

AUGUSTA VITTORIA CERUTTI

LE VARIAZIONI GLACIALI E CLIMATICHE DURANTE L'ULTIMO SECOLO NEI GRUPPI DEL MONTE BIANCO E DEL MONTE ROSA (*)

ABSTRACT: CERUTTI A. V., *Glacial and climatic fluctuations during the last century in the Mont Blanc and Monte Rosa groups* (IT ISSN 0084-8948, 1985).

Although Mont Blanc and Monte Rosa rise at almost the same latitude, Mont Blanc rises where the Alpine chain bends, more or less leaving its southern direction and taking on a parallel trend, while Monte Rosa rises 80 km to the East, in the heart of the Pennine Alps.

An examination of glacier fluctuations over the last 170 years shows that inversion phases are not contemporaneous in the two massifs. In Mont Blanc they always begin some years before and, and appear only 20 years later in Monte Rosa. The causes of this phenomenon must be sought in the altimetric fluctuations of the snow line on the two massifs and in the factors which determine it. This reveals a clear difference between the climate of Mont Blanc and Monte Rosa, mainly due to their different geographical positions: Mont Blanc lies directly in the path of the West winds from the Atlantic, rich in water vapour and with a relatively constant temperature. Instead, Monte Rosa is influenced by North and North-east winds of continental origin which bring both less precipitation and greater ranges in temperature. Consequently, although westerly winds bring climatic conditions favouring glacier formation on Mont Blanc, the same thing happens later on Monte Rosa, owing to the circulation of local winds which may contrast with general atmospheric circulation.

An examination of the climatic parameters of meteorological stations working after 1936 in the Mont Blanc and Monte Rosa areas shows that glacier advance is preceded by an increase in precipitation and a fall in the 0 °C July level, not more than 5 years from the beginning of snout advance.

The delay in glacier fluctuations on Monte Rosa corresponds to a delay in the establishment of the climatic conditions responsible for the fluctuations themselves. In particular, it may be seen that the climatic phases leading to present expansion began on Mont Blanc during the 5-years period 1951-1955, while it took place on Monte Rosa only during the 5-year period 1971-75. This fact explains why the Monte Rosa glaciers remained in a regressive state until the middle of the 1970s, while those on Mont Blanc had already begun their expansion phase from 1954 onwards.

RIASSUNTO: CERUTTI A. V., *Le variazioni glaciali e climatiche durante l'ultimo secolo nei gruppi del Monte Bianco e del Monte Rosa* (IT ISSN 0084-8948, 1985).

Monte Bianco e Monte Rosa si trovano pressoché alla stessa latitudine, ma mentre il primo è posto là dove la Catena Alpina si incurva abbandonando il grosso modo la direzione dei meridiani per assumere quella dei paralleli, il secondo si trova ottanta chilometri più a Est, nel cuore delle Alpi Pennine.

Esaminando le variazioni di alcuni ghiacciai dei due massicci (tab. 1) verificatisi nell'ultimo secolo e mezzo, si constata che

le inversioni di fase non sono contemporanee nei due gruppi montuosi. Esse hanno quasi sempre inizio qualche anno prima sul Monte Bianco; in particolare, la fase di espansione tutt'ora in corso è iniziata nel 1954 sul Monte Bianco e soltanto vent'anni dopo sul Monte Rosa. Per ricercare le cause di questo fenomeno si indaga sulle variazioni del limite altimetrico delle nevi persistenti sui due massicci e sui fattori che lo determinano. Si evidenzia così una netta differenza del clima sul Monte Bianco rispetto al Monte Rosa, dovuta essenzialmente alla diversa posizione geografica dei due massicci. Il primo risulta direttamente investito dai venti di Ovest che salgono dall'Oceano Atlantico ricchi di vapor acqueo e con temperature relativamente costanti. Il secondo invece risente dell'influenza dei venti di Nord e di Nord-est, venti continentali apportatori di precipitazioni più scarse e di temperature più estreme. Di conseguenza, se i venti di Ovest apportano condizioni climatiche favorevoli al glacialismo, queste possono tardare ad affermarsi sul Monte Rosa a causa della circolazione dei venti locali che può contrastare la circolazione generale dell'atmosfera.

L'esame dei parametri climatici delle stazioni meteorologiche operanti dopo il 1936 nelle zone del Monte Bianco e del Monte Rosa (tab. 2) mette in evidenza come ogni espansione glaciale sia stata preceduta da un aumento delle precipitazioni e da un abbassamento della quota dello zero termico di Luglio, verificatisi non più di cinque anni prima dell'inizio del progresso frontale.

Il ritardo con cui sul Monte Rosa si verificano le variazioni glaciali corrisponde ad un ritardo dell'instaurarsi delle congiunture climatiche responsabili delle variazioni stesse. In particolare si constata che la fase climatica da cui dipende l'espansione attuale, ha inizio sul Monte Bianco nel quinquennio 1951-55 mentre si manifesta compiutamente sul Monte Rosa solo nel quinquennio 1971-75. Questo fatto giustifica il permanere dei ghiacciai del Monte Rosa in fase di regresso fino alla metà degli anni '70, mentre i ghiacciai del Monte Bianco avevano iniziato la loro fase di espansione fin dal 1954.

PAROLE CHIAVE: Glaciologia, variazioni climatiche, fluttuazioni glaciali, Alpi italiane.

1. LE VARIAZIONI DEI GHIACCIAI DAL 1818 AL 1983

I ghiacciai del Monte Bianco e del Monte Rosa, come la maggior parte di quelli delle Alpi Occidentali, hanno raggiunto la massima espansione del periodo storico nel secondo decennio del secolo XIX.

(*) Lavoro stampato col contributo finanziario della Regione Valle d'Aosta.

Testimoni oculari di questa grande espansione sono, per il Monte Bianco, il canonico CARREL G., e per il Monte Rosa gli alpinisti ZUMSTEIN J. e FOSSON P. Essi lasciarono precise relazioni rispettivamente intorno al Ghiacciaio della Brenva (Monte Bianco) e a quelli Grande di Verra e Lys (Monte Rosa) che, riprese poi da studiosi quali il FORBES, il FAVRE, il KING, il SACCO, il MONTERIN e il REVELLI diventarono pietre miliari per la ricostruzione della fase culminante della « Piccola età glaciale ».

Secondo la testimonianza del canonico CARREL, pioniere dell'alpinismo scientifico, nel Gruppo del Monte Bianco, la fronte del Ghiacciaio della Brenva fra il 1810 e il 1818 avanzava più di 100 metri all'anno e infine si assestò circa mille metri a monte del villaggio di Entrèves, donde, negli anni successivi, cominciò a ritirarsi.

ZUMSTEIN J., il gressonaro che insieme al compaesano VINCENT N. compì le primissime ascensioni sul Monte Rosa, lasciò scritto che, in questo massiccio, il Ghiacciaio del Lys che scende verso la Valle di Gressoney, fra il 1815 e il 1820 progredì per più di 260 metri e che se l'avanzata fosse continuata con quel ritmo, in pochi anni i pascoli di Cortlys sarebbero stati inghiottiti.

REVELLI P. (1910) ci tramanda la testimonianza della guida FOSSON, di Fiery in Val d'Ayas, il quale ricordava che ancora nel 1860 la fronte del Ghiacciaio Grande di Verra giungeva ai piani inferiori di Verra alla quota di 2 050 m.

La rapida e possente espansione di cui ci parlano il CARREL, lo ZUMSTEIN e il FOSSON, credè a valle di ciascun apparato poderose cerchie di morene frontali che risultano essere le più esterne delle formazioni recenti e

pertanto facilmente riconoscibili sul terreno anche se ormai conquistate dalla vegetazione.

All'interno degli apparati morenici formati nel secondo decennio del secolo XIX, esistono cordoni che sono da attribuirsi ad espansioni più recenti. Fra questi risultano quasi dovunque nettamente riconoscibili i cordoni frontali formati a seguito dell'ultima espansione precedente all'attuale e culminata nel 1920-21. Nel presente studio le morene frontali 1920-21 sono state assunte come termine di riferimento per confrontare le amplitudini di variazione dei Ghiacciai di Lex Blanche, della Brenva, di Toules e di Pré de Bar nel Gruppo del Monte Bianco; di quelli Grande e Piccolo di Verra e del Lys nel Gruppo del Monte Rosa.

La tab. 1 evidenzia le caratteristiche altimetriche e morfometriche di ciascuno dei ghiacciai studiati. I dati riportati sono desunti dal Catasto dei Ghiacciai Italiani 1957-58 tranne quelli della terz'ultima colonna (quota fronte 1921), tratti, per i ghiacciai del Monte Bianco, da CAPELLO (1940; 1941) e da CERUTTI (1977) per quelli del Monte Rosa, da MONTERIN (1927), e dell'ultima (quota fronte 1983), tratti dalle relazioni delle ultime campagne glaciologiche.

La tab. 2, dedicata alle variazioni dei ghiacciai suddetti risalendo per ciascun di essi fino all'epoca in cui la letteratura esistente lo permette, mette in evidenza, tanto al Monte Bianco quanto al Monte Rosa, tre fasi di espansione e tre di ritiro lungo il secolo XIX; due fasi di espansione ed una di ritiro lungo il secolo XX.

Anomalo risulta il comportamento del Ghiacciaio della Brenva al Monte Bianco (fig. 1). Questo ghiacciaio, nel 1920, durante l'espansione iniziata almeno sei anni prima, venne investito da una gigantesca frana staccatasi

TABELLA 1
CARATTERISTICHE DEI PRINCIPALI GHIACCIAI DEL MONTE BIANCO E DEL MONTE ROSA

N. CATASTO	NOME	TIPO	BACINO IDROGRAFICO	QUOTA PIU' ALTA	LUNGHEZZA (m)	SUPERFICIE (ha)	INCLINAZIONE	ESPOSIZIONE	QUOTA FRONTE 1921	QUOTA FRONTE 1958	QUOTA FRONTE 1983
GHIACCIAI DEL MONTE BIANCO											
209	LEX BLANCHE	ALPINO VALLIVO	DORA VAL VENI	3 900	3 500	354	24°	S E	2 010	2 200	2 060
219	BRENTA	ALPINO VALLIVO	DORA VAL VENI	4 810	6 700	730	21°	S E	1 430	1 550	1 395
221	TOULES	CIRCO - PENDIO	DORA VAL VENI	3 500	1 500	81	24°	S E	2 520	2 650	2 570
235	PRE DE BAR	ALPINO VALLIVO	DORA VAL FERRET	3 700	3 500	342	23°	S E	1 975	2 200	2 060
GHIACCIAI DEL MONTE ROSA											
297	GRANDE VERRA	ALPINO VALLIVO	EVANÇON	4 000	5 250	611	18°	S	2 184	2 290	2 540
298	PICCOLO VERRA	PENDIO	EVANÇON	4 000	3 200	141	21°	S W	2 720	2 725	2 765
304	LYS	ALPINO VALLIVO	LYS	4 350	5 300	1 078	20°	S W	2 155	2 344	2 355

TABELLA 2

VARIAZIONI FRONTALI DEI PRINCIPALI GHIACCIAI DEL MONTE BIANCO E DEL MONTE ROSA (*) DAL 1810 AL 1983

PERIODI DI ESPANSIONE	DURATA (anni)	VARIAZIONI FRONTALI (m)	PERIODI DI RITIRO	DURATA (anni)	VARIAZIONI FRONTALI (m)	DISTANZA DA MORENE 1921 (m)
GHIACCIAI DEL MONTE BIANCO						
BRENOVA						
1810 - 1818	8	+ 1 000				+ 530
1842 - 1851	9	+ 170	1819 - 1841	22	- 200	+ 330
1879 - 1895	16	+ 350	1852 - 1878	26	- 920	+ 500
1914 - 1941	27	+ 750	1896 - 1913	17	- 200	+ 420
1965 - 1982	17	+ 370	1942 - 1964	22	- 400	- 70
						- 270
						+ 480
						+ 80
						+ 450
LEX BLANCHE						
1910 - 1921	11		1922 - 1939	17	- 250	0
1940 - 1942	2	+ 40	1943 - 1953	10	- 850	- 250
1954 - 1973	19	+ 670	1974 - 1980	5	- 86	- 210
1981 - 1983	2	+ 98				- 1 060
						- 390
						- 476
						- 378
TOULES						
1963 - 1982	19	+ 210	1922 - 1962	40	- 370	- 370
						- 160
PRE DE BAR						
1910 - 1921	11		1922 - 1940	18	- 225	0
1941 - 1943	2	+ 63	1944 - 1962	18	- 413	- 225
1963 - 1983	20	+ 192				- 162
						- 575
						- 383
GHIACCIAI DEL MONTE ROSA						
LYS						
1812 - 1821	9	+ 300	1822 - 1842	20	- 365	+ 820
1843 - 1860	17	+ 315	1861 - 1882	21	- 950	+ 455
1883 - 1891	8	+ 120	1892 - 1912	20	- 126	+ 770
1913 - 1921	8	+ 186	1922 - 1972	50	- 640	+ 180
1972 - 1983	10	+ 100				- 60
						- 186
						0
						- 640
						- 540
GRANDE DI VERRA						
1914 - 1921	8	+ 60	1922 - 1972	50	- 500	0
1973 - 1980	7	+ 60				- 500
						- 440
PICCOLO DI VERRA						
1913 - 1921	8	+ 15	1922 - 1972	60	- 40	0
1972 - 1980	7	+ 45				- 440
						- 395

(*) La misura della distanza rispetto alle morene 1920 si riferisce alla posizione raggiunta al culmine della fase: +, a valle delle morene 1920; -, a monte delle morene 1920.

I ghiacciai Piccolo e Grande di Verra furono controllati fino al 1975 da VALTZ Luigi che segnalò l'inversione di fase nel 1972. Altri operatori fecero sopralluoghi nel 1980, 1981 e 1982 ricavando l'impressione di una rapida crescita dei due ghiacciai ma

senza darne i valori metrici anche perché i segnali del 1975 erano stati travolti e sommersi. I valori che riportiamo sono quasi certamente in difetto e sono ricavati dalla sommatoria dei valori di avanzamento segnalati dal VALTZ e delle distanze che nel 1975 separavano le fronti dai caposalda che attualmente risultano sommersi.



FIG. 1 - Il Ghiacciaio della Brenva (Monte Bianco) dai pressi del Santuario di Notre Dame de la Guérison in una foto del 1897 (foto DRUETTI A. - Archivio CGI 219.88). Il ghiacciaio appare in fase di notevole ritiro, per cui resta in evidenza l'apparato morenico deposto durante la massima espansione storica culminata, secondo la testimonianza del CARREL, nel 1818, settantun anni prima dell'esecuzione di questa fotografia. Si noti come gli archi frontali sono già saldamente conquistati dalla vegetazione. La lettera R indica un punto di riferimento costituito da una placca di roccia chiara sul contrafforte dell'Aiguille de la Brenva. La stessa placca è visibile nelle figg. 4 e 5 e può servire a valutare le variazioni della lingua valliva dal 1897 al 1983. Le frecce nere indicano, nelle tre fotografie, il livello del ghiaccio. Si noti il forte dislivello fra questo e la cresta della morena laterale sinistra.

dalle pareti sommitali del suo circo. L'enorme massa di detriti, piombata sull'apparato, investì con il suo peso la massa glaciale della lingua valliva provocando, per assestamento plastico, un anomalo, rapido allungamento della lingua stessa. Vent'anni dopo l'evento la fronte del ghiacciaio giungeva a meno di cinquanta metri dalle morene frontali della massima espansione del sec. XIX. Si noti che questo allungamento della lingua valliva, calcolato dal CAPELLO (1941) in ben 480 metri fra il 1920 e il 1940, si realizzò proprio mentre tutti gli altri ghiacciai del Monte Bianco e delle Alpi Occidentali erano in fase di rapido e pronunciatissimo ritiro. L'evoluzione della Brenva negli ultimi quarant'anni si compie tutta a valle della posizione raggiunta nel 1921; quella degli altri ghiacciai del Monte Bianco, invece, si compie a monte delle morene frontali formatesi in quella espansione ed è caratterizzata da una lunga e marcatissima fase di contrazione degli apparati.

Questa accentuata fase di ritiro appare però interrotta da una breve ma marcata espansione negli anni 1941-42, che sono gli anni stessi in cui il Ghiacciaio della Brenva raggiungeva la sua massima lunghezza (tab. 2). Il progresso degli anni '40 è chiaramente documentato sui ghiacciai svizzeri e francesi (VIVIAN, 1975). Gli operatori italiani, invece, pur segnalando in quegli anni sintomi di ripresa dell'attività glaciale, non riconobbero l'inversione di fase. Tuttavia per i ghiacciai di Lex Blanche e di Pré de Bar è stato possibile ricostruirli in quanto essi, nel 1939 furono oggetto di un ponde-

roso studio (CAPELLO, 1940), accompagnato da rilievi topografici delle fronti. In questi rilievi non sono segnalate le belle morene frontali che compaiono nelle fotografie eseguite da SACCO e BOSSOLASCO nel Settembre del 1945 e tutt'ora presenti sul terreno. Poiché la posizione di questi cordoni è a valle delle fronti del 1939 rilevate dal CAPELLO (40 metri per il Ghiacciaio di Lex Blanche: 63 per quello di Pré de Bar), se ne deduce che al momento del rilevamento essi non esistevano e che la loro formazione è avvenuta fra il 1939 e il 1945 a seguito di una espansione delle lingue vallive, espansione la cui amplitudine è segnata dalla posizione stessa dei nuovi cordoni frontali.

Dopo questo breve episodio però la contrazione dei ghiacciai del Monte Bianco riprende e questa volta agli altri si aggiunge anche il Ghiacciaio della Brenva, liberatosi ormai di gran parte della frana che lo ricopriva. Fra il 1941 e il 1959, secondo i rilievi del CAPELLO (1971), la lingua valliva della Brenva si ritira di circa 400 metri (fig. 2). Più o meno negli stessi anni la fronte del Pré de Bar regredisce di 413 metri (CERUTTI, 1977)

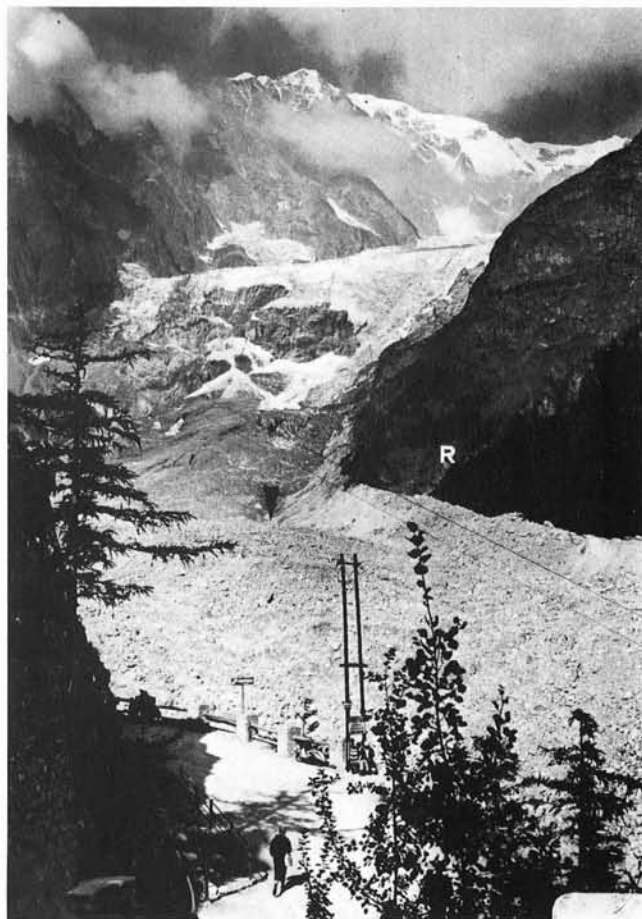


FIG. 2 - Il Ghiacciaio della Brenva (M. Bianco) dai pressi del Santuario di Notre Dame de la Guérison nel 1959 (foto CERUTTI A. V.). La ripresa, effettuata prima dell'inversione, mostra il livello del ghiaccio molto basso, al di là del quale si erge la potente morena laterale sinistra deposta nel 1818. La lingua è completamente sepolta dalla morena, che appare assestata molto regolarmente.



FIG. 3 - Il Ghiacciaio della Brenva (M. Bianco) dai pressi del Santuario di Notre Dame de la Guérison nel 1983 (foto CERUTTI A. V.). Diciassette anni dopo l'inversione la potenza della lingua è aumentata tanto da nascondere totalmente la morena laterale sinistra, anzi da sporgere diversi metri al di sopra di essa. La superficie del ghiaccio è ondulata, la morena risulta completamente rimescolata e in parte assorbita. La fronte si presenta come una possente parete di ghiaccio bruno, fortemente stratificato.

e quella del Lex Blanche di ben 850 (fig. 4) (LESCA, 1972).

Nel Gruppo del Monte Rosa i ghiacciai Grande e Piccolo di Verra (fig. 5), fra il 1921 e il 1939, si ritirarono, rispettivamente, di 250 metri il primo e di 150 il secondo. In ambedue vi fu una fase di quasi stazionarietà fra il 1940 e il 1942, dopo di che il ritiro riprese, culminando nel 1972 a 500 metri dalle morene dell'espansione 1921 per il primo e a circa 450 per il secondo. (VANNI, 1945; DE GEMINI, 1953-1972; VALTZ, 1953-1976).

Nella Valle di Gressoney la fronte del Ghiacciaio del Lys si ritirò fra il 1922 e il 1939 di ben 238 metri.

In quell'anno furono interrotte le osservazioni a causa della malattia, prima, e dell'immaturo morte poi di MONTERIN U., direttore degli osservatori scientifici del Monte Rosa ed espertissimo glaciologo, che fin dal 1912 aveva seguito e accuratamente studiato le variazioni di questo ghiacciaio. Solo nel 1947 vengono riprese le regolari osservazioni da parte del figlio del MONTERIN. Non vi sono così notizie precise di quanto avvenne sul Lys negli anni in cui si manifestò sul Monte Bianco e su molti ghiacciai svizzeri e francesi la breve ma pronunciata espansione degli anni '40. Nel 1947 il Lys era in regresso e da quell'anno al culmine della fase, la fronte si ritirò di ben 402 metri.



FIG. 4 - La grandiosa fronte del ghiacciaio di Lex Blanche nel 1983 dal caposaldo F'69 (foto CERUTTI A. V.).



FIG. 5 - I ghiacciai Grande e Piccolo di Verra (Monte Rosa - versante di Ayas) nel 1974, poco dopo l'ultima inversione di fase (foto CERUTTI A. V.). Si noti il possente e sinuoso apparato morenico deposto durante la massima espansione culminata nel 1820.

Le date che segnano il termine del lungo regresso e l'inizio dell'attuale fase di espansione, sono assai diverse nel gruppo del Monte Bianco e in quello del Monte Rosa.

Fra i ghiacciai del Monte Bianco il primo ad invertire fase fu il più occidentale, il Lex Blanche. Il LESCA (1972), in base a controllo fotografico, rileva che già



FIG. 6 - Il Ghiacciaio del Lys (Monte Rosa, versante di Gressoney) dalla zona di Sitten nel 1922 (foto MONTERIN U.). La foto documenta la massima espansione del ghiacciaio nel secolo XX; ben visibili sono anche le morene deposte dalla massima espansione storica, quella del 1820 di cui fu testimone lo ZUMSTEIN. Il grande gradino roccioso di Salzen, evidenziato dalla S, al tempo di questa foto era quasi del tutto sommerso dalla grandiosa lingua valliva del ghiacciaio che si spingeva per centinaia di metri a valle di esso.



FIG. 7 - Il Ghiacciaio del Lys (M. Rosa, versante di Gressoney) dalla zona di Sitten nel 1972 (foto CERUTTI A. V.). La lettera S richiama l'attenzione sul grande gradino roccioso di Salzen, a monte del quale la lingua glaciale si è ritirata. La zona frontale appare appiattita, coperta da possente manto morenico in cui a stento si riconosce la porta.

nel 1954 esso era in fase di progresso. Nel 1963 cominciarono ad avanzare le fronti dei Ghiacciai di Toules e di Pré de Bar e nel 1965 diventò evidente anche il progresso della fronte della Brenva, prima sepolta da una enorme quantità di morenico (fig. 3).

Nel Gruppo del Monte Rosa, per i ghiacciai Grande e Piccolo di Verra l'inversione di fase avvenne nel 1972. La data è rilevata concordemente dai due operatori che seguivano detti ghiacciai, il DE GEMINI e il VALTZ. Il Ghiacciaio Piccolo di Verra, però, fin dal 1966 aveva avuto piccole variazioni contraddittorie, per cui da allora era stato giudicato tendenzialmente stazionario. Sul Ghiacciaio del Lys (figg. 6, 7, 8) MONTERIN Willy nota



FIG. 8 - Il Ghiacciaio del Lys (M. Rosa, versante di Gressoney) dalla zona di Sitten nel 1983 (foto MONTERIN W.). Undici anni dopo la foto della fig. 7 la zona frontale, anche se costituita da ghiaccio grigio, è turgida e forma un'alta « falaise ». Essa inoltre appare più vicina al gradino di Salzen, con un progresso di circa 100 metri dal 1972

le prime avvisaglie dell'inversione di fase fra il 1969 e il 1973; solo dopo il 1977 però, il progresso diventa continuo e regolare (figg. 7 e 8).

Fin dall'espansione del secondo decennio del secolo XIX appariva che i ghiacciai del Monte Bianco iniziavano a progredire alcuni anni prima di quelli del Monte Rosa e questo fenomeno si ripeté nelle inversioni di fase del 1851 (M. Rosa 1860), 1878 (M. Rosa 1882), 1910 (M. Rosa 1913) e infine 1954 (M. Rosa 1972). Vi è dunque fra i ghiacciai del Monte Bianco e quelli del Rosa una disomogeneità di comportamento i cui ritmi però si ripetono in modo simile ad ogni inversione di fase.

2. LE VARIAZIONI DEL LIMITE DELLE NEVI PERSISTENTI

È noto che le variazioni delle fronti dei ghiacciai sono in rapporto con le variazioni del limite delle nevi persistenti che si riflettono nella regione frontale più o meno rapidamente a seconda delle condizioni morfo-altimetriche del bacino.

A parità di ogni altro fattore, i maggiori ritardi di avanzamento delle fronti nei confronti di un abbassamento del limite delle nevi persistenti dovrebbe realizzarsi: sui ghiacciai più lunghi, ove l'onda di piena deve percorrere un tragitto maggiore; sui ghiacciai meno inclinati ove minore è la velocità di discesa del ghiaccio; sui ghiacciai i cui bacini di raccolta hanno altitudini relativamente moderate, perché nei confronti di quelli più elevati essi ricevono una minor percentuale di precipitazioni nevose e sono soggetti ad una ablazione più accentuata; sui ghiacciai con esposizione meridionale perché la forte insolazione fonde parte considerevole delle coltri glaciali che scendono al di sotto del limite climatico delle nevi permanenti.

È evidente però che questi parametri altimetrico-morfologici non sono i fattori della disomogeneità di comportamento fra ghiacciai del Monte Bianco e ghiacciai del Monte Rosa.

Infatti fra tutti gli apparati presi in esame il più lungo è il Ghiacciaio della Brenva (6 700 m, tab. 1). Se la disomogeneità dipendesse dai parametri sopra ricordati, esso dovrebbe essere l'ultimo a spingere in avanti la sua fronte e invece precede sempre i ghiacciai del Monte Rosa e non soltanto il Lys e il Grande di Verra, lunghi più di 5 000 metri, ma anche il Ghiacciaio Piccolo di Verra che misura soltanto 3 200 metri di lunghezza.

Vero è che i ghiacciai del Monte Bianco sono un poco più ripidi di quelli del Monte Rosa, ma l'inclinazione di 24° del Ghiacciaio della Lex Blanche non può da sola spiegare un anticipo nella fase di espansione della fronte di quasi vent'anni sui ghiacciai Grande e Piccolo di Verra e sul Lys che hanno rispettivamente inclinazioni di 18°, 21° e 20°.

Riguardo all'altitudine del bacino di raccolta, i ghiacciai di Lex Blanche, Toules e Pré de Bar nel Gruppo del Monte Bianco hanno la quota più alta inferiore ai 4 000 metri (3 900 il primo, 3 500 il secondo, 3 700 il

terzo, tab. 1). Eppure la loro ultima fase di espansione precede di molti anni quella dei ghiacciai Grande e Piccolo di Verra, la cui quota più elevata è di 4 000 metri nonché quella del Ghiacciaio del Lys, che scende da quota 4 350.

Infine tutti e sette i ghiacciai esaminati hanno esposizione meridionale variante dal SE di quelli del Monte Bianco al S e SW di quelli del Monte Rosa (tab. 1). L'esposizione a S e SW è certo quella che più favorisce l'ablazione, ma quella a SE non è certo molto più favorevole al glacialismo, almeno non tanto quanto basta per spiegare il forte anticipo della fase espansiva sul Monte Bianco.

In conclusione, pare di poter limitare l'importanza dei fattori morfologia, altitudine ed esposizione per spiegare il diverso comportamento dei ghiacciai del Monte Bianco e del Monte Rosa. Sembra giusto quindi cercare la causa della disomogeneità in una diversa altitudine del limite delle nevi perenni nei due gruppi montuosi.

Sui ghiacciai valdostani da tre anni a questa parte opera, per conto del Comitato Glaciologico Italiano, la UNIONE GUIDE VALDOSTANE D'ALTA MONTAGNA con il compito di rilevare la quota a cui si assesta il limite delle nevi persistenti nel mese di Settembre. Dai rilevamenti fatti dalle guide, risulta che l'altitudine media delle nevi residue su sette ghiacciai del Monte Bianco e su quattro del Monte Rosa è stata la seguente:

1981 Monte Bianco: 2 988 m	Monte Rosa: 3 250 m
1982 Monte Bianco: 2 857 m	Monte Rosa: 3 466 m
1983 Monte Bianco: 3 014 m	Monte Rosa: 3 550 m

media del triennio:

Monte Bianco: 2 953 m Monte Rosa: 3 422 m

Il limite delle nevi persistenti in questo ultimo triennio risulta sul Monte Rosa di ben 439 metri più alto che non sul Monte Bianco. La cosa costituisce una sorpresa nei confronti dei dati riferiti dagli studiosi. Ma una sorpresa ancora più notevole viene dal fatto che il limite topografico delle nevi nel Settembre del 1982 risulta inferiore a quello dell'anno precedente di 131 metri sul Monte Bianco e invece superiore di ben 216 sul Monte Rosa.

È evidente che sui due massicci le condizioni meteorologiche di questi anni non sono corrispondenti e che di conseguenza un anno favorevole al glacialismo sul Monte Bianco può non esserlo sul Monte Rosa e viceversa. Perciò è necessario un attento esame dei dati meteorologici delle stazioni delle due regioni su di un lungo periodo per poter stabilire a quali variazioni climatiche corrispondono le variazioni glaciali osservate sui due massicci.

3. LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE DELL'ULTIMO CINQUANTENNIO NELLE REGIONI DEL MONTE BIANCO E DEL MONTE ROSA

Per lo studio del clima dei due massicci possiamo disporre dei dati delle seguenti stazioni: per la regione del Monte Bianco, Courmayeur (q. 1 220) e Colle del Gigante (q. 3 370); per la regione del Monte Rosa, nella

valle di Gressoney, D'Ejola (q. 1 850) e Lago del Gabiet (q. 2 340); nella Valtournanche, Plateau Rosà (q. 3 488).

Dai dati rilevati dall'Aeronautica Militare al Colle del Gigante risulta che i venti più frequenti sul Massiccio del Monte Bianco sono quelli che spirano da Ovest o da Nord-Ovest. Sono venti che caratterizzano la circolazione generale dell'atmosfera e che nel nostro caso provengono dall'Oceano Atlantico, ricchi di vapor acqueo e relativamente tepidi. All'osservatorio del Plateau Rosà, invece, i venti dominanti sono quelli che spirano da Nord o da Nord-Est, non concomitanti con la circolazione generale dell'atmosfera ma di provenienza continentale e pertanto più secchi e con temperature più estreme che non quelli che spirano nella regione del Monte Bianco.

In effetti la posizione geografica dei due massicci è sostanzialmente diversa rispetto alla circolazione generale dell'atmosfera. Il primo è direttamente esposto ai venti di Ovest, trovandosi all'estremità settentrionale delle Alpi Graie, là dove la Catena Alpina si incurva abbandonando grosso modo la direzione dei meridiani per assumere quella dei paralleli; il secondo invece si erge ottanta chilometri più ad Est, nel cuore delle Alpi Pennine.

Si può ragionevolmente ipotizzare, anche in base ai dati dell'osservatorio dell'Aeronautica Militare di Plateau Rosà, che i venti occidentali, a causa dell'impatto con le Alpi Graie le cui creste si elevano al di sopra dei 4 000 m, si innalzano a quote notevolmente superiori all'altitudine dei rilievi lasciando nella zona sottostante libero campo all'instaurarsi della circolazione locale. Si spiegherebbe così perché Monte Bianco e Monte Rosa

abbiano climi diversi regolati l'uno direttamente dai venti di Ovest, l'altro, pur subendo anch'esso l'influenza dei venti occidentali presenti nell'alta troposfera, essenzialmente dai venti di Nord e Nord-Est.

Le conseguenze del diverso regime climatico delle due regioni si leggono nella tab. 3 (1). In essa sono sintetizzate le variazioni delle precipitazioni totali annue, delle temperature medie dei mesi estivi (Giugno, Luglio, Agosto, Settembre) dell'altitudine media dello zero termico in Luglio, nonché degli scostamenti dei tre dati dalla media del periodo 1936-80, verificatasi in ciascun quinquennio.

Non potendo disporre di osservazioni omogenee sulla quota del limite delle nevi persistenti per lunghi periodi, abbiamo fatto ricorso ai calcoli sull'altitudine media dello zero termico nel mese più caldo che di solito è il Luglio, in quanto si ritiene che questo dato sia indicativo per individuare la zona di persistenza del manto nevoso e le sue variazioni in altitudine.

I dati rilevati dalle Guide Valdostane nel triennio 1980-1983 dimostrano che il limite delle nevi persistenti

(1) L'altitudine dello zero termico è stata calcolata secondo il metodo illustrato nel lavoro di CERUTTI A. V., 1975, pp. 34 e 35. Sono stati utilizzati i dati termometrici delle seguenti coppie di stazioni: Regione Monte Bianco: fondovalle, Courmayeur; altitudine, Colle del Gigante. Regione Monte Rosa: fondovalle, D'Ejola; altitudine, Lago del Gabiet. I computi sono basati sul valore effettivo del gradiente di variazione altimetrica per 1 °C nel periodo di funzionamento di ciascuna coppia di stazioni. Per i quinquenni in cui non funzionavano le stazioni di altitudine (dal 1936 al 1955 e dal 1975 al 1980 per il Colle del Gigante; dal 1971 al 1980 per il Lago del Gabiet) si è usato il valore medio di detto gradiente che risulta di 139 m sul Monte Bianco e di 142 sul Monte Rosa.

TABELLA 3

VARIAZIONI CLIMATICHE NELLE REGIONI DEL MONTE BIANCO E DEL MONTE ROSA DAL 1936 AL 1980

Quinquennio	REGIONE MONTE BIANCO - STAZIONE COURMAYEUR 1 220 m						REGIONE MONTE ROSA - STAZIONE D'EJOLA 1 850 m					
	Precipitazioni medie annue per quinquennio		Temperature medie dei mesi estivi per quinquennio		Altitudine dello zero termico di Luglio - media per quinquennio		Precipitazioni medie annue per quinquennio		Temperature medie dei mesi estivi per quinquennio		Altitudine dello zero termico di Luglio - media per quinquennio	
	mm	Scostamenti da 1936/80	°C	Scostamenti da 1936/80	Altitudine in m s.l.m.	Scostamenti da 1936/80	mm	Scostamenti da 1936/80	°C	Scostamenti da 1936/80	Altitudine in m s.l.m.	Scostamenti da 1936/80
1936-40	1 100	+ 14 %	16,0	+ 0,90 %	3 630	+ 10 m	1 287	+ 15 %	11,0	- 0,29 %	3 450	- 220 m
1941-45	915	- 3 %	15,6	0,00 %	3 480	- 140 m	1 097	- 5 %	12,0	+ 0,83 %	3 530	- 140 m
1946-50	883	- 6 %	15,8	+ 0,34 %	3 590	- 30 m	1 162	+ 1 %	12,4	+ 1,28 %	3 890	+ 220 m
1951-55	969	+ 2 %	14,9	- 1,05 %	3 480	- 140 m	1 177	+ 3 %	11,4	+ 0,15 %	3 730	+ 60 m
1956-60	941	- 1 %	15,0	- 0,90 %	3 440	- 180 m	1 192	+ 5 %	11,4	+ 0,15 %	3 590	- 80 m
1961-65	848	- 6 %	15,4	- 0,28 %	3 610	- 10 m	1 160	+ 1 %	10,9	- 0,40 %	3 830	+ 160 m
1966-70	887	- 6 %	15,4	- 0,28 %	3 660	+ 40 m	942	- 24 %	11,4	+ 0,15 %	3 710	+ 60 m
1971-75	701	- 26 %	16,9	+ 2,05 %	3 670	+ 50 m	1 115	- 4 %	10,7	- 0,63 %	3 650	- 20 m
1976-80	1 246	+ 28 %	15,3	- 0,43 %	3 560	- 60 m	1 291	+ 9 %	10,2	- 1,15 %	3 510	- 160 m
Medie 1936-80	952	=	15,6	=	3 620	=	1 150	=	11,3	=	3 670	=

nel periodo di osservazione sul Monte Bianco si è assestato in media a 667 metri a valle della quota media dello zero termico di Luglio del periodo 1936-1980. Sul Monte Rosa invece le nevi persistenti non scendono in media più di 248 metri al di sotto della quota media dello zero termico.

Questa notevole differenza è spiegabile solo ammettendo che, diversamente da ciò che accade nei fondovalle, alle alte quote le precipitazioni nevose siano, nella regione del Monte Bianco, assai più abbondanti che non in quella del Monte Rosa.

I dati di cui possiamo disporre ci confermano questa ipotesi.

Nella regione del Monte Bianco ha funzionato fino al 1973 il pluviometro totalizzatore dell'Ufficio Idrografico del Po al Colle del Gigante (q. 3 330). Nel periodo 1936-1970 esso registrò una media annua di precipitazioni di ben 2 234 mm, a fronte dei 952 mm raccolti dal pluviometro di Courmayeur.

Nella regione del Monte Rosa il prof. MONTERIN U. impiantò più strumenti di misura a quote altissime, che funzionarono fra il 1927 e il 1937. Purtroppo la maggior parte dei dati raccolti sono andati dispersi. Alcuni di essi però sono custoditi nell'archivio privato della famiglia e il figlio li ha messi cortesemente a nostra disposizione, dandoci così la possibilità di condurre per la prima volta uno studio comparato delle precipitazioni ad alta quota sui due massimi massicci montuosi valdostani. I dati reperiti riguardano le precipitazioni semestrali e annuali agli osservatori di D'Ejola (1 850 m), Lago del Gabet (2 340 m) e Col d'Olen (2 901 m), nonché quelli del periodo 15 Luglio - 15 Settembre agli osservatori suddetti e in più anche a quello della Punta Gnifetti alla quota di ben 4 559 m. Tutti questi dati si riferiscono agli anni 1927-1931. Essi pertanto precedono di un quinquennio le serie registrate al Colle del Gigante e a Courmayeur, il che fa apparire disomogenei i dati relativi ai due massicci. Si nota però che la media annua delle precipitazioni nel quadriennio 1927-1931 risulta a D'Ejola di 1 172 mm mentre nella stessa stazione, quella del periodo 1936-80 è di mm 1 150 (tab. 3). Si tratta di uno scostamento percentualmente così piccolo da far ritenere che negli anni precedenti il 1936 il clima del Monte Rosa non fosse sostanzialmente diverso da quello posteriore a quella data. Pertanto i dati del MONTERIN registrati nelle stazioni del Lago del Gabet, Col d'Olen, Punta Gnifetti, malgrado riguardino solo quattro anni di osservazione, possono essere ritenuti indicativi dello stato medio delle precipitazioni nella regione del Monte Rosa.

Nel periodo 1927-1931 le precipitazioni medie annue a D'Ejola sono state, come abbiamo detto, di 1 172 mm; al Lago del Gabet di 1 117 mm ⁽²⁾, al Col d'Olen di 1 300

(2) Il Lago del Gabet da questi dati e dagli altri raccolti dall'ENEL negli anni posteriori pare riceva precipitazioni più scarse di D'Ejola, pur avendo una quota di 500 metri superiore. Probabilmente il fenomeno alquanto eccezionale è dovuto alle condizioni topografiche dei due siti: D'Ejola giace sul fondovalle presso la testata, il Lago del Gabet si apre in un ampio e svasato circo poco atto a raccogliere e a condensare il vapor acqueo.

mm. La stazione più ricca di precipitazioni risulta essere la più elevata che però registra ben 940 mm in meno di quelle del Colle del Gigante al Monte Bianco. Vero è che il Colle del Gigante ha una quota di 400 m più alta del Col d'Olen ma sul Monte Rosa non sembra che alle altitudini superiori a tale stazione vi sia un ulteriore aumento di piovosità. I rigorosi studi del prof. MONTERIN dimostrano che fra il 15 Luglio e il 15 Settembre del triennio 1928-1931, all'osservatorio della Punta Gnifetti - posto a quota 4 559 e di conseguenza raggiungibile solo nei mesi estivi - il totale medio delle precipitazioni nei 61 giorni è stato di 179 mm mentre al Col d'Olen nello stesso periodo si sono registrati 232 mm. Si constata così che al Monte Rosa salendo da quota 2 901 a quota 4 559 vi è una diminuzione di precipitazioni pari al 23 %.

Pertanto i 1 300 mm di precipitazione del Col d'Olen devono essere considerati un massimo della zona raffrontabile ai 2 234 mm del Colle del Gigante al Monte Bianco. Di conseguenza quest'ultimo massiccio risulta ricevere alle alte quote il 70 % di precipitazioni in più del Monte Rosa alle stesse altitudini. Questo fatto spiega agevolmente il più basso limite delle nevi permanenti e la quota notevolmente più bassa delle fronti glaciali nelle Alpi Graie che non in quelle Pennine. I dati riportati in questo studio sulle precipitazioni dei due massicci si accordano con tutto un complesso di fenomeni che pare indicare come « atlantico » il clima del Monte Bianco e « continentale » quello del Monte Rosa. La diversità dei climi si riflette nella diversità di comportamento degli apparati glaciali che del clima sono evidenziatori.

Per lo studio della dinamica glaciale, come già fece il MONTERIN (1932), si è scelta come unità di tempo significativa il quinquennio poiché, per cogliere le reazioni degli apparati glaciali all'insieme delle condizioni climatiche, il triennio risulta troppo breve e il decennio troppo lungo. Dall'esame dei dati raccolti nella tab. 3 appare evidente che l'espansione glaciale degli anni 1941-1942 è stata preceduta tanto nella regione del Monte Bianco quanto in quella del Monte Rosa da un quinquennio climaticamente favorevole al glacialismo con un notevole aumento delle precipitazioni sulla media 1936-1980 (+ 14 % a Courmayeur; + 15 % a D'Ejola) (cfr. anche i grafici delle figg. 9 e 10).

La forte contrazione degli apparati negli anni '40 e '50 è motivata dal perdurare per uno o due quinquenni di precipitazioni al di sotto della media accompagnate da temperature estive al di sopra di essa. L'espansione attualmente in corso si annuncia già nel 1954 sul Monte Bianco ma si afferma solo vent'anni dopo sul Monte Rosa. Il fenomeno può apparire sorprendente ma i dati climatici lo spiegano.

I dati termometrici e pluviometrici del quinquennio 1951-55 segnano sul Monte Bianco un periodo favorevole al glacialismo mentre non così avviene sul Monte Rosa ove si registra un aumento di piovosità (+ 3 %) ma accompagnato da un aumento della temperatura estiva (+ 0,15 %) e di conseguenza anche dell'aumento dell'altitudine dello zero termico di Luglio (+ 60 metri).

Nei quinquenni che seguono, fino al 1970, sul Monte Bianco le precipitazioni non sono abbondanti ma le tem-

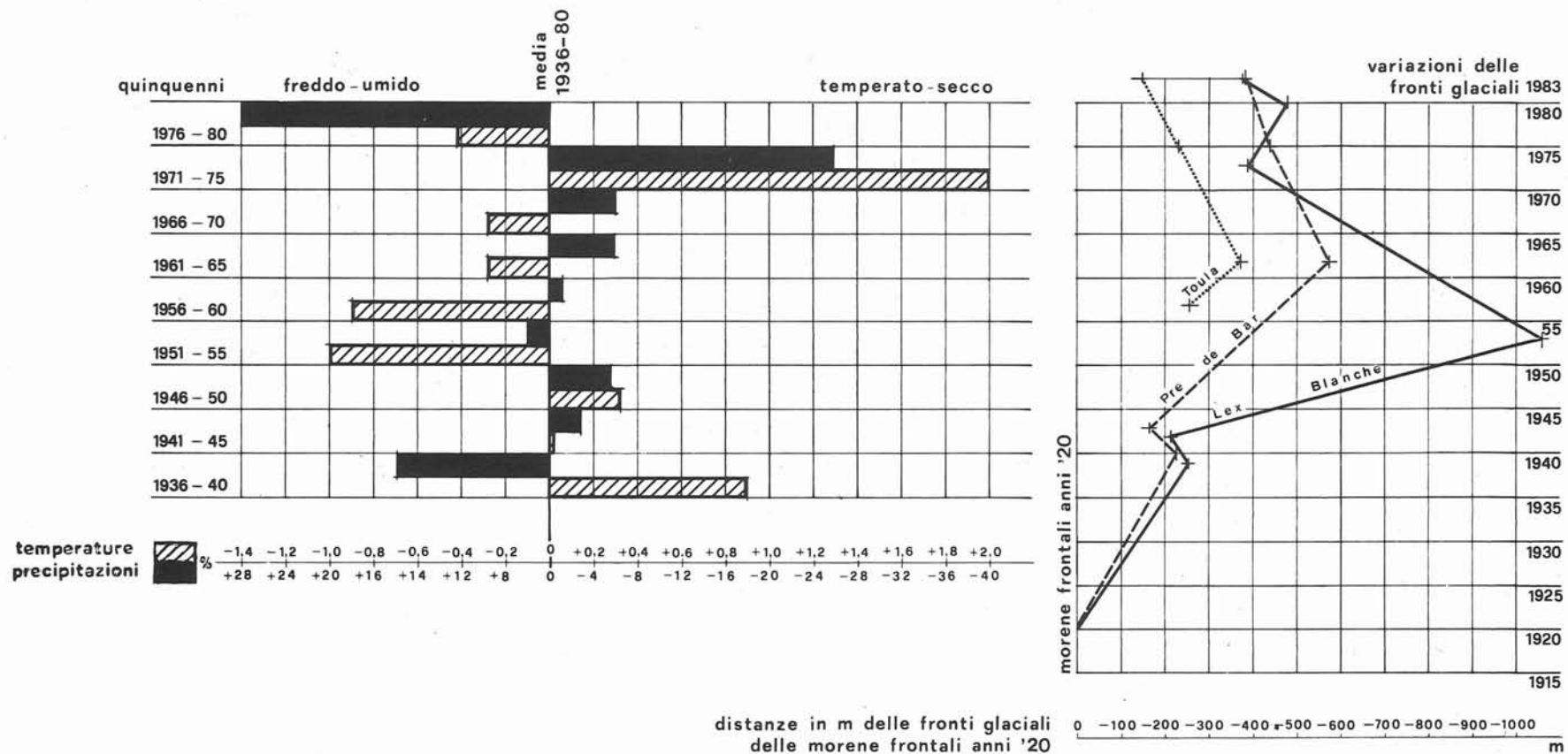


FIG. 9 - Variazioni climatiche e variazioni glaciali nella regione del Monte Bianco. *A sinistra*: valori degli scostamenti medi quinquennali, espressi in % delle temperature estive e delle precipitazioni annue rispetto ai valori medi del periodo 1936-1980. *A destra*: scostamenti delle fronti dei ghiacciai del Pré de Bar, di Lex Blanche e di Toules rispetto alle morene frontali formate dall'espansione degli anni '20.

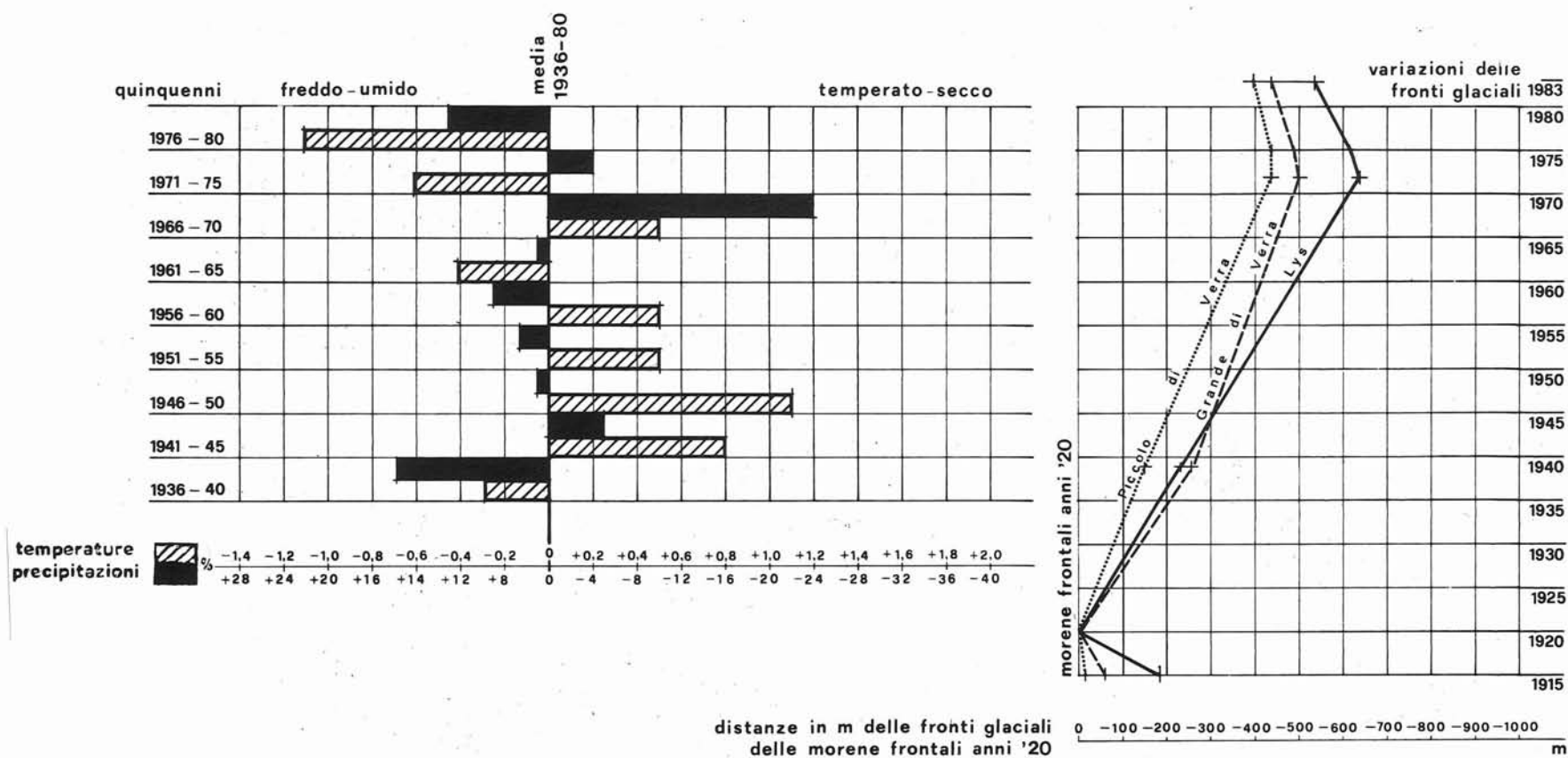


FIG. 10 - Variazioni climatiche e variazioni glaciali nella regione del Monte Rosa. *A sinistra*: valori degli scostamenti medi quinquennali, espressi in % delle temperature estive e delle precipitazioni annue rispetto ai valori medi del periodo 1936-1980. *A destra*: scostamenti delle fronti dei ghiacciai Lys, Grande di Verra e Piccolo di Verra rispetto alle morene frontali formate dall'espansione degli anni '20.

perature estive permangono piuttosto basse tanto che lo zero termico di Luglio rimane quasi costantemente al di sotto della altitudine media. Queste condizioni permettono l'arricchimento delle coltri nevose nei bacini di raccolta e di conseguenza una buona alimentazione degli apparati glaciali. Nello stesso periodo sul Monte Rosa si registrano precipitazioni relativamente abbondanti ma temperature estive molto elevate. Lo zero termico di Luglio supera largamente i 3 700 m di altitudine, riducendo così la superficie dei bacini di raccolta. I ghiacciai del Monte Rosa risultano in quegli anni male alimentati e pertanto le loro fronti continuano a regredire.

Il quinquennio 1971-75 riserva sorprese tanto sul Monte Bianco quanto sul Monte Rosa. Sul primo massiccio le precipitazioni si abbassano del 26 % al di sotto della media mentre le temperature estive si innalzano tanto da toccare il record assoluto del cinquantennio. È la congiuntura più sfavorevole al glacialismo che si sia verificata a partire dagli anni '30. L'alta quota dello zero termico di Luglio (3 670 m) riduce l'ampiezza dei bacini di alimentazione, mentre le scarse precipitazioni non sono in grado di equilibrare le forti perdite di coltri nevose dovute alla attivissima ablazione. Il Ghiacciaio di Lex Blanche risponde entrando, già nel 1974, in una fase di rapida contrazione della lingua valliva, fase che perdura per sei anni e segna un regresso frontale di ben 86 metri. Anche i Ghiacciai di Toules e di Pré de Bar interrompono il regolare progresso iniziato quindici anni prima ed entrano in una fase di pseudo-stazionarietà contraddistinta da comportamenti contraddittori nei diversi settori delle fronti.

Al Monte Rosa invece nello stesso quinquennio si verifica una diminuzione della temperatura estiva e un conseguente abbassarsi dello zero termico di Luglio. In queste condizioni, malgrado che le precipitazioni non siano abbondanti, si amplia l'estensione dei bacini di raccolta e i ghiacciai risultano meglio alimentati. Nello stesso periodo in cui a Courmayeur si registrano le più alte temperature estive del cinquantennio, a D'Ejola si verificano le più basse e pertanto mentre i ghiacciai del Monte Bianco interrompono l'espansione per entrare in una fase di stazionarietà o di regresso, quelli del Monte Rosa cominciano ad espandersi.

Il quinquennio 1976-80 si presenta in assoluto tanto sul Monte Bianco quanto sul Monte Rosa come il più favorevole al glacialismo. Le precipitazioni aumentano del 28 % al di sopra della media sul Gruppo del Monte Bianco, del 9 % sul Monte Rosa. Le temperature estive si abbassano fino a toccare i record negativi assoluti del cinquantennio. Di conseguenza si abbassa considerevolmente l'altitudine dello zero termico di Luglio estendendo i bacini di raccolta ove le abbondanti precipitazioni formano ricche coltri alimentatrici.

I frutti di questa favorevolissima congiuntura climatica si manifestano nelle regioni frontali dei ghiacciai qualche anno più tardi. Nel 1979 la fronte del Lys progrediva 20 metri e gli anni successivi circa quindici per anno. Sul Monte Bianco solo dopo il 1981 si constata un rapido avanzamento delle fronti in quanto la situazione sfavorevole del quinquennio 1971-75 aveva talmente impoverito i bacini di raccolta che furono neces-

sari alcuni anni di buona alimentazione perché si ristabilisse l'equilibrio e l'onda di piena potesse trasmettersi al bacino dissipatore e alle fronti. Da quando però questo avvenne, il progresso delle fronti dei ghiacciai del Monte Bianco è veramente grandioso. La fronte della Brenva si presenta ora con una parete di ghiaccio bruno alta più di 100 metri. Lo spessore della lingua valliva è assai maggiore dell'altezza delle morene laterali formatesi nella massima espansione del secolo XIX.

L'attuale congiuntura favorevole sul Gruppo del Monte Bianco e sul Gruppo del Monte Rosa non è però dovuta agli stessi fattori climatici. Sul Monte Bianco il principale fattore dell'aumento di accumulo netto, alla fine di ciascuna annata, è l'eccezionale abbondanza delle precipitazioni; sul Monte Rosa invece è la bassa temperatura estiva la cui conseguenza è la relativamente bassa altimetria dello zero termico e perciò l'ampliarsi dei bacini alimentatori.

Viene così confermata, anche in questa fase generalizzata di espansione glaciale, la diversa dinamica dei ghiacciai del Monte Bianco e del Monte Rosa, diretta conseguenza della diversità del clima delle Alpi Graie e di quelle Pennine.

BIBLIOGRAFIA

- CAPELLO C. F. (1930-1964) - *Relazioni delle campagne glaciologiche dal 1929 al 1964 per i ghiacciai di Lex Blanche, Brenva, Toules, Pré de Bar*. Boll. CGI, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25; ser. 2, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14.
- CAPELLO C. F. (1936) - *La glaciazione attuale nel Massiccio del Monte Bianco*. Boll. CGI 16, 153-229.
- CAPELLO C. F. (1940) - *Rilievi sui ghiacciai di Pré de Bar, Allée Blanche e Triolet nel decennio 1929/39*. Boll. CGI, 20, 86-115.
- CAPELLO C. F. (1941) - *Studio sul Ghiacciaio della Brenva 1920-40*. Boll. CGI, ser. 1, 21, 129-153, 8 ff.
- CAPELLO C. F. (1971) - *Il rilievo stereofotogrammetrico del Ghiacciaio della Brenva*. Boll. CGI, ser. 2, 19, 17-30, 7 ff., 1 t.
- CERUTTI A. V. (1962-1984) - *Relazioni delle campagne glaciologiche dal 1961 al 1983 per i ghiacciai Lex Blanche, Brenva, Toules, Pré de Bar*. Boll. CGI, ser. 2, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25; ser. 3, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.
- CERUTTI A. V. (1977) - *Variazioni climatiche, alimentazione ed oscillazioni glaciali sul Massiccio del Monte Bianco*. Boll. CGI, ser. 2, 25, 53-88, 11 ff.
- CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE - COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO (1961) - *Catasto dei ghiacciai italiani*. Vol. 2, Torino.
- DE GEMINI F. (1962) - *Il Ghiacciaio Grande di Verra e le sue variazioni negli ultimi decenni*. Boll. CGI, ser. 2, 12, 23-40, 3 ff.
- DE GEMINI F. (1953-1972) - *Relazioni delle campagne glaciologiche dal 1952 al 1972 per il Ghiacciaio Grande di Verra*. Boll. CGI, ser. 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20.
- FORBES J. D. (1843) - *Travels through the Alps of Savoy and other parts of the Pennine chain, with observations on the phenomena of glaciers*. Adam & Charles Black, Edinburgh, 460 pp., 11 ff.
- GIORCELLI A. (1981) - *Relazioni della campagna glaciologica 1980: Ghiacciai Grande e Piccolo di Verra*. Boll. CGI, ser. 3, 4, 155.
- LESCA C. (1972) - *L'espansione terminale del Ghiacciaio della Brenva in base ai rilievi fotogrammetrici del 1959-1970*. Boll. CGI, ser. 2, 20, 93-100.

- LESKA C. & ARMANDO E. (1972) - *Determinazione delle variazioni superficiali e volumetriche dal 1965 al 1970 e controllo delle velocità di propagazione delle onde sismiche sul Ghiacciaio della Lex Blanche*. Boll. CGI, ser. 2, 20, 93-101, 5 ff.
- LESKA C. (1970-1980) - *Relazioni delle campagne glaciologiche dal 1970 al 1979 per i Ghiacciai Lex Blanche, Brenva*. Boll. CGI, ser. 2, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25; ser. 3, 1, 2, 3.
- MONTERIN U. (1919) - *Introduzione allo studio dei ghiacciai italiani del Monte Rosa*. Boll. CGI, 3, 105-164.
- MONTERIN U. (1927) - *Le variazioni periodiche dei ghiacciai italiani 1925-26*. Boll. CGI, 7, 8-46.
- MONTERIN U. (1932) - *Le variazioni secolari del clima del Gran San Bernardo 1818-1931 e le oscillazioni del Ghiacciaio del Lys 1789-1931*. Boll. CGI, 12, 59-184.
- MONTERIN U. (1928-1940) - *Relazioni delle campagne glaciologiche - Gruppo del Monte Rosa*. Boll. CGI, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20.
- MONTERIN W. (1942-1983) - *Relazioni delle campagne glaciologiche: Ghiacciaio del Lys*. Boll. CGI, 22, 23, 24, 25; ser. 2, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25; ser. 3, 1, 2, 3, 4, 5, 6.
- OROMBELLI G. & PORTER S. (1982) - *Late holocene fluctuations of Brenva Glacier*. Boll. CGI, ser. 2, 5, 14-37.
- REVELLI P. (1910) - *Una visita alla fronte del Ghiacciaio Grande di Verra*. Riv. Geogr. It., 17, 210-272.
- SACCO F. (1918) - *I ghiacciai italiani del Gruppo del Monte Bianco*. Boll. CGI, 3, 21-104.
- SACCO F. (1925) - *La fronte del Ghiacciaio di Verra (Valle di Ayas) nel 1923*. Boll. CGI, 6, 65-68.
- VALTZ L. (1953-1976) - *Relazioni delle campagne glaciologiche: dal 1952 al 1975 per il Ghiacciaio Piccolo di Verra e dal 1973 al 1975 anche per il Ghiacciaio Grande di Verra*. Boll. CGI, ser. 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24.
- VANNI M. (1941-1971) - *Le variazioni dei ghiacciai italiani*. Boll. CGI, 22, 23; ser. 2, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19.
- VANNI M. (1945) - *Il Grande Ghiacciaio di Verra nella Valle di Ayas*. Boll. CGI, 23, 55-86, 7 ff.
- VIVIAN R. (1975) - *Les glaciers des Alpes Occidentales*. 513 pp., 86 ff. Grenoble, Allier.

FONTI PER I DATI METEOROLOGICI

- DIREZIONE TRAFORO MONTE BIANCO (1965-1982) - *Relazioni mensili*.
- ISTAT (1968-1981) - *Annuario di statistiche meteorologiche*. Poligrafico dello Stato, Roma.
- MINISTERO LL.PP. - SERVIZIO IDROGRAFICO (1936-1972) - *Annuari Idrografici*, parte prima. Poligrafico dello Stato, Roma.
- MINISTERO LL.PP. - CONSIGLIO SUPERIORE (1960) - *Distribuzione delle Temperature dell'Aria in Italia nel trentennio 1926-1955*.
- MONTERIN W. - Archivio privato di dati glaciologici e meteorologici (ined.).
- REGIONE PIEMONTE (1980) - *Pluviometria e Termometria. Altezze di precipitazioni in millimetri e numero dei giorni piovosi dal 1921 al 1970. Temperature medie mensili ed annuali dal 1926 al 1970*.