

LA MONTAGNA DI GHIACCIO

Storia dei ghiacciai italiani del Monte Rosa

28 Giugno - 8 Settembre 1991

Castello Savoia, Gressoney-St-Jean (Valle d'Aosta)

Esposizione e catalogo guida realizzati da

WALSER KULTURZENTRUM - Gressoney e Issime (Valle d'Aosta)

COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO - Torino

in collaborazione con:

- REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA - Assessorato Pubblica Istruzione - Servizi Culturali
- ENEL - Compartimento di Torino
e con l'alto patrocinio dell'INTERNATIONAL GLACIOLOGICAL SOCIETY - Cambridge
e dell'On. FILIPPO MARIA PANDOLFI, Vicepresidente della Commissione delle Comunità Europee.

progetto espositivo e coordinamento organizzativo:
LUCA MERCALLI, Comitato Glaciologico Italiano

testi e collaborazione scientifica:
AUGUSTO BIANCOTTI, Presidente Comitato Glaciologico Italiano; Università di Torino
AUGUSTA VITTORIA CERUTTI, rappresentante della Regione Autonoma Valle d'Aosta per il C.G.I.

progetto grafico: TIZIANA BERUATTO
fotografie a cura di: LINO GUINDANI - Gressoney-St-Jean (AO)
fotolito: SELEOFFSET srl - Torino
stampa: VINCENZO BONA srl - Torino
traduzioni: a cura del WALSER KULTURZENTRUM

fonti della documentazione:
- Archivio fotografico e biblioteca del Comitato Glaciologico Italiano - Torino
- Archivio fotografico LINO GUINDANI - Gressoney-St-Jean
- Collezione MONTERIN - Gressoney-la-Trinité
- Collezione ALIPRANDI- Milano
- Collezione MERCALLI- Torino

Si ringraziano inoltre per la collaborazione prestata:
ROSANNA CARAMIELLO LOMAGNO, WILLY MONTERIN, MAURIZIO SOGNO, FEDERICO SPANNA, ed il Comune di Gressoney-St-Jean nella persona del Sindaco, Prof. LUIGI FILIPPA.

In copertina: Il Ghiacciaio del Lys in veste invernale.

©1991 - Tutti i diritti riservati

LA MONTAGNA DI GHIACCIO

Storia dei ghiacciai italiani del Monte Rosa

DER EISMASSIV

Geschichte der italienischen Gletscher des Monte Rosa

LA MONTAGNE DE GLACE

Histoire des glaciers italiens du Mont Rose

VORWORT

Wenn man ein charakteristisches und eindrückliches Element unserer Walsergegend hervorheben will, dann denkt man unweigerlich an den Gletscher des Monte Rosa; seine althergebrachte Benennung «Der Gletscher» liefert hiefür den besten Beweis. Die vielgestaltigen Vergletscherungen, die man in der Vergangenheit als furchterregende und unüerwindbare Hindernisse einschätzte, widerspiegeln heute die schwerwiegenden klimatischen Veränderungen und haben eine Bedeutung ersten Ranges gewonnen, sei es in der hydrischen Nutzung von gestautem Wasser, als auch in der wichtigen Belebung des Tourismus. In der vom Italienischen Glaziologischen Komitee in Gressoney veranstalteten Tagung (Sept. 1991) werden die diesbezüglichen Themen wissenschaftlich erörtert und behandelt, sie sind in der Ausstellung in verständlicher Art für ein sensibles Publikum, das dem alpinen Raum Respekt entgegenbringt, dargestellt. Dabei will Gressoney, ganz zu Recht, auch das heute noch aktuelle Werk des unermüdlichen Professors Humbert Monterin, der wohl hervorragensten Persönlichkeit der italienischen Gletscherkunde, ehren. Professor Monterin widmete von 1913 bis 1940 seine ganze menschliche und wissenschaftliche Grösse dem Studium des Klimas und dessen Einfluss auf die Gestalt der Gletschermassen des Monte Rosa.

HEINRICH WELF
President Walser Kulturzentrum

Die vollständige Uebersetzung des Textes ist am Ende des Katalogs.
Au fond du catalogue, la traduction complète du texte.

PREFAZIONE

Se si vuole trovare un elemento caratteristico e pregnante del nostro territorio walser, questo è senza dubbio il ghiacciaio del Monte Rosa, la cui etimologia «Montagna di ghiaccio» ne è la testimonianza più evidente. Viste in passato come terrificanti ed insormontabili barriere, le distese di ghiaccio hanno oggi assunto un ruolo ambientale di primaria importanza, per lo studio delle temute variazioni del clima, per l'utilizzo della preziosa riserva idrica, per l'insostituibile richiamo turistico. Tematiche queste che, affrontate scientificamente nell'ambito del convegno promosso dal Comitato Glaciologico Italiano a Gressoney (settembre 1991), vengono qui proposte anche all'attenzione di quel pubblico sensibile che è rispettoso dell'ambiente alpino. E proprio Gressoney vuole così onorare l'ancora attualissima opera dell'instancabile professor Umberto Monterin, certamente la più brillante figura della glaciologia italiana, che dal 1913 al 1940 dedicò ogni sua risorsa di uomo e di scienziato allo studio delle variazioni del clima e delle rispettive conseguenze per i ghiacciai del Monte Rosa.

HEINRICH WELF
Presidente del Walser Kulturzentrum

PREFACE

Le glacier est sans doute l'élément le plus caractéristique et le plus prégnant de notre territoire walser et l'étymologie du nom Mont Rose, c'est-à-dire «mont de glace» en est le témoignage le plus évident. Vues autrefois comme des barrières terrifiantes et insurmontables, les étendues de glace ont pris aujourd'hui un rôle de première importance dans le milieu ambiant, pour l'étude des variations du climat si redoutées, pour l'utilisation de la précieuse réserve hydrique, pour l'attrait touristique irremplaçable. Ces thèmes, discutés scientifiquement au Congrès voulu par le Comité Glaciologique Italien à Gressoney (septembre 1991), sont ici présentés à l'attention d'un public sensible qui respecte le mileu alpin. Justement Gressoney veu ainsi rendre honneur à l'oeuvre toujours actuelle du Professeur Umberto Monterin, qui est certainement le personnage le plus brillant de la glaciologie italienne et qui dédia, de 1913 à 1940, toutes ses ressources d'homme et de savant à l'étude des variations du climat et des conséquences concernant les glaciers du Mont Rose.

HEINRICH WELF
Président du Centre d'Etudes et Culture Walser

1.



1.
Tramonto sul Monte Rosa.

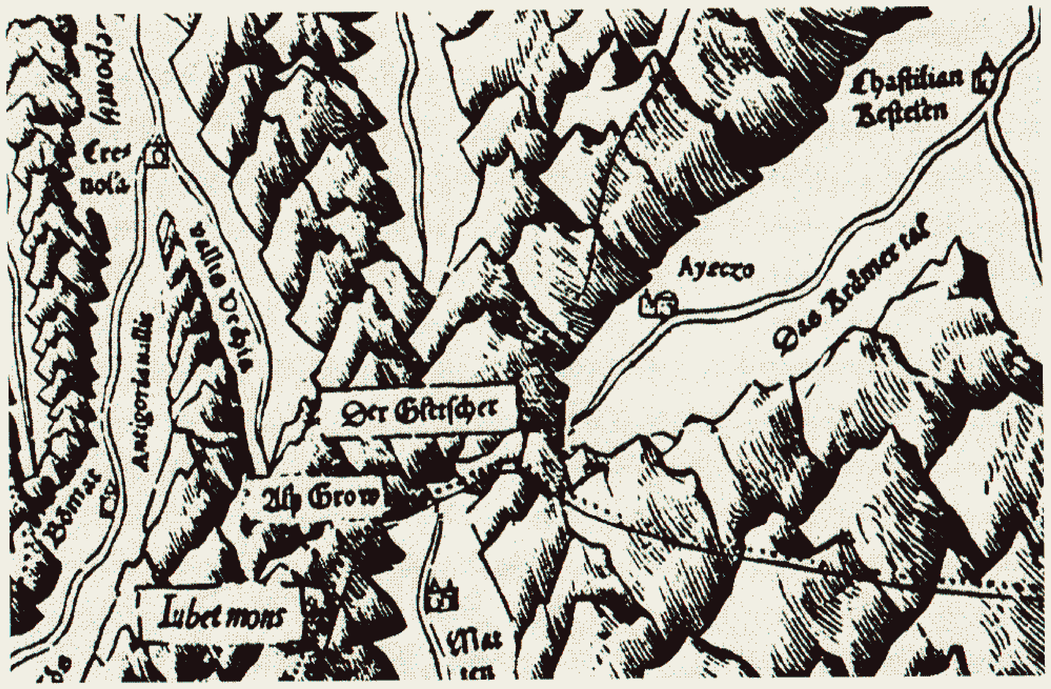
A piè del monte la cui neve è rosa
In su 'l mattino candido e vermiglio,
Lucida, fresca, lieve, armoniosa
Traversa un'acqua ed ha nome dal giglio.

Giosuè Carducci - Rime e Ritmi Gressoney-la-Trinité, 8 Agosto 1898

1. UN NOME CHE VIENE DAL GHIACCIO

Il Monte Rosa appare dalle brume della Pianura Padana come un castello incantato scintillante di ghiacci eterni. A questo aspetto imponente sono legate le descrizioni ed i nomi ad esso attribuiti fin dalla più remota antichità. Neppure il Carducci si sottrae a questo grandioso fascino quando accenna alla nostra montagna. Tuttavia non furono le morbide sfumature dei crepuscoli a battezzare il monte, bensì le abbaglianti distese di ghiaccio. La più antica menzione del Monte Rosa risale al 1300 e si deve a Pietro Azario che scrive: *il fiume Dora prende origine dalle freddissime Alpi sempre coperte di grandi quantità di ghiaccio vale a dire la montagna di Boxeno (...) dalla quale mai, fin dall'origine del mondo si ritrassero le nevi ed i ghiacci.* Flavio Biondo nel 1451, Leonardo Da Vinci nel 1511 e Leandro Alberti nel 1588 lo chiamano *Monte Boso* dal tardo latino *boscus* ovvero coperto di boschi. Leonardo Da Vinci pare essere uno dei primi viaggiatori che raggiunsero i ghiacciai del Monte Rosa. Scrive infatti: *chi andrà sopra il Monboso (...), vedrà come vid'io (...) altissime quantità di ghiaccio il quale di mezzo luglio vi trovai grossissimo.* Ma in un manoscritto del 1672 dovuto al Fassola si legge: *Io chiamano alcuni l'Alpe Rosa (...); altri il Boso forse perchè negli ardori dell'estate, crepando il perpetuo ghiaccio col rumor d'un tuono facci una somiglianza al muggito d'un bue o boso detto anche dal suono del rumore.* Questa curiosa interpretazione è riportata dal Monterin che compie un'accurata ricerca etimologica ed una revisione toponomastica del massiccio, dimostrando la sinonimia delle dizioni *Monboso* e *Mont Rosa*. Quest'ultima è citata per la prima volta dal Simler nel 1574: *nel territorio dei Seduni vi è un passo che alcuni chiamano Silvio; i Salassi gli danno il nome di Rosa: su questo passo vi è un enorme cumulo di ghiacci perpetui (...). A ragione di questi ghiacci i vallesani chiamano il luogo Der Gletscher.* Si tratta senza dubbio del Colle del Teodulo da cui prendono origine *giogaie ancor più alte e crude* che costituiscono le propaggini del Monte Rosa. Il toponimo *Der Gletscher* è una espressione germanica dall'inequivocabile significato. Riguardo al termine *Rosa* il Monterin fa notare come esso non sia *che la corruzione di Roesca,*

2.



2.
A. Tschudi, Carta della Svizzera, 1538.
Il Monte Rosa è indicato come *Der Gletscher*.

3.



3.
G. A. Magini, Carta del Piemonte e Monferrato, 1620.
Monte della Roisa.

4.



4.
N. Visscher, Carta del Piemonte e della Savoia, 1695 circa.
M. Rosa, M. Silvio, Glacieres.

5.
Joseph Zumstein.

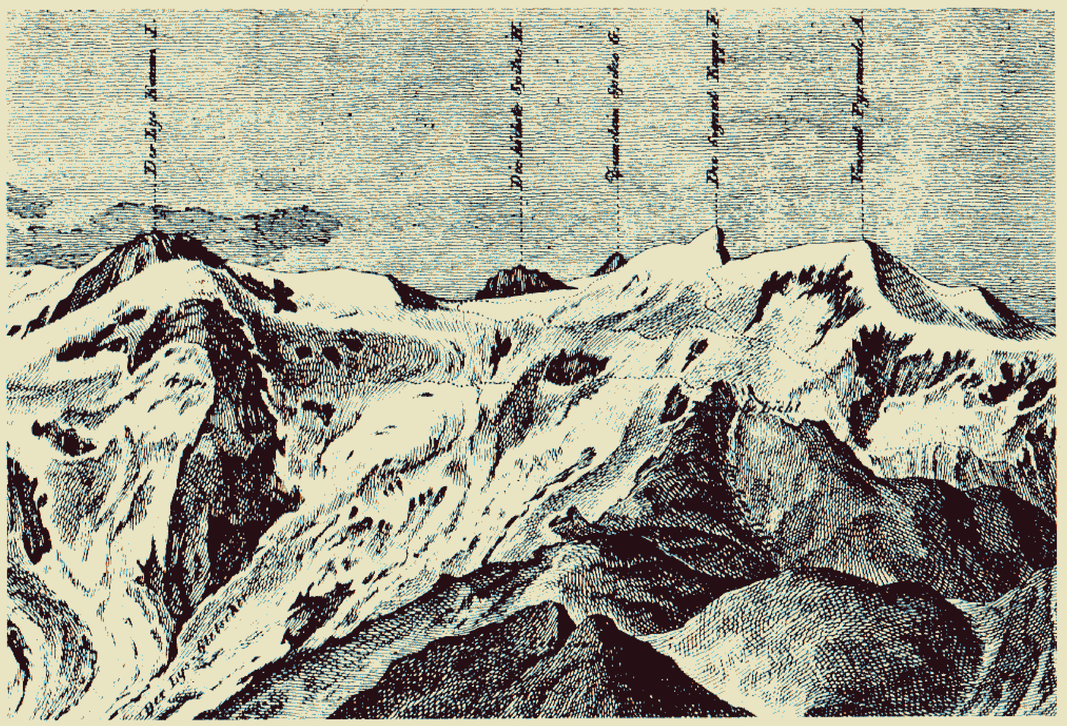
Roise, Ruiza, Ruise, Reuse, Roesy, Royse, vocabolo variamente pronunciato che nel patois valdostano vuol dire ghiacciaio. Pertanto il Rosae dei Salassi (valdostani) è la semplice traduzione della dizione vallesana der Gletscher.
Effettivamente in una *reconnaissance* redatta a Courmayeur nel 1474 viene citata la *Roysie de Myagy* (Ghiacciaio del Miage) e in un'altra compilata a Valpelline nel 1499, la *Roesy de Cresta Sechy* (Ghiacciaio di Crete Seche).
Ancora più specifici due documenti riguardanti il Colle del Teodulo: il primo, del 1560, segnala che *a fianco del Mont Servin soyt Royse vi è un passaggio transitabile*; il secondo, risalente alla fine del 1600, tratta di fortificazioni erette a guardia del valico ai piedi *de la Royse*. La prima carta geografica in cui compare il toponimo *Monte Rosio* è quella del Settala, pubblicata nel *Theatrum Ortelii* nel 1570. *Monte della Roisa* si legge sulla carta del Magini del 1620 e *M. Rosa* nonchè *Glacieres* su quella del Visscher del 1695. Particolarmente interessante è la carta del Piemonte di Guillaume de l'Isle stampata nel 1707: in essa compaiono i toponimi *M. Boso, Rosa, Glaciers* posizionati a capo della Valsesia.
Nel 1781 Humbert Jaillot pubblica la carta del Ducato di Milano sulla quale il profilo miniaturizzato del massiccio montuoso porta il nome di *M. Boso dit Rosa*.
Anche nove anni prima in Piemonte, nella carta degli Stati di Terraferma dello Stagnoni compare il nome di *M. Rosa*,affermazione definitiva del toponimo.
Il grande scienziato ginevrino Horace-Bénédict De Saussure nel 1789 compì un viaggio attorno al Monte Rosa visitando Macugnaga, Alagna, Gressoney, St. Jacques d'Ayas e il Breuil. A Gressoney, salito sul Rothorn, ne descrive le pareti *coperte da un immenso mantello di neve.*
Al barone Franz Ludwig von Welden, colonnello dell'Imperial Regio Esercito Austriaco, si deve la prima nomenclatura delle vette e dei ghiacciai del Monte Rosa in gran parte ancor oggi utilizzata. Il

5.



Welden lavorò in larga misura con la collaborazione di Joseph Zumstein, ispettore forestale gressonaro che, quale socio della Reale Accademia delle Scienze di Torino, fornì fondamentali contributi alla conoscenza del grande massiccio alpino. Fin dal 1819 egli aveva infatti contrassegnato le otto più importanti vette del Rosa con le prime lettere dell'alfabeto,

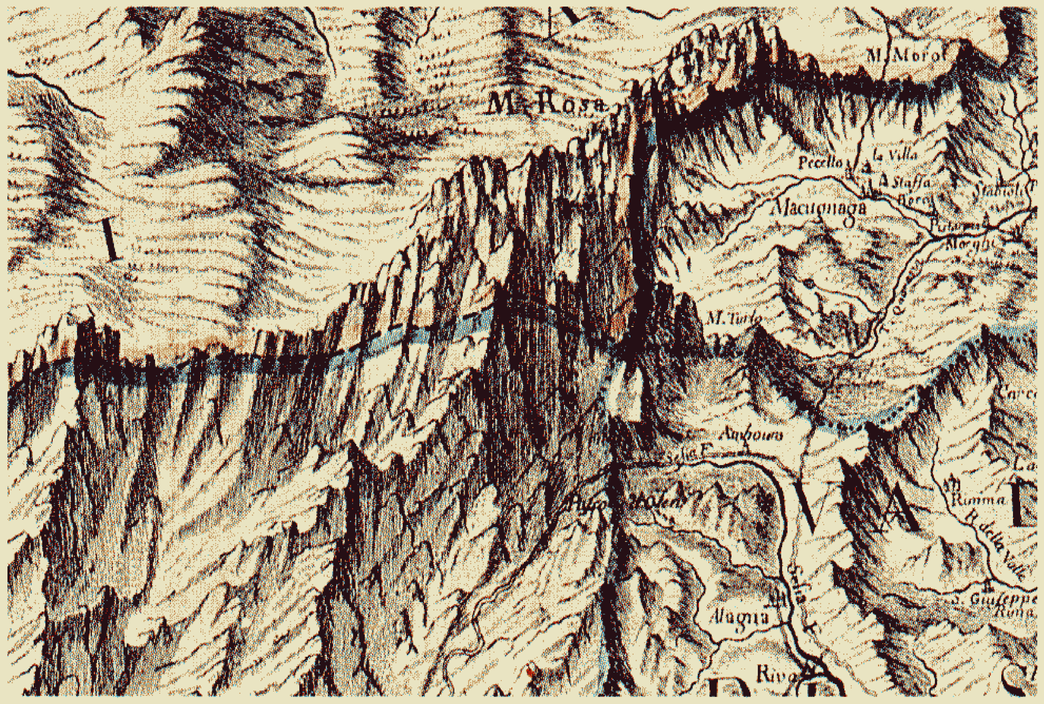
misurandone l'altezza mediante il barometro. Le competenze dei due grandi esploratori si fusero nell'opera *Der Monte Rosa*, pubblicata a Vienna nel 1824, che riporta la prima carta specifica del massiccio.
Ed ecco dunque che il *Monte Rosa*, altro non è che la *montagna di ghiaccio*, a perenne testimonianza di quell'elemento che sempre terrorizzò ed affascinò ad un tempo gli animi umani.



8.

8.
F.L. von Welden, 1823. Il Monte Rosa visto dal Rothorn.

6.



6.
J. Stagnoni, Carta degli Stati Sardi di Terraferma, 1772. *M. Rosa*.

7.

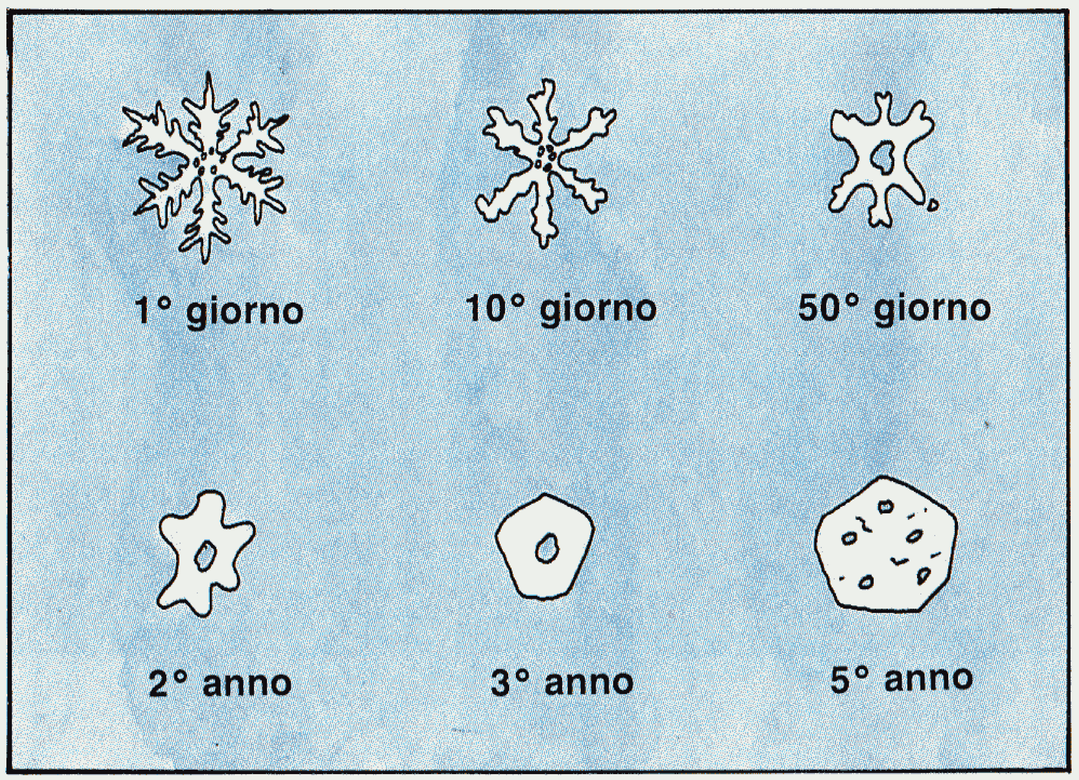


7.
H. Jaillot, Carta del Ducato di Milano, 1781. *M. Boso dit Rosa*.

9.
In poche decine di giorni dopo la caduta i cristalli di neve fresca divengono granulosi e compatti; dopo circa 3 anni si trasformano in *firn* e quindi, verso il 5° anno, danno origine al ghiaccio.

2. DALLA NEVE AL GHIACCIO

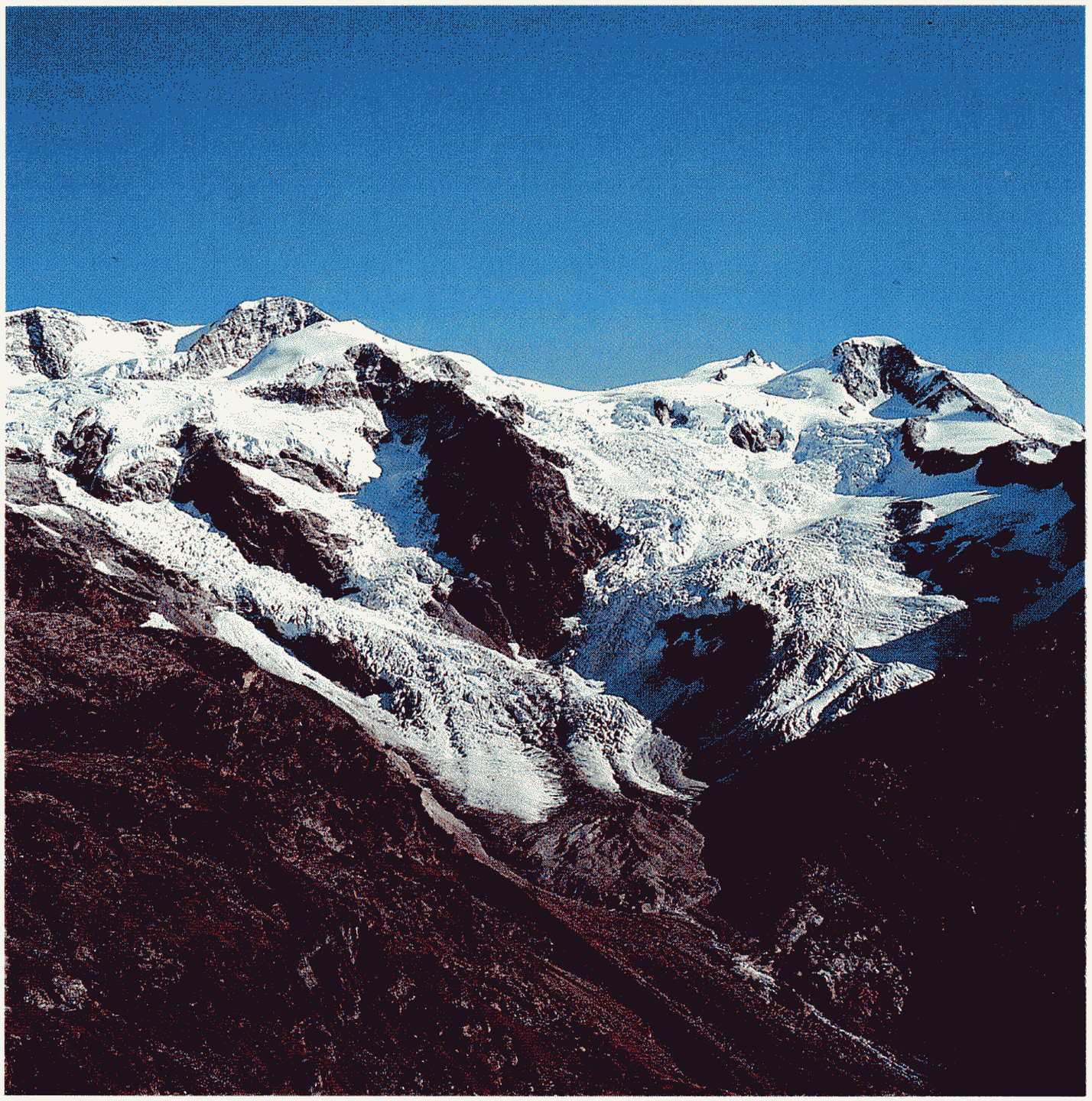
In montagna alle alte quote ed alle latitudini estreme sia boreali sia australi parte della neve caduta durante la stagione fredda si mantiene al suolo anche nei mesi estivi ed è ricoperta dalle nuove nevicate l'anno dopo. La linea immaginaria al di sopra della quale la neve non fonde è detta linea delle nevi persistenti e varia di quota soprattutto per effetto dell'esposizione dei versanti. Sulle Alpi Meridionali si pone attorno ai 2900 metri, ma scende a 2700 sul versante settentrionale della catena. L'altitudine del limite delle nevi si abbassa procedendo verso le elevate latitudini e sale spostandosi verso l'equatore; ciò a causa dell'evidente variazione della radiazione solare disponibile.
La neve che persiste durante l'estate subisce varie trasformazioni. All'origine, come neve fresca, contiene circa il 90% di aria. A poco a poco diventa granulosa per processi di fusione parziale e di risolidificazione (metamorfismo); perde aria e si trasforma in nevato o *firn*. Con il passare degli anni il nevato, sotto il peso della nuova neve che vi si accumula sopra, si libera di altra aria, diventa ghiaccio bolloso, biancastro,



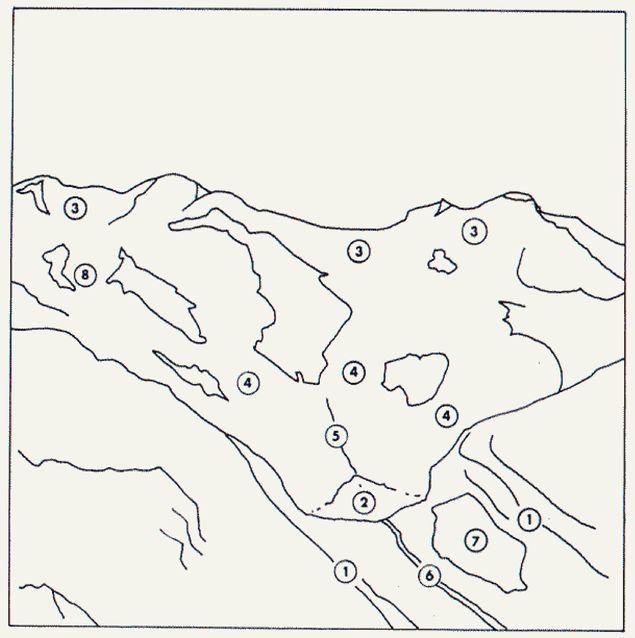
9.

ed infine ghiaccio verde compatto e durissimo. E, quest'ultimo, il tipico ghiaccio di ghiacciaio, che può essere osservato all'interno dei crepacci più profondi.
Il ghiaccio, accumulato in spessori di centinaia di metri e sottoposto a enormi pressioni, si comporta come una massa plastica e fluisce lentamente verso valle. La velocità del movimento è molto varia: sulle Alpi è di qualche decina di metri all'anno; nei ghiacciai

10.



10.
I principali elementi della morfologia glaciale nell'esempio del Ghiacciaio del Lys (1984).



1. Morena laterale
Seitenmoräne
Moraine laterale

2. Fronte
Gletscherfront
Front de glacier

3. Bacino alimentatore
Akkumulationsgebiet
Bassin d'alimentation

4. Cascate di seracchi
Eisfall
Chute de séracs

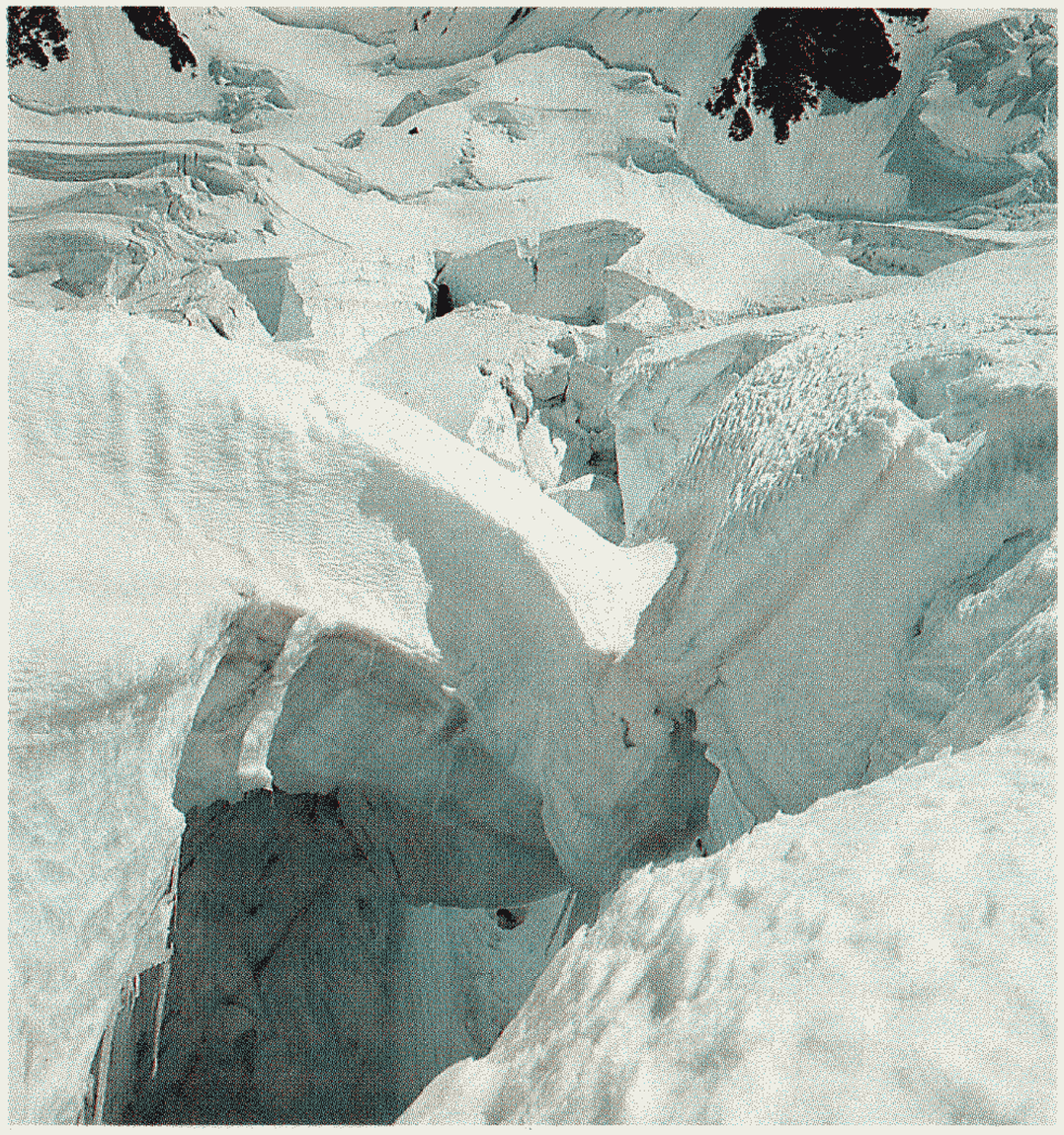
5. Morena mediana
Mittelmoräne
Moraine médiane

6. Torrente glaciale
Schmezwasser
Eau de fonte

7. Rocce montonate
Rundhöcker
Roche moutonnée

8. Ghiacciaio sospeso
Hängegletscher
Glacier suspendu

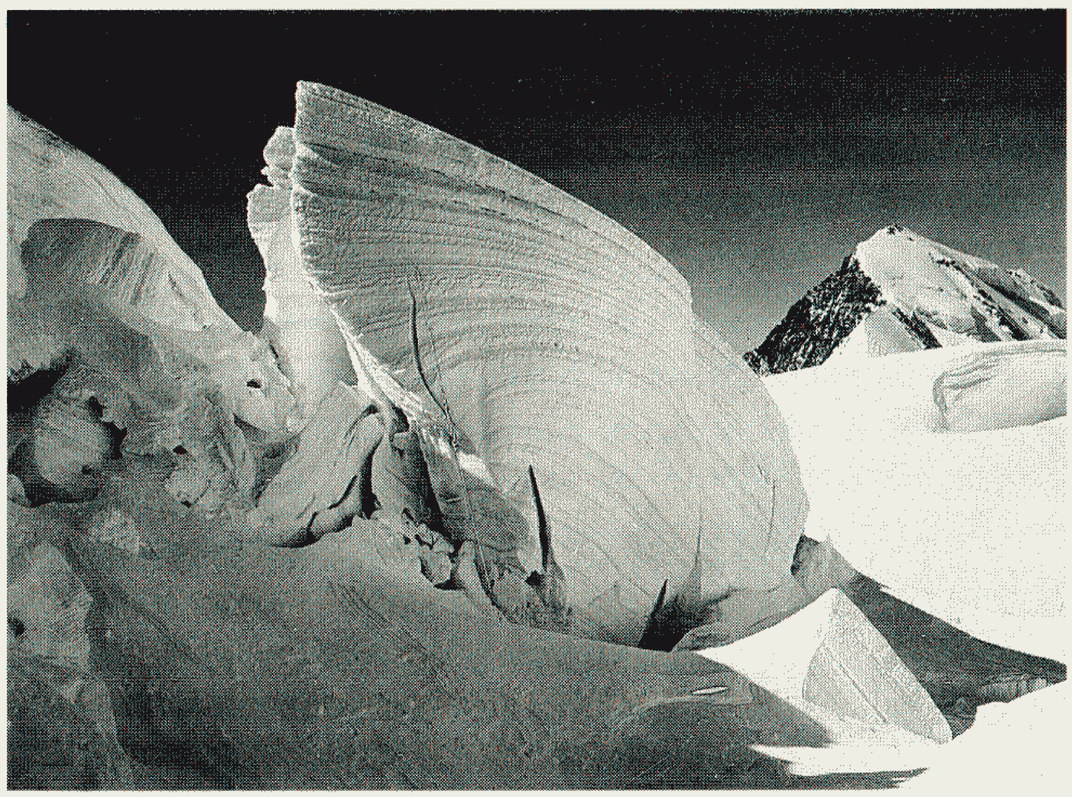
groenlandesi può raggiungere anche alcuni metri al giorno. Dire che il ghiacciaio si muove non significa necessariamente che esso avanzi verso il basso. Infatti, via via che la lingua glaciale progredisce verso le quote inferiori il ghiacciaio fonde a causa dell'aumento della temperatura. Lo stato di salute del ghiacciaio dipende proprio dall'equilibrio fra gli afflussi nevosi ed i deflussi idrici dovuti alla sua fusione. Se gli afflussi superano i deflussi il bilancio glaciale è positivo, il volume del ghiacciaio aumenta e la lingua avanza verso valle; nel caso contrario il bilancio è negativo, il ghiacciaio perde massa e la lingua regredisce verso monte.
Esistono vari tipi di ghiacciai a seconda delle zone della Terra ove si formano. I più grandi sono i ghiacciai continentali o a calotta, tipici delle zone polari; il ghiacciaio alpino, di più limitate dimensioni, è caratteristico delle Alpi e delle catene montuose delle medie latitudini. Esso è



12.

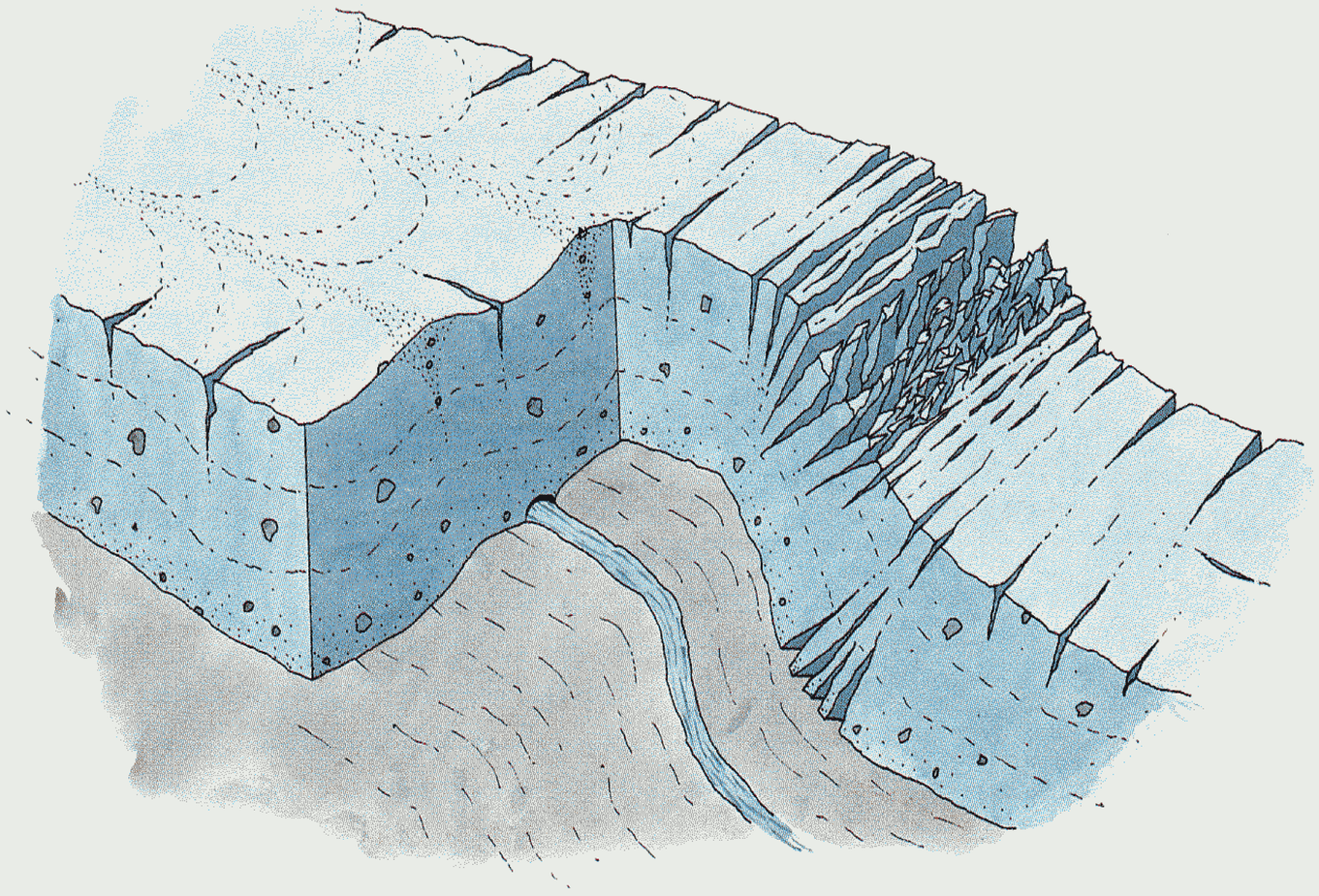
12.
Crepacci e ponti di neve sul Ghiacciaio del Lys.

11.



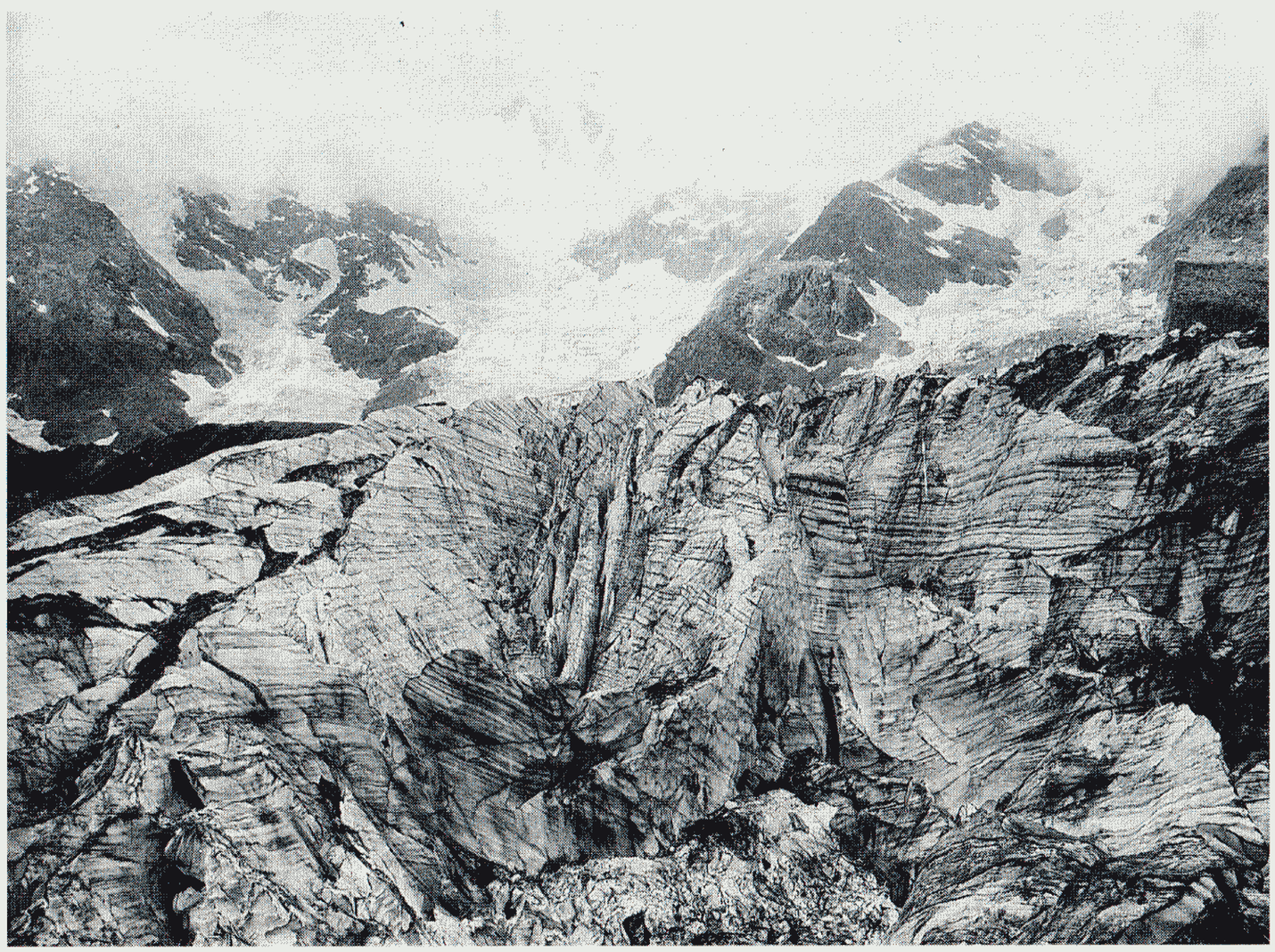
11.
Seracco sul ghiacciaio del Lys nel 1965. Sullo sfondo il Lyskamm Orientale, 4527 m.

13.



13.
Formazione dei crepacci.

14.



14.
Seracchi con evidenti stratificazioni sul Ghiacciaio del Belvedere nel 1922.

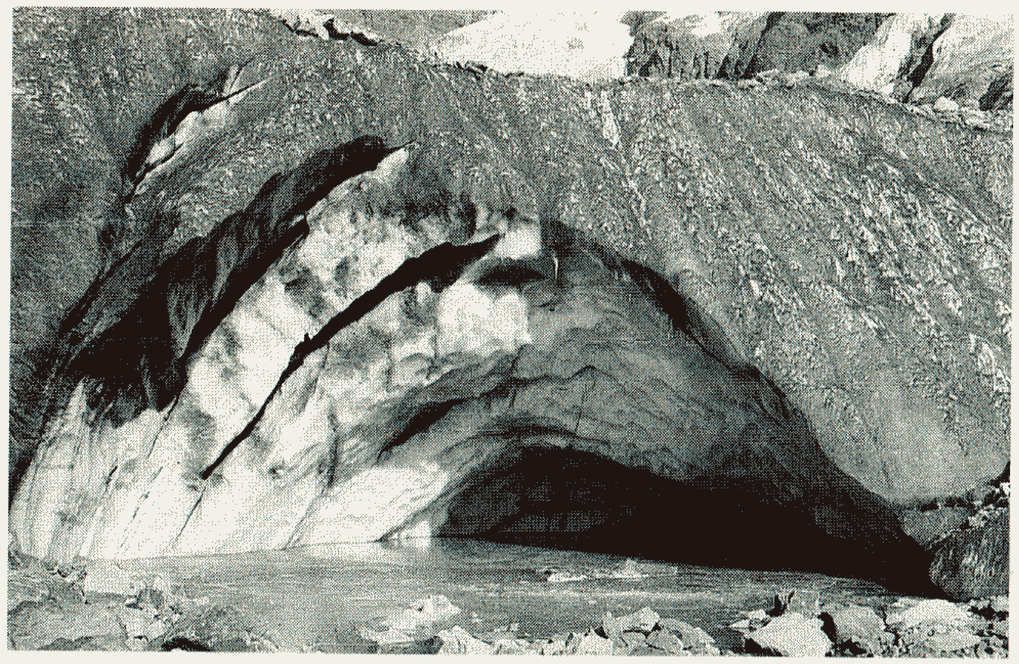
15.



15.
Un esempio di fronte glaciale in espansione: il Ghiacciaio del Lys nel 1922.

costituito a monte da un *bacino alimentatore* che continua verso valle con una *lingua ablatrice* (da *ablazione*: insieme dei processi di dissipazione del ghiaccio). Il primo in genere si trova all'interno di una cerchia di alte creste montuose (circo glaciale) ed è rifornito dalle valanghe e dalle nevicate. La seconda percorre la valle glaciale e termina in corrispondenza della *fronte*. In coincidenza con le asperità del substrato roccioso sul quale si muove, il ghiacciaio si frattura e origina i *crepacci*, profonde fenditure che ne scolpiscono la superficie. Il *crepaccio terminale* è la netta spaccatura che divide il bacino di accumulo dalle ripide pareti rocciose che lo contornano; esistono inoltre crepacci longitudinali, trasversali e radiali. In zone a forte pendenza l'intersecarsi delle spaccature origina le *seraccate*, vere e proprie selve di guglie, torri e pinnacoli di ghiaccio. Durante la stagione calda parte del ghiaccio fonde e forma vari *torrenti epiglaciali* che scorrono sulla superficie del ghiacciaio fino a quando incontrano un crepaccio nel quale precipitano, raggiungendo talora il substrato roccioso. L'azione di erosione, resa più incisiva dal materiale detritico presente sul ghiacciaio e trasportato dall'acqua, può continuare direttamente nel substrato, che in corrispondenza di stretti passaggi dove la velocità del flusso in pressione può giungere fino a 200 km/h, viene modellato in vaste cavità rotondeggianti e spiralate dai vortici, chiamate *marmitte dei giganti*. L'acqua che scorre sotto

16.



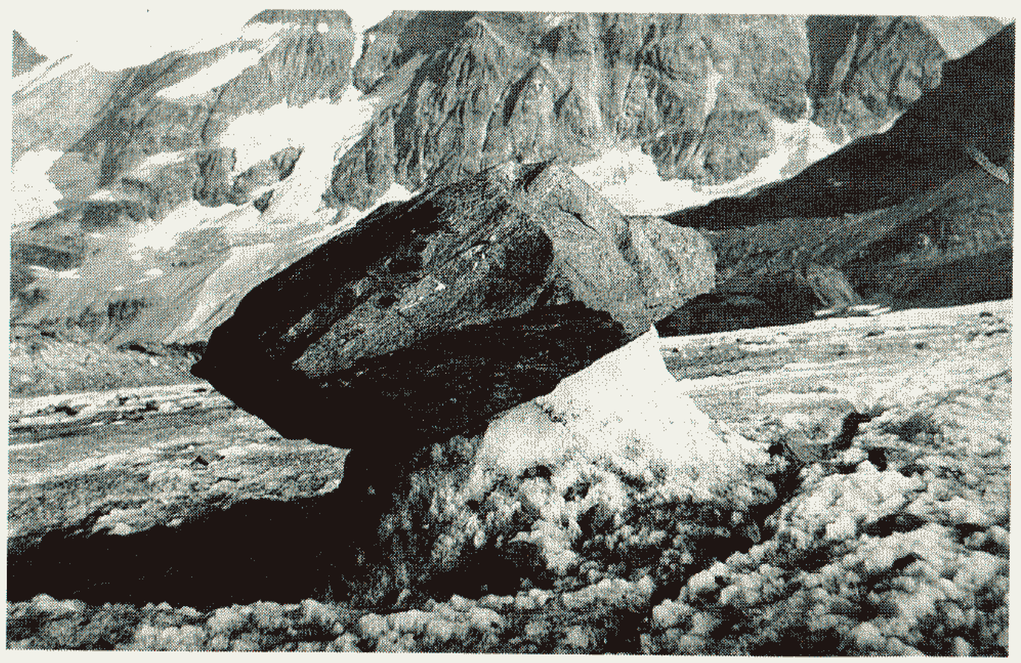
16.
La bocca glaciale, originata presso l'estremità frontale dalla fuoriuscita del torrente subglaciale (Ghiacciaio del Lys).

17.



17.
Rocce montonate (in analogia alla forma del dorso di montone) levigate dall'azione di abrasione del ghiaccio frammisto a detriti.

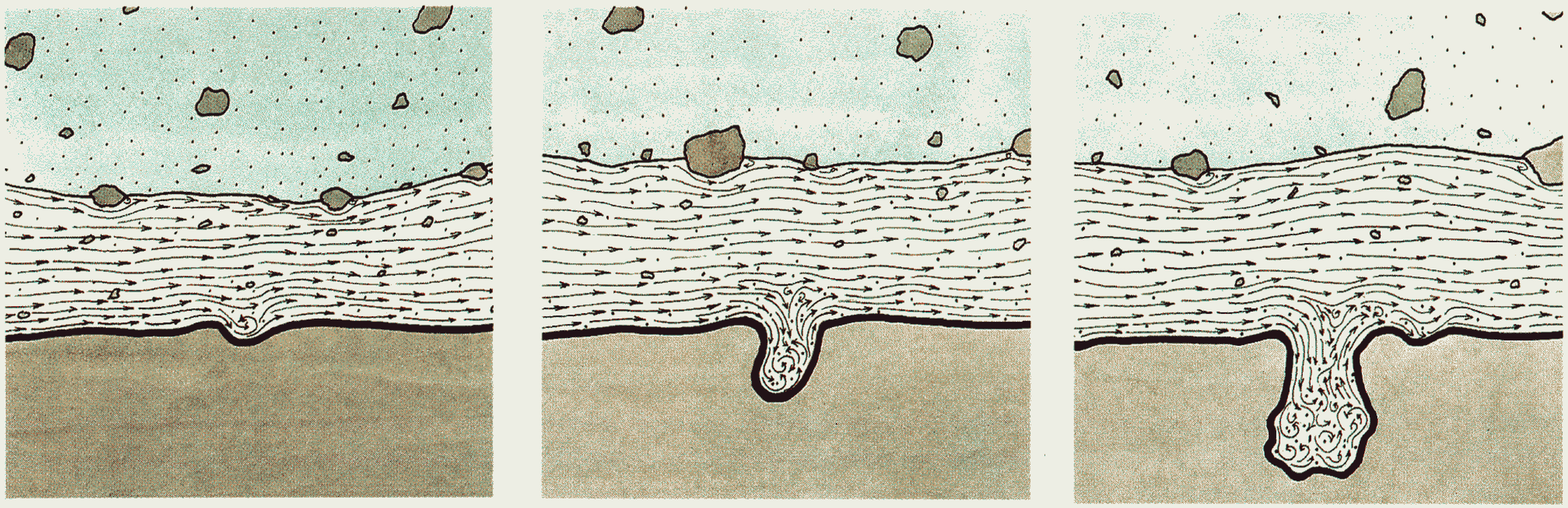
18.



18.
Una roccia protegge dalla fusione la superficie del ghiacciaio formando un fungo o tavola glaciale.

19.
Una delle più belle marmitte glaciali della Valle d'Aosta, presso il Gouffre des Busserailles in Valtournenche.

20.



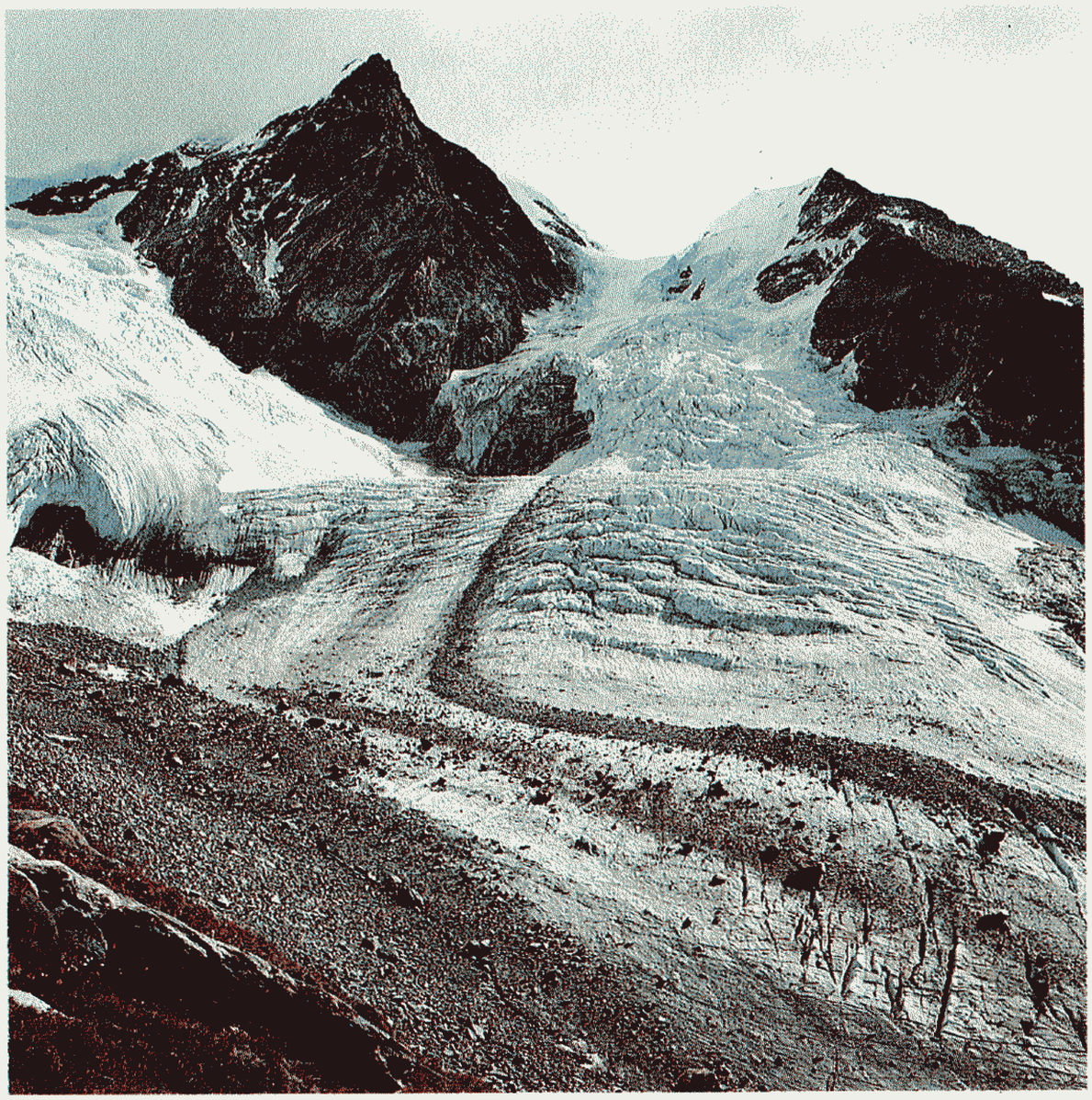
20.
I detriti trasportati dai violenti vortici del torrente ipoglaciale scavano in pochi anni marmitte delle dimensioni di alcuni metri.

19.



enorme pressione (nei ghiacciai artici sono state misurate anche 20 atmosfere) fra il ghiaccio e la roccia basale crea numerosi *torrenti ipoglaciali* che scavano gallerie fino alle *bocche* d'uscita aperte sulla fronte.
Il ghiacciaio, fluendo lentamente nella sua valle ne erode i versanti. Il materiale detritico asportato dal substrato, insieme con quello che periodicamente frana dai fianchi della montagna e cade sulla superficie del ghiacciaio, dà origine alle *morene*. Queste sono trasportate a valle dal ghiaccio in movimento e si accumulano là dove fonde la fronte, creando cerchie moreniche frontali e laterali. Se il ghiacciaio, a causa di variazioni climatiche, avanza e regredisce a più riprese, i vari cordoni morenici frontali deposti durante ciascuna fase climatica vanno a formare un anfiteatro morenico.

21.



21.
Una sinuosa morena mediana originata dalla confluenza di due lingue glaciali (Ghiacciaio Piccolo di Verra, 1972).

22.

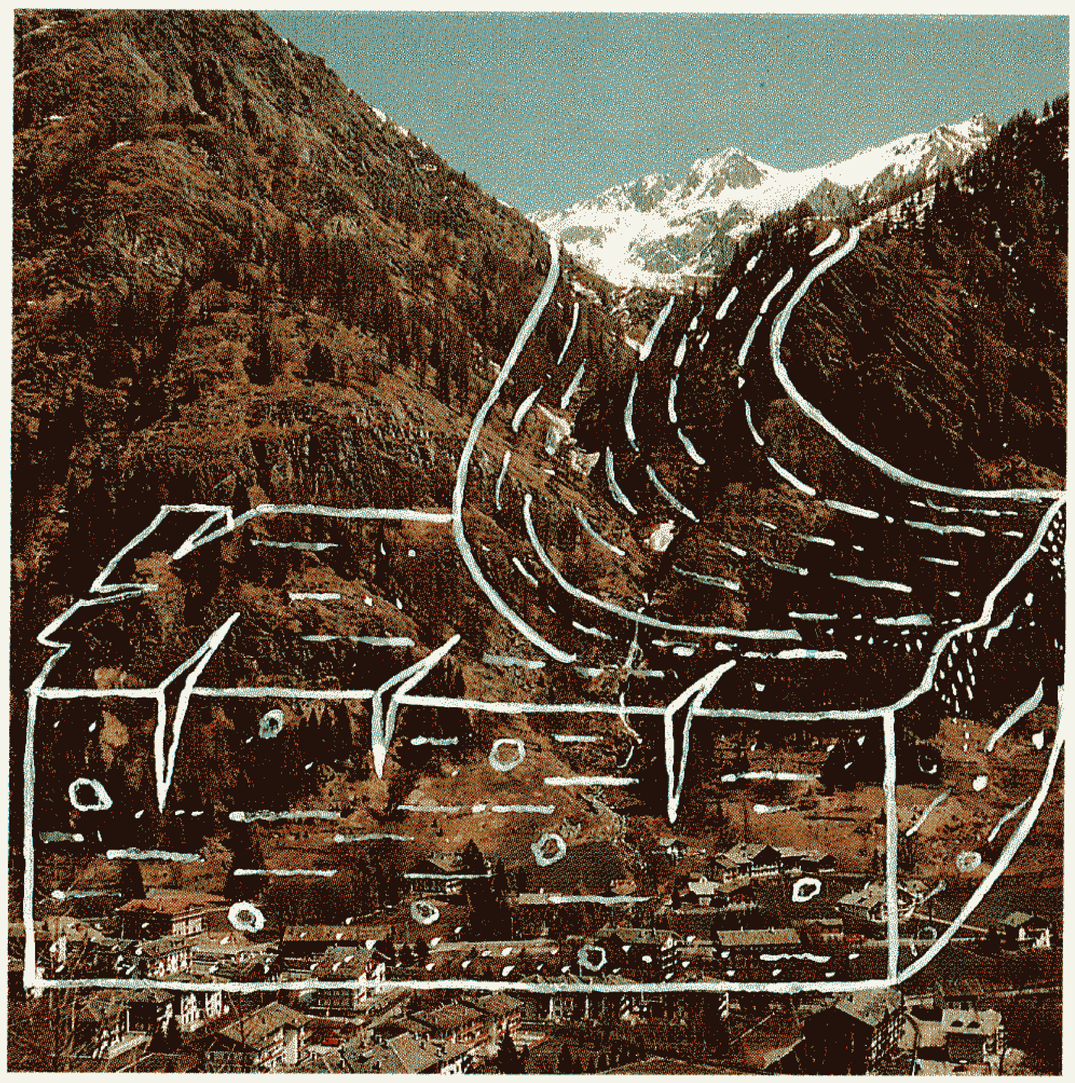


22.
Il Lago Blu (Ghiacciaio Grande di Verra), formato attorno al 1820 dallo sbarramento morenico (a sinistra).

23.
Le valli sospese si formarono durante le glaciazioni alla confluenza di lingue glaciali di diversa potenza erosiva (Gressoney, Vallone di Valdobbia).

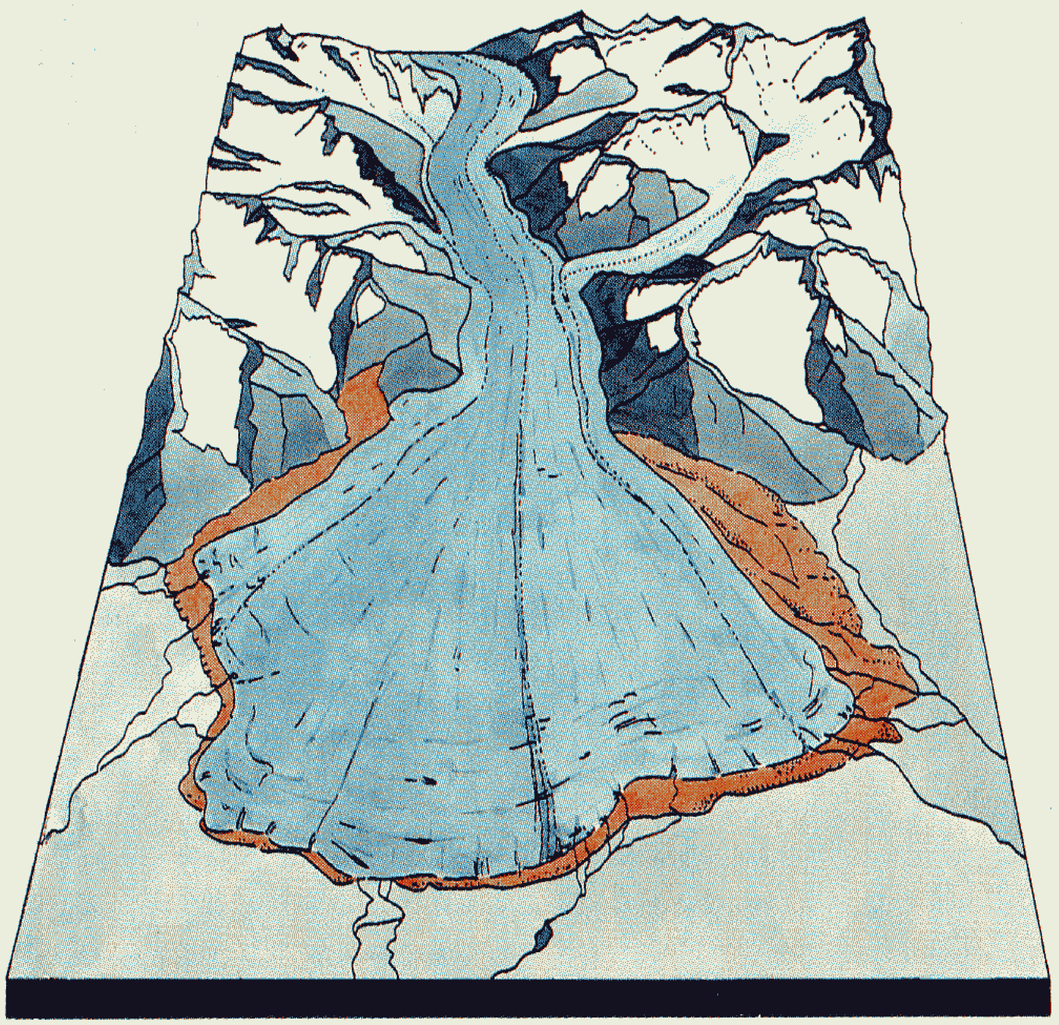
3. LE GLACIAZIONI IN VALLE D'AOSTA

Nell'ultimo milione di anni il clima della Terra è cambiato più volte. A periodi caldi, se ne alternarono altri freddi, in cui i ghiacciai si espandevano nelle zone boreali, in quelle australi e sulle montagne. Durante questi ultimi, chiamati glaciazioni, le masse ghiacciate arrivarono ad occupare 45 milioni di km², un terzo della superficie complessiva di tutti i continenti. Erano interamente coperti di ghiaccio, oltre all'Antartide ed alla Groenlandia, il Canada, la Penisola Scandinava, la fascia settentrionale della Siberia e le principali catene montuose. Nelle Alpi il versante settentrionale, rivolto verso la Francia, la Svizzera e l'Austria, era coperto da un'unica massa compatta di ghiaccio. Sul fianco meridionale, la situazione era diversa in ragione dell'esposizione più favorevole che rendeva le condizioni climatiche meno estreme. Dai grandi massicci alpini colarono verso la Pianura Padana, che si stava allora formando, mastodontiche lingue di ghiaccio che non si fusero in un'unica calotta, ma modellarono profondamente il territorio attraversato. Le vallate, erose dalle masse glaciali in movimento, si fecero più larghe e profonde, i materiali detritici, strappati ai fianchi delle montagne e trasportati a valle dalle açque e dai ghiacci, si accumularono al bordo della pianura dando origine ad



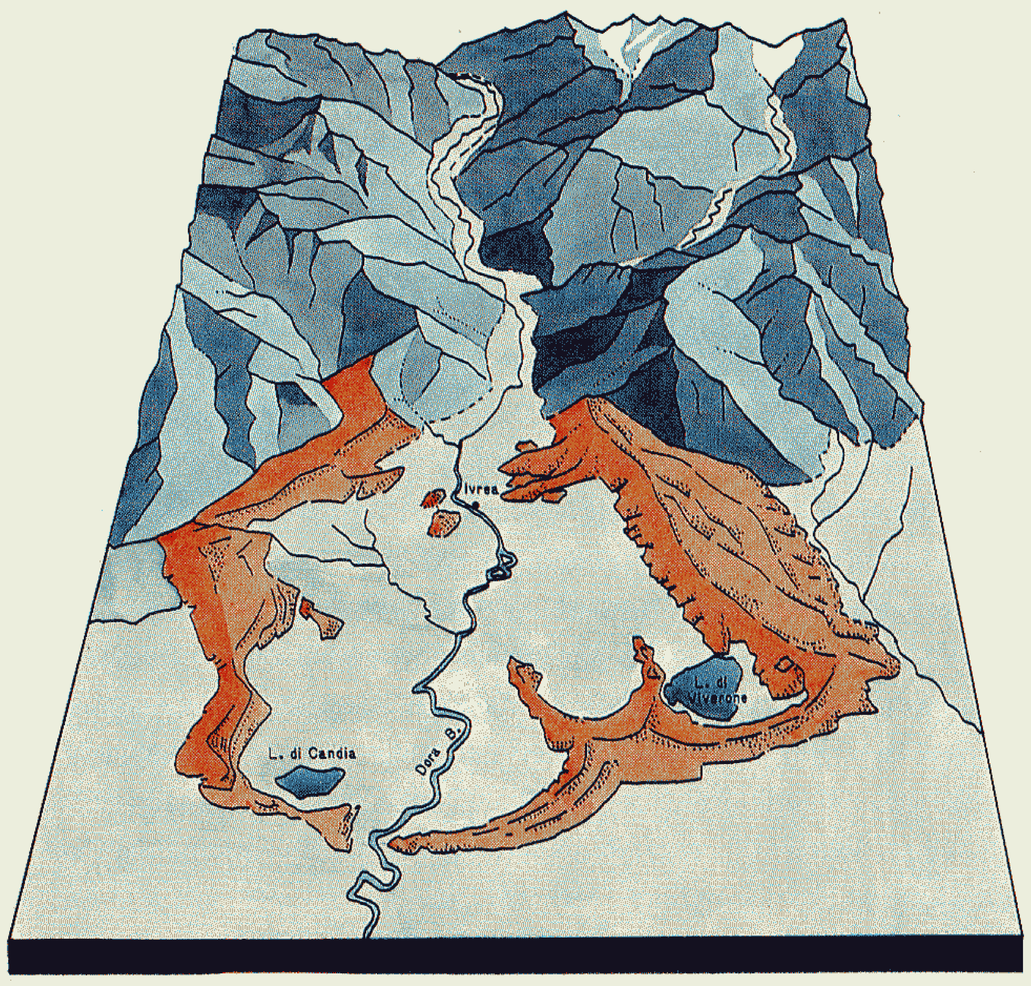
23.

24a.



imponenti depositi morenici.
Le testimonianze di quelle azioni di incisione e deposito sono oggi particolarmente evidenti agli sbocchi vallivi. Gli alvei escavati dai ghiacciai e sbarrati al fondo dalle morene, si sono colmati d'acqua ed hanno creato i laghi prealpini (Orta, Maggiore, Como, Garda, per citare i principali).
Nell'ultimo milione di anni, per quattro volte, durante le glaciazioni chiamate Günz, Mindel, Riss, Würm, i ghiacciai progredirono verso valle e altrettante volte, durante i periodi interglaciali, regredirono. La fine dell'ultima espansione, quella Würmiana, risale a circa 14000 - 10000 anni fa. Da allora, pur con pause e temporanee inversioni di tendenza, i ghiacciai si sono ritirati fino ad assumere l'assetto attuale.
Durante una delle fasi di massima espansione (circa 150000 anni fa) il Ghiacciaio Balteo era imponente: la sua lunghezza superava i 150 km ed allo sbocco nella piana di Ivrea il suo spessore era di almeno 1000 m. Esso percorreva interamente quello che oggi è il grande solco della Valle d'Aosta, accogliendo 12 lingue laterali in destra idrografica e 9 in sinistra. Una tale massa in continuo movimento induceva sul territorio intensi processi di modellamento.
Le valli laterali e quella principale, erose profondamente, ampliarono la loro sezione; i detriti trasportati dal ghiacciaio si accumularono alla fronte, ormai nella piana canavesana,

24b.



24 a - b.
Ricostruzione della fronte del Ghiacciaio Balteo durante la massima espansione (circa 150000 anni fa) e morfologia attuale dell'anfiteatro morenico di Ivrea. Sulla destra si riconosce la Serra (da uno schema di G. Susella, modif.).

25.



25.
Le rocce montonate, onnipresente testimonianza delle antiche glaciazioni in Valle d'Aosta, qui presso Pont-St-Martin, alla confluenza del ghiacciaio della Valle del Lys con il grande ghiacciaio aostano.

formando il grande anfiteatro morenico di Ivrea. Al termine dell'ultima glaciazione, circa 10000 anni fa, esso era formato da una sequenza di colline che fungevano da argine ad un grande lago proglaciale, frutto della fusione del ghiaccio. Successivamente l'anfiteatro fu sottoposto all'azione erosiva della pioggia e del gelo; la Dora Baltea si aprì un varco presso Mazzè ed il grande lago si svuotò lasciando solo i due specchi d'acqua di Candia e Viverone. E' invece rimasta praticamente intatta *la Serra*, la grande morena laterale sinistra. Innumerevoli le testimonianze dell'antico ghiacciaio in Valle d'Aosta. Oltre al profilo ad *U* della valle principale e di quelle laterali, sono evidenti i bruschi dislivelli che collegano la prima alle seconde (valli sospese), dovuti all'azione erosiva differenziata dei ghiacciai di diverse dimensioni. Oggi questi gradini sono tagliati da profondi orridi scavati da torrenti o percorsi da spettacolari cascate. Una moltitudine di rocce montonate dai levigati contorni, concorre ad attribuire al paesaggio alpino valdostano la sua specificità ed originalità irripetibile.

4. IL COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO

È l'unico organismo che in Italia si occupa dello studio dei ghiacciai e delle nevi persistenti. Fu fondato a Torino nel 1895, su iniziativa del Club Alpino Italiano, ed oggi è composto da rappresentanti di Università, CNR, ENEL, Regioni ed altri Enti. Da allora documenta le caratteristiche delle masse glacializzate alpine, segue e controlla le loro variazioni planimetriche e di volume. Ogni anno organizza una vasta campagna di rilevamento glaciologico. Sotto la guida di tre coordinatori, per le Alpi Occidentali, Centrali ed Orientali, decine di operatori, tutti volontari, risalgono le vallate per raggiungere ciascuno i propri ghiacciai. I rilievi si svolgono nella tarda estate, quando è più probabile che alle fronti la neve dell'inverno precedente sia scomparsa lasciando affiorare il ghiaccio vivo. Ogni mutamento, rispetto alle condizioni dell'anno precedente, viene documentato con fotografie e misure di spostamento. Dal confronto dei dati, che coprono ormai un periodo quasi centenario, nasce la conoscenza precisa dell'evoluzione di ciascuna unità e, nell'insieme, dello stato di salute di quell'immensa riserva di acqua integra, particolarmente preziosa proprio in questi anni, in cui è evidente la progressiva contaminazione delle falde idriche di pianura. Il Comitato, in collaborazione con gli organismi

26.



internazionali, ha recentemente terminato il Secondo Catasto dei Ghiacciai Italiani, a trent'anni dal primo, allora curato da Ardito Desio. La miriade di dati, ancora in via di elaborazione, offrirà nuove inestimabili informazioni per la migliore conoscenza dell'ambiente alpino.
A fianco di queste iniziative, il C.G.I. compie studi e ricerche più specifiche: sul ghiacciaio del Caresér (Alpi Orientali), si effettuano da oltre 25 anni studi sul bilancio glaciale; in alcune località delle Alpi Occidentali si analizzano le caratteristiche chimiche delle nevi; si compiono analisi sui radioisotopi imprigionati nel ghiaccio; le variazioni areali dei ghiacciai vengono controllate anche su foto aeree e riprese da satellite, e correlate con i dati climatici. I risultati di questi studi, sono pubblicati su *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, già *Bollettino del C.G.I.*, attivo fin dal 1914.

26.
Ghiacciaio del Lys. Rilievo stereofotogrammetrico in scala 1:10000 eseguito nel 1925 dal C.G.I. in collaborazione con l'Istituto Geografico Militare.

27.
Ghiacciaio del Lys. Rilievo stereofotogrammetrico della zona frontale in scala 1:4000 eseguito nel 1953 dal C.G.I.



27.

28.



28.
Misure ablatometriche sul Plateau del Lys nel 1930. Di profilo il Prof. Somigliana, primo presidente del Comitato Glaciologico Italiano.

29.



29.
Umberto Monterin nel 1922, durante un rilievo alla fronte del Ghiacciaio del Lys.

30.
Il Prof. Monterin (il secondo in piedi da sinistra) all'ingresso del Regio Osservatorio Meteorologico del Col d'Olen, 2900 m.

5. UMBERTO MONTERIN, GLACIOLOGO DEL ROSA

Umberto Monterin nasce il 20 dicembre 1887, a D'Ejola, nella valle di Gressoney, a 1850 metri di altitudine. Dalle finestre dell'antica casa paterna può già ammirare i grandi ghiacciai del Monte Rosa, che rappresenteranno la sintesi delle due grandi passioni di tutta una vita, breve ma eccezionalmente intensa: le sue montagne e la ricerca scientifica. Nel 1913 consegue la laurea in scienze naturali presso l'Università di Torino, effettua un viaggio di istruzione in Germania e subito dopo compie il suo dovere di combattente nella Grande Guerra. Al termine del conflitto è chiamato all'Istituto di Geologia dell'Università di Torino dal prof. Parona. Nel 1925 vince brillantemente il concorso per direttore dei Regii Osservatorii Geofisici e Meteorologici del Monte Rosa, un sogno a lungo vagheggiato. I quindici anni successivi sono i più fertili della sua attività scientifica. La prima passione dello studioso gressonaro è il ghiacciaio; egli ne indaga pressochè ogni aspetto: la morfologia, l'azione erosivo- deposizionale, le variazioni nel tempo, i rapporti con il clima, le proprietà fisiche del ghiaccio. Fu tra gli animatori del Comitato



30.

31.



31.
La Capanna Margherita (4559 m) come appariva nel 1932 quando era destinata ad Osservatorio Meteorologico.

32.



32.
Pluvionivometro totalizzatore in Valle Anzasca nel 1932.

Glaciologico Italiano e fin dal 1910 vi ricoprì con ammirevole competenza la carica di segretario. Alla ricerca glaciologica affianca l'analisi geomorfologica della montagna valdostana e lo studio delle popolazioni alpine, esaminando con penetrante acume il doloroso problema dello spopolamento. Ma l'apice di geografo maturo e completo non si ferma alle Alpi: nel 1934 organizza e dirige per conto della Società Geografica Italiana una spedizione scientifica nel Sahara libico durante la quale esplora i massicci del Tibesti (3500 m) e di El Aueat (2000 m). Vi scopre tracce di antiche erosioni fluviali a dimostrazione della sua attenzione alla

33.
L'Osservatorio Meteorologico di Gressoney D'Ejola, 1850 m, fondato nel 1927 dal Monterin ed ancora oggi attivo.

33.



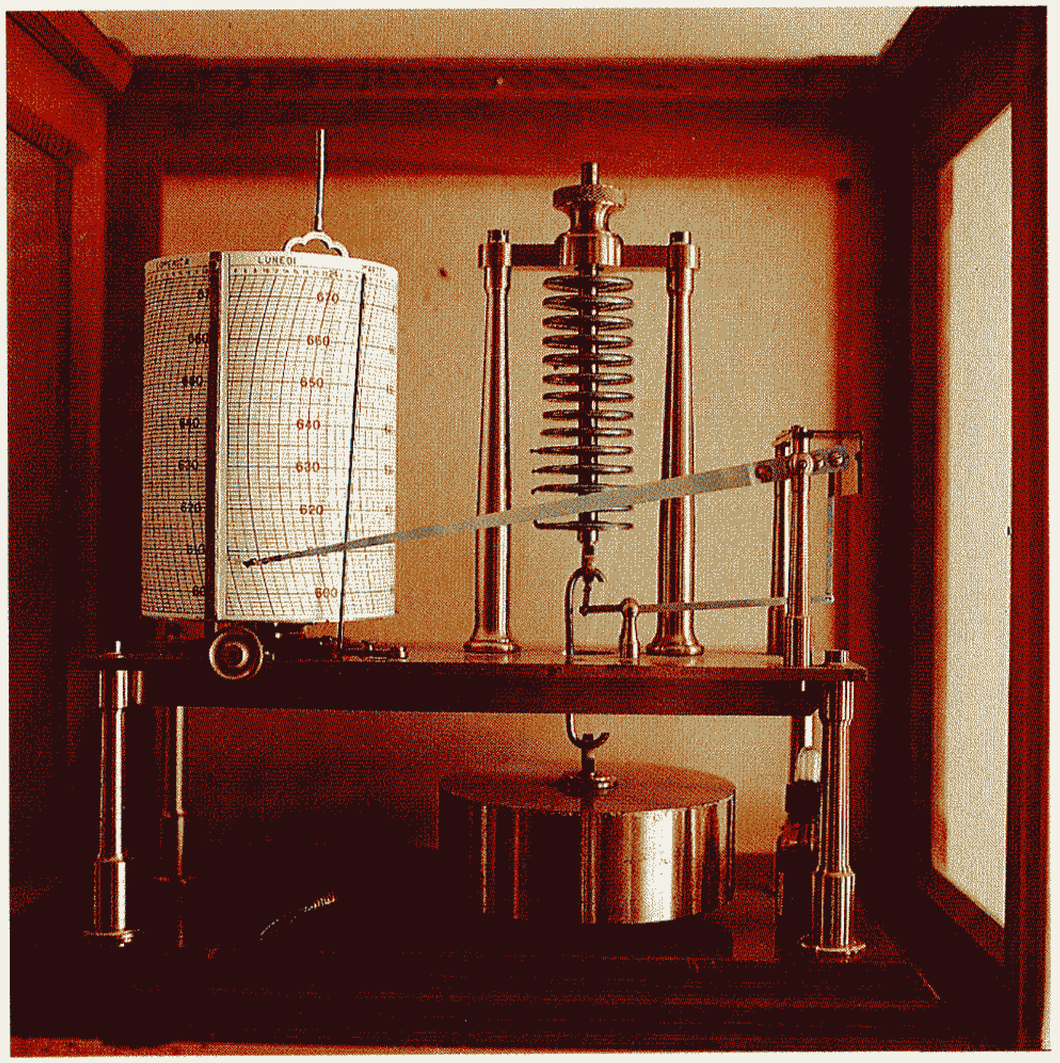
climatologia storica, branca delle discipline geografiche oggi particolarmente seguita e della quale il Nostro può senza dubbio considerarsi uno degli iniziatori a livello mondiale. Nel 1938 è chiamato alla cattedra di geografia dell'Università di Cagliari. Non gli è dato cogliere il frutto più ambìto di una vita di studi: la sua forte fibra è ormai piegata da eccessivi sforzi e deve così rinunciare all'insegnamento. La morte lo coglie il 4 gennaio 1940, a soli 52 anni. Dal 1915 al 1940 l'attività di ricerca del Monterin sul Monte Rosa è instancabile: egli percorre ogni anno i ghiacciai del massiccio, dalla Val d'Ayas a Macugnaga. Effettua precisi rilievi topografici, annota, interpreta e fotografa: decine e decine di lastre in vetro, appunti e relazioni che costituiscono un patrimonio scientifico e culturale di incalcolabile valore, senza il quale queste pagine non si sarebbero potute scrivere. Ancor più metodico l'impegno del Monterin nello studio del clima: avvalendosi dell'aiuto di alcuni alpini concessi dall'autorità militare, egli riesce a gestire gli osservatori meteorologici di Gressoney d'Ejola (la propria residenza), Lago Gabiet (2374 m), Istituto Scientifico Angelo Mosso al Col d'Olen (2900 m), Alagna Valsesia (1190 m) e Capanna Regina Margherita, che con i suoi 4559 m costituiva allora un primato della meteorologia mondiale. Con i mezzi dell'epoca è una fatica immensa: gli osservatori più elevati erano presidiati costantemente nel periodo estivo, e durante l'inverno venivano regolarmente ispezionati dopo ore di marcia sugli sci a temperature polari. Oggi, gran parte di questa struttura è purtroppo caduta nell'oblio, nonostante le accresciute possibilità tecnologiche, ma del Monterin restano oltre 65 pubblicazioni e l'insegnamento di un grande animo.

34.



34.
Gressoney D'Ejola alla fine dell'800, luogo natìo del Monterin. Sullo sfondo le fronti dei Ghiacciai del Lys e di Felik.

35.



35.
Barografo aneiroide all'Osservatorio di Gressoney D'Ejola.

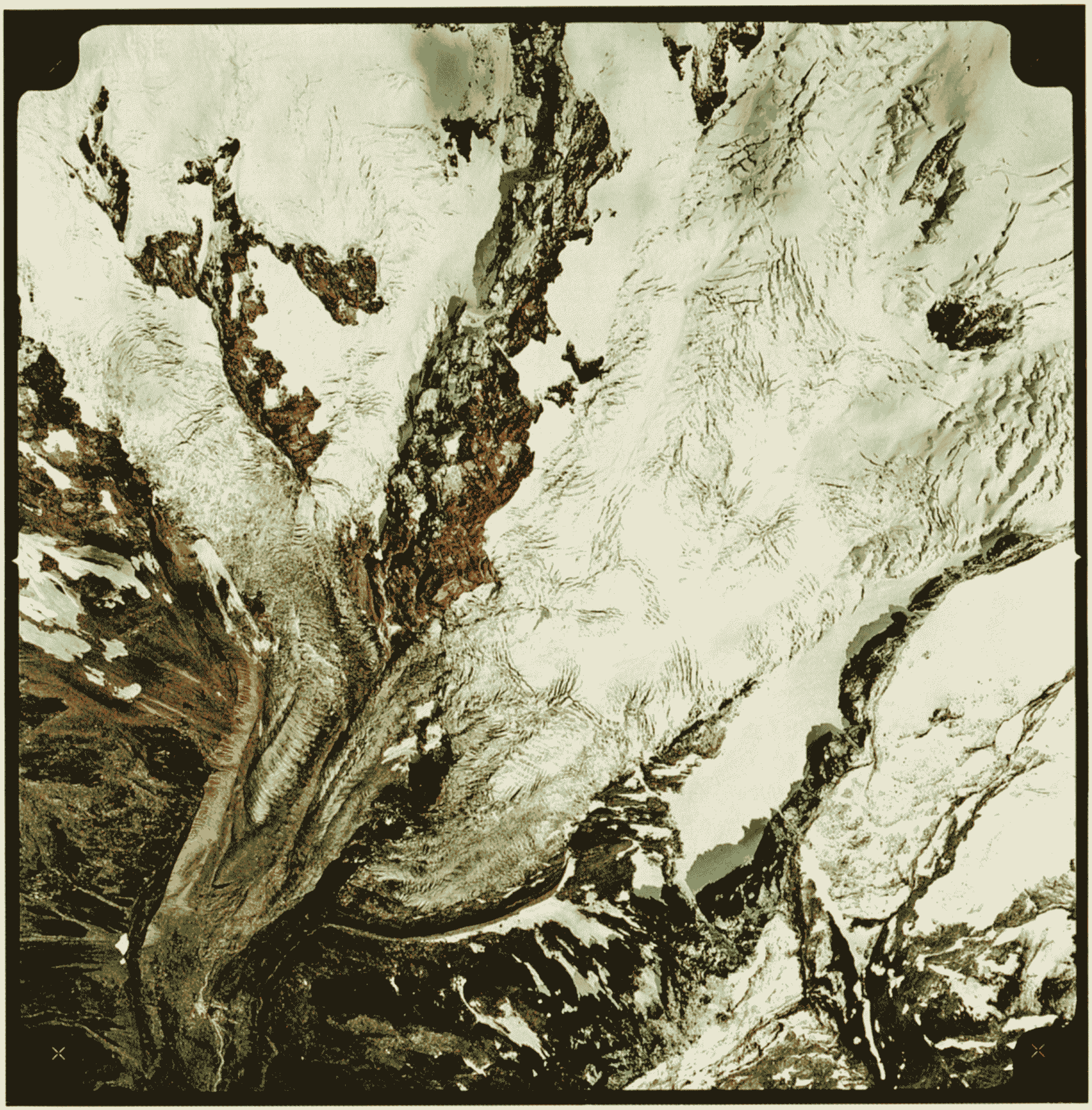


36.
Il Gruppo del Monte Rosa ed i suoi ghiacciai nella carta *The Italian Valleys of the Pennine Alps* di S.W.King, 1856.

6. I GHIACCIAI ITALIANI DEL MONTE ROSA

Nel mondo i ghiacciai coprono complessivamente 15 milioni di km², pari al 9% delle terre emerse. Sull'Antartide l'immensa calotta di acqua gelata occupa 12.5 milioni di km², in Groenlandia 1.8 milioni di km². Il continente più povero di nevi perenni è invece l'Africa con soli 12 km² localizzati sulle montagne oltre i 5000 m di quota.
In base ai dati acquisiti nel 1987 dal Comitato Glaciologico Italiano nell'ambito della collaborazione alla stesura del World Glacier Inventory, i ghiacciai italiani risultano 1396 e si estendono su 607 km², il 21% della superficie glacializzata dell'intera catena alpina e lo 0.2% del territorio nazionale. Essi sono distribuiti lungo un ampio arco dalle Alpi Marittime alle Giulie, con un unico esempio negli Appennini: il piccolo Ghiacciaio del Calderone sul Gran Sasso. La Valle d'Aosta, con 194 km², è la regione italiana più ricca di ghiacciai (6% del suo territorio): il loro numero complessivo raggiunge le 296 unità. Sulle Alpi italiane il massiccio montuoso più glacializzato è l'Ortles-Cevedale con circa 100 km²; al Monte Bianco ne spettano 47, mentre nelle quattro valli italiane che convergono sul Monte Rosa, l'area totale coperta dai ghiacci raggiunge 51.4 km², così ripartiti: 14.6 in Valle d'Ayas, 15.5 in Valle del Lys, 7.8 in Valsesia e 13.5 in Valle Anzasca, per un totale di 53 unità glaciali. Di queste, tuttavia, solo dodici oltrepassano l'estensione di almeno un chilometro quadrato, e costituiscono pertanto i più significativi elementi paesaggistici e di ricerca scientifica che verranno trattati nelle pagine seguenti.
Il versante svizzero del Monte Rosa, al contrario, per l'esposizione volta a settentrione, presenta ghiacciai molto più estesi: si pensi che, mentre sulle pendici di Gressoney - esposte a Sud - il Ghiacciaio del Lys si stende per circa 12 km², sull'opposto versante l'enorme Ghiacciaio del Gorner, il secondo delle Alpi in ordine di grandezza, raggiunge i 68 km² con una lingua lunga oltre 14 km!

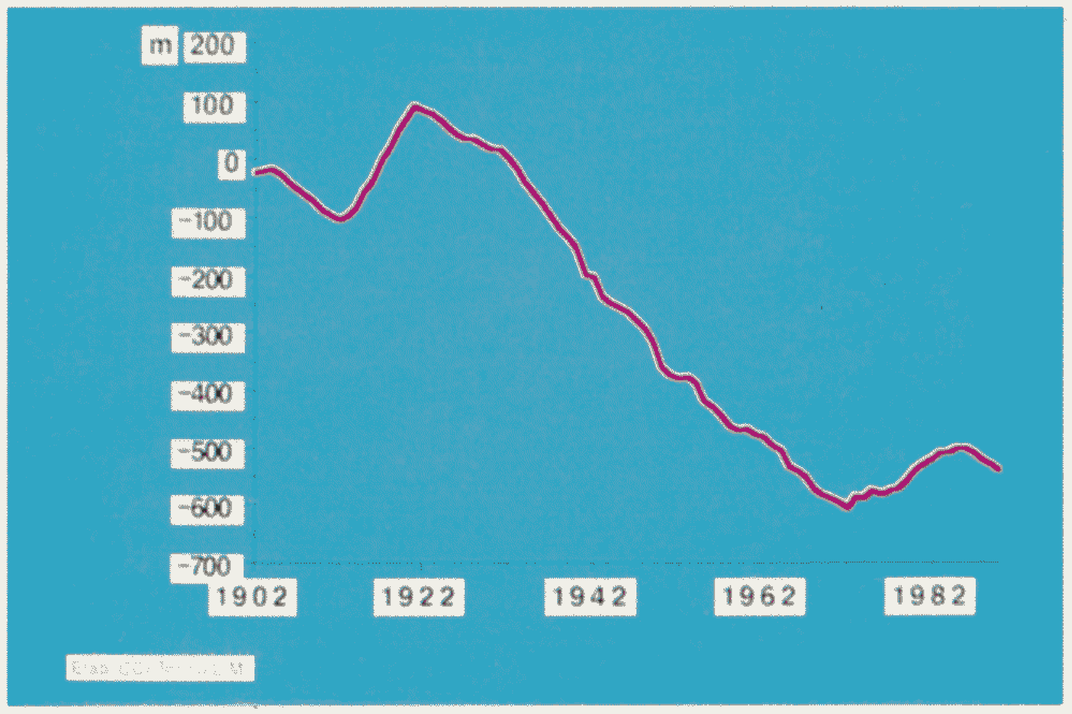
37.



37.
Ripresa aerea del Ghiacciaio del Lys nell'autunno del 1975. (Aut. pubbl. Reg. Auton. Valle d'Aosta 002373/5 LL.PP. del 29.04.91 e Conc. S.M.A. n. 343 del 02.04.86).

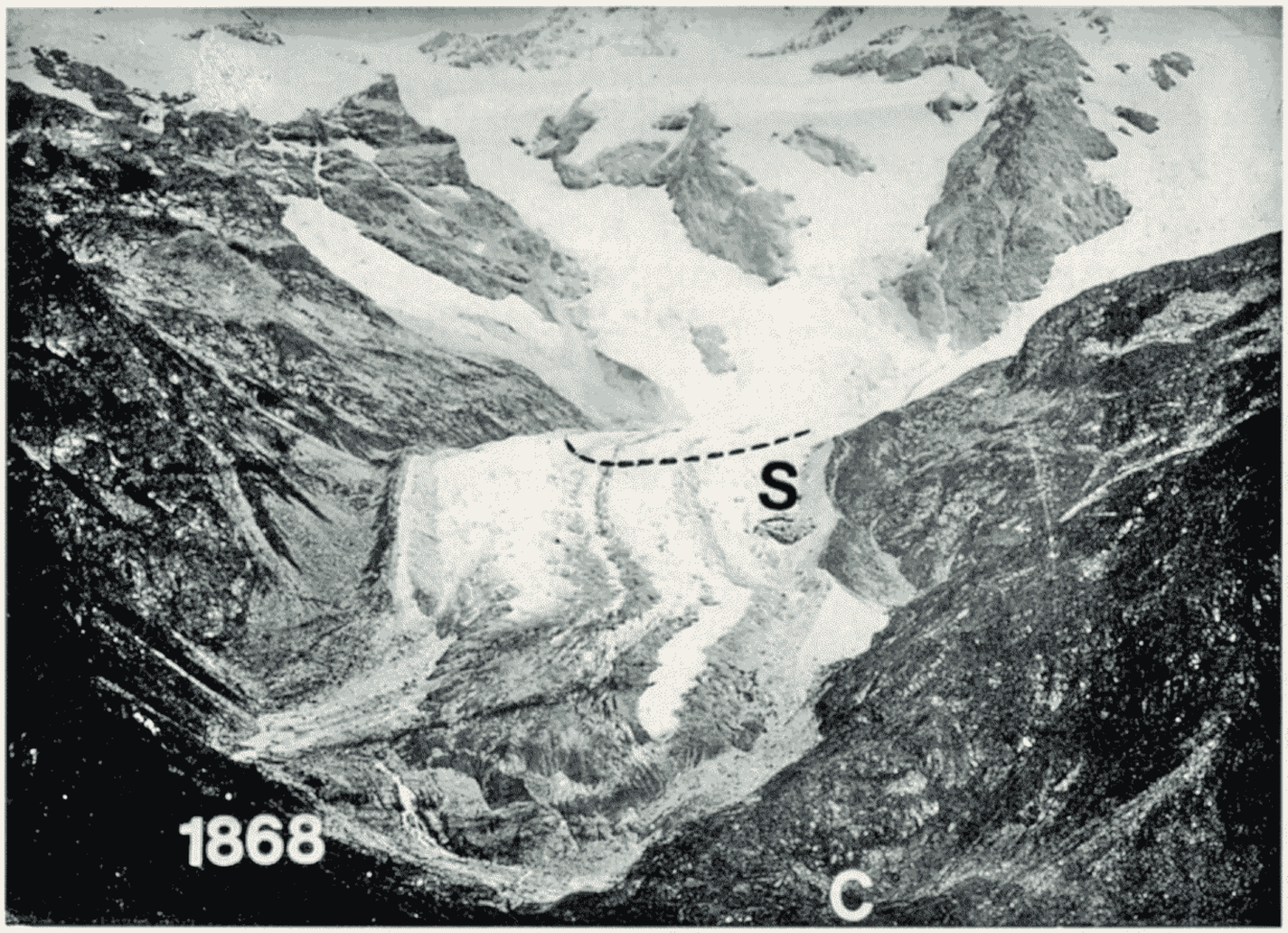
GHIACCIAIO DEL LYS - *Descend en serpentant jusqu'aupres des pâturages de la Trinité de Gressoney*, così lo definì Horace-Bénédict De Saussure nel 1789.
E' il più vasto ed il più studiato ghiacciaio del versante italiano del Monte Rosa, il quarto d'Italia per superficie. Il suo nome deriva da *liso* che in dialetto *walser* significa *acqua corrente*. Il bacino alimentatore si stende in gran parte a quote superiori ai 4000 m, suddividendosi in tre grandi seraccate che, alla base dello sperone roccioso chiamato *Naso del Lyskamm* vanno a confluire nel *Plateau del Lys*, la pianeggiante lingua di ablazione. La fronte è attualmente ricoperta da detrito morenico dal quale emerge a tratti il ghiaccio impastato di frammenti rocciosi. Durante l'estate, dalla bocca glaciale che non tutti gli anni si forma, scaturisce l'impetuoso torrente glaciale. Le prime informazioni certe sulle condizioni del grande ghiacciaio risalgono agli ultimi decenni del XVIII Secolo, nel pieno della *Piccola Età Glaciale*. In quegli anni la fronte era in fase di moderata espansione; poco più tardi, nel 1812, iniziava l'avanzata che doveva portare il ghiacciaio a dimensioni mai raggiunte nella storia recente. Infatti, nel 1821, l'enorme fronte, dopo aver invaso pascoli e sentieri, giungeva a breve distanza dall'Alpe Cortlys, a circa 2000 m di quota. Ne sono testimonianza i cordoni morenici oggi coperti dalla vegetazione e le vibranti descrizioni dello Zumstein. Dal 1822 al 1842 ha luogo un lento regresso ma già dal 1843 si apre una nuova, imponente avanzata, di poco inferiore alla precedente: tra il 1854 ed il 1855 il ghiacciaio progredisce di ben 61 m, il massimo annuale documentato, e l'aumento della massa glaciale continua fino al 1860 ostacolando il transito dei pastori e del bestiame lungo il sentiero dell'Alpe di Salzen (presso la morena laterale in sinistra idrografica). Dopo una fase pressochè stazionaria fino al 1869 (foto 39), inizia un rapido ritiro dei ghiacci che prosegue fino al 1882, quindi, una sequenza di annate nevose riattiva una modesta discesa della fronte, che termina nel 1891. Si apre dunque un nuovo periodo di riduzione che durerà fino al 1912; nel frattempo - nel 1901 - l'illustre geologo fiorentino Giotto Dainelli pone il primo segnale di misura, iniziando i rilevamenti strumentali, più precisi delle precedenti analisi basate su descrizioni, fotografie ed antiche carte. Dal 1913 al 1921 il Lys si espande considerevolmente ed il fenomeno è documentato minuziosamente dal Monterin (foto 15 e 41). Dopo il 1922 inizia la

38.
Gli spostamenti frontali del Ghiacciaio del Lys dal 1902 al 1990. Evidenti le due espansioni degli anni '20 e degli anni '70, ed il massimo arretramento (-600 m dal 1902) culminato nel 1971.

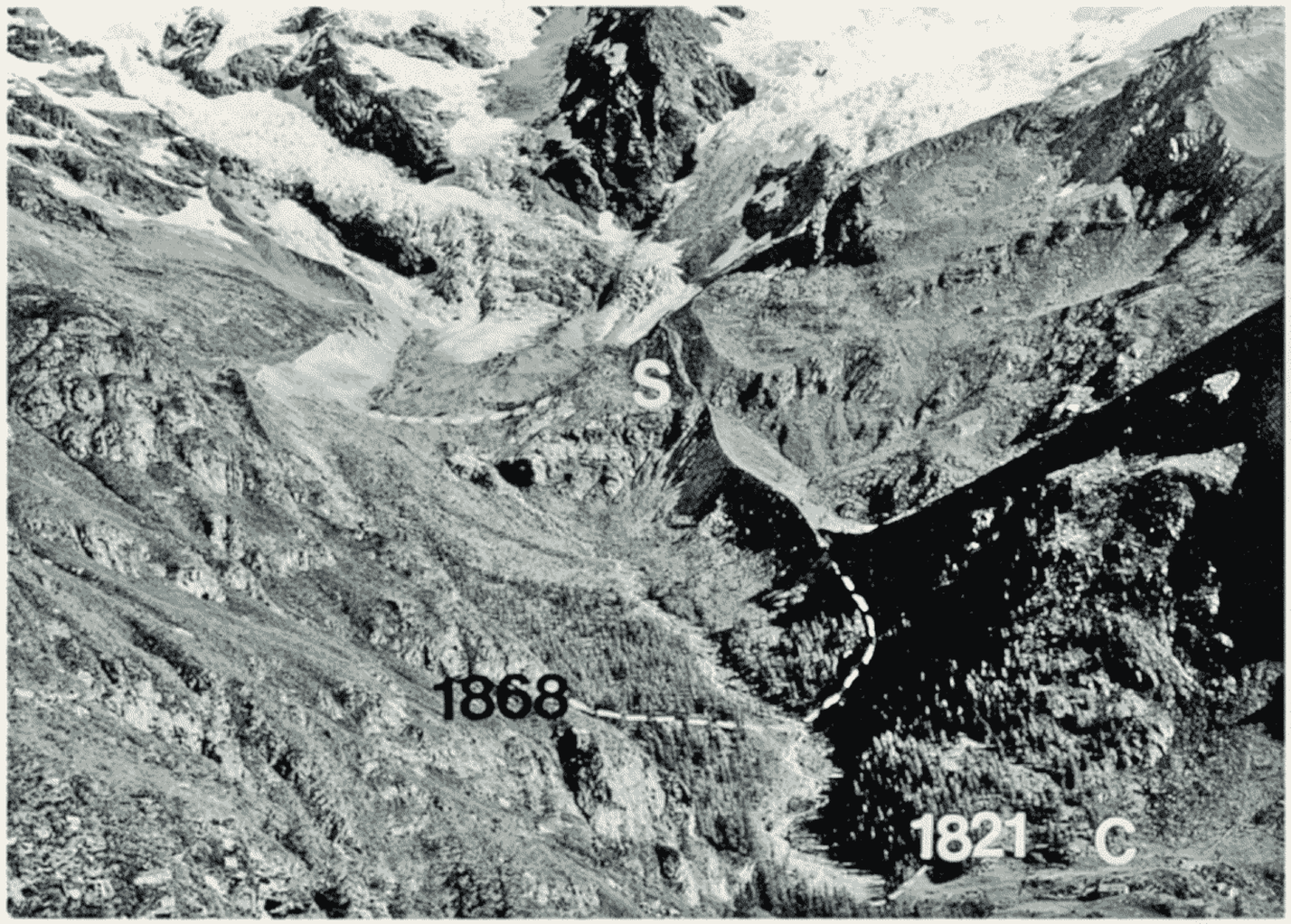


38.

39.



40.



39-40.
Il Ghiacciaio del Lys visto da Sant'Anna in una rarissima immagine del 1868 e - in basso - come appariva nel 1984. Si noti la completa scomparsa del ghiaccio dal gradino roccioso di Salzen (S), l'intenso rimboschimento attuale della zona occupata dalla fronte nel 1868, e la piccola morena presso l'Alpe Cortlys (C), limite della massima espansione del 1821.

41.



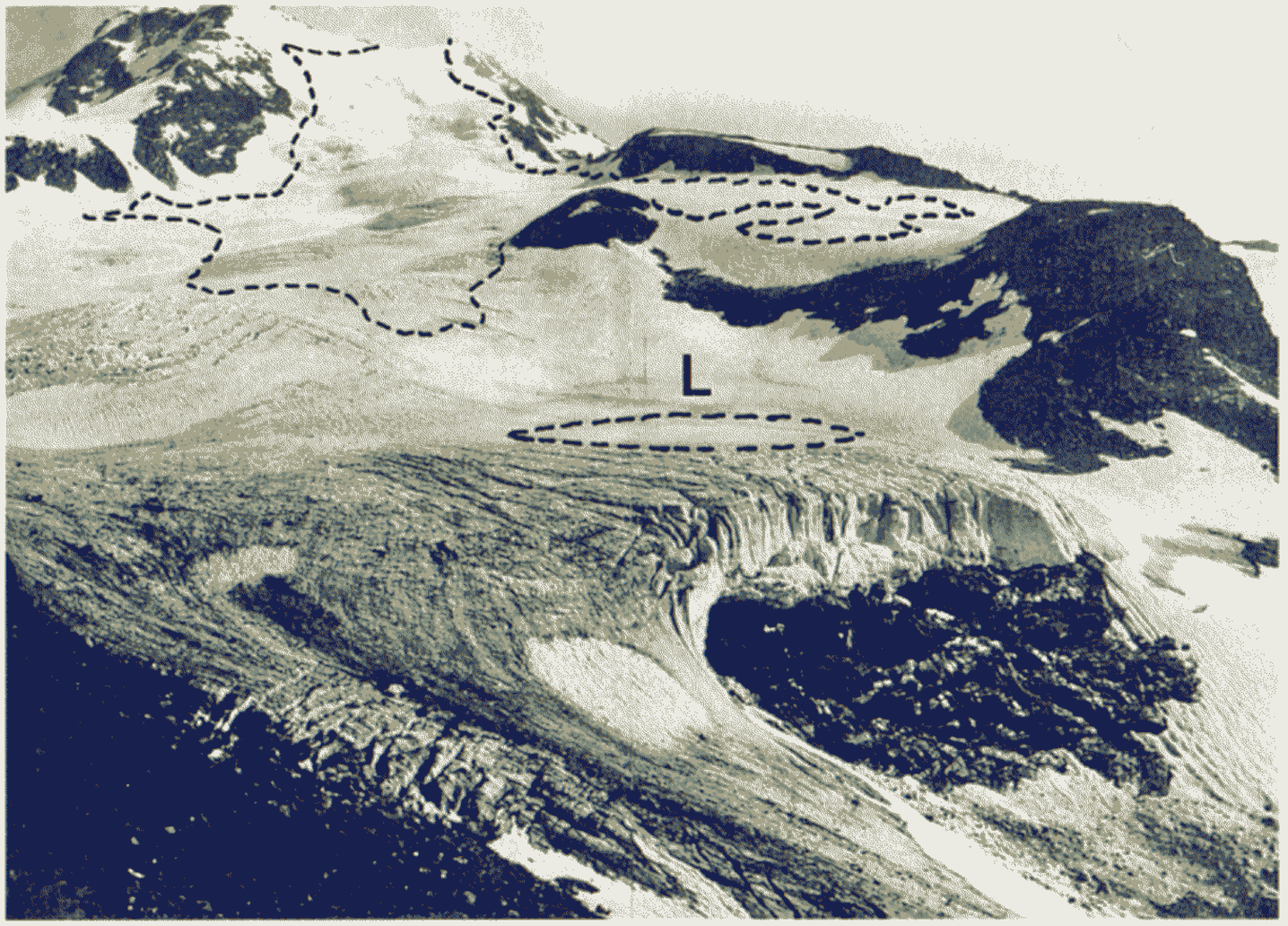
41.
Il Ghiacciaio del Lys nel 1922, al culmine della breve fase di espansione iniziata nel 1913.

fase di maggior contrazione del ghiacciaio che attorno al 1940 si ritira, per la prima volta in oltre 150 anni, al di sopra del gradino roccioso di Salzen. La riduzione prosegue fino al 1971, anno in cui la fronte presenta la massima distanza dalla morena del 1821: circa 1500 m. Dal 1972 al 1985 si assiste ad un avanzamento di circa 112 m, ed infine, nel 1986 inizia un nuovo regresso, tuttora in corso: dal 1989 al 1990 la fronte è arretrata di 11 m.

Superficie km²: 11.8
Quota massima m: 4527
Quota fronte m: 2350
Lunghezza km: 5.6
Riserva idrica stimata
(milioni di metri cubi): 596

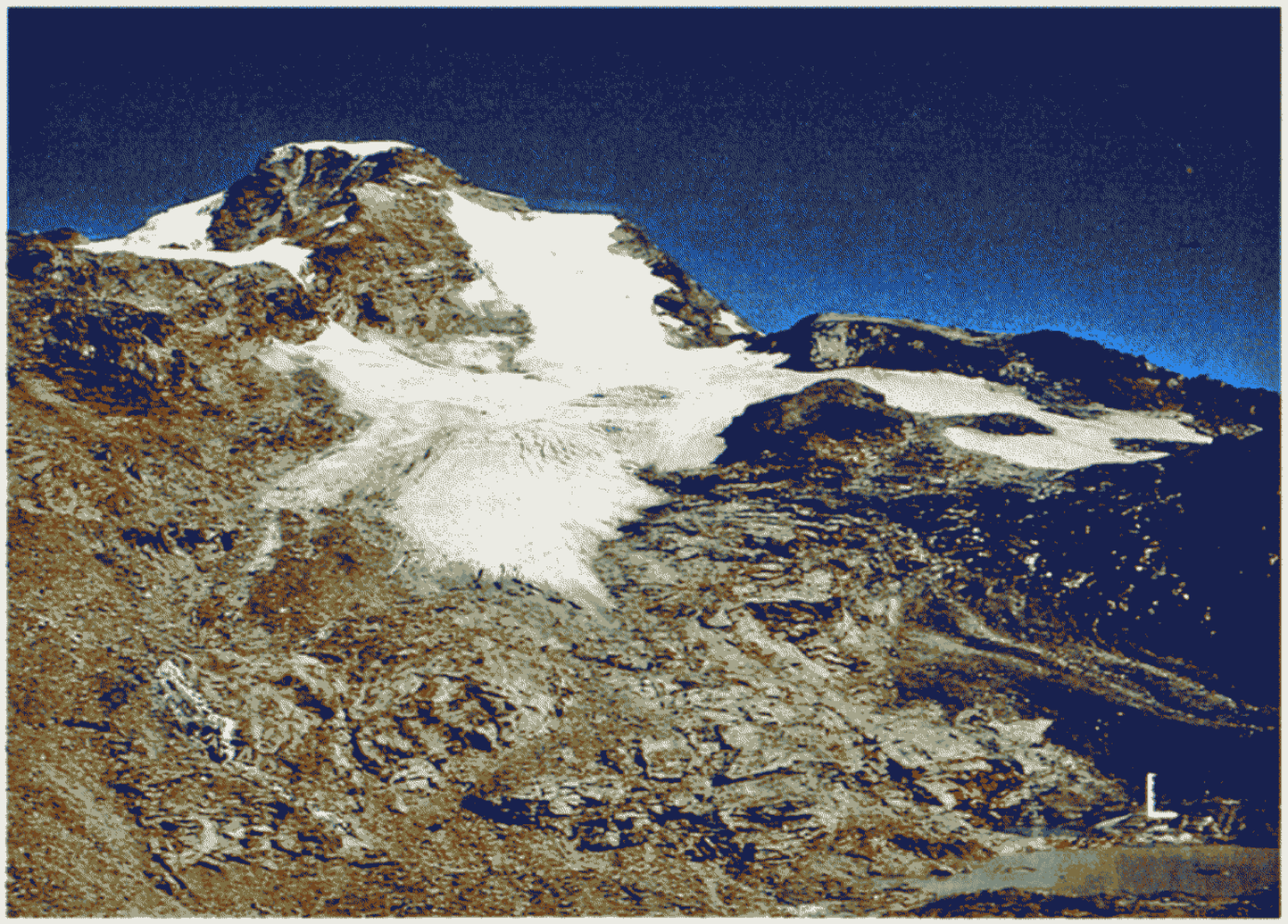
GHIACCIAIO D'INDREN - Occupa i pendii meridionali della Piramide Vincent (4215 m) e presenta una superficie ad andamento piuttosto regolare che ha favorito la pratica dello sci estivo: sul lato sinistro idrografico è infatti in funzione un impianto di risalita al quale si accede dalla stazione della funivia di Punta Indren (3260 m), proveniente da Alagna Valsesia. Il ghiacciaio ha subíto nel corso dell'ultimo settantennio una sorprendente riduzione: la fronte, dopo il progresso del 1913-22 si è ritirata a monte di un gradino roccioso sul quale, fin dagli anni '40 è andato formandosi un laghetto. Gli anni freschi e nevosi del periodo 1970-85 non sono stati sufficienti ad invertire la tendenza negativa: dopo una fase di stazionarietà la fronte ha infatti nuovamente ripreso a regredire.

42.



GHIACCIAIO D'INDREN
(Bacino Lys)
Superficie km²: 1.4
Quota massima m: 4130
Quota fronte m: 3055
Lunghezza km: 2.4
Riserva idrica stimata
(milioni di metri cubi): 28

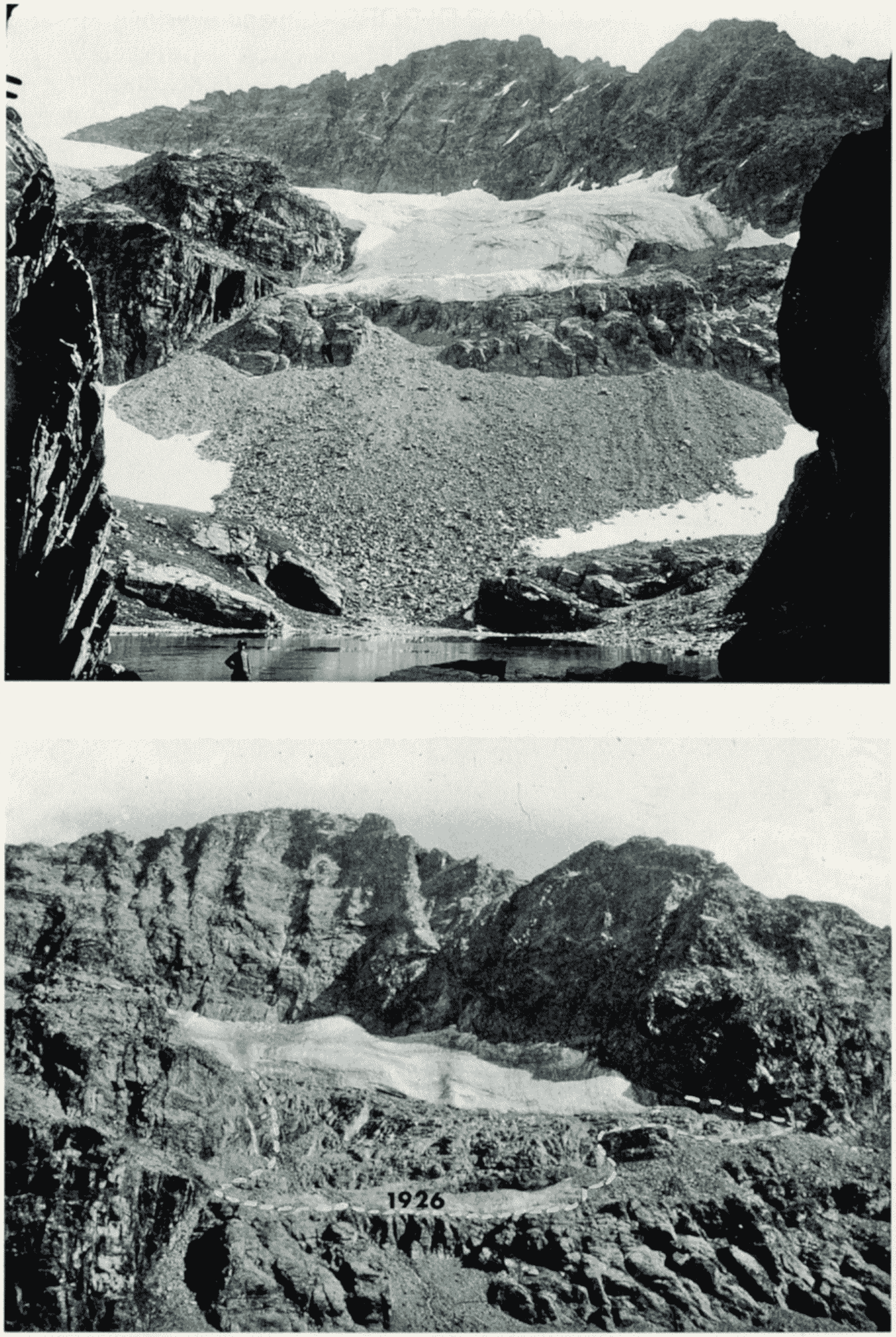
43.



42-43.
Il Ghiacciaio d'Indren nel 1915 e nel 1990 (in basso). In 75 anni la riduzione di massa è stata sorprendente: si osserva la comparsa di un laghetto (in basso a destra) nella zona in precedenza interamente occupata dai ghiacci.

44.

45.



44-45.
Il Ghiacciaio di Netscho nel 1926 e nel 1987. Il piccolo apparato si è notevolmente ridotto ritirandosi sul gradino roccioso superiore.

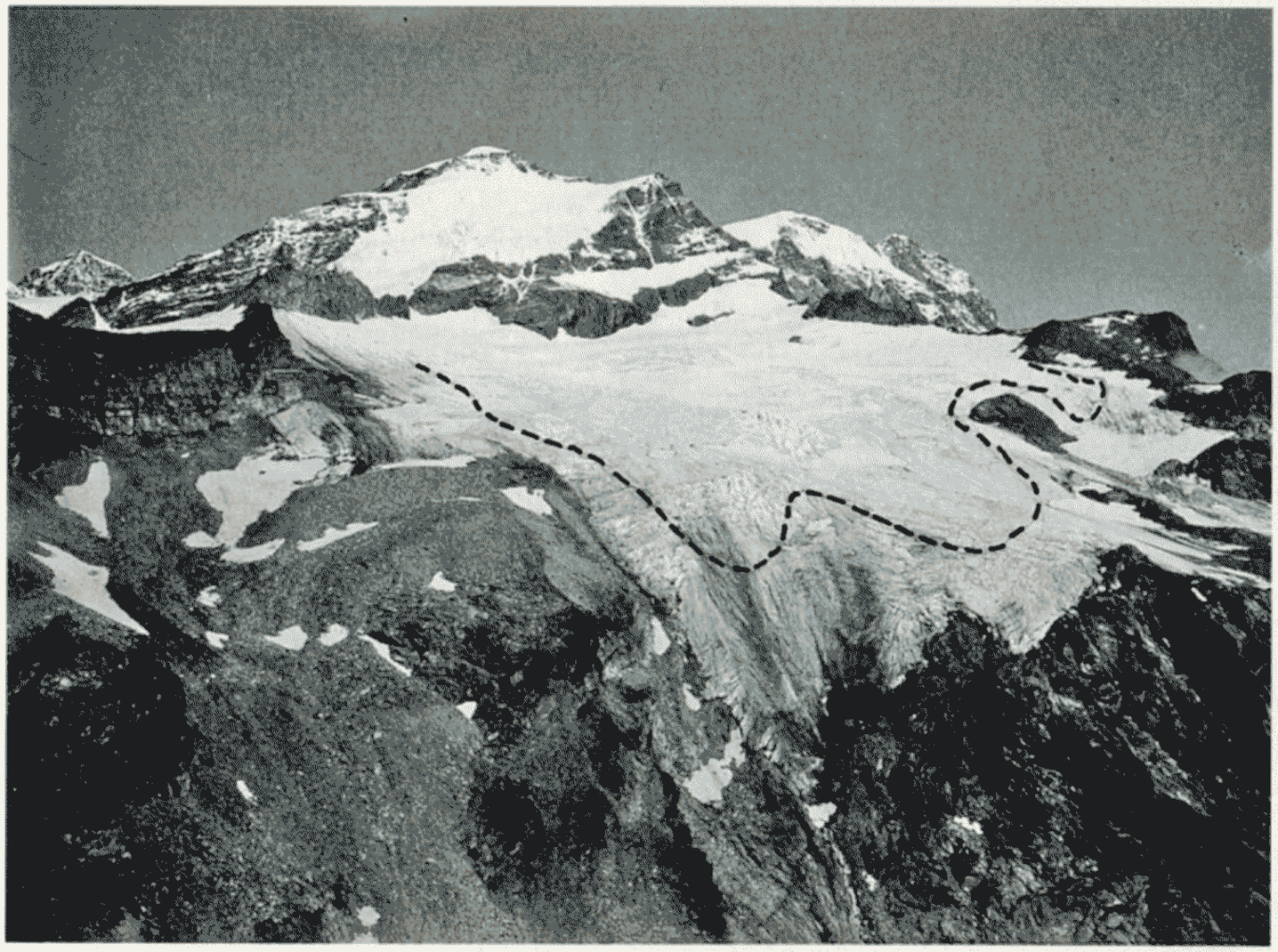
GHIACCIAIO DI NETSCHO - È un piccolo ghiacciaio sospeso alimentato dalle valanghe che precipitano dalle pareti nord occidentali della Punta di Tschampono (3233 m). Nonostante le sue limitate dimensioni riveste una discreta importanza glaciologica per la notevole documentazione disponibile. Dal 1926 ha subito un considerevole regresso.

Superficie km²: 0.3
Quota massima m: 3090
Quota fronte m: 2850
Lunghezza km: 0.5
Riserva idrica stimata
(milioni di metri cubi): 1.3

GHIACCIAIO DI BORS - Ghiacciaio dalla superficie regolare che occupa le pendici meridionali della Punta Giordani (4046 m); attualmente è in fase di notevole riduzione. E' sfruttato per l'attività di sci estivo. Data la vicinanza con l'Osservatorio Meteorologico del Col d'Olen (oggi in disuso), attorno al 1930 fu scelto dal Monterin per effettuare numerose campagne di misura dell'ablazione superficiale.

Superficie km²: 1.3
Quota massima m: 3750
Quota fronte m: 3025
Lunghezza km: 1.8
Riserva idrica stimata
(milioni di metri cubi): 26

46.



46.
Il Ghiacciaio di Bors come appariva nel 1929 ed il limite approssimativo attuale.

47.



48.



47-48.
La lingua occidentale del Ghiacciaio delle Piode (a sinistra) ed il Ghiacciaio del Sesia (a destra) in due vedute del 1920 e del 1986 (in basso). Assai evidente l'apparato morenico del secolo scorso e la riduzione delle zone frontali.

GHIACCIAI DELLE PIODE E DEL SESIA - Sono i ghiacciai più importanti della Valsesia. Il nome *pioda* significa *lastra* ed è dovuto alla conformazione delle rocce presso il colle omonimo soprastante il ghiacciaio. La massa gelata precipita dal versante Sud-Est del Monte Rosa con imponenti seraccate che si dividono a formare due fronti, la Occidentale e la Orientale. L'adiacente Ghiacciaio del Sesia, dal nome delle sorgenti del torrente, si stende alla base dell'erta parete Est della Punta Gnifetti (4559 m). A valle delle fronti è ben evidente l'apparato morenico edificato dalle espansioni del 1820 e del 1850, corredato da bellissime rocce montonate. Attorno al 1920 (foto 47) i ghiacciai presentavano ancora una notevole estensione, mentre oggi i limiti del ghiaccio si sono sensibilmente ritirati verso monte. La fronte del Ghiacciaio del Sesia, che nel

49.



49.
La zona frontale del Ghiacciaio del Sesia in una litografia del 1877 (autore ignoto). Attualmente la fronte, sospesa su un ripido salto roccioso, non è più accessibile.

1877, come appare da una litografia d'epoca (fig. 49), era facilmente raggiungibile a piedi, oggi è inaccessibile, sospesa su un ripido gradino roccioso dal quale precipitano continuamente enormi blocchi di ghiaccio. Anche questi ghiacciai sono attualmente in una fase di netta riduzione.

GHIACCIAIO DELLE PIODE (Bacino Sesia)
Superficie km²: 2.6
Quota massima m: 4436
Quota fronte m: 2470
Lunghezza km: 2.7
Riserva idrica stimata
(milioni di metri cubi): 69

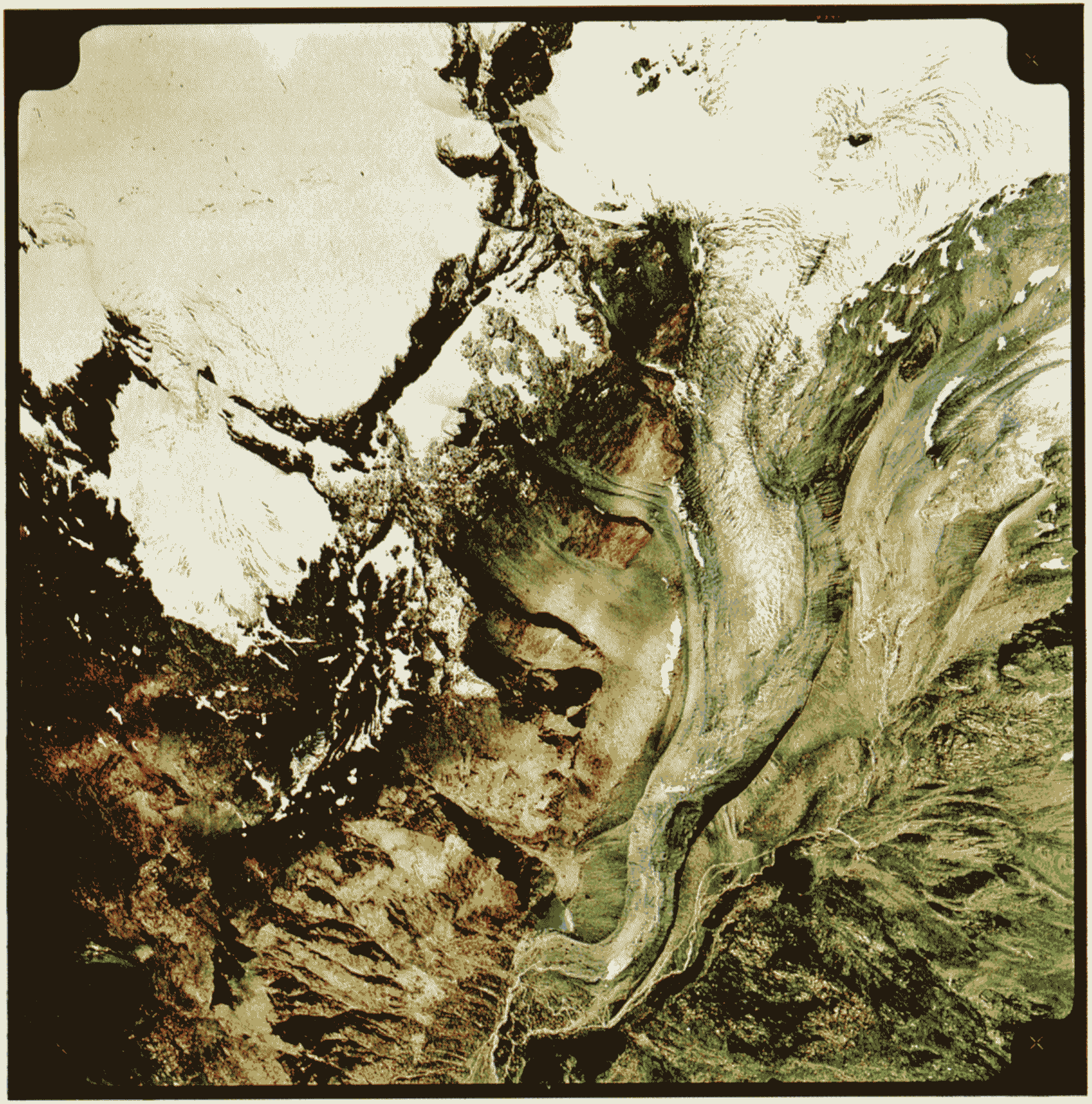
GHIACCIAIO DEL SESIA (Bacino Sesia)
Superficie km²: 2.0
Quota massima m: 4300
Quota fronte m: 2620
Lunghezza km: 2.6
Riserva idrica stimata
(milioni di metri cubi): 49

GHIACCIAI GRANDE E PICCOLO DI VERRA
Sono i principali ghiacciai che dominano la testata della Valle d'Ayas; dalle loro fronti nasce l'Evançon. Il loro nome - proveniente dalla sottostante Alpe di Verra - è l'errata trascrizione del termine *vera* che in dialetto locale significa *frutto del pino cembro*. Il Grande Ghiacciaio di Verra, il secondo per dimensioni del versante italiano del Monte Rosa, trae alimentazione dagli alti bacini del Breithorn Occidentale (4165 m) ed Orientale (4139 m): da qui le distese ghiacciate si riuniscono a formare una sinuosa lingua delimitata da magnifiche morene laterali. La morena frontale è invece disordinatamente accumulata poco al di sopra del Pian di Verra e va gradualmente ricoprendosi di vegetazione. Tutto il grande complesso detritico, durante la grande avanzata del 1820, si è piegato verso la destra idrografica sbarrando il valloncello oggi occupato dalle acque del Lago Blu (2215 m), dalle quali ancora oggi emergono i tronchi dei larici sommersi. Fino al 1865 la fronte mantiene enormi dimensioni allargandosi sul pendio a valle del lago, quindi ha inizio un rapido ed intenso regresso che salvo oscillazioni di scarsa rilevanza, prosegue fino al 1912, quando, in analogia alla dinamica del vicino Ghiacciaio del Lys, si apre una nuova fase di progresso. La fronte si accresce raggiungendo nel 1922 imponenti dimensioni (foto 53), ma l'avanzata si esaurisce repentinamente tanto che solo un decennio più tardi, nel 1932 (foto 54), là dove erano i ghiacci si stende un caotico ammasso di detriti morenici. Il regresso prosegue senza soste negli anni successivi e, nel 1959, la fronte si frattura in corrispondenza del gradino roccioso di quota 2500 m, e la massa di ghiaccio abbandonata a valle in breve tempo scompare. La nuova estremità frontale arretra ulteriormente fino alla metà degli anni '70 quando la tendenza si inverte ed il ghiacciaio conosce finalmente una nuova espansione, tuttavia la lingua non si spingerà mai più a valle del gradino sul quale da oltre un ventennio si era ritirata. Attorno al 1985 il progresso si arresta ed inizia quindi una nuova riduzione tuttora in corso.
Più modeste le vicende del Ghiacciaio Piccolo di Verra, la cui lingua, discendente dalle pareti del Castore (4225 m), si allarga su un pendio detritico dalle morene poco pronunciate. Anche questo ghiacciaio, dopo la grande espansione della metà del XIX Secolo subisce un intenso regresso, interrotto in seguito dalla breve avanzata del 1920. Il cinquantennio seguente è caratterizzato da una lenta contrazione che si arresta dopo il 1970 con il ritorno a favorevoli condizioni di alimentazione. La lingua progredisce di qualche decina di metri, quindi, dalla metà degli anni '80 torna a ridursi raggiungendo l'attuale conformazione.

GHIACCIAIO GRANDE DI VERRA
Superficie km²: 7.3
Quota massima m: 4220
Quota fronte m: 2540
Lunghezza km: 5.1
Riserva idrica stimata
(milioni di metri cubi): 308

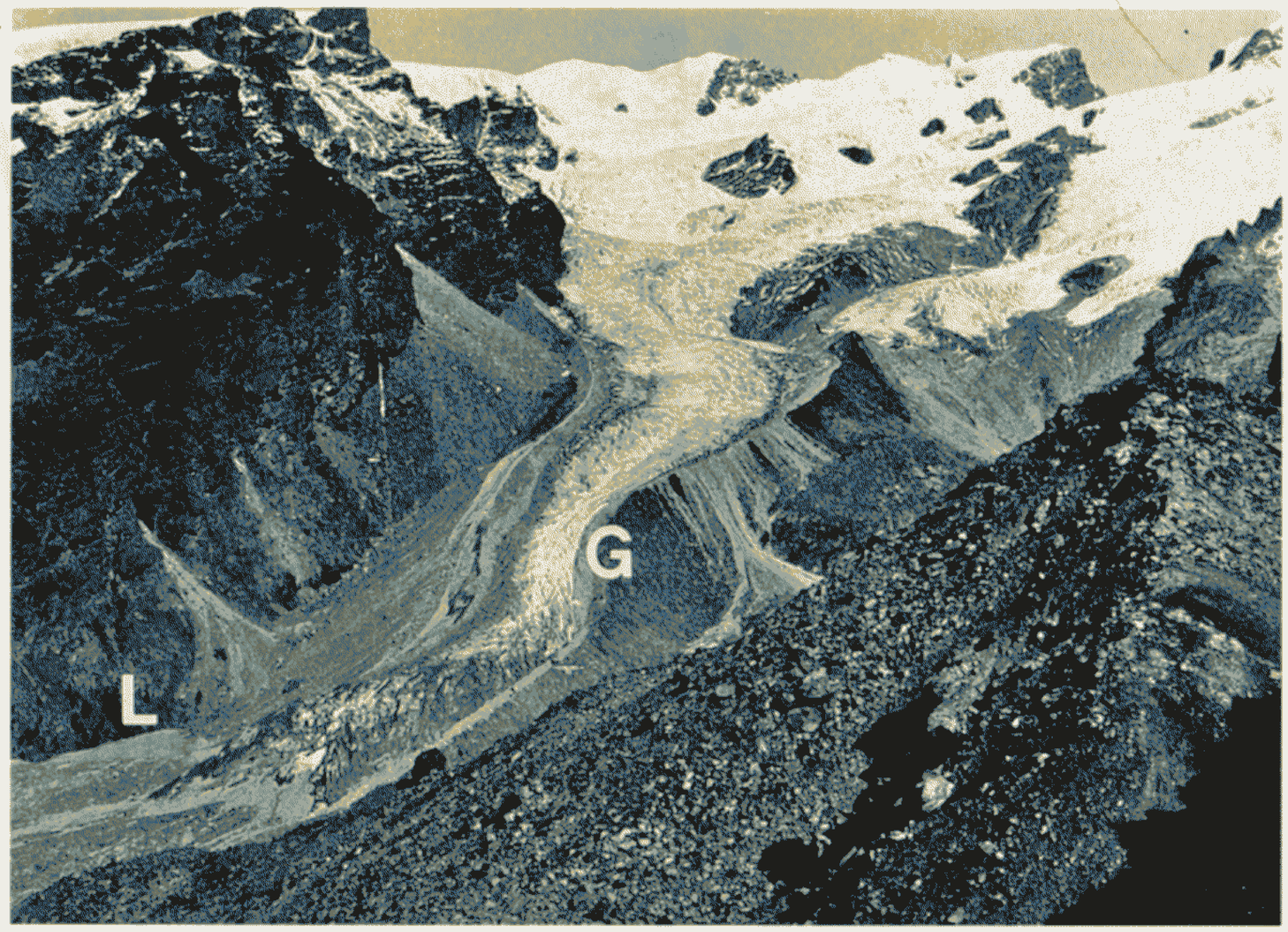
GHIACCIAIO PICCOLO DI VERRA
Superficie km²: 2.4
Quota massima m: 4175
Quota fronte m: 2795
Lunghezza km: 3.1
Riserva idrica stimata
(milioni di metri cubi): 63

50.

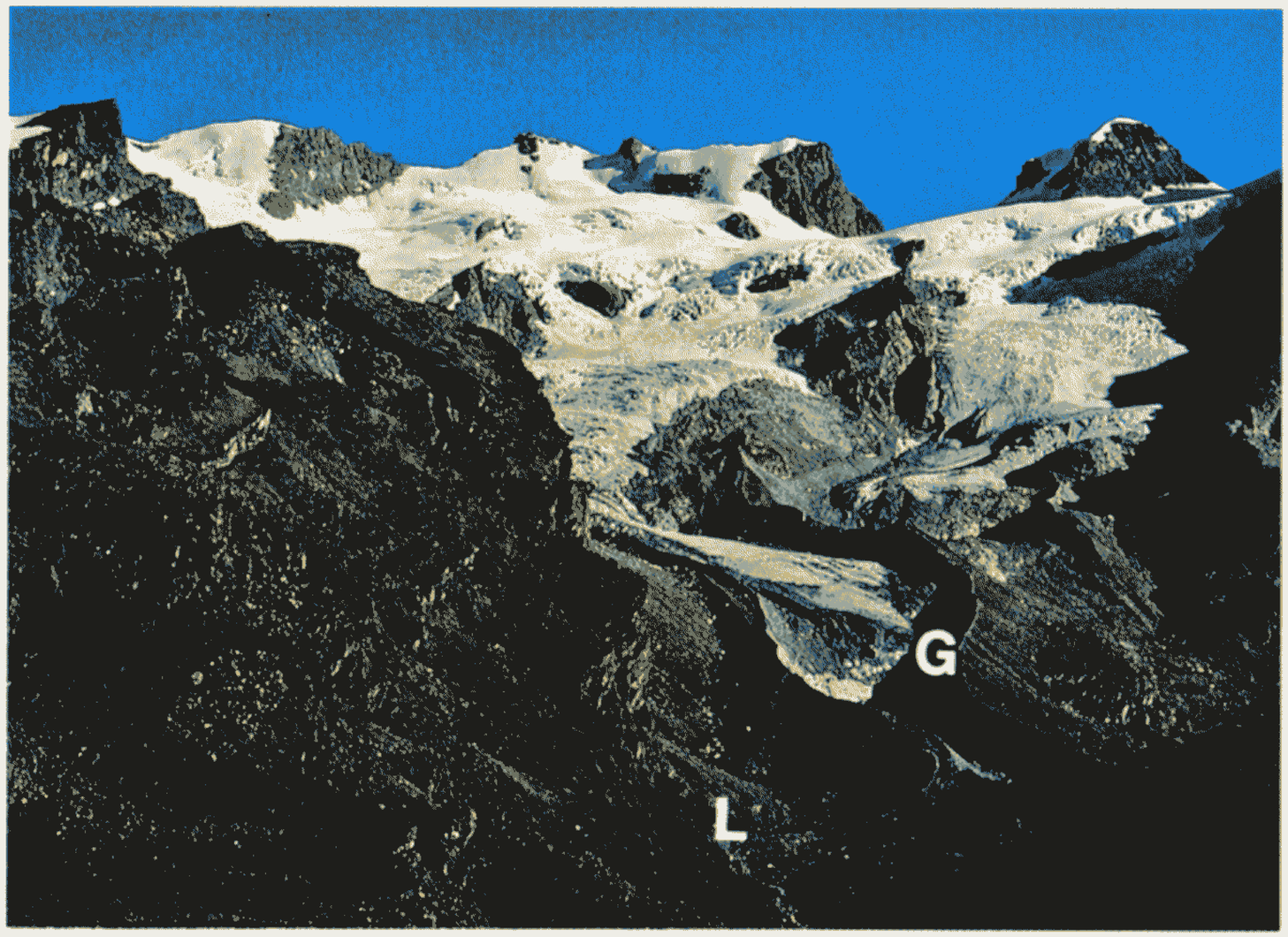


50.
Ripresa aerea dei Ghiacciai di Verra nell'autunno del 1975. Si noti l'imponente e ben conservato apparato morenico del secolo scorso con il Lago Blu (a sin.) e (a destra) la fronte del Piccolo Ghiacciaio di Verra. (Aut. pubbl. Reg. Auton. Valle d'Aosta 002373/5 LL.PP. del 29.04.91 e Conc S.M.A. n. 343 del 02.04.86).

51.



52.



51-52.
Il Ghiacciaio Grande di Verra nel 1922 e nel 1984 (in basso). Evidentissimo l'arretramento della fronte che dalla posizione prossima al Lago Blu (L) si è ora ritirata su uno scosceso gradino roccioso (G).

53.



54.

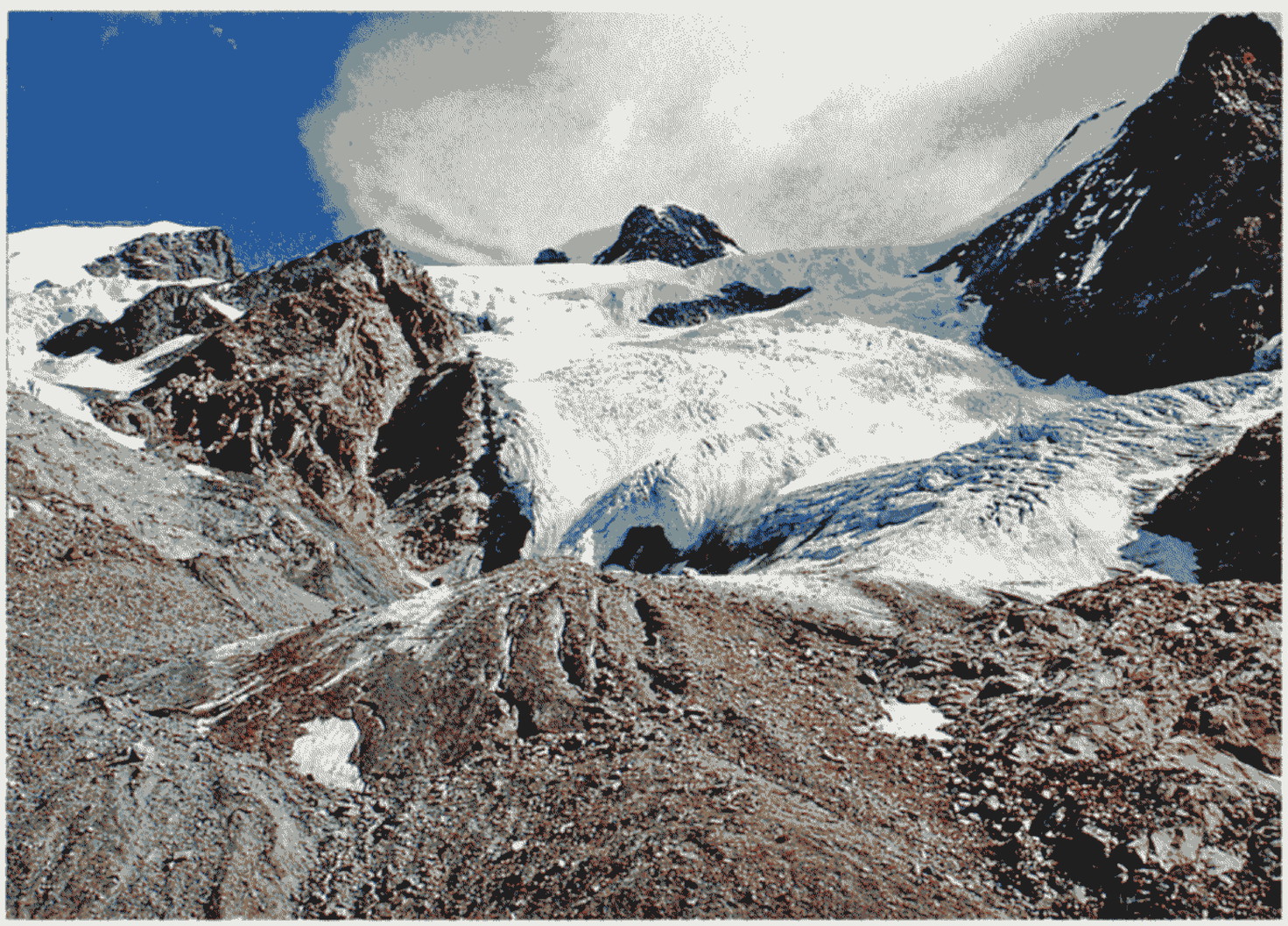


53-54.
La poderosa fronte del Ghiacciaio Grande di Verra nel 1922 e la sua completa scomparsa nel 1932 (in basso), avvenuta in soli dieci anni. Con (L) è indicato il Lago Blu.

55.

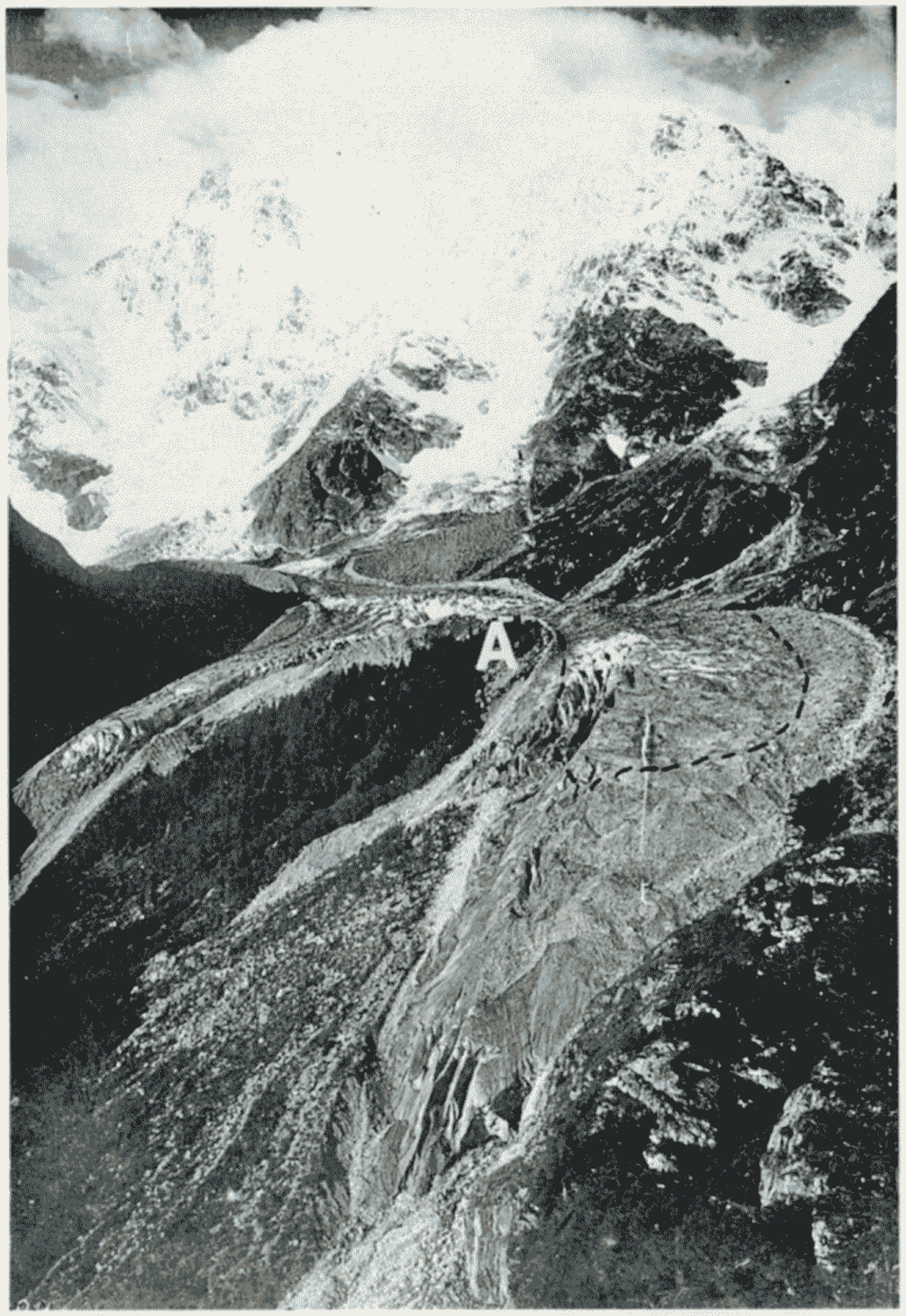


56.



55-56.
La zona frontale del Ghiacciaio Piccolo di Verra nel 1932 e nel 1972 (in basso). Si registra soprattutto una diminuzione di spessore.

GHIACCIAIO DEL BELVEDERE O DI MACUGNAGA - È senza dubbio uno dei più straordinari ghiacciai italiani per la singolarità della sua morfologia: viene alimentato dalle colate glaciali abbarbicate all'austera parete Est del Monte Rosa, culminante con la Punta Dufour (4633 m), mentre la serpeggiante lingua valliva si stende per oltre 3 km fino a raggiungere l'ostacolo della boscosa collina del Belvedere, dove si separa in due ramificazioni frontali delle quali quella in sinistra idrografica - la più potente - scende fino alla quota di 1760 m, nei pressi dell'abitato di Macugnaga. Generalmente l'Anza scaturisce da un'ampia bocca. L'affascinante spettacolo già colpì la fantasia dei primi viaggiatori che visitarono il ghiacciaio: l'Amoretti, nel 1780, lo descrive come *formato d'altissime onde, come se si fosse agghiacciato il mare al momento d'una procella* e il Welden nel 1823 lo definì *una grande cascata d'acqua che precipitando dalla vetta si è trasformata improvvisamente in ghiaccio*. Certo in quegli anni il Belvedere si trovava nel massimo della sua maestosità (foto 60), aspetto che mantiene pressochè invariato fin verso il 1860. Inizia quindi un vistoso regresso, che, particolarmente intenso attorno al 1876, viene documentato dallo Stoppani, il quale descrive anche un catastrofico svuotamento di una sacca d'acqua glaciale avvenuto nell'agosto del 1868. Dal 1880 al 1891 la fronte avanza, quindi si riduce fino al 1911 per riprendere poi l'espansione culminata nel 1922, anno nel quale ha luogo in settembre una nuova alluvione glaciale dell'Anza. Il 1923 segna l'inizio del ritiro delle fronti che proseguirà ininterrotto fino alla metà degli anni '70, quando il ghiacciaio manifesta una debole avanzata esauritasi nel 1987. Da allora è in atto un nuovo regresso.



57.

57.
Le caratteristiche digitazioni frontali del Ghiacciaio del Belvedere nel 1924 ed il limite della lingua sinistra idrografica nel 1987.

Superficie km²: 5.6
Quota massima m: 4520
Quota fronte m: 1760
Lunghezza km: 6.0
Riserva idrica stimata
(milioni di metri cubi): 206

58.



58.
Ghiacciaio del Belvedere. La fronte sinistra (idr.) nel 1987, da confrontare con l'immagine del 1924. Evidentissima la riduzione di spessore lungo le morene laterali. Con (A) è indicato l'apice occidentale del Bosco del Belvedere.

59.



59.
La spettacolare parete orientale del Monte Rosa. A sinistra la bastionata morenica del Ghiacciaio delle Loccie che racchiude il laghetto proglaciale, al centro le poderose seraccate che alimentano il Ghiacciaio del Belvedere, a destra il Ghiacciaio della Nordend (Foto Pessina, Domodossola).

60.



60.
Il Ghiacciaio del Belvedere attorno al 1825. Acquatinta di G. Lory.

61.



61.
Una veduta di Macugnaga nel 1922. Sullo sfondo le lingue del Ghiacciaio del Belvedere durante la fase di espansione.

62.



62.
La fronte del Ghiacciaio delle Loccie nel 1981 con il lago proglaciale che spesso, in seguito a cedimenti della morena, ha provocato disastrose alluvioni. Nel 1958 il ghiacciaio aveva dimensioni molto inferiori.

GHIACCIAIO DELLE LOCCIE NORD - Prende il nome da *loccia* termine dal significato di *lastrone roccioso*. Si origina dal versante Nord della P.ta Grober (3497 m) ed immerge la poderosa fronte nel Lago delle Loccie, racchiuso nelle morene frontali dell'espansione storica. Il Monterin osserva che attorno al 1920 il lago non esisteva ed il ghiaccio occupava interamente l'anfiteatro morenico. Lo specchio d'acqua andò formandosi negli anni '40 in seguito ad un intenso regresso frontale che perdurò fino al termine degli anni '50. Dopo il 1970 la fronte aumentò notevolmente invadendo il lago proglaciale, che nel 1970, 1978 e 1979 subì repentini svuotamenti causati da incisioni dell'argine morenico, con disastrose alluvioni della valle sottostante. Nel corso degli anni '80 si eseguirono opere di regimazione artificiale dell'invaso per evitare nuove fuoriuscite violente delle acque glaciali.

Superficie km²: 2.2
Quota massima m: 3490
Quota fronte m: 2210
Lunghezza km: 2.4
Riserva idrica stimata
(milioni di metri cubi): 54

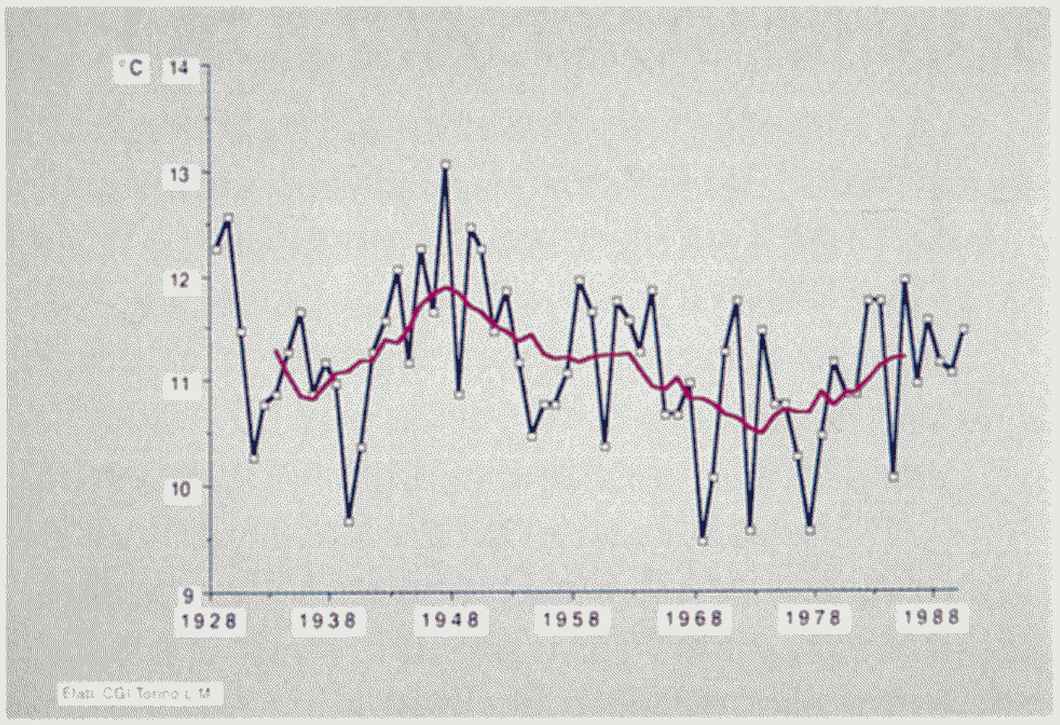
7. GHIACCIAI E VARIAZIONI DEL CLIMA

I ghiacciai sono custodi di preziose informazioni per la miglior comprensione dell'evoluzione del clima terrestre, oggi particolarmente importanti in seguito alle possibili alterazioni dell'atmosfera indotte dalle attività umane (effetto serra).

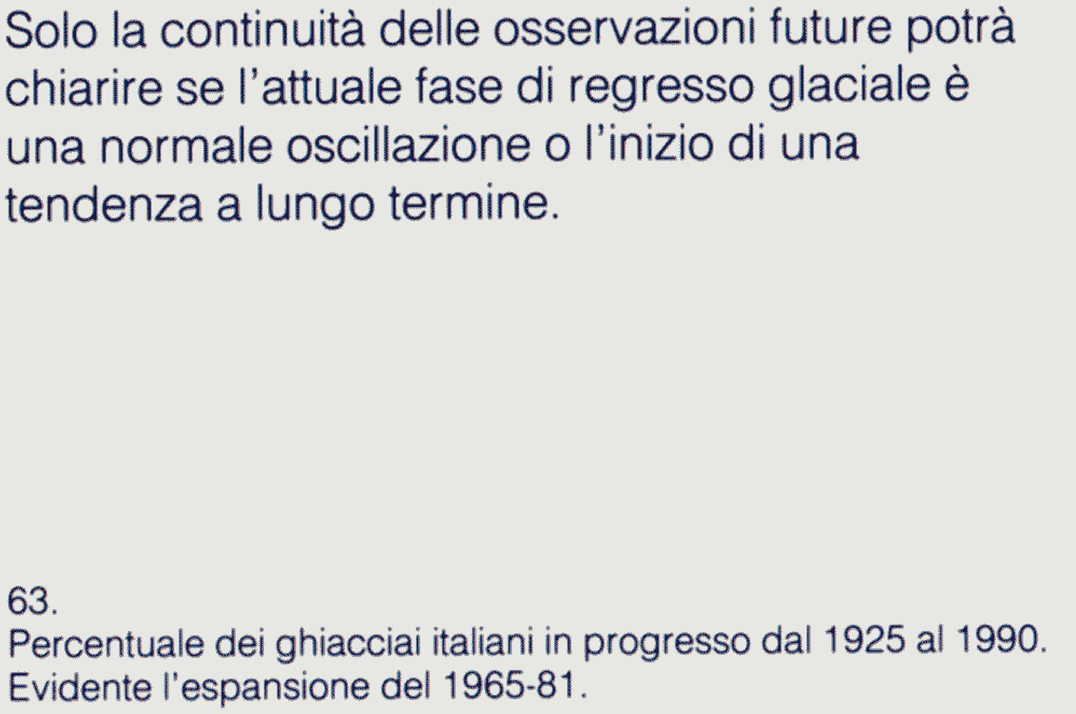
L'ultima glaciazione, il Würm, è terminata circa 10000 anni fa: nel giro di pochi millenni, i ghiacciai si ridussero drasticamente. In Valle d'Aosta il cambiamento climatico portò - insieme al ritiro delle masse glacializzate - grandi inondazioni in pianura ed enormi frane sui versanti delle vallate alpine, non più sottoposti alle pressioni del grande ghiacciaio. Le analisi dei pollini fossili hanno mostrato che circa 7000 anni fa, il clima era più mite dell'attuale, un periodo noto come *optimum climatico postglaciale* durante il quale i ghiacciai subirono fortissime riduzioni. Frammenti di torba recentemente rinvenuti sul Ghiacciaio del Rutor (La Thuile), indicano che allora il limite della vegetazione era assai più elevato dell'attuale. Successivamente si alternarono numerosi periodi di raffreddamento e riscaldamento con varie pulsazioni glaciali. L'età romana - circa 2000 anni fa - vide prevalere condizioni di clima caldo con maggior facilità di transito dei valichi alpini; un nuovo periodo mite si ripropose attorno al 1000 d.C. con l'*optimum climatico medioevale*: le masse glaciali furono confinate alle quote più elevate. A partire dal 1500, una diminuzione della temperatura affiancata da un aumento delle precipitazioni apre uno dei capitoli che più caratterizzano la storia delle Alpi: la *Piccola Età Glaciale* che sarebbe durata fino alla metà del XIX secolo. Tutti i ghiacciai alpini, divenuti imponenti, avanzarono verso i pascoli ed i centri abitati raggiungendo - specie verso il 1820 ed il 1850 - dimensioni mai viste dalle popolazioni montane. Risalgono a quest'epoca i grandi apparati morenici che ancora oggi si possono osservare sul M. Rosa. Un retaggio delle arcaiche variazioni climatiche e del brusco cambiamento in atto lo si coglie nelle leggende popolari di molte zone alpine: in Valle del Lys ricordiamo la fiorente città di Felik, sepolta dall'omonimo ghiacciaio per castigo divino a causa della dissolutezza degli abitanti, o la sentenza del folletto mugnaio che per sette volte vede i pascoli ricoprirsi di messi e di foreste.

Dopo il 1850 le precipitazioni diminuiscono e la temperatura aumenta: il ritiro glaciale - interrotto da una breve espansione attorno al 1920 - è continuo e si accentua particolarmente nel periodo 1940-50 quando le temperature raggiungono valori assai elevati. Dopo il 1950 le estati vanno raffreddandosi gradualmente fino ai primi anni '80; il concomitante incremento delle precipitazioni nel periodo 1971-81 favorisce su tutte le Alpi una nuova ripresa del progresso glaciale che tuttavia si esaurisce rapidamente verso la metà degli anni '80, con il ritorno di temperature elevate e scarsità di precipitazioni. Solo la continuità delle osservazioni future potrà chiarire se l'attuale fase di regresso glaciale è una normale oscillazione o l'inizio di una tendenza a lungo termine.

64.

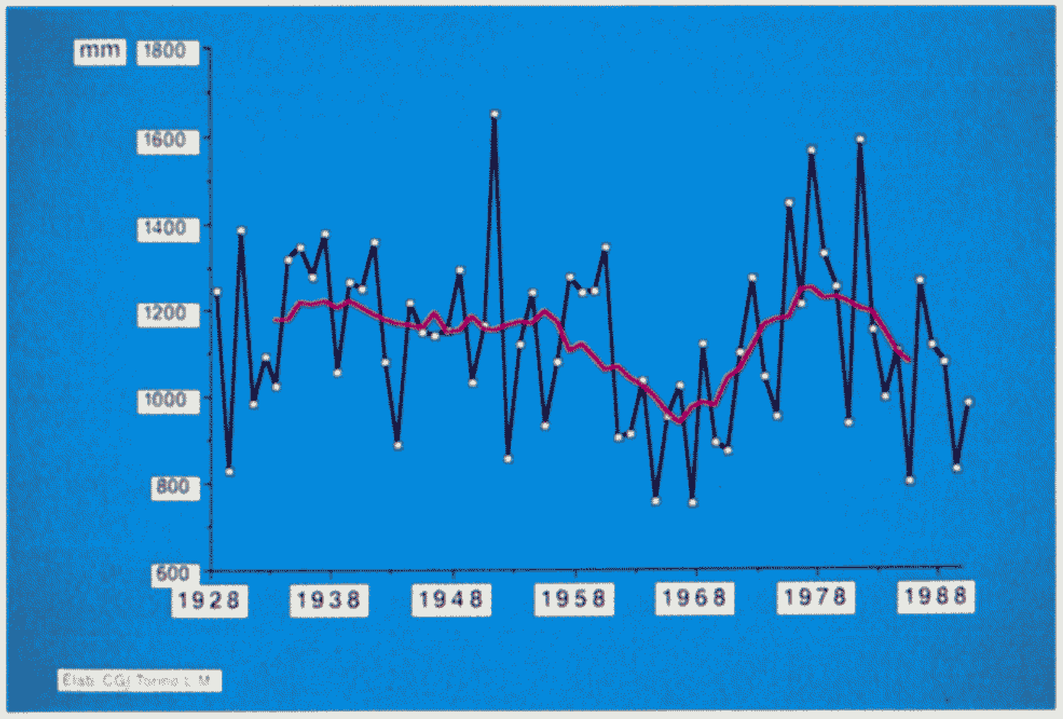


63.
Percentuale dei ghiacciai italiani in progresso dal 1925 al 1990. Evidente l'espansione del 1965-81.



64-65.
Osservatorio Meteorologico di Gressoney D'Ejola, 1850 m. Temperature medie estive (in alto) e precipitazioni annue (in basso) dal 1928 al 1990. In nero i valori dei singoli anni, in magenta la media mobile che evidenzia l'andamento pluriennale. Si noti la diminuzione termica tra il 1950 ed il 1984 e l'aumento delle precipitazioni tra il 1972 e il 1981, fattori responsabili del breve progresso glaciale, oggi esauritosi.

65.

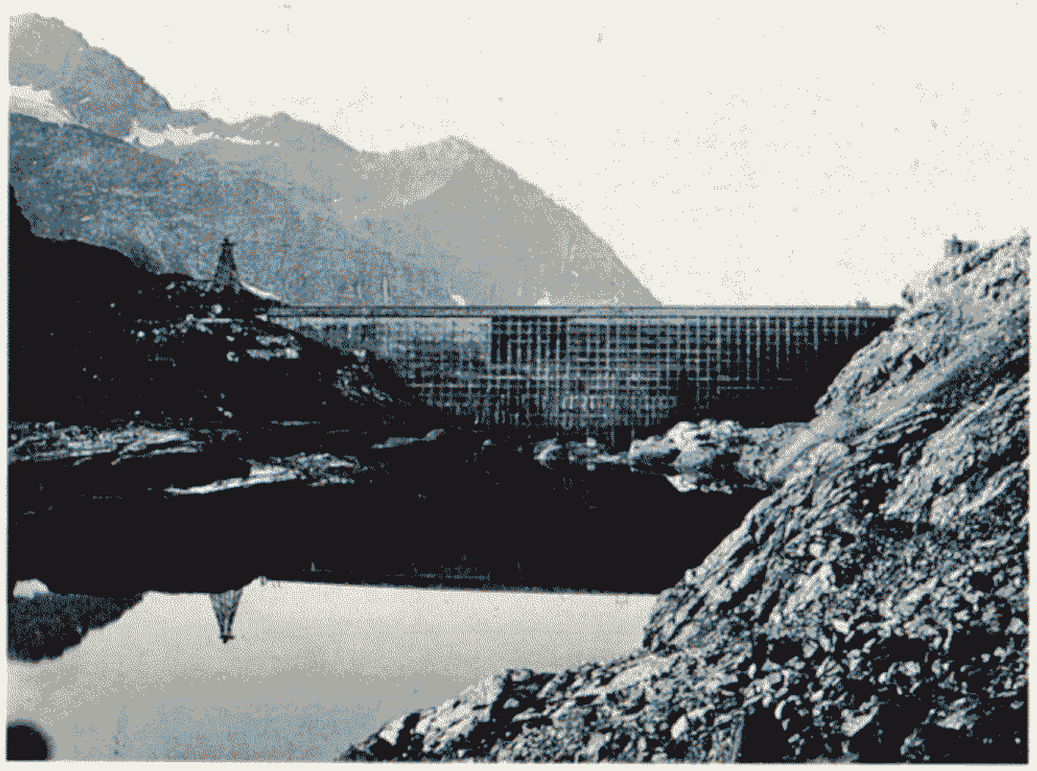


8. GHIACCIO: ACQUA ED ENERGIA

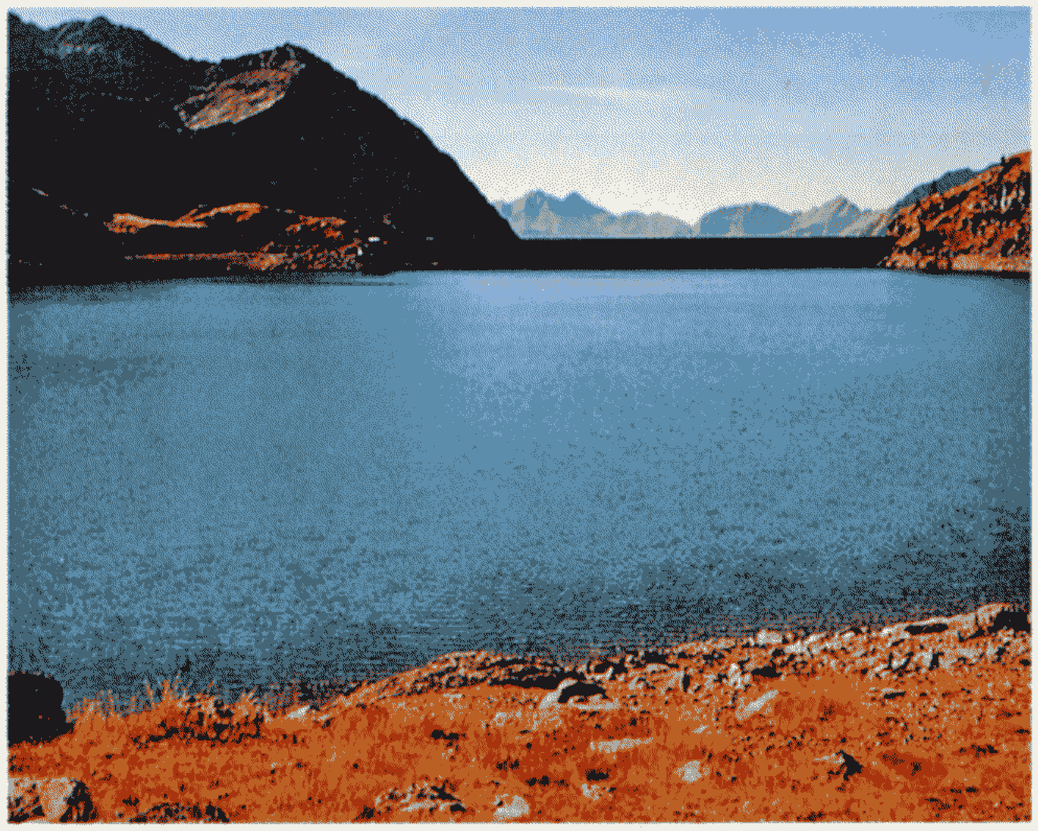
Il ghiacciaio costituisce una importante riserva idrica, disponibile soprattutto nel periodo estivo, quando sono massimi i fabbisogni irrigui e potabili. Durante l'estate, un km² di superficie glaciale può fornire circa 250 litri d'acqua al secondo; dal giugno all'ottobre del 1930, Monterin calcolò per il Ghiacciaio del Lys un deflusso di circa 9 milioni di metri cubi d'acqua.

L'intero corpo idrico immagazzinato in forma solida sul versante italiano del M. Rosa, è invece equivalente a circa 1.65 miliardi di metri cubi. In Valle d'Aosta fin dall'antichità le acque dei ghiacciai furono canalizzate e condotte a decine di chilometri di distanza per irrigare i prati dei pendii assolati: sono colossali opere idrauliche, come il *Grand Ru* in Val d'Ayas, ancora oggi in

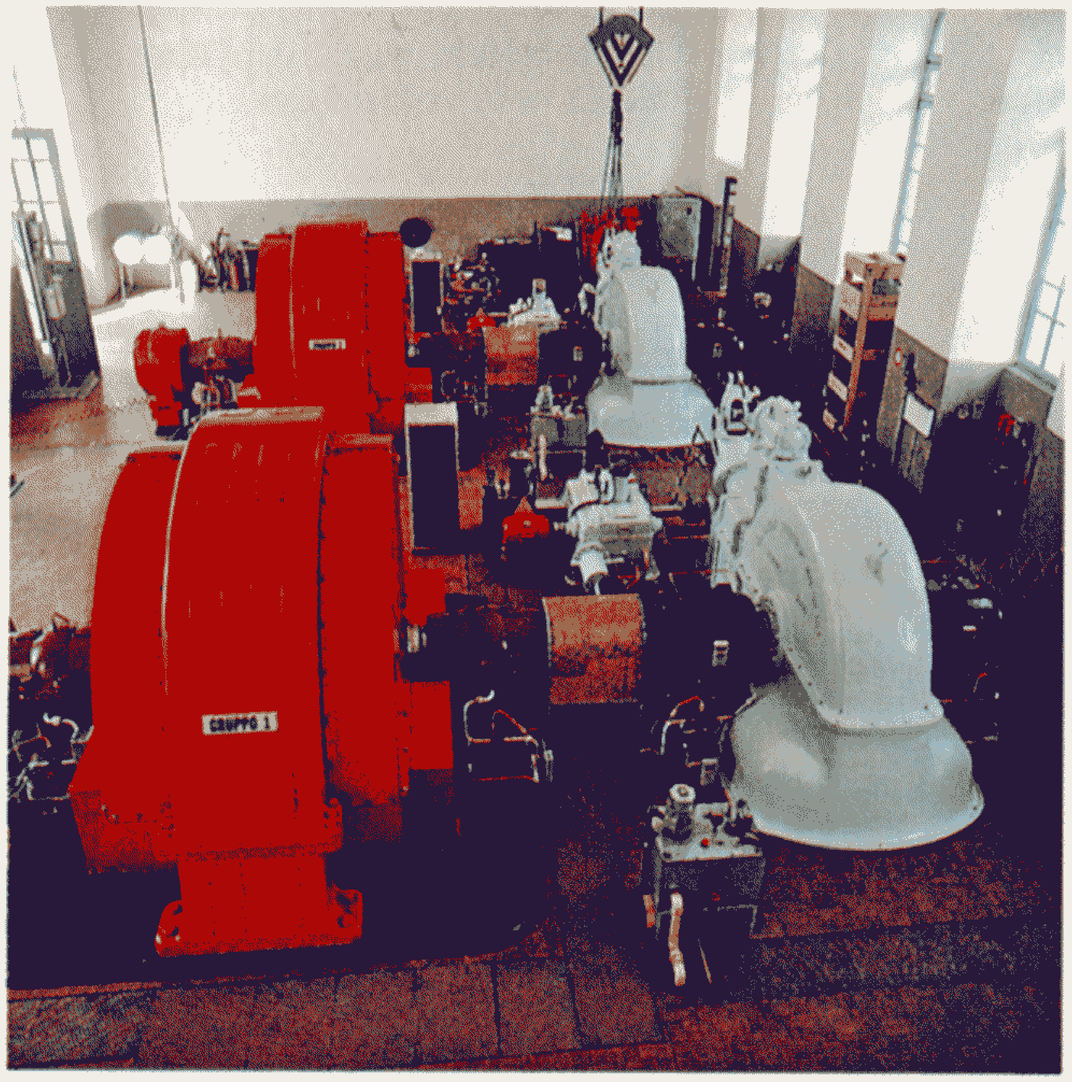
66.



67.



68.

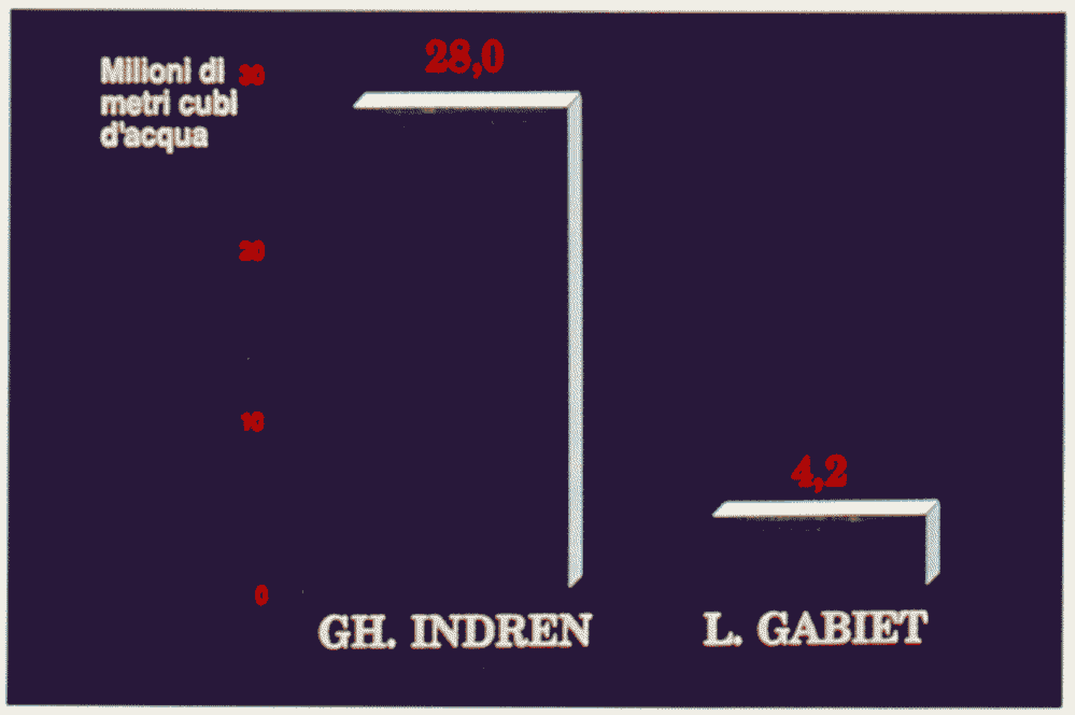


68.
Turbine nella centrale idroelettrica ENEL di Gressoney-la-Trinité.

69.
Riserva idrica stimata del Ghiacciaio d'Indren a confronto con la capacità dell'invaso idroelettrico del Gabiet.

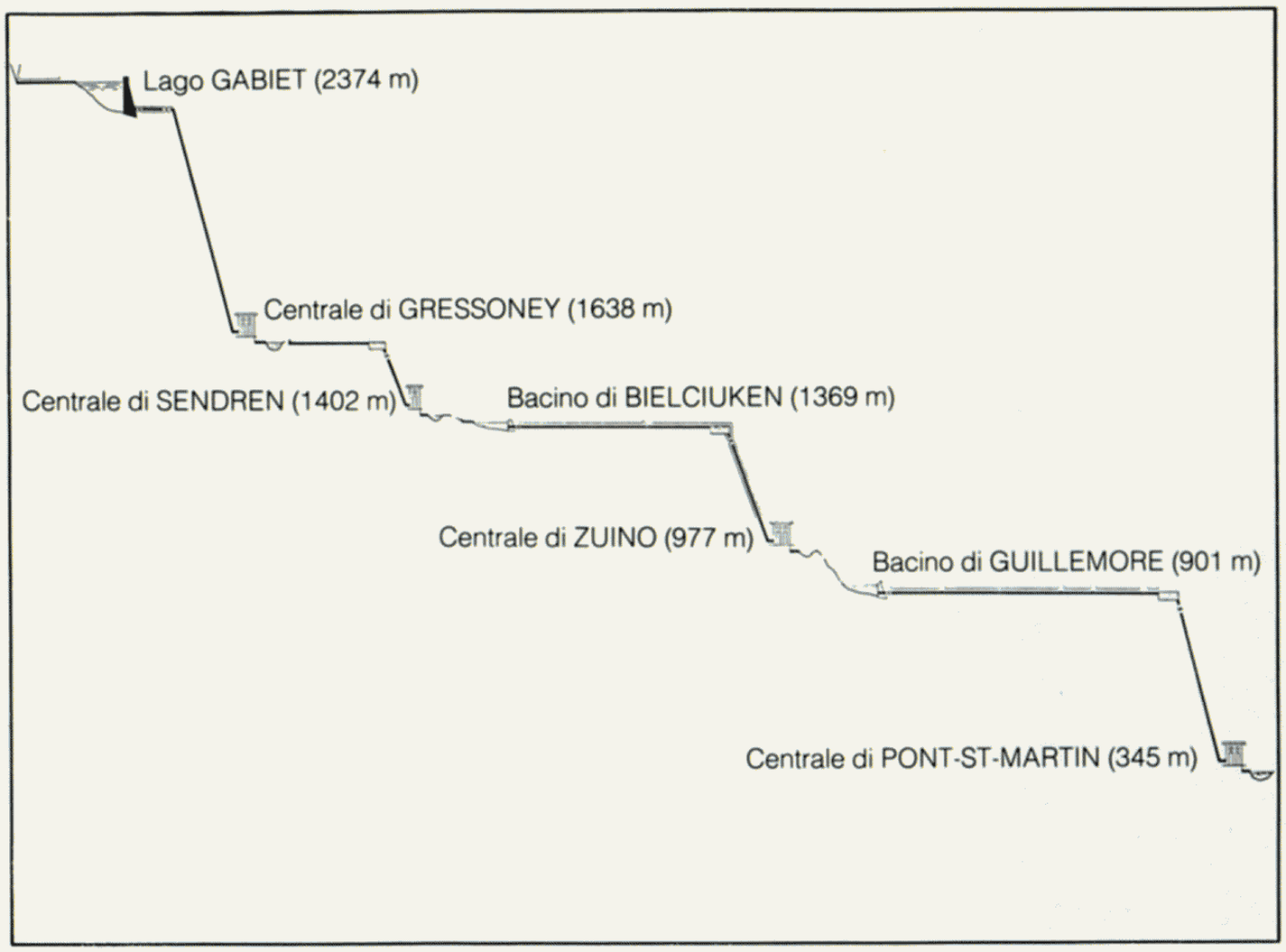
66-67.
La diga del Lago Gabiet (ENEL), nella valle del Lys, 2374 m, attorno al 1920 - durante la costruzione - e nel 1990 (a destra).

uso. Dagli inizi del XX secolo, soprattutto in Valle del Lys, il ghiaccio del M. Rosa contribuisce a produrre energia idroelettrica, pulita e rinnovabile. L'invaso artificiale ENEL del Gabiet, a 2374 m di quota, fu costruito tra il 1917 ed il 1920 ed accumula 4.2 milioni di metri cubi d'acqua, in parte provenienti dal Ghiacciaio d'Indren. Le sue acque muovono le turbine a Gressoney e quindi si uniscono a quelle del torrente Lys, transitano nelle centrali di Gressoney-Sendren e Gaby-Zuino e giungono infine ai 345 m di quota della centrale di Pont-St-Martin: nei 1854 m di salto disponibile, ogni metro cubo d'acqua produce 3.8 kWh; in una centrale termoelettrica per ottenere la stessa quantità di energia sarebbe necessaria la combustione di 845 g di petrolio. Al termine della valle, il Lys si getta nella Dora Baltea dove le acque dei ghiacciai contribuiscono ancora ad azionare le turbine delle centrali di Quincinetto e Mazzè, quindi, captate dal Canale Cavour, raggiungono le fertili risaie della pianura vercellese.



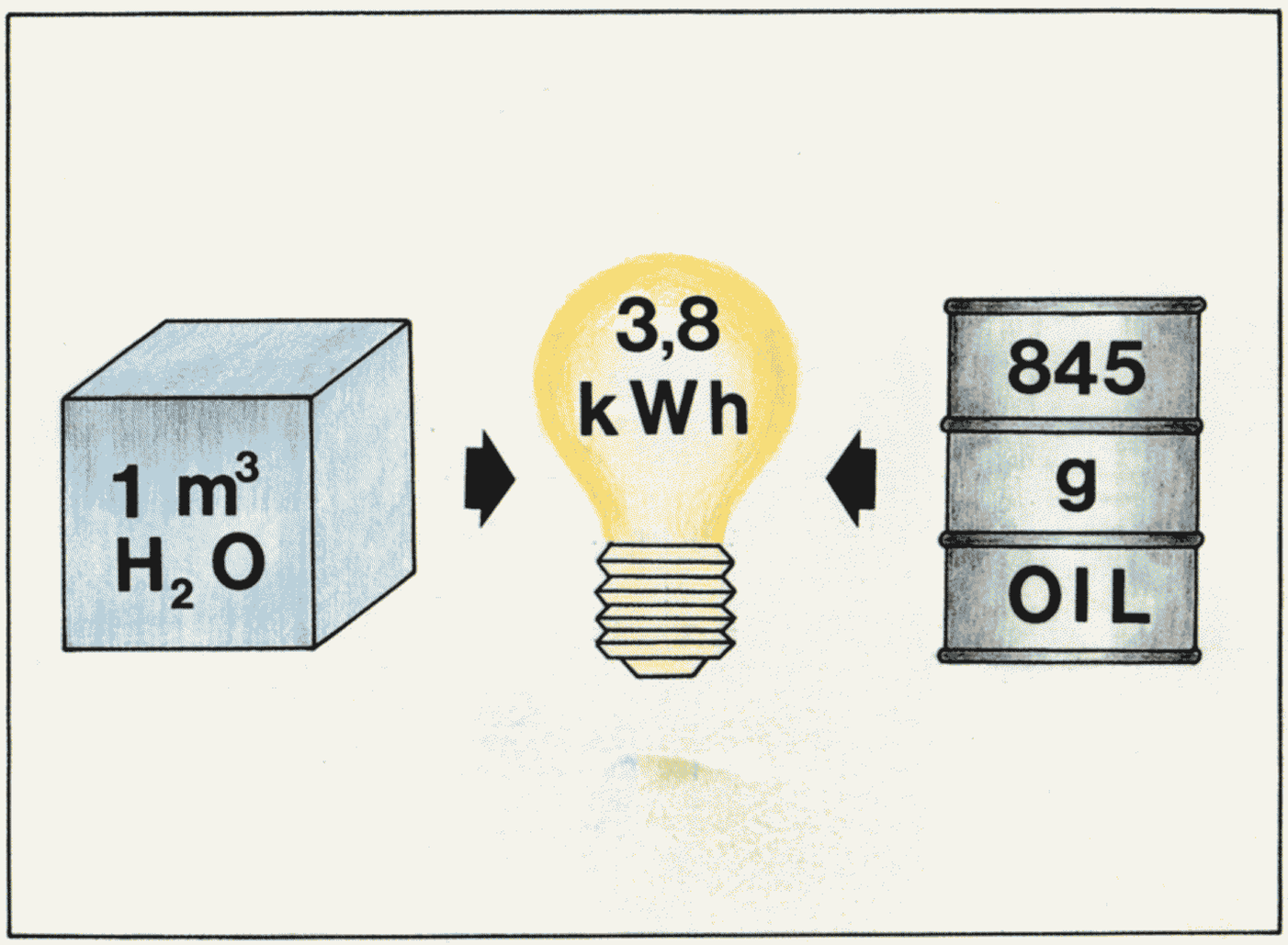
69.

70.



70.
Schema delle centrali idroelettriche ENEL nella Valle del Lys.

71.



71.
Equivalente energetico di un metro cubo d'acqua nel percorso dal Lago Gabiet alla Centrale di Pont-St-Martin (vedi fig. 70).

9. GHIACCIAI E TURISMO

Il ghiacciaio rappresenta un elemento insostituibile del paesaggio alpino. Il suo divenire, così rapido rispetto alle altre componenti dell'ambiente geologico, il suo effimero stato di acqua solida, che pur si manifesta in terrificanti ed insidiose sembianze, hanno da sempre acceso l'immaginazione dell'uomo che spesso ha attribuito ai ghiacci l'espressione di una forza naturale misteriosa e maligna. Un fascino al quale anche oggi è difficile sottrarsi, quando al

72.

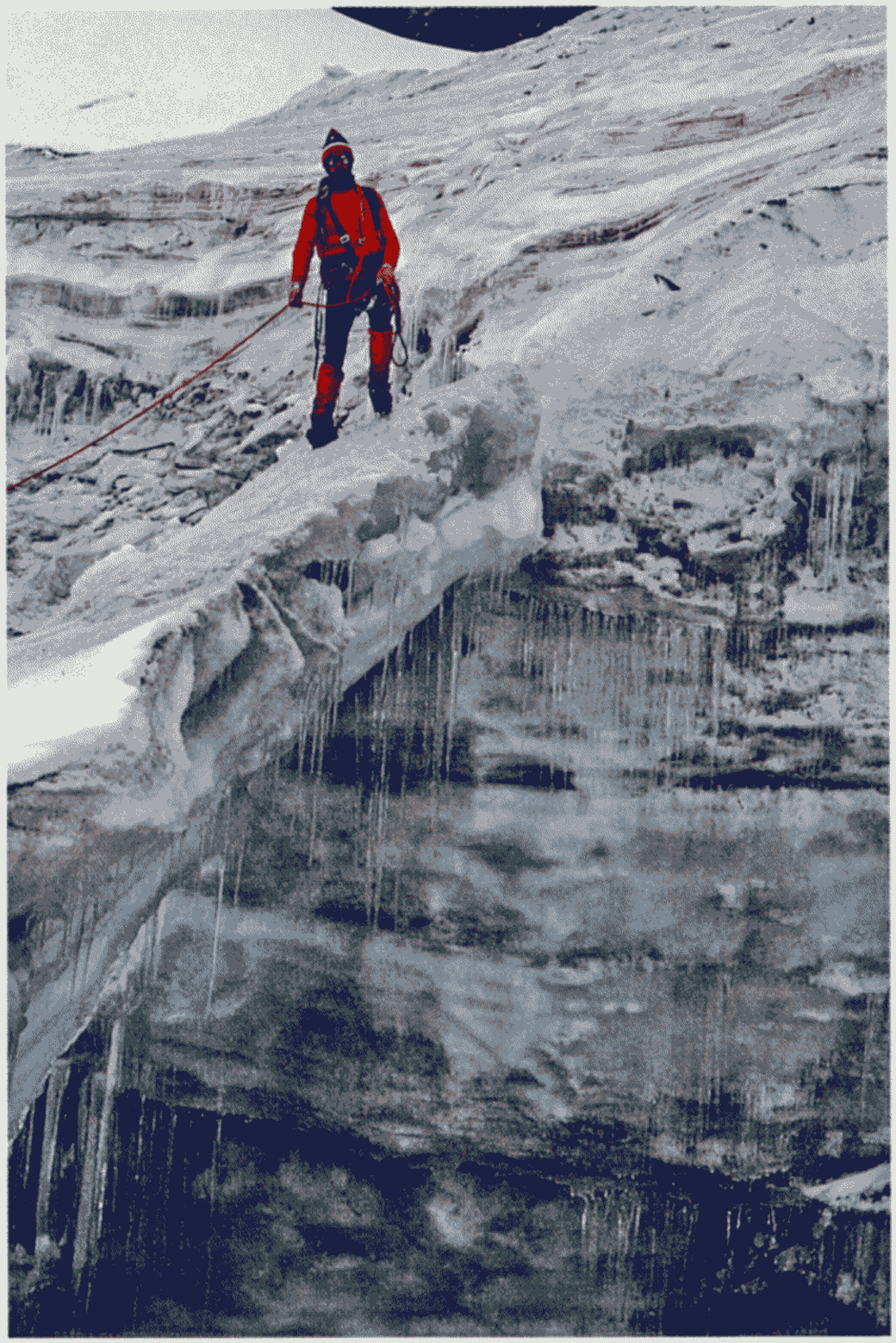


72.
Lysjoch, fine '800: nasce il turismo sul ghiacciaio.

74.
Impianti di risalita per lo sci estivo ed invernale sul ghiacciaio d'Indren.

73.
Alla ricerca di un passaggio tra i labirinti glaciali.
(Foto A. Squinobal).

73.



74.



cospetto di un grande ghiacciaio ne percepiamo il continuo movimento, lo scricchiolare dei crepacci, il precipitare dei seracchi, la lenta agonia o la possente avanzata. Alla sgomenta contemplazione dei secoli passati subentra verso la fine del XVIII Secolo la passione dell'esplorazione scientifica, capitolo fondamentale della scoperta delle Alpi. Ma è dopo la metà del 1800 che, pur se riservato a pochi eletti, il ghiacciaio diviene oggetto di richiamo turistico: famosi i lunghi soggiorni a Gressoney della Regina Margherita di Savoia, che, nel 1893, inaugura sulla Punta Gnifetti la Capanna che porta il suo nome. Oggi sono oltre

75.



15 i rifugi ed i bivacchi che da Ayas a Macugnaga costellano i pendii glaciali del Monte Rosa, ospitando ogni anno centinaia di migliaia di alpinisti. Da Alagna Valsesia la funivia di Punta Indren permette un comodo accesso al Ghiacciaio d'Indren sul quale si pratica lo sci estivo ed invernale, mentre a Macugnaga, sempre dalla funivia, migliaia di persone possono godere del magnifico spettacolo naturale offerto dal Ghiacciaio del Belvedere. Dunque i ghiacciai forniscono un importantissimo contributo all'economia turistica delle valli del Rosa, ma soprattutto essi rappresentano parte della cultura di un popolo e patrimonio ambientale di inestimabile valore. Una ricchezza da conoscere e rispettare.

75.
Giochi di ghiaccio sulla Capanna Margherita, 4559 m (Foto Carnelli).

76.



76.
Emozioni glaciali (Foto A. Squinobal).

BIBLIOGRAFIA

1. UN NOME CHE VIENE DAL GHIACCIO
ALIPRANDI L.e G., POMELLA M. (1974), *Le grandi Alpi nella cartografia dei secoli passati*, Ivrea.
VON WELDEN F.L. (1824), *Il Monte Rosa*, Trad. it. Fondazione Monti (1987), Anzola d'Ossola.
MONTERIN U. (1941), *Il Monte Rosa*, Boll. Com. Glac. It., 21, Torino, anche in CERUTTI A.V. (1986), *Raccolta di scritti di U. Monterin*, Librairie Valdotaine, Aosta.
FINI F. (1979), *Il Monte Rosa*, Zanichelli, Bologna.

2. DALLA NEVE AL GHIACCIO
AA.VV. (1988), *Le jardin des glaciers de Lucerne*, Gletschergarten, Luzern.
BACHMANN R.C. (1980), *Ghiacciai delle Alpi*, Zanichelli, Bologna.

3. LE GLACIAZIONI IN VALLE D'AOSTA
LAURIA N. (1990), *Eventi geologici ed evoluzione del paesaggio del Canavese Orientale dalla fine dell'Era Terziaria all'Olocene*, in L'Anfiteatro Morenico di Ivrea, V Convegno sul Canavese, Ass. Amici Museo del Canavese, Ivrea.

4. IL COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO
Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano (1914-1977), Torino.
Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria - Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano (1978-1989), Torino.

5. UMBERTO MONTERIN, GLACIOLOGO DEL ROSA
ALESSANDRI C. (1911), *Storia della Capanna-Osservatorio Regina Margherita sul Monte Rosa (4560 m)*, Tip. U. Cassone, Torino.
CERUTTI A.V., a cura di (1986-1990), *Raccolta di scritti di Umberto Monterin*, Vol. I-Dal Monte Rosa al Tibesti, Vol. II - Il clima e le sue variazioni, Vol. III - I ghiacciai del Monte Rosa, Vol. IV - Le variazioni periodiche dei ghiacciai, Librairie Valdotaine, Aosta.

6. I GHIACCIAI ITALIANI DEL MONTE ROSA
La maggior parte delle informazioni sui ghiacciai del M. Rosa sono riportate da U. Monterin soprattutto sul Bollettino del CGI, fino al 1941. L'opera omnia dello studioso è stata recentemente raccolta nei prestigiosi quattro volumi curati da A.V. CERUTTI, op. cit.
I risultati delle annuali campagne di studio sono pubblicati su *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, op. cit.
DE GEMINI F. (1962), *Il Ghiacciaio Grande di Verra e le sue variazioni negli ultimi decenni*, Boll. Comit. Glac. It., Ser. 2, 12, Torino.
GILI-BORGHET A. (1961), *Il Ghiacciaio del Belvedere e gli studi compiuti sino all'anno 1957*, Boll. Comit. Glac. It., Ser. 2, 10, Torino.
VANNI M. (1945), *Il Grande Ghiacciaio di Verra nella Valle d'Ayas*, Boll. Comit. Glac. It., Ser. I, 23, Torino.
PANTALEO M. (1974), *Note toponomastiche sui ghiacciai delle Alpi Marittime, Cozie, Graie e Pennine*, Boll. Comit. Glac. It., Ser. 2, 22, Torino.

7. GHIACCIAI E VARIAZIONI DEL CLIMA
BIANCOTTI A., MERCALLI L. (1990), *Variazioni climatiche a breve termine (1927-89) a Gressoney-D'Ejola, 1850 m slm, Italia Nord Occidentale*, 21 Congr. Int. Met. Alpina, Engelberg-CH.
CHARRIER G. (1990), *Documenti di paleoclimi e paleoambienti del Pliocene terminale, Pleistocene ed Olocene nel territorio della Valle di Susa e sue adiacenze*, Suppl. Boll. Ass. Miner. Subalp., XXVII (1-2).
GROVE J.M. (1988), *The Little Ice Age*, Routledge, London-New York.
LE ROY LADURIE E. (1982), *Tempo di festa, tempo di carestia-Storia del clima dall'anno mille*, Einaudi, Torino.

8-9. GHIACCIO: ACQUA ED ENERGIA - GHIACCIAI E TURISMO
AA.VV. (1981), *La Svizzera e i suoi ghiacciai. Dall'epoca glaciale fino ai nostri giorni*, Ed. Trelingue, Lugano-Porza.

DEUTSCHER UEBERSETZUNG

1. EIN NAME DER VOM EIS STAMMT

Der Monte Rosa erscheint aus der nebligen Poebene wie ein Zauberschloss im Glanze der ewigen Gletscher. Diesem grossartigen Anblick sind die Beschreibungen und die Namen seit längst vergangener Epoche zuzuschreiben. Carducci selbst kann sich diesem grossartigen Reiz nicht entziehen wenn er unseren Berg andeutet. Trotzdem war es nicht die milde Schattierung der Dämmerung die den Namen dem Berg gab, sondern die blendenden Gletscherflächen. Die erste Erwähnung des Monte Rosa geht auf das Jahr 1300 zurück. Und Pietro Azario schreibt *Der Fluss Dora bekommt seinen Namen von den eiskalten Alpen die ewig mit Eis bedecktsind, das heisst der Berg von Boxeno (...) von dem der Schnee und das Eis sich noch nie zurückgezogen haben.* Flavio Biondo im 1451, Leonardo Da Vinci im 1511 und Leandro Alberti im 1588 nennen ihn *Monte Boso* vom späten lateinischen *boscus* das heisst mit Wälder bedeckt. Leonardo Da Vinci dürfte einer der esten Reisenden der die Gletscher des Monte Rosa bestieg. Tatsächlich schreibt er: *wer auf den Monboso steigt (...), wird sehen wie ich sah (...) hohe Eismassen noch Mitte Juli.* Aber in einem Manuskriptum vom 1672 von Fassola liest man: *Manche nennen ihn die Alp Rosa (...); andere den Boso, vielleicht weil sich in der grössten Sommerhitze das ewige Eis mit Donnergetöse spaltet dem Stiergebrüll ähnlich.* Diese sonderbare Erklärung wird vom Monterin übertragen, der eine genaue ethimologische Forschung und eine toponomastische Revision des Massivs ausführt, dadurch kann er die Sinnverwandtschaft der Benennungen Monboso und Mont Rosa beweisen. Diese letzte Benennung Mont Rosa wird zum ersten Mal vom Simler im 1574 erwähnt: *im Gebiet der Sedunen hat es einen Pass die manche Silvio nennen, die Salassen geben ihm den Name Rosa auf diesem Joch hat es eine enorm grosse ewige Eismasse (...). Den die Talbewohner «Der Gletscher» nennen..* Es handelt sich zweifellos um den Theodulpass von dem noch höhere und härtere Gebirgsketten die Verzweigungen des Monte Rosa bilden. Der «Gletscher» ist ein germanischer Ausdruck von unfehlbarer Bedeutung. Monterin bemerkt dass der Ausdruck *Rosa* nicht anders sei als *die Korruption von Roesca,Roise, Ruiza, Ruise, Reuse, Roesy, Royse, ein Wort verschieden ausgesprochen das in der Mundart des Aostatales Gletscher bedeutet. Daher, ist Rosae der Salassen die einfache Uebersetzung des Ausdrucks «Gletscher» der Bewohner von Gressoney.* In einer *reconnaissance* die in Courmayeur im 1474 geschrieben wurde, wird die *Roysie de Myagy* (Miage Gletscher) erwähnt und in einer anderen in Valpelline im 1499 verfasst, steht die *Roesy de Cresta Sechy*. Noch klarer sind zwei Urkunden die den Theodulpass anbelangen, die erste von 1560 meldet dass *neben dem Mont Servin soyt Royse sich ein durchbarer Gang befindet*, die zweite gegen Ende des 1600 zurückgehend beschreibt Festungen die zur Wache des Passes am Fusse *de la Royse* errichtet wurden. Die erste Landkarte mit dem Ortsnamen *Monte Rosio* ist die vom Settala die im 1570 im *Theatrum Ortelii* publiziert wurde. *Monte della Roisa* liest man auf der Karte von Magini im 1620 und *M. Rosa* sowie *Glacieres* auf die vom Visscher vom 1695. Besonders interessant ist die Karte des Piemonts von Guillaume de l'Isle im 1707 gedruckt: auf dieser Karte erscheinen die Toponymen *M. Boso, Rosa, Glaciers* am Ende des Sesiatales aufgeschrieben. Der Name *M. Boso dit Rosa* erscheint auf der Karte der *Ducato di Milano* von Jaillot im 1781 und *M. Rosa* auf der Karte der *Terraferma* von Stagnoni, diese Bezeichnung wird die endgültige seim. Der berühmte Forscher Horace-Bénédict de Saussure machte, im 1789, eine Reise um dem Monte Rosa und besuchte Macugnaga, Alagna, Gressoney, St. Jacques d'Ayas und Breuil. In Gressoney, bestieg er das Rothorn, er beschreibt die Wände *mit einem dicken Schneemantel bedeckt.* Dem Baron Franz Ludwig von Welden, ein Oberster der Kaiserlichen Oesterreichischen Armee verdanken wir die erste Nomenklatur die zum grossen Teil noch heute benutzt; der Gipfel und der Gletscher des Monte Rosa. Welden arbeitete in vollem Masse mit der Mitwirkung von Joseph Zumstein, Forstinspektor aus Gressoney der, als Mitglied der Königlichen, wissenschaftlichen Akademie in Turin, wesentliche Beiträge des grossen, alpinen Massivs erteilte. Schon seit 1819 hatte er die wichtigsten Spitzen des M. Rosa mit den ersten Buchstaben des Alphabets anzeichnet, indem er die Höhe mit dem Barometer mass. Die Erfaqhrungen der zwei Erforscher vereinigten sich im Werk *Der Monte Rosa* bzw. der Eisberg, das im 1824 in Wien publiziert wurde, es enthält die erste genaue Karte des Massivs. Der *Monte Rosa* ist also nicht anders als der Eisberg, zur ewigen Bezeugung jenes Elements das seit jeher die menschlichen Gemüter terrorisierte und gleichzeigt faszinierte.

1. Sonnenuntergang auf dem Monte Rosa.

2. A. Tschudi, Karte der Schweiz, 1538. Der Monte Rosa wird der *Gletscher* genannt.

3. G. A. Magini, Karte des Piemonts und Monferrato, 1620 *Monte della Roisa.*

4.N. Visscher, Karte des Piemonts und Savoyen, 1695 ca. *M. Rosa, M. Silvio, Glacieres.*

5. Joseph Zumstein.

6. J. Stagnoni, Karte der Sardinischen staaten vom Festland, 1772.

M. Rosa.

7. H. Jaillot, Karte des Herzogstums von Mailand, 1781 *M. Boso dit Rosa*.

2. VOM SCHNEE ZUM EIS

Auf den hohen Bergen und an den extremen Breiten sei es nördlich oder südlich, bleibt der Schnee auch während der Sommermonaten liegen und wird vom Schnee des drauffolgenden Jahres bedeckt. Die vermeintliche Grenze wo obenauf der Schnee nicht schmilzt wird als die Linie des anhaltenden Schnees bezeichnet und ändert sich an Höhe hauptsächlich wegen den ausgesetzten Abhängen. Auf den Südalpen legt er sich um die 2900 Meter aber tiefer hinuntee bis auf 2700 meter auf dem Nordhang des Massivs. Die Grenzenhöhe des Schnees senkt sich um zu den höheren Breiten vorwärtszugehen und steigt gegen den Äquator, dies ereignet sich wegen der deutlichen Änderung der verfügbaren Sonnenaustrahlung. Der Schnee der während des Sommers liegen bleibt untersteht vielen Veränderungen. Ursprünglich als Pulverschnee enthält er cirka 90% Luft. Langsam wird er zu Firnschnee infolge teilweisen Schmelzprozessen und Härtung (Schneemetamorphose) verwandelt er sich zu einem Schneefeld. Mit dem Vergehen der jahre verliert das Schneefeld wieder an Luft und wird blasig, weisslich und endlich wird er zu einen grünen, festen und sehr harten Eis. Es handelt sich um das typische Eis der Gletscher das man auch innerlich der stilfsten Spalten beobachten kann. Das, in hunderten Meter dicke Eis, unter einen schweren Druck unterworfen, benimmt sich wie eine plastische Masse die langsam nach unten fliesst. Die Geschwindigkeit der Bewegung ist sehr verschieden: auf den Alpen handelt es sich um einigen Dutzend Metern im Jahre, in den grönländischen Gletschern kann sie auch einige Meter im Tag erreichen. Wenn man sagt der Gletscher bewege sich bedeutet es nicht unbedingt dass er nach unten rutscht. Tatsächlich, derweil die Gletscherfront fortwärtsschreitet, schmilzt der Schnee wegen der Temperatursteigerung. Der Gesundheitszustand des Gletschers hängt vom Gleichgewicht zwischen Zufluss und Abweichen des Wassers ab. Wenn die Zuflüsse das Abweichen überschreiten ist der Gletscherbilanz positiv, die Schneemasse vergrössert sich und die Zunge rückt nach unten; wenn das Gegenteil geschientist der Bilanz negativ, der Gletscher verliert an Masse und die Zunge zieht sich in die Höhe zurück. Es gibt verschiedene Gletschertypen je nach den Zonen der Erde wo sie sich bilden. Die grössten sind die kontinental Gletscher oder die Eisdecken, typisch der Polarzonen; der alpine Gletscher, mit kleineren Dimensionen ist eine charakteristik der Alpen und der Gebirgsketten der Mittelbreiten. Oben besteht er aus einem Akkumulationsgebiet das gegen das Tal vorwärtsgeht mit einer ablatischen (Ablation: Schmelzen des Eises) Zunge, das erste befindet sich gewöhnlich im Innern eines Kreises von hohen Bergspitzen und ist von Lavinen und Schneefällen eingedeckt. Das zweite geht durch das Gletschertal und endet mit dem Gletschertor übereinstimmend. Mit der Schärfe der felsigen Grundlage auf der er sich bewegt zerbrichtder Schnee und es entstehen die Gletscherspalten, tiefe Spaltungen die Oberfläche einhauen. Die Bergschrund ist die deutliche Spaltung die das Sammlungsbecken von den steilen Felswänden trennen; es gibt ausserdem longitudinale Gletscherspalten, Quersplalten, strahlenförmige Spalten. In sehr steilen Zonen erzeugt das Kreuzen der Spalten die Seracken, eine Menge richtiger Eissäulen und-Türme. Während der heissen Jahrezeit schmilzt ein Teil des Eises und bildet Epigletscherflüsse die auf die Gleitscherfläche fliessen bis sie eine Spaltung treffen in dem sie sich hineinstürzen. Manchmal erreichen sie die felsige Grundlage. Die Wirkung der Erosion die vom Gletscherschliff, der sich auf dem Gletscher befindet, eindrücklicher wirkt und von Wasser transportiert kann direkt in den Substrat weitergehen, der den engen Durchgängen entspricht wo die Geschwindigkett des Stromes bis 200 km/h erreichen kann, zu breiten rundlichen Vertiefungen geformt und von den Wirbeln ausgestrahlt, es entstehan dadurch die Erosionkessel. Das Wasser das unter einem enormen Druck fliesst (in den arktischen Gletschern sind auch 20 Atmosphären gemessen worden) zwischen Eis und Grundfelsen bildet mehrere subglazial Flüsse, die Tunnels ausgraben bis an den Gletscherhöhlen die an der Front offen stehen. Der Gletscher gleitet langsam in seinem Längstal, erodiert die Abhänge, den dem Substrat entwendeten Gletscherschliff samt was periodisch von den Bergflanken hinunter rutscht und auf der Gletscherflanke endet: es entstehen dadurch die Moränen. Diese werden von Gletscher, der in Bewegung ist, zu Tal transportiert und häufen sich dort wo die Front schmilzt, es entstehen moränische Front-und Seitenkreise. Wenn der Gletscher, wegen Klimaveränderungen, vorwärtschreitet und sich mehrmals zurückzieht, bilden die verschiedenen moränischen Front ein moränisches Amphitheater.

9. In wenigen Tagen nach dem Fall werden die frischen Schneekristalle körnig und kompakt, nach ungefähr 3 Jahren verwandeln sie sich in Firnschnee, und gegen Ende des 5. Jahres, erzeugen sie das Eis.

10. Die hauptsächlichen Elemente der Gletschermorphologie im Beispiel des Lysgletschers (1984).

11. Serack auf dem Lysgletscher im 1965. Im Hintergrund der orientalische Lyskamm, 4527 m.

12. Gletscherspalten und Schneebrücken auf dem Lysgletscher.

13. Spaltenbildung.

14. Seracken mit deutlichen Schichtungen auf dem Belvederegletscher im 1922.

24 a-b. Aufbau der Front des Balteagletschers während der hoechsten Ausdehnung (vor etwa 150.000 Jahren) und heutige Morphologie des moränischen Amphitheaters in Ivrea. Rechts erkännt man die Serra (nach einem Schema von G. Susella. modif.).

25. Die Rundhöcker, überall sichtbar zur Bezeugung alter Vergletschungen im Aostatal, hier in der Nähe von Pont Saint Martin, am Zufluss des Gletschers des Lystals mit dem grossen Gletscher vom Aostatal.

4. DAS ITALIENISCHE GLETSCHERKOMITEE

Es ist die einzige Institution die sich in Italien mit der Gletscherkunde und andauern den Schnee beschäftigt. Sie wurde in Turin, in 1895 gegründet, auf Anregung des italienischen, Alpinen Klubs (CAI) und besteht heute aus Universitätvertreter CNR, ENEL, Regionen und anderen Anstalten. Seitdem dokumentiert diese Institution die Charakteristik der alpinen Eismassen, ausserdem werden ihre planimetrischen Veränderungen und Rauminhalt (Volumen) betrachtet und kontrolliert. Jedes Jahr wird ein intensives Vorgehen der Gletscheraufnahmen organisiert. Unter der Leitung von drei Koordinatoren, für die westlichen - mittleren - und östlichen Alpen, Dutzende freiwillige Unternehmer steigen auf ihren Gletscher. Die Erhebungen werden im Spät sommer ausgeführt, wenn man mit der Wahrscheinlichkeit rechnen kann, dass an den Fronten der Schnee des vorjährigen winters geschmolzen sei, und daher das Eis sichtbar.
Jede Änderung, hinsichtlich des vorigen Jahres, wird mit Aufnahmen und verschiedenen Massnahmen dokumentiert (beurkundet). Aus dem Vergleich der Ergebnisse, die nunmehr eine fast hundertjährige Periode umfasst, erhebt sich die genaue Kenntnis der Entfaltung jeder Einheit, und zusammengefasst, den gesundheitlichen Zustand jener enormen, unversehrten Wasserreserve die gerade in diesen Jahren in denen die fortschreitende Verunreinigung der Wasserschichten im Flachland deutlich ist.
Das Komitee, mit der Mitwirkung der internationalen Organismen, hat kürzlich das zweite italienischen Gletscherinventar beendet, vor dreissig Jahren von Ardito Desio bearbeitet. Die Anzahl der Angaben, die noch in Bearbeitung sind, werden unschätzbare Auskünfte bieten, um eine bessere Kenntnis des alpinen Gebietes zu ermöglichen.
Neben diesen Initiativen vollendet der C.G.I. ausführlichere Studien und Nachforschungen: auf dem Caresér Gletscher (östliche Alpen) führt man seit mehr als 25 Jahren Studien über die Massenbilanz der Gletscher aus in manchen Ortschaften der westlichen Alpen analisiert man die chemischen Charakteristiken der Schneemassen; man übt ein Radioisotopenverfahren das im Eis eingeschlossen ist, die Veränderungen der Gletscherflächen werden auch durch Luftaufnahmen kontrolliert vom Satellit aufgenommen, und mit den Klimangaben versehen. Die Resultate dieser Studien sind auf *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, früher *Bollettino del C.G.I.* genannt, seit 1914 aktiv, publiziert.

26. Lysgletscher. Stereophotogrammetrischer Relief in Skala 1:10000 im 1925 vom C.G.I. mit der Mitarbeit des Militär Geographischen Instituts ausgeführt.

27. Lysgletscher. Stereophotogrammetrischer Relief der Frontzone in Skala 1:4.000 im 1953 vom C.G.I. ausgeführt.

28. Ablationsmetrische Masse auf dem Plateau der Lys im 1930. Im Profil Prof. Somigliana, erster Präsident des italienischen Gletscherkomitees.

29. Humbert Monterin im 1922, während eines Reliefs einer Front des Lysgletschers.

5. MONTERIN, DER GLETSCHER ERFORSCHER DES M. ROSA

Humbert Monterin wurde am 20. Dezember 1887 im Weiler D'Ejola, in Gressoney, auf 1850 Höhe, geboren. Aus den Fenstern des alten Vaterhauses kann er schon die Gletschermassen des Monte Rosa bewundern, die dann die Synthese der zwei Leidenschaften eines ganzen Lebens bedeuten, ein kurzes Leben aber aussergewönlich intensiv: seine Berge und die wissenschaftliche Forschung. Im 1913 absolviert er sein Doktorat in Naturwissenschaften an der Universität in Turin, Nach einem Ausbildungskurs in Deutschland zieht er in den Krieg. Am Ende des ersten Welt-kriegs wird er vom Prof. Parona im geologischen Institut der Universität in Turin berufen. Im 1925 gewinnt er glänzend die Bewerbung als Direktor der Geophisischen und Meteorologischen Königlichen Observatorien des Monte Rosa, dieses Amt hatte er sich schon seit langem erwünscht. Die folgenden fünfzehn Jahre sind die ergiebigsten seiner wissenschaftlichen Tätigkeit. Die erste Bestrebung des Gelehrten aus Gressoney ist der Gletscher; er überprüft fast jeden Aspekt: die Morphologie, die erosiv-Ablagerungswirkung, die allgemeinen Veränderungen, die Klimaverhältnisse und die physikalischen Eigenschaften des Gletschers. Er war einer der Anreger des italienischen Glaziologischen Komitees, seit dem 1910 wirkte er hier als begabter Sekretär. Neben der glaziologischen Erforschung widmet er sich auch der geomorphologische Analyse der Berge des Aostatales und dem Studium der Bergbewohner, mit

seinem Scharfsinn untersucht er die traurige Situation der Abwanderung. Al reifer und sachkundiger Geograph bleibt er nicht in den Alpen still: im 1934 organisiert und dirigiert er, im Auftrag des italienischen geographischen Vereins eine wissenschaftliche Erforschung im libyschen Sahara. Während dieser Expedition erforscht er die Tibesti-und El Aueatmassive (3500 und 2000 m). Er endeckt alte Flusserosionsspuren, er beweist hiermit sein Interesse für geschichtliche Klimatologie, Spezialgebiet der geographischen Disziplinen heute besonders beobachtet und von welcher der Monterin zweifellos einer der Anfänger von weltlichem Niveau ist. Im Jahre 1938 wird er an der geographischen Katheder der Universität in Cagliari berufen. Es wurde ihm nicht gegönnt das Ziel seiner Studien, denen er sein ganzes Leben gewidmet hatte, zu erreichen: seine starke Konstitution ist nun von den aussergewöhnlichen Anstrengungen gefährdet, darum verzichtet er auf den Unterricht. Am 4. Januar 1940 stirbt er in seinem 52. Lebensjahr. Vom 1915 bis 1940 ist die Erforschungstätigkeit des Monterins auf dem Monte Rosa unermüdlich: er durchquert jedes Jahr die Gletscher des Massivs vom Ayastal bis Macugnaga. Er vollendet genaue topographische Erhebungen, er notiert, deutet, und fotografiert: dutzende Glasscheiben, Notizen, und Berichte die ein wissenschaftliches Vermögen von unermessichen Wert bilden, ohne diese wäre es unmöglich gewesen diese Seiten zu schreiben. Noch methodischer ist die Verpflichtung von Monterin in der Klimaforschung: mit dem Beistand einiger Alpenjäger die ihm die Militärbehorde zur Verfügung stellt, gelingt es ihm die folgenden metheorologischen Observatorien zu verwalten: in Gressoney D'Ejola (sein Wohnsitz), im Gabietsee (2374 m), das wissenschaftliche Institut Angelo Mosso auf dem Col d'Olen (2900 m), in Alagna Valsesia (1190 m), auf der Margherita-Hütte die mit 4559 m Höhe damals ein Primat der Weltmeteorologie bildete. Mit den Mitteln in jener Zeit war das eine unermessliche Leistung: die höchsten Observatorien waren, in Sommer fortdauernd geschützt und während des Winters nach stundenlangen Skifahrten mit einer Polartemperatur beständig beaufsichtigt. Ein grosser Teil dieser Ausrüstung ist heute vergessen trotz der erweiterten technologischen Möglichkeiten, aber von Monterin bleiben mehr als fünf Publikationen und die Lehre eines ausserordentlichen Gemüts.

30. Prof. Monterin (der zweite stehnd am Eingang des Königlichen Meteorologischen Instituts auf dem Col d'Olen, 2900 m.

31. Die Margherita-Hütte (4559 m.) wie sie im 1932 aussah, als diese fuer ein Meteorologisches Observatorium bestimmt war.

32. Summierender Niederschlagsmesser in Valle Anzasca im 1932.

33. Das Meteorologische Observatorium in Gressoney D'Ejola, 1850 m vom Monterin, im 1927 gegründet und noch heute aktiv.

34. Gressoney D'Ejola am Ende des '800s, Geburtsort von Monterin. Im Hintergrund die Gletscherfronten der Lys und des Feliks.

35. Aneroidischer Barograph im Observatorium in Gressoney D'Ejola.

6. DIE ITALIENISCHEN GLETSCHERS DES M.ROSA

Die Gletscher der Erde bedecken ein Fläche von insgesamt 15 Millionen Km², d.h. 9% aller aufgetauchten Landmassen. In der Antarktis bedeckt das zu Eis erstarrte Wasser in Form einer riesigen Kalotte ganze 12.5 Millionen km², in Grönland 1.8 Millionen km². Der an ewigem Eis ärmste Kontinent ist Afrika mit lediglich 12 km² auf Höhenzügen über 5000 m. Aufgrund der Daten, die der Italienische Glaziologische Komitee 1987 als Beitrag zur Verfassung des World Glacier Inventory gesammelt hat, gibt es 1396 italienische Gletscher, die eine Fläche von 607 km² abdecken: Das entspricht einem Anteil von 21% am Eisbestand der Alpenkette und 0.2% des nationalen Territoriums. Sie erstrecken sich auf einer weiten Spanne von den Seealpen bis hin zu den Julischen Alpen und sind auf dem Appennin mit einem einzigen Exemplar vertreten: dem kleinen Calderone-Gletscher auf dem Gran Sasso. Das Aostatal ist mit seinen 194 km² Fläche die an Gletschern reichste Region Italiens (6% des Territoriums): der Gesamtbestand beläuft sich hier auf 296 Einheiten. Auf den italienischen Alpen ist der Ortles-Cevedale das am stärksten vereiste Bergmassiv mit einer Ausdehnung von cirka 100 km²; auf dem Mont Blanc sind es 47 km² und in den vier italienischen Tälern am Fusse des Monte Rosa 51.4 km², die folgendermassen aufgeteilt sind: 14.6 im Ayastal, 15.5 im Lystal, 7.8 im Sesiatal und 13.5 im Anzascatal mit einem Gletscherberstand von insgesamt 53 Einheiten. Von diesen übertreffen allerdings nur zwölf den Quadratkilometer und wirken damit für das Landschaftsbild prägend. Von diesem Aspekt und der an ihnen von der Wissenschaft vorzugsweise unternommenen Forschung soll später noch die Rede sein. Die schweizer Hangseite des Monte Rosa hat dagegen aufgrund ihrer nördlichen Ausrichtung sehr viel grössere Gletscher vorzuweisen: das ersieht man vielleicht noch am besten ausder Gegenüberstellung des Lys- und des Gorner-Gletschers: tatsächlich erreicht der erste auf den südlich ausgerichteten Hängen von Gressoney knappe 12 km², der zweite dagegen, auf der entgegengesetzten Borgseite, ganze 68 km² mit einer 14 km lange Zunge, womit er sich den Ruf als zweitgrösster Alpengletscher verdient hat.

DER LYS-GLETSCHER. *Descend en serpentant jusqu'aupres des pâturages de la Trinité de Gressoney*, mit diesen Worten beschrieb im Jahre 1789 Horace-Bénédict De Saussure den Lys-Gletscher. Es handelt sich dabei um den grössten und meist erforschten Gletscher auf der italienischen Hangseite des Monte Rosa, dem flächenmässig viertgrössten Gletscher Italiens. Der Name rührt vom

Ausdruck *liso*, was walser Dialekt *fliessendes Wasser* bedeutet. Das Akkumulationsgebiet liegt zum grössten Teil über der 4000-Meter-Höhengrenze und spaltet sich zu drei imposanten Eisfälle auf, die an der *Nase des Lyskamms*, einem Felssporn, zum Lys-Plateau konvergieren: hiern erkennt man klar die seicht abebbende Ablationszunge. Die Zunge ist zur Zejt von moränischem Geröll bedeckt, aus dem stellenweise das mit Felsbrocken durchsetzte Eis herausragt. Aus dem Gletschergrotte, das sich längst nicht alle Jahre bildet, entspringt in den Sommermonaten der reissende Gletscherbach. Die ersten einschlägigen Daten zur Dynamik dieses grossen Gletschers gehen auf die letzten Jahrzehnte des 18. Jahrhunderts zurück, als noch die Kleine Eiszeit währte. In jenen Jahren befand sich der Gletscher auf einem moderaten Expansionskurs, doch setzte schon wenig später, im Jahre 1812, jene kolossale Ausbreitung ein, die bis auf den heutigen Tag unübertroffen bleibt. Tatsächlich erreichte die Zunge im Jahre 1821, über Weiden und Hohlwege schleichend, die Cortlys-Alm auf 2000 Meter Höhe. Bezeugt wird dieser Vorschub zum einen von den inzwischen mit Pflanzen überwucherten Moränen und zum anderen von den anschaulichen Beschreibungen Zumsteins. In der Zeit von 1822-24 bahnt sich zögernd ein Rückzug an, jedoch bereits 1840 wird diesem miteinem annähernd starken Vorschub wie 1821 entgegengewirkt. Zwischen 1822 und 1842 verlängert sich der Gletscher um ganze 61 Meter und erreicht damit den grössten, jemals verzeichneten Jahreszuwachs. Durch die bis 1870 unentwegt anhaltende Tendenz wird den Sennen und ihren Herden der Zugang zur Salzer-Alm versperrt bzw. erheblich erschwert (nahe der Seitenmoräne auf der hydrographischen Linksflanke). Nach einer nahezu stationären Phase setzt von 1869 (Photo 39) bis 1882 ein schneller Rückzug der Eismassen ein. Dank mehreren, aufeinanderfolgenden verschneiten Jahrgängen kann sich die Zunge bis 1891 mit einem bescheidenen Vorschub erholen. Danach setzt bis 1912 erneut eine Regressionsphase ein. In der Zwischenzeit (1901) hat ein renommierter Florentiner Geologe namens Giotto Dainelli anhand von geeigneten Instrumenten die ersten Messungsversuche am Gletscher vorgenommen, die zu wesentlich präziseren Ergebnissen führten, als die früheren Analysen, als man sich noch mit Beschreibungen, Lichtbildern und antken Karten behelfen musste. Die von 1913 bis bis 1921 währende Ausbreitung des Lys-Gletschers wurde dagegen ausführlich von Monterin (Photo 15 und 41) dokumentiert. Nach 1922 setzt für den Gletscher die historisch schwerste Kontraktionsphase ein; gegen 1940 bleibt sein Eis, zum ersten mal seit mehr als 150 Jahren, oberhalb des Salzener Felssporn zurück. Die Regression hält bis 1971 an: die Zunge hat zu diesem Zeitpunkt die historische Höchstentfernung von cirka 1500 Metern zur Moräne von1821 erreicht. Von 1972 bis 1985 verzeichnet der Gletscher einen Zuwachs von 112 Metern, während 1986 ein neuer, bis heute anhaltender Rückzug beginnt: von 1989 bis 1990 ist die Zunge um 11 Meter geschrumpft.

Fläche km²: 11.8
Maximale Höhe m: 4527
Fronthöhe m: 2350
Länge km: 5.6
Geschätzter Wasserspeicher
(Millionen Kubikmeter): 596

DER INDREN-GLETSCHER. Er bedeckt die Nordhänge der Vincent-Pyramide (4215 m) mit einer ziemlich regelmässigen Eisoberfläche, auf der im Sommer Schi gefahren werden kann. Tatsächlich steht auf der hydrographischen Linksflanke eine Liftanlage zur Verfügung, zu der man mit der von Alagna Valsesia kommenden Seilbahn auf der Indren-Spitze (3260 m) Anschluss hat. Im Laufe der letzten siebzig Jahre war dieser Gletscher einer Regressionsphase unterworfen: Die Zunge hatsich nach einem anfänglichen Vorschub in den Jahren 1913-22 hinter einen Felssporn zurückgezogen, wo sich seit den 40er Jahren ein kleiner Gletschersee herangebildet hat. Selbst die kühlen und niederschlagsreichen Jahrgänge zwischen 1970-85 haben diese negative Tendenz nicht ausgleichen können, sodass die Zunge nach einer kurzen stationären Phase wieder zu schrumpfen begonnen hat.

Fläche km²: 1.4
Maximale Höhe m: 4130
Fronthöhe m: 3055
Länge km: 2.4
Geschätzter Wasserspeicher
(Millionen Kubikmeter): 28

DER NETSCHO-GLETSCHER. Ein kleiner, hängender Gletscher, der von Lavinen gespeist wird, die von den nord-westlichen Wänden der Tschampono-Spitze (3233 m) stürzen. Trotz seiner bescheidenen Ausmasse stoht über diesen Gletscher eine umfassende Dokumentation zur verfügung und ist damit für die Glaziologie von nicht geringer Bedeutung. Seit 1926 haben ihm Regressionsphasen hart zugesetzt.

Fläche km²: 0.3
Maximale Höhe m: 3090
Fronthöhe m: 2850
Länge km: 0.5
Geschätzter Wasserspeicher
(Millionen Kubikmeter): 1.3

DER BORS-GLETSCHER. Ein Gletscher mit gleichmässiger Eisoberfläche, der die Südhänge der Giordani-Spitze (4046 m); z.Z. ist er stark am Abnehmen. Im Sommer wird er zum Schifahren genutzt. Da in der Nähe das Meteoroligische Observatorium des Col d'Olen gelegen ist (heute ausser Betrieb), suchte sich Monterin gegen 1930 den Bors-Gletscher aus, um wiederholte Ablationsmessungen der Fläche vorzunehmen.

Fläche km²: 1.3
Maximale Höhe m: 3750

Fronthöhe m: 3025
Länge km: 1.8
Geschätzter Wasserspeicher
(Millionen Kubikmeter): 26

PIODE-GLETSCHER UND SESIA-GLETSCHER. Es sind die wichtigsten Gletscher der Valsesia. Der Name *pioda* bedeutet Platte und rührt von der Beschaffenheit der Felsen am gleichnamigen Hang über dem Gletscher her. Die Eismasse fällt in gewaltigen Eisbrüchen vom süd-östlichen Hang des Monte Rosa in zwei drossen Gletscherzungen ab, der West und Ostzunge. Der benachbarte Sesia-Gletscher, dessen Name sich von den Quellen des Gletscherbaches ableite, erstreckt sich zu Füssen der steilen Ost-Wand der Gnifetti-Spize (4559 m). An den Ausläufern der Gletscherzungen ist der Moränenkomplex klar zu orkennen, der bej den Ausbreitungen der Jahre 1820 und 1850 gebildet hat und aus dem heute anmutig geschliffene Rundhöcker ragen. Um 1920 (photo 47) befanden sich diese Gletscher noch in starker Ausbreitung, während sich heute der Eissaum gegen den Bergrumpf zurückgezogen hat. Die Gletscherzunge des Sesia, die im Jahre 1877, wie auf der Lithographie (Photo 49) zu sehen ist, noch mühelos zu Fuss erreicht werden konnte, hängt heute von einer steilen Felsstufe herab und ist durch den ständigen Absturz riesiger Eisblöcke ganz und gan unzugänglich geworden. Auch diese Gletscher befinden sich in einer starken Regressionsphase.

PIODE-GLETSCHER
Fläche km²: 2.6
Maximale Höhe m: 4436
Fronthöhe m: 2470
Länge km: 2.7
Geschätzter Wasserspeicher
(Millionen Kubikmeter): 69

SESIA-GLETSCHER
Fläche km²: 2.0
Maximale Höhe m: 4300
Fronthöhe m: 2620
Länge km: 2.6
Geschätzter Wasserspeicher
(Millionen Kubikmeter): 49

KLEINER UND GROSSER VERRA-GLETSCHER. Das obere Ende des Ayastals wird hauptsächlich von diesen beiden Gletschern beherrscht. Aus ihren Zungen entspringt der Evançon. Der Name ist von der unterhalb liegenen Verra-Alm abgoleitet und beruht auf der fälschlichen Abschrift des Ausdrucks *vera*, der im lokalen Dialekt die *Zirbelkieferfrucht* bezeichnet. Der grosse Verra-Gletscher, der zweitgrösste auf der italienischen Hangseite des Monte Rosa, wird von den hochgelegenen Becken des Westlichen (4165 m) und Ostlichen Breithorns (4139 m) gespeist: in diesem Punkt vereinigen sich die Eisebenen zu einer gewundenen Zunge, die auf beiden Seiten von herrlichen Moränen gesäumt wird. Die Frontalmoräne dagegen hat sich in einer eher losen und willkürlichen Anordnung knapp oberhalb des Verra-Plateaus angehäuft und wächst allmählich mit Pflanzen zu. Anlässlich der grossen Ausbreitung im Jahre 1820 hatte sich der ganze Geröllkomplex auf die hydrografische Rchtsflanke verlagert und somit eine Senke abgeschnürt, in der sich heute die Gewässer des Blausees (2215 m) stauen und aus dem noch immer die Stämme der damals überspülten Lärchen ragen. Bis zum Jahr 1865 erhalten sich die monumentalen Ausmasse der Zunge, die bald zur Kesselwand am Fusse des Sees aufrückt. Nach diesem Datum setzt ein drastscher und schneller Schrumpfungsprozess ein, der bis auf wenige, irrilevante Schwankungen bis zum Jahr 1912 anhält als einer analogen Dynamik des nahegelegenen Lys-Gletscher eine neue Ausbreitungsphase beginnt. Die Zunge schwillt wieder an und erreicht 1922 (Photo 53) noch eimal monumentale Aumasse, doch erschöpft sich der Schb schon so bald, dass allein zehn Jahre später, (Photo 54), anstelle der einstigen Gletscher dort nichts weiter übrigbleibt, als ein chaotisch aufgeschütteter moränischer Geröllhaufen. In den darauffolgenden Jahren vollzieht sich unaufhaltsam der Rückzug: Im Jahre 1959 spallet sich die Front in 2500 m Höhe an der Felsstufe und das talwärts abdriftende Eis verschwindet binnen kurzer Zeit. Das neue Gletschertor zieht sich bis Mitte der 70er Jahre zusätzlich zurück, als die Tendenz erneut umschlägt und der Gletscher sich endlich wieder ausbreiten kann. Die Zunge allerdings wird den Rand jener fatalen Felsstufe, von der sie sich vor nunmehr 20 Jahren zurückgezogen hat, nie wieder überschreiten. Gegen 1985 bricht die Ausdehnungsphase ab und eine bis heute anhaltende Regression beginnt. Weniger bewogt ist die Geschichte des Kleinen Verra-Gletschers, dessen Zunge, von den Wänden des Castore (4225 m) gleitend, sich auf einen Geröllhang mit schwach artikulierten Moränen ausbreitet. Nach dem intensiven Vorschub in der Mitte des 19. Jahrhunderts geht auch dieser Gletscher durch eine Regressionsphase, die im Jahre 1920 durch eine kurze Ausdehnung unterbrochen wird. Die darauffolgenden fünfzig Jahre sind von einer langsamen kontraktion gekennzeichnet, die 1970 mit der Rückkehr von günstigen Speisungsbedingungen zum Erliegen kommt. Die Zunge verlängert sich um mehrere Dutzende von Metern, nimmt aberschon Mitte der 80er Jahre wieder ab und bleibt bis in den heutigen Tagen so erhalten.

GROSSER VERRA-GLETSCHER
Fläche km²: 7.3
Maximale Höhe m: 4220
Fronthöhe m: 2540
Länge km: 5.1
Geschätzter Wasserspeicher
(Millionen Kubikmeter): 308

KLEINER VERRA-GLETSCHER
Fläche km²: 2.4
Maximale Höhe m: 4175
Zungenhöhe m: 2795
Länge km: 3.1
Geschätzter Wasserspeicher
(Millionen Kubikmeter): 63

BELVEDERE-ODER MACUGNAGA-GLETSCHER. Morphologisch geschen, ist dies ohne Zweifel einer der eigenartigsten Gletscher Italiens: gespeist wird er von den an die Ostwand des Monte Rosa geklammerten Eissäulen, die auf 4633 Meter Höhe in die Dufour-Spitze gipfeln, wänrend seine Zunge sich über 3 Kilometer talwärts windet, bis sie durch den bewaldeten Belvedere-Hügel behindert und in zwei Zungen aufgespalten wird. Die auf der hydrographischen Linksflanke gelegene Zunge ist die massivere und fällt bis auf eine Höhe von 1760 Metern in der Nähe der Siedlung von Macugnaga ab. Der Anza-letscher entspringt normalerweise aus einem imposanten Gletschertor und erregte schon in der Vergangenheit mit diesem herrlichen Schauspiel die Phantasie manchen Besuchers: Amoretti beschreibt ihn im Jahre 1780 als sei er *von schwindelerregenden Wogen gebildet, als wäre das Meer inmitten eines Sturmes zu Eis erstarrt* und Welden, im Jahre 1823, als einen *mächtigen Wasserfall, der vom Gipfel stürzend, sich plötzlich in Eis verwandelt hat.* Diese waren freilich die Blütejahre des Belvedere-Gletscher (Photo 60), dessen majestätischer Anblick bis etwa 1880 erhalten blieb. Nach diesem Datum setzt eine schwere Regressionsphase ein,die im Jahre 1876, als sie sich besonders arg zuspitzt, von Stoppani schriftlich dokumentiert wird. Letzterer verzeichnete damals unter anderem die katastrophale Entleorung einer glazialen wasserbeule im August 1868. Von1880 bis 1891 verlängert sich die Zunge, bis 1911 nimmt sie ab, dann wieder im Jahre 1922 ihren Expansionhöhepunkt zu erreichen. Im September desselben Jahres findet am Anza-Gletscher eine neue Eisanschwemmung statt. 1923 beginnt für beide Zungen ein neuer Rückzug, der ohne Unterbrechungen bis in die Mitte der 70er Jahre anhält, als der Gletscher eine schwache Ausdehnung verzeichnet, die sich jedoch schon 1987 erschöpft. Seidem befindet er sich in einer neuen Regressionsphase.

Fläche km²: 5.6
Maximale Höhe m: 4520
Fronthöhe m: 1760
Länge km: 6.0
Gescähtzter Wasserspeicher
(Millionen Kubikmeter): 206

NORDLICHER LOCCIE-GLETSCHER. Der Name rührt von dem Ausdruck *loccia* und bedeutet soviel wie *grosse Felsplatte.* Der Gletscher entspringt auf der nördlichen Hangseite der Grober-Spitze (3497 m) und taucht seine massive Front in den Locciesee, der von den Frontalmoränen der historischen Expansion umschlossen ist. Monterin bezeugt, dass es gegen 1920 den See noch nicht gab, und dass das moränische Amphitheater damals noch gänzlich vom Eis ausgefüllt war. Das Gewässer bildete sich erst gegen die 40er Jahre infolge eines massiven Zungenrückzuges, der bis Ende der 50er Jahre anhielt. Nach 1970 schwillt die Zunge gewaltig an und erreicht somit den Gletschersee, der in denJahren 1970, 1978 und 1979 durch das Absacken der Moränenwände mohrmals und kurz hintereinander ausufert und in dem unterhalb gelegenen Tal verheerende Uberschwemmungen anrichtet. Im Laufe der 80er Jahre müssen am Stausee künstliche Eindämmungsarbeiten ausgeführt werden, um neuen, gewaltigen Ausuferungen entgegenzuwirken.

Fläche km²: 2.2
Maximale Höhe m: 3490
Fronthöhe m: 2210
Länge km: 2.4
Geschätzter Wasserspeicher
(Millionen Kubikmeter): 54

36. Die Monte Rosagruppe und Gletscher auf der Karte *The Italian Valleys of the Pennine Alps* von S.W. King, 1856.

37. Luftaufnahme des Lysgletschers in Herbst 1975.

38. Die Längenänderung des Lysgletschers vom 1902 bis 1990. Die beiden Ausdehnungen der zwanziger- und der siebziger Jahre sind deutlich, sowie der höehste Rückzug (- 600 m seit 1902) der im 1971 endete.

39-40. Der Lysgletscher von Sant'Anna aus gesehen in einer ungewöhnlicher Aufnahme von 1868 und - unten - wie dieser im 1984 aussah. Man beachte das totale Verschwinden des Eises von der Felsstufe von Salzen (S), die massive heutige Neubewaldung der Zone von der Front im 1868 besetzt und die kleine Moräne in der Nähe der Alp Cortlys (C) die Grenze der höehsten Ausdehnung des 1821.

41. Der Lysgletscher im 1922 am Gipfel der kurzen Ausdehnungsphase die im Jahre 1913 begonnen hatte.

42-43. Der Indrengletscher im 1915 und im 1990 (unten).
In 75 Jahren ist die Massenverkleinerung erstaunlich gewesen, man bemerkt das Erscheinen eines kleinen Sees (unten rechts) in der Zone früher ganz mit Eis bedeckt.

44-45. Der Netschogletscher im 1926 und im 1987. Die kleine Eismasse hat sich beträchtlich verringert und hat sich auf der obersten Felsstufe zurückgezogen.

46. Der Borsgletscher wie er im 1929 aussah und die heutige umgefähre Grenze.

47-48. Die östliche Zunge des Piodegletscher (links) und der Sesiagletscher in zwei Aufnahmen aus dem Jahre 1920 und 1986 (unten).
Sehr deutlich der moränische Apparat des letzten Jahrhunderts und die Verminderung der Frontzonen.

49. Die Frontzonen des Sesiagletschers in einer Litographie vom 1877 (unbekannter Autor). Heute ist die Front, auf einen steilen, felsigen Sprung schwebend, nicht mehr erreichbar.

50. Luftaufnahme der Verragletscher im Herbst 1975. Man beachte der grossartige, guterhaltene moränische Apparat des letzten Jahrhunderts mit dem Lago Blu (links), und rechts die Front des Kleinen Verragletschers.

51-52. Der Grosse Verragletscher im 1922 und im 1984 (unten). Klar sichtbar ist der Rückzug der Front die aus ihrer Stellung in der Nahe des Lago Blu (L) sich nun auf einer steilen Felsstufe zurückgezogen (G) hat.

53-54. Die gewaltige Front des Grossen Verragletschers im 1922 und ihr totales Verschwinden im 1932 (unten) das sich während zehn Jahren ereignet hat.(L) steht für Lago Blu.

55-56. Die Frontzone des Kleinen Verragletschers im 1932 und im 1972 (unten). Es wird hauptsächlich eine Verminderung der Dichte registriert.

57. Die charakteristischen Verzweigungen des Belvederegletschers im 1924 und die Grenze der linken idrographischen Zunge im 1987.

58. Der Belvederegletscher. Die linke Front (idr.) im 1987 mit dem Bild vom 1924 zu vergleichen. Sehr deutlich ist die Verminderung der Dicke längs der Seitenmoräne. Mit (A) ist der östliche Gipfel des Bosco del Belvedere angezeichnet.

59. Die grossartige, westliche Wand des Monte Rosa.
Links die moränische Festung des Locciegletschers die der kleine proglazialen See einschliesst, in der Mitte die gewaltigen Seracken die den Belvederegletscher speisen, rechts der Nordendgletscher (Photo Pessina, Domodossola).

60. Der Belvederegletscher um das 1825.

61. Eine Ansicht aus Macugnaga im 1922. Im Hintergrund die Zungen des Belvederegletschers während einer Ausdehnungsphase.

62. Die Front des Locciegletschers im 1981 mit dem proglazialen See, der oft, wegen der Nachgiebigkeit der Moräne, verheerende Anschwemmungen verursachte. Der Gletscher hatte im 1958 mindere Dimensionen.

7. GLETSCHER UND KLIMATISCHE VERÄNDERUNGEN

Gletscher sin Hüter wertvoller Informationen für ein besseres Verständnis der klimatischen Entwicklung unserer Erde, denen heute, angesichts der möglicherweise vom Menschen eingeleiteten Veränderungen in der Atmosphäre (Treibhauseffekt) besondere Bedeutung zukommt. Die letzte Eiszeit, die Würm, ging vor etwa 10000 Jahren zu Ende: Im Laufe weniger Jahrtausende zogen sich die Gletscher drastisch zurück. Im Aostatal verursachte der klimatische Umbruch - neben dem Schrumpfen vereister Massen -das Hercinstürzen grosser Fluten in die Ebene und gewaltige Erdrutsche an den Hängen der Alpentäler, die sich jetzt vom Druck des grossen Gletschers befreit hatten. Die Untersuchungen an fossilem Blütenstaub haben gezeigt, dass vor cirka 7000 Jahren das Klima milder war als heute. Diese Periode, die den Gletschern hart zusetzte, wird als das *optimum klimatisch nachglazial* bezeichnet. Die kürzlich am Rutor-Gletscher (La Thuile) gefundenen Torffragmente beweisen, dass die damalige Baumgrenze wesentlich höher gelegen war als die gegenwärtige. Abkühlungs-und Erwärmungsphasen mit unterschiedlicher Gletscherdynamik wechselten sich in der Folge ab. Im römischen Zeitalter - vor etwa 2000 Jahren - herrschte ein ausgesprochen warmes Klima vor, das Begehen der Alpenpässe erleichterte. Die nächste milde Periode stellte sich um das Jahr 1000 n. Chr. mit dem *optimum klimatisch im Mittelalter* ein: Die Eismassen wurden hierbei bis auf Gipfelhöhen zurückgedrängt. Mit dem um das Jahr 1500 einsetzen den Temperaturabfall und der dazu wachsenden Niederschlagsrate beginnt für die Alpengeschichte eines der einschneidensten Kapitel: Die Kleine Eiszeit, die bis Mitte 19. Jahrunderts anhalten sollte. Sämtliche Alpengletscher waren jetzt zu einer Imposanten Grosse angewachsen und rückten insbesondere in den Jahren 1820 und 1850 gegen die Weiden und Gehöfte auf, wie es die Bergler zuvor noch nie gesehen hatten. Aus dieser Zeit stammen die grossen Moränenkomplexe, die noch heute auf dem Monte Rosa vorzufinden sind. Das Vermächtnis archaischer Klimaveränderungen und der abrupten Umschichtung lässt sich aus den Volkssagen vieler Alpengebiete noch heute herauslesen: So kam im Lystal über das blühende Städtchen Felik und seine lasterhafte Menschheit die Strafe Gottes von hoch oben, semt dem ganzen, gleichnamigen Gletscher, der sie alle verschüttete. So heisst es auch in der Aussage eines koboldhaften Müllers, er habe ganze siebenmal beobachtet, wie die Weiden zuwuchsen mit Wald und Korn. Ab 1850 nehmen die Niederschläge ab und die Temperatur wieder zu: Der Schrumpfungsprozess der Gletscher ist in der Folge, wenn man von der punktuellen und vorübergehenden Ausbreitung im Jahre 1920 absieht, kontinuierlich und insbesondere im Jahrzehnt von 1940-50 wegen der ausserordentlich hohen Temperaturen massiv. Nach 1950 kühlen die Sommer schrittweise ab, bis hin in die frühen 80er Jahre.

Unter Mitwirkung der steigenden Niederschlagsrate in Jahrzehnt von 1971-81 setzt in ganzen Alpenraum ein neuer Vereisungsprozess ein, der sich jedoch schon Mitte der 80er Jahre infolge steigender Temperaturen und abnehmender Niederschlagsraten erschöpft. Zukünftigen Untersuchungen obliegt der Schiedsspruch, ob es sich bei der gegenwärtigen Regression um eine normale Schwankung handelt oder ob sie der Ansatz einer langfristigen Tendenz ist.

63. Das prozentische der italienischen Gletscher im Fortschritt vom 1925 bis zum 1990. Die Ausdehnung des 1965 bis 1981 ist deutlich.

64-65. Meteorologisches Observatorium in Gressoney D'Ejola, 1850 m. Sommerliche Mitteltemperaturen (oben) und jährliche Niederschläge (unten) vom 1928 bis zum 1990. In schwarz angezeichnet sind die Werte der einzelnen Jahren, in *Magenta* die durchschnittliche Bewegung die den mehrjährigen Ablauf hervorhebt. Man beachte die Wärmeverringerung zwischen dem 1950 und 1984; die Steigerung der Niederschläge zwischen 1972 und 1981, die verantwortlichen Erzeuger des kurzen Vorrückens des Gletschers, heute beendet.

8. EIS: WASSER UND ENERGIE

Der Gletscher ist ein wichtiger Wasserspeicher, der vor allem in den Sommermonaten, wenn der Wasserbedarf in der Landwirtschaft und beim Menschen extrem hoch ist, zur Verfügung steht. Im Sommer kann ein km² Eisoberfläche bis zu 250 Liter Wasser in der Sekunde liefern: vom Juni bis zum October des Jahres 1930 errechnete Monterin für den Lys-Gletscher einen Abfluss von cirka 9 Millionen Kubikmeter Wasser. Der auf der italienischen Hangseite des Monte Rosa in Form eines Festkörpers gespeicherte Wasserbestand beläuft sich indessen auf cirka 1.65 Milliarden Kubikmeter. Im Aostatal werden Gletscherwasser bereits seit der Antike kanalisiert und über mehrere Dutzende von Kilometern abgeführt, um die der Sonne ausgesetzten Almen zu bewässern. Es handelt sich dabei um kolossale, hydrodynamische Bauten, wie etwa der *Grand Ru* im Ayas-Tal, der heute noch in Betrieb ist. Seit Anfang des 20. Jahrhunderts trägt der Gletscher insbesondere im Lystal zur Erzeugung von hydroelektrischer Energie bei, die grundsätzlich umweltfreundlich und erneuerungsfähig ist. Der in den Jahren 1917-20 auf dem Gabiet in 2374 Meter Höhe gebaute ENEL-Stausee enthält 4.2 Millionen Kubikmeter Wasser, das zum Teil vom Indren-Gletscher abfliesst. Dieses treibt zunächst die Turbinen in Gressoney an, vermengt sich dann mit dem Lysbach, geht durch die Zentralen von Gressoney-Sendren und Gaby-Zuino und endet schliesslich in 345 Meter Höhe in der Zentrale von Pont-St-Martin: in dem 1854 Meter langen Gefälle erzeugt jeder Kubikmeter Wasser 3.8 kWh; wollte man diese Energiemenge in einer Thermoelektrischen Zentrale erzeugen, so müssten 845 g Petroleum verbrannt werden. Gegen Ende des Tales mündet der Lys in die Dora Baltea, wo die Gletscherwasser in den Zentralen von Quincinetto und Mazzé erneut zum Antrieb der Turbinen beitragen. Vom *Canale Cavour* abgeführt, erreichen sie schliesslich die fruchtbaren Reisfelder in der Ebene von Vercelli.

66-67. Der Deich des Gabietsees (ENEL), 2374 m, um das Jahr 1920 während der Bauarbeiten und im 1990 (rechts).

68. Turbine in der hydroelektrischen Zentrale ENEL in Gressoney-la-Trinité

69. Wasserspender des Indrengletschers zum Vergleich mit der Kapazität des hydroelektrischen Staubeckens am Gabietsee.

70. Schema der hydroelektrischen Zentrale ENEL im Lystal.

71. Energetischer Gegenwert eines Kubikmeters Wasser in der Strecke vom Gabietsee zur Zentrale in Pont-St-Martin (siehe B.70).

9. GLETSCHER UND TOURISTIK

Mit dem Gletscher steht und fällt ein Element, das sich aus dem Landschaftsbild der Alpen einfach nicht wegdenken lässt. Seine Bildung, die sich im Verhältnis zu anderen geologischen Erdkomponenten so schnell vollzieht, sein leicht verfliessender Festkörper, dem doch-beim Anblick immer eine beängstigende Tücke anhaftet, erregen seit eh und jeh die Phantasie des Menschen, der in den Gletschern oft schon den natürlichen Ausdruck einer geheimnisvollen und bösartigen Macht gesehen hat. Auch heute noch fällt es schwer, sich der betörenden Anziehungskraft zu entziehen, wenn wir etwa vor einen grossen Gletscher stehend, dessen rastlose Bewegung fühlen: so das Knirschen in den Spalten, das Abstürzen der Eisbrüche, das qualvolle Ausharren oder der gewaltige Angriff nach vorne. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts bricht der Mensch mit dem althergebrachten, von Ängsten geprägte Verhältnis und beginnt sich dem gletscher im Sinne wissenschaftlicher Erkundung zu nähern. Hiermit beginnt ein grundlegendes Kapitel in der Entdeckungsgeschichte der Alpen. Der eigentlich touristische

Aspekt des Gletschers wird allerdings erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entdeckt, und anfänglich sowieso nur von einigen wenigen elitären Urlaubern: bekannt sind da die Aufenthalte in Gressoney der Königin Margarethe von Savoyen, die im Jahre 1893 auf der Gnifetti-Spitze die nach ihr benannte *Hütte* einweihte. Mehr als 15 Berghütten und Biwaks säumen heute auf dem Monte Rosa, am Rande der Gletscher, die Strecke zwischen Ayas und Macugnaga und bieten alljährlich hunderttausenden von Bergsteigern Schutz und Unterkunft. Von Alagna Valsesia kann man mit der Seilbahn der Indren-Spitze den Gletscher mühelos erreichen und hier, im Sommer wie im Winter, schifahren. Von der Seilbahn in Macungaga hingegen bietet sich Tausenden von Ausflüglern eine herrliche Aussicht auf den Belvedere-Gletscher. Damit liefern die Gletscher für den Fremdenverkehr in den Tälern des Monte Rosa einen unersetzlichen wirtschaftlichen Beitrag. Vor allen Dingen aber sind sie Teil einer Kultur, einem Volke eigen und ein Naturgut von unschätzbarem Wert. Ein Reichtum, der entdeckt, aber auch respektiert werden will.

72. Lysjoch, Ende '800. Es entsteht der Tourismus auf dem Gletscher.

73. Auf der Suche eines Durchgangs zwischen den Gletscherlabyrinten (Photo A. Squinobal).

74. Sportanlagen zur Beförderung des Sommer-und Winterschisports auf dem Indrengletscher.

75. Eisspiele auf der Margherita-Hütte, 4559 m (Photo Carnelli).

76. Gletscherstimmung... (Photo A. Squinobal).

LITERATUR

1. EIN NAME DER VOM EIS STAMMT
ALIPRANDI L.e G., POMELLA M. (1974), *Le grandi Alpi nella cartografia dei secoli passati*, Ivrea.
VON WELDEN F.L. (1824), *Il Monte Rosa*, Trad. it. Fondazione Monti (1987), Anzola d'Ossola.
MONTERIN U. (1941), *Il Monte Rosa*, Boll. Com. Glac. It., 21, Torino, anche in CERUTTI A.V. (1986), *Raccolta di scritti di U. Monterin*, Librairie Valdotaine, Aosta.
FINI F. (1979), *Il Monte Rosa*, Zanichelli, Bologna.

2. VOM SCHNEE ZUM EIS
A.VV. (1988), *Le jardin des glaciers de Lucerne*, Gletschergarten, Luzern.
BACHMANN R.C. (1980), *Ghiacciai delle Alpi*, Zanichelli, Bologna.

3. VEREISUNGEN IN AOSTATAL
LAURIA N. (1990), *Eventi geologici ed evoluzione del paesaggio del Canavese Orientale dalla fine dell'Era Terziaria all'Olocene*, in L'Anfiteatro Morenico di Ivrea, V Convegno sul Canavese, Ass. Amici Museo del Canavese, Ivrea.

4. DAS ITALIENISCHE GLETSCHERKOMITEE
Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano (1914-1977), Torino.
Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria - Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano (1978-1989), Torino.

5. MONTERIN DER GLETSCHER ERFORSCHER DES MONTE ROSA
ALESSANDRI C. (1911), *Storia della Capanna-Osservatorio Regina Margherita sul Monte Rosa (4560 m)*, Tip. U. Cassone, Torino.
CERUTTI A.V., a cura di (1986-1990), *Raccolta di scritti di Umberto Monterin*, Vol. I-Dal Monte Rosa al Tibesti, Vol. II - Il clima e le sue variazioni, Vol. III - I ghiacciai del Monte Rosa, Vol. IV - Le variazioni periodiche dei ghiacciai, Librairie Valdotaine, Aosta.

6. DIE ITALIENISCHEN GLETSCHERS DES MONTE ROSA
La maggior parte delle informazioni sui ghiacciai del M. Rosa sono riportate da U. Monterin soprattutto sul Bollettino del CGI, fino al 1941. L'opera omnia dello studioso è stata recentemente raccolta nei prestigiosi quattro volumi curati da A.V. CERUTTI, op. cit.
I risultati delle annuali campagne di studio sono pubblicati su *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, op. cit.
DE GEMINI F. (1962), *Il Ghiacciaio Grande di Verra e le sue variazioni negli ultimi decenni*, Boll. Comit. Glac. It., Ser. 2, 12, Torino.
GILI-BORGHET A. (1961), *Il Ghiacciaio del Belvedere e gli studi compiuti sino all'anno 1957*, Boll. Comit. Glac. It., Ser. 2, 10, Torino.
VANNI M. (1945), *Il Grande Ghiacciaio di Verra nella Valle d'Ayas*, Boll. Comit. Glac. It., Ser. I, 23, Torino.
PANTALEO M. (1974), *Note toponomastiche sui ghiacciai delle Alpi Marittime, Cozie, Graie e Pennine*, Boll. Comit. Glac. It., Ser. 2, 22, Torino.

7. GLETSCHER UND KLIMATISCHE VERÄNDERUNGEN
BIANCOTTI A., MERCALLI L. (1990), *Variazioni climatiche a breve termine (1927-89) a Gressoney-D'Ejola, 1850 m slm, Italia Nord Occidentale*, 21 Congr. Int. Met. Alpina, Engelberg-CH.
CHARRIER G. (1990), *Documenti di paleoclimi e paleoambienti del Pliocene terminale, Pleistocene ed Olocene nel territorio della Valle di Susa e sue adiacenze*, Suppl. Boll. Ass. Miner. Subalp., XXVII (1-2).
GROVE J.M. (1988), *The Little Ice Age*, Routledge, London-New York.
LE ROY LADURIE E. (1982), *Tempo di festa, tempo di carestia-Storia del clima dall'anno mille*, Einaudi, Torino.

8-9. EIS: WASSER UND ENERGIE; GLETSCHER UND TOURISTIK
AA.VV. (1981), *La Svizzera e i suoi ghiacciai. Dall'epoca glaciale fino ai nostri giorni*, Ed. Trelingue, Lugano-Porza.

TRADUCTION FRANÇAISE

1. UN NOM QUI VIENT DE LA GLACE

Le Mont Rose nous apparaît des brumes de la Plaine du Pô comme un château enchanté étincelant de glaces éternelles. Les descriptions et les dénominations qui lui sont attribuées depuis les temps les plus reculés sont liées à son aspect imposant. Le Carducci même est charmé de notre montagne grandiose.
Cependant, ce ne furent pas les douces nuances des crépuscules à donner le nom à la montagne, mais les éblouissantes étendues glacées. La plus ancienne mention du Mont Rose remonte au 1300; c'est Pietro Azario qui écrit: *le fleuve de la Doire prend sa source des Alpes très froides et toujours couvertes de grandes quantités de glace, c'est-à-dire, la montagne de Boxeno, (...) de la quelle les neiges et les glaciers ne se sont jamais retirés, dès l'origine du monde*.
Flavio Biondo en 1451, Leonardo da Vinci en 1511 et Leandro Alberti en 1588 l'appellent *Monte Boso* du bas latin *boscus*, c'est-à-dire *couvert de forêts*. Leonardo da Vinci, paraît-il, a été un des premiers voyageurs qui ont atteint le Mont Rose. Il écrit en effet: *celui qui ira sur le Monboso (...) verra comme je le vis, de très hautes quantités de glace, que à la moitié de Juillet, j'ai trouvée énorme*. Dans un manuscrit de Fassola du 1672 on lit: *les uns l'appellent l'Alpe Rose (...), d'autres Boso, à cause peut-être que, à la chaleur de l'été, les craquements de la glace éternelle sont semblables aux mugissements d'un boeuf ou «boso», selon le son du bruit même*. Cette curieuse interpretation a été relatée par le prof. Monterin, qui fit une recherche étymologique soignée et une révision toponymique du massif, en démontrant que les noms *Monboso* et *Mont Rose* sont synonymes. La dernière dénomination est citée pour la première fois par Simler en 1574: *Dans le territoire des Séduni il y a un col qu'on appelle Silvius; les Salasses l'appellent Rosa: il y a là une énorme quantité de glaces éternelles (...). Pour cette raison les Valaisans appellent ce lieu «der Gletscher»*.
Il s'agit sans doute du Col de Saint-Théodule, d'où se départent *des chaînes de montagnes encore plus hautes et escarpées* qui costituent les contreforts du Mont Rose. Le toponyme *der Gletscher* est une expression germanique dont le sens est inéquivocable. Quant au terme *Rosa*, le prof. Monterin fait remarquer qu'il n'est autre chose *que la corruption de Roesca, Roise, Ruiza, Ruise, Reuse, Roesy, Royse, mot qu'on prononce différemment et qui dans le patois valdôtain signifie glacier. Par conséquent, «Rosae» des Salasses (les Valdôtains) n'est que la simple traduction du mot valaisan «der Gletscher»*. En effet, dans une reconnaissance rédigée a Courmayeur en 1474, on cite *Roysie du Myagy* (Glacier du Miage) et dans une autre rédigée à Valpelline en 1499 on lit *Roesy de Cresta Sechy* (Glacier de Crête Sèche). Encore plus précis sont les deux documents qui concernent le Col de Saint-Théodule: le premier, du 1560, indique que *à côté du Mont Servin ou Royse il y a un passage transitable*; le deuxième, de la fin du 1600, parle de fortifications erigées pour garder le col aux pieds de la *Royse*. La première carte géographique qui relate le toponyme *Mont Rosio* est celle de Settala, publiée dans le *Théatrum Ortelii* en 1570. Puis on lit *Monte della Roisa* sur la carte de Magini du 1620; puis encore *M. Rosa* et aussi *Glacières* sur celle de Visscher du 1695. Particulièrment intéressante est aussi la carte du Piémont de Guillaume de l'Isle, imprimée en 1707, où paraissent les toponymes *M. Boso, Rosa, Glaciers* tous placés au bout de la Valsesia. En 1781 Humbert Jaillot publia la carte du Duché de Milan, sur laquelle le profil en miniature des montagnes porte le nom *M. Boso dit Rosa*. Déjà neuf ans auparavant, en Piémont, dans la carte des Etats de Terre Ferme de Stagnoni paraît le nom *M. Rose*, affirmation définitive du toponyme. Le grand savant de Genève Horace Bénédict de Saussure en 1789 fit un voyage autour du Mont Rose et visita Macugnaga, Alagna, Gressoney, St-Jacques d'Ayas et le Breuil. A Gressoney, il monta au Rothorn et décrivit ensuite la montagne *couverte d'un immense manteau de neige*.
Cest au baron Franz Ludwig von Welden, colonel de l'armée d'Autriche, qu'on doit la première nomenclature des cimes et des glaciers du Mont Rose, utilisée encore de nos jours. Von Welden travailla beaucoup avec la collaboration de Joseph Zumstein de Gressoney, inspecteur forestier, qui, dans sa qualité de membre de la Royale Académie des Sciences de Turin, donna des contributions de première importance pour la connaissance du grand massif alpin. Dès le 1819, L. von Welden avait déjà marqué huit parmi les plus importants sommets du Mont Rose avec les premières lettres de l'alphabet, en mesurant l'altitude au moyen d'un baromètre. Les compétences des deux grands explorateurs fusionnèrent dans l'oeuvre *Der Monte Rosa* publiée à Vienne en 1824, qui présente la première carte détaillée du massif. Voilà enfin que *Mont Rose* n'est rien d'autre que *Mont de glace*, témoignage éternel de cet élément qui a toujours frappé de terreur et en même temps charmé l'esprit des hommes.

1. Un coucher de soleil sur le Mont Rose.

2. A. Tschudi, Carte de la Suisse, 1538.
Le Mont Rose est indiqué: *Der Gletscher*.

3. G.A. Magini, Carte du Piémont et Monferrato, 1620. *Monte della Roisa*.

4. N. Visscher, Carte du Piémont et de la Savoie, 1695 env. *M. Rosa, M. Silvio, Glacieres*.

5. Joseph Zumstein.

6. J. Stagnoni, Carte des Etats de Sardaigne de Terre-ferme, 1772. *M. Rosa*.

7. H. Jaillot, Carte du Duché de Milan, 1781. *M. Boso dit Rosa*.

8. F.L. von Welden, 1823. Le Mont Rose vu du Rothorn.

2. DE LA NEIGE A LA GLACE

En montagne, aux altitudes élevées et aux latitudes extrêmes, soit boréales, soit australes, une partie de la neige tombée dans la saison froide reste sur le sol aussi en été et en plus, elle va être recouverte par la neige qui tombera l'année suivante. La ligne immaginaire au-dessus de la quelle la neige ne fond pas est dénominée ligne des neiges persistantes; elle varie d'altitude, surtout selon l'orientation des versants. Sur les Alpes méridionales, elle se trouve à 2900 mètres environ; mais elle descend à 2700 m sur le versant septentrional de la chaîne.
L'altitude de la limite des neiges baisse en avançant vers les latitudes élevées et monte en avançant vers l'équateur; cela à cause de la différente radiation solaire disponible. La neige qui persiste pendant l'été subit des transformations. Neige poudreuse à l'origine, elle contient à peu près le 90% d'air. Peu à peu, elle devient granuleuse par des processus de métamorphisme; en perdant de l'air elle se transforme en névé ou *firn*; sous le poids de la nouvelle neige qui tombe, elle perd encore de l'air et devient glace bulleuse et blanchâtre et enfin glace verte, compacte et très dure. Cette dernière glace est celle qui est typique du glacier, celle qu'on peut observer à l'intérieur des crevasses. Le glacier, avec des centaines de mètres d'épaisseur, soumis à des pressions énormes, se conduit comme une masse plastique et coule lentement vers l'aval. La vélocité de ce mouvement est très variée: sur les Alpes, elle est de quelques dizaines de mètres par an; dans les glaciers du Groenland, elle peut arriver à des mètres par jour. Donc, le glacier bouge, il se déplace, mais non necessairement vers le bas. En effet, au fur et à mesure que la langue glaciaire avance vers les altitudes inférieures, le glacier fond à cause des hausse de température.
L'état de santé du glacier dépend de l'équilibre entre la quantité des chutes de neige et les débits d'eau dues à sa fusion. Si les chutes de neige sont plus abondantes que les débits, le bilan est positif, le glacier augmente son volume et la langue glaciaire avance vers le bas; en cas contraire, le bilan est négatif, la masse du glacier diminue et la langue se retire vers le haut. Les types de glacier sont différents selon les zones de la Terre où ils se forment. Les plus gros sont les glaciers continentaux ou à calotte, ceux des zones polaires; le glacier alpin, aux dimensions plus limitées, est caractéristique des Alpes et des chaînes de montagnes aux latitudes moyennes. Il est formé par un *bassin d'alimentation* qui se trouve en haut et qui continue vers l'aval avec une *langue d'ablation* (ablation: l'ensemble des plocédés de dispersion de la glace). La première partie se trouve en général au milieu d'une couronne de crêtes très élevées; elle est alimentée par les chutes de neige et les avalanches. La deuxième partie parcourt la vallée glaciaire et termine par le *front*. En correspondence des aspérités des rochers sur lesquels il bouge, le glacier se casse et donne origine aux *crevasses*, des profondes fissures qui en gravent la surface. La *crevasse terminale* est la fente nette qui sépare le bassin d'accumulation des parois escarpées qui l'entourent; il existe en outre des crevasses longitudinales, trasversales et radiales. Dans les zones fortement en pente, les fentes qui s'entrecoupent forment les *séracs*, de vraies forêts d'aiguilles, de tours et de pinacles de glace. Pendant la saison chaude, une partie de glace fond et forme des *torrents épiglaciaires* qui s'écoulent sur la surface du glacier, jusqu'à rencontrer une crevasse, dans laquelle ils précipitent, en atteignant parfois le substrat rocheux. L'action érosive est rendue plus efficace par le matériel détritique présent sur le glacier et transporté par l'eau; cette action peut continuer directement dans le substrat: quand il y a un passage très étroit, où la velocité du flux en pression peut arriver jusqu'à 200 km/h, le sol vient modelé par les tourbillons en de grands creux arrondis et à spirales; ces creux sont appelés *les marmites des géants*. L'eau qui coule sous une pression énorme (dans les glaciers arctiques on a mesuré même 20 atmosphères) entre la glace et la roche de base, forme plusieurs torrents sous-glaciaires qui creusent des tunnels, jusqu'aux grottes de sortie, ouvertes sur le front. Le glacier, coulant lentement dans son vallon, en ronge les versants. Les débris emportés au substrat, avec ceux qui périodiquement s'écroulent des flancs de la montagne et tombent sur la surface du glacier, forment les *moraines*. Transportées en bas par la glace en mouvement, elles vont s'amasser là où le front fond, en créant des amphithéâtres morainiques, soit frontaux que latéraux. Si, à cause de variations climatiques, le glacier avance ou recule à plusieurs reprises, tous les cordons morainiques frontaux deposés pendant chacune des phases climatiques vont former un amphithéâtre morainique.

9. Dans quelques dizaines de jours après leur chute, les cristaux de neige fraîche deviennent granuleux et compacts; après trois ans environ, ils se transforment en *firn* et enfin, vers la cinquième année, en glace.

10. Les principaux éléments de la morphologie glaciaire dans l'exemple du Glacier du Lys (1984).

11. Un sérac sur le Glacier du Lys, 1965. Dans le fond, le Lyskamm Oriental, 4527 m.

12. Des crevasses et des ponts de neige au Glacier du Lys.

13. La formation des crevasses.

14. Des séracs aux stratifications évidentes sur le Glacier du Belvédère en 1922.

15. Un exemple de front de glacier en expansion: le Glacier du Lys en 1922.

16. La grotte glaciaire, formée à l'extrémité du front par la fuite du torrent sous-glaciaire (Glacier du Lys).

17. Des roches moutonnées (par analogie à la forme du dos des moutons) polies par l'action abrasive de la glace mélangée aux débris.

18. Un rocher protège la surface de la glace et forme ainsi une table glaciaire.

19. Une des plus belles marmites des géants de la Vallée d'Aoste, près de le Gouffre des Busserailles in Valtournenche.

20. Les débris transportés par les tourbillons violents du torrent sous-glaciaire creusent en peu d'années des marmites de plusieurs mètres.

21. Une moraine médiane sinueuse formée par la confluence de deux langues glaciaires (Petit Glacier de Verra, 1972).

22. Le Lac Bleu (Grand Glacier de Verra), formé en 1820 env., par le barrage morainique (à gauche).

3. LES GLACIATIONS DANS LA VALLEE D'AOSTE

Au cours du dernier million d'années, le climat de la Terre a changé plusieurs fois. Les périodes de chaleur altérnaient avec les périodes froides où les glaciers se répandaient dans les zones boréales, australes et sur les montagnes. Pendant ces périodes froides appelées glaciations, les masses glacées occupèrent jusqu'à 45 millions de km², un tiers de la surface totale de tous les continents. Ils étaient entièrement recouverts de glace, non seulement l'Antarctique et le Groënland mais aussi le Canada, la Péninsule Scandinave, la zone septentrionale de la Sibérie et les principales chaînes montagneuses. Dans les Alpes, le versant Nord tournè vers la France, la Suisse et l'Autriche était couvert par une seule masse compacte de glace. Sur le flanc méridional, la situation était différente à cause de l'exposition plus favorable qui rendait les conditions climatiques moins extrêmes. Des colossales langues de glace coulèrent des grands massifs alpins vers la Plaine du Pô qui était alors en cours de formation, ces langues ne se fondirent pas en une seule calotte mais elles modelèrent profondément le territoire traversé. Les vallées érodées par les masses glaciaires en mouvement se firent plus larges et profondes, les matériaux détritiques, arrachés aux flancs des montagnes et transportés en aval par les eaux et les glaces s'accumulèrent au bord de la plaine en créant de considerables dépôts morainiques. Les témoignages de ces actions d'incision et de depôt sont aujourd'hui particulièrement évidents aux débouchés des vallées. Les lits creusés par les glaciers et bloqués au fond par les moraines, se sont remplis d'eau et ont créé les lacs préalpins (Orte, Majeur, Come, Garde pour citer les principaux). Au cours de ce dernier million d'années pendant les glaciations appelées Günz, Mindel, Riss et Würm, les glaciers avancèrent quatre fois vers l'aval et autant de fois elles reculèrent, pendant les périodes interglaciaires. La fin de la dernière expansion, celle de Würm, remonte à il y a env. 14000-10000 ans. Depuis lors, bien qu'avec des arrêts et des inversions de tendence temporaires, les glaciers se sont retirés jusqu'à avoir la sistémation actuelle. Durant l'une des phases de majeure expansion (il y a env. 150000 ans), le Glacier Balté était imposant: sa longueur dépassait 150 km et à son embouchure dans la plaine d'Ivrée, son épaisseur était au moins de 1000 m. Ce glacier parcourait entièrement ce qui est, de nos jours, le grand sillon de la Vallée d'Aoste, il recevait 12 langues à sa droite hydrographique et 9 à sa gauche. Une telle masse continuellement en mouvement, induisait sur le territoire d'intenses processus de modelage. Les vallées latérales et la vallée principale profondément creusées, amplièrent leur section, les débris transportés par la glace s'accumulèrent sur le front désormais dans la Plaine du Canavais en formant le grand amphythéâtre morainique d'Ivrée. Au terme de la dernière glaciation, il y a env. 10000 ans, ce territoire était formé par une suite de collines qui faisaient fonction de barrage à un grand lac proglacial, résultat de la dissolution de la glace. Ensuite, l'amphythéâtre fut soumis à l'action érosive de la pluie et du gel; la Doire Baltée se fraya un passage près de Mazzé et le grand lac se vida en laissant seulement les deux miroirs d'eau: Candia et Viverone. Au contraire, la grande moraine latérale de gauche, la Serra, est restée pratiquement intacte. Il y a d'innombrables témoignages de l'ancien glacier dans la Vallée d'Aoste. Outre le profil en U de la vallée principale et des vallées latérales, les brusques dénivellements qui relient la première aux deuxièmes (vallées suspendues) sont aussi évidents. Ils sont dûs à l'action érosive différenciée des glaciers de dimensions diversers. De nos jours, ces marches sont entrecoupées par des gorges creusées par les torrents ou bien elles sont traversées par des cascades spectaculaires. Une multitude de roches moutonnées aux contours polis, contribue à donner au paysage valdôtain sa specificité et son originalité uniques.

23. Les vallées suspendues se formèrent pendant les glaciations, à la confluence des langues glaciaires de différente puissance érosive (Gressoney, Vallon de Verdebiò).

24 a-b. La reconstruction du front du Glacier Baltéus à sa plus grande expansion (il y a environ 150000 ans) et la morphologie actuelle de l'amphithéâtre morainique d'Ivrée. Sur la droite on reconnaît la Serra.

25. Des roches moutonnées, témoignage omniprésent des anciennes glaciations en Vallée d'Aoste, ici près de Pont-St-Martin, à la confluence du glacier de la vallée du Lys avec le grand glacier de la région valdôtaine.

4. LE COMITÉ GLACIOLOGIQUE ITALIEN

C'est le seul organisme en Italie qui s'occupe de l'étude des glaciers et des neiges persistantes.
Ce comité a été constitué à Turin en 1895, sur l'initiative du Club Alpin Italien; à présent, il est composé par des représentants de: Université, CNR, ENEL, Régions et d'autres organismes encore. A partir de sa fondation, le Comité documente les caractéristiques des masses glacées alpines, suit et contrôle leurs variations planimétriques et de volume. Chaque année il organise une grande campagne de relèvements glaciologiques. Sous la direction de trois coordonnateurs, pour les Alpes Occidentales, Centrales et Orientales, des dizaines de volontaires remontent les vallées pour atteindre chacun ses glaciers. Les relèvements sont effectués vers la fin de l'été, quand il est plus probable que, aux fronts, la neige de l'hiver précédent soit disparue, en laissant ainsi affleurer la glace pure. Chaque changement par rapport aux conditions de l'année précédente est documenté par des photos et des mesures de déplacement. De la comparaison des données, qui documentent déjà une période presque centenaire, vient se former la connaissance exacte de l'évolution de chaque glacier et, dans l'ensemble, de l'état de santé de l'immense réserve d'eau intacte, particulièrement précieuse dans nos années, puisqu'il est évident que les eaux de la plaine sont de plus en plus polluées. En collaboration avec des organismes internationaux, le Comité a récemment complété le Deuxième Cadastre des Glaciers Italiens, trente ans après le premier, qui avait été soigné par Ardito Desio. La grande quantité de données, encore en voie d'élaboration, offrira de nouvelles inestimables informations pour améliorer la connaissance du milieu alpin. A côté de ces initiatives, le Comité accomplit des études et des recherches plus spécifiques: sur le glacier de Caresér (Alpes Orientales) depuis plus de 25 ans on fait des études sur le bilan glacial; dans certaines localités des Alpes Occidentales, on analyse chimiquement la neige; on fait aussi des analyses sur les radio-isotopes emprisonnés dans la glace; les variations des aires glaciaires sont aussi contrôlées sur des photos aériennes et d'autres prises par satellite et mises en relation aux données climatiques. Les résultats de ces études sont publiés sur *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, anciennement *Bollettino del C.G.I.*, actif dès 1914.

26. Glacier du Lys. Le relèvement stéréo-photogrammétrique echelle 1:10000 fait en 1925 par le C.G.I. en collaboration avec l'Istituto Geografico Militare.

27. Glacier du Lys. Le relèvement stéréo-photogrammétrique de la zone frontale, echelle 1:4000 fait en 1953 par le C.G.I.

28. Les mesures de ablation sur le Plateau du Lys en 1930. On voit de profil le Prof. Somigliana, premier président du Comité Glaciologique Italien.

29. Le Prof. Umberto Monterin en 1922, lors d'un relèvement au front du Glacier du Lys.

5. UMBERTO MONTERIN, GLACIOLOGUE DU MONT ROSE

Umberto Monterin est né le 20 décembre 1887, à D'Ejola, dans la vallée de Gressoney, a 1850 m. d'altitude. Des fenêtres de l'ancienne maison paternelle, il peut déjà admirer les grands glaciers du Mont Rose, qui représenteront la synthèse des grandes passions de sa vie, courte mais extrêmement intense: ses montagnes et la recherche scientifique. En 1913 il obtient son doctorat ès sciences à l'Université de Turin; il fait aussi un voyage d'instruction en Allemagne et tout de suite après, il va accomplir son devoir de soldat à la Grande Guerre.
A la fin de la guerre, le professeur Parona l'appelle à l'Institut de Géologie de l'Université de Turin. En 1925, il gagne brillamment le concours pour directeur des Royaux Observatoires Géophysiques et Météorologiques du Mont Rose, ce qu'il avait longtemps rêvé.
Les quinze ans qui suivent sont les plus féconds de son activité scientifique. La première passion du spécialiste gressonard est le glacier; il en étudie tous les aspects: la morphologie, l'action érosive et de dépôt, les variations dans le temps, les rapports avec le climat, les propriétés physiques de la glace. Il fut parmi les animateurs du Comité Glaciologique Italien et, dès l'an 1910, il en occupa la charge de secrétaire avec une compétence admirable.
A côté de la recherche glaciologique, il conduit l'analyse géomorphologique de la montagne valdôtaine et l'étude des populations alpines: dans ce cadre il examine le pénible problème du dépeuplement avec une finesse pénétrante. Mais notre savant géographe mûr et complet ne s'arrête pas aux Alpes: en 1934, pour la Société Géographique Italienne, il organise et dirige une expédition scientifique au Sahara libique, pendant laquelle il explore les massifs du Tibesti (3500 m) et de El Aueat (2000 m). Il découvre des traces d'anciennes érosions fluviales, ce qui indique son

attention à la climatologie historique, branche des matières géographiques qui est aujourd'hui particulièrement cultivée et de laquelle le prof. Monterin peut être considéré l'un des pionniers au niveau mondial. En 1938, il est appelé à la chaire de Géographie a l'Université de Cagliari. Mais il n'arrive pas à recueillir le fruit le plus convoité de toute sa vie: sa constitution est pliée désormais par les efforts excessifs et il doit renoncer à l'enseignement. La mort le saisit le 4 janvier 1940: il n'avait que 52 ans! Du 1915 au 1940, l'activité de recherche du prof. Monterin est ininterrompue: chaque année il parcourt les glaciers du Mont Rose, de la vallée d'Ayas à celle de Macugnaga. Il accompli des relèvements topographiques précis, il annote, interprète et photographie: des dizaines et dizaines de plaques en verre, des notes et des relations qui constituent un patrimoine scientifique et culturel de valeur inestimable sans quoi l'on n'aurait pu écrire ces pages. Le zèle de Monterin dans l'étude du climat a été encore plus méthodique: en profitant de l'aide de quelques alpins accordés par l'autorité militaire, il réussit à gérer les observatoires météo de Gressoney à D'Ejola, sa demeure, du lac Gabiet (2374 m), de l'Institut Scientifique Angelo Mosso au Col d'Olen (2900 m), de Alagna Valsesia (1190 m) et du refuge Reine Marguerite, qui, avec ses 4559 m d'altitude, représentait alors un record mondial. C'était alors une très grande fatigue, songez aux moyens de l'époque: les observatoires les plus élevés étaient constamment gardés pendant l'été et en hiver ils étaient inspectés régulièrment, après des heures de marche à l'aide des skis, à des températures polaires. De nos jours, malheureusement, une grande partie de ces structures-là est tombée dans l'oubli, malgré les moyens technologiques perfectionnés; mais il nous reste l'oeuvre du prof. Monterin: plus de 65 écrits publiés et l'enseignement d'un grand esprit.

30. Le Prof. Monterin (deuxième à gauche, debout) à l'entrée du Royal Observatoire Météorologique au Col d'Olen, 2900 m.

31. Le Refuge Reine Marguerite, 4559 m, telle qu'on la voyait en 1932, lorsqu'elle n'était que Observatoire Météorologique.

32. Pluvionivomètre totalisateur dans la vallée Anzasca en 1932.

33. L'Observatoire Météorologique à Gressoney D'Ejola, 1850 m, fondé en 1927 par Monterin lui-même et encore actif de nos jours.

34. Gressoney-la-Trinité, fin de siècle: D'Ejola, où naquit le Prof. Monterin. Dans le fond, les fronts des glaciers du Lys et du Félik.

35. Un barographe anéiroïde à l'Observatoire de Gressoney D'Ejola.

6. LES GLACIERS ITALIENS DU MONT ROSE

Les glaciers recouvrent au total dans le monde 15 millions de km² soit 9% des terres émergées. Sur l'Antarctide, l'immense calotte d'eau gelée occupe 12.5 millions de km², au Groënland 1.8 million de km². Le continent le plus pauvre en neiges éternelles est en fait l'Afrique qui en possède seulement 12 km² localisées sur des montagnes qui ont plus de 5000 m d'altitude. A la base des données acquises en 1987 par le Comité Glaciologique Italien dans le cadre de collaboration pour la rédaction du World Glacier Inventory, les glaciers italiens résultent être 1396 et s'étendent sur 607 km², le 21% de la surface glacialisée de toute la chaîne alpine et le 0.2% du territoire national. Ils sont distribués tout au long d'un grand arc à partir des Alpes Maritimes jusqu'aux Alpes Juliennes avec un seul exemple sur les Apenins: le petit Glacier du Calderone sur le Grand Sasso. La Vallée d'Aoste, avec ses 194 km², est la région italienne la plus riche en glaciers (6% de son territoire), son nombre total de glaciers est de 296 unités. Sur les Alpes italiennes, le Massif montueux le plus glacialisé est l'Ortles-Cevedale avec ses 100 km² env.; le Mont Blanc en possède 47 km², alors que dans les quatre vallées italiennes qui convergent vers le Mont Rose, la surface totale recouverte par les glaciers rejoint les 51.4 km², ainsi subdivisés: 14.6 dans la Vallée d'Ayas, 15.5 dans la Vallée du Lys, 7.8 en Valsesie et 13.5 dans la Vallée de l'Anza, pour un total de 53 unités glaciales. Toutefois, de tous ces glaciers, douze seulement dépassent l'extension d'au moins 1 km² et constituent donc les éléments de paysage et de recherche scientifique les plus significatifs traités dans les pages qui suivent. Le versant suisse du Mont Rose, au contraire, à cause de son exposition vers le Nord, présente des glaciers beaucoup plus étendus: alors que sur le versant de Gressoney, le Glacier du Lys qui est exposé vers le Sud, s'étend sur 12 km² env., sur le versant opposé, l'énorme Glacier de Gorner, le deuxième des Alpes en ordre de grandeur, atteint les 68 km², avec une langue qui dépasse 14 km!

GLACIER DU LYS. *Descend en serpentant jusqu'auprès des pâturages de la Trinité de Gressoney*: c'est ainsi qu'Horace-Bénédict de Saussure le définit en 1789. C'est le glacier le plus vaste et le plus étudié du côtè italien du M. Rose, le quatrième d'Italie pour sa surface. Son nom dérive de *liso* qui signifie *eau courante* en patois walser. Le bassin qui l'alimente s'étend en grande partie sur des niveaux qui dépassent les 4000 m. Il se subdivise en trois grandes chutes de séracs qui vont se jeter dans le Plateau du Lys, la langue plate d'ablation, à la base de l'éperon rocheux appelé Nez du Lyskamm. Le front est actuellement recouvert de débris morainiques d'où émerge par endroits la glace couverte de fragments rocheux. Pendant l'été, l'impétueux torrent glaciaire jaillit à travers la grotte, qui ne se forme pas tous les ans. Les premières informations certaines sur les conditions du grand

glacier remontent aux dix dernières années du XVIIIe siècle, en plein milieu du Petit Age de Glace. En ce temps là, le front était en phase d'une expansion modérée, un peu plus tard, en 1812 commença la progression qui devait faire arriver le glacier à des dimensions jamais atteintes dans l'histoire récente. En fait, en 1821 l'énorme front, après avoir envahi pâturages et sentiers, arriva près de l'Alpe Cortlys à une altitude d'environ 2000 m. Les cordons morainiques actuellement couverts de végétation et les vibrantes descriptions de Zumstein, en sont les témoignages. De 1822 à 1842 un lent recul s'effectua, mais en 1843 déjà une nouvelle et imposante progression commence, légèrement inférieure à la précédente: entre 1854 et 1855 le glacier augmente de 61 m, le record annuel documenté. L'accroissement de la masse glaciaire continue jusqu'en 1860, en entravant le passage des bergers et du bétail le long du sentier de l'Alpe de Salzen (près de la moraine latérale sur la gauche hydrographique). Après une phase presque stationnaire jusqu'en 1869 (photo 39), une rapide régression des glaces débute et se poursuit jusqu'en 1882. Ensuite, une série d'années neigeuses rétablit une modeste descente du front qui se termine en 1891. Une nouvelle période de réduction commence et durera jusqu'en 1912. Entretemps, en 1901, l'illustre géologue florentin Giotto Dainelli, place le premier signal de mesure et fait des relèvements instrumentaux, plus précis que les précédentes analyses basées sur descriptions, photographies et anciennes cartes. De 1913 à 1921 le Lys s'agrandit considérablement et le phénomène est minutieusement documenté par Monterin (photos 15 et 41). Après 1922, c'est le début de la phase de la plus grande contraction du glacier qui, aux alentours de 1940, pour la première fois en 150 ans, se retire au dessus de la marche rocheuse de Salzen. La réduction se poursuit jusqu'en 1971, année où le front présente la plus grande distance de la moraine du 1821: env. 1500 m. De 1972 à 1985, on assiste à une progression de 112 m env. et enfin en 1986 une nouvelle régression commence qui a cours encore aujourd'hui: de 1989 à 1990 le front a reculé de 11 m.

Surface km²: 11.8
Altitude maximum m: 4527
Altitude du front m: 2350
Longueur km: 5.6
Réserve hydrique estimée
(en millions de mètres cubes): 596

GLACIER DE INDREN. Il occupe les côtes méridionales de la Pyramide Vincent (4215 m) et présente une surface plutôt régulière qui a favorisé la pratique du ski d'été: sur le côté gauche hydrographique, il y a une installation de remontée à laquelle on accède par la station du téléphérique de Pointe Indren (3260 m) qui arrive de Alagna Valsesia. Ce glacier, au cours des 70 dernières années, a subi une surprenante réduction: après le progrès de 1913-1922 le front s'est retiré en amont d'une marche rocheuse sur laquelle, à partir des années 40, s'est formè un petit lac. Les années fraîches et neigeuses de la période 1970-1985 n'ont pas été suffisantes à invertir la tendence négative: après une fase stationnaire, en fait, le front a repris à reculér.

Surface km²: 1.4
Altitude maximum m: 4130
Altitude du front m: 3055
Longueur km: 2.4
Réserve hydrique éstimée
(en millions de mètres cubes): 28

GLACIER DE NETSCHO. C'est un petit glacier suspendu, alimenté par les avalanches qui se détachent des parois nord-occidentales de la Pointe de Tschampono (3233 m). Malgré ses dimensions limitées, il occupe une discrète importance glaciologique grâce à la remarquable documentation disponible. Depuis 1926, il a subi un recul considérable.

Surface km²: 0.3
Altitude maximum m: 3090
Altitude du front m: 2850
Longueur km: 0.5
Réserve hydrique estimée
(en millions de mètres cubes): 1.3

GLACIER DE BORS. Glacier ayant une surface régulière qui couvre les côtes méridionales de la Pointe Giordani (4046 m); actuellement, il est en phase d'une remarcable réduction. Il est exploité pour l'activité de ski d'été. Etant donné le voisinage de l'Observatoire Météorologique du Col d'Olen, (en désuétude de nos jours), vers 1930, il fut choisi par Monterin pour effectuer de nombreues campagnes de mesure de l'ablation de la surface.

Surface km²: 1.3
Altitude maximum m: 3750
Altitude du front m: 3025
Longueur km: 1.8
Réserve hydrique estimée
(en millions de mètres cubes): 26

GLACIERS DE PIODE ET DE SESIA. Ce sont les glaciers les plus importants de Valsesia. Le nom de *pioda* signifie *plaque* et il dérive de la conformation des roches près du col homonyme situé au dessus du glacier. La masse gelée précipite par la côte Sud-Est du Mont Rose avec d'imposantes chutes de séracs qui se divisent pour former deux fronts, le front Occidental et le front Oriental. Le Glacier de Sesia adjacent, qui prend son nom des sources du torrent, s'étend à la base de la raide paroi Est de la Pointe Gnifetti (4559 m). En aval des fronts, l'apparat morainique édifié par les expansions de 1820 eet 1850, est garni de très belles roches moutonnées. Vers 1920 (foto 47), les glaciers présentaient encore une remarquable extension, alors qu'aujourd'hui, les limites de la glace ont

sensiblement reculé. Le front du Glacier Sesia qui était facile à atteindre à pied en 1877, comme il apparait sur la lithographie (photo 49), est de nos jours inaccessible, il est suspendu sur une marche rocheuse très raide d'où tombent continuellement d'ènormes blocs de glace. Ces glaciers sont aussi dans une phase de nette réduction.

GLACIER DE PIODE (Bassin Sesia)
Surface km²: 2.6
Altitude maximum m: 4436
Altitude du front m: 2470
Longueur km: 2.7
Réserve hydrique estimée
(en million de mètres cubes): 69

GLACIER DE SESIA (Bassin Sesia)
Surface km²: 2.0
Altitude maximum m: 4300
Altitude du front m: 2620
Longueur km: 2.6
Réserve hydrique estimée
(en million de mètres cubes): 49

PETIT ET GRAND GLACIER DE VERRA. Il s'agit des principaux glaciers qui dominent la Vallée d'Ayas: l'Evançon jaillit de leurs fronts. Leur nom, dérivant de l'Alpe de Verra située en dessous, est une erreur de trascription du tèrme *vera* qui en patois signifie *fruit de pin*. Le Grand Glacier de Verra qui est à la deuxième place pour ses dimensions du côté italien du Mont Rose, s'alimente dans les hauts bassins du Breithorn Occidental (4165 m) et Oriental (4139 m): à partir d'ici, les étendues glacées se réunissent pour former une langue sinueuse délimitée par de magnifiques moraines latérales. La moraine frontale est au contraire accumulée de façon désordonnée peu au-dessus de la Plaine de Verra; elle est en train de se recouvrir de végétation, graduellement. Tout le grand ensemble détritique, pendant l'importante crue de 1820, s'est plié vers la droite hydrographique en bloquant le petit vallon qui est occupé, de nos jours, par les eaux du Lac Bleu (2215 m), dans lequel, les troncs des mélèzes submergés remontent à la surface encore maintenant. Jusqu'en 1865, le front maintient d'énormes dimensions en s'élargissant sur la pente en aval du lac, et une rapide et intense régression commence, qui, excepté pour quelques oscillations de faible importance, procède jusqu'en 1912, lorsque par analogie à la dynamique du voisin Glacier du Lys, une nouvelle phase de progrès commence. Le front s'accroît et atteint d'imposantes dimensions en 1922 (photo 53), mais sa progression s'achève si rapidement qu'une dizaine d'années plus tard seulement, en 1932 (photo 54) là où il y avait la glace, il ne reste plus qu'un amas chaotique de débris morainiques. Le recul continue sans arrêt dans les années qui suivent et, en 1959, le front se fracture face à la marche rocheuse, à 2500 m d'altitude et la masse de glace abandonnée en aval disparaît en peu de temps. La nouvelle extrémité frontale régresse ultérieurement jusqu'à la moitié des années 70, lorsque la tendence s'invertit et le glacier a finalement une nouvelle expansion, toutefois la langue n'avancera jamais plus en aval de la marche sur laquelle depuis plus de vingt ans elle avait reculé. Aux alentours de 1985, la crue s'arrête et une nouvelle réduction commence et dure encore de nos jours. Les aventures du Petit Glacier de Verra sont plus modestes, sa langue qui descend des parois du Castor (4225 m) s'élargit sur une pente détritique de moraines peu marquées. Ce glacier aussi, après la grande expansion du XIXe siècle, subit une régression intense interrompue ensuite, par la brève crue de 1920. Les cinquante ans qui suivent, sont caractérisés par une lente contraction qui s'achèvera après 1970 avec le retour à des conditions d'alimentation plus favorables. La langue s'allonge de quelques dizaines de métres, et à partir de la moitié des années 80, elle se réduit à nouveau, en rejoignant sa conformation actuelle.

GRAND GLACIER DE VERRA
Surface km²: 7.3
Altitude maximum m: 4220
Altitude du front m: 2540
Longueur km: 5.1
Réserve hydrique estimée
(en millions de mètres cubes): 308

PETIT GLACIER DE VERRA
Surface km²: 2.4
Altitude maximum m: 4175
Altitude du front m: 2795
Longueur km: 3.1
Réserve hydrique estimée
(en millions de mètres cubes): 63

GLACIER DU BELVEDERE OU DE MACUGNAGA. Il s'agit sans doute, de l'un des glaciers italiens les plus extraordinaires pour la particuliarité de sa morphologie: il est alimenté par les coulées glaciaires qui prennent racine sur l'austère paroi Est du Mont Rose qui culmine avec la Pointe Dufour (4633 m), alors que la langue ondulée de la vallée s'étale sur plus de 3 km, jusqu'à atteindre l'obstacle de la colline boisée du Belvedere; là elle se sépare en deux ramifications frontales, dont celle à gauche (hydrogr.), la plus puissante, descend jusqu'à 1700 m, près du village de Macugnaga. Généralement, l'Anza jaillit d'une vaste grotte. Ce spectacle fascinant frappa déjà l'imagination des premiers voyageurs qui visitèrent le glacier: Amoretti, en 1780, le décrit par ces mots *formé par de très hautes vagues, comme si la mer s'était glacée lors d'une tempête* et Welden en 1823 le définit ainsi: *une grande chute d'eau qui s'est transformée brusquement en glace alors qu'elle était en train de précipiter du sommet*. Certes, en ces temps là, le Belvedere était au maximum de sa majestuosité (photo 60); il garda cet aspect plus ou moins, jusqu'en 1860. Une visible régression commence et sera particulièrement intense vers 1876, date à laquelle il sera documenté par Stoppani; ce dernier décrit aussi la vidage catastrophique d'une poche d'eau glaciaire qui se

produisit en Août 1868. De 1880 à 1891, le front avance, puis se réduit jusqu'en 1911, pour reprendre ensuite son expansion qui atteindra son point culminant en 1922; en Septembre de cette année, il y eut une nouvelle inondation glaciaire dûe à l'Anza. 1923 est l'année qui marque le début du recul des fronts qui durera sans interruption jusqu'à la moitié des années 70, lorsque le glacier manifestera une faible crue qui s'achèvera en 1987. Depuis lors, une nouvelle régression est en cours.

Surface km²: 5.6
Altitude maximum m: 4520
Altitude du front m: 1760
Longueur km: 6.0
Réserve hydrique estimée
(en millions de mètres cubes): 206

GLACIER DES LOCCIE NORD. Il prend son nom de *loccia* terme qui signifie *grande plaque rocheuse*; il est né du versant Nord de Pointe Grober (3497 m) et plonge son front exceptionnel dans le Lac des Loccie qui est contenu dans les moraines frontales de l'expansion historique. Monterin fait noter qu'aux alentours de 1920, le lac n'existait pas et le glacier occupait entièrement l'amphithéâtre morainique. Le miroir d'eau se forma dans les années 40 à la suite d'un recul intense du front qui persista jusqu'à la fin des années 50. Après 1970, le front augmenta remarquablement en envahissant le lac proglaciaire qui en 1970, 1978 et 1979 subit de brusques vidages causées par des débâcles des moraines, qui provoquèrent des inondations catastrophiques dans la vallée. Dans le courant des années 80, on effectua des constructions pour le régime artificiel du bassin pour éviter de nouveaux écoulements violents des eaux glaciaires.

Surface km²: 2.2
Altitude maximum m: 3490
Altitude du front m: 2210
Longueur km: 2.4
Réserve hydrique estimée
(en millions de mètres cubes): 54

36. Le groupe du Mont Rose et ses glaciers dans la carte de S.W. King, 1856.

37. Une prise de vue aérienne, du Glacier du Lys, effectuée en automne 1975.

38. Les déplacements frontaux du Glacier du Lys de 1902 à 1990. Deux expansions sont évidentes: celles du 1920 et du 1972-80; le recul maximum (-600 m à partir du 1902) culmine en 1971.

39-40. Le Glacier du Lys vu de S.te Anne dans une image extrêmement rare du 1868; en bas, comme on le voyait en 1984. A remarquer: la glace a complètement disparu de la marche rocheuse de Salzen (S); un fort reboisement couvre la zone où était le front en 1868; il y a une petite moraine près de Courtlys (C), à la limite de l'expansion plus importante qui eut lieu en 1821.

41. Le Glacier du Lys en 1922, au comble de la petite phase d'expansion commencée en 1913.

42-43. Le Glacier de Indren en 1915 et, en bas, en 1990. Après 75 années, la réduction de la masse est surprenante: un petit lac s'est formé (en bas, à droite) là où il n'y avait auparavant que le glacier.

44-45. Le Glacier du Netschò en 1926 et en 1987. Réduit considerablement, il s'est retiré sur la marche rocheuse supérieure.

46. Le glacier du Bors en 1929 et sa limite actuelle approximative.

47-48. La langue occidentale du Glacier de Piode à gauche, et le Glacier de Sesia à droite, en deux images: du 1920 et du 1986 (en bas). La moraine du siècle passé et la diminution des zones frontales sont bien évidentes.

49. Le front du Glacier de Sesia dans une lithographie du 1877 (auteur inconnu). Au moment actuel, le front, suspendu au-dessus d'un roche escarpée, n'est plus accessible.

50. Une prise aérienne des Glaciers de Verra en automme 1975. A remarquer la grande moraine du siècle passé, bien conservée, et le Lac Bleu (à gauche); à droite, le front du Petit Glacier de Verra.

51-52. Le grand Glacier de Verra en 1922 et, en bas, en 1984. Très évident le recul du front qui, de près du Lac Bleu (L), s'est maintement retiré sur une marche rocheuse escarpée (G).

53-54. Le front puissant du Grand Glacier de Verra, en 1922, a complètement disparu en 1932 (en bas), après dix ans seulement. (L) indique le Lac Bleu.

55-56. La zone du front du Petit Glacier de Verra en 1932 et en 1972 (en bas). On remarque surtout la diminution de l'épaisseur.

57. Les caractéristiques ramifications du front du Glacier Belvédère en 1924 et la limite de la langue gauche hydrographique en 1987.

58. Le Glacier de Belvedere. Le front gauche en 1987, à comparer avec l'image du 1924. La diminution de l'épaisseur est très évidente le long des moraines latérales. Avec (A) on indique le bout occidental du Bois de Belvedere.

59. La spectaculaire paroi orientale du Mont Rose. A gauche, la grande muraille morainique du Glacier des Loccie qui renferme le petit lac proglacial; au centre les puissants sérac qui alimentent le glacier du Belvedere; à droite, le Glacier de Nordend. (photo Pessina, Domodossola).

60. Le Glacier du Belvedere en 1825 environ. Acquatinte de G. Lory.

61. Une vue panoramique de Macugnaga en 1922. Dans le fond, les langues du Glacier du Belvedere pendant la phase d'expansion.

62. Le front du Glacier des Loccie en 1981 et le lac proglacial qui, souvent, suite aux débâcles de la moraine, a provoqué des inondations catastrophiques. En 1958 le glacier était beaucoup plus petit.

7. GLACIERS ET VARIATIONS DU CLIMAT

Le glaciers sont les gardiens d'informations précieuses pour mieux comprendre l'évolution du climat terrestre, de nos jours ils ont une importance particulière à cause des possibles altérations de l'atmosphere provoquées par les activités humaines (effet de serre). La dernière glaciation, Würm, a pris fin il y a environ 10000 ans: les glaciers se réduisirent brusquement en quelques milliers d'années. Dans la Vallée d'Aoste, le changement climatique apporta avec le recul des masses glacialisées, de grandes inondations dans les plaines et d'énormes éboulements sur les versants des vallées alpestres qui n'étaient plus soumis aux pressions du grand glacier. Les analyses palynologiques (du pollen fossilisé) ont démontré qu'il y a environ 7000 ans, le climat était plus doux que de nos jours, une période connue sous le nom de *optimum climatique postglaciaire* pendant laquelle les glaciers subirent d'énormes réductions. Des fragments de tourbe trouvés récentement sur le Gacier du Rutor (la Thuile), indiquent qu'en ce temps là, le niveau de la végétation etait bien plus élevé qu'aujourd'hui. Par la suite, de nombreuses périodes de refroidissement et de réchauffement s'alternèrent avec plusieurs pulsations glaciaires. Pendant l'ère romaine, il y a 2000 ans env., prévalaient des conditions de climat chaud qui permettaient de transiter plus facilment par les cols alpins; une nouvelle période tempérée se représenta vers l'an 1000 ap. J.C. avec le *optimum climatique du Moyen Age*: les masses glaciaires furent confinées aux sommets les plus élevés. A partir de 1500, une diminution de la température ainsi qu'une augmentation des précipitations, ouvre l'un des chapitres qui caractérisent davantage l'histoire des Alpes: le Petit Age de Glace, qui dura jusqu'à la moitié du XIXe siècle. Tous les glaciers alpins, devenus imposants, avancèrent vers les pâturages et les centres d'habitation et prirent des dimensions jamais vues auparavant par les populations montagnardes, surtout vers 1820 et 1850. C'est à cette époque que remontent les grands apparats morainiques qu'il est encore possible d'observer sur le Mont Rose. Un héritage des variations climatiques archaïques et d'un brusque changement toujours en cours, peut être saisi dans les légendes populaires de nombreuses zones alpestres: dans la Vallée du Lys nous rappelons la florissante ville de Félik qui a été ensevelie par le glacier portant le même nom; cette punition divine fut causée par la dissolution des habitants; ou bien encore la sentence du lutin meunier qui pendant sept fois vit les pâturages se couvrir de moissons et de forêts. Après 1850, les précipitations diminuèrent et la température augmenta: le recul glaciaire, interrompu par une brève crue vers 1920, est continu et s'accentue particulièrement dans la période 1940-1950 lorsque les températures rejoignent des valeurs très élevées. Après 1950, les étés vont se refroidir graduellement jusqu'aux premières années 80; simultanément, l'augmentation des précipitations dans la période 1971-81 favorise sur toutes les Alpes une nouvelle reprise du progrès glaciaire qui toutefois va s'épuiser rapidement vers la moitié des années 80 avec le retour des températures élevées et la pénurie de précipitations. Seule la continuité des observations futures pourra éclairir si la phase actuelle de recul glaciaire est une oscillation normale ou bien le début d'une tendence à long terme.

63. Le pourcentage des glaciers italiens en crue depuis 1925 jusqu'à 1990. L'expansion est évidente dans la période 1965-81.

64-65. Gressoney D'Ejola, 1850 m. Les températures moyennes en été (haut) et les précipitations annuelles (bas) de 1928 à 1990. Noir: les valeurs de chaque année; magenta: la moyenne mobile qui met en évidence le cours de plusieurs années. On remarque la diminution termique de 1950 à 1984 et la hausse des précipitations de 1972 à 1981, facteurs responsables du petit progrès glaciaire, maintenant arrêté.

8. GLACE: EAU ET ENERGIE

Le glacier constitue une réserve hydrique considérable, disponible surtout dans l'été, lorsque les besoins d'irrigation et d'eau potable sont plus importants. Pendant l'été, un km² de surface glaciaire peut fournir environ 250 litres d'eau par seconde: de juin à octobre 1930, Monterin calcula pour le Glacier du Lys un débit d'environ 9 millions de mètres cubes d'eau. Le corps hydrique tout entier emmagasiné sous forme de glace sur le versant italien du Mont Rose équivaut à environ 1.65 milliard de mètres cubes. Depuis l'antiquité, dans la Vallée d'Aoste, les eaux des glaciers furent canalisées et conduites à des dizaines de kilomètres de distance afin d'irriguer les prairies des côtes ensoleillées: il s'agit d'oeuvres hydrauliques colossales, comme le Grand Ru dans la Vallée d'Ayas, en usage encore de nos jours. Depuis le début du XXe siècle, surtout dans la Vallée du Lys, la glace du Mont Rose contribue à produire de l'énergie hydro-éléctrique propre et renouvelable. Le barrage ENEL du Gabiet, à 2374 m d'altitude, fut construit entre 1917 et 1920 et contient 4.2 millions de mètres cubes d'eau qui provient en grande partie du Glacier de Indren. Ses eaux activent les turbines à Gressoney et s'unissent à celles du torrent Lys; elles passent par les centrales de Gressoney-Sendren et Gaby-Zuino et arrivent enfin aux 345 m d'altitude de la centrale de Pont-St-Martin: pendant les 1845 m de chute disponible, chaque mètre cube d'eau produit 3.8 kWh alors que dans une centrale thermo-éléctrique, il faudrait une combustion de 845 g de pétrole pour obtenir la même quantité d'énergie. Au fond de la vallée, le Lys se jette dans la Doire Baltée là où les eaux des glaciers contribuissent encore à mettre en action les turbines des centrales de Quincinetto et Mazzé et finalement captées par le Canal Cavour, elles rejoignent les rizières fertiles de la plaine de Verceil.

9. GLACIERS ET TOURISME

Le glacier représente un élément irremplaçable pour le paysage alpestre. Sa transformation si rapide par rapport aux autres éléments du milieu géologique, son état éphémère d'eau solide qui toutefois se manifeste sous des apparences terrifiantes et insidieuses, ont, depuis toujours, frappé l'imagination de l'homme qui a souvent attribué aux glaciers l'expression d'une force naturelle, mystérieuse et maligne. Un charme auquel, encore aujourd'hui, il est difficile de se soustraire, lorsque nous nous trouvons devant un glacier, nous en percevons le mouvement continu, le grincement des crevasses, la chute des séracs, la lente agonie ou la puissante crue. A la contemplation éffarée des siècles passés, succède la passion de l'exploration scientifique vers la fin du XVIIIe siècle, qui représente un chapitre fondamental de la découverte des Alpes. Mais c'est après la moitié de 1800 que le glacier, bien que réservé à peu d'élus, devient l'objet d'intérêt touristique: fameux les longs séjours à Gressoney de la Reine Marguerite de Savoie qui inaugura en 1893 sur la Pointe Gnifetti, le Refuge qui porte son nom. Aujourd'hui, il y a 15 refuges et bivouacs entre Ayas et Macugnaga, parsemés sur les côtes glaciaires du Mont Rose et qui hébergent chaque année des centaines de milliers d'alpinistes. Le téléphérique de Pointe Indren à Alagna Valsesia permet d'acceder facilement au Glacier de Indren où il est possible de faire du ski aussi bien en été qu'en hiver, alors qu'à Macugnaga, toujours par téléphérique, des milliers de personnes peuvent jouir du magnifique spectacle naturel offert par le Glacier du Belvedere. Les glaciers apportent donc une contribution très importante à l'économie touristique des vallées du Mont Rose, mais ils représentent surtout une partie de la culture d'un peuple et un patrimoine du milieu ambiant d'une valeur inestimable. Une richesse à connaître et à respecter.

66-67. Le barrage ENEL du Lac Gabiet, 2374 m, en 1920 environ, pendant sa construction et, à droite, en 1990.

68. Des turbines dans la centrale hydro-éléctrique ENEL de Gressoney-la-Trinité.

69. Le stock d'eau évalué du Glacier de Indren et la capacité du bassin hydro-éléctrique du Gabiet.

70. Schéma des centrales hydro-éléctriques ENEL dans la vallée du Lys.

71. L'équivalent en énergie d'un mètre cube d'eau dans le parcours qui va du Lac Gabiet à la centrale de Pont-St-Martin (voir 70).

72. Au Lysjoch, fin de siècle: le tourisme sur le glacier commence.

73. En cherchant un passage dans les labyrinthes du glacier.

74. Des remontées mécaniques pour faire du ski d'été et d'hiver, au Glacier de Indren.

75. Jeux de glace sur le Refuge Reine Marguerite, 4559 m.

76. Instants d'émotion sur le glacier...

BIBLIOGRAPHIE

1. UN NOM QUI VIENT DE LA GLACE
ALIPRANDI L.e G., POMELLA M. (1974), *Le grandi Alpi nella cartografia dei secoli passati*, Ivrea.
VON WELDEN F.L. (1824), *Il Monte Rosa*, Trad. it. Fondazione Monti (1987), Anzola d'Ossola.
MONTERIN U. (1941), *Il Monte Rosa*, Boll. Com. Glac. It., 21, Torino, anche in CERUTTI A.V. (1986), *Raccolta di scritti di U. Monterin*, Librairie Valdôtaine, Aosta.
FINI F. (1979), *Il Monte Rosa*, Zanichelli, Bologna.

2. DE LA NEIGE A LA GLACE
AA.VV. (1988), *Le jardin des glaciers de Lucerne*, Gletschergarten, Luzern.
BACHMANN R.C. (1980), *Ghiacciai delle Alpi*, Zanichelli, Bologna.

3. LES GLACIATIONS DANS LA VALLEE D'AOSTE
LAURIA N. (1990), *Eventi geologici ed evoluzione del paesaggio del Canavese Orientale dalla fine dell'Era Terziaria all'Olocene*, in L'Anfiteatro Morenico di Ivrea, V Convegno sul Canavese, Ass. Amici Museo del Canavese, Ivrea.

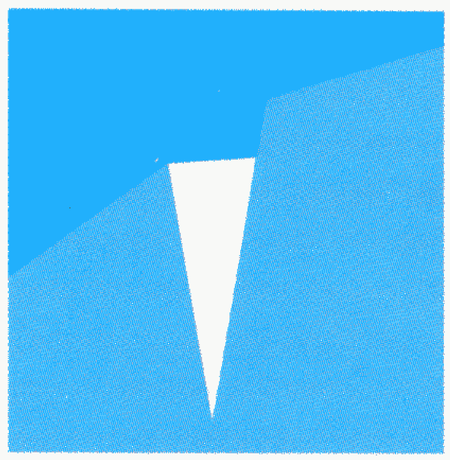
4. LE COMITE GLACIOLOGIQUE ITALIEN
Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano (1914-1977), Torino.
Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria - Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano (1978-1989), Torino.

5. UMBERTO MONTERIN, LE GLACIOLOGUE DU M. ROSE
ALESSANDRI C. (1911), *Storia della Capanna-Osservatorio Regina Margherita sul Monte Rosa (4560 m)*, Tip. U. Cassone, Torino.
CERUTTI A.V., a cura di (1986-1990), *Raccolta di scritti di Umberto Monterin*, Vol. I-Dal Monte Rosa al Tibesti, Vol. II - Il clima e le sue variazioni, Vol. III - I ghiacciai del Monte Rosa, Vol. IV - Le variazioni periodiche dei ghiacciai, Librairie Valdotaine, Aosta.

6. LES GLACIERS ITALIENS DU MONT ROSE
La plupart des informations sur les glaciers du M. Rose ont été relatées par U. Monterin surtout sur le Bollettino del CGI, jusqu'au 1941. L'ouvre complete du savant a été récemment recuillie en quatre volumes aux soins de A.V. CERUTTI (ouvre mentionnée). Les résultats des recherches annuelles ont été publiés dans *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* (ouvre mentionnée).
DE GEMINI F. (1962), *Il Ghiacciaio Grande di Verra e le sue variazioni negli ultimi decenni*, Boll. Comit. Glac. It., Ser. 2, 12, Torino.
GILI-BORGHET A. (1961), *Il Ghiacciaio del Belvedere e gli studi compiuti sino all'anno 1957*, Boll. Comit. Glac. It., Ser. 2, 10, Torino.
VANNI M. (1945), *Il Grande Ghiacciaio di Verra nella Valle d'Ayas*, Boll. Comit. Glac. It., Ser. I, 23, Torino.
PANTALEO M. (1974), *Note toponomastiche sui ghiacciai delle Alpi Marittime, Cozie, Graie e Pennine*, Boll. Comit. Glac. It., Ser. 2, 22, Torino.

7. GLACIERS ET VARIATIONS DU CLIMAT
BIANCOTTI A., MERCALLI L. (1990), *Variazioni climatiche a breve termine (1927-89) a Gressoney-D'Ejola, 1850 m slm, Italia Nord Occidentale*, 21 Congr. Int. Met. Alpina, Engelberg-CH.
CHARRIER G. (1990), *Documenti di paleoclimi e paleoambienti del Pliocene terminale, Pleistocene ed Olocene nel territorio della Valle di Susa e sue adiacenze*, Suppl. Boll. Ass. Miner. Subalp., XXVII (1-2).
GROVE J.M. (1988), *The Little Ice Age*, Routledge, London-New York.
LE ROY LADURIE E. (1982), *Tempo di festa, tempo di carestia-Storia del clima dall'anno mille*, Einaudi, Torino.

8-9. GLACE: EAU ET ENERGIE - GLACIERS ET TOURISME
AA.VV. (1981), *La Svizzera e i suoi ghiacciai. Dall'epoca glaciale fino ai nostri giorni*, Ed. Trelingue, Lugano-Porza.



WALSER KULTURZENTRUM - COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO