

FRANCESCO PORRO

RICERCHE PRELIMINARI

SOPRA I GHIACCIAI ITALIANI DEL MONTE BIANCO

(CAMPAGNA DEL 1897)



ROMA

PRESSO LA SOCIETÀ GEOGRAFICA ITALIANA
VIA DEL PLEBISCITO, 102.

—
1902.

Estratto dal BOLLETTINO DELLA SOCIETÀ GEOGRAFICA ITALIANA, Fasc. X e XI, 1902

Roma, 11-1902. — Stab. Civelli (630).

Ricerche preliminari sopra i Ghiacciai italiani del Monte Bianco

(CAMPAGNA DEL 1897)

Nota del socio prof. FRANCESCO PORRO

Già nelle relazioni ai Congressi Geografici Italiani ed alla Commissione Internazionale dei Ghiacciai è comparso un cenno sommario delle ricerche istituite dall'ingegnere Druetti e da me nel 1897, intorno alle maestose colate di ghiaccio che, per il ripidissimo versante italiano del gruppo del Monte Bianco, scendono ad alimentare le due Dore di Val Ferret e di Val Veni, prima che esse confluiscono, presso il villaggio di Entreves, a formare la Dora Baltea.

Era nostra intenzione aggiungere al copioso materiale raccolto in quella campagna il risultato di una successiva esplorazione, atta ad esaurire l'importante materia, ed a fornire le basi definitive per una monografia illustrativa dei depositi glaciali, che il gigante delle Alpi spinge, lungo le sue ertissime pareti, verso il bel suolo d'Italia.

Disgraziatamente, una serie di vicende personali impedì al mio compagno di studi ed a me di continuare le indagini iniziate: ed anche dei risultati ottenuti nel 1897 non ci è più possibile, a distanza di cinque anni, dare notizia piena e precisa in tutti i particolari. Alcuni documenti andarono smarriti: di taluni fatti la memoria è meno sicura: non ci è ora dato di raccogliere e di ordinare il ricco materiale di illustrazioni fotografiche della regione percorsa.

Ciò non ostante, crediamo che una pubblicazione di quanto si può estrarre dai nostri libretti di campagna possa servire come fondamento sicuro e come punto di partenza per quelle investigazioni sistematiche sui nostri ghiacciai del Bianco, che l'Italia dovrà pur iniziare, se non vorrà più a lungo rimanere in uno stato di vergognosa inferiorità rispetto ai limitrofi Stati di Svizzera e Francia.

Certamente, noi non potevamo, abbandonati esclusivamente alle nostre risorse, competere con esploratori dotati di mezzi potenti, al servizio

della più intelligente ed attiva operosità: ma se da noi qualche cosa si è fatto, rispetto al moltissimo ottenuto sull'opposto versante dal Vallot e dal principe Rolando Bonaparte, non sarà immodestia affermare che alla nostra iniziativa soltanto è dovuto il risveglio di questi studi sul versante italiano delle Alpi occidentali.

Il nostro primitivo disegno comprendeva una esatta ricognizione topografica delle fronti, e possibilmente anche dell'area dei bacini collettori di tutti i ghiacciai che discendono dal gruppo del Monte Bianco, tra il Col Ferret e il Col de la Seigne. Il rilevamento doveva essere accompagnato dall'apposizione di segnali scolpiti nelle rocce in posto e colorati con minio, e da una serie numerosa di fotografie, riproducenti da opportuni punti le particolarità più caratteristiche e l'aspetto delle regioni esplorate.

A tale scopo il nostro arredamento scientifico comprendeva, oltre ad un tacheometro centesimale, due eccellenti macchine fotografiche, una per grandi vedute, delle dimensioni di 21×26 centimetri, l'altra per quadri più ristretti, una Kodak 13×18 .

Non ci fu possibile esaurire in una campagna il nostro programma, del quale il Druetti nell'anno successivo svolse un'altra piccola parte.

L'esperienza fatta ci convinse che l'applicazione simultanea dei metodi di rilevamento topografico e di descrizione fotografica può essere resa molto più spedita e più comoda mediante la fototopografia. Una nuova campagna con l'apparecchio fotogrammetrico del Paganini rimane nei nostri più vivi desideri.

*
* *

Il gruppo montuoso, al quale i geografi assegnano il nome della cima più alta delle Alpi, appare chiaramente delimitato verso l'Italia dalle due depressioni del Col de la Seigne e del Col Ferret, mediante le quali esso si innesta rispettivamente alle Graje, verso Sud-Ovest, ed alle Pennine, verso Nord-Est.

La distanza tra i due valichi è, in linea retta, di circa 26 chilometri, ma la linea di vetta, che corre tortuosamente ad un'altitudine media superiore ai 3600 metri, separando la regione aostana, tributaria della Dora, e per essa del Po, dal Vallese, le cui acque confluiscono nel Rodano, ha uno sviluppo totale di ben 39 chilometri, durante i quali si eleva alle cime elevatissime dell'Aiguille du Glacier (3884 metri), delle Aiguilles de Trelatète (3932 e 3904 m.), della Tête Carrée (3779 m.), dell'Aiguille de Bionassay (4061 m.), del Dôme de Gouter (4331 m.), delle Bosses du Dromedaire (4556 m.), del Monte Bianco (4810 m.)'

del Mont Maudit (4471 m.), della Tour Ronde (3775 m.), del Dente del Gigante (4011 m.), dell'Aiguille de Rochefort (4003 m.), del Dôme de Rochefort (3997 m.), delle Grandes Jorasses (4206 m.), delle Petites Jorasses (3682 m.), dell'Aiguille de Leschaux (3780 m.), dell'Aiguille de l'Éboulement (3608 m.), dell'Aiguille de Triolet (3879 m.), del Mont Dolent (3830 m.), del Grapillon (3165 m.).

Corrono quasi parallele all'asse principale della catena due profonde valli, che separano nettamente il colossale arco dello spartiacque dai poderosi contrafforti che il Piccolo e il Grande San Bernardo spingono verso l'asse della Valdigne (parte superiore della Valle d'Aosta).

Il primo contrafforte, che si stacca dalla catena principale delle Graje alla Punta Lechaud, tra il Col de la Seigne e il Col de Chavannes, divide la Valle della Thuile dalla Valle della Dora occidentale, che nel suo corso superiore, sino alla cantina della Visaille, conserva il nome pittoresco di Allée Blanche, per prendere poi quello di Val Veni.

La catena che la chiude a Sud-Est passa per il Col de Chavannes, il Mont Percé, il Baraccone o Mont Fortin, il Mont Favre, dove, raggiunta la massima elevazione (3200 m.), si biforca in due rami, uno dei quali finisce al Crammont, rinomato belvedere a 2700 metri, tra Pré Saint Didier e Courmayeur, l'altro per la depressione del Col de Chécouri (1944 m.) sale a formare il caratteristico Pain de Sucre o Mont Chétif (2338 m.).

Il Chétif e il Mont de la Saxe (2234 m.), estrema propaggine dell'opposta catena, formano le due quinte laterali dello scenico spettacolo presentato dallo sfondo di Valle d'Aosta ad un osservatore che arrivi sul ridente piano di Courmayeur. Il contrafforte di sinistra, che limita a Sud-Est la valle Ferret italiana, è ben altrimenti poderoso e complesso nella sua costituzione morfologica. Dal Mont de la Saxe per la Testa Bernarda sale alla Tête de Sechéron (3161 m.), alla Grande Rochère (3302 m.), alle Aiguilles de Bonalé (3198 m.), de Malatra (3147 m.), d'Anteneva (3077 m.), al Mont Tapié (3006 m.), all'Aiguille de Belle Combe (3085 m.), al Grand Golliaz (3240 m.), dove s'innesta nella catena di confine tra l'Italia e la Svizzera, a metà circa della distanza tra il Col Ferret e il Grande San Bernardo.

La Valle Ferret italiana scende dai passi del Ferret (2536 m.) e del Piccolo Ferret o Chantonet (2492 m.) in direzione da Nord-Est a Sud-Ovest, per un tratto quasi rettilineo di circa 13 chilometri, durante i quali la freschezza delle verdi praterie, il regolare declivio, interrotto qua e là da macereti e da greti desolati, testimoni di antiche cata-

strofi (1), l'abbondanza delle acque, che sgorgano limpide dal suolo in polle copiose od effluiscono torbide dai ghiacciai, creano un contrasto meraviglioso con l'orrida maestà delle pareti rocciose, scendenti a perpendicolo dalle più elevate cime del gruppo delle Jorasses, e con la selvaggia imponenza dei valloni e dei burroni che si annidano tra i contrafforti dell'immane catena. Benchè in taluni punti l'aspetto della catena sia più formidabile nella parte che sovrasta alla Val Veni e all'Allée Blanche, il distacco dal carattere arcadico, idilliaco mi sembra più forte e più efficace sullo spirito nostro nella Valle Ferret.

Le due Dore di Val Ferret e di Val Veni arrivano in direzioni esattamente opposte, per 13 chilometri ciascuna, sin quasi sotto ad una costola rocciosa appiccicata alla grande catena sotto il Colle del Gigante, e nota sotto il nome di Mont Fréty. Deviate da questa massa, le due correnti convergono poco più a valle, racchiudendo una specie di delta, nel quale sorge il villaggio di Entrèves. La Dora Baltea, che nasce dalla loro unione, prosegue verso Courmayeur, con una inclinazione di 45° alla Dora di Val Veni, e di 135° a quella di Val Ferret.

La grande catena del Monte Bianco, come a tutti è noto, presenta un'enorme differenza di inclinazione tra il suo versante italiano e gli altri, scendenti verso la Valle del Rodano. La distanza minima tra la vetta del Monte Bianco e il *thalweg* della Dora è appena di 4360 metri in proiezione orizzontale, per un dislivello di ben 3300 metri: la cima delle Grandes Jorasses dista orizzontalmente 3320 metri dal letto della Dora di Ferret presso La Vachey, cui sovrasta di 2600 metri. Invece la minima distanza orizzontale tra il Monte Bianco e il letto dell'Arve è di 8240 metri, per un dislivello di 3800, e quella tra le Grandes Jorasses e il fiume medesimo (a Chamonix) arriva ad undici chilometri, per una differenza di altitudine pari a 3200 metri.

(1) Nell'archivio parrocchiale di Courmayeur si conserva una pergamena, dalla quale togliamo il brano seguente:

« Dum lis ingens ventilabatur de modico terrae inter possessores montium du
 « Trioley et d'Ameiron, mons excelsissimus et rupes et glacies dicti Triolley, nocte
 « diei duo decimi septembri, anno 1717, subito eccidit et saxa ejus, aquae ei glacies
 « simul conjuncta, cum magno impetu irruerunt super dictos montes, sive alpes, iti
 « ut coperti, subtus ipsis abyssis, omnia mobilia centum et viginti boves seu vaccae,
 « casei, homines ad numerum septem, qui instanti perierunt, et credo quod aves qui
 « ibi nidificabant non effugerint, et hunc videtis illos alpes et illam planam in hoc
 « miserrimo statu et hoc propter scelera nostra, ita attestor quia vidi. Michaëli Joseph
 « Pennard notarius et scriba Curiae majoris ». Non ultima delle scelleraggini confes-
 sate dal buon notaro e scrivano sarà stata la barbara profanazione della lingua latina!

Questa vertiginosa pendenza dei fianchi del colosso esposti verso l'Italia ha per conseguenza immediata di impedire che sulle rupi immani sovrincombenti alle Valli di Veni e di Ferret si accumulino le nevi e i ghiacci in grandi masse: donde quell'aspetto nudo e roccioso che la catena presenta dal nostro versante, e che, dopo una prima inevitabile delusione, costituisce per il raffinato ammiratore della montagna una delle sue più apprezzate prerogative.

Concorrono a tenere sgombra relativamente da ghiacci la fronte meridionale, insieme con l'accennata causa, anche le condizioni più favorevoli di esposizione ai raggi solari, e la configurazione stessa della linea di vetta, la quale nelle molteplici tortuosità del suo cammino si inflette più frequentemente in larghe concavità aperte verso i versanti di Francia e di Svizzera, lasciando ivi agio allo schiudersi di ampi circhi terminali elevatissimi, dove la neve più facilmente si raccoglie e si trasforma in ghiaccio.

Se si tien conto dell'azione combinata di queste tre cause, non si ha difficoltà a comprendere come l'estensione occupata da ghiacciai sul versante italiano sia di gran lunga minore di quella sul versante svizzero e francese. Come osserva il Baretto « il solo ammasso di raccoglimento « di ghiacci che dà origine alla Mer de Glace si può dire contenere « quasi la somma dei ghiacci di tutto il versante Sud-Est ». È vero che tre quarti della superficie orizzontale di tutto il gruppo, valutata in 600 chilometri quadrati, appartengono al versante opposto.

Ad ogni modo, non meno di venti colate di varia importanza scendono lungo i fianchi della catena verso la Val Ferret, la Val Veni e l'Allée Blanche.

Una classificazione di queste formazioni glaciali non può essere appoggiata al criterio generale di divisione tra ghiacciai di primo ordine e vedrette. Anche i minori depositi, come quello del Châtelet, dei Motets, dell'Éveque, sono veri e propri ghiacciai di circo, che riproducono in esigua scala l'aspetto e la forma dei ghiacciai principali. Vedrette, al Monte Bianco, non credo esistano: mi riservo in una pubblicazione successiva documentare l'asserto.

Piuttosto mi pare opportuno dividere, come fa il Baretto, i « bacini « glaciali piuttosto profondi ed a minore pendio che danno ricetto ai « maggiori ghiacciai » ed i « burroni ripidissimi, in cui si annidano « piccole correnti di ghiaccio incastrate tra le orride pareti ». Il chiaro geologo, che con tanto amore di alpinista e con tanta competenza di scienziato studiò queste montagne, avrebbe potuto forse applicare un

criterio morfologico più sicuro, distinguendo tra i bacini maggiori, formati dalle concavità della linea di vetta, ed i minori, racchiusi tra le digitazioni terminali dei contrafforti.

In base a questo criterio, assegnerei alla prima classe i ghiacciai dell'Allée Blanche, del Miage, della Brenva, delle Jorasses, di Frébouzie, di Triolet, di Mont Dolent, alla seconda quelli dei Mottets, dell'Estellette, del Brouillard, di Fresnay, di Combalet, di Châtelet, di Entrèves, di Toula, di Mont Fréty, di Rochefort, di Tronchey, di Pra Sec, dell'Éveque, di Gruetta.

La mia classificazione si scosta da quella del Baretto unicamente per il ghiacciajo che egli chiama di Planpansière, da un gruppo di casolari che si trovano a sinistra della strada che risale la Val Ferret, mentr'io preferisco assegnargli il nome dell'eccelsa cima che lo domina verso Nord-Est. La nomenclatura da me adottata è in accordo con l'uso degli alpinisti, e con le ragioni per le quali credo dover assegnare il ghiacciajo al gruppo di quelli primari, che si estendono nelle insenature della catena principale.

*
* *

Premesse queste indicazioni topografiche generali, passiamo ad esaminare i singoli ghiacciai, esponendo per ciascuno i risultati delle nostre operazioni.

Ghiacciajo dell'Estellette. — Occupa il vallone che scende dalla depressione tra la piccola e la grande Aiguille du Glacier, e sarebbe quindi da classificare tra i ghiacciai del primo gruppo: ma per la sua posizione all'estremo Sud-Ovest della catena, dove questa cambia affatto la sua costituzione geologica, può considerarsi come una formazione a sè, autonoma ne' suoi caratteri e nella sua struttura. Pare infatti che, in corrispondenza alla mutazione di struttura che si osserva a Ponente del Miage, dove gli schisti cristallini e le *pietre verdi* vengono a sovrapporsi alla massa granitica del nodo centrale, si verifichi una differenza essenziale nell'andamento della catena e delle sue propaggini. Quella procede con minori sinuosità, dirigendosi quasi esattamente da Nord a Sud tra l'Aiguille de Bionnassay e il Col de la Seigne: queste si scindono in digitazioni meno complesse, ed hanno piuttosto il carattere di sottili pareti rocciose.

Un segnale (N. 22) con una freccia indica l'allineamento della fronte glaciale, che si protende in una lingua sottile sulla destra. La parte di mezzo e di sinistra si è molto consumata, lasciando una morena


che fiancheggia la lingua rimasta. Il nostro segnale, collocato il 7 agosto 1898, è scolpito appunto in un masso sul culmine di questa morena.

Ghiacciajo dell'Allée Blanche. — Fra l'Aiguille du Glacier e l'Aiguille de Trélatète la linea di vetta corre per circa due chilometri e mezzo di sviluppo longitudinale in un arco di debole curvatura aperto verso l'Italia, formando un ampio circo, nel quale si raccolgono le nevi che alimentano il ghiacciajo dell'Allée Blanche.

La parte destra della fronte è molto più importante della sinistra, sia per la quantità di ghiaccio scoperta e bianca, foggjata a ripida scarpa terminale, sia per l'entità del torrente che ne scaturisce per una spaccatura o *porta*.

Il segnale N. 19, scolpito e dipinto a minio, porta: N. 19, 1897, sopra un macigno di roccia gneissica, a cinque o sei metri dall'estremità del ghiacciajo, che ivi è tutta coperta di detriti e di grossi massi.

L'altro segnale, apposto al lato destro, sopra un grosso masso di gneiss con clorite ed abbondante mica, è semplicemente dipinto a minio, ma ben difeso dal sole e dalla pioggia, tanto che dopo un anno fu trovato in perfette condizioni di conservazione. Porta scritto:


 1897
 N. 20
 Druetti
 Porro
 B. J.

Le iniziali B. J. si riferiscono alla nostra ottima guida Barmaz Joseph di Pré-St.-Didier, che anche qui, come al Gran Paradiso, ci prestò i migliori servizi e fu di grande giovamento alla nostra impresa. La pratica fatta da questo intelligente alpigiano nei nostri lavori renderà sempre utile la sua partecipazione a studi sui ghiacciai, specialmente nelle regioni del Gran Paradiso e del Monte Bianco, dove nessuno meglio di lui potrà rintracciare i nostri segnali e ricordare i particolari topografici più minuti.

Una sottile costiera rocciosa, che si innalza arditamente a 2974 metri nell'acuminata Aiguille d'Estellette, separa il ghiacciajo di Estellette da quello dell'Allée Blanche. Fra questo e il Miage un contrafforte di ben maggiore potenza s'interpone, scendendo per una cornice ghiacciata dalla trifida Aiguille de Trélatète al Piccolo Monte Bianco, e da questa ai massicci promontori di Sarsadorège e di Mont Suc (metri 2831 e 2608), che dominano il piano acquitrinoso dianzi occupato per intero dal Lago di Combal.

Di questo pittoresco bacino, oggi ridotto a poco più di 20,000 metri quadrati, ha dato una descrizione geologica assai precisa e convincente il Baretto, nella sua bellissima monografia sul Ghiacciajo del Miage (§ VII, *Memorie della R. Accademia delle Scienze di Torino*, Serie II, vol. XXXII, anno 1880). Dalle pagine ispirate del valente geologo è facile immaginare quale dovesse apparire lo spettacolo del piano superiore dell'Allée Blanche quando, superata la colossale morena arcuata destra del Miage, un osservatore vi si affacciava, nei tempi in cui il lago aveva un'estensione di due chilometri in lunghezza su 400 metri in media di larghezza, e il grande ghiacciajo dell'Allée Blanche vi si precipitava in cascata!

I residui di tale meraviglioso paesaggio alpino permettono di ricostruirne la storia, mostrando che le vicissitudini ne sono connesse a quelle del volume e dell'estensione dei ghiacciai.

Ghiacciajo del Miage. — Di questo classico bacino glaciale del Monte Bianco non è permesso parlare incidentalmente e quasi di sfuggita. Dopo le ricerche magistrali del Baretto, riferite nella memoria citata, un'investigazione sommaria della fronte appare cosa affatto inadeguata all'importanza del ghiacciajo, ed all'estensione data da quel dotto geologo alle sue ricerche.

Dichiaro pertanto, che, nel riferire i pochissimi e tenuissimi risultati della nostra esplorazione, noi non intendiamo dare al nostro lavoro il carattere di continuazione e di complemento di quello compiuto con tanta competenza vent'anni prima dal Baretto, ma soltanto quello di un saggio preliminare delle ricerche, alle quali il ghiacciajo stesso dovrà dare occasione in avvenire.

La ricognizione fatta il 30 settembre 1897 ha dimostrato che il ghiacciajo retrocesse nel suo ramo destro di almeno 50 metri dal piano Baretto. La fronte è affatto coperta: non si vede che un po' di ghiaccio sporco quà e là

Dalla morena incidente che ha origine nell'insenatura di questo ramo, si vede che esso conserva ancora la forma data nel disegno del Baretto, ma indietreggiata. L'acqua non effluisce più per il vallone a destra della morena stessa, ma, forse a causa dell'ostacolo maggiore che questa oppone per il suo cresciuto sviluppo, sgorga unicamente dalla sottile lingua di sinistra, che si protende, come nel 1879, molto più innanzi.

I due segnali n. 12 e n. 13 segnano due allineamenti tangenti alle fronti e normali all'asse del ramo destro del ghiacciajo, il primo nell'estremo occidentale, il secondo nella lingua orientale.

Il ramo sinistro si è pure molto ritirato: possiamo valutare a quasi cento metri il regresso della fronte dal 1879 al 1897, benchè la valutazione esatta non sia facile, essendo la estremità del ghiacciaio coperta di detriti e di grossi macigni, che mascherano totalmente il ghiaccio vivo. Sono frammenti di rocce scistose dioritiche ed epidotiche, con vene di quarzo: non mancano cristalli.

Abbiamo fatto un segnale (N. 14) sopra una pietra del detrito morenico prima di arrivare all'estremo laterale di sinistra. Il segnale N. 15 è sopra un grosso macigno ai piedi dell'alta morena che fiancheggia sulla destra il ramo sinistro.

Il n. 16 e il 17 sono posti lateralmente al ramo mediano del Miage: il 16 sullo spigolo della morena sinistra, il 17 quasi ai piedi della destra. Più che ghiacciaio è un ammasso di impasti rocciosi feldspatici, tra i quali sono disseminati grossi macigni dioritici, che coprono interamente il ghiaccio. Un sottile filo di acqua che effluisce rivela il ghiaccio al disotto.

Come osserva benissimo il Baretto, l'importanza dello studio del Miage non è dovuta soltanto al suo grande sviluppo, alla regolarità del corso ed all'ampiezza del circo terminale, ma ancora agli speciali fenomeni prodotti dall'inflattersi del suo cammino presso allo sbocco nella Val Veni. Il Baretto ha esaminato con sagace attenzione e con acume gli effetti della forte pressione che i ghiacci, scendendo, esercitano sopra la grande morena laterale destra, nel tratto in cui avviene l'inflessione dell'asse dalla direzione di Nord-Ovest a Sud-Est a quella di Ovest da Est; ma il suo studio retrospettivo delle rotte che il fiume ghiacciato ha determinato nel suo argine naturale, se ha notevole valore geologico, non potrebbe bastare a fornirci un'esatta nozione di tutte le particolarità fisiche del fenomeno, quale deriva dalle condizioni topografiche.

Conviene ancora aggiungere qualche altra considerazione su questo ghiacciaio. Quando il Baretto scriveva, quasi un quarto di secolo fa, si iniziava appena, per merito del Forel, quella trasformazione dei metodi e dei criteri di esplorazione dei ghiacciai, grazie alla quale la nostra conoscenza del singolare fenomeno si è tanto ampliata e consolidata. Le ricerche tendevano piuttosto a dare del ghiacciaio una descrizione ed una classificazione in base ai caratteri geologici e geografici, che ad interpretare l'intimo meccanismo delle variazioni che esso ci presenta, e che noi possiamo seguire di anno in anno, con osservazioni sistematiche continue. In altri termini, lo studio de' ghiacciai era piuttosto un'applicazione della Geologia, che della Fisica Terrestre.

Di tale tendenza, naturale nello stadio iniziale delle indagini, si risentono più o meno tutti gli scritti di coloro che, anche con obbietto più specialmente fisico, come il Tyndall, si occuparono del geniale problema. Le pagine eloquenti dello Stoppani, dalle quali la nostra generazione ha attinto le prime nozioni sui ghiacciai, e l'entusiasmo per questi studi, ci fanno oggi un curioso effetto di ingenuità primitiva, quando le rileggiamo dopo esserci direttamente cimentati con l'osservazione dei fenomeni e dei luoghi.

Specialmente nella classificazione, la differenza tra il vecchio ed il nuovo modo di considerare le cose appare sostanziale.

Mentre la antica glaciologia distingue esclusivamente i ghiacciai per i caratteri esteriori, e stabilisce due ordini principali, la nuova classificazione si occupa più intimamente delle disparità di andamento, separando i ghiacciai con forti e rapide variazioni da quelli con variazioni più lente e regolari.

Si capisce dunque perfettamente come il Baretto abbia potuto, a' tempi in cui scriveva, presentare il Miage come tipo unico in Italia del ghiacciaio di primo ordine, perchè racchiudente in sè tutta la svariata serie dei fenomeni che gli autori assegnano a tali formazioni (bacino multiplo, collettore ampio, elevatissimo, canale di sfogo con moderata pendenza, digitazione della fronte, morene regolari, bene sviluppate da ambo i lati, ed anche lateralmente alle ramificazioni terminali, pozzi, mulini, giardini intermorenici, funghi, morene frontali, laghetti di sbarramento morenico, ecc., ecc.); e come in pari tempo la scienza progredita dell'oggi esiga che un ghiacciaio caratteristico sia sottoposto a confronti prolungati e minuti con quelli che, per varie ragioni topografiche e fisiche, si comportano altrimenti.

Il Baretto stesso aveva chiaramente intuito (benchè non l'abbia enunciata esplicitamente) la differenza enorme sostanziale tra il Miage e la Brenva, benchè apparentemente le due correnti scendano da bacini collettori simmetricamente collocati sui fianchi poderosi del Monte Bianco, e presentino grande somiglianza di forma e di dimensioni.

La ragione topografica di tale differenza sta nell'altimetria del valone per il quale l'una e l'altra corrente si sfoga verso il basso. Al Miage l'origine del canale di sfogo si può fissare verso i 2500 metri, dove i quattro rami del bacino collettore convergono in ripida cascata dalla Tête Carrée, dall'Aiguille de Bionnassay, dal Dôme du Goûter e dalle Bosses du Dromédaire. Da questo punto non occorrono meno di cinque chilometri di sviluppo orizzontale per arrivare alla quota di 2000 m..

Alla Brenva invece bastano 2600 metri di distanza orizzontale per discendere dalla quota di 2341 metri (Rocher de Grenon o Pierre-à-Moulin) a quella di 1500 circa.

*
* *

La cupola nevosa del Monte Bianco è fasciata verso Mezzogiorno da una corona di rocce, costituenti il Monte Bianco di Courmayeur, alle quali sovrasta di cinquanta metri appena. Da esse si dipartono due formidabili contrafforti granitici, che racchiudono la più orrida scena di selvaggia bellezza, che la natura alpina possa presentare. Quello di Ponente, con arco maestoso convesso verso il Miage, scende da 4500 metri al Mont Rouge du Brouillard (3350 m.); l'altro per l'Aiguille Blanche du Pétéret (4100 m.) e per le Dames Anglaises (3600 metri circa) fa capo all'arditissima Aiguille Noire du Pétéret (3777 m.) d'onde si scinde in due rami, Mont Rouge (2942 m.) e Mont Noire (2948 m.), giganteschi bracciali racchiudenti il curioso Fauteuil des Allemands o Combalet (2690 m.).

Una costiera isolata, che culmina a 3746 metri nella Punta Innominata, divide ancora il bacino tra Brouillard e Pétéret in due valloni, quello di Brouillard ad Ovest e quello di Fresnay ad Est; tra l'uno e l'altro un'ultima digitazione della costiera dà luogo ad un piccolo bacino, occupato dal ghiacciaio di Châtelet.

La complicata orografia di questa immane diramazione del Monte Bianco è notissima per le accurate illustrazioni che se ne sono prese dal fondo di valle e da opportuni punti sul contrafforte meridionale, come il Mont Fortin e il Crammont; e non meno nota è la storia dei tentativi e degli sforzi che si sono fatti con opportunità assai discutibile, per salire una dopo l'altra tutte le acutissime punte delle tre catene. Specialmente sulla costiera tristemente famosa del Pétéret si sono esercitate, e spesso con tragico risultato, le sterili vanità di quanti fanno consistere l'alpinismo esclusivamente nell'affrontare con acrobatica destrezza le pendenze più vertiginose ed i più inevitabili pericoli di frane, di cadute di sassi, di valanghe.

È appunto dovuto all'impervia e selvaggia natura dei luoghi, non meno che al carattere esclusivamente *sportivo* delle ascensioni che vi si fanno, se alla conoscenza orografica ed alpinistica non si è accompagnato sinora uno studio scientifico dei fenomeni glaciali. Anche noi abbiamo dovuto limitarci a qualche fotografia presa dall'opposto versante della valle.

Rimane tra i desiderati un rilevamento accurato dei due ghiacciai maggiori di Brouillard e di Fresnay, del piccolo intermedio del *Châteaulet* e dei piccoli depositi glaciali del *Combalet* e dei valloncini scendenti lungo la costiera del Brouillard. Una statistica di questi depositi, forse non meritevoli del nome di ghiacciai e neppure permanenti, potrà dare notizie utili sull'innervazione in queste regioni, e servirà quindi indirettamente anche allo scopo principale di seguire le variazioni delle maggiori colate.

*
* *

Ghiacciajo della Brenva. — Uno studio illustrativo molto accurato di questo magnifico e notissimo bacino era stato eseguito fin dal 1879, per cura di Martino Baretta e del geometra Marengo. Le nostre ricerche, basate sopra un preciso rilevamento della regione frontale con tacheometro e stadia, e corredate di numerose fotografie, forniscono la più esatta e minuta descrizione dello stato della fronte e degli apparati morenici, e potranno quindi, confortate con le osservazioni anteriori e posteriori, servire di sicuro fondamento alla storia delle variazioni di questo ghiacciajo.

Non sarà superfluo aggiungere alcune notizie sopra uno splendido campione di masso erratico, del quale ci siamo serviti per la nostra stazione centrale topografica. Sorge all'estremità di un cordone morenico che si stacca dalla grande morena laterale sinistra, presso il *châteaulet* di Joseph Proment, ed appare levigato e striato dal passaggio del ghiacciajo nella sua parte superiore, foggiate a cupola, e lungo le facce di ponente e di settentrione: invece a Sud e ad Est è scabro, rotto ed in parte sepolto dai detriti, dai quali emerge per circa sette metri di altezza. Le dimensioni laterali sono di ben otto per dieci metri. Questo superbo monolito, che potrà pesare all'incirca ottomila tonnellate e dà quindi un concetto adeguato delle forze che si spiegano nei fenomeni glaciali, è costituito di granito bianco, con striature dirette da O.-N.-O. a E.-S.-E.

La descrizione diffusa delle operazioni eseguite sopra il ghiacciajo della Brenva, e dei risultati ottenuti, forma oggetto di un paragrafo speciale, al fine di questa memoria.

× *Ghiacciajo di Entrèves.* — Una costiera quasi rettilinea, che si stacca dalla *Four Ronde* e si eleva a 3516 metri nell'*Aiguille de la Brenva*, rizzandosi più sotto nell'ardito pinnacolo detto *Capucin*, separa il bacino della Brenva da quello del piccolo, ma bellissimo e caratteristico ghiacciajo d'*Entrèves*.

Due segnali furono ivi apposti il 10 agosto 1898: uno (num. 28) sulla cresta della morena sinistra, leggermente incurvata; l'altro sopra un masso (N. 29) appartenente ad un cumulo morenico frontale, sulla destra dell'estrema lingua di ghiaccio.

Il ghiacciajo scende in cascata sconvolta di seracchi sino ad un anfiteatro, dove si distende con regolari stratificazioni bianchissime. Più sotto si rompe in una superficie irregolare, irta di crepacci e cosparsa di piccoli e scarsi detriti.

Ghiacciajo di Toula. — È diviso dal precedente mediante una sottile costiera, che pure si stacca dalla Tour Ronde. È il più esteso dei tre minori bacini compresi tra il contrafforte della Brenva e quello di Jetoula. In alto è molto pulito, coperto di pietre in basso: termina in ripida scarpa con evidenti stratificazioni.

Il segnale N. 24 è stato apposto il 10 agosto 1898 sopra un macigno sulla cresta della magnifica morena esterna laterale sinistra, che corre rettilinea con uno spigolo vivo molto inclinato.

Una morena interna parallela alla precedente si va formando sulla sinistra del ghiacciajo, con vivo ghiaccio al disotto: sul suo prolungamento è pure in formazione un cordone frontale disposto ad arco regolarissimo.

Un secondo segnale (N. 25) forma, sull'inizio della frontale, un allineamento non esattissimo con la fronte glaciale, e con il segnale N. 26, posto sopra un enorme macigno di $15 \times 10 \times 8$ metri. Questa linea prolungata passa per l'Aiguille Noire du Pétét.

La fronte glaciale è, verso sinistra e più in basso, molto larga e quasi alta 20 metri. Per la sua parete scoscesa, quasi verticale, si sono accumulati detriti, disposti molto regolarmente per un piano inclinato di circa ottanta metri di lunghezza, accennando ad un recente regresso della massa di ghiaccio.

Fra il ghiaccio ed il segnale 26 intercede una zona non totalmente coperta di detriti: tra questi affiorano molte rocce granitiche fisse, levigate dal ghiacciajo.

Il segnale N. 27, sul culmine di un macigno di $10 \times 7 \times 8$ metri, dà, insieme con il N. 26, l'allineamento all'estremità di una lingua stretta e sottile di ghiaccio, che si protendeva certamente in uno stretto valone scavato nel detrito morenico, sull'estremo di destra della fronte glaciale, pochi anni or sono.

Il Toula è molto pulito e candido alla superficie, anche in basso: verso la fronte è molto crepacciato, e si copre di abbondante detrito,

con enormi macigni granitici. Una bella morena rettilinea lo fiancheggia, sulla destra, affatto simmetricamente alla sinistra già descritta.

Ghiacciajo di Mont Fréty. — La lunga cresta rocciosa che, veduta dal piano di Courmayeur, maschera il Col del Gigante, e che sulla sua dorsale porta il sentiero per questo valico, divide il bacino di Toula da quello del Fréty, chiuso alla sua volta verso Levante dalla scogliera di Jetoula, che si spicca dall'Aiguille Marbrée.

Il piccolo ghiacciajo si annida in un burrone ripidissimo, e si alimenta quasi esclusivamente per valanghe di nevi e di ghiaccio, che si staccano dallo spigolo roccioso del Gigante. Per l'erta china i ghiacci scendono frantumati in cascata, che anteriormente doveva essere molto più prolungata verso il basso, a giudicare dalle rocce tondeggianti che si stendono per lungo tratto a valle della presente fronte glaciale.

Lateralmente al corso inferiore del ghiacciajo corrono due piccole morene ben delineate, con una cresta tagliata regolarmente a spigolo non troppo inclinato.

A cinquanta metri sotto la fronte del ghiacciajo le rocce arrotondate si aprono la via attraverso un sottile ma ben definito arco morenico frontale.

Il segnale è scolpito nella roccia, sull'orlo di un canalone incavato nella massa protoginica fortemente raddrizzata, dove questa, poco lungi dal sentiero, s'immerge sotto la piramide dei Flambeaux (N. 23).

*
* *

Nella parte di catena che si stende tra l'Aiguille Marbrée e le Grandes Jorasses, le nostre ricerche si sono limitate al grande ghiacciajo delle Jorasses, che il Baretto, immemore della sua classificazione, fa giustamente corrispondere a quello della Brenva, nel parallelo da lui istituito tra i due rami della catena che sovrincombono rispettivamente alla Val Ferret ed alla Val Vény. Non ci siamo occupati, nè del ghiacciajo di Rochefort (che giace in un bacino limitato dalla costiera di Jetoula, dall'arco di confine tra le Aiguilles Marbrées e il Dente del Gigante, e dal contrafforte di Rochefort), nè del piccolissimo burrone che raccoglie i ghiacci sotto al Dente del Gigante, nè degli orridi valloni di Tronchey, de l'Evêque, di Pra-Sec, che ripetono sotto le Jorasses, come ben nota il Baretto nel suo citato parallelo, le scene d'incomparabile selvaggia grandiosità del Fresnay e del Brouillard.

Ghiacciajo delle Grandes Jorasses. — La catena di confine corre, con leggerissima insenatura verso Mezzogiorno, tra l'Aiguille de Roche-

fort (4003 m.), poco ad Est del Dente del Gigante, per il Dôme de Rochefort (3997 m.) sino alle cime eccelse delle Grandes Jorasses, dalle quali un contrafforte roccioso allarga le sue complesse digitazioni sopra la Val Ferret.

Fra i due rami più occidentali di queste ramificazioni s'insinua uno dei bacini che costituiscono il ghiacciaio delle Jorasses: un altro arriva sin quasi all'estrema vetta delle Jorasses medesime, mentre la più grande parte delle masse ghiacciate si stende in un circo di meravigliosa bellezza, entro il quale emerge dal candido tappeto come oasi la roccia sulla quale sorge la capanna del Club Alpino.

Con breve e non difficile cammino si giunge da questa capanna al piano superiore, tutto a massi di vivo ghiaccio, a crepacci larghissimi, terso da ogni deposito detritico, immacolato. Più arduo è il salire da Courmayeur alla capanna, benchè in un tratto di roccia ertissima l'ascensione sia facilitata da una corda infissa nelle rupi.

Durante una visita a questo splendido anfiteatro alpino, l'8 settembre 1897, prendemmo molte fotografie ed apponemmo due segnali, uno dei quali all'estremità della lingua di ghiaccio che si protende sull'estremo di destra del ramo occidentale. Il ramo orientale non fu esplorato. I segni dell'enorme ritiro erano evidenti per lungo tratto a valle; di una china rocciosa arrotondata prendemmo una fotografia.

I risultati scarsissimi ottenuti sono insufficienti per dare un'idea dell'importanza di questo bacino, sul quale un rilevamento fototopografico ci sembra non difficile ad ottenere, quando si faccia dimora per qualche tempo nella capanna. Certamente una illustrazione diffusa non è possibile senza spese notevoli e disagi, trattandosi di località impervia, per non dire quasi inaccessibile.

Ghiacciajo di Gruetta. — È il tipo del ghiacciajo di seconda specie nella classificazione da me proposta.

Dall'Aiguille de Leschaux (3780 m.), che sta a cavaliere dei due grandi ghiacciai di Frébozie e di Triolet, si stacca in direzione esattamente di Est un contrafforte che, dopo aver mandato uno sperone secondario a dividere in due bacini la parte più elevata (settentrionale) del Frébozie, si rizza a 3678 metri nel Monte Gruetta. Di qui, un ramo scende, prima dolcemente, per circa 650 metri, poi in un'erta ripidissima sino al fondo della Val Ferret, con direzione quasi costante da Nord a Sud: un altro ramo, dopo breve percorso verso Est, sino ad una punta quotata 3457 metri, s'inфлекe verso Sud Est, terminando in due punte alte 2831 e 2793 metri.

Il segnale da noi apposto il 6 settembre sulla morena laterale sinistra del ghiacciajo, dà l'allineamento dell'estrema lingua di questo con l'anzidetta punta di 2793 metri, facilmente riconoscibile per una striscia o venatura rossastra. Una fotografia da noi presa rende molto agevole l'identificazione.

Il ghiacciajo è molto ripido e crepacciato: in basso, la fronte si incurva in regolari stratificazioni, quasi affatto sgombre di detrito. A valle, per lungo tratto, sull'erto pendio si vedono le tracce del recente ritiro del ghiacciajo

Ghiacciai di Frébouzie, di Triolet e di Pré-de-Bar. — L'estremo tratto Nord-Est della catena, sino al nodo del Mont Dolent tra Italia, Francia e Svizzera, dà origine, sul versante nostro, a tre magnifici bacini glaciali, che degnamente competono per vastità e per importanza con i massimi del gruppo.

Il più occidentale ghiacciajo di Frébouzie, è chiuso a mezzogiorno dalla estrema digitazione del contrafforte che si stacca dalle Grandes Jorasses: ad Ovest dalla cresta di confine che dalla Punta Whympfer (orientale delle Jorasses) per il Col des Hirondelles (3477 m.) e le Petites Jorasses (3682 m.) si dirige quasi rettilineamente alla Aiguille de Leschaux (3780 m.): a Nord e ad Est del contrafforte di Gruetta

Questo ultimo contrafforte, con il tratto della catena principale che per l'Aiguille de l'Eboulement, il Col de Pierre Joseph e l'Aiguille de Talèfre va all'Aiguille de Triolet, chiude a Sud e ad Ovest il bacino di Triolet, che a Nord e ad Est, per l'arco maestoso dei Monts Rouges (3274 m.), è separato dall'ultimo e più settentrionale ghiacciajo italiano del gruppo, il Pré-de-Bar.

Chiudono questo splendido bacino, oltre ai Monts Rouges testé accennati, l'elevatissima cresta di confine tra l'Aiguille de Triolet e il Mont Dolent (3830 m.). Da questa ardita piramide la cresta, divisoria ormai tra Italia e Svizzera, scende rapidamente ai valichi del Piccolo Ferret e del Grande Ferret, per i quali si ha facile accesso alla Valle Ferret svizzera, e, per essa, a Martigny nella Valle del Rodano.

Due rigonfiamenti simmetrici, dello sperone che scende dai Monts Rouges sul piano di Pré-de-Bar, e della catena tra il Dolent e il Ferret, danno luogo ad un restringimento del vallone per cui scende il ghiacciajo, alla quota di 2500 metri circa. La cascata di seracchi prende quindi un aspetto caratteristico, come di un cucchiajo, che si allarga poi a valle dell'ostacolo. Sarebbe oltremodo curioso studiare direttamente le conseguenze di questa singolare configurazione orografica.

I tre bacini di Pré-de-Bar, di Triolet e di Frébouzie hanno dato luogo ad una serie di indagini topografiche, di segnalazioni e di illustrazioni fotografiche, delle quali rendiamo conto qui appresso.

Il rilevamento delle fronti glaciali di Pré-de-Bar e di Triolet, ed il collegamento con quella di Frébouzie, si sono appoggiati ad una poligonale avente lo sviluppo di sei chilometri e mezzo, tra un punto in faccia al ghiacciajo di Pré-de-Bar, poco sotto i casolari di tal nome (Stazione I), ed un picchetto piantato nel cortile della casa di caccia Savoye, da noi abitata a Lavachey (Stazione XXII).

Per orientare la poligonale, si sono puntati dalle prime tre stazioni i segnali trigonometrici sulle cime del Mont Dolent, della Tête Bernarde, della Chêarfière, e di una punta innominata, quotata 2705 metri sulla carta dell'I. G. M. e su quella svizzera, e collocata lungo la costola rocciosa che scende dalla Chêarfière sopra il vallone di Belle Combe.

Inoltre si è determinato astronomicamente un azimut nella Stazione III, mediante osservazioni solari. Da questo azimut si sono dedotti quelli di tutti i lati della spezzata, senza ricorrere alle osservazioni dei punti geodetici, le quali rimangono come utili elementi di controllo.

Diamo qui sotto, per ognuno dei vertici della rete, la distanza dal vertice successivo, l'azimut della congiungente, e le coordinate ortogonali X e Y, calcolate logaritmicamente a sette decimali e ricalcolate mediante le tavole del prof. Jadanza, per controllo. Come origine degli assi è stata presa la Stazione XXII, dalla quale pure si sono contate le quote, indicate nella penultima colonna. Le altitudini sul livello del mare si ricavarono aggiungendo alle singole quote l'altitudine di Lavachey, data in 1,641 m. dalla carta dell'I. G. M..

Non occorre aggiungere che le coordinate sono dirette secondo il meridiano e secondo la perpendicolare al meridiano dell'origine: la X indica dunque la distanza dal meridiano di Lavachey, la Y la distanza dalla perpendicolare.

Per il modo con il quale i calcoli sono condotti, è evidente che l'azimut, indicato per una stazione determinata, è quello sotto il quale la stazione stessa è veduta dalla stazione successiva. Gli angoli, dati dal tacheometro in misura centesimale, sono stati convertiti in misura sessagesimale.

STAZIONE	D STANZA	AZIMUT	X	Y	QUOTA	ALTITUDINE	
	metri		metri	metri	metri	metri	
XXI .	75,54	350° 57'	- 11,88	+ 74,60	- 0,96	1640,0	
XX .	287,38	92 39	- 275,20	+ 61,31	+ 26,84	1667,8	
XIX .	356,41	7 17	+ 320,38	+ 414,84	+ 4,18	1685,2	
XVIII	99,46	70 6	+ 413,90	+ 448,69	+ 51,13	1692,1	
XVII	104,94	88 32	+ 518,81	+ 451,38	- 51,13	1692,1	
XVI .	111,93	59 50	- 615,58	+ 507,63	+ 60,83	1701,8	
XV .	98,35	29 20	+ 663,76	+ 593,37	+ 66,81	1707,8	
XIV .	181,09	28 45	+ 750,86	+ 752,14	+ 74,28	1715,3	
XIII .	352,39	25 38	+ 903,31	+ 1069,85	+ 88,86	1729,9	
XII .	521,27	54 31	+ 1327,77	+ 1372,43	+ 118,85	1759,9	
XI . .	492,23	28 2	+ 1559,11	+ 1806,86	+ 115,97	1756,0	
X . .	377,24	34 59	+ 1775,42	+ 2115,94	+ 117,15	1758,2	
IX . .	375,36	61 31	+ 1954,43	+ 2445,83	+ 132,23	1773,2	
VIII .	562,05	38 38	+ 2305,34	+ 2884,88	+ 155,06	1796,0	
VII .	404,48	349 44	+ 2233,25	+ 3282,88	+ 159,42	1800,4	
VI . .	211,16	349 52	+ 2196,10	+ 3490,75	+ 188,82	1829,8	
IV . .	497,46	14 56	+ 2324,29	+ 3971,41	+ 294,69	1935,7	Distanza dalla VI.
V . .	390,22	284 34	+ 1946,61	+ 4069,58	+ 312,81	1953,8	Distanza dalla IV.
III . .	435,72	65 26	- 2505,44	+ 4367,68	+ 298,70	1939,7	Distanza dalla IV.
II . .	287,28	45 36	+ 2710,69	+ 4568,68	+ 351,32	1992,3	
I . . .	259,58	7 21	- 2743,90	- 4826,13	+ 376,53	2017,5	
XII ^s	322,97	44 44	+ 1130,62	+ 1299,17	+ 92,11	1733,1	Disten. dalla XIII.

A questa poligonale si sono riferiti i punti dei ghiacciai e delle rispettive morene geometricamente determinati. Le rispettive distanze dalle stazioni, con gli azimut, e le quote, risultano dai quadri qui appresso calcolati:

GHIACCIAIO DI PRÉ-DE-BAR.

Punti collimati dalla stazione I

Numero d'ordine	DISTANZA dalla stazione	AZIMUT contato dal Nord astronomico	Quota rispetto al			
			centro di stazione	piano di Lavachey	livello del mare	
1	100,36	47° 58'	+ 30,55	407,08	2048,1	Segnale n. 1, sulle rocce di sinistra.
2	118,65	53 21	+ 47,16	423,69	2064,7	Rocce calcaree sopra la morena laterale sinistra.
3	156,33	37 50	+ 55,95	431,58	2072,6	Rocce come al n. 2.
4	109,01	17 26	+ 31,32	407,85	2048,9	Morena laterale sinistra.
5	149,69	9 33	+ 35,63	412,16	2053,2	Idem
6	213,69	353 52	+ 55,21	431,74	2072,7	Idem
7	239,59	3 30	+ 59,88	446,41	2087,4	Idem
8	294,60	9 23	+ 90,03	466,56	2107,6	Idem
9	385,61	342 13	+ 115,72	492,25	2133,3	Idem
10	511,70	336 4	+ 161,92	538,45	2179,5	Radice morena laterale sinistra.
11	588,68	327 25	+ 159,89	536,42	2177,4	Orlo sinistro del ghiacciaio.
12	525,78	298 59	+ 132,67	509,20	2150,2	Orlo destro del ghiacciaio
13	425,43	287 52	+ 92,67	469,20	2110,2	Idem
14	444,64	281 24	+ 81,70	458,23	2099,2	Morena laterale destra.
15	416,68	279 5	+ 67,89	444,42	2085,4	Morena laterale destra: presso le rocce.
16	394,39	277 20	+ 87,61	464,14	2105,1	Morena laterale destra.
17	356,21	271 32	+ 36,27	412,80	2053,8	Idem
18	311,94	271 49	+ 18,04	394,57	2035,6	Grosso macigno sulla morena laterale destra.
19	351,96	264 8	+ 32,29	408,82	2049,8	Ai piedi delle rocce che scendono dai Monts Rouges.

Numero d'ordine	Distanza della stazione	Azimut contato dal Nord astronomico	Quota rispetto al			
			centro di stazione	piano di Lavachey	livello del mare	
20	335,88	256° 41'	+ 6,11	382,64	2023,6	Sulle rocce che scendono dai Monts Rouges.
21	326,86	248 44	- 19,57	356,96	1998,0	Segnale n. 2, sopra un macigno di granito rosso.
22	377,87	250 14	+ 6,53	383,06	2024,1	Sulle rocce.
23	152,80	254 19	- 33,75	342,78	1983,8	Sul ghiacciaio, poco sopra la bocca.
24	142,85	253 37	- 35,71	340,82	1981,8	Bocca del ghiacciaio.
25	81,53	271,38	- 25,38	351,15	1991,2	Sulla fronte del ghiacciaio.
26	116,91	327 33	- 2,55	373,98	2015,0	Sull'orlo sinistro del ghiacciaio.
27	207,52	333 31	+ 17,81	394,34	2035,3	Idem
28	310,71	331 23	+ 44,08	420,61	2061,6	Idem
29	116,86	6 10	+ 27,59	404,12	2045,1	Morena laterale sinistra.
30	117,85	66 29	+ 45,64	422,17	2063,2	Morena frontale.
31	131,90	114 14	+ 42,19	418,72	2059,7	Idem
32	185,27	156 55	+ 32,17	408,70	2049,7	Idem
33	231,00	178 7	+ 0,92	377,45	2018,4	Idem

Punti collimati dalla stazione II.

35	160,86	315 23	- 25,26	326,06	1967,1	Morena frontale antica.
36	170,97	275 19	- 44,73	306,59	1947,6	Idem

Punti collimati dalla stazione III.

37	162,61	73 1	+ 53,76	352,46	1993,5	Morena frontale antica.
38	109,84	142 3	+ 12,16	310,86	1951,9	Idem
39	247,38	301 57	+ 40,67	339,37	1980,4	Morena antica del Triolet, sotto i Monts Rouges.

Numero d'ordine	Distanza della stazione	Azimut contato dal Nord astronomico	Quota rispetto al		
			centro di stazione	piano di Lavachey	livello del mare

GHIACCIAIO DI TRIOLET.

Punti collimati dalla stazione IV.

	metri		metri	metri	metri	
40	223,29	102° 1'	- 67,80	+ 226,89	1867,9	Morena frontale esterna (più antica).
41	262,12	96 31	- 66,11	+ 228,58	1869,6	Morena frontale esterna.
42	144,93	111 49	- 45,04	+ 249,65	1890,7	Idem
43	212,83	128 59	- 74,41	+ 220,28	1861,3	Idem
44	285,80	137 49	- 76,28	+ 218,41	1859,4	Idem
45	334,15	145 3	- 77,57	+ 217,12	1858,1	Idem
46	388,87	151 47	- 77,32	+ 217,37	1858,4	Idem
47	452,42	158 54	- 84,87	+ 209,82	1850,8	Idem
48	64,34	325 38	+ 17,18	+ 311,87	1952,9	Vertice della morena laterale sinistra.
50	305,27	279 13	- 23,07	+ 271,62	1912,6	Fronte del ghiacciaio.
51	404,40	265 14	- 25,92	+ 268,77	1909,8	Bocca occidentale del ghiacciaio.

Punti collimati dalla stazione V.

53	298,00	93 49	- 0,52	+ 312,29	1953,3	Innesto della morena laterale sinistra sulle rocce della IV stazione.
54	302,31	78 2	+ 19,29	+ 332,10	1973,1	Segnale n. 3, nelle rocce sopra la morena laterale sinistra.
55	512,86	317 31	+ 153,98	+ 466,79	2107,8	Masso sull'orlo del sassetto quasi nell'asse del ghiacciaio.
56	463,27	325 13	+ 136,20	+ 449,01	2090,0	Masso sull'orlo del sassetto nell'asse del ghiacciaio.
57	437,93	312 33	+ 131,38	+ 444,19	2085,2	Masso a destra dell'asse del ghiacciaio.
58	503,88	297 26	+ 154,25	+ 467,06	2108,1	Cresta della morena laterale destra.
59	300,35	279 10	+ 94,02	+ 406,83	2047,8	Idem
60	243,22	249 11	+ 40,65	+ 353,46	1994,5	Idem

Numero d'ordine	Distanza della stazione	AZIMUT contato dal Nord astronomico	Quota rispetto al			
			centro di stazione	piano di Lavachey	livello del mare	
61	metri 280,89	246° 44'	+ 41,19	+ 354,00	1995,0	Segnale n. 4, sulle rocce sopra la morena destra.
62	307,83	215 4	- 19,42	293,39	1934,4	Cresta della morena laterale destra.

Punti collimati dalla stazione VI.

63	391,39	19 10	+ 41,96	230,78	1871,8	Innesto morena frontale interna su rocce stazione IV.
64	315,75	32 37	+ 19,27	208,09	1849,1	Morena arcuata continuazione precedente.
65	239,47	47 5	+ 9,81	198,63	1839,6	Morena arcuata interna.
66	181,77	57 14	+ 7,12	195,94	1836,9	Idem
67	105,97	65 36	+ 2,21	191,03	1832,0	Idem
68	153,73	159 42	- 25,42	163,40	1804,4	Altra morena più interna
69	84,19	202 22	- 11,05	177,77	1818,8	Morena più interna.
70	206,35	213 5	- 18,02	170,80	1811,8	Estrema morena esterna frontale.
71	260,00	232 31	+ 0,18	189,00	1830,0	Morena laterale destra.
72	277,24	257 56	+ 14,56	203,38	1844,4	Idem
73	276,55	281 23	+ 35,14	223,96	1865,0	Idem

Punti collimati dalla stazione VII

74	540,79	30 23	+ 61,16	220,56	1861,6	Morena frontale esterna
75	482,42	35 56	+ 59,48	218,88	1859,9	Idem
76	428,70	39 56	+ 56,21	215,61	1856,6	Idem
77	358,73	44 25	+ 50,68	210,08	1851,1	Idem
78	289,47	51 11	+ 31,94	191,34	1832,3	Idem
79	232,38	62 30	+ 24,50	183,90	1824,9	Idem
80	192,97	70 41	+ 19,97	179,37	1820,4	Idem
81	155,13	81 30	+ 12,36	171,76	1812,8	Idem
82	118,44	92 19	+ 2,94	162,34	1803,3	Idem
83	88,99	120,21	- 1,17	158,23	1799,2	Idem

Numero d'ordine	DISTANZA della stazione	AZIMUT c. intato dal Nord a. tronomico	Quota rispetto al			
			centro di stazione	piano di Lavachey	livello del mare	
84	74,49	135° 16'	- 4,16	155,24	1796,2	Uscita dalla morena del torrente del Pré-de-Bar.
85	68,50	175 44	- 0 98	158,42	1799,4	Morena frontale esterna: monticello.
86	65,44	196 40	- 2,22	157,18	1798,2	Altra elevazione della morena frontale.
87	53,94	205 43	- 5,05	154,35	1795,4	Uscita del torrente del Triolet.
88	49,20	244 46	+ 0,40	159,80	1800,8	Morena frontale.
89	106,48	280 45	+ 11,55	170,95	1812,0	Idem
90	81,35	301 7	+ 7,59	166,99	1808,0	Torrente del Triolet.
91	59,66	354 46	+ 5,25	164,65	1805,7	Torrente del Pré-de-Bar.

Le tabelle precedenti forniscono il materiale sufficiente per una determinazione geometrica degli elementi topografici relativi alle fronti glaciali di Prè-de-Bar e di Triolet, e del rispettivo apparato morenico antico e recente: serviranno quindi di fondamento sicuro ad ogni valutazione successiva delle vicende di queste due importanti colate di ghiaccio, occupanti i due valloni nell'estremo N. E. del versante italiano del gruppo che prende nome dal sovrano delle Alpi. Perchè nulla manchi alla nostra esposizione, aggiungeremo le osservazioni di controllo, che si ottennero, come dissi, collimando dalle stazioni della poligonale alcuni vertici della rete trigonometrica dello Stato.

Stazioni	Punti trigonometrici collimati	Azimut
I	Δ Testa Bernarda	245° 47'
	Δ Mont Dolent	351 41
	Δ m. 2705 presso Chêarfière	217 3
	Δ Chêarfière	223 4
II	Δ Mont Dolent	338 37
	III	
III	Δ m. 2705 presso Chêarfière	179 19
	Δ Mont Dolent	334 58
	Δ Testa Bernarda	205 41

*Fig. da Triolet(?)
m. 2873.*

Il segnale N. 1 è scolpito sul calcare nero di uno sperone che si stacca dalla cresta di confine verso la Svizzera, dirigendosi esattamente a Sud, sino a perdersi nel manto morenico del Pré-de-Bar. La roccia schistosa, a strati e sfaldature quasi verticali, con vene di calcite bruna, sporge tra i massi morenici di granito a grossa grana (ghiadone), che si spingono ancora più alto.

Il segnale N. 2 è sopra un masso granitico rossiccio alla sommità della morena antica interposta tra il Pré-de-Bar e il Triolet, presso il rivo sopra accennato, e sul lembo del sentiero che conduce al Grapillon. Il sentiero si tiene per un tratto sul culmine della morena. Alla sua destra (a monte) sempre schisti calcarei.

Il segnale N. 3 è sul sentiero. Porta scritto (colorato a minio, come gli altri segnali) 1897: e sotto, scolpito: N. 3 + (nelle rocce sopra la morena sinistra del Triolet).

Il segnale N. 4 è scolpito sulle rocce a destra della morena N. 4 + 1897.

Le rocce a N.-N.-O. del segnale N. 2, presso i punti designati con i numeri 19 e 20, sono arrotondate e striate.

La Stazione III è posta sopra un'eminanza rocciosa formata di schisti calcarei neri, nel letto del torrente, sul quale scende a picco per ben 30 metri. La scistosità è quasi verticale, e nel senso del corso d'acqua.

GHIACCIAIO DI FRÉBOUZIE. — I punti del ghiacciaio di Frébouzie determinati mediante misure angolari dai vertici della poligonale sono i seguenti:

92: Morena antica: limite del ghiacciaio nel 1816, secondo una tradizione riferita da Barmaz.

93: Altro punto della medesima morena frontale. Si può ritenere che questi punti diano la massima espansione del ghiacciaio nella fase di aumento della prima metà del secolo decimonono.

94: Segnale N. 5, sulla sinistra del ghiacciaio.

95: Pietra sull'estremità inferiore del ghiacciaio, coperta da detriti.

96: Bocca del ghiacciaio, visibile dalla strada di valle.

I primi due punti (92 e 93) sono stati osservati con tacheometro e stadia dalla Stazione XV: ne ricaviamo tosto le coordinate:

Numero d'ordine	92	93
Distanza dalla Stazione:	503 ^m ,12	395 ^m ,07
Azimut dal Nord astronomico:	355°13'	348°29'
Quota rispetto al centro di stazione:	+ 48 ^m ,40	+ 26 ^m ,40
Quota rispetto al piano di Lavachey:	115 ^m ,21	93 ^m ,21
Quota rispetto al livello del mare:	1756 ^m ,2	1734 ^m ,2

Dei punti 94, 95, 96 gli azimut sono stati determinati come segue:

Stazione XII bis	Punto 94	Punto 95	Punto 96
" XIII	—	—	286° 47'
" XIV	—	—	300 23
" XV	334° 0'	326° 58'	316 15
" XVI	337 19	330 37	323 32
" XVII	341 46	335 15	—
" XX	353 20	—	—

Per ricavare da questi azimut e dalle coordinate delle stazioni le coordinate dei singoli punti, osservo che, dette X e Y le coordinate di una stazione, x e y quelle di un punto, A e D l'azimut e la distanza di questo da quella, si ha

$$x - X = D \sin A, \quad y - Y = D \cos A.$$

Eliminando D, si ottiene un'equazione di condizione della forma

$$a x + b y + c = 0,$$

dove

$$a = \cos A, \quad b = -\sin A, \quad c = Y \sin A - X \cos A = -(aX + bY)$$

La risoluzione del sistema di 5 equazioni relativo al punto 96 ci dà, applicando il metodo dei minimi quadrati, le seguenti equazioni normali:

$$+ 2,21536 x + 2,16483 y - 3268,85 = 0,$$

$$+ 2,16483 x + 2,78464 y - 4496,70 = 0.$$

Di qui si ricavano i valori delle coordinate del punto stesso rispetto alla solita origine (Stazione XXI):

$$X_{96} = - 426^m,23, \quad Y_{96} = + 1946,17.$$

Analogamente si ottengono le equazioni normali per i punti 94 e 95:

$$(94) \left\{ \begin{array}{l} + 3,55146 x + 1,16230 y - 2419,00 = 0, \\ + 1,16230 x + 0,45227 y - 908,44 = 0, \end{array} \right.$$

$$(95) \left\{ \begin{array}{l} + 2,28682 x + 1,26474 y - 2021,57 = 0, \\ + 1,26474 x + 0,71319 y - 1141,41 = 0, \end{array} \right.$$

donde

$$X_{94} = + 149,47, \quad Y_{94} = + 1624,50;$$

$$X_{95} = - 58,14, \quad Y_{95} = + 1703,54.$$

Le quote di questi tre punti si ricavano con semplicissimo calcolo dalle loro altezze angolari misurate sull'orizzonte delle singole stazioni, e dalle loro distanze da queste. Calcolate le distanze mediante la

$$(x - X)^2 + (y - Y)^2 = D^2$$

si ha subito, dette α le altezze:

$$h = D \operatorname{tg} \alpha.$$

Alla h bisogna aggiungere l'altezza dell'istrumento e la quota della stazione, per avere la quota del punto collimato. Ogni stazione darà una quota: la media aritmetica si adotta come quota definitiva.

Ecco i risultati:

Quota del punto 94:

Dalla Stazione xv = 382,91, dalla xvi = 385,31, dalla xvii = 384,05, dalla xx = 385,90.

L'accordo è più che soddisfacente: adottato come quota definitiva (sulla Stazione XXI):

metri 384,54,

e sul livello del mare metri 2025,5.

Quota del punto 95:

Dalla Stazione xv = 405,84, dalla xvi = 405,38, dalla xvii = 404,86,

con accordo ancor migliore: e in media, sulla Stazione XXI:

metri 405,36,

e sul livello del mare metri 2046,4.

Quota del punto 96:

Dalla Stazione XII bis = 516,76, dalla XIII = 533,79, dalla XIV = 532,94, dalla XV = 520,18, dalla XVI = 526,04.

Le forti discordanze tra questi cinque valori sono perfettamente giustificate in primo luogo dalla grande distanza del punto dalle stazioni (tra 1600 e 1800 metri), poi dal notevole dislivello, infine dall'incertezza del punto collimato, definito come « bocca visibile del ghiacciaio ». È quasi certo che il punto così individuato non fu il medesimo ad ogni stazione, mutando l'aspetto della fronte glaciale veduta dai successivi vertici della poligonale. Ad ogni modo, data l'impossibilità di una identificazione più sicura, possiamo ritenere che la quota della bocca del ghiacciaio fosse, sulla stazione XXI, di

metri 525,94,

e sul livello del mare di metri 2166,9.

La distanza tra i punti 92 e 95 misura presumibilmente la retrocessione del ghiacciaio dal 1816 al 1897: essa è del medesimo ordine di grandezza di quella osservata nel vicino e similmente orientato bacino del Triolet.

Tutto il rilevamento dei tre ghiacciai principali della Valle Ferret essendo appoggiato alla poligonale da Lavachey e Pré-de-Bar, non è sembrato superfluo riferire il luogo del picchetto nella Stazione XXI ad un punto di facile identificazione nell'avvenire. Si è scelto a tale uopo un grosso macigno addossato alla casa di Lavachey, la cui posizione è stata determinata come segue:

Dalla Stazione XXI:

$$x = + 11,41, \quad y = - 64,16, \quad \text{Quota} = + 2,34.$$

Dalla Stazione XXII:

$$x = - 0,49, \quad y = + 10,49, \quad \text{Quota} = + 1,32.$$

Ricordando le coordinate e la quota della stazione XXI rispetto alla XXII:

$$x = - 11,88, \quad y = + 74,60, \quad \text{Quota} = - 0,96.$$

otteniamo, per il luogo della pietra rispetto all'ultima stazione:

$$x = - 0,47, \quad y = + 10,44, \quad \text{Quota} = + 1,38.$$

I risultati sono concordanti: in media avremo, nel sistema di riferimento adottato:

$$x = - 0^m,48, \quad y = + 10^m,47, \quad \text{Quota} = + 1^m,35.$$

*
* *

La fronte del ghiacciaio della Brenva, con gli apparati morenici antichi e recenti che ne dipendono, è stata rilevata con tacheometro e stadia il 24 agosto 1897. Si è fatto stazione sopra un grosso trovante della morena laterale sinistra, a poca distanza dal Châlet Joseph Proment. Le letture azimutali si sono ridotte al vero azimut astronomico, mediante una determinazione di tale elemento, eseguita con osservazioni solari.

Nel quadro che segue diamo i risultati del rilevamento, e cioè: la distanza di ogni punto dal centro di stazione, espressa in metri e ridotta all'orizzonte; l'azimut assoluto; la quota sul piano orizzontale della stazione; un cenno monografico per ciascun punto.

Punto	DISTANZA	AZIMUT	QUOTA	CENNI MONOGRAFICI
	metri			
1	109,10	162° 2',4	- 25,47	Ponticello sull'emissario della Brenva.
2	207,07	155 44,4	- 40,62	Ponticello sulla Dora di Val Veni, sotto Notre Dame de la Guérison
II — 3	329,06	135 27,6	+ 30,94	Stazione fotografica sul poggio vicino a Notre Dame.
x 4	349,00	192 45,0	+ 36,49	Culmine antico deposito morenico sulla destra della Dora.
x 5	350,00	194 31,8	+ 44,55	Sotto il Jardin des Italiens.
x 6	375,00	196 19,8	+ 56,72	Terrazzo di Alexis Pluchod (Jardin des Italiens).
x 7	382,00	201 49,2	+ 53,89	Sul deposito morenico, oltre il terrazzo, alla estremità del bosco.
8	340,00	169 40,2	+ 26,00	Sulla morena tra il chalet Pluchod e il Santuario.
9	330,00	161 1,2	+ 23,89	Sulla morena, più presso al Santuario.
10	312,00	128 37,8	- 4,97	Culmine della morena sulla riva destra della Dora.
11	327,00	123 48,6	- 17,17	Nella morena della riva destra.
12	324,00	117 22,2	- 41,07	Idem.
x 13	354,00	244 13,8	+ 78,61	Sul ciglio della fronte glaciale.
x 14	400,00	246 22,2	+ 93,10	Idem.
x 15	457,00	230 49,2	+ 83,10	Cordone inferiore della morena destra.
16	486,00	233 18,6	+ 92,92	Idem.
17	495,00	230 13,2	+ 110,54	Culmine della morena destra.
18	473,00	227 22,2	+ 99,82	Idem.
19	445,00	223 19,8	+ 80,62	Idem.
20	435,00	218 46,8	+ 62,54	Idem.
21	411,00	220 8,4	+ 58,87	Idem.
22	421,00	212 53,4	+ 43,24	Ultimo lembo della morena destra, presso la Dora.
23	379,00	214 33,0	+ 31,36	Poco sotto alla morena destra.
24	365,00	217 37,8	+ 33,97	Cordone inferiore della morena destra.
25	388,20	219 22,2	+ 44,86	Segnale N. S : sotto il Jardin des Italiens.
x 26	387,00	221 45,6	+ 50,91	Cordone inferiore morena destra.

Punto	DISTANZA	AZIMUT	QUOTA	CENNI MONOGRAFICI
	metri		metri	
27	378,00	229° 48',6	+ 38,79	Bocca del ramo destro del ghiacciaio.
28	373,00	233 7,2	+ 43,26	Fronte del ghiacciaio: ramo destro.
29	318,00	222 19,8	+ 25,22	Morena fra le due bocche del ghiacciaio.
30	314,00	223 38,4	+ 23,40	Stazione fotografica sulla morena frontale tra le due bocche.
31	279,00	217 12,6	+ 9,98	Nella morena frontale.
32	223,00	205 15,6	- 6,70	Sull'arco morenico frontale esterno, presso la Dora.
33	283,00	226 20,4	+ 12,72	Estrema lingua di ghiaccio.
34	250,00	230 18,0	+ 10,81	Fronte del ghiacciaio: ramo s'istiro (a destra della bocca).
35	237,50	234 41,4	+ 10,98	Bocca del ghiacciaio: ramo s'istiro.
36	222,00	238 17,4	+ 10,98	Fronte del ghiacciaio: ramo s'istiro (a sinistra della bocca).
37	199,00	241 30,6	+ 9,75	Idem.
38	44,60	89 7,8	- 7,46	Estremità del cordone morenico sul quale sorge la stazione.
39	69,70	42 37,2	+ 1,69	Estremità della morena laterale sinistra principale.
40	66,70	340,8	+ 15,13	Culmine della morena principale sinistra.
41	91,60	328 4,8	+ 28,17	Culmine della morena, sopra il chalet Proment.
42	111,60	323 54,0	+ 33,62	Morena, oltre il chalet Proment, sotto il culmine.
43	140,50	308 9,0	+ 47,43	Culmine della morena sinistra, presso il segnale N. 7.
44	133,30	308 59,4	+ 44,11	Segnale N. 7: sulla morena laterale principale sinistra.
45	199,10	296 24,6	+ 60,17	Culmine della morena sinistra.
46	347,00	284 1,2	+ 96,48	Culmine della morena: fantoccio rappresentante Annibale.
47	376,80	280 0,6	+ 89,06	Primo cordone interno a sinistra.
48	320,20	280 30,0	+ 70,36	Idem.
49	270,40	279 38,4	- 53,63	Idem.
50	222,30	280 14,4	+ 39,04	Primo cordone interno a sinistra: innesto nella morena frontale.

Punto	DISTANZA	AZIMUT	QUOTA	CENNI MONOGRAFICI
	metri		metri	
51	190,30	277° 19',8	+ 27,00	Morena frontale: innesto con il cordone interno di sinistra.
52	149,30	272 56,4	+ 18,83	Morena frontale
53	140,70	263 25,2	+ 14,13	Idem.
54	145,80	258 25,8	+ 14,02	Idem.
55	133,20	257 23,4	+ 11,02	Idem.
56	138,50	252 13,2	+ 8,78	Idem.
57	115,00	248 25,2	+ 4,27	Idem.
58	130,00	244 18,0	+ 4,83	Idem.
59	126,00	231 11,4	- 2,75	Sotto la morena frontale: emissario di sinistra.
60	146,00	222 45,0	+ 1,83	Sulla morena frontale: tra i due emissari.
61	163,00	215 24,6	- 1,34	Idem.
62	173,60	210 27,0	- 7,35	Sulla morena frontale: presso l'emissario di destra.
63	163,00	229 27,0	+ 2,78	Fra i due emissari.
64	153,00	234 54,6	+ 4,46	Idem.
65	166,00	236 34,8	+ 8,25	Idem.
66	186,00	232 9,0	+ 5,22	Idem.
67	188,00	237 25,8	+ 7,21	Idem.
68	171,00	242 20,4	+ 5,95	Fra i due emissari: presso l'emissario di sinistra.
69	173,90	252 2,4	+ 9,76	Idem.
70	182,60	260 59,4	+ 16,17	Fronte del ghiacciaio.
71	192,60	266 23,4	+ 22,13	Presso la grotta artificiale Proment.
72	220,00	268 15,6	+ 25,94	Presso la grotta Proment.
73	240,00	269 31,2	+ 31,81	Fronte del ghiacciaio
74	256,00	271 11,4	+ 34,98	Idem.

Riserviamo ad altra occasione una approfondita discussione sopra le vicende di questo ghiacciajo, che per la facilità di accesso, per la sua vicinanza a centri importanti di abitazione, per la sua altitudine nelle

parti terminali, notevolmente inferiore a quella di ogni altro ghiacciajo delle Alpi italiane, ha potuto sin dai primi decenni del secolo XIX essere oggetto di accurati studi. Non possiamo tuttavia esimerci dal confrontare brevemente i risultati nostri con quelli ottenuti dai precedenti osservatori.

La storia delle variazioni di lunghezza della Brenva è stata raccolta dal Forbes per il periodo compreso tra il grande avanzamento del 1818 e il 1846. Dall'opera di questo autore *Occasional Papers on the Theory of Glaciers* si ricava che dal 1818 sin verso il 1842 il ghiacciajo fu in costante diminuzione. La fronte che, verso il 1818, s'insinuava sin sotto al vertice del cuneo formato dalla confluenza del torrente di Toulà con la Dora di Val Veni, si era nel 1842 ritirata di circa 1000 metri. Nel periodo fra il 1842 e il 1846 (e presumibilmente sino al 1850, se si ammette che la Brenva abbia seguito l'avanzamento generale della metà di secolo), una nuova spinta portava la linea terminale ancora molto innanzi, meno tuttavia che nel 1818: è a questa fase che si può ragionevolmente attribuire la costruzione del cordone morenico interno, al quale appartengono i punti 47, 48, 49, 50 del nostro rilevamento, e quella di una morena frontale, di cui il cordone sul quale fu fatta stazione rappresenta un residuo, rimaneggiato dalle acque di scolo (1).

È degna di speciale attenzione una nota del Forbes, relativa al progresso del ghiacciajo nei due mesi estivi del 1845. L'essersi la fronte avanzata di ben ventidue metri appunto nella stagione in cui massima è l'ablazione, prova che le teorie secondo le quali le variazioni proven-

(1) Nel 1851 Bartolomeo Gastaldi scriveva:

« La strada è aperta sur una parete la quale cade a picco sulla Brenva: noi ci « troviamo così ad aver sotto ai piedi l'estremità terminale del ghiacciajo. La Brenva, « uscendo da un profondo burrone del Monte Bianco, si avvanza nella valle della « Léz-Blanche, dirigendosi obliquamente a quella dall'occidente all'oriente, nel senso « della china. La massa di ghiaccio colante non s'arresta punto, incontrando la Dora, « ma le passa sopra, imponendole un largo ponte di ghiaccio, in cui pesano a mi- « gliaia i metri cubi. Dal punto in cui siamo l'orecchio ode le acque del torrente « rumoreggiare sotto la volta di ghiaccio, e l'occhio le vede uscire spumanti dalla « porta azzurra aperta nella scarpa terminale del ghiacciajo. La Brenva, dopo di es- « sersi recentemente ritirata ora è stazionaria. Un occhio attento discerne, a qualche « metro di distanza dalla linea cui si arresta, le tracce della morena frontale che il « ghiacciajo aveva abbozzato prima di battere in ritirata. La guida intanto non man- « cherà di dirci che nel 1818 si poteva col bastone toccare il ghiaccio della strada « su cui siamo, benchè sia oggidì elevata di alcuni metri sul livello del ghiacciajo. »

gono essenzialmente dall'alimentazione meritano la preferenza rispetto a quelle che attribuiscono esagerata importanza al fattore del consumo. Il processo di espansione trae la sua origine dall'aumentata potenza dei depositi accumulati nei bacini superiori durante una serie di annate più umide e più fredde del normale; quando, come nel caso citato, la spinta in avanti è più forte, non basta il massimo dell'ablazione estiva a mascherarne gli effetti.

Per questi, e per analoghi studi, che si collegano all'interpretazione fisica del meccanismo che opera nei fenomeni glaciali, la Brenva è particolarmente designata dalle accennate comodità di accesso e di dimora, e più dalle sue condizioni di sensibilità, dovute alla grande pendenza ed alla estensione del bacino alimentante, che occupa un vasto circo elevatissimo, racchiuso dall'arco semicircolare concavo che dalla cima del Monte Bianco per il Corridor e il Mont Maudit va alla Tour Ronde.

È molto ragionevole il credere che questo bacino di ben dieci chilometri quadrati di area raccolga non soltanto la neve che vi cade direttamente, e quella che in valanghe vi precipita dalle ertissime cime circostanti, lungo le dirupate pareti dei monti accennati e del contrafforte del Pétéret (Aiguille Blanche, Dames Anglaises, Aiguille Noire), ma ancora una grande massa pulverulenta, sollevata dalla tormenta alla superficie dei vasti altipiani ghiacciati del versante francese, e trasportata al disopra della cresta di confine.

La corrente di ghiaccio che effluisce dal circo superiore è costretta a scendere entro un vallone relativamente angusto, di pareti quasi verticali, incontrando qua e là prominente rocciose, bernoccoli giganteschi, come la *Pierre-à-Moulin* tanto nota ai visitatori del Santuario di *Nôtre Dame*. La presenza di tali soluzioni di continuità nel regolare declivio della montagna crea le condizioni per un regime irregolare del ghiacciajo, tutto frantumato, irto di seracchi e di profonde crepacce longitudinali, solcato nelle ore più calde da una successione non interrotta di valanghe.

Possiamo ritenere che il movimento di regresso iniziato nel 1850 abbia continuato senza interrompersi fino al 1879, anno nel quale una accurata esplorazione del ghiacciajo veniva eseguita dal professore Martino Baretta e dal geometra G. G. Marengo. Dobbiamo al secondo una succinta, ma pregevole relazione, pubblicata nel *Folleto del Club Alpino Italiano* (volume XV, numero 45), e corredata di una piccola mappa della regione frontale, alla scala di 1:20000.

Dal confronto di questo disegno con quello che si ricava dai nostri dati appare evidente che il regresso tra il 1879 e il 1897 non si è mantenuto nelle proporzioni del periodo precedente. Pare che la grande ripidezza della corrente glaciale non consenta l'arrestarsi della fronte molto più a monte: l'impoverirsi delle riserve superiori non dovrebbe più, oltre un certo limite, rendersi sensibile per una retrogradazione della fronte, ma solamente per un generale sminuirsi del volume e quindi dello spessore. Questa congettura per ora non può fondarsi che sopra un paragone molto sommario delle osservazioni fatte dal Baretti e dal Marengo nel 1879 con le nostre nel 1897, e sopra alcune notizie molto vaghe, raccolte da noi nell'ultima campagna. Essa troverà la sua conferma in una nuova esplorazione, che è ormai urgente, e che potrà dare occasione ad una esauriente discussione di tutto il materiale raccolto sino ad oggi dagli studiosi che si occuparono di questo classico ghiacciajo.

Aggiungo alcuni cenni sui segnali da noi collocati (N. 7 e 8), e sull'allineamento che ne è determinato.

Il numero 7, segnato con la data, una croce e le iniziali, scolpite in un masso e colorate con minio, si trova sul culmine della magnifica morena rettilinea principale di sinistra, poco sopra la nostra stazione, della quale sta quasi esattamente a Nord-Ovest, presso il Châlet di Joseph Proment.

Il segnale numero 8, pure indicato con le convenzioni consuete, sta sul cordone morenico che si stacca dalla grande morena laterale destra, prima che questa vada a perdersi contro la Dora, in faccia al belvedere del Jardin des Italiens.

L'allineamento tra i due segnali passa qualche metro appena più a monte delle estreme propaggini spinte innanzi dal ramo sinistro del ghiacciajo, il quale, contrariamente a quanto appare dalla carta del Marengo, è (nel 1897) molto più avanzato del ramo destro. L'insenatura, che nella carta è appena accennata tra i due rami, ha cacciato nei 18 anni successivi un vero cuneo tra l'una e l'altra fronte, dividendo in due anche il corso dell'emissario che, a quanto sembra, nel 1878 sboccava unico dall'insenatura stessa, ed ora esce in due distinte bocche a destra ed a sinistra.

Si presenta naturale l'ipotesi di una morena di fondo triangolare, che il ritiro del ghiacciajo tra il 1878 e il 1897 abbia messo allo scoperto: ma evidentemente l'ipotesi non regge, se si ammette che prima del 1878 le acque di scolo sgorgassero in massa unica appunto nel luogo

occupato dalla morena stessa. Se la biforcazione subglaciale delle acque è, come tutto sembra attestare, un fatto recente, ciò contraddice in modo assoluto alla preesistenza di un deposito morenico. Piuttosto si potrebbe ammettere la presenza di un rigonfiamento roccioso analogo a quello costituente la *Pierre-à Moulin*, e nascosto sotto i ghiacci della fronte, che lo scavalcavano. Il ritirarsi della fronte avrebbe condotto all'affioramento di questa roccia, poi ricoperta da detriti, ed al biforcarsi del torrente di sfogo.

Se e come una di queste differenti interpretazioni si adatti alla verità dei fatti non può essere deciso, fuorchè per una diligente esplorazione del terreno, ed una indagine sopra i fenomeni che si sono verificati dal 1897 ad oggi.

Un indugio ulteriore sarebbe deplorabile, poichè il ghiacciajo è, come abbiamo detto, tra i più sensibili alle cause che tendono a modificarne il regime, e presenta quindi una grande rapidità di trasformazioni successive nel suo aspetto.

Sarebbe anzi, per siffatta considerazione, singolarmente raccomandabile una sistematica e continua investigazione dei fenomeni più importanti, alla quale facilmente si potrebbe attendere, dimorando per qualche mese d'estate nel Châlet Proment.

Quando si pensa che migliaia di visitatori vanno annualmente a vedere la Brenva da questo Châlet o da Nôtre Dame, che ben duecentomila metri quadrati di terreno sono alternativamente coperti o lasciati a nudo dal ghiacciajo nelle sue gigantesche fluttuazioni, che il corso stesso della Dora di Val Veni rimane talvolta coperto dal ghiaccio, sotto il quale le acque si scavano un passaggio (come avvenne per tutta la prima metà del secolo decimonono), che infine a tanto enormi variazioni di volume della massa fondente corrisponder debbono altrettanto grandi variazioni di portata nella massa d'acqua che ne effluisce, e quindi conseguenze economiche degne del massimo studio, non si comprende come l'indifferenza per questo problema non sia stata scossa nè dalla curiosità, nè dalle considerazioni scientifiche, nè dalle pratiche utilità, oggi tanto cresciute per il nuovo uso delle forze idrauliche.

Eppure il nostro paese non ascolta, non vuole ascoltare la voce dei pochi solitari, che consigliano questa ricerca. Dalle Società di *Sport* e di Geografia ai Corpi dello Stato ed alle Accademie, quanti furono sollecitati risposero con rifiuti o con vane parole evasive. L'Accademia dei Lincei nel 1872 stanziò una somma di 500 lire, assegnata, secondo l'uso invalso tra noi, non a promuovere ricerche affidate a persone competenti,

bensi a premiare il vincitore di una gara. Tale esempio fu negli ultimi anni seguito dal Club Alpino Italiano: ma i risultati furono in un caso e nell'altro tali da dimostrare l'inapplicabilità del criterio adottato. E per vero, quale stimolo può dare l'incerta prospettiva di un premio di poche centinaia di lire per un lavoro faticoso e costoso, che ne domanda molto più per le spese? Se una somma in denaro, per quanto esigua, è sempre accetta per colui che in essa vede il riconoscimento di un servizio reso alla scienza, per il modesto studioso di gabinetto e di tavolino, altrettanto non può dirsi per colui che deve ottenerlo anticipando somme ben maggiori.

D'altra parte, è ovvio che la conservazione dei segnali apposti e la revisione del lavoro fatto sui ghiacciai non potrebbero rimanere compito esclusivo di una sola persona, per quanto provvista di mezzi e animata dalla migliore volontà: le mutate condizioni di residenza, di mezzi economici, di età, di opportunità possono in mille modi diversi interrompere la continuità di una esplorazione che, una volta iniziata, dovrebbe passare nel dominio pubblico, insieme con i risultati acquisiti e con l'obbligo di proseguirla.

In base a queste considerazioni, dopo cinque anni di vani sforzi per indurre quanti in Italia si occupano di Geografia e di Alpinismo scientifico ad assumere un contegno più attivo, rispetto a questa materia del movimento dei ghiacciai, mi sono deciso a licenziare alla stampa una relazione, necessariamente non compiuta, di quanto nel 1897 fu operato con grande disagio dal Druetti e da me, per dare all'Italia una monografia illustrativa dei ghiacciai che scendono dalle dirupate pareti meridionali del colosso delle Alpi.

Ho creduto mio dovere e mio diritto rompere ogni indugio, anche per il pensiero della responsabilità che mi incombe in faccia ai miei colleghi della Commissione Internazionale, i quali vollero scegliermi a successore di Giovanni Marinelli quale rappresentante del nostro paese.

Io non oso sperare che la presente pubblicazione giovi ad altro, fuorchè ad assicurare al pubblico in modo imperituro la conservazione delle notizie, mediante le quali sarà possibile ricostruire la descrizione dei ghiacciai di Courmayeur nel 1897. Credo tuttavia che il ristretto e più modesto risultato sia raggiunto: e se avverse vicende non consentiranno a me o ad altri di compir l'opera pubblicando lo studio illustrativo esauriente dei ghiacciai medesimi ed assicurandone per l'avvenire l'esplorazione sistematica, rimarrà ad ogni modo acquisito alla scienza

il frutto di un lavoro condotto forse con piccola autorità e scarsa competenza, ma certamente con sincero entusiasmo, con intensa applicazione e con sacrificio non lieve di tempo e di denaro.

*
* *

A P P E N D I C E .

Nella monografia che precede si è accennato parecchie volte alla determinazione astronomica degli azimut, cui si è fatto ricorso per orientare i rilevamenti topografici. Non mi pare inutile esporre qui il metodo da noi tenuto, che trova frequente applicazione così nella topografia, come nelle misure magnetiche assolute, e in ogni altra operazione per cui giovi arrivare speditamente alla conoscenza esatta della direzione del meridiano.

L'uso della bussola dovendo essere assolutamente respinto per le incertezze alle quali dà luogo, specialmente nei terreni serpentinosi, che abbondano nelle nostre montagne, l'orientazione esatta non si può avere altrimenti che con collegamenti spesso laboriosi, e talora impossibili, alla rete trigonometrica dello Stato, oppure con dirette osservazioni astronomiche.

Queste rappresentano il mezzo più sicuro e più economico per ottenere in brevè tempo l'orientamento richiesto, e sarebbero in uso generalmente presso i topografi e i fisici, come lo sono presso gli uomini di mare, se non fosse opinione comune in Italia, professata nelle Facoltà Universitarie e ribadita persino negli ultimi regolamenti del Ministro Nasi, che l'Astronomia sia una scienza a sè, priva di ogni nesso e di ogni applicazione pratica, inutile ai cultori delle scienze sperimentali e dell'ingegneria.

Eppure è manifesto che i procedimenti astronomici sono spesso indispensabili e talora evitano lunghe e laboriose operazioni indirette, nella soluzione di problemi fisici e geografici, dove la loro applicazione si può rendere estremamente facile e semplice.

Nel caso nostro ogni strumento munito di due cerchi, come un teodolite od un tacheometro, può fornire con una semplice osservazione di altezza e di azimut la direzione del meridiano, spinta ad una approssimazione di gran lunga maggiore di quelle fornite dai metodi indiretti.

L'astro più conveniente in queste misure è il sole, che conviene osservare parecchie ore prima o dopo il suo passaggio al meridiano. Si collima con sufficiente precisione al centro del disco badando che i due fili di mezzo, orizzontale e verticale, dividano il disco stesso in quattro parti o quadranti uguali, cosa che con un poco di attenzione e di pratica si ottiene facilmente per tentativi, muovendo con le viti dei piccoli spostamenti il cannocchiale simultaneamente in altezza e in azimut, finchè la condizione appare all'occhio soddisfatta precisamente. Si leggono i due circoli e, se si vuole anche l'ora esatta, si determina insieme l'istante in cui il sole fu osservato in tempo dell'orologio.

Ciò posto, ecco come si procede. La distanza zenitale osservata si corregge per la refrazione media, quando la temperatura eccessiva non obblighi a tener conto del fattore termometrico, o l'altitudine della stazione non importi una considerevole diminuzione di pressione. La distanza zenitale corretta z , il complemento della latitudine geografica φ (che si ricava con sufficiente approssimazione da una carta al 50,000) e il complemento della declinazione solare δ (dedotto dalla *Connaissance des temps* o dal *Nautical Almanac*) sono i tre lati di un triangolo sferico, nel quale sono incogniti l'azimut A del Sole, l'angolo orario t e il terzo angolo interno.

La formula di risoluzione di un triangolo sferico, quando si cerchi un angolo A , dati i tre lati a , b , c , si scrive comunemente:

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{\sin(\sigma-b) \sin(\sigma-c)}{\sin \sigma \sin(\sigma-a)}}$$

dove

$$\sigma = \frac{1}{2} (a + b + c).$$

Ponendo

$$\frac{\sin(\sigma-a) \sin(\sigma-b) \sin(\sigma-c)}{\sin \sigma} = k^2$$

si ricava subito

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} A = \frac{k}{\sin(\sigma-a)} \quad \operatorname{tg} \frac{1}{2} B = \frac{k}{\sin(\sigma-b)} \quad \operatorname{tg} \frac{1}{2} C = \frac{k}{\sin(\sigma-c)}.$$

L'uso di queste notazioni, e delle

$$\sigma-a = \alpha, \quad \sigma-b = \beta, \quad \sigma-c = \gamma,$$

dovuto al Döllén, rende facile e spedita la risoluzione del problema nei casi speciali. Per controllo servono le formule :

$$\alpha + \beta + \gamma = \sigma, \quad \operatorname{tg} \frac{1}{2} A \operatorname{tg} \frac{1}{2} B \operatorname{tg} \frac{1}{2} C = \frac{k}{\sin \sigma}$$

Servirà come esempio numerico, e come dimostrazione della semplicità dei calcoli, la deduzione dell'azimut dalle osservazioni fatte alla Brenva il 24 agosto 1897.

Le distanze zenitali del sole, osservate in due opposte posizioni del circolo verticale del tacheometro, risultarono di $69^{\circ} 62'$ a $16^{\text{h}} 37^{\text{m}} 38^{\text{s}}$ dell'orologio, e di $70^{\circ} 29'$ a $16^{\text{h}} 41^{\text{m}} 0^{\text{s}}$. Osservo in primo luogo che l'aumento della distanza zenitale con il tempo è in accordo con il fatto dell'ora pomeridiana.

La riduzione delle letture centesimali fatte sul tacheometro in gradi sessagesimali si fa nel modo più spedito, togliendo un decimo al valore letto, e moltiplicando la parte frazionaria che si ottiene per 0.6. Così :

$$69^{\circ} 62' = 69.62 = 69.6 = 62^{\circ}.66 = 62^{\circ} 39'.6$$

$$70^{\circ} 29' = 70.29 = 70.3 = 63^{\circ}.26 = 63^{\circ} 16'.6.$$

La refrazione media che compete a queste due distanze zenitali è $1' 52'' 4$, $1' 55'' 2$: in media $1',9$, e, correggendo per il fattore barometrico, $1',7$, quantità della quale la distanza osservata dev'essere *aumentata*, per dare la distanza zenitale *vera*.

La declinazione del sole a mezzogiorno medio di Parigi era data per il 24 agosto 1897 dalla *Connaissance des temps* in $\delta = 10^{\circ} 56',3$. Essendo la variazione oraria di tale elemento data per lo stesso giorno in $- 0',9$, si può ritenere per l'istante dell'osservazione $\delta = 10^{\circ} 52',9$.

Il massimo di variazione oraria della declinazione solare non arriva a un minuto d'arco, intorno agli equinozi: si vede dunque che l'incertezza prodotta nell'interpolazione dall'errore di un'ora nel computo del tempo introduce un errore trascurabile nei dati del problema.

La latitudine, ricavata dalla carta dell'Istituto Geografico Militare, si ritenne uguale a $45^{\circ} 49',0$.

Ecco dunque i calcoli ed i risultati :

$\hat{\rho}$	10° 52',9	10° 52',9	$\sigma - a \equiv \alpha$	13° 52',6	14° 10',6	k	9,48000	9,48365
$\hat{\psi}$	45 49,0	45 49,0	$\sigma - b \equiv \beta$	48 48,7	49 6,7	sinz	9,37991	9,38901
λ	62 41,3	63 17,3	$\sigma - c \equiv \gamma$	30 18,4	30 0,4	k	9,48000	9,48365
a	79 7,1	79 7,1	$\alpha + \beta + \gamma$	92 59,7	93 17,7	sin β	9,87653	9,87851
b	44 11,0	44 11,0	sinz	9,37991	9,38901	k	9,48000	9,48365
c	62 41,3	63 17,3	sin β	9,87653	9,87851	sin γ	9,70297	9,69906
2 σ	185 59,4	186 35,4	sin γ	9,70297	9,69906	tg 1/2 A	0,10009	0,09464
σ	92 59,7	93 17,7	logk ²	8,95941	8,96658	tg 1/2 B	9,60347	9,60514
			logk	9,99941	9,99928	tg 1/2 C	9,77703	9,78459
						k	9,48000	9,48365
						sinz	9,99941	9,99928
						Prodotto	9,48059	9,48437
						k: sinz	9,48059	9,48437

Prova

Si ricava dai due valori di $\text{tang } 1/2 A$:

$$1/2 A = 51^{\circ} 32',7, \quad 1/2 A = 51^{\circ} 11',7 \text{ e quindi } A = 103^{\circ} 5',4, \quad A = 102^{\circ} 23',4.$$

L'angolo A essendo interno al triangolo fra il sole, lo zenit e il polo, misura l'azimut vero del sole, contato dal Nord verso Ovest (perchè l'osservazione è stata fatta nelle ore pomeridiane). Per aver l'azimut contato all'uso geodetico da Nord verso Est, bisogna prendere $360^{\circ} - A$ e così si ottiene per azimut del sole nelle due osservazioni:

$$256^{\circ} 54',6, \quad 257^{\circ} 36',6,$$

ossia, in misura centesimale

$$285^{\circ} 46, \quad 286^{\circ} 23.$$

Le letture corrispondenti sul circolo azimutale erano $266^{\circ} 44$ e $267^{\circ} 16$: se ne ricava la posizione del Nord astronomico sul circolo orizzontale del tacheometro, data dalla prima lettura a $380^{\circ} 98$, dalla seconda a $380^{\circ} 93$. Il grande accordo di questi risultati *inter se* prova la bontà del metodo: si può aggiungere che due altre osservazioni consimili, eseguite nelle condizioni più sfavorevoli, e cioè meno di mezza ora prima del mezzogiorno vero locale, avevano dato un valore abbastanza prossimo a questi, cioè $381^{\circ} 56$.

Benchè ciò non sia necessario allo scopo nostro, vediamo come sia possibile ricavare senza fatica la correzione dell'orologio, elemento sempre utile da conoscersi, quando si operi in alta montagna, lontano da centri importanti di popolazione.

L'angolo C del triangolo è uguale all'angolo orario t del sole, contato positivamente nelle ore pomeridiane. Il suo valore, espresso in tempo, ci dà quindi immediatamente il tempo vero locale, donde, aggiungendo la differenza di longitudine e l'equazione del tempo, si ricava senz'altro il tempo medio dell'Europa centrale, corrispondente alle osservazioni.

Nel caso nostro

	$\text{tg } 1/2 C$	9,77703	9,78459
	$1/2 C$	$30^{\circ} 53',9$	$31^{\circ} 20',4$
	C	$61 47,8$	$62 40,8$
Tempo vero locale		$16^{\text{h}} 7^{\text{m}},2$	$16^{\text{h}} 10^{\text{m}},7$
Equazione del tempo		+ 2,5	+ 2,5
Tempo medio locale		16 9,7	16 13,2
Differenza di longitudine		+ 32,3	+ 32,3
Tempo medio Europa centrale		16 42,0	16 45,5
Orologio		16 37,6	16 41,0
Correzione dell'orologio		+ 4 ^m ,4	+ 4 ^m ,5

Anche qui, come per gli azimut, l'accordo tra le due osservazioni non potrebbe essere più soddisfacente. L'ora si ha con un'esattezza certamente superiore a quella di una stazione di strada ferrata o di un ufficio telegrafico; l'incertezza residua arriva appena a qualche secondo.

*
* *

Le operazioni di campagna furono eseguite in collaborazione con l'ingegnere Alessandro Druetti e, anche nelle parti secondarie in cui mancò la presenza dell'uno o dell'altro di noi, debbono essere considerate come opera comune.

I calcoli, iniziati appena sotto la mia direzione all'Osservatorio di Torino, furono poi ripresi e condotti a termine da me esclusivamente; è pure mio lavoro personale la redazione di questa memoria.

Prese parte al lavoro topografico in Val Ferret l'ingegnere Carlo Daviso di Charvensod.
