

L'evoluzione delle rive marine in Liguria

Note del socio prof. ARTURO ISSEL

I.

AVVERTENZE PRELIMINARI.

Fin dal 1883 diedi conto di alcune osservazioni da me fatte intorno agli antichi livelli marini della Liguria (1), per poi ritornare più volte sul medesimo argomento, affine di riferire i risultati di ulteriori indagini compiute in proposito anche in altre regioni, o per confermare, completare o rettificare le mie prime affermazioni. All'esame della questione si accinsero pure altri autori, sotto punti di vista diversi e con criteri disparati; ma i dubbi non furono dissipati. Tutto considerato, credo opportuno esporre o coordinare i fatti *ex novo* e riaprire la discussione intorno ai punti controversi, con la speranza di pervenire a qualche risultato definitivo, o almeno ad approssimarmi alla verità.

Mentre nei miei precedenti lavori (2) enumerai le indicazioni

(1) ISSEL A., *Antiche linee litorali della Liguria*, in *Boll. della Società geol. ital.*, I, Roma, 1883.

Id., *Le oscillazioni lente del suolo o bradisismi*, in *Atti della R. Università di Genova*, V, Genova, 1883.

(2) Id., *Sur l'existence des vallées submergées dans le golfe de Gênes*, in *Comptes rendus des séances de l'Acad. des Sciences*, 24 janvier 1887.

Id., *Sur l'époque du creusement des vallées submergées du Golfe de Gênes*, in *Comptes rendus des séances de l'Acad. des Sciences*, 31 janvier 1887.

Id., *Il terremoto del 1887 in Liguria*, supplemento al *Boll. del R. Comitato geol. d'Italia*, anno 1887, Roma, 1888.

Id., *I bradisismi d'Italia secondo i più recenti studi* in *Atti del II Congresso geogr. ital.*, Roma 1895.

Id., *Liguria geologica e preistorica*, vol. I, Genova, Donath edit., 1892.

raccolte seguendo l'ordine geografico, cioè passando dalla estremità occidentale all'orientale dell'arco formato dalle due Riviere, intendendo questa volta procedere, almeno in quanto sarà possibile, per ordine cronologico, prendendo per punto di partenza le più antiche trasgressioni plioceniche e trattando successivamente di quelle verificatesi durante le epoche posteriori fino ai tempi storici.

Dalle osservazioni relative agli spostamenti delle rive marine tenterò di risalire caso per caso alla interpretazione del fenomeno, assurgendo a deduzioni che non si riferiscono più solamente alle Riviere Liguri, ma si estendono eziandio a tutto il bacino circummediterraneo ed anche oltre.

I problemi da risolversi sono tra i più ardui e complicati pel fatto che nella pluralità dei casi non possediamo criteri sicuri per distinguere gli effetti di fenomeni essenzialmente diversi, quali sono:

1. Oscillazioni lente ed ampie del suolo, o *bradisismi regionali*, che dipendono da cause d'ordine generale, e in ispecie, in via diretta o indiretta dal progressivo raffreddamento e dalla contrazione di quella parte del geoide che giace sotto la corteccia, oscillazioni che furono causa precipua dei corrugamenti orografici non del tutto cessati al presente, ed anche da mutamenti indotti nell'equilibrio delle regioni profonde per opera del vulcanismo, ecc.

Sollevamenti lungo le rive di bacini marittimi, per reazione, in conseguenza della pressione determinata nel fondo di questi bacini per l'accumularsi di sedimenti.

2. *Bradisismi locali*, i quali tuttavolta possono assumere porzioni ingenti, e conseguono precipuamente dall'assettersi e dal prosciugarsi di depositi sedimentari, dalla formazione di cavità sotterranee per opera delle acque circolanti, nel sottosuolo, da lenti carreggiamenti, da sollevamenti per impregnazione o idratazione di masse rocciose, ecc.

3. Oscillazioni rapide del suolo provocate da cause profonde e superficiali, regionali e locali, in altre parole *terremoti*, i quali in gran parte sono subordinati a cause tectoniche e in parte al vulcanismo, a fenomeni dipendenti dalla circolazione sotterranea, ecc.

4. Oscillazioni lente nel livello del mare o *pelagosismi*, prodotti da contingenze astronomiche ed anche da mutamenti nelle attrazioni esercitate sulla idrosfera per opera di fenomeni esterni, come formazione o liquefazioni di ghiacciaie, ascensione od emissione

di magma ignei, ecc. Si tratta di fenomeni così detti *eustatici*, in ordine ai quali si suppone stabile la superficie delle terre emerse per opposizione ai fenomeni *epeirogenici*, contemplati ai nn. 1, 2, e 3, che hanno sede nella litosfera, e rispetto ai quali si ritiene costante il livello marino medio.

5. Deposito di detriti marini ed anche ablazione di materiali sciolti o poco resistenti, per opera delle onde al di sopra del più alto livello raggiunto abitualmente dal mare agitato, durante l'alta marea, ciò in conseguenza di straordinarie traversie o di maremoto

6. Sedimentazione, come pure erosione ed ablazione marine normali, ove inducono alterazioni nella configurazione orizzontale delle rive e nella plastica dei fondi marini.

Siffatte difficoltà spiegano le divergenze profonde che si manifestarono tra gli autori in ordine alla interpretazione delle antiche linee litorali, e ci fanno intendere come Suess e la sua scuola respingano recisamente, contro l'asserzione d'altri osservatori, il concetto di recenti oscillazioni telluriche, secolari, negative, e ritengano che i terremoti non sieno suscettibili di dar luogo a sollevamenti duraturi del suolo (1), porgendo così a Cayeux i migliori argomenti per confutare l'opinione di coloro che credono ad uno spostamento permanente verificatosi durante i tempi storici nel livello del Mediterraneo (2).

Alle tante incertezze che s'incontrano nella interpretazione dei mutamenti osservati nella posizione delle rive si aggiunge il fatto che tali mutamenti sono in gran parte subordinati indirettamente a cause artificiali, come diboscamento, dissodamento, coltura, costruzione di argini, di gettate, ecc.

Allorchè cominciai ad occuparmi del tema svolto in queste pagine, cioè nel 1870, era appena compiuta la linea ferroviaria litorale tra Genova e Sestri Levante, e l'ingente copia di detriti scaricati in mare all'imbocco delle diverse gallerie determinava in parecchi punti, in ispecie a ponente di Chiavari, una maggiore attività della sedimentazione, che compensava e soverchiava la

(1) SUESS E., *Verhandl., d. K. K. Reichsanstalt*, 1880, pag. 180.

Id., *Antlitz der Erde*, Wien 1888.

(2) CAYEUX L., *Fixité du niveau de la Méditerranée*, in *Annales de Géographie*, XVI^e année, n. 86, Paris 1907.

ablazione marina poco innanzi preponderante; perciò i risultati delle mie osservazioni, che accennavano all'avanzarsi della terra emersa a spese del mare, si manifestarono non conformi al vero poco appresso, quando, cioè, cessate le circostanze straordinarie che avevano provocato il fenomeno, ricominciò a predominare l'ablazione. Solo più tardi seppi rendermi conto delle opposte conclusioni alle quali ero pervenuto in breve volgere di tempo.

Un esempio istruttivo di avanzamento di spiaggia dovuto a detriti di provenienza artificiale, non già immessi direttamente in mare, come nel caso della Riviera orientale, ma trasportati da un corso d'acqua fino alla sua foce, si verificò più tardi durante la costruzione della ferrovia tra Genova e Ovada. I materiali estratti per la escavazione della lunga galleria del Turchino, che attraversa lo spartiacque dell'Appennino, accumulati nella parte superiore dell'alveo del torrente Leiro, travolti dalle piene, provocarono nel 1894 il temporario protendimento della spiaggia di Voltri. Questo fatto, del quale ebbi sicura testimonianza dal mio amico prof. G. Rovereto, c'insegna come una circostanza fortuita che valga ad accrescere per qualche tempo i materiali della sedimentazione in un bacino torrenziale sia sufficiente a mutare il regime di una spiaggia e ad indurre in errore chi ne studi le condizioni in base ad osservazioni che non furono continuate a lungo.

« En présence de cette variété de conditions et de l'incertitude des théories, scrive opportunamente il prof. M. Boule, on a résolu de remplacer les expressions plages soulevées et affaissées par celles de plages émergées et submergées, qui ne préjugent rien; ou bien de qualifier les déplacements de rivages, dont témoignent ces plages, de *positifs* quand la mer empiète sur le continent et de *négatifs* quand la terre empiète sur la mer » (1).

Ma queste ultime espressioni sono esse pure subordinate ad un preconetto, inquantochè alludono a supposte oscillazioni del livello marino, laonde io preferisco i vocaboli *sommersione* ed *emersione*, che tutti comprendono, che si riferiscono ad un fatto patente e sono indipendenti da ogni concetto teorico.

Dicendo *Riviere Liguri* o *Liguria Marittima* intendo conven-

(1) *Les Grottes de Grimaldi*, tome I, fasc. 2, Monaco 1907.

zionalmente quel tratto di paese, celebrato per la mitezza del suo clima e per la vaghezza dei suoi aspetti, che intercede fra il Varo la Magra e lo spartiacque delle Alpi e degli Appennini Liguri. Questo territorio, che politicamente comprende parte di un dipartimento francese, due provincie italiane e l'intero principato di Monaco, costituisce, dal punto di vista della geografia fisica, un complesso ben definito da confini naturali.

II.

PLIOCENE.

Fin dal 1886, essendosi allora compiuto per opera della Regia Marina italiana un nuovo rilievo idrografico a grande scala del Golfo di Genova, ricco di numerosissimi scandagli eseguiti col sussidio dei migliori apparecchi, ed avendo io esaminato, per cortesia dell'ammiraglio Magnaghi, le bozze della carta idrografica in corso di stampa sotto la direzione di questo ufficiale, potei verificare un fatto di capitale importanza, dal punto di vista della plastica del fondo marino e della configurazione orizzontale del nostro territorio in tempi remoti, vale a dire l'esistenza nel letto del golfo, di valli sommerse, ben definite, e più o meno profondamente incassate, di contro alle foci dei principali corsi d'acqua del Genovesato e della Riviera di Ponente. Esse appariscono con evidenza in continuazione del Bisagno, della Polcevera, dell'Argentina, della Nervia, della Roia. Dinanzi a quest'ultimo corso d'acqua segnalai la profondità di 931 m., ad una distanza di circa 8 km. da terra, mentre ai due lati e in punti assai prossimi la depressione è limitata da quote rispettivamente di 450 e 410 m.

Siffatta particolarità si associa, lungo alcuni tratti della zona litorale sommersa, alla disposizione a gradini, o meglio scaglionì, paralleli alla riva, nel fondo marino, la quale si palesa, per esempio di contro al Capo di Noli, ove un ripiano situato a circa 200 m. dalla superficie è limitato da una parete ripidissima, che ha per base fondali di ben 500 m. Da questi fatti argomentai che fosse avvenuta nel Golfo di Genova una recente depressione di almeno 900 metri (1).

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, séance du 24 janvier 1887.

Di poi, procedendo ad un esame ulteriore della carta idrografica del Golfo di Genova, notai che fra due punti, uno di circa 800 m. e l'altro presso a poco di 1000 m., la depressione che fa seguito alla foce dell'Argentina, e si mostra ben accentuata a sud di Riva Ligure, misura ben 1838 m. di profondità a 18 km. da terra. Anche di contro a Sampierdarena, a circa 23 km. dalla riva, una quota di m. 1488, collocata a breve distanza da altre due comprese fra 900 e 950 m., una a ponente, l'altra a levante, significa che il solco scavato dalla Polcevera si protrae nel fondo marino assai più di quanto avevo supposto da principio, non meno cioè di 1400 m. (fig. 1).

Indizi di valli sommerse risultano ben manifeste dalle nostre carte idrografiche dinanzi alle foci del S. Lorenzo, del Centa, del Maremola, dell'Aquila (?) del Pia (?) del Letimbro, del Riobasco e del Chiaravagna.

Il Segno e il Quiliano, i quali prima di sfociare nel seno di Vado assumono direzione convergente, si continuano nel fondo marino in una sola depressione, la quale si manifesta a circa 2 km. dalla riva con un fondo di 400 m., compreso fra uno di 250 a S. ed uno di 157 a N.

Un esame particolareggiato ed attento delle carte idrografiche mi fece accorto che non mancano tracce dello stesso fenomeno lungo i lidi della Riviera orientale. Così, per esempio, gli scandagli accusano l'esistenza di un solco perpendicolare alla riva di contro alla foce dell'Entella, ma solo in corrispondenza delle isobate che superano 100 m. a mezzogiorno di Chiavari. Si osservano infatti: una quota di 167 m. che intercede fra due vicine, una di 116 ad O. e una di 110 ad E., un'altra di 320 m. compresa fra due assai vicine, una di 188 a ponente e una di 250 a levante; una terza di m. 644 è collocata fra una di 512 ad O. e una di 426 ad E. (1).

Ad oltre 13 km. nella zona che corrisponde a fondali di più di 800 m. la differenza è anche più accentuata.

Per quanto concerne il fondo del Tirreno, di contro alla Magra gli scandagli sono così radi da non lasciar vedere con sicurezza

(1) Le osservazioni precitate furono desunte dalla Carta del Golfo di Genova e di Spezia e Livorno rilevata dal R. Istituto Idrografico negli anni 1881-83 e corretta nel 1894 e nel 1906.

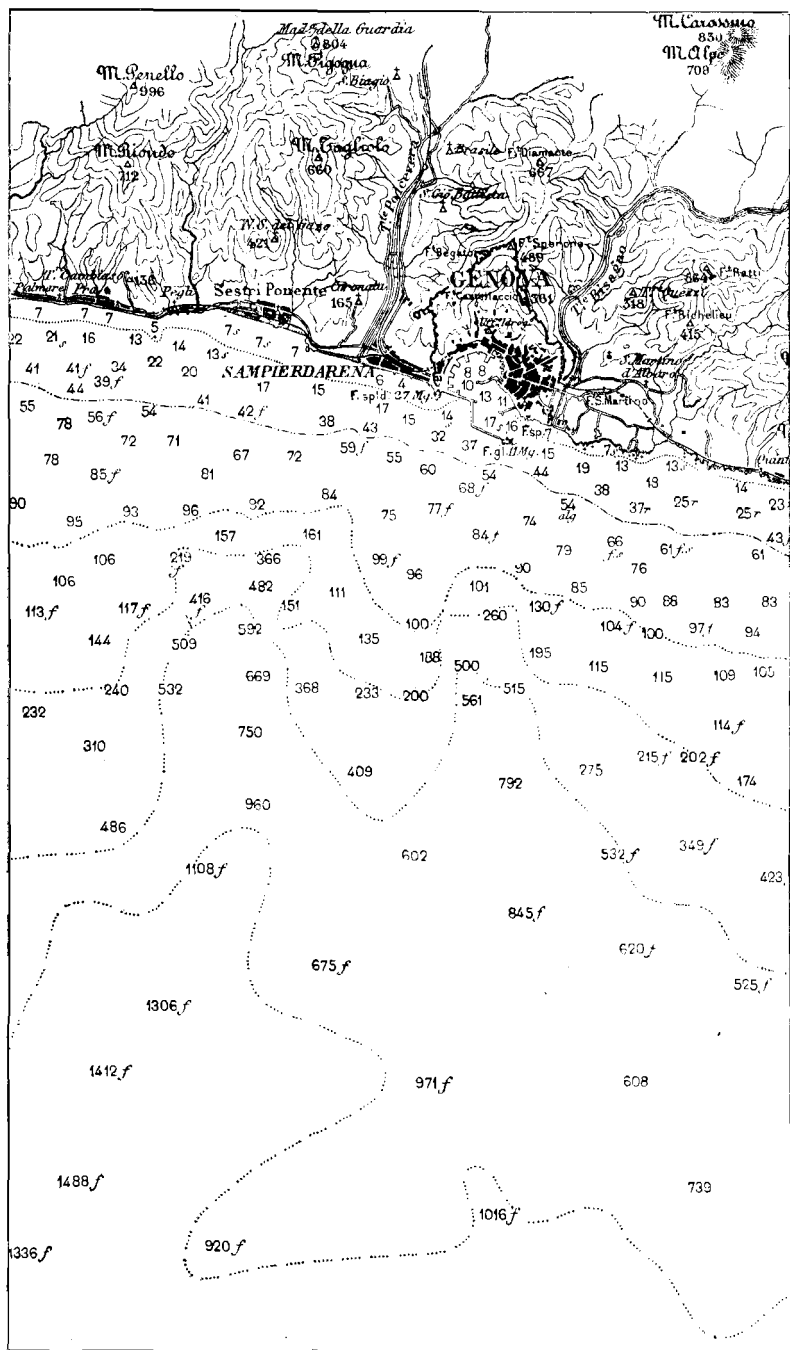


FIG. 1^a. — Valli sommerse della Polcevera e del Bisagno
desunte dalle carte del R. Istituto Idrografico di Genova.

le particolarità morfologiche del fondo. Tuttavolta non manca un accenno ad una depressione, per la quale si avvicinerebbero alla riva le isobate di 200 e di 400 m., senonchè corrisponderebbero all'antico corso della Magra, dato che il fiume o un ramo di esso sboccasse nella baia della Spezia, attraverso al promontorio orientale, ed assumesse direzione da N.E. a S.O. Il fatto che nella zona litorale tirrena le profondità sono assai minori di quelle osservate lungo le rive della Liguria, e la copia grande dei detriti trasportati alla loro foce fin da tempi remoti, per opera del Serchio e dell'Arno, giustificano d'altronde il supposto che le antiche depressioni sieno state in gran parte colmate dalle torbe dei due fiumi, sospinte fino a gran distanza verso il nord dal flutto corrente.

Le medesime difficoltà segnalate in ordine all'accertamento di un solco sommerso dinanzi ai corsi d'acqua delle due Riviere si verificano anche per quelli del Serchio e dell'Arno (situati d'altronde fuori della regione che mi sono prefisso di esaminare), coll'aggravante della zona di bassi fondi litorali assai più larga dinanzi a questi fiumi che non nel mar Ligure; ma non mancano anche per essi indizi di valli sommerse. Per quanto si riferisce al secondo, osservo che, ammettendo a ponente della foce una deviazione per la quale esso volgesse a S.O., il suo alveo sommerso potrebbe coincidere con una sinuosità della isobata di m. 250, segnata a N. della Gorgona, e un po' più innanzi, a circa 37 km. dalla riva più prossima, con una depressione accusata da una quota di m. 317 fra due di 170 situate a N. e a S.

Da ciò si potrebbe argomentare che prima della sommersione la valle inferiore dell'Arno fosse assai tortuosa; e così doveva essere se, come apparisce probabile, il fiume correva sopra depositi di recente formazione, poco resistenti e pianeggianti.

Mi parrebbe opportuno, nell'interesse dei nostri studi, che nuovi scandagli mettessero in chiaro l'esistenza e l'andamento delle supposte valli sommerse del Tirreno, e questi potrebbero essere compresi tra i compiti del nuovo Istituto talassografico italiano.

S'intende di leggeri come ad una certa distanza dalla riva gli scandagli sieno troppo radi perchè se ne possano trarre sicure illazioni. Tuttavolta ritengo che alla estremità occidentale della Liguria lo sprofondamento accusato dalle valli sommerse si possa

stimare di circa 1900 m. (per quali considerazioni si vedrà in seguito).

Dopo una disamina esauriente delle condizioni geologiche e morfologiche delle Riviere liguri e dei fenomeni relativi ai mutamenti nei livelli rispettivi del mare e delle terre emerse, avvenuti nella serie dei tempi, giunsi alla conclusione che le depressioni sottomarine furono scavate dalla erosione fluviale e torrenziale allo scorcio dell'epoca miocenica (durante l'età messiniana), che furono sommerse a profondità maggiore della attuale per fatto dell'avvallamento avvenuto nel territorio ligure medio e occidentale al principio del pliocene (età piacentiana), che successivamente, durante gli ultimi tempi pliocenici e i successivi quaternari, e in seguito ad un avvicinarsi di trasgressioni marine e di emersioni, raggiunsero le condizioni presenti (1).

In questo modo di vedere dovetti persistere in seguito ad accurato esame, malgrado le obiezioni opposte fin da principio alla mia tesi dal prof. Taramelli, il quale sostenne che l'escavazione e la successiva sommersione delle valli di cui si tratta fossero fenomeni compresi nel volgere del periodo quaternario (2). Col moltiplicarsi delle osservazioni ogni dubbio in proposito può dirsi ora eliminato.

Nello studio diligentissimo da lui compiuto allo scopo di investigare le vicende subite dal litorale dei Balzi Rossi e di rintracciare le relazioni che intercedono fra le diverse faune terrestri e marine ivi scoperte e la configurazione verticale del paese, il prof. Boule non si contentò di tener conto delle mie osservazioni concernenti i ripiani e le vallate sommersi, ma volle provocare ulteriori indagini, le quali furono eseguite dal sig. Sauerwein, per incarico di S. A. il Principe Alberto di Monaco. Ne risultò una carta idrografica pubblicata dallo stesso Boule, nella quale appaiono le condizioni batimetriche del tratto di mare compreso fra Monaco e S. Lorenzo (fig. 2) (3).

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences; séance du 31 Janvier 1877.*

(2) TARAMELLI T., *Dei terreni terziari presso il Capo la Mortola in Liguria*, in *Rend. del R. Istit. Lombardo*, ser 2^a, vol. XX, Milano, 1888.

ISSEL A., *Liguria Geologica e Preistorica*, I, pag. 97, Genova, 1892.

(3) BOULE M., *Les grottes de Grimaldi*, tome I, fasc. 2, pag. 126. Monaco, 1907.

La detta carta, che correda la precitata memoria di Boule, non solo conferma la realtà delle valli sommerse dell'Argentina, della Nervia e della Roia, ma attesta eziandio l'esistenza di un ripiano sottomarino dinanzi a S. Lorenzo, S. Remo e Grimaldi, ripiano che raggiunge 5 o 6 km. di larghezza.

Il medesimo osservatore avverte al pari di me che le valli sottomarine non si continuano immediatamente colle continentali, ma incominciano, oltre all'accennato ripiano, verso 200 m. di profondità; ciò subordinatamente agli effetti della sedimentazione fluviale, da una parte, e dell'ablazione marina dall'altra, sedimentazione ed ablazione verificatesi posteriormente al pliocene.

Le depressioni risalgono indubbiamente, per l'autore precitato, alla topografia subaerea di un'epoca relativamente remota, probabilmente al pontiano, che è quanto dire all'ultima fase del miocene, come già io affermai.

L'ingente sprofondamento avvenuto nel Tirreno si può desumere da un altro ordine di fatti.

Pur prescindendo dagli argomenti zoologici invocati dal Forsyth Major a sussidio della sua geniale ipotesi d'una antica *Tyrrhenis* (1), le ossa di *Ursus spelaeus*, *Bos*, *Cervus*, *Antilope* (?), *Equus*, provenienti dall'isola d'Elba illustrate da Bartolomeo Gastaldi (2), quelle di cervi rinvenute a Pianosa dal Simonelli (3), ed altre raccolte a Giannutri (4) attestano che durante i tempi quaternari le isole toscane erano connesse al continente e facevano parte per lo meno di una terra emersa assai vasta. Hanno significato analogo la panchina postpliocenica emersa di due a tre metri, lungo

(1) *Die Tyrrhenis*, in *Kosmos*, VIII Jahrgang, 1883, pag. 9.

L'origine della fauna delle nostre isole, in *Proc. verb. della Soc. Toscana di Scienze naturali*, vol. III, pag. 117, Pisa, 1882.

(2) GASTALDI B., *Intorno ad alcuni fossili del Piemonte e della Toscana*, Torino, 1866.

(3) SIMONELLI V., *Terreni e fossili nell'isola Pianosa*, in *Boll. del R. Comitato geol.*, 1889, n. 7 e 8., Roma, 1889.

(4) Forsyth Major fece conoscere che i fossili descritti da Gastaldi come trovati nell'isola Pianosa, fossili compresi nella collezione Pisani, sono quasi tutti, secondo lo stesso raccoglitore, provenienti dall'Elba, e solo in piccola parte dalla Pianosa, ove, d'altronde, il Simonelli ammette il ritrovamento di avanzi di *Cervus* e di *Sus* conservati nel museo di Firenze e ove raccolse di persona qualche osso di cervo.

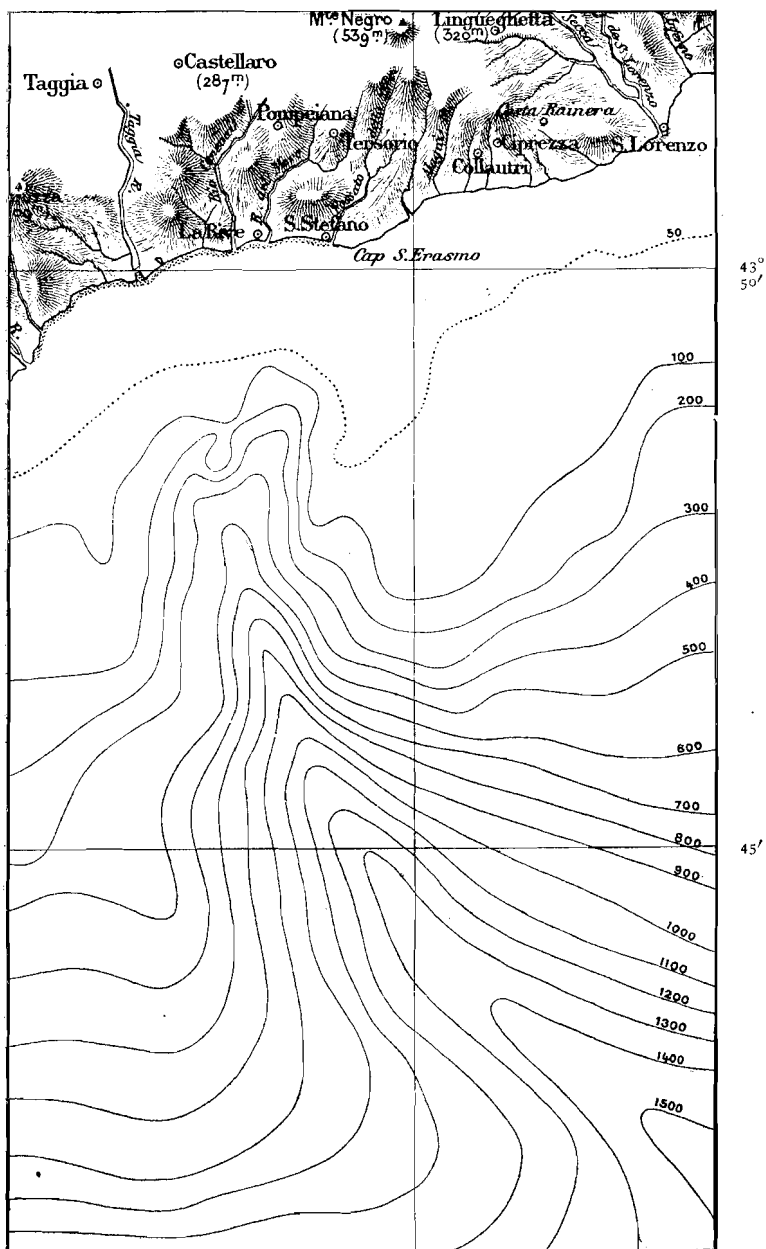


FIG. 2^a. — Valle sommersa del Taggia o Argentin, desunta dalla carta idrografica disegnata dal tenente di vascello Sauerwein e pubblicata dal Prof. M. Boule.

le rive di Pianosa (vedasi la memoria citata del Simonelli), una specie di duna morta dell'isola del Giglio, duna alla quale non corrisponde alcuna spiaggia odierna, e finalmente, per quanto concerne le grandi isole, i profondi addentramenti litorali della Corsica occidentale (golfi di Valinco, d'Aiaccio, di Porto), e le baie di Terranuova e di Arsachena, in Sardegna, che sono veri *rias*. Tali articolazioni costiere accennano a sommersione assai remota, che risale, cioè, secondo il mio parere, all'epoca stessa nella quale le valli liguri subirono lo sprofondamento già descritto.

Aggiungerò in proposito che sono d'accordo col Forsyth Major circa il significato delle relazioni faunistiche della Corsica e della Sardegna coll'Africa settentrionale, da una parte, e colla penisola italiana, dall'altra, che accuserebbero antica continuità pliocenica delle due isole con l'Africa, e solo in parte mi associo in proposito alle sagaci osservazioni di Rovereto (1). Questi combatte la tesi del Forsyth Major con parecchie considerazioni. La più suggestiva fra tutte tende a dimostrare come sia inverosimile il supposto di un territorio emerso recentemente convertito in depressione sottomarina di non meno di 500 m. (è tale la minore profondità che intercede fra la Corsica e la Toscana); ma si è veduto che le valli sommerse del golfo di Genova accusano uno sprofondamento postmiocenico di ben 1900 m.

Non meno importante sarebbe il riflesso che nell'isola di Pianosa si trovano depositi marini miocenici (furono ben accertati dal Simonelli); senonchè risalgono ad epoca anteriore alla mesiniana, nella quale si ammette l'esistenza della Tirrenide (2).

Io meno buone peraltro le obbiezioni del Rovereto in ordine all'ipotesi che la supposta protrazione della penisola italiana costituisca una connessione emersa fra queste e la iberica, per l'arcipelago delle Baleari, ipotesi contro la quale milita la zona di fondali superanti i 2500 m., che separa le terre sardo-corse dalle Baleari e dalla Spagna continentale.

L'antica connessione fra la Tirrenide e l'Italia peninsulare è da collocarsi fra la Corsica settentrionale da una parte, la Liguria

(1) ROVERETO G., *Studi di Geomorfologia*, vol. I, pag. 11, Genova, 1908.

(2) Non è certo incompatibile col mio modo di vedere, l'esistenza a Pianosa del calcare a nullipore segnalato dal Simonelli come pertinente al pliocene, in base a buon numero di specie fossili.

orientale, l'arcipelago toscano, il litorale livornese e quello della Maremma dall'altra, ed è accennata, come dissi, da fondali che non superano 500 m. Non è certo ammissibile che intercedesse un istmo o ponte fra la stessa Tirrenide e il massiccio des Maures in Provenza (secondo l'ipotesi di Depéret) attraverso ad un'area che corrisponde attualmente ad una zona mediterranea, profondissima.

Dopo il primo annunzio relativo ai solchi sottomarini del golfo di Genova, Hull segnalò nel Mediterraneo quelli che si trovano in continuazione del Rodano e dell'Ebro. Secondo lo stesso osservatore, lo zoccolo continentale delle isole Britanniche e della Francia occidentale è profondamente inciso di valli sommerse che corrispondono ai principali corsi d'acqua (1). Lungo il lido settentrionale e occidentale della penisola Iberica sono ben manifeste, fra le altre, le depressioni sottomarine nelle quali si continuano gli alvei del Duero, del Mondego e del Tago. Non manca la medesima particolarità, recentemente messa in chiaro, nei fondi oceanici prospicienti all'Hudson, al Congo, all'Indo, al Gange, ecc., (2).

Dopo aver segnalato parecchi casi di depressioni del fondo oceanico, che hanno carattere di valli fluviali sottomarine, casi non ancora citati da altri, quelli per esempio dei pressi del Capo Verde, del solco esistente di contro alla foce del fiume Rovuma, delle cavità incontrate fra il capo Blanco e la Punta di Parima, come pure lungo la costa d'Arequipa nel Perù, il Benest attribuisce siffatte particolarità morfologiche all'azione escavatrice od anche antagonista alla sedimentazione, esercitata dalle acque fluviali sul fondo marino, o pure a quella dovuta ad ingenti corsi d'acqua che sgorgano dal medesimo fondo e procedono più o meno a lungo in contatto con esso (3). Ritengo che tali interpretazioni sieno erronee perchè fondate sul supposto che le correnti

(1) HULL E., *The sub-oceanic river valleys, etc., being a paper read before the Victoria Institute*, feb. 1900. Si veda pure: *The Geogr. Journ.*, nov. 1905, pag. 568.

(2) È giusto ricordare come la fossa sottomarina del Capo Breton, nel Golfo di Biscaglia, esplorata fin dal 1880, per opera della spedizione scientifica francese imbarcata sul *Travailleur*, fu considerata da Milne Edwards e da altri come subordinata all'Adour.

(3) BENEST HENRY, *Fleuves sous marins - Épanchements d'eaux-douces au-dessous du niveau de la mer*, Bruxelles, 1900.

fluviali ed anche le sotterranee emergenti dal letto dell'oceano procedano a contatto del fondo marino, mentre invece per la circostanza che sono dolci, e perciò meno dense delle acque del mare, si espandono alla superficie, se sono fluviali, e rapidamente si sollevano sopra il fondo se provengono da cavità sotterranee. Questo fatto deve pur conseguire dalla temperatura generalmente più alta delle acque continentali a confronto delle marine, in ispecie quando queste appartengono agli strati profondi.

La spiegazione suggerita dal Benest (spiegazione che egli adduce a torto anche rispetto alla valle sommersa segnalata da Stassano e da Buchanan di contro alla foce del Congo) è invece ben legittima, ove sia proposta per dar ragione della depressione in cui corre il Rodano attraversando il lago di Ginevra, perchè in questo caso le acque del fiume sono più fredde e più dense di quelle del lago e procedono perciò radendo il fondo.

Il fenomeno così suggestivo dimostrato dalle valli sommerse si traduce in un altro fatto notevolissimo, ed è che nella parte terminale delle valli dei torrenti liguri i sedimenti d'acqua dolce, sabbiosi, ghiaiosi e ciottolosi, scendono al di sotto del livello marino. Questi depositi furono testè accusati da numerose trivellazioni eseguite per conto del municipio di Genova e di aziende private nella spianata del Bisagno e nei nuovi quartieri orientali della città, come pure a Rivarolo e a Sampierdarena nella valle della Polcevera, presso Albissola nella valle del Sansobbia, nella pianura d'Albenga, a Rapallo, a levante di Chiavari in riva dell'Entella, ed è forse comune alla maggior parte delle vallate tirrene.

Il fatto si può spiegare a parer mio in due modi: secondo l'uno, i solchi delle valli sommerse plioceniche furono in parte colmati dai depositi abbandonati dai corsi d'acqua durante i tempi quaternari e recenti, e questi depositi trovandosi localmente (presso le foci dei fiumi e torrenti attuali) al di sotto del livello marino odierno, conducono le acque freatiche a profondità corrispondente, maggiore di quella che raggiungono nei casi normali.

A norma della seconda interpretazione, il fatto si spiegherebbe invocando invece un avvallamento quaternario ulteriore, il quale avrebbe gradatamente portato il fondo delle valli emerse nella loro parte terminale, al di sotto del livello marino, determinando eziandio la discesa dei depositi che esse accoglievano inferiormente al detto livello. La depressione quaternaria conseguirebbe

dall'assetramento e dal prosciugamento che non mancano mai nelle plaghe alluviali e nei depositi marini di fresco emersi.

È presumibile che le due spiegazioni accennate corrispondano entrambe a verità nella pluralità dei casi.

In alcuni punti, come a Genova, ad Albissola, a Savona, i torrenti odierni scavarono parte del proprio alveo nell'argilla o nella marna marina pliocenica, e in luogo del materiale asportato depositarono limo, sabbia, ghiaia o ciottoli, risultandone le condizioni più propizie alla formazione di falde sotterranee, suscettibili di fornire qualche volta, mediante trivellazioni, acque salienti.

A Genova, nella piazza Verdi, un pozzo artesiano attraversò il deposito torrenziale per 76 m. essendo appena di m. 3.30 sul livello marino la quota del suolo in cui si apre la bocca del pozzo. Nella via Casaregis un pozzo somigliante, aperto a soli m. 5.56 sul livello marino, penetra nella medesima formazione alla profondità di m. 46. In via Trebisonda furono trivellati dalla ditta A. Merlini e C. parecchi fori artesiani, uno dei quali penetrò fino a 32 m. di profondità e somministrava allorchè fu praticato (e forse somministra ancora) 21 litri d'acqua al secondo. Questa si trovò in un letto acquifero situato fra m. 30 e 32 al di sotto di un piccolo strato di ciottoli e ghiaie impastate con argilla e di una potente formazione argillosa.

In un punto situato a monte dei precedenti, ove il suolo raggiunge m. 11.80 sul mare, cioè in piazza Giusti, la profondità del foro è di m. 33. Al Ponte Carega, o meglio della Carraia, un foro artesiano praticato nell'officina del gas attinge acqua dolce a m. 37 di profondità, a circa 4 m. sotto il livello marino, dimostrando come l'escavazione dell'alveo roccioso del Bisagno inferiormente alle acque del mare si protragga fino a 4 km. $\frac{1}{2}$, dalla riva.

A Rapallo dà una piccola pianura alluviale, subordinata ad un torrentello quasi sempre all'asciutto, e poco lontana dalla riva, si estrae dalla profondità di 18 m. (9 m. sotto il livello marino) acqua purissima e copiosa che alimenta un nuovo acquedotto esercitato dalla ditta Cuneo.

A Chiavari si trovano falde acquee sotterranee, fin qui imperfettamente conosciute, a profondità diverse ed anche sotto il livello del mare a destra e a sinistra dell'Entella. Altre ne furono

segnalate a Sestri Levante nei depositi alluviali del Gromolo e del Petronia.

Emerge dalle osservazioni precitate, e da molte altre che sarebbe superfluo ricordare, come la depressione litorale, qualunque sia l'epoca alla quale risale il fenomeno, provocò la formazione di veri serbatoi d'acqua sotterranei alla parte terminale dei torrenti e fiumicelli che sfociano nel Golfo di Genova. Le acque marine oppongono una certa resistenza all'afflusso delle dolci; questo inoltre è ritardato, e in alcuni casi forse anche impedito, dai depositi melmosi abbandonati dal mare lungo le rive, bene spesso accumulati, sotto forma di diga sommersa in conseguenza del moto ondoso. Tali depositi non solo hanno per effetto di contenere le acque dolci, ma fanno ostacolo alla introduzione delle salse nelle falde subalvee, permodochè anche a breve distanza dalla riva sotto la terra emersa (in alcuni punti a 50 o 60 m.) le trivellazioni forniscono acque dolci e non salmastrose.

Lo sprofondamento al quale accennai non si osserva soltanto lungo le rive della Liguria; esso è più o meno manifesto nei lidi della Toscana, del Lazio, della Campania, del Golfo di Taranto, delle Puglie, della Romagna e della Venezia. In molti punti, perciò, la zona litorale somministra o è suscettibile di somministrare acque subalvee, le quali nella pluralità dei casi sono potabili, perchè subirono efficace filtrazione attraverso a potenti sedimenti fluviali.

Argomento da quanto precede che i segni di recente depressione accusino in tesi generale l'esistenza di copiose acque nel sottosuolo, presso le foci dei corsi d'acqua. Mercè una larga e giudiziosa applicazione del principio che mi sono studiato di esporre, tengo per fermo si possano dedurre norme pratiche per il ritrovamento di acqua abbondante e sana a profondità relativamente piccola e con tenue dispendio, in molte plaghe della regione litorale che si suppongono sprovviste di questo prezioso elemento di salubrità e di benessere. Da ciò si vede come l'idrografia marina sia suscettibile di porgere utili sussidi all'idrografia continentale e alla economia pubblica. Raccomando vivamente ai competenti nella materia di sottoporre queste mie vedute alla prova dell'esperienza, perciocchè se, come credo, sono ben fondate, ne potrà risultare inapprezzabile vantaggio per il nostro paese.

Reputo meritevoli di particolare attenzione, dal punto di vista dell'oggetto di queste pagine, le conclusioni di uno studio di Depéret e Caziot (1) intorno ai giacimenti pliocenici e quaternari delle vicinanze di Nizza, inquantochè mirano a determinare l'altitudine dei litorali rispetto al livello marino odierno in diversi momenti geologici posteriori al miocene. Per quanto concerne il pliocene, gli autori pongono il più alto livello raggiunto dal mare nella prima fase di questo periodo in un punto della via di Aspremont situato a 350 m. di altitudine, e non tengono conto in siffatto computo della puddinga destituita di fossili segnalata da Tournouër a 430 m., puddinga probabilmente fluvio-marina.

I medesimi geologi indicano due altri livelli del pliocene inferiore marino, uno a 100 m. alla Trinité, l'altro a 70 m. alla Fontaine du Temple.

Ravvisano poi un orizzonte pliocenico medio, a brachiopodi, in un deposito osservato a Gairaut (170 m.) e a Mont Alban, mentre ascrivono al superiore (astiano) il lembo a balani e mitili di Villafranca (circa 60 m.) e la zona di fori di litotomi della Pointe de Cabuel (52 m.).

Alla villa Bermont, a Nizza, un giacimento di puddinga poco elevato sul livello del mare ricetta, secondo Potier, *Venus islandicoides*, *Cytherea Pedemontana*, *Ostrea sp.* Ad altitudine assai maggiore (circa 350 m.), nel cemento argilloso di una puddinga consimile, si trova, salendo ad Aspremont verso il punto detto « les Cabanes » e verso « il colle della Sirena » un certo numero di conchiglie marine, fra le quali *Pecten flabelliformis*, *P. opercularis*, *P. scabrellus*, *Ostrea cochlear?* *Spondylus sp.*, *Nassa Cosmanni*, *Argiope decollata* ecc. (2).

Mancano fin qui documenti sicuri per ascrivere siffatti depositi all'uno e all'altro termine del pliocene, ma per analogia con quanto si osserva nel bacino d'Albenga, inclino a ritenerli piacentiani.

(1) *Note sur les gisements pliocènes et quaternaires marins des environs de Nice* in *Bull. de la Société géol. de France*, 4^e série, tome III, n. 4, Paris, 1903.

(2) *TOURNOÛER, Notes paléontologiques sur quelques-uns des terrains tertiaires observés dans la réun. extraord. de la Soc. géol. à Frejus et a Nice*, in *Bull. de la Soc. géol. de France*, 3^a série, tome V, p. 181, Paris, 1877.

Si può avvertire per incidenza che al di là del Varo i sedimenti pliocenici sembrano raggiungere minor altitudine che non lungo la Riviera ligure, assurgendo a 200 m. alla Gaude e solo a 30 a Biot (Tournouër).

De Riaz riferisce di aver osservato lungo la via che congiunge Nizza a Villafranca, e precisamente a 2 km. da questo punto, una breccia a cemento assai duro, nella quale si trovano impastate conchiglie marine, fra le quali *Pecten pes-felis* e *P. varius*. Siccome il piccolo lembo fossilifero giace a 50 m. d'altitudine, livello cui giunge il pliocene superiore nel Genovesato, e contiene, fra poche altre, due specie di testacei tuttora viventi; così non dubito di attribuirlo all'astiano, mentre l'autore precipitato esitava tra questo piano e il quaternario (1).

Bertrand segnalò sopra la stazione della Turbia nel Nizzardo una puddinga che raggiunge la quota di 60 m. Egli l'attribuisce al quaternario più antico (piano siciliano) (2); ma siccome è destituita di fossili, non si può asserire che non sia pertinente invece al pliocene superiore, come a me sembra più probabile, pel fatto che si trova in condizioni analoghe a quelle dei conglomerati astiani dei monti Bellindo e Magliocca di cui dirò tra poco. L'ultima parola in proposito non può essere pronunciata senza il sussidio di qualche avanzo organico.

A levante del confine francese il più alto livello del pliocene è raggiunto a 550 m. da piccoli massi di conglomerato a scarso cemento e da ciottoli sparsi, residuo rispettato dalla erosione, di uno o più lembi della stessa roccia, conglomerato e ciottoli giacenti sopra una serie di strati nummulitici, alternanti con marne cretacee per effetto di erosione succeduta a corrugamento assai risentito. La formazione pliocenica fu segnalata da Möggridge (3) e poi da Taramelli (4). Siccome in quel punto non apparisce alcun solco che accenni ad antica valle torrenziale, suppongo che il

(1) DE RIAZ, *Tertiaire et quaternaire aux environs de Nice*, in *Bull. de la Société géol. de France*, 4^a serie, tome II, fasc. 4, p. 373, Paris, 1902.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des Sciences*, 1901, p. 182. *Bull. de la Soc. géol. de France* 1902, p. 167.

(3) GAUVIN C. T. e MÖGGRIDGE M., *Menton, notes géologiques*, in *Bull. de la Soc. vaudoise des sciences nat.*, tome VIII, n. 52, 1864.

(4) TARAMELLI T., *Dei terreni terziari presso il Capo La Mortola in Liguria*, in *Rendiconti del R. Istit. Lomb. serie 3^a, vol. XX*, Milano, 1888.

conglomerato e i ciottoli accusino una antica spiaggia marina e non la foce di un corso d'acqua; per la loro altitudine ritengo che debbano ascriversi al piacentiano.

E. Rivière diede fin dal 1879 un cenno sul deposito pliocenico di Castel d'Appio presso Ventimiglia, al quale attribuisce un'altitudine di circa 350 m. Tale deposito sarebbe costituito, secondo l'autore precitato, da un complesso assai potente di argilla bigio-azzurrastra, piacentiana, alla parte inferiore, e da uno strato di argilla sabbiosa giallastra, astiana, superiormente (1). I due orizzonti sono ricchi di fossili di cui il Rivière enumera 265 specie. Non è detto esplicitamente quale sia il più alto livello raggiunto rispettivamente dai due termini della formazione.

Al di sopra delle argille fossilifere si trovano puddinghe poligeniche, le quali culminano al Monte Magliocca a m. 515. Che a tale altitudine pervenga un deposito propriamente marino non è sicuro, perciocchè si confondono facilmente coi ciottolati delle spiagge marine quelli abbandonati nella parte loro terminale dagli antichi corsi d'acqua, e si danno fra gli uni e gli altri graduate transizioni.

Nel bacino d'Albenga sedimenti piacentiani ben distinti per numerosi fossili furono da me incontrati presso Ortovero fino a 244 m. d'altitudine. La medesima formazione risale, se non sono in errore, ad oltre 300, accennando ad una insenatura assai adentratata ed angusta del litorale pliocenico, in corrispondenza della attuale vallata dell'Arroscia (2).

È notevolmente minore l'altezza sul livello del mare cui giungono i depositi pliocenici con sabbie giallastre e conglomerati nel Savonese, come a Piazza Doria, nella villa Pescetto (circa 90 m.) e presso la casa dello Svizzero.

A Cogoleto, a Scierborasca e sopra Arenzano il medesimo sistema sembra un po' meno alto. In alcuni punti, come sopra Cogoleto, esso è rappresentato da ciottoli e ciottoloni sparsi sul dorso delle colline tra 60 e 70 m.

(1) RIVIÈRE E., *Le pliocène de Castel d'Appio en Italie etc.*, in *Association franc. pour l'avanc. des sciences, Congrès de Montpellier*, 1870.

(2) Altre insenature simili penetravano nelle valli del Neva e del Lerone, come apparisce dalla cartina riprodotta nella fig. 3.

A Voltri, nella Villa Brignole, ebbi occasione di osservare un piccolo adunamento di sabbie fossilifere piacentiane alla quota di circa 80 metri.

Il prof. A. Razzore, dopo aver determinato i confini del piccolo deposito pliocenico adagiato nei territori di Sestri Ponente, S. Giovanni Battista e Borzoli, nel quale egli raccolse circa 400 specie di fossili, assegnò la quota di circa 80 m. sul livello marino al punto più alto raggiunto dalle marne fossilifere (1). Se nonchè il lembo visibile presso la fabbrica di laterizi Oliva e Gatto, sul Chiaravagna, incomincia a meno di dieci metri sul livello marino e raggiunge appena i sedici colla sua parte superiore. Gli strati di argilla sabbiosa biancastra, sparsi di radi ciottoli, di cui risulta (strati pendenti di 20° a 25° verso mezzogiorno) ricettano molti fossili di piccole dimensioni, di specie quasi tutte viventi che accusano, io credo, un orizzonte astiano (2); mentre le argille di Borzoli, le quali raggiungono sotto la chiesa parrocchiale di questo comune una quota assai più alta (circa 110 m.), contengono pure numerosi avanzi organici, fra i quali *Muricidae*, *Pleurotomidae*, *Conidae*, *Buccinidae*, *Cancellaridae* relativamente voluminose, che si riferiscono senza dubbio al piacentiano (3).

Nel catalogo dei fossili pliocenici di Borzoli, pubblicato anni sono dal dott. Della Campana (4) non sono distinti quelli perti-

(1) RAZZORE A., *Il pliocene di Sestri Ponente, San Giovanni Battista e Borzoli*, in *Atti della Società ligustica di Scienze nat. e geog.*, vol. III, Genova, 1902.

(2) Sono presenti, fra le altre: *Strombus coronalis* DEFR., *Conus antidiluvianus* BRUG., *C. betulinoides* BROCCHI, *Pleurotoma rotata* BROCCHI, *P. turricola* BROCCHI, *Mitra scrobiculata* BROCCHI, *Cancellaria cancellata* LAM., *Amusium cristatum* BRONN, *Ostrea navicularis* BROCCHI.

(3) *Cenni paleontologici sul pliocene antico di Borzoli*, in *Atti della Società ligustica di Sc. nat. e geog.*, vol. I, Genova, 1890.

(4) Fra i fossili di questo giacimento che accennano a data poco remota recorderò:

Natica catena DA COSTA, var. *depressiuscula*, *Turritella subangulata* BROCCHI, *Fissurella italica* DEFR., *Dentalium fossile* L., D., *sexangulum* L., *D. entalis* L., *Mastra triangula* REN., *Corbula gibba* OLIVI, *Circe minima* MONT., *Venus plicata* GMEL., V., *ovata* PENN., V. *senilis* BROCCHI, *Cardium papillosum* POLI, *Arca diluvii* LAM., A. *dichotoma* HOERNES, *Pecten varius* L., P. *scabrellus* LAM., *Mühlfeldia truncata* L., *Megathiris decollata* CHEMN.

nenti ai due livelli, perchè ottenuti da punti assai prossimi, poco diversi per i caratteri litologici.

Quantunque i sedimenti piacentiani sieno di preferenza, in Liguria come in ogni altra parte d'Italia, di natura argillosa e gli astiani prevalentemente sabbiosi, pure sono frequenti gli esempi di depositi che contravvengono alla regola generale.

Pareto accenna nella sua succinta descrizione geologica della Liguria inserita nella « Guida di Genova e del Genovesato » a massi forati dai litodomi e connessi da cemento sabbioso, con pettini ed ostriche, visibile ai suoi tempi lungo la salita d'Oregina, a piccola altezza sul livello marino (1).

Lamarmora esibisce nella tavola III (fig. 3) dell'atlante di cui è corredato il suo « Voyage en Sardaigne » una piccola sezione del medesimo lembo, da lui reputato quaternario, osservato a circa 25 m. d'altitudine. Nella fig. 4 della stessa tavola egli reca pure una sezione di un altro deposito costituito di arenaria « postpliocenica », adagiato a m. 5,50 sopra il calcare bigio, che si ascrive presentemente all'eocene superiore, ed allora si riteneva cretaceo (2).

Nel 1903, in seguito agli scavi eseguiti alla base degli edifici adibiti ad uso di magazzini per l'artiglieria, allo scopo di provvedere all'ampliamento della stazione ferroviaria del Principe, fu messa allo scoperto una falda di arena bigia, argillosa, gremita di pettini, fra i quali la specie più copiosa corrisponde al *Pecten planomedijs*, Sacco (3) (specie tipica a Parella, Mazzè, Masserano e nell'Astigiano), e non manca il *P. scabrellus*, Lam.

I due lembi accennati l'uno da Pareto e Lamarmora, l'altro dal solo Lamarmora non sono più visibili e forse furono completamente asportati dagli sterri compiuti a più riprese in quella parte della città. Quanto al deposito da me osservato nel 1903, che in parte permane, è coperto dal piano stradale della ferrovia e dal robusto muro di sostegno inalzato a nord della stessa stazione. Tutti e tre sono per me astiani.

(1) *Guida di Genova e del Genovesato*, vol. I, Genova, 1846.

(2) LAMARMORA A., *Voyage en Sardaigne* etc., troisième partie, *Description géologique*, tome I, pag. 345, pl. III, fig. 3, Turin, 1857.

(3) SACCO F., *I molluschi dei terreni terziari del Piemonte e della Liguria*, parte XXIV, tav. XIX, fig. 2, 3, Torino, 1908.

Nella formazione pliocenica inferiore di Genova raccolti tra molti fossili marini qualche specie terrestre (per esempio conî di *Abies*) trasportata al mare da qualche piccolo corso d'acqua che metteva foce nel golfo, ma non mi venne mai fatto di osservare un deposito fossilifero d'acqua dolce. Secondo antiche note manoscritte dovute a quanto pare al Prof. Canobbio, un giacimento di tal natura fu rinvenuto al di sopra della marna pliocenica marina, mentre si eseguivano scavi molti anni or sono, nella piazza Fontane Marose; così mi riferiva il Prof. S. Squinabol, ed aggiungeva che si ricorda, tra gli stessi appunti, un secondo lembo fluviale con fossili, intercalato tra le marne marine di S. Martino d'Albaro, ma dubito che tali cenni si riferiscano a depositi assai più recenti del pliocene, di cui conosco un altro esempio in Genova stessa presso la foce del Bisagno.

Nel 1823 il Prof. G. B. Canobbio segnalava il fatto che il calcare nero di Genova è forato dai litodomi fino a m. 88.82 sul livello del mare, in un punto discosto 112 m. dalla riva, e ricordava a questo proposito le memorie storiche dalle quali risulta che nel 1134 le acque marine lambivano il colle di Oregina, quello di Montesano e la zona piana che intercede fra S. Tommaso e Santa Agnese, come pure tutto lo spazio che da S. Siro, per la Strada Nuova (è questa la via Garibaldi odierna) si estende in Campetto sino a S. Nazario (ora N. S. delle Grazie), ove, facendo un giro, s'internavano verso levante sotto il colle di Carignano (1).

A S. Andrea, nel centro di Genova, la marna pliocenica detta localmente *tufo* o *tuvio* raggiungeva, prima dei recenti scavi, la quota di m. 38. D'altra parte sotto la chiesa di S. Siro, nella spianata del Bisagno, al Cavalletto, in via A. M. Maragliano, fu trovata a pochi metri sul livello del mare, e risulta da documenti storici, come pure da un pozzo recentemente perforato nell'area dei magazzini frigorifici, che nella darsena e nelle sue adiacenze immediate la medesima formazione si continua sotto il livello marino. Ma tutte queste cifre hanno un significato incerto, mentre ignoriamo a quali profondità si depositarono i sedimenti cui si riferiscono; possiamo solo affermare in tesi generale che a Ge-

(1) CANOBBIO G. B., *Saggio della giacitura d'alcuni fossili di Genova e suoi dintorni*, p. 34, Genova, 1823.

nova, come a Savona, le marne e argille plioceniche appartenenti al pliocene inferiore hanno i caratteri di deposito d'alto fondo, formato cioè a profondità non minore di un centinaio di metri.

Il terrazzo pliocenico di S. Francesco d'Albaro raggiunge alla Villa Paradiso m. 87. Nelle fondazioni della chiesa parrocchiale di S. Martino d'Albaro l'argilla bigia pertinente al piacentiano fu rinvenuta a circa 76 m.

Nel sobborgo di S. Fruttuoso (Genova) si trovano o meglio si trovavano prima della costruzione di alcuni recenti caseggiati fori di litodomi entro una ripa di calcare eocenico, alla quale è addossato un lembo di marna pliocenica, a pochi metri d'altezza sul piano stradale. A Marassi, lungo la riva sinistra del Bisagno, analoghi fori si trovano nel calcare fino all'altitudine di 140 m.

Fuori del comune di Genova, notai l'esistenza di fori di litodomi, che sembrano non diversi da quelli testè ricordati, sopra Bavari, alle falde del Monte Fascia fra m. 370 e 380, ma sospetto che risalgano ad epoca più remota. Ne osservai nella valle del torrentello di Nervi fra m. 80 e 100.

La marna pliocenica di S. Fruttuoso ed Albaro, della quale Squinabol segnalò la protrazione nel fossato di S^a. Tecla, raggiunge colà, con strati pendenti di 15° a 20°, la quota di circa m. 70 (1).

Nei miei antichi lavori, e fino al 1892 (2), considerai come il lembo estremo del pliocene marino del Genovesato, verso levante, un piccolo giacimento di sabbia gialla visibile lungo la ferrovia litorale presso la stazione di Pieve di Sori e nella vicina villa Ceriana.

Siffatto lembo risulta di sabbia silicea e rubiginosa, tenuissima, fortemente concreta per cemento calcare, in alcuni tratti oscuramente stratificata (a strati orizzontali), in altri destituita di stratificazione; esso giace sul calcare marnoso eocenico, di cui risulta la ripa, il quale in quel punto offre stratificazioni ondulate, quasi orizzontali.

Il deposito sabbioso, la cui base corrisponde presso a poco al piano stradale della ferrovia (m. 33.50), raggiungeva almeno da

(1) SQUINABOL S., *Miscellanea di geologia locale*, in *Atti della Soc. Ligustica di Scienze nat. e geogr.*, vol. III, Genova 1892.

(2) ISSEL A., *Il terremoto del 1887 in Liguria*, pag. 25, Roma, 1888.

otto o nove metri di potenza prima degli scavi compiuti per dar luogo a nuove costruzioni e specialmente per sistemare la villa Ceriana (1). Alla sua base la sabbia ricetta numerosi frammenti di calcare alterato, che hanno carattere di detriti di falda, nonchè radi ciottoli parimente calcari. Non mi è riuscito scoprirvi alcun resto organico determinabile, ma solo piccolissimi frammenti di conchiglie marine.

Per quanto ho potuto osservare questo deposito è ben diverso dalle assise plioceniche della Liguria occidentale e di Genova stessa, mentre invece apparisce identico per la natura litologica e analogo per le condizioni stratigrafiche alla *duna morta* del Capo Mele. Anche qui il materiale è di tal natura da rendere plausibile l'ipotesi di un trasporto eolico; anche qui gli elementi della duna sono inferiormente commisti a detriti di falda e a qualche ciottolo, segno di un'antica riva marina. Senonchè la altitudine di tali ciottoli, superiore alle più alte tracce abbandonate nel Genovesato dal mare quaternario, mi lascia perplesso circa la data della formazione. Se non all'infraquaternario, come reputo più probabile, converrebbe ascriverla alla pliocenica; ma a favore di una simile interpretazione non saprei addurre alcun argomento d'ordine litologico.

Manca in tutto il rimanente della Riviera orientale o per lo meno non vi fu segnalato il sistema pliocenico. Esso comparisce nella valle della Magra inferiore in vari punti, per esempio sul rivo Gambarana presso Sarzana, con depositi d'acqua dolce privi di fossili, analoghi a quelli che ad Olivola, nella stessa valle, ricevano in sì gran copia ossa di vertebrati di specie pertinenti alla fauna ben nota, del Val d'Arno (2).

Fra le colline Pisane e Livornesi si riconoscono numerosi giacimenti fossiliferi pliocenici, pertinenti ai diversi piani o sottopiani del sistema. Al Rio di Vallebiaia, nella provincia di Pisa

(1) A quanto mi dissero, qualche traccia se ne sarebbe osservata anche più in alto, sui fianchi della collina, sia nel comune di Pieve di Sori, sia in quello di Bogliasco; ma i giardini, le vigne, gli orti recinti di mura e i numerosi edifici che coprono omai gran parte di quel territorio non mi hanno concesso di verificare se l'asserzione fosse fondata.

(2) Si veda in proposito la memoria di FORSYTH MAJOR, *L'ossario di Olivola in Val di Magra*, in *Verbalì della Società Toscana di Scienze naturali*. Seduta del 3 marzo 1890.

si tratta, secondo le osservazioni di Manzoni e Lawley, di sabbie gialle, riferibili ad un orizzonte superiore all'astiano tipico, che può dirsi un termine di transizione fra questo e l'infraquaternario (1).

Tali sabbie, dal Rio prendendo la strada di Piazza, nel poggetto della casa di Vallebiaia, scrive De Stefani, si trovano alla quota di circa m. 88, e si tratta del banco fossilifero più recente con *Balanus*, *Ostrea*, *Pecten* viventi, fra gli altri il *P. pes-lustrae* che suol distinguere gli strati più alti del postpliocene nell'Italia meridionale e in Sicilia, per es., a Monte Pellegrino e Ficarazzi (2).

Nella Riviera di Ponente i successivi sollevamenti pliocenici e postpliocenici ebbero per effetto di portare i sedimenti marini ad una quota di 200 a 500 metri circa, secondo i punti, sopra il mare odierno. Nella Liguria orientale, in Toscana, in Corsica e in Sardegna, il movimento raggiunse in tesi generale minore intensità; ma dappertutto l'emersione non poté compensare che in minima parte la precedente sommersione, di che si ha prova nelle valli sottomarine della Liguria, già ricordate, e in altre particolarità della topografia sottomarina del Tirreno, come pure nelle articolazioni litorali della Sardegna e della Corsica.

Tornando alla Liguria, il mare pliocenico costituiva da principio nella bassa valle del Varo e in quella del Magnan un golfo che si addentrava per oltre 22 chilometri, e s'insinuava con le principali diramazioni verso Trinité S.^t Victor e Tourette. Anfrattuosità assai minori si aprivano presso Roccabruna e Mentone. Una gran baia assai aperta si estendeva fra Castel d'Appio e il Capo di S. Ampeglio, risalendo nella valle della Roia fino alla Bevera e in quella della Nervia a non minor distanza dal mare (3). Una piccola insenatura a S. Remo; una alquanto maggiore penetrava nella parte media della valle scavata dall'Argentina, tra Arma di Taggia e S. Stefano al Mare. Piccoli anfratti a Porto

(1) MANZONI raccolse in questo deposito 234 specie, tra le quali 22 estinte (*Saggio di Conchiologia fossile subappennina*, Imola, 1868).

(2) DE STEFANI C., *Atti della Soc. Toscana di Scienze nat.*, Memorie, volume XXVII, Pisa, 1911.

(3) Se le condizioni altimetriche di questa valle fossero state analoghe alle attuali, il mare doveva inoltrarsi fino a Dolceacqua.

Maurizio e nelle vallecole di S. Pietro e del Cervo. Ad ovest, nord-ovest e nord di Albenga, si protendeva una baia provvista di parecchie digitazioni, fra le quali la più estesa penetrava probabilmente assai addentro nella valle dell'Arroschia (1); ho tentato di darne un'idea approssimativa colla cartina riprodotta qui appresso (fig. 3), disegnata in base al supposto che il mare pliocenico superasse di 300 m. il livello marino attuale. Questa cifra è probabilmente errata per difetto; ma, d'altra parte, le proporzioni dell'accennato golfo risultano nel disegno esagerate, da che si sono considerate come esistenti fin dai primordi del pliocene alcune depressioni incise verosimilmente nei tempi posteriori. Il golfo di Vado, assai più addentrato che non al presente, s'insinuava con una propaggine nella valle del Segno oltre Bossarino, e si continuava a levante fino al Letimbro. Al piano d'Albissola corrispondeva un'insenatura, e d'altre minori rimangono tracce nei depositi pliocenici di Scierborasca, Arenzano, Voltri, Sestri Ponente. Quest'ultima formava un'addentramento di ben tre chilometri di sviluppo nella vallecola di Borzoli, in direzione di Fegino. Verso levante non troviamo più che il golfo pliocenico di Genova, il quale risaliva con la sua estremità più insinuata a due chilometri almeno dalla riva attuale.

La misura della riva attuale, fra la foce del Varo e quella della Magra, misura ricavata da una mappa corografica alla scala di 1 : 500,000, prescindendo perciò dai minimi frastagli, è di circa km. 310. Durante la prima fase del pliocene raggiunse per le accennate articolazioni uno sviluppo maggiore almeno di un terzo, che venne poi grado grado scemando fino al principio del periodo quaternario.

Col procedere dell'epoca piacentiana le acque marine calarono considerevolmente, e il fenomeno continuò a prodursi con maggiore intensità nella successiva epoca astiana, accentuandosi perciò l'emersione, senonchè, mentre non si verifica alcun avvenimento

(1) Le marne plioceniche osservate a più di un chilometro a nord-ovest di Ortovero, nel bacino di Albenga dimostrano che il mare pliocenico s'insinuò sicuramente a circa 11 chilometri dalla riva odierna; ma, in base ai dati morfologici relativi alle valli dell'Arroschia e della Neva e supponendo che il livello di quel mare soverchiasse l'attuale di m. 300, la protrazione sarebbe stata, come si è veduto, di gran lunga maggiore. Ad ogni modo la baia d'Albenga fu assai più estesa di quanto ora non sia il Golfo della Spezia.

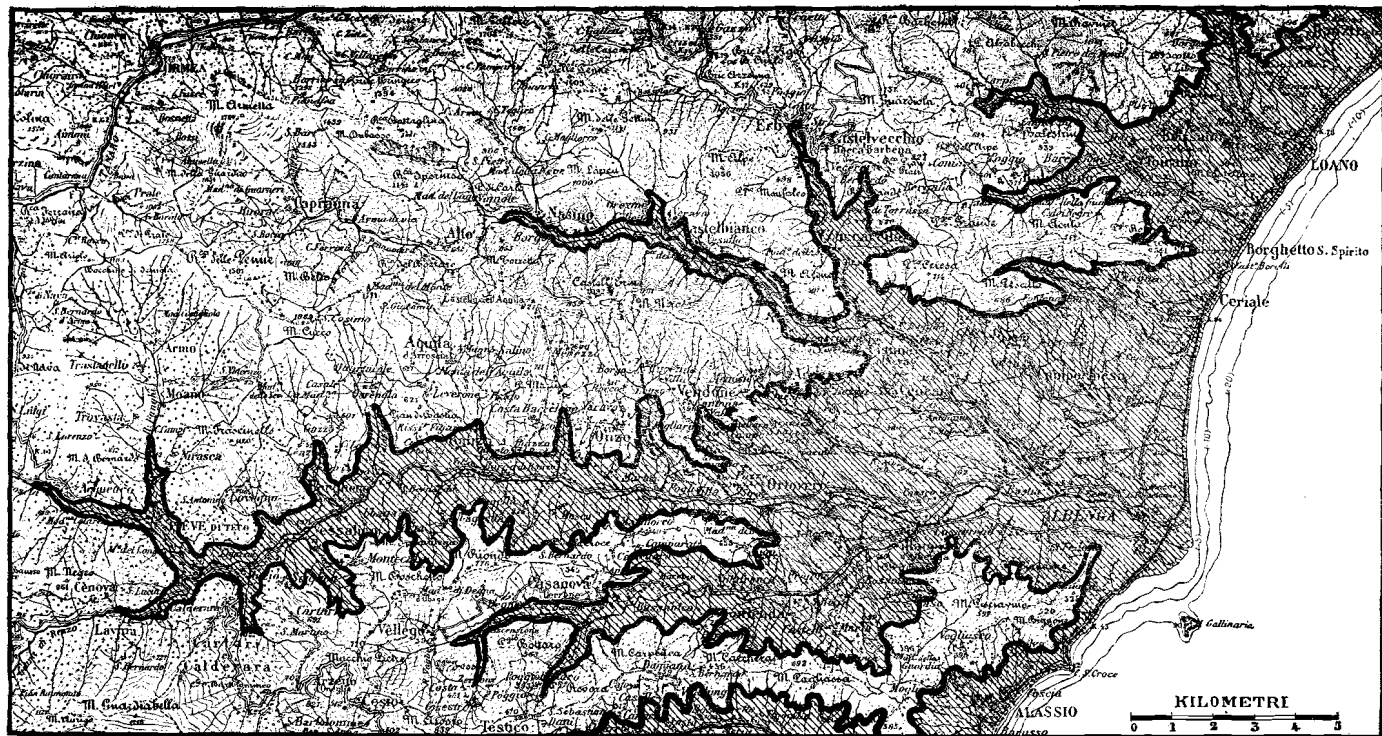


FIG. 3^a. — Golfo d'Albenga durante il pliocene inferiore, supposto il livello marino a 300 m. al di sopra dell'attuale
(le protrazioni sono alquanto esagerate).

NB. La topografia è desunta da una tavoletta del R. Istituto geografico militare.

che valga a scindere nettamente un'epoca dall'altra, risulta assai difficile, e in alcuni casi impossibile, di apprezzare il progressivo avanzarsi delle rive sia durante i tempi astiani, sia durante quelli che succedettero loro immediatamente. Perciò dobbiamo tenerci paghi in proposito di congetture. Supponiamo adunque che durante l'ultima fase dell'era terziaria, che è quanto dire allo scorcio dell'epoca astiana, il mare raggiungesse un livello di 10 a 50 metri superiore all'attuale. Non fu segnalato lungo le due Riviere alcun deposito che accenni alla fase corrispondente all'orizzonte di Val-lebiaia.

S'intende di leggieri che la distinzione fra i due precipui orizzonti pliocenici, fondata principalmente sui fossili, non è applicabile quando questi mancano o sono mal conservati e scarsi, e che le assise fossilifere plioceniche, situate a pochi metri sul livello marino, appartengono qualche volta all'orizzonte superiore e in altri casi rappresentano *facies* di acque profonde riferibile al piacentiano.

Che la sommersione infrapliocenica sia da attribuirsi a depressione della corteccia terrestre (poco importa se rapida o lenta), e non a mutamento nel livello delle acque, dovuto a contingenze astronomiche o climatologiche, lo inferisco dall'ingente differenza che si verifica nell'altitudine massima dei depositi marini piacentiani in varie parti d'Italia ed anche nella stessa Liguria Marittima (1).

Altre volte godeva di qualche credito l'ipotesi del rapido innalzamento delle acque marine nel bacino Mediterraneo e della conseguente sommersione alla quale accennavo, avvenuti alla fine dell'epoca miocenica per lo spezzarsi dell'istmo che avrebbe diviso in quel tempo l'Atlantico dal Mediterraneo; ma le osservazioni recenti di Gentil, fondate sulle raccolte paleontologiche di Lenz, ponendo in chiaro la pliocenicità del deposito fossilifero di Tetuan, già ascritto al miocene dal Fuchs (si tratta, a quanto pare, di piacentiano e raggiunge un'altitudine di circa 100 m.), valgono ad allontanare il supposto. Anche le rive dell'Atlantico, lungo il litorale del Marocco e del Portogallo (presso Lisbona), parteciparono alla trasgressione pliocenica (2).

(1) Prescindendo da altre testimonianze, ricorderò qui come il pliocene marino s'innalzi nella tenuta Scola, presso Lacedonia, fino a m. 1100 d'altitudine, livello superato solo in qualche deposito siciliano.

(2) GENTIL, *Sur la formation du détroit de Gibraltar*, in *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, séance du 5 mai 1909.

Più d'una volta ho domandato a me stesso perchè non si trovano lungo il nostro litorale, e sono tanto rare altrove, caverne occupate da brecce ossifere plioceniche, e se debbono veramente ascriversi all'ultimo periodo dell'era terziaria certe cavità allineate, nel Finalese, a breve distanza dalla riva del mare, e all'altitudine tale (da 90 a 100 metri) che non poteva certamente essere raggiunta dal mare quaternario; alludo alle spelonche denominate delle Arene Candide e ad altre vicine. A queste domande non saprei dare soddisfacente risposta.

L'avvallamento che determinò il depositarsi delle argille, marne e sabbie plioceniche lungo le Riviere Liguri e il successivo sollevamento furono relativamente rapidi, ma subirono fasi di sosta che lasciarono tempo al moto ondoso di scavare profondi anfratti. Della rapidità di tali movimenti fa fede l'uniformità della fauna ai diversi livelli. Secondo ogni verosimiglianza il movimento d'ascensione, da principio assai rapido, si rallentò negli ultimi tempi durante i quali si depositavano sui fondi marini in alcuni punti sabbie, contenenti le reliquie della fauna astiana un po' diversa nel suo complesso dalla piacentana. A me pare che proprio alla accennata fase del pliocene (scorcio dell'età astiana) risalga per opera della erosione e dell'ablazione marine l'escavazione delle cavità meno addentrate delle spelonche precipitate, come pure di altri anfratti vicini, allineati lungo il fianco meridionale del Monte Caprazoppa. Quanto alle maggiori e più profonde grotte, nelle quali le prime si continuano, sono senza dubbio conseguenza di diaclasi allargate per opera delle acque sotterranee.

Comunque, mancano affatto nelle dette cavità, come in ogni altra della nostra regione, avanzi organici più antichi del quaternario, e perciò non risulta accertata la formazione loro per fatto del mare pliocenico. Debbo aggiungere in proposito che il livello cui corrispondono è pur compatibile col supposto di un'età più remota, cioè miocenica, perciocchè si danno poco lunge, ad altitudine non maggiore, depositi di mare sottile, elveziani, vale a dire strati della cosiddetta pietra di Finale o di Verezzi.

(*Continua*).