

PAOLO ROBERTO FEDERICI - MARTA PAPPALARDO

I GHIACCIAI DELLE ALPI MARITTIME

VICENDE MORFOLOGICHE, CLIMATICHE E STORICHE

Il ghiaccio dei ghiacciai non è neve, né ghiaccio ordinario, bensì ghiaccio indurito che mai non fonde sulle cime delle montagne perché da due a tre mila anni copre le alture, riempie le valli ed è diventato duro quasi come pietra. Quando un blocco di ghiaccio cade nella valle, passa molto tempo prima che il calore del sole riesca a fonderlo. Questi ghiacciai sono sovente assai crepacciati, e soprattutto quando sono coperti di neve presentano molti pericoli per cacciatori e viaggiatori che vi si arrischiano. La formazione dei crepacci, in estate, è accompagnata da rumore sì formidabile, onde si crederebbe che la terra si spezzi [Sebastian Münster, *Cosmographia Universalis*, 1544]

Le Alpi Marittime. – Porzione più meridionale della catena alpina, le Alpi Marittime non hanno sempre avuto una unanime definizione, avendo gli autori incertezze nello stabilire i loro confini sia a settentrione verso le Alpi Cozie sia a sud-est verso la Liguria. Posto che, dal punto di vista naturalistico, si ritengono distinguibili come territorio regionale a sé stante le Alpi Liguri, alle Alpi Marittime si assegna oggi il territorio montuoso compreso fra il Colle della Maddalena o di Larche (1.996 m) a N e il Colle di Tenda (1.808 m) a S; talvolta i francesi le comprendono parzialmente nelle Alpes du Sud.

Esse fronteggiano a meridione il Mar Ligure da cui le maggiori vette distano poche decine di chilometri, beneficiando così delle dolci influenze marine soprattutto dal punto di vista climatico e floristico. Quasi equamente divise tra Francia e Italia, sono alla congiunzione del Piemonte meridionale con la regione Provence-Alpes-Côte d'Azur e con la Liguria occidentale. Allungate da NNO a SSE, le Alpi Marittime hanno un'affilata linea spartiacque su cui si trovano numerosissime alte cime, sebbene le più alte in assoluto, compresa la massima, la Cima Sud dell'Ar-

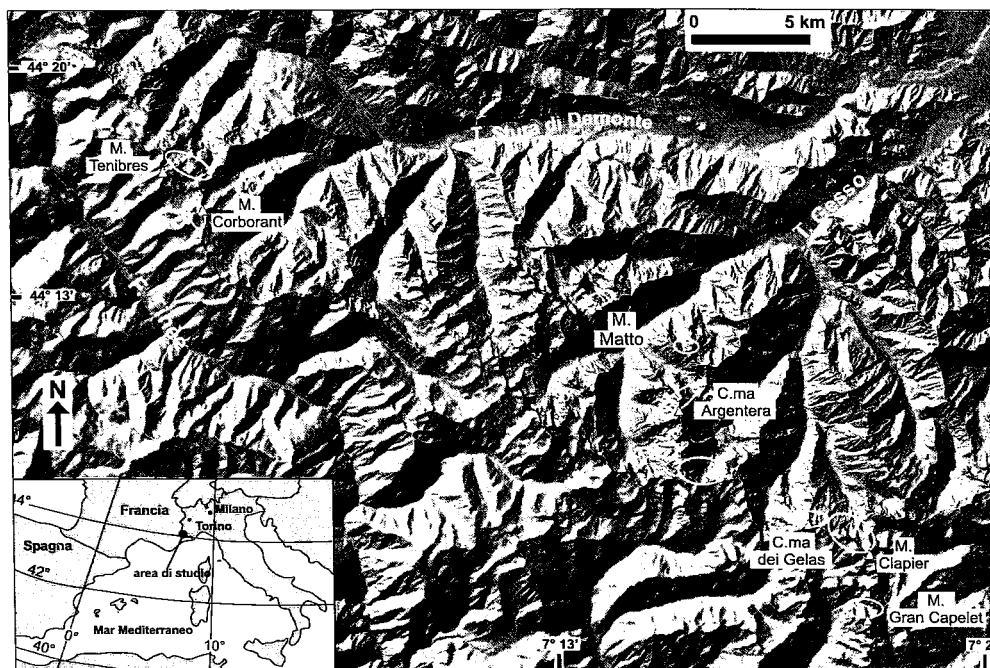


Fig. 1 – *Inquadramento geografico dell'area di studio (Alpi Marittime)*

Le ellissi bianche racchiudono le aree dove sono ubicati i ghiacciai descritti nel testo (si vedano le figg. 3 e 4 per i dettagli dei principali gruppi montuosi)

Il modello digitale del terreno è stato realizzato da A. Ribolini e M. Spagnolo

genera (3.297 m), siano poste su una catena secondaria più interna. Sedici vette superano i 3.000 m (Corborant, Tenibres, Valmiana, Argentera, Corno Stella, Paganini, Nasta, Baus, Bastione, Brocan, Gelas di Lourousa, Stella, Matto, Gelas, Maledia, Clapier) e ben trentatré i 2.900 m tra cui la più alta del Sud, il Mont Gran Capelet (2.935), il che fa intuire come le Alpi Marittime, prive a est di un'area prealpina, siano caratterizzate da una fortissima energia di rilievo.

Paesaggi di grandiosa bellezza spesso incontaminata fanno di queste montagne una gemma della natura, impreziosita da gruppi di scintillanti conche lacustri, da torrenti impetuosi, cascate, *canyons* e da innumerevoli morfotipi di origine glaciale e periglaciale. L'ubicazione delle Marittime rende il loro clima fortemente condizionato dal Mediterraneo, ma anche dall'esposizione settentrionale delle maggiori vette. Abbondanti precipitazioni nevose in autunno (ottobre-novembre) e in primavera (marzo e aprile) e temperature medie sufficientemente basse hanno permesso in passato, durante l'Ultimo Massimo Glaciale, di creare le condizioni per lo sviluppo di un'imponente glaciazione che coprì tutta la catena come parte della calotta alpina. I maggiori ghiacciai scesero fino nei pressi della Pianura Padana lungo le valli Stura di Demonte, Gesso e Vermentagna, e discesero in Provenza lungo le valli Tinée e Vesubie (bacino del Var) e verso la costa ligure lungo la Valle Roya.

Successivamente la deglaciazione ha colpito in maniera devastante la regione e nel Tardiglaciale i ghiacciai si sono ritirati sempre più in alto nelle valli. Ancora nella Piccola Età Glaciale, fra i secoli XVI e XIX, alcune decine di piccoli ghiacciai sopravvivevano, ma anch'essi si sono sempre più ridotti al punto di dover considerare in esaurimento la fenomenologia glaciale delle Marittime. È questo l'oggetto del nostro lavoro (fig. 1).

La presenza dei ghiacciai e la grandiosa impronta lasciata da quelli del passato hanno contribuito non poco a giustificare l'istituzione del Parc National du Mercantour in Francia e del Parco Naturale Alpi Marittime in Italia, già dotati di un grande patrimonio floristico e zoologico nonché preistorico, attestato dalle oltre centomila incisioni rupestri della Vallée des Merveilles e dintorni.

Teatro di lotte secolari, dopo la Seconda Guerra Mondiale le Alpi Marittime sono divenute luogo di incontro tra genti diverse e pacifica palestra di conoscenza umana e scientifica, di cui hanno beneficiato anche i nostri studi. Ci viene quindi spontaneo dedicare agli abitanti delle Alpi Marittime il nostro lavoro.

Cenni sulla costituzione delle Alpi Marittime. – Le Alpi Marittime hanno una costituzione geologica molto complessa e sono state oggetto su entrambi i versanti, l'italiano e il francese, di grandi studi poiché rappresentano una zona chiave per l'interpretazione dell'orogeno delle Alpi. Nel cuore della montagna affiora infatti il Massiccio Cristallino dell'Argentera, uno dei massicci cristallini esterni delle Alpi Occidentali. Costituito da rocce metamorfiche di alto grado o addirittura, quali prodotti di fusione parziale, da migmatiti e graniti, il Massiccio si estende per circa 1.000 km² con una disposizione allungata da NO a SE. Il suo affioramento si deve al lento sollevamento di parti profonde della crosta continentale durante i cicli orogenetici ercinico e alpino. Al di sopra stanno molteplici formazioni geologiche suddivise in quattro serie diverse (delfinese, subbrianzone, brianzone e piemontese); l'inferiore costituisce la copertura sedimentaria del Massiccio Cristallino, ma in seguito ai movimenti orogenetici alpini le serie sedimentarie sono state compresse e traslate verso O e SO accavallandosi una sull'altra, mantenendo comunque la loro continuità che si può seguire lungo la già menzionata disposizione longitudinale da SE a NO.

Il Massiccio Cristallino dell'Argentera, che prende nome dalla più alta vetta delle Alpi Marittime, è diviso dallo spartiacque principale in due parti, più estesa quella italiana che comprende l'alta Val Gesso a monte di Entracque e di San Lorenzo e nella quale sono situati i maggiori ghiacciai. Ghiacciai minori si trovavano, fino alla Piccola Età Glaciale, oltre che nell'Alta Valle Stura nelle valli francesi della Roya, della Vesubie e della Tinée ove pure affiora il Massiccio Cristallino, per cui è su questi litotipi che il glacialismo si è espresso. Ciò, naturalmente, ha a che fare solo indirettamente con la natura delle rocce e piuttosto con il fatto che le più alte vette corrispondono alle maggiori culminazioni assiali della catena che hanno portato alla esumazione del Massiccio Cristallino. Molti sono gli studi geologici effettuati in queste aree e fra essi bisogna almeno ricordare i maggiori, quelli di Faure Muret (1955) e di Malaroda (1970 e 1999), dotati di splendide carte.

Storia delle ricerche. – Solo alla fine dell'Ottocento si hanno le prime vere osservazioni sui ghiacciai delle Alpi Marittime, in quanto il celebre viaggio di de Saussure (1779-1796) dette impulso, soprattutto, all'esplorazione di quelle Alpi che erano famose per la presenza delle più alte vette del continente europeo – e anche per la loro posizione nel mezzo dell'Europa – e che inoltre ospitavano un'imponente gamma di masse glaciali. Le «Alpi del Mare» invece sono sempre state più una barriera piena di ostacoli per i rapporti fra il Mediterraneo e l'interno del continente che un luogo di conoscenza. Non è un caso che siano rimaste nella memoria soprattutto le «vie del sale», che anche uno degli autori del presente lavoro (Pappalardo, 1994) ha illustrato. Ed è forse per questo, oltre che per la loro impervietà e la scarsità di fondivalle abitabili, che esse sono forse la porzione delle Alpi meglio conservata e meno antropizzata. Sta di fatto che le prime consistenti notizie sui ghiacciai si hanno solo dopo il 1893 (Purtscheller, 1893; Mader, 1896, 1897 e 1909; Viglino, 1897 e 1898).

Luigi Purtscheller (il cui articolo viene pubblicato nel 1893 contemporaneamente in tedesco e in italiano), alla fine di una minuziosa redazione delle sue escursioni, dedica in realtà solo poco spazio ai ghiacciai, ma forse sono queste le prime consistenti notizie su di essi. L'autore afferma che vi sono solo due veri ghiacciai (Cima dei Gelas, che però chiama della Maledia, dando inizio alla inesauribile confusione toponomastica di questi ghiacciai, e del Monte Clapier) di 1.500 e 1.250 m² rispettivamente, e altri due minori definiti «nevati» (Cima dei Gelas e Monte Stella), e ritiene che il Ghiacciaio del Clapier sia il più meridionale delle Alpi.

Ben altra importanza ha il lavoro di Fritz Mader del 1896 perché, dopo una lunga esposizione alpinistico-naturalistica, dedica un paragrafo al clima e alle nevi. L'autore conta 6 ghiacciai (Gelas, Muraiòn occidentale, Muraiòn orientale, Maledia, Peirabròc, Clapier) e inoltre ricorda per la prima volta il ghiacciaio di Lourousa e vari nevati al Monte Matto. Dei maggiori ghiacciai fornisce le misure di estensione, lunghezza, larghezza, inclinazione del bacino e altezza massima e minima delle masse glaciali. Istruttivi sono anche i cenni all'altezza stagionale delle nevi e alle condizioni climatiche con l'intuizione dei loro stretti rapporti. Nel 1909 ritorna succintamente sull'argomento tentando una classificazione morfologica e giudicando il glacionevato della Cima Mufiè del Gran Capelet come il ghiacciaio più meridionale delle Alpi ⁽¹⁾.

Il lavoro più maturo è quello di Alberto Viglino (1898), che discute dei ghiacciai e per la prima volta dei prodotti morenici che riconosce con facilità. Inoltre

(1) A proposito di Mader, egli solleva un'altra questione, la possibile inesattezza delle misure delle masse ghiacciate, e ritiene che ciò discenda dalla imperfezione delle carte topografiche. Si tratta di un argomento importante. I nostri lavori hanno sempre avuto come riferimento la carta topografica, tanto che è stato scritto da uno di noi un saggio sulla possibilità di ottenere dati significativi in campo glaciologico dai confronti cartografici anche di carte storiche (Pappalardo e Rossi, 2003). Soprattutto è risultata interessante la *Carta Topografica degli Stati di Terraferma di S.M. il Re di Sardegna* che, costruita fra il 1818 e il 1830, riporta i ghiacciai dell'ultimo periodo di floridezza, quello dello scadere della Piccola Età Glaciale, e che è risultata un efficace punto di riferimento temporale nella valutazione della vita dei ghiacciai delle Marittime.

affronta con buona sicurezza il tema delle modalità di scorrimento delle masse glaciali del Peirabròc e della Maledia che illustra con efficaci modelli. Si può dire che con lui l'osservazione scientifica sia entrata negli studi del glacialismo delle Alpi Marittime.

Una nobile figura di questo periodo fu Vittorio Spitalieri di Cessole. Nato a Nizza, quando questa passò alla Francia nel 1860 divenne cittadino francese. Non fu scienziato nel vero senso della parola, ma uomo di cultura vasta. Fu esploratore delle Marittime e alpinista di rango, cui si deve la prima ascensione assoluta del Corno Stella (3.050 m), considerata la montagna più difficile, e la scalata di numerosissime altre cime. Le illustrò con amore infinito e ha lasciato, tra gli altri, un documento straordinario – oltre 8.000 fotografie scattate a cavallo dei secoli XIX e XX – indispensabile per lo studio di queste montagne. La città natale lo ha onorato con l'istituzione della Bibliothèque de Cessole. Questo archivio si accompagna a quello in possesso del Comitato Glaciologico Italiano (con sede a Torino), frutto delle campagne glaciologiche annuali, cosicché sulle Alpi Marittime esiste un'imponente documentazione di prima mano e dotata delle caratteristiche necessarie di affidabilità scientifica. Questi due archivi offrono dunque un formidabile ausilio alle ricerche sulle variazioni glaciali dall'Ottocento a oggi.

Un posto di riguardo in questo *excursus* sui pionieri delle ricerche glaciologiche nelle Alpi Marittime deve essere riservato anche a Federico Sacco. Nella sua quasi incredibile attività, la ricerca glaciologica occupa un buon posto e le Marittime furono oggetto di numerosi lavori, più spesso dedicati al glacialismo «spento». Un articolo del 1912, tuttavia, è per noi prezioso tanto da prenderlo come uno dei riferimenti temporali. In esso, infatti, succintamente ma con buona precisione, l'autore menziona le masse glaciali ancora esistenti, comprese le più piccole o glacionevati, ampliando decisamente le conoscenze sullo sviluppo della copertura ghiacciata; inoltre fa cenno anche alle morene più alte, alcune delle quali saranno poi in epoca recente individuate con rilevamenti moderni e attribuite con metodo lichenometrico alla Piccola Età Glaciale (Federici e Stefanini, 2001). In più l'autore presenta una carta topografica con l'ubicazione delle masse glaciali da lui segnalate. Sacco, che era nato a Fossano nel 1864, aveva potuto ammirare i ghiacciai delle Alpi Occidentali ancora abbastanza fiorenti, ma nel 1948 era malinconicamente costretto a scrivere una nota intitolata *Il glacialismo e la sua crisi attuale*, di fronte all'evidenza della deglaciazione.

L'avvento del Comitato Glaciologico Italiano nel 1914 – quale trasformazione della storica Commissione per lo studio dei ghiacciai italiani (1895) – tra i cui fondatori c'era lo stesso Sacco, cambia il panorama e l'Italia si pone fra le avanguardie della ricerca glaciologica. L'inizio delle campagne glaciologiche annuali, che poi sono continuate fino a oggi, fa sì che il nostro paese possa vantare uno dei maggiori archivi glaciologici del mondo.

Giusto in quel periodo, Alessandro Roccati aveva cominciato a dedicarsi oltre che alla petrografia del Massiccio Cristallino anche alla glaciologia soprattutto del Gruppo Clapier-Maledia-Gelas; così fu il primo «operatore del Comitato Glaciologico» nelle Marittime. La sua preparazione scientifica lo indusse a programmare e a iniziare lui stesso il rilevamento tacheometrico dei ghiacciai della regione.

Il fascino che queste montagne hanno esercitato sugli studiosi è dimostrato dalle parole del successore di Roccati, Carlo Felice Camoletto, che nel 1932 scrive: «D'allora e precisamente dal 1926, ho cercato io stesso, inizialmente per diretto Suo incarico, di continuare l'opera, ponendo mano al programma, che Egli si era prefisso e a cui aveva già dato inizio»; e poi «a Lui pertanto, più che al modesto esecutore, deve farsi risalire il merito se questa zona, tanto in passato dimenticata, possiede una completa rappresentazione topografica glaciale, quale al giorno d'oggi non hanno i più celebri e studiati gruppi montuosi». E ancora: «[...] chi conosce l'asprezza della regione e le difficoltà di permanenza in località elevate e prive di ogni comodità, comprenderà facilmente come lo scopo si sia potuto raggiungere solo con molta fatica e sovente con rischio e pericolo non trascurabile» (Camoletto, 1932, p. 29). Camoletto rileva, costruisce mappe precise (è ingegnere), compie accurate misure, calcola l'ablazione, ricerca relazioni fra vari parametri (altezza delle fronti, dei recinti montuosi eccetera) e soprattutto tenta di ricavare tendenze fra andamenti glaciali e variazioni climatiche. Decisamente un contributo fondamentale.

L'epoca storica delle ricerche si chiude con l'intervento di Umberto Monterin. Grande conoscitore della Valle d'Aosta, meteorologo, è l'autore del profetico saggio *Il clima sulle Alpi ha mutato in epoca storica?*, che per l'epoca in cui è stato scritto (1936) può considerarsi prodigioso. Monterin si occupa delle Alpi Marittime con un articolo del 1930 che in poche pagine è in grado, anche senza illustrazioni, di dare un quadro sintetico ma il più completo fra quelli apparsi fino ad allora, desumendo i dati da Mader, Roccati e Camoletto o dai calcoli da lui effettuati sulle carte dell'IGM. Elenca i seguenti ghiacciai: Clapier, Peirabròc, Maledia, Muraiòn, Gelas Est, Gelas Nord-est, Gelas Nord, Gelas Ovest, de Cessole, Lourousa, Corborant, Schiantala, Ubàc, dei quali fornisce lunghezza massima, estensione, altitudine della fronte, esposizione. Poi menziona, senza misurarli, 5 glacionevati del Vallone della Rovina, 2 dell'Argentera occidentale, del Dragonet, del Latous o del Matto, del Gran Capelet, riallacciandosi così anche alle indicazioni di Sacco e sicuramente anche alle relazioni di de Cessole. Ritene che la superficie ghiacciata totale sia di 192,8 ha, ma stima che possa raggiungere i 200, con una media di 15 ha per ghiacciaio, ma con valore di 40 per il Clapier e di 3 per il Gelas Ovest. L'inclinazione media delle superfici è di 19°, ma di 30° per il Gelas Nord-est e di 9° per la Maledia. L'altitudine media delle fronti è di 2.585 m, di tutte le masse glaciali di 2.680. Il classico limite delle nevi persistenti ha un valore medio di 2.850 m (media fra le cime più alte e le fronti glaciali), correlando i gruppi del Clapier-Maledia-Gelas, dell'Argentera, del Corborant-Tenibres, che si trovano in condizioni differenti fra loro. Monterin conclude notando che un limite così basso nel Sud delle Alpi si giustifica solo con l'esposizione settentrionale delle vette, mentre la maggiore estensione glaciale del Gruppo Clapier-Maledia-Gelas con l'abbondanza delle precipitazioni (1.500 mm in media), dovuta alla vicinanza del mare e al fatto di costituire la linea spartiacque principale.

Dopo non possiamo citare alcun lavoro. Per alcuni decenni solo l'attività di monitoraggio condotta dallo stesso Camoletto e poi da altri operatori del Comitato Glaciologico Italiano ha tenuto desto un minimo d'attenzione sui ghiacciai del-

le Marittime. È perciò doveroso ricordare gli operatori del Comitato che hanno creato la base di tutti gli studi citati in questo lavoro: A. Roccati (1914-1920), C.F. Camoletto (1922-1945), L. Peretti (1931), P. Rachetto (1947-1972), M. Vanni (1958), V. Chiadò (1974-1981), S. Peretti (1985), P. Tirone (1985-1986), A. Viotti (1989-2003), M. Pappalardo (1996-2001), L. Rosso (2004-2008) e le cui relazioni si trovano nel «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano» (1914-1977) e a seguire in «Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria» (1978-2009).

Avendo come antenato l'*Elenco dei ghiacciai italiani* di Porro, del 1925, nel 1961 esce a opera del CNR e del Comitato Glaciologico Italiano un'opera poderosa, il *Catasto dei ghiacciai italiani. Volume 2. Ghiacciai del Piemonte*. Composto di schede, di piccoli stralci cartografici e piccole foto, offre una rassegna molto utile dei ghiacciai alpini. Alle Alpi Marittime vengono dedicate 10 schede per i ghiacciai del Clapier (con il numero 1), Peirabròc (2), Maledia (3), Muraiòn (4), Ciafraiòn (5), Gelas (6), Lourousa (7), di Cessole (8) considerato estinto, Schianta-la (9) considerato estinto, Ubàc (10) considerato estinto. L'operatore fu P. Rachetto e il redattore M. Vanni.

Nel 1970 esce un pregevole lavoro di Christian Hannss, nel quale è posta per la prima volta l'attenzione sulla Piccola Età Glaciale e sui resti morenici connessi delle sole aree del Clapier e del Gelas. Il lavoro, pur non apportando dati di tipo glaciologico sui ghiacciai viventi, è pregevole dal momento che il tema dei cambiamenti climatici e della Piccola Età Glaciale era stato posto solo in quegli anni (con molti rimpianti per le ignorate idee di Monterin). Hannss sintetizza i dati ottenuti dagli operatori del Comitato Glaciologico Italiano e sulla base di questi si lascia andare a una visione pessimistica sulla sorte dei ghiacciai delle Alpi Marittime, prevedendone l'estinzione nel giro di 10-15 anni, sottovalutando la forza di inerzia delle masse glaciali. Tale previsione sembra comunque avverarsi proprio in questi anni, anche se qualche accumulo di ghiaccio sopravvive ancora, seppur ridottissimo.

Anche le poderose monografie di Vivian (1975) dedicata a tutte le Alpi Occidentali e di Julian (1980), tesi geomorfologica sulle Alpi Marittime, non portano contributi originali alla glaciologia delle Alpi Marittime.

Era evidente che abbisognavano nuove ricerche originali e un impegno pluriennale.

Nel 1981 ebbe inizio così l'impegno di uno di noi (P.R. Federici) sostenuto dalla necessità di conoscenza degli apporti idrici di origine nivo-glaciale da parte dell'Ente Nazionale Energia Elettrica (ENEL) per l'alimentazione degli invasi del complesso idroelettrico di Entracque, il maggiore d'Europa a ricarica notturna delle acque. I risultati ottenuti dal 1981 al 1985 sono ovviamente rimasti riservati, ma la successiva ripresa degli studi ha portato a impegnare per anni professori, ricercatori e laureandi con una attività di vera scuola scientifica, che ha avuto e ha tuttora questo meraviglioso territorio alpino quale palestra di lavoro. È stata ottenuta anche la collaborazione di studiosi stranieri soprattutto per i problemi di cronologia glaciale; le Alpi Marittime sono state anche illustrate in convegni internazionali. Un cospicuo numero di pubblicazioni culminate in una grande carta geomorfologica del Massiccio dell'Argentera (Federici, Pappalardo e Ribolini, 2003),

nella quale sono anche riportati i ghiacciai, e una ricerca che si è via via allargata nello spazio e nelle tematiche sono il frutto di quest'impegno a tutto campo. Per quanto riguarda gli studi sul glacialismo vanno ricordati tra gli altri una sintesi degli scriventi sui ghiacciai attuali (1995) preceduta da una *Nota introduttiva alla morfologia glaciale della Valle del Gesso di Entracque* (1991), la più importante valle delle Alpi Marittime da questo punto di vista.

Nel frattempo è stato lanciato il progetto *World Glacier Inventory* (IAHS-UNEP-UNESCO, 1989), basato sulla fotointerpretazione delle aree glacializzate e il loro catastamento. Purtroppo, almeno per quanto riguarda le Alpi Marittime, il catasto ha scarsa attendibilità, sia per la risoluzione delle masse di ridotte dimensioni, sia per l'estesa copertura detritica dei ghiacciai che ormai aveva preso piede in modo considerevole e che maschera le masse ghiacciate nelle Alpi Marittime; questa rappresenta un fattore di disturbo nella valutazione delle estensioni areali, come anche il forte innevamento che persiste anche durante la stagione estiva. Da tutto ciò deriva la necessità del lavoro di osservazione diretta sul terreno, che noi abbiamo sempre privilegiato.

Durante questi intensi anni di lavoro, nel 1994 compare improvvisamente un articolo di studiosi inglesi (Gellatly e altri), che forniscono misure sull'arretramento dei ghiacciai del Gruppo Maledia-Gelas, sulla base di una campagna topografica. Accanto al merito di aver riportato anche all'estero l'attenzione sui ghiacciai delle Alpi Marittime e ai risultati ottenuti, va però rimarcata la generale approssimazione di tutto il contesto, frutto della mentalità di questi ricercatori che, in pochissimo tempo, due anni o meglio due estati, hanno studiato gli Appennini, i Pirenei e le Alpi! Tale approssimazione è poi esaltata negativamente da una sconcertante confusione dei toponimi anche glaciali, per cui si fa fatica ad attribuire i dati ottenuti sul terreno a questo o a quel ghiacciaio; fastidiosa inoltre, la negligenza nella trascrizione dei nomi dei luoghi e perfino degli scienziati ⁽²⁾. Tutto questo non sorprende, se si pensa che nella presentazione del lavoro sull'importante rivista da lui diretta il «guru» della geomorfologia francese, Jean Tricart, avalla la collocazione dei ghiacciai delle Alpi Marittime in Francia nel Parc National du Mercantour, quando invece essi sono in Italia al di qua dello spartiacque, nel Parco Naturale Alpi Marittime.

Il nostro lavoro del 1995 assume importanza anche per il fatto che l'orizzonte è allargato oltre il Gruppo Clapier-Maledia-Gelas che aveva ovviamente monopolizzato l'attenzione un po' di tutti, salvo le isolate notizie di Camoletto e di Monterin su altri gruppi, e nel complesso vengono riconosciuti e brevemente descritti 6 ghiacciai e 7 glacionevati. Inoltre, per la prima volta in queste aree, sono applicati i principali concetti del tempo e della distanza al ritiro delle fronti glaciali, successivamente perfezionati da Pappalardo e Rapetti (2000), cosicché quel lavoro rimane il più completo sul glacialismo delle Alpi Marittime. Il vistoso arretramen-

(2) Tutto ciò, almeno per quanto riguarda i ghiacciai, è inspiegabile in quanto M. Pantaleo nel 1974 aveva pubblicato un documentato articolo sulla toponomastica glaciale nelle Alpi Occidentali.



Fig. 2 – *Stralcio dalla Carta degli Stati di Terraferma di S.M. il Re di Sardegna (1818-1830), foglio Roccabigliera*

to delle fronti e l'esaurimento dei ghiacciai ci hanno indotto a presentare un aggiornamento sintetico del quadro in lingua inglese (Federici e Pappalardo, 2009) come contributo alla conoscenza del fenomeno della deglaciazione alpina in relazione al cambiamento climatico e anche della comprensione dei meccanismi che portano dall'ambiente glaciale a quello periglaciale. Questo sta diventando il fenomeno dominante nelle montagne delle medie latitudini. L'ospitalità del «Bollettino» ci consente di presentare lo stesso quadro, ma in maniera più organica e soprattutto più documentata, con l'ambizione di dare un contributo duraturo alla conoscenza delle Alpi e a quel grande fenomeno del nostro tempo che è il riscaldamento globale del Pianeta Terra.

Materiali e metodi. – I metodi di studio adottati sono stati i rilevamenti sul terreno, i confronti cartografici di varie epoche, i confronti fra le fotografie di varie epoche.

I lavori sul terreno si riferiscono in primo luogo alle annuali campagne di misura e di monitoraggio degli operatori del Comitato Glaciologico Italiano e alle campagne nostre e degli allievi che hanno lavorato su queste montagne in tutti questi anni – su quelle francesi come su quelle italiane. La già ricordata carta geomorfologica del Parco Naturale Alpi Marittime, che riporta i ghiacciai della Val Gesso, è uno dei frutti di questo lavoro, ma molto altro ancora inedito attende di essere pubblicato.

Per il Ghiacciaio di Schiantala (Monte Tenibres) sono state fatte particolari campagne geofisiche, dato il grande interesse per le osservazioni che si possono fare in quest'area sulla transizione glaciale-periglaciale (Ribolini e altri, 2007). Anche per il Ghiacciaio della Maledia è stata fatta una campagna geofisica (Bianchi e altri, 2004). Estese e ripetute campagne di osservazioni e misure sui *rock glaciers* e sul *permafrost* sono state eseguite fin dagli anni Novanta (Ribolini e Fabre, 2006).

Per quanto riguarda la cartografia e i confronti fra le carte di varie epoche – già sperimentati da Pappalardo e Rossi (2003) – le carte consultate sono state la già citata *Carta degli Stati di Terraferma di S.M. il Re di Sardegna* del 1818-1830 alla scala 1:50.000 (fig. 2), preziosa perché riporta la situazione all'epoca delle fasi finali della Piccola Età Glaciale, e le carte topografiche dell'Istituto Geografico Militare del 1879, 1901, 1924, 1943, 1957 e successive, nonché planimetrie e disegni ovunque riportati, come ad esempio le *Guide Alpine*.

Per quanto riguarda i confronti fotografici, si dispone di due fonti eccezionali già citate, l'Archivio de Cessole a Nizza e l'archivio del Comitato Glaciologico Italiano a Torino.

In ultimo, si dispone anche di datazioni paleobotaniche (lichenometria) su un buon numero di depositi frontali della Piccola Età Glaciale (Federici e Stefanini, 2001).

Sulla base di questa mole di dati e osservazioni è dunque possibile tracciare un quadro obiettivo della situazione recente e attuale. I ghiacciai di cui si riportano informazioni sono quelli dei quali si ha documentazione o notizia dalla metà del secolo XIX e la cui storia abbiamo potuto ricostruire. Tuttavia, è certo che il numero di ghiacciai presenti a quell'epoca doveva essere più grande, come testimoniato dai resti morenici a essi riferibili e dal calcolo del limite delle nevi, effettuato con diversi metodi. Questo ci ha confermati nella convinzione che avevamo maturato studiando i circhi glaciali delle zone più alte della catena: che all'interno di essi, durante la Piccola Età Glaciale e forse anche dopo, alloggiassero delle masse glaciali. A ogni modo, presentiamo il quadro più completo mai apparso finora dei ghiacciai delle Alpi Marittime. Questo quadro è riportato per sommi capi nelle schede dei singoli ghiacciai sotto elencati e riassunto poi in una tabella di sintesi.

I Ghiacciai delle Alpi Marittime. – Dai risultati di ricerca sul terreno e dall'esame della documentazione cartografica e fotografica e naturalmente dalle note

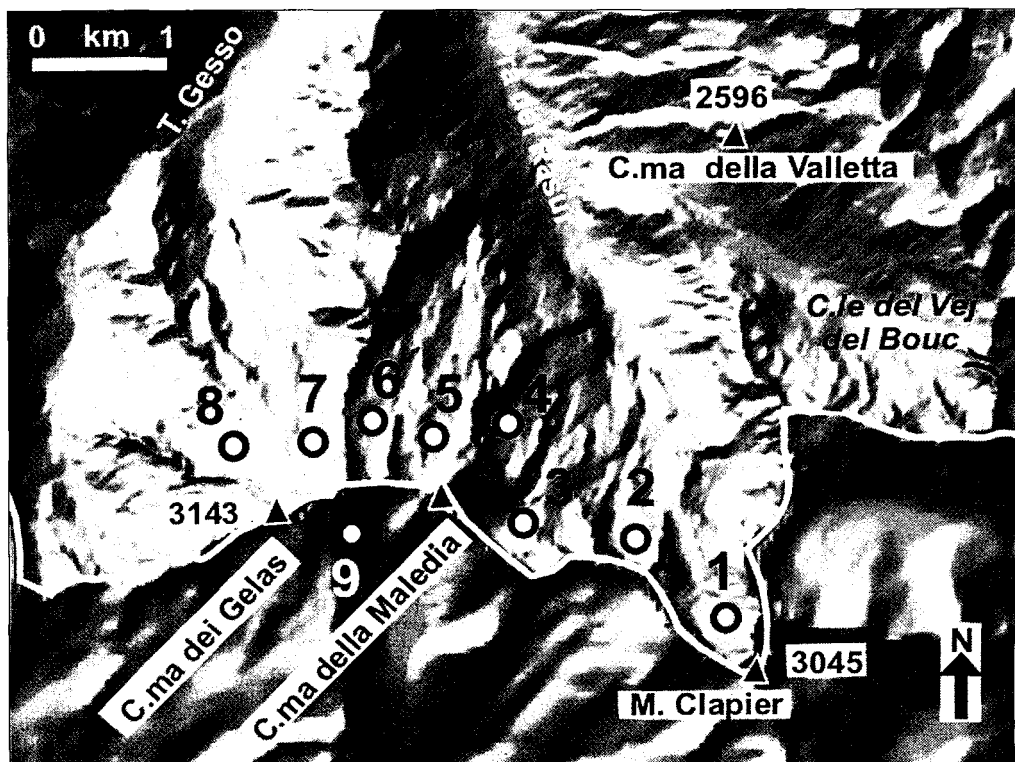


Fig. 3 – Ubicazione dei ghiacciai descritti nel testo relativamente ai gruppi montuosi del Clapier-Maledia e del Gelas (Alpi Marittime)

1) Clapier; 2) Peirabròc; 3) Maledia; 4) Muraiòn; 5) Gelas Est; 6) Gelas Nord-est; 7) Gelas Nord; 8) Gelas Ovest; 9) Gelas Sud

scientifiche pubblicate dall'Ottocento a oggi abbiamo potuto ritenere sicuramente presenti alla fine dell'Ottocento i seguenti 30 ghiacciai:

Gruppo del Gran Capelet-Monte Bego: ghiacciai del Gran Capelet.

Gruppo Clapier-Maledia (fig. 3): ghiacciai del Clapier, del Peirabròc, della Maledia, del Muraiòn.

Gruppo dei Gelas (fig. 3): ghiacciai del Gelas Est, del Gelas Nord-est, del Gelas Nord, del Gelas Ovest e del Gelas Sud.

Gruppo Brocan-Caire d'Agnel (fig. 4): ghiacciai della Cima del Caire d'Agnel, del Caire d'Agnel, del Brocan (Brocan orientale e Brocan occidentale), del Passo di Brocan e del Bastione.

Gruppo dell'Argentera (fig. 4): ghiacciai della Cima Paganini, della Cima Sud dell'Argentera e del Chiapous (Argentera Orientale), ghiacciai del Gelas di Lourousa, di de Cessole e della Punta Madre di Dio (Argentera Occidentale).

Gruppo dell'Asta Soprana (fig. 4): ghiacciai del Dragonet, della Vagliotta.

Gruppo del Monte Matto: ghiacciai del Monte Matto, del Monte Malinvern.

Gruppo Corborant-Tenibres-Piz: ghiacciai del Corborant, dell'Ubàc, dei Denti del Vallone, di Schiantala.

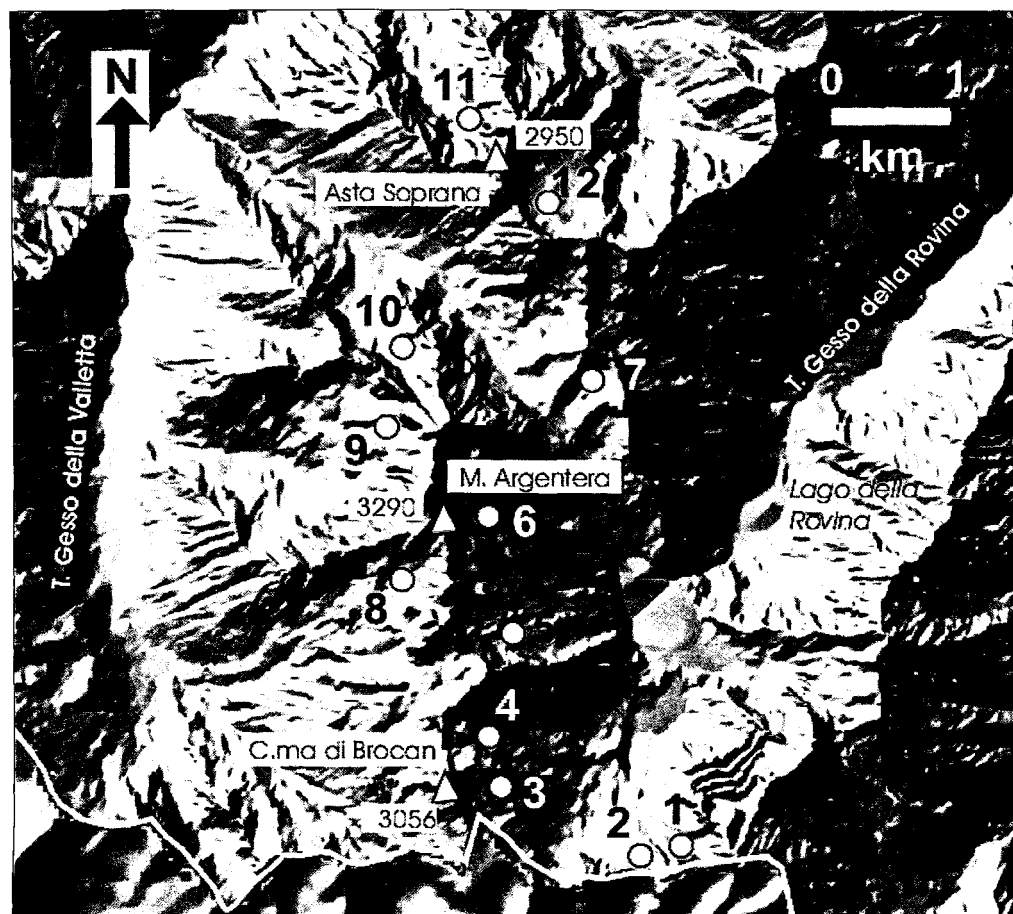


Fig. 4 – Ubicazione dei ghiacciai descritti nel testo relativamente ai gruppi montuosi del Baus-Brocan-Caire d'Agnel, dell'Argentera e dell'Asta Soprana (Alpi Marittime)

1) Cima del Caire d'Agnel; 2) Caire d'Agnel; 3) Brocan (Brocan orientale e Brocan occidentale); 4) Bastione e Passo di Brocan; 5) Cima Paganini; 6) Cima Sud dell'Argentera; 7) Chiapous; 8) Punta Madre di Dio; 9) de Cessole; 10) Lourousa; 11) Dragonet; 12) Vagliotta

Gruppo del Gran Capelet-Monte Bego. *Ghiacciai del Gran Capelet*. Questa possente montagna (fig. 5) del versante meridionale delle Alpi Marittime, alta 2.935 m e nota per le bellissime incisioni rupestri del III millennio a.C., ospitava all'inizio del XX secolo, sul versante NE della Cima Muffié, tra le Rocche e le Têtes du Basto, un piccolo ghiacciaio (3). Mader lo segnala nel 1909 e Sacco (1912) lo localizza nella sua carta del glacialismo delle Alpi Marittime; è regolarmente segnalato da Sabbadini (1934) e da Paschetta (1976). Montagna, Martello e

(3) Situato verso i 2.500 m secondo de Cessole e Maubert (1900), ma la quota è sicuramente errata.



Fig. 5 – *La parete ovest del Gran Capelet (Alpi Marittime)*

Foto Malaroda, 1970

Salesi (1990) lo riportano nitidamente sulla loro carta con un limite inferiore a 2.826 m, ma il ghiacciaio si è esaurito e progressivamente coperto di detrito. Un sopralluogo di Malaroda (1999) ha lasciato un documento fotografico che mostra la presenza di un grosso nevato. Mader nel 1909 segnala quasi affiancato a est, ma separato da una costola rocciosa nel Vallone Cabri, un altro corpo ghiacciato di tipo «pendente» dalla Cima Muffi, sempre a sud del Lago Autier, poi esaurito. Ha lasciato morene frontali nella parte più alta del vallone omonimo.

Gruppo Clapier-Maledia. *Ghiacciaio del Clapier*. È posto in un grande circo di 725 x 533 m sotto il Monte Clapier (3.045 m), fra alte pareti rocciose. Il ghiacciaio ha lasciato morene a 2.500 e 2.600 m, non datate, ma appartenenti alla Piccola Età Glaciale (PEG) sulla base del calcolo della linea di equilibrio (ELA) (Federici, Pappalardo e Ribolini, 2000). È visibile nella *Carta degli Stati di Terraferma* (1818-1830). Nel 1896 Mader gli attribuisce 35 ha di estensione, 1 km di lunghezza, 500 m di larghezza, anche se non compare nella carta IGM del 1879. Il ghiacciaio però è cartografato nella carta del 1901, risultando comunque il più grande di tutte le Alpi Marittime. Nel 1930 Monterin dà le seguenti misure: lunghezza max 1.287 m, larghezza max 905 m, superficie 40 ha circa, inclinazione media 16°, altitudine 2.855-2.490 m, esposizione nord. Camoletto (1931) individua una zona superiore attiva e una inferiore di ghiaccio stagnante ricoperto di detrito e giudicata ormai indipendente dalle variazioni climatiche; dall'altezza delle morene laterali ritiene che il ghiacciaio abbia subito un «formidabile appiattimento». Relativamente alla sua condizione nei successivi anni Quaranta possediamo esclusivamente la fotografia di V. de Cessole (fig. 6). Nel Catasto del 1961 lo si



Fig. 6 – Il ghiacciaio del Clapier (Alpi Marittime) nel 1942

Foto Archivio de Cessole

definisce di tipo pirenaico (di pendio) e si ritiene ancora presente una superficie sottile di circa 30 ha e una lunghezza di 360 m con un ritiro continuo, che fra il 1947 e il 1957 è calcolato in -24 m. Nel 1974 si osserva una sostanziale inattività del ghiacciaio, che è riccamente intersecato da canaletti di fusione. Dei due rami, che si univano a 2.770 m, ne è rimasto uno solo con andamento N-S. Il ramo occidentale è scomparso fra il 1985 e il 1995 e anche la parte inferiore del rimanente è ridotta a isolati lembi di ghiaccio morto. Nel 2003 viene segnalata una quota minima della fronte a 2.615 m con ghiaccio vivo e copertura morenica scarsa, qualche crepaccio e rivoli d'acqua di fusione. Nel 2007 Rosso (in Comitato Glaciologico Italiano, 2008) valuta la fronte a 2.630 (fig. 7). La copertura detritica copre ormai il ghiacciaio fino a 2.780 m. Si stima una riduzione areale rispetto al 1896 di oltre l'83% e soprattutto un'estrema riduzione del volume.

Ghiacciaio del Peirabròc. Si sviluppa in un circo di 281 x 437 m, contiguo a quello del Clapier sotto la Cima Peirabròc (2.940 m). È riportato nella *Carta degli*



Fig. 7 – *Il ghiacciaio del Clapier (Alpi Marittime) nel 2007*

Foto Rosso, Comitato Glaciologico Italiano (CGI)

Stati di Terraferma. Compare poi nelle carte dell'IGM del 1879 e del 1901 con una fronte a 2.500 m, mentre la morena frontale della PEG, datata al 1690 d.C. su base lichenometrica, è posta a 2.375 m. Mader nel 1896 gli attribuisce un'area di 17,5 ha, una lunghezza di 700 m e una larghezza di 300. Nel 1913 Roccati nota la floridezza del ghiacciaio, che occupa l'intera conca del circo. Nel 1930 Camoletto (fig. 8) nota invece sia un grande assottigliamento della massa ghiacciata, che risulta concava e coperta di detrito, sia una fossilizzazione della fronte, su cui è caduta una grande frana. Nel 1930 Monterin dà le seguenti misure: lunghezza max 550 m, larghezza max 300 m, superficie 15 ha circa, inclinazione 11 °, altitudine 2.650-2.445 m, esposizione N. Nel *Catasto* del 1961 viene definito di tipo pirenaico (di circo) e misurata una variazione frontale di -15 m fra il 1947 e il 1958, con la fronte a 2.584 m. Dopo accenni di stazionarietà nei primi anni Settanta (fig. 9), il ghiacciaio riprende a ritirarsi e la bocca è visibile solo sotto la copertura detritica. Intorno al 1995 l'area glaciale si è ormai ridotta dell'87% circa. Gradualmente scompaiono i crepacci, salvo quello terminale, con numerose *bédières*. Il ghiacciaio si presenta oggi come un insieme di placche cariche di detrito che ammantano le pareti del circo con ghiaccio subaffiorante in più punti e scoperto solo in una stretta fascia centrale. La quota minima della fronte è individuata da Rosso (in Comitato Glaciologico Italiano, 2007) a 2.480 m (fig. 10).

Ghiacciaio della Maledia. È situato in un grande circo di 400 x 600 m, fra la Cima della Maledia (3.061 m) e il Passo di Pagari (2.819), risultato della coalescenza



Fig. 8 – *Il ghiacciaio del Peirabròc (Alpi Marittime) nel 1926*

Foto Camoletto, CGI

Fig. 9 – *Il ghiacciaio del Peirabròc (Alpi Marittime) nel 1974*

Foto Chiadò, CGI



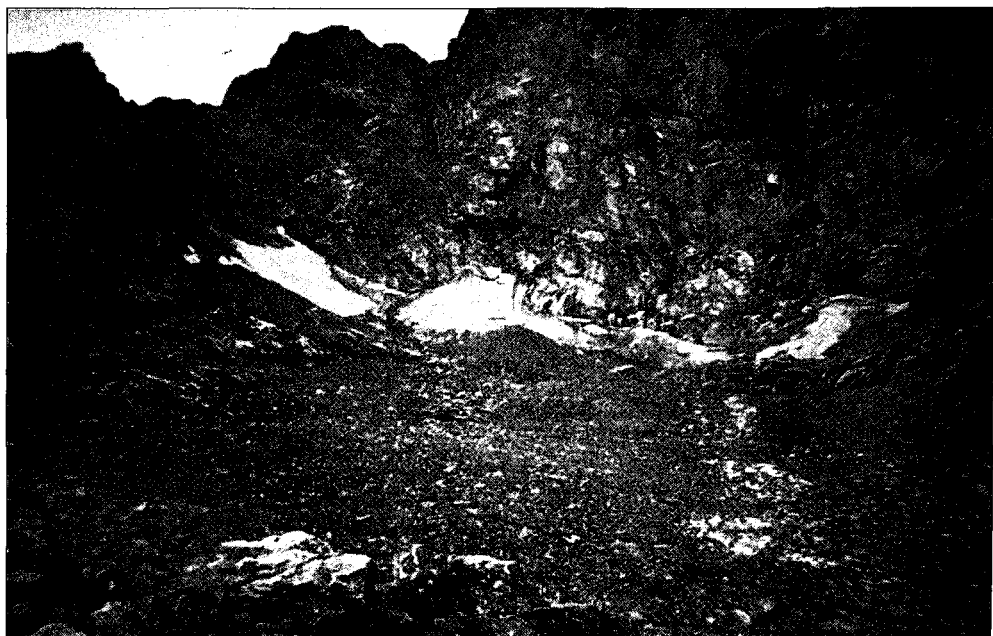


Fig. 10 – *Il ghiacciaio del Peirabrôc (Alpi Marittime) nel 2005*

Foto Rosso, CGI

di due circhi più piccoli (figg. 11-15). Ha lasciato una morena frontale intorno ai 2.600 m datata al 1690 d.C. su base lichenometrica. Il ghiacciaio è rappresentato nella *Carta degli Stati di Terraferma*, ma come porzione principale di una grande massa ghiacciata che comprende anche i ghiacciai Gelas Est e Nord-est. Forse per questo Mader nel 1896 dà misure un po' esagerate per l'estensione: 26,5 ha, oltre a 750 m di lunghezza e 500 di larghezza. Il dato sulla lunghezza può derivare dalla difficoltà di definire bene il perimetro, poiché ancora nella carta IGM del 1879 il Ghiacciaio della Maledia confluiva nell'adiacente Ghiacciaio del Muraiòn. Intorno al 1913 Roccati lo descrive come florido, tanto da lambire in alto il Passo di Pagari. Ma nel 1930 Camoletto riporta un grave ridimensionamento (oltre 1/3) dell'apparato glaciale rispetto al passato. Monterin nello stesso anno riporta le seguenti misure: lunghezza max 900 m, larghezza max 500 m, superficie 31 ha, inclinazione media 9°, altitudine 2.810-2.660 m, esposizione NE. Da allora è risultato in regresso al ritmo di -2 m all'anno, ritmo accentuato alla fine degli anni Cinquanta, senza che, come del resto gli altri ghiacciai delle Alpi Marittime, abbia risentito della fase positiva dei ghiacciai alpini fra il 1962 e il 1980 (Patzelt, 1985). Nel *Catasto* del 1961 viene definito di tipo pirenaico (di circo) e se ne stima un'estensione di circa 20 ha, ma è un'esagerazione; il regresso comunque riguarda soprattutto il volume, meno la superficie e la quota della fronte. Il ritmo del ritiro è stato poi più contenuto negli anni Settanta. Ma il ghiacciaio si confinava ormai nella porzione orientale del circo. Nel 1995 il ghiacciaio diviene una semplice placca adagiata sulla parete del circo con una fronte a 2.640 m con la formazione di un lago carsi-

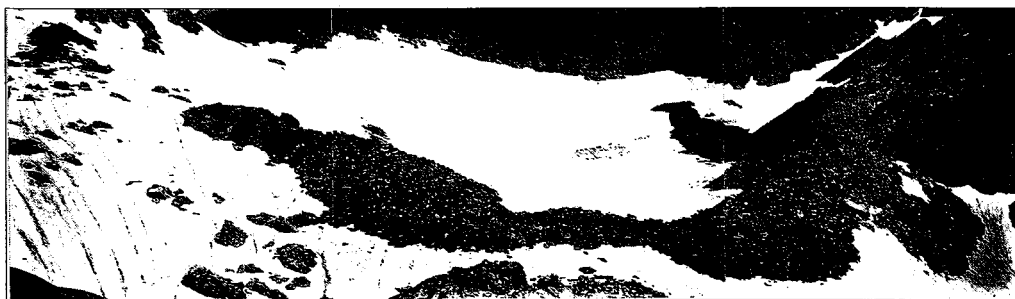


Fig. 11 – *Il ghiacciaio della Maledia (Alpi Marittime) nel 1926*

Foto Camoletto, CGI

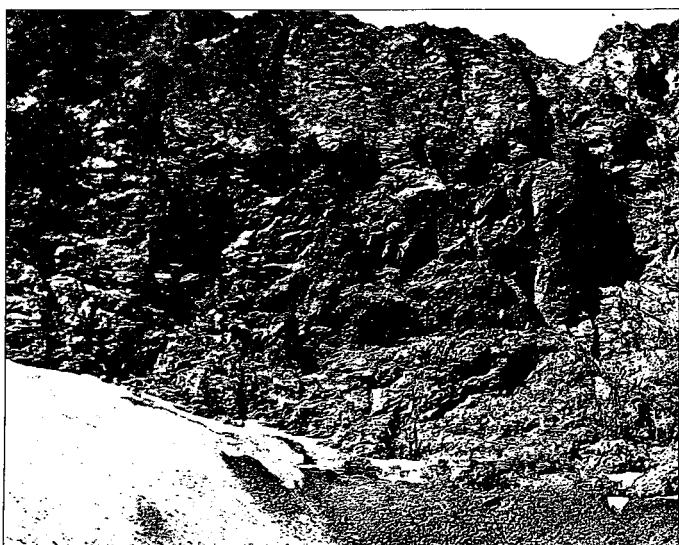


Fig. 12 – *Il ghiacciaio della Maledia (Alpi Marittime) nel 1949*

Foto Rachetto, CGI



Fig. 13 – *Il ghiacciaio della Maledia (Alpi Marittime) nel 1974*

Foto Chiadò, CGI



Fig. 14 – *Il ghiacciaio della Maledia (Alpi Marittime) nel 1997*

Foto Viotti e Pappalardo, CGI

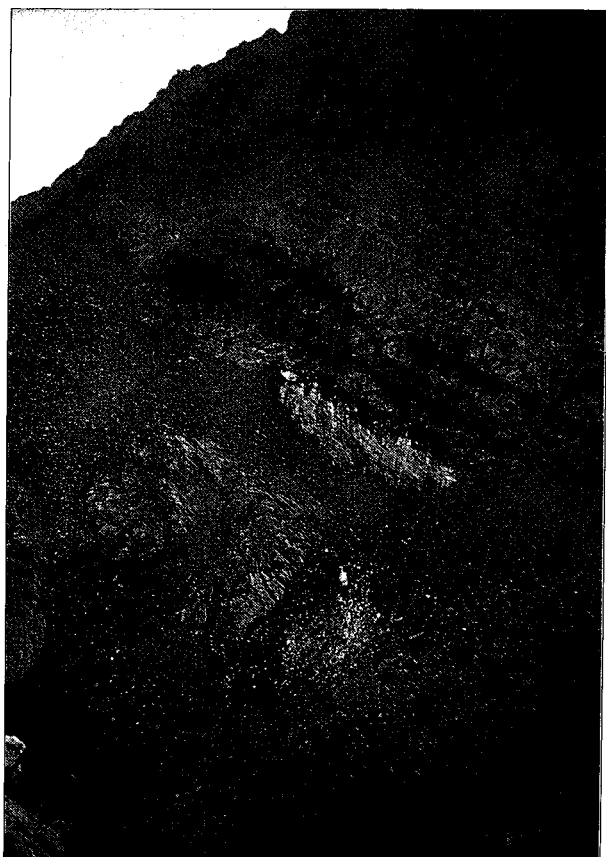


Fig. 15 – *Il ghiacciaio della Maledia (Alpi Marittime) nel 2006*

Foto Rosso, CGI



Fig. 16 – *Il ghiacciaio del Muraiòn (Alpi Marittime) nel 1957*

Foto Rachetto, CGI

co glaciale. Nel 2003 è stato oggetto di una campagna geofisica (Bianchi e altri, 2004) nei pressi del lago; sono state individuate masse di ghiaccio sedimentario che possono essere o lembi staccati dal corpo principale di ghiaccio morto o terminazione ampiamente coperta di detrito del ghiacciaio, visibile a circa 40 m sopra l'area indagata. Nel 2007 una copertura detritica rivestiva la parte inferiore del ghiacciaio, lasciando libera solo l'area del lago proglaciale, in cui a oriente il ghiacciaio parzialmente si immerge. È alle soglie della scomparsa, essendosi ormai ridotto di oltre il 90% rispetto al 1896.

Ghiacciaio del Muraiòn (o del Pagari). Si collocava in un circo posto sotto il Caire del Muraiòn (3.055 m), lungo 228 e largo 562 m, di forma quadrangolare, racchiuso in gran parte da speroni rocciosi che ne hanno impedito l'avvistamento da parte degli studiosi fino al 1912, anno in cui viene descritto da Roccati come abbondantemente coperto di neve che si spingeva fino colmare due archi morenici frontali a 2.610 e 2.550 m, appartenenti alla PEG. Su base lichenometrica la morena più bassa risale al 1760 d.C. In realtà il ghiacciaio compare già nelle carte IGM del 1879 e del 1901. Secondo Camoletto, nel 1930 il ghiacciaio era ormai ridotto a una placca ghiacciata coperta da detrito, un classico ghiacciaio «nero», che



Fig. 17 – *Il ghiacciaio del Gelas Est (Alpi Marittime) nel 1929*

Foto Camoletto, CGI

si sarebbe ritirato di oltre 12 m rispetto alle precedenti misurazioni. Ma Monterin (1930) dà le seguenti misure: lunghezza max 500 m, larghezza max 350 m, superficie 14 ha, inclinazione media 20°, altitudine 2.625-2.500 m, esposizione NE. Nel *Catasto* del 1961, al n. 4, lo si definisce di tipo pirenaico (di circo) e lo si ritiene ben esistente con 14 ha di estensione (16° di inclinazione), una lunghezza di 229 m e una larghezza massima di 156 m, ma le dimensioni sembrano comunque esagerate (fig. 16). Le campagne glaciologiche degli anni Sessanta e Settanta hanno ritenuto il ghiacciaio «estinto», «in fase di riformazione», «di dimensioni assai modeste», finché nel 1992 l'operatore del CGI (A. Viotti) scrive: «Non vi è più traccia di ghiaccio visibile in alcuna zona, ma solo ridotte aree di residui nevosi, da valanghe precipitate dai ripidi canaloni delle pareti nord della cresta nord est della Maledia sulla pietraia ove un tempo era il ghiacciaio». In definitiva il ghiacciaio è scomparso.

Gruppo dei Gelas. Questo gruppo, che culmina nella Cima dei Gelas a 3.143 m, ospitava nei primi anni del secolo XX cinque ghiacciai in altrettanti circhi, come riferiscono Sacco (1912) e Roccati (1913), che prendono il nome di Gelas



Fig. 18 – Il ghiacciaio del Gelas Nord-est (Alpi Marittime) nel 1974

Foto Rachetto, CGI

Est, Gelas Nord-est (o del Lago Bianco, n. 6 del *Catasto*), Gelas Nord (o della Siula o di Ciafraïdñ, come è indicato nel *Catasto* al n. 5) e Gelas Ovest (o della Maura); inoltre era ben vivo un quinto apparato (Gelas Sud) nel versante meridionale, uno dei pochi in Francia. Nella *Carta degli Stati di Terraferma* sono segnati tutti i ghiacciai del gruppo, ben collocati nelle relative cavità circoidi, tranne il Gelas Sud.

Ghiacciaio del Gelas Est. È un ghiacciaio situato in un circo, fra la Cima della Maledia e la Cima Borrello, di 480 m di lunghezza e 500 di larghezza. Ha lasciato morene frontali a 2.600 m senza copertura lichenica, attribuibili all'ultima fase della PEG. Compare nella *Carta degli Stati di Terraferma* e Mader (1896) gli attribuisce 750 m di lunghezza, 500 di larghezza e 26,5 ha con una fronte a circa 2.600 m, la stessa della PEG. Negli anni Trenta, Camoletto (fig. 17) lo descrive di forma triangolare con una fronte a 2.630 m con un isolotto gneissico che emergeva a 2.835 m. Alla sommità suborizzontale stava un laghetto epiglaciale (*lagarot* nel gergo locale). Monterin (1930) dà le seguenti misure: lunghezza max 730 m, larghezza max 460 m, superficie 22,4 ha, inclinazione media 26-15°, altitudine 2.945-2.630 m, esposizione NE. Lo definisce allungato subrettangolare, con una fronte irregolare a causa di qualche affioramento roccioso e afferma che le carte dell'IGM gli attribuiscono valori inferiori alla realtà. Un secondo lago, ubicato a valle della fronte (a quota 2.501 m), viene segnalato per la prima volta nel *World Gla-*

Fig. 19 – *Il ghiacciaio del Gelas Nord-est*

Foto Viotti e Pappalardo, CGI



cier Inventory e compare nella cartografia regionale realizzata all'inizio degli anni Novanta. Nel 1995 del ghiacciaio rimane soltanto una grossa placca nella parte alta del circo, con la fronte ormai a 2.850 m nei pressi di una brusca rottura di pendenza. Da allora ha continuato a esaurirsi.

Ghiacciaio del Gelas Nord-est. È un ghiacciaio di forma allungata posto in un circo lungo 575 m e largo 425 m, sotto la Cima Borrello e Cima Ciafraion (3.073 m), ben incassato fra le erte pareti di due costole rocciose. È fronteggiato dal Lago Bianco dei Gelas. Ha lasciato morene a 2.520 m di età lichenometrica 1685 d.C. e a 2.600 m. È segnato nella *Carta degli Stati di Terraferma*, con il particolare che il lago, che si trova a 2.549 m, non compare, evidentemente coperto dal ghiacciaio. Del resto nel 1896 Mader, che aveva avuto modo di usufruire della prima carta IGM del 1879, dove i ghiacciai compaiono, è in grado di dare le prime misure, probabilmente esagerate: 650 m di lunghezza, 250 di larghezza, 13 ha di estensione e fronte a 2.650 m. Nel 1912 Sacco afferma che i ghiacciai Gelas Nord-est ed

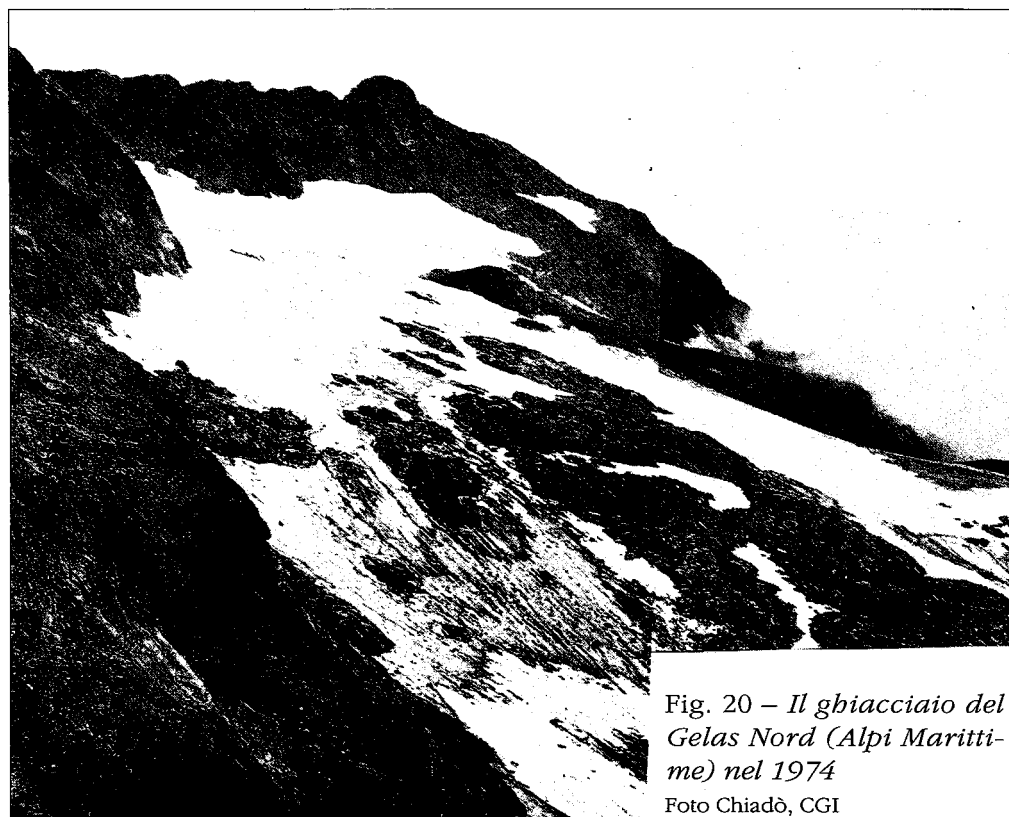


Fig. 20 – Il ghiacciaio del Gelas Nord (Alpi Marittime) nel 1974

Foto Chiadò, CGI

Est si confondevano nella loro parte inferiore al di sotto della caratteristica costola divisoria. Ma nel 1925 Roccati segnala la fronte 100 m sopra il lago, più o meno concordando con Mader. Nel 1930 Camoletto segnala la sparizione della parte inferiore e la fronte a 2.660 m. Monterin nel 1930 dà le seguenti misure: lunghezza max 550 m, larghezza max 300 m, superficie 11 ha, inclinazione media 30°, altitudine 3.000-2.650, esposizione NE. Nel *Catasto* del 1961 (fig. 18) viene riportata una lunghezza di 170 m, una larghezza di 230 e una superficie di 20 ha; è definito di tipo pirenaico (circo e pendio). Fra il 1947 e il 1957 viene segnalato un arretramento della fronte di 13 m. Nel 1995 tutto quello che rimaneva di questo ghiacciaio era una vasta placca di ghiaccio che tappezzava il versante presso l'ala destra del circo, fino alla quota di 2.720 m, senza crepacci e segni di attività (fig. 19). Nel 2007 (Rosso, in Comitato Glaciologico Italiano, 2008) si constata un'abbondante copertura detritica nella parte inferiore del ghiacciaio e l'affioramento del ghiaccio a quota 2.770 m.

Ghiacciaio del Gelas Nord (o del Ciafraiòn o di Siula). Un tempo la massa più cospicua fra i ghiacciai del gruppo, occupa una conca circoide quadrangolare posta sotto la Cima dei Gelas, con il fondo versante molto inclinato e protetta dalla Serra dei Gelas, un'imponente bastionata che sfiora i 3.000 m. È uno dei ghiacciai

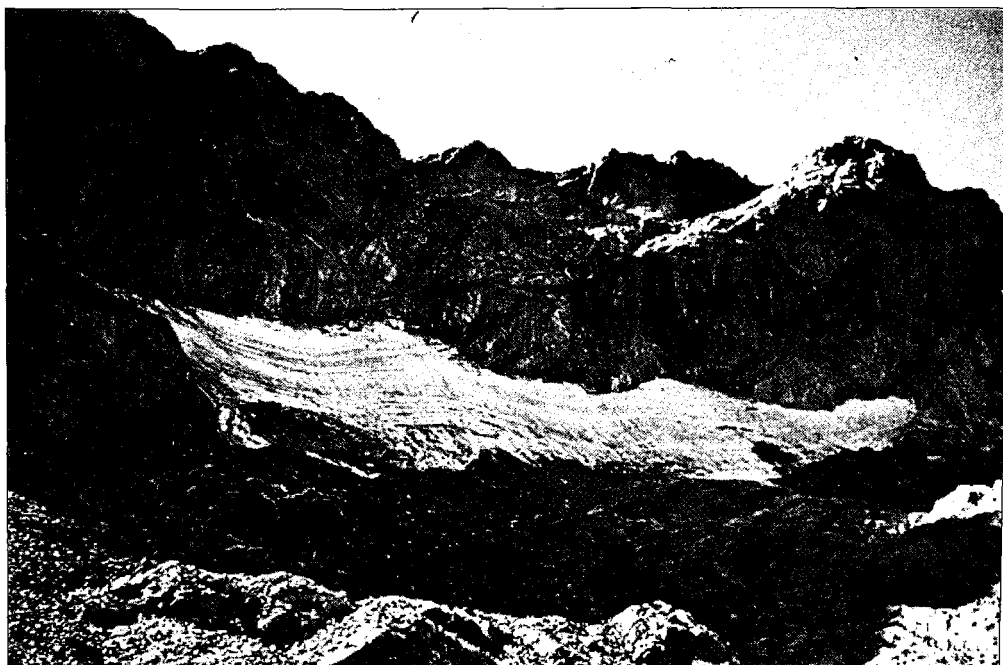


Fig. 21 – Il ghiacciaio del Gelas Nord (Alpi Marittime) nel 2006

Foto Rosso, CGI

individuabili nella *Carta degli Stati di Terraferma* e anzi il più ampio, tanto che – non comparso nella carta il Lago della Maura a 2.370 m – si può ipotizzare che la fronte del ghiacciaio si spingesse fino a quella quota. Mader (1896) esagerando gli attribuisce una superficie di 35 ha e una lunghezza di 800 m. Nel 1901 viene segnalata una grande riduzione, ma Camoletto con misure di precisione nel 1932 indica ancora una lunghezza di 600 m e la presenza di due piccole lingue, ricche di crepacci fino alla quota di 2.740 m e una superficie di 14,6 ha (mentre Monterin nel 1930 dà dei valori leggermente inferiori). Nel 1966 il ghiacciaio presenta ancora alcuni profondi crepacci. Nel 1974 Chiadò (fig. 20) osserva che ormai il ghiacciaio occupa solo la parte superiore della conca, mentre la parte mediana era scomparsa e sostituita dalle rocce di un gradino fra 2.775-2.805 m, per cui il corpo glaciale si era suddiviso in due, ma la parte inferiore era di fatto una lingua morta. Nella prima metà degli anni Novanta il ghiacciaio appariva come una stretta fascia di ghiaccio che ammantava l'acclive pendio alla base della Serra dei Gelas. Nel 2000 (Pappalardo e Viotti, in Comitato Glaciologico Italiano, 2001) il ghiacciaio inizia da quota 2.970 m e si estende sul suo bacino fino a quota 2.850 m, ove si restringe in un ampio canale. Non vi sono crepacci, solo una *bédière* di 1 m con una copertura detritica che inizia a 2.890 m. Il ghiacciaio ha subito un grande ritiro nel 2003 (10,5 m). Da allora ha continuato a ritirarsi ed è alle soglie della scomparsa, sebbene brandelli di ghiaccio si trovino anche in basso, secondo le ultime osservazioni (Rosso, in Comitato Glaciologico Italiano, 2007) e oggi la fronte si attesta all'altezza di 2.850 m (fig. 21).

Ghiacciaio del Gelas Ovest (o della Maura). Era un ghiacciaio molto piccolo, alloggiato in un modesto circo di 212 m di larghezza e 136 di lunghezza. Riportato nella *Carta degli Stati di Terraferma*, nella carta IGM del 1879 compare come una placca di ghiaccio alla base della Cima dei Gelas, ma Mader non lo considera. Effettivamente è mal definito nella cartografia, tanto che nella edizione IGM del 1901 non è riportato neppure il nome. Però Sacco nel 1912 lo riconosce, definendolo comunque «piccolo e breve» e lo cartografa assieme a un'altra massa più piccola verso la Serra dei Gelas. Roccati (1912), che gli attribuisce il nome, lo descrive. Nel 1929 Camoletto finalmente lo misura e Monterin (1930) dà queste cifre: lunghezza max 250 m, larghezza max 200 m, superficie 3 ha circa, esposizione NO; da allora non sono mai state fatte misure di oscillazioni frontali. Si stima comunque che negli anni Trenta fosse esteso 2/3 meno rispetto al Gelas Nord (o di Ciafraïon) e cioè circa 5 ha. Data la consistenza, il Ghiacciaio Gelas Ovest è stato il primo del gruppo a scomparire prima della metà del secolo XX.

Ghiacciaio del Gelas Sud. Residuo ultimo del glacialismo della Valle Vesubie, era una massa glaciale che si trovava nel versante meridionale del Gelas. Sebbene non riportato nella *Carta degli Stati di Terraferma*, viene segnalato da diversi autori fra cui de Cessole e Maubert (1900); Sacco (1912) lo raffigura con buona precisione nella sua carta al 1:25.000. In genere è stato poco osservato dai ricercatori italiani. Si estendeva sul fianco meridionale del Gelas in un dolce piano inclinato sino al Balcon dei Gelas (2.938 m), una vera gigantesca balconata gneissica abrasa dai ghiacciai sita verso i 3.000 m, che permette di affacciarsi al profondo e ampio circo del Lago Lungo 500 m sotto. Il ghiacciaio è ancora ben rappresentato nella carta topografica del 1953 riportata da Blanchard (1954) e ancora segnalato nel 1974, assieme a un'altra piccola massa posta a sud da Bruno (1974), ma si è progressivamente esaurito all'inizio degli anni Settanta.

Gruppo Brocan-Caire d'Agnel. Tra la Cima del Baus (3.067 m) e la Cima del Caire d'Agnel (2.927 m) si apre un'immensa conca larga più di 3 km, posta sul bacino del Gesso della Rovina, ampiamente glacializzata. La conca è così grande che sicuramente deve essere il prodotto del modellamento glaciale non solo dell'ultima glaciazione, ma anche di quelle precedenti. Quando il ghiacciaio del Gesso della Rovina si è ritirato, si è frantumato in più piccoli ghiacciai alloggiati in cavità circoidi che segmentano un poco la parte alta della grande conca. L'attività di questi ghiacciai ha lasciato nella PEG evidenti morene e i circhi ospitano ancora grandi accumuli nevosi e qualche placca di ghiaccio morto. Sono interamente riportati nella *Carta degli Stati di Terraferma*, dove compare anche un Ghiacciaio di Fenestrelle del quale però in seguito non si è più avuta notizia. L'identificazione dei ghiacciai nelle varie rilevazioni e resoconti lascia qualche dubbio, a cominciare dal sempre segnalato ghiacciaio di Brocan, per una solita genericità della toponomastica. I nomi che noi attribuiamo alle masse glaciali rispondono a una logica di ubicazione rispetto all'area generatrice.

Ghiacciaio della Cima del Caire d'Agnel (o dell'Agnel). Tra la Cima del Caire d'Agnel (2.927) e la Punta della Valletta (2.848), in un'angusta conca, alloggiava un ghiacciaio la cui presenza è testimoniata da morene a 2.480 m nella PEG, con un'età sulla base della lichenometria al 1660 d.C. A partire dalla *Carta degli Stati di Terraferma* e dalla carta di Sacco (1912) è segnalato con continuità fino al 1930, quando Monterin lo descrive come diritto, allungato, ma corto e incastrato fra le alte pareti rocciose; poco prima nel 1925 Roccati descrive l'esistenza di crepacci trasversali. Camoletto lo menziona nel 1928, ma in seguito non vi sono altre ricognizioni; tuttavia da quell'epoca il ghiacciaio è andato certamente declinando, tanto che nel 1990 è stata accertata solo la presenza di un modesto accumulo di ghiaccio sotto la coltre nevosa frammisto a detriti. Nel 1995 questa copertura ghiacciata era divisa in due porzioni distanti fra loro, che non coprivano tutto il fondo. Successivamente ogni residuo di ghiaccio morto si è esaurito.

Ghiacciaio del Caire d'Agnel. Spesso confuso con quello precedente, era situato in un piccolo circo alla base del Caire d'Agnel (2.927 m) e a NE del Passo della Rovina. Segnalato nella *Carta* del 1818, era attivo nella PEG, quando ha lasciato una bella morena frontale a uncino a 2.500 m, risalente al 1665 d.C. Quindi deve essere sopravvissuto a lungo. Nel 1996 nostre osservazioni hanno accertato la presenza di una vasta placca di ghiaccio coperta e seguita verso il basso da una spessa coltre detritica.

Ghiacciaio del Brocan. Si trovava alla base di un grande recinto circoide compreso fra la Cima di Brocan (3.054 m), la Cima Ghiliè (2.994 m) e la Cima di quota 2.841 m. È stato segnalato con continuità in quanto molto visibile e accessibile. È riportato nella *Carta degli Stati di Terraferma*. Nel 1912 era classificato come ghiacciaio attivo (Sacco); è citato da Monterin (1930) come diritto e fortemente inclinato. Nel *World Glacier Inventory* (1987, inedito) viene definito «in via di formazione», ma si trattava al massimo di un modesto glacionevato. Osservazioni dirette nel 1995 hanno constatato l'esistenza di alcuni ettari di ghiaccio sottile e discontinuo, inframmezzato da massi e detrito. Infatti, due fenditure lunghe qualche decina di metri, profonde 1 m e larghe 20 cm testimoniavano del comportamento rigido del ghiaccio.

L'esposizione settentrionale e le alte pareti del recinto montuoso hanno favorito la permanenza di piccole masse di ghiaccio. Le ultime osservazioni (2007) hanno permesso di non scorgere più il ghiaccio morto e di considerare definitivamente estinto il ghiacciaio. La presenza di archetti morenici della PEG ben distanti fa presumere che nelle fasi più recenti si potessero distinguere due masse glaciali, una più occidentale sotto la Cima Ghiliè con morene a 2.650 m di età lichenometrica 1655 e una più orientale a valle della Testa della Rovina con morene a 2.373 m; di questa situazione non si hanno notizie oculari, ma nella carta di Sacco effettivamente sono segnate due masse distinte.



Fig. 22 – *Glacionevato presso il Passo di Brocan (Alpi Marittime) nel 1995*

Foto A. Chelli

Ghiacciai del Bastione e del Passo di Brocan. Nel tratto montuoso tra la Cima del Baus e di Brocan si trovano morene recenti, che testimoniano di due ghiacciai ancora presenti nella PEG: il primo scendeva a 2.650 m sotto il Bastione e la morena ha fornito un'età 1775 d.C. con il metodo lichenometrico. Separato dal precedente da una vistosa costola rocciosa, un altro ghiacciaio era situato sotto il Passo di Brocan e ha lasciato morene a 2.850 e 2.790 m, verosimilmente appartenenti alle ultime fasi della PEG del XIX secolo, essendo sprovviste di copertura lichenica. Nelle fonti d'inizio secolo (Sacco, 1912) si citano nevati permanenti interni alle morene più alte non riportati nella cartografia IGM, sebbene fino al 1995 ci fosse in estate una continuità del manto nevoso dal quale emergevano le morene frontali e alcune placche di ghiaccio stratificato (fig. 22). Gli ultimi sopralluoghi non hanno fatto tuttavia scorgere nulla di significativo e si tratta perciò di ghiacciai scomparsi.

Gruppo dell'Argentera (versante orientale). Il versante orientale dell'Argentera, dalle più alte vette delle Marittime, degrada fino a 1.980 m circa, dove uno spettacolare salto in roccia (spalla glaciale) lo distingue dalla sottostante conca del Lago del Chiotas, che a sua volta strapiomba con un vertiginoso salto sulla valle della Rovina. A est il versante si conclude con il canalone (valle) del Chiapous. Questo versante era caratterizzato dalla presenza di alcuni ghiacciai o glacionevati che si adagiavano nel cosiddetto altopiano del Baus (Sacco, 1912) e si conservavano a quote elevate nelle cavità circoidei sopra le morene più recenti. Infatti, esistono due ordini di morene: il primo comprende le morene sotto la Ci-

ma Sud dell'Argentera a 2.970 m, sotto la Cima di Nasta a 2.860 m e sotto la Cima del Baus (2.820 m), tutte ancora innestate alla fine di agosto. La morena di un secondo ordine al Piano del Baus a 2.650 m è stata datata al 1657 d.C. I glacionevati – citati in maniera del tutto generica ma cartografati da Sacco – stavano appunto sopra le morene più alte (probabilmente della PEG più recente). Erano tre secondo Monterin (1930). Dalle nostre osservazioni potremmo dire che erano anche di più nelle fasi ultime, quando le suddivisioni rocciose del versante potevano ospitare delle minuscole masse ghiacciate oltre quelle sotto elencate, per esempio anche fra la Punta del Gelas di Lourousa e la Cima Nord dell'Argentera e sotto la Cima Paganini.

Ghiacciaio della Cima Paganini. Un grande recinto si apre tra la Cima Paganini, la Cima di Nasta e il Baus ed esso doveva alloggiare un apparato glaciale che scendeva sull'altopiano del Baus, ma la sola morena inferiore sotto la Cima del Baus è databile al 1657 d.C., mentre le altre più alte sono prive di licheni e al solito dovrebbero testimoniare la presenza di un ghiacciaio attivo nella parte finale della PEG. Si può presumere che negli ultimi 150 anni si sia suddiviso in due modeste placche ghiacciate distinte, una più a nord sotto la Cima Paganini e una più a sud sotto la Cima del Baus, ancora visibile nel 1996.

Ghiacciaio della Balconera o della Cima Sud. Un grande recinto, dominato dalla massima vetta delle Alpi Marittime, e un enorme colatoio verso E e SE, scendente al cosiddetto altopiano del Baus, doveva ospitare fino a epoca recente un glacionevato. La morfologia locale è molto articolata e in realtà fra il Monte Stella e la Cima Paganini si delinea un complesso sistema di almeno cinque cavità circoidei dalle quali, nei momenti favorevoli, si aveva la genesi di un grande ghiacciaio scendente nella Conca del Chiotas. La deglaciazione ha fatto poi ritirare questa massa nei circhi sotto forma di glacionevati, segnalati dagli autori (Sacco, 1912; Monterin, 1930), ma ora scomparsi come abbiamo potuto constatare nel corso degli anni di ricerca sul posto. Grandi nevai si conservavano all'interno delle morene più recenti sotto la Cima Sud dell'Argentera fino alla fine degli anni Novanta del secolo scorso.

Ghiacciaio del Chiapous. Il Ghiacciaio del Chiapous era morfologicamente condizionato dalla presenza del lunghissimo canalone scendente dal Colle omonimo e poteva avere alimentazione da un primo corpo collettore sotto la Cima del Chiapous (2.805), ma questi tramite un balzo morfologico doveva ricadere più in basso nella parte alta del canalone, ove si rinvenivano le morene frontali e una morena laterale destra a grandi massi, che sono state datate al periodo fresco e umido tra il 1250 e il 1350 d.C. Sarebbe questa una delle prime manifestazioni conosciute della PEG, almeno nelle Alpi Marittime. L'esposizione meridionale però non gli ha fatto superare i primi decenni del XX secolo.

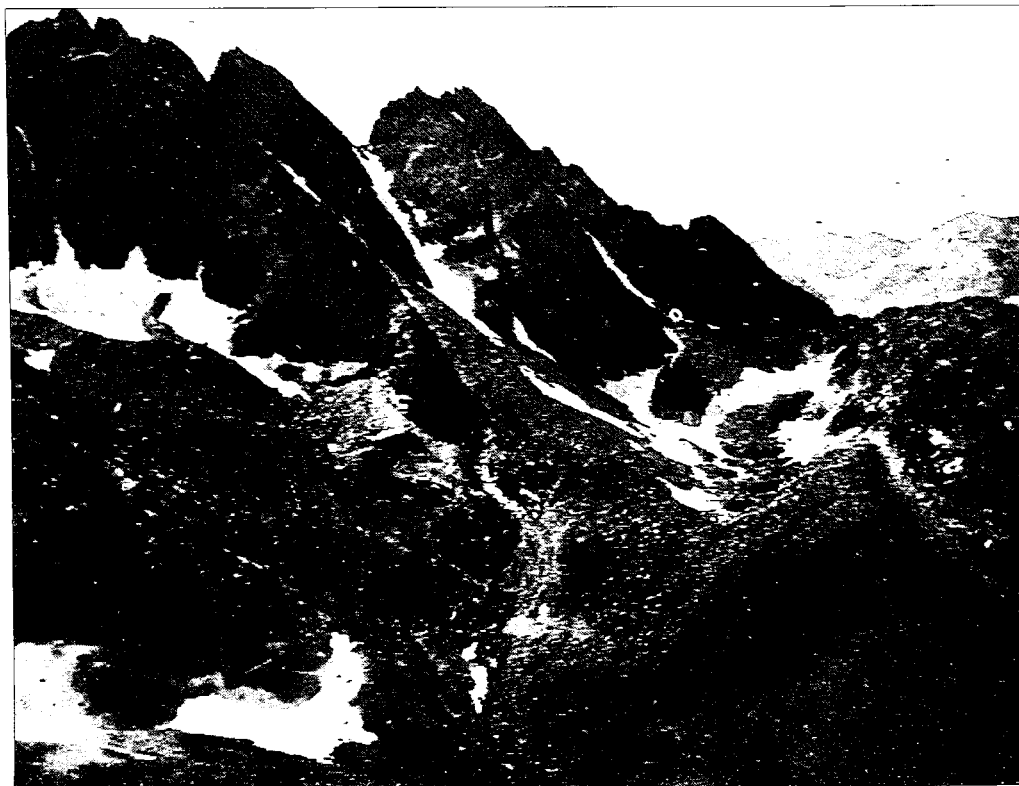


Fig. 23 – Il ghiacciaio di de Cessole (Alpi Marittime) nel 1926

Foto Camoletto, CGI

Gruppo dell'Argentera (versante occidentale). *Ghiacciaio Punta Madre di Dio*. Si trovava alla base dei canaloni della Forcella e Gunther nella parete ovest dell'Argentera, a 2.700 m circa. Riportato nella *Carta degli Stati di Terraferma*, è segnalato da Sacco (1912) che lo cartografa e ha morene a 2.250 m attribuite ipoteticamente al 1360 d.C., dunque durante una discussa prima fase della PEG. Secondo i nostri rilevamenti aveva forma arcuata, dapprima con asse del corpo SO-NE e poi E-O.

Ghiacciaio di de Cessole. Sull'ampia bastionata granitica del versante occidentale del Monte Argentera, culminazione delle Alpi Marittime (3.297 m), si estendevano tre piccoli ghiacciai. Essi sono riportati nella *Carta degli Stati di Terraferma* e in quella di Sacco (1912), ma furono studiati solo nel 1922 da Roccati (1925). Il più notevole di essi si trovava adagiato in un piccolo circo vallone del versante NO della Punta de Cessole (2.915 m), era di dimensioni modeste e alimentato o direttamente o mediante valanghe. Nel lavoro vengono evidenziati tre archi morenici concentrici che nel 1922 erano ancora colmi di neve e ghiaccio, mentre nel 1924 non ve ne è più traccia. Fra il 1927 e il 1932 Camoletto (fig. 23) aveva constatato un fortissimo ritiro tanto che risultava scomparsa una propaggine che scende-

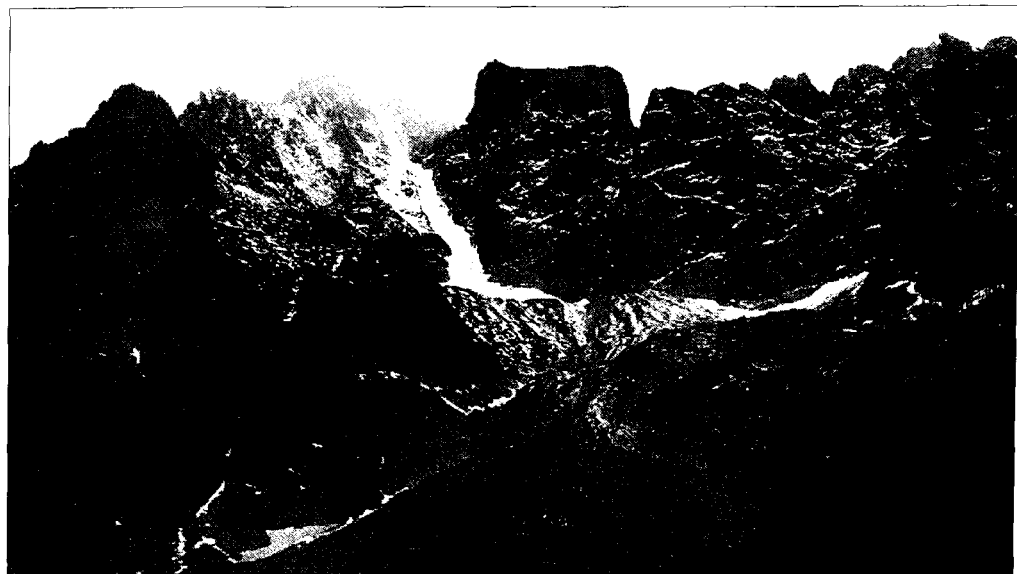


Fig. 24 – *Il ghiacciaio di Lourousa (Alpi Marittime) nel 1974*

Foto Chiadò, CGI

va nel canalone Freshfield e raggiungeva l'omonimo colletto. Le placche ghiacciate che costellavano il recinto roccioso erano divenute sottili e la superficie del ghiacciaio sommersa da una fitta coltre di detriti. In mezzo fu rinvenuto un pozzo glaciale largo poco più di 1 m e profondo 15,5 m. Nel complesso veniva calcolato un ritiro medio annuo di 7,47 m. Monterin riporta nel 1930 le seguenti misure personali di Camoletto: lunghezza max 375 m, larghezza max 200 m, superficie 5,61 ha, altitudine 2.585-2.560 m, esposizione NO, e osserva che il ghiacciaio termina con varie lingue ghiacciate e rade, con il canale di deflusso scorrente in superficie. Nel *Catasto* del 1961 viene definito di tipo pirenaico (di circo), per una lunghezza di 350 m e una superficie di 10 ha, ma veniva considerato un glacionevato. Tuttavia ancora nel 1995 era presente un complesso di placche di ghiaccio, abbondantemente coperte di detrito – in sostanza un glacionevato. Successivamente (2007) una visita ha fatto constatare che questa sottile lama di ghiaccio è scomparsa e ora una copertura di detrito si estende in mezzo a una radura acquitrinosa. Ha una morena frontale a 2.530 m datata a una prima fase della PEG con il metodo lichenometrico.

Ghiacciaio di Lourousa. Occupa un ripido canalone del versante NO della Punta del Gelas di Lourousa (3.262 m, la seconda vetta delle Marittime assieme al Monte Stella). Appare ben evidenziato nella *Carta degli Stati di Terraferma*; Mader (1909) pone la fronte a 2.200 m di quota; è riportato nella carta di Sacco (1912); nella carta IGM del 1928 il ghiacciaio aveva la fronte a 2.400 m, mostrando un chiaro arretramento. Nel 1930 Monterin riporta le seguenti misure: lunghezza max 650 m, larghezza max 250 m, superficie 12 ha, altitudine 2.500 m circa, espo-

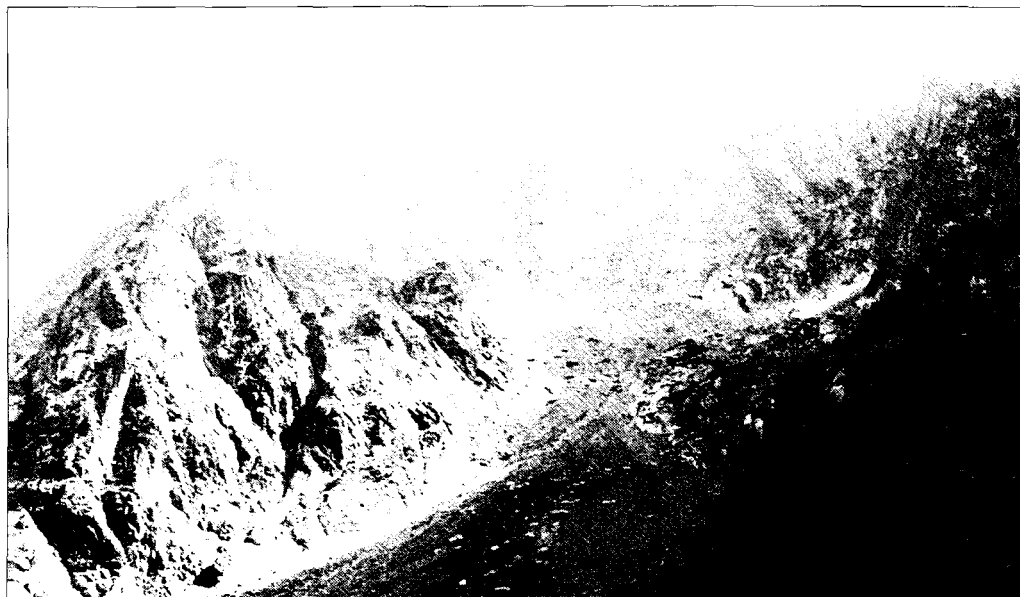


Fig. 25 – Il ghiacciaio di Lourousa (Alpi Marittime) nel 1985

Foto P.R. Federici

sizione a NO. Nel *Catasto* del 1961 viene definito «ghiacciaio di canalone» e viene riportata una misura di larghezza di 100 m e una stima di lunghezza di 250 m e una superficie di 6 ha, ma sorprendentemente (fig. 24) viene dato per estinto. In realtà le nostre osservazioni negli anni Ottanta e Novanta hanno potuto constatare fino al 1995 (fig. 25) la sua esistenza e anche ora è il ghiacciaio meno consunto. Attualmente la parte bassa del corpo principale del ghiacciaio occupa un bacino di scarsa pendenza, di larghezza massima di 200-250 m, la cui quota minima è di 2.440 m, racchiusa a E dalle pareti della cresta scendente dal Monte Stella, a O dalle pareti del Corno Stella e a N da una morena che forma un ampio arco laterale frontale. A S oltre i 2.600 m il ghiacciaio si innalza con due soluzioni di continuità in un ripido e stretto canalone fino allo spartiacque sotto la Punta del Gelas di Lourousa a 3.200 m. La copertura morenica è rada (Viotti, in Comitato Glaciologico Italiano, 2006). Per la sua posizione riparata fra erte pareti è il ghiacciaio meglio conservato delle Alpi Marittime, pur se ridottissimo. Ha una morena frontale datata con il metodo lichenometrico al 1828 d.C. a 2.400 m di quota e con un ELA di 2.722 m.

Gruppo dell'Asta Soprana (Argentera l.s.). *Ghiacciaio del Dragonet*. Già incassato nell'alto vallone del Dragonet, in una cavità fra le cime del Dragonet (2.761 m), Asta Soprana (2.948 m) e Asta Sottana (2.849), era un ghiacciaio di forma stretta e allungata, alimentato dalle valanghe. Viene spesso ricordato perché nel XIX secolo era utilizzato per fornire ghiaccio alle città padane. Menzionato e cartografato da Sacco (1912), Roccati nel 1925 e Monterin nel 1930 lo segnalano. Non inserito nel *Catasto* del 1961, è però segnalato da Montagna, Mar-



Fig. 26 – *Il nevaio perenne nella Valle della Vagliotta nel 1996*

Foto P.R. Federici

tello e Salesi (1984-1990) e ancora nel 1995 durante nostri sopralluoghi mostrava un'esigua placca di ghiaccio stagnante. Successivamente anche questa è scomparsa e al suo posto c'è una estesa coltre detritica chiusa in basso a 2.050 m da una morena frontale. I depositi della PEG, verosimilmente posti più in alto, non sono ben riconoscibili fra i detriti, forse a causa di una sostanziale inattività da quell'epoca del ghiacciaio, che per la conformazione della conca ospitante doveva soprattutto variare di volume e muoversi con difficoltà verso valle.

Ghiacciaio della Vagliotta. Un corpo glacio-nivale è stato osservato nell'Alta Vagliotta, nell'alta e profonda conca compresa fra la Cima d'Asta e la Cima dell'Oriol, da Sacco (1912); lo cartografa, ma non ne tratta specificamente. Oggi in questa valle restano solo modesti nevai permanenti (fig. 26).

Gruppo del Monte Matto. *Ghiacciaio del Monte Matto*. Mader nel 1909 segnala un ghiacciaio, in realtà un glacionevato, in quanto colpito dalla sua posizione sommitale – tanto da definirlo «di altopiano senza lingue». È probabile che non tutta la coltre fosse veramente ghiacciata. Infatti nel 1912 Sacco segnala e cartografa la presenza nel poderoso gruppo montuoso (3.097 m) di una estesa lingua glaciale incassata nella profonda valle del Latous, oltre ad altre placche di glacionevati verso il Passo di Valmiana, ma non parla assolutamente di un ghiacciaio sommitale molto esteso. Nel 1930 Monterin conferma questa situazione e giudica molto ridotta la massa ghiacciata del Latous. Sebbene siano stati successivamente segnalati da alpinisti, questi glacionevati non sono mai stati studiati. La presenza di questo mini-ghiacciaio è ostinatamente citata ancora nel 1999 (Raybaud) e nel 2001 (Campana), ma le nostre ricerche a partire dagli anni novanta hanno potuto constatare la scomparsa di tracce glaciali significative.

Ghiacciaio del Monte Malinvern. La *Carta degli Stati di Terraferma* evidenzia una massa ghiacciata nel versante N del Malinvern (2.939 m) e una seconda nella porzione meridionale del circo che ospita i laghi di Valscura, dove effettivamente sono presenti archi morenici freschi. Sacco (1912) conferma nella sua carta la piccola massa ghiacciata sul versante N del Malinvern, ma non la seconda, che evidentemente non doveva più esistere. Comunque anche il ghiacciaio superstite deve essersi successivamente esaurito in quanto non più riportato dalle fonti cartografiche o di esplorazione. Un nostro sopralluogo nel 1992 ha confermato la sua scomparsa.

Gruppo Corborant-Tenibres-Piz. *Ghiacciaio del Corborant*. Tra la Cima Corborant (3.011 m) e le Cimes des Calanches sul versante occidentale delle Marittime in Francia, in un ombroso e protetto compartimento della Conca di Rabuons nell'alta valle Tinée, è stata segnalata la presenza di un piccolo ghiacciaio (de Cessole, 1906), che Bobba nel 1908 dice lungo 700 m e incassato fra balze dirupate e che un lichene giallo verdastro colora in modo singolare. Esso è riportato anche su schizzi topografici da Mader (1909), da Sacco (1912) e infine da Camoletto (1931). Monterin nel 1930 riporta le seguenti misure: lunghezza max 500 m, larghezza max 250 m, superficie 7 ha, esposizione NO. Il ghiacciaio era alloggiato a 2.850 m in un circo di circa 300 m di lunghezza esposto a N, che possiede una soglia in contropendenza con un gradino che cala per 100 m in direzione della conca di Rabuons. Gli osservatori ne hanno sempre segnalata la scarsa consistenza e, anche se qualche volta ricordato nelle guide Paschetta e Dufranc (1969) e Paschetta (1976), è scomparso da tempo, come da noi attestato direttamente nel 2006.

Ghiacciaio dei Denti del Vallone. Fra il Dente del Vallone (2.966 m) e il Becco Alto del Piz (2.850) si apre un circo di 450 m di lunghezza e poco più di larghezza con una soglia a 2.720 m, posta nell'alto vallone del Piz (bacino della Stura di Demonte). Alla testata sta una muraglia affilata e frastagliata con numerosi pinnacoli



Fig. 27 – Il lago glaciocarsico di Schiantala (Alpi Marittime) nel 2000

Foto M. Pappalardo

(Denti del Vallone). Questo circo ha sicuramente ospitato, come quelli del gruppo montuoso che lo contiene, un ghiacciaio durante la PEG, come testimoniato da due morene a 2.690 e 2.720 m, verosimilmente un unico apparato espressione di una duplice oscillazione. Di questo ghiacciaio si hanno solo notizie sporadiche nelle cronache alpinistiche. Inoltre è riportato in uno schizzo di Camoletto (1931), dove si presentava come una massa falciforme. Negli anni Novanta era ridotto a modeste placche ghiacciate e i controlli più recenti (2001) lo hanno trovato estinto.

Ghiacciaio di Schiantala. Compare per la prima volta in uno schizzo di de Cessole (1906) ed è poi citato e cartografato da Sacco (1912). Il ghiacciaio di Schiantala, descritto da Monterin (1930) come diritto ma irregolare, aveva le seguenti misure: lunghezza max 500 m, larghezza max 300 m, superficie 11 ha circa, esposizione NE. Camoletto (1931) lo descrive come un corpo ghiacciato completamente coperto di detrito occupante un circo con due placche ghiacciate poste fra i 2.720 e i 2.670 m che si assottigliavano in due modeste lingue, che potevano raggiungere i 2.600 m. Fra di esse era posto un ammasso detritico divisorio interpretabile come una morena mediana. Due torrenti subglaciali uscivano dalle fronti. La lingua più vicina alla parete destra del circo era a sua volta bilobata e il torrente in realtà usciva dalla zona di connessione dei due lobi. Era visibile anche un vasto crepaccio dal quale il ghiaccio fuoriusciva fra i detriti. Un confronto tra

la descrizione di Camoletto e la carta IGM del 1928 mostra un buon accordo fra la forma descritta e la rappresentazione cartografica. Evin (1993) afferma che la forma osservata da Camoletto non era un ghiacciaio coperto di detrito, ma semplicemente un *rock glacier* riattivatosi durante la PEG, scendente fino a 2.500 m. Questa interpretazione era basata sul confronto con la maggioranza dei *rock glaciers* delle Alpes du Sud che secondo Evin e Fabre (1990) si originarono nel Sub-boreale e furono riattivati nelle PEG. Nel *Catasto* del 1961 si ritiene il ghiacciaio estinto, anche se gli viene attribuito un numero catastale (il 9). Negli anni Settanta si è formata una depressione che ospita un piccolo lago all'interno del circo, che può essere interpretata come l'evoluzione di un tunnel glaciocarsico (fig. 27). In effetti sulla sponda del lago è presente una scarpata dove affiora ghiaccio stratificato. I risultati di una campagna geofisica e geochemica (Ribolini e altri, 2007) dimostrano che questo ghiaccio rappresenta il residuo di un piccolo ghiacciaio che ha avuto un'avanzata durante la PEG. Perciò quando Camoletto studiò l'area era presente un ghiacciaio, ma la posizione della fronte era posta più in alto di quanto stabilito dall'autore. Il confronto fra i dati del 1928 e la situazione attuale mostra chiaramente negli ultimi 70 anni un notevole abbassamento della copertura detritica.

Ghiacciaio dell'Ubàc. Sotto la Testa dell'Ubàc (2.991 m), alloggiava in un circo un ghiacciaio che scendeva sul Vallone di Ponte Bernardo, bacino della Stura di Demonte. È una conca che per la particolare esposizione a ridosso della cresta ha una insolazione molto ridotta durante l'anno. Una fotografia della conca scattata il 21 settembre 1900 da V. de Cessole (fig. 28) mostra uno splendido ghiacciaio all'interno del circo che colmava, dando origine anche a una limitata lingua sulla destra. L'impressione è di trovarsi di fronte a un ghiacciaio attivo, con crepacci nella parte superiore e ondulazioni del ghiaccio concentriche e convesse verso valle nella parte inferiore e nella lingua. Nel 1925 viene descritto da Zapparoli Manzoni come scendente dalla parete nord della Testa dell'Ubàc per circa 500 m, con una larghezza media di 200-300 m. Nel 1928 Camoletto gli attribuisce solo un'estensione di 8,8 ha e due anni dopo lo giudica in leggero ritiro. Il campo di ghiaccio, nella stagione avanzata, mostrava crepacci trasversali e longitudinali, gibbosità e canalette di fusione. La massa ghiacciata arrivava fino al bordo della conca, dove prendeva origine una spettacolare cascata sul vallone sottostante. Le misure riportate da Monterin nel 1930 sono lunghezza max 500 m, larghezza max 225 m, superficie circa 7 ha, esposizione NO. Nel *Catasto* del 1961 viene definito di tipo pirenaico (di circo e di vallone), ma si ritiene il ghiacciaio estinto, sebbene si segnalino ancora placche di ghiaccio e nevai che fanno pensare a un glacionevato. In effetti nel 1968 Schweizer lo visita e lo riconosce ancora come autentico glacionevato, ricoprente però ormai solo qualche centinaio di m². Nel 2001 si era ridotto a tre piccoli apparati coperti di detrito dei quali il più esteso giaceva alla base orientale del Guglie della Lausa a 2.770 m. Negli anni più recenti al di sotto di una copertura nevosa apparivano solo modeste placche di ghiaccio addossate alla parete NO.

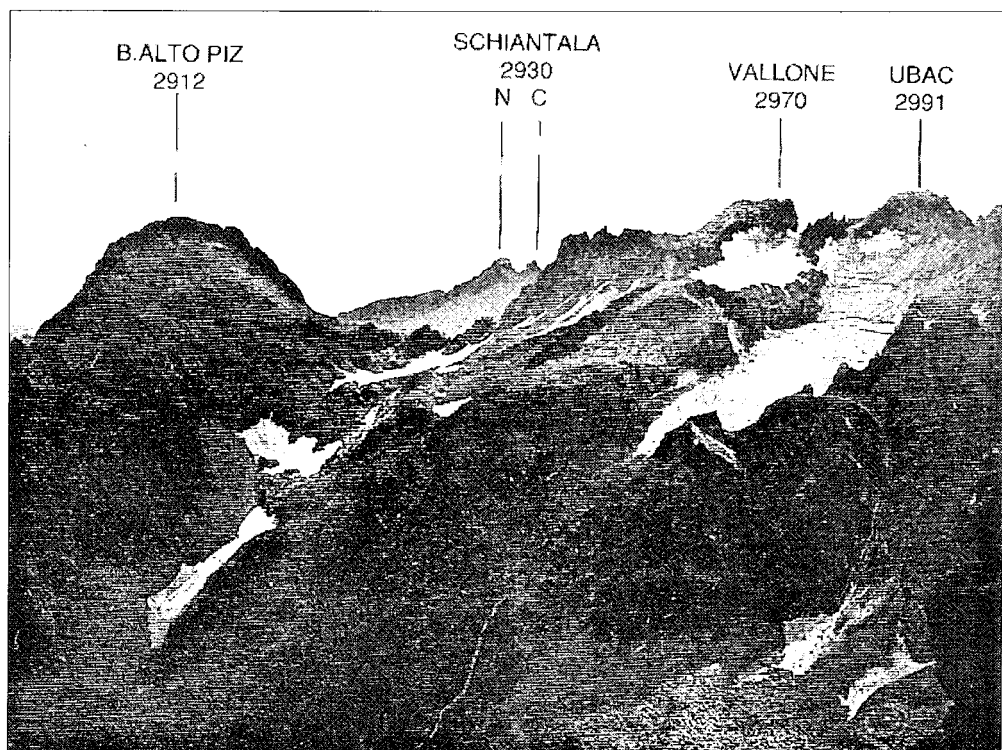


Fig. 28 – *Il ghiacciaio dell'Ubac nel 1900*

Foto Archivio de Cessole

Sulla base dei dati esposti è possibile riassumere i risultati dello stato dei ghiacciai delle Alpi Marittime in un quadro sintetico (tab. 1).

Dalla documentazione sulle vicende dei singoli ghiacciai e dalla sintesi esposta nel quadro sopra riportato si ha una impressionante immagine dell'evoluzione dei ghiacciai delle Alpi Marittime. Si può ritenere che durante la PEG un gran numero di circhi dei 432 censiti (Federici e Spagnolo, 2004) fosse occupato da ghiacciai. Siamo riusciti ad avere una documentazione storica su 30 di essi e a seguirne le vicende fino al giorno d'oggi. È chiaro che i ghiacciai documentati rappresentano meno del 10% di quelli presumibilmente esistiti; evidentemente la maggioranza dei corpi glaciali era situata in zone impervie e nascoste all'osservazione, ma la posizione delle morene più alte fa ritenere che la loro ELA fosse tale da consentirne l'esistenza anche se questa non è documentata da fonti storiche.

L'esistenza è indicata con il segno +; l'inesistenza o la mancanza di informazioni con il segno –; nell'ultima colonna è riportata, quando è nota con precisione, la data di scomparsa oppure, tra parentesi, la data dell'ultima osservazione (a = presente nella forma di più placche/lenti di ghiaccio; b = presente nella forma di un'unica massa). Il punto interrogativo significa incertezza. Nella prima colonna (1818) si fa riferimento alla *Carta degli Stati di Terraferma di S.M. il Re di Sardegna* (1818-1830).

Variazioni frontali e riduzione areale nel corso dell'ultimo secolo. – Le curve tempo-distanza che hanno potuto essere ricostruite, seppur con qualche estrapolazione, sulla base dei dati di monitoraggio disponibili, sono state confrontate fra loro allo scopo di identificare gli andamenti comuni a tutti i ghiacciai e di sottolinearne le differenze (figg. 29, 30 e 31). La serie più completa di misure di oscillazione frontale è quella del Ghiacciaio del Peirabròc, che può essere considerata grossomodo rappresentativa del comportamento dei ghiacciai delle Alpi Marittime. Durante il secolo scorso questi sono stati interessati da diverse fasi di avanzata e ritiro, con una prevalenza di queste ultime, che hanno avuto intensità variabile. Fra il 1896 e la fine degli anni Venti non disponiamo di misure strumentali, ma solo di una valutazione semiquantitativa di Camoletto (1931), che in un grafico rappresenta le oscillazioni frontali dei ghiacciai, sulla base di stime effettuate dagli autori precedenti, e le compara con i dati pluviometrici e di copertura nuvolosa registrati nell'area.

Risulta che fra il 1896 e il 1906 le fronti glaciali sono rimaste in uno stato stazionario, sono avanzate fino al 1918 per poi ritirarsi vistosamente fino al 1930. Durante questa fase i ghiacciai del Dragonet, Brocan e Cima del Caire dell'Agnel si sono trasformati in glacionevati. A partire dall'inizio degli anni Trenta si registrano generalizzate modeste oscillazioni positive e negative (fra +2 e -4 m/anno); i ghiacciai della Maledia e del Muraiòn presentano un picco negativo nel 1932 (-10 m) e il Gelas Est uno positivo (+6 m) nel 1936. A partire dal 1940 si è verificata una ventennale fase di ritiro (-3,5 m/anno) – interrotta solo da una modesta pulsazione positiva nel 1951 – durante la quale alcuni ghiacciai sono totalmente scomparsi (Gelas Ovest, de Cessole, Ubac e Schiantala). Successivamente la velocità di ritiro subisce una diminuzione verso valori (2-2,5 m/anno) che il Ghiacciaio del Muraiòn mantiene sino alla sua totale scomparsa, sul finire degli anni Settanta. Sfortunatamente, durante quest'ultimo decennio, le osservazioni e le misure di oscillazione frontale sui ghiacciai delle Marittime si fanno sporadici, e l'andamento del loro generale arretramento non può essere dettagliato. Dagli anni Ottanta, invece, ha inizio una stagione di rinnovato interesse per questi apparati glaciali, che dura sino ai giorni nostri. In particolare, i dati strumentali sulla posizione delle fronti sono relativamente continui dal 1989 a oggi per i ghiacciai del Clapier e del Peirabròc e significativi, benché discontinui, per quelli della Maledia, del Gelas Nord-est e del Gelas Nord. All'inizio degli anni Novanta erano ancora presenti soltanto sei ghiacciai, di dimensioni molto modeste.

In tabella 2 sono riportati i valori di superficie stimati e/o misurati in date diverse per i maggiori fra i ghiacciai delle Marittime. Questi dati ci consentono di valutare il rapporto fra la massa glaciale e la sua tendenza alla riduzione nel tempo. I ghiacciai che negli anni Trenta avevano un'estensione inferiore ai 10 ha sono scomparsi nel giro di pochi decenni. Fra quelli che invece avevano una superficie superiore a 10 ha, i più piccoli hanno avuto una tendenza al ritiro inferiore rispetto ai più grandi (come il Clapier e il Gelas Est). Così il Ghiacciaio del Peirabròc, che negli anni Trenta era la metà di quello del Clapier, nei primi anni Novanta era diventato, secondo Gellatly e altri (1994), più esteso di quest'ultimo. È evidente una correlazione negativa fra la percentuale di riduzione areale dagli an-

Tab. 1 – *Stato dei ghiacciai esaminati nelle Alpi Marittime*

Ghiacciaio	1818	1896	1912	1931	1961	1995	2007	Estinzione (ultima osservazione)
Gran Capelet	-	+	+(*)	-	-	-	-	?
Clapier	+	+	+	+	+	+	+	(2008b)
Peirabròc	+	+	+	+	+	+	+	(2008b)
Maledia	+	+	+	+	+	+	+	(2008a)
Muraiòn	+	+	+	+	+	-	-	fine anni Settanta
Gelas Est	+	+	+	+	-	+	-	(2008a)
Gelas Nord-est	+	+	+	+	+	+	+	(2008b)
Gelas Nord	+	+	+	+	+	+	+	(2008b)
Gelas Ovest	+	+	+	+	-	-	-	1940-50
Gelas Sud	+	+	+	+	-	-	-	inizio anni Settanta
Cima Caire d'Agnel	+	-	+	+	-	-	-	(1995a)
Caire d'Agnel	+	-	-	-	-	-	-	(1996a)
Brocan	+	-	+	-	-	+	-	(2007)
Passo di Brocan	+	-	+	-	-	-	-	1940-50?
Bastione	+	-	+	-	-	-	-	1940-50?
Cima Paganini	-	-	+	-	-	-	-	1940-50?
Cima Sud dell'Argentera	-	-	+	+	-	-	-	1940-50?
Chiapous	-	-	+	-	-	-	-	1940-50?
Punta Madre di Dio	+	-	+	-	-	-	-	?
de Cessole	+	-	+	+	+	+	-	(1995a)
Lourousa	+	+	+	+	+	+	+	(2006b)
Dragonet	-	-	+	+	-	+	-	(1995a)
Vagliotta	-	-	+	-	-	-	-	?
Matto	-	+	+	+	-	-	-	(1999a?)
Malinvern	+	-	+	-	-	-	-	(1992)
Corborant	-	+	+	+	-	-	-	(2006)
Denti del Vallone	-	-	-	+	-	-	-	(2001)
Schiantala	-	+(*)	+	+	+	-	+	(2007a)
Ubàc	-	+(*)	-	+	+	-	-	(2001a)

(*) fonte de Cessole

ni Trenta agli anni Novanta e la loro originaria estensione. Il Ghiacciaio della Maledia, fra quelli di medie dimensioni, si è però fortemente ridotto; fattore predisponente è stato la forte pendenza del letto del circo che lo ospita. Fra i due ghiacciai contigui Gelas Nord-est e Gelas Nord, il primo sembra essere stato favorito dalla sua orientazione francamente settentrionale: infatti esso ha subito una minore tendenza alla riduzione areale, mentre l'altro si è rapidamente ridotto nel corso degli anni Settanta. In sostanza, i due ghiacciai che si sono contratti più lentamente sono stati il Peirabròc e il Gelas Nord-est, che alla fine del XIX secolo appartenevano al gruppo degli apparati di media grandezza. Un ulteriore fattore che

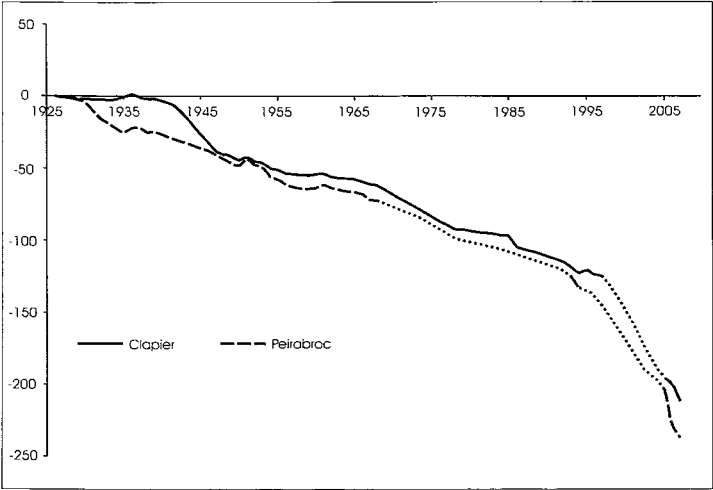


Fig. 29 – Curve tempo/distanza dei ghiacciai del Clapier e del Peirabròc (Alpi Marittime)

I tratti puntinati delle curve si riferiscono alle lacune nelle serie di oscillazione frontale; in ordinate i valori di arretramento sono espressi in metri

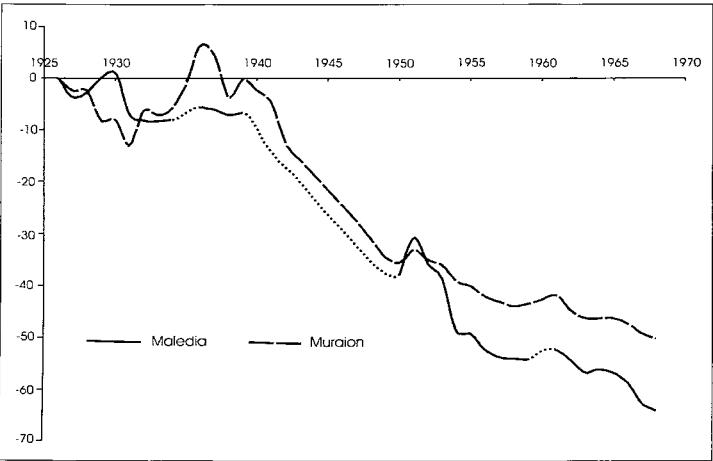


Fig. 30 – Curve tempo/distanza dei ghiacciai della Maledia e del Muraion (Alpi Marittime)

I tratti puntinati delle curve si riferiscono alle lacune nelle serie di oscillazione frontale; in ordinate i valori di arretramento sono espressi in metri

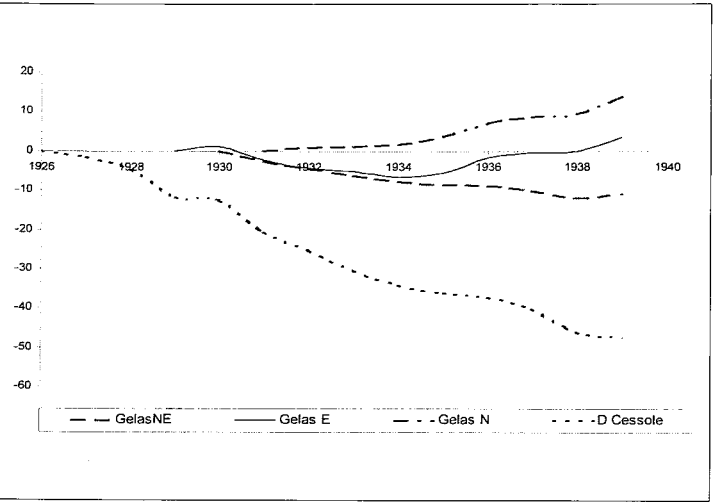


Fig. 31 – Curve tempo/distanza dei ghiacciai del Gruppo del Gelas e di de Cessole (Alpi Marittime)

In ordinate i valori di arretramento sono espressi in metri

Tab. 2 – *L'estensione di sette dei ghiacciai esaminati nelle Alpi Marittime, con scansione temporale di circa un trentennio*

Superficie (ha)	1896	1930-39	1958-60	1978	1983	1992
Clapier	35	40	30	32,9	19	6,2
Peirabròc	17,5	15,3	10	12	11	8,6
Maledia	26	12,1	20	15	11	2,4
Muraiòn	/	5,2	14	/	/	/
Gelas Nord-est	13	12,9	20	6	10	5,2
Gelas Est	26,5	22,4	/	21	11	3,3
Gelas Nord	/	14,6	5	3	16	4,8

ha favorito la loro conservazione è senz'altro la forma stretta e allungata del circo che li ospita, fortemente incassato e con ali parallele.

Indipendentemente dalle iniziali dimensioni della loro massa, è da rilevare che i ghiacciai collocati a maggiore distanza dal mare sullo spartiacque principale della catena (come quelli di Schiantala, Ubàc, Muraiòn e quelli nel Gruppo dell'Argentera) si sono ridotti maggiormente rispetto agli altri. Infatti le precipitazioni sono maggiori in corrispondenza dell'asse della catena, essendo legate all'effetto orografico esercitato sulle masse d'aria umide meridionali provenienti dal Mediterraneo. Inoltre il gradiente nivometrico calcolato per la Val Gesso è superiore a quello della Valle Stura di Demonte.

Da notare che i ghiacciai delle Alpi Marittime non hanno registrato la fase di espansione registrata fra il 1962 e il 1980 della maggior parte dei ghiacciai alpini sotto monitoraggio da parte del Comitato Glaciologico Italiano, con particolare riguardo a quelli delle Alpi Centrali e del Massiccio del Monte Bianco. Questo probabilmente perché la loro esigua massa li rendeva oramai incapaci a rispondere in termini di fluttuazioni frontali a stimoli termici negativi, anche di rilevante entità. D'altro canto, una correlazione tra le fluttuazioni frontali registrate negli ultimi decenni e gli andamenti dei maggiori elementi climatici nelle Marittime (Federici e Pappalardo, 2009) suggerisce che le precipitazioni, in particolare quelle nevose, siano state il parametro che più direttamente ha influenzato il comportamento delle fronti glaciali. È stato inoltre calcolato un azzeramento dei tempi di risposta delle fronti glaciali alle fluttuazioni interannuali delle precipitazioni nevose.

La storia recente e la condizione attuale. – Negli ultimi venti anni si può valutare dell'ordine di 100 m circa in senso planimetrico il ritiro frontale del ghiacciai residui che vengono annualmente monitorati, cioè il Clapier e il Peirabròc, con una brusca accelerazione dopo il 2002. Tuttavia questi dati strumentali devono essere interpretati con cautela, e considerati indicativi. L'estensione dei corpi glaciali non può infatti essere misurata con precisione, in quanto essi sono in buona parte coperti di detrito, soprattutto nella loro porzione frontale, e parzialmente occultati da estesi nevati, dovuti ad accumuli di neve ventata e di valanga, che permangono nelle porzioni del circo sfavorevolmente esposte sino alla tarda stagione di ablazione. Alla luce di queste osservazioni si è ritenuto non consigliabile

intraprendere un programma di misurazioni del bilancio di massa su questi ghiacciai, ma piuttosto concentrare le ricerche nel senso di un'indagine dei processi che si verificano nelle aree proglaciali e che testimoniano l'incipiente esaurimento dei ghiacciai in favore dell'instaurarsi del dominio morfoclimatico periglaciale (Pappalardo, 1999; Bianchi e altri, 2004; Ribolini e altri, 2007).

Le più recenti modificazioni del clima locale registrate, inoltre, sfavoriscono la conservazione delle masse glaciali, dato che vanno nel senso di un aumento della temperatura, una diminuzione delle precipitazioni nevose e uno spostamento del massimo pluviometrico dall'autunno alla primavera.

In sostanza, si possono considerare ancora esistenti alcuni dei ghiacciai delle Alpi Marittime? La risposta a questo quesito scaturisce dalle seguenti semplici osservazioni:

In almeno sette casi, nei circhi delle Alpi Marittime che hanno ospitato ghiacciai durante la Piccola Età Glaciale, sono attualmente presenti placche e lenti di ghiaccio di origine glaciale alla base della muraglia o all'interno del bacino di accumulo. Sulle superfici di ghiaccio esposte non si riconoscono morfologie epiglaciali che testimonino movimenti del ghiacciaio in atto; collassi di ghiaccio misto a detrito che sono stati registrati anche recentemente hanno interessato esclusivamente lembi minori della parte bassa dei corpi glaciali ormai separati da quello principale. La presenza di *permafrost* a carattere discontinuo nelle aree proglaciali è stata dimostrata attraverso l'interpretazione delle forme, ma anche tramite indagini geofisiche dedicate.

Le lenti e le placche di ghiaccio che si osservano in alcuni ghiacciai delle alpi Marittime, quindi, non possono più essere considerate veri e propri ghiacciai. Il loro monitoraggio, tuttavia, permane di grande importanza, sia per ragioni di ordine scientifico, come il loro ruolo di indicatori dei cambiamenti climatici, sia per i loro risvolti applicativi, quali la valutazione delle risorse idriche dell'area.

Conclusioni. – Le Alpi Marittime, il tratto più meridionale della catena alpina, dopo l'Ultimo Massimo Glaciale hanno naturalmente subito il declino che ha contrassegnato la glaciazione a partire da 20.000 anni fa. Già negli stadi tardiglaciali l'originaria copertura ghiacciata si era frantumata in numerosi ghiacciai vallivi via via indipendenti l'uno dall'altro.

Durante la PEG un numero ancora grande di ghiacciai, solitamente di circo solo, in qualche caso vallivi, ma rinserrati nelle alte valli, era presente. Ciò è stato dedotto dal numero dei circhi riconosciuti e dalle morene frontali rinvenute ad alta quota, che in diversi casi sono state datate con la lichenometria. La documentazione storica e desunta dalle ricerche sul terreno ha mostrato che alla fine della PEG, intorno al 1818-1830, erano sicuramente presenti una trentina di ghiacciai, sebbene si possa presumere che il loro numero fosse maggiore. Da allora essi hanno preso a regredire inesorabilmente, tanto che nel 1995 erano presenti solo 6 piccoli ghiacciai di circo e 7 glacionevati. Oggi l'esaurimento delle masse glaciali è prossimo a essere completo, rimanendo ancora numerose lenti e placche di ghiaccio non più dotate di movimento.

Anche questa fase di declino postglaciale, come il Tardiglaciale, non ha avuto un decorso lineare, poiché negli anni 1906-1918 si è avuto un periodo di relativa floridezza glaciale, mentre negli anni 1930-1940 si è avuta una situazione di stazionarietà delle masse glaciali. Nelle decadi successive si è verificato un ritiro continuo (salvo qualche sporadica eccezione come il ghiacciaio della Maledia e del Muraiòn nel 1951), tanto che già nei primi anni Novanta anche i maggiori ghiacciai del Gruppo Clapier-Maledia avevano ormai estensioni di pochi ettari e quelli del Corborant-Tenibres erano praticamente scomparsi. È significativo il fatto che la fase fredda verificatasi nell'arco alpino dal 1962 al 1980 non abbia avuto una evidente influenza sui ghiacciai delle Alpi Marittime. Ciò indica che le masse glaciali avevano ormai raggiunto una dimensione «critica», tale cioè da non rispondere più agli impulsi climatici se non con leggere variazioni di volume che sono state segnalate.

In quanto alla correlazione fra oscillazioni delle fronti e stimoli climatici si è visto, come nel caso del ghiacciaio Peirabròc dal 1945 al 1950, che solo aumenti di temperatura consistenti hanno indotto una risposta immediata con il ritiro della fronte, mentre anche annate termicamente favorevoli al glacialismo, ma con valori modesti, non sembrano aver indotto risposte positive nelle masse glaciali. Sono state dunque più importanti le conseguenze dell'andamento generale e continuo delle temperature dovute al riscaldamento globale. Piuttosto, è stata rilevata dal 1930 al 1990 una riduzione delle precipitazioni, comprese quelle nevose. Soprattutto si è verificato uno spostamento dei massimi di precipitazione dall'autunno (ottobre) alla primavera (aprile). Ciò influisce sull'efficacia delle precipitazioni nevose ai fini dell'alimentazione glaciale, in quanto i ghiacciai ricevono la neve in un periodo nel quale la temperatura è tale da non favorire il suo passaggio di stato e l'accumulo di ghiaccio. I ghiacciai delle Alpi Marittime sembrano aver risposto sollecitamente alla maggiore o minore abbondanza delle precipitazioni utili, cosicché lo sfasamento temporale delle precipitazioni ha influito grandemente in negativo sui bilanci delle masse glaciali.

La storia evolutiva dei ghiacciai delle Alpi Marittime è interessante in quanto si tratta della storia di piccoli ghiacciai. La loro evoluzione può essere paragonata a quella del Ghiacciaio del Calderone, l'unico ghiacciaio di circo ancora esistente nell'Appennino Centrale, nel Gran Sasso (2.918 m), posto a una latitudine un po' inferiore a quella delle Alpi Marittime e molto studiato. Le sue dimensioni di qualche ettaro lo rendono simile a quelli da noi studiati. Pecci, D'Agata e Smiraglia (2008) hanno mostrato che anche qui c'è stato – dalla PEG in poi – una progressiva riduzione della massa glaciale in volume, superficie e spessore. Dal 1995 il ghiacciaio si è diviso in due all'interno del circo e oggi è prossimo all'estinzione. I bilanci di massa eseguiti recentemente e quelli ricostruiti dal 1920 al 1994 sono stati costantemente negativi (con l'eccezione di un breve intervallo nei primi anni Sessanta), con una perdita totale di 60 m di acqua equivalente, cui vanno aggiunti altri 4 del periodo monitorato 1995-2006. È presumibile che, pur non avendo misure sperimentali, gli ordini di grandezza siano simili per i ghiacciai delle Marittime.

Nella regione alpina la disintegrazione dei ghiacciai ha proceduto con moda-

lità tali (Paul e altri, 2004) che i piccoli ghiacciai (inferiori a 1 km²) hanno subito una riduzione più sensibile rispetto ai grandi, confermando che a un certo punto dell'evoluzione i ghiacciai raggiungono una soglia critica oltre la quale si ha la rapida frammentazione della massa. In particolare si segnala (Citterio e altri, 2007) che mentre i ghiacciai alpini più grandi hanno reagito alla fase di raffreddamento 1962-1980 con incremento dei volumi e in qualche caso con una riavanzata delle fronti, quelli più piccoli hanno solo rallentato il loro ritiro.

Uno scenario destinato con le attuali tendenze climatiche a evolvere un po' ovunque con la frammentazione e la successiva sparizione dei ghiacciai, come ipotizzato da Zemp e altri (2006). La mancanza di registrazioni di effetti positivi sui ghiacciai locali nelle Alpi Marittime del periodo freddo 1962-1980 fa pensare che essi avessero già allora superato la soglia critica di esistenza e preannunciato la loro fine.

Un ulteriore motivo di riflessione è quanto accaduto al Ghiacciaio di Schianta-la nel circo del Monte Tenibres (Ribolini e altri, 2007). Il ghiacciaio era presente sia durante il Subboreale sia durante la PEG. Sono state raccolte le prove della coesistenza del ghiacciaio riavanzato durante quest'ultima con un grande *rock glacier*, generato dalla morena di ablazione progressivamente abbandonata dopo 2550 ± 50 anni BP (14 C).

Il valore medio dell'ELA dei singoli ghiacciai delle Marittime supera ormai i 2.800 m, mentre il limite inferiore del *permafrost* si attesta sui 2.670 m (Federici, Pappalardo e Ribolini, 2000). La presenza di più generazioni di *rock glaciers* posti a varia altezza e fino allo sbocco dei circhi glaciali nelle Alpi Marittime mostra una stretta relazione fra il loro sviluppo in regime di *permafrost* e la fine dei piccoli ghiacciai.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BIANCHI A. e altri, *Application of Electrical Resistivity Tomography to Investigation of Buried Ice and Permafrost: Two Case Studies from the Maritime Alps (Italy)*, in *Proceedings of European Geosciences Union. General Assembly*, in «Geophysical Research Abstract», Nizza, 2004.
- BLANCHARD R., *Les Alpes Occidentales*, vol. VI, *Le versant Piemontaise*, Parigi, Arthaud, 1954.
- BOBBA G., *Guida dei monti d'Italia. Alpi Marittime*, Torino, CAI, 1908.
- BRUNO M., *Alpi Marittime: nodo Clapier, Maledia, Gelas*, Borgo San Dalmazzo, Bertello, 1974.
- CAMOLETTO C.F., *Risultati della campagna glaciologica nelle Alpi Marittime nell'estate 1927*, in «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano», Torino, 1928, pp. 11-21.
- CAMOLETTO C.F., *Relazioni delle campagne glaciologiche. Alpi Marittime*, in «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano», Torino, 1929, I serie, pp. 253-259.
- CAMOLETTO C.F., *Osservazioni e rilievi sui ghiacciai delle Alpi Marittime*, in «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano», Torino, 1930, pp. 25-44.

- CAMOLETTO C.F., *Le variazioni periodiche dei ghiacciai delle Alpi Marittime, 1893-1930*, in «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano», Torino, 1931, pp. 189-212.
- CAMOLETTO C.F., *Il Gruppo Clapier-Maledia-Gelas*, in «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano», Torino, 1932, 12, pp. 29-57.
- CAMPANA J.C., *I relitti glaciali delle Alpi Marittime*, in «Alpidoc», Peveragno, 2001, pp. 16-29.
- CITTERIO M. e altri, *The Fluctuations of Italian Glaciers during the Last Century: A Contribution to Knowledge about Alpine Glacier Changes*, in «Geografiska Annaler», Stoccolma, 2007, pp. 167-184.
- COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO, «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano», Torino (1914-1977), I serie, 1, 2, 7-23; II serie, 1-16, 24, 25; «Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria», Torino (1978-2009), 1-32.
- CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE e COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO, *Catasto dei ghiacciai italiani. Vol. 2. Ghiacciai del Piemonte*, Torino, Comitato Glaciologico Italiano, 1961.
- CORDERO M. e altri (a cura di), *Victor de Cessole, il signore delle Marittime*, catalogo della mostra tenuta a Cuneo, Savigliano, L'Artistica, 2003.
- DE CESSOLE V., *Le cirque de Rabuons, ses lacs, ses cols et ses cimes*, in «Bulletin de la Section Alpes Maritimes du Club Alpin Français», Nizza, 1906, 25-26, pp. 49.
- DE CESSOLE V. e L. MAUBERT, *La vallée de la Gordolasque (Alpes Maritimes)*, in «Annuaire du Club Alpin Français», Nizza, 1900, 26, pp. 79.
- EVIN M., *Glacier et glacier rocheux dans les vallons de Mongioie et de Schiantala (Haute Stura di Demonte, Italie). Une nouvelle interprétation*, in «Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie», Innsbruck, 1993, 27-28, pp. 1-10.
- EVIN M. e D. FABRE, *The Distribution of Permafrost in Rock Glaciers of Southern Alps (France)*, in «Geomorphology», Amsterdam, 1990, 3, pp. 57-71.
- FAURE-MURET A., *Etude géologiques sur le Massif de l'Argentera-Mercantour et ses enveloppes sédimentaires*, in «Mémoires pour servir à l'Explication de la Carte Géologique détaillée de la France», Parigi, 1955, pp. 336.
- FEDERICI P.R., *The Outer Margin of the Val Vermentagna Glacier (Maritime Alps) during the Last Glaciation*, in «Atti dell'Accademia delle Scienze di Torino», Torino, 1994, pp. 39-48.
- FEDERICI P.R. e M. PAPPALARDO, *Nota introduttiva alla morfologia glaciale della Valle del Gesso di Entracque (Gruppo dell'Argentera, Alpi Marittime)*, in *Guida alle escursioni del Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia*, Cuneo, 1991, pp. 13-16.
- FEDERICI P.R. e M. PAPPALARDO, *L'evoluzione recente dei ghiacciai delle Alpi Marittime*, in «Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria», Torino, 1995, pp. 257-269.
- FEDERICI P.R. e M. PAPPALARDO, *Glacier Retreat in the Maritime Alps Area*, in «Geografiska Annaler», Stoccolma, 2009, serie A, in corso di stampa.
- FEDERICI P.R., M. PAPPALARDO e A. RIBOLINI, *On the Equilibrium Line Altitude and Lower Discontinuous Permafrost Boundary in the Maritime Alps (Italian Side)*, in «Accademia delle Scienze di Torino. Atti di Scienze Fisiche», Torino, 2000, pp. 125-135.
- FEDERICI P.R., M. PAPPALARDO e A. RIBOLINI, *Geomorphological Map of the Maritime Alps Natural Park and surroundings, Argentera Massif, Italy*, in *Fifth International Conference on Geomorphology (Tokio, 2001)*, in «Transactions of the Japanese Geomorphological Union», Tokio, 2001, 22, 4, C-67.

- FEDERICI P.R., M. PAPPALARDO e A. RIBOLINI, *Carta Geomorfologica del Parco Naturale delle Alpi Marittime e territori circostanti (Massiccio dell'Argentera, Italia)*. *Geomorphological Map of the Maritime Alps Natural Park and Surroundings (Argentera Massif, Italy)*, 1: 25.000, Firenze, SELCA, 2003.
- FEDERICI P.R. e M. SPAGNOLO, *Morphometric Analysis on the Size, Shape and Areal Distribution of Glacial Cirques in the Maritime Alps*, in «Geografiska Annaler», Stoccolma, 2004, pp. 235-248.
- FEDERICI P.R. e M.C. STEFANINI, *Evidence and Chronology of the Little Ice Age in the Argentera Massif (Italian Maritime Alps)*, in «Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie», Innsbruck, 2001, 1, pp. 35-48.
- GELLATLY A.F. e altri, *Observations of the Glaciers in the Southern Maritime Alps (Italy)*, in «Revue de Géomorphologie Dynamique», Parigi, 1994, pp. 93-107.
- HANNSS C., *Les glaciers les plus méridionaux des Alpes: observations de morphologie glaciaire dans le Alpes Maritimes, versant italien*, in «Revue de Géographie Alpine», Grenoble, 1970, pp. 620-648.
- IAHS-UNEP-UNESCO, *World Glacier Inventory. Status 1988*, Teufen, 1989.
- IUGG-UNEP-UNESCO, *Fluctuations of Glaciers 1995-2005*, Parigi, 2005.
- JULIAN M., *Les glaciers quaternaire des Alpes Maritimes (versant français)*, in «Méditerranée», Aix-en-Provence, 1969, pp. 49-53.
- JULIAN M., *Les Alpes Maritimes franco-italiennes. Étude géomorphologique*, Lilla, Université de Lille III, e Parigi, Libr. Champion, 1980, 2 voll. (*thèse d'État* sostenuta nel 1976).
- MADER F., *Escursione e studi nelle Alpi Marittime*, in «Bollettino del Club Alpino Italiano», Torino, 1896, pp. 181-193.
- MADER F., *Die höchsten Teile der Seealpen und der Ligurischen Alpen*, Lipsia, G. Foch, 1897.
- MADER F., *Appunti sui Ghiacciai delle Alpi Marittime*, in «Rivista Alpina Italiana», Torino, 1909, pp. 189-196.
- MALARODA R., *Carta geologica del Massiccio dell'Argentera 1: 50.000*, in 2 fogli, Firenze, LAC, 1970.
- MALARODA R., *L'Argentera meridionale. Memoria illustrativa della «Geological Map of Argentera Southern Massif (Maritime Alps)»*. 1: 25 000, in «Memorie di Scienze Geologiche», Padova, 1999, 51, pp. 241-331.
- MONTAGNA E., L. MARTELLO e S. SALESI, *Alpi Marittime*, Milano, CAI-TCI, 1984-1990, 2 voll.
- MONTERIN U., *Les glaciers des Alpes Maritimes*, in «Revue de Géographie Alpine», Grenoble, 1930, pp. 299-313.
- MONTERIN U., *Il clima sulle Alpi ha mutato in epoca storica?*, in «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano», Torino, 1936, pp. 57-107.
- PANTALEO M., *Note toponomastiche sui ghiacciai delle Alpi Marittime, Cozie. Graie e Pennine*, in «Bollettino della Commissione Glaciologica Italiana», Torino, 1974, pp. 67-126.
- PAPPALARDO M., *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*, Napoli, Loffredo, 1994, pp. 335-346.
- PAPPALARDO M., *Remarks upon the Present-Day Conditions of the Glaciers in the Mariti-*

- me Alps, in «Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria», Torino, 1999, pp. 79-82.
- PAPPALARDO M. e F. RAPETTI, *Frontal Fluctuation of Glaciers and Climatic Parameters: The Case of Maritime Alps*, in «Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria. Supplementi», Torino, 2000, 4, pp. 135-144.
- PAPPALARDO M. e A. ROSSI, *La modificazione dei ghiacciai delle Alpi Marittime dalla Piccola Età Glaciale ad oggi: ricostruzione sulla base dei documenti cartografici storici*, in «Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia», Bologna, 2003, pp. 117-119 e 311-324.
- PASCHETTA V., *Guide Paschetta des Alpes Maritimes*, Nizza, CAF, 1976.
- PASCHETTA V. e M. DUFRANC, *Guide Paschetta des Alpes Maritimes: Saint Martin Vésuvie*, Nizza, CAF, 1969.
- PAUL F. e altri, *Rapid Disintegration of Alpine Glaciers Observed with Satellite Data*, in «Geophysical Research Letters», Washington, 2004, 31-21, pp. 12-15.
- PATZELT G., *The Period of Glacier Advances in the Alps, 1965 to 1980*, in «Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie», Innsbruck, 1985, pp. 403-407.
- PECCI M., C. D'AGATA e C. SMIRAGLIA, *Ghiacciaio del Calderone (Apennines, Italy): The Mass Balance of a Shrinking Mediterranean Glacier*, in «Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria», Torino, 2008, pp. 55-63.
- PERETTI L., *Il limite climatico delle nevi permanenti nelle Alpi Occidentali*, in «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano», Torino, 1931, pp. 151-188.
- PORRO C., *Elenco dei ghiacciai italiani. Monografia statistica*, Parma, Ufficio Idrografico del Po, 1925.
- PURTSCHELLER L., *Nelle Alpi Marittime*, in «Bollettino del Club Alpino Italiano», Torino, 1893, pp. 295-334.
- RAYBAUD C., *Mercantour. Les plus hauts sommets*, Marsiglia, Ed. Campanile, 1999.
- RAPETTI F. e S. VITTORINI, *Aspetti del clima del bacino del Gesso (Alpi Marittime) in relazione alla presenza di alcuni piccoli ghiacciai*, in «Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria», Torino, 1992, pp. 149-158.
- RIBOLINI A. e D. FABRE, *Permafrost Existence in Rock Glacier of the Argentera Massif, Maritime Alps, Italy*, in «Permafrost and Periglacial Processes», Chichester, 2006, pp. 49-63.
- RIBOLINI A. e altri, *Relationships between Glacier and Rock Glacier in the Maritime Alps, Schiantala Valley, Italy*, in «Quaternary Research», Londra, 2007, pp. 353-363.
- ROCCATI A., *I ghiacciai del Gruppo Clapier-Maledia-Gelas (Alpi Marittime)*, in «Rivista del Club Alpino Italiano», Torino, 1912, pp. 19-27.
- ROCCATI A., *I ghiacciai del Gruppo Clapier-Maledia-Gelas (Alpi Marittime)*, in «Rivista del Club Alpino Italiano», Torino, 1913, pp. 15-30.
- ROCCATI A., *Campagna Glaciologica nelle Alpi Marittime Orientali durante l'estate 1913*, in «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano», Torino, 1914, pp. 15-30.
- ROCCATI A., *I ghiacciai delle Alpi Marittime Orientali durante il periodo 1921-24*, in «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano», Torino, 1925, I serie, pp. 47-57.
- SABBADINI G., *Guida dei Monti d'Italia. Alpi Marittime*, Milano, CAI-TCI, 1934.
- SACCO F., *I ghiacciai antichi ed attuali delle Alpi Marittime*, in «Atti della Società Italiana di Scienze Naturali», Milano, 1912, pp. 100-127.

- SACCO F., *Il glacialismo e la sua crisi attuale*, in «Giovane Montagna», Torino, 1948, pp. 21-27.
- DE SAUSSURE H.-B., *Voyages dans les Alpes*, Neuchâtel e Ginevra, 1979-1996, 4 voll.
- SCHWEIZER G., *Le Tardiglaciaire et le niveau des neiges permanentes dans les hautes montagnes des Alpes Maritimes. L'exemple du bassin supérieur de la Tinée*, in «Méditerranée», Aix-en-Provence, 1963, 9, pp.23-40.
- SCHWEIZER G., *Die Verbreitung der Blackgletscher in den französisch-italienischen Seealpen. Aktualgeomorphologische Studien in oberen Tinéetal*, in «Zeitschrift für Geomorphologie», Stoccarda, 1968, supplemento 6, pp. 1-167.
- VIGLINO A., *Escursioni e studi preliminari nelle Alpi Marittime*, in «Bollettino del Club Alpino Italiano», Torino, 1897, pp. 219-294.
- VIGLINO A., *Introduzione allo studio dei ghiacciai delle Alpi Marittime*, in «Bollettino del Club Alpino Italiano», Torino, 1898, pp. 181-193.
- VIVIAN R., *Les glaciers des Alpes Occidentales*, Grenoble, Imprimerie Allier, 1975.
- ZAPPAROLI MANZONI G., *Il nodo dell'Ubac, studio topografico alpinistico*, in «Bollettino del Club Alpino Italiano», Torino, 1925, pp. 161-168.
- ZEMP M. e altri, *Alpine Glaciers to disappear within Decades?*, in «Geophysical Research Letters», Washington, 2006, 33: L13504.DOI: 10.1029/2006GL026319. pp. 4.

THE ITALIAN-FRENCH MARITIME ALPS GLACIERS. MORPHOLOGIC, CLIMATIC AND HISTORICAL OUTLINE. – In the southernmost tract of the Alps (Italian-French Maritime Alps), extensively covered by glaciers during the Last Glacial Maximum, about thirty small glaciers were still present by the end of the Little Ice Age. The aim of this paper is to document the progressive decrease towards exhaustion of these glaciers, located at the latitude of 44° N, highlighting the factors affecting their retreat. All available data sources were investigated for this work including: the yearly glaciers fluctuations record, comparative analyses of historical maps and multitemporal oblique photographs and direct surveys in the field. The history of the Maritime Alps glaciers meltout was thoroughly reconstructed. Stationary conditions were observed from 1896 up to the beginning of the 1930s; since then they underwent phases of withdrawal with variable intensity. In the early 1990s, only six glaciers were still present, the extensions of which were all dramatically reduced. In the past two decades, the Maritime Alps glacier fronts experienced a global retreat of about 100 m, with a sharp acceleration after 2002. Currently ice patches along cirque walls and/or semi-buried lenses of ice are still present; morphological evidence of permafrost creeping in the glacier forefield accounts for the incipient transition to periglacial landforms (i.e., rock glaciers). The main factors controlling glaciers retreat seems to have been their original extension at the beginning of the current regressive phase and their distance from the main chain divide. From a climatic point of view unfavorable factors for glaciers persistence have been in the last decades a remarkable and sharp temperature increase, a decrease in winter snowfall and a shift of the rainfall peak from autumn to spring.

Università di Pisa, Dipartimento di Scienze della Terra

federici@dst.unipi.it

pappalardo@dst.unipi.it