; (C) Località «La Guercia»; (D) Vallone del Lausfer; (E) Testa Rognosa della Guercia; (F) Rock Glacier della Guercia; ad Est dimostra di essere subcontemporaneo della Linea della Guercia; (G) Vallone e Rock Glacier di Collalunga; (H) Lago di Mezzo; (I) Lago di Collalunga; (L) Rock Glacier del Vallon de La Blanche e facies periferica di detrito (?) più antico che si sovrappongono ai terrazzi medievali antropici; (M) Testa dell'Autaret; (N) Terrazzi antropici, parzialmente ricoperti dai rock glacier del Colle di Barbacane (vedi anche fig. 3); (O) Cima di Collalunga; (P) Vallone di San Bernolfo (o dei Bagni di Vinadio); (Q) Vallone di Secca; (R) Località «La Blanche»; (T) Località «La Blanche» e fondovalle della Tinée.

razione di un nuovo troncone indipendente nel/o nei rock glacier rispetto alla faglia neotettonica di q. 2250.

I più alti terrazzi antropici della zona di Collalunga (**L** e **N**) appaiono troncati da faglie neotettoniche, e talora sommersi da rock glacier (vedi anche fig. 3). In altri casi la morfologia dei terrazzi antropogenetici sommersi da un rock glacier non viene del tutto distrutta ma in parte è ereditata dalla colata di blocchi, oppure dal detrito che la precede o fiancheggia, forse anche, nel Vallon de la Blache, da un detrito antico ancora più esterno.

#### CAUSA DEI ROCK GLACIER

Benché correttamente individuata e descritta anche prima della nascita del nome di rock glacier (Spencer, 1900) è stata a lungo discussa, ed è ancora non unanimemente riconosciuta. Prevale però sempre l'opinione (Sweizer, 1968a, p. 103) che essi siano prodotti da una improvvisa frana di crollo o da uno scivolamento di una frana su ghiaccio, interpretazione che io condivido anche perché segna una transizione tra marocroidi e rock glacier.

Significativo il dato citato da Julian (1980, p. 357) relativo al Nuovo Messico ove in un gruppo montuoso che non ha mai avuto ghiacciai si osserverebbe, invece, un'abbondanza di rock glacier.

Dalla maggior parte degli autori viene però al contrario sostenuta una dipendenza dei rock glacier da eventi climatologici o meteorologici. Che questa sia una concausa indispensabile in quanto generatrice di ghiacciai, nevai o permagel necessari per lo scivolamento dei blocchi non è negabile ma non rappresenta l'evento principale scatenante il fenomeno che, a parer mio, è quello di sollevamenti epirogenetici neotettonici nella zona di origine.

Le varie ipotesi sull'origine dei rock glacier si concentrano dunque essenzialmente su due, quella climatica e quella neotettonica considerate indipendenti. Già Carraro (1997, p. 13) osservava che «fenomeni tettonici e fenomeni climatici danno effetti convergenti, entro ai quali è impossibile stabilire una discriminazione». Avvertiva però, subito dopo, che se ciò è vero in generale, si danno dei casi particolari in cui una fase deposizionale, se ripetuta nelle stesse condizioni, può consentire correttamente una precisa attribuzione. I suoi esempi si riferiscono a sabbie e conglomerati ma possono benissimo applicarsi anche alle frane ed altri depositi gravitazionali.

Diverse sono in parte le conclusioni di Guglielmin & Smiraglia (1998, p. 381) per i quali le cause generatrici principali di un rock glacier sono il clima, i rapporti con i ghiacciai e la litologia del bacino.

Secondo Guglielmin & Dramis (1999, p. 438) il 73% dei rock glacier non mostra alcuna relazione con i ghiacciai mentre per il 27% risulta evidente un collegamento con nevai e morene. Meno chiaro risulterebbe il rapporto con il permafrost, almeno per quanto riguarda i rock glacier inattivi.



Per Haerberli (1985, p. 283), quando si dimostri che un rock glacier è legato alla presenza di permafrost bisogna ammettere che ciò provi che esso si è formato in condizioni climatiche secche.

#### ETÀ DEI ROCK GLACIER

Guglielmin & Dramis (1999) ritengono che i rock glacier attivi siano olocenici ed anteriori alla Piccola Età Glaciale mentre quelli inattivi sarebbero del Tardiglaciale.

Nella Valle di Mollières i rock glacier sono posteriori agli ultimi stadi würmiani (Gschnitz o Daun), che Sweizer (1968a, pp. 81-99) assimila al suo stadio di Chastillon e comunque non più antichi di essi. Solo raramente un rock glacier copre, deforma o distrugge una di queste morene stadiali.

Per la Valtellina è stata calcolata un'età tra i 1000 e 2000 anni bp mentre per le espansioni glaciali si citano età tra i 1050 e gli 8000 anni bp e, documentate per località prossime ai rock glacier studiati, di 2700 anni bp (Calderoni, Guglielmin & Tellini, 1998, pp. 282-283).

#### CONCLUSIONI GENERALI

Le frane, i marocroidi ed i rock glacier, benché molte volte dipendenti anche da fattori climatici, sono essenzialmente dovuti a faglie neotettoniche, cui forse, almeno in alcuni casi, è da associare un evento paleosismico.

Solo per le marocche si può ipotizzare che i crolli di roccia siano dovuti a semplice collasso di pareti prodotte da azioni erosive o abrasive, e in particolare dal crollo di pareti subverticali dei fianchi di una valle in corso di abbandono da parte dei ghiacciai che le hanno modellate. Ma anche in questo caso non esiste una prova che siano totalmente indipendenti da sollevamenti epirogenetici.

Perché si formi un maroccoide o un rock glacier è indispensabile anche la presenza di un pendio sottostante la parete di faglia, pendio che sia lubrificato dalla presenza di un ghiacciaio, di un nevaio, dal permagel o forse persino soltanto profondamente innevato.

#### CONCLUSIONI PARTICOLARI SUI ROCK GLACIER

I rock glacier non possono essere classificati come ghiacciai ma sono frane morenziate, in ciò strettamente apparentati alle marocche e ai marocroidi. Essi si rivelano essenzialmente legati alle situazioni di seguito elencate.

L'esistenza di una roccia produttrice di frane di crollo a partire da un punto o una superficie subverticale facilmente degradabile per azione della gravità, eventualmente anche per associati fenomeni di cataclasi o di criocataclasi. Nel caso delle Alpi Marittime ciò è stato messo bene in evidenza da Sweizer che ha dimostrato

come i rock glacier si sviluppino solo là ove affiorino le competenti rocce del Cristallino o delle Arenarie di Annot. Per la loro origine è necessario esistano cioè rocce come quelle gneissiche o granitiche o, fra le rocce sedimentarie, arenarie, calcari o dolomie.

Causa prima del rock glacier è una faglia neotettonica che produca una parete di faglia idonea, per pendenza e cataclasi, a dar luogo a frane di crollo specialmente quando essa è in movimento. Causa seconda è l'esistenza di un pendio sottostante coperto da ghiaccio, da permagel, o forse anche soltanto da neve.

I rock glacier sono quindi un effetto di più concause ma la causa prima di essi, insieme alla litologia, è la Neotettonica. Essi ricadono quindi nella categoria delle «conseguenze geomorfologiche indirette della Neotettonica» secondo la classificazione proposta da Panizza & Piacente (1978).

Per la Storia della Scienza non sarà male ricordare che l'associazione di due concause, con prevalenza di quella gravitazionale, è esattamente quanto affermava un secolo fa Spencer, il primo che ha segnalato l'esistenza e la possibilità di identificazione, anche senza dar loro un nome, dei rock glacier.

#### APPLICAZIONI ALLA NEOTETTONICA

Come applicazione dello stabilito legame tra rock glacier e movimenti epirogenetici si può considerare che:

1) è possibile localizzare un movimento neotettonico, e qualche volta datarlo, anche quando non esistano altri indizi geomorfologici.

2) è possibile individuare il verso del movimento di sollevamento. I rock glacier infatti non possono che collocarsi sul lato subsidente del prisma in sollevamento ove si formerà una parete e non sul lato opposto, a meno che vi siano più faglie vicarianti vicine e che il prisma epirogenetico sia molto sottile. Sarebbe possibile, cioè, individuare ai due lati di una faglia, ed in un determinato momento, qual'era il labbro sollevato e quale quello abbassato.

3) per l'associazione dei due fenomeni, glaciale e neotettonico: datando l'uno è possibile datare l'altro.

4) poiché il volume spesso enorme di blocchi del quale consiste un rock glacier non è sempre giustificabile con l'altezza della parete di faglia che si vede attualmente bisogna ammettere che movimenti di sollevamento ed abbassamento si siano ripetuti lungo queste faglie viventi ed abbiano prodotto anche rigetti più consistenti di quelli oggi constatabili, o ipotizzabili in base ad altre considerazioni geomorfologiche.

#### DEFINIZIONI E RIDEFINIZIONI RIASSUNTIVE

Data la convergenza di caratteristiche, i limiti talora non facili da stabilire e la conseguente possibilità di confusione nelle terminologie penso non inutile in un tentativo di sintesi comparativa come questo cercare di formulare delle definizioni

quanto più possibile semplici e di facile applicazione. Propongo perciò le seguenti definizioni:

**Frana di crollo:** accumulo di blocchi traslati da una parete o da un pendio o lungo un canale per *semplice azione della gravità*.

**Marocca:** frana caduta su un *ampio fondovalle occupato da una lingua glaciale in esaurimento*, la quale può determinarne anche un molto limitato trasporto lungo l'asse vallivo. La morfologia superficiale del deposito può simulare quella di una morena.

**Maroccoide:** frana caduta sopra un pendio coperto da ghiaccio, neve o permagel che ne provocano la *dispersione su un'ampia superfice planare*. Il maroccoide non raggiunge mai un ampio fondovalle. Lo spessore del *deposito*, che spesso è *discontinuo* (trovanti!), è generalmente ridotto rispetto a quello delle vere marocche.

**Rock glacier:** frana caduta, *in un circo glaciale, in un alto solco glaciale o fluviale, o anche su un pendio, da una parete di faglia* fiancheggiante un prisma epirogenetico, sopra un ghiacciaio, un nevato o su suolo coperto da permagel. Subisce un limitato trasporto in conseguenza del quale può assumere una morfologia che assomiglia molto a quella delle morene viaggianti o depositate o a quella dei nevati. Può contenere al suo interno del ghiaccio relitto o di neoformazione (rock glacier attivi!).

#### *Ringraziamenti*

Al dott. Domenico Tropeano, Direttore del CNR-IRPI di Torino devo molti dei dati sul trasporto solido in situazioni alluvionali, dati ricavabili in parte da Rapporti Interni solo in parte citati nella presente Memoria. Utili segnalazioni mi sono state fornite anche dai proff. Augusto Biancotti, Giuseppe Orombelli e Remo Terranova e dal dott. Gianni Mortara.

LAVORI CITATI

- AA.VV., 1999-2001. *Patrimoni de marjades a la Mediterrània occidental. Una proposta de catalogació*. Conseil de Mallorca, Progetto Potter, 243 pp., 311 ff.
- CALDERONI G., GUGLIELMIN M. & TELLINI C., 1998. *Radiocarbon dating and postglacial evolution, upper Valtellina and Livignese area (Sondrio, Central Italian Alps)*. Permafrost Periglacial Processes, 9, 275-284, 4 ff., 1 tab.
- CARRARO F., 1976. *Appunti sulla Tettonica quaternaria*. Quaderno n. 3 del Gruppo di Studio del Quaternario Padano, 19 pp.
- CARRARO F., 1997. *Criteri per evidenziare l'evoluzione recente delle faglie*. Il Quaternario, 6, 15-26.
- CARRARO F., DRAMIS F. & PIERUCCINI U., 1979. *Large-scale landslides connected with neotectonic activity in the Alpine and Apennine ranges*. Proc. 15<sup>th</sup> Meet. Geomorph. Surv. Mapp., Modena, 213-230, 5 ff., Ist. Geol. Univ. Modena.
- CARRARO F. & FORNO M.G., 1981. *Segnalazione di una «paleofrana» in Val Chisone presso Fene-strelle (prov. di Torino)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 4, 48-54, 11 ff.
- CHIARLE M. & LUINO F., 1996. *Colate detritiche torrentizie sul Monte Mottarone innescate dal nubifragio dell'8 luglio 1996 (Lago d'Orta - Piemonte)*. Convegno Internazionale CNR, Alba (5-7 novembre 1996), 231-245, 13 ff.
- CORSINI A. & PANIZZA M., 2003. *Conseguenze geomorfologiche di una faglia neotettonica nell'alta Val Badia (Dolomiti)*. In: Biancotti A. & Motta M. ed. *Risposta dei processi geomorfologici alle variazioni ambientali*-Ministero Istruzione, Università, Ricerca. Programmi di ricerca scientifica di rilevante interesse nazionale, 163-176, 5 ff.
- DAL PIAZ G., 1934. *La grotta di Cotencher, stazione mustertiana (recensione dell'omonima Memoria di A. Dubois and H.G. Steblin)*. Riv. It. Pal., 40, 70-91.
- DEBENEDETTI A., 1965. *Probabili relazioni tra cicli glaciali e movimenti epirogenetici alpini e subalpini*. Boll. Soc. Geol. It., 84, 11 pp., 1 t.
- FORNO M.G. & MASSAZZA G., 1987. *Movimenti gravitativi diffusi e ripetuti nel versante sinistro della Val Cenischia (Alpi Graie) e loro relazione con il sistema di fratture Cenischia-Nizza*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 10, 277-306, 27 ff.
- GHAFIRI A., 1995. *Paleosismicité de failles actives en contexte de sismicité modérée. Application à l'évaluation de l'alea sismique dans le Sud-est de la France*. Thèse Univ. Paris-Sud 11 (Orsay) e BRGM, 374 pp.
- GORTANI M., 1912. *Il Tagliamento: detriti e conoidi*. Mem. Geogr., 6, 339-430.
- GOUT J.-P., 1993. *Prevention et gestion des risques majeurs. Les risques d'origine naturelle*, 331 pp. Les Éditions de l'Environnement, Paris, Ecosciences et technologies.
- GUGLIELMIN M. & SMIRAGLIA CL., 1997. *Catasto dei rock glacier delle Alpi italiane*. Archivio Comit. Glac. It., Torino, 3, 104 pp., 28 ff.
- GUGLIELMIN M. & SMIRAGLIA CL., 1998. *The Rock Glacier Inventory of the Italian Alps*. In: LEWKOWICZ A.G. & ALLARD M. ed., *The 7<sup>th</sup> International Permafrost Conference*, Nordica, 57, Un. Laval, Ste-Foy, Québec, Canada, 375-382, 6 ff.
- GUGLIELMIN M. & DRAMIS F., 1999. *La ricerca sul permafrost nelle Alpi italiane*. Studi Geografici e Geologici in onore di Severino Belloni a cura di Giuseppe Orombelli, 429-445, 2 ff., 3 tabb.
- HAEBERLI W., 1985. *Creeping of mountain permafrost. Internal flow and structure of Alpine rock glacier*. Mitt. Versuchsanstalt Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Zürich, 77, 142 pp.
- JULIAN M., 1980. *Les Alpes Maritimes franco-italiennes. Étude géomorphologique*. Thèse Aix - Marseille II, 1976. Librairie Honoré Champion, Paris, 829 pp., 112 ff., 8 tt., 1 carta 1:200000.
- MALARODA R., 1998. *Geomorfologia e Neotettonica della Val Gallenca ed aree limitrofe nell'alto Canavese*. Il Quaternario, 11, 331-346, 14 ff., 1 carta 1:12500.

- MALARODA R., 1999. *L'Argentera meridionale - Memoria Illustrativa della «Geological map of southern Argentera Massif (Maritime Alps)»*. Mem. Sc. Geol., 51, 241-331, 156 ff., 1 carta geol. 1:25000.
- MALARODA R., 2001. *Il Monte St. Sauveur nella media Val Tinée (Alpes Maritimes, Francia), una singolarità geomorfologica*. Acc. Sc. Torino - Atti Sc. Fis., 135, 163-170, 4 ff., 1 t.
- MALARODA R., 2004a. *Glacialismo e Geomorfologia del fianco destro della Valdeblorre (Alpes Maritimes, Francia). Origine di un rock glacier*. Rend. Fis. Acc. Lincei, s. 9, 15, 6 pp., 2 ff.
- MALARODA R., 2004b. *Geomorphology and Neotectonics of the Valle Sacra in the alto Canavese (Western Alps, Piedmont, Italy) an explanatory note to the «Carta Geomorfologica e Neotettonica della Valle Sacra 1:12500»*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 27, 131-138, 5 ff., 1 carta.
- MALETTI P., 1987. *Valtellina 1987, la memoria, le calamità un anno dopo*. Filagrano, Forlì, 1988, 72 pp.
- MARAGA F., MARCHI L., MASSOBRIO R., MORTARA G., MOSCARIELLO A., PERUZZO G., VIOLA E., 1992. *Considerazioni territoriali e geognostiche per depositi alluvionali di colate detritiche torrentizie (debris flow) in valli alpine*. CNR - IRPI, Rapporto Interno M.I. 96/17.
- OROMBELLI G. & SAURO U., 1988. *I Lavini di Marco: un gruppo di frane oloceniche nel contesto morfotettonico dell'alta Val Lagarina (Trentino)*. Geogr. Fis. Din. Quat., suppl. 1, 107-115, 8 ff.
- PANIZZA M. & PIACENTE S., 1978. *Rapporti fra Geomorfologia e Neotettonica. Messa a punto concettuale*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 1, 138 -140.
- PASUTO A., CORSINI A. & SALDATI M., 2003. *Le frane come indicatori di variazioni climatiche dal Tardiglaciale ad oggi nelle Dolomiti*. In «Biancotti A. & Motta M. ed., Risposta dei Processi Geomorfologici alle Variazioni Ambientali - Ministero Istruzione, Università, Ricerca. Programmi di ricerca scientifica di rilevante interesse nazionale», 309-325, 4 ff., 3 tabb.
- PELLEGRINI F., 1996. *Il nubifragio del 1890. L'alluvione del 1966 in Zoldo*. Comunità di Forno di Zoldo, Comunità Montana Cadore, Longarone, Zoldano, Istituto Culturale di Zoldo, 2 pp.
- PERNA G., 1991. *Itinerari geologici; la marocca di Gorte (Nago)*. Economia Trentina, Trento, 4, 65-88.
- PERNA G., 1997. *Itinerari geologici: la valle delle marocche*. Economia Trentina, Trento, 1-2, 69-122, 44 ff., 5 tt., 18 tabb.
- PROVINCIA AUTONOMA TRENTO, 1991. *Per una difesa del territorio*, 23-24.
- QUERINI R., 1986. *Le lave torrentizie nelle Alpi e Prealpi Carniche e Giulie*. In Alto, s. 4, 67.
- SEMENZA E., 2001. *La storia del Vaiont raccontata dal geologo che ha scoperto la frana*. Tecomproject, S. Bartolomeo in Bosco (Ferrara), 279 pp., 56 ff.
- SPENCER A.C., 1900. *A peculiar form of talus*. Science, 11, Abstracts of papers presented before the Geological Society of Washington during the years 1893-1910s, p. 188.
- SWEIZER G., 1968a. *Der Formenschatz des Spät- und Post-glazials in den Hoben Seealpen. Aktual geomorphologische Studien in oberen Tinéetal*. Zeitsch. Geomorph., suppl. 6, Borntraeger, 167 pp., 47 ff., 18 tabb., 9 carte.
- SWEIZER G., 1968b. *Le Tardiglaciaire et le niveau des neiges permanentes dans les hautes montagnes des Alpes-Maritimes. L'exemple du bassin supérieur de la Tinée*. Méditerranée, 1, 23-41, 4 ff., 1 tab., 4 carte.
- SOLDATI M. & BORGATTI L., 2003. *Frane e variazioni climatiche dal Tardiglaciale ad oggi: messa a punto concettuale e stato dell'arte*. In «Biancotti A. & Motta M. ed., Risposta dei processi geomorfologici alle variazioni ambientali - Ministero Istruzione, Università, Ricerca. Programmi di ricerca scientifica di rilevante interesse nazionale», 409-423, 2 ff.
- TERRANOVA R., 1984. *Aspetti geomorfologici e geologico-ambientali delle Cinque Terre; rapporti con le opere umane*. Studi Ricerche Geografia, 7, 39-89, 22 ff., 1 carta geomorfologica.
- TROPEANO D. & BRIZIO D., 1988. *La frana di Cima Corborant (Alpi Marittime)*. Riv. Piem. St. Nat., 9, 63-68, 3 ff., 1 tab.