

L'evoluzione geologica e lo spazio geografico delle Alpi Occidentali

AUGUSTO BIANCOTTI, ROBERTO MALARODA e GIULIO PAVIA

*Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università e Centro Studi Alpi Occidentali
del C.N.R. - Via Accademia delle Scienze, 5 - 10123 Torino*

SUMMARY

Palaeobiogeographical characterization of the western sector of the Alps must take account of a long series of substantial geodynamic, geological, palaeogeographical and palaeoclimatic changes that took place from the Mesozoic onwards (about 200 Ma). The main stages began with the Jurassic expansion (Fig. 1), and continued through the Upper Cretaceous - Palaeogene compressive dynamics (45-35 Ma) due to the collision between the Eurasian and African plates to build the Alpine system, whose reliefs emerged to acquire a fully European biogeographic pertinence. New lines of communication between Europe, Africa and Asia opened up during the Miocene as a result of post-collisional crustal settlements. Today's palaeogeographical configuration may be supposed to have been reached after the tectonic events at the end of the Miocene and beginning of the Pliocene (6.7-5.3 Ma). A series of glacial-interglacial alternation during the Quaternary has led to the present heterogeneous biogeographical picture with a variety of taxa pointing to contrasting climatic conditions.

It must not be thought, however, that the climate alone has been influential since the beginning of the Quaternary. The geological and lithological setting has never ceased to exert an effect on individual regions of the Alps (Figs. 2 and 3). Furthermore, neotectonic movements continue to alter altitudes, capture basins and runoff directions under our very feet, as it were. Geomorphological analysis is rarely able to provide evidence of these changes (Figs. 4 and 5). None the less, one must accept the notion that they have been at work, on an average, everywhere, and take them, therefore, into due account (Table 1).

Human settlement of the Alps proceeded apace from the time of the interglacial periods and has left abundant evidence of its various stages. It was from A.D. 800 onwards, however, owing to a general rise in temperature after the cold period of Roman times, that the Western Alps were the scene of economic development at the expense of the flatlands, which became marshy and were regarded as of marginal importance. In the second half of the 16th century, on the other hand, the beginning of a «Little Ice Age» meant that the mountains no longer held the centre of the stage. Their ensuring depopulation was soon the cause of adverse effects, starting with disturbances of the hydrogeological setting. Today, however, the tide is beginning to turn. A typical example is the Aosta Valley, where an increase in the population of the main valley floor, in fact, has recently been accompanied by resettlement of the high terraces and heads of the side valleys.

Le Alpi Occidentali, piccola parte del sistema orogenetico alpino-himalayano, hanno tratti che sono comuni con questo ma anche caratteri particolari (Malaroda, 1987). Comune è l'età, cretaceo-terziaria e la netta differenziazione della loro storia in una fase preparatoria distensiva triassico-giurassica, quella che un tempo si definiva fase di geosinclinale, una fase compressiva che ha avuto inizio nel Cretaceo e sviluppo parossistico nell'Oligocene inferiore-Miocene inferiore, ed infine una fase definita postorogenetica, essenzialmente di sollevamento, che ha caratterizzato i tempi dal Miocene superiore in poi.

Peculiare delle Alpi Occidentali è però l'entità della compressione che in

corrispondenza ad esse si è verificata, la quale ne fa uno dei settori più ristretti e sollevati della grande catena che ha preso il posto, cicatrizzandola, della sutura tra la placca europeo-asiatica e quella afro-gondwaniana. Ma già fin dalla fase distensiva le nostre si distinguono in confronto al resto delle Alpi, perché è in questa porzione occidentale che si è verificata nel Giurassico la più ampia oceanizzazione con l'imponente sviluppo dei calcescisti di mare profondo e delle pietre verdi che le accompagnano. Per l'entità della compressione noi troviamo nelle Alpi Occidentali il più complesso e spesso appilamento di grandi ricoprimenti (ben apprezzabile in corrispondenza alla parte orientale della Finestra Tettonica Sempione-Ossola-Ticino), il massimo sollevamento (Monte Bianco) e, ciò che forse interessa di più in prospettiva geografica, la massima accentuazione dei pendii e, conseguentemente, la più forte energia dei fenomeni di demolizione (erosione, frane, esarazione glaciale).

Il settore alpino occidentale, individuato tra la Val d'Ossola e il Colle di Tenda, non offre invece particolari caratteri paleogeografici e/o paleoclimatici tali da differenziarlo dagli altri settori della catena alpina. L'attuale caratterizza-

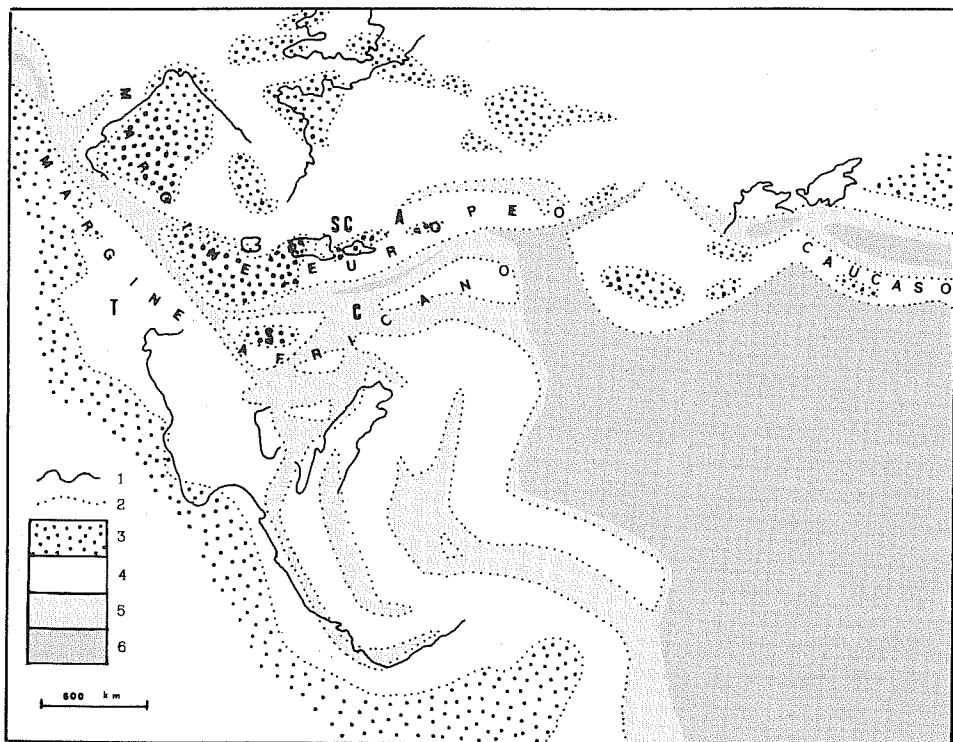


Fig. 1 - Possibile ricostruzione paleogeografica della parte occidentale della Tetide nel Giurassico medio (circa 150 Ma). Si noti il cuneo dell'«Oceano Ligure» che separa il margine europeo (A = Argentera; SC = Massiccio Sardo-corso) dal margine africano (C = Zona del Canavese; S = Sila; T = Tunisia). 1) linee di costa attuali; 2) limiti continentali del Giurassico (terre emerse + mari epicontinentali); 3) aree continentali pregiurassiche; 4) aree continentali aggiunte nel Giurassico; 5) mari in espansione; 6) oceani in espansione (Dercourt *et al.*, 1985).

zazione biogeografica è in effetti legata all'interrelazione tra diversi fattori, quali la topografia recente, le variazioni climatiche e le migrazioni floro-faunistiche registrate nel corso degli ultimi millenni, più o meno direttamente collegate con i due precedenti. Di conseguenza un seppur breve esame del back-ground biogeografico deve essere generalizzato al settore alpino nel suo complesso.

La situazione geografica alpina, come già precedentemente ricordato, è il risultato di una lunga e complessa serie di eventi tra loro collegati in un continuo geodinamico dall'era Mesozoico all'età attuale, negli ultimi 200 milioni di anni di evoluzione della superficie terrestre (Ziegler, 1988). Nelle pagine che seguono cercheremo di tracciare i lineamenti paleogeografici essenziali che cadenzano questo lungo divenire. Il settore geografico di interesse riguarda aree continentali; nel nostro escursus ci troveremo condizionati dal fatto che i dati continentali relativi a flore e faune fossili sono discontinui fino ai tempi geologici più recenti. Ci baseremo quindi anche su dati provenienti da successioni sedimentarie marine. Ciò è solo apparentemente una limitazione in quanto, nell'evoluzione paleobiogeografica della regione mediterranea, le aree marine da un lato hanno funzionato come entità fisiografiche di comunicazione oppure di isolamento biogeografici, dall'altro hanno influito direttamente sulle caratteristiche paleoclimatiche delle antistanti aree continentali, condizionandone per largo tratto le biocenosi.

In sequenza cronologica questi sono gli eventi che tracciano la storia geologica del settore sudeuropeo.

Durante il periodo Giurassico (192-135 Ma) il settore occidentale della Tetide equatoriale fu sede di intense fasi di distensione crostale (Dercourt *et al.*, 1985); l'«Oceano Ligure» e la lacerazione centro-atlantica aprirono vie di comunicazione marina tetisiana-pacifica e portarono alla suddivisione della Pangea nei continenti «euroasiatico» (Laurasia) ed «africano» (Gondwana). Più avanti nel tempo (Cretaceo superiore: 100-65 Ma) i movimenti crostali divennero compressivi in conseguenza della rotazione antioraria del cratone africano e dell'apertura del tratto meridionale dell'Oceano Atlantico; presero avvio i movimenti orogenetici che avrebbero portato alla strutturazione del complesso alpino.

Le Alpi Occidentali registrano tale geodinamica crostale mesozoica con successioni sedimentarie marine di diversa attribuzione paleogeografica. Di pertinenza «europea», per dati sia paleoambientali sia paleofaunistici, sono le sequenze di copertura sia dei massicci cristallini dell'Argentera e del Monte Bianco sia quelle brianzonesi e subbrianzonesi, queste ultime in falde tettoniche nell'edificio alpino. Riconducibili a deposizione lungo il braccio marino est-tetisiano (Oceano Ligure) sono le unità dei calcescisti, anch'esse in falda alpina. Di pertinenza «africana» sono invece residui lembi sedimentari in affioramento nel Canavese e nel Biellese, facenti parte di quell'unità strutturale nota in letteratura come «Alpi Meridionali», estese nel settore centrale ed orientale delle pendici meridionali dell'arco alpino. I caratteri paleobiogeo-

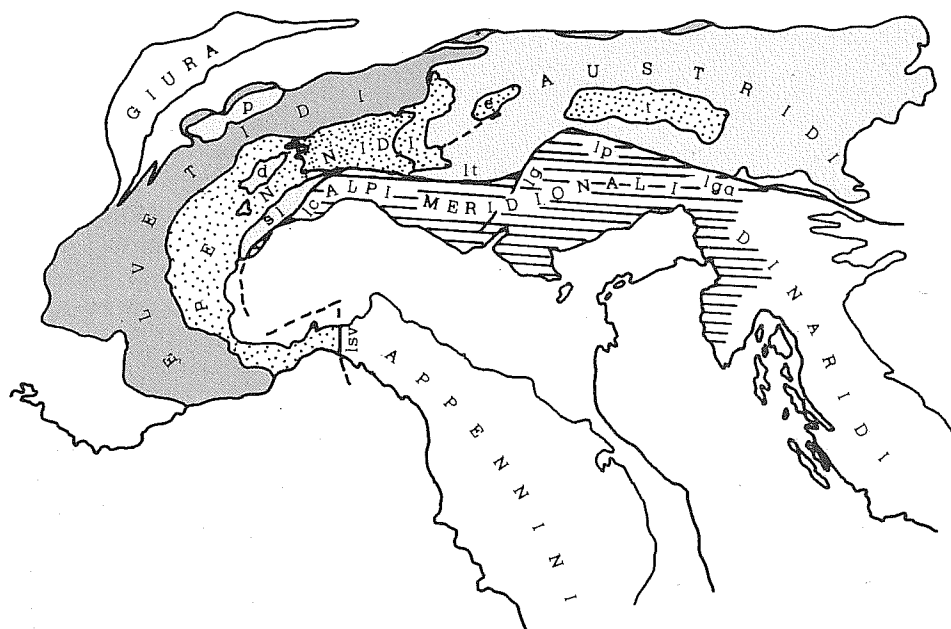


Fig. 2 - Schema tettonico delle Alpi. Nelle Pennidi, il punteggiato più fitto indica le unità inferiori che affiorano nella Finestra Tettonica Sempione-Ossola-Ticino: d) Klippe della Dent Blanche; e) Finestra Tettonica della bassa Engadina; l) Linea del Canavese; lg) Linea delle Giudicarie; lga) Linea del Gail; lp) Linea della Pusteria; lsv) Linea Sestri-Voltaggio; lt) Linea del Tonale; p) unità delle Prealpi Svizzere; sl) Zona Sesia-Lanzo; t) Finestra Tettonica degli Alti Tauri (Malaroda, 1980).

grafici desumibili da queste successioni marine non trovano alcun riflesso nell'attuale biogeografia del settore sudeuropeo, sia per la notevole distanza cronologica che separa tali episodi mesozoici sia per le modificazioni geografiche sviluppatesi nella successiva era Cenozoico. Solo un breve cenno meritano le indicazioni paleoclimatiche. I dati di paleotemperatura, ricavati da analisi isotopiche, indicano per il Mesozoico medio e superiore valori medi annui in aumento sino a 10° più dell'attuale, in relazione alla mancanza di circuiti polari, e quindi di psicrosfera, per concentrazione circa-equatoriale delle aree in esame (Frakes, 1979).

Sostanzialmente possiamo separare due intervalli cronologici (Stanley & Wezel, 1985): il primo compreso tra Paleocene e Miocene (65-5,3 Ma) che porta allo sviluppo del sistema alpino ed alla strutturazione in termini moderni dell'area mediterranea; il secondo tra Pliocene e Quaternario (5,3-0 Ma) durante il quale si precisano i caratteri biogeografici dell'Europa circum-mediterranea. In termini più dettagliati conviene ricordare i seguenti episodi.

Il Paleogene comprende le fasi più importanti di assestamento dell'edificio alpino, le cui fasi orogenetiche di maggiore intensità si collocano nell'intervallo Eocene superiore-Oligocene inferiore (40-30 Ma: Ziegler, 1988). Al

termine di tali eventi la catena alpina costituiva un sistema lineare orientato NE-SW, strutturalmente collegato con il margine europeo; la Tetide era ridotta ad un oceano meridionale, dal quale si dipartivano bracci di mare in trasgressione verso Nord come quelli del bacino subalpino e del bacino ligure-piemontese. Fra i due si estendeva l'area emersa attualmente corrispondente alle Alpi Marittime; la sua caratterizzazione paleobiogeografica è ben documentata dalle ricche associazioni floristiche di ambienti tropicali e dal corredo paleofaunistico a cliché europeo (Antracoteriidi), noti da diverse località fossilifere dell'Alta Langa.

All'inizio del periodo Neogene, l'epoca Miocene (24-5,3 Ma) registra nuovi assestamenti nell'area mediterranea. Tra quelli che ci riguardano più da vicino ricordiamo: strutturazione della catena appenninica a vergenza orientale; lacerazione crostale con rotazione in senso antiorario del margine cratonico sudeuropeo, apertura del bacino ligure-balearico ed isolamento di Corsica e Sardegna (Boccaletti *et al.*, 1990); sviluppo ad arco sinistroso della catena alpina ed individuazione del «golfo padano»; riduzione della Tetide a proto-Mediterraneo e Paratedite; chiusura delle vie di comunicazione marittima con l'Oceano Indiano (McKenzie, 1987). L'avvicinamento del blocco africano al continente boreale interrompe l'isolamento faunistico del primo, in opera durante l'Oligocene con sviluppo di forme endemiche, tra cui i Proboscidi che nel Miocene trovarono modo di colonizzare l'Europa e da qui espandersi in tutto il mondo. Maggiori migrazioni avvennero in senso meridionale, soprattutto tra Asia ed Africa, con importanti stocks faunistici di origine euroasiatica, come Suidi, Canidi, Felidi, che avrebbero in seguito riscosso largo successo in Africa (Briggs, 1987). Per quanto riguarda le condizioni paleoclimatiche, queste sono la conseguenza di eventi registrati a scala globale: traslazione verso Nord delle masse continentali e quindi deriva longitudinale dell'area mediterranea; successivi stadi di raffreddamento, sino alle prime testimonianze di glaciazioni artiche registrate in oceano atlantico nel Miocene medio-superiore ed accentuazione delle fasce climatiche in mare e sulla terraferma (Pantic, 1986). In area mediterranea durante il Cenozoico si assiste ad un graduale declino climatico sino alle condizioni subtropicali del Miocene superiore.

Alla fine del Miocene, l'età Messiniano (6,7-5,3 Ma) fa registrare nuove e vistose configurazioni geografiche. Movimenti tettonici tra l'elemento strutturale iberico ed il Nord Africa e subitanee cadute del livello marino, forse in rapporto con espansioni glaciali sulle calotte, portarono all'isolamento del proto-Mediterraneo con dubbio destino di landa disseccata oppure di mare interno. Nello stesso tempo la Paratetide si ridusse ai bacini salmastri, prototipi dei futuri mari interni dell'Europa sudorientale. Pur filtrate da aridità del clima, si affermarono le ampie comunicazioni continentali con vie di migrazione dal Nord Africa e dall'Asia Minore e viceversa. Proprio alla fine del Miocene assistiamo a massicce colonizzazioni del continente africano da parte di contingenti faunistici di origine boreale, tra cui gli Artiodattili (Azzaroli, 1990). Le successioni sedimentarie continentali ai margini del settore alpino, come ad esempio in Piemonte (Cavallo *et al.*, 1987), mostrano caratteri paleo-

biologici aperti sia alle influenze tropicali di provenienza orientale, sia a quelle più temperate di pertinenza europea.

Con l'epoca Pliocene (5,3-1,8 Ma) si riaprirono le comunicazioni marine con l'Oceano Atlantico e si instaurò la relativa uniformità biogeografica della provincia atlantico-mediterranea (*i.e.* lusitanica), pur con forme di marcato endemismo per il bacino mediterraneo, in parte forse ereditate dal Miocene superiore. Per le aree continentali l'isolamento rispetto al Nord Africa ridusse drasticamente la diffusione biologica di provenienza meridionale, limitata alle comunicazioni filtrate attraverso il settore asiatico. I rinnovamenti florofaunistici registrati nel corso del Pliocene sono la conseguenza di turnover evolutivo e, soprattutto come si verifica negli ambienti marini, appaiono controllati da variazioni latitudinali di temperatura e da gradienti termici da collegare anche con la fase glaciale datata a 3,3-3,0 Ma, cioè con i forti deterioramenti climatici con espansioni glaciali documentate in Artico ed in continente (Bertoldi *et al.*, 1989). È infatti in questo intervallo di tempo che, almeno per quanto riguarda le Alpi Occidentali, si affermarono le massicce colonizzazioni con provenienza europea.

Il Quaternario è il periodo delle grandi e ripetute glaciazioni, almeno quelle di cui si hanno cospicue documentazioni in continente mentre in mare, come già visto, le testimonianze di intensi raffreddamenti sono numerose e risalgono già al Miocene medio-superiore. Il limite cronostratigrafico rispetto al Pliocene (1,8 Ma) coincide infatti con le massicce colonizzazioni ad opera dei cosiddetti «ospiti nordici»: nelle successioni marine detto limite è caratteristicamente collegato con l'entrata in Mediterraneo di numerose forme provenienti dai mari settentrionali, tra cui le classiche *Arctica islandica* e *Hyalinae balthica*, la cui prima presenza permette di definire l'inizio del Pleistocene. Tali colonizzazioni con provenienza europea si sovrapposero ad ondate successive, trascinate dalle variazioni di temperatura, ed alternarono a migrazioni con vergenza opposta di forme subtropicali che entrarono nell'area mediterranea durante le fasi interglaciali. Particolari rinnovamenti paleobiologici si hanno in corrispondenza con il glaciale Mindel (0,6 Ma) con nuove migrazioni, tra cui l'uro (*Bos primigenius*), che impostano le faune moderne, ed in corrispondenza al glaciale Würm, con il quale si entra negli ecosistemi continentali attuali (ne è esempio la diffusione dell'orso bruno). I «relitti» delle glaciazioni più recenti sono numerosi: tra questi ricordiamo lo stambecco (*Capra ibex*) giunto sui rilievi alpini durante il glaciale Riss e quivi rimasto, modificando quote ed aree di espansione in funzione delle variazioni climatiche successive. Il risultato di questi spostamenti è la distribuzione delle popolazioni continentali secondo fasce di temperatura sui rilievi continentali di definitiva strutturazione morfologica e topografica (Bertoldi *et al.*, 1989); si spiegano così sia le numerose segnalazioni di permanenze in aree di rifugio di forme relitte di origine europea sia le enclaves mediterranee o «subtropicali» con endemismi di origine neogenica o quaternaria.

A conclusione di questo breve excursus geocronologico, derivano due constatazioni. La prima riguarda la provincia paleartica, la cui strutturazione

meridionale con estensione al Nord Africa, a parte i fattori di continuità climatica, si realizza nel corso del Neogene inferiore (Miocene: Briggs, 1987); in quest'epoca, e soprattutto durante il Messiniano, la consunzione della Tetide, la chiusura delle vie di comunicazione marina a Oriente ed a Occidente e l'isolamento del Mediterraneo generano una certa uniformità floro-faunistica che perdura sino al Quaternario con rinforzature durante le fasi interglaciali. La seconda conclusione concerne il settore occidentale dell'arco alpino, i cui caratteri biogeografici attuali sono essenzialmente il risultato della sovrapposizione di alterne colonizzazioni quaternarie collegate con le variazioni climatiche durante le fasi glaciali e interglaciali (vedi i casi dei vegetali *Pterocarya* e *Trapa*). Ne è derivata la coesistenza di caratteristiche biogeografiche distinte in senso topografico e secondo fasce di temperatura con numerose enclaves ed isole xeroterme, ricordo del recente passato.

Nell'analisi dei fattori geologico-geografici che possono aver avuto influenza sui popolamenti attuali delle Alpi Occidentali, occorre però sempre distinguere due aspetti, uno statico ed uno dinamico.

L'aspetto statico è il più facile da analizzare, e per esso basterà osservare, integrandolo per analisi di dettaglio con nuove osservazioni da eseguire per l'occasione, quanto si deduce già dalla lettura delle carte topografiche, geologiche e geomorfologiche (Malaroda, 1980). Da questo esame risulterà che nelle Alpi Occidentali sono specialmente ben rappresentate le rocce cristalline metamorfiche antiche, essenzialmente silicatiche, appartenenti in parte ai cosiddetti «massicci esterni», o elvetici, e in parte ai «massicci interni», o pennidici. Risulterà inoltre che, fra i due, vastissima estensione hanno rocce metamorfiche mesozoiche, distinguibili in un insieme carbonatico (calcescisti) ed in uno siliceo ferro-magnesiaco (pietre verdi). Si vedrà inoltre che non mancano, sia all'esterno (unità elvetico-delfinesi e Brianzoni), sia all'interno (Zona del Canavese e Sudalpino valsesiano) vaste aree in cui sono rappresentati altri tipi di materiali silicei (porfidi e porfiroidi permiani, arenarie e conglomerati permo-triassici; radiolariti e spongoliti giuresi), carbonatici (calcari e dolomie mesozoici) o ancor più rari e particolari (gessi e carniole del Trias, dolomie bituminose, ecc.). Senza dimenticare che la natura dei suoli che ricoprono le diverse rocce, per le diverse condizioni altitudinarie, di esposizione e climatiche, ma soprattutto per le differenze che, anche in località vicine, ha prodotto la presenza o l'assenza del fenomeno glaciale, può essere complessa e meritevole di molta attenzione.

Ciò per quanto riguarda l'aspetto statico dell'ambiente inorganico in cui il popolamento si svolge. Molto più complesso, e in gran parte sconosciuto, l'aspetto dinamico. Quest'ultimo ci costringe a meditare sul fatto, molto meno intuitivo ma certamente più importante, che non dobbiamo tener conto solo dei fattori presenti nel mondo attuale perché il popolamento va esaminato in chiave storica, ed in chiave storica questi fattori sono andati modificandosi tanto rapidamente da non poter essere trascurati neppure per tempi relativamente brevi e recenti.

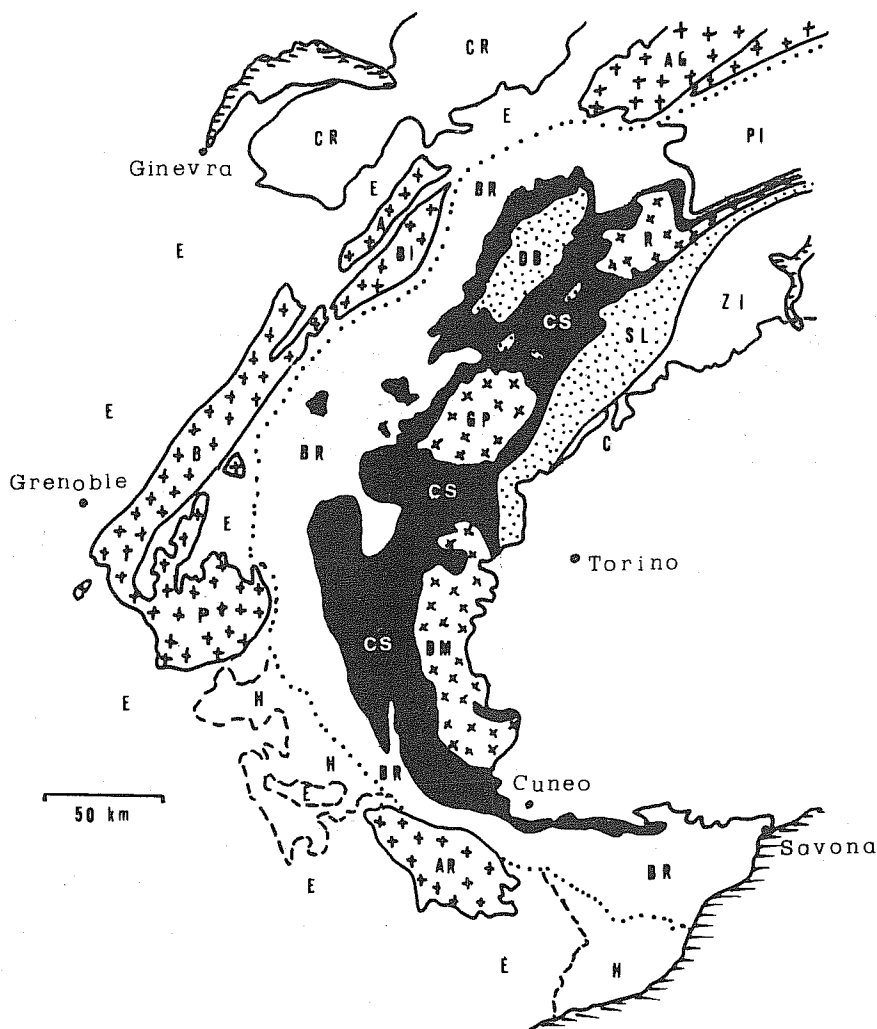


Fig. 3 - Schizzo geo-litologico delle Alpi Occidentali. *Complessi a prevalente componente carbonatica* delle Elvetidi (E), del Pennidico Piemontese (CS = Formazione dei Calcescisti con Pietre Verdi) e delle Alpi Meridionali (C = Zona del Canavese; CR = klippen dello Chablais e delle Prealpes Romandes). *Complessi siliceo-carbonatici* della Falda del Flysch ad Elmintoidi (H) e del Pennidico Brianzone e Subbrianzone (BR). *Complessi silicei* dei Massicci Cristallini Elvetici (A = Aiguilles Rouges; AG = Aar-Gottardo; AR = Argentera; B = Belledonne; BI = Monte Bianco; P = Pelvoux), del Pennidico (DM = Zona Dora-Maira, GP = Massiccio del Gran Paradiso; PI = unità del Pennidico inferiore della Finestra Tettonica Sempione-Ossola-Ticino; R = Massiccio del Monte Rosa), dell'Austroalpino (DB = Klippe della Dent Blanche; SL = Zona Sesia-Lanzo) e delle Alpi Meridionali (ZI = Zona d'Ivrea). La linea punteggiata corrisponde al fronte dei ricoprimenti penninici (limite tra Elvetidi + Flysch ad Elmintoidi e Pennidi), la linea a tratti al limite tra Elvetidi e Falda del Flysch ad Elmintoidi).

Il substrato su cui piante ed animali vivevano non ha cessato, infatti, di

muoversi nel momento in cui venivano ad individuarsi le grandi unità geologico-geografiche attuali. Generalmente, a parte le modifiche costiere dovute all'eustatismo glaciale, si pensa che ciò sia avvenuto lentamente e che si possa quindi trascurare, occupandosi del popolamento recente di una regione. Questo è certamente sbagliato nel caso delle grandi catene montuose alpine, ed è particolarmente sbagliato nel caso delle Alpi Occidentali.

È vero che risulta per lo più difficile localizzare, e soprattutto quantificare, il fenomeno! Qualche valutazione tuttavia è stata fatta. Ne citiamo tre.

Nel corso del Pliocene (inizio, secondo i dati più recenti: 5 Ma) e del Quaternario sono stati rimossi dai rilievi che circondano la Pianura Padana 80.000 km³ di materiali che corrispondono al detrito accumulato nello stesso tempo nella pianura e nell'alto Adriatico (Gabert, 1962); le Alpi Occidentali vi hanno contribuito per una parte rilevante (almeno 30.000 km³ secondo lo stesso autore).

La «superficie delle vette», quel vasto penepiano che si è sviluppato su tutta l'area alpina nel periodo di quiete orogenetica dalla fine del Miocene (secondo i dati accettati attualmente: 10 Ma), è stata quasi ovunque demolita nelle Alpi Occidentali mentre è ancora parzialmente ben conservata per ampie superfici nelle Alpi Orientali e nelle Prealpi Francesi. E questa superficie, che originariamente doveva svilupparsi a poche centinaia di metri sul livello del mare, ha attualmente i suoi punti relitti (appunto, le vette) nelle Alpi Occidentali a quote che raggiungono i 4.000 m del M. Bianco e che in media si possono valutare sui 2.000 m. Da questa situazione paleogeografica dobbiamo partire per seguire l'evoluzione successiva delle topografie.

È fatto logico e riconosciuto che lo spartiacque tra Tirreno e Adriatico, nelle Alpi Occidentali, tende a spostarsi dal primo verso il secondo in conseguenza della maggior energia e capacità erosiva dei corsi d'acqua, più corti e quindi con maggior pendenza, dei versanti liguri e francese.

Questi sono i tre fatti che riguardano tutto l'insieme delle nostre montagne. Ma essi ci servono solo per rendere evidente che parlare di altitudini, di bacini idrografici, di paesaggio in un ambiente così rapidamente mutevole non ha molto senso, se non si riesce a riferire ogni situazione ad un ben determinato luogo e ad un preciso intervallo cronologico. È necessario tenere nel massimo conto i dati forniti dalla Neotettonica, settore della Geologia che è appena agli inizi del suo sviluppo. Essa si occupa delle deformazioni, perlopiù ancora in atto, intervenute dopo la realizzazione del penepiano tardo-miocenico e precisa che i movimenti, spesso limitati a singoli settori crostali stretti ed allungati, possono aver assunto velocità molto diverse, in tempi diversi, e anche con verso opposto in settori contigui.

Sulle Alpi noi possediamo dati di livellazioni di precisione negli Alti Tauri, ripetute nel corso del sessantennio 1910-70 ed essi indicano una velocità di sollevamento che va da 1 mm/a a 0 lungo un profilo trasversale che dall'asse delle Alpi Orientali raggiunge le Prealpi Austriache (Senftl, Exner, 1973). Possediamo inoltre dati relativi ad una sezione Lanzo-Grenoble con velocità da 2 mm/a a 0,5 mm/a. Nel primo caso il movimento più rapido si va verifi-



Fig. 4 - Dorsale spartiacque tra la Vallée des Merveilles e la Val Roja (Alpes Maritimes-Francia) nel tratto compreso tra la Cime du Diable (q. 2685) a sinistra e la Cime de Changiasse (q. 2521) a destra. La dorsale, interamente formata da rocce detritiche permiane oltre che da depositi quaternari, ha in media direzione W-E ed è qui vista dal suo versante meridionale, ripreso dall'ex-forte della Pointe des Trois Communes. Si presta bene per illustrare il fenomeno della rapida evoluzione delle morfologie alpine. Della «superficie delle vette» (Miocene sup.-Pliocene inf.) sono conservate solo tracce limitate, scarsamente evidenti nella foto. Eccezionalmente ben conservata è invece la superficie del Pliocene medio-superiore-Pleistocene inf., rivestita da prati di alta montagna e troncata in primo piano da un salto tettonico-erosivo di circa 400 m (a) che la raccorda con il fondovalle attuale (Vallon du Cairos, affluente di destra della Roja, fuori campo). Questa superficie, al centro ed a sinistra, è stata intaccata da due piccoli ghiacciai würmiani che hanno escavato due vallette con profilo ad U e deposto importanti accumuli morenici. Successivamente tutte queste morfologie sono state dislocate da tre sistemi di faglie dirette approssimativamente E-W (b), SE-NW (c) e N-S (d). Alle innumerevoli faglie di questi tre sistemi sono essenzialmente legati: l'imponente sollevamento recente delle parti centrali del Massiccio dell'Argentera, sensibili variazioni nel reticolato idrografico e lo sviluppo di un glacialismo nel Pleistocene più recente.

(foto R. Malaroda, 1991)

cando in corrispondenza al culmine della catena, nel secondo in corrispondenza alla sua parte esterna.

Inoltre, per l'area del Sempione si ha attualmente una velocità di sollevamento di 1-1,5 mm/a; i valori scendono, ma rimangono distintamente positivi se si prendono in considerazione tempi più lunghi, a 0,6-0,7 mm/a come è stato trovato anche per il Gottardo ed il Rosa o a 0,25 mm/a, questi ultimi molto comuni e che possono essere definiti medio-minimi (Gubler *et al.*, 1981).

Non sono valori eccezionali perché i dislivelli a cui sono stati portati sedimenti del Pliocene della Pianura Pannonica depositatisi a profondità uguale richiedono velocità di circa 0,6 mm/a ed altri, del Pleistocene calabrese-ionico velocità, di 1 mm/a. Si può assumere questa velocità di sollevamen-

to di 1 mm/a, registrata in molte regioni della Terra, come medio-massima, tenendo presente che essa può essere, localmente o temporaneamente, superata. Così per i 5 mm/a-10 mm/a dall'inizio del Pleistocene dell'alto Himalaya e l'1,7 mm/a per gli scorsi 140.000 anni misurato in Nuova Zelanda.

Si può quindi tentare, tralasciando i valori fuori dalla media, di farsi una idea di che cosa ciò comporti relativamente ai tempi più vicini a noi. Si ottiene così il quadro della Tab. 1, in cui le colonne di destra danno i dislivelli da prevedere per le due velocità considerate medio-massima (1 mm/a) e medio-minima (0,25/a).

TABELLA 1 - Sollevamenti ipotizzabili, nelle Alpi, per regioni in cui la velocità di sollevamento raggiunga valori medio-massimi (seconda colonna) o medio-minimi (terza colonna)

DALL'INIZIO DEL	ETÀ IN Ma	CON VELOCITÀ	
		1 mm/a	0,25 mm/a
Miocene sup.	10	10.000 m	2.500 m
Pliocene	5	5.000 m	1.250 m
Pleistocene	2	2.000 m	500 m
Intergl. Mindel-Riss	0,2	200 m	50 m
Intergl. Riss-Würm	0,1	100 m	25 m
Olocene	0,01	10 m	2,5 m

Come si è già detto in aree geograficamente ristrette, specialmente su brevi intervalli come sono quelli quaternari, è da ritenere non solo possibile ma molto probabile che le velocità di sollevamento siano state superiori anche a quelle medio-massime considerate in tabella. Ma già con le velocità sopra citate si ottengono dislivelli che, anche per il Quaternario delle ultime glaciazioni, possono superare il centinaio di metri e che non possono pertanto essere trascurate in una ricostruzione paleoambientale. Un salto di quota di anche solo 100 m prodotto, per es. da una faglia che attraversi una valle, determinerà la comparsa di cascate, laghi e ripiani alluvionali, frane, aumento dell'erosione e della sedimentazione in genere. Anche il clima locale ne potrà risultare modificato con variazioni nel regime delle precipitazioni e dei deflussi, spostamento del limite delle nevi e conseguente comparsa, scomparsa o modifica delle masse glaciali. In definitiva, ciò potrà produrre trasformazioni ancora più importanti dal punto di vista ambientale, come catture fluviali, trasfluenze glaciali, differenze anche sensibili tra superfici di bacini idrografici limitrofi, variazioni climatologiche non di origine puramente meteorologica.

Come constatato da uno di noi (Malaroda, in preparazione), nella valle della Vésubie (Alpes-Maritimes, Francia) sollevamenti dell'ordine di almeno 200 metri hanno certamente avuto luogo nell'Interglaciale Riss-Würm, nel Würm o addirittura verso la fine di questa glaciazione. In conseguenza di questi, fra l'altro, il bacino del Vallon du Boréon, le cui quote massima e minima sono attualmente di 2999 e 975 m, ha visto aumentare nel post-Würmiano la sua superficie da 52,0 km² a 63,5 km² e quello della Gordolasque, con quote massime e minime attuali di 3073 e 935 m, dopo l'Interglaciale Riss-Würm, da 16,3 km² a ben 47,7 km².

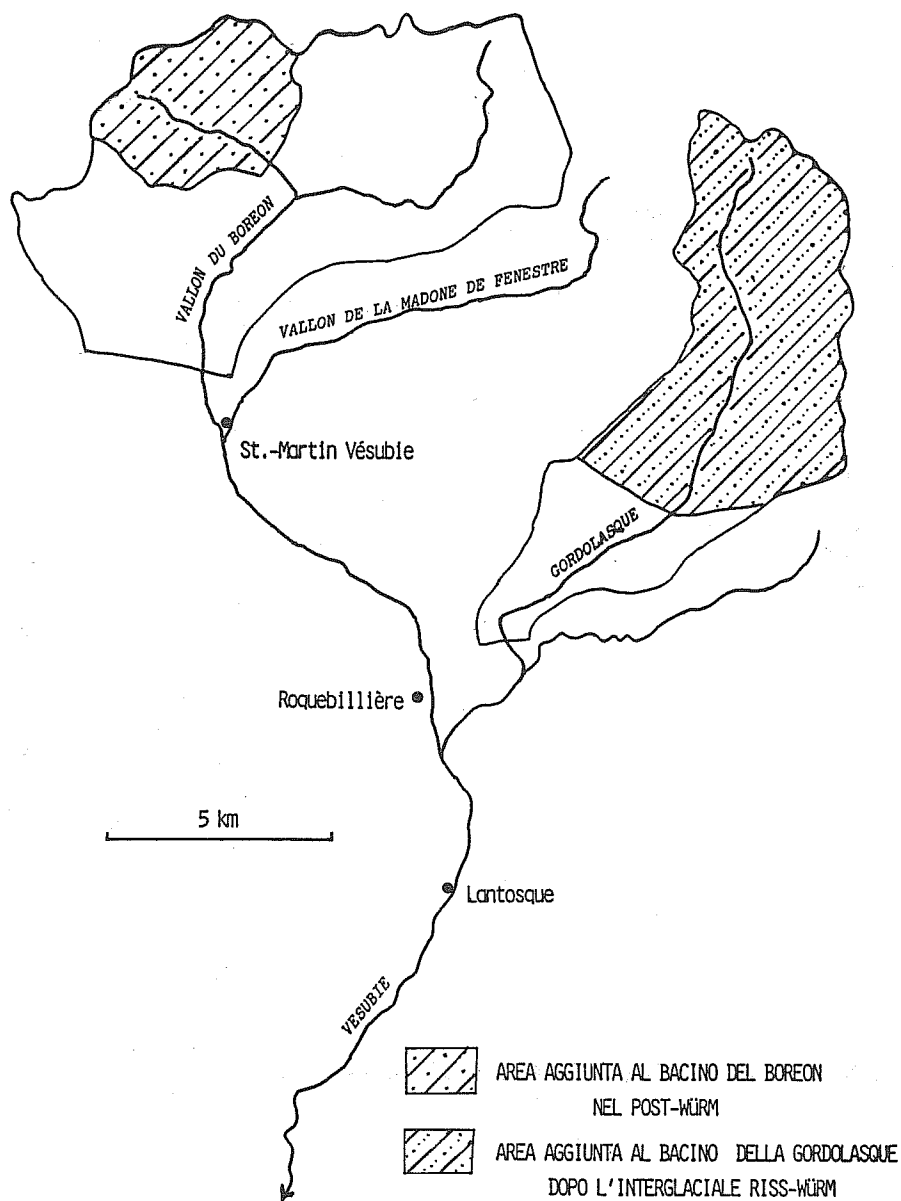


Fig. 5 - Variazioni recenti nella superficie degli alti bacini della Vésubie (Alpes-Maritimes, Francia) per fenomeni di cattura conseguenti a faglie neotettoniche (*originale Malaroda*).

Si può concludere che molti fatti complessi del popolamento biologico, come del resto molti fatti relativi alla Geologia del Quaternario, alla Geomorfologia e al glacialismo, sono probabilmente da spiegare, più che con varia-

zioni climatiche primarie o sollevamenti in blocco, con queste energetiche azioni neotettoniche localizzate, perlopiù difficili da individuare ma decisamente importanti come parametro regolatore di condizioni paleoambientali.

La storia dell'uomo si innesta su quella naturale della catena negli ultimi secoli. Troppo lungo sarebbe seguire passo passo la colonizzazione delle alte terre dai primi insediamenti antropici ai giorni nostri, né forse sarebbe utile al fine di dare un quadro attuale del complesso rapporto fra Alpi e uomo. Può essere invece più proficuo concentrare l'attenzione su quella che è la problematica odierna del rapporto, anche alla luce delle vicende del passato recente.

Buona parte delle regioni montane nell'ultimo mezzo secolo si sono progressivamente distaccate dal contesto del progresso economico e sociale del resto dell'Italia e degli altri paesi europei che insistono sulle Alpi con i loro confini. Se questo è un dato di fatto indiscutibile, sovente le analisi delle cause del fenomeno sono eccessivamente semplicistiche, a volte ridotte a puri slogan appiattiti sulle mode politiche e culturali del momento. La marginalizzazione di parte del territorio dai punti forti dello sviluppo non è fenomeno di oggi, e non ha sempre riguardato le stesse aree. Dopo un periodo millenario piuttosto fresco, che aveva compreso grosso modo tutto il ciclo di Roma antica, a cominciare dall'800 dopo Cristo si ebbe un progressivo riscaldamento del clima che portò la temperatura media europea a crescere di valori compresi tra 1,5 e 2 gradi centigradi. Il processo fu particolarmente sensibile nelle regioni alpine, che videro un rapido e consistente aumento della popolazione. I ghiacciai alpini si ritirarono e lasciarono liberi molti valichi che permisero l'attivarsi di nuove vie di comunicazione interne alla montagna. Ne conseguì un aumento vivace del commercio e dello sviluppo economico. Per molti secoli, fin ben dentro il millennio successivo, le aree alpine furono uno dei principali centri dello sviluppo socio-economico, mentre le pianure circostanti, sovente impaludate e malariche, erano marginali rispetto alle alte terre. Dal 1200 circa si ebbe un progressivo cambiamento climatico. Dopo alcuni secoli di alterne variazioni, ma con una costante tendenza al peggioramento, a cominciare dal 1560 la temperatura scese notevolmente. Si entrò allora in quel periodo, durato fino al 1850, definito «piccola età glaciale».

Le conseguenze sulle popolazioni delle valli alpine furono pesanti. I ghiacciai, abbassandosi notevolmente, chiusero al passaggio gli alti valichi riducendo le occasioni di comunicazione e scambio: sovente, con le loro fronti in avanzata, spazzarono letteralmente via i campi coltivati più in quota. Il freddo fece abbassare il limite altimetrico della coltura del grano e della vite. Non pochi villaggi alpini conobbero i terribili «anni verdi» in cui il gelo persistente anche in estate non permetteva la maturazione della spiga, che marciva in autunno ancora verde sulla pianta. Fu carestia e morte. Ampie regioni intralpine, prima fiorenti e ricche, piombarono in una crisi economica dalla quale non si sarebbero più riprese. Fin dai primi secoli del secondo millennio, intanto, larghe fette di pianura furono bonificate e divennero

sempre più polo di attrazione per le affamate popolazioni delle vallate e degli altopiani.

Il processo si sviluppò lentamente per i secoli, fin quando, nel 1800, nasce, proprio nelle pianure allo sbocco delle vallate, la prima industrializzazione. Ciò segna la definitiva inversione di tendenza: da allora le zone montane si sono sempre più emarginate da una pianura in progressivo sviluppo. La seconda industrializzazione, che si riferisce agli ultimi quarant'anni, non fa che rendere più evidente e massiccia la tendenza secolare già in atto, accentuando, ma non certo determinando autonomamente, lo spopolamento delle alte terre.

Lo spostamento dei poli territoriali d'attrazione ha provocato conseguenze molteplici. Per quanto riguarda l'aspetto geografico-fisico e geologico-ambientale del problema l'ultima massiccia emigrazione ha determinato ricadute vistose. Sulle Alpi l'abbandono di campagne prima coltivate è stato causa di un improvviso squilibrio idrogeologico. Le canalette, gli acquidocci, i fossi di drenaggio della pioggia, non più curati dall'uomo, si sono occlusi determinando infiltrazioni d'acqua nel sottosuolo, ed attivando quei fenomeni di franosità endemica che costituiscono la maledizione di tanta parte dei versanti vallivi. I prati e i prati-pascoli, non più concimati e coltivati, sono stati invasi da arbusti e da specie infestanti che ne hanno distrutto la produttività.

In altri casi l'allettamento dell'erba non più falciata ha creato sui pendii dei veri e propri piani di scivolamento che favoriscono la caduta di valanghe in inverno anche in zone prima al sicuro da tali eventi. Altrove i versanti sono stati sottoposti invece ad uno sfruttamento eccessivo, quasi si trattasse di terre appartenenti a lontane colonie da spremere di tutte le risorse possibili: ogni estate vi sono portati dalla pianura migliaia di capi di bestiame, troppo per il delicato equilibrio di quell'ambiente. Il pedonamento provoca la distruzione della cotica erbosa, il terreno viene eroso mettendo allo scoperto la roccia nuda ed improduttiva. Viene così a perdersi un patrimonio, il suolo, che la natura ha prodotto in migliaia di anni, e che non è di certo rapidamente ricostruibile.

Accanto a queste conseguenze, senza dubbio negative, ne devono essere elencate altre positive. La riduzione della popolazione montana ha determinato, per chi restava, un parallelo aumento del reddito, ed ha permesso di superare quella povertà storica, angosciata, ben radicata nella tradizione montana. Al miglioramento del tenore di vita ha contribuito la creazione di un'imponente rete viaria che permette oggi collegamenti agevoli e rapidi con aree da sempre emarginate. Lo stesso turismo alpino è un fenomeno dai risvolti contrastanti, positivi da un lato, negativi dall'altro. L'esplosione di una edilizia speculativa, oggi largamente sottoutilizzata, non di rado non solo poco rispettosa di canoni estetici e paesaggistici, ma anche di elementari criteri di stabilità e di sicurezza nei confronti della dinamica dei versanti e dei fondovalle, è certamente da annoverarsi fra le conseguenze peggiori. La creazione di una fitta rete di funivie, di cabinovie, di seggiovie, e comunque di sistemi di trasporto a fune può invece rappresentare una soluzione originale,

perfettamente adattata allo specifico ambiente del trasporto in montagna. L'attuale sviluppo, pari ad oltre 3000 km complessivi di impianti, è finalizzato prevalentemente allo sci. Ma è già atto il collegamento tra tronconi separati che favorisce lo scambio fra comprensori diversi, supera i confini nazionali e potrà evolversi domani in un sistema di collegamento autonomo, capace in qualche misura di riproporre, seppure in chiave diversa rispetto al passato, la centralità del sistema alpino e la sua antica vocazione a essere luogo d'incontro fra nazioni e popoli diversi.

Il turismo è l'aspetto più vistoso dell'attuale ricolonizzazione alpina. Si tratta però di un processo in qualche misura posticcio troppo dipendente da economie alloctone, che da solo non può certo risolvere il problema centrale delle Alpi: la progressiva disaffezione dell'uomo ad abitarle.

Ma esistono altri aspetti del rapporto fra uomo e montagna che possono essere fertili di sviluppi sorprendenti nel prossimo futuro.

Il massiccio esodo delle popolazioni alpine ha permesso il formarsi di vasti spazi vuoti, o comunque liberati da una notevole pressione antropica. Pur con i pesanti vincoli derivanti dal groviglio e dalla parcellizzazione della proprietà fondiaria montana, si è creato spontaneamente un nuovo quadro geografico aperto a possibili interventi sostanziali di riorganizzazione del territorio. È una grande occasione che può essere messa a frutto in un momento importante dell'evoluzione della società, della struttura economica e della stessa cultura nazionale e transnazionale.

I grandi agglomerati urbani ed industriali si rivelano sempre più antieconomici, ecologicamente invivibili ed ingovernabili.

Contemporaneamente la telematica, l'informatica ed il trasferimento del processo espansivo dell'industria ai servizi annulla in buona parte le distanze territoriali rendendo inutili le grandi concentrazioni di popolazione. La situazione è matura perché i nuovi deserti in clima temperato rappresentati dalle montagne abbandonate, ed in particolare le Alpi, possono essere ripopolate da moderne e piccole unità produttive, e diventino essi stessi centro propulsore di tutta la società. Si potrebbe fra il resto, venire incontro al desiderio di spazi liberi, di acque ed aree pulite, di una vita meno massificata, proprio di tanta parte della popolazione, creando un movimento di deurbanizzazione che potrebbe creare effetti benefici al complesso intero del territorio. La tendenza, per ora solo all'inizio, può essere consolidata soprattutto assecondando il rapido processo di ristrutturazione del modo di produrre, e nel quadro di un'attenta sorveglianza ed indirizzo delle diverse fasi di trasferimento. In molti casi i servizi e le abitazioni occorrenti per i futuri nuovi abitanti già esistono: sono proprio quelle case «estive» che in una ottica e in una situazione diversa potrebbero essere fruite appieno. In altri casi si tratta di rivitalizzare vecchi centri storici oggi vuoti.

È quanto si cerca di fare già adesso in non poche aree alpine, come la Valle d'Aosta, ove la riconversione in chiave di servizi degli antichi agglomerati agricoli di mezza montagna ha permesso quei fenomeni di «riurbanizzazione» attentamente studiati anche all'estero, o come l'Alto Adige, ove inter-

venti attenti e continui hanno permesso all'agricoltura montana non soltanto di sopravvivere, ma di proporsi in chiave competitiva a quella di altre aree ben più favorite geograficamente.

È sintomatico come nell'uno e nell'altro caso la maggiore armonizzazione tra uomo e ambiente alpino sia stata letteralmente inventata da strutture amministrative autonome, a perfetta conoscenza dei problemi reali di quelle regioni. In Italia, seppure in misura ancora embrionale, già esistono aggregazioni territoriali dimensionate alla fisiografia e alle esigenze della montagna: sono le comunità montane, che andrebbero potenziate fino a farne dei soggetti decisionali ben definiti. Il futuro delle Alpi deve essere pensato e deciso dalle popolazioni alpine, ma con estrema attenzione a cogliere quanto di nuovo e di positivo si sta muovendo nell'intera società.

Ne potrebbe derivare un'inversione di tendenza rispetto al passato, ed una rivalorizzazione reale di una ricchezza per ora latente ma degna di essere utilizzata appieno.

OPERE CITATE

- AZZAROLI A., 1990 - *Palaeogeography of terrestrial Vertebrates in the perithyrranian area*. - Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol., 77: 83-90.
- BERTOLDI R., RIO D., THUNELL R., 1989 - *Pliocene-Pleistocene vegetational and climatic evolution of the south-central Mediterranean*. - Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol., 72: 263-275.
- BOCCALETTI M., CIARANFI N., COSENTINO D., DEIANA G., GELATI R., LENTINI F., MASSARI F., MORATTI G., PESCATORE T., RICCI LUCCHI R., TORTORICI L., 1990 - *Palinspastic restoration and paleogeographic reconstruction of the peri-Thyrranian area during the Neogene*. - Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol., 77: 41-50.
- BRIGGS J.C., 1987 - *Developments in Paleontology and Stratigraphy, 10. Biogeography and plate tectonics*. - Elsevier, 204 pp.
- CAVALLO O., MACAGNO M., PAVIA G., 1987, - *Fossili dell'Albese*. - Fam. Albeisa, 223 pp.
- DERCOURT J., ZONENSHAIN L.P., RICOU L.E., KAZMIN V.G., LE PICHON X., KNIPPER A.L., GRAND-JACQUET C., SBORSHCHIKOV I.M., BOULIN J., SOROKHTIN O., GEYSSANT J., LEPVRIER C., BIJU-DUVAL B., SIBUET J.C., SAVOSTIN L.A., WESTPHAL M., LAUER J.P., 1985 - *Présentation de 9 cartes paléogéographiques au 1/20.000.000 s'étendant de l'Atlantique au Pamir pour la période du Lias à l'Actuel*. - Bull. Soc. Géol. France, sér. 8, 1: 637-652, 10 carte.
- FRANKS L.A., 1979 - *Climate throughout geological time*. - Elsevier, 310 pp.
- GABERT P., 1962 - *Les plaines occidentales du Pié et leurs piedmont (Piémont, Lombardie occidentale et centrale). Étude morphologique*. Louis-Jean, Gap, 531 pp., 5 tavv.
- GUBLER E., KAHLE H.-G., KLINGELÉ E., MÜLLER ST., OLIVIER R., 1981 - *Recent crustal movements in Switzerland and their geophysical interpretation*. - Tectonophysics, 71: 125-152.
- MALARODA R., 1980 - *Introduction à la Géologie Générale d'Italie et Guide à l'excursion 122A*. - Soc. It. Min. Petr., public. in occasione del 26° Congresso Geologico Internazionale di Parigi: 15-25.
- MALARODA R., 1987 - *A chronological synopsis of events of tectogenetic significance in Italy*. - In: Leonov Yu. G. et Khain V.E. (eds.), *Global correlation of tectonic movements*. - J. Wiley & s.: 141-154, 1 tav.
- McKENZIE K.G. (ed.), 1987 - *Shallow Tethys 2*. - Balkema, 544 pp.
- PANTIC N.K., 1986 - *Global Tertiary climatic changes, paleophytogeography and phytostratigraphy*. In: Walliser O.H. (ed.), *Lecture notes in Earth Science, 8. Global Bio-events* - Springer-Verlag: 419-427.
- SENFTEL E., EXNER CH., 1973 - *Rezente Hebung der Hohen Tauern und geologische Interpretation*. - Verh. Geol. Bundesan., Wien: 209-234.
- STANLEY D.J., WEZEL F.C., 1985 - *Geological evolution of the Mediterranean Basin*. - Springer Verlag, 589 pp.
- ZIEGLER P.A., 1988 - *Evolution of the Arctic-North Atlantic and the Western Tethys*. - Am. Ass. Petr. Geol., Mem. 43, 198 pp.