

II - CARATTERI GEOGRAFICI E GEOMORFOLOGICI

Il Monte Cervino (Gran Becca, Gran Cervino, *Mont Cervin*, *Matterhorn*) e il foglio omonimo sono situati nelle Alpi Pennine, lungo il confine di stato italo-svizzero, tra la Valle d'Aosta ed il Vallese. Il settore italiano si estende dalla Valtournenche alla testata della Valle di Ollomont (M. Avril, Conca di By), attraverso la Valle di St Barthélemy e la Valpelline, tributarie di sinistra della Dora Baltea (bacino del Po). Il settore svizzero si estende dalla Mattertal (Zermatt) e dal vallone di Zmutt, ai piedi delle pareti nord ed ovest del Cervino, sino al lago artificiale di Mauvoisin (alta Val de Bagnes), attraverso le grandi aree glaciali di Tiefmatten, Miné, Arolla, Collon, Otemma e Giétro, appartenenti al bacino del Rodano. Si tratta di una delle zone più elevate ed impervie delle Alpi Pennine che comprende, oltre al Cervino (4478 m) e alla Dent d'Hérens (4171 m), numerose vette superiori ai 3500 m di altitudine.

Per descrivere i caratteri geografici e morfologici del foglio procederemo, in genere, da est verso ovest e da valle verso monte, riferendo al reticolato idrografico i termini destra e sinistra. Come carte topografiche integrative, utili per escursioni geologiche e naturalistiche, si segnalano, oltre alle Tavolette I.G.M.I., i Fogli Arolla (283) e Valpelline (293) della *Carte nationale de la Suisse* alla scala 1:50.000, la carta La Valpelline alla scala 1:30.000, edita dalla Comunità montana Gran Combin, e le recenti Carte dei sentieri n. 6 Valpelline, Saint-Barthélemy (2007) e n. 7 Valtournenche, Monte Cervino, Val d'Ayas ovest (2007) alla scala 1:25.000, edite da l'Escursionista, Rimini.

La Valtournenche (T. Marmore) è una delle principali tributarie di sinistra della Dora Baltea. Inizia a Chatillon (foglio omonimo n. 91, DAL PIAZ *et alii*, 2010) e taglia l'intero settore italiano del Foglio Monte Cervino, con andamento sud-nord, da Antey-St-André (1014 m) al comune di Valtournenche (1578 m) e alla conca del Breuil (fig. 1A-B), la moderna Cervinia (2006-2095 m). Sul lato sinistro del T. Marmore si notano, procedendo verso monte, gli alti circhi sospesi di La Magdeleine (1642 m), Chamois (1896), Cheneil (Cheney, 2105 m) e Illiaz-Madonna della Saletta (2205 m). Sullo stesso lato, la cresta spartiacque con la Val d'Ayas è compresa in prevalenza nel Foglio Monte Rosa (071), tranne il tratto tra il Col Portola (2414 m) e il Col Pillonet (2698 m), da cui prende nome un classico lembo di ricoprimento del Sistema austroalpino (DAL PIAZ, 1976). Sul versante destro della Valtournenche si aprono i valloni del T. Torgnon e del T. Cignana (Tsignanaz), separati dalla dorsale Punta Cian (Tsan, 3322 m)-Becca de Salé (3107 m)-M. d'Ersaz (2789 m) e assai più estesi dei pre-



Fig. 1 - Il Cervino e la conca del Breuil dal M. Rouge (A) e dalla Motte du Pleté (B).
- The Matterhorn and the Breuil cirque from Mt Rouge (A) and Motta du Pleté (B).

cedenti. Il vallone di Torgnon risale verso nord sino agli alpeggi Crotte de Loup (2060 m) e Grand Raye (2352 m), ai piedi del massiccio di Cian, delimitato sulla destra dalla dorsale Becca d'Aver (2469 m)-M. Meabè (2615 m)-Cima Bianca (Cime Blanche, 3009 m)-M. Redessau (3253 m), che lo separa dalla contigua Valle di St Barthélemy. Il vallone di Cignana, caratterizzato dalla presenza dell'omonimo lago artificiale (2157 m), sostenuto da due

dighe, si estende verso NO sino alla cresta spartiacque con l'alta Valpelline, costituita in questo tratto dalla dorsale Pointe de Balanselmo (3318 m)-Punta Fontanella (Fontanelles, 3384 m)-Château des Dames (3489 m). Più a nord, la grandiosa bastionata delle Petites e Grandes Murailles, estesa per 6 km dalla Tour du Creton (3579) sino alla Dent d'Hérens (4171 m), separa la conca del Breuil dalla testata della Valpelline.

La Valle di St Barthélemy, percorsa dal torrente omonimo, ha un andamento sinuoso, controllato dall'assetto litologico e tettonico locale: inizia presso Nus (Foglio 070-Chatillon), risale verso NE sino alla frazione di Praz (1738 m), alle spalle della gigantesca deformazione gravitativa della Becca d'Aver (2469 m), e poi piega verso nord, sino alla piana oltre l'Alpe Praterier (Tessanaz, 2066 m), ai piedi della Becca de Lusene (Lesene, 3504 m) e della Cima Bianca, nome quest'ultimo che riflette la presenza di marmi calcarei e dolomitici mesozoici; sulla destra idrografica confina con la Valpelline lungo l'alta ed articolata cresta spartiacque M. Faroma (3073 m)-Becca du Merlo (3231 m)-Becca de Lusene (3504 m).

La Valpelline, incisa dal T. Buthier, attraversa diagonalmente l'intero foglio, con andamento SONE, dal comune omonimo (960 m) ai comuni di Oyace (1390 m) e Bionaz (1606 m), alla grande diga ad arco-gravità di Place Moulin (Places des Moulins, 1987 m, invaso di 105 milioni di m³, v. Capitolo VII), ove termina la strada carrozzabile, e al fondo del lago (Prarayer o Praz Raye, 2010 m), per poi piegare verso nord sino a raggiungere i ghiacciai delle Grandes Murailles e di Tsa de Tsan e la Dent d'Hérens (fig. 2A-B). In sinistra idrografica la Valpelline confina con la Val d'Aosta lungo la dorsale Mont Mary-M. Faroma e, come ricordato, con la Valle di St Barthélemy e l'alta Valtournenche. Sul lato sinistro del T. Buthier si succedono le vallate laterali sospese (combe) di Arpisson, Verzignola (Verdignolaz), Verdone (Verdonaz), Vessona (Vessonaz), Montagnaya (Montagnayes), Arbières e Valcournera (Valcornière), separate da impervie dorsali, e quelle glaciali di Bella Tsa e des Dames, tutte con andamento trasversale rispetto alla valle principale, ed infine il ghiacciaio delle Grandes Murailles (fig. 2B), il più grande nel settore italiano del foglio, tra la Punta Budden (3630 m), la Dent d'Hérens (4171) e la Tête de Valpelline (3799 m), e quello di Tsa de Tsan alla testata della valle, tra la Tête de Valpelline e i Bouquetins (3838 m). Sul fianco destro la Valpelline confina dapprima con la Valle d'Ollomont, lungo la cresta M. Berrio (3075 m)-M. Morion (M. Rion, 3487 m)-M. Gelé (3518) e quindi con la Valle di Otemma (Vallese), lungo la grande cresta di confine che, a partire dal M. Gelé (fig. 3A), comprende il Bec d'Épicoune (Becca Rayette, 3529 m), l'Aouille Tseucca (Tseuque, 3554 m), la Grand Blanchen (3679 m), il M. Brulé (Braoulè, 3578 m), les Bouquetins e molte altre alte vette intermedie. Tra le varie valli sospese che modellano il fianco destro della Valpelline ricordiamo quelle di Faudery, Crête Sèche, Vertosan (Vertsan), Chamen-Sassa e Oren, ricche di depositi detritici, glaciali e alluvionali.

I collegamenti stradali tra le tre valli principali del foglio (Valtournenche, St Barthélemy e Valpelline) avvengono con lunghi giri attraverso il fondo della Valle d'Aosta. Collegamenti diretti sono forniti solo da valichi di alta montagna, percorribili a piedi nella buona stagione, o con gli sci e le pelli di foca: Col Fenêtre (2182 m) e Fenêtre du Tsan (2736 m) tra Valtournenche e Valle di St Barthélemy; Col de St Barthélemy (2645 m) e Col de Vessonaz (2783 m) tra Val d'Aosta-Valle di St Barthélemy e Valpelline; Col de Valcornière (3072 m) tra Valtournenche (Cignana) e Valpelline (Prarayer); Colle di Breuson (Brison, 2480 m) tra la bassa Valpelline (Oyace) e Ollomont. La Fenêtre Durand (2797 m, fig. 3A-4A) è l'unico valico non alpinistico verso la Svizzera, tra la Conca di By (fig. 3B), alla testata della Valle d'Ollomont, e la Val de Bagnes (Foglio Chanrion); al colle una targa in bronzo (fig. 4B) ricorda l'espatrio di Luigi EINAUDI e famiglia nel tardo autunno del 1943, assistiti da Ettore CASTIGLIONI (FERRARI, 1999). La Fenêtre Durand segna il limite tra il margine continentale africano (M. Gelé, falda Dent Blanche) e l'oceano mesozoico (Conca di By).

Numerose strade bianche, a traffico limitato o private, non sempre agevoli, consentono di raggiungere il lago di Cignana, Prarayer, la conca di By e gli alpeggi principali, tuttora in attività alla testata e sui fianchi delle tre valli maggiori.

La Valtournenche è sede di una attività turistica particolarmente fiorente, iniziata nell'Ottocento con l'epica *course* al Cervino (REY, 1904), ripresa negli anni '30 e soprattutto nel dopoguerra con lo sviluppo dello sci, invernale ed estivo, favorito da moltissimi impianti di risalita. Più recentemente il turismo si è sviluppato anche nel comune di Torgnon e negli alti circhi sul versante sinistro della Valtournenche, soleggiati e con estese praterie, da La Magdeleine a Chamois, il più alto comune valdostano, vietato alle automobili e accessibile con funivia di servizio in funzione tutto l'anno e ardito eliporto per aerei leggeri in località Suisse (1745 m). Seguono, a nord, l'amenissimo circo di Cheneil, ai piedi del Gran Tournalin (3379 m), e quelli di Tsa d'Illiaz-Cleva Grossa, con telecabina da Valtournenche a Salette e collegamento invernale con gli impianti di Cervinia attraverso il Colle inferiore delle Cime Bianche (2896 m).

Le altre due valli maggiori e soprattutto le loro tributarie appaiono ancora in condizioni piuttosto primitive, ma più tranquille e molto affascinanti per l'antico ambiente naturale in genere ben preservato. Sono dedite ad attività agricole e pastorali, con turismo estivo nei comuni principali.

La parte più estesa del settore svizzero (angolo NO del foglio) corrisponde all'alta Val de Bagnes,

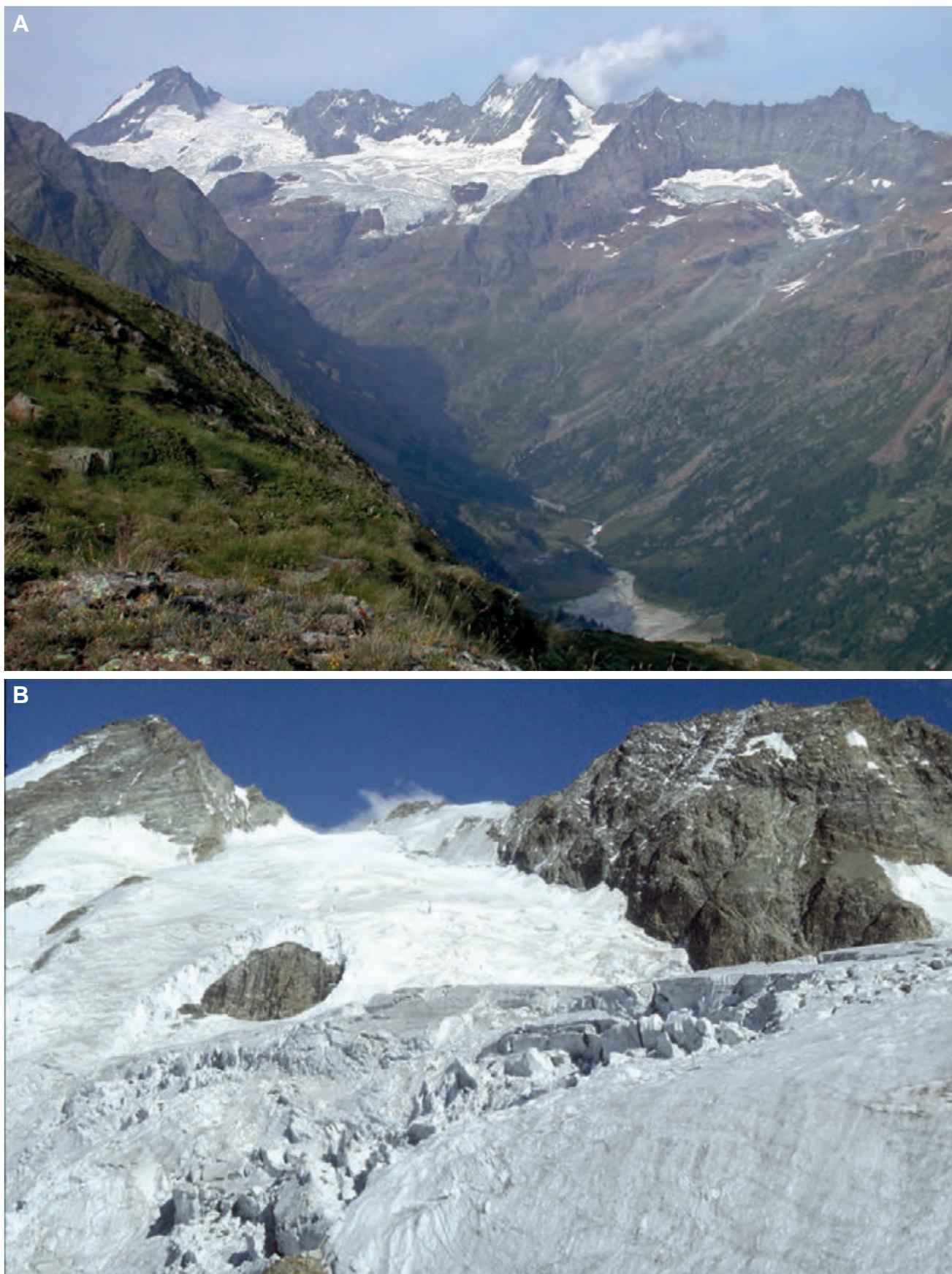


Fig. 2 - (A) La testata della Valpelline con la Dent d'Hérens, le Piccole e Grandi Muraglie. (B) Dent d'Hérens (4171 m), Punta Margherita (2909 m) e il ghiacciaio delle Grandes Murailles dalla Tête des Roèses.
- (A) Head of Valpelline, Petites and Grandes Murailles. (B) Dent d'Hérens (4171 m), Margherita peak (2909 m) and Grandes Murailles glacier from Tête des Roèses.



Fig. 3 - (A) La Fenêtre Durand e il M. Gelé (3518 m) alla testata della conca di By e, in secondo piano, il Bec d'Epicoune (3529 m), versante vallesano.
 (B) La conca di By con il massiccio del Gran Combin (4314 m), in secondo piano, la Fenêtre Durand.
 - (A) The Fenêtre Durand and the Mt Gelé (3518 m) at the head of the By cirque and, in a second plane, the Bec d'Epicoune (3529 m), Valais side. (B) The By cirque, the Gran Combin massif (4314 m, second plane) and the Fenêtre Durand.

una riserva naturalistica di particolare bellezza, drenata dalla Drance de Bagnes e caratterizzata dalla presenza del grande lago artificiale di Mauvoisin (1976 m), creato da una delle più alte dighe ad arco del mondo (v. Cap. 22). La valle è percorsa da una strada bianca con senso unico alternato nel

tratto delle strette gallerie a fianco del lago, strada che arriva nei pressi della Cabane Chanrion (2462 m).

Il quadro morfologico della regione è molto vario, diretta conseguenza dei litotipi che formano il substrato roccioso e dei processi tettonici, erosivi



Fig. 4 - (A) La Fenêtre Durand (2797 m), versante valdostano) e la targa che ricorda il passaggio di Luigi EINAUDI il 23 settembre 1943 (B).
- (A) The Fenêtre Durand (2797 m), Italian side and the plaque that recalls the crossing of Luigi Einaudi, 23th September 1943 (B).

e deposizionali (glaciali, fluviali, gravitativi) che hanno agito ripetutamente e in varia misura durante l'evoluzione recente della catena. Le prime notizie di carattere morfologico e glaciologico sulla Valle d'Aosta e sul Vallese risalgono alle note di viaggio di DE SAUSSURE (1779, 1796), alle carte geologiche di SISMONDA (1839, 1840, 1862, 1866),

GASTALDI *et alii* (1864), BARETTI *et alii* (1860-79; ristampa in CAMPANINO & POLINO, 2002) e agli articoli di SISMONDA (1848), GASTALDI & MARTINS (1850), GERLACH (1869), GASTALDI (1873), BARETTI (1877, 1893) e BRUNO (1897). In particolare, la *Carta geologica di Savoia, Piemonte e Liguria* (SISMONDA, 1866) distingue nella pianura piemontese un "terreno diluviale" e un "terreno alluviale", rispettivamente post-pliocenico e post-pleistocenico nel senso di LYELL, quella di BARETTI *et alii* (1860-79) distingue, tra i terreni quaternari, alluvioni recenti, alluvioni degli anfiteatri morenici, frane e coni di deiezione alpini, depositi morenici, coni di deiezione antichi nella valle del Po e, tra i segni convenzionali, "rocce lisce per opera di ghiacciai". GASTALDI (1873) aveva enfatizzato l'azione erosiva dei ghiacciai e BARETTI (1877), in accordo con GASTALDI, suo maestro, aveva attribuito lo sbocco in pianura del ghiacciaio della Dora Baltea e la costruzione dell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea ad un'unica grande glaciazione, successiva al "Diluvium alpino", responsabile della genesi dei coni di deiezione dell'alta pianura piemontese. BARETTI elencò le principali testimonianze ("rocce arrotondate e morene") che "confermano lungo tutta la valle il passaggio della colossale corrente di ghiaccio di circa 100 km di lunghezza, 2 a 3 e più di larghezza, di

600 fino ad 800 m di spessore” e fornì una sintetica descrizione del glacialismo dei bacini tributari. In seguito, BARETTI (1893) descrisse anche le *formazioni postglaciali* della Valle d’Aosta (conoidi alluvionali, morene recenti e frane). Alcune delle maggiori frane delle Alpi nord-occidentali tra il Monte Bianco e il bacino della Toce erano già state correttamente indicate nella *Karte der Penninischen Alpen* di GERLACH (1869), tra cui quelle di Antrona, Ayas e Valtournenche.

Le forme dominanti nelle alte valli principali e nei loro circhi laterali sono essenzialmente di genesi glaciale. Esse sono riferibili alle fasi di espansione del Pleistocene medio-superiore, all’incirca tra 1.000.000 e 11.500 anni BP (BP = *before present*; Presente = 1950 d.C., o 1950 AD). In questo periodo il ghiacciaio balteo aveva raggiunto la pianura piemontese e depositato quel grandioso sistema di cordoni laterali e di cerchie frontali noto come Anfiteatro Morenico d’Ivrea (MARTINS & GASTALDI, 1850; FAVRE, 1867; GASTALDI, 1873; BARETTI, 1877; BRUNO, 1897; NOVARESE, 1911, 1914, 1915; SACCO, 1927; CARRARO, 1992; GIANOTTI *et alii*, 2008; GIANOTTI, 2010), inserito da PENCK & BRÜCKNER (1909) nel loro classico modello delle quattro glaciazioni alpine (Günz, Mindel, Riss e Würm).

In epoca preglaciale si erano verificati in tutte le Alpi importanti processi di incisione fluviale e alluvionamento (BINI *et alii*, 1978; RIZZINI & DONDI, 1978; FANTONI *et alii*, 2001), legati al rapido sollevamento finale della catena, iniziato nell’Oligocene, e al ringiovanimento del reticolato idrografico dovuto anche all’effimero abbassamento del livello marino nel Messiniano (HSU *et alii*, 1973). Il risultato fu la profonda incisione di molte vallate alpine, documentata da depositi pliocenici marini e da indagini geofisiche nel substrato dei grandi laghi sul versante italiano delle Alpi, al di sotto delle forme e dei depositi di na-

tura glaciale (BINI *et alii*, 1978; CITA & FORCELLA, 1991, fig. 5). Il progressivo ritiro dei ghiacciai (periodo Postglaciale, Olocene) dopo l’ultima fase di massima espansione (LGM: *Last Glacial Maximum*) ha consentito la vigorosa ripresa dell’erosione e della sedimentazione nelle vallate alpine, l’incisione fluviale dei gradini di valle, il collasso gravitativo dei versanti e talora delle creste, lo sviluppo di coltri detritiche sempre più ampie alla base delle pareti, lo stacco di frane di crollo e la formazione di laghi di sbarramento. In tempi recenti, dopo il Periodo Caldo Medioevale (IX-XIII secolo), la nuova avanzata verificatasi tra il 1300 ed il 1860, definita Piccola Età Glaciale (PEG; *Little Glacial Age*: LGA), ha prodotto gli apparati morenici e fluvio-glaciali, spesso perfettamente preservati, che si ammirano alla testata delle valli principali e di alcune delle loro tributarie, assieme ai ghiacciai, purtroppo in forte ritiro, che ne sono il residuo. Durante la Piccola Età Glaciale il ghiacciaio di Giétro (Vallese) era avanzato sino a sbarrare il corso della Drance de Bagnes, formando a Mouvoisin un lago di notevoli dimensioni, ma nell’estate 1818 la diga di ghiaccio cedette, provocando una disastrosa inondazione della Val de Bagnes, sino a Martigny. Una simile catastrofe era già avvenuta nel 1595 ed eventi simili a Macugnaga, ai piedi della parete orientale del Monte Rosa (MORTARA & TAMBURINI, 2009).

Allo stesso periodo si riferiscono i numerosi ghiacciai di roccia (*rock glacier*) che caratterizzano l’ambiente di alta montagna del foglio; essi sono costituiti da colate detritiche, talora spettacolari, con *permafrost* o residui di ghiacciaio. Il degrado del *permafrost* alle alte quote è un fenomeno recente diffuso nelle Alpi (*e.g.*, GRUBER & HAEBERLI, 2007; FISCHER *et alii*, 2006; HASLER *et alii*, 2011). Particolarmente marcato nella caldissima estate 2003, esso ha contribuito al distacco improvviso e imprevisto

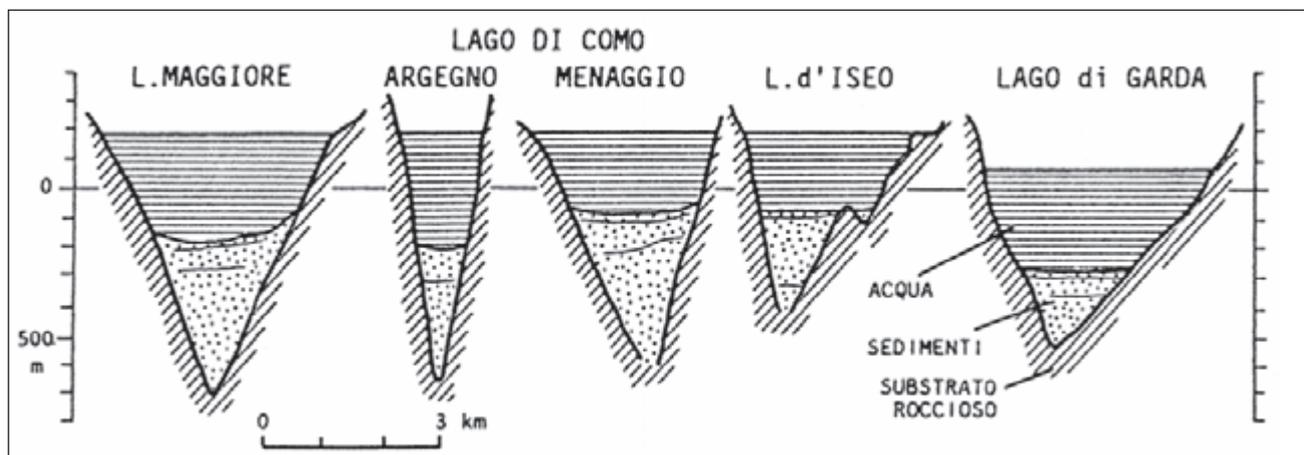


Fig. 5 - Sezione del sottosuolo dei grandi laghi sul versante meridionale delle Alpi (da CITA & FORCELLA, 1991, fig. 21).
- Subsurface sections of great lakes in the southern side of the Alps (from CITA & FORCELLA, 1991, fig. 21).

di alcune frane di crollo, tra cui quella avvenuta in agosto lungo la via italiana al Cervino e che ha coinvolto l'intero sperone di gneiss granitici a fianco del diedro detto *la cheminée* (DAL PIAZ, 1996b), lasciando a lungo esposta al sole una lastra lucente di ghiaccio massiccio (fig. 6).

L'evoluzione morfologica pleistocenico-olocenica è chiaramente influenzata dall'assetto tettonico regionale, dalle deformazioni fragili e dalla natura delle rocce in cui sono modellate le valli e i loro versanti, con particolare riguardo alla giacitura della scistosità principale, ai sistemi di frattura, alla resistenza ad ogni tipo di erosione e, in definitiva, alla qualità primaria o secondaria dell'ammasso roccioso. L'esistenza di stretti legami genetici tra forme del terreno e fenomeni tettonici era stata colta ed enfatizzata già da BARETTI (1877), convinto che la depressione della Valle d'Aosta costituisse una sinclinale tra i "*centres de soulèvement*" dei massicci del Gran Paradiso e del Monte Rosa, formati dalle rocce più antiche della regione. Questa ricostruzione fu ripresa da ARGAND (1909a-b) che attribuiva alla "*vallée tectonique*" della Dora Baltea, a oriente del capoluogo, la natura di "*ensellement subtransversal*" tra i massicci del Mont Mary e del M. Emilius, legati da presunti

rapporti di continuità strutturale, di fatto inesistenti (ELTER, 1960; BALLÈVRE *et alii*, 1986). L'ipotesi di ARGAND non teneva comunque conto della presenza della grande faglia Aosta-Col di Joux-Ranzola (in seguito Aosta-Ranzola), scoperta da NOVARESE (1904) e STELLA (1905), rappresentata nel Foglio 29 Monte Rosa della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (MATTIROLO *et alii*, 1912) e poi confermata da BALLÈVRE *et alii* (1986) e da successive ricerche di dettaglio che ne hanno precisato età, geometria e cinematica (RATTO, 1998; DAL PIAZ, 1999; BISTACCHI *et alii*, 2001; DAL PIAZ *et alii*, 2010, con rif. bibl.).

Nel territorio del Foglio Monte Cervino alcune valli sono allungate parallelamente ai *trend* strutturali, diretti circa NE-SO in questo settore della catena. La Valpelline ne è l'esempio migliore: essa corre lungo il nucleo kinzigitico della grande struttura sinformale che, dapprima diritta (piano assiale subverticale) e poi rovesciata (procedendo verso monte), piega e deprime le due unità litotettoniche (Arolla e Valpelline) in cui è suddiviso il lembo della Dent Blanche, descritto in seguito. Analoghe situazioni di parallelismo tra struttura e forme si osservano a tratti in alcune valli laterali che, in pre-



Fig. 6 - (A) La grande lastra di ghiaccio fossile a sinistra della catena, residuo del crollo della frana alla "cheminée" del Cervino, cresta del Leone, 18-19 Agosto 2003 (per cortesia della guida alpina Lucio Trucco). (B) Dettaglio.
- The large plate of permafrost on the left of the vertical iron chain, after the rock fall at the Matterhorn "cheminée", Lyon ridge, 18-19th August 2003 (courtesy Lucio Trucco). (B) Detail.

valenza, hanno andamento trasversale (NO-SE, NNO-SSE) rispetto alla valle principale in cui confluiscano. Ricordiamo la Comba Grand Chamin, tributaria di destra della Valpelline, e la sua estensione verso monte, con gomito di circa 90°, nella Comba de la Sassa: la prima è trasversale alle strutture, la seconda segue lo spettacolare contatto tettonico esterno (miloniti, cataclasiti) tra l'unità di Valpelline (complesso kinzigitico) e quella di Arolla (gneiss granitici e metagabbri), esposto nel gradino roccioso ai piedi del piccolo ghiacciaio sommitale e messo in evidenza da un marcato contrasto cromatico (DAL PIAZ, 1992, 2010; fig. 7A). Esempi analoghi sono forniti dalla vicina Comba d'Oren e, nel settore svizzero, dalle valli dei grandi ghiacciai di Otemma e Brenay, subparallele ai *trend* strutturali della Serie (unità) di Arolla, in cui sono incise, e circa ortogonali rispetto alla valle trasversale in cui confluiscano (Val de Bagnes).

Il contatto tra unità tettoniche formate da litotipi con diversa consistenza è spesso sottolineato da una marcata variazione dei caratteri morfologici. Lo si nota in modo evidente tra le grandi bastionate di gneiss granitici della Falda Dent Blanche e i sottostanti calcescisti con intercalazioni di prasiniti della Zona del Combin (fig. 1A-B, 7B), i terreni rispettivamente più "aspri" e "dolci" presenti nel foglio, un paesaggio grandioso e un contrasto di forme descritti da NOVARESE (1903a) nella sua nota breve a illustrazione della geologia del Monte Cervino (in appendice al libro di Guido REY, 1904) e con maggiori dettagli da SACCO (1923), BERTOLO (1990) e DAL PIAZ (1992).

Analogo contrasto, anche se meno marcato, caratterizza la morfologia dei fianchi vallivi tra i litotipi della Zona del Combin e quelli della sottostante Zona di Zermatt-Saas, formata quest'ultima da dominanti ofioliti metamorfiche, decisamente più resistenti dei calcescisti carbonatici e terrigeni diffusi nella prima. Lo si nota chiaramente risalendo la media e alta Valtournenche le cui sezioni trasversali presentano una tipica forma glaciale nella parte inferiore, modellata nelle pietre verdi della Zona di Zermatt-Saas, mentre verso l'alto, raggiunti i calcescisti della Zona del Combin, si passa a forme più svasate ed articolate in vari circhi laterali. Le successioni della Zona del Combin appaiono talora coinvolte in profonde deformazioni gravitative e in grandi frane postglaciali, particolarmente vistose tra la Motte de Pletè e Cielo Alto (Cervinia) e, nel contiguo Foglio Monte Rosa, alla cresta del Furggen e alle Cime Bianche (MORTARA & SORZANA, 1987; BERTOLO, 1990; DAL PIAZ, 1992) (fig. 8).

Le forme di modellamento glaciale sono molto diffuse e ben preservate soprattutto alle alte quote, con frequenti superfici levigate e striate. L'azione

del fiume subglaciale è evidente in Valtournenche al fondo della stretta in serpentinita di le Gouffre de Bousserailles, tra Singlin e Perrière, inciso da una serie di marmitte dei giganti (CARREL, 1865). L'erosione fluviale è visibile soprattutto nel gradino di raccordo tra le valli sospese e quella in cui confluiscano. I fenomeni alluvionali e di trasporto in massa (*debris flow*) sono molto frequenti e spesso catastrofici, come appare evidente dall'entità dei depositi e delle forme di erosione. Gli eventi alluvionali storici sono ricordati nell'ultimo capitolo.

Locali fenomeni carsici si notano in alcuni calcescisti carbonatici e soprattutto nei calcari cristallini mesozoici della Zona di Roisan alla testata della valle del T. Petit Mond-Torgnon, sia sul lato orientale, lungo il sentiero per il Colle Saleron, sia su quello occidentale, con l'inghiottitoio di q. 2534 m, a monte del lago Tzan; numerose le sorgenti alimentate da sistemi carsici. Nel contiguo vallone di St Barthélemy si riconosce uno sprofondamento nei depositi palustri che colmano la conca di sbarramento morenico di Chavalary: esso è probabilmente legato ad un inghiottitoio carsico nel substrato di rocce carbonatiche della Zona di Roisan.

Le Alpi Pennine offrono paesaggi grandiosi e articolati, con vette, pareti e ghiacciai, pascoli e alpeggi, valli profonde, antiche frazioni e resti delle foreste del Medio Evo. Hanno costituito nei secoli scorsi (DE SAUSSURE, 1779-1796; CARREL, 1868; GORRET & BICH, 1877; BOBBA & VACCARONE, 1896; REY, 1904) e continuano a costituire, nonostante l'urbanizzazione a volte pervasiva, una forte attrattiva per il turista, l'amante della natura e l'uomo di scienza. Vi contribuiscono anche i numerosi laghi, non solo i grandi bacini artificiali di Place Moulin, Mauvoisin, Cignana (fig. 9-A) e Goillet (fig. 9-B), ma anche quelli naturali, insediati in conche di esarazione glaciale (Balanselmo, Dragon e Grand Lac, alto vallone di Tsignanaz; Lo Detor e Leseney, St Barthélemy; Besèya e Leita, conca di By) o formati per lo sbarramento di conoidi, coni detritici (Lac Long, Valpelline), corpi di frana e marocche (Tzan, St Barthélemy), *rock glacier* (Lac Mort, Valpelline; Charey (Alpe Piccola Comune), ai piedi del M. Tantanè (DAL PIAZ, 1976), e vecchi cordoni morenici laterali o frontali (Loz, Valtournenche; Lou, sopra Chamois; Lod, La Magdeleine; Chavacour ed Oren, Valpelline; la Clusa, conca di By (DAL PIAZ, 1992).

Le faglie oligocenico-neogeniche diffuse in Valle d'Aosta (BISTACCHI *et alii*, 2001; SUE & TRICART, 2003; CHAMPAGNAC *et alii*, 2004; DE GIUSTI *et alii*, 2004; SUE *et alii*, 2007) sono presenti anche nel Foglio Monte Cervino. Quella con riscontro morfologico più spiccato, probabile espressione di riattivazioni molto recenti, è la faglia che qui chiamiamo di Pra de Dieu, marcata da una depressione



Fig. 7 - (A) Le due unità cristalline del lembo della Dent Blanche nella comba de la Sassa: Serie di Valpelline (complesso kinzigitico, rosso-bruno) e sottostante Serie di Arolla (ortogneiss milonitici grigi), dal M. de la Tsa. (B) Marcato contrasto morfologico tra gli gneiss granitici della dorsale M. Morion-Mt. Berrio e la sottostante Zona del Combin nella conca di By.

– (A) The two crystalline units of the Dent Blanche tectonic element in the Sassa valley (right, kinzigitic complex, red-brown) and the underlying Arolla Series (left, grey mylonitic orthogneiss) from Mt. de la Tsa. (B) Marked morphological contrast between the gneissic granite of the Mt. Morion-Mt. Berrio ridge and the underlying Combin Zone in the By cirque.



rettilenea sul versante sinistro dell'alta Valpelline, tra Bionaz e Place Moulin, ed estesa verso oriente, sino al Col de Valcornière e al vallone di Vofrede, tra Mont Blanc du Creton e M. Rous. La grande faglia di Trois Villes, diretta NE-SO, mascherata a tratti dai depositi quaternari, è invece meno appariscente dal punto di vista morfologico.

La sismicità della Valle d'Aosta e del Vallese, attualmente moderata, segnala che l'orogenesi alpina, il collasso della catena, il *rebound* postglaciale e

l'evoluzione delle forme superficiali non sono ancora terminati anche in questa regione (DELACOU *et alii*, 2004; SUE *et alii*, 2007, 2010). Terremoti molto più intensi verificati milioni di anni fa, sono documentati da paleofaglie sismogenetiche (pseudotachiliti) di origine profonda (10 ~ 15 km), esumate dal sollevamento alpino e dall'erosione in conca di By, in bassa Valpelline, nel massiccio di Tzan e in altre località della regione (MENEGON *et alii*, 2007; DAL PIAZ, 2010).



Fig. 8 - La P. Roisetta e la grandiosa deformazione gravitativa delle Cime Bianche nelle successioni della Zona del Combin lungo la cresta spartiacque tra Valtournenche e Val d'Ayas.

- *The Roisetta peak and the great gravitational deformation of Cime Bianche within the Combin successions along the Valtournenche-Ayas watershed.*



Fig. 9 - I laghi artificiali di Place Moulin in Valpelline (A) e del Goillet nella conca del Breuil (B).

- *The lakes and dams of Place Moulin Valpelline (A) and Goillet Breuil cirque (B).*