

S. GIAMMARINO (*)

EVOLUZIONE DELLE ALPI MARITTIME LIGURI
E SUE RELAZIONI CON IL BACINO TERZIARIO
DEL PIEMONTE ED IL MAR LIGURE (**)

Riassunto — Vengono messi in evidenza gli eventi connessi con l'apertura dei nuovi spazi «oceanizzati» del Mediterraneo Occidentale e quindi con la distorsione della catena lineare. Questi eventi hanno determinato le modificazioni fisiografiche ed evolutive del Bacino Terziario del Piemonte, la formazione dell'oroclineo nel settore ligure delle Alpi Occidentali e i caratteri plio-quadernari del bacino marino ligure. Attualmente il Mar Ligure viene interpretato come una zona di lacerazione sia del Mar Ligure-Balearico, che del Mar Tirreno.

Abstract — *Evolution of the Ligurian Maritime Alps and its relations with the Tertiary Piedmont Basin and the Ligurian Sea.* The aim of this paper is to consider the events connected with the opening of the mainly neogenic new oceanic hiatus in the Western Mediterranean Sea and with the distorsion of the linear Alpine belt.

These events have determined the modification of physiography and the sedimentary control of deposition in the Tertiary Piedmont Basin, the formation of the orocline of Western and Ligurian Maritime Alps and the plio-quadernary evolution of the Ligurian marine basin. The present-day Ligurian Sea has been interpreted as a stretching zone at the apex of both the Ligurian-Balearic and Tyrrhenian Sea.

Key words — Tectonic and sedimentary evolution, paleogeography, Ligurian Maritime Alps, Tertiary Piedmont Basin, Ligurian Sea.

LA CATENA EMBRIONALE

Alla fine dell'Eocene il margine paleoeuropeo si presentava profondamente deformato a seguito dell'avvenimento collisionale tra la paleoeuropa e l'elemento crustale insubro-dinarico (BOCCALETTI *et al.*, 1980), essendo stato, almeno in parte, interessato da coltri alloctone di diver-

(*) Istituto di Geologia dell'Università di Genova, Corso Europa 30.

(**) Lavoro eseguito con il finanziamento per la Ricerca Scientifica del M.P.I., 40%.

sa pertinenza paleogeografica e di diverso spostamento. Si doveva già essere realizzata una catena embrionale lineare per la scomparsa degli spazi oceanici del Bacino ligure-piemontese e la conseguente collisione continente-continente.

Una dimostrazione della avvenuta consunzione degli spazi oceanici può essere costituita dallo spostamento della deformazione sulle croste continentali in collisione.

Possono essere indicative di questo trasferimento le fasce di metamorfismo sincinemato presenti sia sulla crosta europea che su quella insubro-dinarico-appenninica, e che denotano importanti accorciamenti crustali. Sulla crosta continentale europea una fascia di deformazione sinmetamorfica è rappresentata dal Brianzone ed ha età eocenica superiore (MESSIGA *et al.*, 1982; MENARDI NOGUERA, 1982). Sull'Appennino la fascia analoga è di età più recente, Oligocene superiore, ed è rappresentata dalle Alpi Apuane (CARMIGNANI *et al.*, 1978).

Nel quadro evolutivo ora accennato non si può tacere il ruolo dell'elemento padano che costituisce, almeno a partire da un certo momento (GIGLIA, comunicazione personale), un avampaese comune sia alle Alpi Meridionali (CASTELLARIN, VAI, 1982), che all'Appennino Settentrionale, e presumibilmente anche alle Alpi Occidentali, comprese le Alpi Marittime della Liguria, se si considera che la retroflessione dell'intero edificio a falde delle Alpi è un evento padano vergente, sia pure con piccolo vettore di movimento.

La catena embrionale determinata dalle prime fasi della collisione doveva presentare essenzialmente un andamento lineare.

Quanto sopra è confortato dal fatto che in tutte le Alpi Occidentali, quindi anche nel segmento della Liguria di ponente, si riscontra grande identità nei caratteri strutturali, retroflessione e «ventaglio brianzone» compresi (MENARDI NOGUERA, 1984). La suddetta unitarietà strutturale viene ad indicare che la distorsione e la formazione dell'oroclineo che attualmente caratterizza le Alpi Occidentali, sono caratteri sovraimpressi alla catena lineare e quindi legati a fatti estranei e posteriori a quelli che avevano portato al realizzarsi della stessa.

All'interno del suddetto margine europeo si stendeva, a Sud della paleo-latitudine di Genova, il Dominio Ligure e, più precisamente, quella parte residua di solco oceanico che risultava indenne dal metamorfismo per subduzione (STURANI, 1973; DAL PIAZ *et al.*, 1972). Quanto sopra va ricollegato al fatto che la chiusura del paleoceano ligure-piemontese e quindi la collisione degli elementi crustali europeo e insubro-dinarico-appenninico, avveniva lungo fasce di subduzione (il cui marker è rap-

presentato dal metamorfismo di alta pressione dell'evento eoalpino) che non ricalcavano le zone isopiche della precedente fase di apertura, per cui si realizzava un margine convergente che, mentre a Nord veniva ad interessare la crosta austroalpina (zona Sesia), nei settori meridionali correva all'interno del solco oceanico ligure-piemontese. Il Dominio Ligure, anche se sfuggito a vere subduzioni, doveva però già presentarsi abbondantemente deformato e segmentato.

LA TRASGRESSIONE OLIGOCENICA

Il quadro non sarebbe completo se non si precisasse che prima della fine dell'Eocene, nella zona più interna della nuova catena dovevano già manifestarsi locali accumuli di tipo continentale, Breccie di Costa Cravara, che per le loro caratteristiche documentano fasi di assestamento post-orogeno. Mentre su parte del Dominio Ligure, intensamente tettonizzato, si andava impostando, in chiara discordanza, una sedimentazione torbiditica, Arenarie di Ranzano, preceduta da più o meno potenti sequenze emipelagiche, Marne di M. Piano.

L'Oligocene vede un mare di pertinenza orientale, padano, che viene a stendersi sia su un Dominio Ligure già deformato, sia sul margine interno della nuova catena alpina. Un ampio golfo andava progressivamente aprendosi verso W-SW, insinuandosi su quelle terre emerse rappresentate da unità pennidiche e liguri, che venivano ad occupare anche l'area su cui attualmente si estende il Golfo di Genova.

Questo nuovo elemento fisiografico, il Bacino Terziario del Piemonte, doveva quindi risultare raccordato, attraverso una più o meno ripida scarpa, con l'area in cui si andavano sedimentando le Arenarie di Ranzano. Un rapido ringiovanimento del rilievo, le particolari condizioni climatiche, la morfologia relativamente aspra delle terre subito prospicienti al nuovo bacino marino portano alla rapida deposizione sul suo margine di conoidi alluvionali, il cui accrescimento (GNACCOLINI, 1978) viene a rallentare ed in certo senso a contrastare l'ingressione marina. Dalle zone caratterizzate da forti accumuli, anche per coalescenza di più conoidi, e dai settori più instabili del margine, si aveva l'immissione anche in parti più profonde del bacino marino, sia per frantumamento che per risedimentazione in massa, di più o meno cospicui corpi conglomeratici, che andavano ad interdigitarsi con sequenze torbiditiche sia prossimali che emipelagiche (GELATI, 1974, 1977).

I più antichi termini marini compaiono quindi alla estremità Nord-

orientale del bacino Terziario del Piemonte e da qui il mare oligocenico avanza con linee di costa che progressivamente vengono ad interessare settori sempre più meridionali (GNACCOLINI, 1970, 1974). Mentre la trasgressione investe la bordura settentrionale del Gruppo di Voltri, verso Ovest, sul Brianzonese ligure si impostano bacini continentali, come quello di Bagnasco (LORENZ, 1969), lungo depressioni ad andamento NNW-SSE, mentre più a Sud, sempre in una piccola depressione, ma questa volta sul Cristallino del Savonese, si imposta il piccolo bacino di Cadibona, che costituirà un importante deposito di lignite con resti di Vertebrati (*Antracotherium* sp.).

Verso S-SW si viene quindi progressivamente a sviluppare un'ampia piattaforma a superficie alquanto irregolare, per cui, al di là del motivo generale (l'ingressione marina è preceduta da depositi continentali), si ha una certa varietà di subambienti, con paleorilievi (Bric Mazzapiede, Ponzone, ecc.), dove si hanno notevoli sviluppi di facies coralgali.

In alcuni settori, come nei dintorni di Ponzone (CHARRIER *et al.*, 1964), i sedimenti legati alla trasgressione marina (Formazione di Molare) risultano chiaramente discordanti con le Breccie di Costa Cravara e con sequenze fluvio lacustri (Formazione di Pianfolco) ad esse connesse.

Questa fase deformativa, che precede l'arrivo del mare oligocenico, va ricollegata a fasi tettoniche di assestamento della catena, post falde. Movimenti intraoligocenici, post trasgressivi, sono invece documentati nel settore Nord del Gruppo di Voltri, dove questo viene tagliato dalla linea Sestri-Voltaggio. Qui le dislocazioni interessano sia le Breccie di Costa Cravara che le sequenze conglomeratiche delle Formazioni di Molare (STURANI, 1973). Le suddette deformazioni, con movimenti di trascorrenza destra (HACCARD, LORENZ, 1979), vengono a controllare la deposizione solo della parte inferiore delle sequenze conglomeratiche.

L'ingressione marina che, come abbiamo visto, ha inizio alla base dell'Oligocene e si protrarrà per tutto il periodo, avanza verso Sud-W investendo le Unità Brianzonesi liguri e insinuandosi profondamente verso Sud per giungere sino a Celle-Varazze (GNACCOLINI, 1970) e Cogoleto (CORTESOGNO *et al.*, 1977), e cioè alle latitudini delle attuali rive del Mar Ligure (Fig. 1). La posizione degli affioramenti della costa ligure suggerisce un margine non facilmente delineabile, ma che comunque doveva estendersi nella zona del Golfo di Genova; quanto sopra tenendo anche conto dei caratteri dell'affioramento di Portofino (GIAMMARI-

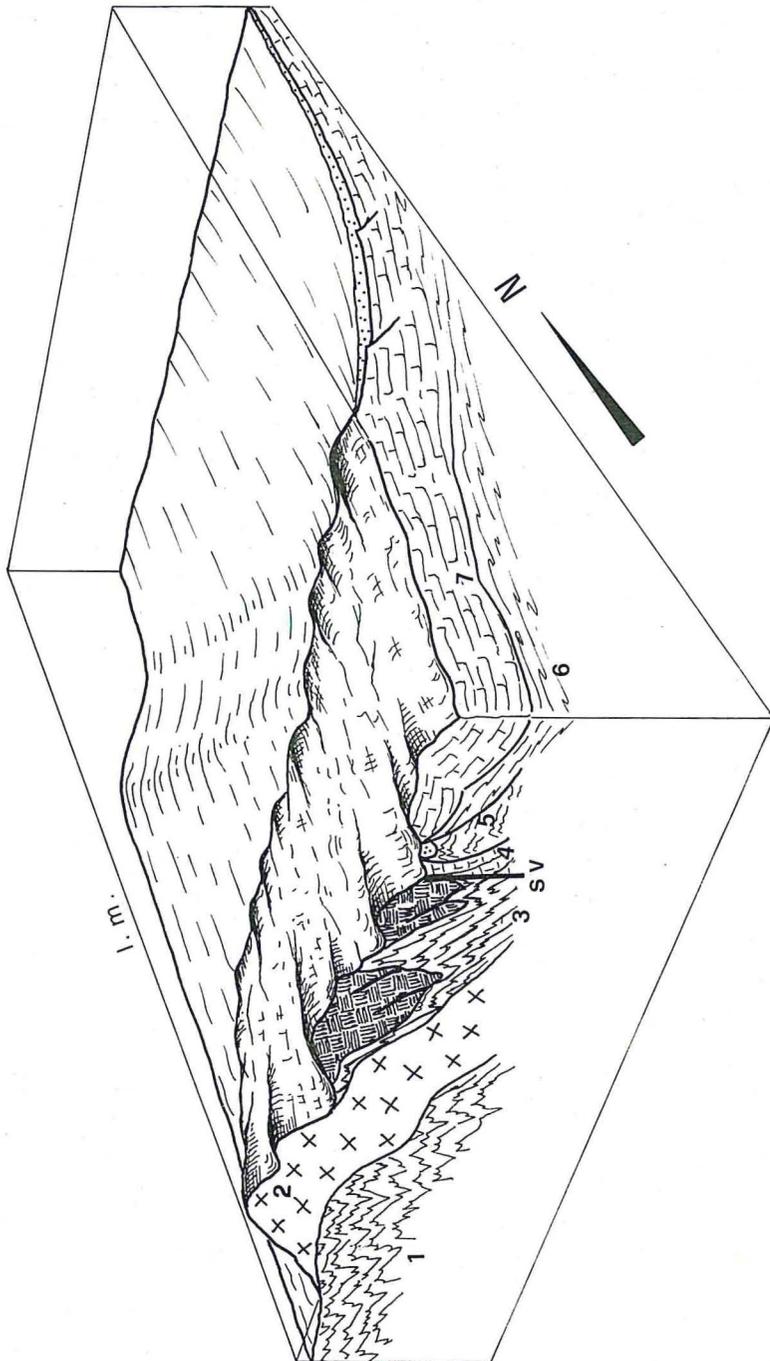


Fig. 1 - Ricostruzione dei caratteri paleogeografico-strutturali del margine Sud-orientale del Bacino Terziario del Piemonte durante la trasgressione oligocenica. UNITÀ BRIANZONESI: 1 - Coperture del Carbonifero superiore, 2 - Cristallino del Savonese (pre-ercinico); GRUPPO DI VOLTRI: 3 - Calcescisti con ofioliti metamorfiche; LINEA SESTRI-VOLTAGGIO: SV; UNITÀ TRIASSICO-LIASSICA: 4 - Monte Gazzo-Isoverde; UNITÀ LIGURI: 5 - *Unità ofiolitit/era* di M. Figogna, *Unità flyschoidi*: 6 - Busalla-Val Lavagna, 7 - M. Antola.

NO, MESSIGA, 1979) e di quei piccolissimi lembi conglomeratici che, non ancora ben indagati e cartografati, affiorano al margine Sud del Gruppo di Voltri tra Borzoli ed Arenzano.

I sedimenti di piattaforma presentano caratteristiche variabili a seconda dei vari momenti di arresto o di ripresa dell'avanzamento dei depositi di «fan delta». Queste fasi di esitante progredire del mare vengono documentate dalla presenza nei suddetti depositi di sedimenti di spiaggia e di transizione alla piattaforma (GNACCOLINI, 1978). In altri settori, invece, queste incertezze nella trasgressione portano, zona di S. Giustina, all'alternarsi di facies salmastro-continentali nelle prime sequenze marine; queste ultime documentate persino dal proliferare di ricche associazioni a coralli. Le potenze sono chiaramente legate alle modalità della subsidenza. I caratteri sedimentologici vengono ad uniformarsi quando, a seguito dell'accentuarsi di quest'ultima, ai depositi con caratteristiche di piattaforma vengono a sovrapporsi peliti emipelagiche (Marne di Rigoroso). Questo «annegamento» presenta, sempre nell'ambito dell'Oligocene, età differenti nelle varie parti del Bacino (GELATI, GNACCOLINI, 1980) e viene ad evidenziare il perdurare e l'exasperarsi di quei fenomeni disgiuntivi che vanno interessando il margine interno dell'edificio alpino. Sempre a questi fenomeni deformativi si deve la mobilitazione di sedimenti accumulatisi ai margini delle aree bacinali per cui, in differenti posizioni stratigrafiche si osservano, nelle suddette sequenze pelitiche, intercalazioni di corpi arenacei, con caratteri di «sediment gravity flows».

Nell'estremità Sud-occidentale del Bacino, e cioè nella regione delle Langhe, l'arrivo dei sedimenti marnosi sulle sequenze conglomeratiche è rappresentato dalla Formazione di Rocchetta (GELATI, 1968) attribuita all'Oligocene superiore, ad eccezione di alcune sequenze sommitali che nella zona di Ceva passano all'Aquitano inferiore.

IL MIOCENE

Evoluzione del Bacino Terziario del Piemonte e del Monferrato

Il Miocene esordisce con profonde modificazioni che porteranno ad un quadro paleogeografico alquanto differente da quello sinora delineato. I fatti salienti sono rappresentati:

— dal ritiro del mare dai settori più meridionali e cioè da quelle terre situate nell'attuale Mar Ligure (Cristallino del Savonese, Gruppo

di Voltri ed Unità ad Est della linea Sestri-Voltaggio). Questo avviene per innalzamento delle zone da poco ingredite dal mare che porta ad un primo smembramento dei depositi oligocenici, alcuni dei quali (Celle, Varazze, Cogoleto, Portofino, ecc.) rimarranno per sempre separati dal Dominio Padano, per l'instaurarsi di un nuovo ed importante elemento fisiografico: lo spartiacque tirrenico-adriatico.

— dall'apertura di un nuovo Bacino, il Bacino Ligure - Balearico, di cui il Mar Ligure, che verrà a stendersi sulle terre emerse posizionate a Sud del Bacino Terziario del Piemonte, rappresenta la propaggine Nord-orientale.

Nel Miocene inferiore, il Bacino Terziario del Piemonte, oltre agli avvenimenti sopra riportati, registra nel suo settore centrale (zona di Ovada), sia discontinuità stratigrafiche che situazioni di mare sottile (FRANCESCHETTI, 1967; GELATI, 1977) oltre a deposizione di tufiti zeolitiche da ricollegare a quelle che sino al Langhiano interessano aree diverse dell'Appennino Settentrionale. Nel Serravalliano anche il margine orientale del Bacino (Valle Scrivia) registra un primo ciclo regressivo, infatti sopra alle Marne di Cessole si vengono a depositare le Arenarie di Serravalle che rappresentano una sedimentazione litorale e deltaica di mare molto basso. Nel Tortoniano le suddette facies costiere vengono progressivamente ricoperte da sedimenti più profondi, prima di piattaforma e quindi di scarpata in cui CLARI e GHIBAUDO (1979) segnalano nicchie di distacco (erosional slump scars). Questo approfondimento del Bacino è documentato da indagini di sottosuolo (CASNEDI, 1983) effettuate nella pianura di Alessandria dove è messa in evidenza una scarpata con alla base accumuli torbiditici che passano a facies emipelagiche alla fine del Tortoniano.

Nelle Langhe, e cioè nel settore più occidentale, si ha nel Miocene l'affermarsi di un regime sedimentario caratterizzato da correnti di torbida alimentate da materiali provenienti dai quadranti Sud-occidentali (GNACCOLINI, 1968), dove andavano manifestandosi vistosi fenomeni deformativi.

Nel settore Nord-orientale, zona di Monbaldone (GELATI, 1968), si può ipotizzare una situazione di altofondo, così come già alla base del Miocene si era manifestata nella regione di Ovada. Il Bacino, infatti, doveva essere caratterizzato da ondulazioni, allungate secondo il suo asse, in cui andavano ad incanalarsi le correnti di torbida.

Le aree a sedimentazione marnosa, di mare sottile, durante il Miocene si spostavano progressivamente verso N-W, diventando, nel Tortoniano, la facies prevalente (Marne di S. Gallo), e venendo così a prean-

nunciare quei depositi di ambiente a circolazione ristretta che nel Miocene superiore interesseranno solo il margine settentrionale della Langhe.

La posizione degli affioramenti messiniani, e cioè la loro presenza soltanto sui bordi settentrionali del Bacino, ricalca l'assetto generale della deposizione miocenica che avviene per aloni successivi, sempre più giovani man mano che ci si sposta dalle Alpi Liguri verso la piana di Asti-Alessandria.

Alla fine del Miocene si ha una rapida e progressiva trasformazione di questo settore (residuo dell'originale Bacino Terziario del Piemonte) in un sistema lagunare poco profondo. Ciò si manifesta dapprima con la comparsa nelle sequenze emipelagico-batiali di caratteri che ne denunciano la deposizione su fondali scarsamente ventilati, quindi con l'affermarsi di ambienti lagunari iperalini (serie evaporitica) che evolvono sia verso facies lagunari ipoaline che continentali (STURANI, SAMPÒ, 1973).

I depositi messiniani vengono a loro volta ricoperti dai sedimenti plio-pleistocenici della piana Asti-Alessandria, a Nord della quale emerge il sistema collinare Torino-Valenza (zona del Monferrato).

Le Unità più profonde che affiorano in questo settore sono rappresentate da Unità Liguri esterne (ELTER *et al.*, 1965). I caratteri paleogeografici, le polarità e gli elementi strutturali vengono ad indicare il Monferrato come un elemento appenninico, o meglio il naturale prolungamento dell'Appennino Vogherese (continuità, questa, mascherata dai depositi alluvionali recenti della piana a Nord di Alessandria) e come tale coinvolto nella evoluzione strutturale-deformativa di questo segmento di catena appenninica.

Da quanto sopra risulta ragionevole che, tra l'arco del Monferrato e le Alpi Marittime Liguri, deve passare la cicatrice del piano di subduzione tra la costa insubro-lombarda e quella europea e che questa non può che situarsi nella ampia sinforme (cuvette) di Asti-Alessandria.

Più a Nord i caratteri della sedimentazione oligo-miocenica vengono legati da GELATI e GNACCOLINI (1982) all'evoluzione di una ruga (sedimentary Ridge di REUTTER e GROSCURTH, 1978) «... posizionata nell'attuale Bacino padano a NW dell'attuale area di affioramento delle Arenarie di Ranzano».

L'instabilità di quest'area, che risulta ancora emergente durante il Serravalliano (MONTRASIO *et al.*, 1968) all'altezza del basso Monferrato, è documentata dai materiali grossolani, chiaramente risedimenta-

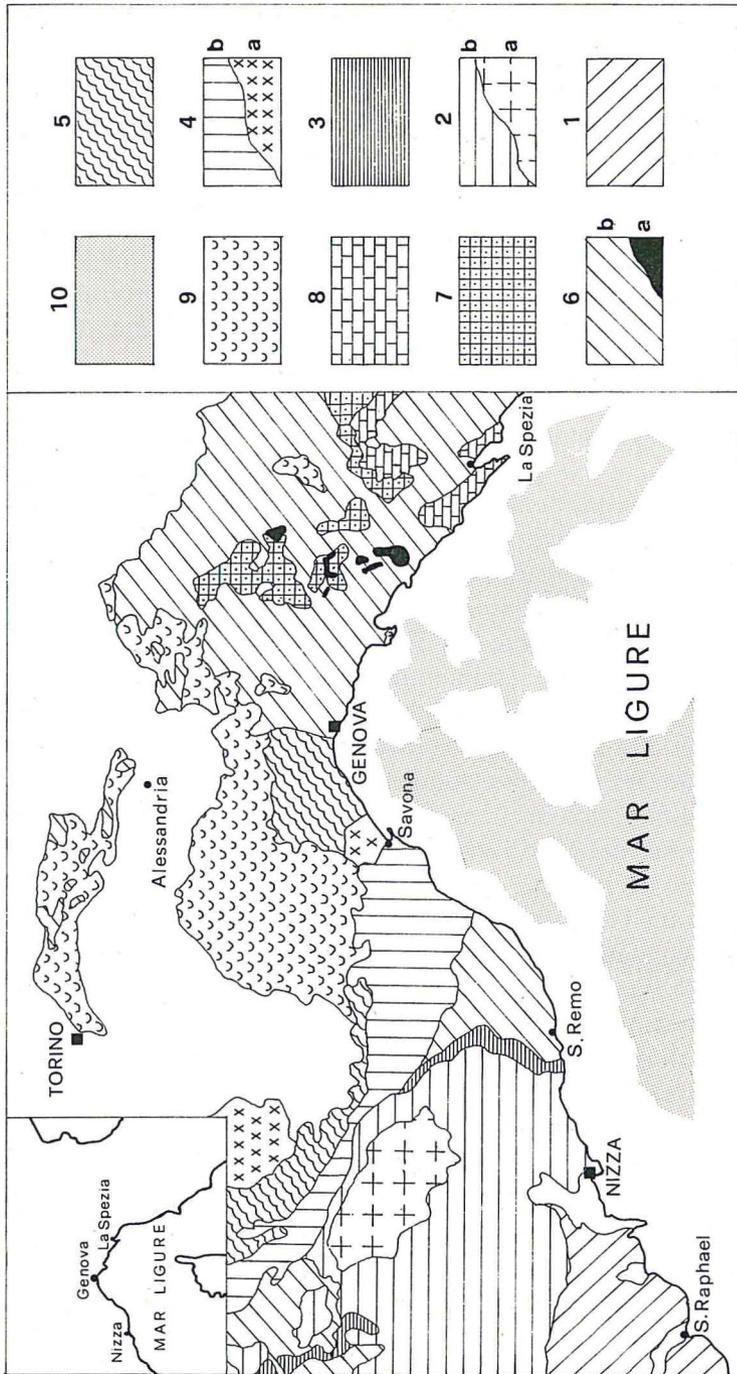


Fig. 2 - Schema geologico-strutturale della Liguria. ZONA PROVENZALE: 1 - Nuclei cristallini e loro coperture; ZONA DELFINESE: 2a - Massicci cristallini esterni, 2b - loro coperture; ZONA SUBBRIANZONESE: 3 - Schistes à blocs; ZONA BRIANZONESE: 4a - Massicci cristallini interni, 4b - loro coperture; ZONA DEI CALCESCISTI CON PIETRE VERDI: 5; ZONA LIGURE: 6a - ofioliti, 6b - unità flyschoidi; UNITÀ SUBLIGURI: 7; FALDA TOSCANA: 8; BACINO TERZIARIO DEL PIEMONTE E DEL MONFERRATO: 9; Depositi evaporitici (Messiniano) del Mar Ligure: 10. Le aree in bianco indicano sequenze plio-quaternarie marine e continentali.

ti, che interessano sia le sequenze oligoceniche che quelle burdigaliano-serravalliane (Formazioni di Termo Forà e Baldissero).

All'interno dell'arco del Monferrato la sedimentazione risulta quindi controllata, almeno sino alla fine del Serravalliano, da avvenimenti tettonici legati a fatti compressivi, contrariamente quindi a quanto andava manifestandosi sul margine meridionale del Bacino Terziario del Piemonte.

Sull'esterno della stessa area anche la sedimentazione messiniana e pliocenica risulterà controllata dalla tettonica compressiva che continuerà a deformare il margine esterno della catena appenninica (Fig. 2).

La distorsione della catena lineare

Le vicende tettonico-sedimentarie sino a qui esaminate non sono da ricongiungersi esclusivamente all'evoluzione regolare della catena lineare, ma vanno ricercate in quei nuovi avvenimenti che con essa vengono ad interferire. Nel paragrafo precedente si era visto come l'evento collisionale aveva portato al delinarsi di una paleocatena ad andamento lineare, con progressivo trasferimento in modo simmetrico ed irregolare, delle deformazioni tangenziali (per fasce di taglio intracrustali) sui due margini della sutura. Nuovi fatti importanti vengono ad interferire con il suddetto sistema e sono rappresentati dagli spazi «oceanizzati» del Mediterraneo Occidentale, e cioè dal Mar Ligure-Balearico e più tardivamente dal Mar Tirreno.

L'andamento accidentale del Mar Ligure-Balearico, rispetto ai lineamenti strutturali della catena alpina è messo in evidenza dal fatto che questo nuovo elemento fisiografico-strutturale viene ad incidere obliquamente: dalle zone più esterne (Provenzali) a quelle più interne (Piemontese interno).

L'apertura di questo bacino marginale, verosimilmente connesso con la rotazione antioraria dell'insieme Corso-Sardo, deve essere sicuramente più antica del Miocene superiore (GIGLIA, 1973).

La deriva del massiccio Corso-Sardo se, da un lato, comporta l'apertura dello «sfenocasma ligure», dall'altro, può aver determinato la consunzione del restante spazio Ligure, l'annessione di Unità Liguri e Subliguri al Dominio Toscano e il raccorciamento crustale di quest'ultimo con forte ispessimento dello stesso. Quanto sopra nella logica che vuole che debbano chiudersi in pareggio i bilanci tra spazi di neofor-

mazione e spazi annessi ai vari domini, in un sistema chiuso come quello delimitato dalle catene alpine del Mediterraneo.

Il Bacino Terziario del Piemonte e quello del Monferrato, che dapprima si erano impostati come bacini postorogeni, con caratteri di fossa molassica, dalla fine dell'Oligocene in poi risultano interessati da importanti deformazioni del substrato parzialmente legate all'apertura dello «sfenocasma ligure», fatto questo che viene ad interferire con la regolare evoluzione della catena lineare.

Mentre a Sud viene ad aprirsi il Mar Ligure, proprio dove sorgevano quei contrafforti della catena alpina che avevano costituito il margine delle parti del Bacino più profondamente in essa insinuatisi, a Nord il substrato (e quindi lo stesso Bacino Terziario del Piemonte) risultava interrotto da una linea attiva, lungo la quale si aveva il sottoscorrimento (Fig. 3) della crosta insubro-lombarda (GELATI, GNACCOLINI, 1982).

ALPI LIGURI

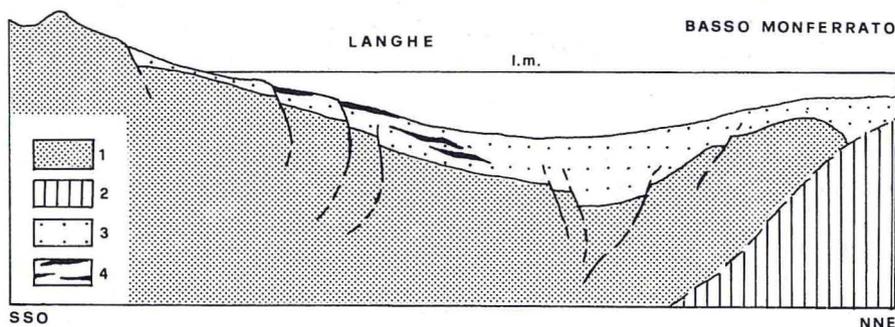


Fig. 3 - Sezione palinspastica indicativa dal basso Monferrato alle Alpi Marittime al passaggio Oligocene-Miocene (da GELATI, GNACCOLINI, 1980). 1 - substrato precenozoico, costituito da unità alloctone alpine ed appenniniche; 2 - dominio insubro-toscano; 3 - successione terrigena oligocenica del Bacino terziario ligure-piemontese e del basso Monferrato; 4 - corpi arenacei di conoide sottomarina.

Detto sottoscorrimento, o meglio la risposta isostatica conseguente agli ispessimenti crustali da esso determinati, può aver portato ad un innalzamento dei settori meridionali del Bacino Terziario del Piemonte, e particolarmente di quell'area che attualmente costituisce le Alpi Liguri, con conseguente smembramento, oltre che del substrato, anche dei complessi sedimentari depositatisi durante la trasgressione oligocenica. Questo innalzamento porta sia alla deposizione di facies emi-

pelagiche e torbiditiche, legate alle fasi distensive che lo accompagnano, sia alla disposizione ad aloni sempre più recenti della sedimentazione miocenica, man mano che ci si allontana dalla zona emergente. Tutto questo mentre più a Nord, e cioè al di là della «linea» che tagliava il Bacino Terziario del Piemonte, la zona del Monferrato andava evolvendosi seguendo le deformazioni connesse con la nascita della catena appenninica (Fig. 4).

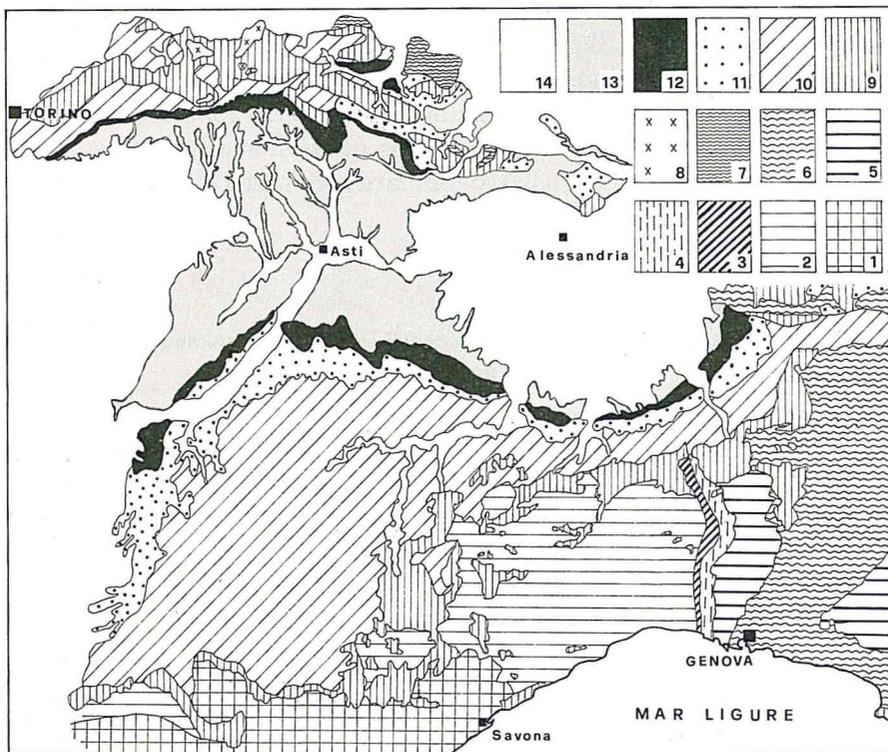


Fig. 4 - Schema geologico del Bacino Terziario del Piemonte e del Monferrato. BRIANZONESE LIGURE: 1; GRUPPO DI VOLTRI: 2; UNITÀ TRIASSICO LIASSICA E CRAVASCO-VOLTAGGIO: 3; UNITÀ LIGURI: 4 - *Unità ofiolitifera* M. Figogna, *Unità flyschoidi*: 5 - Busalla-Val Lavagna, 6 - M. Antola, 7 - Unità liguri esterne del Monferrato; UNITÀ SUBLIGURI del Monferrato: 8; BACINO TERZIARIO DEL PIEMONTE E DEL MONFERRATO: 9 - Oligocene/Eocene?, 10 - Miocene medio/inferiore, 11 - Miocene superiore/medio, 12 - Messiniano, 13 - Pliocene, 14 - Depositi quaternari.

Con il Miocene quindi si viene progressivamente a delineare, seppur allo stadio embrionale, la costa ligure. Le uniche testimonianze di questo nuovo mare sono rappresentate dal piccolo affioramento comu-

nemente conosciuto come «Pietra di Finale». In questo lembo, BONI *et al.* (1968), hanno riconosciuto:

— un «substrato terziario» attribuito all'Oligocene superiore ed al Miocene inferiore (la presenza di microfaune dell'Oligocene inferiore viene dubitativamente legata a fenomeni di rimaneggiamento) costituito da facies marnose e clastiche;

— il «Calcare di Finale», attribuito al Miocene (pre-Langhiano-Serravalliano?) in cui sono stati individuati diversi membri a seconda della prevalenza di facies conglomeratiche, arenacee, marnose e di calcari coquinoidi e calcari bioclastici. Le associazioni faunistiche (Pettinidi, Ostreidi, Balanidi, Briozoi, Coralli) ed i resti algali, per lo più rappresentati da *Halimeda*, vengono a documentare una piattaforma carbonatica di mare sottile.

Il piccolo affioramento del Finalese acquista significatività per una migliore conoscenza di questo nuovo mare se viene correlato con gli altri affioramenti della costa francese. Qui le testimonianze più antiche sono rappresentate dalle sequenze pre-aquitane (ANGLADA, 1971) di Carry-le-Rouet (Marsiglia). Più a Nord-Ovest, e cioè nella zona di Montpellier, il mare miocenico arriva successivamente, per poi (HACCARD *et al.*, 1972), nel Burdigaliano, insinuarsi verso Nord nel «sillon rhodanien» dove si hanno cospicui depositi sedimentari (Bacino di Digne-Valensole). Altre importanti documentazioni sono rappresentate dal Bacino Miocenico di Vence, caratterizzato da «molasse burdigaliane» con intercalazioni di «calcari a Lithothamni» e da «marne Helvétiques».

Direttamente connesso con l'apertura del Mar Ligure è il vulcanismo terziario che, alcalino nel «distretto provenzale», cioè ad W di Frejus, presenta un'età esclusivamente miocenica; mentre più ad Est, e cioè nel «distretto ligure» è di età oligo-miocenica, ha caratteristiche calcocalcine e viene documentato dagli affioramenti andesitici di Cap d'Ail, di Cap d'Antibes, di Biot-Villeneuve-Laubet, di Villa Maure e di Collonges e dai depositi vulcano-sedimentari (a conglomerati andesitici e livelli tufitico-cineritici) di Biot, Villeneuve-Loubet, Cap d'Ail ad essi collegati (CAMPREDON, BOUCARUT, 1975).

Ai suddetti lembi miocenici del settore francese si deve aggiungere quello di Roquebrune, «Helvétien» (ANGLADA *et al.*, 1967) che, risultando discordante sull'anticlinale di Cap Martin, permette di attribuire al Miocene inferiore la fase di piegamento (con pieghe orientate verso NNW-SSE) che, nel dominio esterno delle Alpi Marittime, viene a delineare le sinclinali di Mortola, Piena, Mentone, Contes, ecc.

Non si conoscono altri affioramenti miocenici sul tratto costiero italo-francese, né tanto meno messiniani ⁽¹⁾.

La presenza nel Mar Ligure di depositi evaporitici attribuiti al Messiniano è stata messa in evidenza, con indagini sismiche (REHAULT *et al.*, 1974; FANUCCI *et al.*, 1978-1979; FANUCCI *et al.*, 1979), solo in zone più distali rispetto al ciglio dell'attuale piattaforma e quindi in gran parte dell'attuale Mar Ligure; fanno eccezione zone interessate da alti strutturali.

Altro dato emerso è che i termini più recenti del Miocene superiore risultano trasgressivi venendo ad invadere porzioni di margine non interessate da sedimenti più antichi.

Al di là degli scompaginamenti dovuti alle fasi tettoniche di collasso, verificatesi sia al limite fra Miocene e Pliocene (GENNESSEAU, REHAULT, 1975) che successivamente nel Plio-Quaternario, si può accertare che l'andamento degli affioramenti evaporitici prefigura la situazione attuale del Mar Ligure (Fig. 2).

Nel Miocene superiore si assiste ad un nuovo ed importante avvenimento per il Mediterraneo Occidentale: l'apertura del Mar Tirreno. Questo nuovo elemento fisiografico e strutturale si imposta proprio nella zona di sutura realizzatasi durante il Tortoniano, GIGLIA (1973), nella fase del massimo avvicinamento tra l'insieme Corso-Sardo e la Toscana Occidentale; il che determina una nuova ed incisiva interferenza con le strutture e l'evoluzione della catena lineare. Il suddetto spazio «oceanizzato» viene infatti ad aprirsi proprio in una zona caratterizzata da fasce di ispessimento crustale e litosferico (chiusura dello spazio oceanico ligure-piemontese e successiva collisione continente-continente), tagliando, nell'Alto Tirreno, le zone di radici comuni al settore corso delle Alpi Occidentali e dell'Appennino Settentrionale. Sempre nell'ottica del bilancio dei volumi e degli spazi del Mediterraneo, l'apertura del Tirreno Settentrionale comporta una progressiva scomparsa di crosta con restringimento dello spazio padano, a seguito di subduzioni ed annessioni di elementi crustali alla catena appenninica; di conseguenza quest'ultima subisce, sul versante occidentale, un'in-

(¹) Le Brece di Carros e di Castagniers, attribuite «au Pontien», GINSBURG (1960), non rappresentano una sedimentazione marina, ma grossi corpi di frana formati nella zona frontale («falaises jurassiques de Baous et du Cuore de Castagniers» GÈZE, 1963) degli archi di Nizza e di Castellana; strutture, queste, che insieme all'arco della Roya (PÉREZ, 1975), si sono evidenziate tra il Tortoniano e la fine del Miocene per scollamento e scivolamento delle coperture sedimentarie dell'Argentera-Mercantur in via di sollevamento.

tenza fase distensiva, mentre, sul margine orientale, padano, si manifestano compressioni ed accavallamenti (ELTER *et al.*, 1975).

L'inizio della fase distensiva può essere collocato al Tortoniano superiore quando (TREVISAN, 1952), in seguito a sistemi di faglie normali che iniziano ad intagliare il complesso edificio a falde da poco realizzatosi, vengono a delinearci dorsali e bacini.

Il versante tirrenico investito da questa fase distensiva tardo neogenica (ben evidente nel Messiniano della Toscana Marittima: GIANNINI, TONGIORGI, 1962; LAZZAROTTO, MAZZANTI, 1965; MAZZANTI, 1966; LAZZAROTTO, 1967; GIGLIA, 1973; inter alios) e che proseguirà nel Plio-Quaternario, presenta caratteri strutturali che non permettono una sua delimitazione rispetto all'adiacente bacino marino (GIGLIA, 1973), di cui quindi rappresenta una «dependence» emersa.

In settori del Mar Ligure chiaramente legati al dominio alpino (REHAULT *et al.*, 1974; FANUCCI *et al.*, 1978-1979) vengono descritti lineamenti e situazioni strutturali collegabili alla suddetta distensione tardo miocenica. Anche questi avvenimenti vanno ricercati nelle modalità di apertura del Mar Tirreno, che viene con il suo apice ad intaccare e, quindi, a lacerare, una parte di crosta europea.

Uno degli effetti più evidenti nella distorsione della catena lineare è rappresentato dal gomito formato tra l'arco delle Alpi Occidentali ed il segmento delle Alpi Liguri. L'acquisizione di questo andamento planimetrico, falciforme, è stata certamente influenzata dall'apertura dei nuovi bacini del Mediterraneo Occidentale e, più precisamente, dalla formazione del Mare Ligure-Balearico (BOCCALETTI, GUAZZONE, 1970).

La mancanza di strutture, nei terreni postorogeni all'interno di detto oroclino, che documentino un movimento di torsione attorno ad un asse verticale, suggerisce, (ELTER, PERTUSATI, 1973), che la suddetta torsione si sia realizzata in modo complesso, con accavallamenti e trascorrenze.

Questi avvenimenti, per quanto sino a qui precisato, devono aver avuto la loro massima manifestazione entro il Tortoniano superiore-Messiniano, tenuto conto di quanto già rilevato sui caratteri del Mar Ligure alla fine del Miocene.

EVOLUZIONE PLIO-QUATERNARIA DEL MAR LIGURE

Avvenimenti di una certa rilevanza investono il bacino marino ligure al passaggio Miocene-Pliocene e sono documentati dai caratteri degli

affioramenti pliocenici presenti nella Riviera di ponente e in quella francese (Fig. 5). In generale si tratta di piccoli lembi, intrappolati in strutture che ricalcano con le loro direttrici l'attuale andamento costiero, essenzialmente costituiti da sedimenti argilloso-marnosi, interessati da passate detritiche.

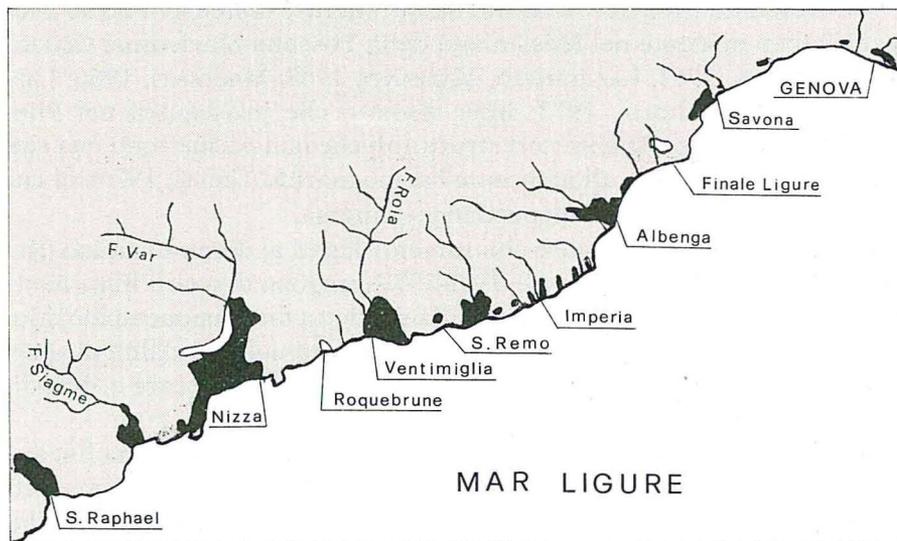


Fig. 5 - Schema degli affioramenti marini neogenici del litorale della Alpi Marittime franco-italiane. Con il bianco vengono indicati i lembi miocenici, con il nero quelli pliocenici.

Nei settori occidentali, e più precisamente, da Albenga fino alla costa francese, compare anche una forte componente conglomeratica che, a volte, viene ad assumere, Bacini di Ventimiglia e del Var, rilevante predominanza rispetto alle altre litologie. Lo studio di questi lembi ha permesso di chiarire che l'ingressione pliocenica non è esclusivamente imputabile ad un repentino innalzamento marino dopo la «crisi» messiniana, ma che la trasgressione si manifesta su un margine interessato da vistosi fenomeni di collasso. Quanto sopra è documentato dalla quasi generale presenza di sedimenti, argille e argille marnose epibattiali a diretto contatto con il substrato (ROBBA, 1980; GIAMMARINO, TEDESCHI, 1982; GIAMMARINO *et al.*, 1984). Tali sequenze sono interessate da corpi sedimentari con geometria e caratteri litologico-tessiturali alquanto differenti: ad esili passate siltoso-arenacee e a veri e propri livelli torbiditici, si accompagnano corpi lentiformi con caratteristiche di

«grain flow» e di «debris flow». Il materiale di cui sono formati è quanto mai eterogeneo, risultando, a seconda delle variabili di cui sopra, costituito sia da sedimenti e cenosi dell'ambiente meso e infralitorale che da elementi intraformazionali (frammenti decimetrici di banchi argilloso-marnosi con caratteri simili a quelli delle sequenze in cui risulta canalizzato) ed extraformazionali anche di grosse dimensioni ⁽²⁾, con cenni di gradazione inversa. Vengono praticamente a mancare, eccezion fatta per la Pietra di Cisano (Albenga), sequenze sedimentarie di piattaforma, e tanto più tracce dell'antica linea di riva ⁽³⁾. Le uniche conoscenze delle facies meso e infralitorali e delle biocenosi che le costituiscono risultano possibili solo con un inventario dei materiali risedimentati.

I caratteri sino a qui riportati testimoniano un ciclo sedimentario che viene ad impostarsi e ad evolversi su di un margine particolarmente attivo, caratterizzato da una struttura a gradoni in rapida evoluzione.

Le suddette fasi di collasso al passaggio Miocene-Pliocene vengono anche riscontrate in mare, FANUCCI *et al.* (1978-1979), dove sono documentati sistemi di faglie, con forti rigetti, che dislocano i livelli evaporitici (o per lo meno il substrato pre-pliocenico) e che vengono a smorzarsi nella copertura plio-quadernaria.

La presenza, nei settori occidentali, di rilevanti corpi conglomeratici (fatto particolarmente evidente nei Bacini di Albenga, S. Remo, Ventimiglia ⁽⁴⁾ e del Var) sia in troncatura alle argille epibatiali (GIAMMARINO *et al.*, 1984) che a diretto contatto del substrato, viene a documentare una brusca variazione nella dinamica deposizionale di questi settori.

Nelle aree settentrionali, la ripresa dei movimenti di sollevamento che aveva già determinato il delinarsi degli archi Subalpini di Castellana, Nizza e del Roya, permette l'immissione nel bacino, nel quale continuavano a manifestarsi fasi di collasso, di materiali derivanti dall'intensa fase erosiva che accompagna il ringiovanimento dei rilievi.

Questa fase, sempre nel Pliocene inferiore, zona a *Globorotalia margaritae* (MPl 2), viene a mancare nei Bacini del Savonese e di Genova, testimoniando una certa stabilità del margine in questi settori.

⁽²⁾ A San Fruttuoso (Genova) e nella Cava Bianchi di Bussana, sono stati notati elementi del substrato con dimensioni anche superiori al metro.

⁽³⁾ Facies di piattaforma sono segnalate nei settori occidentali del Bacino del Var: Molasse di Biot e Calcari ad *Amphistegina* di Antibes (CAMPREDON, BOUCARUT, 1975).

⁽⁴⁾ A M. delle Fontane, in riva sinistra del F. Roja, le sequenze conglomeratiche presentano potenze dell'ordine dei 400 m.

Alla fine del Pliocene inferiore, si registra un generale sollevamento di tutto il margine sommerso, con spostamento della «flessura» continentale (sensu BOURCART, 1956) nella zona a mare dell'attuale linea costiera. Trattasi di una fase di sollevamento di grande rilievo, che porta all'emersione di una parte del margine sommerso di cui gli attuali affioramenti, disseminati tra Genova e S. Raphael (Bacino dell'Argens), ne vengono a rappresentare una modesta parte. Questi infatti risultano impigliati in strette ed allungate depressioni, o per lo meno delimitati e troncati da sistemi di faglie che vengono a condizionarne la geometria.

Il parallelismo tra l'andamento dei suddetti affioramenti e quello costiero, va ricercato nel fatto che ambedue i sistemi risultano controllati dalle stesse direttrici tettoniche e strutturali.

La presenza di Pliocene superiore è documentata solo in ridotti settori del bacino di Ventimiglia (GIAMMARINO, TEDESCHI, 1975, 1976; BONI *et al.*, 1983) e del Var (IRR, 1975) nei quali però non è stato possibile accertare continuità nell'ambito della sedimentazione pliocenica.

La fase d'innalzamento si deve essere protratta anche in tempi più recenti in particolare nei settori degli archi Subalpini, dove sequenze del Pliocene inferiore si trovano dislocate a m 600 (Levens nel Bacino del Var) e m 540 (M. Bellenda nel Bacino di Ventimiglia).

In questo tratto costiero viene a delinarsi, in modo embrionale, l'attuale piattaforma con caratteristiche, presenza di horst e graben, che ricalcano, anche in tempi successivi, gli avvenimenti tettonico-sedimentari documentati dall'area emersa.

Nei settori ad Est di Genova non si conoscono affioramenti pliocenici, ma le informazioni che si possono avere dalle indagini a mare (FANUCCI *et al.*, 1979) vengono a confermare che il delinarsi dell'attuale piattaforma va ricollegato a fasi di collasso riferibili al Pliocene basale e che la sua evoluzione è determinata dai rapporti tra sedimentazione e subsidenza; rapporti che, in quei settori caratterizzati da accumuli preferenziali, risultano chiaramente legati ad un più accentuato controllo tettonico.

CONCLUSIONI

L'apertura dei nuovi bacini del Mediterraneo occidentale viene ad interferire con la naturale evoluzione della catena lineare prodottasi per suturazione del paleo-oceano ligure-piemontese e per successiva pro-

pagazione, ad oceano cicatrizzato, della deformazione compressiva sulle croste continentali in collisione. Le nuove aree «oceanizzate» vengono infatti a sovrapporre i loro caratteri a quelli della suddetta catena: il Mar Ligure-Balearico viene ad incidere obliquamente la catena alpina dai settori provenzali al Gruppo di Voltri; l'alto Tirreno viene a tagliare le zone di radice comuni al settore corso delle Alpi Occidentali e dell'Appennino Settentrionale venendo il suo apice a lacerare il margine europeo. Nelle Alpi Marittime Liguri i suddetti avvenimenti sono essenzialmente documentati sia dalla distorsione nell'andamento planimetrico dell'arco alpino, gomito tra Alpi Occidentali e Alpi Marittime del ponente ligure, sia dalle modificazioni nei caratteri evolutivi del Bacino Terziario del Piemonte che dalle modalità dell'impostarsi e dell'evolversi del Mar Ligure.

L'attuale assetto geologico-strutturale delle Alpi Marittime e del Golfo Ligure risulta quindi direttamente connesso all'apertura (dopo la fase di catena embrionale lineare) dei nuovi spazi del Mediterraneo occidentale ed al diapirismo del mantello che li accompagna.

BIBLIOGRAFIA

- ANGLADA R. (1971) - Sur la position du datum à *Globigerinoides* (Foraminiferida) la zone N4 (Blow 1967) et la limite oligo-miocène en Méditerranée. *C.R.Ac. Sc. Paris*, ser. 9, **272**, 1067-1070.
- ANGLADA R., FOLLACCI J.P., MENEROUD J.P. (1967) - Sur la presence de Miocène marin en bordure de l'Arc de Nice. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, ser. 9, **7**, 526-529.
- BENIOFF H. (1949) - Seismic evidence for the fault origin of oceanic deepths. *Bull. Soc. Geol. Am.*, **60**, 1837-1856.
- BOCCALETTI M., COLI M., DECANDIA F.A., GIANNINI E., LAZZAROTTO A. (1980) - Evoluzione dell'Appennino settentrionale secondo un nuovo modello strutturale. *Mem. Soc. Geol. It.*, **21**, 359-373.
- BOCCALETTI M., GUAZZONE G. (1970) - La migrazione terziaria dei bacini toscani e la rotazione dell'Appennino Settentrionale in una «zona di torsione» per deriva continentale. *Mem. Soc. Geol. It.*, **9**, 177-195.
- BOCCALETTI M., GUAZZONE G. (1972) - Gli Archi appenninici, il Mar Ligure e Tirreno nel quadro della tettonica dei bacini marginali retro-arco. *Mem. Soc. Geol. It.*, **11**, 201-216.
- BOCCALETTI M., GUAZZONE G., MANETTI P. (1974) - Evoluzione paleogeografica e geodinamica del Mediterraneo: i bacini marginali. *Mem. Soc. Geol. It.*, **13** (2), 162-199.
- BONI A., BONI P., MOSNA S., PELOSO G.F. (1983) - Rinvenimento del Pliocene superiore (e del Pleistocene marino basale?) nelle colline tra Ventimiglia e Bordighera (Liguria occidentale). *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, **30**, 182-188.
- BONI P., MOSNA S., VANOSI M. (1968) - La «Pietra di Finale» (Liguria Occidentale). *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, **18**, 101-151.

- BONI P., PELOSO G.F. (1973) - I lembi pliocenici della Liguria occidentale da Terzorio al confine Italo-francese. *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, **23**, 170-201.
- BONI P., PELOSO G.F., VERCESI P.L. (1976) - I lembi pliocenici della Liguria occidentale da San Lorenzo al Mare (Imperia) ad Andora (Savona). *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, **25**, 112-141.
- BOURCART J. (1956) - Sur l'âge du delta du Var. *C.R. somm. S.G.F.*, 264-266.
- BOURCART J. (1960) - Sur le conglomérat de Roquebrune (Alpes - Maritimes). *C.R. somm. S.G.F.*, 1-200.
- BOUCART J. (1960) - Galets anciens dans les cinérites pliocènes del Cap d'Ail. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, ser. 2, **7**, 38-40.
- BOUSSAC J. (1911) - Études paléontologiques sur le Nummulitique alpin. *Mém. Serv. Carte Géol. Fr.*, 437 pp.
- CAMPREDON R. (1977) - Les formations paléogènes des Alpes Maritimes Franco-italiennes. *Mém. h. sér. Soc. Géol. Fr.*, **9**, 1-198.
- CAMPREDON R., BOUCARUT M. (1975) - Alpes Maritimes Maures, Esterel. *Guide géologiques régionaux*, 175 pp.
- CAPPONI C., GIAMMARINO S. (1982) - L'affioramento oligocenico del Rio Siria (Bacino di Santa Giustina, provincia di Savona) nel quadro dei movimenti tardivi della Falda di Montenotte. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, ser. A, **89**, 101-113.
- CARMIGNANI L., GIGLIA G. (1979a) - Analisi mesostrutturale della zona occidentale delle Apuane Metamorfiche. *Boll. Soc. Geol. It.*, **96**, 429-450.
- CARMIGNANI L., GIGLIA G. (1979b) - Large scale reverse «drag folds» in the late Alpine Building of the Apuane Alps (N. Apennines). *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, ser. A, **86**, 109-125.
- CARMIGNANI L., GIGLIA G., KLIGFIELD R. (1978) - Structural evolution of the Apuane Alps: an example of continental margin deformation in the Northern Apennines, Italy. *Jour. of Geol.*, **86** (4), 487-504.
- CARMIGNANI L., GIGLIA G., KLIGFIELD R. (1981) - Nuovi dati sulla zona di taglio ensialica delle Alpi Apuane. *Mem. Soc. Geol. It.*, **21**, 93-100.
- CASTELLARIN A., VAI G.B. (1982) - Introduzione alla geologia strutturale del Sudalpino. In CASTELLARIN A., VAI G.B. (ed.): Guida alla Geologia del Sudalpino centro-orientale. *Guida Geol. Reg. S.G.I.*, 1-22.
- CASNEDI R. (1975) - Segnalazione di una successione stratigrafica compresa fra il Langhiano e il Pliocene inferiore a NW di Valenza (Monferrato orientale). *Ist. Lomb. Rend. Sc.*, **109**, 178-184.
- CASNEDI R. (1983) - General facies relationships in the eastern part of the Piedmont Basin (northern Italy) in Serravallian-Tortonian time, with subsurface analysis. *Boll. Soc. Geol. It.*, **102** (4), 399-405.
- CHARRIER C., FERNANDEZ D., MALARODA R. (1964) - La formazione di Pianfolco (Bacino Oligocenico Ligure-Piemontese). *Atti Acc. Naz. Lincei, Mem.*, ser. 8, **7** (2), 23-81.
- CHIESA S., CORTESOGNO L., FORCELLA F., GALLI M., MESSIGA B., PASQUARÈ G., PEDEMONTE G.M., PICCARDO G., ROSSI M. (1975) - Assetto strutturale ed interpretazione geodinamica del Gruppo di Voltri. *Boll. Soc. Geol. It.*, **94** (3), 555-583.

- CITA M.B. (1973) - The Pliocene record in deep-sea Mediterranean sediments. Biostratigraphy and Chronostratigraphy. In: RYAN W.B.F. ET AL.: *Initial Reports of the DSDP*, **13** (2), 1343-1379.
- CITA M.B. (1975) - Planktonic foraminiferal biozonation of the Mediterranean Pliocene deep-sea record. A revision. *Riv. It. Paleont.*, **81** (4), 527-544.
- CLARI P., GHIBAUDO G. (1979) - Multiple slump scars in the Tortonian type area (Piedmont Basin, northwestern Italy). *Sedimentology*, **26**, 719-730.
- COMPAGNONI R., DAL PIAZ G.V., HUNZIKER J.C., GOSSO G., LOMBARDO B., 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. S.I.M.P.*, **33**, 281-334.
- CORTESOGNO L., GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1977) - Età dei lembi terziari di Lerca e Sciarborasca (Liguria occidentale) e loro implicazioni nell'evoluzione neotettonica del Gruppo di Voltri. *Boll. Soc. Geol. It.*, **96** (3), 365-375.
- DAL PIAZ G.V., HUNZIKER J.C., MARTINOTTI G. (1972) - La zona Sesia-Lanzo e l'evoluzione tettonico-metamorfica delle Alpi nordoccidentali interne. *Mem. Soc. Geol. It.*, **11**, 433-460.
- DEBELMAS J. (1972) - A propos de quelques hypothèses récentes sur la genèse de l'Arc Alpino-Apenninique. *Rev. Geogr. Physique e Géol. Dynamique*, ser. 2, **14** (3), 229-244.
- ELTER G., ELTER P., STURANI C., WEIDMANN M. (1965) - Sur la prolongation du domine ligure de l'Apennin dans le Monferrat et les Alpes et sur l'origin de la nappe de la Simme s.l. des Prealpes romandes et chablaisiennes. *Bull. Lab. Géol. Min. Géoph. Univ. Lausanne*, 1967, 279-377.
- ELTER P., GIGLIA G., TONGIORGI M., TREVISAN L. (1975) - Tensional and compressional areas in the recent (Tortonian to present) evolution of the Northern Apennines. *Boll. Geofisica Teorica ed Applicata*, **17** (65), 1-18.
- ELTER P., PERTUSATI P. (1973) - Considerazioni sul limite Alpi-Appennino e sulle relazioni con l'arco delle Alpi Occidentali. *Mem. Soc. Geol. It.*, **12**, 359-375.
- FANUCCI F., FIERRO G., FIRPO M., MIRABILE L., PICCAZZO M. (1979) - La piattaforma continentale della Liguria appenninica. *Atti Conv. Sc. Naz. P.F. Oceanografia e Fondi Marini*, 5-6 marzo, Roma 1979, 1275-1289.
- FANUCCI F., MIRABILE L., PICCAZZO M. (1978-1979) - Il margine continentale della Liguria alpina. *Ann. Is. Univ. Nav. Napoli*, **47-48**, 147-161.
- FORCELLA F., ROSSI P.M. (1980) - Tettonica sinsedimentaria oligocenica nei dintorni di Moretti-Cimaferle (margine meridionale del Bacino Terziario Piemontese). *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **86** (1), 187-202.
- FANUCCI F., GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1980) - Il Pliocene della costa e del margine continentale dell'Appennino Ligure in rapporto alla neotettonica. *Mem. Soc. Geol. It.*, **21**, 259-265.
- FRANCESCHETTI B. (1967) - Studi geologici sulla regione ad Ovest di Ovada (Provincia di Alessandria). *Mem. Soc. Geol. It.*, **6** (3), 379-358.
- FRAVEGA P., VANNUCCI G. (1980) - Associazione a Corallinacee nella serie di Costa Merlasino (Alessandria) e suo significato ambientale. *Ann. Univ. Ferrara, sez. 9, Sc. Geol. Pal.*, **6**, 93-117.
- FRAVEGA P., VANNUCCI G. (1982) - Significato e caratteristiche degli episodi a rhodoliti al «top» del Serravalliano tipo. *Geologica Romana*, **21**, 1-11.

- FRAVEGA P., GIAMMARINO S., VANNUCCI G. (1984) - Episodi ad «Algal balls» e loro significato al passaggio Arenarie di Serravalle - Marne di S. Agata fossili a Nord di Gavi (Bacino Terziario del Piemonte). *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, in stampa.
- GALBIATI B. (1977) - La successione oligo-miocenica tra Rigoroso e Carrosio (Bacino ligure-piemontese). *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, **26**, 30-48.
- GELATI R. (1967) - Osservazioni stratigrafiche sull'Oligo-Miocene delle Langhe. *Pubbl. Ist. Geol. Univ. Milano*, ser. G, n. 236, 1-18.
- GELATI R. (1968) - Stratigrafia dell'Oligo-Miocene delle Langhe, tra le valli dei fiumi Tanaro e Bormida di Spigno. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **74** (3), 865-967.
- GELATI R. (1969) - Il calcare di Acqui. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **75** (4), 761-830.
- GELATI R. (1974) - Il limite Eocene-Oligocene nella successione stratigrafica di Costa Massino (Al). *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **80** (1), 49-81.
- GELATI R. (1977) - La successione Eo-Oligocenica di Garbagna (Al) al margine orientale del Bacino Terziario ligure-piemontese. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **83** (1), 103-136.
- GELATI D., BRUZZI D., CATASTA G., CATTANEO P.C. (1974) - Evoluzione stratigrafico-strutturale dell'Appennino vogherese a nord-est della Val Staffora. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **80**, 479-514.
- GELATI R., GNACCOLINI M. (1978) - I conglomerati della Val Borbera, al margine orientale del Bacino terziario ligure-piemontese. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **84** (3), 701-728.
- GELATI R., GNACCOLINI M. (1980) - Significato dei corpi arenacei di conoide sottomarina (Oligocene-Miocene inferiore) nell'evoluzione tettonico-sedimentaria del Bacino terziario ligure-piemontese. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **86** (1), 167-186.
- GELATI R., GNACCOLINI M. (1982) - Evoluzione tettonico-sedimentaria della zona limite tra Alpi ed Appennini tra l'inizio dell'Oligocene ed il Miocene medio. *Mem. Soc. Geol. It.*, **24**, 183-191.
- GELATI R., NICORA A. (1974) - La limite Oligocène-Miocene dans le bassin Tertiaire du Piedmont (Italie septentrionale). *B.R.G.M. Mem.*, **78**, 1-8.
- GELATI R., PASQUARÉ G. (1970) - Interpretazione geologica del limite Alpi-Appennini in Liguria. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **76** (4), 1-65.
- GENNESSEUX M., REHAULT J.B. (1975) - La marge continentale corse. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, ser. 7, **7**, 505-518.
- GÈZE B. (1963) - Caractères structuraux de l'Arc de Nice. In Livre mém. Professeur P. FALLOT, *Mem. h. sér. S.G.F.*, **1**, 289-300.
- GIAMMARINO S., NOSENGO S., VANNUCCI G. (1969) - Risultanze geologico-paleontologiche sul Conglomerato di Portofino (Liguria Orientale). *Atti Ist. Geol. Univ. Genova*, **7**, 305-363.
- GIAMMARINO S., MECARINI G., TEDESCHI D. (1974) - Interpretazione stratigrafico-tettonica di linee sparker nel Golfo di Genova. *Mem. Soc. Geol. It.*, **13** (2), 73-83.
- GIAMMARINO S., MESSIGA B. (1979) - Clasti di meta-ofioliti a paragenesi di alta pressione nel Conglomerato di Portofino: implicazioni paleogeografiche e strutturali. *Ofioliti*, **4** (1), 25-41.
- GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1970a) - Prima segnalazione di Pliocene medio in una carota di fondo nel Mare Ligure (Genova-Multedo). *Atti Ist. Geol. Univ. Genova*, **7** (2), 279-303.
- GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1970b) - A proposito dell'età degli affioramenti di Ventimiglia e Pompeiana (Liguria occidentale). *Atti Ist. Geol. Univ. Genova*, **8** (1), 1-11.

- GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1975) - Prima segnalazione di Pliocene medio nella Liguria occidentale (Monte Bauso). *Boll. Soc. Geol. It.*, **94** (1-2) 281-289.
- GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1976) - Osservazioni biostratigrafiche sul Pliocene di Ventimiglia (Liguria occidentale). *Boll. Soc. Geol. It.*, **95** (6), 1510-1520.
- GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1980) - Le microfaune a Foraminiferi del Pliocene di Borzoli (Genova) e il loro significato paleo ambientale. *Ann. Univ. di Ferrara* (Nuova serie), Sez. IX, **6**, 73-92.
- GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1982) - Ricerche paleoecologiche sul Pliocene della Liguria occidentale. Le microfaune a foraminiferi di Brunetti (Ventimiglia). *Geologica Romana*, **21**, 723-731.
- GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1983) - Considerazioni geologico-stratigrafiche sul Pliocene di Albisola (Savona). *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, ser. A, **90**, 1-16.
- GIAMMARINO S., SPROVIERI R., DI STEFANO I. (1984) - La sezione pliocenica di Castel d'Appio (Ventimiglia). *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, ser. A, **90**, 1-26.
- GIANNINI E., TONGIORGI M. (1962) - Les phases tectoniques néogènes de l'orogènes alpine dans l'Appennin Septentrional. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, ser. 7, **4**, 682-690.
- GIGLIA G. (1973) - L'insieme Corsica-Sardegna e i suoi rapporti con l'Appennino Settentrionale: rassegna di dati cronologici e strutturali. In: *Rendiconti Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari*, suppl. Vol. 43, 245-276.
- GINSBURG L. (1959) - Etude géologique de la bordure subalpine à l'Ouest de la basse vallée du Var. *Bull. Serv. Carte Géol. France*, **259**, 1-38.
- GLANGEAUD L. (1967) - Epirogenèses ponto-plioquaternaires de la marge continentale franco-italienne du Rhône à Gênes. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, ser. 7, **9**, 426-449.
- GNACCOLINI M. (1967) - Langhe turbidites in Piemonte. In: Sedimentological characteristics of some italian turbidites. *Geol. Romana*, **6**, 365-368.
- GNACCOLINI M. (1968) - Il bacino delle Langhe (Piemonte) durante il Miocene. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **74** (1), 133-146.
- GNACCOLINI M. (1970) - Andamento della linea di costa durante la trasgressione oligocenica nella regione compresa tra Bandita (Alessandria) e Celle Ligure (Savona). *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **76**, 327-336.
- GNACCOLINI M. (1974) - Osservazioni sedimentologiche sui conglomerati oligocenici del settore meridionale del Bacino terziario ligure-piemontese. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **80** (1), 85-100.
- GNACCOLINI M. (1978a) - Osservazioni su una piccola scogliera organogena oligocenica affiorante presso Cairo Montenotte (Savona). *Riv. It. Paleont. Strat.*, **84** (2), 403-410.
- GNACCOLINI M. (1978b) - «L'unità di S. Rocco» nella formazione di Molare, tra le Valli del T. Stura e del T. Lemmme. *Riv. It. Paleont. Strat.*, **84** (2), 411-442.
- GNACCOLINI M. (1978c) - Depositi oligocenici di «fandelta» nella regione compresa tra Bosio e la Cresta di Cravara (Bacino terziario ligure-piemontese). *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **84** (3), 673-699.
- GNACCOLINI M. (1981) - Oligocene Fan-Delta Deposits in the Northern Italy: a summary. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **87** (4), 627-636.
- HACCARD D. (1979) - Mise au point sur la nappe de Montenotte. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, ser. 7, **21** (4), 374-375.

- HACCARD D., LORENZ C. (1979) - Les déformations de l'Eocene supérieur au Stampien de la termination septentrionale de la zone de Sestri-Voltaggio. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, ser. 7, **21** (4), 401-413.
- HACCARD D., LORENZ C., GRANDJACQUET C. (1972) - Essai sur l'évolution tectogénétique de la liaison Alpes-Appennins (de la Ligurie à la Calabre). *Mem. Soc. Geol. It.*, **11** (4), 309-341.
- IRR F. (1971) - Sur l'intérêt stratigraphique des Foraminifères du Pliocène des Alpes Maritimes. *C.R. Acad. Sc.*, ser. D, **272**, 2281-2284.
- IRR F. (1975) - Evolution de la bordure du bassin méditerranéen nord-occidental au Pliocène: nouvelles données biostratigraphiques sur le littoral franco-ligure et leurs implications tectoniques. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, ser. 7, **17** (6), 945-955.
- LANTAUME M. (1968) - Contribution à l'étude géologique des Alpes Maritimes franco-italiennes. *Mém. Carte Géol. de France*, 405 pp.
- LAZZAROTTO A. (1967) - Geologia della zona compresa fra l'alta valle del fiume Cornia ed il torrente Pavone (Prov. di Pisa e di Grosseto). *Mem. Soc. Geol. It.*, **6**, 151-197.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. (1965) - Sulle caratteristiche di alcune strutture frequenti nelle formazioni neautoctone delle alte valli dei fiumi Cecina, Cornia e Milia. *Boll. Soc. Geol. It.*, **84**, 177-196.
- LORENZ C. (1968) - Contribution à l'étude stratigraphique de l'oligocène et du miocène inférieur des confins ligure-piemontais (Italie). *Atti Ist. Geol. Univ. Genova*, **6** (2), 273-889.
- LORENZ C. (1971) - Observations sur la stratigraphie du Pliocène ligure: la phase tectonique du Pliocène moyen. *C.R. Somm. Soc. Géol. de France*, **8**, 441-448.
- LORENZ C. (1979) - L'Oligo-Miocène ligure: un exemple de transgression. Réunion extraordinaire de la Soc. géol. de France: une coupe des Alpes de l'Argentera-Mercantour à la zone de Sestri-Voltaggio. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, ser. 7, **21** (4), 375-378.
- MARINI M. (1982) - Fasi deformative in Liguria e loro possibili riflessi nell'interpretazione geodinamica del passaggio Alpi-Appennino. *Mem. Soc. Geol. It.*, **24**, 277-287.
- MAZZANTI R. (1966) - Geologia della zona di Pomarance-Larderello (Provincia di Pisa). *Mem. Soc. Geol. It.*, **5**, 105-138.
- MENARDI NOGUERA A. (1982) - Tettonica polifasata nel settore centro-orientale del Brianzone ligure. *Boll. Soc. Geol. It.*, **100**, 527-540.
- MENARDI NOGUERA A. (1984) - Nuove osservazioni sulle strutture del massiccio del M. Carmo. *Boll. Soc. Geol. It.*, in corso di stampa.
- MESSIGA B., OXILIA M., PICCARDO G.B., VANOSI M. (1982) - Fasi metamorfiche e deformative alpine nel Brianzone - Piemontese esterno delle Alpi liguri: un possibile modello evolutivo. *Rend. Soc. It. Miner. Petr.*, **38**, 261-280.
- MONTRASIO A., PREMOLI SILVA I., RAGNI U. (1968) - Osservazioni geologico-stratigrafiche sulla regione compresa tra Casale Monferrato, Vignale, Alfiano, Natta e Gabiano. *Boll. Soc. Geol. It.*, **87**, 581-609.
- MUTTI E., CAZZOLA C., FONNESU F., RAMPONE G., SONNINO M., VIGNA B. (1981) - Geometry and Facies of small, fault controlled deep-sea fan systems in a trasgressive depositional setting (Tertiary Piedmont Basin, northwestern Italy). *Excursion Guidebook I.A.S. 2nd. Eur. Meet.*, 5-53.

- PASQUARÈ G. (1968) - La serie di Montenotte: un elemento alloctono sovrapposto al bacino oligocenico di Santa Giustina (Alpi Liguri). *Riv. It. Paleont. Strat.*, **74** (4), 1257-1271.
- PÉREZ J.L. (1975) - La zone limite entre l'Arc de Nice et l'Arc de la Roya (Alpes Maritimes). Observations structurales. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **17**, 930-938.
- PERRIAUX J. (1957) - Les formations pliocènes des Alpes Maritimes. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, ser. 7, **6**, 751-766.
- REHAULT J.P., OLIVET J.L., AUZENDE J.M. (1974) - Le bassin nord-occidental méditerranéen: structure et évolution. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, ser. 7, **16**, 281-294.
- REUTTER K.J., GROSCURT J. (1978) - The pile of Nappes in the Northern Apennines, its Unravelling and Enplacement. *Inter. Union Comm. Geodynamics Scient. Rep.*, **38**, *Alps, Apennines, Hellenides*, 234-243.
- ROBBA E. (1981) - Studi paleoecologici sul Pliocene Ligure. IV. Malacofauna batiali della Liguria occidentale. *Riv. It. Paleont. Strat.*, **87** (1), 93-164.
- STURANI C. (1973) - Considerazioni sui rapporti tra Appennino settentrionale ed Alpi occidentali. *Acc. Naz. Lincei, Q. 183, Atti Conv. «Moderne vedute sulla Geologia dell'Appennino»*, 119-142.
- STURANI C., SAMPÒ M. (1973) - Il Messiniano inferiore in facies diatonitica nel bacino terziario piemontese. *Mem. Soc. Geol. It.*, **12**, 335-358.
- TREVISAN L. (1952) - Sul complesso sedimentario del Miocene superiore e Pliocene della Val di Cecina e sui movimenti tettonici tardivi in rapporto ai giacimenti di lignite e di salgemma. *Boll. Soc. Geol. It.*, **70**, 65-78.
- VERNET J. (1962) - Contribution à l'étude du Pliocène niçois. *Trav. lab. Géol. Fac. Sciences Grenoble*, **38**, 249-274.

(ms. pres. il 31 luglio 1984; ult. bozze il 12 ottobre 1984)