Fabio De Giusti, Giorgio V. Dal Piaz, Matteo Massironi e Alessio Schiavo

CARTA GEOTETTONICA DELLA VALLE D'AOSTA

Estratto da
Memorie di Scienze Geologiche
Vol. 55

Padova 2003

Mem. Sci. Geol.	v. 55	pp. 129-149	2 figs	–	–	1 carta geol.	Padova 2003	ISSN 0391-8602

Carta geotettonica della Valle d'Aosta

Fabio De Giusti*, Giorgio V. Dal Piaz*, Matteo Massironi* e Alessio Schiavo**

* Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica, Università degli Studi, via Giotto 1, I-35137 Padova, Italia.
** Land technology and Services (LTS), via Sartorio 12, I-31100 Treviso, Italia.

ABSTRACT - This work presents a new geotectonic map, scale 1:150 000, of the Aosta Valley region, Italian NW Alps. It is derived from a Geographical Information System (GIS) aimed at permanent updating of the geotectonic data of this sector of the Alps. The map is based on the *Carte géologique de la Vallée d'Aoste* (Elter, 1987), improved through the Structural Model of Italy (Bigi *et al.*, 1990) and subsequent local to regional contributions. Major improvements mainly concern the central and eastern parts of the map. A significant crustal section of the north-western Alps is exposed along the Aosta Valley, extending from the later accreted Helvetic basement and cover units of the Mont Blanc massif to the older fossil Austroalpine-Penninic subduction complex, including the Grand St. Bernard (Briançonnais), Monte Rosa and Gran Paradiso Europe-derived continental basement and cover nappes, Piedmont and Valais ophiolites, and the Adria-derived Austroalpine. The latter nappe system groups numerous upper and lower outliers, corresponding to Argand's Dent Blanche nappe, and the Sesia-Lanzo inlier. The Austroalpine-Penninic wedge is characterized by a blueschist- to eclogite-facies imprint of Late Cretaceous-Middle Eocene age, followed by a greenschist-facies regional overprint of Late Eocene-Early Oligocene age. The collisional nappe pile is transected by post-metamorphic lamprophyre-andesite dikes and quartz veins of Oligocene age. The subsurface structural setting of the Aosta Valley is inferred from interpretation of deep seismic images provided by CROP-ECORS and western NFP 20 experiments. They ultimately corroborate the asymmetric setting of the collisional belt on a lithospheric scale, with the Europe-vergent collisional wedge floating over the European lower plate and indented on the back by the overlying Southalpine (Adriatic) lithosphere.

Key words: GIS, geology, tectonics, Aosta valley, Italian western Alps.

RIASSUNTO - È stata realizzata una nuova carta geologico-strutturale della Regione Autonoma Valle d'Aosta, stampata alla scala 1:150.000. Si tratta di un estratto del Sistema Informativo Territoriale (GIS) realizzato per mantenere costantemente aggiornate e fruibili le informazioni riguardanti la geotettonica di questo importante settore dell'Arco Alpino. Il lavoro è stato realizzato a partire dalla *Carte géologique de la Vallée d'Aoste* alla scala 1:100.000 di Giulio Elter (1987), aggiornata in base allo *Structural Model of Italy* (Bigi *et al.*, 1990) e a successivi contributi di carattere regionale o locale; le maggiori innovazioni riguardano il settore centro-orientale della carta. La Valle d'Aosta espone una significativa sezione della catena collisionale delle Alpi nord-occidentali, dalle unità elvetiche e ultraelvetiche del Monte Bianco-M. Chetif, accrete nell'Oligocene-Neogene, al complesso di subduzione fossile austroalpino-pennidico, formatosi tra l'Eocene e il tardo Cretacico. Il complesso di subduzione è costituito dalle unità pennidiche esterne (Zona Sion-Courmayeur), mediane (Gran San Bernardo) ed interne (Monte Rosa, Gran Paradiso), derivate dal margine continentale passivo europeo, dalle unità ofiolitiche Vallesane (Versoyen) e Piemontesi, e da varie unità austroalpine esterne (Dent Blanche *s.l.*) ed interne (Sesia-Lanzo), riferibili al margine continentale adriatico. Le unità esterne si suddividono in lembi superiori, in facies scisti blu di età cretacica, e in lembi inferiori, in facies eclogitica di età eocenica inf.-media, analoga a quella delle ofioliti circostanti. Verso la fine della sua esumazione, il prisma orogenico ha subito una sovraimpronta metamorfica in facies scisti verdi dell'Eocene sup.-Oligocene inf. e, nell'Oligocene, è stato intruso da filoni di andesiti e lamprofiri e vene di quarzo aurifero. La struttura profonda della Valle d'Aosta e del contiguo Vallese è ricostruibile in base all'interpretazione geologica delle immagini sismiche prodotte dagli esperimenti CROP-ECORS e NFP 20. Esse confermano la struttura asimmetrica della catena, con le unità di origine adriatica (africana) al di sopra di quelle europee.

Parole chiave: GIS, geologia, tettonica, Valle d'Aosta, Alpi occidentali italiane.

INTRODUZIONE

Il territorio della Valle d'Aosta è illustrato in numerose carte geologiche, di dettaglio o di sintesi, prodotte a partire dalla seconda metà dell'Ottocento, quando comparvero i mirabili fogli, colorati a mano, delle Alpi Piemontesi alla scala 1:50.000 (Baretti *et al.*, 1860-1879), estesi dalla Val d'Ossola al Massiccio dell'Argentera, la relazione di Quintino Sella (1862) al Ministro di Agricoltura, Industria e Commercio *"Sul modo di fare la Carta geologica del Regno d'Italia"* e la *Karte der Penninischen Alpen* al 1:200.000 di Gerlach (1869). Le Alpi occidentali italiane furono poi oggetto di rilievi ex novo, alla scala

1:25.000, eseguiti in circa trent'anni da Franchi, Mattirolo, Novarese, Stella e Zaccagna per la nuova Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. L'immenso ed accurato lavoro di questi Maestri della geologia italiana (cavalleresco e giusto riconoscimento di Argand; vedi Dal Piaz e Dal Piaz, 1984) fu sintetizzato nella splendida carta delle Alpi Occidentali al 1:400.000 (1908), utilizzata da Argand (1911) stesso come base per la sua *Carte structurale* al 1:500.000 (Dal Piaz e Dal Piaz, 1984; Dal Piaz, 1997). Negli anni '60, con la legge Sullo, fu realizzata la seconda edizione di alcuni fogli. Nel 1988-89 prese l'avvio il Progetto CARG per la nuova Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, oltre un secolo dopo la proposta di Sella. Alla Regione Valle d'Aosta (F. Bonetto, responsabile del progetto), con la collaborazione delle Università di Padova (G.V. Dal Piaz) e Torino (F. Carraro, G. Martinotti) e del CNR di Torino (R. Polino), fu affidato il rilievo al 1:10.000, da tempo ultimato, e l'informatizzazione (in corso) dei Fogli Courmayeur, Aosta, Chatillon e, successivamente, del Monte Cervino.

Tra i lavori di sintesi, ricordiamo in particolare gli eleganti stereogrammi della Valle d'Aosta e la Carta geologica delle Alpi nord-occidentali al 1:200.000 di Hermann (1938), la Carta tettonica al 1:100.000 e i profili della media ed alta Val d'Aosta di Giulio Elter (1960), la Carta Tettonica della Svizzera al 1:500.000 (Spicher, 1972, 1980), estesa verso sud sino alla Dora Baltea, il primo Modello Strutturale d'Italia al 1:1.000.000 (Ogniben *et al.*, 1973), elaborato da Sturani (1975) per il tratto delle Alpi occidentali, alcuni fogli della *Carte géologique de France* al 1:250.000, la *Carte géologique de la Vallée d'Aoste 1:100.000* (Elter, 1987), lo *Structural Model of Italy* al 1:500.000 (Bigi *et al.*, 1990), la *Carte tectonique des Alpes de Suisse occidentale et des régions avoisinantes* al 1:100.000 (Steck *et al.*, 1999) e gli innovativi contributi di Spalla *et al.* (1998) per l'individuazione e la rappresentazione cartografica delle unità tettono-metamorfiche.

Nel frattempo hanno visto la luce alcune carte di dettaglio su zone di particolare interesse geologico, tra cui: il Massiccio della Dent Blanche, settore settentrionale (Argand, 1908), la dorsale Herbetet-Grivola-Gran Nomenon (Gb. Dal Piaz, 1928), il Massiccio del Monte Bianco in 12 fogli (Corbin e Oulianoff, 1927-1959), la falda Dent Blanche e la Zona Piemontese tra la Valpelline e la Conca di By (Diehl *et al.*, 1952), la regione tra la Valle del Piccolo San Bernardo e il Monte Bianco (Elter e Elter, 1965), la zona di Cogne (Amstutz, 1962), la II Zona diorito-kinzigitica tra la Valle del Lys e la Valsesia (Dal Piaz *et al.*, 1971), il ricoprimento del Gran San Bernardo tra il M. Paramont e Vertosan (Govi, 1975) e tra la Valsavarenche e la Val di Rhêmes (Cigolini, 1992), i lembi austroalpini del Pillonet (Dal Piaz, 1976), Glacier-Rafray (Dal Piaz *et al.*, 1979) e Tour Ponton (Nervo e Polino, 1977) e il complesso dei Micascisti eclogitici della Zona Sesia-Lanzo tra Biellese e Valle d'Aosta (Zucali, 2002). Limitati settori periferici della Regione sono rappresentati in alcuni fogli della *Carte géologique de France* al 1:50.000 e del *Geologischer Atlas der Schweiz* al 1:25.000 (ad es., Oulianoff e Trümpy, 1958; Burri *et al.*, 1998; Bucher *et al.*, 2003).

L'assetto geologico e strutturale della Regione Valle d'Aosta è illustrato da innumerevoli pubblicazioni stampate su riviste locali, nazionali e internazionali, riportate nell'elenco bibliografico. Le pubblicazioni più significative per la comprensione della carta ed eventuali approfondimenti sulla geologia della regione sono state raggruppate in riferimento ai domini strutturali di pertinenza.

La struttura profonda della Valle d'Aosta e del contiguo Vallese è stata esplorata da due grandi esperimenti di sismica a riflessione realizzati dal progetto italo-francese CROP-ECORS (Roure *et al.*, 1990) e da quello svizzero NFP 20 (Pfiffner *et al.*, 1997), che hanno prodotto svariati profili interpretativi (Nicolas *et al.*, 1990; Polino *et al.*, 1990; Marchant, 1993; Roure *et al.*, 1996; Escher *et al.*, 1997; Dal Piaz, 1997; Schmid e Kissling, 2000; Dal Piaz *et al.*, 2003).

La carta allegata, stampata alla scala 1:150.000, deriva da una versione digitale della *Carte géologique de la Vallée d'Aoste* di Giulio Elter (1987), aggiornata in base allo *Structural Model of Italy* (Bigi *et al.*, 1990) e a successivi contributi sulla regione (Dal Piaz, 1992), sul Vallese meridionale (Escher *et al.*, 1997), sul massiccio del Ruitor (Schiavo, 1997), sul prisma collisionale austroalpino-pennidico (Escher, 1988; Paganelli *et al.*, 1995; Venturini, 1995; Pennacchioni, 1996; Cortiana *et al.*, 1998; Dal Piaz, 1999; Dal Piaz *et al.*, 2001). Si è tenuto anche conto, nei limiti di scala, dei rilievi inediti eseguiti da B. Monopoli e A. Schiavo per il Progetto CARG della Valle d'Aosta. I principali aggiornamenti riguardano il settore centro-orientale della regione.

La carta allegata è un elaborato di prevalente taglio strutturale, ma non mancano informazioni sulle principali litologie. La legenda si ispira a quella (semplificata) dello *Structural Model of Italy*: descrive la catena procedendo dal basso all'alto e dalle unità esterne (occidentali) verso quelle interne (orientali). In sostanza, segue a ritroso il propagarsi dell'onda orogenica a vergenza europea, dalle unità elvetiche, formate nel Neogene, a quelle del prisma collisionale austroalpino-pennidico, accrete tra l'Eocene e il Cretacico sommitale.

La carta riporta, in forma semplificata, la rete di faglie oligocenico-neogeniche messe in luce da recenti ricerche di Bistacchi e Massironi (2000) e Bistacchi *et al.* (2001). Dopo il riconoscimento della Linea Aosta-Ranzola (Stella, 1905), la tettonica fragile è stata a lungo trascurata nella cartografia geologica ufficiale al 1:100.000 e di sintesi (Spicher, 1980; Elter, 1987; Bigi *et al.*, 1990) della regione e delle Alpi occidentali in genere. Le nuove ricerche hanno documentato che la Linea Aosta-Ranzola è un graben asimmetrico, con faglia maestra pendente a nord. Esse hanno inoltre scoperto il sistema NE-SW dell'Ospizio Sottile, esteso dall'alta Valle di Gressoney alla Valle di Champorcher, e il sistema di Trois-Villes che segue per lunghi tratti il limite sud-orientale del klippe del M. Mary.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La Regione Valle d'Aosta è situata nelle Alpi Pennine e Graie, tra Piemonte, Francia e Svizzera (Fig. 1), e co-

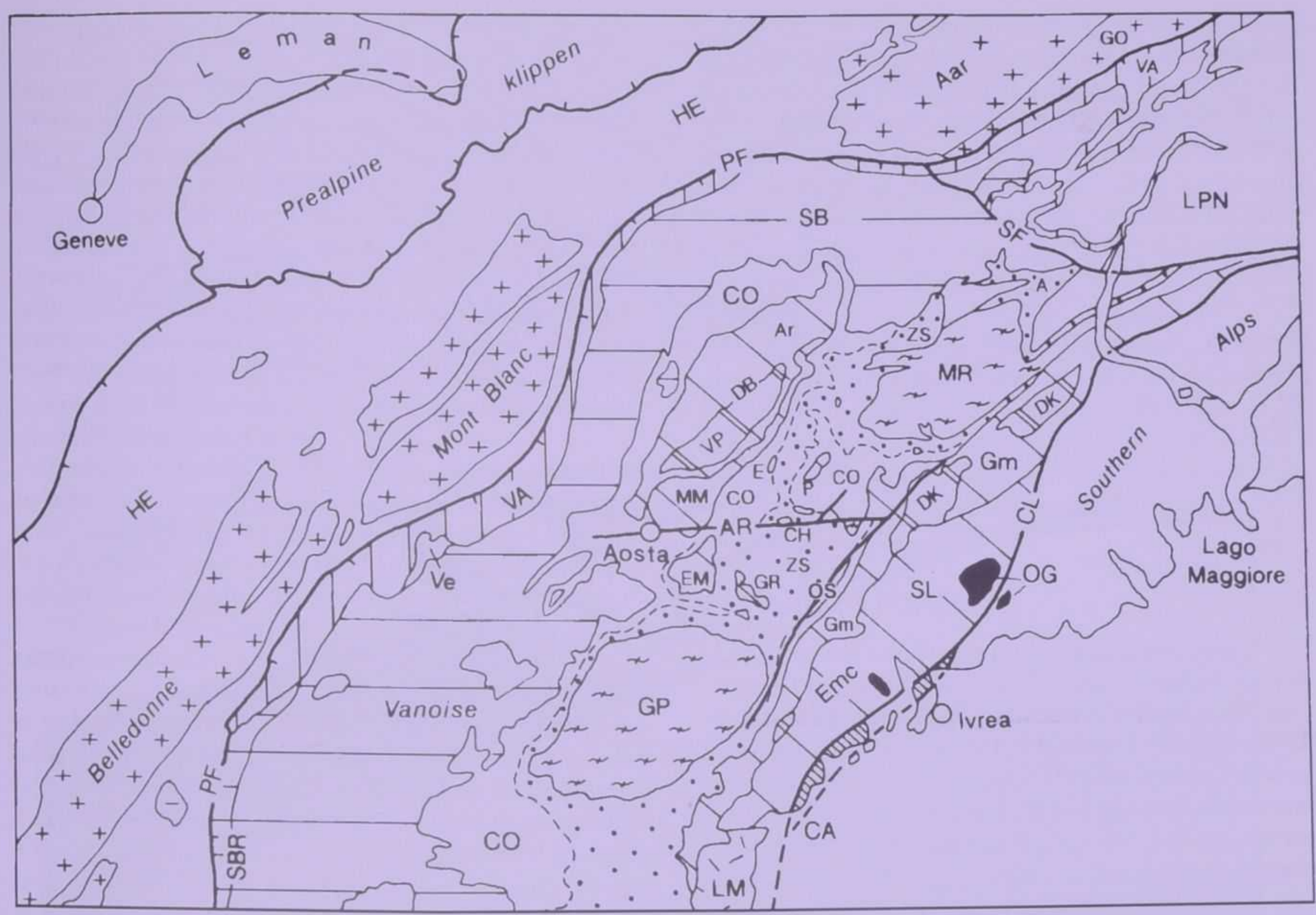

Fig. 1 - Schema tettonico delle Alpi nord-occidentali (modificato da Dal Piaz, 1999). Dalle unità esterne alle interne: 1) Helvetico-Ultraelvetico (HE); 2) Zona Pennidica: Fronte Pennidico (PF); Unità pennidiche esterne: Zona Sion-Courmayeur/Vallesana (VA), comprendente l'unità ofiolitica del Versoyen (Ve); Unità pennidiche inferiori (LPN) della finestra Ossola-Ticino, a letto della Linea del Sempione (SF); Zona Subbrianzonese (SBR); Sistema composito del Gran San Bernardo/Brianzonese (SB); Unità pennidiche interne/superiori Monte Rosa (MR) e Gran Paradiso (GP); 3) Zona ofiolitica piemontese: unità inferiore, eclogitica (ZS), unità superiore, non eclogitica (C0); Massiccio di Lanzo (LM); 4) Austroalpino: lembi superiori, non eclogitici: Dent Blanche (DB), M. Mary (MM), Pillonet (P); principali lembi inferiori, eclogitici: Etirol-Levaz (E), Chatillon (CH), M. Emilius (EM), Glacier-Rafray (GR); Zona Sesia-Lanzo (SL); unità metamorfiche: Arolla (Ar), Valpelline (VP), Gneiss minuti (Gm), Micascisti eclogitici (Emc), 2° Zona diorito-kinzigitica (DK); 5) Linea (CL) e Zona (CA) del Canavese; 6) Plutoni oligocenici di Biella, Miagliano e Traversella (OG); Faglie Aosta-Ranzola (AR) e Ospizio Sottile (OS).

Fig. 1 - Tectonic map of Western Alps (mainly afterDal Piaz, 1999). Europe-vergent orogenic wedge, from external to internal units: 1) Helvetic-Ultrahelvetic (HE); 2) Penninic zone: Penninic frontal thrust (PF); External penninic units: Sion-Courmayeur/Valais zone (VA), including Versoyen ophiolite (Ve); Lower penninic units (LPN) from the Ossola-Tessin window; Simplon normal fault (SF); Subbriançonnais zone (SBR); Grand St. Bernard/Briançonnais composite nappe system (SB); Upper/inner penninic nappes: Monte Rosa (MR), Gran Paradiso (GP); 3) Piedmont ophiolitic zone: eclogitic inner unit (ZS), upper non eclogitic unit (CO); Lanzo ultramafic massif (LM); 4) Austroalpine: non eclogitic upper outliers, Dent Blanche (DB), M. Mary (MM), Pillonet (P); eclogitic lower outliers: Etirol-Levaz (E), Chatillon (CH), M. Emilius (EM), Glacier-Rafray (GR); Sesia-Lanzo inlier (SL); metamorphic units: Arolla (Ar), Valpelline (VP), Gneiss minuti (Gm), Micascisti eclogitici (Emc), 2nd Diorite-kinzigitic zone (DK); 5) Canavese tectonic line (CL) and zone (CA); 6) Biella, Miagliano and Traversella Periadriatic plutons, Oligocene (OG); Aosta-Ranzola (AR) and Ospizio Sottile (OS) fault systems.

stituisce una delle zone geologiche più significative della catena collisionale delle Alpi occidentali. Essa è costituita, in prevalenza, da unità continentali di origine europea (Elvetico, Pennidico) e adriatica/africana (Austroalpino), e da unità derivate dalla chiusura dell'oceano mesozoico (ofioliti piemontesi e vallesane), caratterizzate in prevalenza da un'impronta metamorfica alpina a carattere polifasico. La valle si estende dalle unità elvetiche e ultraelvetiche, esposte tra Courmayeur e il Monte Bianco, sino alla Zona Sesia-Lanzo, che affiora in bassa valle, tra Verres e la Linea del Canavese, e costituisce l'unità più interna (orientale) del prisma collisionale e del sistema austroalpino. Olre alle unità esterne (Sion-Courmayeur, Versoyen: Elter e Elter, 1965; Antoine, 1971; Bagnoud *et al.,* 1998; Cannic *et al.,* 1996 , Bousquet *et al.*, 2002), derivate da prevalenti sedimenti di età mesozoica e di estensione relativamente limitata, la Zona Pennidica è dominata dal ricoprimento composito del Gran San Bernardo-Brianzonese (Ellenberger, 1958; Elter, 1960; 1972; Sturani, 1975; Caby *et al.*, 1978; Escher *et al.*, 1987; Escher, 1988; Ballèvre e Merle, 1993; Michard *et al.,* 1996), situato in posizione mediana, e dalle falde pennidiche interne/superiori (Pre-Piemontese *auct.;* Sturani, 1975; Elter, 1972) del Monte Rosa e Gran Paradiso (Compagnoni e Lombardo, 1974; Compagnoni *et al.,* 1974; Dal Piaz e Lombardo, 1986; Michard *et al.,* 1996; Dal Piaz, 2001, con rif. bibl.), ricoperte a loro volta dalle due principali unità ofiolitiche della Zona Piemontese, l'unità Zermatt-Saas, eclogitica,

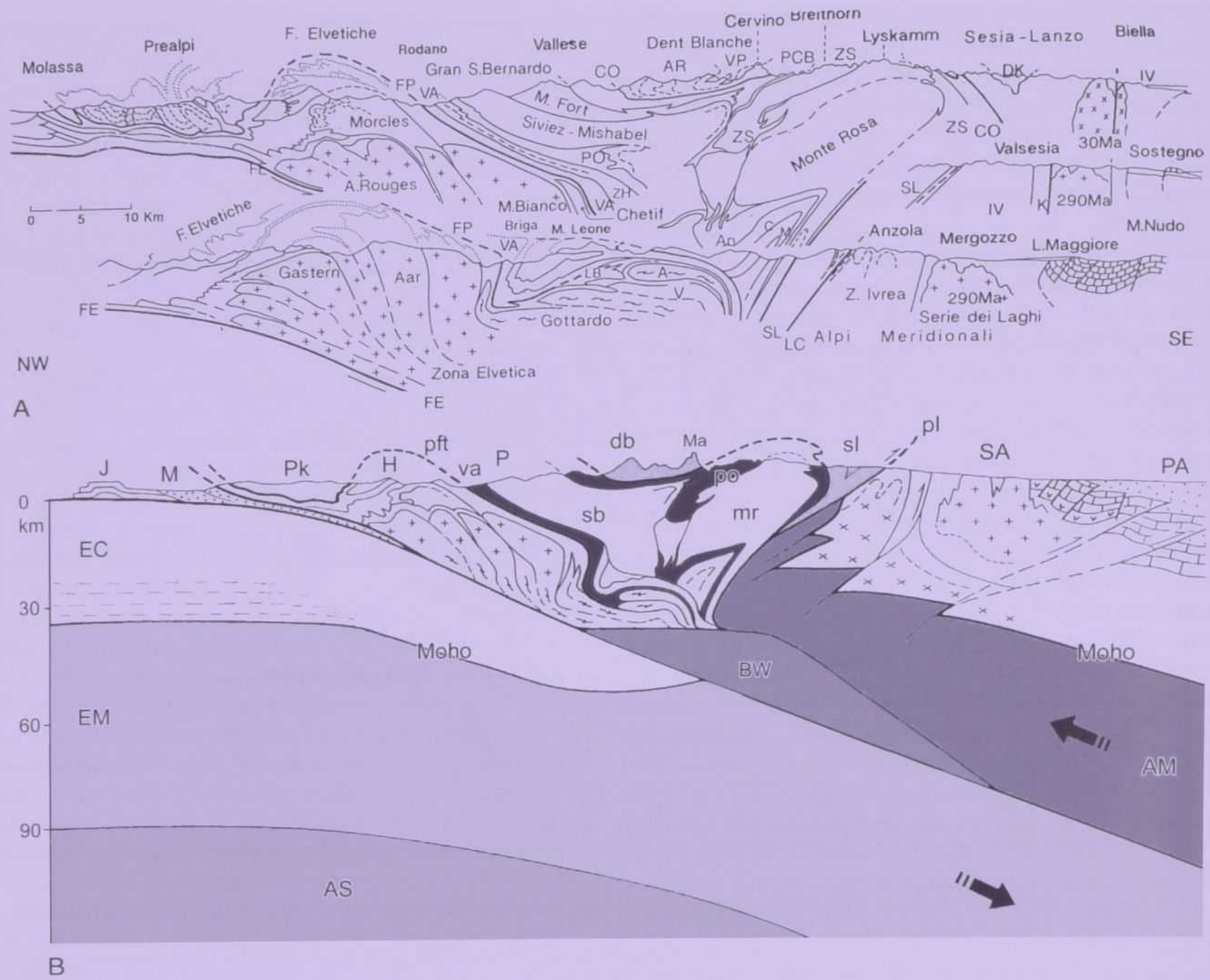

Fig. 2 - Struttura delle Alpi nord-occidentali. A) Profilo crostale ottenuto proiettando la sezione attraverso la culminazione assiale (finestra) Ossola-Ticino al di sotto della Valle d'Aosta, lungo la sezione Biella-Cervino -Molassa (da Escher *et al.,* 1987, e Dal Piaz, 1992, con modifiche). Legenda: Fronte elvetico (FE), Fronte pennidico (FP), Unità vallesane (VA), Unità infraelvetico-pennidiche inferiori: Verampio (V), Antigorio (A), Lebendun (LB); Sistema medio-pennidico del Gran San Bernardo: Zone houillère (SH), Pontis (PO), Camughera-Moncucco (CM); Ofioliti di Antrona (An); Zona ofiolitica piemontese: Zermatt-Saas (ZS), Combin (CO); Pancherot - Cime Bianche (PCB); Austroalpino: unità di Arolla (AR) e Valpelline (VP), Sesia-Lanzo (SL), 2a Zona Diorito-kinzigitica (DK); Linea del Canavese (LC); Alpi Meridionali: Zona Ivrea-Verbano (IV)
B) Sezione litosferica della catena collisionale (Dal Piaz, 1997; Dal Piaz *et al.,* 2003) ottenuto dall'interpretazione delle immagini sismiche dei Progetti CROP-ECORS (Roure *et al.,* 1990) e NFP 20 (Pfiffner *et al.,* 1997). Legenda: 1) Catena pellicolare del Giura (J); 2) Molassa (M); 3) Elvetico (H): unità di basamento (crocette) e copertura; 4) Pennidico (P): fronte pennidico (pft); unità ofiolitiche vallesane (va), Gran San Bernardo (sb), Monte Rosa (mr), klippe delle Prealpi Romande e del Chiablese (Pk), ofioliti piemontesi (po); 5) Austroalpino: Sesia-Lanzo (sl) e Dent Blanche (db), comprendente il M. Cervino/Matterhorn (Ma); Lineamento Periadriatica (pl); 6) unità completamente sepolte (BW): scaglia di mantello europeo o unità crostali eclogitiche; 7) Litosfera europea: crosta continentale (EC) e mantello (EM); 8) Litosfera adriatica: crosta continentale (catena antitetica) delle Alpi Meridionali (SA) e mantello (AM); 9) Avampaese padano-adriatico (PA); 10) astenosfera (AS). Si noti la struttura del prisma collisionale, costituito dal complesso di subduzione fossile austroalpino-pennidico (Cretacico sup.-Eocene); nel Neogene esso è accreto dalle scaglie di basamento e dalle falde di copertura elvetico-ultraelvetiche, a vergenza europea, e retroflesso, sul lato opposto, dall'indenter litosferico delle Alpi Meridionali.

Fig. 2 - Structural features of north-western Alps - A) Crustal section of the Aosta valley (Biella-Matterhorn-Molasse profile) and its subsurface features by extrapolation of Ossola-Tessin window (modified from Escher *et al.*, 1987, and Dal Piaz, 1992). Legend: Helvetic front (FE), Penninic frontal thrust (FP), Valais units (VA), Infrahelvetic-lower penninic units: Verampio (V), Antigorio (A), Lebendun (LB); Grand St. Bernard nappe system: Zone houillère (SH), Pontis (PO), Camughera-Moncucco (CM); Antrona ophiolite (An): Piedmont ophiolitic zone: Zermatt-Saas (ZS), Combin (CO); Austroalpine: Arolla (Ar), Valpelline (VP), Sesia-Lanzo (SL), 2nd Diorite-kinzigitic zone (DK); Canavese line (LC); Southern Alps: Ivrea-Verbano zone (IV).
B) Litospheric section of north-western Alps (Dal Piaz, 1997; Dal Piaz *et al.,* 2003) by interpretation of CROP-ECORS (Roure *et al.,* 1990) and NFP 20 (Pfiffner *et al.*, 1997) seismic images. Legend: 1) Jura belt (J); 2) Molasse foredeep (M); 3) Helvetic units (H); 4) Penninic domain (P): Penninic frontal thrust (pft); Valais ophiolitic units (va), Gran St Bernard (sb) and Monte Rosa (mr) nappes, Prealpine klippen (Pk), Piedmont ofiolitic units (po); 5) Austroalpine: Sesia-Lanzo inlier (sl) and Dent Blanche nappe s.l. (db), including the Matterhorn (ma); Periadriatic fault system (pl); 6) buried wedge (BW) of European mantle or eclogitized crustal units; 7) European lithosphere: continental crust (EC) and mantle (EM); 8) Adriatic lithosphere (SA): antithetic belt of Southern Alps (SA) and mantle (AM); 9) Padane-Adriatic foreland (PA); 10) asthenosphere (AS). The Austroalpine-Penninic collisional wedge is a fossil subduction complex (Late Cretaceous-Eocene) which was later accreted by Europe-vergent Helvetic-Ultrahelvetic basement and cover units and indented, in its opposite side, by Southalpine litoshere.

e la sovrastante Zona del Combin, non eclogitica (Bearth, 1967; Elter, 1971: Kienast, 1973; Dal Piaz e Ernst, 1978; Ballèvre e Merle, 1993; Dal Piaz, 1999).

Passando all'Austroalpino, esso comprende, oltre alla Zona Sesia-Lanzo, un gruppo di elementi esterni (falda Dent Blanche *s.l.* di Argand), suddivisi in lembi inferiori, eclogitici (M. Emilius, Glacier-Rafray, Chatillon, Etirol-Levaz, ecc.), e in lembi superiori, non eclogitici (Dent Blanche *s.s.*, M. Mary, Pillonet): i primi sono situati tra le unità del Combin e di Zermatt-Saas, o all'interno di quest'ultima (Ballèvre *et al.*, 1986; Ballèvre e Merle, 1993; Dal Piaz, 1999; Dal Piaz *et al.*, 2001), i secondi a tetto dell'intera Zona Piemontese, cioè allo stesso livello strutturale della Zona Sesia-Lanzo.

Il profilo in figura 2A mostra una sezione crostale di un transetto compreso tra il Biellese, la Valle d'Aosta e il Vallese meridionale; la parte profonda (inferiore) del profilo è stata ottenuta utilizzando la geologia di superfice esposta, alcune decine di km a est, nella finestra tettonica dell'Ossola-Ticino, e supponendo, in accordo con Argand, la continuità laterale di tali strutture.

In figura 2B si osserva una ricostruzione a scala litosferica delle Alpi nord-occidentali all'incirca lungo lo stesso transetto (Dal Piaz *et al.*, 2003). Il profilo è basato sulle indagini di sismica profonda realizzate dai progetti CROP-ECORS (Roure *et al.*, 1990, 1996; Nicolas *et al.*, 1990) e NFP 20 (Pfiffner *et al.*, 1997). Si noti il contrasto tra la struttura del prisma collisionale rispetto alla litosfera europea, su cui galleggia, e alla litosfera adriatica da cui è punzonato a tergo.

Le unità continentali austroalpino-pennidiche e quelle ofiolitiche sono caratterizzate da un metamorfismo di subduzione in facies scisti blu o eclogitica (Frey *et al.*, 1974, 1999), localmente a coesite (ofioliti del Lago di Cignana in Valtournanche; Reinecke, 1991), di età da tardo-cretacica (Sesia-Lanzo e lembi austroalpini superiori; Cortiana *et al.*, 1998; Rubatto *et al.*, 1999; Gebauer, 1999, con rif. bibl.) a eocenica inferiore o media documentata nei lembi austroalpini inferiori (Dal Piaz *et al.*, 2001) e nell'unità ofiolitica di Zermatt-Saas (Rubatto *et al.*, 1997, con rif. bibl), e supposta nelle sottostanti falde pennidiche del Monte Rosa, Gran Paradiso e Gran San Bernardo. Il metamorfismo di subduzione è ben preservato solo nel settore interno della Zona Sesia-Lanzo (Complesso dei Micascisti eclogitici; Compagnoni *et al.*, 1977; Lardeaux e Spalla, 1991, con rif. bibl.); nelle altre unità è in buona parte alterato da una sovraimpronta Barroviana in facies scisti verdi di alta-T, riferita all'Eocene superiore-Oligocene inferiore (Frey *et al.*, 1974, 1999; Hunziker *et al.*, 1992; Ballèvre e Merle, 1993). Il metamorfismo eclogitico e scisti blu ricompare nell'unità ofiolitica del Versoyen, situata a tetto dei flysch pennidici esterni della Zona Sion-Courmayeur (Elter e Elter, 1965; Frey *et al.*, 1999; Schärer *et al.*, 2000). Di contro, le unità più giovani e superficiali del prisma orogenico (settore elvetico-ultraelvetico), sono prive di metamorfismo di subduzione e mostrano una discontinua impronta alpina di grado basso o molto basso (Frey *et al.*, 1974, 1999).

La pila delle falde è intrusa da filoni calcalcalini e ultrapotassici e da vene idrotermali aurifere di età oligocenica (32-30 Ma; Venturelli *et al.*, 1984; Bigi *et al.*, 1990; Pettke *et al.*, 1999); il loro insediamento è stato facilitato da faglie normali oligoceniche (Bistacchi *et al.*, 2001). Nel Neogene, il prisma collisionale si propaga frontalmente e si accresce con unità di basamento e copertura estratte dal dominio elvetico-ultraelvetico e dal settore interno dell'avanfossa, mentre sul lato opposto si forma la catena antitetica delle Alpi Meridionali a vergenza padana (Dal Piaz, 1992; Dal Piaz *et al.*, 2003, con rif. bibl.).

In Valle d'Aosta sono esposti tutti i principali domini strutturali dell'orogene alpino, ad eccezione della catena pellicolare del Giura franco-svizzero, delle sequenze oligocenico-neogeniche di avanfossa (Molassa), dei Klippen pennidici delle Prealpi Romande e del Chiablese (indicati nelle figure 1 e 2) e, sul lato opposto, delle Alpi Meridionali.

NOTE ILLUSTRATIVE

La legenda è costituita da 51 caselle raggruppate al di sotto di titoli che indicano il dominio strutturale d'appartenenza. Ogni casella può indicare una singolo litotipo o una associazione (complesso) di vari litotipi non distinguibili per motivi di scala. I depositi quaternari (4 caselle non numerate) sono stati poco modificati rispetto alla rappresentazione di Elter, di tipo tradizionale, tralasciando le nuove distinzioni, tuttora inedite, introdotte dal Progetto CARG (deformazioni gravitative profonde comprese). Anche la rete di faglie oligocenico-neogeniche messe in luce da recenti ricerche (Bistacchi e Massironi, 2000; Bistacchi *et al.*, 2001) è stata notevolmente semplificata; le faglie sono indicate in blu scuro per distinguerle dai sovrascorrimenti in nero, rappresentati senza ulteriori simboli per non appesantire il disegno. Il riconoscimento delle principali unità tettoniche e tettono-metamorfiche rappresentate nella carta è facilitato dalla presenza di apposite sigle.

ELVETICO/ULTRAELVETICO

(Baggio P., 1958, 1964; Baggio et al., 1960, 1967; Bertini et al., 1985; Bussy et al., 1989; Cita, 1953; Corbin e Oulianoff, 1927-1959; Duparc e Mrazec, 1898; Elter, 1953, 1954, 1955; Elter e Elter, 1965; Franchi, 1901; Guermani e Pennacchioni, 1998; Trümpy et al., 1980; Vernet, 1969; Sanero, 1938b; von Raumer, 1976, 1987; von Raumer et al., 1993).

Queste unità di basamento e copertura costituiscono la parte più recente ed esterna del prisma collisionale a vergenza europea, prive di metamorfismo di subduzione ed accrete essenzialmente durante il Neogene alla fronte del prisma cretacico-eocenico Austroalpino-Pennidico. Le unità elvetiche sono sovrascorse sulle sequenze oligocenico-mioceniche della Molassa (fuori carta).

Unità Elvetiche

Secondo Elter (1987), sono costituite dal basamento granitico e metamorfico del Monte Bianco e da limitatissime coperture carbonifere e mesozoiche.

1) Coperture sedimentarie indifferenziate (Aaleniano-Albiano)

Si tratta di sporadiche piccole placche di calcari ancora aderenti al basamento cristallino del Monte Bianco in Val Ferret e Val Veni (Elter, 1960; Elter e Elter, 1965).

2) Scisti arenaceo-carboniosi a impronte di felci (Carbonifero sup.)

Affiorano alla testata della valle glaciale del Miage, entro una stretta struttura tipo graben, incassata nel basamento cristallino al Colle Infranchissable. La flora paleozoica è stata segnalata da Franchi (1901) e poi "riscoperta" da Vernet (1969).

3) Granito del Monte Bianco (Carbonifero sup.)

Costituisce l'ossatura del massiccio, dalla cresta del Brouillard, ove è in bella esposizione il contatto intrusivo con i parascisti di tetto, sino al confine con la Svizzera (M. Dolent). E' un granito biotitico a grana da media a grossa, talora porfirico (feldspato potassico pluricentimetrico), ricco di filoni leucocratici e di geodi con magnifici cristalli di quarzo. Il granito mostra foliazione magmatica subverticale, diretta NNE, e una debole sovraimpronta metamorfica alpina di basso grado (albite, quarzo, miche, epidoto, clorite, stilpnomelano). La biotite ha fornito età Rb-Sr tra 36 e 18 Ma (Baggio *et al.*, 1967). Nel settore italiano, il granito del Monte Bianco mostra un esteso sistema di zone di taglio fragili e duttili (Baggio e Mezzacasa, 1971; Guermani e Pennacchioni, 1993). Datazioni con il metodo delle tracce di fissione su apatite e zircone ne testimoniano una veloce esumazione a partire da 26 Ma (Seward e Mancktelow, 1994; Bistacchi e Massironi, 2000).

4) Basamento pregranitico

Paragneiss in facies anfibolitica varisica, con intercalazioni di anfiboliti, e varietà con retrocessione alpina più o meno pronunciata. Affiorano a tetto e a fianco del batolite granitico, dalla calotta sommitale del M. Bianco al margine occidentale della carta, a nord del Col de la Seigne.

Unità Ultaelvetiche

Situate all'interno (sud) e al di sopra delle unità elvetiche, sono rappresentate dalla scaglia di basamento del M. Chetif (Sanero, 1938b), con copertura liassica trasgressiva, e da dominanti falde di scollamento (Elter e Elter, 1965).

5) Copertura sedimentaria del M. Chetif

Calcari liassici trasgressivi sui porfiroidi

6) Porfiroidi e microgranitі del M. Chetif

Rioliti e microleucograniti tardo-paleozoici con impronta tettono-metamorfica alpina di basso grado.

7) Calcescisti, scisti argillosi e calcari (Giurassico)

Settore radicale delle falde di scollamento ultraelvetiche, costituito da calcescisti argillosi, calcari in placchette, talora con micriti a Calpionelle (Dogger sup.-Malm); calcari a echinodermi e calcari silicei a bande (Baiociano); scisti argillosi neri (Aaleniano-Toarciano) e calcareniti zonate (Dogger inf.-Lias sup.).

8) Carniole, calcari e dolomie (Trias medio-sup.)

Piccoli e discontinui affioramenti ubicati lungo discontinuità tettoniche maggiori.

ZONA PENNIDICA

La sua suddivisione in tre principali domini strutturali è basata sulla loro collocazione paleogeografica secondo le ricostruzioni classiche della Tetide mesozoica e, soprattutto, sulla loro posizione attuale nella catena a falde. La Zona Piemontese, generalmente attribuita alla Zona Pennidica, è tenuta distinta dalle falde riferibili al margine cointinentale passivo europeo e descritta come insieme di unità ofiolitiche derivate dalla chiusura dell'oceano ligure-piemontese: lo giustifica il fatto che, non essendo nota la loro posizione rispetto al centro di espansione mesozoico, non è possibile stabilire la loro origine da un settore oceanico della placca adriatica e/o di quella europea. Si veda, in merito, la ricostruzione dell'oceano ligure-piemontese basata sulla caratterizzazione geochimica delle ofioliti metamorfiche appartenenti alle unità del Combin e di Zermatt-Saas in Valle d'Aosta (Beccaluva *et al.,* 1984; Dal Piaz, 1999). Non si è utilizzato lo stesso criterio per le ofioliti metamorfiche della Zona del Versoyen (Pennidico esterno), a causa della loro esiguità rispetto alle potenti successioni di flysch cretacico della Zona Sion-Courmayeur (o di quella Vallesana in genere) e alla mancanza di dati risolutivi sui molti dubbi relativi all'età dei protoliti, alla natura del bacino e alla sua estensione.

Pennidico Esterno/Inferiore

(Antoine, 1971, 1972; Bagnoud et al., 1998; Barbier e Trümpy , 1955; Bousquet et al., 2002; Cannic et al., 1996; Elter e Elter, 1965; Franchi, 1899; Fügenschuh et al., 1999; Goffé e Bousquet , 1997; Homewood e Caron, 1982; Loubat, 1965, 1968; Schärer et al., 2000; Trümpy, 1954, 1955; Trümpy et al., 1980; Zulauff, 1963).

Compreso tra il Fronte pennidico (thrust frontale della Zona pennidica) e il sovrascorrimento delle unità brianzonesi esterne, è costituito dalla Zona Sion-Courmayeur, comprendente una eterogenea e discontinua unità basale, potenti successioni alloctone di flysch cretacico (Brecce di Tarantasia) e la sovrastante Zona del Versoyen, unità ofiolitica ad affinità vallesana e con metamorfismo di subduzione.

Zona Sion-Courmayeur

9) Flysch con intercalazioni conglomeratiche (Cretacico)

Dal basso all'alto, Elter e Elter (1965) distinguono nelle successioni post-giurassiche: i) una serie basale, prevalentemente calcarea, caratterizzata da intercalazioni di conglomerati e microbrecce, con Orbitoline dell'Urgoniano, ii) scisti neri con intercalazioni di quarziti verdastre (Gault), iii) una serie sommitale, con alternanze di scisti calcarei e di scisti argillosi (Cretacico sup.). Nel settore settentrionale della valle d'Aosta, Zulauff (1963) ha proposto una diversa suddivisione delle Brecce di Tarantasia in cinque serie, le prime due di età neocomiana.

10) Substrato pre-cretacico

Calcari recifali e calcari selciferi (Lias neritico), talora associati a brecce sedimentarie (Giurassico medio); gessi, carniole e scisti argillosi (Trias sup.); dolomie e calcari (Trias medio).

11) quarziti e conglomerati (Permo-Scitico)

Limitati corpi esotici di quarziti, scisti quarzitici e conglomerati associati alle sequenze mesozoiche.

12) scisti neri e arenarie micacee (Carbonifero sup.)

Limitati corpi esotici di scisti carbonioso-grafitici ed arenarie associati alle sequenze mesozoiche.

Zona del Versoyen

Piccola unità ofiolitica con metamorfismo in facies scisti blu ed eclogitica (15-16 GPa, 500°C, Bousquet *et al.*, 2002), contenente lenti esotiche di origine continentale (Elter e Elter, 1965).

13) Prasiniti

Metabasalti con dominante impronta in facies scisti verdi e locali relitti eclogitici. Si tratta di originarie colate sottomarine, talora con struttura a cuscini ancora ben evidente, e filoni strato entro *black shales* di età mesozoica imprecisata.

14) Serpentiniti

Piccole lenti di serpentiniti antigoritiche a magnetite, subordinate alle prasiniti. In genere scistoso-laminate e talora associate a cloritoscisti, sottolineano sovente i contatti dei corpi esotici pretriassici.

15) Calcescisti pelitico-arenacei

La parte inferiore delle sequenze mesozoiche è costituita da scisti filladici plumbei o nerastri, con pigmento carbonioso ed intercalazioni calcareo-arenacee cristalline. Verso l'alto passano a scisti arenaceo-carboniosi che si distinguono dai tipi filladici precedenti per frequenti intercalazioni di quarziti grigio-verdastre, e a calcescisti e scisti argillosi con intercalazioni di brecce poligeniche con elementi di marmi chiari e prasiniti.

16) Lenti di micascisti quarzosi (Pretriassico)

Scisti quarzoso-micacei, talora grafitici, quarziti sericitiche, gneiss leptinitici a feldspato potassico e metaconglomerati di presunta età permo-carbonifera (Elter e Elter, 1965). Costituiscono scaglie tettoniche/olistoliti di origine continentale inserite nei calcescisti con ofioliti (Pointe Rousse e corpi minori).

PENNIDICO MEDIO

(Ballèvre e Merle, 1993; Bearth, 1962; Burri, 1983; Burri et al., 1998; Caby, 1968, 1974; Caby et al., 1978; Cigolini, 1992; Dal Piaz Gb., 1928, 1939; Dal Piaz, 1965; Dal Piaz e Govi, 1965; Ellenberger, 1958; Elter, 1960, 1972; Elter e Elter, 1965; Escher, 1988; Escher et al., 1987, 1997; Fabre, 1961; Fenoglio e Rigault, 1959; Feys, 1963; Freeman et al., 1995; Gouffon, 1993; Govi, 1975; Guillot et al., 2002; Martin et al., 1999; Michard et al., 1996; Novarese, 1894; Oulianoff e Trümpy, 1958; Stampfli, 1993; Steck et al., 1999, 2001; Sturani, 1975; Trümpy et al., 1980).

Unità di basamento mono e polimetamorfico e/o di copertura del Sistema composito Gran San Bernardo (Brianzonese), comprendente anche la Zona del Piccolo San Bernardo al limite con le ofioliti del Versoyen. Metamorfismo alpino in facies scisti blu (post-luteziano) e scisti verdi; metamorfismo varisico in facies anfibolitica (biotite, staurolite, cianite, granato), con relitti eclogitici eovarisici o più antichi (Niggli *et al.*, 1978; Caby e Kienast, 1989; Schiavo, 1997; Desmons *et al.*, 1999).

Zona del Piccolo San Bernardo

Unità carbonatica norico-liassica di pertinenza brianzonese molto esterna o subbrianzonese, situata presso il colle omonimo, tra la fronte della *Zone houillère* e la sottostante unità ofiolitica del Versoyen (Elter e Elter, 1965; Goffé e Bousquet, 1997). Recentemente è stata attribuita al settore interno del bacino vallesano (Bousquet *et al.*, 2002).

17) Calcescisti e calcari silicei (Lias)

Calcari cristallini grigio scuri a liste di selce, seguiti in successione stratigrafica da calcescisti a belemniti (Franchi, 1899), di spessore sino a 250 m. Si tratta di marmi impuri, a sericite, clorite, quarzo e albite, alternati finemente a orizzonti più marnosi (Elter e Elter, 1965).

18) Lumachelle, carniole e dolomie (Norico-Retico)

E' la parte basale dell'unità mesozoica, di spessore modesto, costituita da qualche metro di carniole, dolomie scistose giallastre, con patine sericitico-cloritiche, ed infine marmi neri in straterelli separati da sottili letti marnosi, attribuibili al Retico.

Brianzonese esterno

È costituito da unità monometamorfiche delle coperture post-varisiche, dominate dalle sequenze clastiche della Zona permo-carbonifera assiale (*Z. houillère*) e dal basamento polimetamorfico del Ruitor, suddiviso in due principali unità tettoniche, separate dall'unità piemontese di Avise (Govi, 1966); l'unità di basamento più interna comprende anche il *klippe* della Becca di Toss (Dal Piaz, 1965), originariamente riferito al Sistema austroalpino della Dent Blanche (Hermann, 1938).

19) Carniole, gessi e dolomie (Trias inf.-medio)

Formano un rosario di lenti, anche di grandi dimensioni, allineate presso la fronte delle unità permo-carbonifere, dando luogo a una marcata morfologia carsica che segnala la presenza delle evaporiti ove sono totalmente sepolte. Sono presenti anche calcari spatici chiari, calcari scuri, fetidi, e calcari dolomitici.

20) Quarziti e conglomerati (Permo-Scitico)

Formano limitati corpi di quarziti sericitiche e metaconglomerati a ciottoli quarzosi, talora rosa o violacei, associati alle sequenze clastiche permo-carbonifere, di cui costituiscono la copertura stratigrafica nella parte esterna dell'unità e sul versante sinistro della Valle d'Aosta.

21) Metagraniti subvulcanici

Varietà metamorfiche di basso grado di leucograniti-granofiri subvulcanici, di probabile età permiana, associati alle sequenze clastiche della *Zone houillère* a nord della Dora.

22) Conglomerati, metapsammiti e metapeliti (Stefaniano-Eopermiano)

23) Scisti e arenarie micacee a letti di antracite (Westfaliano-Stefaniano)

I litotipi delle caselle 22 e 23, costituiscono la "Zona permo-carbonifera assiale" della cartografia al 1:100.000 e al 1:400.000 del Servizio Geologico d'Italia (1908), la *Zone houillère* degli autori francesi (Elter, 1960; Feys, 1963; Elter e Elter, 1965, con rif. bibl.). Si tratta di una potente successione di arenarie, peliti e conglomerati ad impronta tettono-metamorfica alpina di basso grado, con banchi e lenti di carbone fossile coltivati in passato nella zona di La Thuile (Franchi e Stella, 1903). Nella zona del Rif. Deffeyes, si osserva un contatto primario tra metaconglomerati carboniferi, molto deformati, e il sottostante basamento polimetamorfico del Ruitor (Schiavo, 1997).

24) Micascisti e gneiss a relitti prealpini in facies eclogitica e/o anfibolitica e sovraimpronta alpina in facies scisti blu

Costituiscono il basamento polimetamorfico del massiccio del Ruitor, che prosegue sul versante sinistro della Valle d'Aosta (Dal Piaz e Govi, 1965; Caby, 1968, 1974; Govi, 1975; Caby *et al.*, 1978; Gouffon, 1993; Schiavo, 1997) e in Vallese (Bearth, 1962; Escher, 1988; Escher *et al.*, 1997). Prevalgono parascisti con *fabric* metamorfico alpino, a carattere polifasico, segnalato da associazioni in facies scisti blu e da una sovraimpronta in facies scisti verdi (Caby e Kienast, 1989; Schiavo, 1997; Frey *et al.*, 1999; Desmons *et al.*, 1999). A luoghi vi sono ripetute intercalazioni stratoidi o lenticolari di metabasiti massive o finemente listate, a glaucofane e/o anfiboli calcici, clorite e albite. Caratteristiche, nei micascisti, le pseudomorfosi di cloritoide alpino su staurolite prealpina. Non mancano infine locali relitti varisici, o più antichi, di associazioni in facies anfibolitica (biotite, granato, staurolite ± cianite nelle peliti e in facies eclogitica nelle intercalazioni mafiche (Caby e Kienast, 1989; Schiavo, 1997). Eclogiti prealpine sono presenti in Vallese nell'omologa unità di basamento polimetamorfico Siviez-Mischabel (Thélin *et al.*, 1990).

25) Gneiss granitoidi

Il basamento polimetamorfico contiene estesi corpi di gneiss leucogranitico-aplitici riferibili a intrusioni di probabile età permo-carbonifera. Si tratta di facies chiare, spesso contenenti porfiroclasti di feldspato potassico e/o albite a scacchiera, di dimensioni da millimetriche a centimetriche, in matrice quarzoso-albitica con mica chiara, zoisite e microclino in quantità subordinata (Govi, 1975; Gouffon, 1983; Schiavo, 1997). Gli originari contatti intrusivi con i parascisti incassanti sono stati obliterati dalla sovrimpronta alpina.

Brianzonese interno

È costituito da un complesso di micascisti, gneiss albitici e scisti grafitici (31) con abbondanti intercalazioni di metabasiti di discussa interpretazione cronologica (unità polimetamorfica retrocessa o unità post-varisica in facies Culm ?), in cui sono insediati corpi di gneiss granitoidi e granofirici, derivati da protoliti epiplutonico-subvulcanici di verosimile età permiana e da limitati resti delle coperture brianzonesi permo-mesozoiche, con locali brecce forse eoceniche (Ellenberger, 1958; Dal Piaz e Govi, 1965; Caby, 1968, 1974; Elter, 1972; Sturani, 1973; Govi, 1975; Cigolini, 1992; Ballèvre e Merle, 1993).

26) Marmi fillitici, scisti scuri e brecce (Cretacico sup.-Eocene ?)

Sono i termini più recenti delle sequenze di copertura brianzonesi interne.

27) Calcari e dolomie (Trias medio)

Potenti sequenze carbonatiche alla testata della Val di Rhemes, analoghe a quelle dell'alta Valgrisance, di spessore in genere ridotto per cause tettoniche.

28) Quarziti e scisti argentei (Permo-Scitico)

Termini clastici delle coperture brianzonesi, costituiscono limitati affioramenti all'interno dei parascisti della media Val di Rhemes, raddoppiati da scaglie listriche e pieghe isoclinali coricate, e in misura maggiore alla sua testata.

29) Metagranodioriti e gneiss occhiadini (massiccio di Valsavaranche, Permiano)

Corpo di ortogneiss anfibolico-epidotici ad albite, due miche e clorite, di composizione tonalitica, e subordinati gneiss occhiadini. Costituiscono il nucleo della grande struttura retroflessa del Gran Nomenon (Dal Piaz Gb., 1928; Freeman *et al.*, 1995) e sono inseriti nel basamento scistoso-filladico e gneissico con contatti primari totalmente cancellati dall'orogenesi alpina.

30) Metagranofiri (Val di Rhemes, Permiano)

Intercalazioni stratiformi, concordanti con la stratificazione trasposta e la scistosità regionale alpina, di gneiss leucocratici derivati da corpi vulcanici e/o subvulcanici simili a quelli presenti nel Brianzonese esterno (n. 21).

31) Micascisti, gneiss albitici e scisti grafitici con frequenti intercalazioni di metabasiti

Il basamento brianzonese interno è costituito da scisti, filladi a granato e paragneiss albitici di età controversa (sedimenti permiani in facies Culm o prevarisici). Contiene intercalazioni di rocce monometamorfiche derivate da corpi vulcanici e subvulcanici di età sconosciuta. Il complesso è dominato da un'impronta metamorfica alpina in facies scisti verdi e sembrano mancare relitti di associazioni metamorfiche di medio o alto grado, varisiche o più antiche.

PENNIDICO INTERNO/SUPERIORE

(Ballèvre, 1988; Ballèvre e Merle, 1993; Bearth, 1952; Benciolini et al., 1987; Bertrand, 1968; Biino e Pognante, 1989;Borghi et al., 1996; Brouwer et al., 2002; Caby et al., 1978; Callegari et al., 1969; Chopin, 1979; Chopin e Maluski, 1980; Compagnoni e Lombardo, 1974; Compagnoni et al., 1974; Cornelius, 1937; Dal Piaz Gb., 1928, 1938; Dal Piaz, 1971, 1993, 2001; Dal Piaz e Lombardo, 1986; Diamond, 1990; Elter, 1960, 1972; Frey et al., 1976; Froitzheim, 2001; Hunziker, 1970; Le Goffe e Ballèvre, 1990; Michard et al., 1996; Massonne e Chopin, 1989; Monié, 1985; Paquette et al., 1989; Vearncombe, 1993, 1995).

È rappresentato dalla Falda del Monte Rosa (MR), dalla Cupola di Arcesa-Brusson (AB), affiorante in media Val d'Ayas, e dalla Falda del Gran Paradiso (GP). Si tratta di unità di basamento caratterizzate da composizione litologica, posizione strutturale ed impronta metamorfica alpina (polifasica) del tutto analoghe. Il metamorfismo di subduzione alpino, di età eocenica non meglio precisabile, è caratterizzato da pseudomorfosi di cianite sulla sillimanite varisica (Compagnoni e Prato, 1969; Dal Piaz, 1971), da bande di scisti argentei (miloniti eclogitiche; Dal Piaz e Lombardo, 1986) e da abbondanti *boudins* di eclogiti (Compagnoni e Lombardo, 1974; Dal Piaz e Lombardo, 1986) derivate da protoliti pre-granitici (Dal Piaz, 2001). La sovrampronta Barroviana è caratterizzata da associazioni in facies scisti verdi, al limite con la facies anfibolitica. Sporadiche coperture mesozoiche sono presenti nel Gran Paradiso, alla base di una digitazione frontale (Dal Piaz Gb., 1928; Elter, 1960, 1972; Amstutz, 1962; Pennacchioni, 1988); per la loro esiguità, in carta sono state associate al gruppo del Fascio di Cogne e delle altre unità esotiche di origine continentale (39).

32) Scisti e metaconglomerati della Valleile, Gran Paradiso (Permocarbonifero)

Questa sequenza clastica è rappresentata da un unico affioramento situato alla testata della Valnontey, a letto di una digitazione/scaglia sommitale del basamento del Gran Paradiso (Compagnoni *et al.,* 1974; Ballèvre, 1988). L'unità fa parte della Falda del Gran Paradiso e quindi, nonostante la facies, non è riferibile al Gran San Bernardo.

33) Metagraniti e gneiss occhiadini

Ortoderivati granitico-granodioritici da protoliti carboniferi e/o permiani, in varietà porfiriche massicce, scistoso-occhiadine e milonitiche, con metamorfismo polifasico alpino (Ballèvre, 1988; Le Goffe e Ballèvre, 1990). Frequenti i filoni di gneiss aplitico-pegmatitici. Localmente sono preservati gli originari contatti intrusivi nel complesso dei parascisti (Monte Rosa: Castore-Cresta Perazzi; Gran Paradiso: Valsoana e Piantonetto nel settore piemontese contiguo alla carta).

34) Paragneiss a metamorfismo pre-granitico di alto grado con sovraimpronta alpina in facies eclogitica e scisti verdi

Nei domini a bassa sovraimpronta tettonica alpina sono preservati paragneiss a biotite-granato-sillimanite e migmatiti con pegmatiti a cordierite, intrusi in discordanza dai graniti tardo-paleozoici; sillimanite e cordierite sono completamente sostituite, rispettivamente, da aggregati di cianite e cianite + granato. Più generalmente, i paragneiss sono trasformati in micascisti a fengite-granato alpini, ± cianite, cloritoide, anfiboli sodico-calcici, e in tipi più evoluti, caratterizzati dallo sviluppo di albite porfiroblastica (spesso con orlo di oligoclasio), clorite, epidoto, biotite bruna.

ZONA PIEMONTESE

(Amato et al., 1999; Ballèvre e Merle, 1993; Battiston et al., 1987; Bearth, 1967, 1974; Beccaluva et al., 1984; Bowtell et al., 1994; Caby, 1981; Caby et al., 1978; Castelli, 1985; Castello, 1981; Dal Piaz Gb., 1928; Dal Piaz, 1969, 1976, 1999; Dal Piaz e Ernst, 1978; Dal Piaz e Omenetto, 1978; Dal Piaz et al., 1972, 1979, 2001; Elter, 1971; Huttenlocher, 1934; Kienast, 1973; Lombardo e Pognante, 1982; Marthaler e Stampfli, 1989; Martin-Vernizzi, 1982; Martin e Tartarotti, 1989; Novo et al., 1989; Pfeiffer et al., 1989; Reinecke, 1991; Rubatto et al., 1998; Sperlich, 1988; Steck et al., 2001; Sturani, 1975; Tartarotti et al., 1998; Vannay e Allemann, 1990).

Il termine classico è "Zona piemontese dei calcescisti con pietre verdi (ofioliti metamorfiche)", reso popolare con la cartografia geologica ufficiale al 1:100.000. E' un complesso sistema multifalda con litostratigrafia ed impronta metamorfica contrastanti, in cui sono inserite unità di origine continentale (Elter, 1971; Kienast, 1973; Dal Piaz, 1976, 1999; Ballèvre *et al.*, 1986; Ballèvre e Merle, 1993). L'unità superiore (Combin = Co) è caratterizzata da relitti in facies scisti blu di età ignota; quella inferiore (Zermatt-Saas: = ZS) ha una classica impronta eclogitica di età eocenica e deriva da protoliti giurassici (Rubatto *et al.*, 1998; Dal Piaz *et al.*, 2001; Gebauer, 1999). Entrambe contengono discontinue quarziti a manganese alla base delle coperture sopraofiolitiche (Dal Piaz *et al.,* 1979; Castello, 1981; Martin-Vernizzi, 1982; Martin e Kienast, 1987). Le due unità ofiolitiche non sono distinte in carta da specifici colori, ma sono riconoscibili grazie alle sigle e alla presenza di un thrust al loro limite.

35) Calcescisti s.l.

La casella riunisce una vasta gamma di metasedimenti mesozoici derivati da protoliti pelagici e torbiditici di età giurassica superiore e/o cretacica. I termini estremi sono rappresentati da varietà molto carbonatiche, con locali marmi impuri, e da varietà terrigene; queste ultime sono costituite da tipi filladici, spesso con albite porfiroblastica e dispersioni carbonioso-grafitiche, o da micascisti argentei a granato, fengite, carbonato (in genere ancherite) ± Mg-cloritoide, glaucofane e rara giadeite, presenti rispettivamente nelle unità del Combin e di Zermatt-Saas. Vi sono inoltre le quarziti micacee e quelle a manganese sopra ricordate, sia ancora aderenti all'originario substrato ofiolitico (metabasalti e locali serpentiniti) o traslate "fuori sequenza" dalla deformazione polifasica alpina.

36) Metabasalti in facies prasinitica, anfiboliti e minori eclogiti

La casella riunisce tutti i metabasalti della Zona Piemontese derivati da normal-MORB e da tipi transizionali (Beccaluva *et al.*, 1984; Tartarotti, 1988) con metamorfismo idrotermale oceanico di varia entità. All'interno della Zona del Combin (Co) si tratta di classiche prasiniti (albite, epidoto, attinoto, clorite), o di varietà ricche in epidoto talora con rari relitti di anfibolo sodico, in ripetute intercalazioni tabulari nei calcescisti o in corpi lenticolari maggiori. All'interno dell'unità Zermatt-Saas (ZS) il metamorfismo più severo ha prodotto eclogiti, eclogiti glaucofaniche, glaucofaniti granatifere ± zoisite, fengite, carbonato e dominanti prodotti di retrocessione in facies scisti verdi (anfiboliti albitiche a granato ± relitti di glaucofane e pirosseno sodico).

37) Metagabbri

Formano corpi di dimensioni a volte molto notevoli (Valtournanche, periferia del Massiccio del M. Avic, substrato settentrionale del M. Emilius), costituiti da metagabbri a grana grossa e struttura massiccia, flaser o milonitica, derivati da protoliti magnesiaci e da subordinate varietà ricche in Fe-Ti. I primi mostrano associazioni in facies scisti verdi (attinoto, clorite, epidoto e albite) nella Zona del Combin, mentre nell'unità di Zermatt-Saas possono aggiungersi zoisite e granato. I secondi, specie se in varietà melanocratiche, producono splendide associazioni eclogitiche nell'unità di Zermatt-Saas (Valtournanche, Verres, Savoney, Mezove, Acque Rosse).

38) Serpentiniti da peridotiti di mantello

Formano gli enormi massicci del M. Avic e del Breithorn-Gobba di Rollin e corpi minori entro l'unità di Zermatt-Saas, costituiti da serpentiniti antigoritiche a magnetite e aggregati di titanclinohumite-olivina-diopside alpini. Tali aggregati, espressione di condizioni P-T eclogitiche, sono assenti nei corpi serpentinitici presenti, in minore misura, nella Zona del Combin. In molti casi le serpentiniti sono tagliate da filoni di gabbri rodingitici o sono ricoperte da potenti sequenze di oficalci, possibile evidenza di una locale denudazione tettonica estensionale del mantello al fondo dell'oceano Ligure-Piemontese (Tartarotti *et al.*, 1998; Dal Piaz, 1999). Le brecce di faglia di tipo listvenitico presenti nelle serpentiniti lungo le principali linee tettoniche oligoceniche (Dal Piaz, 1969; Dal Piaz e Omenetto, 1978; Bistacchi *et al.*, 2001) sono state indicate, in carta, come elementi puntuali.

Unità esotiche di origine continentale

Le principali unità di scollamento presenti nel settore valdostano della Zona Piemontese sono situate tra la Valle di Gressoney e la Valtournanche (Pancherot-Cime Bianche-Bettaforca; Dal Piaz e Ernst, 1978; Vannay e Allemann, 1990; Dal Piaz, 1999, con rif. bibl.) e, sul versante opposto della Val d'Aosta, tra il M. Emilius e il Gran Paradiso (Fascio di Cogne; Elter, 1971, 1972). Si tratta di coperture metasedimentarie Permiane e/o Mesozoiche, provenienti dal settore brianzonese o pre-piemontese del margine passivo europeo (Elter, 1971, 1972; Marthaler, 1984; Escher, 1988) oppure, nel caso della prima unità, dalla crosta continentale adriatica (Caby *et al.*, 1978) e in particolare da quella attualmente rappresentata dai lembi austroalpini inferiori, tutti privi di coperture post-varisiche (Dal Piaz, 1999). Il loro spessore varia da qualche centinaio a pochi metri.

39) Successioni permo-mesozoiche indifferenziate

Unità di metasedimenti post-varisici fortemente trasposti. Per confronto con zone meno deformate delle Alpi è possibile ricostruire la seguente successione, dal basso all'alto: i) scisti quarzoso-albitici argentei, con sottili intercalazioni di quarziti verso l'alto (Permiano); ii) rarissimi metaconglomerati a ciottoli centimetrici di quarzo (Verrucano); iii) quarziti bianche lastroidi, con sericite e microclasti di feldspato potassico in quantità accessoria (Eotriassico); iv) sequenze di marmi calcarei e dolomitici, talora con evidenti strutture cicliche, marmi grigio scuri, carniole, microbrecce (Trias medio-superiore); v) marmi pelagici grigio-bluastri con intercalazioni di brecce sedimentarie a elementi dolomitici (Giurassico); vi) calcescisti carbonatici a patina bruna, non ofiolitici (Flysch cretacico ?). Come già detto, in questa casella sono state inserite, per motivi di spazio, anche le sottili unità di copertura del Gran Paradiso, aderenti al basamento cristallino, ma certamente scollate.

40) Calcescisti non ofiolitici e brecce (Dogger ?), ove distinti

Sono stati riconosciuti da Elter (1972, 1987) come elementi costitutivi, post-triassici e pre-ofiolitici, del Fascio di Cogne.

AUSTROALPINO

(Amstutz, 1954, 1962; Argand, 1906, 1908, 1909, 1911; Ballèvre e Kienast, 1987; Ballèvre e Merle, 1993; Ballèvre et al., 1986; Bearth et al., 1980; Benciolini, 1989; Biino e Compagnoni, 1988; Bistacchi et al., 2001; Boriani et al., 1976; Bussy et al., 1998; Canepa et al., 1990; Compagnoni, 1977; Compagnoni et al., 1977; Cortiana et al., 1998; Dal Piaz, 1976, 1993, 1999; Dal Piaz e Nervo, 1971; Dal Piaz e Sacchi, 1969; Dal Piaz et al., 1971, 1972, 1977, 1979, 1983, 2001; De Leo e Compagnoni, 1987; Diehl et al., 1952; Elter, 1960; Gardien, 1994; Gardien et al., 1994; Gosso, 1977; Gosso et al., 1977; Hunziker, 1974; Kienast, 1983; Kienast e Nicot, 1971; Lardeaux e Spalla, 1991; Lardeaux et al., 1982: Minnigh, 1977; Nervo e Polino, 1977; Novarese, 1931; Paganelli et al., 1995; Pennacchioni, 1996; Pennacchioni e Cesare, 1997; Pennacchioni e Guermani, 1993; Pennacchioni et al., 2001; Pognante et al., 1980; Rubatto et al., 1999; Spalla et al., 1983, 1991; Stutz e Masson, 1938; Venturini, 1995; Vuichard, 1987; Williams e Compagnoni, 1983).

Il Sistema Austroalpino è costituito da un insieme di lembi esterni (occidentali), riuniti classicamente nella Falda Dent Blanche *s.l.* di Argand (Elter, 1960; Compagnoni *et al.*, 1977), ma di fatto chiaramente distinti in due gruppi principali in base alla posizione strutturale, alla presenza o non di coperture mesozoiche, all'impronta metamorfica e all'età (Dal Piaz, 1976, 1999; Caby *et al.*, 1978; Ballèvre *et al.*, 1986; Ballèvre e Kienast, 1987; Canepa *et al.*, 1990; Dal Piaz *et al.*, 2001).

La struttura regionale della pila di falde austroalpine e ofiolitiche è complicata dalla presenza della Faglia Aosta-Colle di Joux-Ranzola (Spicher, 1980; *Bigi et al.*, 1990), in realtà un complesso semigraben di età oligocenica, diretto circa est-ovest, che ha ribassato il blocco settentrionale a tetto della faglia maestra di un valore massimo di oltre 3 km (Bistacchi *et al.*, 2001).

Lembi Superiori non Eclogitici

Sono rappresentati dal lembo maggiore della Dent Blanche *s.s.* (DB), che si estende anche in Vallese, e dai sottostanti lembi M.Mary-Cervino (MM) e Pillonet (Pi); essi sono separati da una potente zona di *shear* duttile contenente discontinui corpi delle loro coperture mesozoiche (Zona di Roisan)(Canepa *et al.*, 1990: Dal Piaz, 1999; Bucher *et al.*, 2003). Sono caratterizzati da una impronta

metamorfica in facies scisti verdi (Ballèvre *et al.,* 1986; Pennacchioni e Guermani, 1993; Burri *et al.,* 1998) e da rari relitti in facies scisti blu (glaucofane-crossite, fengite, raro granato; Dal Piaz e Sacchi, 1969; Dal Piaz, 1976; Ballèvre e Kienast, 1987), riferiti al Cretacico superiore (75-74 Ma) da datazioni Rb-Sr e 40Ar-39Ar della mica fengitica del Pillonet (Cortiana *et al.*, 1998). I protoliti sono rappresentati da: i) graniti porfirici, granitoidi a orneblenda e gabbri (Diehl *et al.*, 1952; Dal Piaz *et al.*, 1978) del Permiano inferiore (Bussy *et al.,* 1998), corrispondenti alla Serie di Arolla di Gerlach (1871-83) e Argand (1908); ii) sezioni di crosta profonda costituite da kinzigiti con marmi antichi e metabasiti (Serie di Valpelline) in facies granulitica e anfibolitica prealpina, e dai loro prodotti di retrocessione alpina; iii) locali parascisti di medio grado, talora con porfiroblasti di andalusite (M. Mary); iv) resti delle sequenze mesozoiche di copertura (Zona di Roisan).

Il loro contatto con la sottostante Zona Piemontese è talora complicato da faglie distensive di età oligocenica: in particolare, il già citato sistema di Trois-Villes (Bistacchi e Massironi, 2000), in prevalenza mascherato da depositi quaternari, e la faglia che limita a nord-ovest il lembo del Pillonet (Dal Piaz, 1976).

41) Coperture mesozoiche

Sono rappresentate da marmi, dolomie e rare quarziti (Trias), brecce sedimentarie a elementi dolomitici (*rifting* giurassico), rari marmi pelagici (Malm ?) e successioni torbiditiche carbonatiche e terrigene, di probabile età cretacica, spesso in facies milonitica (Dal Piaz, 1976; Ballèvre e Kienast, 1987; Canepa *et al.*, 1990). I corpi maggiori affiorano nel massiccio della Punta Bianca e al Mt. Blanc du Creton-Chateau des Dames, dove il "multistrato" di Gneiss minuti e sequenze mesozoiche è deformato alla scala meso-megascopica da tre fasi duttili alpine (Dal Piaz, 1992). Negli Gneiss minuti granitici affioranti nel circo a monte del Lago di Cignana vi sono sottili intercalazioni di calcescisti mesozoici (non ofiolitici) che contengono locali corpi di quarziti nerastre (Fe-Mn, anfiboli sodici), le uniche note nella Zona di Roisan (Ballèvre e Kienast, 1987). Nel settore occidentale, l'unità è in genere rappresentata da una fascia di calcescisti fortemente trasposti e miloniti contenenti *pods* di dolomie e marmi triassici di varia dimensione.

42) Complesso kinzigitico (Serie di Valpelline)

E' presente nei lembi della Dent Blanche e del M. Mary, di cui costituisce l'unità superiore, delimitata a letto da un marcato orizzonte milonitico, spesso ripiegato da deformazioni successive (Diehl *et al.*, 1952; Guermani, 1992; Pennacchioni e Guermani, 1993; Pennacchioni e Cesare, 1997; Burri *et al.*, 1998). E' costituito da paragneiss a biotite-granato-sillimanite a grana vistosa, talora a cianite, con granuliti felsiche, frequenti migmatiti di anatessi, numerose intercalazioni di marmi antichi, puri e a silicati, gneiss anfibolici, anfiboliti e granuliti basiche (Kienast e Nicot, 1971; Compagnoni *et al.,* 1977; Ballèvre *et al.*, 1986; Cesare *et al.,* 1989; Gardien *et al.*, 1994). Vi sono abbondanti filoni leucocratici, in prevalenza di tipo pegmatitico, concordanti e discordanti rispetto alla foliazione gneissica prealpina. Questi litotipi, talora perfettamente preservati alla scala megascopica, sono l'espressione di una crosta continentale profonda esumata progressivamente prima dell'orogenesi alpina (Lardeaux e Spalla, 1991; Dal Piaz, 1993; Gardien *et al.,* 1994); vi si associano abbondanti prodotti di retrocessione metamorfica in facies scisti verdi, di tipo statico o associata a una foliazione alpina (Diehl *et al.*, 1952; De Leo *et al.*, 1987).

43) Ortogneiss minuti e parascisti pregranitici

Metagranitoidi granitico-quarzodioritici, talora porfirici (feldspato potassico, albite a scacchiera), gneiss occhiadini e gneiss minuti milonitici (Serie d'Arolla), con locali parascisti pregranitici, indifferenziati, nella falda Dent Blanche (M. Morion-Crête Sèche) e nel M. Mary settentrionale; dominanti paragneiss e micascisti con anfiboliti e locali scisti a blasti di andalusite (Castello di Quart) nell'intero settore meridionale del M. Mary (Canepa *et al.*, 1990; Dal Piaz, 1993).

44) Micascisti, marmi, metabasiti e filoni pegmatitici

Basamento polimetamorfico del Pillonet, con dominante impronta polifasica alpina e locali relitti prealpini (biotite e granato nei parascisti; diopside nei marmi) (Dal Piaz e Sacchi, 1969; Dal Piaz, 1976).

45) Metagraniti a orneblenda

Principali affioramenti di facies massicce o debolmente foliate in domini di *low-strain* alpino (Diehl e*t al.,* 1952; Pennacchioni e Guermani, 1993).

46) Gabbri (Permiano)

Sono distinti i principali corpi di gabbri permiani, in parte perfettamente preservati, in parte con sovraimpronta alpina da incipiente a pervasiva: i grandi corpi del Cervino (Dal Piaz *et al.*, 1977; Bucher *et al.*, 2003) e della Sassa (Guermani, 1992; Burri *et al.,* 1998) appartenenti all'unità di Arolla della falda Dent Blanche e contenenti alcune peridotiti cumulitiche; il corpo di metagabbri anfibolici del Tantanè all'estremità meridionale del lembo del Pillonet (Dal Piaz, 1976); il corpo del M. Pinter, con fortissima sovraimpronta alpina, al margine nord-occidentale della Zona Sesia-Lanzo, tra la Valle di Gressoney e la Val d'Ayas (Dal Piaz *et al.*, 1971; Dal Piaz, 1992).

Lembi Inferiori, Eclogitici

Sono stati rappresentati tutti i lembi di basamento eclogitico, privi di coperture, presenti entro la Zona ofiolitica piemontese a tetto dell'unità ofiolitica inferiore (Zermatt-Saas), o al suo interno (Ballèvre e Merle, 1993; Dal Piaz, 1999; Dal Piaz *et al.*, 2001). Il lembo settentrionale di Etirol-Levaz (EL; Kienast, 1983; Ballèvre *et al.*, 1986) è situato lungo il contatto tettonico di primo ordine che separa la Zona del Combin (scisti blu) dalla sottostante unità Zermatt-Saas (eclogitica). Esso si estende al lato sinistro idrografico della Valtournanche, con una piccola scaglia, non cartografabile, ai piedi della parete occidentale della Becca d'Aran. A sud della Dora, il lembo maggiore del M. Emilius (EM) è situato a tetto della unità Zermatt-Saas, con locale inviluppo prodotto dalla piega di Punta Leppe (Elter, 1960; Bearth *et al.,* 1980; Dal Piaz *et*

al., 1983; Pennacchioni, 1996), ed è interessato da faglie est-ovest correlabili al sistema Aosta-Ranzola. La Zona del Combin, se si estendeva a sud della Dora, doveva trovarsi a tetto del basamento del M. Emilius (Ballèvre *et al.*, 1986; Bistacchi *et al.*, 2001). Al di sotto e all'interno dell'unità Zermatt-Saas si osservano, da tetto a letto: i lembi del Glacier-Rafray (GR), Tour Ponton (TP) e Eaux Rouges/Acque Rosse (AR) (Dal Piaz e Nervo, 1971; Nervo e Polino, 1977; Dal Piaz *et al.,* 1979; Paganelli *et al.,* 1995; Dal Piaz, 1999). Vi sono infine alcuni lembi minori situati al centro del graben, nella zona tra Chatillon e St. Vincent (Dal Piaz e Martin, 1988; Biino e Compagnoni, 1988; Monopoli e Schiavo in Dal Piaz *et al.*, 2001).

L'impronta eclogitica è di età eocenica medio-inferiore (Dal Piaz *et al.*, 2001), quindi ben più recente di quella, del tutto analoga, diffusa nel settore interno della Zona Sesia-Lanzo (Gebauer, 1999). Essa è ben preservata solo in alcuni settori del M. Emilius, mentre altrove e negli altri lembi inferiori è in genere attestata da isolati relitti litologici o mineralogici.

47) Complesso dei Micascisti eclogitici

Micascisti eclogitici da paragneis varisici di alto grado, con intercalazioni lenticolari di eclogiti, glaucofaniti granatifere e rari marmi a silicati, e loro prodotti di retrocessione in facies scisti verdi; minori ortoscisti albitici (Glacier-Rafray, Chatillon), talora ricchi di inclusi basici e scistosi (Gneiss Pipernoidi di Amstutz, 1962; Dal Piaz e Nervo, 1971). Per motivi di scala, non sono stati distinti gli orto dai parascisti, le zone ricche in corpi basici, le intercalazioni di marmi antichi (Emilius), ritenuti Triassici da Amstutz (1962), i filoni leucocratici, la lente di pirosseniti e peridotiti di mantello inserita tettonicamente nella crosta continentale eclogitica del M. Emilius, ai piedi della parete nord dell Becca di Nona, poco lontano dal contatto con le ofioliti piemontesi (Benciolini, 1989). La facies eclogitica è documentata da associazioni a giadeite-omfacite, quarzo, granato, fengite, zoisite, glaucofane, cianite, rutilo.

Zona Sesio-Lanzo

E' una delle unità più famose della catena alpina, quella cha ha consentito di riconoscere i protoliti del Complesso dei micascisti eclogitici (granitoidi e paragneiss pregranitici) e soprattutto dimostrare che anche estese e coerenti sezioni di crosta continentale potevano essere subdotte sino a profondità sottocrostali (Dal Piaz *et al.,* 1972; Compagnoni e Maffeo, 1973; Hunziker, 1974; Compagnoni *et al.,* 1977).

Si suddivide in tre principali unità tettono-metamorfiche, definite nella letteratura classica (Compagnoni *et al.,* 1977, con rif. bibl.) con i nomi di: i) Complesso degli Gneiss minuti, affiorante nel settore esterno e sovrascorso sopra le sequenze ofiolitiche della Zona del Combin; ii) Complesso dei Micascisti eclogitici, affiorante nel settore centrale ed interno, sino alla Linea del Canavese (in Provincia di Torino e quindi fuori carta); iii) Seconda zona diorito-kinzigitica, frammento di crosta profonda situata in posizione sommitale. Anche in questo caso non sono stati distinti i vari litotipi che formano i complessi sopra elencati. Il metamorfismo eclogitico, riferito inizialmente all'intervallo 90-65 Ma (Eoalpino: Dal Piaz *et al.*, 1972; Hunziker, 1974), è stato recentemente ringiovanito al Cretacico superiore (Rubatto *et al.,* 1999; Gebauer, 1999, con rif. bibl.).

48) Complesso esterno degli Gneiss minuti

La sezione della Val d'Aosta è descritta da Spalla *et al.* (1991). E' costituita in gran prevalenza da gneiss minuti albitico-fengitici a epidoto ± attinoto, biotite olivastra, stilpnomelano e subordinati gneiss occhiadini derivati da granitoidi di età carbonifera sup. e/o permiana, analoghi a quelli della Dent Blanche e caratterizzati da una diffusa sovraimpronta metamorfica in facies scisti verdi, con picco termico a 38 Ma (Hunziker *et al.,* 1992), associata ad una foliazione pervasiva disposta a ventaglio. Contengono limitate intercalazioni di parascisti a relitti prealpini di alto grado (Lardeaux e Spalla, 1991).

49) Complesso dei Micascisti eclogitici

E' costituito da micascisti eclogitici derivati da un complesso di paragneiss varisici a biotite-granato-sillimanite e abbondanti pegmatiti, con intercalazioni di eclogiti, glaucofaniti granatifere e marmi, e da granitoidi permiani che, nella classica zona del Monte Mucrone, presso Oropa (fuori carta), conservano ancora i loro contati intrusivi entro i parascisti incassanti (Dal Piaz *et al.,* 1972; Compagnoni e Maffeo, 1973; Zucali, 2002).Vi si associano svariati prodotti di retrocessione metamorfica in facies scisti verdi, particolarmente diffusi nella zona di passaggio al complesso degli Gneiss minuti.

50) Complesso kinzigitico

La II Zona diorito-kinzigitica è un frammento di crosta continentale profonda, in facies granulitica-anfibolitica, del tutto analogo alla già descritta Serie di Valpelline e, se si trascura la sovraimpronta alpina, anche alla crosta continentale profonda delle Alpi Meridionali, rappresentata dalla Zona Ivrea-Verbano (Novarese, 1931; Carraro *et al.*, 1970; Compagnoni *et al.,* 1977). Affiora nel settore orientale della carta, in corrispondenza del M. Nery, ed è in contatto milonitico con gli gneiss minuti sottostanti (Dal Piaz *et al.,* 1971; Minnigh, 1977; Gosso *et al.*, 1979; Vuichard., 1987; Stünitz, 1989).

MAGMATISMO POSTMETAMORFICO

Nella carta sono riportati alcuni filoni ultrapotassici di età oligocenica (32-30 Ma), intrusi nella pila delle falde pennidico-austroalpine dopo il metamorfismo regionale in facies scisti verdi (Lanza, 1977; Venturelli *et al.*, 1984; Diamond e Wiedenbeck, 1986; Bigi *et al.*, 1990). Si noti che la loro messa in posto è coeva con i processi idrotermali verificatisi lungo le faglie del sistema Aosta-Ranzola e Ospizio Sottile (Bistacchi *et al.,* 2001, con rif. bibl.), reponsabili della genesi dei filoni di quarzo aurifero e delle brecce di faglia listvenitiche, indicate in carta come elementi puntuali per motivi di scala.

51) Filoni lamprofirici

Filoni di lamprofiri ultrapotassici e minori andesiti tagliano la foliazione regionale in facies scisti verdi della Zo-

na Sesia-Lanzo e delle Unità ofiolitiche del Combin e di Zermatt-Saas (Val d'Ayas) presso la cupola Arcesa-Brusson. Le loro dimensioni sono state notevolmente ingrandite.

COPERTURE QUATERNARIE

Mantenendo in generale le suddivisioni della carta di Elter, con alcune generalizzazioni dovute alla scala, sono stati rappresentati i depositi glaciali, i depositi alluvionali, il detrito di versante e i principali corpi di frana, senza le molteplici differenziazioni (età, tessiture, ecc.) introdotte nella cartografia regionale dal Progetto CARG.

BIBLIOGRAFIA

Amato J.M., Johnson C., Baumgartner L.P. and Beard B.L., 1999 - *Rapid exhumation of the Zermatt-Saas ophiolite deduced from high-precision Sm-Nd and Rb-Sr geochronology.* Earth Planet. Sci. Lett., v. 171, pp. 425-438.

Amstutz A., 1954 - *Nappe de l'Emilius.* Archives Sci. Genève, v. 7, pp. 463-473.

Amstutz A., 1962 - *Notice pour une carte géologique de la vallée de Cogne et de quelques autres espaces au sud d'Aoste.* Archives Sci. Genève, v. 15/1, pp. 1-104.

Antoine P., 1971 - *La zone des Brèches de Tarantaise entre Bourg Saint Maurice (vallée de l'Isère) et la frontière italo-suisse.* Thèse Univ. Grenoble, 367 pp.

Antoine P., 1972 - *Le domaine pennique externe entre Bourg Saint Maurice (Savoie) et la frontiere italo - suisse.* Géol. Alpine, v. 48, pp. 5-40.

Argand E., 1906 - *Sur la carte tectonique du Massif de la Dent Blanche.* C.R. Acad. Sci. Paris, v. 142, pp. 527-529.

Argand E., 1908 - *Carte géologique du massif de la Dent Blanche (moitié septentrionale), 1:50.000.* Mat. Carte géol. Suisse, n.s., 32, Carte spec. n. 52, Berne.

Argand E., 1909 - *L'exploration géologique des Alpes pennines centrales.* Bull. Soc. Vaudoise Sci. nat., v. 45, 217-276.

Argand E., 1911 - *Les nappes de recouvrement des Alpes pennines et leurs prolongements structuraux.* Mat. Carte géol. suisse, v. 31, 1-26.

Argand E., 1911 - *Les nappes de recouvrement des Alpes pennines et les territoires environants. Essai de carte structurale.* Mat. Carte géol. Suisse, carte spec. n. 64.

Argand E., 1916 - *Sur l'arc des Alpes occidentales.* Eclogae Geol. Helv., v. 14, pp. 145-191.

Argand E., 1934 - *Carte géologique de la Région du Grand Combin, 1:50.000.* Mat. Carte géol. Suisse, carte spec. n. 93, Berne.

Argand E., 1934 - *La Zone Pennique.* Guide géol. Suisse 3, pp. 149-189, Wepf & Co. Basel.

Armando E. e Dal Piaz G.V., 1970 - *Studio geologico e geofisico della coltre quaternaria nei dintorni di Aosta.* Quaderno Ist. Recerca Acque: Ricerche sulle falde acquifere profonde delle vallate alpine e appenniniche, pp. 1-12.

Ayrton A., Bugnon C., Haarpainther T., Weidmann M. et Frank E., 1982 - *Géologie du front de la Nappe de la Dent-Blanche dans la région des Mont-Dolins, Valais.* Eclogae Geol. Helv., v. 75, pp. 269-286.

Baggio P., 1958 - *Il granito del Monte Bianco e le sue mineralizzazioni uranifere.* Studi ricerche divisione geomin. CNEN, v. 1, pp. 3-128.

Baggio P., 1964 - *Contributo alla conoscenza geologica del versante italiano del Monte Bianco.* Atti Ist. Veneto Sci. Lett. Arti, v. 122, pp. 293-325.

Baggio P., Elter G. e Malaroda R., 1960 - *Il traforo del Monte Bianco: prime osservazioni geologiche sul tratto dall'imbocco alla progressiva 1300.* Rend. Acc. Naz. Lincei, v. 28, pp. 470-476.

Baggio P., Ferrara G. and Malaroda R., 1967 - *Results of some Rb/Sr age determinations of the rocks of the Mont Blanc tunnel.* Boll. Soc. Geol. It., v. 86, pp. 193-212.

Baggio P. e Mezzacasa G., 1971 - *Carta geologica della zona tra la Brenva e T. Jetoula (Massiccio del Monte Bianco).* STEM Mucchi, Modena.

Bagnoud A., Wernli R. et Sartori M., 1998 - *Foraminifères paléogènes de la zone Sion-Courmaieur.* Eclogae Geol. Helv., v. 91, pp. 421-429.

Baldelli C., Dal Piaz G.V. and Lombardo B., 1985 - *Ophiolite eclogites from Verres, Val d'Aosta, Western Alps, Italy.* Chemical Geol., v. 50, pp. 87-98.

Baldelli C., Dal Piaz G.V. e Polino, 1983 - *Le quarziti manganesifere di Varenche-St.Bartelemy. Sequenza sopraoceanica della falda piemontese.* Ofioliti, v. 8, pp. 207-221.

Ballèvre M., 1988 - *Collision continentale et chemins P-T. L'unité Pénnique du Grand Paradis (Alpes Occidentales).* Mém. Doc. CAESS Rennes, v. 19, 332 pp.

Ballèvre M. et Kienast J.R., 1987 - *Découverte et signification de paragenèses à grenat-amphibole bleu dans la couverture mésozoïque de la nappe de la Dent- Blanche (Alpes occidentales).* C.R. Acad. Sci. Paris, v. 305, pp. 43-47.

Ballèvre M., Kienast J.R. et Vuichard J.P., 1986 - *La "nappe de la Dent Blanche" (Alpes occidentales): deux unités austroalpines indipéndantes.* Eclogae Geol. Helv., v. 79, pp. 57-74.

Ballèvre M. and Merle O., 1993 - *The Combin Fault: reactivation of a detachment fault.* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 73, pp. 205-227.

Barbier R. et Trumpy R., 1955 - *Sur l'age de Flysch de la zone des brèches de Tarantaise.* Bull. Soc. Géol. France, v. 6, pp. 207-216.

Baretti M., Bruno C., Bruno L., Gastaldi B. e Gerlach H., 1860-1879 ca. - *Carta geologica delle Alpi Piemontesi.* Mosaico di 29 Fogli alla scala 1:50.000, colorati a mano, ridotti al 1:380.000 e stampati a cura di F. Campanino e R. Polino, 2000, Museo Regionale Sci. Nat., Regione Piemonte, e CNR.

Battiston P., Benciolini L., Dal Piaz G.V., De Vecchi G., Marchi G., Martin S., Polino R. e Tartarotti P., 1987 - *Geologia di una traversa dal Gran Paradiso alla Zona Sesia-Lanzo in alta Val Soana, Piemonte.* Mem. Soc. Geol. It., v. 29, pp. 209-232.

Bearth P., 1952 - *Geologie und Petrographie des Monte Rosa.* Beitr. Geol. Karte Schweiz, v. 96, 94 pp.

Bearth P., 1962 - *Contribution à la subdivision tectonique et stratigraphique du cristallin de la nappe du Grand-St-Bernard dans le Valais (Suisse).* Géol. Soc. France, mém. h. sér., v. 2, pp. 407-418.

Bearth P., 1967 - *Die Ophiolite der Zone von Zermatt-Saas Fee.* Beitr. Geol. Karte Schweiz, N. F., v. 132, 130 pp.

Bearth P., 1974 - *Gliederung und Metamorphose der Ophiolite der Westalpen.* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 54, pp. 385-397.

Bearth P., Dal Piaz G.V., Elter G., Gosso G., Martinotti G. e Nervo R., 1980 - *Il lembo di ricoprimento del Monte Emilius, Dent Blanche s.l.* Atti Acc. Sci. Torino, v. 114, pp. 226-240.

Beccaluva L., Dal Piaz G.V. and Macciotta G., 1984 - *Transitional to normal-MORB affinities in ophiolitic metabasites from the Zermatt-Saas, Combin and Antrona units, Western Alps: implications for the paleogeographic evolution of the Western Tethyan basin.* Geol. en Mijnbow, v. 63, pp. 165-177.

Beccaluva L., Dal Piaz G.V., Macciotta G. and Zeda O., 1978 - *The Austroalpine harzburgite body of the Artogna valley (Italian western Alps).* Mem. Sci. Geol., v. 33, pp. 173-181.

Benciolini L., 1989 - *Eclogitized websterite-rich subcontinental mantle slice in the austroalpine Mt. Emilius nappe.* Mem. Sci. Geol., v. 48, pp. 73-91.

Benciolini L., Lombardo B. and Martin S., 1988 - *Mineral chemistry and Fe/Mg exchange geothermometry of ferrogabbro-derived eclogites from the Northwestern Alps.* N. Jb. Min. Abh., v. 159, pp. 199-222.

Benciolini L., Martin S. e Tartarotti P., 1987 - *Il metamorfismo eclogitico nel basamento del Gran Paradiso ed in unità piemontesi della Valle di Campiglia.* Mem. Soc. Geol. It., v. 29, pp. 127-151.

Bertini G., Marcucci M., Nevini R., Passerini P. and Sguazzoni G., 1985 - *Patterns of faulting in the Mont Blanc Granite.* Tectonophysics, v. 111, pp. 65-106.

Bertrand J.M., 1968 - *Etude structurale du versant occidental du massif du Grand Paradis (Alpes Graies).* Géol. Alpine, v. 44, pp. 57-87.

Bigi G., Castellarin A., Coli M., Dal Piaz G.V., Sartori R., Scandone P. and Vai G.B., 1990 - *Structural Model of Italy, sheet 1.* C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, S.EL.C.A. Firenze.

Biino G. e Compagnoni R., 1988 - *La scaglia di Grun in Val d'Aosta: un lembo austroalpino composito, incluso nelle metaofioliti della Zona Piemontese.* Boll. Soc. Geol. It.. v. 107, pp. 101-107.

Biino G. and Pognante U., 1989 - *Paleozoic continental-type gabbros in the Gran Paradiso nappe (Western Alps): Early-Alpine eclogitization and geochemistry.* Lithos, v. 24, pp. 3-19.

Bistacchi A, Dal Piaz G.V., Massironi M., Zattin M. and Balestrieri M.L., 2001 - *The Aosta-Ranzola extensional fault system and Oligocene-Present evolution of the north-western Alpine nappe stack.* Int. J. Earth Sci., v. 90, pp. 654-667.

Bistacchi A., Eva E., Massironi M. and Solarino S., 2000 - *Miocene to Present kinematics of the NW-Alps: evidence from remote sensing, structural analysis, seismotectonics and thermochronology.* J. Geodynamics, v. 30, pp. 205-228.

Bistacchi A. and Massironi M., 2000 - *Post-nappe brittle tectonics and kinematic evolution of the north-western Alps: an integrated approach.* Tectonophysics, v. 327, pp. 267-292.

Borghi A., Compagnoni R. and Sandrone R., 1996 - *Composite P-T paths in the Internal Penninic Massifs of the Western Alps: Petrological constraints to their thermo-mechanical evolution.* Eclogae geol. Helv., v. 89, pp. 345-367.

Boriani A., Dal Piaz G.V., Hunziker J.C., Raumer von J. e Sassi F.P., 1976 - *Caratteri, distribuzione ed età del metamorfismo prealpino nelle Alpi.* Atti colloquio Orogenesi Ercinica nelle Alpi, Bergamo 14-16 marzo 1994, Mem. Soc. Geol. It., v. 13 (1974), suppl. 1, pp. 165-225.

Bousquet R., Goffé B., Vidal B., Oberhänsli R. and Patriat M., 2002 - *The tectono-metamorphic history of the Valaisan domain from the Western to the Central Alps: New constraints on the evolution of the Alps.* GSA Bull., v. 114, pp. 207-225.

Bowtell S.A., Cliff R.A. and Barnicoat C., 1994 - *Sm-Nd isotopic evidence on the age of eclogitization in the Zermatt-Saas ophiolite.* J. metam. Geol., v. 12, pp. 187-196.

Brouwer F.M., Vissers R.L.M. and Lamb W.M., 2002 - *Structure and metamorphism of the Gran Paradiso massif, western Alps, Italy.* Contrib. Mineral. Petrol., v. 143, pp. 450-470.

Bucher J., Dal Piaz G.V., Oberhänsli R., Gouffon Y., Martinotti G. und Polino R., 2003 - *Blatt 1347-Matterhorn mit Erleuterungen.* Geol. Atlas Schweiz 1:25.000.

Burri M., 1983 - *Le front du Grand Saint-Bernard du val d'Herens au val d'Aoste (Italie).* Eclogae geol. Helv., v. 76, 469-490.

Burri M., Alliman M., Chessex R., Dal Piaz G.V., Della Valle G. Du Bois L., Gouffon Y., Guermani A., Hagen T., Krummenacher D. et Looser M.O., 1998 - *Feuille 1346 Chanrion, avec partie nord de la feuille 1366 Mont Vélan.* Atlas géol. Suisse 1:25.000, Serv. hydrol. géol. national, Berne.

Bussy F., Schaltegger U. and Marro Ch., 1989 - *The age of the Mont Blanc granite (Western Alps): a heterogeneous isotopic system dated by Rb-Sr whole rock determination on its microgranular enclaves.* Schweiz. mineral. petr. Mitt., v. 69, pp. 3-13.

Bussy F., Venturini G., Hunziker J.C. and Martinotti G., 1998 - *U-Pb ages of magmatic rocks of the western Austroalpine Dent-Blanche-Sesia Unit.* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 78, pp. 163-168.

Caby R., 1968 - *Contribution à l'étude structurale des Alpes Occidentales. Subdivision stratigraphiques et structure de la zone du Grand-Saint-Bernard dans la partie sud du Val d'Aoste (Italie).* Géol. Alpine, v. 44, pp. 95-111.

Caby R., 1974 - *Gneiss permo-carbonifères d'origine magmatique et volcanique dans la zone houillère et la zone du Grand-Saint-Bernard en Val d'Aoste (Italie).* Géol. Alpine, v. 50, pp. 39-44.

Caby R., 1981 - *Le Mesozoïque de la zone du Combin en val d'Aosta (Alpes graïes): Imbrications tectoniques entre séries issues des domaines pennique, austroalpin et océanique.* Géol. Alpine, v. 57, pp. 5-13.

Caby R. and Kienast J.R., 1989 - *Meso-alpine high pressure assemblages and excavation of the Ruitor briançonnais basement (Savoie, Val d'Aoste, Graie Alps).* Terra Abstracts, v. 1, p. 226.

Caby R., Kienast J.R. and Saliot P., 1978 - *Structure, métamorphisme et modèle d'évolution tectonique des Alpes occidentales.* Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn., v. 20, pp. 307-322.

Callegari E., Compagnoni R. e Dal Piaz G.V., 1969 - *Relitti di strutture intrusive erciniche e scisti a sillimanite nel Massiccio del Gran Paradiso.* Boll. Soc. Geol. It., v. 88, pp. 59-69.

Callegari E., Compagnoni R., Dal Piaz G.V., Frisatto V., Gosso G. e Lombardo B., 1976 - *Nuovi affioramenti di metagranitoidi nella zona Sesia-Lanzo.* Rend. Soc. It. Min. Petr., v. 32, pp. 97-111.

Canepa M., Castelletto M., Cesare B., Martin S. and Zaggia L., 1990 - *The Austroalpine Mont Mary nappe (Italian Western Alps).* Mem. Sci. Geol., v. 42, pp. 1-17.

Cannic S., Lardeaux J.M., Mugnier J.L and Hernandez J., 1996 - *Tectono-metamorphic evolution of the Roignais-Versoyen unit (Valaisan domain, France).* Eclogae geol. Helv., v. 89, pp. 321-343.

Carraro F., Dal Piaz G.V. e Sacchi R., 1970 - *Serie di Valpelline e II zona Dioritico-Kinzgitica sono i relitti di un ricoprimento proveninete dalla Zona Ivrea-Verbano.* Mem. Soc. Geol. It., v. 9, pp. 197-224.

Carraro F., Ghibaudo G., Giardino M. e Perotto A., 1994 - *Intense deformazioni in depositi fluvio-lacustri olocenici della media Valle d'Aosta.* Atti Ticinensi Sci. Terra, v. 1, pp. 123-136.

Castelli D., 1985 - *La falda piemontese alla base del margine sud-occidentale del lembo dell'Emilius - media Valle d'Aosta.* Ofioliti, v. 10, pp. 19-34.

Castello P., 1981 - *Inventario delle mineralizzazioni a magnetite, ferro-rame e manganese del complesso piemontese dei calcescisti con pietre verdi in valle d'Aosta.* Ofioliti, v. 6, pp. 5-46.

Cesare B., Martin S. and Zaggia L., 1989 - *Mantle peridotites from the Austroalpine Mont Mary nappe (Western Alps).* Schweiz. mineral. petr. Mitt., v. 69, pp. 91-97.

Chopin C. (1979) - *De la Vanoise au Massif du Grand Paradis.* Thèse Univ. P. M. Curie, Paris, 145 pp.

Chopin C. and Maluski H., 1980 - *^{40}Ar-^{39}Ar dating of high pressure metamorphic micas from the Gran Paradiso area (Western Alps): evidence against the blocking-temperature concept.* Contrib. Mineral. Petrol., v. 74, pp. 109-122.

Chopin C. and Monié P., 1984 - *A unique magnesiochloritoid-bearing, high-pressure assemblage from the Monte Rosa, Western Alps: petrologic and ^{40}Ar-^{39}Ar radiometric study.* Contrib. Mineral. Petrol., v. 87, pp. 388-398.

Cigolini C., 1992 - *Carta geologica del ricoprimento del Gran San Bernardo tra la Valsavarenche e la Val di Rhêmes (Valle d'Aosta) al 1:20.000.* In B. Lombardo (ed.), Studies on metamorphic rocks and minerals of western Alps, Appendix. Boll. Museo Reg. Sci. Nat., suppl. v. 13/2, Torino 1995.

Cita M.B., 1953 - *Studi geologici sulla Valle Ferret italiana.* Boll. Serv. Geol. It., v. 75, pp. 65-172.

Compagnoni R., 1977 - *The Sesia-Lanzo zone: high pressure-low temperature metamorphism in the Austro-Alpine continental margin.* Rend. Soc. It. Min. Petr., v. 33, pp. 335-374.

Compagnoni R., Dal Piaz G.V., Hunziker J.C., Gosso G., Lombardo B. and Williams P.F., 1977 - *The Sesia-Lanzo zone, a slice of continental crust with alpine high pressure-low temperature assemblages in the Western Italian Alps.* Rend. Soc. It. Min. Petr., v. 33, pp. 281-334.

Compagnoni R., Elter G., Fiora L., Natale P. e Zucchetti S., 1979 - *Nuove osservazioni sul giacimento di magnetite di Cogne.* Rend. Soc. It. Min. Petr., v. 35, pp. 755-766.

Compagnoni R., Elter G. e Lombardo B., 1974 - *Eterogeneità stratigrafica del complesso degli "gneiss minuti" nel massiccio cristallino del Gran Paradiso.* Mem. Soc. Geol. It., v. 13/1, pp. 227-239.

Compagnoni R. and Lombardo B., 1974 - *The Alpine age of the Gran Paradiso eclogites.* Rend. Soc. It. Mi. Petr., v. 30, 223-237.

Compagnoni R. and Maffeo B., 1973 - *Jadeite-bearing metagranites l.s. and related rocks in the Mount Mucrone area (Sesia-Lanzo Zone, Western Italian Alps).* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 53, pp. 355-378.

Compagnoni R. e Prato R., 1969 - *Paramorfosi di cianite su sillimanite in scisti pregranitici del massiccio del Gran Paradiso.* Boll. Soc. Geol. It., v. 88, pp. 537-549.

Corbin P. et Oulianoff N., 1930 - *Observations sur le metamorphisme de contact produit par la protogine du Mont-Blanc.* Bull. Soc. géol. France, v. 30, pp. 563-570.

Corbin P. et Oulianoff N., 1927-1959 - *Carte géologique du Mont Blanc 1:20.000 et Notices explicatives.*

Cornelius H.P., 1937 - *Einige Beobachtungen an den Gneisen des Monte Rosa und Gran Paradiso.* Mitt. Geol. Ges. Wien, v. 29 (1936), pp. 1-20.

Cortiana G., Dal Piaz G.V., Del Moro A., Hunziker J.C. and Martin S., 1998 - *^{40}Ar-^{39}Ar and Rb-Sr dating of the Pillonet klippe and Sesia-Lanzo basal slice in the Ayas valley and evolution of the Austroalpine-Piedmont nappe stack.* Mem. Sci. Geol., v. 50, pp. 177-194.

Cossa A., 1880 - *Rutil von Gastaldit-Eklogit von Val Tournanche.* N. Jb. Min., 1880, pp. 162-163.

Dal Piaz Gb., 1928 - *Geologia della catena Herbetet-Grivola-Gran Nomenon.* Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, v. 7, 84 pp., 1 carta colori 1:25.000.

Dal Piaz Gb., 1928 - *La digitazione gneissica di Val Inferno (Gran Paradiso) e le sue relazioni con la massa frontale del ricoprimento quinto.* Rend. Acc. Naz. Lincei, v. 6, pp. 150-154.

Dal Piaz Gb., 1938 - *Alcune considerazioni sull'età del Gran Paradiso, del Monte Rosa e degli Alti Tauri.* Periodico Min., v. 9, pp. 273-287.

Dal Piaz Gb., 1939 - *La discordanza ercinica nella zona pennidica e le sue conseguenze nei riguardi della Storia geologica della Alpi.* Boll. Soc.Geol. It., v. 58, pp. 105-152.

Dal Piaz Gb., 1939 - *Considerazioni geologiche sui giacimenti antracitici carboniferi delle Alpi italiane.* Acc. Sci. Torino, 1939, 16 pp.

Dal Piaz Gb. e Dal Piaz G.V., 1984 - *Sviluppo delle concezioni faldistiche nell'interpretazione tettonica delle Alpi (1840-1940).* Volume giubilare 1° Centenario, Soc. Geol. Ital., pp. 41-70, Pitagora-Tecoprint, Bologna.

Dal Piaz G.V., 1965 - *Il lembo di ricoprimento della Becca di Toss: struttura retroflessa della zona del Gran San Bernardo.* Mem. Acc. Patavina Sci. Lett. Arti, v. 77, pp. 107-136.

Dal Piaz G.V., 1969 - *Filoni rodingitici e zone di reazione a bassa temperatura al contatto tettonico tra serpentine e rocce incassanti nelle Alpi occidentali italiane.* Rend. Soc. It. Min. Petr., v. 25, pp. 263-315.

Dal Piaz G.V., 1971 - *Nuovi ritrovamenti di cianite alpina nel cristallino antico del Monte Rosa.* Rend. Soc. It. Min. Petr., v. 27, pp. 437-477.

Dal Piaz G.V., 1971 - *Alcune considerazioni sulla genesi delle ofioliti piemontesi e dei giacimenti ad esse associati.* Boll. Ass. Miner. Subalpina, v. 8, pp. 365-388.

Dal Piaz G.V., 1976 - *Il lembo di ricoprimento del Pillonet, falda della Dent Blanche nelle Alpi occidentali.* Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, v. 31, pp. 1-60, carta geol. colori 1:12.500.

Dal Piaz G.V. (ed.), 1992. *Le Alpi dal M.Bianco al Lago Maggiore. I Volume: 13 itinerari.* Guide Geol. Regionali, Soc. Geol. It., BE-MA Milano, v. 3, 311 pp.

Dal Piaz G.V., 1993 - *Evolution of Austro-Alpine and Upper Penninic basement in the northwestern Alps from Variscan convergence to post-Variscan extension.* In J. Von Raumer and F. Neubauer (eds), Pre-Mesozoic geology in the Alps. Springer-Verlag, pp. 327-344.

Dal Piaz G.V., 1997 - *Alpine geology and hystorical evolution of the orogenic concept.* Acc. Sci. Torino, Mem. Sci. Fis., v. 21, pp. 49-83.

Dal Piaz G.V., 1999 - *The Austroalpine-Piedmont nappe stack and the puzzle of Alpine Tethys.* In G. Gosso *et al.* (eds), 3td Workshop on Alpine Geological Studies, Biella-Oropa, September 29th-October 1st 1997, Mem. Sci. Geol., v. 51, pp. 155-176.

Dal Piaz G.V., 2001 - *Geology of the Monte Rosa massif: historical review and personal comments.* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 81, pp. 275-303.

Dal Piaz G.V., Bistacchi A. and Massironi M., 2003 - *Geological outline of the Alps.* Episodes, v. 26/3, pp. 174-179.

Dal Piaz G.V., Cortiana G., Del Moro A., Martin S., Pennacchioni G. and Tartarotti P., 2001 - *Tertiary age and paleostructural inferences of the eclogitic imprint in the Austroalpine outliers and Zermatt-Saas ophiolite, Western Alps.* Intern. J. Earth Sci., v. 90, pp. 668-684.

Dal Piaz G.V., De Vecchi Gp. and Hunziker J.C., 1977 - *The Austroalpine layered gabbros of the Matterhorn and* Mt. *Collon-Dents de Bertol.* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 57, pp. 59-88.

Dal Piaz G.V., Di Battistini G., Kienast J.R. and Venturelli G., 1979 - *Manganiferous quartzitic schists of the Piemonte ophiolite nappe in the Valsesia-Valtournanche area (Italian Western Alps).* Mem. Sci. Geol., v. 32, pp. 1-24.

Dal Piaz G.V. and Ernst W.G., 1978. *Areal geology and petrology of eclogites and associated metabasites of the Piemonte ophiolite nappe, Breuil-St.Jacques area, Italian Western Alps.* Tectonophysics, v. 51, pp. 99-126.

Dal Piaz G.V., Gosso G. e Martinotti G., 1971 - *La II Zona diorito-kinzigitica tra la Valsesia e la Valle d'Ayas (Alpi occidentali).* Mem. Soc. Geol. It., v. 10, pp. 257-276, 1 carta 1:75.000.

Dal Piaz G.V. e Govi M., 1965 - *Osservazioni geologiche sulla "Zona del Gran San Bernardo" nell'alta Valle d'Aosta.* Boll. Soc. Geol. It., v. 84/1, pp. 1-23.

Dal Piaz G.V., Hunziker J.C. e Martinotti G., 1972 - *La Zona Sesia-Lanzo e l'evoluzione tettonico-metamorfica delle Alpi nordoccidentali interne.* Mem. Soc. Geol. It., v. 11, pp. 433-466.

Dal Piaz G.V. and Lombardo B., 1986 - *Early-Alpine eclogite metamorphism in the Penninic Monte Rosa-Gran Paradiso basement nappes of the northwestern Alps.* Geol. Soc. Am. Mem., v. 164, pp. 249-265.

Dal Piaz G.V., Lombardo B. and Gosso G., 1983 - *Metamorphic evolution of the Mt. Emilius klippe, Dent Blanche nappe, Western Alps.* Am. J. Sci., v. 283A, pp. 438-458.

Dal Piaz G.V. e Martin S., 1988 - *Dati microchimici sul metamorfismo alpino nei lembi Austroalpini del Pillonet e di Chatillon (Valle d'Aosta).* Rend. Soc. Geol. It., v. 9 (1986), pp. 15-16.

Dal Piaz G.V. e Nervo R., 1971 - *Il lembo di ricoprimento del Glacier-Rafray (Dent Blanche l.s.).* Boll. Soc. Geol. It., v. 90, pp. 401-414.

Dal Piaz G.V., Nervo R. e Polino R., 1979 - *Carta geologica del lembo del Glacier-Rafray (Dent Blanche s.l.) e note illustrative.* Centro Studio problemi orogeno Alpi occidentali, CNR Torino, n. 2, 24 pp.

Dal Piaz G.V. e Omenetto P., 1978 - *Brevi note su alcune mineralizzazioni della falda piemontese in Valle d'Aosta.* Ofioliti, v. 3, pp. 161-176.

Dal Piaz G.V. e Sacchi R., 1969 - *Osservazioni geologiche sul lembo di ricoprimento del Pillonet (Dent Blanche l.s.).* Mem. Soc. Geol. It., v. 8, pp. 835-846.

De Leo S., Biino G. e Compagnoni R., 1987 - *Riequilibrazioni metamorfiche alpine nelle serie di Valpelline e di Arolla a nord di Bionaz (Valpelline, Aosta).* Rend. Soc. It. Min. Petr., v. 42, pp. 181-182.

De Saussure H.B., 1779-96 - *Voyages dans les Alpes.* Fauche-Borel, Neuchâtel.

Desmons J., Aprahamian J., Compagnoni R., Cortesogno L., Frey M. and Coworkers, 1999 - *Alpine metamorphism of the Western Alps: I. Middle to high-P/T metamorphism.* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 79, pp. 89-110.

Desmurs L., Manatschal G. and Bernoulli D., 2001 - *The Steinmann Trinity: mantle exhumation and magmatism along an ocean-continent transition: the Platta nappe, eastern Switzerlans.* In R.C.L. Wilson, R.B. Whitmarsh, B. Taylor & N. Froitzheim (eds), Non-volcanic rifting of continental margins: a comparative evidence from land and sea. Geol. Soc. London, Spec. Publ., v. 187, pp. 235-266.

Diamond L.W., 1990 - *Fluid inclusion evidence for P-V-T-X evolution of hydrothermal solutions in Late-Alpine gold-quartz veins at Brusson, Val d'Ayas, northwest Italian Alps.* Am. J. Sci., v. 290, pp. 912-958.

Diamond L.W. and Wiedenbeck M., 1986 - *K-Ar radiometric ages of the gold-quartz veins at Brusson, Val d'Ayas, NW Italiy: evidence of mid-Oligocene hydrothermal activity in the Northwestern Alps.* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 66, pp. 385-393.

Diehl E.A., Masson R. e Stutz A.H., 1952 - *Contributi alla conoscenza del ricoprimento Dent Blanche.* Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, v. 17, 53 pp.

Duparc L. et Mrazec L., 1898 - *Recherches géologiques et pétrographiques sur le massif du Mont Blanc.* Mém. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève, v. 33, 227 pp.

Ellenberger F., 1958 - *Etude géologique du pays de Vanoise.* Mém. Soc. Géol. France, 561 pp.

Elter G., 1953 - *Sul rilevamento geologico di alcune zone dei fogli 27 (Monte Bianco) e 28 (Aosta).* Boll. Serv. Geol. d'Italia, v. 75, pp. 692-698.

Elter G., 1954 - *Osservazioni geologiche nella regione di Courmayeur (alta Valle d'Aosta).* Pubbl. Ist. Geol. Univ. Torino, v. 2, pp. 1-9.

Elter G., 1955 - *Nuovi risultati del rilevamento dei fogli Monte Bianco e Aosta.* Boll. Serv. Geol. d'Italia, v. 76, pp. 477-479.

Elter G., 1960 - *La zona Pennidica dell'alta e media Valle d'Aosta.* Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, v. 22, 113 pp., con carta tettonica al 1:100.000.

Elter G., 1971 - *Schistes lustrées et ophiolites de la zone piémontaise entre Orco et Doire Baltée (Alpes Graies). Hypothèses sur l'origine des ophiolites.* Géol. Alpine, v. 47, pp. 147-169.

Elter G., 1972 - *Contribution à la connaissance du briançonnais interne et de la bordure piémontaise dans les Alpes Graies nordorientales et considérations sur les rapports entre les zones du briançonnais et des schistes lustrés.* Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, v. 28, 19 pp.

Elter G., 1987 - *Carte géologique de la Vallée d'Aoste, échelle 1:100.000.* Centro Studio problemi orogeno Alpi Occidentali, C.N.R. Torino, S.EL.C.A., Firenze, allegata a Dal Piaz G.V., 2002, *Commemorazione di Giulio Elter.* Mem. Sci. Geol., v. 53, pp. 153-162.

Elter G. e Elter P., 1957 - *Sull'esistenza, nei dintorni del Piccolo San Bernardo, di un elemento tettonico riferibile al ricoprimento del Pas du Roc.* Rend. Acc. Naz. Lincei, ser. 8, v. 22, pp. 181-187.

Elter G. e Elter P., 1965 - *Carta geologica della regione del Piccolo S. Bernardo (versante italiano). Note illustrative.* Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, v. 25, 53 pp.

Ernst W.G., 1973 - *Interpretative synthesis of metamorphism in the Alps.* Geol. Soc. Am. Bull., v. 84, pp. 2053-2078.

Ernst W.G. and Dal Piaz G.V., 1978 - *Mineral parageneses of eclogitic rocks and related mafic schists of the Piemonte ophiolite nappe, Breuil-St.Jacques area, Italian Western Alps.* Am. Miner., v. 63, pp. 621-640.

Escher A., 1988 - *Structure de la nappe du Grand Saint-Bernard entre le val de Bagnes et les Mischabel.* Rapp. geol. Serv. hydrol. géol. nat., Berne n. 7, 26 pp.

Escher A., Hunziker J.C., Marthaler M., Masson H., Sartori M. and Steck A., 1997 - *Geologic framework and structural evolution of the western Swiss-Italian Alps.* In O.A. Pfiffner, P. Lehner, P. Heitzmann, St. Mueller and A. Steck (eds), Deep structure of the Swiss Alps. Birkäuser Verlag, Basel, pp. 205-221.

Escher A., Masson H. et Steck A., 1987 - *Coupe géologique des Alpes occidentales suisses.* Rapp. geol. Serv. hydrol. et géol. nat., Berne, n. 2.

Fabre J., 1961 - *Contribution a l'etude de la zone houillère en Maurienne et Tarantaise.* Mém. B.R.G.M., v. 2, 315 pp.

Fenoglio M. e Rigault G., 1959 - *Studi geologico-petrografici sulla formazione dioritica di Cogne-Valsavaranche (Valle d'Aosta).* Rend. Acc. naz. Lincei, v. 26, pp. 335-344.

Feys R., 1963 - *Etude géologique du Carbonifere briançonnais.* Mém. B.R.G.M., v. 6, 397 pp.

Franchi S., 1898 - *Sull'età mesozoica della zona delle pietre verdi nelle Alpi Occidentali.* Boll. R. Comit. Geol. It., v. 29, pp. 173 - 247 e 325 - 482.

Franchi S., 1899 - *Nuove località con fossili mesozoici nella zona delle pietre verdi presso il Colle del Piccolo S. Bernardo (Valle d'Aosta).* Boll. R. Comit. Geol. It., v. 30, pp. 302-324.

Franchi S., 1901 - *Rilevamenti geologici del 1899-1900.* In Relazione Ispettore Capo Corpo Miniere, Boll. R. Comit. Geol. It. (parte ufficiale), v. 32, pp. 35-39.

Franchi S., 1902 - *Contributo allo studio delle roccie a glaucofane e del metamorfismo onde ebbero origine nella regione ligure-alpina occidentale.* Boll. R. Comit. Geol. It., v. 33, pp. 255-318.

Franchi S. e Stella A., 1903 - *I giacimenti di antracite della Valle d'Aosta.* Mem. descr. Carta Geol. d'Italia, v. 12, pp. 11-92.

Freeman S.R., Inger S., Butler W.H. and Cliff R.A., 1995 - *Dating deformation using Rb-Sr in white mica: Greenschist-facies deformation ages from the Entrelor shear zone, Italian Alps.* Tectonics, v. 16, pp. 57-76.

Frey M., Desmons J. and Neubauer F., 1999 - *The new metamorphic map of the Alps.* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 79, pp. 1-230.

Frey M., Hunziker J.C., Frank W., Bocquet J., Dal Piaz G.V., Jäger E. and Niggli E., 1974 - *Alpine metamorphism of the Alps: a review.* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 54, pp. 247-290.

Frey M., Hunziker J.C., O'Neil J.R. and Schwander H.W., 1976 - *Equilibrium-disequilibrium relations in the Monte Rosa granite, western Alps: petrological, Rb-Sr and stable isotope data.* Contributions Mineral. Petrol., v. 55, pp. 147-179.

Froitzheim N., 2001 - *Origin of the Monte Rosa nappe in the Pennine Alps – A new working hypothesis.* GSA Bull., v. 113, pp. 604-614.

Fügenschuh B., Loprieno A., Ceriani S. and Schmid S., 1999 - *Structural analysis of the Subbriançonnais and Valais units in the area of Moutiers (Savoy, Western Alps): Paleogeographical and tectonic consequences.* Intern. J. Earth. Sci., v. 88, pp. 201-218.

Gardien V., 1994 - *Présence de disthène anté-alpin dans les gneiss de la série de la Valpelline (Dent Blanche, Alpes Occidentales).* C.R. Acad. Sci. Paris, v. 319, pp. 899-905.

Gardien V., Reusser E. and Marquer D., 1994 - *Pre-Alpine metamorphic evolution of the gneisses from the Valpelline series (Western Alps, Italy).* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 74, pp. 489-502.

Gebauer D., 1999 - *Alpine geochronology of the Central and Western Alps: new constraints for a complex geodynamic evolution.* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 79, pp. 191-208.

Gerlach H., 1869 - *Karte der Penninischen Alpen, 1:200.000.* N. Denkschr. allg. schweiz. Ges. gesamten Naturwiss., v. 23.

Gerlach H., 1871 - *Das südwestliche Wallis.* Beiträge geol. Karte der Schweiz, v. 9, pp. 1-175.

Gerlach H., 1883 - *Die penninischen Alpen.* Beiträge geol. Karte der Schweiz, v. 27, pp. 1-159.

Giese P., Gunther K. und Reutter K., 1970 - *Vergleichende geologische und geophysikalische Betrachtungen der Westalpen und des Nordapennins.* Zeit. geol. Ges., v. 120, pp. 151-195.

Giordano F., 1869 - *Sulla geologica costituzione del Gran Cervino.* Atti R. Acc. Sci. Torino, v. 4, pp. 304-321.

Goffé B. et Bousquet R., 1997 - *Ferrocarpholite, chloritoide et lawsonite dans les métapelites des unités du Versoyen et du Petit St. Bernard (zone valaisanne).* Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., v. 77, pp. 137-147.

Gosso G., 1977 - *Metamorphic evolution and fold history in the eclogitic micaschists of the upper Gressoney valley (Sesia-Lanzo Zone, Western Alps).* Rend. Soc. It. Min. Petr., v. 33, pp. 389-407.

Gosso G., Dal Piaz G.V., Piovano V. and Polino R., 1979 - *High pressure emplacement of early-alpine nappes, postnappe deformations and structural levels.* Mem. Sci. Geol., v. 32, 15 pp.

Gouffon Y., 1993 - *Géologie de la nappe du Grand St. Bernard entre la Dore Baltée et la frontière suisse (Valle d'Aoste, Italie).* Mém. Géol. Lausanne, v. 12, 147 pp.

Govi M., 1966 - *Contributo alla conoscenza della zona mesozoica di Avise (Alta Val d'Aosta).* Boll. Soc. Geol. It., v. 85, pp. 705-719.

Govi M., 1975 - *Carta del Ricoprimento Gran San Bernardo tra il Paramont ed il Vallone di Vertosan (Alta Valle d'Aosta) al 1:30.000.* L. A. C., Firenze.

Guermani A. and Pennacchioni G., 1998 - *Brittle precursors of plastic deformation in a granite: an example from the Mont Blanc massif (Helvetic, western Alps).* J. Struct. Geol., v. 20, pp. 135-148.

Guillot F., Schaltegger U., Bertrand J.M., Deloule E. and Baudin T., 2002 - *Zircon U-Pb geochronology of Ordovician magmatism in the polycyclic Ruitor Massif (internal W. Alps).* Intern. J. Earth. Sci., v. 91, pp. 964-978.

Hermann F., 1912 - *Sulla geologia della Valle di Rhemes.* Boll. Soc. Geol. It., v. 40, pp. 214-220.

Hermann F., 1925 - *Paleogeographie et genese pénniques.* Eclogae geol. Helv., v. 19, pp. 604-618.

Hermann F., 1925 - *Sur le faisceau de plis en retour de Valsavaranche et les prolongements de l'éventail de Bagnes dans les Alpes franco-italiennes.* C.R. Acad. Sci. Paris, v. 180, pp. 1515-1517.

Hermann F., 1927 - *Stereogramma tectonico delle Alpi Valdostane meridionali 1:25.000.* Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, v. 7.

Hermann F., 1927 - *Stereogramma tectonico delle Alpi Valdostane centrali 1:37.500.* Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, v. 7.

HERMANN F., 1938 - *Carta geologica delle Alpi nord-occidentali 1:200.000 con note illustrative e carta strutturale alla scala 1:750.000.* Tipografia Allegretti, Milano.

HOMEWOOD P., 1982 - *Ultrahelvetic and North-Penninic Flysch of the Prealps: A general account.* Eclogae geol. Helv., v. 70, pp. 627-641.

HOMEWOOD P. and CARON C., 1982 - *Flysch of the Western Alps.* In K.J. HSÜ (ed.), Mountain building processes.Academic Press, pp. 157-168.

HUNZIKER J.C., 1970 - *Polymetamorphism in the Monte Rosa, Western Alps.* Eclogae geol. Helv., v. 63, pp. 151-161.

HUNZIKER J.C., 1974 - *Rb-Sr and K-Ar age determination and the Alpine history of the Western Alps.* Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, v. 31, 54 pp.

HUNZIKER J.C., DESMONS J. and HURFORD A.J., 1992 - *Thirty-two years of geochronological work in the Central and Western Alps: a review on seven maps.* Mém. Géol. Lausanne, v. 13, 59 pp.

HURFORD A.J., HUNZIKER J.C. and STÖCKHERT B., 1991 - *Constraints on the late thermotectonic evolution of the western Alps: evidence for episodic rapid uplift.* Tectonics, v. 10, pp. 758-769.

HUTTENLOCHER H.F., 1934 - *Dier Herzlagerstättenzone der Westalpen.* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 14, pp. 22-149.

KIENAST J.R., 1973 - *Sur l'existance de deux séries différentes au sein de l'ensemble "schistes lustrés - ophiolites " du Val d'Aoste; quelques arguments fondés sur l'eéude de roches métamorphiques.* C.R. Acad. Sci. Paris, v. 276, pp. 2621-2624.

KIENAST J.R., 1983 - *Le métamorphisme de haute pression et basse température (éclogites et schistes bleus): données nouvelles sur la pétrologie des roches de la croute océanique subductée et des sédiments associés.* Thèse Doct. d'Etat Univ. P. et M. Curie, Paris VI, 484 pp.

KIENAST J.R. e MARTIN S., 1983 - *I pirosseni egirin-giadeitici del livello basale di Praborna, Alpi Occidentali.* Ofioliti, v. 8, pp. 245-260.

KIENAST J.R. et NICOT E., 1971 - *Présence d'une paragenèse à disthène et chloritoide (d'âge alpin probable) dans les gneiss à sillimanite, grenat et cordiérite de Valpelline (Val d'Aoste, Italie).* C.R. Acad Sci. Paris, v. D272, pp. 1836-1839.

KOONS P.O., 1986 - *Relative geobarometry from high-pressure rocks of quartzo-feldspatic composition from the Sesia zone: western Alps.* Contrib. Mineral. Petrol., v. 93, pp. 322-344.

LANZA R., 1977 - *Paleomagnetic data from the andesitic and lamprophyric dykes of the Sesia-Lanzo Zone (Western Alps).* Schweiz. min. petr. Mitt., v. 57, pp. 281-290.

LARDEAUX J.M., GOSSO G., KIENAST J.R. et LOMBARDO B., 1982 - *Relations entre le métamorphisme et la déformation dans la zone Sesia-Lanzo (Alpes occidentales) et le problème de l'éclogitization de la crôute continentale.* Bull. Soc. géol. France, v. 24, pp. 793-800.

LARDEAUX J.M. and SPALLA I.M., 1991 - *From granulites to eclogites in the Sesia zone (Italian Western Alps): a record of the opening and closure of the Piedmont ocean.* J. Metam. Geol., v. 9, pp. 35-59.

LAUBSCHER H.P., 1971 - *The large-scale kinematics of the western Alps and the Northern Apennines and its palinspastic implications.* Am. J. Sci., v. 271, pp. 193-226.

LAUBSCHER H.P. and BERNOULLI D., 1982 - *History and deformation of the Alps.* In HSU K.J. (ed.), Mountain building processes. Academic Press, pp. 169-180.

LE GOFFE E. and BALLÈVRE M., 1990 - *Geothermobarometry in albite-garnet orthogneisses: a case study from the Gran Paradiso nappe (Western Alps).* Lithos, v. 25, pp. 261-280.

LOMBARDO B. and POGNANTE U., 1982 - *Tectonic implications in the evolution of the Western Alps ophiolite metagabbros.* Ofioliti, v. 2, pp. 371-394.

LOUBAT H., 1965 - *Sur la presence de laves en coussins dans les ophiolites du Versoyen (Savoie).* Arch. Sci. Geneve, v. 18, pp. 131 - 133.

LOUBAT H., 1968 - *Etude petrographique des ophiolites de la "Zone du Versoyen" Savoie (France), Province d'Aoste (Italie).* Arch. Sci. Genève, v. 21, pp. 265 - 457.

LUGEON M. et ARGAND E., 1905 - *Sur les grandes nappes de recouvrement de la zone du Piémont.* C.R. Acad Sci. Paris, v. 140, pp. 1364-1367.

MARCHANT R., 1993 - *The underground of the Western Alps.* Mém. Géol. Lausanne, v. 15, 137 pp.

MARRO CH., 1988 - *Organisation géochimique et intrusion de granite du Mont Blanc et de deux leucogranites.* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 68, pp. 521-529.

MARTHALER M., 1984 - *Géologie des unités pénniques entre le val d'Anniviers et le val de Tourtemagne.* Eclogae geol. Helv., v. 77, pp. 395-448.

MARTHALER M. et STAMPFLI M., 1989 - *Les Schistes lustres a ophiolites de la nappe du Tsaté: un ancien prisme d'accretion issu de la marge active apulienne?* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 69, pp. 211 - 216.

MARTIN-VERNIZZI S., 1982 - *La mine de Praborna (Val d'Aoste, Italie): une série manganesifère metamorphisée dans la facies eclogite.* Thèse, 3eme cycle, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, 215 pp.

MARTIN S. and KIENAST J.R., 1987 - *The HP-LT manganesiferous quartzites of Praborna, Piemonte ophiolite nappe, Italian Western Alps.* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 67, pp. 339-360.

MARTIN S., POLINO R., BISTACCHI A., MASSIRONI M., ZATTIN M., PIANA F., PERELLO P., GIANOTTI F., GUERMANI A. and FUGENSCHUH B., 1999 - *Exhumation of a polyphased compressional nappe stack: from field observations to modelling through analytical data.* In S. MARTIN e R. POLINO (eds), Fission track analysis: theory and applications. Workshop e Field Trip, Chatillon 11-14 July 1999, Mem. Sci. Geol., v. 51, pp. 483-501.

MARTIN S. and TARTAROTTI P., 1989 - *Polyphase HP metamorphism in the ophiolitic glaucophanites of the lower St. Marcel valley (Aosta, Italy).* Ofioliti, v. 14, pp. 135-156.

MASSONNE H.J. and CHOPIN CH., 1989 - *P-T history of the Gran Paradiso (Western Alps) metagranites based on phengite geobarometry.* Geol. Soc. Spec. Publ. London, v. 43, pp. 545-549.

MICHARD A., GOFFÉ B., CHOPIN CH. and HENRY C., 1996 - *Did the Western Alps develop through an Oman-type stage? The geotectonic setting of high-pressure metamorphism in two contrasting Tethyan transects.* Eclogae geol. Helv., v. 89, pp. 43-80.

MICHARD A. and MARTINOTTI G., 2002 - *The Eocene unconformity of the Briançonnais domain in the French-Italian Alps, revisited (Marguareis massif, Cuneo); a hint for a Late Cretaceous-Middle Eocene frontal bulge setting.* Geodinamica Acta, v. 15, pp. 289-301.

MICHEL R., 1953 - *Les schistes Cristallins des Massifs du Grand Paradis et de Sesia-Lanzo (Alpes franco - italiennes).* Sciences de la Terre, v. 1, pp. 1-287.

Milnes A.G., 1974 - *Structure of the Pennine zone (central Alps).* GSA Bull., v. 85, pp. 1727-1732.

Minnigh L.D., 1977 - *A new Klippe of "II Zona Dioritico-Kinzigitica" in the Sesia-Lanzo Zone.* Rend. Soc. It. Min. Petr., v. 33, pp. 409-412.

Monié P., 1985 - *La méthode ^{40}Ar-^{39}Ar appliquée au métamorphisme alpin dans le massif du Mont Rose (Alpes occidentales). Chronologie détaillée depuis 100 Ma.* Eclogae geol. Helv., v. 78, pp. 487-516.

Nervo R. e Polino R., 1977 - *Un lembo di cristallino Dent Blanche alla Torre Ponton (Valle d'Aosta).* Boll. Soc. Geol. It., v. 95, pp. 647-657.

Nicolas A., Hirn A., Nicolich R., Polino R. and ECORS-CROP Working Group, 1990 - *Lithospheric wedging in the western Alps inferred from the ECORS-CROP traverse.* Geology, v. 18, pp. 587-590.

Niggli E. and Coworkers, 1978 - *Metamorphic map of the Alps 1:1.000.000 and explanatory text.* Subcomm. Carthography metam. Belts of the World, Unesco, Leiden, pp. 181-242.

Novarese V., 1894 - *Dioriti granitoidi e gneissiche della Valsavaranche (Alpi Graie).* Boll. R. Comit. Geol. It., v. 25, pp. 275-300.

Novarese V., 1909 - *Il profilo della Grivola (Alpi Graie).* Boll. R. Com. Geol. It., v. 40, pp. 497-525.

Novarese V., 1914 - *Il Quaternario in Valle d'Aosta e nelle valli del Canavese, parte II: Il ghiacciaio wurmiano della Valle d'Aosta.* Boll. R. Comit. Geol. It., v. 44, pp. 203-244.

Novarese V., 1915 - *Il Quaternario in Valle d'Aosta e nelle valli del Canavese, parte III: Gli stadi wpost-urmiani.* Boll. R. Comit. Geol. It., v. 45, pp. 137-194.

Novarese V., 1916 - *Gli stadi post-wurmiani nella Valle d'Aosta.* La Geografia, v. 4, pp. 73-85.

Novarese V., 1931 - *La formazione dioritico-kinzigitica in Italia.* Boll. R. Uff. Geol. It., v. 56/7, pp. 1-72.

Novo M., Accotto S., Nervo R. and Pognante U., 1989 - *Jadeite-quartz bearing metatrondjemites from the Mt. Nero ophiolitic eclogites, Champorcher valley (Western Alps).* Ofioliti, v. 14, pp. 57-62.

Oberhansli R., Hunziker J.C., Martinotti G. and Stern W.B., 1985 - *Geochemistry, geochronology and petrology of Monte Mucrone: an example of eo-alpine eclogitization of Permian granitoids in the Seisa-Lanzo Zone, Western Alps, Italy.* Chem. Geol., v. 52, pp. 165-184.

Ogniben L., Martinis B., Rossi P.M. et al., 1973 - *Modello Strutturale d'Italia al 1:1.000.000.* Grafica Editoriale Cartografica, Roma, in Structural Model of Italy, Quaderni La Ricerca Sci., CNR, v. 90 (1975).

Oulianoff N. et Trümpy R., 1958 - *Feuille Grand-Saint-Bernard avec notice explicative.* Atlas Géol. Suisse 1:25.000, Berne.

Paganelli E., Compagnoni R., Nervo R. e Tallone S., 1995 - *Il lembo Austroalpino di Eaux Rousses e le sue relazioni con la Zona Ofiolitica Piemontese nell'alta Valle di Cogne, Valle d'Aosta meridionale.* In R. Polino and R. Sacchi (eds), Atti convegno Alpi-Appennino, Peveragno 1994. Acc. Naz Sci. dei XL, v. 14, pp. 335-348.

Paquette J-L., Chopin C. and Peucat J-J., 1989 - *U-Pb zircon, Rb-Sr and Sm-Nd geochronology of high- to very-high-pressure meta-acidic rocks from the western Alps.* Contrib. Mineral. Petrol., v. 101, pp. 280-289.

Passchier C.W., Urai J.L., Van Loon J. and Williams P.F., 1981 - *Structural geology of the central Sesia Lanzo Zone.* Geol. en Mijnb., v. 60, pp. 497-507.

Pennacchioni G., 1988 - *Studio geologico del tratto meridionale della dorsale tra Valnontey e Valleile (Cogne, valle d'Aosta).* Mem. Sci. Geol., v. 40, pp. 333-354.

Pennacchioni G., 1996 - *Progressive eclogitization under fluid-present conditions of pre-Alpine mafic granulites in the Austroalpine Mt. Emilius Klippe (Italian Western Alps).* J. Structural Geol., v. 18, pp. 549-561.

Pennacchioni G. and Cesare B., 1997 - *Ductile-brittle transition in pre-Alpine amphibolite facies mylonites during evolution from water-present to water-deficient conditions (Mont Mary nappe, Italian Western Alps).* J. metamorphic Geol., v. 15, pp. 777-791.

Pennacchioni G., Di Toro G. and Mancktelow N.S., 2001 - *Strain-insensitive orientation of porphyroclasts in Mont Mary mylonites.* J. Structural Geol., v. 23, pp. 1281-1298.

Pennacchioni G. and Guermani A., 1993 - *The mylonites of the Austroalpine Dent Blanche nappe along the northwestern side of the Valpelline valley (Italian Western Alps).* Mem. Sci. Geol., v. 45, pp. 37-55.

Pettke T. and Diamond L.W., 1997 - *Oligocene gold quartz veins at Brusson, NW Alps: Sr isotopes trace the source of ore-bearing fluid to over 10-km depth.* Economic Geol., v. 92, pp. 389-406.

Pettke T., Diamond L.W. and Villa I.M., 1999 - *Mesothermal gold veins and metamorphic devolatilization in the northwestern* Alps*: The temporal link.* Geology, v. 27, pp. 641-644.

Pfeiffer H.R., Colombi A. and Ganguin J., 1989 - *Zermatt-Saas and Antrona Zone: a petrographic and geochemical comparison of polyphase metamorphic ophiolites of the West-Central Alps.* Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., v. 69, pp. 217 - 236.

Pfiffner O.A., Lehner P., Heitzmann P., Mueller St. and Steck A. (eds), 1997 - *Deep structure of the Swiss Alps.* Birkäuser Verlag, Basel, 380 pp.

Platt J. P. and Lister G.S., 1985 - *Structural history of high-pressure metamorphic rocks in the southern Vanoise massif, French Alps, and their relation to Alpine tectonic events.* J. Struct. Geol., v. 7, 19-35.

Pognante U., 1989 - *Tectonic implications of lawsonite formation in the Sesia zone (Western Alps).* Tectonophysics, v. 162, pp. 219-227.

Pognante U., Compagnoni R. and Gosso G., 1980. *Micro-meso-structural relationschips in the continental eclogitic rocks of the Sesia-Lanzo Zone (Italian Western Alps).* Rend. Soc. It. Min. Petr., v. 36, pp. 169-186.

Ratti G., Armando E. e Rolando M., 1978 - *Profili aeromagnetici sulla Valle d'Aosta.* Boll. Ass. Mineraria Subalpina, v. 15, pp. 657-661.

Raumer von J.F., 1976 - *Le Massif du Mont Blanc, socle prépermien dans un cadre alpin.* Bull. Soc. Frib. Sci. Nat., v. 65, pp. 123-155.

Raumer von J.F., 1987 - *Les massifs du Mont Blanc et des Aiguille Rouges: temoins de la deformation de croute varisique dans les Alpes occidentales.* Géologie Alpine, v. 63, pp. 7-24.

Raumer von J.F., Menot R. P., Abrecht J. and Biino G., 1993 - *The Pre-Alpine Evolution of the External Massifs.* In J.F. von Raumer and F. Neubauer (eds), Pre-Mesozoic geology in the Alps. Heidelberg, Springer-Verlag, pp. 221-240.

Reinecke T., 1991 - *Very-high-pressure metamorphism and uplift of coesite-bearing metasediments from the Zermatt-Saas zone, Western Alps.* Eur. J. Min., v. 3, pp. 7-17.

Richard A., 1981 - *Le district aurifere de Challant (Val d'Aoste-Italie): litologie, géochimie et métallogénie de l'or.* These doct. Univ. Grenoble.

Ring U., 1994 - *Late Alpine kinematics of the Aosta fault, northwestern Italian Alps.* N. Jb. Geol. Pal. Mh., f. 7, pp. 434-442.

Roure F., Bergerat F., Damotte B., Munier J.L. and Polino R., 1996 - *The ECORS-CROP Alpine seismic-traverse.* Mem. Soc. géol. France, v. 170, 113 pp.

Roure F., Choukroune P. and Polino R., 1996 - *Deep seismic reflection data and new insights on the bulk geometry of mountain ranges.* C.R. Acad. Sci. Paris, v. 322, pp. 345-359.

Roure F., Heitzmann P. and Polino R. (eds), 1990 - *Deep structure of the Alps.* Mém. Soc. Géol. France, v. 156, 367 pp.

Rubatto D., Gebauer D. and Compagnoni R., 1999 - *Dating of eclogite-facies zircons: the age of Alpine metamorphism in the Sesia-Lanzo Zone (Western Alps).* Earth Planet. Sci. Lett., v. 167, pp. 141-158.

Rubatto D., Gebauer D. and Fanning M., 1998 - *Jurassic formation and Eocene subduction of the Zermatt-Saas-Fee ophiolites: implications for the geodynamic evolution of the Central and Western Alps.* Contrib. Mineral. Petrol. v. 132, pp. 269-287.

Sanero E., 1936 - *Ricerche petrografiche sui porfiroidi sericitici di Aosta.* Periodico Min., v. 7, pp. 285-295.

Sanero E., 1938 - *Sulla presenza della formazione dioritico-kinzigitica del ricoprimento della Dent Blanche (serie di Valpelline) nei dintorni di Aosta.* Periodico Min., v. 9, pp. 35-52.

Sanero E., 1938 - *Studi petrografici sulle formazioni granitiche e porfiriche del Monte Chetif.* Periodico Min.,v. 9, pp. 161-214.

Scambelluri M., Pennacchioni G. and Philippot P., 1998 - *Salt-rich aqueous fluids formed during eclogitization of metabasites in the Alpine continental crust (Austroalpine Mt. Emilius unit, Italian western Alps).* Lithos, v. 43, pp. 151-167.

Schärer U., Cannic S. and Lapierre H., 2000 - *Preliminary evidence for a Hercynian age of the Versoyen complex, western Alps.* C.R. Acad. Sci. Paris, v. 330, pp. 325-332.

Schiavo A., 1997 - *Evoluzione tettonica e metamorfica del massiccio del Ruitor.* Tesi Dott. Ricerca Sci. Terra Univ. Padova, con carta geol. 1:10.000.

Schmid S.M. and Kissling E., 2000 - *The arc of the western Alps in the light of geophysical data on deep crustal structure.* Tectonics, v. 19, pp. 62-85.

Sella Q., 1862 - *Sul modo di fare la Carta geologica del Regno d'Italia.* Atti Soc. It. Sci. Nat., v. 4, pp. 1-43; Ristampa anastatica a cura Centro studi geodinamica catene collisionali, CNR Torino, Tipogr. Gariazzo & Figli, 1997.

Servizio Geologico d'Italia, 1908 - *Carta geologica delle Alpi Occidentali 1:400.000.* Sintesi di rilievi originali al 1:25.000 di S. Franchi, E. Mattirolo, V. Novarese, A. Stella e D. Zaccagna per i 26 fogli della Carta Geologica d'Italia al 1:100.000.

Seward D. and Mancktelow N.S., 1994 - *Neogene kinematics of central and western Alps: evidence fom fission-track dating.* Geology, v. 22, pp. 803-806.

Spalla M.I., De Maria L., Gosso G., Miletto M. e Pognante U., 1983 - *Deformazione e metamorfismo della Zona Sesia-Lanzo meridionale al contatto con la falda piemontese e il massiccio di Lanzo, Alpi occidentali.* Mem. Soc. Geol. It., v. 26, pp. 499-514.

Spalla I.M., Gosso G., Siletto G.B., di Paola S. e Magistroni C., 1998 - *Strumenti per individuare unità tettono-metamorfiche nel rilevamento geologico del basamento cristallino.* Mem. Sci. Geol., v. 50, pp. 155-164.

Spalla I.M., Lardeaux J.M., Dal Piaz G.V. et Gosso G., 1991 - *Métamorphisme et tectonique à la marge externe de la Zone Sesia-Lanzo (Alpes occidentales).* Mem. Sci. Geol., v. 43, pp. 361-369.

Sperlich R., 1988 - *The transition from crossite to actinolite in metabasites of the Combin Unit in Vallée St.Barthelemy (Aosta, Italy).* Schweiz. min. petr. Mitt., v. 68, pp. 215-224.

Spicher A., 1980 - *Carte tectonique de la Suisse, 1:500.000.* Comm. Géol. Suisse, Berne.

Stampfli G.M., 1993 - *Le Briançonnais, terrain exotique dans les Alpes?* Eclogae geol. Helv., v. 86, pp. 1-45.

Steck A., Allimann M., Dal Piaz G.V., Epard J.-L., Escher A., Gouffon Y., Martinotti G., Masson Y. et Sartori M., 1999 - *Carte tectonique des Alpes de Suisse occidentale et des régions avoisinantes, 1:100.000, Feuille 46, Val de Bagne.* Carte géol. spec. N. 123-SW, Service hydrologique et géologique national, Berne.

Steck A., Bigioggero B., Dal Piaz G.V., Escher A., Marchant R., Martinotti G. et Payot S., 1999 - *Carte tectonique des Alpes de Suisse occidentale et des régions avoisinantes, 1:100.000, Feuilles 47, Monte Rosa.* Carte géol. spec. n. 123-SE, Serv. hydrol. géol. national, Berne.

Steck A., Epard J.-L., Escher A., Gouffon Y. and Masson H., 2001 - *Carte tectonique des Alpes de Suisse occidentale et des régions avoisinantes 1:100.000. Notice explicative.* Office fédérale des eaux et de la géologie, 73 pp.

Stella A., 1943 - *I giacimenti auriferi delle Alpi Italiane.* Mem. descr. Carta Geol. d'Ialia, v. 27, pp. 1-134.

Stünitz H., 1989 - *Partitioning of metamorphism and deformation in the boundary region of the "Seconda Zona Dioritico-Kinzigitica", Sesia Zone, Western Alps.* Ph.D. Thesis ETH Zurich.

Sturani C., 1975 - *Explanatory notes on the western Alps (from the Sestri-Voltaggio line to the Val d'Ossola.* Structural Model of Italy, Quaderni La Ricerca Sci., CNR, v. 90, pp. 149-174.

Stutz A.H. und Masson R., 1938 - *Zur Tektonik der Dent Blanche Decke.* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 18, pp. 40-53.

Tartarotti P., 1988 - *Le ofioliti della media e bassa valle di St. Marcel (Aosta).* Thesi Dott. Sci. Terra, Univ. Padova.

Tartarotti P., Benciolini L. e Monopoli B., 1998 - *Brecce serpentinitiche nel massiccio ultrabasico del Monte Avic (Falda ofiolitica piemontese): possibili evidenze di erosione sottomarina.* Atti Ticinensi Sci. Terra, ser. spec., v. 7, pp. 73-86.

Thélin Ph., Sartori M., Lengeler R. and Schärer J.P., 1990 - *Eclogites of Paleozoic or early Alpine age in the basement of the Penninic Siviez-Mischabel nappe, Wallis, Switzerland.* Lithos, v. 25, pp. 71-88.

Tricart P., 1984 - *From passive margin to continental collision: a tectonic scenario for the Western Alps.* Am. J. Sci., v. 284, pp. 97-120.

Trümpy R., 1954 - *La zone de Sion-Courmayeur dans le haut Val Ferret valaisan.* Eclogae geol. Helv., v. 47, pp. 315-359.

Trümpy R., 1955 - *Remarques sur la corrélation des unités penniques externes entre la Savoie et le Valais sur l'origine des nappes préalpines.* Bull. Soc. géol. France, v. 5, pp. 217-231.

TRÜMPY R., 1960 - *Paleotectonic evolution of the Central and Western Alps.* Bull. Geol. Soc. Amer., v. 71, pp. 843-908.

TRÜMPY R. with contributions by BERNOULLI D., GRÜNENFELDER M., KÖPPEL V., MÜLLER ST. and TROMMSDORFF V., 1980 - *An outline of the Geology of Switzerland.* Geology of Switzerland, a guide-book. Part A: Schweiz. Geol. Kommission, Wepf & Co., Basel, pp. 1-104.

VAN DER KLAUW, S.N.G.C., REINECKE, T. and STÖCKHERT B., 1997 - *Exhumation of ultrahigh-pressure metamorphic oceanic crust from Lago di Cignana, Piemontese zone, western Alps: the structural record in metabasites.* Lithos, v. 41, pp. 79-102.

VANNAY J.C. et ALLEMANN R., 1990 - *La zone piémontaise dans le Haut-Valtournanche (Val d'Aoste, Italie).* Eclogae geol. Helv., v. 83, pp. 21-39.

VEARNCOMBE J.R., 1983 - *The structure of the Gran Paradiso basement massif and its envelope, Western Alps.* J. metam. Geol., v. 1, pp. 103-115.

VEARNCOMBE J.R., 1985 - *High pressure-low temperature metamorphism in the Gran Paradiso basement, Western Alps.* Eclogae geol. Helv., v. 78, pp. 49-72.

VENTURELLI G., THORPE R.S., DAL PIAZ G.V., DEL MORO A. and POTTS P.J., 1984 - *Petrogenesis of calc-alkaline, shoshonitic and associated ultrapotassic Oligocene volcanic rocks from the Northwestern Alps, Italy.* Contrib. Mineral. Petrol., v. 86, pp. 209-220.

VENTURINI G., 1995 - *Geology, geochemistry and geochronology of the inner central Sesia Zone (Western Alps-Italy).* Mém. Géol. Lausanne, v. 25, 148 pp.

VENTURINI G., MARTINOTTI G., ARMANDO G., BARBERO M. and HUNZIKER J.C., 1994 - *The central Sesia Lanzo zone (Western Italian Alps): new field observations and lithostratigraphic subdivisions.* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 74, pp. 115-125.

VERNET J., 1969 - *Presence d'un synclinal profond de carbonifere dans le Massif du Mont Blanc.* C.R. Acad. Sci. Paris, v. 268, pp. 2227-223O.

VISSERS R.L.M. and COMPAGNONI R., 1984 - *The structure of the Gran Paradiso basement (Pennine zone, Italian W. Alps).* Geol. en Mijnb., v. 63, pp. 89-92.

VUICHARD J.P., 1987 - *Conditions P-T du métamorphisme antealpin dans la "seconde zone diorito-kinzigitique" (Zone Sesia-Lanzo, Alpes occidentales).* Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., v. 67, pp. 257-272.

WILLIAMS P.F. and COMPAGNONI R., 1983 - *Deformation and metamorphism in the Bard area of the Sesia Lanzo Zone, Western Alps, during subduction and uplift.* J. metam. Geol., v. 1, pp. 117-140.

WUST G.H. and SILVERBERG., 1989 - *Northern Combin zone complex-Dent Blanche nappe contact: extension within the convergent Alpine belt.* Schweiz. mineral. petr. Mitt., v. 69, pp. 251-259.

ZUCALI M., 2002 - *Foliation map of the "Eclogitic Micaschists Complex" (monte Mucrone – monte Mars - Mombarone, Sesia-Lanzo Zone, Italy).* Mem. Sci. Geol., v. 54, pp. 87-100, con carta strutturale al 1:10.000.

ZULAUFF R., 1963 - *Zur Geologie der tiefpenninischen Zonen nordlich der Dora Baltea im oberen Val d'Aosta.* ETH Zurigo, Tesi n. 3350, 149 pp.

Issued, March 2004