

PAOLO ROBERTO FEDERICI (*) & MARTA PAPPALARDO (*)

L'EVOLUZIONE RECENTE DEI GHIACCIAI DELLE ALPI MARITTIME

ABSTRACT: FEDERICI P.R. & PAPPALARDO M., *The recent evolution of glaciers in the Maritime Alps*. (IT ISSN 0391-9838, 1995).

There are six small glaciers and seven glacierets in the Maritime Alps. They are among the southernmost in Europe and are the residue of more important pleistocene and holocene structures. They were the object of careful observation until the 1930's, but were then little studied.

By means of a thorough bibliographical investigation and field studies in operation for several years the evolution of the glaciers during this last century has been reconstructed. Curves of frontal oscillation have been produced with an approximation imposed by the fact the data is not continuous with time. Therefore a general picture of glacier behavior has been produced on the basis of the common trends of the various curves. This has revealed that an important regressive phase influenced the glaciers beginning in 1940, to the extent that several became extinct whereas others were reduced to simple glacierets.

The glacial structures have shown different tendencies as regards withdrawal. The Clapier and Eastern Gelàs have shown the maximum reduction, up to 90% of their surface area in about a century, whereas the Peirabròc displays the minimum reduction of about 50%. Their behavior has been associated both with the morphological conditions of their environment and climatic conditions. As far as the Clapier is concerned it was discovered that the form of the relative cirque has been determinant in the conservation of the ice mass. This is in the sense that the reduction is less the nearer to 2 is the parametric value of the ratio between length and width of the cirque. Furthermore, proximity of the basin to the main mountain ridge is particularly significant, that is the area of maximum precipitation.

The frontal oscillations of the glaciers were therefore related with climatic conditions, in particular with the of summer temperature and precipitation means, their regime and typology. It was seen that the temperature factor affects the trend of the oscillation curves only when there are variations of a certain extent in a short period of time. The extent of precipitation is influential when there is accumulation of a succession of years of abundant or scarce rainfall. A clear relationship shows between precipitation regime and behavior of the ice fronts, in the sense that a consecutive series of years with maximum summer precipitation between 1935 and 1942 was the start of the phase of real regression of the main glaciers. There was also an attempt to assess response times of these smaller glacial structures to climatic stimuli, times which in the current phase have been practically annulled.

On the basis of the information collected a model of present glacier behavior was produced. This model foresees a marked inertia of the residual glacial masses, a zeroing of response times and a tendency toward a slow and continual reduction of volume. The extent of this phenomenon leads to the hypothesis that the current phase is a prelude to the complete extinction of the ice masses.

KEY WORDS: Glacier fluctuations, Climatic conditions, Morphology, Maritime Alps.

RIASSUNTO: FEDERICI P.R. & PAPPALARDO M., *L'evoluzione recente dei ghiacciai delle Alpi Marittime*. (IT ISSN 0391-9838, 1995).

Le Alpi Marittime ospitano sei piccoli ghiacciai e sette glacionevati, fra i più meridionali in Europa, che costituiscono il residuo di più importanti apparati glaciali pleistocenici ed olocenici. Essi sono stati oggetto di attente osservazioni fino agli anni '30, ma poco studiati successivamente.

Attraverso una capillare indagine bibliografica e gli studi sul terreno in corso da alcuni anni è stata ricostruita la loro evoluzione durante l'ultimo secolo, ed elaborate curve di oscillazione frontale con l'approssimazione imposta dalla non continuità delle serie di dati; è stato quindi tracciato un quadro sintetico del loro comportamento sulla base degli andamenti comuni alle varie curve, secondo il quale un'importante fase regressiva interessa questi ghiacciai a partire dal 1940, tanto che alcuni di essi si sono estinti mentre altri si sono ridotti a semplici glacionevati.

Gli apparati glaciali hanno manifestato una differente tendenza al ritiro: il Clapier ed il Gelàs Orientale hanno registrato la massima riduzione, pari a circa il 90% della loro superficie in circa un secolo, mentre il Peirabròc la minima, attorno al 50%. Il comportamento è stato messo in rapporto sia con le condizioni morfologiche dell'ambiente che li ospita sia con le condizioni climatiche. Per quanto riguarda il primo si è rilevato che determinante ai fini della conservazione della massa glaciale è la forma della relativa cavità circoide, nel senso che la riduzione è tanto minore quanto più prossimo a 2 è il valore parametrico del rapporto fra lunghezza e larghezza del circo. Inoltre è risultata significativa la prossimità del bacino alla dorsale montuosa principale, in corrispondenza della quale si verifica il massimo di precipitazioni.

Le oscillazioni frontali dei ghiacciai sono state quindi messe in relazione con le condizioni climatiche, in particolare con l'andamento delle temperature medie estive e con le precipitazioni, il loro regime e la loro tipologia. Si è visto che il fattore temperatura influenza l'andamento della curva di oscillazione solo quando esso subisce delle variazioni di discreta entità in un tempo breve. L'entità delle precipitazioni risulta efficace quando si cumulano una successione di annate a piovosità particolarmente abbondante o scarsa. Un chiaro rapporto è stato messo in evidenza fra il regime delle precipitazioni ed il comportamento delle fronti glaciali, nel senso che una serie consecutiva di annate a massimo di precipitazioni estive fra il 1935 ed il 1942 ha segnato l'inizio della fase di vero e proprio regresso dei ghiacciai maggiori. Si è inoltre tentata una valutazione dei tempi di risposta di que-

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa.

Comunicazione presentata al Convegno «Cento anni di ricerca glaciologica in Italia», Torino, 19-20 Ottobre 1995 (Communication presented at the Meeting «100 years of glaciological research in Italy», Turin, 19-20 October 1995).

Lavoro eseguito nell'ambito della convenzione C.G.I. - ENEL CRIS «I ghiacciai della Valle del Gesso (Stura di Demonte, Cuneo)» (Resp. P.R. FEDERICI).

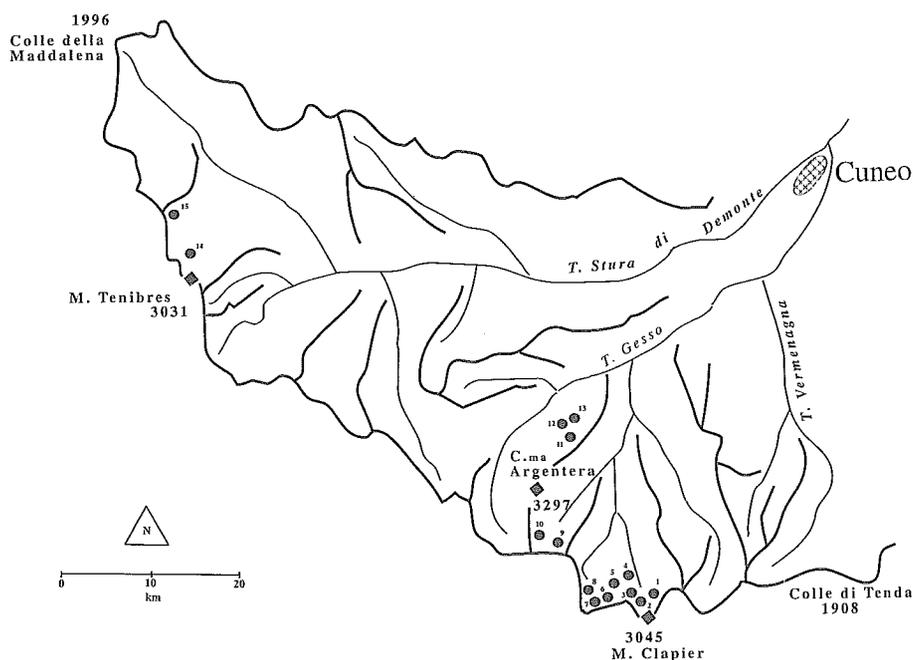


Fig. 1 - L'ubicazione dei quindici apparati glaciali censiti nelle Alpi Marittime: 1) Clapier, 2) Peirabroc, 3) Maledia, 4) Muraion, 5) Gelàs Orientale, 6) Gelàs Nordorientale, 7) Gelàs Settentrionale, 8) Gelàs Occidentale, 9) Caire d'Agnel, 10) Brocàn, 11) De Cessole, 12) Lourousa, 13) Dragonet, 14) Schiàntala, 15) Ubac.

Fig. 1 - Location of the fifteen glaciers of the Maritime Alps: 1) Clapier, 2) Peirabroc, 3) Maledia, 4) Muraion, 5) Eastern Gelàs, 6) Northeastern Gelàs, 7) Northern Gelàs, 8) Western Gelàs, 9) Caire d'Agnel, 10) Brocàn, 11) De Cessole, 12) Lourousa, 13) Dragonet, 14) Schiàntala, 15) Ubac.

sti piccoli apparati agli stimoli climatici, tempi che nella presente fase si sono praticamente annullati.

Sulla base degli elementi raccolti si è elaborato infine un modello del loro comportamento attuale, che prevede una spiccata inerzia delle masse glaciali residue, un azzeramento dei tempi di risposta ed una tendenza ad una lenta e continua diminuzione di volume, tanto da poter ipotizzare che la presente fase prelude alla loro completa estinzione.

TERMINI CHIAVE: Fluttuazioni glaciali, Condizioni climatiche, Morfologia, Alpi Marittime.

PREMESSA

Le Alpi Marittime sono state ampiamente interessate nel passato da un imponente sviluppo glaciale che ne ha modellato il paesaggio fino quasi alla Pianura Padana. In seguito al declino del grandioso fenomeno, i ghiacciai si sono progressivamente ritirati nelle parti più alte delle montagne ed oggi rimangono 6 piccoli ghiacciai nei Gruppi del Clapier e del Gelàs, mentre altri 7, ormai ridotti a glacionevati, si trovano nel Gruppo dell'Argentera, alla testata della Valle della Rovina, e nell'Alta Stura di Demonte (fig. 1). Nell'ambito di uno studio generale sulla glacializzazione dell'area (FEDERICI & PAPPALARDO, 1991) si tratta nella presente comunicazione le vicende più recenti dell'evoluzione di questi apparati, che nel corso dell'ultimo secolo si sono in parte estinti ed in parte ritirati al punto

da preludere ad una fase di totale inattività. Grazie a ciò la zona si presta come area adatta allo studio dei processi di riduzione dei ghiacciai alpini e dei fenomeni che accompagnano la transizione dal dominio morfoclimatico glaciale a quello periglaciale, tanto più che si tratta dei ghiacciai tra i più meridionali d'Europa.

Nella fase preliminare di questa ricerca sono state raccolte le notizie bibliografiche riguardanti i ghiacciai delle Alpi Marittime, con i dati relativi alle dimensioni degli apparati (lunghezza, larghezza e area), alle loro quote minime e massime, alla pendenza media, alle oscillazioni delle fronti ed alle variazioni di spessore. La modesta consistenza degli apparati glaciali delle Alpi Marittime, nonchè la difficoltà di accesso, non hanno favorito gli studi su di essi pur se già segnalati, sul finire del secolo scorso, da MADER (in FOREL & DU PASQUIER, 1896) e da VIGLINO (1897). Va reso comunque merito al Comitato Glaciologico Italiano per aver compiuto un notevole sforzo nel tentare di garantire, nel corso dell'ultimo secolo, una certa continuità di osservazioni⁽¹⁾. Purtroppo, le serie storiche non sono complete, e presentano lacune più o meno ampie e frequenti a seconda dei casi, il che impedisce di utilizzare le metodologie statistiche tradizionalmente impiegate in questo tipo di studi (BELLONI & *alii*, 1985; SMIRAGLIA, 1986).

Fra le informazioni raccolte dai diversi studiosi vi sono anche incongruenze, come, ad esempio, valori di area non concordanti con le rispettive misure di larghezza e lunghezza, o presunti aumenti di estensione ai quali si accompagnano drastici ritiri della fronte, o ancora sovrastime legate presumibilmente alla difficoltà di discriminare la coltre nevosa dal ghiaccio. È stata perciò necessaria una correzione dei valori anomali con l'esclusione di alcune misure. Per 8 ghiacciai si sono potute costruire le curve di ritiro

⁽¹⁾ Nel corso degli ultimi cento anni solo pochissimi lavori riguardanti il glacialismo nelle Alpi Marittime sono stati condotti senza l'intervento del Comitato Glaciologico Italiano; ricordiamo i due studi eseguiti negli anni '30 da MONTERIN (1930) e da SACCO (1932) ed alcune pagine dedicate all'argomento da JULIAN (1980).

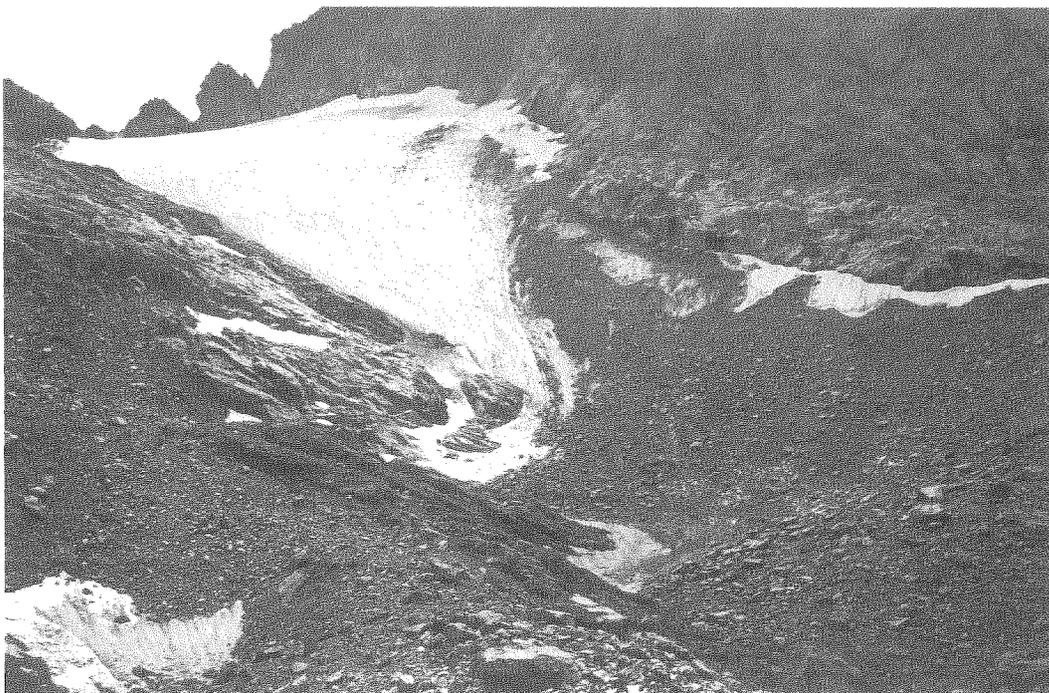


FIG. 2 - La fronte del Ghiacciaio del Clapier (foto M. DE MARTIN MAZZALON, 1995).
 FIG. 2 - The snout of Clapier Glacier (photograph by M. DE MARTIN MAZZALON, 1995).

frontale, integrando, nei periodi lacunosi, i valori di oscillazione delle fronti con quelli di quota minima dei ghiacciai; a tale scopo è stata operata una semplificazione geometrica tenendo conto delle pendenze medie dei bacini. Molto scarse sono risultate le informazioni riguardo alla consistenza volumetrica dei ghiacciai. Infine elementi di incertezza vengono dal fatto che i diversi rilevatori non si sono attenuti alle denominazioni tradizionali dei quattro Ghiacciai del Gelàs, tanto che si è resa necessaria un'attenta analisi dei dati che si riferiscono ad essi. Di queste discrepanze, per esempio, non hanno tenuto conto i ricercatori inglesi che hanno fornito il più recente contributo alla conoscenza dei ghiacciai delle Marittime (GELLATLY & *alii*, 1994), cosicché le loro stime sono solo in parte attendibili. Nel presente studio è stato scelto, per ciascun ghiacciaio, il toponimo attribuitogli dall'autore che per primo lo ha studiato, conformemente al criterio adottato per la stesura del Catasto dei Ghiacciai Italiani (1959-1962).

I GHIACCIAI DELLE ALPI MARITTIME

1) Gruppo del Clapier

In questo gruppo montuoso sono stati segnalati 4 ghiacciai. Tre di essi risultano esistenti, e sono stati regolarmente vi-

sitati da un operatore del C.G.I. nel corso degli ultimi 7 anni.

Il **Ghiacciaio del Clapier** (fig. 2) è situato in un circo di grandi dimensioni ($Lu = 725$ m; $La = 533$ m)⁽²⁾ e di forma notevolmente allungata, che si apre fra la base della parete nord-orientale dell'omonimo massiccio (la sua vetta raggiunge 3045 m) ed una spalliera rocciosa ad oriente che si attesta su quote prossime a 3000 m. È un ghiacciaio montano, con pendenza del bacino di ablazione debole, inferiore a 16° . Attualmente è formato da un singolo ramo, con andamento Sud-Nord da quota 2850 circa a quota 2615 m, ma nella prima metà di questo secolo esso consisteva di due rami, uno orientale e uno occidentale, i quali si univano a quota 2770. Quello occidentale s'incuneava nella stretta gola che conduce al Passo di Monte Clapier e nel 1985 (C.G.I., 1986) era ridotto ad una placca di ghiaccio stagnante, di cui attualmente non rimane traccia. Nel 1930 CAMOLETTO (Boll. C.G.I., 1931) individuava due zone distinte nel ghiacciaio: una superiore, attiva, ed una inferiore, formata da ghiaccio stagnante ricoperto da detrito. La separazione fra queste due porzioni risultava evidenziata, in profilo longitudinale, da una brusca diminuzione di pendenza della superficie del ghiacciaio, posta a quota 2625 m. Nel 1986 la porzione inferiore non era più collegata a quella superiore ed era ridotta ad isolati lembi di ghiaccio morto; questi peraltro si spostavano verso il basso, come testimoniato dal movimento di un grosso masso a quota 2580, indipendentemente da quello della fronte, come documentato negli ultimi tre anni dall'operatore del C.G.I.

Le dimensioni lungo gli assi del ghiacciaio furono misu-

⁽²⁾ Si intende Lu: lunghezza del circo, la sua dimensione longitudinale misurata lungo l'asse del circo, fra la muraglia e la soglia; La: larghezza del circo, la dimensione trasversale media, misurata perpendicolarmente all'asse.

rate per la prima volta nel 1896 e per l'ultima nel 1983; la riduzione dei rispettivi valori è stata drastica, pari al 65% in lunghezza ed al 50% in larghezza. Alla fine del secolo scorso il Ghiacciaio del Clapier era il più esteso delle Alpi Marittime; la sua superficie si è ridotta fra il 1896 ed il 1992⁽³⁾ dell'83%. Per quanto concerne le oscillazioni della quota della fronte, possediamo una serie abbastanza completa di dati dal 1928 al 1968, quindi una nuova serie di misurazioni periodiche dal 1989 ad oggi.

Il **Ghiacciaio del Peirabròc** è alloggiato in un circo di forma assai regolare (Lu = 281 m; La = 437 m), la cui ala destra coincide con quella sinistra del Clapier, e che si sviluppa verso Ovest alla base delle pareti di Cima Peirabròc (2940 m). Nel 1913 (ROCCATI, in Boll. C.G.I., 1914) la massa di ghiaccio occupava l'intero catino, e veniva distinto un «bacino superiore» da uno «inferiore», interpretabili come la zona di accumulo e quella di ablazione; nella porzione mediana si poteva osservare il contatto fra le due porzioni del corpo glaciale, due «falde» sovrapposte, distinguibili per la diversa orientazione della fogliettatura del ghiaccio. Oggi il ghiacciaio si presenta come un insieme di placche (VIOTTI, in G.F.D.Q., 1991), a tratti ricoperte da materiale morenico, le quali ammantano la ripida parete che costituisce il settore sud-orientale della conca. La fronte raggiunge quota 2440 m, dove la bocca del ghiacciaio è visibile al di sotto della copertura detritica e viene a giorno il torrente subglaciale. Nella porzione terminale sono presenti alcuni crepacci.

Fra il 1896 ed il 1958, data alla quale risalgono le più recenti misure di lunghezza e larghezza attendibili, le dimensioni del ghiacciaio risultavano essersi ridotte notevolmente, rispettivamente del 78% la lunghezza e del 73% la larghezza. Complessivamente, fra il 1896 ed il 1992, anno al quale risale l'ultima stima, l'area si è ridotta dell'87%. Il Ghiacciaio del Peirabròc, probabilmente grazie alla sua accessibilità, possiede la serie di dati relativi alle oscillazioni della fronte più completa fra tutti i ghiacciai delle Alpi Marittime, sebbene, anche in questo caso, vi sia un'assenza di misurazioni durante tutti gli anni '70.

Il **Ghiacciaio della Maledia** è adagiato nella porzione centrale del grosso circo che si apre nel versante settentrionale fra il Passo di Pagarì (2819 m) e la Cima della Maledia (3061 m). Questo circo possiede una forma anomala (la larghezza, 630 m, è assai superiore alla lunghezza, 400 m), poichè deriva dalla coalescenza di due circhi minori: uno, con esposizione a SE, si sviluppava alla base del Caire Mu-

raion (2985 m) e l'altro, con esposizione a NO, aveva alla testata il Passo di Pagarì essi si sono uniti per progressiva esarazione da parte dei rispettivi ghiacciai. Sulla base dei resoconti degli operatori del C.G.I. possiamo affermare che nel 1913 il ghiacciaio occupava l'intera conca sino a lambire il Passo di Pagarì, ad Est ed il cosiddetto Canalino della Maledia ad Ovest (ROCCATI, in Boll. C.G.I., 1914), ma che nel 1930 il ramo occidentale si è praticamente estinto, con conseguente riduzione della superficie ad un terzo di quella misurata nel 1913 (CAMOLETTO, in Boll. C.G.I., 1931). In seguito alla recente fase di innalzamento del limite delle nevi il ghiaccio è rimasto confinato nella porzione orientale, dando luogo ad una modesta formazione con esposizione a NO. Il ghiacciaio oggi è ridotto ad una placca addossata alla parete e la sua fronte è talmente coperta di detrito da non consentire più misurazioni di oscillazioni frontali, delle quali possediamo una serie abbastanza completa fra il 1926 ed il 1968. La quota minima della fronte sembra essersi stabilizzata attorno al valore di 2640 m (VIOTTI, in G.F.D.Q., 1995), ma la massa ghiacciata, probabilmente di modesto spessore, risulta ormai inattiva⁽⁴⁾.

La più recente misura attendibile delle sue dimensioni risale al 1962. A quell'epoca la lunghezza del ghiacciaio risultava essersi ridotta del 90% e la larghezza dell'82% rispetto al 1896, mentre fra quest'ultima data ed il 1992 la diminuzione della superficie è pari al 91%.

Il **Ghiacciaio del Muraion**, oggi estinto, si trovava in una conca di forma larga e corta (Lu = 228 m; La = 562 m) che si apre esternamente all'ala sinistra del circo della Maledia, alla base del Caire Muraion (2985 m). Esso veniva descritto come un ghiacciaio «a forma di fascia», il cui spessore variava in funzione degli stimoli climatici, senza che esistesse un vero e proprio bacino di ablazione.

Le informazioni riguardanti la sua estinzione sono un poco contraddittorie: infatti, nel 1974 il ghiacciaio viene ritenuto estinto perchè ridotto ad una sottile placca di ghiaccio posta nella parte più depressa del circo (CHIADÒ, in Boll. C.G.I., 1975). Nel '78 il ghiacciaio viene considerato «in fase di riformazione» (CHIADÒ, in G.F.D.Q., 1979, p. 130); ma nel 1989 in occasione dei rilievi per l'allestimento del World Glacier Inventory (non pubblicato), non viene incluso nemmeno come glacionevato. Due anni più tardi viene definito dall'Operatore del Comitato Glaciologico «di dimensioni assai modeste» (PERETTI & TIRONE, in G.F.D.Q., 1986, p. 92). Infine, nell'89 viene rilevata assenza di ghiaccio o neve residua ed il ghiacciaio nuovamente considerato estinto (VIOTTI, in G.F.D.Q., 1990). Le uniche misure relative alle sue dimensioni risalgono al Catasto dei Ghiacciai Italiani (1959-1962), con una larghezza simile a quella dell'attiguo Ghiacciaio della Maledia, ma una lunghezza quasi doppia. Questa misura appare affetta da un errore in eccesso, mentre più attendibile sembra essere la valutazione della sua area negli anni '30 (CAMOLETTO, in Boll. C.G.I., 1931), all'incirca quanto quella di altri ghiacciai minori di questo settore alpino, come ad esempio l'Occidentale dei Gelàs o il Ghiacciaio di De Cessole. La serie di misurazioni delle oscillazioni frontali, abbastanza completa, va dal 1927 al 1965.

⁽³⁾ Fra il 1992 ed il 1993 furono eseguiti rilievi tacheometrici di 6 ghiacciai delle Alpi Marittime da un gruppo di ricercatori inglesi (GELLATLY & alii, 1994). I risultati di questo studio non sono sempre concordanti con le osservazioni compiute dagli autori della presente nota. Tuttavia, si è ritenuto indispensabile tenere conto delle stime relative all'estensione dei sei ghiacciai ancora attivi.

⁽⁴⁾ Verso la metà del XV secolo il Ghiacciaio della Maledia aveva un'estensione paragonabile a quella attuale. La conca prospiciente l'ala destra del circo era sgombra dal ghiaccio, tanto da consentire, al suo interno, il passaggio di una mulattiera, usata prevalentemente per il commercio del sale, i cui resti emersero dal di sotto della coltre ghiacciata nel 1924 (PAPPALARDO, 1994).

2) Gruppo del Gelàs

La Cima dei Gelàs (3143 m) è compresa nel dosso montuoso detto Serra dei Gelàs, allungato in senso SO-NE, che ospitava, all'inizio del secolo (ROCCATI, 1913) in 4 cavità circoidei, altrettanti apparati glaciali denominati Ghiacciai del Gelàs Orientale, Nord-orientale (o del Lago Bianco), Settentrionale (o del Ciafraion o della Siùla), ed Occidentale (detto anche della Maura).

Il circo del **Ghiacciaio Orientale** (fig. 3) (Lu = 480 m; La = 500 m) ha forma simile a quello della Maledia, e come questo è formato dall'unione di due circhi minori: l'uno si apre nella parete Nord-occidentale della Maledia, l'altro, con esposizione a NE, culmina nella Cima Ciafraion (3007 m). La massa glaciale, all'inizio degli anni Trenta si presentava di forma subtriangolare ed era alloggiata nella porzione centrale del catino, raggiungendo presso la soglia la quota minima di 2630 m mentre un isolotto roccioso, quotato 2835 m, emergeva in mezzo al ghiaccio. La porzione sommitale, subpianeggiante, era separata dalla parete nord della Maledia da un caratteristico specchio d'acqua, denominato «lagarot», nel quale la massa di ghiaccio si gettava rivelando il suo effettivo spessore. Del ghiacciaio rimane una grossa placca nella parte alta del circo, con la fronte situata a quota 2850, in corrispondenza di una brusca rottura di pendenza.

Il circo del **Ghiacciaio Nord-Orientale**, invece, ha forma allungata (Lu = 575 m; La = 425 m). L'ala sinistra si addossa all'importante spartiacque fra il Vallone di Monte Coulomb ed il Gesso della Barra, mentre la destra coincide con una cresta di modesta altitudine e dalla sommità arrotondata⁽¹⁾. A causa della forma allungata e stretta del suo circo, il ghiacciaio risulta incassato fra due costoni rocciosi che lo riparano efficacemente dai raggi solari. È il più pittoresco, fra i ghiacciai del Gruppo, grazie alla presenza del bel laghetto glaciale. SACCO (1912) riporta la notizia che nel 1912 i Ghiacciai Orientale e Nord-Orientale si «confondevano in uno nella parte inferiore, al disotto della caratteristica costiera divisoria», il che significherebbe che la loro fronte si doveva spingere almeno attorno ai 2400 m, ma nel 1924 il nevato che obliterava la porzione frontale del ghiacciaio si arrestava già 100 m a monte della sponda meridionale del lago (ROCCATI, in Boll. C.G.I., 1925). Attualmente tutto ciò che rimane di questo ghiacciaio è una placca di ghiaccio che tappezza il versante presso l'ala destra, sino ad una quota minima di 2720 m, sulla quale non sono osservabili crepacci né altri segni di attività.

Il **Ghiacciaio Settentrionale** è alloggiato in un circo quadrangolare, di forma piuttosto regolare (Lu = 170 m; La = 320 m), protetto dall'alta costiera della Serra dei Gelàs, un'imponente bastionata che sfiora i 3000 m. Di forma tozza, presentava negli anni '30 un abbozzo di lingua, che raggiungeva quota 2740 m (CAMOLETTO, in Boll. C.G.I., 1932). Sebbene assai ridotto, il ghiacciaio è ancora presen-

te, ed appare come una fascia di ghiaccio che ammantava un pendio molto acclive alla base della Serra dei Gelàs, raggiungendo una quota minima di 2850 m.

Immediatamente attiguo ad esso, il circo del **Ghiacciaio Occidentale** è di modeste dimensioni (Lu = 136 m; La = 212 m) e di forma altrettanto regolare. Le notizie su di esso sono scarsissime. SACCO (1912) lo definisce «piccolo, breve», e l'unica valutazione delle sue dimensioni risale al 1929 (CAMOLETTO, in Boll. C.G.I., 1930), quando queste erano già, grosso modo, la metà di quelle degli altri ghiacciai del Gruppo. Di esso non fu mai eseguita alcuna misura delle oscillazioni frontali. Si può considerare estinto (come si vedrà più oltre) fra gli anni '40 e '50. Nel World Glacier Inventory (non pubblicato) è segnalata la presenza, nel circo che ospitava il Ghiacciaio Occidentale, di un apparato di 6 ha di area, ma si trattava in realtà di un grosso nevato.

In base ai dati relativi alla superficie dei Ghiacciai del Gelàs, si può stimare che negli anni attorno al 1930 il Ghiacciaio Orientale era il più esteso del gruppo, seguito dal Settentrionale (Ciafraion), le cui dimensioni erano di poco superiori a quelle del Nord-Orientale. Il Ghiacciaio Occidentale (della Maura) aveva invece un'estensione pari ad un terzo dell'apparato ad esso contiguo. Sfortunatamente, le misurazioni compiute in tempi successivi risultano per certi versi scarsamente attendibili, lasciando aperti alcuni interrogativi sulla reale consistenza di questi ghiacciai. Se si considerano validi i valori di area riportati da GELLATLY & alii (1994), i Ghiacciai dei Gelàs si sarebbero ridotti percentualmente di quanto segue: dell'87% l'Orientale dei Gelàs, del 60% il Nord-Orientale, del 67% il Settentrionale e del 100% l'Occidentale. A causa della loro non facile accessibilità, essi sono stati solo sporadicamente visitati a scopo di studio, tanto che per il Settentrionale e l'Orientale, le misure sulle variazioni frontali disponibili vanno dal 1929 al 1939, mentre il Nord-Orientale venne misurato dal 1930 fino al 1965; sul Ghiacciaio Occidentale addirittura non venne mai compiuta alcuna misura.

3) Gruppo della Rovina

La maestosa Conca di Brocàn, che rappresenta ciò che resta di un esteso circo glaciale, ospita sulle sue pareti alcuni nevai perenni; due di essi nel 1912 erano ancora definiti «ghiacciai» dal SACCO: si tratta del cosiddetto Ghiacciaio di Brocàn e del Ghiacciaio del Caire D'Agnel.

Il **Ghiacciaio di Brocàn** è ubicato in un piccolo circo fra la Cima di Brocàn (3054 m) e la Cima Ghiliè (2998 m); nel World Glacier Inventory (non pubblicato) viene definito «in via di formazione», ma in realtà si tratta di un modesto accumulo di ghiaccio morto, esteso solo pochi ettari, ricoperto da una coltre di nevato.

Il **Ghiacciaio del Caire d'Agnel** si trovava invece incassato in una stretta conca fra la Cima del Caire d'Agnel (2927 m) e la Punta della Valletta (2848 m). Durante l'Estate 1924 (ROCCATI, in Boll. C.G.I., 1925) esso possedeva crepacci trasversali. Secondo il World Glacier Inventory (non pubblicato) risulta che nel 1983 non era più osservabile alcun indizio di movimento. Nel 1990 è stata accertata la presenza sotto alla coltre nevosa di un modesto accumulo di ghiaccio misto a detriti, il quale nel corso di questi ultimi anni si è andato lentamente riducendo.

⁽¹⁾ Da ciò si può dedurre che durante la Piccola Età Glaciale i due ghiacciai Orientale e Nord-Orientale erano uniti (si veda anche quanto afferma SACCO, 1912), e che i due circhi si possono considerare per certi versi come un circo unico.

4) Gruppo dell'Argentera

Il **Ghiacciaio di Lourousa** occupa un ripido canalone del versante nord-occidentale della Punta del Gelàs di Lourousa (3262 m); di esso possediamo dati assai scarsi. Nel 1930 le sue dimensioni erano modeste, seppur comparabili con quelle dei Ghiacciai del Gruppo Clapier-Maledia-Gelàs, ma nel trentennio successivo si è verificato un processo di intensa riduzione. Nel 1958 il Ghiacciaio di Lourousa viene incluso con il numero 7 nel Catasto dei Ghiacciai Italiani (1959-1962), e definito un «glacionevato in disfaccimento»; dopo oltre trent'anni, tuttavia, il pronosticato disfaccimento non si è ancora completato, come testimoniano le osservazioni compiute durante l'Estate 1991 (SERANI, 1992).

Il **Ghiacciaio di De Cessole** si estende in un piccolo circo-vallone sul versante nord della Punta di De Cessole (2915 m), con esposizione a NO. La sua esistenza venne segnalata per la prima volta nel 1922 quando, grazie alla costruzione del Rifugio Bozano, ROCCATI (in Boll. C.G.I., 1925, p. 57) poté individuare tre piccoli ghiacciai sul versante occidentale della Serra dell'Argentera. «Del maggiore, ..., egli scrive, posto alle falde della Cima Paganini, già ho determinata l'estensione ...»; pochi anni più tardi CAMOLETTO (in Boll. C.G.I., 1928) propose di intitolare al primo studioso delle Alpi Marittime il ghiacciaio individuato dal Roccati.

Ancora esistente alla fine degli anni '30, la superficie del Ghiacciaio di De Cessole era allora circa la metà di quella del Gelàs di Lourousa. È incluso come estinto nel Catasto dei Ghiacciai Italiani (1959-1962). Nel World Glacier Inventory (non pubblicato) è definito «glacionevato a gruppo». Nel resoconto di un sopralluogo effettuato nell'Estate '91 SERANI (1992) lo definisce un «complesso ghiacciato relitto dell'ormai quasi estinto Ghiacciaio di Cessole».

Incassato nella parte alta del Vallone del Dragonet, in una cavità circondata dalle alte cime del Dragonet (2761 m), dell'Asta Soprana (2948 m) e dell'Asta Sottana (2403 m), il **Ghiacciaio del Dragonet** viene ricordato perchè nel secolo scorso era utilizzato per fornire ghiaccio alle città di Cuneo, Torino e Genova, essendo stata installata una teleferica che consentiva, grazie all'ubicazione favorevole, un celere ed agevole trasporto. Era un ghiacciaio di forma stretta e allungata, ma non risulta possibile compiere valutazioni sulle sue dimensioni. ROCCATI (in Boll. C.G.I., 1925) riferisce di un'osservazione compiuta nell'estate 1924 del Ghiacciaio del Dragonet che «scintillava come specchio». Nel corso del trentennio successivo il ghiacciaio deve essere giunto all'estinzione, non essendo nemmeno stato inserito nel Catasto dei Ghiacciai Italiani. L'ultimo sopralluogo, compiuto nel 1991 (SERANI, 1992) ha consentito di rilevare la presenza di un'esigua placca di ghiaccio stagnante.

(6) Le informazioni di questo catasto, per quanto concerne le Alpi Marittime, si presentano scarsamente attendibili. In questa zona il ghiaccio è spesso coperto da detrito e l'innevamento persistente anche durante la stagione estiva, per cui le osservazioni fatte tramite la fotointerpretazione hanno scarsa credibilità.

5) Gruppo Corburant-Tenibres

Anche in Valle Stura di Demonte sono stati segnalati nel passato due modeste formazioni, e cioè i Ghiacciai di Schiàntala (detto anche dei Tres Puncias) e dell'Ubac. Di essi possediamo ben poche notizie bibliografiche.

Il **Ghiacciaio dell'Ubac** si trovava alla testata del Vallone di Ponte Bernardo. Nel 1928 venne descritto e misurato da CAMOLETTO (in Boll. C.G.I., 1929), il quale pose 8 segnali al minio che vennero però controllati un'unica volta due anni dopo dal medesimo rilevatore, che in quell'occasione descrisse e misurò anche il **Ghiacciaio di Schiàntala**. Questo, ospitato in una cavità circoide nell'alto vallone del Piz, presentava in quell'anno due lingue separate da una voluminosa morena centrale. All'epoca le loro dimensioni erano considerevoli, quasi il doppio di apparati glaciali quali il Muraiòn o il Gelàs Occidentale. I Ghiacciai di Schiàntala e dell'Ubac vennero inseriti nel Catasto dei Ghiacciai Italiani (1959-1962) come estinti; di ambedue è noto che le rispettive cavità circoide ospitano ancora nevai perenni. Secondo il World Glacier Inventory (non pubblicato), sporadiche placche ghiacciate coperte di detrito accompagnano i nevai perenni⁽⁶⁾. Attualmente non sembra più essere presente del ghiaccio residuo sotto la coltre nevosa.

QUADRO SINTETICO DELLE OSCILLAZIONI NEL CORSO DELL'ULTIMO SECOLO

I dati bibliografici raccolti sono stati analizzati in modo tale da individuare delle tendenze comuni ai diversi ghiacciai. Si sono quindi delineate, nel corso dell'ultimo secolo, fasi di avanzata e ritiro degli apparati in esame e, nell'ambito di queste ultime, fasi ad intensità di ritiro diversa.

Per quanto riguarda il periodo dal 1893 alla fine degli anni '20, in assenza di misurazioni, dobbiamo fare affidamento sulla valutazione a carattere qualitativo compiuta da CAMOLETTO (in Boll. C.G.I., 1931), il quale rappresenta in un grafico le oscillazioni dei ghiacciai delle Alpi Marittime nel suddetto periodo, mettendole in relazione con i dati di temperatura, nebulosità e precipitazioni. Lo stesso CAMOLETTO, a commento della sua sintesi, suddivide quest'arco di tempo in tre periodi, come segue (op. cit., p. 193):

- 1893-1906 - Scarso sviluppo, con oscillazioni intorno alla condizione di magra
- 1906-1918 - Massimo sviluppo con permanenza in condizione di piena
- 1918-1930 - Forte ritiro con permanenza nella condizione di magra

In quest'ultimo periodo i Ghiacciai del Dragonet, di Brocàn e del Caire dell'Agnel dovrebbero essere giunti all'estinzione.

A partire dall'inizio degli anni '30 osserviamo una situazione di sostanziale stazionarietà, che prosegue sino al 1940, con un'alternanza di modeste oscillazioni positive e negative, queste ultime di entità maggiore delle prime (da +2 a -4 m/anno). Si discostano leggermente da questo andamento le curve dei Ghiacciai della Maledia e del Muraiòn, che presentano un picco negativo in corrispondenza

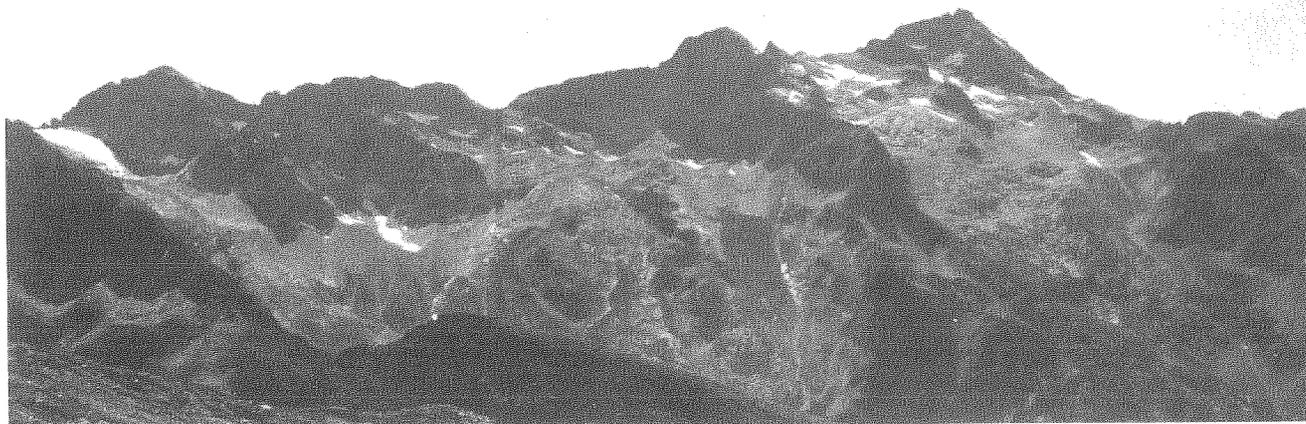


FIG. 3 - Panoramica dei Ghiacciai dei Gruppi del Clapier e del Gelàs nell'Estate 1995 (foto A. VIOTTI). Da sinistra a destra si possono osservare: il Ghiacciaio del Clapier, la vetta del Monte Clapier, il Ghiacciaio di Peirabròc con la ben conservata morena frontale, il Passo di Pagari, il Ghiacciaio della Maledia, la vetta della Maledia e, fra questa e la Cima dei Gelàs, i Ghiacciai Orientale e Nordorientale dei Gelàs.

FIG. 3 - View of the Clapier and Gelàs Groups in Summer 1995 (photograph by A. VIOTTI). From left to right we can see the Clapier Glacier, the peak of Mount Clapier, the Peirabròc Glacier with its well preserved frontal moraine, the Pagari Pass, the Maledia Glacier, the Maledia Peak and, between this one and the Gelàs Peak, the Eastern and North Eastern Gelàs Glaciers.

del 1932 di circa -10 m, assieme a quella del Gelàs Orientale, caratterizzata da un picco positivo (+6m) nell'anno 1936.

A partire dal 1940 inizia una fase di ritiro importante, che procede con intensità praticamente uniforme (circa 3,5 m/anno) fino alla fine degli anni '50, con la sola interruzione di una modesta oscillazione positiva attorno al 1951. Nel corso di questa fase è probabile che sia giunto all'estinzione il Ghiacciaio Occidentale del Gelàs, non essendo esso inserito nel Catasto dei Ghiacciai Italiani (1959-1962), ma che aveva nel 1930 dimensioni comparabili con quelle dei Ghiacciai di De Cessole, Ubac e Schiàntala che a loro volta nel corso di questa medesima fase si sono verosimilmente estinti. Va sottolineato che dopo l'oscillazione positiva del '51 si è verificata una diminuzione della velocità di regressione (valutabile sui 2 - 2,5 m/anno) che il Ghiacciaio del Muraiòn ha mantenuto sino all'estinzione, avvenuta nella prima metà degli anni '70. Verso la fine degli anni '50 i ghiacciai maggiori hanno iniziato a regredire intensamente. Purtroppo, per tutti gli anni '70 non si possiedono dati di variazioni relativi ad alcun ghiacciaio; i valori di ritiro presunti (circa 4 m/anno) sono stati valutati soltanto in base alle dimensioni ed alle variazioni di quota della fronte; per questo motivo il loro grado di attendibilità è modesto. Da un lato, occorre ammettere che in quegli anni si sia verificato un forte ritiro, per poter spiegare le limitate dimensioni attuali (valutabili in pochi ha) di tutti i ghiacciai ancora esistenti, dall'altro però non è possibile descrivere con precisione le variazioni della sua intensità.

A partire dagli anni '80 quest'ultima sembra essere comunque assai bassa, dell'ordine di 1 m/anno. Va ricordato

che da quegli anni i ghiacciai della Alpi Marittime sono stati nuovamente oggetto di attenzione; in particolare, dal 1989 i Ghiacciai del Clapier, Peirabròc, Maledia vengono annualmente visitati da un operatore del Comitato Glaciologico Italiano (Alessandro VIOTTI, fig. 3), ma l'esecuzione di misure sulla fronte (ed ancor più il tentativo di un bilancio di massa) risulta ardua per la consistente copertura di materiale morenico.

Sebbene le temperature locali non mostrino significative tendenze, non bisogna dimenticare che nell'arco alpino dal 1962 al 1980 si è verificata una fase fredda che è stata registrata con le oscillazioni positive di alcuni ghiacciai (es. Alpi Centrali, M. Bianco, ecc.). Tuttavia, sui ghiacciai da noi esaminati questa fase non è documentata, il che potrebbe stare a significare che la massa glaciale aveva ormai raggiunto una dimensione critica tale da non essere più in grado di dare una risposta agli stimoli climatici, se non di notevole entità.

FATTORI CHE HANNO CONDIZIONATO LA TENDENZA AL RITIRO

Fra la fine degli anni Venti e la prima metà degli anni Trenta, in una fase che ha visto una ripresa di interesse per gli studi sui ghiacciai delle Alpi Marittime, promossa dal ROCCATI, furono compiute misure di area su 11 dei 15 ghiacciai esistenti in questo settore alpino nel corso dell'ultimo secolo. La fig. 4a mette a confronto le aree dei vari apparati in quel periodo e costituisce un'utile base per la stima della consistenza dei ghiacciai in rapporto alla loro

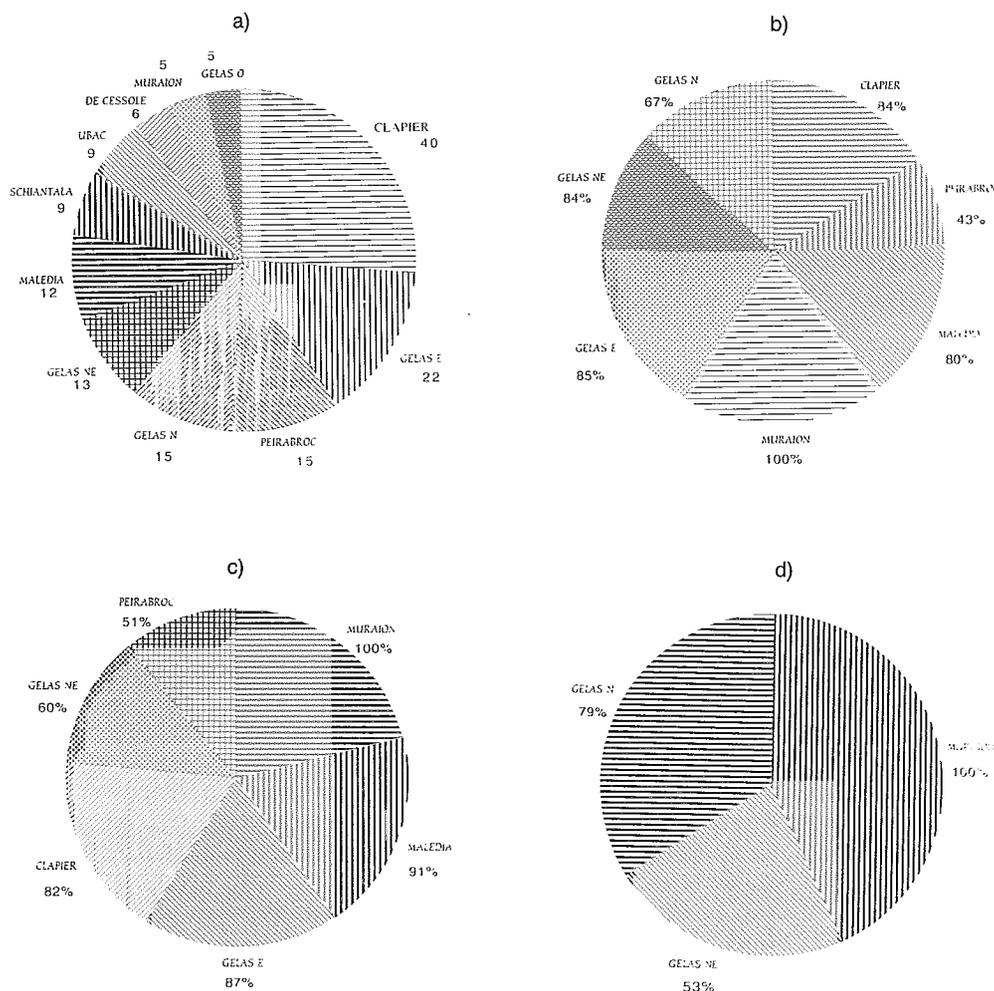


FIG. 4 - a) Le superfici dei principali ghiacciai delle Alpi Marittime (in ettari) secondo le misurazioni compiute fra la fine degli anni Venti e la prima metà degli anni Trenta; b) Percentuali di riduzione delle superfici dei principali ghiacciai delle Alpi Marittime fra gli anni '30 ed il 1992-93; c) Percentuali di riduzione delle superfici dei principali ghiacciai delle Alpi Marittime fra il 1896 ed il 1992-93; d) Percentuali di riduzione delle superfici di tre ghiacciai fra gli anni '30 ed il 1978.

FIG. 4 - a) The surfaces of the main glaciers in the Maritime Alps according to the measurements made between the end of 1920s and the middle of 1930s; b) Reduction percentages of the main Maritime Alps glaciers surfaces between the 1930s and 1992-93; c) Reduction percentages of the main Maritime Alps glacier surfaces between 1896 and 1992-93; d) Reduction percentages of three glaciers surfaces between the 1930s and 1978.

tendenza al regresso, non essendosi più verificate, da allora, importanti fasi di progresso.

Il più esteso di tutti risultava essere il Ghiacciaio del Clapier, con i suoi 40 ha di area, seguito dall'Orientale dei Gelàs, che misurava circa la metà del primo (22,4 ha). Seguiva quindi un gruppo comprendente i Ghiacciai Nord-Orientale e Settentrionale dei Gelàs e quelli del Peirabròc e della Maledia, con estensioni fra i 15,3 ed i 12,1 ha; un secondo gruppo era costituito dai Ghiacciai di Schiàntala, Ubac, De Cessole, Muraiòn e Gelàs Ovest, che misuravano fra i 5 ed i 9 ha.

Osservando le percentuali di riduzione delle masse dagli anni '30 al 1992-93 (fig. 4b), si rileva che, a parte quelli giunti ad estinzione, i ghiacciai che registrano la massima riduzione sono i due di più grandi dimensioni, l'Orientale dei Gelàs e il Clapier, unitamente a quello della Maledia, che fa parte del gruppo degli apparati di media grandezza, come il Ghiacciaio del Peirabròc, che invece si è ritirato

meno di tutti gli altri. Il ritiro del Peirabròc procede così lentamente rispetto a quella degli altri ghiacciai del gruppo, che nel 1992, secondo GELLATLY & alii (1994), le sue dimensioni risultavano, seppur di poco, superiori a quelle del Clapier (8,6 ha contro 6,2). La tendenza alla stazionarietà del Peirabròc risulta evidente anche confrontando i dati più antichi relativi all'estensione dei ghiacciai in questione (1896) con quelli più recenti (1992, fig. 5). Alla fine del secolo scorso il Peirabròc era il quarto ghiacciaio per estensione fra quelli delle Marittime, dopo il Clapier, l'Orientale dei Gelàs ed il Maledia, e le sue dimensioni erano assai simili a quelle del Nord-Orientale dei Gelàs. Attualmente (dati 1992) esso risulta il più esteso, seguito dal Clapier e dal Nord-Orientale dei Gelàs. Fra il 1896 ed il 1992 la sua superficie si è ridotta del 51% (fig. 4c). In questo periodo il Ghiacciaio della Maledia risulta essersi ridotto maggiormente del Clapier e del Gelàs Orientale, che presentano invece una più spiccata tendenza al ritiro nel ses-

FIG. 5 - Confronto fra le estensioni di cinque ghiacciai delle Alpi Marittime fra il 1896 ed il 1992-93.

FIG. 5 - Comparison among the extensions of five Maritime Alps glaciers between 1896 and 1992-93.

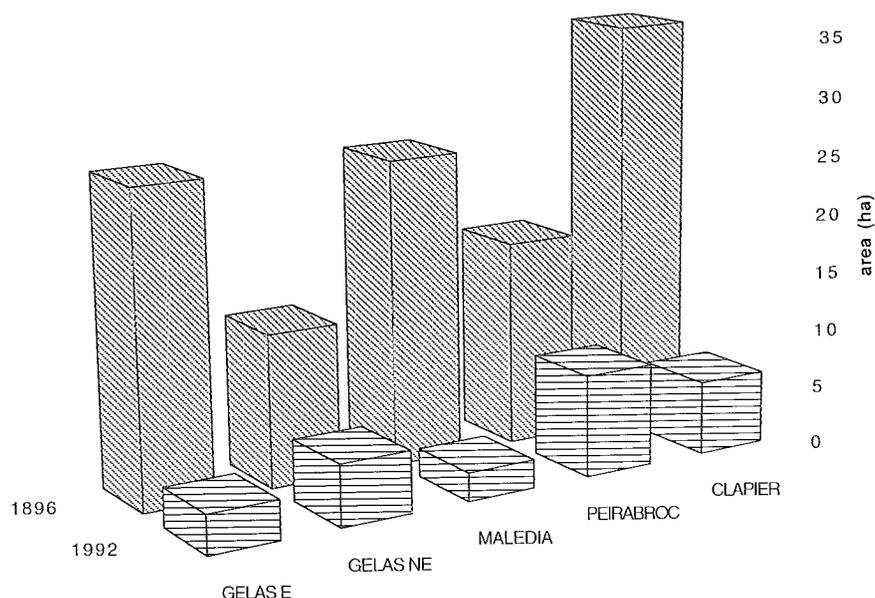


TABELLA 1 - Parametri morfometrici dei circhi e dati relativi all'estensione dei ghiacciai più significativi.
TABLE 1 - Morphometric parameters of the cirques and data about the extension of the most significant glaciers.

ghiacciaio	esposizione	pendenza circo	lu/la circo	sup. area anni '30	%rid. '30-'90
Clapier	N	33%	1,3	40	84
Peirabroc	N	63%	1,7	15,3	43
Maledia	ENE	102%	0,6	12,1	80
Muraion	NNE	106%	0,4	5,2	100
Gelas E	N	42%	1,1	22,4	85
Gelas NE	N	76%	1,3	12,9	60
Gelas N	NNO	54%	0,9	14,6	67
Gelas O	NNO	59%	0,9	5	100
De Cessole	N	68%	1,7	5,6	100
Schiantala	NE	40%	1,1	9	100
Ubac	N	48%	2	8,8	100

santennio considerato in fig. 4b. Una spiegazione di questo comportamento si trova nella già citata estinzione del ramo occidentale del Ghiacciaio della Maledia, verificatasi anteriormente al 1930, che ha provocato una brusca e consistente diminuzione della sua superficie all'inizio del secolo. In sostanza, questo ghiacciaio presenta una tendenza al ritiro più spiccata degli altri due.

Quanto ai due Ghiacciai contigui Nord-Orientale e Settentrionale dei Gelàs, il primo risulta avere una maggiore tendenza a conservare la propria massa rispetto al secondo. Come si può dedurre dalla fig. 4d, la regressione del Ghiacciaio Settentrionale dei Gelàs sembra essersi verificata in gran parte entro gli anni '70. In sintesi i Ghiacciai del Peirabròc e Nordorientale dei Gelàs risultano avere subito un ritiro meno accentuato rispetto agli altri ghiacciai di questo settore alpino.

La consistenza dei vari apparati glaciali e la loro tendenza evolutiva può essere indagata in rapporto con la loro ubicazione e morfologia. A tale scopo sono stati scelti alcuni semplici parametri morfometrici che, delineando le caratteristiche essenziali delle relative cavità circoide, sono apparsi utili per la comprensione del comportamento di

questi ghiacciai. A tali parametri sono stati affiancati i valori relativi all'estensione dei ghiacciai nei primi anni '30 e le percentuali di riduzione areale fra quella data ed i primi anni '90 (tab. 1).

L'elaborazione dei dati ha consentito di individuare alcuni fattori che sembrano aver influito sull'evoluzione di questi piccoli ghiacciai e per contro di sottolineare la scarsa influenza di altri.

In linea generale, si può osservare che i ghiacciai che negli anni '30 risultavano i più estesi (Clapier e Orientale dei Gelàs) e quelli con maggiore tendenza alla stazionarietà (Peirabròc e Nord-Orientale dei Gelàs), hanno un'esposizione francamente settentrionale, mentre risultano sfavoriti quelli dei quadranti occidentali ed orientali, ma fra i primi ve ne sono anche di scomparsi (Ubac, De Cessole). In sostanza, l'esposizione dei circhi non presenta una variabilità tanto marcata da risaltare come un fattore rilevante.

Molto interessante risulta l'analisi della forma del circo. Infatti, appaiono assai predisposti alla conservazione della massa glaciale le forme strette e allungate, con ali subparallele e non originate dalla coalescenza di più elementi. Il parametro scelto per quantificare questo aspetto

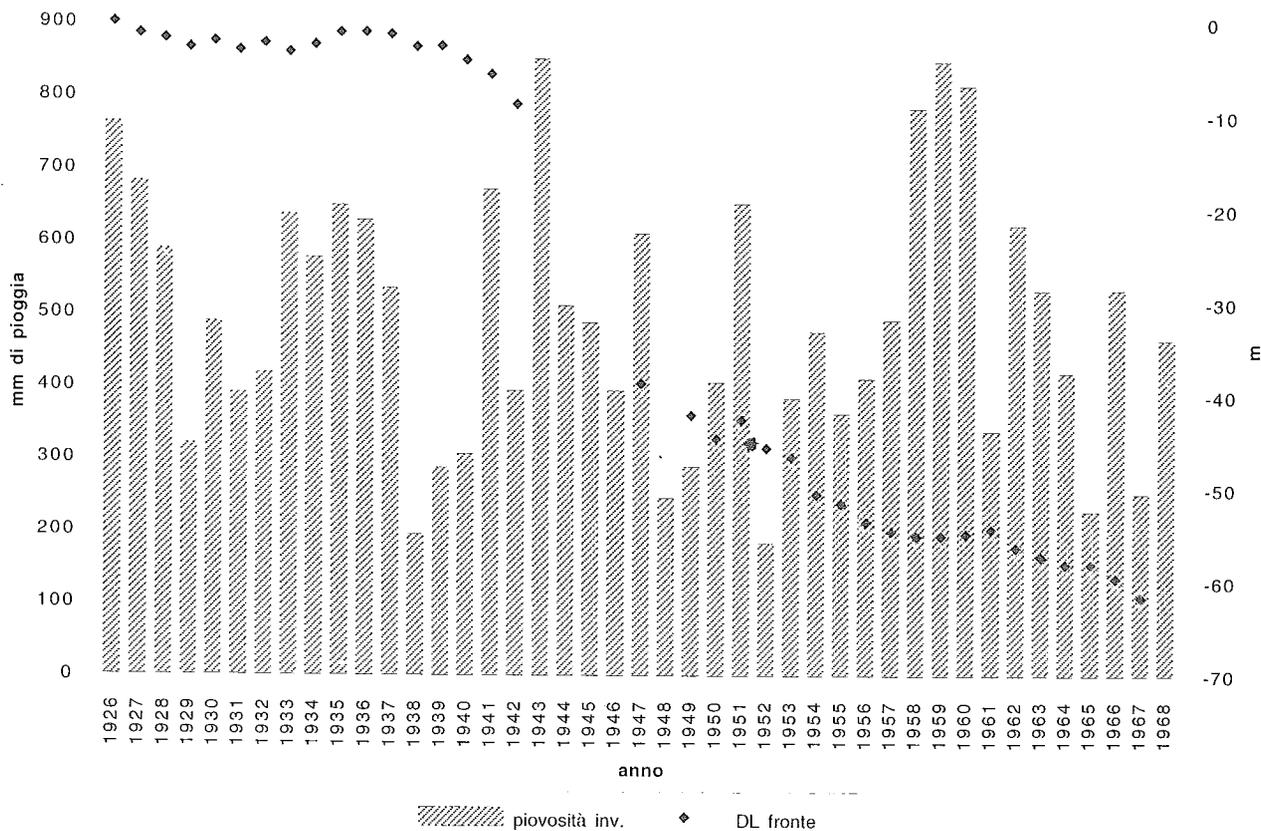


Fig. 6 - La curva di oscillazione frontale del Ghiacciaio del Peirabròc in rapporto alle temperature medie estive a Cuneo.

Fig. 6 - The snout fluctuations curve of Peirabròc Glacier related to the average summer temperatures in Cuneo.

è il rapporto fra la lunghezza del circo misurata lungo l'asse e la sua larghezza media. Quando questo valore è attorno a 0,5 la cavità è aperta (Maledìa, Muraìon), quando esso è prossimo a 1, il circo è di forma allungata ma piuttosto ampio (Clapier, Orientale dei Gelàs), per valori vicini a 2 la morfologia risulta ad ali parallele e ravvicinate (Peirabròc). Il Ghiacciaio del Muraìon ad esempio, che si è estinto nel 1974 (e, almeno a partire dal 1989 il bacino non conservava più nemmeno ghiaccio stagnante), ha un rapporto Lu/La pari a 0,4; il Peirabròc, che presenta la massima tendenza alla stazionarietà ha un valore di 1,7. L'estensione della massa glaciale, a questi ordini di grandezza, sembra non rivestire più alcuna influenza, anzi, risulta piuttosto un fattore sfavorevole. Così, ad esempio, i due Ghiacciai del Clapier ed Orientale dei Gelàs presentano una spiccata uniformità di comportamento e una notevole somiglianza di parametri, sebbene l'area del primo all'inizio degli anni '30 risultasse circa il doppio di quella del secondo. D'altronde lo stesso Ghiacciaio Orientale dei Gelàs ha subito un ritiro maggiore dei contigui Nord-Orientale e Settentrionale, che hanno parametri molto simili, ma superficie originaria molto più ridotta.

Anche la pendenza del bacino risulta discriminante, nel senso che tanto maggiore è il suo valore, tanto più sfavorevole risulta la conservazione del corpo glaciale. I Ghiacciai

della Maledìa e del Muraìon, con spiccata tendenza al ritiro, sono ospitati in bacini con pendenza superiore al 100%; il secondo negli anni Trenta aveva un'estensione assai simile a quella del Ghiacciaio di De Cessole, che è ospitato in un bacino a pendenza molto inferiore (pari al 68%). Ma mentre del Ghiacciaio del Muraìon non resta più nulla, il circo del De Cessole conserva sul fondo un modesto accumulo di ghiaccio morto.

Per spiegare le differenze di comportamento evolutivo dei ghiacciai nei diversi gruppi montuosi occorre inoltre chiamare in causa un ulteriore fattore morfologico-topografico, che risulta essere poi il principale. L'alimentazione dei ghiacciai è naturalmente legata in primo luogo alla quantità e frequenza di precipitazioni che riescono a raggiungere il relativo bacino, e quindi in sostanza nelle Alpi Marittime alla loro posizione rispetto alla dorsale principale, in corrispondenza della quale si verifica un massimo di precipitazioni, essendo i venti prevalenti di tipo meridionale e umidi per la relativa vicinanza del mare. La minor estensione, stimata negli anni '30, della massa dei Ghiacciai di Schiàntala, Ubàc, Muraìon e di quelli del Gruppo dell'Argentera, ormai giunti ad estinzione, è legata alla loro ubicazione. Essi presentano una minore alimentazione rispetto agli altri, sebbene i bacini ospitanti abbiano caratteristiche favorevoli, talora in maniera determinante, alla

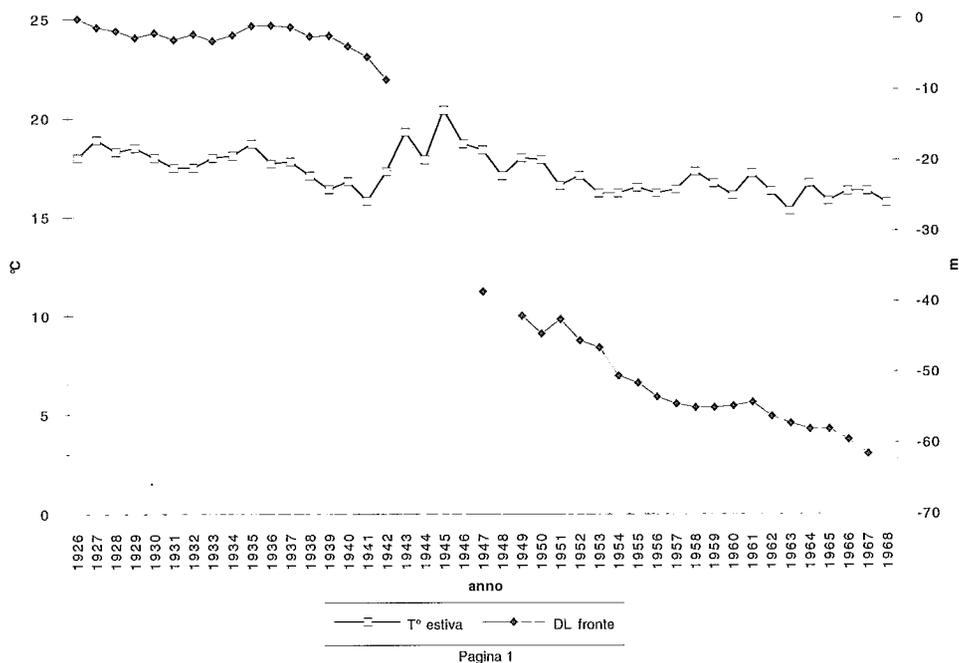


Fig. 7 - La curva di oscillazione frontale del Ghiacciaio del Peirabròc in rapporto alle precipitazioni medie invernali a Cuneo.

Fig. 7 - The snout fluctuations curve of Peirabroc Glacier related to the average winter rainfall in Cuneo.

loro conservazione. In particolar modo il Ghiacciaio dell'Ubac era ospitato in un circo esposto a Nord, di forma stretta ed allungata ($L_u/L_a = 2$) e poco ripido, ma riparato rispetto ai venti mediterranei da rilievi molto elevati.

CORRELAZIONE CON I DATI CLIMATICI

Al fine di comprendere meglio i meccanismi secondo i quali avvengono le oscillazioni dei ghiacciai delle Alpi Marittime, abbiamo cercato di confrontare i dati di sintesi di questo lavoro con la serie termopluviometrica dell'Osservatorio di Cuneo, sulla quale abbiamo eseguito semplici elaborazioni tenendo conto anche dei risultati di BIANCOTTI & alii (1991)⁽⁷⁾, e con uno studio del clima della Val Gesso (RAPETTI & VITTORINI, 1992), alla quale fa capo la maggioranza degli apparati glaciali. Gli Autori citati rilevano che nel corso dell'ultimo sessantennio si sono verificati in Val Gesso una diminuzione, seppur lieve, delle temperature medie mensili, in particolare di quelle primaverili ed estive, ed una riduzione delle precipitazioni, comprese quelle nevose.

Per valutare l'influenza relativa dei due parametri «temperatura» e «precipitazioni» ai fini della conservazione dei ghiacciai in esame, sono state messe a confronto le curve rispettivamente delle temperature medie estive (Aprile-Settembre) e delle precipitazioni medie invernali (Ottobre-

Marzo) a Cuneo con la curva di oscillazione frontale di uno dei ghiacciai in esame (il Peirabròc, figg. 6 e 7), nel tentativo di stimare la variazione del tempo di risposta della fronte del ghiacciaio agli stimoli climatici.

Una prima osservazione è quella che il fattore temperatura influenza l'andamento della curva di oscillazione solo quando esso subisce delle variazioni di discreta entità in un periodo di tempo breve. Così quando si ha un picco di massima temperatura nel 1945 (in cinque anni la media estiva si innalza di quasi 5° C) si verifica anche un brusco ritiro frontale del Peirabroc, che inizia in concomitanza con l'aumento della temperatura, ma si prolunga anche quando questa ricomincia a calare, sino al 1950. Per il resto non si osserva una diretta relazione fra le variazioni di temperatura (peraltro modeste) e l'andamento della curva di oscillazione.

Più dirette sembrano invece le relazioni fra il comportamento della fronte e l'andamento delle precipitazioni, in particolare nel periodo che va dal 1926 al 1940, con tempi di risposta del ghiacciaio agli stimoli climatici pressoché immediati. Nella fase di rapido ritiro della quale si è detto in precedenza l'influenza delle precipitazioni sembra non essere efficace, se non per quanto riguarda il suo momento iniziale: gli inverni dal '38 al '40 sono infatti stati fra i meno piovosi dell'intero periodo considerato. Dagli anni '50 in poi, invece, l'andamento della curva di oscillazione frontale sembra rispondere in maniera più contenuta, ma con tempi di risposta che si aggirano attorno ai due anni. Sfortunatamente, la frammentarietà dei dati glaciologici per gli anni '70 e i primi anni '80 e l'interruzione della serie me-

⁽⁷⁾ La stazione di Cuneo è quella che per posizione e completezza di osservazioni meglio si presta a questo confronto.

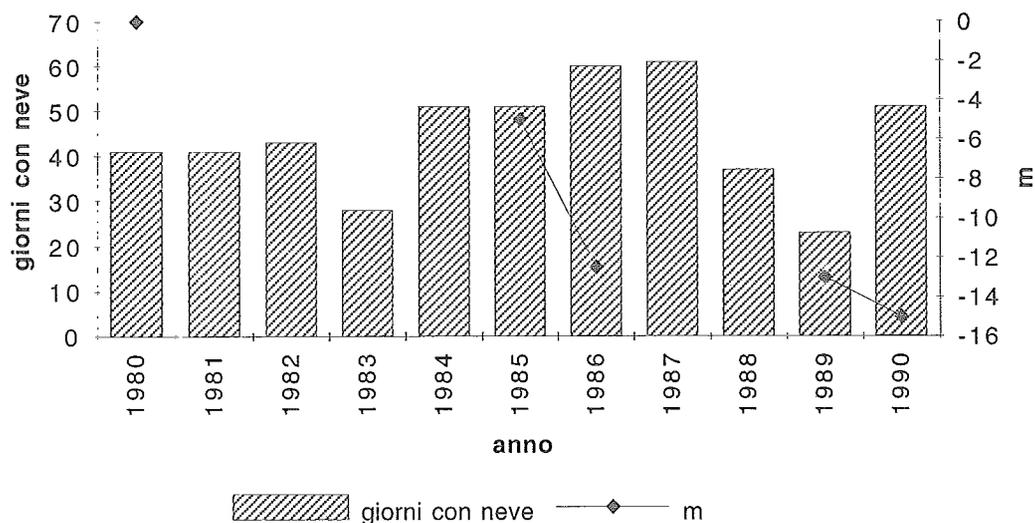


FIG. 8 - Correlazione fra la quantità di neve caduta nella stazione Chiotàs (1950 m) (a) e le oscillazioni della fronte del ghiacciaio del Peirabròc (b).
 FIG. 8 - Correlation between the amount of snow fallen down in Chiotàs (1950 m) station (a) and the frontal fluctuations of Peirabroc Glacier (b).

teorologica al 1986 non ci consentono di puntualizzare gli andamenti più recenti. Tuttavia la comparazione fra la quantità di neve caduta in una stazione in quota (Diga del Chiotàs, 2000 m) e le oscillazioni della fronte del Ghiacciaio del Peirabròc (fig. 8) mostra che verso la metà degli anni '80 questo risponde immediatamente in termini di oscillazione della fronte alla maggiore o minore abbondanza delle precipitazioni nevose.

Un rapporto diretto con le oscillazioni frontali sembra avere anche la variazione del regime delle precipitazioni. RAPETTI & VITTORINI (1992) sottolineano che nel corso degli anni '80 il mese più piovoso è stato Aprile, mentre in base ai dati da essi riportati si deduce che nei decenni precedenti il massimo di piovosità si verificava in Ottobre. Questo fatto influisce sulla scarsa efficacia attuale delle precipitazioni nevose ai fini dell'alimentazione dei ghiacciai, in quanto essi ricevono la neve in un periodo nel quale la temperatura è tale da non favorire il suo passaggio di stato ed il suo accumulo come ghiaccio a lungo periodo. In effetti, analizzando la serie di Cuneo si può notare che nel periodo 1926-1979 le annate nelle quali il massimo di piovosità invernale risulta più pronunciato sono prevalenti (31 su 47), mentre fra l' '80 e l' '86 un solo anno si è verificata una piovosità più accentuata durante la stagione invernale. Un periodo a massimo di piovosità estiva significativo si è verificato fra il 1935 ed il 1942, e sembra lecito poter mettere in relazione anche con esso l'inizio della fase di vero e proprio regresso dei ghiacciai maggiori. Fra il 1958 ed il 1964, invece, si ha una serie continua di annate a massimo di piovosità invernale, che potrebbe rendere ragione della modesta avanzata dei ghiacciai principali, verificatasi nel 1961, e della seguente temporanea diminuzione nel ritmo del ritiro.

In sintesi, quindi, possiamo affermare che i fattori temperatura, precipitazioni e regime delle stesse influenzano tutte, anche se in maniera diversa fra loro, le oscillazioni

frontali dei ghiacciai in esame. In particolare il brusco ritiro dei primi anni '40 sembra potersi imputare ad un'eccezionale concomitanza di fattori sfavorevoli: un consistente e rapido aumento delle temperature medie estive, una serie di annate a scarsa piovosità invernale ed una non comune sequenza di anni a massimo di piovosità estiva. L'azzerramento dei tempi di risposta della massa glaciale alle sollecitazioni climatiche deve essere imputata al raggiungimento, da parte degli apparati in esame, di una massa critica, tale da preludere ad una fase di totale inattività.

CONCLUSIONI

Le osservazioni compiute nel corso di questo studio consentono di delineare un tentativo di modello del comportamento di questi piccoli ghiacciai alpini in una fase che può preludere alla loro estinzione.

Sfortunatamente, la discontinuità dei dati di oscillazione frontale a nostra disposizione non ci ha consentito di effettuare un trattamento statistico dei dati. Tuttavia discreti elementi di valutazione sono derivati in primo luogo dall'analisi di alcuni parametri morfometrici relativi alle cavità ospitanti gli apparati glaciali (esposizione, pendenza del bacino, rapporto lunghezza/larghezza del circo) in comparazione con le riduzioni areali dei ghiacciai nel corso degli ultimi sessant'anni, ed in secondo luogo dal confronto fra le curve di oscillazione frontale del Ghiacciaio del Peirabròc e quelle relative agli andamenti della temperatura media estiva e delle precipitazioni medie invernali nella stazione di Cuneo.

In sintesi, avendo quasi tutti i ghiacciai esposizione a Nord, i fattori determinanti ai fini della conservazione delle masse glaciali sembrano essere anzitutto la distanza dalla dorsale principale, essendo l'alimentazione dei ghiacciai le-

gata alle precipitazioni vive apportate dai venti umidi mediterranei per effetto della barriera orografica alpina; altro parametro di rilievo risulta la forma della cavità ospitante il ghiacciaio, nel senso che forme strette ed allungate (Lu/La prossimo a 2), con ali subparallele e non originate dalla coalescenza di più elementi favoriscono la conservazione della massa glaciale.

La copertura morenica, abbondante in questa fase, opera indubbiamente una schermatura protettiva. L'estensione del ghiacciaio sembra essere un fattore favorevole, nel senso che apparati più piccoli dimostrano una maggiore inerzia agli effetti dell'ablazione.

Dal confronto con i dati climatici risulta che la diminuzione delle precipitazioni verificatasi nel corso dell'ultimo sessantennio, associata ad uno spostamento verso i mesi primaverili del massimo di piovosità, hanno avuto un peso maggiore che la diminuzione delle temperature estive ai fini della riduzione dei ghiacciai delle Alpi Marittime. Il modello di comportamento che si è delineato, almeno per quelli sui quali possediamo più dati, prevede una sostanziale inerzia delle fronti glaciali in rapporto alle variazioni, frequenti ma contenute, delle temperature estive, mentre, per quanto riguarda l'entità delle precipitazioni invernali, che presenta una spiccata variabilità interannuale, si può osservare una risposta pressoché immediata delle curve di oscillazione frontale. Notevole influenza hanno anche le variazioni del regime delle precipitazioni, tanto che si possono individuare con chiarezza fasi di avanzata e ritiro delle fronti glaciali legate a sequenze di anni a prevalenti o addirittura esclusivi massimi di piovosità rispettivamente invernale ed estiva.

In questa fase del glacialismo delle Alpi Marittime le oscillazioni frontali sembrano non essere più significative della reale attività delle masse glaciali, mentre, attraverso l'analisi delle fotografie che negli ultimi anni l'Operatore del Comitato Glaciologico Italiano ha eseguito da punti fotografici fissi, si è potuto individuare, almeno per i Ghiacciai del Clapier e del Peirabròc, una tendenza ad una netta diminuzione di spessore.

BIBLIOGRAFIA

BELLONI S., CATASTA G. & SMIRAGLIA C. (1985) - *Parametri climatici e variazioni glaciali nel periodo 1950-1982*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 97-123.

- BIANCOTTI A., BRANCUCCI G., MASSAGLIA L. & MERCALLI L. (1991) - *La serie termopluviometrica di Cuneo 1877-1990*. St. Ric. Geogr., 14, 214-233.
- CAMOLETTO C.F. (1931) - *Le variazioni periodiche dei Ghiacciai delle Alpi Marittime, 1893-1930*. Boll. Com. Glac. It., ser. 1, 10, 189-212.
- CAMOLETTO C.F. (1932) - *Il Gruppo Clapier-Maledia-Gelàs*. Boll. Com. Glac. It., ser. 1, 12, 29-57.
- COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO - *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* (1914-1977), I serie, 1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23; II serie, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 24, 25; *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*. (1978-1995), 1-18.
- COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO - C.N.R. (1959-62) - *Catasto dei Ghiacciai Italiani*. 4 voll., Com. Glac. It., Torino.
- FEDERICI P.R. & PAPPALARDO M. (1991) - *Nota introduttiva alla morfologia glaciale della Valle del Gesso di Entracque (Gruppo dell'Argentera, Alpi Marittime)*. In: Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia, Guida all'Escursione Primaveraile, Cuneo, 28-31 Maggio 1991, 13-16.
- FOREL F.A. & DU PASQUIER L. (1897) - *Le variation périodiques des glaciers*. II^{me} Rapport Comm. Intern. d. Glaciers, Archives IV, 4, 221-223.
- GELLATLY A.F., GROVE J.M., LATHAM R. & PARKINSON R.J. (1994) - *Observations of the glaciers in the southern Maritime Alps (Italy)*. Rev. Geom. Dynam., 63 (3), 93-107.
- IACS (ICSI)-UNEP-UNESCO - *World Glacier Inventory* (non pubblicato), Baccini del Gesso e della Stura di Demonte.
- JULIAN M. (1980) - *Les Alpes Maritimes Franco-Italiennes. Etude géomorphologique*. Thèse, Université de Lille, 2 voll., Libr. Champion, Paris, 836 pp.
- MONTERIN U. (1930) - *Les glaciers des Alpes Maritimes*. Riv. Geogr. Alpina, 18, 327-347.
- PAPPALARDO M. (1994) - *La storia di un' antica via del sale attraverso la Val Gesso (Alpi Marittime) in rapporto alle oscillazioni frontali del Ghiacciaio della Maledia*. In: F. Citarella (a cura di), Scritti in onore di Domenico Ruocco, Loffredo, Napoli, 335-346.
- RAPETTI F. & VITTORINI S. (1992) - *Aspetti del clima del bacino del Gesso, (Alpi Marittime) in relazione alla presenza di alcuni piccoli ghiacciai*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 15, 149-158.
- ROCCATI A. (1913) - *I Ghiacciai del Gruppo Clapier-Maledia-Gelas (Alpi Marittime)*. Riv. C.A.I., 32, 141-148.
- SACCO F. (1912) - *I ghiacciai antichi ed attuali delle Alpi Marittime*. Atti Soc. It. Sc. Nat., 51, 100-127.
- SACCO F. (1932) - *Il glacialismo nelle Alpi Marittime Italiane*. Min. Lav. Pubbl., Ufficio Idrogr. Po, 10, 42 pp.
- SERANI A. (1991-92) - *La geomorfologia del Gruppo dell'Argentera (Alpi Marittime): le Valli del Gesso della Valletta e del Valasco*. Fac. Sc. Mat., Fis. Nat., Un. Pisa, tesi di Laurea (inedita).
- SMIRAGLIA C. (1986) - *Il Ghiacciaio della Ventina (Val Malenco, Alpi Centrali): contributo alla conoscenza dei «tempi di risposta»*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 9, 49-55.
- VIGLINO A. (1897) - *Escursioni e studi preliminari nelle Alpi Marittime*. Boll. C.A.I., 30, 63, 219-294.