

# A. I S S E L

## NOTE GEOLOGICHE

### SUGLI ALTI FONDI MARINI (1)

#### I

#### DEI SEDIMENTI D'ALTO FONDO

Ognun sa che l'esplorazione delle profondità marine, tentata da pochi anni con metodi razionali e col sussidio di navi appositamente allestite all'uopo e di ingegnosi apparati, aprì nuovi orizzonti alla biologia e condusse propriamente, come altri disse, alla scoperta di un nuovo mondo.

Se le raccolte di John Ross e di Henry Goodsir, nei mari artici, di James Clark Ross nell'Oceano Atlantico settentrionale, di G. O. Sars lungo i litorali della Scandinavia avevano accertata l'esistenza di alcuni animali marini viventi negli alti fondi, oltre la profondità di 300 braccia, alla quale Forbes poneva l'estremo limite della vita animale, alle spedizioni del *Bulldog* del *Lightning*, del *Porcupine*, del *Shearwater*, dell'*Albatros*, del *Blake* e soprattutto a quella del *Challenger* e alle assidue ricerche di Wallich, di Carpenter, di Wyville Thompson, Jeffreys e d'altri che seguirono le tracce di questi valentuomini si deve d'aver rivelato alla scienza una fauna dotata di caratteri propri che vive confinata negli abissi del mare.

Le spedizioni cui ho accennato ed altre successive non limitarono le loro indagini alla fauna, ma si occuparono altresì della configurazione del fondo marino e dei materiali depositati alla sua superficie, nonchè di svariate questioni fisico-chimiche attinenti più o meno direttamente alla geologia. Quantunque il numero degli osservatori

(1) Le résumé en français de ce mémoire, présenté à la séance du 18 décembre 1887, se trouve inséré dans le Tome I du Bulletin. 1887. Procès-Verbaux des séances, pp. 240-242.

che portarono la loro attenzione su questo ramo della talassografia sia invero esiguo, i risultati ottenuti superarono ogni aspettativa.

Colla scorta di Murray e Renard, cui si debbono le ricerche più recenti et autorevoli (1), mi studierò di riassumere questi risultati, aggiungendovi qualche osservazione mia propria, massime per quanto concerne il Mediterraneo.

Qual'è innanzi tutto la provenienza dei materiali che costituiscono i sedimenti marini?

Questi materiali son tolti in gran parte alle rocce del lido, disaggregate dalle onde e dalle correnti, o sono asportati alle terre emerse per opera dei corsi d'acqua.

In secondo luogo, provengono dai corpi organici che vivono nelle acque del mare.

Subordinatamente, son corpi d'origine terrestre o cosmica trasportati per alcun tempo dalle correnti atmosferiche, poi caduti in mare.

Infine, possono anche derivare dalla alterazione delle rocce che costituiscono il fondo marino o da corpi solidi chimicamente generati in seno alle acque.

Ognun sa che le onde marine, battendo in breccia le rocce del litorale provocano scoscendimenti lungo le alte ripe, riducono i massi in ciottoli, ghiaie, sabbie, melme, disaggregano, corrodono le pietre più dure e tenaci. Presso le foci dei corsi d'acqua, ai materiali originati in tal guisa si uniscono quelli, elaborati dai fiumi, dai torrenti, dai rivi, somministrati dall' interno dei continenti e delle isole.

I materiali che cadono ad una certa profondità, profondità assai piccola (2) che varia secondo la pendenza della spiaggia, l'ampiezza delle onde e per circostanze locali, e quelli il cui peso specifico è uguale o supera di poco il peso dell'acqua sono gettati generalmente alla costa e nuovamente elaborati dai flutti; gli altri sono trascinati quasi tutti verso gli alti fondi; oppure, per la loro tenuità e leggerezza, rimangono sospesi nell'acqua e son poi trasportati dalle correnti a grande distanza prima di depositarsi. In conclusione, i pezzi più voluminosi e pesanti rimangono confinati nella zona prossima al battente del mare, mentre gli altri se ne allontanano tanto più quanto più sono minuti e leggieri.

(1) *Notice sur la classification, le mode de formation et la distribution géographique des sédiments de mer profonde. Bulletin du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, tome III, 1884, 1.*

(2) Nel Mediterraneo, lungo le spiagge aperte e durante le maggiori burrasche, questa profondità è stimata dal Cornaglia di 8 a 10 metri. Vedasi in proposito la memoria di Cornaglia intitolata: « *Du flot de fond dans les liquides en état d'ondulation* ». *Annales des Ponts et Chaussées. Paris, 1881.*

Altre volte si ammetteva con Montanari e Mercadier, che a poche decine di metri di profondità l'azione meccanica delle onde marine fosse nulla e si attribuiva precipuamente alle correnti litorali il trasporto dei sedimenti che ostruiscono bene spesso porti e canali. Ora prevale l'opinione sostenuta strenuamente dal Cialdi, secondo la quale detto trasporto ripete la sua causa principale dal moto ondoso del mare, il quale eserciterebbe una azione ben sensibile di triturazione e di aggligliamento, nel Mediterraneo, ad oltre 150 metri di profondità (1).

Secondo Murray e Renard, l'azione delle onde, sia in ordine alla erosione, sia riguardo al trasporto, si farebbe sentire a profondità assai maggiore; ma i suoi effetti non sarebbero apprezzabili in tali condizioni che in fondi dotati di speciale configurazione. Al di sotto delle 100 braccia, scrivono gli autori precitati, il movimento delle acque marine si riduce ad una vibrazione tenuissima, incapace di produrre azioni meccaniche. Le correnti hanno certo grande influenza sulla natura dei sedimenti, ma questa, a quanto dimostrano le indagini compiute dal *Challenger*, non si esercita a distanze maggiori di 100 miglia dalla costa. In via indiretta però si rende sensibile ben più lunge, perciocchè le correnti concorrono a trasportare gli organismi le cui spoglie formeranno cospicua parte dei sedimenti e, d'altra parte, convogliando ghiacci galleggianti staccatisi da ghiacciaie litorali, portano seco abbondanti detriti di rocce in regioni assai lontane dai luoghi originari. Perciò si trovano accumulazioni di fanghi calcarei perfino al 36° di latitudine nell'emisfero settentrionale e fino al 40° nel meridionale.

L'azione erosiva delle correnti marine è verosimilmente assai limitata, almeno nelle condizioni normali e cessa a piccola profondità; in proposito, le nozioni esatte son però deficienti.

In tesi generale le particelle di minerali che si depositano sui fondi marini son tanto più minute quanto più questi son lontani dalle coste. Tali particelle, provenienti dalla disintegrazione delle rocce dei litorali e dalle rive dei corsi d'acqua, sono principalmente: quarzo, feldispato (ortoclasio e plagioclasio), orneblenda, augite, pirosseni rombici, olivina, miche (specialmente muscovite e biotite) magnetite, ferro titanato, ermalina, granato, epidoto. La triturazione e la scomposizione di questi minerali dà origine a materie mal definite, in gran parte amorfe, che si comprendono sotto la denominazione generica di *argille* o di *melme*.

(1) Cialdi, *Sul moto ondoso del mare e sulle correnti di esso*. Roma. 1866. — *Dei movimenti del mare sotto l'aspetto idraulico nei porti e nelle rive*. Milano, 1876.

Forbes, il quale fu il primo a richiamare l'attenzione dei naturalisti sulla distribuzione batimetrica degli animali nei fondi marini, ammetteva nella massa oceanica 5 zone o regioni verticali, distinte da peculiari tipi d'animali e di piante. Queste zone sono, come è noto, procedendo dall'alto al basso :

- 1° — La *litoranea*, entro i limiti della marea.
- 2° — La *circumlitoranea* o delle laminarie, tra il livello della bassa marea e 15 braccia marine (1) di fondo.
- 3° — La *media* o delle coralline, compresa fra le 15 e le 50 braccia.
- 4° — L'*infra-media*, che si estende dalle 50 braccia alle 100.
- 5° — E finalmente l'*abissale*, ossia tutto lo strato acqueo inferiore alle 100 braccia in cui è possibile la vita animale e vegetale.

Forbes riteneva che la massima profondità cui possono vivere gli abitanti del mare, pur comprendendo fra questi gli infimi organismi, non fosse che di 300 braccia e tale ultimo limite assegnava pertanto alla sua *zona abissale*.

Dimostrato erroneo questo principio del Forbes dalle recenti scoperte talassografiche, non possiamo più valerci della espressione *zona abissale* nel senso attribuitole dal zoologo inglese. D'altra parte, a me non consta che l'espressione di *alti fondi* adoperata bene spesso collo stesso significato dagli idrografi e dagli studiosi di talassografia sia stata definita con precisione. Ora, proponendomi di trattare appunto dei sedimenti di *alto fondo*, mi occorre dichiarare innanzi tutto che cosa intendo con queste parole.

Per uscire in qualche modo dall'incertezza, mi pare opportuno di delimitare gli *alti fondi*, dicendo che *incominciano al di sotto dello strato acqueo a temperatura variabile* e pertanto vi comprendo i fondi tutti nei quali la temperatura dell'acqua non subisce cambiamenti per l'avvicinarsi delle stagioni.

Il criterio della temperatura giova in questo caso non solo nell'ordine fisico, ma anche nell'ordine biologico, perciocchè le condizioni termiche sono tra quelle che esercitano maggiore influenza sulla distribuzione batimetrica e geografica degli animali e delle piante.

Il livello in cui comincia la regione a temperatura costante varia nelle diverse latitudini e fin qui, per quanto so, le osservazioni in proposito sono scarse e incomplete. Nel Mediterraneo esso livello si trova compreso fra i 200 e i 250 m.; ma fra 100 e 200 m. di profondità

(1) Il braccio marino o *fathom* equivale a m. 1,828.

i mutamenti di temperatura subordinati alle stagioni sono tanto lievi che non esercitano probabilmente influenza sensibile nella distribuzione dei viventi e sulla formazione dei depositi.

Ai sedimenti compresi ad una distanza non maggiore di 300 miglia da terra Murray e Renard assegnano la denominazione di *terrigeni*, agli altri più lontani dal lido per opposizione, il nome di *pelagici*. Questi risultano di materiali d'origine cosmica, oppure terrestri, trasportati a gran distanza dai venti, oppure di corpi organici, e non vi concorrono affatto gli elementi minerali che costituiscono prevalentemente i depositi della prima categoria. Si comprende di leggieri come fra i sedimenti litorali e pelagici, come pure tra le diverse varietà dei primi e dei secondi, di cui ci occuperemo in seguito, debbono esistere ed esistono di fatti infiniti termini intermedi.

I depositi terrigeni d'alto fondo comprendono oltre a quelli che si formano entro una zona determinata, lungo le coste, anche i sedimenti dei mari interni come il Mediterraneo. La profondità loro può raggiungere parecchie migliaia di metri. In tal caso però assumono parte dei caratteri che distinguono i depositi pelagici.

Nell'ordinamento proposto dallo scrivente non figura la divisione dei sedimenti d'alto fondo in terrigeni e pelagici, perchè nel caso di quelli che risultano precipuamente di corpi organici la distinzione non sembra guari possibile. Si danno, infatti, depositi terrigeni e pelagici costituiti quasi esclusivamente di globigerine e di orbuline.

I depositi d'alto fondo si possono scindere innanzi tutto, secondo il mio modo di vedere, in 6 categorie principali. Nella prima prevalgono i detriti di rocce generati dal disgregamento del litorale o apportati dai corsi d'acqua fluviali o torrenziali, detriti rimaneggiati poi dalle onde e dalle correnti; la seconda è quella dei depositi che precipuamente risultano di materiali eruttati dai vulcani; la terza comprende quelli che traggono origine dai detriti elaborati dai ghiacciai e trasportati di poi dai torrenti glaciali o dai ghiacci galleggianti; la quarta si ha nei fondi marini prodotti per precipitazione o concrezione, in virtù di una azione chimica; la quinta si ha nei depositi formati da corpi organici; l'ultima è quella dei sedimenti precipuamente costituiti di pulviscoli atmosferici, in gran parte d'origine cosmica, caduti in mare dopo essere rimasti più o meno lungamente sospesi nell'aria.

I depositi di cui si tratta si possono adunque scindere, secondo la loro origine, in: *litogeni*, *pirogeni* (o vulcanici), *nautogeni* (o glaciali), *picnogeni* (o chimici), *biogeni* (o organici) e *anemogeni* (o meteorici). Fra gli uni e gli altri infinite transizioni.

## SEDIMENTI LITOGENI

La forma normale e più diffusa dei sedimenti litogeni è quella descritta da Murray e Renard sotto il nome di *boue bleuâtre* (melma azzurrastra) che occupa gran parte degli alti fondi, attorno ai continenti ed alle isole continentali. Il suo colore è quello dell' ardesia, cioè un grigio traente all' azzurro, ma superficialmente assume bene spesso una tinta fulva, dovuta ad alterazione. Asciutta, ha color bigio cenere, e, stropicciata mediante un corpo duro, si fa lucida. Coll'acqua, si stempera, ma non forma una pasta plastica come quella delle argille tipiche. Questa melma contiene sempre una certa proporzione di sabbia, la quale risulta di granuli o cristallini di minerali che possono raggiungere fino 5 millim. di diametro; vi prevalgono quarzo, mica, feldispati, augite, orneblenda e poche altre specie presenti nelle rocce della costa più prossima. La glauconia non manca, ma è sempre scarsissima. In via d'eccezione, vi si trovano frammenti di rocce di qualche centimetro di lunghezza.

I minerali di cui sopra possono costituire perfino l'ottanta per cento della massa, ma generalmente la proporzione loro è assai minore. Bene spesso i materiali di cui ho fatto cenno sono sostituiti parzialmente da materia calcarea, amorfa, arenacea, residuo di conchiglie, di foraminifere o di coralli, oppure da frustoli di diatomacee, scheletri di radiolarie e spicule di spugne che vi apportano un eccesso di silice.

Laddove agli elementi normali della melma si uniscono i detriti trasportati dai ghiacci galleggianti, aumenta la copia del quarzo e la tinta del sedimento si fa più grigia.

A titolo di varietà notevole del deposito litogeno, vuol essere ricordato il glaucogeno (*boue o sables verdâtres* degli autori precitati), melma nella quale abbondano i granuli di glauconia, ora isolati, ora cementati insieme da una materia bruna, e che assume per ciò una tinta grigio-verdastra. La glauconia non proviene direttamente, io credo, da rocce preesistenti, ma risulta, secondo ogni verosimiglianza, dall' alterazione di altri minerali, cioè di pirosseni ed anfiboli. I gusci di foraminifere e le conchiglie contenuti in questa melma sono talvolta riempiti di glauconia, che rimane libera sotto forma di modelli interni, quando i gusci stessi sieno disciolti per mezzo di un acido diluito.

Un' altra varietà ben distinta dei sedimenti litogeni è la *siderogena* (*boue rougeâtre* di Murray e Renard), la quale deve il suo nome alla copia di materiali ferruginosi cui da ricetta e al colore che ne risulta. Questa è, a quanto pare, esente di glauconia e vi scarseggiano i corpi

organici, massime silicei. Essa si forma abbondantemente nelle acque in cui affluiscono fiumi che trasportano copiosi residui ferruginosi. Ne offrono esempio istruttivo gli alti fondi del litorale Brasiliano.

### SEDIMENTI PIROGENI.

I depositi pirogeni, denominati da Murray e Renard *sables et boue volcaniques*, sono assai meno sviluppati di quelli pertinenti al tipo già descritto, e in generale hanno caratteri ben spiccati. Formati in vicinanza degli spiragli vulcanici e presso i litorali, essi risultano di pomici, trachiti, andesiti, lipariti, basalti, doleriti, ecc., in minutissimi frammenti o dei minerali che provengono dal disfacimento di queste rocce. I minerali dominanti sono in questi il sanidino, il plagioclasio, l'anfibolo, il pirosseno, l'olivina, la biotite, il ferro magnetico: rarissimo il quarzo; manca la glauconia. D'ordinario, vi sono frequenti i resti di corpi organici, fra i quali diatomacee e radiolarie. Bene spesso i frammenti di conchiglie e di rocce contenuti in questa specie di deposito sono intonacate di una incrostazione manganesifera.

### SEDIMENTI NAUTOGENI

I depositi *glaciali* che denomino anche *nautogeni*, perchè originati da detriti che subirono per opera dei ghiacci galleggianti un trasporto, quasi una sorta di navigazione, si danno nel fondo dei mari polari e lungo la via seguita dai ghiacci convogliati dalle correnti. Sono d'ordinario di color grigio e ricchi di quarzo; vi si trovano in abbondanza ciottoli e frammenti irregolari di roccia.

A tal maniera di sedimento (glaciale) si può ascrivere il *grey clay* o melma grigia, incontrato dalla spedizione norvegese nell'Atlantico settentrionale (1). Questo materiale contiene scarsa proporzione di calcare e piccola quantità di minerali d'origine vulcanica; esso proviene per la massima parte, secondo ogni verosimiglianza, dai detriti trasportati per opera dei ghiacci galleggianti e dei fiumi glaciali. Il fatto che si trovano in prossimità dell'Islanda, della Groenlandia e dello Spitzberg, ove l'azione glaciale è così energica, accenna alla originaria provenienza di tali detriti.

In tesi generale, i depositi glaciali pelagici hanno caratteri poco

(1) *Den Norske Nordhavs-Expedition, 1876-1878. Chemi of Ludvig Schmelek.*

diversi dai depositi litorali omonimi, perciocchè sono costituiti dei medesimi elementi.

Fra 900 e 1100 braccia ed anche nei fondi maggiori dell'Atlantico settentrionale, al largo, cioè ad una distanza da terra quasi sempre non minore di 300 miglia, la melma bigia che costituisce prevalentemente il fondo marino in quella regione è coperta da uno strato bruno, denominato *biloculina clay* dagli scienziati della spedizione norvegese (1).

Questo deposito piuttosto sottile, risulta degli stessi materiali della melma grigia già ricordata, ma è più ricco di carbonato di calcio (per piccoli tratti ne contiene più del 40 per 100). La sola differenza essenziale che propriamente ne lo distingue, consiste nel suo grado maggiore di ossidazione, cui è dovuto il color bruno. Inoltre, la melma di cui si tratta contiene come organismo caratteristico molte foraminifere del genere *Biloculina*, non però in tanta copia da paragonarsi a quella delle globigerine nel deposito omonimo; raramente si osservano, nella melma asciutta, più di due biloculine per centimetro quadrato. Per ciò questo non può considerarsi che come una peculiare forma di transizione fra il sedimento glaciale e il biogeno calcareo di cui dirò in seguito.

#### SEDIMENTI BIOGENI

Allorchè la proporzione delle conchiglie e delle foraminifere raggiunge nei sedimenti d'alto fondo gran parte della massa totale, la composizione e l'aspetto della melma risultano profondamente modificati, talché è giusto che essa debba essere ascritta ad un genere distinto. Questo mutamento si produce non di rado a distanze non grandi dal litorale e a profondità medie.

In ordine alla costituzione litologica o meglio chimica, la quale dal punto di vista dei nostri studi ha la massima importanza, si danno tre tipi principali di sedimenti biogeni; cioè quelli in cui prevale il calcareo o *calcarogeni*, quelli in cui prevale la silice o *silicogeni* e quelli (*litobiogeni*) in cui la materia calcarea o silicea d'origine organica è mista in notevole proporzione, senza essere prevalente, ai materiali di un sedimento litogeno.

Nei fondi minori di 500 metri, le conchiglie di gasteropodi e di lamellibranchi costituiscono talvolta la parte prevalente del fondo e il sedimento può dirsi allora *conchigliifero*. A profondità maggiore, abbondano talora i gusci di pteropodi (principalmente *Hyalaea*,

(1) L. Schmelek, Memoria citata.



*Cleodora, Creseis*), ma, per quanto credo, non raggiungono mai il terzo della massa. Tra i 500 m. e i 5000 m., diventano invece dominanti bene spesso le foraminifere e soprattutto le globigerine, associate ad orbuline e pulvinuline, in copia assai minore; il sedimento può dirsi in tal caso *a foraminifere* o *rizopodifero*.

Si potrebbe anche istituire un quarto tipo per i sedimenti biogeni in cui concorrono in prevalenza gli organismi calcarei e silicei commisti.

I sedimenti biogeni calcarei contengono non meno di 40 per 100 di carbonato di calcio e qualche volta perfino il 95 per 100. Nel tipo più largamente diffuso, esso carbonato è dovuto a gusci di foraminifere.

La melma *a globigerine*, come suol denominarsi, risulta principalmente di globigerine poi di *Orbulina, Pulvinulina, Sphaeroidina* ecc.; il suo colore, quasi sempre assai chiaro, trae ora al giallastro, ora al roseo, ora al bruno, ed è dovuto a tenui proporzioni di ferro e di manganese. L'analisi rivela pure in essa una piccola quantità di solfato e di fosfato di calcio; trattata con un acido diluito, abbandona un residuo insolubile di materia amorfa e di particelle di quei minerali che prevalgono nei sedimenti anemogeni.

La melma a globigerine si trova rappresentata dalla profondità di 500 m. fino a quella di 5300; ma in prossimità di questo livello i gusci delle foraminifere si assottigliano, diventano più fragili e delicati e a profondità maggiore scompaiono affatto, perciocchè, secondo ogni verosimiglianza, rimangono disciolti nelle acque marine. Questa melma può dirsi, dopo l'argilla rossa, il deposito pelagico più esteso; tuttavolta manca sotto le latitudini polari, come pure nelle zone temperate, laddove regna la corrente fredda polare. Nell'emisfero australe, essa non scende oltre il 30° parallelo. Abbonda invece nella regione percorsa dal *Gulfstream*. Le melme degli alti fondi, nel mezzo del bacino occidentale del Mediterraneo, assumono quasi tutti i caratteri dei sedimenti a globigerine pelagici, senonchè non vi si raccolsero, come in questi, denti di pesci.

La melma *a pteropodi* o *pteropodifera* differisce dal sedimento a foraminifere per ciò solo che vi abbondano gusci di quei molluschi, in particolar modo *Carinaria, Diacria, Atalanta, Styliola*, animali che sogliono vivere a galla o a mez z'acqua e poi cadono al fondo dopo morti. Le foraminifere son presenti e fra esse trovansi numerosi esemplari giovani od anche adulti, ma fragili e delicati, che sogliono mancare nella melma a globigerine.

Altra specie di formazione biogena si ha nelle *sabbie e melme corallifere*, che si producono attorno ai litorali marginati di frangenti e di

barriere madreporici o coperti di alghe incrostanti e d'altri organismi calcariferi analoghi. Siffatte sabbie e melme contengono d'ordinario circa il 95 per 100 di calcare, il quale proviene quasi sempre da polipai e conserva in parte la sua struttura organica, mentre nel rimanente è ridotto a materia amorfa. Nella massa si trovano in generale scarsi elementi silicei, per lo più organici (2 a 3 per 100), pochi minerali vulcanici e piccola quantità d'argilla.

Se nelle vicinanze delle isole madreporiche la profondità va rapidamente aumentando fino al segno di raggiungere a breve distanza dalle coste parecchie migliaia di metri, cresce allora grado grado, nei sedimenti la proporzione degli organismi pelagici e diminuisce la copia del calcare corallino, risultandone varietà intermedie tra i tipi biogeni e gli anemogeni di cui dirò fra poco.

Qui sarebbe forse ad indicarsi un'altra maniera di depositi calcarogeni che si trovano in aree assai ristrette e che risultano essenzialmente di alghe calcarifere (*Lithophyllum*, *Lithothamnium* ecc.) cui si uniscono generalmente copiosi briozoi. Tali formazioni, che registro provvisoriamente coll'appellativo di *alghifere*, non furono fin qui incontrate che nelle medie profondità, cioè fra 30 e 70 metri, ma è probabile che scendano anche più in basso; inoltre, crescendo la potenza loro in virtù del lento avvallamento del fondo, come avviene di certe formazioni madreporiche, secondo la ben nota teoria Darwiniana, ne consegue che, se non allo stato fresco, almeno come depositi antichi, più o meno coperti, in tal caso, da detriti posteriori, si debbono ritrovare negli alti fondi. La formazione di tali depositi calcariferi, di cui si hanno istruttivi esempi nel Golfo di Napoli, costituisce il soggetto di un recente studio condotto con molta sagacia e diligenza dal dottor Walther (1).

Non sarebbe anche da ammettersi l'esistenza di una formazione calcarogena costituita quasi esclusivamente di briozoi? Trovai in certi fondi prossimi alla Galita, fra la Tunisia e la Sardegna, un accenno di deposito in tali condizioni, ma la sua profondità (circa un centinaio di metri) e l'insufficienza delle osservazioni fatte in proposito m'inducono a non tenerne conto.

I sedimenti biogeni nei quali prevale la silice si distinguono in quelli costituiti principalmente di radiolari (*radiolariferi*) e in quelli che risultano più che altro di diatomee (*diatomiferi*). Finalmente, debbono incontrarsi, e s'incontrano in effetto nei fondi che si trovano presso il confine dei primi coi secondi, sedimenti misti formati cioè di spoglie silicee e calcari che designo per ciò sotto il nome di *polibiogeni*.

(1) *Zeitschrift d. deut. geol. Gesellschaft*, Jahrg. 1885.

Nella melma estratta dalle parti più profonde e più lontane da terra del Pacifico prevalgono abitualmente le spoglie dei radiolari. Essa è di color rosso-bruno scuro, dovuto ad ossido di ferro e di manganese e contiene particelle minerali, principalmente di pomice, di lapilli e di minerali vulcanici che raggiungono raramente mill. 0.07 di diametro. Talvolta, questo deposito da ricetto ad una piccola proporzione di carbonato di calcio, dovuto a foraminifere pelagiche, talora ne è affatto privo.

La melma a diatomee è formata in gran parte di frustoli silicei di questi organismi, i quali, non di rado, costituiscono il 50 per 100 della massa o più. Essa ha l'aspetto di un fango di color giallo paglia, piuttosto carico, ma allo stato asciutto si presenta come una sorta di farina biancastra, dolce al tatto, con particelle più grosse che sono d'ordinario foraminifere, detriti apportati da ghiacci galleggianti e minerali vulcanici. In media contiene il 24 per 100 di carbonato di calcio, rimasugli di organismi calcari (foraminifere, echinodermi ecc.).

#### SEDIMENTI PICNOGENI

Al novero dei sedimenti d'alto fondo, appartengono ancora quelli denominati da me *picnogeni*, la cui origine è dovuta, almeno in gran parte, ad un'azione chimica.

Intorno ad essi si sa pochissimo, perchè, essendo solidi, si riesce assai difficilmente ad estrarne campioni mercè gli stromenti che servono a raccogliere gli altri saggi di fondo. Intorno alla distribuzione loro non possiamo che citare pochi punti in cui furono segnalati e circa la loro origine si possono avanzare alcune ipotesi e nulla più. Forse essi derivano da una reazione reciproca avvenuta tra i materiali della sedimentazione, dotati localmente di speciali caratteri; in altre parole, taluni degli elementi del deposito avrebbero reagito fra loro, come fanno i componenti del cemento idraulico; si tratterebbe, in certo modo di un cemento a lentissima presa. Forse la cementazione loro in roccia salda, è dovuta alla scomposizione di corpi organici cui davano ricetto, analogamente a quanto si verifica in certe argille e marne recenti, le quali acquistano durezza lapidea intorno ai fossili che vi sono contenuti. Lo stato concreto del deposito potrebbe essere invece conseguenza di cause estrinseche, per esempio di un precipitato chimico formatosi nelle acque marine per effetto di condizioni speciali di temperatura e di salinità: ed è anche possibile che la materia cementante provenga o sia stata generata in alcuni casi speciali da acque

minerali ; in tal caso la roccia di cui si tratta sarebbe in certo modo da assimilarsi ai travertini o meglio alle panchine.

L'interpretazione che mi sembra più verosimile si è che, analogamente a quanto si verifica per le litotamnie, producendosi localmente in quei depositi un notevole sviluppo di gas acido carbonico, questo determini la metamorfosi del calcare amorfo in calcare cristallino.

Il deposito concreto degli alti fondi non somiglia affatto a quelli delle acque sottili (1). Esso è internamente compatto, all'esterno cavernoso ; il suo colore è grigio fulvo all'interno e nerastro esternamente ; il peso specifico è presso a poco uguale a 2 ; la durezza è compresa fra 3, 5 e 4, 5 ; dalla struttura microscopica e dai caratteri ottici apparisce amorfo. Si liquefa al cannello e si scioglie negli acidi con effervescenza. Al saggio chimico apparisce ricco di ferro e di manganese. Conosco saggi di questo deposito raccolti dal capitano Magnaghi a nord-ovest delle Isole Egadi, per m. 1583 di fondo, e a levante di Napoli, fra m. 514 e 940.

#### SEDIMENTI ANEMOGENI.

I depositi pelagici si formano, come dissi, ad una distanza da terra non minore di 300 miglia nei mari aperti e nei mari interni come il Mediterraneo non sono rappresentati. Non concorrono a formarli materiali tratti dalle coste e trasportati per via acqua, ma solo residui di corpi organici e tenuissime particelle minerali che, a causa delle correnti atmosferiche, caddero in mare a gran distanza dal punto di partenza, e verosimilmente qualche prodotto d'alterazione delle rocce del fondo. Le particelle minerali di cui sopra sono principalmente detriti incoerenti di eruzioni vulcaniche e, subordinatamente, materiali provenienti dal logoramento e dal disgregamento delle rocce superficiali per effetto di cause meteoriche e infine pulviscoli d'origine cosmica. Tali depositi sono i più estesi tra quelli degli alti fondi pelagici e s'incontrano con caratteri tipici nel centro dell'Oceano Pacifico. Colà sono melme impalpabili, colorate in bruno-rossastro da ossidi di ferro e di

(1) In certi bassi fondi, si formano rocce concrete, per lo più arenacee o ghiaiose, intorno al ferro caduto sul fondo (tali sono le concrezioni osservate sugli avanzi d'una galea antichissima estratti dal porto di Genova), nei quali è evidente l'azione cementante del metallo. Altrove, un fenomeno analogo si verifica, coll'intervento del ferro, nella formazione del cosiddetto *scaranzo* o *caranto* dell'Adriatico studiato da Nardo, e senza, nelle concrezioni osservate da Des Cloizeaux all'isola d'Elba e da Cloez in altri punti del Mediterraneo (Si veda in proposito : *Bull. de la Soc. Géol. de France*, 3<sup>e</sup> série, vol. VI).

manganese; ad occhio nudo, non vi si discerne alcun peculiare elemento mineralogico, ma, coll'aiuto del microscopio, vi si scorgono tenuissimi granuli minerali. Si tratta di una materia plastica, grassa, ma non uguale alle vere argille, perchè agevolmente fusibile. Sottoposta all'analisi chimica, si trova in copia fra i suoi elementi un eccesso di silice libera, la cui presenza è dovuta probabilmente a corpi organici.

Il residuo che si ottiene trattando essa melma con un acido è di color bruno e presenta, oltre a materia amorfa, plagioclasio, ortoclasio, augite, orneblenda, peridoto, magnetite e bene spesso frammenti vitrei, pomice ed altri detriti vulcanici: il quarzo vi è raro e verosimilmente fu trasportato dal vento da terre lontane. Per eccezione, si associano a questi minerali: mica nera, bronzite, actinolite, cromite, glauconia e polveri meteoriche. I frammenti minerali sono d'ordinario angolosi e di rado hanno più di mill. 0,08 nella dimensione maggiore. Gli organismi silicei, presenti sempre, sono ora diatomacee ora radiolari, con prevalenza delle une o degli altri secondo i casi. Crescendo la copia loro, il sedimento anemogeno passa, per transizione insensibile, al sedimento biogeno, d'onde la varietà *bioanemogena*. Denomino deposito *litoanemogeno* la varietà nella quale concorrono insieme i materiali del litogeno con quelli dell'anemogeno normale. Finalmente *polianemogeno* è per me quel sedimento di transizione, in cui si trovano riuniti ai pulviscoli trasportati dall'atmosfera minerali provenienti dal lido e spoglie di corpi organici.

Merita di essere notata come caratteristica la frequenza in queste argille di concrezioni costituite d'ossido di ferro e manganese; vi si trovano poi, non rari, resti di vertebrati, come denti di squalo, casse timpaniche ed altri pezzi ossei di cetacei, resti rivestiti d'ordinario di un intonaco ferro-manganesifero. È pur da registrare il fatto che alcuni denti di pesce raccolti dai naturalisti del *Challenger* in questo deposito appartengono a specie ignote che si suppongono estinte (1). Finalmente, esaminando l'argilla al microscopio vi si trovano in copia cristalli semplici e gruppetti cristallini disseminati, che furono da Renard e Murray attribuiti ad una zeolite e precisamente alla christianite; questi provengono indubbiamente da una reazione chimica avvenuta nei fondi marini tra i materiali di quel sedimento.

Nella melma di cui tengo discorso i minerali vulcanici formano presso a poco la metà della massa; il rimanente consiste principalmente di una materia amorfa mal definita, che sembra argilla impura,

(1) La fauna ittologica degli alti fondi è troppo imperfettamente conosciuta perchè, a parer mio, si possa asserire che tali specie ignote sieno propriamente estinte.

e di granuli attirabili dalla calamita, generalmente sferici, neri e dotati di debole lucentezza metallica. Tali granuli, per la forma loro speciale e perchè contengono nichel e cobalto, son tenuti in conto di meteorici; si considerano in certo modo come ferri meteorici sotto forma di pulviscolo. Qui convien ricordare che si è trovato ferro nativo non meteorico associato al nichel e che si sono osservate in copia sferette di ferro magnetico nella fuligine proveniente dalla combustione del carbon fossile, nelle ceneri dei camini, tra i residui delle fucine ecc. (1). Ma queste sferule di origine terrestre si distinguono tuttavolta da quelle descritte da Murray e Renard, perchè d'ordinario son più piccole e non nucleate.

Altre sferulette simiglianti trovate nei medesimi sedimenti sono ferruginose, ma silicate, e gli autori precitati le ritengono del pari di origine cosmica. Esse risulterebbero di tenui particelle di areoliti proiettate nell'aria allo stato di fusione, durante la caduta di quei corpi celesti. La materia argillosa deve il suo colore bruno ad un pigmento limonitico, talvolta uniformemente sparsò nella massa, talvolta, invece, limitato a qualche punto ed anche parzialmente a particelle di manganese che costituiscono corpicciattoli bruni tondi, del diametro non maggiore di mill. 0,01.

Allo scopo di riassumere nel modo più succinto ed efficace i rapporti osservati fra le diverse sorta di depositi di alto fondo, credo utile di presentare sotto forma di tavola sinottica la classificazione proposta per questi depositi.

## SEDIMENTI D'ALTO FONDO.

(Depositati nella zona acqua a temperatura costante.)

1. Litogeni	} normali glaucojeni siderogeni	(boue bleuâtre di M. e R.)
(sédiments terri- gènes di Murray e Renard.)		(boue et sables verdâtres di M. et R.)
		(boue et sables rougeâtres di M. et R.)
2. Pirogeni	} normali litopirogeni biopirogeni	
(Boue et sables vol- caniques di M. e R.)		
3. Nautogeni	} normali bionautogeni	
o glaciali		(biloculina clay.)

(1) P. Bonizzi, Osservazioni microscopiche sulle polveri dell'aria. Roma, 1885.

4. Biogeni	} calcarogeni	conchigliiferi
		rizopodiferi ( <i>globigerine ooze.</i> )
		pteropodiferi
		coralliferi ( <i>boue et sables coralliens di M. e R.</i> )
		alghiferi
	} silicogeni	radiolariferi
		diatomiferi.
	} polibiogeni	
		litobiogeni
5. Pionogeni	} normali	
		biopicnogeni
6. Anemogeni o pelagici.	} normali	
		litoanemogeni
		bioanemogeni
		polianemogeni

## II

## GLI ALTI FONDI DEL MEDITERRANEO

Gli alti fondi del Mediterraneo, nei quali Forbes, nel 1860, e Spratt, nel 1846, avevano fatto ricerche, soprattutto dal punto di vista degli animali marini, furono recentemente esplorati dalle spedizioni scientifiche del *Porcupine* (1870) e del *Shearwater* (1871), poi dalla Commissione adriatica residente a Trieste (1870-1872), indi (fra il 1874 e il 1880) dallo stato maggiore della nave da guerra austriaca *Hertha* e in fine da quelle del *Travailleur*, avviso francese, (1881) e del *Washington* (1881-1887) piroscampo della marina militare italiana comandato dal capitano di vascello G. B. Magnaghi. Ne si deve dimenticare la nave americana *Gettysburg*, la quale sotto gli ordini del commodoro Gorringe, esplorava nell'estate del 1878 il tratto di mare che separa Malta dal litorale africano di Sidra (1).

Sarebbe ingiusto tacere, tra i nomi di coloro che si sono resi bene-

(1) Vedasi intorno a queste spedizioni ed ai lavori idrografici in genere compiuti nel Mediterraneo la memoria del Marinelli che ha per titolo: « *Recenti studi idrografici e talassografici nel Mediterraneo* ». Padova, tip. Randi, 1885.

meriti quali raccoglitori ed illustratori degli animali e delle piante di mare profondo viventi nel Mediterraneo : Alphonse Milne Edwards di Parigi, A. F. Marion di Marsiglia, il professor G. Seguenza di Messina, il marchese Allery di Monterosato di Palermo, Gwyn Jeffreys di Londra, che fecero conoscere numerosi tipi della fauna abissale mediterranea, il conte Francesco Castracane di Fano conoscitore profondo delle diatomee, il conte Angelo Manzoni di Lugo, cui si deve il primo progetto di una spedizione talassografica italiana e infine il professor Dohrn direttore dell'acquario di Napoli e i valenti naturalisti che cooperarono con lui alla illustrazione zoologica e botanica del golfo di Napoli.

Nella escursione compiuta dal *Porcupine* nel Mediterraneo si raccolsero interessanti osservazioni termometriche e si fecero alcune dragate, massime nel tratto fra Gibilterra e Tunisi, ma con poco profitto, da che il Carpenter, il quale dirigeva la spedizione, argomentò che a profondità maggiori di poche centinaia di braccia il Mediterraneo fosse quasi privo di animali viventi.

Le ricerche eseguite l'anno seguente dallo stesso Carpenter, a bordo al *Shearwater*, ebbero principalmente per oggetto la determinazione del peso specifico delle acque, l'analisi quantitativa dei materiali disciolti in esse alle varie profondità. Furono fatti inoltre numerosi scandagli e dragate soprattutto nel bacino orientale di questo mare, la cui profondità massima fu trovata di m. 4023 (1). Anche questa volta Carpenter concluse che le acque abissali del Mediterraneo sono improprie al mantenimento della vita animale ed attribui tal condizione di cose a che le acque sottratte alla circolazione oceanica rimangono stagnanti e quindi sono deficienti d'ossigeno. In ordine al bacino orientale, emise pure la supposizione che i sedimenti del Nilo, intorbidando le acque a gran distanza da terra, contribuissero alla scarsezza d'animali marini.

Dal 4 al 16 Luglio 1881, il piroscalo della marina francese *Travailleur*, adibito da parecchi anni alle ricerche talassografiche col concorso dei signori de Folin, Vaillant, Perrier, Fischer, Marion e sotto l'alta direzione dell' illustre Alfonso Milne Edwards, fece una escursione nel Mediterraneo collo scopo precipuo di esplorarne gli alti fondi (2). Da principio, il piroscalo seguì il litorale da Marsiglia a Villafranca, poi proseguì per Bonifacio e fece ritorno direttamente a Marsiglia. Furono

(1) *Proc. Royal Society*, n° 138. London, 1872.

(2) Le marquis de Folin, *Sous les mers, Campagnes d'explorations du « Travailleur » et du « Talisman »*. Paris, Baillière et fils, 1887.



eseguiti 104 scandagli e 45 dragate, ma, prescindendo da quelle compiute presso la costa provenzale tra 300 e 600 m. di fondo, che diedero animali della zona litorale, il risultato fu poco proficuo. I zoologi della spedizione notarono una grande analogia tra la fauna profonda del Mediterraneo e quella del golfo di Guascogna, della quale avevano raccolti numerosi rappresentanti nelle loro precedenti ricerche (1). Senonchè il complesso dei fatti omai noti e di quelli in ispecie verificati dal Giglioli, dimostra che non si tratta di una connessione tra le faune dei due mari che lambiscono la regione pirenaica, ma ben piuttosto di una stretta affinità e probabilmente di una vera identità fra le faune abissali Mediterranea ed Africana.

Dal 24 al 28 dello stesso mese il *Travailleur* percorse la via tra Marsiglia e Tangeri, toccando Orano, e facendo lungo il viaggio numerosi scandagli e dragate.

Il risultato di queste indagini fu che si trovarono, gli alti fondi del Mediterraneo poco o punto popolati di organismi, talchè de Folin potè scrivere un capitolo del libro precitato col titolo « *Les grands fonds de la Méditerranée ne sont pas habités* ». Egli si esprime in proposito nei seguenti termini :

« Si les recherches sur les grands fonds méditerranéens ne furent pas heureuses au point de vue des résultats matériels, elles servirent cependant à la constatation de faits importants qu'il serait utile d'établir aussi rigoureusement que possible. »

« Des nombreuses opérations exécutées à bord du *Travailleur*, il résulte en effet que partout où elles ont été faites au-dessous de 1000 mètres, presque aucun animal vivant n'a été rencontré : la vie paraît donc impossible dans les profondeurs qui dépassent ce chiffre. »

Il Sig. de Folin si studia poi di ricercare la causa di tale sterilità ed esprime l'avviso che questa potrebbe dipendere dal suolo vulcanico che egli dice, non so per quali osservazioni, assai poco spesso, poroso e forse attraversato da numerose fessure.

La supposta povertà della fauna profonda mediterranea, come vedremo, non sussiste o per lo meno è limitata ad aree o zone poco estese. E se pure si ammettesse per vera, la spiegazione che ne fu data riposa sopra una asserzione gratuita ed è sotto tutti gli aspetti insufficiente.

Quanto a me, ritengo che la natura vulcanica del fondo, se pure esercita una influenza sulla fauna e sulla flora, ha per effetto di renderle più rigogliose. Riguardo alla prossimità di spiragli eruttivi, può dar

(1) De Folin, *Opera citata*, p. 152.

luogo, come ognuno sa, a fenomeni che rendono le acque deserte di viventi, ma ciò temporariamente, a lunghi intervalli e entro spazi limitatissimi. A favore della tesi che contrappongo a quella del marchese de Folin, mi basti ricordare che i centri più attivi di vita animale e vegetale, nel golfo di Napoli, si trovano per l'appunto sui banchi di litotamnie, di quelle alghe calcarifere che vivono sopra un fondo di lava a pochi chilometri di distanza dal Vesuvio e dall' Epomeo, e forse entro un cratere sommerso.

Il *Washington*, a bordo al quale fu imbarcato in qualità di naturalista il prof. E. Giglioli (1), incominciò le sue indagini talassografiche nell'estate del 1881 attorno all'isola di Sardegna, nel mar Tirreno e nelle acque di Sciacca e Pantelleria. Furono fatte frequenti stazioni e numerosi scandagli e dragate. La maggior profondità raggiunta, non superata di poi nel bacino occidentale, fu di m. 3630, tra la Sardegna e il litorale napoletano. Ad ovest dell'isola d'Ustica, sul parallelo che passa per la stessa isola, non si trovò il fondo che a m. 3624.

Al di sotto di una zona a temperatura variabile che giunge appena a 300 m., si incontrò in tutti i punti esplorati una temperie costante di 13° a 14°, fatto capitale già segnalato da Carpenter dopo la spedizione del *Porcupine*.

Il risultato più notevole di quella campagna fu, secondo il prof. Giglioli, il ritrovamento negli alti fondi del Mediterraneo della fauna abissale Atlantica coi suoi tipi più spiccati e principalmente *Palaeomon*, *Willemoesia*, *Brisinga*, *Caryophyllia*, *Hyalonema*, ecc. (2).

Più tardi la stessa nave, che aveva preso a bordo il prof. G. Canestrini, perlustrò i banchi di corallo situati fra Sciacca e Pantelleria, nei paraggi che furono teatro della effimera comparsa di una isola vulcanica, cioè della famosa isola Giulia o Ferdinandea. Il Canestrini fece interessanti osservazioni sulle condizioni biologiche dei fondi coralligeni e verificò essere omai tutti morti i coralli di quei banchi, forse in

(1) Per alcuni giorni prese parte alle ricerche talassografiche a bordo al *Washington* con speciale missione il prof. S. Richiardi.

(2) Magnaghi, G. B., *Prima campagna talassografica del R. piroscafo « WASHINGTON », luglio-settembre 1881. Notizie e Rendiconti del III Congresso intern. geog. di Venezia*. Roma, 1882.

Chierchia, G., *Esplorazioni abissali e talassografiche eseguite dal R. piroscafo « WASHINGTON » durante la campagna del 1881. Rivista Marittima*, 1882, fasc. III.

Giglioli, E. H., *La scoperta di una fauna abissale nel Mediterraneo. Comunicazioni e Memorie del III Congresso internaz. geog. di Venezia*. Roma, 1882.

seguito ai fenomeni eruttivi del 1831. Avendo pur notato che i banchi stessi si trovano ad una profondità non minore di 150 m. e quindi superiore a quella in cui alligna abitualmente il corallo rosso, manifestò il dubbio che ivi fosse avvenuto un avvallamento del fondo (1).

Nel 1883, il piroscafo praticò indagini idrografiche e raccolse saggi di fondo nel tratto di mare situato ad est e sud-est del Capo Passero nonchè nei pressi di Sciacca, Marsala e Pantelleria (2); poi visitò lo stretto di Gibilterra.

La campagna seguente fu consacrata alla idrografia del Bosforo e dei Dardanelli (3).

Nel 1885, il *Washington* rilevò una nuova carta del Golfo di Genova assai più esatta e particolareggiata delle precedenti.

L'anno successivo fu riveduta l'idrografia dell'Adriatico tra il confine austriaco e il lido di Ravenna.

Finalmente, durante l'estate scorsa, la nave italiana esplorò le acque della Sicilia e gli alti fondi compresi fra la costa orientale di essa e l'isola di Candia. Appunto in questo tratto il capitano Magnaghi incontrò una profondità di 4067 m.; la maggiore fin qui di tutte quelle segnalate nel Mediterraneo.

Per tali investigazioni si mise in opera un nuovo modello efficacissimo di scandaglio inventato dal capitano Magnaghi, il gangano americano, varie sorta di draghe opportunamente modificate, un nuovo idroforo che adempie assai bene al suo ufficio, un correntometro alquanto diverso da quelli fin qui messi in opera, termometri di Negretti, ecc., ecc. Tutti questi apparecchi, mercè impianti ben intesi, erano manovrati a bordo al *Washington* con straordinaria facilità e rapidità.

#### ESAME DEI SAGGI DI FONDO

Tutti i saggi di fondo del Mediterraneo che io ebbi occasione di osservare, i saggi raccolti cioè nel bacino occidentale di questo mare per opera della benemerita commissione idrografica diretta dal capi-

(1) G. e R. Canestrini, *Il Corallo. Annali dell' Industria e del Commercio*, Roma, 1883. — G. Canestrini, *Relazione al Min. di Agric. Ind. e Comm. sulle ricerche fatte nel mare di Sciacca intorno ai banchi corallini. Annali dell' Industria e del Commercio*, Roma, 1882.

(2) Per questa campagna e le precedenti vedi: Giglioli E. H. e Issel A. *Pelagos, Saggi sulla vita e sui prodotti del mare*. Genova, tip. Sordo-muti, 1884.

(3) Colombo, *La campagna abissale talassografica della R. nave idrografica « WASHINGTON » nel 1884. Cosmos di G. Cora*, 1884, fasc. IV-VII.

tano di vascello G. B. Magnaghi negli anni 1882, 1883, 1884, spettano al tipo delle formazioni litorali e dei depositi litogeni normali; mancano affatto le varietà siderogene e glaucogene notate altrove. Alcuni saggi provenienti da profondità assai limitate sono di depositi biogeni (parte conchigliiferi parte rizopodiferi); pochi sono pirogeni e questi provengono dal mare interposto fra Sciacca e Pantelleria. Dalle vicinanze delle isole Maritimo, dai fondi a levante e sud-est del Capo Passaro, fino a distanze di oltre 50 chilometri da terra e alla profondità di 3400 m., si hanno piuttosto frequentemente commistioni fra i tipi dei pirogeni e dei rizopodiferi. Finalmente, mi son noti due soli esempi di deposito picnogeno, cioè di roccia solida formata per via chimica, uno dei quali proviene da un punto situato a nord-ovest delle Egadi, a 1583 m. di profondità, e l'altro fu raccolto a levante di Napoli, fra m. 514 e 940 di fondo.

Ed ora stimo opportuno di descrivere il sedimento litogeno normale che costituisce il materiale prevalente nel fondo del nostro mare.

I saggi di questo sedimento sono generalmente di color bigio traente al giallastro più o meno chiaro; alcuni però tendono piuttosto al fulvo ad accennano alla varietà ocracea. Essi presentano quasi sempre all'esterno, allorchè son conservati allo stato umido entro tubi di vetro, macchie nerastre dovute alla alterazione di una materia organica di cui sono impregnati, macchie le quali svaniscono col riscaldamento; sono destituiti di lucentezza, ma allo stato asciutto, stropicciati coll'unghia, acquistano quel lieve grado di lucentezza che è proprio di alcune argilloliti. Umidi, appaiono molli, un po' vischiosi e parte omogenei al tatto, parte granosi; di rado le particelle sensibili al tatto, in questi ultimi, si vedono ad occhio nudo. Dissecati, hanno struttura terrosa, il loro peso specifico è d'ordinario poco maggiore o poco minore di 1,65; la loro durezza, prescindendo dalle particelle di minerali che accludono, è presso a poco 2. Essi allappano alla lingua ed, immersi nell'acqua, non fanno propriamente pasta, ma si ammolliccono e lentamente si stemperano; il loro sapore è un po' salato.

Negli acidi energici, i detti saggi si sciolgono parzialmente con effervescenza; dalla soluzione si separa una materia viscida contenente principi organici, che si manifestano per tali colla esposizione al fuoco; cimentati al cannello, decrepitano, induriscono, assumendo un colore più chiaro, generalmente rossastro, e sviluppando odore di materia organica bruciata, poi, a più alta temperatura, si liquefanno parzialmente in smalto bigio o bruno. Coi reattivi, si verifica che conten-

gono silice, calce, allumina, magnesia, ossido ferroso, acido fosforico e spesso anche ossido di manganese.

Col riscaldamento a 120°, i campioni di tali sedimenti perdono in genere una piccola parte del loro peso che rappresenta acqua meccanicamente ritenuta; colla calcinazione, perdono una parte del loro peso assai maggiore, variabile dall'uno all'altro, che rappresenta i principi volatili e in ispecie l'acido carbonico.

Ad esempio della composizione loro può addursi l'analisi seguente di un saggio di fondo tratto dal Golfo di Genova, alla profondità di m. 750 e alla distanza di circa 3 miglia da terra, analisi eseguita dal Prof. G. Foldi di Savona.

### Analisi quantitativo di un saggio di fondo essiccato a 100°

secondo il prof. G. Foldi.

Sabbia finissima	}	37,77	Silice	75,78
			Allumina	18,66
			Ossido di ferro	3,19
			Calce	2,35
				99,98
Acido silicico		20,63		
Allumina		13,53		
Ossido di ferro		7,26		
Calce		3,63		
Magnesia		0,15		
Solfato di calce		0,50		
Carbonato di calce		4,86		
Cloruro di sodio		2,90		
Acqua di combinazione		8,85		
Acido fosforico		traccie		
		100,98		

Certi saggi somministrano colla lavatura copioso residuo di frammenti di minerali e di corpi organici, cioè: foraminifere, conchiglie, briozoi, coralli, spicule di spugne, frammenti di echinodermi, ecc.; altri invece non danno che poco residuo. I saggi raccolti a profondità comprese fra 2000 m. e 3600 m. non fornirono colla lavatura che granuli di minerali e corpi organici tenuissimi e scarsissimi. È notevole il fatto che le melme del Golfo di Genova a soli 710 m. di profondità non contengono più che un piccolissimo numero di foraminifere e di conchiglie, mentre in altri punti presso le coste della Sardegna e della Sicilia, sono ricchissime di svariati corpi organici a profondità ben maggiori.

I materiali solidi inorganici contenuti in quei saggi sono principalmente quarzo, feldispato (plagioclasio ed ortoclasio), mica, anfiboli, pirosseni, olivina, epidoto (?), magnetite, ecc.

Non di rado vi s'incontrano pezzetti di roccia che raggiungono talvolta parecchi grammi di peso. Fra questi, si danno frammenti rotondeggianti di pomice caduti al fondo, verosimilmente, dopo aver lungamente galleggiato; ciottoletti di specie litologiche diverse di provenienza ignota (ciò per esempio nel golfo di Cagliari, fra m. 508 e 656), noduli di selce piromaca contenenti spicule di spugne ed altri corpi silicei di origine organica, noduli indubbiamente costituiti da una lenta concentrazione di tenui particelle silicee, operatasi entro al deposito melmoso del fondo. Tali noduli non si trovano che nelle acque più profonde, forse perchè soltanto a quel livello sono accumulati in copia i residui che forniscono la materia prima onde sono costituiti.

Oltre a questi corpi solidi, inorganici, non mancano nelle melme che coprono il fondo del Mediterraneo pezzetti di combustibili più o meno alterati, probabilmente residui di focolari, gettati in mare da navi a vapore. Mi sembra meritevole di speciale menzione il fatto che sulle pomici, sui noduli silicei, sui frammenti di carbone e perfino sui pezzi di rocce pignogene estratti dagli alti fondi si osservò un lieve intonaco nerastro d'ossido di manganese.

Circostanza notevole si è parimente che alle grandi profondità, massime ove abbondano residui vulcanici, le globigerine e le orbuline sono spesso tinte in nero da ossido di manganese, talchè possono simulare, per l'opacità e per l'aspetto loro, le sferette d'origine meteorica segnalate negli alti fondi. Questa circostanza si è verificata a 3486 m. fra la Sardegna e il continente.

Altra particolarità degna di nota si è quella che in alcuni punti (per esempio a nord-ovest di Maritimo, per 400 m., e a sud-est della Sardegna, per 772 m.) le foraminifere abbondanti nel fondo sono in gran parte petrefatte ed insolubili negli acidi.

I corpi organici, salvo pochissime eccezioni, sono visibili in tutti i saggi ed appartengono principalmente alle classi dei rizopodi, dei molluschi, dei briozoi, dei celenterati e degli echinodermi. A piccola profondità (100 a 200 m.) le conchiglie sembrano talora prevalenti rispetto alle spoglie d'animali d'altre classi, ciò tanto pel volume complessivo degli esemplari quanto pel numero delle specie.

In questo caso si tratta per la massima parte di gusci di lamellibranchi e mancano i brachiopodi e i pteropodi. Le specie sono in gran parte quelle stesse dei bassi fondi. A profondità maggiore, per esempio

tra i 400 e i 500 m., cresce assai in generale la proporzione delle foraminifere rispetto a quella delle conchiglie; fra queste, i lamellibranchi non soverchiano più i gasteropodi, e gli uni e gli altri presentano specie peculiari mancanti affatto nelle acque sottili. Tra i materiali di profondità maggiori, diminuiscono gradatamente i lamellibranchi e i gasteropodi (1), questi però assai meno di quelli, e si fanno invece più copiose le spoglie di pteropodi; in alcun caso però, a mia cognizione, non diventano un elemento preponderante del deposito.

La massima parte delle specie di molluschi incontrate negli alti fondi del Mediterraneo furono già segnalate nell'Atlantico, e specialmente nei mari della Scandinavia (2). A quanto pare esse vivono nelle alte latitudini a profondità minori. Talune si conoscevano già nei depositi plioceni o postplioceni della Sicilia.

Considerati i saggi di fondo del Mediterraneo nel loro complesso, le foraminifere vi appaiono di gran lunga più abbondanti di tutti gli altri residui organici; e fra esse il primo posto spetta alle globigerine e alle orboline che cominciano ad apparire nelle melme raccolte nelle acque meno profonde e non mancano inferiormente fino alla massima profondità raggiunta che è di m. 3630. Rari i corallari e i briozoi in tutti i saggi, tranne in quelli meno profondi; scarsi ad ogni livello i residui d'echinodermi. Quanto alle spicule di spugne, non furono avvertite nei saggi meno profondi (fino a m. 360) e più in basso si trovarono rappresentati più o meno in quasi tutti.

Nelle melme del Mediterraneo, che ebbi sotto gli occhi, le radiolarie e le diatomacee sembrano rare quando non mancano affatto, ma è probabile che anche in questo mare costituiscano localmente, come in certi punti dell'Atlantico, importanti accumulazioni. Si afferma che il fondo del porto di Alessandria sia prevalentemente formato di residui di diatomacee (3).

(1) È probabile che non pochi gusci di gasteropodi degli abissi marini appartengano a forme larvali pelagiche, che vivono sospese presso la superficie del mare e cadono al fondo dopo morte.

(2) Vedasi in proposito: Jeffreys, *Notes on the Mollusca procured by the Italian Exploration of the Mediterranean in 1881. Annals and Magazine of Nat. Hist.*, July, 1882. — Isse, *Esame sommario di alcuni saggi di fondo raccolti nel golfo di Genova. Boll. del R. Comit. geologico*, 1885, 5-6.

(3) Vedansi ragguagli più particolarizzati intorno ai saggi di fondo nella memoria di A. Issel e G. De Amezaga intitolata: « *Esame sommario dei saggi di fondo raccolti dalla spedizione idrografica imbarcata a bordo del R. piroscafo « Washington » sotto gli ordini del comandante G. B. Magnaghi.* Genova, tip. Pagano, 1883.

## III

DI ALCUNE RICERCHE DA ESEGUIRSI NELL'INTERESSE DELLA  
GEOLOGIA NEI FONDI DEL MEDITERRANEO

Dalle dotte investigazioni di alcuni naturalisti e in ispecie di quelli addetti alle spedizioni del *Challenger* emerge, come si è detto, che se le esplorazioni talassografiche condussero alla scoperta di un nuovo mondo pel biologo ed aprirono estesi orizzonti ai cultori della fisica terrestre, furono pur fecondi per la geologia, alla quale portarono cospicuo tributo di fatti, soprattutto per ciò che si riferisce alla genesi dei minerali e delle rocce, alla distribuzione dei fossili nei depositi e alla origine prima delle formazioni di sedimento. Tuttavolta, in questo campo molto rimane da mietere. Le notizie qui sommariamente esposte mi suggeriscono il pensiero di altre ricerche da eseguirsi allo scopo di fornire nuovi lumi alla geologia, ciò senza uscire dal Mediterraneo, dal mare in cui gli studiosi italiani possono più agevolmente esercitare la loro attività.

(1) — Le osservazioni fatte a bordo al *Washington* dimostrano che il fondo del Mediterraneo è generalmente costituito, alle grandi profondità, di una melma impalpabile, la quale nella parte superiore si trova per così dire in uno stato intermedio fra il solido e il liquido. Sarebbe utile, a parer mio, di verificare, mediante apposite esperienze, quale sia la densità di siffatto strato molle e di ricercare, laddove si può, se sia più o meno spesso.

Affine di adempiere al primo dei due compiti, sarebbe necessario estrarre campioni di melma dal fondo a vari livelli, mediante vasi a chiusura ermetica, simili agli idrofori, ma più robusti. Pel secondo, si potrebbe far uso di scandagli analoghi a quelli già ricordati, ma muniti di recipiente più lungo, più pesante e terminato in punta all'estremità inferiore, scandagli disposti in modo che fornissero la misura della loro penetrazione nel letto melmoso del fondo.

L'esistenza di un deposito semiliquido sul fondo marino, ove ne fosse accertata la spessezza, dovrebbe invocarsi per spiegare certi fatti rimasti fin qui oscuri in ordine alle formazioni ofiolitiche e fra gli altri l'interposizione fra le serpentine e le rocce di sedimento delle così dette rocce *anfimorfiche* (diabasi, eufotidi, ecc.), di rocce dirò così di transizione, intermedie, per la loro composizione e i loro caratteri mineralogici, fra le prime e le seconde, le quali risultano verosimilmente da



un miscuglio di materiali sedimentari ed idrotermali avvenuto, alla periferia della formazioni ofiolitiche.

(2)— Nella sua spedizione del 1883, la commissione talassografica del *Washington* trasse dai fondi dello stretto di Gibilterra buon numero di ciottoli, la cui formazione si attribuisce a ragione o a torto all'azione di correnti d'insolita violenza. Sarebbe interessante il chiarire ogni dubbio in proposito e ricercare, nel caso che l'accennata interpretazione fosse giusta, se nelle medesime località si manifestano fenomeni di denudazione e d'erosione sottomarina, come da alcuni si sospetta, se si danno, cioè, nel fondo rocce salde allo scoperto, denudate, corrose. Qualora ciò si verificasse, apparirebbe erroneo il principio di attribuire esclusivamente la denudazione alle correnti acquee e agli agenti meteorici estramarini, principio insegnato in tutti i trattati. Non è escluso il dubbio che quei ciottoli sieno trasportati da ghiacci galleggianti, nel qual caso se ne troverà indubbiamente qualcuno di striato. Dalla figura loro sarà possibile, ad ogni modo, di fare qualche legittima induzione sul loro significato e dalle specie litologiche di cui risultano è lecito argomentare qual possa esserne la provenienza.

Quantunque non li abbia veduti, reputo probabilissimo che tali ciottoli non sieno il prodotto di rapide correnti marine, ma appartengano piuttosto a qualche antica alluvione sommersa. Se fosse vera la mia induzione, costituirebbe un argomento di gran peso a favore dell'ipotesi che attribuisce una data recentissima allo stretto di Gibilterra.

La misura del volume medio degli elementi (granelli di sabbia, ghiaie, ecc.) di cui risultano i fondi marini nelle diverse profondità ed ubicazioni, tanto nei punti in cui le acque si mantengono generalmente tranquille, quanto in quelli in cui prevalgono correnti, vortici, moto ondoso, vuol essere indicata come efficace corredo alle indagini di cui sopra.

(3)— Da ciò sono insensibilmente condotto ad occuparmi della configurazione dei continenti e dei mari durante i periodi geologici che hanno immediatamente preceduto l'attualità.

Ognun vede quanto sia importante, per acquistare un giusto concetto della topografia antica, il conoscere esattamente la topografia attuale, non solo della parte emersa della corteccia terrestre, ma ancora e più di quella che giace sotto il livello dei mari.

Le valli delle terre circummediterranee si continuano esse nel fondo del mare? Fin dove e in quali condizioni d'ampiezza e di profondità? Le isole si connettono forse alle catene montuose della vicina terra ferma e ne sono per dir così le propaggini estreme, oppure appaiono affatto indipendenti?

A questo quesito rispondono in gran parte, pel golfo di Genova, le recenti investigazioni del *Washington*. Risulta infatti dagli scandagli eseguiti l'anno scorso dal capitano Magnaghi che le valli delle Riviere Liguri e in ispecie quelle della Roia, della Nervia e dell' Argentina si protraggono lungi dalla costa con depressioni subacquee che raggiungono perfino 600 m. di profondità.

Come ho già esposto in altro scritto (1) credo che la sommersione di tali valli sia avvenuta durante il pliocene e siccome i sedimenti marini di questo periodo sono sollevati nella valle della Roia, a breve distanza dal mare, ad oltre 500 m., e sul monte Bellinda, presso Mentone, a 550 m., ne consegue che l'avvallamento deve essere stato almeno di 1450 m.

Orbene, sarebbe di somma importanza il verificare, mercè numerosi scandagli eseguiti ad opportune distanze da terra in altre parti del litorale Mediterraneo, se l'avvallamento di cui si sono riconosciute le tracce nel mare Ligure è un fatto locale isolato, oppure si è prodotto, come è probabile, sopra una estensione assai maggiore. Converrebbe che indagini a questo oggetto fossero istituite sulle coste della Corsica, della Sardegna, della Provenza, della Spagna, del Marocco ecc.

(4) — E qui si presenta alla mente un' altra applicazione della talassografia. Non v'ha dubbio che le oscillazioni del suolo, lente o rapide, dalle quali, secondo il comune consenso dei geologi, dipendono in gran parte i mutamenti che si verificarono in passato e si continuano al presente nei rapporti reciproci tra la terra emersa e gli oceani, si manifestano anche nei fondi marini. È quindi assai importante di ripetere scandagli precisi, a lungo intervallo di tempo, nello stesso punto, per accertare la variazioni avvenute, avvertendo che queste variazioni molte volte possono ripeter la causa loro dalla sedimentazione.

Ricorderò in proposito, per mostrare come siffatti cambiamenti si producano talvolta sopra una grande scala in breve spazio di tempo, che il compianto capitano di fregata Carlo Rossi trovò, non é molto esplorando collo scandaglio il tratto di mare compreso fra Messina e le isole Lipari, una estesa depressione di 500 a 1000 m. di profondità, ove prima esisteva il banco *Exmouth* segnato sulla carta di Smyth (2).

Siffatte investigazioni debbono procedere di pari passo coll'esame

(1) *Comptes Rendus des séances de l'Académie des sciences*, séances du 24 et du 31 janvier 1887.

(2) Vedasi in proposito la mia memoria che ha per titolo « *Le oscillazioni lente del suolo o bradisismi* ». Genova, 1883.

delle coste, per verificare se queste sono in via d'avanzamento o di regresso, se presentano avanzi di costruzioni sommerse (avvallamento) o invece depositi di ciottoli marini, fori di litofagi, solchi d'erosione prodotti dalle onde, a livello superiore a quello delle più alte maree (sollevamento).

(5) — È pure di molto interesse, io credo, il rintracciare i punti in cui le foraminifere e gli altri corpi organici marini si trovano petrefatti e il segnare esattamente questi punti sulle carte talassografiche. Ciò perchè la presenza di tali corpi sta ad indicare qualche volta speciali condizioni chimico-litologiche del fondo e dipende forse, da sorgenti termo-minerali sottomarine. Orbene, la cognizione di tali sorgenti è di molto valore per noi, vuoi perchè sono talvolta manifestazioni vulcaniche periferiche ed accennano quindi alla estensione di una data zona vulcanica, vuoi perchè giova investigare, l'azione misteriosa ancora di esse sorgenti sulle rocce che sono in via di formazione nei fondi marini.

Col tempo, resi più maneggevoli e più perfetti gli stromenti di cui dispone l'idrografo e fatta più minuziosa la cognizione della topografia sottomarina, sarà forse possibile di attingere campioni delle acque minerali che scaturiscono in grandi masse dal fondo del mare.

(6) — Mentre avanzo il sospetto che la petrificazione delle foraminifere possa dipendere dall'azione di sorgenti minerali, non dubito di asserire che i noduli silicei contenenti spicule di spugne, radiolarie, foraminifere ecc., raccolti nei fondi marini stessi in molte località oceaniche e anche nel Mediterraneo, debbono attribuirsi ad azioni molecolari; vale a dire ad una lenta concentrazione della silice d'origine organica contenuta nelle melme marine, attorno a corpi estranei giacenti in mezzo ad esse. Tuttavolta, non mi dissimulo la pochezza dei dati che si possiedono intorno alle condizioni necessarie per la produzione del fenomeno e ritengo che vi sia molto ancora da investigare in proposito.

E parimente vuol essere studiato il fatto dei noduli e delle incrostazioni d'ossido di manganese che la spedizione del *Challenger* incontrò in copia nei fondi oceanici (1).

Secondo il Prof. Dieulafait, il manganese si troverebbe in soluzione nelle acque del mare, sotto forma di bicarbonato e questo sale, in contatto dell'ossigeno dell'aria, si convertirebbe in biossido, con svolgi-

(1) Nel Mediterraneo furono raccolti dal « *Washington* » in vari punti del mar Tirreno non già noduli d'ossido di manganese, ma frammenti di rocce diverse coperti da una patina di questa sostanza.

mento di gas acido carbonico; da ciò un deposito incessante di ossido di manganese nel fondo marino, deposito, il quale risulterebbe tanto più cospicuo, rispetto agli altri materiali, quanto minore fosse il contributo della sedimentazione (1). Se così avvenisse, il deposito di manganese non riuscirebbe apprezzabile che nelle formazioni profonde, essendo ivi ridotti quasi a nulla i consueti materiali della sedimentazione.

L'ipotesi espressa da Dieulafait non coincide coll'avviso di Murray e Renard, i quali opinano che ferro e manganese, copiosi entrambi nei sedimenti abissali, traggano la prima origine loro da materie detritiche eruttate dai vulcani. Potrebbe avvenire però che esso manganese, contenuto da prima in silicati complessi, fosse convertito poscia in bicarbonato solubile entro le acque del mare, per dar luogo alla accennata reazione, ed in tal caso scomparirebbe la divergenza. Ad ogni modo, si tratta di semplici congetture e risulta manifesta l'utilità di ulteriori e più particolareggiate ricerche.

(7) — Già ho avvertito, quanto sia poco noto ancora, dal punto di vista della litogenesi, lo studio delle rocce salde o sedimenti *picnogeni*, che si vanno formando in alcuni punti del Mediterraneo e probabilmente anche dell' Oceano.

Affine di spargere un pò di luce su questo punto, converrebbe esplorare diligentemente i fondi nei quali hanno origine tali rocce, determinando le condizioni loro termiche e biologiche, converrebbe eseguire colà precise analisi chimiche delle acque e dei sedimenti ed avvalorare i risultati ottenuti con ben intesi esperimenti sintetici.

Né meno utile sarebbe pel geologo lo studio delle rocce clastiche che si vanno formando anche nelle acque sottili, intorno a legnami e soprattutto intorno a ferramenta sommersi, rocce che sembrano originate sotto l'azione di un cemento idraulico.

(8) — Reputo ben meritevole di studio la questione sollevata dal conte Castracane degli Antelminelli in ordine all'origine dei calcari. Questo scienziato suppone che la vegetazione delle diatomacee in seno alle acque marine abbia per conseguenza di provocare la scomposizione del bicarbonato di calcio sciolto in tali acque e di dar luogo, per ciò, ad un precipitato chimico, il quale si convertirebbe nel comune calcare. Allo scopo di vedere se siffatta interpretazione è conforme al vero, convien ricercare se le diatomacee vivono propriamente ed abbondano negli alti fondi, la dove si genera il calcare, e se, in pros-

(1) *Comptes Rendus des séances de l'Académie des sciences*, séance du 12 mars, 1883.

similtà degli adunamenti di questi organismi, si produce, in seno alle acque, il pulviscolo che è manifestazione del precipitato di cui sopra.

Gli argomenti addotti dall'eminente micrografo per dimostrare che le diatomee vegetano anche negli abissi del mare (1), quantunque degni di molta considerazione, non bastano, secondo il mio modo di vedere, a rimuovere gravi dubbi.

Prima di tutto, egli riferisce di aver osservato fra le dejezioni di due echini d'alto fondo una diatomea assai copiosa, da lui attribuita con qualche riserva alla *Thalassiosira Nordenschiöldi*; ma è questa una specie che si trova normalmente galleggiante sul mare Artico. Orbene, da quanto sappiamo della fauna abissale, che si compone quasi esclusivamente di tipi peculiari, apparisce inverosimile che la medesima specie di diatomea alligni indifferentemente ad oltre 2400 m. di profondità e alla superficie.

La presenza di diatomee fresche o quasi nelle cavità gastriche di quelli echini, come pure di altre successivamente osservate e che provenivano dal tubo digerente di oloturie pescate tra i 2500 e i 5274 m., si può spiegare, io credo, ammettendo che questi animali abbiano ingerito organismi o residui d'organismi che già ricettavano le diatomee stesse, le quali, malgrado la loro piccolezza, possono essere discese con una certa rapidità dalla superficie o da mezz'acqua fino al fondo, trascinate per opera di pesci, molluschi o idroidi dal tegumento vischioso.

Mi pare eziandio che il conte Castracane esageri nei suoi apprezzamenti la lentezza colla quale le diatomee o meglio i frustoli loro debbono discendere negli abissi sottomarini e le alterazioni fisiche e meccaniche subite da esse per effetto del mezzo in cui sono immerse.

A più di 4000 m. di profondità si trovano nelle melme del fondo tenuissime foraminifere calcaree, come globigerine e orbuline perfettamente conservate; non è dunque da far meraviglia se vi si rinvencono anche organismi silicei integri; mentre ognuno sa che la silice è più dura e assai meno solubile del calcare.

L'esperienza di Faraday, citata nelle *Nuove osservazioni*, esperienza dalla quale risulta che l'oro ridotto, per effetto della luce, da una goccia di soluzione di cloruro d'oro versata in un vaso contenente uno strato

(1) *Profondità cui giunge la vita delle diatomee nel mare. Atti dell'Accademia pontificia dei Nuovi Lincei*, tomo XXXVII, 1884. — *Nuove osservazioni sulla profondità cui giunge la vegetazione delle diatomee nel mare. Atti della Accademia pontificia dei Nuovi Lincei*, vol. I, 1885.

d'acqua dell'altezza di 125 millimetri, impiega un mese per giungere al fondo, a senso mio non quadra, perchè le particelle di metallo ridotte sono forse ben più tenui delle diatomee e nulla sappiamo d'altronde della loro forma.

Il quesito potrebbe essere facilmente risoluto con maggior precisione introducendo nell'acqua marina numerose diatomee di forma svariata ed osservando in quanto tempo attraversano uno strato di liquido di determinata spessorezza.

(9) — Finalmente, fa d'uopo aver presente eziandio come, ad onta dei progressi compiuti dalla talassografia, importi pur sempre raccogliere e studiare diligentemente i corpi organici dei vari livelli marini e in ispecie conchiglie, foraminifere, echinodermi e coralli, notando per ciascuna specie, non solo la profondità alla quale si trova, ma ancora la temperatura dell'acqua, la sua salinità, la distanza dai litorali, la natura del fondo, le varie circostanze, in breve, suscettibili di esercitare un'influenza qualsiasi sulla vita degli animali marini.

Con questo mezzo soltanto si otterranno criteri sicuri per rintracciare le ragioni della distribuzione geografica e batimetrica delle specie proprie alle acque del mare, per apprezzare le condizioni in cui vivevano specie analoghe che ora troviamo allo stato fossile.

A. ISSEL.

