

II. — COMUNICAZIONI E RELAZIONI

L'evoluzione delle rive marine in Liguria

Note del socio prof. ARTURO ISSEL (*)

Dal fatto che in poco più d'un secolo gli stretti interposti fra la Palmaria e il capo di Portovenere, come pure fra le tre isolette lunensi, subiscono sì notevole allargamento, si può argomentare come sia recentissima la disgiunzione di queste dalla vicina terraferma. Per quanto concerne la separazione del Tino dal Tinetto, ritengo che non risalga oltre ai tempi storici; ma già si era prodotta fin dal 1000, poichè data da quell'epoca un documento relativo ad una donazione fatta al « monasterio beatissimi Venerii, quod est constructo et edificato in insula illa, mare sita, loco qui dicitur Tiro maior ». Tiro o Tino maggiore presuppone un Tiro minore o Tinetto. Altro atto di poco posteriore (del 1056) accenna pure alle tre isole (1).

Convien dire come nell'opera intitolata *Descriptio ora Ligusticae*, composta verso il 1440, il Bracelli enumerò « le tre isole della Liguria, che sono, secondo le sue parole: quella d'Albenga (l'odierna Gallinaria), quella di Noli (l'isolotto di Bergeggi) e l'*insula Lunensis* », come se di contro a Luni ne fosse stata una sola. Da questa citazione io dubitavo che nella prima metà del secolo xv una sola terra insulare esistesse nelle adiacenze del golfo di Luni; ma, come si è veduto, il dubbio è insussistente. Non

(*) Continuazione e fine, vedi fascicoli IX, X e XI.

(1) Si veda in proposito: SFORZA G., *La vendita di Portovenere ai Genovesi e i primi signori di Vezzano*, in *Giornale storico e letter. della Liguria*, anno III, pag. 331 e seg., Spezia, 1902.

sono alieno dal credere che nella accennata enumerazione del Bracelli fosse trascritta una nozione geografica tolta ad autore ignoto dell'antichità classica, piuttostochè una osservazione fatta da lui stesso o dai suoi contemporanei (1); e ritengo ben fondata, come parve al Capellini, nel riferirla, una tradizione secondo la quale « si passava altra volta dal Tino al Tinetto senza barca, ma bensì sopra scogli che formavano un ponte naturale fra le due isolette » (2).

Fin dal 1862 lo stesso prof. Giovanni Capellini accennò alle modificazioni avvenute in tempi storici fra il Tino e il Tinetto, e specialmente alla parte presa dal mare con la sua azione distruggitrice nella separazione delle tre isole lunensi dal promontorio di Portovenere. Egli ritornava più volte ed anche or sono pochi anni (3) sul medesimo soggetto, esponendo nel modo più particolareggiato e preciso una serie di osservazioni proprie e di altri autori, dalle quali risulta come il moto ondosio proceda incessantemente e con straordinaria efficacia alla demolizione di quella costiera, sebbene costituita di calcari dolomitici saldi e tenaci (4). Dallo Spallanzani riporta la testimonianza relativa alla caduta di ingenti massi nella porzione esterna della ripa di Portovenere e del rovesciamento, per opera di un colpo di mare, di un robusto muro a San Pietro; avvertendo di poi come lo stesso naturalista avrebbe osservato che nelle maggiori libecciate i marosi raggiungono in quel punto ben 153 piedi (circa 50 m.) d'altezza.

Il Castelletto di San Pietro (a Portovenere), che il Capellini vide in passato in posizione perfettamente sicura, in seguito alla rovina, avvenuta nel secolo scorso in corrispondenza della parete della faglia, contro la quale poggiavano i calcari compatti e sci-

(1) La citata scrittura del Bracelli fu da me consultata nel volume che ha per titolo: *Jacobi Bracellei Genuensis Lucubrationis*, impresso a Parigi nel 1520.

(2) CAPELLINI G., *L'azione distruggitrice del mare nella costa dirupata dell'Arpaia a Portovenere e nelle vicine isole*, in *Mem. della R. Accad. delle Scienze dell'Istit. di Bologna*, 1906.

(3) *L'azione distruggitrice del mare nella costa dirupata dell'Arpaia a Portovenere*, ecc., Bologna, pag. 4, 1906.

(4) Le 15 vedute, desunte da fotografie, di vari punti e di diversi tempi, che corredano la memoria citata, ci forniscono in proposito documenti sicuri.

stosi dell'Arpaia, minaccia di crollare, talchè l'edificio denominato *casermetta* si dovette abbandonare.

Il movimento di torsione che accompagnò la emersione e il sollevamento di quelle montagne determinò, secondo il Capellini, non solo il noto rovesciamento della serie stratigrafica, ma ancora le numerose litoclasti, le une principali, le altre secondarie, che rendono profondamente fratturata tutta la serie retica e giurassica, predisponendola all'azione del mare in tempesta.

Lo scoscendimento delle Rocche di San Pietro più volte presagito dell'autore precitato, il quale ammoniva del pericolo cui si esponevano coloro che penetravano incautamente nella Grotta Arpaia dalla parte di terra, e si indugiavano appiè della ripa minacciosa, avvenne il 9 dicembre 1905, annunciato da formidabile rombo, con la caduta di materiale in tal volume, che fu valutato tra otto e diecimila metri cubi (1).

L'azione erosiva e demolitrice del moto ondoso, lungo le rive, è subordinata, come ognuno sa, alla direzione e alla intensità dei venti dominanti, la quale risulta per la Liguria da osservazioni lungamente continuate, compiute nelle stazioni meteoriche di Genova, Savona, San Remo, Nizza, Chiavari e Spezia. Senonchè i documenti raccolti appaiono alquanto disparati secondo i luoghi e secondo i tempi, essendo la variabilità nello spazio e nel tempo la caratteristica più spiccata del nostro clima. Considerando solo le osservazioni riassunte e discusse dal prof. P. M. Garibaldi per il decennio 1871-80, che sono fra le più diligenti ed autorevoli, i venti registrati nell'osservatorio della R. Università di Genova risultano per ordine di frequenza: N.E., N., S.E., S.O., S., E., N.O., O., e, per ordine d'intensità, N., N.E., S.E., S.O., S., E., N.O., O. In alcuni anni si verificò tuttavolta graduatoria diversa rispetto alla frequenza quanto alla intensità. La media velocità oraria annuale, normale è di km. 8.663; la massima, fra le an-

(1) Non mancano altri esempi di mutamenti locali, avvenuti da tempo non lontano lungo le rive del golfo della Spezia, mutamenti che conseguono dalla erosione e dalla ablazione marina. Anche ad una certa distanza dal mare si sarebbero osservati cambiamenti nell'altitudine rispettiva di poggi o colline, che non si possono però attribuire a cause generali; così mi assicurano che sia ora ben visibile da una villa di Trebbiano (borgo situato poco lungi dalla riva destra della Magra) la torre medioevale del castello d'Arcola, che era pochi anni addietro nascosta da un colle interposto.

nuali, fu quella del 1879, di km. 9.849, e la minima nel 1875 di km. 8.089.

Trascrivo qui testualmente alcune altre conclusioni recate dallo stesso autore:

Fra le velocità massime annuali, la massima fu di km. 50 all'ora, del vento S.O., avvenuta il 22 agosto a 2 ore pom. nel 1876; la minima fu di km. 29.5, del S.E., il 4 gennaio, ad ore 11 pom. nel 1877.

I venti poi che dominano nell'anno sono: il N. e il N.E. della corrente polare; il S.E. e il S.O. della corrente australe. L'andamento di questi, nelle stagioni, si è che i venti N. e N.E. sono in inverno nella loro maggior frequenza e forza, e pel contrario il S.E. e il S.O. nella minore; nella primavera diminuiscono di frequenza e di forza N. e il N.E. e l'aumentano il S.E. e il S.O.; nell'estate continuano N. e N.E. a diminuire, e ad aumentare il S.E. e il S.O.; nell'autunno decrescono in frequenza e forza S.O. e S.E. ed aumentano N. e N.E. La direzione media normale del vento è N. 76° E. (1).

Dal punto di vista dell'azione esercitata dai venti sulle onde, e quindi dalle onde sulle rive, reputo assai più importante della frequenza, l'intensità straordinaria acquistata in alcuni giorni dell'anno da certe correnti atmosferiche e particolarmente dallo scirocco, al quale sono da attribuirsi a parer mio i principali mutamenti che si verificano ai tempi nostri nella estensione delle spiagge (2). Per altro, in alcuni tratti di spiaggia, per esempio, dinanzi a Chiavari, i gagliardi colpi di vento da libeccio determinano la traversia che esercita azione modificatrice più sensibile.

V.

CONCLUSIONI.

Non mi dissimulo, come dissi da principio, quanto sia arduo il compito di rintracciare le vicende subite dal nostro litorale, in

(1) GARIBALDI P. M., *Climatologia di Genova desunta dai decenni meteorologici 1833-42 e 1871-80*, Genova, 1884.

(2) Intorno ai venti nel golfo di Genova e nel Tirreno si vedano pure le osservazioni di L. De Marchi, nell'opera di G. MARINELLI « *La Terra* », vol. IV, pag. 387 e 401.

base alle tracce lasciate dagli antichi livelli marini, tracce bene spesso occultate dalla degradazione atmosferica e dai fenomeni di erosione ed ablazione determinati dalle acque correnti; nè disconosco la complicazione indotta nel problema dalla concomitanza di movimenti diversi, verificatisi in un senso o nell'altro nella litosfera e nella idrosfera. Tuttavolta tenterò di desumere dai documenti raccolti alcune conclusioni, le quali, per la maggior parte, si riferiscono alla Riviera di Ponente.

Recentemente R. von Sawicki (1) tentava una sintesi analoga a quella che mi propongo di formulare, fondata però sopra criteri diversi. Nell'investigare le relazioni che intercedono, nella Riviera di Ponente, fra le fasi di emersione attraversate dal litorale e i cicli d'erosione che determinarono la formazione delle valli fluviali, egli è stato condotto a distinguere, per le vicinanze di Taggia, i seguenti sistemi di terrazzi:

1° Oligocenico?		m. 900
2° Miocenico		» 600
3° Pliocenico inferiore		» 400
4° Pliocenico medio		» 200
5° Pliocenico medio		» 120
6° Pliocenico superiore		» 50
7° Recente		» 0

Le cifre, che si riferiscono alle altitudini, variano fra un punto e l'altro.

I primi due sistemi, assai alti, non sarebbero concordanti con gli altri; del primo non si conserverebbero che tracce incerte presso Taggia; il secondo va declinando, secondo l'autore, da ponente a levante, in conseguenza di oscillazioni orogeniche anteriori al pliocene. Il terzo sistema traspare, egli dice, nei dintorni di Albenga sotto i successivi più giovani; il 4°, il 5°, il 6° e il 7°, situati ad altitudini descrescenti meno rapidamente, sarebbero orizzontali.

In complesso, non si avrebbero i caratteri di un graduale abbassamento del livello marino, ma piuttosto quelli di successive

(1) SAWICKI (R. von) *Beiträge zur Geomorphologie der Riviera di Ponente*, in *Atti della Società Ligustica di Scienze nat. e geogr.*, vol. XIX, n. 3-4, pag. 256, Genova, 1908.

oscillazioni, per le quali le valli dapprima colmate avrebbero poscia subito una riescavazione.

In parte si è già veduto, e meglio si vedrà in seguito in quanto io convenga o dissenta con l'autore precitato.

Premetto che al principio dell'oligocene, in Liguria, in ispecie nel Savonese, si succedettero in lungo volgere di tempi (durante il tongriano e lo stampiano) almeno tre oscillazioni complete, accusate da depositi marini alternanti con formazioni d'acqua dolce o d'estuario⁽¹⁾; perciò si produssero almeno tre scaglioni ad altezze diverse, che furono distrutti completamente o quasi da fenomeni posteriori. Più tardi, prima del pliocene, movimenti orogenici assai estesi e complicati ebbero per risultato finale di sollevare antichi fondi marini fino ad oltre un migliaio di metri, formando pieghe assai accentuate e forse terrazzi.

L'aquitano mitigò la profondità dei fondi marini, ma poco aggiunse alla estensione delle terre asciutte che corrispondevano in quel volgere di tempi a parte della catena Alpina, allora assai minore in altitudine e in larghezza, e sottentrò col langhiano una nuova fase di depressione che non lasciò tracce apprezzabili in riva al mare. Qual parte degli antichi depositi continentali andò sommersa dal mare, verso ovest e sud-ovest, dall'accennato sprofondamento, non è possibile determinare in base ai documenti, imperfetti e scarsi, venuti a mia cognizione; ma fu certo grandissima. L'elveziano e il tortoniano corrispondono senza dubbio ad una fase di sollevamento. Alla fine dell'età tortoniana i fondi marini si innalzano, si producono bassi fondi, pianure e colline litorali, per vasto tratto di paese e si congiungono in parte con le terre emerse, che già sorgevano in corrispondenza dei maggiori sollevamenti alpini. Col messiniano l'emersione si estende a sud.

Che avvenne delle isole Alpine, nella lunga serie di tempi che intercede durante il miocene, fra il langhiano e il messiniano?

Non ci è dato di poter rispondere a siffatta domanda. Non è il caso, d'altronde, di tentare la soluzione del problema nella Liguria marittima, nella quale permangono solo angusti lembi di elveziano marino; all'uopo sarebbero necessari lo studio inten-

(1) ISSEL A., *Osserv. sul tongriano di Santa Giustina e Sassello*, in *Atti della R. Univ. di Genova*, vol. XV, Genova, 1900.

sivo delle valli che solcano il versante settentrionale dell'Appennino e il meridionale delle Alpi, e la cognizione dei depositi miocenici sottoposti al manto pliocenico e quaternario che copre in gran parte la valle del Po e quelle dei suoi affluenti.

Per gli studiosi della nostra regione l'archivio in cui si svolge la storia del golfo di Genova e delle sue rive incomincia alla fine del miocene, col principio del messiniano. Quanto precede, ad eccezione del tongriano, non lasciò nella serie dei terreni che brani disgiunti, dai quali risulta che il territorio di cui ora ci occupiamo era quasi tutto coperto dalle acque del Mediterraneo. Non possiamo escludere però che i più alti monti della estrema Riviera occidentale non costituissero, in certi momenti, fin dal principio del miocene, rive di isole grandi o piccole.

Gli avvenimenti posteriori si possono riassumere nel modo seguente:

A) ETÀ MESSINIANA. Per effetto di fenomeni, che non siamo in grado di precisare, il fondo del golfo di Genova corrisponde ad una plaga emersa, solcata di profonde valli, la quale si continua colle isole dell'Arcipelago toscano e coll'isola Sardo-corsa. La parte terminale della valle di Magra corrisponde ad un lago sulle cui rive, coperte di vegetazione subtropicale, pascola il tapiro.

Osservo in via affatto incidentale che, se allo scorcio dell'epoca messiniana le terre emerse della Riviera di Ponente raggiungevano un'altitudine di circa un migliaio di metri superiore all'attuale, pur ammettendo, con Osvaldo Heer (1), che il clima dell'Europa meridionale fosse allora conforme a quello dell'Africa settentrionale (2), non dovevano mancare, come ora non mancano nell'Atlante, vette e creste coperte di neve per la maggior parte dell'anno (ognun sa che nell'Atlante marocchino nevi e ghiacci perenni occupano vasto tratto).

B) ETÀ PIACENZIANA. Sommersione del golfo di Genova, ad occidente, di circa 1800 m., minore ad oriente. Il mare si insinua in baie e golfi assai addentrati nelle vallate, principalmente in quelle del Varo, della Roia, della Nervia, del Centa. Clima caldo

(1) HEER O., *Le monde primitif de la Suisse*, trad. Demole, Genève et Bale, 1872.

(2) È presumibile che la Liguria marittima fosse allora attraversata dalla isoterma 19°, localmente anche dalla isoterma 20°.

ed asciutto, stagioni poco differenziate. *Elephas meridionalis*, *Mastodon Arvernensis*, *Rhinoceros Etruscus*, *Felsinotherium subappenninum*, grandi cervi.

C) ETÀ ASTIANA. Emersione (già iniziata alla fine dell'età precedente) di circa 500 metri. Il lido si rende meno anfrattuosso; formazione di terrazzi a m. 60, 120, 200, 350, lungo la Riviera occidentale. Corsi d'acqua torrenziali. Clima da prima caldo, negli ultimi tempi nebbioso, umido e fresco, assai variabile dal punto di vista della piovosità. Fauna poco diversa dalla precedente, con *Elephas antiquus*, *Rhinoceros Etruscus*, ippopotamo, cervi.

Nel nostro territorio non è rappresentata l'età *calabrianica*, che intercede fra l'astiana e l'infraquaternaria, ed offre tanto sviluppo nelle vicinanze di Pisa e di Livorno, con depositi ricchi di fossili che s'alzano fino a m. 88 sul mare.

D) ETÀ INFRAQUATERNARIA (1). Emersione di circa 30 m. Il lido assume presso a poco le condizioni odierne. Formazione di un piccolo terrazzo. Corsi d'acqua torrenziali come nell'età precedente, con vicende subordinate alle fasi glaciali. Clima temperato, variabile dal punto di vista della temperatura media e della piovosità. *Elephas antiquus*, *Rhinoceros Mercki*, *Hippopotamus amphibius*, var., *Hyaena crocuta*, var., grandi felini, orso delle caverne. Comparsa dell'uomo.

E) ETÀ MEDIOQUATERNARIA. Emersione di circa 10 m. Il lido si riduce quasi conforme all'attuale. Si rendono più intense l'erosione e l'ablazione marine. Non è esclusa l'ipotesi di una sommersione, della quale si hanno solo indizi locali, che avrebbe parzialmente neutralizzato gli effetti della emersione. Venti impetuosi provocano la formazione di dune. Clima variabile, freddo e umido, spesso nevoso, massime negli ultimi tempi. Portata dei torrenti assai variabile, in complesso maggiore dell'attuale. *Elephas primigenius*, cervi, renne, stambecco, camoscio, marmotta, orso delle caverne. Stazioni umane paleolitiche più numerose che non nei tempi precedenti.

F) ETÀ SOPRAQUATERNARIA. Erosione ed ablazione marine progredite. Gagliarde oscillazioni sismiche. Spostamenti locali nella

(1) Corrisponde, per la maggior parte dei geologi, all'età *siciliana*.

ed asciutto, stagioni poco differenziate. *Elephas meridionalis*, *Mastodon Arvernensis*, *Rhinoceros Etruscus*, *Felsinotherium subappenninum*, grandi cervi.

C) ETÀ ASTIANA. Emersione (già iniziata alla fine dell'età precedente) di circa 500 metri. Il lido si rende meno anfrattuosso; formazione di terrazzi a m. 60, 120, 200, 350, lungo la Riviera occidentale. Corsi d'acqua torrenziali. Clima da prima caldo, negli ultimi tempi nebbioso, umido e fresco, assai variabile dal punto di vista della piovosità. Fauna poco diversa dalla precedente, con *Elephas antiquus*, *Rhinoceros Etruscus*, ippopotamo, cervi.

Nel nostro territorio non è rappresentata l'età *calabrian*a, che intercede fra l'astiana e l'infraquaternaria, ed offre tanto sviluppo nelle vicinanze di Pisa e di Livorno, con depositi ricchi di fossili che s'inalzano fino a m. 88 sul mare.

D) ETÀ INFRAQUATERNARIA (1). Emersione di circa 30 m. Il lido assume presso a poco le condizioni odierne. Formazione di un piccolo terrazzo. Corsi d'acqua torrenziali come nell'età precedente, con vicende subordinate alle fasi glaciali. Clima temperato, variabile dal punto di vista della temperatura media e della piovosità. *Elephas antiquus*, *Rhinoceros Mercki*, *Hippopotamus amphibius*, var., *Hyaena crocuta*, var., grandi felini, orso delle caverne. Comparsa dell'uomo.

E) ETÀ MEDIOQUATERNARIA. Emersione di circa 10 m. Il lido si riduce quasi conforme all'attuale. Si rendono più intense l'erosione e l'ablazione marine. Non è esclusa l'ipotesi di una sommersione, della quale si hanno solo indizi locali, che avrebbe parzialmente neutralizzato gli effetti della emersione. Venti impetuosi provocano la formazione di dune. Clima variabile, freddo e umido, spesso nevoso, massime negli ultimi tempi. Portata dei torrenti assai variabile, in complesso maggiore dell'attuale. *Elephas primigenius*, cervi, renne, stambecco, camoscio, marmotta, orso delle caverne. Stazioni umane paleolitiche più numerose che non nei tempi precedenti.

F) ETÀ SOPRAQUATERNARIA. Erosione ed ablazione marine progredite. Gagliarde oscillazioni sismiche. Spostamenti locali nella

(1) Corrisponde, per la maggior parte dei geologi, all'età *siciliana*.

posizione delle rive. Clima variabile, meno rigido in ultimo che non nella fase precedente. Piogge copiose. Fiumi e torrenti ricchi d'acqua. Numerose stazioni preistoriche. Rari superstiti della fauna glaciale, orso bruno, lupo, lince, cinghiale, molti cervi, stambecchi, bovini ed ovini. Alla fine di questa età compariscono i primi animali domestici.

La circostanza che le alte valli delle Alpi Marittime erano tutte occupate da ghiacciai (si trova una morena fissa ben conservata perfino alla confluenza del torrente della Miniera con la Roia, sulla riva destra di questo corso d'acqua, a soli 650 m. sul livello del mare) spiega come i fiumi e i torrenti fossero allora generalmente assai più ricchi d'acqua ed avessero un decorso più regolare.

G) ETÀ NEOLITICA. Erosione ed ablazione marine attive, più o meno compensate dalla sedimentazione. Lievi mutamenti nella linea di spiaggia. Clima piovoso, non diverso in complesso da quello dei tempi precedenti. Estinzione di alcuni tipi dell'età sopraquaternaria; grandi mammiferi selvatici si fanno più rari; aumento nel numero delle specie domestiche. Numerose stazioni preistoriche in riva al mare, come pure sulle colline e montagne del litorale.

H) ETÀ STORICA (1). Continua localmente l'avanzarsi del mare a spese della terra emersa per fatto della erosione, mentre altrove, in ispecie alle foci dei corsi d'acqua, si protraggono le spiagge. In alcuni tratti del litorale i due fenomeni si avvicinano a brevi intervalli di tempo.

Sommersione di alcune rive per lento assettamento. Depressioni locali dipendenti da fratture e da terremoti. Indizi di sommersione generale dovuta a fenomeno eustatico. Clima più temperato che non durante l'età neolitica. Fauna sempre più ricca di animali domestici, con progressiva scomparsa di mammiferi selvatici. Diffusione più generale dell'uomo. Fondazione di numerosi villaggi e città.

Dal principio delle guerre iniziate dai Romani contro i Liguri

(1) Dal punto di vista dei fenomeni fisici e delle condizioni climatologiche, non mette conto contemplare nella nostra regione un'età del bronzo e un'età del ferro.

fino a tempi medioevali inoltrati, la sedimentazione si esercitò debolmente lungo il nostro litorale, forse contrastata dalla erosione. Dopo il secolo XIII, con varia vicenda fino al XVIII (localmente anche nel XIX), il fenomeno si andò accentuando in seguito al diboscamento e all'estendersi delle colture, risultandone l'insabbiamento di antichi porticiuoli e cale. Nei secoli XIX e XX, mentre scemava la sedimentazione, anche per la costruzione di strade comuni, ferrovie, argini, muri, che concorrono ad impedire il libero afflusso delle acque di dilavamento e il trasporto al mare di copiosi detriti, l'erosione e l'ablazione, per fatto del moto ondoso, sembrano aver acquistato maggiore intensità.

La grande sommersione e la successiva emersione plioceniche, pel fatto che si produssero in misura tanto diversa in tratti più o meno lontani fra loro delle rive mediterranee e lungo lo stesso litorale del Golfo di Genova, sono da attribuirsi indubbiamente ad oscillazione bradisismica.

Le emersioni infra e medio quaternaria ci presentano segni che corrispondono localmente a certi livelli comuni alla Liguria, alla Toscana, al Lazio, alla Calabria alla Sicilia, all'Algeria, alla Tunisia, e perciò lasciano sospettare che conseguano, almeno in gran parte, da oscillazione del livello marino, oscillazione, alla quale difficilmente si potrebbe attribuire causa che non fosse d'ordine astronomico. Questa ipotesi non esclude che si sieno prodotte rapide oscillazioni delle rive e in ispecie spostamenti dal basso all'alto istantanei e non transitori, accusati dai solchi d'erosione, non conciliabili a parer mio con fenomeni lenti.

Avverto in proposito che la corrispondenza delle linee di livello quaternarie, lungo le rive settentrionali e meridionali del Mediterraneo, non deve certamente considerarsi come conseguenza del progressivo abbassarsi delle acque di questo mare in seguito all'apertura dello stretto di Gibilterra, perciocchè la scoperta di depositi pliocenici emersi lungo le rive atlantiche del Marocco e del Portogallo dimostra come la comunicazione fosse già stabilita alla fine dell'era terziaria.

In Toscana i dati relativi ai depositi marini non concordano in generale con quelli ricavati dai solchi d'erosione. Mentre fra il promontorio del Romito e Castiglioncello la panchina quaternaria marina risale, secondo il Merciai, da m. 15 a 25, alla foce della Chiana raggiunge m. 70, e lungo il Botro di Acquerta si

trova fino a 100 m. Questa altezza è superata fra Castagneto e San Vincenzo, ove fu segnalata a m. 180 (1).

L'Ugolini ricorda al Poggio della Rognosa, presso Castiglioncello, la medesima formazione all'altezza di quasi 100 m., e ne accenna la presenza sul Poggio del Malandrone a 70 m. Egli avverte come gli strati sieno talvolta affetti da notevole pendenza, che raggiunge 25° alle Fabbriche presso il Molino della Fine (2); ma non è detto se questa sia conseguenza della inclinazione originaria della superficie rocciosa sulla quale si adagiava la panchina e non piuttosto di un sollevamento posteriore al deposito. È presumibile, d'altronde, che la formazione di cui si tratta risalga a tempi diversi, succedutisi tra il pliocene superiore e il sopraquaternario.

Corrispondenza maggiore, quantunque non perfetta, si nota fra i solchi d'erosione della Toscana e le tracce di antiche rive marine (quaternarie) lungo il litorale delle due Riviere.

Particolarmente notevole è l'osservazione fatta presso la torre di San Pancrazio vecchio di due solchi evidenti sovrapposti, uno a 4 m., che può essere seguito per ben 200 m., e un altro a soli 2 m. Al di sotto di ciascuno spesseggiano i fori di litodomi, i quali vanno diradandosi dall'alto al basso. L'ing. Perrone ritiene che tali segni sieno prodotti da un sollevamento, più intenso verso il mare aperto che non lungo la riva, il quale tuttora si continuerebbe (3).

Si trovano solchi d'erosione ben manifesti, osservati recentemente dal dottor Giuseppe Merciai (4):

A circa 100 m. a N. della Punta dell'Uomo, in una piccola insenatura alle falde dei monti dell'Uccellina, sotto una zona di fori di litodomi, visibili, secondo i punti, da m. 1,50 a 6 d'altezza sul livello marino. A circa 300 m. dalla foce dell'Osa e a 4 m. sul mare (il solco si inalta leggermente da E. a O.). A S. dal pro-

(1) MERCIAI G., *Dei mutamenti avvenuti nella configurazione del litorale tra Pisa e Orbetello dal periodo pliocenico in poi*, Pisa, 1910.

(2) UGOLINI A., *I terreni di Rosignano e Castiglioncello*, Pisa, 1910.

(3) PERRONE, *Carta idrografica d'Italia, Fiora, Chiarone ed Albegna*, Roma, 1904.

(4) MERCIAI G., *Dei mutamenti avvenuti nella configurazione del litorale tra Pisa e Orbetello dal periodo pliocenico in poi*, Pisa, 1910.

monitorio sul quale sorge la Torre dell'Avvoltoio e a 1 m. sul livello marino; il solco può essere seguito per una cinquantina di metri. Alla base meridionale del promontorio di Port'Ercole, in due piccole insenature; nella occidentale il solco è alto m. 2,50 e sottoposto ad una fascia di fori assai fitti; nella orientale, presso il forte di Port'Ercole, si trova a m. 2 ed è assai netto. A N. E. dello stesso punto, nel seno di Santa Caterina, si può osservare un analogo solco per una lunghezza di 50 m., a 3 m. sul mare, e più oltre si ritrova a maggiore altezza.

È pure da ricordarsi il profondo solco orizzontale, inciso dal moto ondoso nella Grotta delle Capre, alla base del Monte Circello, a circa m. 8 sul livello marino, alla parte superiore di una zona formata da fori di litodomi (1).

Fuori d'Italia il prof. Tellini, geologo sagace e diligente, ha osservato che la grotta detta « Balun » o « Balon » nell'isola di Fusi in Dalmazia, grotta dovuta all'azione erosiva del moto ondoso, non acquistò le dimensioni attuali se non quando i marosi si potevano liberamente introdurre nella sua apertura ora sommersa; in altre parole questa grotta accusa una recente sommersione del lido roccioso di 8 a 10 m. (2).

Se si volessero estendere i riscontri ai lidi rupestri dei territori vulcanici, il Golfo di Napoli ci fornirebbe buon numero di esempi di sommersione e di emersione avvenute in tempi storici. Pur tacendo di quelli ricordati nei testi di geologia, piacemi accennare ai ruderi sommersi, da me stesso osservati a Casamicciola (isola d'Ischia) di contro all'edificio del Monte della Misericordia, ai reiterati mutamenti subiti nella altitudine delle aperture colle quali mettono all'esterno la celebrata *Grotta Azzurra* e parecchie altre nell'Isola di Capri, nonchè i terrazzi che si osservano a 15 m. d'altezza e i fori di litodomi a 3 m. nella stessa isola (3).

Le osservazioni di Fouquè posero in chiaro l'avvallamento della estremità N. E. di Nea Kamini, nel gruppo di Santorino

(1) ISSEL A., *Le oscillazioni lente del suolo o bradisismi*, pag. 205 e seg.

(2) TELLINI A., *Caverne delle isole Lissa e Busi in Dalmazia*, in *Rivista ital. di Speleologia*, anno I, fasc. 3°, Bologna, 1903.

(3) BELLINI R., *Osservazioni geomorfologiche sull'isola di Capri*, in *Atti della Soc. ital. di Sc. nat.*, vol. XLIX, Pavia, 1910.

(posteriormente al 1867), per effetto del quale parecchi edifici e tratti di calate furono invasi dal mare (1).

Per quanto si riferisce alla sommersione recente ed attuale, non v'ha dubbio che in alcuni tratti del litorale ligure (per esempio nella pianura alluvionale d'Albenga), come in moltissimi altri sulle rive del Mediterraneo, sia dovuta all'assetramento o al prosciugamento progressivo dei materiali sciolti o melmosi di cui quel litorale risulta (2); ma, ove si tratta di ripa rupestre, il fenomeno non è accertato, e dobbiamo contentarci di indizi come quello accusato dal mareografo di Genova (3), il quale troverebbe il suo riscontro nelle osservazioni tanto accurate di Lallemand sui mutamenti subiti dal livello marino nell'Atlantico e nel Mediterraneo (4). In ordine a quest'ultimo, dal 1885 al 1906, il livello del mare avrebbe subito a Marsiglia una variazione compresa fra due punti estremi distanti verticalmente m. 0.09. A Genova si sarebbe verificato un innalzamento medio del mare di oltre 20 mm. in un ventennio. (Si veda il cenno della pag. 1234).

Qui debbo avvertire che le vibrazioni sismiche, non rare lungo la costa della Provenza (furono specialmente energiche quelle del 23 febbraio 1887), recano alterazioni assai difficili a valutare nell'apprezzamento del fenomeno delicatissimo di cui si tratta.

I risultati della livellazione geometrica compiuta nel 1909 nel Messinese, e nella Calabria da Gioia a Mileto di Porto Salvo, vale a dire nei territori più energicamente scossi dal terremoto disastroso del 1908, risultati posti a confronto con altri delle livellazioni anteriori (5), posero in chiaro come non si producessero, durante il fenomeno, dislivelli permanenti notevoli, e come, nella

(1) FOUQUÉ, *Rapport sur mes explorations géologiques de l'île de Santorin*, in *Ann. des Sciences géol.*, tome VII, Paris, 1876.

(2) Non è da escludersi l'ipotesi che il peso dei materiali accumulati dall'uomo sopra un suolo cedevole abbia determinato localmente l'abbassarsi degli edifici, e quindi la parvenza di una depressione o meglio di un mutamento fra i livelli rispettivi della terra emersa e del mare.

(3) Già dissi, a proposito dei grafici forniti dal mareografo di Genova, come io sospetti un abbassamento dello zero, avvenuto in seguito ai terremoti degli anni 1887, 1890, 1891 e 1894.

(4) C. LALLEMAND, *Mouvements et déformations de la croute terrestre*, in *Annuaire pour l'année 1909*, publié par le Bureau des Longitudes, Paris, 1908.

(5) Quella del Messinese datava dal 1898; quella della Calabria precedeva di poco la catastrofe del 1908.

pluralità dei casi, i tenui spostamenti verificatisi non avessero luogo nel suolo cristallino, ma in terreni recenti e in masse rociose sciolte o cedevoli, che subirono assettamento o frane (1).

In complesso, le osservazioni più diligenti dimostrano quanto sia lieve l'influenza esercitata da ciascun terremoto sulla morfologia terrestre. Senonchè il ripetersi a brevi intervalli, per lungo volgere di tempi, di dislivelli, sieno pure tenuissimi, in alcuni territori, giustifica l'affermazione che il terremoto debba comprendersi fra i fattori dei sollevamenti e degli avvallamenti e quindi delle emersioni e delle sommersioni. Delle prime certo assai meno che delle seconde, essendo evidente l'azione prodotta sull'assettersi del terreno per opera delle vibrazioni sismiche.

Le mie conclusioni, rispetto all'altitudine cui giunse il mare quaternario, non sono molto divergenti da quelle cui perveniva poco fa il Gignoux in uno studio d'ordine più generale (2).

Secondo questo autore, le rive che risalgono all'età siciliana (infraquaternaria) raggiungono a Palermo da 90 a 100 m. d'altitudine, e si seguono facilmente lungo il litorale settentrionale della Sicilia, in Calabria (segnatamente a Rosarno), come pure a Taranto e nelle Puglie. Un altro orizzonte, che corrisponde secondo lo stesso autore, al quaternario a *Strombus bubonius*, e che egli definisce (impropriamente secondo il mio modo di vedere) col'espressione di *quaternario recente*, si trova da 15 a 30 m. di altezza a Palermo, a Livorno, nella Maremma romana e non manca alla Spagna e all'Algeria. A Taranto questo livello avrebbe raggiunto in una delle incursioni marine 35 m., in un altro solo 15. Nello stretto di Messina, in una regione eccezionalmente instabile, a Ravagnese e a Boveto, s'inalzerebbe fino ad un centinaio di metri.

Gignoux, senza pronunziarsi in modo definitivo circa i fenomeni che diedero origine alle varie rive emerse, esamina la teoria *epeirogenetica* (quella che invoca cioè oscillazioni della terra emersa presupponendo la stabilità dello specchio marino), e la *eustatica*,

(1) DE STEFANI C., *La livellazione sul litorale Calabrosicula fatta dopo il terremoto del 1908*, in *Boll. della Soc. geol. ital.*, vol. XXIX, Roma 1910.

(2) GIGNOUX M., *Résultats généraux d'une étude des anciens rivages dans la Méditerranée occidentale* in *Annales de l'Université de Grenoble*, tome XXIII, fasc. I, Paris-Grenoble, 1911.

la quale ricorre invece alla ipotesi di mutamenti nel livello del mare. Pur ammettendo la possibilità di movimenti locali nella terra emersa, ravvisa nel concetto eustatico una spiegazione più semplice e più sintetica dei fatti, ed anche « *une bonne hypothèse de travail* ».

È molto importante, dal punto di vista della teoria, verificare se le antiche rive marine si trovano nel bacino circummediterraneo in punti fra loro lontani, a livelli presso a poco corrispondenti.

Le osservazioni del signor De Lamothe mi offrono in proposito documenti preziosi, perchè furono condotte con gran precisione e si riferiscono all'Algeria, ad una regione situata da 7 a 8 gradi di latitudine a mezzogiorno del litorale di cui mi sono specialmente occupato in queste pagine, vale a dire a tale distanza da lasciar credere che essa rimase immune dalle oscillazioni locali subite dalla Liguria. Si avverta poi che, trattandosi di distinguere gli effetti dei movimenti della corteccia terrestre da quelli che provengono da alterazioni del livello marino, si deve tener buon conto della presunzione che i primi abbiano ad assumere caratteri essenzialmente diversi nelle varie regioni, mentre i secondi tendono invece a subire variazioni regolari e graduate secondo le latitudini.

Presso Algeri il piacentiano raggiunge 260 m. sull'altopiano d'El Biar. A Dely Ibrahim ricetta, circa alla stessa altezza, *Amussium cristatum*, la cui presenza accuserebbe, secondo Marion, profondità di 80 a 250 m. Ne risulterebbe perciò un'altitudine di 340 o 350 m.; ma in alcuni punti il livello del mare pliocenico era forse alquanto superiore. In conclusione, De Lamothe ammette che il mare pliocenico fosse più alto di 100 a 200 m. a Algeri e nell'Oranese, che non nel Nizzardo e nella valle del Rodano; ma, come si è veduto, questa differenza non sussiste.

Il medesimo osservatore ebbe a verificare, fra la foce dello Isser e Orano, una serie di linee litorali post-astiane, scaglionate rispettivamente a 200-205 m., 135-145 m., 100 m., 55 m., 30 m., 15-17 m. Egli crede che quasi tutti questi livelli si estendano per circa 600 km. fra Djidjeli e Arzew, ed ammette che dipendano da movimenti della idrosfera, alternativamente positivi e negativi, dei quali dovrebbero rimaner le tracce in tutto il bacino del Mediterraneo, forse anche in gran parte della terra, ove le oscil-

lazioni della litosfera e fenomeni locali non le abbiano obliterate, od occultate per la sovrapposizione dei loro effetti.

Il livello di 55 m. si manifesta in Algeria con parecchi depositi marini, contenenti scarsi fossili mal conservati, e vien attribuito da de Lamothe (1) agli ultimi tempi del pliocene; secondo le sue osservazioni, corrisponde ad alcune spiagge marine della Riviera francese, segnatamente ad un ciottolato visibile presso Trayas fra Frejus e Cannes.

I livelli di 30 e di 15 m. presentano lungo i lidi settentrionali dell'Africa uno sviluppo trasversale assai limitato. Il primo equivale secondo ogni probabilità a quello segnalato nella stessa Algeria e nel Nizzardo a 25 m., e non ricetta fossili caratteristici; esso consegue, secondo de Lamothe, da una fase diversa da quella che determinò il livello di 15 m., il quale è distinto ad Arzew e Mostaganem da assise contenenti ricca fauna marina, in complesso 149 specie di molluschi, tutti viventi ad eccezione dello *Strombus bubonius*, di un grosso *Conus* e della *Tugonia anatina*.

Al medesimo orizzonte appartengono le puddinghe a *Pectunculus* di vari punti dell'Algeria e della Tunisia. In quest'ultimo paese io le osservai a Bir-el-Buita.

Lo *Strombus bubonius*, d'altronde, fu segnalato esso pure in Tunisia a Monastir (10 a 12 m.), ad Herquela (15 m.) e presso lo sbocco della Sebcha di Halk e Mengel (appena al di sopra del livello marino). La stessa specie di fossile fu raccolta da Doumergue, a ponente di Arzew in Algeria, a soli 2 m. sul mare.

Ebbi a segnalare io stesso sabbie e ghiaie cementate, nelle quali abbondano gusci di *Purpura haemastoma*, sulle rive dell'isola Galita (Tunisia) fino a m. 5.60 (2).

Osservazioni recenti di Vinassa de Regny (3) dimostrano che anche lungo i lidi della Tripolitania, per esempio presso il Marabut dei Karamanli, si trovano tracce lasciate dal mare a notevole altezza sopra il suo livello attuale; cordoni litorali e panchine si sollevano fino a 15 m.

(1) DE LAMOTHE, *Note sur les relations* etc., in *Bull. de la Société géol. de France*, 4^e série, tome IV, p. 14, Paris, 1904.

(2) ISSEL A., *Crociera del Violante nel 1877*, in *Annali del Museo civ. di storia nat. di Genova*, vol. XV, 1880.

(3) VINASSA DE REGNY P., *Note geologiche sulla Tripolitania*, lette alla R. Accad. delle Scienze, Bologna, 1902.

Dal complesso delle osservazioni surriferite, e di altre molte che taccio per brevità, argomento come si manifesti una corrispondenza quasi perfetta fra le linee litorali quaternarie della Liguria occidentale e quelle delle rive africane del Mediterraneo, e ciò conferma il supposto che le une e le altre ripetano la loro formazione da un movimento discendente della idrosfera (*pelagismo*), ciò ad onta dell'indizio fornito dalla inclinazione sull'orizzonte della cornice segnalata nell'interno della caverna del Principe (vedi pag. 1205), la quale accenna invece a fenomeno epeirogenico.

Al capo d'Espichel, in Portogallo, fu accertata l'esistenza di tre linee litorali postplioceniche, situate rispettivamente a circa m. 60,15 e 6. La fauna che accompagna la prima è di mare piuttosto freddo, analogo cioè alla Manica odierna, e comprende *Macra solida* e *Donax vittatus*; quella del livello di 15 m. accusa clima temperato, e vi sono caratteristici *Patella coerulea* e *Mytilus galloprovincialis*. La fauna della linea di 6 m. è di mare temperato caldo con elementi meridionali di carattere atlantico, per es. *Patella Safiana* e *Pectunculus bimaculatus* (1). Ad Ervilha, nella medesima regione, i depositi marini si inalzano, avverte Vasconcellos, a circa 50 m. e ricettano forse tracce glaciali. In connessione colle ghiaie marine sollevate presso Castello do Quejo, a m. 10-50 sul mare, lo stesso autore avrebbe osservato alluvioni antiche, contenenti rozzi manufatti paleolitici di quarzite.

Prima del pliocene, la morfologia del nostro litorale, mediocremente frastagliato, era subordinata a condizioni orografiche e stratigrafiche alquanto diverse dalle attuali, che non è mio compito rintracciare. Al principio del pliocene si accrebbero straordinariamente le articolazioni della costa, che era in generale alta e rupestre e presentava svariatissime disposizioni stratigrafiche. Collo svolgersi dei tempi pliocenici, le rive rimasero in gran parte costituite di depositi marini argillosi, sabbiosi, ghiaiosi o ciottolosi, ed assunsero perciò condizioni più uniformi, perchè si erano colmati molti antichi anfratti, risultando intanto più frequenti le varietà

(1) CHOFFAT e DOLLFUS, *Quelques cordons littoraux marins du pleistocène du Portugal*, in *Bull. de la Soc. géol. de France*, 4^e série, tome IV, p. 738, Paris, 1905.

stratificate *orizzontali* e *conformi*, le quali ancora in piccola parte permangono. I rilievi orografici costieri si fecero di poi grado grado più alti; ma ben presto, per opera della denudazione, furono abrase per estesi tratti le formazioni clastiche superficiali, e vennero alla luce, variamente modificate dagli agenti esterni, tipi diversi di sponde stratiformi e massicce, che, in tesi generale, continuarono a sollevarsi sul livello marino.

Ad eccezione di un certo numero di lembi poco estesi, residui di rivestimenti più vasti e potenti, il litorale rimane ora costituito di depositi eocenici, mesozoici, paleozoici e forse anche in piccola parte arcaici, resi più saldi per opera di masse rocciose ignee, intercluse (graniti, labradoriti, serpentine, peridotiti, eufotidi, ecc. nella Riviera di Ponente, rocce ofiolitiche in quella di levante), come pure da un intenso metamorfismo dovuto a cause assai complesse, fra le quali ben manifeste le idrotermiche e le meccaniche, depositi a più riprese energicamente compressi in varie direzioni, e perciò ondulati, corrugati, localmente anche sgualciti ed infranti (1). Dei giacimenti meno antichi furono eliminati in gran parte quelli che risultavano di conglomerati e di arenarie oligocenici meno resistenti. Assai poco si conserva dei calcari grossolani, delle marne delle arenarie miocenici; e si deve attribuire alla età loro recente o recentissima, la permanenza di adunamenti litorali di argille, sabbie, sabbioni e ciottolati pliocenici, come quella di alluvioni quaternarie.

Gli agenti meteorici, i corsi d'acqua, il moto ondoso inducevano così a poco a poco nel nostro litorale i caratteri della *senilità*, per il quale le valli torrenziali e i burroni che sboccano al mare non corrispondono più alle antiche sinclinali e i maggiori rilievi costieri sono costituiti non di rado dal fondo di esse sinclinali. Questi caratteri furono raggiunti non già in una sola volta, ma a più riprese, e dopo parecchi stadi di *ringiovanimento* provocati da bradisismi ascendenti.

Secondo la definizione del Rovereto, il litorale delle due riviere appartiene ora al tipo *ligustico*, il quale si distingue per il fatto,

(1) TERMIER P. e BOUSSAC J., *Comptes rendus des séances de l'Acad. des Sciences*, séance du 22 mai 1911.

che le coste vi appaiono discordanti per recenti pieghe di nuova origine e di diversa direzione dalle anteriori (1).

Pervenuto al termine di queste mie indagini, debbo confessare che lo studio, sia dal punto di vista dell'esame particolareggiato di alcuni tratti di riva, sia da quello, assai più generale, della sommersione postquaternaria del lido rupestre, non ancora accertata, è rimasto incompleto. D'altra parte, tenendo conto di circostanze personali e principalmente dell'indirizzo odierno e dei progressi della morfologia, ho stimato opportuno di non indugiare a far note le osservazioni fin qui raccolte, le quali recheranno, io spero, qualche nuovo elemento, allo scopo di conseguire una migliore cognizione della Liguria e dei problemi relativi alla evoluzione delle coste.

Intanto, mi sono persuaso che lo studio intensivo delle rive marine, tentato con criteri razionali, desunti non solo dalla geologia stratigrafica, ma ancora dalla paleontologia, dalla preistoria e dalla storia, è suscettibile di condurre a risultati veramente importanti per la morfologia locale e per la teoria.

Nel metter fine a queste pagine, mi sta a cuore di esprimere i sensi della più viva gratitudine a tutti coloro che agevolarono il mio compito, col comunicarmi osservazioni, misure, notizie o fotografie, fra i quali piacemi rammentare in particolar modo il prof. Augusto Sporeni, il dott. Fritz Mader, il comandante P. Marzolo, il capitano A. Pelloux, il dott. U. Gagliardo, il dott. G. Castruccio, mio fratello Alberto e mio figlio Raffaele.

(1) ROVERETO G., *Geomorfologia delle coste*, ecc., in *Atti della Soc. Ligure di Sc. nat. geog.*, vol. XIV, Genova, 1903.