

ARS ET LABOR

9

Antonio Stoppani

Acqua ed aria

Prefazione
di
Elena Zanoni

Lampi di stampa

Ars et Labor è una collana del sito web "Milano città delle scienze" (www.milanocittadellescienze.it) che si propone di presentare in edizione anastatica testi di carattere scientifico e tecnico inquadrati da una introduzione storico-culturale. Frutto della collaborazione tra l'Università di Milano - Bicocca, la Biblioteca Nazionale Braidense e la Biblioteca comunale Sormani di Milano, essa beneficia del contributo di Fondazione Cariplo.

Edizione originale:

Acqua ed aria

ossia la purezza del mare e dell'atmosfera fin dai primordi del mondo animato
Conferenze

II edizione riveduta dall'autore

Ulrico Hoepli, Milano 1882

Edizione anastatica

su licenza della Casa editrice Hoepli S.p.a., Milano

Elaborazione grafica

Anna Aurea, AM Studio

Copyright della prefazione © 2010 Università degli Studi di Milano - Bicocca

Lampi di stampa

via Conservatorio, 30 - 20122 Milano

ISBN 978-88-488-1108-8

[lapidistampa@lapidistampa.it](mailto:lampidistampa@lapidistampa.it)

www.lapidistampa.it

In copertina: *Cheeswring o Pila di formaggi in Cornovaglia*,
Archivio del Museo di storia naturale di Milano, Fondo Stoppani.

Indice

- VII *Prefazione*
di Elena Zanoni
- 1 *Acqua ed aria*
ossia la purezza del mare e dell'atmosfera
fin dai primordi del mondo animato

Prefazione

di Elena Zanoni

In lui si fusero meravigliosamente la *natura* e la *grazia*, si strinsero in sincera alleanza la *chiesa* e la *patria*; in lui la *scienza* e la *fede* si accordarono nel modo più completo, e la *dottrina* più severa sposata alla *letteratura* più amena produssero quella brillante raccolta di prose poetiche e di poesie scientifiche, che vanno fra i saggi più belli della nostra letteratura¹.

La divulgazione ebbe un ruolo di primo piano nel complesso delle iniziative culturali promosse dal geologo e sacerdote Antonio Stoppani, professore di geologia e mineralogia all'Istituto tecnico superiore di Milano. Come ricordava il suo allievo Mario Cermenati, egli "fu certamente a favore della scienza popolare e l'amò non per se stessa ma per l'uomo nella convinzione che la scienza fosse diritto di tutti come i raggi del sole e l'acqua della terra"². Per il naturalista e geologo lombardo la diffusione del sapere scientifico era fondamentale ai fini del progresso del paese e dell'uomo, non solamente da un punto di vista economico e materiale, ma anche intellettuale e morale. Nel discorso tenuto nel 1878 a Firenze, dal titolo *Lo studio della natura come elemento educativo*, Stoppani esponeva alcuni dei nodi centrali del suo impe-

1. A. Malladra, *Prefazione*, in A. Stoppani, *Acqua ed aria ossia la purezza del mare e dell'atmosfera fin dai primordi del mondo animato*, Società Editrice Internazionale, Torino 1932³, p. XI. Malladra cita qui le parole del sacerdote Luigi Vitali. Su Malladra cfr. P. Redondi, *Nuovi documenti su Alessandro Malladra e la vulcanologia*, in *Almanacco storico ossolano 2008*, Grossi, Domodossola 2008, pp. 97-164.

2. M. Cermenati, *Antonio Stoppani: commemorazione pronunciata nel Teatro Sociale di Lecco*, L. Roux, Roma 1891, cit. in F. Bertoni, *Da scienziato a letterato: Antonio Stoppani e la divulgazione*, in *Antonio Stoppani tra scienza e letteratura*, a cura di G. L. Daccò, Musei Civici, Lecco 1991, pp. 61-69, in particolare p. 69.

gno pedagogico: l'approfondimento della conoscenza della natura come mezzo di perfezionamento, la necessità che a questo tipo di studi venisse dato maggiore spazio nelle scuole e nella società e infine il "compito dello scienziato [...] di contribuire alla creazione di una letteratura di educazione popolare"³. Questi temi sono alla base del progetto de *Il bel Paese*, il best-seller pubblicato nel 1876 che ne mise in luce le doti di divulgatore e fornì un contributo importante al completamento del processo risorgimentale diffondendo tra gli italiani la conoscenza della penisola da un punto di vista fisico-geografico⁴.

Proprio l'anno precedente l'uscita di quell'opera, lo scienziato lombardo pubblicava *La purezza del mare e dell'atmosfera fin dai primordi del mondo animato*, il cui titolo fu cambiato nel 1882 in *Acqua ed aria*. Il libro era nato da un ciclo di lezioni pubbliche di scienza popolare tenute da Stoppani nel 1873 nel moderno Salone dei Giardini pubblici, ossia il padiglione che nel 1871 aveva ospitato la prima Esposizione nazionale dell'industria. L'opera fu accolta subito da un buon successo di vendite.

L'Italia della seconda metà dell'Ottocento, come altri paesi europei, aveva assistito al moltiplicarsi delle imprese di divulgazione scientifica. Al di là degli scopi editoriali, esse avevano principalmente tre obiettivi: facilitare e migliorare la comunicazione tra gli specialisti delle diverse discipline, fornire ai nuovi ceti borghesi gli strumenti necessari per un'istruzione e formazione pratica utili al processo di modernizzazione del paese e infine professio-

3. S. Morgana, *Antonio Stoppani dall'educazione scientifica all'educazione linguistica*, in *L'Accademia della Crusca per Giovanni Nencioni*, Le Lettere, Milano 2003, pp. 253-283, p. 255. Stoppani, *Lo studio della natura come elemento educativo*, in "Gli Studi in Italia. Periodico didattico scientifico e letterario" nov.-dic. 1878, pp. 752-792, in particolare p. 791.

4. Stoppani, *Il bel Paese*, Società Editrice Internazionale, Torino 1875 (ed. an. Lampi di stampa, Milano 2004).

nalizzare la figura dello scienziato, formandone un'immagine pubblica, chiaramente riconoscibile⁵. Le conferenze popolari furono spesso la premessa di operazioni editoriali particolarmente riuscite. Tale formula, infatti, era stata utilizzata con successo da numerosi scienziati e letterati dell'Ottocento⁶. Celebre la lezione pubblica tenuta a Torino l'11 gennaio 1864 da Filippo De Filippi dal titolo *L'uomo e le scimie*, che diede avvio, in Italia, al dibattito sull'evoluzionismo e in modo particolare sulle sue implicazioni antropologiche e teologiche⁷.

Il modello della conferenza di scienza popolare proveniva dall'ambiente inglese: risalgono all'inizio degli anni '50 le conversazioni scientifiche di John Tyndall e sono del 1861 le famose letture di Michael Faraday confluite nel *Course of Six Lectures on the Chemical History of a Candle*. Tuttavia, un precedente degno di nota è costituito dal ciclo di conversazioni scientifiche e letterarie tenute per la *gens du monde*, già nel 1781, da Pilâtre de Rozier e ancora praticate nel periodo della Restaurazione⁸. A partire dal 1859, per iniziativa di Auguste Perdonnet, le conferenze popolari si moltiplicarono a Parigi attirando un pubblico borghese che vi si recava ad ascoltare personaggi famosi dell'epoca quali il chimico Michel Eugène Chevreul, l'imprenditore Ferdinand de Lesseps, gli scienziati Jean-Augustine Barral e Jacques Babinet, il divulgatore Félix

5. Cfr. P. Govoni, *Un pubblico per la scienza*, Carocci, Roma 2002, pp. 37-38. Sulla divulgazione scientifica nel XIX secolo si veda il numero monografico *Focus: Historicizing "Popular Science"*, "Isis", 100, 2, 2009.

6. Si ricordino tra gli altri, M. Lessona, *Conversazioni scientifiche*, Treves, Milano 1865-1874, 3 voll.; e P. Liroy, *Conferenze scientifiche*, Unione Tipografica Editrice, Torino 1872.

7. De Filippi Filippo, *L'uomo e le scimie. Lezione pubblica detta in Torino la sera dell'11 gennaio 1864*, G. Daelli, Milano 1864.

8. Cfr. B. Béguet, *La science mise en scene: les pratiques collectives de la vulgarisation au XIX^e siècle*, in *La science pour tous*, Bibliothèque du Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris 1990, pp. 129-150, in particolare p. 133.

Hement⁹. Analogamente a quanto avverrà per le conferenze popolari di Stoppani, anche queste saranno pubblicate tra il 1859 e il 1867 da E. Thévenin, presso la casa editrice Hachette, sotto il generico titolo di *Entretiens populaires*. Ancora, nel 1861 furono create dal Cercle de la Presse scientifique le Conférences de la rue de la Paix di argomento scientifico, storico e letterario, sostituite nel 1866 dalla Société des conférences, cui prese parte Camille Flammarion, figura di scienziato e divulgatore di primissimo piano nel panorama francese ed europeo del XIX secolo. Nel 1864 anche la Sorbonne inaugura un ciclo di conferenze di grande richiamo, le Soirées littéraires et scientifiques. La più celebre è quella in cui Pasteur, il 7 aprile di quell'anno, inferse un duro colpo alla teoria della generazione spontanea davanti a un uditorio che comprendeva la principessa Matilde, George Sand, il ministro dell'Istruzione pubblica Victor Duruy e Dumas figlio.

Tra il 1860 e il 1900 la conferenza diviene dunque in Francia, in Inghilterra e in Italia uno strumento largamente utilizzato tanto dai divulgatori di professione quanto dagli stessi uomini di scienza, che in tal modo acquistano un rilievo quali figure pubbliche, immediatamente riconoscibili¹⁰. Per quanto riguarda l'ambiente milanese, era da sempre molto attivo in questo settore l'Osservatorio astronomico di Brera, dove fin dalla fondazione nel 1764 a opera di Giuseppe Ruggero Boscovich, l'attività di ricerca e insegnamento erano affiancate da pubblicazioni, corsi e incontri pubblici di carattere prettamente divulgativo¹¹. Celebri in modo particolare le lezioni domenicali di astronomia svolte all'Osservato-

9. *Ibidem*. Cfr. *Dictionnaire des principaux vulgarisateurs* in C. Bénédict, *Le monde des vulgarisateurs*, in *La science pour tous*, éd. par Béguet, cit., pp. 30-49; 41-49.

10. Béguet, *La science mise en scène*, cit., pp. 133-s.

11. Cfr. A. Lombardi, A. Mandrino, *Ricerca, istruzione e divulgazione all'Osservatorio di Brera*, in *Milano scientifica, 1875-1924*, a cura di E. Canadelli e P. Zocchi, Sironi, Milano 2008, vol. I, pp. 95-138.

rio da Giovanni Celoria¹². Altre conversazioni scientifiche di grande successo erano quelle organizzate tra il 1868 e il 1885 nella sede della Società di incoraggiamento d'arti e mestieri dall'ingegner Giuseppe Colombo, una delle personalità di spicco del panorama milanese e italiano del secondo Ottocento, "protagonista del processo di industrializzazione e di formazione professionale dell'Italia del nord"¹³.

Anche Antonio Stoppani, tra il 1863 e il 1877, tenne quasi ogni anno corsi di scienza popolare; inizialmente al Museo civico di storia naturale, in seguito al Salone dei Giardini pubblici¹⁴. Ben prima che egli diventasse direttore del Museo di storia naturale, il suo predecessore Emilio Cornalia aveva affidato a lui l'incarico, per la parte geologica, delle pubbliche conferenze che costituivano uno dei compiti istituzionali del Museo milanese fin dal suo primo regolamento risalente al 1843¹⁵.

Nella Milano di Carlo Cattaneo e Francesco Brioschi, avviata a una rapida industrializzazione e bisognosa di rinnovarsi sul piano culturale ed educativo, erano numerose le istituzioni e le associazioni scientifiche e tecniche con una spiccata propensione per la divulgazione scientifica e "iniziative grazie alle quali la comunità scientifica si rendeva visibile: congressi, esposizioni, riviste e associazioni vi trovavano le loro sedi ideali, contribuendo a mettere

12. Cfr. L. Clerici, *Introduzione*, in Stoppani, *Il bel Paese*, Aragno, Milano 2009, p. XXI.

13. L. Barile, *Élite e divulgazione nell'editoria italiana dall'unità al fascismo*, Clueb, Bologna 1991, p. 18.

14. Cfr. A. M. Cornelio, *Vita di Antonio Stoppani. Onoranze alla sua memoria*, Unione Tipografico Editrice, Torino 1898, pp. 111-117.

15. Cfr. C. Conci, *Il centenario di Giorgio Jan (1791-1866) e la fondazione e il primo sviluppo del Museo Civico di Storia Naturale di Milano*, in "Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano", 106, 1966, pp. 5-94, cit. in P. Livi, *Il Museo civico di storia naturale tra collezioni, didattica e ricerca sperimentale*, in *Milano scientifica*, cit., pp. 119-138, p. 120.

Milano in relazione con gli altri centri internazionali di cultura"¹⁶. Tuttavia, le lezioni pubbliche del Museo civico rappresentarono a lungo, per gli abitanti della capitale lombarda, la principale occasione per entrare in contatto con i problemi e gli strumenti della scienza, il cui insegnamento rimaneva fortemente limitato nelle scuole secondarie e pressoché inesistente in quelle primarie¹⁷. Il pubblico milanese, del resto, era un pubblico maturo e ricettivo, socialmente composito, che vedeva i tradizionali ceti aristocratici e alto borghesi affiancati da diversi esponenti della piccola e media borghesia, impegnata nelle numerose attività produttive che garantivano la prosperità e l'eccellenza della città ambrosiana nel panorama industriale italiano che veniva in quegli anni lentamente delineandosi. All'indomani dell'Unità d'Italia Milano era, insieme a Torino, uno dei centri più importanti dell'editoria italiana. Grazie all'emergere di un unico mercato nazionale, a un'accresciuta libertà di stampa, a sempre più assidui rapporti con il mondo librario e culturale straniero e alle trasformazioni sociali che avevano fatto emergere nuove esigenze di istruzione e formazione, la seconda metà dell'Ottocento registra una forte e rapida espansione dell'industria editoriale e tipografica. Ben presto, grazie a un gruppo composito di tipografi ed editori e a un efficiente sistema di vendita e distribuzione, Milano assume un ruolo di primo piano nel campo dell'industria libraria del nuovo Stato nazionale¹⁸. Ulrico Hoepli, l'editore di *Acqua ed aria*, era particolarmente attento alle necessità di una cultura tecnica e specia-

16. Canadelli, Zocchi, *Presentazione dell'opera*, in *Milano scientifica*, cit., pp. 9-s.

17. Cfr. A. Visconti, *I 150 anni del Museo Civico di Storia Naturale di Milano (1838-1988)*, Fusi, Pavia 1988, pp. 6-8.

18. Cfr. E. Scarpellini, *Editoria e cultura tecnico-scientifica nella Milano del secondo Ottocento: la Ulrico Hoepli*, in *Innovazione e modernizzazione in Italia fra Otto e Novecento*, a cura di E. Decleva, C. G. Lacaita e A. Ventura, Franco Angeli, Milano 1995, pp. 578-632, in particolare 592; 578.

listica e per questo si legò alle più importanti istituzioni culturali e scientifiche della Milano del secondo Ottocento, diventandone l'editore ufficiale. A imporsi in questa fase furono infatti quegli editori che si specializzarono nella letteratura scientifica, tecnica e scolastica, ponendo la propria attenzione sulle esigenze di sviluppo industriale della Penisola e di un rinnovamento culturale consono al processo di modernizzazione in corso¹⁹.

Stoppani era solito tenere il proprio ciclo di conferenze all'inizio dell'anno, con cadenza settimanale e di preferenza nella serata del giovedì. Queste scelte erano dovute ad attente considerazioni relative al suo uditorio poiché egli riteneva quel periodo e quel giorno ideali per un pubblico composto in prevalenza da professori, maestre e studenti²⁰. Come scrive il nipote Angelo Maria Cornelio, le lezioni, sebbene fossero spesso a pagamento (ma nella maggior parte dei casi a scopo benefico) erano seguite da una platea di ascoltatori molto numerosa²¹. Uno dei cicli di conferenze di maggiore successo fu quello tenuto da Stoppani nel 1873 e sfociato due anni più tardi nella pubblicazione de *La purezza del mare e dell'atmosfera*²² nella prima collana della casa editrice Hoepli destinata ad accogliere volumi di scienza applicata, la "Bi-

19. Cfr. N. Tranfaglia, *Storia degli editori italiani. Dall'Unità alla fine degli anni Sessanta*, Laterza, Bari 2007², pp. 11; 87. Hoepli divenne l'editore privilegiato dell'Istituto tecnico superiore di Milano, dell'Istituto lombardo di scienze e lettere, dell'Osservatorio astronomico di Brera, come pure dell'Ufficio idrografico della R. Marina di Genova, dell'Accademia dei Lincei e infine della Real Casa e dello stesso Vaticano. Come molti docenti dell'Istituto tecnico superiore anche Stoppani collaborò alla famosa collana dei Manuali Hoepli traducendo due libri di Archibald Geikie, la *Geologia*, nel 1877, e la *Geografia fisica*, l'anno successivo.

20. Biblioteca del Museo Civico di Storia Naturale di Milano, Fondo Emilio Cornalia, 14.

21. Cfr. Cornelio, *Vita di Antonio Stoppani*, cit., pp. 111-117.

22. Stoppani, *La purezza del mare e dell'atmosfera fin dai primordi del mondo animato*, Hoepli, Milano 1875. Il ciclo di conferenze si svolse ogni giovedì dal 2 gennaio di quell'anno per concludersi eccezionalmente di lunedì, il 7 aprile.

biblioteca tecnica"²³. Il libro, arricchito da illustrazioni, ottenne subito un buon successo di vendita inducendo l'autore a realizzarne dopo appena cinque anni una seconda edizione notevolmente riveduta. Di particolare interesse risulta a questo proposito il carteggio Hoepli-Stoppani, grazie al quale è possibile non solo conoscere i dati sulla tiratura e le vendite, ma anche comprendere la politica commerciale che animava l'editore e approfondire le intenzioni divulgative del naturalista. Dalle lettere emergono innanzitutto due elementi: da un lato l'esigenza di Ulrico Hoepli di contenere il prezzo del libro per garantirne una diffusione più ampia; dall'altro i problemi posti dal contratto firmato nel 1874, che impediva di pubblicare una traduzione dell'opera prima della vendita di tutte le copie della prima edizione²⁴.

Questo vincolo interferiva con la convinzione di Stoppani che soltanto una buona traduzione potesse garantire un'efficace circolazione delle opere e del pensiero del loro autore. In modo particolare ciò valeva per le opere scientifiche, la cui trasposizione in lingue come il francese, l'inglese e il tedesco era condizione essenziale per la loro diffusione internazionale²⁵. Dalla corrispon-

23. Cfr. Scarpellini, *Editoria e cultura* [...], cit., pp. 597-598.

24. Cfr. Archivio Storico dell'Istituto della Carità. Centro Internazionale di studi rosminiani di Stresa (Asic), A. G. 139, pezzi 391-92, 393-94, 395-96, 399-400, 401-04, 417-18. Queste lettere sono consultabili in fotocopia alla Biblioteca del Museo Civico di Storia Naturale di Milano, Fondo A. Stoppani, busta 4. Il contratto editoriale in data 9 marzo 1874 tra Hoepli e Stoppani stipula la pubblicazione di 1250 copie, duecento delle quali rimaste inizialmente invendute.

25. Il geologo lombardo richiama più volte questo concetto, espresso chiaramente in una lettera a un amico del Collegio Rosmini di Domodossola datata 31 agosto 1876, Asic, A. G. 139, 8-10: "Mi parrebbe davvero di toccare il cielo col dito, quando riuscissi a vedere una traduzione delle mie opere in francese, in tedesco o in inglese. Sarà amor proprio, sarà convinzione di esser pur riuscito a qualche cosa: fatto sta che da più anni m'arrabbio vedendo come delle cose nostre non si tenga nessun conto, leggendo le opere straniere più classiche, dove i vecchi errori si riproducono continuamente, come assiomi, come nessuno avesse mai nemmeno pensato a combatterli [...]".

denza privata dello scienziato lombardo sappiamo che, fin dal 1876, l'amico Giuseppe Gagliardi, del Collegio Rosmini di Domodossola, stava lavorando a una traduzione inglese dell'opera, traduzione che non fu mai pubblicata²⁶.

All'inizio del 1881, Hoepli e Stoppani si accordarono per pubblicare una seconda edizione riveduta e aggiornata, con una tiratura di duemila copie e senza tavole illustrative allo scopo di ridurre sensibilmente il prezzo di vendita²⁷. Questa nuova edizione fu pubblicata nel 1882 con un'importante modifica nel titolo *Acqua ed aria ossia la purezza del mare e dell'atmosfera fin dai primordi del mondo animato* e numerose integrazioni al testo. Stoppani inserì brevi enunciati esplicativi allo scopo di chiarire alcuni concetti chiave di carattere geologico e filosofico. Inoltre, aggiunse numerosi esempi a supporto delle tesi da lui sostenute nel libro²⁸. Nel 1898, Alessandro Malladra, geologo del Collegio Rosmini di Domodossola e più tardi direttore dell'Osservatorio Vesuviano, realizzò una terza edizione del libro, pubblicata ancora una volta da una casa editrice milanese, la Cogliati, che riproduce il testo dell'edizione precedente con alcune modifiche stilistiche che recuperavano la versione originale del 1875. Malladra decise anche

26. Asic, A.G. 139, 8-10. Non è dato sapere se la mancata pubblicazione fosse dovuta a ragioni di natura contrattuale con l'editore Hoepli (Asic, A. G. 139, 401-404) oppure alla morte del traduttore e al conseguente mancato recupero del manoscritto (Asic, A. G. 139, 59-60). Nella lettera del 1876 a Gagliardi Stoppani rimprovera gli editori stranieri di scarsa attenzione per le opere scientifiche italiane e temeva che Gagliardi spreccasse il suo tempo traducendo *Acqua ed aria*, che difficilmente avrebbe trovato un editore.

27. Asic, A. G. 139, 391-92, 393-94, 395-96, 399-400, 401-04, 417-18.

28. In questa edizione del 1882, così come nelle successive, scompare in particolare dalla conferenza VIII l'appendice sul mare d'Aral rispetto al ciclo del cloruro di sodio. Il testo di questa conferenza presenta invece quattro nuovi paragrafi inerenti il Mar Caspio. Anche alla conferenza X sono aggiunti quattro nuovi paragrafi su esempi di sorgenti e moffette come fonti di acido carbonico meritevoli di attenzione da parte di fisici e geologi.

di reinserire numerose tavole e, convinto di interpretare le intenzioni dell'autore, aggiunte di proprio pugno diverse note per segnalare "alcune delle nuove scoperte, le teoriche più controverse e le varie opinioni invocate a dare spiegazione di un medesimo fatto"²⁹. A questa edizione seguirà un'ulteriore *Nuova edizione* curata dallo stesso Malladra, che uscirà per i tipi della torinese Società Editrice Internazionale in tre successive ristampe (nel 1918, nel 1921 e nel 1932)³⁰.

A proposito dei temi trattati nelle conferenze del 1873, Giovanni Landucci, riprendendo un'espressione usata dallo stesso Malladra, ha parlato di una "filosofia geologica" sviluppata attraverso l'esposizione dei cicli di quattro gruppi di minerali: il calcare, il salgemma, i combustibili fossili e il ferro sedimentare³¹. Questi elementi, di cui Stoppani indaga la genesi e il ciclo di trasformazione sono

i più comuni, i più vili [...] gli ultimi a procurarci diletto [...], sono però quelli che meglio soddisfano ai nostri bisogni; quelli che più giovano alle nostre industrie; quelli che più direttamente servono al progresso fisico, intellettuale e morale dell'umanità; quelli pertanto il cui studio è più conveniente alla nostra educazione, più necessariamente richiesto da quella coltura generale, che ciascuno, il quale rispecchia se stesso, è in obbligo di procurarsi³².

Sono dichiarazioni che riassumono alla perfezione un'idea di educazione finalizzata al progresso nella quale i bisogni cui tro-

29. Malladra, *Prefazione*, in *Acqua ed aria*, ed. cit., p. VIII.

30. Queste edizioni vedono mutare solamente il numero delle tavole: in quella del 1918 sono sedici, per scendere a otto nell'edizione del 1921 e risalire in maniera significativa al numero di ottantaquattro nell'ultima edizione del 1932.

31. Cfr. G. Landucci, *L'occhio e la mente*, Olschki, Firenze 1987, p. 18.

32. Stoppani, *Acqua ed aria ossia la purezza del mare e dell'atmosfera fin dai primordi del mondo animato*, Hoepli, Milano 1882², p. 16. Le successive citazioni dall'opera si riferiscono a questa edizione.

vare risposta coinvolgono l'intera gamma delle facoltà umane. Del resto, fin dai primissimi anni successivi all'unificazione italiana, Antonio Stoppani aveva affrontato alcuni problemi cruciali posti dal processo di modernizzazione come i trafori alpini e la ricerca di giacimenti nel sottosuolo, in particolar modo di petrolio, e dal 1879 faceva parte del comitato per la realizzazione della Carta geologica del Regno. Al pari di altri esponenti dell'ambiente cattolico liberale milanese impegnati nel campo scientifico e tecnico, Stoppani pensava che fosse necessario migliorare non solo le condizioni morali e religiose dei cittadini, ma anche quelle culturali ed economiche e che la cultura scientifica, come scrive Lacaita, "avesse un ruolo nazionale da svolgere, e che l'uomo di scienza dovesse affrontare tutte le questioni che la trasformazione politica, economica, culturale del paese stava sollevando"³³.

Fin dal 1876 Stoppani fu particolarmente attento al problema delle acque, di cui si occupò in relazione alla questione dell'approvvigionamento idrico di Milano e della provincia di Brescia³⁴. In *Acqua ed aria*, tuttavia, egli affrontò tale tema a un livello più teorico, geologico ed ecologico, indagando i meccanismi geodinamici che garantiscono la conservazione della purezza di un elemento che, insieme all'aria, è essenziale per l'equilibrio del sistema naturale e la perpetuazione della vita sulla terra.

Ciò che il geologo lombardo intende spiegare alla sua platea di ascoltatori è il concetto di "economia tellurica", ovvero "quel si-

33. Lacaita, *Antonio Stoppani nella cultura scientifica lombarda dell'800*, in *Sviluppo e cultura alle origini dell'Italia industriale*, Franco Angeli, Milano 1984, pp. 188-207; 189-193.

34. Nel 1883 pubblica *L'Iliade brembana ossia difesa del progetto adottato dal Consiglio comunale di Milano per l'introduzione dell'acqua potabile con vedute generali sulla pubblica utilità di simili intraprese*, Agnelli, Milano 1883. Già nel 1876 aveva pubblicato *Cenni sulla causa di deficienza di buone acque potabili nel territorio di Rovato nella provincia di Brescia*, "Il Politecnico. Giornale dell'ingegnere architetto civile ed industriale", XXIV 1876, pp. 680-683.

stema di forze coordinate, ideato nella mente di Dio e messo in atto dal suo amoroso volere, perché il globo terracqueo potesse diventare la dimora della creatura intelligente, composta di anima e corpo, che sarebbe venuta a compiervi la sua mortale peregrinazione"³⁵. Le conferenze di *Acqua ed aria* erano animate dalla volontà di togliere alla scienza il marchio antireligioso che Ernst Haeckel vi applicava predicando Darwin in una chiave filosofica materialistica. Anche in Italia, la cultura dominante parlava della scienza come antidoto alla metafisica e alla religione, presentate come oscurantiste e antiscientifiche. In polemica con questo stato di cose, Stoppani, prete e scienziato, rivendicava i diritti di una scienza cristiana. È presente in queste pagine l'idea linneana di "economia della natura", che a sua volta rimandava alle concezioni della teologia naturale sei-settecentesca in cui è possibile ritrovare le radici di una scienza ecologica che si costituì come campo disciplinare distinto solo agli inizi del secolo XX³⁶. La natura è compresa da Linneo come un sistema gerarchico in perfetto equilibrio, in cui ciascun essere creato è destinato a svolgere un ruolo specifico all'interno del mondo naturale, in funzione del mantenimento dell'equilibrio del sistema complessivo al cui vertice è posto l'uomo. Ogni minerale, ogni pianta, ogni animale è stato creato per stare in rapporto con gli altri elementi naturali; "ogni minimo particolare ha un profondo significato, tutto è stato previsto, tutto contribuisce a mantenere un equilibrio generale all'apparenza delicato ma in realtà solido ed eterno perché fondato nella mente di Dio"³⁷.

La teologia naturale, che rappresentò uno stimolo impor-

35. Stoppani, *Acqua ed aria*, cit., p. 5.

36. D. Worster, *Storia delle idee ecologiche*, Il Mulino, Bologna 1994, pp. 47-49.

37. A. La Vergata, *L'evoluzione biologica da Linneo a Darwin. 1735-1871*, Loescher, Torino 1979, pp. 55-57.

tante per lo sviluppo della scienza sperimentale della natura, si basava sull'idea che l'esistenza di Dio fosse dimostrata, non solo dalla Rivelazione, ma anche da argomenti tratti dalla ragione e dai sensi³⁸. Questa *physico-theology* ebbe in alcuni filosofi e teologi protestanti del secondo Seicento i suoi principali teorizzatori. Essi tentarono di giustificare su basi religiose lo studio e l'osservazione diretta della natura, presentati come arma importante nella lotta contro l'ateismo³⁹. Nella prima metà del XVIII secolo, queste idee furono poi ampiamente divulgate dall'abate Pluche nell'opera *Le spectacle de la Nature*, pubblicata a Parigi tra il 1732 e il 1742. Non a caso l'opera è dedicata ai bambini: il libro della natura è il "testo" più completo e più perfetto, non solo per dare piacere allo spirito degli adulti, ma anche per istruire e formare i fanciulli, facendo loro riconoscere in quell'ordine il disegno divino che lo ha realizzato⁴⁰. Nel corso del XIX secolo sarà uno dei maggiori divulgatori scientifici francesi, Louis Figuier, a riprendere le medesime intenzioni nella celebre opera *La terre avant le déluge*, pubblicata nel 1863 presso Hachette, una delle case editrici francesi maggiormente impegnate nel campo della *vulgarisation scientifique*. Egli sottolinea l'importanza per il bambino di imparare a contemplare, nello spettacolo della natura, "nell'infinitamente grande e nell'infinitamente piccolo", il divino autore di tutte le cose, abituandosi così a ricevere con efficacia "il fruttuoso seme della religione, della scienza, della filosofia e della morale"⁴¹.

38. Cfr. A. Clericuzio, *La macchina del mondo*, Carocci, Roma 2005, pp. 204-sg.

39. *Ibidem*. Tra questi vanno ricordati Robert Boyle (1627-1691) e John Ray (1627-1705), che in *The Wisdom of God Manifested in the Works of Creation* (1691), insiste sulle motivazioni religiose che invitano allo studio della natura.

40. N. A. Pluche, *Le spectacle de la nature*, Hachette, Paris 1832, I, p. III-XXIII.

41. L. Figuier, *La terre avant le déluge*, Hachette, Paris 1863, p. 7.

Nel discorso tenuto a Firenze nel 1878, Stoppani riprendeva la tesi di "un sentimento della Natura, o meglio il sentimento di Dio nella Natura" che "rende Dio stesso, in certo senso, visibile, palpabile, percettibile ai sensi tutti"⁴²; l'idea era stata espressa nelle conferenze di cinque anni prima, in cui aveva definito la geologia una "nuova Rivelazione"⁴³:

[...] Iddio impose alla Natura l'ordine: quell'ordine che la Natura non viola giammai: quell'ordine al cui mantenimento e il benessere dell'umana specie sono talmente legati, che esso diviene legge morale severissima per l'uomo. [...] Quest'ordine che il Creatore impose alla Natura è tale, che ben si può dire di averne fatta un'immagine sua in cui vivo risplende di luce infinita il triplice raggio della potenza, sapienza e bontà sua. Essa divenne così come lo specchio di Dio, ove, contemplando noi la sua immagine, resa in certo senso visibile e palpabile, potestissimo conoscerlo, e a lui conformarci come modello perfetto⁴⁴.

Vale la pena di soffermarsi ancora sul testo di questa conferenza, poiché in esso è ribadita l'importanza dello studio e dell'insegnamento delle scienze naturali, una convinzione che era alla base dell'impegno di Stoppani nel campo della scienza popolare e della divulgazione:

[...] è questa influenza, non soltanto della Natura per sé, ma dello *studio della Natura* ch'io voglio farvi considerare in ordine alla vostra educazione, additandovi in esso [...] un gran mezzo di intellettuale e morale perfezionamento. Si tratta quasi di un elemento nuovo introdotto nei sistemi d'educazione e che, quasi all'insaputa degli stessi che ve l'hanno introdotto, è andato acquistando in questi ultimi tempi una tale importanza da non poterglisi più negare, tra gli elementi educativi, un posto d'onore⁴⁵.

42. Stoppani, *Lo studio della natura* [...], cit., pp. 752-792, p. 791.

43. Stoppani, *Acqua ed aria*, cit., p. XVIII.

44. *Ivi*, p. 778.

45. Stoppani, *Lo studio della natura* [...], cit. pp. 756-757.

Per il geologo lombardo la semplice contemplazione della natura non è sufficiente per comprendere Dio e il disegno che a essa ha voluto imprimere; oltre a un "sentimento spontaneo" e "irresistibile", stimolato in noi da ciascun fenomeno sensibile, esiste un altro sentimento che può scaturire solamente dalla riflessione, dall'osservazione e da uno studio attento di quegli stessi fenomeni. "È anzi allo studio soltanto che la Natura rivela quanto ha di più grande, di più meraviglioso, di veramente degno delle nostre contemplazioni"⁴⁶.

Anche Camille Flammarion aveva sottolineato come l'unico modo realmente efficace per riconoscere nella natura un'intelligenza creatrice e ordinatrice fosse la conoscenza precisa dell'universo e del suo funzionamento⁴⁷. Negli armonici rapporti che caratterizzano questo bellissimo mondo e nell'estetica delle cose che lo costituiscono, è possibile ritrovare "la gloriosa manifestazione del pensiero supremo"⁴⁸. Il Verbo eterno di Dio parla all'uomo attraverso le sue opere più semplici e modeste, proprio come avviene negli elementi, umili e comuni, di cui Stoppani avrebbe trattato nelle sue conferenze del 1873⁴⁹. Solo un anno prima che egli tenesse le sue lezioni di scienza popolare al Salone dei Giardini pubblici di Milano, lo stesso Flammarion aveva pubblicato un'opera dedicata ai grandi fenomeni della natura e, in modo particolare, all'atmosfera, che "fa vivere la Terra" e senza la quale "il pianeta sarebbe inerte e arido, silenzioso e senza vita"⁵⁰. Ma si potrebbero rintracciare altri precedenti significativi. Ad esempio nel 1865 F. A. Pouchet, altro importante naturalista impegnato sul fronte della

46. *Ibidem*.

47. C. Flammarion, *Dieu dans la nature*, Librairie Académique Didier, Paris 1867, p. XI.

48. *Ivi*, p. V.

49. *Ibidem*.

50. Flammarion, *L'atmosphère: description des grands phénomènes de la nature*, Hachette, Paris 1872, p. II.

divulgazione, aveva pubblicato *L'Univers*, un'opera in cui, partendo dagli organismi invisibili, aveva percorso tutto il mondo animale e vegetale, passando per l'esplorazione del mondo geologico fino a giungere alla descrizione del mondo siderale.

In *Acqua ed aria*, l'idea di "una Provvidenza, ragione e principio d'ogni cosa creata, il cui concetto è quello di una Provvidenza efficace, cioè di una intelligenza divina, che mentre prevede il bisogno, ha anche il potere e il volere di provvedervi", si traduce in un'approfondita analisi delle interrelazioni che sorreggono l'intero sistema⁵¹. La "prima grandiosa rivelazione", emerge dal constatare "che non v'ha fenomeno in natura, che non sia legato, per un sistema di mutua dipendenza, a tutto l'universo"⁵². Il geologo lombardo intende dunque illustrare nella sua opera il "circolo" che caratterizza il sistema della natura, un "circolo, infinitamente molteplice, che si svolge e rientra in se stesso indefettibilmente" per impedire il ritorno al caos originario e garantire all'uomo, scopo supremo dell'intera creazione, l'ordine di cui necessita per la sua sopravvivenza e il suo progresso⁵³. Stoppani sostiene infatti che "la terra senza l'uomo è un non senso", e proprio questa visione ancora pienamente antropocentrica limita la portata della sensibilità ecologica espressa dalla filosofia geologica dello scienziato⁵⁴.

Pur senza pretendere anacronisticamente una consapevolezza che emergerà soltanto nel secolo successivo, si potrebbe osservare che, già negli anni '50 dell'Ottocento, l'americano Henry David Thoreau non solo aveva messo in discussione i modelli statici dell'economia della natura di Linneo alla luce delle teorie evoluzionistiche che emergevano in quel periodo, ma aveva richiamato

51. Stoppani, *Acqua ed aria*, cit., p. XVI.

52. *Ivi*, p. 67.

53. *Ivi*, p. 33.

54. *Ivi*, p. 12.

l'attenzione sulla potenza distruttrice dell'uomo⁵⁵. Negli stessi anni, un altro esponente della cultura americana, lo scrittore e filosofo Ralph Waldo Emerson, aveva richiamato l'attenzione sull'entità delle trasformazioni ambientali apportate dal progresso umano, denunciando come la distruzione immotivata delle aree boschive mettesse in pericolo gli animali e l'equilibrio ecologico, oltre alla base stessa dell'economia umana⁵⁶.

Per la verità, in un articolo del 1873 intitolato *L'uomo e il suo impero sulla terra*, Stoppani aveva definito il genere umano "ladrone del mondo" e aveva lasciato timidamente emergere una preoccupazione protezionistica ("che sarà quando tutta l'Europa sia lavorata come l'Inghilterra, e tutto il mondo come l'Europa?"). Tuttavia egli aveva finito per ribadire come la terra fosse destinata all'uomo e al suo progresso: "monti disboscati; piagge nude imboscite; i deserti mutati in prati; le squallide ericaie in campi biondeggianti di messi; i nudi colli in vigneti e giardini [...]. Giorno verrà che la terra non sarà che un suggello della potenza dell'uomo, e l'uomo un suggello della potenza di Dio"⁵⁷. Si affaccia in queste pagine il tema dell'ordine sociale, di una natura in cui gli scopi di ciascun organismo debbono essere collettivi e gli usi reciproci ancora una volta in una prospettiva tutta linneana. Il naturalista lombardo parla infatti di una "legge di mutuo soccorso", che affida agli animali viventi sulla terra la conservazione del mondo naturale affinché "ai padri succedano i figli, alle generazioni le generazioni, e l'equilibrio, l'ordine e la vita si mantengano costanti nei tre regni della Natura"⁵⁸.

55. Cfr. Worster, *Storia delle idee ecologiche*, cit., pp. 89-99.

56. *Ivi*, pp. 99-102.

57. Stoppani, *L'uomo e il suo impero sulla terra*, in "Le Prime Letture", Agnelli, Milano 1873, pp. 124-128.

58. Stoppani, *Acqua ed aria*, cit., pp. 65-66.

Alla base di tale considerazioni vi è una lunga tradizione di pensiero che dal Seicento ha tentato di analizzare i fattori dell'equilibrio geodinamico del pianeta. Tra i protagonisti di tale tradizione vi è innanzitutto il grande naturalista britannico John Ray, autore di un'influente interpretazione finalistica del ciclo idrologico. L'illustrazione del ciclo delle acque, che trovava una remota anticipazione nel versetto biblico "Tutti i fiumi corrono al mare, eppure il mare non s'empie; al luogo dove i fiumi si dirigono, tornano a dirigersi sempre" (Eccl, 1, 7), fu utilizzata dai teologi naturali per spiegare la morfologia della superficie terrestre e l'evidente sproporzione nella distribuzione di terre e di mari, questi ultimi all'apparenza di scarsa utilità per l'uomo e le sue attività. Nel corso del XVII secolo questi temi furono sviluppati alla luce della convinzione che la configurazione della terra manifestasse la saggezza e la provvidenza divine. Il ciclo idrologico veniva proposto come esemplificazione dell'economia e dell'equilibrio dei processi naturali progettati da Dio e come meccanismo grazie al quale si mantengono la fertilità della terra e il suo potere di perpetuare la vita⁵⁹. In effetti ciò che lo scienziato lombardo intende rivelare ed esporre al suo pubblico sono i meccanismi di genesi e trasformazione di quei quattro elementi così comuni, ma al tempo stesso fondamentali per la conservazione, attraverso le rivoluzioni geologiche e i cicli che le caratterizzano, della "purezza di due vitali elementi, l'acqua e l'aria", ovvero l'oceano e l'atmosfera, che egli definisce i "due grandi ricettacoli dei viventi... le due inesauribili sorgenti, a cui attingono la vita tutti i vegetali e gli animali [...]"⁶⁰.

59. Cfr. Y. F. Tuan, *The Hydrologic Cycle and the Wisdom of God. A Theme in Geoteleology*, University of Toronto Press, Toronto 1968, p. 70.

60. Stoppani, *Acqua ed aria*, cit., p. 4.

Nel corso del Settecento, tuttavia, alle ipotesi relative al ciclo idrologico si aggiunsero quelle relative al processo di formazione e degradazione dei continenti generando il modello del ciclo idrogeologico che ritroviamo nelle pagine di *Acqua ed aria*. Tra le fonti cui Stoppani certamente si ispirò vi è infatti l'opera di James Hutton, autore nel 1795 della celebre *Theory of the Earth*⁶¹. In tale opera egli aveva sostenuto che i continenti sono sottoposti a una continua e graduale opera di erosione da parte dei fiumi e degli agenti atmosferici, ovvero all'azione di quello che il geologo lombardo chiama il "dente edace del tempo"⁶². I detriti provenienti dai continenti si depositano sui fondali marini, e, accumulandosi in strati successivi nel corso di lunghi periodi di tempo, danno origine, a seguito del sollevamento causato dal calore interno della terra, ai nuovi continenti⁶³. Stoppani si chiede che cosa siano i nostri continenti se non "brani di continenti più antichi, scalzati dalle loro basi, ricomposti in seno ad altri mari, e tratti più tardi a rivedere il sole delle loro cime antiche"⁶⁴. Poco più avanti chiarifica ulteriormente il suo pensiero, spiegando come "le terre, sciolte nelle acque, e versate nel mare, divengono conchiglie, politalamici, coralli", questi, a loro volta, "raccolti in grandi masse in seno alle onde, e sollevati dal mare, diverranno terre"⁶⁵.

Il sistema di Hutton, a causa dei lenti e gradualmente mutamenti cui è sottoposta continuamente la superficie terrestre, implicava

61. Cfr. J. Hutton, *Theory of the Earth, with Proofs and Illustrations*, Wm. Creech, Edinburgh 1795, 2 vol. Dell'opera apparve però, già nel 1788, una sintesi, successivamente ampliata nella versione in due volumi di sette anni più tardi.

62. Stoppani, *Acqua ed aria*, cit., p. 30. L'espressione è già presente in Ovidio, *met.*, 15, 234-236: "Tempus edax rerum, tuque, invidiosa vetustas, / omnia destruitis vitiatque dentibus aevi / paulatim lenta consumitis omnia morte!".

63. Cfr. R. Porter, *La geologia dalle origini alla fine del XVIII secolo*, in *Storia delle scienze*, Einaudi, Torino 1993², pp. 550-588, p. 582.

64. Stoppani, *Acqua ed aria*, cit., p. 206.

65. *Ivi*, p. 207.

l'idea di un pianeta in perpetua e costante trasformazione, in cui le "cause attualmente operanti", i processi geologici in atto, sono i medesimi ad aver agito nelle epoche precedenti. Tale idea è alla base della fondamentale concezione geologica dell'*uniformitarismo*, promossa da Charles Lyell nei suoi *Principles of Geology*⁶⁶. L'idea di Hutton e di Lyell, secondo cui il presente è la chiave per comprendere il passato, è un principio su cui si basa la filosofia geologica, oltre che la pratica scientifica, di Stoppani. In effetti, egli sottolinea che il "criterio fondamentale della geologia" consiste nell'osservare

come operi la natura al presente per dedurne, stante la somiglianza, anzi l'identità dei prodotti presenti e passati, il modo in cui nei passati tempi operò [...]. Perché è tale la costanza e la coerenza con cui essa opera, che il presente può ritenersi specchio infallibile del passato: sicché non fa bisogno che di sorprenderla nell'atto di agire attualmente, per essere sicuri d'averle strappato il segreto del suo agire in tutti i tempi⁶⁷.

Un ulteriore, fondamentale contributo teorico che egli ricava dall'opera di Lyell è rappresentato dalla dimostrazione dell'esistenza di continue oscillazioni verticali della crosta terrestre⁶⁸. Questa concezione geodinamica, riproponendo una visione ciclica della "macchina" della terra, contribuì alla diffusione di una nuova concezione del tempo geologico che si è soliti definire "tempo profondo"⁶⁹.

66. Cfr. C. Lyell, *Principles of Geology, Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by References to Causes Now in Operation*, John Murray, London 1830-1833, 3 voll.

67. Stoppani, *Acqua ed aria*, cit., pp. 28-29.

68. L. Ciancio, *Lyell*, in *Montagna: arte, scienza, mito da Dürer a Warhol*, a cura di G. Belli, P. Giacomoni e A. Ottavi Cavina, Skira, Milano 2003, p. 313.

69. *Ibidem*. S. J. Gould, *La freccia del tempo, il ciclo del tempo: mito e metafora nella scoperta del tempo geologico*, Feltrinelli, Milano, 1989.

Questa terra che si dice ferma, oscilla continuamente e dappertutto. [...] La geologia è tutta una storia di oscillazioni, di grandi palpitazioni telluriche, per cui mille volte, in tutti i punti, sulle stesse aree, la terra si alzò e si abbassò alternatamente, e le montagne, i continenti apparvero e sparvero, emersero dalle onde e vi si sommersero. E questa titanica ginnastica non cessa. [...] La terra oscilla continuamente; il globo si sconvolge; i mari si rimutano coi continenti, i continenti coi mari: ma in mezzo a tante rivoluzioni trionfa il magistero della vita [...] ⁷⁰.

La ciclicità delle trasformazioni caratterizza anche la circolazione atmosferica e quella marina, teorizzate in quegli anni da Matthew Fontaine Maury⁷¹. Nella sua classica opera di oceanografia e meteorologia, egli dimostrava la profonda armonia tra l'acqua e l'aria del globo attraverso i loro movimenti alternati prodotti dalla diversa distribuzione del calore sulla superficie terrestre. Le correnti aeree orizzontali sono frutto del riscaldamento equatoriale e del raffreddamento in corrispondenza dei poli, così come la variazione della salinità dei mari produce la circolazione marina. Acqua e aria, nella teoria di Maury, diventano parti di una fisiologia della natura che concepisce il mare come un organismo vivente. Tali processi garantiscono la trasformazione e la conservazione degli elementi e sono dunque essenziali per la preservazione della "purezza" dell'oceano e dell'atmosfera. Nella visione di Stoppani, pertanto, i contributi teorici assimilati dalla tradizione sei-settecentesca si fondono con un nuovo sentimento della natura emerso nel *milieu* culturale del Romanticismo dando luogo a una nuova concezione del globo terrestre, opposta a quella meccanicistica teorizzata dall'Illuminismo e dal materialismo francesi. Si tratta di una visione dinamica della natura in cui l'organismo vivente è regolato dal mutuo scambio delle

70. Stoppani, *Acqua ed aria*, cit., pp. 128 e 224.

71. Cfr. M. F. Maury, *Geografia fisica del mare e sua meteorologia*, trad. di L. Gatta, Loescher, Torino 1877, pp. 20-55.

forze chimico-fisiche. È l'idea ottocentesca di correlazione delle forze fisiche, cara a Robert Grove e al padre Angelo Secchi, alla base dell'elaborazione della legge di conservazione dell'energia e della fondazione della fisica classica. Possiamo dunque considerare *Acqua ed aria* come espressione matura di una concezione romantica della scienza, coerente con le esigenze ideologiche e religiose del suo autore⁷².

Per illustrare con maggiore efficacia il funzionamento dell'"economia tellurica", Stoppani si serve non soltanto di tutte le più recenti scoperte della scienza geologica, ma fa ampio ricorso alla "forza rappresentativa delle immagini e delle analogie"⁷³. In modo particolare riprende il lessico organicista, richiamando la metafora platonica della terra come un immenso organismo in cui la circolazione degli elementi viene paragonata alla circolazione sanguigna⁷⁴. Utilizza anche il modello fisico del motore e della macchina idraulica e lo corregge con riferimenti a fenomeni sociali, spiegando come in natura sia abolito il parassitismo e sia indispensabile al contrario la solidarietà fra tutti i suoi elementi⁷⁵. Il ritmo dell'esposizione è sostenuto dal continuo richiamo alle modalità e al contesto della conferenza pubblica⁷⁶. Continuo è l'appello retorico ai "signori" che costituivano l'uditorio, cui si accompagna l'insistenza sui concetti fondamentali e l'esposizione degli esempi per facilitare la comprensione delle tesi esposte.

72. Cfr. S. R. Morgan, *Schelling and the origins of his Naturphilosophie*, in *Romanticism and the Sciences*, a cura di E. Cunningham e J. Nicholas, Cambridge University Press, Cambridge 1990, pp. 25-37.

73. Landucci, *L'occhio e la mente*, cit., pp. 20-21.

74. *Ibidem*. Sulla storia del lessico organicista nelle scienze della terra si veda Giacomoni, *Dare del tu alle rocce*, in *Montagna: arte, scienza, mito* [...], cit., pp. 19-39, p. 22.

75. *Ibidem*.

76. "Domanderò a voi, o signori, che cosa è mai la natura isolata da un'intelligenza che almeno la contempra?", Stoppani, *Acqua ed aria*, cit., p. 12.

L'oralità è poi richiamata nella "sovraabbondanza dei segni di punteggiatura con funzione emotivo-intonativa (il punto esclamativo, quello interrogativo, ma soprattutto i frequenti punti di sospensione), che suggeriscono la gestualità dell'oratore, la modulazione della sua voce, le emozioni che prova, il grado di partecipazione a quanto dice"⁷⁷. Il linguaggio e lo stile adottati dal naturalista sono dunque lucidamente funzionali all'esigenza comunicativa e divulgativa di quegli incontri. Stoppani, che condivideva con Antonio Rosmini l'ostilità nei confronti dell'eccessiva "tendenza specialistica", dei "tecnicismi settoriali" e dell'"abuso di neologismi lessicali e semantici", era profondamente convinto dell'esistenza di livelli linguistici differenti adeguati a differenti situazioni comunicative: a suo avviso, era senz'altro possibile parlare di scienza senza chiudersi nel criptico linguaggio degli specialisti; era anzi opportuno fare ricorso al semplice linguaggio popolare⁷⁸.

Acqua ed aria permette dunque di collocare il geologo lombardo al punto di incontro tra le due linee di tendenza tipiche della cultura scientifica italiana nel corso dell'Ottocento individuate da Pietro Redondi. La prima, di ascendenza illuministica ed empiristica, attraverso la mediazione del pensiero di Romagnosi e Cattaneo, attribuiva alla scienza, valida in primo luogo in quanto scienza applicata, una "funzione sociale e pragmatica". La seconda, di "carattere spiritualistico e speculativo, proponeva, [...] un primato della scienza italiana, un primato non distante da quello giobertiano che era anch'esso mosso dalla ricerca dell'identità sto-

77. Clerici, *Introduzione*, in Stoppani, *Il bel Paese*, cit., p. XXI. Questo stesso tipo di scrittura si ritrova ne *Il bel Paese*, opera caratterizzata da una forte "ascendenza non scritta".

78. Cfr. Morgana, *Antonio Stoppani dall'educazione scientifica all'educazione linguistica*, cit., p. 255; 258-s.

rico-culturale della nazione italiana". Questa seconda tendenza, prevalente nella cultura scientifica italiana del periodo e apprezzata dagli stessi esponenti della linea illuministica, contribuì peraltro all'affermazione di "una scienza di carattere naturalistico e sperimentalistico sullo sfondo speculativo di concezioni dinamicistiche"⁷⁹. Stoppani, in cui convivono la consapevolezza della necessità di una scienza applicata e sociale che garantisca il progresso integrale dell'uomo e una visione maggiormente spiritualistica della natura, sembra collocarsi, più che nella seconda, all'incrocio fra queste due direttrici della scienza italiana del XIX secolo.

L'opera ebbe un buon successo, testimoniato dalla pubblicazione di una seconda edizione a pochi anni di distanza dalla prima e dalla realizzazione di ulteriori edizioni e ristampe ancora nella prima metà del secolo successivo. Da una lettera di Antonio Stoppani allo scienziato Modestino Del Gaizo del 1883, sappiamo dei tentativi messi in atto per ottenere l'adozione di *Acqua ed aria* come testo di lettura nelle scuole⁸⁰. Se *Il bel Paese* veniva proposto al Provveditore agli Studi come testo per le scuole tecniche, magistrali e ginnasiali, il testo nato dalle conferenze di scienza popolare era ritenuto adatto per un pubblico di studenti di livello più elevato, quello dei licei⁸¹. Per quanto riguarda la ricezione dell'opera, va ricordato anche che, nel corso di un'udienza concessa da papa Leone XIII al naturalista lombardo, il pontefice, dopo averne lodato le doti di scienziato e incoraggiato gli studi, gli donò una medaglia d'oro e si compiacque in modo particolare pro-

79. Redondi, *Cultura e scienza dall'illuminismo al positivismo*, in *Storia d'Italia. Annali V. Scienza e tecnica*, Einaudi, Torino 1980, pp. 676-811, p. 684.

80. Biblioteca del Museo civico di storia naturale di Milano, Fondo A. Stoppani, Busta 1, fasc. 2c, 9. Modestino Del Gaizo (Avellino, 1854 - Napoli, 1921) fu uno scienziato cattolico di successo. Si occupò in modo particolare di fisica terrestre, meteorologia e vulcanologia, oltre che di storia della scienza.

81. *Ibidem*.

prio degli esiti raggiunti con *Acqua ed aria*⁸². Le tematiche trattate rendono poi il libro ancora fortemente attuale: la precoce sensibilità a problematiche ecologiche che sono oggi al centro del dibattito pubblico, prima fra tutte la gestione e la salvaguardia delle risorse idriche, lo rende particolarmente accessibile al lettore odierno anche se in esso non prendono corpo delle esplicite posizioni protezioniste.

Nonostante sia stato posto in ombra da *Il bel Paese*, che grazie ai suoi intenti a un tempo divulgativi e patriottici conobbe un grandissimo successo editoriale caratterizzando la figura del naturalista lombardo, è *Acqua ed aria* a consegnarci la visione più completa e organica di Antonio Stoppani e del suo impegno culturale. Infatti, egli vi affidò i concetti fondamentali del suo pensiero filosofico-teologico e della sua pratica scientifica. L'opera qui ripubblicata, inoltre, fu tra i suoi lavori più amati e, pur non potendosi stabilire con certezza se in essa "il lavoro letterario vinca lo scientifico o se questo superi quello", essi "si intrecciano e si dispo[ngono] in un tutto così soave e piacevole, che si stenta a deporre il volume, una volta cominciatane la lettura"⁸³.

82. Sull'udienza papale, che si tenne il 15 marzo 1879, cfr. Biblioteca Ambrosiana di Milano, Busta A346 inf, 11.

83. Malladra, *Prefazione*, in *Acqua ed aria*, ed. cit., p. X.

*F. Ghirelli
maggio '40*

ACQUA ED ARIA

OSSIA.

grigio inglese

LA PUREZZA DEL MARE

E

C. Rossi

DELL' ATMOSFERA

FIN DAI PRIMORDI DEL MONDO ANIMATO

CONFERENZE

DI

ANTONIO STOPPANI

SECONDA EDIZIONE RIVEDUTA DALL' AUTORE



ULRICO HOEPLI

LIBRAIO-EDITORE

MILANO

NAPOLI

PISA

1882

PROPRIETÀ LETTERARIA

AVVERTENZA DELL' EDITORE

Esaurita la 1^a edizione di quest' opera, divenuta popolare ad onta della natura dell' argomento che sembrava doverne limitare la lettura agli scienziati soltanto, ho pensato a facilitarne l'acquisto cogli pubblicarne una seconda edizione, a prezzo più accessibile che non fosse quello della precedente.

Per renderla più economica l'Autore aderì a sopprimerne le incisioni, alla cui mancanza, che non toglie alcunchè alla chiarezza del testo, può supplire il Lettore con qualsiasi Atlante geografico, o trattato di Geologia. In compenso ebbe luogo da parte dell'Autore un'accurata revisione con molte aggiunte, la qual cosa varrà a ravvivare la simpatia del Pubblico per una delle più belle opere dell'illustre geologo.

Milano, settembre 1881.

U. HOZELI.

INDICE DELLE MATERIE

	Pag.
AL LETTORE	XIII
CONFERENZA PRIMA. - Dell'economia tellurica come la studia il geologo, ossia dei provvedimenti ordinati a mantenere l'ordine del globo, espressi dalle masse che lo compongono	1
<p>SOMMARIO. - Giustificazione, 1. - Proposizione dell'argomento, 2. - L'economia tellurica e l'ordine dell'universo, 3. - L'ordine dell'universo e un fatto di prima evidenza, 4. - La scienza conferma e lo rischiarà, 5. - Lo studio dell'economia tellurica nelle masse minerali che compongono il globo, 6. - Parte dall'analisi dei fenomeni attuali, 7. - Passa a quella dei rapporti dei fenomeni fra loro, 8. - Continua coll'analisi dei rapporti tra il presente e il passato, 9. - Termina colla scoperta dello scopo finale, 10. - L'uomo come scopo finale dell'economia tellurica, 11. - Programma delle conferenze, 12. - Moralità del programma, 13. - Perché non si estenda che ai minerali più comuni, 14. - Quattro gruppi minerali prescelti, 15.</p>	
CONFERENZA SECONDA. - Si cerca l'origine delle formazioni calcaree nell'azione chimica delle acque incrostanti.	21
<p>SOMMARIO. - Calcarea compatte e marmi, 1. - Saccaroide concrezionare e terroso, 2. - Marne e dolomie, 3. - Potenza ed estensione delle masse calcaree, 4. - Criterio per conoscerne l'origine, 5. - Azione dell'acido carbonico disciolto nelle acque pluviali, 6. - L'erutere si difende da una petizione di principio, 7. - Profonde tracce d'erosione presentate dalle rocce calcaree, 8. - Processo di ricomposizione per via chimica, 9. - Stalattiti, stalagmiti, alabastrini, cementazione delle rocce incoerenti, 10. - Risultato poco soddisfacente, 11. - Creazione del calcare per mezzo delle sorgenti incrostanti, 12. - Altro risultato che non soddisfa, 13. - Il carbonato di calce nei fiumi, 14. - Pisoliti nei bacini e nei laghi, 15. - Antichi caldari lacustri, 16. - Eccezionalità di tali depositi, 17. - Formazioni calcaree litorali, 18. - Celli di Badia, 19. - Sono ancora depositi eccezionali, 20. - Impossibilità di una formazione calcarea per via chimica nelle profondità sottomarine, 21. - L'origine delle montagne calcaree rimane un problema, 22.</p>	

CONFERENZA TERZA. - La vita considerata come forza tellurica applicata alla eliminazione ed alla fissazione dei sali calcarei.

Pag.
61

SOMMARIO. - I calcari incrostanti sono un effetto sproporzionato alla causa, 1. - La purezza del mare è ancora un problema, 2. - Il problema trova una soluzione nella forza vitale, 3. - La vita considerata come forza tellurica, 4. - L'ordine dell'universo basato sull'antagonismo tra le forze vitali e le forze fisiche, 5. - L'eliminazione dei sali calcarei dalle acque marine ne porge una prova, 6. - Quadro della vita marina. Cetacei e pesci, 7. - Molluschi natanti, 8. - Gli analfi, 9. - La fosforescenza del mare, 10. - L'eliminazione dei sali calcarei non si ottiene ancora, 11. - Gli abitatori del fondo marino, 12. - I secretori dei sali calcarei, 13. - I secretori nella prima regione del mare sono i fabbricatori dei calcari marinosi, 14. - Esempi a dimostrazione della tesi, 15. - Banchi d'ostriche, 16. - Gli infinitamente piccoli, ovvero un primo saggio della profondità sottomarina, 17. - Natura del fondo, 18. - Scandagli americani, 19. - Scandagli inglesi, 20. - Possibilità della vita nelle profondità sottomarine, 21. - Parallelo tra i calcari delle profondità sottomarine a alcune formazioni calcaree continentali, 22.

CONFERENZA QUARTA. - I coralli e le isole coralline

105

SOMMARIO. - Riassunto della terza conferenza, 1. - I coralli, 2. - Loro limiti geografici, 3. - Formazione delle isole coralline, 4. - Potenza delle formazioni coralline, 5. - Rapidità dell'incremento dei banchi corallini, dedotta dal loro potere riproduttivo e dalla osservazione, 6. - Lo sviluppo dei coralli è una metafisica all'ordine dell'universo, 7. - Gli atolli, 8. - Arcipelaghi corallini, 9. - Confronto tra le barriere coralline e gli atolli, 10. - Supposto della soppressione dei rilievi circondati dalle barriere per via di un abbassamento del fondo marino, 11. - Gli atolli dimostrano che il supposto è un fatto, 12. - Grandiosità del fenomeno, 13. - Supposto abbassamento delle Alpi e delle Prealpi, 14. - Effetti providamente ottenuti dalla natura nel processo descritto, 15.

CONFERENZA QUINTA. - La circolazione del mare considerata in ordine alla distribuzione dei sali marini e specialmente dei sali calcarei.

135

SOMMARIO. - Fatti contraddittori, 1. - La salsedine marina deriva dai continenti fin dai primordi dell'animalizzazione del globo, 2. - L'uniforme distribuzione dei sali è anch'essa un fatto primitivo, 3. - Conseguente necessità di una circolazione marina, 4. - Ipotesi di un oceano stagnante, 5. - La circolazione marina nel suo vero concetto, 6. - Il sole primo motore della circolazione marina, 7. - È insufficiente allo scopo, 8. - I secretori come fisico motore della circolazione marina, 9. - Gli animali marini come motore idraulico, 10. - Necessità di una circolazione da emisfero a emisfero, 11. - L'evaporazione e la concentrazione come principali motori di questa circolazione, 12. - Le acque derivano dalle terre ai mari, 13. - Presentemente dall'emisfero boreale all'australe, 14. - L'esterna configurazione del globo considerata come un grande apparato per lo scambio delle acque tra i due emisferi, 15. - Descrizione

del l'apparato, 16. - Obiezione, 17. - Altra obiezione 18. - La marea ordinata allo scambio delle acque tra i due emisferi, 19. - La corrente del golfo come principale ordigno allo stesso scopo, 20. - Parte attribuita al sistema delle correnti sottomarine, 21. - L'assenza di coralli nell'Atlantico e una prova del riflusso delle acque dagli oceani australi, 22. - Altra prova dedotta dalla maggior salsedine dell'Atlantico, 23. - Ancora un'obiezione, 24. - Un'altra e poi basta, 25. - Conclusione, 26.

CONFERENZA SESTA. - La cronologia delle formazioni calcaree dimostra continuato fin dalla prima epoca dell'animalizzazione il magistero che esse rappresentano

199

SOMMARIO. - Quadro sintetico delle evoluzioni telluriche rappresentate dalle formazioni calcaree, 1. - La geologia stratigrafica come prova della continuità del magistero descritto, 2. - Sintesi stratigrafica della storia della terra, 3. - Limiti della geologia stratigrafica, 4. - Era protozoica, 5. - Era paleozoica, 6. - Terreni cambriani, 7. - Siluriani, 8. - Devoniani, 9. - Carboniferi, 10. - Permiani, 11. - Era mesozoica e terreni del trias, 12. - Terreni del Giura, 13. - Terreni della creta, 14. - Era cenozoica e terreni terziari, 15. - Era neozoica e antropozoica, 16. - Conclusione, 17.

CONFERENZA SETTIMA. - Depositi di salgemma e prime indagini per scoprirne l'origine.

233

SOMMARIO. - Complessità della salsedine marina, 1. - I sali insolubili o assimilabili e 3 sali solubili o non assimilabili, 2. - Gli insolubili seguono il carbonato di calcio nel processo della loro eliminazione, 3. - I solubili seguono il cloruro di sodio, 4. - Ammassi di salgemma, 5. - Le saline del Dürrenberg, 6. - Di Bex, 7. - Di Northwich, 8. - Potenza della formazione salina in tutte le regioni del globo, 9. - Origine sedimentare del salgemma, 10. - I laghi salati, 11. - Si domanda se i laghi salati non siano porzioni di mare intercettate, 12.

CONFERENZA OTTAVA. - Sulla necessità della eliminazione del cloruro di sodio dalle acque marine e sui processi impiegati dalla natura per ottenerla.

263

SOMMARIO. - Necessità di una conveniente dose di sal marino, 1. - Tal dose non può mantenersi senza l'eliminazione di esso sale, 2. - Processo per ottenerla, 3. - Lagune comunicanti o intercettate, 4. - Come le lagune comunicanti si convertano in saline, 5. - Come si convertano in saline le lagune intercettate, 6. - L'istmo di Suez ne porge un esempio, 7. - Mari intercettati per sollevamento, 8. - Vicende dei mari intercettati secondo le diverse condizioni idrografiche, 9. - Vicende dei mari comunicanti, 10. - Il Baltico, 11. - Il Mediterraneo, 12. - Esistenza di una controcorrente di scarico in questo mare, 13. - Ipotesi della chiusura dello stretto di Gibilterra, 14. - Il Mar Rosso, 15. - Riassunto dei diversi casi che possono presentare i mari intercettati, 16. - Obiezione dedotta dal Mar Caspio, 17. - Ipotesi inammissibile, 18. - Il Karabogaz e le lagune eliminatrici dei sali del Caspio, 19. - Conclusione, 20.

CONFERENZA NONA. - I depositi di salgemma rappresentano mari intercettati nelle diverse epoche del globo. 305

SOMMARIO. - Proposizione, 1. - Primo argomento dedotto dalla forma a bacino dei depositi di salgemma, 2. - Secondo argomento dedotto dagli organismi contenitivi, 3. - Terzo argomento dedotto dall'origine marina dei terreni saliferi, 4. - Il trias come epoca di mari intercettati, 5. - Quarto argomento dedotto dalla associazione del salgemma coi sali delle acque madri, 6. - Le saline artificiali, 7. - Il deposito di Stassfurt, 8. - Le oscillazioni del globo ordinate alla produzione dei banchi di salgemma, 9. - Strati triasici ad orme in America ed in Europa, 10. - Provano la lenta depressione dei mari intercettati, 11. - Esempi di depositi di salgemma che rimangono spiegati, 12. - I fanghi salati, 13. - Il processo per l'eliminazione del cloruro di sodio risponde esattamente al bisogno, 14. - Sua continuità in tutte le epoche del globo, 15. - Era paleozoica, 16. - Era mesozoica e cenozoica, 17. - Era neozoica e antropozoica, 18. - I laghi salati attuali sono mari intercettati, 19. - Conclusione, 20.

CONFERENZA DECIMA. - Il regno vegetale considerato come forza tellurica ordinata al mantenimento della purezza dell'atmosfera. 349

SOMMARIO. - La vita nell'Oceano atmosferico fin dal principio del mondo, 1. - La purezza dell'aria è un problema, 2. - Necessità di un magistero all'uso, 3. - Rassegna dei combustibili fossili, 4. - Loro origine vegetale, 5. - Quadro della vita vegetale, 6. - Il regno vegetale come forza tellurica, 7. - La respirazione delle piante, 8. - Necessità di una continua produzione dell'acido carbonico, 9. - Sorgenti perenni del gas atmosferico, 10. - Sorgenti perenni dell'acido carbonico, 11. - Tentativo d'un calcolo sulla quantità dell'acido carbonico d'origine endogene, 12. - Sorgenti termo-minerali e meteo del Senese, 13. - Quantità dell'acido carbonico da esse prodotto, 14. - Dal piccolo al grande, 15. - I vulcani come principale sorgente dell'acido carbonico, 16. - Necessità della sua continua eliminazione, 17. - Le piante sono impotenti ad ottenerla, 18. - Si combatte come è ammessa universalmente la legge di compensazione stabilita dal modo di respirazione degli animali e delle piante, 19. - Necessità telluriche in opposizione con questa legge, 20. - Si stabilisce la necessità di una circolazione dell'acido carbonico tra l'atmosfera e la terra, 21.

CONFERENZA UNDICESIMA. - Processi impiegati dalla natura per attivare in tutti i tempi la circolazione dell'acido carbonico. 399

SOMMARIO. - Eliminazione delle piante o delle aree boschive, 1. - Torbificazione, 2. - Fluttazione delle piante per mezzo delle correnti di terra, 3. - Per mezzo delle correnti marine, 4. - Sostituzione delle aree per mezzo delle oscillazioni del globo, 5. - Lentezza di questo processo, 6. - La geologia supplisce all'esperienza, 7. - Antichi depositi per fluttazione, 8. - Si propone lo studio dell'epoca carbonifera in ordine alla tesi, 9.

CONFERENZA DODICESIMA. - Il processo della sostituzione delle aree boschive nell'epoca carbonifera. 415

SOMMARIO. - Terreni carboniferi, 1. - Unità dell'epoca da essi rappresentata, 2. - Fauna, 3. - Flora, 4. - Potenza degli ammassi di carbone, 5. - I letti di carbone fossile non rappresentano né torbiere né ammassi di legname fluitato, 6. - Sono foreste sommerse e sepolte, 7. - Foreste fossili in Europa, 8. - In America, 9. - Tronchi storici, 10. - Le oscillazioni del globo come causa della formazione del terreno carbonifero, 11. - Parallelo tra i Paesi-Bassi e le terre carbonifere nell'ipotesi di successivi abbassamenti delle regioni boschive, 12. - Un episodio dell'epoca carbonifera, 13. - Conclusione, 14.

CONFERENZA TREDICESIMA. - Dell'origine del ferro sedimentare e della conversione dei vegetali in combustibili fossili, considerate in ordine alle esposte dottrine. 447

SOMMARIO. - Necessità d'una dosatura del ferro nelle acque, 1. - Mire providenziali nell'associazione del ferro al carbon fossile, 2. - Le sorgenti marziali, 3. - Eliminazione del ferro dalle acque per l'azione degli organismi, 4. - I laghi ferriferi della Svezia, 5. - Origine del ferro carbonifero, 6. - Conversione dei vegetali in combustibili fossili, 7. - Si spiega come un effetto della fermentazione legnosa, 8. - Prove desunte dall'analisi dei combustibili fossili, 9. - Altre dalla loro relativa antichità, 10. - Che cosa rappresentano i combustibili fossili nel sistema dell'economia tellurica, 11.

CONFERENZA QUATTORDICESIMA. - Cronologia dei combustibili fossili a dimostrazione della continuità del magistero confidato alle piante. 473

SOMMARIO. - Terza rassegna delle epoche geologiche, 1. - Carboni protozoici, 2. - Carboni paleozoici, 3. - Carboni mesozoici, 4. - Carboni cenozoici, 5. - Ligniti della Germania, 6. - Montagne di legno delle regioni artiche, 7. - Carboni dell'epoca glaciale, 8. - Carboni dell'epoca nostra, 9. - Riepilogo, 10.

AL LETTORE

E il nostro privilegio, o il nostro peso, se non
lo vogliamo accettar come il privilegio,
l'esser messi tra la verità e l'inquietudine.

MANZONI, *Discorso storico*.

Questo libro, a cui l'autore consegna, tardi eppure appena medicate dai più gravi difetti della improvvisazione, le conferenze tenute in Milano al *Salone dei Giardini pubblici* nel 1873, è un libro di geologia, benchè il titolo nol dica espressamente. Vi si parla di minerali, di rocce, di terreni, di fossili, di epoche geologiche. Non è tuttavia (all'autore preme che lo si sappia) nè un brano sott'altra forma del suo *Corso di geologia*, nè un'appendice ad esso, come altri potrebbe darsi a credere facilmente. La geologia elementare gli prestò, è vero, la maggior parte della materia; ma il concetto gli è proprio affatto. La geologia elementare espone e delucida i fatti: questo libro cerca, parzialmente e limitatamente, i principj, ossia le ragioni supreme di alcuni di essi. La geologia elementare perciò non oltrepassa i limiti dell'osservazione e dell'esperienza:

questo libro li trascende, per ispaziare nei campi della pura speculazione. La geologia elementare insomma è scienza: questo libro è un saggio (o almeno il tentativo d'un saggio) della filosofia della scienza. Esso è dettato nella credenza che la geologia sia ormai abbastanza matura per salire dalla sfera dei fatti, dove la sua infanzia la costringeva ad aggirarsi, alla sfera dei principî, dove aspira a levarsi ogni scienza, quando abbia raggiunto un certo grado di sviluppo.

Forse il lettore, principalmente se naturalista, sarà scandalizzato, a sentir dire che la scienza geologica consiste in una semplice esposizione di fatti; quasi essa non si curasse di cercarne le ragioni, o non fosse anzi suo speciale intento di coordinarli in un sistema ragionato di cause e di effetti, di leggi e di fenomeni. Invero scienza non vi è, finchè tra i fatti osservati o sperimentati non esiste legame di ragioni conosciute. Ed appunto cercando, con un processo tutto razionale, nelle leggi sempre inviolabili della natura, le ragioni dei fenomeni di cui il globo è attualmente teatro, la geologia cessò di essere una fantasmagoria, per divenire una scienza. Ma la stessa geologia, come tutti i rami delle scienze naturali, se cerca la ragione immediata di un fatto, la trova in un altro fatto: se di questo vuole anche saperla, la scopre in un terzo fatto; quindi in un quarto, in un quinto, risalendo dai fatti più speciali ai più generali; dando a quelli il nome di fe-

nomeni, a questi il nome di leggi, secondochè gli uni considera come effetti, gli altri come cause, senza che possa uscir mai dalla sfera dei fatti, che non trovano mai, per quanto la si cerchi, una ragione in sè stessi. È vero che in queste indagini lo scienziato si illude, pensando di cercare, e forse di scoprire nelle cose le ragioni delle cose, e confondendo troppo spesso la ragione ultima con una causa qualunque di second'ordine. Ma anche quando crede di aver afferrata la ragione ultima di un fenomeno, non ha scoperto che un ultimo fatto, il quale non ha in sè stesso la ragione di essere, nè la dà dei fatti conseguenti; poichè l'affermare che una tal causa produce un tale effetto, non è dar la ragione per la quale esso effetto si produce.

La *ragione*, o quello che meglio dicesi il *principio*, o intendasi come efficacia di una volontà che si determina ad agire, o come regola che ne governa gli atti, è un elemento che appartiene esclusivamente alla natura razionale. Il materialista una ragione non la troverà giammai. Tutta la natura (tutto quello cioè che suol chiamarsi *natura*, ma che dovrebbe dirsi più determinatamente *natura sensibile*) non può dare un solo *principio*, e non possono darlo, trincerandosi in sè stesse, tutte insieme le scienze che se ne occupano. Cercare nella natura sensibile la *ragione* di un qualunque atto del suo meraviglioso svolgimento, sarebbe come domandare al bue perchè incida così diritti i solchi pa-

ralleli sul campo; alla nave, perchè guidi con così sicura traccia, attraverso l'Oceano, al porto il navigante. Se cercate la ragione perchè la locomotiva corra così precisa alla meta, senza alcuno che le additi il cammino, credereste di averla trovata nelle guide, che le impediscono di fuorviare? Ma le guide non sono che un fatto, che determina un altro fatto, e cerca alla sua volta in altri fatti la ragione di essere e di funzionare: nè una vera ragione la trovereste, finchè almeno non siate giunti, cercandola, fino all'intelligenza ed al volere di chi armò di ferro la via, come immaginò ed eseguì tutti i mirabili congegni per cui la macchina attinge acqua, spinge con moto alterno gli stantuffi, gira le ruote, traducendo in un mondo meraviglioso di fatti coordinati, un mondo più meraviglioso di idee e di voleri. Il materialista è l'uomo che dà alla macchina vita, anima, pensiero e volontà. Ammiratore della natura, scrutatore delle sue leggi, quand'è al colmo dell'entusiasmo, non va più in là del fanciullo che batte le mani ai capitomboli di un automa.

L'esperienza d'ogni giorno, ed in più larghe proporzioni quella delle umane generazioni, hanno però suggerita e radicata nell'umana coscienza l'idea di una Provvidenza, ragione e principio d'ogni cosa creata, il cui concetto è quello di una Previdenza efficace, cioè di una intelligenza divina, che, mentre prevede il bisogno, ha anche il potere e il volere di provvedervi. Il nascere del sole ogni giorno,

l'alternare delle stagioni, cioè di tutti i fenomeni di temperatura, di piogge, di venti, con regolarità ed opportunità così sorprendenti; infine tutto quel sistema di periodicità, così caratteristico di tutti i fenomeni naturali, per cui si mantiene l'equilibrio degli elementi, e si perenna la vita delle piante e degli animali, e tutto si rinnova e si perpetua quaggiù, rivela sufficientemente l'instancabile vigilanza e la provvida attività di un Essere che, anteriore a tutti i tempi, tutto ha preveduto, perchè tutto sia pronto a *tempo opportuno* quanto si esige all'ordinato svolgimento del mondo animato ed inanimato. Ora la geologia, allargando immensamente i limiti del tempo oltre quelli assegnatigli dall'esperienza e dalla storia, allargando con essi il concetto della periodicità e della perennità dei fenomeni tellurici, descrivendo anzi, direi, sulla tela smisurata di un tempo senza confini, circoli ignoti di periodicità così immensamente vasti, che l'esperienza della generazioni non sarebbe riuscita a delinearne un sol grado; la geologia, dico, ha pure immensamente allargato nell'umana mente il concetto della eterna divina Previdenza. Come sotto i nostri occhi si rimutano i giorni, così sotto gli occhi di questa nuovissima fra le scienze si rimutano i mondi, senza che mai l'equilibrio sia rotto, o turbato un solo istante l'ordine dell'universo. E tutto è previsto, misurato, pesato; tutto preordinato ad uno scopo, che non fallisce, non può fallire. Quando si

vede (e la geologia ce lo fa vedere) che l'oggi, con quanto ha di buono e di bello, trova la sua ragione di essere in un giorno che già da milioni di anni ebbe la sua aurora e il suo tramonto; quando i vantaggi di cui godiamo si scorgono preparati, colla economia più previdente, coi più ingegnosi artifici, con cura gelosa, e direbbesi con ambascia materna, tanti milioni di anni prima che orma d'uomo fosse stampata sulla terra, prima ancora che esistessero nemmeno i continenti che l'uomo avrebbe abitati: il concetto della divina Previdenza, come ragione e principio delle rivoluzioni telluriche, si fa nella mente nostra gigante, e solleva lo spirito dalle regioni della scienza in quelle dell'amore.

La geologia, una volta matura abbastanza per levarsi in quest'ordine di riflessioni, è quasi una nuova Rivelazione. Consiste allora, quasi direi, nello svolgimento ideale davanti alla mente di quel gran disegno, che fu realmente preconcepito, preordinato nella eternità, e attuato con progresso e misura nel tempo da Colui che fece la terra per l'uomo, e l'uomo per Sè, ed è come il punto da cui parte ed in cui rientra il gran circolo degli esseri. In questo disegno trova il filosofo le vere ragioni di quella successione meravigliosa di fatti, messi in luce dalla geologia: fuori di esso, incertezza, tenebre, negazione assoluta d'ogni ragionevole perchè. Nel nostro senso la geologia è come un commento grandioso di quella pagina così viva in cui la Sapienza dice, parlando

di sè stessa: « Il Signore mi ebbe seco fin dalle prime sue mosse, prima che alcuna cosa creasse.... Non erano gli abissi, ed io ero già concepita; le sorgenti non erano scaturite; i monti non si rizzavano ancora nella pesante loro mole; ancora non sorgevano i colli.... nè sopra i suoi cardini si girava la terra; ed io ero già partorita. Io gli stavo presente quando curvava la volta dei cieli; quando descriveva, con certa misura, il giro degli abissi; quando involgeva nella sua atmosfera la terra e vi sospendeva le piogge; quando stringeva entro la cerchia de' suoi lidi il mare, e gli additava i confini che esso non doveva oltrepassare.... Io ero con Lui, disponendo di tutto, e mi inebbravo dell'universo che si andava di giorno in giorno svolgendo. » Perchè tanta compiacenza, in faccia a questo apparato di materiali elementi, in Colui che, se basta per ogni verso a sè stesso, è di tale natura che ripugna quasi il pensarlo capace di occuparsi della materia? — « Le mie delizie sono di star coi figli degli uomini.... » Ecco lo scopo finale che, dopo la ricerca dei mezzi, è preso di mira in questo libro.

Questo libro, insomma, non è che un frammento, appena e male abbozzato, di una grand'opera, intesa ad indagare le ragioni della storia della terra, ispirandosi ad un concetto, che, se è nuovo come risultato di meditazioni sopra una scienza affatto moderna, è tuttavia antichissimo, affatto primitivo, perchè implicito nell'idea di Dio, ed in mille modi

affermato dalla Rivelazione, specialmente nella forma più sintetica ove si legge: « Io sono l'*Alfa* e l'*Omega*, il principio ed il fine. » Perciò osò dire l'autore che questo libro aspira a salire dalla sfera dei fatti a quella delle ragioni. Possa non essere una semplice aspirazione!

Milano, 15 maggio 1874.

A. STOPPANI.

CONFERENZA PRIMA

DELL'ECONOMIA TELLURICA COME LA STUDIA IL GEOLOGO, OSSIA DEI PROVVEDIMENTI ORDINATI A MANTENERE L'ORDINE DEL GLOBO, ESPRESSI DALLE MASSE CHE LO COMPONGONO.

SOMMARIO. — Giustificazione, 1. — Preposizione dell'argomento, 2. — L'economia tellurica e l'ordine dell'universo, 3. — L'ordine dell'universo è un fatto di prima evidenza, 4. — La scienza lo conferma e lo rischiara, 5. — Lo studio dell'economia tellurica nelle masse minerali che compongono il globo, 6. — Parte dall'analisi dei fenomeni attuali, 7. — Passa a quella dei rapporti dei fenomeni fra loro, 8. — Continua coll'analisi dei rapporti tra il presente e il passato, 9. — Termina colla scoperta dello scopo finale, 10. — L'uomo come scopo finale dell'economia tellurica, 11. — Programma delle conferenze, 12. — Moralità del programma, 13. — Perché non si estenda che ai minerali più comuni, 14. — Quattro gruppi di minerali prescelti, 15.

1. Il sentimento che il pubblico inspira, per quanto lo s'abbia sperimentato indulgente, è sempre un sentimento di penosa trepidazione. Oggi a questo sentimento si congiunge nell'animo mio un altro più penoso ancora: quello, direi, che prova il reo davanti a' suoi giudici. Mi pongo, quasi per istinto, a sedere in mezzo a' miei uditori, e affissandomi in me stesso, parmi che mi nasca spontanea sulle labbra questa domanda: « Chi è costui che, dando fiato alle trombe, invita il pubblico a venirlo ad udire? Ben presume di sè stesso egli, che senza un

mandato che lo giustifichi, da sè si asside a scranna, per dettarla ad un pubblico così scelto per l'elevatezza della posizione sociale, così intelligente per l'abitudine de' buoni studi, così ragguardevole pel suo acume e per la sua coltura... »

Non oserei nemmeno rispondere a questa severa interpellanza, se non fossi certo di trovare fra gli astanti le testimonianze più stimabili, più gentili, più veritiere, dell'unica ragione che può addursi a scusa della mia baldanza. Sono già tre anni che io sospesi le conferenze geologiche, che, per mandato del R. Istituto tecnico superiore, tenni, pel corso di tre stagioni, al Civico Museo. Eppure non cessò mai, da parte delle più onorande persone, la più viva insistenza, perchè dovessi in ogni modo riprenderle. La stima che altri vi manifesta è come

Amor che a nullo amato amar perdona;

e dal momento che la benemerita Società del Salone mi apriva gratuitamente, e con gentile spontaneità, le sue aule, sarebbe stato scortesia il rifiutarmi a ciò che mi era con sì amabile perseveranza richiesto. Ecco l'unica mia scusa: altre non ne cerco per giustificarmi; e tronco immediatamente, sapendo che non v'ha nulla di più noioso, per chi ascolta, dell'apologia che fa di sè stesso chi parla.

2. Vengo ad un'altra giustificazione, o piuttosto ad una spiegazione, la quale è assolutamente necessaria. Si vorrà forse sapere se, ripigliando le mie conferenze, intendo di intraprendere ciò che si direbbe un *corso di geologia*, o di riaprire e di continuare quello che avevo iniziato e proseguito per tre stagioni al Museo. No: nè

l'una cosa, nè l'altra. Doveva bastare il raziocinio; ma nell'insufficienza di questo, valse l'esperienza a persuadermi che un corso di geologia, o quello di una scienza qualunque, nel senso in cui è universalmente intesa la parola *corso*, è impossibile di continuarlo con intervallo di otto o nove mesi per ciascun anno, con un uditorio, per quanto voglia essere assiduo, necessariamente mutabile e fluttuante. Un corso condotto di questa maniera ha l'aria di uno di quei sermoni recitati in pubblico, che si assaporano fra le più curiose singolarità da chi viaggia l'Inghilterra. Il predicatore, ritto in mezzo a una piazza, o in qualche angolo di una tra le vie più frequentate di Londra o di Liverpool, predica ai passanti fra il vociar della folla e il rotar fragoroso degli *omnibus*, e dei *broughams*. Chi ascolta la dimostrazione si trova, *puta caso*, un miglio lontano da chi se l'è già svignata da un pezzo, dopo aver udito l'esordio, e da chi viene e non arriverà che alla perorazione. Che se v'ha meno intervallo fra gli uditori che si succedono, ad uno tocca la proposizione, all'altro la prova. Pensai dunque che alla forma di un *corso* fosse meglio sostituire quella delle successive *monografie*. Con queste le conferenze di ciascun anno avrebbero per oggetto un gruppo speciale di fenomeni, un'epoca, una teoria geologica, e sarebbero ideate in guisa che, chi vi assiste anche una sola stagione, possa dire di aver inteso, senza bisogno di addentellati nè colle conferenze dell'anno precedente, nè con quelle dell'anno seguente; purchè sia dotato d'un certo grado di quella che si dice coltura comune.

Adottando questo sistema, avrei potuto esordire in quest'anno con qualunque parte della geologia. Avrei

potuto, per dire, intrattenervi della circolazione dell'atmosfera e del mare, dei vulcani o delle miniere, ovvero disegnarvi l'epoca paleozoica o l'epoca glaciale; cibi *distanti e moventi ad un modo*. Ma per essere un po' più libero di quel *liber uomo che si morria di fame*, prima che sapersi decidere a cibarsi di due vivande ugualmente comode e gustose¹⁾, m'appigliai al primo argomento che mi si offerse spontaneo alla mente, ed era di parlarvi *dell'origine dei minerali più comuni, considerata nel doppio intendimento dell'economia tellurica e del vantaggio dell'uomo*. Prevedo però che non mi basterà nemmeno il tempo per completare una tale monografia, benchè quei minerali che possono dirsi propriamente comuni siano così pochi, che, a contarli sulle dita, non si riuscirebbe a toccarle tutte. Mi converrà dunque limitarmi a tre o quattro minerali soltanto, o piuttosto a tre o quattro gruppi di minerali, i quali hanno il vantaggio, considerati sotto un aspetto comune, di rappresentare una parte primaria nell'economia tellurica, di rappresentare cioè il magistero perenne e indefettibile per cui conservossi in tutti i tempi, e ancora si conserva, attraverso tutte le rivoluzioni geologiche, la purezza dei due vitali elementi, l'acqua e l'aria. L'ACQUA e l'ARIA!... l'oceano e l'atmosfera!... i due grandi ricettacoli dei viventi... le due inesauribili sorgenti, a cui attingono la vita tutti i vegetali e gli animali: a cui l'attinsero quanti si succedettero, per una serie infinita di secoli, sulla superficie del

1)

Intra duo cibi distanti, e moventi
 D'un modo, prima si morria di fame,
 Che liber' uomo l'ua recesso a denti.
 DANTE, Paradiso, Canto IV.

globo; dalla prima alga, che cullossi in grembo al mare appena rinchiuso entro i suoi confini, al mostruoso cetaceo che scherza col furore della procella; dal primo liebene senza nome appiccicatosi al primo scoglio che sparse il capo dalle onde, fino all'uomo che s'innebria della luce di questo giorno, sovrano delle terre e dei mari.

3. Forse nascerà in alcuno il desiderio che io formuli precisamente anzi tutto che cosa intenda per *economia tellurica*, e spieghi come il geologo possa vederla espressa nelle masse rudi ed inerti che compongono il globo. Non solo mi sento in animo di sodisfare a questa doppia domanda; ma della doppia risposta vo' fare il soggetto di questa prima conferenza, mirando, più che altro, con queste famigliari conversazioni, a cui l'odierna serve come d'*introduzione*, a porgere, quando mi riesca, un saggio di quella *Economia providenziale della natura* la cui cognizione parmi debba essere lo scopo supremo a cui deve mirare la scienza geologica.

Intendo per *economia tellurica* quel sistema di forze coordinate, ideato nella mente di Dio e messo in atto dal suo amoroso volere, perchè il globo terracqueo potesse diventare la dimora della creatura intelligente, composta d'anima e di corpo, che sarebbe venuta a compiervi la sua mortale peregrinazione: intendo cioè quel complesso di leggi, quella catena di cause e di effetti che lega i primordi del mondo all'istante in cui viviamo, e per cui si mantiene, dal primo momento della creazione, a finale vantaggio dell'umanità, quello che noi diciamo *ordine dell'universo*, benchè, considerato limitatamente alla nostra piccola sfera, debba dirsi piuttosto *ordine del globo* in rapporto coll'ordine dell'universo.

4. Ordinò dell'universo?... Ecco ciò che si rivela da sé, anche alla mente più limitata; ecco ciò che riesce parlante nei più piccoli come nei più grandi fenomeni della natura. Noi ci imbeviamo talmente di questa idea fin dall'infanzia, che identifichiamo la natura, cioè il mondo retto da certe forze, coll'ordine che ne è un requisito in corrispondenza coi nostri bisogni. Appena quest'ordine momentaneamente si turba, appena il fenomeno più ordinario oltrepassi un pochino la misura che ci pare conveniente ai nostri bisogni, noi diciamo che la natura si turba, e ci turbiamo noi stessi. Ma realmente la natura non si turba mai; nè si turba quell'ordine, il cui concetto è più universale di quello che noi, informando i nostri giudizi ai nostri bisogni individuali, troppo egoisti, e spesso ignari di ciò che più ci conviene, ce ne siamo formati, non pensando che esso abbraccia tutti i luoghi, tutti i tempi tutte le creature, e tutto avvia ad uno scopo finale che noi non possiamo colla nostra mente raggiungere. Gli antichi ammirarono quest'ordine benchè non conoscessero, delle leggi che governano il *cosmos*, che quanto si rivela all'occhio del volgo, il giro del sole, la danza delle stelle, il succedersi delle stagioni, del giorno e della notte, sono fenomeni affatto volgari, ma pur bastevoli a ingenerare nella mente, anche degli uomini più selvaggi, l'idea dell'ordine, la quale include l'idea di una sapienza ordinatrice.

5. La scienza moderna ci allargò assai la via dell'analisi, e ci permise di figgere gli sguardi nei penetrati dell'atomo, per studiarne l'ordito, o di lanciarsi nella immensità dello spazio, in cerca di nuovi mondi, che sembrano moltiplicarsi ad ogni istante, come spore fluttuanti

nei campi sconfinati del cielo. Ma il naturalista, il fisico, il chimico, l'astronomo, di ritorno dalle loro inebbranti peregrinazioni, non seppero che ridirci le meraviglie dell'ordine, senza poter trovare parole sufficienti per esaltare le finezze dell'economia dell'universo. La terra ci apparve regolata a guisa di una grande famiglia, composta di figli titanici, dalle braccia erculee, dal viso terribile, facili all'ira, spesso turbolenti: sono i formidabili elementi che sembrano ad ogni tratto voler sommergere il mondo in una guerra di morte. Ma tutti obbediscono al cenno del padre di famiglia, più forte di tutti, provvido e sapiente, che distribuisce gli uffici, dirige i lavori, temprà le ire, raffrena le smanie; e tutti servono all'ingrandimento della casa; sicchè, dove tutto par che minacci il disordine e lo scompiglio, si respira un'aria di tranquillità patriarcale. La terra è anche, se volete, una grande officina, dove è tutto un girar di ruote vertiginose, un cigolare di perni, uno stridere d'ingranaggi, un ardere di fuochi, un turbinare di acque. Si direbbe un caos; ma i prodotti che escono da cotesto caos, grandiosi del pari che portati al massimo grado di finimento, attestano la potenza del pari che la perfezione dei meccanismi.

6. Vi pare che io v'abbia sufficientemente spiegato che cos'è questa *economia tellurica*? Se ora vi piace di sapere come mai il geologo ne trovi l'espressione nel presente e nel passato nelle grandi masse minerali che compongono il globo; vi risponderò che egli ve la trova appunto considerando quelle masse come lavoro a cui si attese e si attende da quella potente e numerosa famiglia di elementi la quale rappresenta, direi, la mano d'opera nella fabbrica dell'universo. Non giudicate voi infatti del-

l'indole e della perizia dell'artefice dalla qualità e dalla opportunità del lavoro? del congegno e della perfezione della macchina, dalla forma e dalla bontà del prodotto? Voi già vedete pertanto che qui non si tratta punto di una semplice esposizione di fatti, riguardanti le diverse formazioni, i diversi terreni: si tratta di cercarne le ragioni e lo scopo, di considerarli come mezzo per raggiungere un fine. È allora soltanto che il geologo può dirsi lo storico della terra. Infatti se io dicessi che lo storico è un semplice espositore dei fatti; egli se l'avrebbe a male, e mi ammonirebbe a non confonderlo col cronista. Lo storico narra i fatti, ma al tempo stesso ne va indagando le ragioni; osserva la fonte da cui originarono gli avvenimenti e gli effetti che ne conseguirono; nei singoli avvenimenti trova l'espressione del tempo, contempla una fase dell'umanità, poi levandosi più alto, e girando lo sguardo in più spazioso orizzonte, con sintesi ardita, considera negli avvenimenti che si succedono, dalla più remota antichità fino al giorno in cui vive, lo svolgimento del genere umano. Egli trova così come gli avvenimenti che si compiono in oggi hanno radice in quelli che succedettero molti secoli or sono, e con profetico sguardo spia l'avvenire dell'umanità, ne divina lo scopo finale, quello scopo che ciascuno trova in un tipo di perfezione del genere umano inteso pur troppo dai diversi in diverso senso ed anche a rovescio di quello che dev'essere, e a cui si spera di giungere per diverse ed anche per contrarie vie; ma che per quanti hanno fede nell'avvenire, è la perfezione alla quale sono ordinate le rivoluzioni e i progressi sociali.

7. Così fa il geologo. Esso comincia collo studiare i fenomeni della natura, cioè gli avvenimenti che si succe-

dono attualmente, o che si leggono scritti sulle pagine indelebili degli strati che compongono il globo. Perciò enumera i corpi di cui consta la massa della terra, studia la struttura delle montagne, ne indovina l'origine, rievoca i mondi che furono, li passa in rassegna. Ma ciò non gli basta. Egli è lo storico della terra. Perché quelle rivoluzioni del pianeta? Perché quel rimutarsi continuo di terre e di mari? Perché quel continuo immutarsi di flore e di faune? Che cosa rappresenta nel grande imperituro sistema dell'universo quella o quell'altra fase del pianeta? A qual fine furono ordinate? Qual'è l'essere privilegiato destinato a goder di tutte le meraviglie del passato e del presente? E così via via, finchè la scienza del passato in accordo con quella del presente e colle aspirazioni verso il compimento dei destini dell'uomo, non gli abbia detto, in una sintesi suprema, lo scopo del creato.

Quale sublime soddisfazione non deve ingenerar nell'animo una tale contemplazione delle meraviglie del passato, dal punto di vista dei godimenti presenti e delle aspirazioni al futuro! Quanto dilettevole, anche considerati isolatamente e nel solo presente, i fenomeni della natura! Una gemma, un fiore, un insetto, bastano talora ad eccitare nello spirito nostro una specie di delizioso esaltamento. Quante meraviglie infatti in un moscherino! Per esaltarci, per sentirci ripieni di meraviglia e di diletto, fa egli bisogno di trascorrere i limiti disegnati nello spazio da quel piccolo mondo, che si agita, come un pulviscolo, nell'aria?

8. Ma i singoli fenomeni, i singoli oggetti che il naturalista osserva e descrive, non sono che le parti di una grande figura. Un occhio, una mano, un piede, disegnati da un Raffaello o scolpiti da un Canova, sono pure la

bella cosa; ma ci lasceranno freddi nella semplice contemplazione della forma. Così, per quanto il diletto che noi riceviamo dalla contemplazione di un fenomeno, o di una serie di fenomeni, possa levarsi fino all'esaltamento, questo non sarà che freddezza in confronto di quel piacere che noi proviamo studiando la natura, non soltanto nei fenomeni che ci presenta, ma nel coordinamento di essi sotto l'impero di una legge suprema da cui emana l'ordine dell'universo. L'ineffabile diletto dell'arte, che non ci procurerebbe una parte qualunque dipinta o scolpita in un modo divino, lo proveremo invero quando quell'occhio, quella mano, quel piede, si collocheranno al loro luogo in una Madonna di Raffaello, o in una Psiche del Canova. Allo stesso modo il vero sentimento della natura nasce, non semplicemente dallo studio dei singoli fenomeni, ma da quello delle leggi ond'essi sono ordinati ad un intento; dallo studio dei loro rapporti, per cui i diversi fenomeni entrino quasi a far parte di un grande dipinto, di un gruppo immenso, diciam meglio, di un meccanismo universale, in quanto cioè figurano o come prodotti o come fattori dell'*economia tellurica*; chè i fenomeni terrestri sono l'uno e l'altro ad un tempo.

9. A questa prima sintesi però ci arrivano più o meno perfettamente il fisico, il chimico, l'astronomo, il naturalista in genere, quanti insomma studiano, sopra un campo più o meno vasto, la natura presente. Ma il geologo pretende più in là; anela ad una sintesi più perfetta. Come, studiando gli strati, centuplica i mondi; così centuplica le meraviglie della natura: come osserva tutte le forze della natura, coordinate a mantenere l'ordine del

presente; così vede le stesse forze intese allo stesso fine in passato. Vede ancora di più: vede il passato coordinato al presente; vede da un ordine, che sembra le cento volte scomporsi, nascere un ordine che le cento volte si rinnova; vede da un mondo che si dissolve, svolgersi un altro mondo più bello del primo; vede la terra svolgersi senza scomporsi nel tempo, come ora rota senza scomporsi nello spazio; la vede presentarsi sotto forme diverse, che accennano al suo non mai interrotto cammino verso un tipo di maggior perfezione, che pare annunciarsi sempre più vicino dalla eccellenza sempre maggiore de' suoi abitanti.

10. Qual è lo scopo di questo impianto meraviglioso, di quest'ordine che sempre si rinnova, e sempre appare più bello? Ecco il geologo al punto più elevato a cui aspira come storico della terra. L'Autore della natura si propose forse a scopo semplicemente di creare una macchina automatica, per vederla svolgersi inconsapevole, e produrre ciò di cui Egli non abbisogna? Veramente noi troviamo che già da secoli e secoli vi hanno due mondi di creature viventi, che si perpetuano sulla terra, e a cui sono ordinate le meraviglie del mondo inanimato. Sono i vegetali e gli animali: questi vincolati a quelli; entrambi al mondo inorganico, il cui minimo disordine porterebbe l'eccidio dei viventi. Ma, considerando bene le cose (lo vedremo evidentemente più tardi), le piante e gli animali sono piuttosto ordinati a produrre, che a godere di quanto si produce: entrano anch'essi come ordigni nella gran macchina; sono anch'essi ingranaggi e ruote. Ammettiamo tuttavia che l'ordinamento del globo sia, come fu in tutti i tempi, stabilito dap-

prima per la conservazione e il perpetuamento della vita sulla terra; ammettiamo che il mondo inorganico sia ordinato all'organico, e questo al mondo animale, che poggia più alto. Ma ancora, a che pro? Valeva egli la pena di stabilire un disegno così meraviglioso, per dar vita ad esseri che non pensano, non amano, non sanno nè riconoscere nè ammirare quell'abisso di sapienza che opera a loro vantaggio, nè balbettare una parola di ringraziamento a Colui che con affetto materno veste i gigli del campo e pasce gli uccelli dell'aria?...

11. Domanderò a voi, o signori, che cosa è mai la natura, isolata da un'intelligenza che almeno la contempli? Che è mai la terra senza l'uomo? Una sala, riccamente addobbata, ornata d'oro e di gemme, tappezzata di dipinti meravigliosi, seminata di statue e di gruppi parlanti, ma senza un raggio di luce; un palagio fornito a dovizia di quanto, non solo può soddisfare al bisogno, ma servire al comodo, procurare il diletto, provvedere alla magnificenza, ma vuoto di abitatori. La terra senza l'uomo è un non senso.

Lo studio della geologia, in chi non sappia levarsi fino a quel punto a cui abbiamo detto doversi spingere il geologo, può davvero ingenerare il sospetto di un tale non senso. Tanti mondi si succedettero... Perchè? - Tante generazioni apparvero e si spensero... Perchè? - Tutta la terra è, per dir così, fabbricata coi ruderi splendidissimi di mille mondi sfasciati; e quanta parte di quei ruderi immensi non sono che cumuli di spoglie di infinite generazioni che hanno vissuto non viste dall'uomo! Quanto spreco! Quanti campi non solcati! Quante messi non mietute! Quanti boschi che marcirono non tocchi

dall'accetta! Quanti animali sparsero inutili sudori, e ingrassarono coi loro cadaveri le pianure non colte! Quanti mari che non sentirono l'onda rotta nè da un remo nè da una prora! La Divina Sapienza s'è diletta ella veramente sol di foggiare in mille modi fantastici i bizzarri trilobiti, di armare di formidabili denti i mostruosi ittiosauri, di disegnare così uniforme e così varia a un tempo la spira degli ammoniti, di rizzare sulle tarde piante i colossali mastodonti e gli immani megateri, di ombreggiare di lepidodendri, di sigillarie e di calamiti le terre, man manò che sorgevano dal mare?...

Ma chi pensa così arriva forse or ora da lontani paesi, sopra un carro spinto a furia dal vapore, che riceve la forza da un carbone riposto gelosamente in seno alla terra milioni d'anni or sono, in quell'epoca meravigliosa che per ciò si disse carbonifera: la via è lastricata di ferro, che trovossi immagazzinato a lato del carbone nell'epoca stessa. Quest'uomo gusta ogni giorno le vivande condite col sale già da migliaia e migliaia d'anni accumulato nelle saline dell'epoca triasica. Ha forse appena ammirato una statua sul cui volto

Balena l'immortal raggio dell'anima¹⁾;

una grandiosa metropoli, senza pensare che, migliaia e migliaia d'anni or sono, milioni e milioni di animaletti, quasi immensa moltitudine di servi obbligati al lavoro, ne prepararono i materiali candidi o colorati, monocromi o variopinti.

¹⁾ G. GIUSTI, *La fiducia in Dio*.

Eccovi, o signori, il punto supremo a cui attinge filosofando il geologo. Questo punto supremo è la scoperta dello *scopo finale* di tutti quei fenomeni, di tutti quegli avvenimenti di cui s'intesse la storia del globo che egli si studia di narrare. Lo scopo finale dell'ordine dell'universo, in quanto si può contemplare e sperimentare quaggiù; di quell'ordine che abbraccia il passato come il presente, non dimenticando indubbiamente l'avvenire. Questo scopo finale è l'uomo, che trova realmente come tutto serva mirabilmente al suo sviluppo fisico, intellettuale e morale; che sentesi così sollevato al disopra della sensibile natura, signore degli spazi e dei tempi, collocato in quel seggio che il Creatore gli ha destinato e preparato fin dal principio del mondo.

12. Credo, o signori, di avervi chiarito, benchè imperfettamente, il concetto dell'economia tellurica, che noi intendiamo di studiare parzialmente nelle masse minerali ond'è composta la crosta del globo. Credo in pari tempo d'avervi tracciata la via da seguirsi in questo studio, se vi darà l'animo di seguirmi per tutto il corso di queste nostre amichevoli conversazioni. Cominceremo cioè dapprima collo studio dei fatti, osservando la natura dei diversi minerali di cui intendiamo occuparci, e studiandone le giaciture, le condizioni, i rapporti. Questo primo studio, che sarà sempre assai breve, appena di quel tanto che basti ad informare sufficientemente chi sia affatto digiuno di mineralogia e di geologia, ci condurrà a scoprire l'origine di quei minerali. Scoperta una tale origine, ci troveremo presto in grado di riconoscerne i rapporti collo svolgimento del globo nelle sue diverse fasi; di riconoscere cioè quale è la parte che essi rappresen-

tano in quel sistema di economia tellurica che generò tanti mondi, tutti successivamente coordinati al mondo presente. Ci sarà facile allora di vedere come tutto quell'impianto di sapientissima economia, messo in azione fin dal principio dei tempi, tutto, nel passato come nel presente, sia ordinato al vantaggio dell'uomo. Anzi questo è un fatto di cui potrò trascurar la dimostrazione, parendomi veramente superfluo, con chi gode tanto e in sì vari modi, l'insistere a provare il vantaggio di quello di cui gode. Mi basterà di condurlo a riflettere da sè stesso, come il suo vantaggio era, non solo previsto, ma voluto e procurato milioni d'anni prima ch'egli esistesse; sicchè spontaneamente gli nasca nell'animo quel sentimento di venerazione, di gratitudine, di speranza e di amore, che dev'essere lo scopo d'ogni nostro studio, perchè anche la scienza non sia messa nel cumulo delle vanità. Forse alcuno vi sarà il quale non vorrà acconsentirmi così facilmente che questo preordinamento della natura al vantaggio dell'uomo sia una rivelazione di una potenza, di una sapienza, di una bontà infinita. Costui non sarà tuttavia il più pigro a goderne tutti i possibili vantaggi, bastandogli da parte sua di liberarsi dal peso della gratitudine.

13. La scienza, così intesa, non è quella, voi vedete bene, la quale non fa che rinfacciare all'uomo il suo nulla, senza ricordargli in pari tempo la sua eccellenza; che esulta, come di una grande scoperta, quando trova nel di lui organismo qualche tratto che sembri avvicinarlo alle bestie un tantino di più; che, limitandolo entro i confini dei tre regni della natura, la quale non può dargli nè tutto quanto desidera, nè sempre quando desidera, ne

fa uno schiavo uggioso e renitente, un ludibrio, non superiore agli altri animali che per la capacità di sentire l'insulto che gli altri non sentono. Quando la natura, nel passato e nel presente, trovasi ordinata in un grande sistema tutto a vantaggio di un essere che pensa ed ama, si comprende la superiorità dello spirito sulla materia animata o inanimata e con facile slancio noi passiamo dalla sfera del sensibile alla sfera del soprasensibile, dai regni della morte ai regni dell'immortalità e dell'eterno, a cercarvi quanto la mortale natura, ad onta di sì meravigliosa esuberanza di beni, ancora ci niega.

14. Restami a dire quali saranno le masse minerali di cui vogliamo formare argomento delle nostre conferenze, e dal cui studio ci ripromettiamo di poter poggiare così alto. I minerali di cui intendo intrattenermi, sono i più comuni, i più vili... I più vili per noi, che troppo spesso prendiamo la misura della nobiltà di un ente dal diletto dei sensi e dalla difficoltà che abbiamo di procurarci quanto li appaga. I minerali più comuni, se sono gli ultimi a procurarci diletto, o tali diletto ci procurano che col continuo e facile uso inviliscono, sono però quelli che meglio soddisfano ai nostri bisogni; quelli che più giovano alle nostre industrie; quelli che più direttamente servono al progresso fisico, intellettuale e morale dell'umanità; quelli pertanto il cui studio è più conveniente alla nostra educazione, e più necessariamente richiesto da quella coltura generale, che ciascuno, il quale rispetta sè stesso, è in obbligo di procurarsi. Questo studio è anche il più dilettevole; se per diletto intendiamo non soltanto l'appagamento di una vana curiosità, ma la soddisfazione dell'intelletto e del cuore, che

è tanto più grande quanto più amabile è la verità che s'intende.

Bello, fra gli splendori d'una veglia, contemplare lo sfoggio dei più geniali prodotti del regno minerale! L'argento vi figura già come cosa vile, nè gli è permesso di presentarsi che tutt'al più come decorazione delle pareti o delle mense. L'oro riesce già difficilmente ad attirarsi gli sguardi, impallidendo al lampeggiare degli onici, delle ametiste, delle turchesi, dei topazi, degli smeraldi, dei rubini, dei diamanti. Oh come brillano quei gioielli, ove la luce si rifrange coi colori dell'iride! Vi ha forse intanto chi s'aggira, guardando con cupido sguardo quei nianoli splendenti, inteso soltanto a misurarne il volume, ed a contarne i carati. V'ha fors'anche colui che, conscio degli orrori che si celano sovente sotto le vesti sfarzose e i vezzi d'infinito valore, vede quelle gemme goccianti di sudore e di sangue, e vi scorge le tracce delle vittime umane, e vi legge gli odi fraterni, i parricidi, la rovina delle famiglie, la schiavitù dei popoli, e tutto un cumulo orrendo di miserie, di lagrime, di delitti. Oh! la storia dell'oro e dei diamanti... chi dovesse scriverla!... Più volentieri lo sguardo si volge a quei minerali che si calpestano ogni giorno colle materie più vili: alla calce, al carbon fossile, al ferro, ecc. Essi ci favellano di prosperità, di lavoro, di libertà, di nobile gara d'industria, di ripartizione di beni, infine dell'universale progresso di cui sono principali elementi; in essi risplende la bontà del Creatore, la sua magnificenza, la sua quasi prodigalità, men guasta dall'avarizia, dalla vanità, e da ogni genere di abusi dalla parte dell'uomo.

15. - E fra i minerali più comuni, quali sono essi quelli di cui intendo ragionarvi in quest'anno? - Quelli rispondo, i quali, considerati, come dissi, sotto un certo aspetto, rappresentano una parte principalissima di quel sistema d'economia su cui è fondato l'ordine dell'universo: quelli cioè precisamente i quali rappresentano quella parte di detto sistema che assicura ai due principali elementi del globo, all'acqua e all'aria, il mantenimento delle condizioni per cui rispondono alle esigenze della vita, alle necessità non solo, ma al perfetto benessere dei vegetali e degli animali che la vita attingono a quei due elementi, e per cui sono costantemente assicurati tutti quei vantaggi che l'uomo può cavare dai tre regni della natura. I minerali, o piuttosto *gruppi di minerali*¹⁾, di cui intendo intrattenermi non sono che quattro: il *carbonato di calce*, ossia il *calcare*, con tutte le sue varietà di composizione e di struttura; il *salgemma*; i *combustibili fossili* e il *ferro sedimentare* ugualmente colle loro rispettive varietà.

¹⁾ Il concetto di *minerale* è inteso dai mineralogisti in un senso assai più ristretto che non lo intenda il geologo. Il minerale nella sua purezza, come è inteso dal mineralogista, si presenta generalmente sotto forma di cristallo, avente una forma geometrica determinata: presenta inoltre una composizione chimica determinata e costante, risultante cioè dalla combinazione di alcuni elementi o corpi semplici in proporzioni definite, ed offre un certo grado di durezza, un certo peso specifico costante. Ma i minerali comuni non si presentano che di rado, relativamente parlando, nella loro purezza, nella loro individualità cristallina. Generalmente sono impuri e amorfi, e compongono delle grandi masse, con grandi diversità di composizione e di struttura. Il geologo si occupa principalmente di questi minerali che si presentano in grandi masse, e come tali assumono a preferenza il nome di *rocce*, costituendo però un gruppo speciale, che lo ha distinto col nome di *rocce semplici* (*Corso di geologia*, vol II, pag. 13). Le rocce semplici sono minerali in roccia, ossia costituite da un solo minerale in grandi masse. Siccome poi i mi-

Io domando a me stesso: - Non sarà un abusare soverchiamente della pazienza del mio uditorio, intrattenendolo così lungamente di un così piccolo numero di minerali? Avrà esso la sofferenza di sentirsi ragionare, per due, tre, quattro giorni di seguito, di calce, di sal di cucina, di carbon fossile? - Eppure a queste sì vili materie si coordina tanta parte del mondo fisico, intellettuale e morale!... Quando si pensa che i destini delle nazioni, i destini dell'umanità, sono per sì gran parte vincolati all'esistenza, o alla maggiore o minore abbondanza di ciascuna di quelle spregievole materie; si può ben rimanere lungo tempo estatici davanti a un pezzo di calce o di carbone. Lo stesso si ripeta quando si pensi all'ineffabile magistero rappresentato da ciascuna di esse. Parmi sarà un grande godimento per noi, quando, con ciò che ci riusciva dapprima più che indifferente, per esempio con un pizzico di sale, arriveremo senza volerlo, per associazione d'idee, e suscitare nella fantasia lo spettacolo dell'universo.

Ma basti per oggi. Nella prossima conferenza cominceremo lo studio dell'economia tellurica sul campo pratico, ponendoci davanti il più comune di tutti i minerali che si trovino in grandi masse, cioè il calcare.

nerali in roccia presentano un numero infinito di varietà, derivanti specialmente dallo stato di purezza od impurità maggior o minore, ne risultano dei gruppi numerosi, ove si comprendano tutti i minerali omonimi, distinti ciascuno da un epiteto speciale, e stanno come le varietà alla specie, la quale è rappresentata dal tipo considerato dai mineralogisti. Il carbonato di calce, per esempio, sotto il nome di *spato calcareo*, avente forma cristallina e determinata composizione, è la specie dei mineralogisti; il carbonato di calce, ossia il *calcare* del litologo, misto ad altri elementi, alla silice, al ferro, all'argilla, ecc., crea delle varietà, che sono distinte col nomi di *calcare siliceo*, di *calcare ferruginoso*, di *calcare argilloso*, ecc.

CONFERENZA SECONDA

SI CERCA L'ORIGINE DELLE FORMAZIONI CALCAREE NELL'AZIONE
CHIMICA DELLE ACQUE INCROSTANTI.

SOMMARIO. — Calcarea compatte e marmi, 1. — Saccaroide concrezionare e terroso, 2. — Marna e dolomie, 3. — Potenza ed estensione delle masse calcaree, 4. — Criterio per conoscerne l'origine, 5. — Azione dell'acido carbonico, disciolto nelle acque pluviali, 6. — L'oratore si difende da una petizione di principio, 7. — Profonde tracce d'erosione presentate dalle rocce calcaree, 8. — Processo di ricomposizione per via chimica, 9. — Stalattiti, stalagmiti, alabastrini, e cementazione delle rocce incoerenti, 10. — Risultato poco soddisfacente, 11. — Creazione del calcare per mezzo delle sorgenti incrostanti, 12. — Altro risultato che non soddisfa, 13. — Il carbonato di calce nei fiumi, 14. — Pisoliti nei bacini e nei laghi, 15. — Antichi calcari lacustri, 16. — Eccezionalità di tali depositi, 17. — Formazioni calcaree litografiche, 18. — Colli di Badia, 19. — Sono ancora depositi eccezionali, 20. — Impossibilità di una formazione calcarea per via chimica nelle profondità sottomarine, 21. — L'origine delle montagne calcaree rimane un problema, 22.

1. Il *carbonato di calce* o *calcare*, col quale ho detto di voler cominciare, mediante lo studio delle rocce più comuni, quello delle leggi dell'economia tellurica, è, voi lo sapete, un minerale composto dei tre elementi *calcio*, *carbonio* e *ossigeno*; si può dunque dirlo un composto di *calce* e di *acido carbonico* in certe proporzioni definite, che i chimici esprimono colla formola $\overset{C}{C}$ a $\overset{O}{O}$. Lo spato calcareo, cioè il calcare cristallizzato, spoglio di qualunque elemento

straniero, è l'espressione più pura della sua specie. È difficile però che come tale si presenti in masse molto considerevoli. Generalmente è reso impuro da altre sostanze, principalmente dal ferro, dalla silice, dall'argilla e dalla magnesia. La presenza di tali sostanze è accennata dagli epiteti con cui si distinguono le molte varietà. Abbiamo, per esempio, *calcari ferruginosi, silicei, argillosi, magnesiaci*. Altri epiteti sono destinati a distinguere le varietà fondate sulle diversità di struttura. Quella più comune, che si distingue appunto per la sua speciale struttura, è nota talmente a ciascuno de' miei uditori, che posso dispensarmi dall'insistere, stimandoli già famigliari alla materia, che presta argomento alla odierna conversazione. Chi di voi infatti, o signori, non conosce i marmi; quelle pietre così vaghe, così salde, suscettive di così splendida levigatura, che adornano i palazzi e i templi, e prestano la materia alle arti dell'architettura e della scultura? I marmi non sono che *sotto-varietà* di calcari; si riferiscono cioè tutti a quella *varietà* di calcare che si chiama dai mineralogisti *calcare compatto*. Non ci parrà vero che tante pietre, di sì varia bellezza, distinte con tale infinità di nomi diversi dai lapidari, dagli architetti e dagli scultori, non si riducano in fine che ad una sola varietà di un minerale comunissimo. Ma che volete? una qualunque tenuissima quantità di certe sostanze mescolate alla massa calcarea, basta a creare tutta quella infinità di vaghi colori, di morbide sfumature, di venature bizzarre, di chiazze capricciose, che aggiungono il pregio del bello a quello dell'utile in queste ricercatissime pietre. Passate in attenta rassegna tutti, per esempio, i marmi ond'è sì vagamente decorato

il maggior tempio di Roma. Voi troverete che la tavolozza, apparentemente ricchissima, di cui la natura servissi per colorarli, non le prestava in genere che poche gradazioni di giallo, di rosso, di nero e di violetto. Per le gradazioni di giallo e di rosso potete credere abbia bastato una piccolissima quantità di ossido di ferro; quanto alle gradazioni di nero, di bruno e di violetto, le otterreste tutte probabilmente tingendo il calcare con un po' di carbone, di bitume, o di ossido di manganese. Ma queste gradazioni producono allo sguardo diversi effetti secondo le accidentali varietà di struttura, proprie di ciascun marmo; per cui le diverse tinte vi appariranno talvolta a sfumature, a macchie, in cui la fantasia può ravvisare dipinta quasi una bella fioritura; talvolta quelle tinte disegneranno sulla uniforme superficie marmorea, zone e nastri variopinti; riuscirete fin talvolta a scorgervi dipinti e piante e boschi e rovine di castelli e di città, e paesaggi fantastici d'ogni maniera. Ma via, quei marmi sono pezzi di calcare e nulla più. Spesso però non sarà semplice giuoco di fantasia che vi fa scoprire in quei marmi degli oggetti, i quali vi si direbbero ad arte scolpiti o dipinti. Eccovi conchiglie d'ogni foggia, e in seno ad esse specchiarsi ancor l'iride, come le miraste sul fondo del mare: poi eccovi delle chioccioline che svolgono per entro al duro sasso la morbida spira; dei coralli che disegnano sulla superficie levigata le vaghissime stelle dei loro calici; quindi altre stelle, quelle degli entrochi, ossia delle articolazioni degli encriniti, bizzarri animali che ombreggiarono di selve viventi i fondi degli antichi mari: eccovi insomma ogni forma di organismo che si mantiene, direbbersi, ancor vivo vivo entro quei marmi. Che im-

porta? ripeto: quei marmi non sono che pezzi di calcare¹⁾.

2. Il calcare compatto, se è la principale varietà fondata sulla specialità di struttura, non è l'unica certamente che abbia lo stesso fondamento. Un motto soltanto di altre tre che hanno pure una certa importanza. Abbiamo da prima il *calcare saccaroide*, così chiamato da *saccharum* che in latino vuol dir zucchero, appunto per la sua struttura cristallina che gliene dà l'aspetto. Perchè possiate dire di conoscerlo quanto lo conoscono i mineralogisti, vi basti sapere che è questa la varietà in cui si eternano le glorie degli scultori, da Fidia fino a Canova. Il calcare saccaroide è dunque ancora un marmo; ma non è più riferibile al calcare compatto, a cui i marmi in genere appartengono. Col nome di *calcare concrezionale* distinguiamo un'altra varietà, a cui si riferiscono pure altre sotto-varietà, a voi di certo non meno note delle precedenti. I tuffi dai fantastici rabeschi, gli alabastri dalle vaghissime tinte di miele o d'aurora, costituiti quasi da un impasto di concrezioni irregolari, non sono anch'essi che calcari, riferibili appunto alla varietà del calcare concrezionale. Talvolta il

¹⁾ Nel mio *Corso di geologia* (vol. II, pag. 20) ho proposto per i marmi la seguente classificazione:

- | | | | | | | | |
|--------|--------------------------------------|---|--|---|-------------|---|-----------------------------------|
| Marmi* | } | 1°. Unicelori o monocromi. | | | | | |
| | | 2°. Sfumati o fioriti. | | | | | |
| | | 3°. Zenati o alabastrini. | | | | | |
| | | 4°. Reiniiformi. | | | | | |
| | | 5°. Venati. | | | | | |
| | | 6°. Brecciati, o composti di frammenti calcarei angolosi. | | | | | |
| | | 7°. Testacei | <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="padding-right: 5px;">{</td> <td>Lamachelle.</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;">{</td> <td>Calcari madreporici, o corallini.</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;">{</td> <td>Calcari ad entrochi, o ad encriniti.</td> </tr> </table> | { | Lamachelle. | { | Calcari madreporici, o corallini. |
| { | Lamachelle. | | | | | | |
| { | Calcari madreporici, o corallini. | | | | | | |
| { | Calcari ad entrochi, o ad encriniti. | | | | | | |

calcare forma, piuttosto che una pietra, una massa polverulenta, molle, incoerente, come sarebbero il caolino, il gesso da scrivere ecc.: il calcare sotto questa forma costituisce la terza varietà di cui volevo parlarvi, cioè il *calcare terroso*.

3. Fin qui tuttavia il nostro minerale si presenta abbastanza puro: le diverse sostanze che ne resero così vario l'aspetto, non vi si contengono che in quantità assai piccola, talora inavvertibile. Ma vi hanno dei calcari che ci vuol uno sforzo per trattenerli ancora entro quel gruppo che ha per tipo, a cui riferirsi, il carbonato di calce nella forma purissima dello spato calcareo. Gli estranei elementi ingrossano; e talora l'accessorio minaccia di soverchiare il principale. Ne risultano quindi delle varietà che potrebbero pretendere al nome di specie. Noi tuttavia ci faremo forza a considerare anche questi semplicemente come calcari, giustificandoci anche di ciò a suo tempo, quando dimostreremo come questi calcari, per quanto snaturati ed impuri, hanno comuni cogli altri l'origine e la rappresentanza. I calcari a cui alludo sono i *calcari marnosi* e le *marnè*, dove trovereste da 30 a 50 per cento d'argilla, e i *calcari dolomitici* o *dolomie*, o *dolomiti*, che nascono dalla combinazione del carbonato di calce col carbonato di magnesia. Nelle dolomie il carbonato di magnesia dal 5 per cento può levarsi sovente fino al 40 per cento, e anche più. Anche queste dolomie però non vi sono ignote. Voi le vedete ad oriente ed a settentrione della nostra Milano coronare il non lontano orizzonte. Son esse che formano l'ossatura di quei colossi di cui il Milanese apprende fin da bambino a ripetere il nome, con quella aspirazione a raggiungerli,

che si può dire nativa per quanti son nati in questa bassura. Le Grigne, il Resegone, per esempio, sono monti formati da calcari dolomitici o dolomie. Più da vicino voi vedete ogni giorno la dolomia, cotta alle fornaci di Parè presso Lecco o di Arcisate, dai panciuti burchielli scaricarsi nei magazzini della nostra città. Poichè non vi è forse ignoto che, prima della recente introduzione delle calce e dei cementi idraulici fabbricati coi nostri *calcari marnosi*, la calce in Lombardia si fabbricava quasi esclusivamente col calcare dolomitico delle Prealpi.

4. Io sono certo, o signori, che quanto si è detto basti ad assicurarvi una più che sufficiente cognizione circa la natura, i caratteri e le varietà di quel minerale, di cui abbiamo fissato di occuparci dapprima. Posso dunque andar oltre e parlarvi della potenza delle masse che ne sono composte. Essa ci darà una misura certa per valutare l'importanza e la grandiosità di quel magistero che il calcare rappresenta nel sistema della natura.

È inutile ripetervi come, appena giriate lo sguardo, vi si presentino facilmente enormi colossi calcarei che valgono già a darvi un'idea della potenza che hanno sul globo tali formazioni. Le montagne del lago di Como sono montagne calcaree. La catena delle Prealpi può definirsi una catena calcarea. Tutti quei colossi biancheggianti come monti di ossa, che serrano il nostro orizzonte a settentrione e a oriente sono in tutto o in buona parte calcarei. Anche nelle Alpi la formazione calcarea è abundantissima. Una gran massa calcarea è quella, per esempio, che imprime tanta severità di aspetto al passo dello Stelvio, cominciando colle montagne sopra Fraele, e terminando col Monte Cristallo, che è quasi una montagna

di bianco marmo. Sui confini orientali della gran cerchia alpina sorge la famosa catena dolomitica che comprende le Alpi dell'Agordino, del Cadore, del Friuli. Sono montagne e gruppi di montagne, che si levano fino all'altezza di 3300 metri, ¹⁾ composti per la massima parte di quelle stesse dolomie che formano il nostro Resegone, le nostre Prealpi. Ma le formazioni calcaree, come coronano il nostro orizzonte, così formano corona a mille orizzonti. In tutte le regioni del globo voi dovrete stupire ammirando quelle moli immense composte di quell'unica roccia che noi chiamiamo calcare. Se poi misuriamo la grossezza complessiva di quegli strati, che, sovrapposti l'un l'altro in serie infinita, costituiscono così gran parte dei rilievi del globo, c'è veramente da rimanerne sbalorditi, anche prima di conoscere da qual fonte traggono origine. Dana ha calcolato la potenza delle formazioni calcaree appartenenti ai soli terreni paleozoici, e trovolla di 13,225 piedi; quasi pari a 4300 metri, ossia all'altezza del Monte Bianco.

Se enorme è la potenza, smisurata può dirsi la vastità delle formazioni calcaree. Essa equivale ad $\frac{1}{10}$ della superficie asciutta del globo. Siccome l'estensione della terra è di circa 144 milioni di chilometri quadrati, bisognerà darne circa 15 milioni alle formazioni calcaree; il che vuol dire che la loro estensione equivale su per giù a quella dell'Europa, tutte le sue isole comprese ²⁾.

¹⁾ La Marmolade, per esempio, sorpassa i limiti meridionali delle Nevi perpetue, levandosi all'altezza di 3323 metri circa.

²⁾ L'estensione delle parti asciutte del globo è fissata nell'*Handbuch der Erdkunde* di Kloden secondo la qui esposta tabella, ove sono ri-

5. Una massa così sterminata, che si eleva, divisa in un certo numero di montuosi colossi, su quella sola parte della superficie terrestre che emerge dal mare, compresa cioè in poco più di $\frac{1}{4}$ della superficie totale del pianeta, deve indubbiamente rappresentare una parte importantissima nella storia del globo; il che vuol dire, appunto, che deve avere un'importanza grandissima nel sistema dell'economia tellurica. Ma la parte che le formazioni calcaree rappresentano nella storia del globo, e la loro importanza nel sistema dell'economia tellurica, noi non possiamo nè intenderle, nè apprezzarle, finchè delle stesse formazioni calcaree ignoriamo quale sia l'origine.

Per scoprirla, non faremo che applicare il criterio fondamentale della geologia; osserveremo cioè come opera la natura al presente per dedurne, stante la somiglianza anzi l'identità dei prodotti presenti o passati, il modo con cui nei passati tempi operò, generando appunto quelle masse rocciose di cui cerchiamo l'origine. Quando si tratti di conoscere l'origine delle grandi masse che compon-

dotte le miglia quadrate tedesche in chilometri quadrati (1 m. q. = chil. q. 54, 87).

	Continenti chil. q.	Isole chil. q.
Europa	9,997,000	530,000
Asia	43,509,000	2,842,000
Africa	30,288,000	625,000
America meridionale	17,379,000	179,000
» settentrionale	24,757,000	1,029,000
Australia o Nuova Olanda	8,850,000	2,877,000
	135,143,000	8,718,000
Estensione totale dei continenti	chil. q. 135,143,000	
» » delle isole		8,718,000
Estensione totale della terra asciutta	chil. q. 143,861,000	

gono la crosta del globo, non c'è altra via da battere fuori di questa: osservare se, e come, la natura fabbrichi al presente dei minerali o delle rocce simili, o identiche a quelle che ha già fabbricate. Il modo stesso ch'essa impiega al presente sarà quello che essa ha adoperato nelle età precedenti. — Perchè? — Perchè tale la costanza e la coerenza con cui essa opera, che il presente può ritenersi come specchio infallibile del passato: sicchè non fa bisogno che di sorprenderla nell'atto di agire attualmente, per essere sicuri d'averle strappato il segreto del suo agire in tutti i tempi¹⁾. Si tratta insomma del principio della imprescrittibilità delle leggi della natura, principio logico supremo di tutte le scienze naturali, negato il quale, non avrebbero più nessun valore nè l'osservazione nè l'esperienza.

La natura adunque fabbrica essa attualmente il calcare?... Come lo fabbrica?... La fabbricazione del calcare è una operazione troppo importante nel magistero della natura, perchè cessi anche solo un momento. La sua cessazione sarebbe un orribile flagello; porterebbe forse lo sterminio dei viventi in un tempo assai breve.

6. Studiando come la natura fabbrichi il calcare, per conoscere come l'abbia fabbricato nei tempi andati, l'osservazione e l'esperienza ci presentano un primo fatto, il quale è come il punto di partenza, la condizione prima di questo primo ordine di fenomeni, in cui è interessato tutto l'universo. Questo primo fatto è anche il punto di partenza delle nostre indagini. Prego i miei uditori ad afferrarlo ben bene, poichè gli è come il primo ordigno

¹⁾ Questo principio è da me dimostrato ampiamente nell'Introduzione al Corso di geologia.

di un gran meccanismo, e, rimanendo occulto, impedirebbe di intendere il congegno di tutta la macchina.

Il fatto a cui alludo è il fenomeno che i geologi indicano colle parole *degradazione dei continenti*. Tutto perisce quaggiù! Questa sentenza non colpisce soltanto le piante, gli animali e l'uomo, la cui esistenza si chiude in sì breve giro: anche i minerali, le rupi, le montagne, i continenti son condannati a perire. Cercate voi l'iscrizione per distinguere un antico da un moderno monumento? È superfluo cercarla. I monumenti antichi portano sopra sè stessi, profondamente incisa dai secoli, la data della loro antichità. Una rupe di granito, di porfido, sta, da secoli, sfidando i fulmini, i terremoti; ma il *dente edace del tempo* non può sfidarlo. Lasciatela tranquilla al suo posto, sicura nella sua impassibilità... Eccola dapprima scolorarsi; la sua superficie si rammollisce e si copre di polvere; gli spigoli si ottendono; tutta infine quella rupe si disquama, e cade a brani a brani: i brani stessi si scompongono, e della rupe ormai non rimane che un mucchio di polvere che il vento disperde o le acque trascinano al mare. — Qual è il principale fattore di tanta rovina? — L'acqua. La più volgare esperienza basta infatti a dimostrarci che nell'acqua principalmente risiede quella terribile virtù dissolvente, che tritura, squaglia, dissolve le montagne e i continenti; e quando li abbia sminuzzati e polverizzati, è l'acqua stessa che seco li trascina, in sudicia fanghiglia spappolata, finché non li abbandoni in seno al mare che tutto inghiotte.

Quante volte, percorrendo le Alpi, vi sarete arrestati, come percossi da terrore, in faccia alle ignude rupi, che sorgono isolate, come ruderi d'antiche città, e stra-

piombano, e si sfasciano, quasi divorate dalla lebbra e dal cancro! Sono ruderi infatti; non di città, ma di montagne già sbrunate e disperse. Chi ha percorsa la Svizzera Sassone, ricorda quell'immenso altipiano, dove sorgono isolate piattaforme, a guisa di enormi castelli, cinti da ciclopiche muraglie; rupi solitarie, in posizioni di equilibrio inconcepibile; gruppi immensi di colonne, talora discoste ad intervalli come le ruine dei templi di Egitto, di Siria o di Roma; o vicine tra loro come i tronchi nodosi e marci di ignuda foresta; talvolta a contatto, pigiate le une colle altre, o serrate in gruppi come i fasci degli antichi littori, o distese in serie lineari, come le canne di organi mostruosi. L'Inghilterra vi presenterebbe, non meno bizzarre delle sassoni rupi, le sue *pile di formaggi*, rupi solitarie, paurose e grottesche, quasi composte di informi pani sovrapposti, reliquie tarlate di altrettanti pilastri granitici, di altrettante granitiche montagne.

La degradazione dei continenti è fenomeno chimico e meccanico ad un tempo. Ma l'azione chimica precede. L'acqua, capace in condizioni opportune di sciogliere tutti i minerali del globo, esercita la sua virtù, anche nelle condizioni ordinarie, alla superficie della terra, su certi minerali specialmente, i quali vengono da essa rammolliti, disciolti e trasportati. Quando questi minerali, che facilmente si stemprano, servono di cemento a una roccia qualunque, la roccia bagnata si sfascia. Ora, tra i minerali che più facilmente si disciolgono nell'acqua, alla superficie della terra, si nota appunto il carbonato di calce; il quale, se talvolta serve di puro cemento a rocce di diversa natura, tal'altra si trova solo ed isolato in grandi masse, che formano, come abbiám detto, montagne e catene di montagne.

Solubile in minimo grado nell'acqua pura, il carbonato di calce lo diviene notevolmente quando l'acqua stessa sia pregna di gas acido carbonico, come lo è ordinariamente, per non dir sempre. Non vi sono ignote di certo la natura e la potenza di questo gas che riempie la *Grotta del cane*, che si sviluppa colla fermentazione del vino e di tutte le sostanze vegetali, ed è da noi stessi prodotto abbondantemente nella respirazione. È il gas che pizzica nelle acque di Seltz, e solleva le spume nella Sciampagna. Or bene, il gas acido carbonico non manca mai nell'aria che respiriamo, e può considerarsi come uno degli elementi costitutivi dell'atmosfera, benchè non vi si scopra che in piccolissima dose. Secondo le esperienze di Saussure, l'aria atmosferica ne contiene una quantità del valore di 7 : 10000 d'inverno e di 11 : 10000 d'estate; il che vuol dire che, in media, su 10000 parti di aria che respiriamo, nove parti sono di acido carbonico. Il trovarsi la quantità di questo gas maggiore di estate che d'inverno dipende evidentemente da ciò che tutti i processi per quali si produce l'acido carbonico, come la fermentazione dei vegetali e la respirazione degli animali, divengono più attivi, in genere, nella calda che nella fredda stagione. Nel nostro emisfero, dove soltanto finora credo notata quella differenza tra l'estate e l'inverno, è meraviglia che essa non risulti anche maggiore. Si pensi infatti quanto sia maggiore che nell'altro l'estensione del suolo che i calori estivi mettono in fermentazione, e quanto maggiore il numero degli animali che vi si svolgono. Non può dirsi infatti che il boreale è un emisfero di terre e l'australe un emisfero di mari? Può anche dipendere, come vedremo più tardi, da una maggiore

attività nella respirazione delle piante, le quali emettono da certi organi sempre, e da tutti in certe ore ed in certe condizioni, l'acido carbonico invece dell'ossigeno. Per ora notiamo solo il fatto annunciato della presenza costante nell'aria atmosferica di una certa quantità di acido carbonico, il quale ci dà ragione di quell'altro fatto ugualmente affermato, cioè della presenza costante dello stesso acido nell'acqua. L'acqua che si condensa e piove dalle nubi, attraversando l'atmosfera nella sua caduta, si impadronisce del gas acido carbonico, e per questo semplice fatto acquista una speciale virtù, quella cioè di sciogliere le rocce calcaree nelle quali s'imbatte per via. Il calcare, disciolto per effetto del gas acido carbonico, e quindi convertito in un bicarbonato, cioè in un calcare solubile più ricco di gas carbonico, è dall'acqua portato altrove nelle sue peregrinazioni. Ma l'acqua stessa abbandona poi facilmente la sua preda, e depono di nuovo il calcare nel suo stato primitivo di carbonato. Ecco dove si risolve principalmente l'attuale magistero della fabbricazione dei calcari che ci eravamo proposti di ricercare.

7. — Ma codesta è una petizione di principio; è un circolo vizioso! — Parmi si levi qualcuno a gridare. — Per fabbricare il calcare ci vuole il calcare... — No, signori miei; non è un circolo vizioso: è semplicemente un circolo. Tutto il sistema della natura è un circolo, infinitamente molteplice, che si svolge e rientra in sè stesso indefettibilmente. La scienza non è giunta a romperlo finora; non è arrivata a vedere ove termini ed ove cominci; a cogliere la mano misteriosa che traccia il primo punto, che è pur l'ultimo in cui il circolo rientra in sè stesso. Noi possiamo studiarne lo svolgimento partendo

da un punto qualunque; ma ci troveremo sempre, dopo giri e rigiri, al punto donde siamo partiti. Il moto del sangue, per esempio, è uno dei circoli che la natura disegna. Per descriverlo noi pigliamo per punto di partenza il cuore; ma il cuore riceve il sangue dal polmone. Seguendo il circolo; gireremo sempre dal cuore al polmone e dal polmone al cuore. Se vorremo uscire da questo circolo, non faremo che allargarlo. Troveremo che dall'alimento viene dapprima il sangue, mentre l'alimento si converte in chimo, quindi in chilo, finalmente in sangue; ma il sangue, dopo aver percorso il suo circolo, si scompone ne' suoi elementi, e distribuisce a ciascun organo la parte sua; ma, questi organi anch'essi si scompungono, e si versano, per dir così, colla traspirazione e colla respirazione, nell'aria; e l'aria riceve tutti gli elementi scomposti, e piglia, per esempio, tra questi il gas acido carbonico, e lo adopera per alimentare le piante, in seno alle quali si converte in cibo e ritorna all'uomo. E sempre è un circolo quanto ci presenta di attivo la natura. Non meravigliatevi pertanto se il calcare ridiventa calcare, e se la scomposizione del calcare è la prima condizione per cui si formi il calcare. La geologia positiva cerca dapprima le ragioni immediate di quello che c'è. Cercherà poi le precedenti se potrà. Del resto io mi son fissato principalmente sulla scomposizione dei calcari per mezzo dell'acido carbonico disciolto nell'acqua come su prima condizione della creazione dei calcari, perchè questo circolo riesco, come vedremo, più immediato e più evidente. Ma la calce è un elemento che, in dose maggiore o minore, si presenta quasi inevitabilmente in tutte le rocce che compongono la crosta del globo, comprese

quelle vomitate dai vulcani antichi e moderni. L'acqua, pregna di acido carbonico, è divenuta atta a scioglierle tutte senza eccezione, dando luogo a quelle combinazioni per cui si crea il carbonato di calce. Intesi su questo, e volendo, per comprendere la genesi dei calcari, seguire la via più spedita, torniamo, come a punto di partenza del circolo che vogliamo seguire, all'acqua che, pioviendo dalle nubi, scioglie le rocce calcaree.

8. A quella tenue quantità di acido carbonico che l'acqua rapisce immediatamente all'atmosfera, aggiungete quell'altra dose, molto maggiore, che le è fornita dalla vegetazione putrescente, la quale ricopre quasi ovunque il suolo, che dell'acqua si imbeve. Così l'acqua, ricca doppiamente di un agente così poderoso, lava superficialmente le rocce calcaree, vi s'infiltra e ne ricerca le viscere. Lo spettacolo di dissoluzione che esse vi presentano in tutte le parti del globo vi può dar la misura dell'enorme quantità di carbonato di calce che vien disciolto e trasportato, per essere rigenerato altrove.

Visitando infatti le regioni calcaree, principalmente le dolomitiche, non potreste non rimanere profondamente colpiti da quello spettacolo di sfacelo e di distruzione che esse vi presentano. Voi vedreste sovente enormi banchi calcarei presentarvi una superficie irta di creste acute e dentate che imitano un labirinto di piccole valli, sicchè vi parrebbe d'aver sott'occhio dei grandi modelli orografici di regioni montuose. Talvolta non basta. Mi ricordo di un gran banco calcareo, che descrive una volta sulla sinistra della valle del Bedesco, in una delle diramazioni dei Corni di Canzo, montagna a voi ben nota. Quella volta, interamente scoperta, in tutta balla degli

agenti atmosferici, si assomiglia al tessuto spugnoso di un osso gigantesco, i cui pori però siano buchi e cavernosità di qualche piede di diametro e della profondità di un metro. A vederla stemprarsi a quel modo sotto le piogge, si direbbe che quella rupe sia composta di sale o di zucchero, non già di durissimo calcare. Così più o meno si presentano tutte le masse calcaree in tutte le regioni del globo. I fossili e le vene di selce o di spato, sporgenti dalle superficie degli strati, pongono in evidenza questo grande lavoro di erosione; poichè è l'acqua che li trasse alla luce, levandoli loro disopra e dattorno il calcare ove erano profondamente sepolti. Ma quella porzione esportata, di cui vi danno misura le rugosità, le vene ed i fossili sporgenti, non è che una minima frazione di quella che venne erosa realmente; poichè dovete pensare che quel lavoro di demolizione dura da secoli, da migliaia di secoli, e le rupi che ora si sbranano non sono che ruderi di montagne sbranate, e le montagne che ancora si reggono sotto l'implacabile lima, son ruderi anch'esse d'un globo che tutto a brani a brani si smaglia. Alla rovina esterna aggiungete l'interna; quella che l'acqua mena continuamente nelle viscere della montagna, nelle profondità del globo, dovunque, finchè le rimanga un atomo di acido carbonico che reclami il suo atomo di carbonato di calce. Le rocce calcaree, somiglianti talora ad una spugna, ad un legno tarlato; l'interno delle montagne seminato di caverne; tutto vi dice come quel lavoro di erosione, così evidente alla superficie, continui incessante anche nell'interno delle masse rocciose.

9. L'acqua, carica nel modo suddetto di carbonato di calce, in parte filtra, e scompare nelle profondità del

suolo; in parte scorre sulla sua superficie, e giù giù, riversandosi per la china, trova il torrente, col torrente il fiume, col fiume il mare. Questa seconda parte la rincorreremo più tardi. Teniam dietro per ora soltanto a quella che penetra nel suolo.

Abbiam detto che l'acqua continua sotterra a mordere le rocce. Abbiamo però soggiunto che la sua edacità ha un limite, cessando quando sia esaurito l'acido carbonico che ne attiva la digestione. Quando la sua fame è sazia, quando cioè, adoperando il linguaggio dei chimici, l'acqua si satura, dobbiamo naturalmente attenderci che cessi il lavoro di demolizione. Ma qui appunto, se le circostanze sono favorevoli, ne incomincia un altro tutto opposto al primo, un lavoro di ricomposizione; ed è su questo che richiamo ora tutta la vostra attenzione.

10. Inoltriamoci in una di quelle tante caverne che si aprono in seno alle nostre montagne. Che è quello che rende così gradevoli le visite a quegli antri, i quali direbbono il soggiorno delle tenebre e della paura? Quanta vaghezza, quanta varietà in quelle stalattiti che pendono in forma di coni rovesciati dalle volte, quasi pani di zucchero! in quelle stalagniti, che sorgono dal pavimento in forma di candide aguglie! Le une e le altre mirano ad incontrarsi coi rispettivi loro vertici; molte già si toccano; altre si sono già fuse insieme e sono già diventate pilastri e colonne di candido marmo. Che strana architettura! Che fantastico avvicinarsi o mescersi di figure bizzarre, man mano che le fiaccole agitate vanno scoprendo i misteri di quegli imperturbati recessi! Qui talvolta lo strascico di un niveo manto, che lasciassi dietro una fata fuggente nel silenzioso speco; là cortine e panneggiamenti de-

gni di una reggia; poi vasche e bacini elegantissimi, e fiori bizzarri, e mostri fantastici, ed atrii misteriosi, e gotiche basiliche, e palazzi di gnomi... tutto un complesso di vago, di elegante, di capriccioso, di terribile, che vi produce nell'anima un'impressione indefinibile, vi trattiene estatici quasi in faccia di un nuovo mondo, quasi in ascolto di una nuova rivelazione. Permettete che la scienza venga importuna a sciogliere l'incanto. Voi vedete in atto quel lavoro di ricomposizione a cui alludeva poc'anzi. Quell'acqua che, ricca di carbonato di calce, ci si era sottratta allo sguardo filtrando entro i meati del suolo, ecco riappare al fioco lume che rischiarava quest'antro. Osservate quella stalattite che pende immobile dalla volta come candeletta di cera. Una goccia d'acqua, quasi tremula gemma, pende dal vertice acuto. Essa si ingrossa, si allunga, e minaccia ad ogni istante di staccarsi e di cadere ritta sul vertice di quella stalagmite, la quale, coll'acqua che la irrorava, vi dice di aver ricevuto altre gocce prima della vostra venuta. Quella goccia, esposta all'aria del vuoto antro, svapora, e libera rimane quella tenue porzione di calcare che vi era disciolta. L'evaporazione non avviene però che alla superficie, sicchè il calcare rimasto libero forma una crosta esilissima, una pellicola invisibile, che chiude la goccia quasi entro un borsello. Intanto però lo stillicidio continua; la goccia si gonfia sempre più; ormai non si regge, e rotto l'involucro, si stacca, e precipita sul suolo della caverna. Dell'involucro non resta che la porzione aderente alla volta, e quella porzione, residuo d'una borsettina sfondata, avrà la forma di un anello irregolarmente dentato, ossia lacerato, come dev'essere quello che risulta da una pellicola emisferica sfondata dalla

goccia cadente. Ma alla prima goccia succede una seconda; quindi un secondo anello appiccicato al primo: e così via via, finchè, dalla congiunzione di tanti anelli incollati esattamente l'uno sotto l'altro, risulti un tubo. È questa infatti la forma di una stalattite nel suo primo periodo di formazione. Gli avrete visti questi tubi, della grossezza del cannonecello di una penna d'oca, aggruppati in fasci pendenti dalla volta delle caverne: non così facilmente però vi sarete accorti che la loro estremità inferiore presenta una denticchiatura, una esilissima frangia, formata di sottili brandellini. Guardate meglio un'altra volta, e v'accorgete che ogni stalattite in formazione termina così denticchiata. V'ho parlato di un tubo, ma non v'ho detto che sia un cilindro. Lo può sembrare talvolta e lo sarebbe invero, se tutto il lavoro consistesse in quella sovrapposizione di anelli; ma così non è: quel tubo, anche quando presenta all'occhio la forma di un cilindro, ha invece quella di un cono rovesciato, figura che, col crescere della stalattite, ordinariamente diviene spiccata e decisa. E così deve essere, quando riflettiate che la porzione della stalattite già formata è di continuo madefatta, e quindi di continuo si ingrossa. Più grosso sarà quindi il primo anello formatosi, più sottile il secondo, sottilissimo l'ultimo che si è appena formato, risultandone precisamente un cono, che è la forma ordinaria delle stalattiti. Intanto le gocce cadute sul suolo svaporeranno, abbandonando altro calcare, che si accumula, e forma, per un processo analogo a quello descritto, una eminenza conica, cioè una stalagmite. Questa continua ad alzarsi, mentre la stalattite si allunga all'ingiù. Un giorno si troveranno combaciate a vertice, e ne nascerà un pilastro destinato ad ingrossarsi collo stillicidio in-

cessante. Stalattiti, stalagmiti e pilastri nascono intanto per ogni dove entro la caverna e crescono insieme a cento a cento; assumono le forme più irregolari e più bizzarre; infine si accostano gli uni agli altri, si toccano, si confondono. Lo spazio vuoto della caverna si è andato sempre più riducendo; infine eccola interamente ostruita. Essa è convertita in una cava di alabastro. Altro non è infatti l'alabastro, colle sue tinte sfumate d'aurora, di miele, di neve, co' suoi labirinti di zone flessuose, colle sue bizzarre circonvoluzioni, che un ammasso di stalattiti e di stalagmiti che occupano il vano di un'antica caverna. Avete visto? questo è un primo modo di ricomposizione del calcare; questa è una prima creazione di quel minerale di cui cerchiamo l'origine.

Non fa bisogno però che nell'interno del globo esistano di quelle vaste cavità, che noi diciamo caverne, perchè si verifichi il gioco della ricomposizione descritta. La natura non distingue il poro più microscopico dalla caverna più spaziosa. Le porosità di una roccia qualunque, le tenuissime vacuità dei banchi di sabbia o di ghiaja, sono per la natura altrettante caverne, destinate a convertirsi anch'esse in piccole cave di alabastro. Quell'alabastro diverrà cemento, che riunisca ciottolo a ciottolo, granello a granello. I banchi più incoerenti di ghiaja e di sabbia saranno convertiti in strati durissimi di arenaria o di puddinga, appena il calcare ne abbia riempito gl'interstizi. La natura in ciò fare non ha inventato un nuovo processo: no; ma noi ci troviamo quasi un secondo modo di creazione del carbonato di calce, e lo consideriamo a parte, indicandolo come un *processo di cementazione*, destinato a convertire in duro macigno i più incoerenti tritumi.

11. La *stalattitazione* e la *cementazione*, adunque, ci presentano già, sotto due forme diverse, quel magistero di composizione, che costituisce uno dei più grandi tratti dell'economia tellurica, di cui cerchiamo di penetrare le leggi, cominciando dall'indagare l'origine dei calcari. Noi abbiamo pur visto come la terra si corrompe e si distrugge sotto l'influsso del più attivo tra gli elementi tellurici, che è l'acqua. Ma lo stesso elemento per legge di compensazione, già si rivolge, diremmo, contro sè stesso. Lo stalattiti, le stalagmiti, gli alabastri, fabbricati dall'acqua, non sono che brani riconposti della terra che l'acqua distrugge. Fino a quale profondità arriva codesto lavoro di distruzione e di riparazione? Noi noi sappiamo precisamente, ma non c'è nemmeno ragione per assegnargli un limite. È un lavoro ad ogni modo meraviglioso, come quello che si opera sopra una estensione pari alla estensione delle terre che si dilatano sulla superficie del globo, e fino a profondità sconosciute. Quale enorme quantità di calcare rigenerato per questa via in grembo alla terra! Quali enormi masse di arenarie, di puddinghe, di ceppi, di breccie formantisi a questo modo da secoli!') Ma che sappiamo noi intanto dell'origine delle montagne calcaree? E' pare che abbiamo sbagliata affatto la via, andandola a cercare in seno alle cavità terrestri. Composte di strati, sovrapposti l'uno all'altro a mille a mille, rigurgitanti di conchiglie marine, quelle enormi catene che

*) In Lombardia chiamasi *ceppo* o *cedestone* il conglomerato di ciottoli, di ghiaja, di sabbie, che s'incontra quasi dovunque o alla superficie o a poca profondità, specialmente nelle regioni calcaree. I Francesi chiamano *béton*. Le puddinghe e le breccie sono conglomerati dello stesso genere, ma composte di ciottoli arrotondati le prime, e di frammenti angolosi e come di schegge le seconde.

rizzano sopra estensioni di centinaia di miglia le creste dentate, non sono no certo nè alabastri nè rocce cementate. Che saranno dunque?... Vediamo se ci riesce di indovinarlo.

12. Osserviamo anzitutto che non sono le acque pluviali soltanto, o quelle che filtrano immediatamente attraverso il suolo nelle regioni superficiali, che depositano il calcare. V'hanno sorgenti a cento a cento che adempiono allo stesso ufficio, e son quelle che il naturalista chiama sorgenti incrostanti. Eccovi in esse una grande rivelazione della interna attività del globo. Veramente quell'acqua che sgorga dalle sorgenti è ancora l'acqua che piovve dalle nubi, filtrò attraverso il suolo, ed ora ritorna, dopo giri e rigiri entro le latebre del globo, alla superficie d'onde è partita. Ma quelle acque certamente non recarono seco al principio del loro sotterraneo viaggio quella enorme quantità di gas acido carbonico, per cui ritornano sovente spumeggiando a guisa di acque bollenti. Quell'acido carbonico non può essere adunque che una loro conquista per entro ai regni bui: di ciò non v'ha dubbio. I vulcani, le mofette, quella per esempio che ingombra la così detta *Grotta del Cane*, ci dicono chiaramente come il gas acido carbonico si generi in gran copia nell'interno del globo. Tanto basta perchè le acque circolanti possano venirne saturate e portarne al di fuori una quantità assai maggiore di quella che potevano contenere alla superficie. Il potere di farlo lo devono alla maggiore pressione che le acque stesse sopportano nell'interno del globo. L'esperienza ci mostra infatti come la pressione accresca grandemente all'acqua il potere solvente. Quell'acqua, stracarica di acido carbonico, deve

naturalmente esercitare una formidabile rapina sulle rocce calcaree, entro le quali per avventura si aggira molto tempo, cercando un'uscita. Ed è questa la ragione per cui quelle sorgenti appajono anche spesso straricche di carbonato di calce, cui immediatamente abbandonano in gran copia sulla stessa loro bocca, formando (come si verifica, per esempio, per il celebre *Bollicame* di Viterbo) dei monticelli conici o d'altra forma, composti di calcare. Depongono, ho detto, immediatamente il carbonato di calce; e il perchè lo intenderete facilmente quando osserverete come si verificano per le sorgenti quelle condizioni stesse per cui le gocce delle caverne si convertono in stalattiti. Ma qui non è soltanto l'evaporazione che è messa in atto, come abbian veduto nella formazione delle stalattiti. Parlando della creazione di queste, avremmo dovuto aggiungere come probabilmente la deposizione del calcare vi ha luogo, non per l'evaporazione soltanto, ma anche per lo svolgimento dell'acido carbonico, di cui l'acqua può tenersi in possesso, mentre filtra compressa nell'interno delle rocce, ma che è obbligata a lasciarsi sfuggire, appena si trovi in libera comunicazione coll'atmosfera. Per le sorgenti il fenomeno riesce evidentissimo; ed è questa la ragione principale per cui le sorgenti incrostanti abbandonano talvolta di botto una quantità enorme di carbonato di calce. Una sorgente che sbuchi nella libera atmosfera si trova nelle condizioni della bottiglia di sciampagna, quando le si fa saltare il tappo. L'acido carbonico, che vi rimaneva compresso, scoppia furioso, e fugge nell'aria. Non mi dimanderete al certo perchè, sfuggendo il gas dalla sorgente, essa deponga il calcare, ricordandovi benissimo che il calcare rimane

sciolto nell'acqua precisamente in virtù di questo gas. Se esso sfugge, l'acqua ha perduto il suo potere solvente, ed è forzata ad abbandonare, cioè a deporre, tutta quella quantità di calcare che più non vale a tenere disciolto.

Bisognerebbe trovarsi in quei luoghi dove si verificano tutte le migliori condizioni del fenomeno: per esempio sotto i tropici, dove allo svolgimento dell'acido carbonico, si aggiunge l'evaporazione, resa attivissima dai raggi di un sole cocente, dall'aria calda, asciutta, trasparente, rimutata continuamente dal soffio perenne dei venti alisei. Citasi infatti come esempio maraviglioso il *Roaring-fluss* o *Fiume muggente*, sulle coste settentrionali della Giamaica, fiume, piuttosto che sorgente, di acque cariche di carbonato di calce. Scorrendo sotto il sole dei tropici, e gettandosi da un salto che lo risolve in spume, invade una boscaglia dove scorre, spumeggiando sempre, divisa in infiniti meandri. Incalcolabile è l'estensione della superficie evaporante che quelle acque così divise e spumeggianti presentano alla vampa del tropico. I virgulti o i tronchi della foresta sono in breve impietriti, o meglio incrostati, e il carbonato di calce precipita con tale rapidità e in tanta copia, che scogli, argini e dighe sorgono come per incanto sulla via percorsa dalla corrente, obbligandola a mutare ad ogni poco il suo corso, per girare gl'inciampi che essa medesima si crea. Del resto ogni paese vi presenta tali creazioni degne della vostra meraviglia. A chi approda a Smirne, per esempio, si affaccia quasi un'immensa cateratta, larga quattro chilometri, alta fino a 100 metri. È il celebre *Sanbouk-Kelessi*, ossia il *Castello del cotone*, immane deposito di tufo, soffice e bianco all'aspetto, creato dalle sorgenti dell'antica Jerapoli, già

descritta da Strabone. Ma che bisogno d'andar a cercare così lontano ciò che abbiamo in casa nostra fitto talmente che ci stringe e quasi ci soffoca?

Chi di voi non ha visto, per esempio, la famosa cascata di Terni, o non ne ha sentito parlare? Là si tratta appunto non d'una sorgente, ma d'un fiume incrostante.

È questo l'Aniene, il quale, nato dai fianchi dell'Appennino, e in breve corso fatto grosso come per incanto, attraversa il doppio piano delle Marmare e di Rieti. Ho detto piano; ma non l'era di certo prima che l'Aniene vi distendesse quel letto enorme di calcare incrostante; e molto probabilmente era un lago di 3 o 4 chilometri quadrati, colmato a poco a poco dal calcare incrostante. A volte anche al presente pare che il lago voglia rifarsi; poichè è tanta la copia di carbonato che l'Aniene depone prima di gettarsi nella valle della Nera, che ancora in oggi va edificando una barriera a sè stesso, onde la continua minaccia di riflusso verso il piano e di disastrose inondazioni lamentate più volte in tempi non lontani. Si dovette pertanto incidere nella barriera stessa un canale largo e profondo, che è l'attuale emissario del fiume al suo confluyente colla Nera. Ma il fondo stesso e le pareti del canale sembrano animate da una forza vegetativa, per cui è già in parte notevole ostrutto da enormi fungosità calcaree, che formatesi in pochi anni, fanno preveder vicino il bisogno di nuovi radicali provvedimenti. È dal ciglio di quell'altipiano calcareo, da lui stesso creato a guisa di ciclopico spalto sul fianco dirupato della valle, che l'Aniene si precipita entro un abisso di 160 metri d'altezza, per tributare le sue acque alla Nera, che scorre nel fondo a pie' della celebre cascata. È là che si può

ammirare tutta la possa generatrice d'un fiume incrostante. Dopo un salto di 60 metri tutto d'un pezzo, il fiume, ribollente dal fondo d'una cupa voragine, e quasi ridotto in fumo, si riversa in cascate e cascatelle, tra un accordo infernale di note alte e basse, di cui la più profonda mugge a rombi di tuono intermittenti come i colpi di un gran maglio. E' ti par di vedere una cascata di neve con riflessi cangianti di zaffiro e di smeraldo che, discesa tra due muri di lastre calcaree, risale conversa in un vulcano di spume saglienti a guisa di mostruosa girandola. Chiome pettinate di fine erbe lacustri, ciuffi di capilvenere, edere e muschi, formano un tappeto cadente ad onde, a strascichi sui fianchi e sul fondo dell'abisso. Spruzzate dall'onda calcarea, sempre vive e sempre in atto d'esser sepolte, quelle piante s'incrostanto, si pietrificano, e il calcare cresce; cresce come i banchi di corallo in seno al mare, talora poroso e leggero come la spugna, talor duro e compatto come l'alabastro. Non v'ha pennello che possa al vero ritrarre le fogge volubili e fantastiche di quella continua creazione. La valle incrostata fino a grande altezza sull'uno e sull'altro fianco di alabastrine sferoidi, e la Nera che, confusa coll'Aniene, studia la via fra un labirinto di scogli crescenti come i tronchi della foresta, mostrano fin giù lontano lontano verso la pianura che cosa possa una sola acqua incrostante che da secoli lavora a rifare al di fuori quelle masse calcaree distrutte dal suo passaggio entro le viscere della terra.

È dessa l'Italia precisamente che diede nella sua lingua il nome specifico adottato dai naturalisti per indicare queste masse calcaree, che sono, nel modo che abbiamo

detto, deposte dalle acque incrostanti. Il loro nome è *travertino*, sinonimo di *tufò*, adoperato invece da noi Lombardi. Nelle Alpi, e più ancora negli Appennini, e specialmente nelle vicinanze di Roma, sotto Tivoli¹⁾, il travertino si presenta in tali masse da emulare in potenza le grandi masse calcaree formanti l'ossatura dei nostri monti, di cui rivestono con un manto di moderna fattura gli antichissimi fianchi.

13. Ma nemmeno il travertino, attuale creazione calcarea, ci risponde dell'origine delle nostre montagne. Le calcaree dei nostri monti non sono in genere caratterizzate nè da quella struttura concrezionare, che distingue i travertini, nè dai fossili, i quali, se si trattasse di calcari terrestri, dovrebbero appartenere a piante ed animali terrestri. Le nostre montagne constano in genere di calcari compatti, e le reliquie fossili appartengono ordinariamente ad animali acquatici, anzi marini. Hanno poi sempre e in tutto l'aria d'essere stati deposti, non già alla superficie, o sui fianchi dei monti o sulla distesa del piano, a modo di una crosta, ma entro bacini di capacità immensa, quindi in seno ai laghi o sui fondi sconfinati dei mari. Eccoci perciò nella necessità di studiare se si formano attualmente dei calcari nelle condizioni che le grandi formazioni antiche ci conducono a supporre. Se quelle masse calcaree così immense si formarono nei laghi o nei mari per via delle acque incrostanti, dovettero quelle acque incrostanti raccogliersi nei laghi o nei mari, e quivi deporre il loro portato.

14. È invece molto osservabile il fatto che un fiume,

¹⁾ Bischof, *Lehrbuch*, ecc., I, pag. 542.

un ruscello, basta ad arrestare di botto la formazione calcarea. Fu resa celebre per codesto fenomeno dal Lyell la sorgente termale incrostante di Vignone presso S. Quirico d'Orcia nel Sanese. L'acqua sgorga impetuosa da una specie di conca naturale, dove forma un laghetto che è tutto un bollicame per lo sprigionarsi copioso e incessante del gas acido carbonico, e riversa 35400 ettolitri in 25 ore, con una temperatura di 43° a 52° C. Una gran massa di tufo calcareo, dello spessore di 60 metri, è buttata sul dorso del colle a foggia di enorme mantello. Ma quella gran massa di travertino, che a giudicarne dallo spessore, avrebbe dovuto estendersi le molte miglia lontano e creare un deposito simile a quelli che ricoprono tanta parte delle pianure romane, discesa appena alle falde del colle di Vignone, si arresta d'un tratto come per incanto, rizzandosi in verticale parete sulla sponda dell'Orcia. Un'altra simile massa, che io vidi coprire l'altipiano di Tocco negli Abruzzi, s'arresta sulla sinistra dell'Arolo. Un ruscello, ripeto, segna alle acque incrostanti inviolabili confini. Come potran dunque formarsi depositi calcarei nei laghi e nei mari alimentati unicamente da quei ruscelli e da quei fiumi, che ne arrestano la formazione? Ben talvolta sembra che il calcare voglia gettarsi d'un salto al di là del fiume, per allargare i suoi confini troppo angusti. Così vedesi, per esempio, alle falde settentrionali del Tauro, fra Erzerum e Trebisonda, una sorgente calda che ha gittato un gran ponte di tufo e di stalattiti sul fiume.¹⁾ Ma che serve? anche colà il travertino non può invadere l'opposta sponda. La ragione del resto

¹⁾ Buschor, *Lehrbuch*, ecc., I, pag. 542.

è semplicissima. Per divenire incrostante bisogna che l'acqua sia satura. Ma nell'atto che incontra un ruscello od un fiume, rimane troppo diluita, e perde d'un tratto la sua proprietà. Certamente però non si perde il carbonato di calce, che essa ancora teneva disciolto. Esso continua la sua via col fiume che ha di nuovo incontrato; e siccome tutte le sorgenti e le acque scorrenti dalle montagne si versano nei fiumi, i fiumi finiscono col raccogliere quanto rimane alle acque pluviali e alle sorgenti della loro rapina, e divengono i primi vasti ricettacoli del carbonato di calce e di quanti sali sono tolti alle terre, tanto dall'esterna quanto dall'interna erosione. Analizzando le acque dei fiumi, dovremo naturalmente scoprirveli, e chi sa che quelle acque non si trovino poi in condizioni di poter deporre quel calcare che ora, troppo diluite, non possono.

Il signor Bischof, nel suo *Trattato di geologia fisica e chimica*, riporta un gran numero di tali analisi. Rileviamo da esse come nei fiumi si contiene infatti, credo senza veruna eccezione, una certa quantità di carbonato di calce; ma essa è così tenue, che nessuno può aspettarsi, ripeto, che i fiumi diventino incrostanti per sè. Il Reno, per esempio, presenta al massimo 13 parti di carbonato di calce su 100,000 parti di acqua; il Danubio ne presenta 8, l'Elba 6, il Rodano 15, la Senna 16, il Tamigi 20, il Mississipi 12, il S. Lorenzo 8¹⁾. Avrei calcolato che la quantità media del carbonato di calce contenuta nei fiumi è di 11 parti per 100,000. Può darsi tuttavia che nei laghi o nei mari le acque si condensino

¹⁾ Buschor, *Lehrbuch*, ecc., I, pag. 271.

4. — STORANI, *La purezza del Mare*.

in guisa da raggiungere il punto di saturazione, e deporre il calcare. Perchè non potrebbe succedere nei laghi o nei mari ciò che si osserva nelle vasche artificiali, o nei piccoli bacini naturali, ove si arrestano le sorgenti incrostanti?

15. Sappiamo, per esempio, che a S. Filippo, sul monte Amiata in Toscana, ove le sorgenti termali hanno edificato un colle di calcare bianco come la neve, le stesse acque, raccolte in una gran vasca, vi hanno deposto in 25 anni uno strato calcareo dello spessore di nove metri. Nei bacini artificiali o naturali, ove si arrestano le acque incrostanti, il deposito offre anche sovente delle forme particolari, che non sono prive d'interesse pel geologo. Suppongasì, per esempio, che la sorgente sgorgi entro un bacino, ove esistono dei corpi di qualunque natura, che possono facilmente essere, pel moto stesso della sorgente, rotolati, tenuti in sospensione, spinti con moto alterno in alto e in basso, rotando come un guscio d'uovo sopra uno zampillo artificiale. Il carbonato di calce, precipitandosi intanto, dovrà rivestire di tanti involucri quel corpo fluttuante, e formare una sfera o una sferoide, insomma un confetto, colla struttura di una cipolla. Avrete udito nominarsi i *confetti di Tivoli*; ora sapete anche di che zucchero siano fabbricati. Ma la miglior fabbrica di tali prodotti che io conosca, è senza eccezione, quella di Carlsbad, dove i confetti calcarei che i naturalisti chiamano *pisoliti*, costituiscono molta parte dell'enorme massa calcarea, creata dalle celebri sorgenti termali che pigliano il nome dalla città, edificata in gran parte sul prodotto delle stesse sorgenti. Quelle pisoliti, di forma regolarissima, d'una sfericità perfetta, raggiungono talvolta la

grossezza di una ciliegia e sono ordinariamente cementate in grandi masse, che altri piglierebbe per gigantesche ovaje di trota. Trattasi, è vero, di piccoli bacini; ma non potrebbero riempirsi ugualmente di letti calcarei e di letti pisolitici bacini più vasti, anzi dei laghi di considerevole estensione, come si è detto aver fatto, con tutta probabilità, l'Aniene? Certamente: anzi non mancano nemmeno esempi di simili formazioni. Infatti depositi pisolitici si formano, per esempio, nei laghi del Messico, dove il nucleo di esse pisoliti è generalmente costituito da un ovo di una certa specie di insetto emiptero¹⁾, abbondante in quei laghi. Non potranno dunque essersi formati così gli antichi calcari?

16. Osservando*se vi hanno antiche masse calcaree, le quali accusino deposito di acque incrostanti in seno ad antichi laghi, troviamo infatti che d'alcune di esse può appunto spiegarsi l'origine in questo modo. Nel bacino di Parigi, per esempio, si incontrano dei calcari d'acqua dolce, i quali, come i gessi dello stesso bacino, potrebbero ripetersi da sorgenti minerali molto abbondanti, che vi si raccoglievano nell'epoca eocenica. Ancora più evidentemente originati dalle acque incrostanti sono da ritenersi i celebri calcari a *Indusie*, i quali figurano come parziale riempimento di certi laghi, che occupavano i bacini granitici della Francia centrale, durante l'epoca terziaria. Le indusie, come le friganee (insetti abitatori

* L'ordine degli emipteri comprende gli insetti a quattro ali appaiate. Le due inferiori sono membranose, come quelle dei coleopteri o scarafaggi; le due superiori, chiamate elitre, sono per metà membranose e per metà coriacee. Appartengono agli emipteri, per esempio, i così detti amici di campagna.

dei nostri stagni), nello stato di larva si fabbricavano dattorno un astuccio, una specie di bozzolo cilindrico, per mezzo di corpi stranieri agglutinati. Le vagine delle indusie, composte sovente di conchigliuzze lacustri come quelle delle friganee sono composte di fascellini, si ammassavano in gran copia sul fondo di quei laghi, e venivano poscia investite dal calcare incrostante, formando quelle masse enormi, che ricevettero il nome da quei fossili particolari di cui sono talvolta veramente un impasto. Quanto alla specialità accennata dei calcari pisoliti, si può sospettare che abbiano la stessa origine lacustre certi calcari che si trovano in masse smisurate, composte di sferule talora quasi microscopiche. I naturalisti distinguono questi calcari col nome di *ooliti* (dal greco *oon* che significa uovo), per la somiglianza di quelle sferule colle uova de' pesci o degli insetti. Ma quelle antiche calcaree oolitiche appartengono a grandi formazioni indubbiamente marine, e non diedero mai per sè altri indizi d'essere di origine lacustre.

17. Dovessero anche le *ooliti* trovarsi, come certe pisoliti, d'origine lacustre, trattasi pur sempre di formazioni affatto eccezionali, e queste non hanno potuto aver luogo che là dove si verificasse l'afflusso immediato di sorgenti stracariche di carbonato di calce, e le condizioni più favorevoli per depositarlo. In tali condizioni trovansi appunto i citati laghi del Messico. Sotto un clima assai caldo, coll'afflusso immediato di acque incrostanti abbondantissime, si capisce come le acque del littorale possano saturarsi di carbonato di calce, e formare un deposito. Ma come volete che i laghi ordinari, che ricevono i fiumi ordinari, raggiungano quel grado di satu-

razione che è condizione imprescindibile di qualunque deposito chimico? Le acque dei fiumi, abbiám detto, sono estremamente povere di sali: non possono nemmeno concentrarsi nei laghi ordinari, cioè aventi un emissario, poichè questi laghi alla fine non sono che tronchi di fiume, dove la corrente fa una sosta apparente e gode di un riposo, il quale non consiste che in un rallentamento di moto. La quantità di calcare che può contenersi nell'acqua di un lago deve essere su per giù corrispondente a quella che si contiene nei fiumi che li tengono alimentati, e può essere anche meno per la quantità di acqua pluviale che a volte a volte vi si riversa immediatamente. Il Rodano, per esempio, diede all'analisi il 9 per 100,000 di carbonato di calce presso il lago di Ginevra, e il lago stesso non ne diede che il 7¹).

18. Ma i fiumi vanno al mare. Per quanto sia tenue la quantità di calcare che i fiumi gli tributano, esso vi si dovrà condensare. È là sicuramente la grande officina delle masse calcaree... Eccoci senz'altro alle foci dei fiumi, dove notiamo tosto una circostanza, che deve facilitare non poco la posatura del calcare incrostante. Badate come l'acqua, che noi chiamiamo dolce galleggi sulla salsa. Un fiume infatti, nell'atto che raggiunge l'immenso piano, vi si distende in sottilissimo velo, presentando una smisurata superficie di evaporazione. L'acqua che è dolce di nome, ma contiene realmente una quantità di sali abbastanza considerevole, potrà essere rapidamente condensata, e portata a quel grado di saturazione che avrà per conseguenza un deposito salino. Il

¹) Bischof, *Lehrb.*, I, pag. 272.

calcare, che ha la prevalenza sugli altri sali nelle acque dolci, ed è poco solubile per giunta, sarà il primo a deporsi.

Troviamo infatti come i littorali siano talvolta incrostatati. La *panchina* di Livorno è un gran deposito calcareo, ricco di organismi marini; un travertino littorale insomma, che ha incrostatato il lido e le conchiglie del lido. Ora è messo a nudo da un leggiero, recentissimo sollevamento, che ha procurato ai Livornesi il delizioso passeggio dell'Ardenza. Alle foci del Rodano il travertino, cementando le sabbie e le conchiglie, trasforma il lido in una specie di lumachella. Nel golfo del Messico e sulle coste della Giamaica, in certi seni riposti e tranquilli, esposti all'afflusso di acque incrostanti sotto la sferza de' tropici, col lieve agitarsi delle onde, i grani di sabbia leggermente cullati o anche sollevati in sospensione, intonacandosi di calcare, danno luogo, come nei laghi messicani, a poderosi banchi di pisoliti.

19. Così avviene al presente, e così doveva succedere in passato. Per citarvi un esempio vi dirò dei colli di Badia a nord-ovest di Brescia. Quegli amenissimi colli constano di una così curiosa associazione di rocce, che pare a prima giunta presentare al geologo un'incognita irriducibile: 1° una puddinga di ciottoli per lo più calcarei, legati da un cemento calcareo; 2° un calcare compatto, bianco-sporco, con conchiglie di terra (*Helix*, *Cyclostoma*); 3° un calcare simile al precedente, ma più bianco, terroso e misto di concrezioni calcaree; 4° marne argillose, cineree, quasi argille, con conchiglie terrestri del genere Elice (*Helix*) a cui appartengono le nostre lumache mangerecce. Quelle rocce non formano veramente degli strati

distinti, ma piuttosto una gran massa di varia composizione. Oltre le conchiglie terrestri, meritano speciale considerazione quelle concrezioni calcaree sparse nel calcare terroso. Consistono esse in una copia stragrande di corpi pisoliti, irregolari, ovali, subsferici, od anche cilindrici, tali che si piglierebbero talvolta per monconi di ossa cilindriche. Il calcare onde sono composti è durissimo, d'indole stalattitica. Il mezzo di quei corpi presenta una cavità, la quale è piena di marna calcarea d'aspetto argilloso. Come si spiega codesto complesso di fatti? A me ha suggerito l'idea che i colli di Badia rappresentino un estuario marino (dico marino perchè sono tutti marini i nostri depositi miocenici, in cui è compresa la formazione in discorso), dove metteva foce un fiume per ruzzolarvi ciottoli di un diametro così considerevole, da risultarne masse poderose di conglomerato incoerente. Intanto (probabilmente dallo stesso fondo dell'estuario) sgorgavano sorgenti ricchissime di carbonato di calce, il quale, rimanendo libero più o meno rapidamente secondo il più o meno rapido svolgersi dell'acido carbonico e dell'evaporazione, precipitavasi o lento e compatto, o rapido e terroso. In tutti i casi investiva i ciottoli, formandone una puddinga, compatta o incoerente, ovvero si deponeva da solo in banchi di calcare o compatti o terrosi. Le conchiglie terrestri, che venivano giù galleggiando per la corrente, quando sfuggissero all'urto dei ciottoli, erano rapidamente investite dal calcare incrostante, e precipitando al fondo, stavano sicure d'ogni offesa in seno ai depositi calcarei. Il calcare stesso, mescolandosi alle fanghiglie fluviali, formava delle marne calcaree. Ma alcuni pezzetti marnosi, mossi o tenuti in

sospensione dai getti delle sorgenti, servivano di centro, intorno a cui si deponava, nella sua maggiore purezza, la sostanza calcarea, finchè; caduti al fondo e ruzzolati dalla corrente, incrostandosi sempre più, assumevano quella forma cilindrica, che caratterizza la maggior parte di quelle grossolane pisoliti.

20. Se mi chiedeste un altro esempio, non saprei citarvelo; il che vuol dire che i calcari, originati da acque incrostanti lungo gli antichi littorali, non possono figurare ancora che come un'eccezione. Le grandi masse calcaree mancano, ripeto, di quella struttura concrezionale che deve caratterizzare anche i depositi formati sui lidi dalle acque incrostanti. Le famose ooliti hanno pure, come ho detto, tutta l'aria di formazioni appartenenti a liberi mari: vedremo del resto come formazioni oolitiche, somiglianti alle descritte, si mostrino tra le rocce costituenti le masse d'origine corallina. Del resto, se il passato risponde al presente, i punti littorali dove potevano formarsi delle panchine, o depositi somiglianti, dovevano essere scarsissimi, come scarsi attualmente sono i punti dove si scaricano immediatamente delle acque assai ricche di carbonato calcareo. I lidi del mare, infatti, che cosa ci presentano ordinariamente se non ghiaja, sabbie e fanghi?

21. Forse vi cadrà in mente che grandi masse calcaree possano venir create nelle profondità sottomarine, dove sgorgino per avventura sorgenti calcaree. Lo scandaglio non ne scoperse finora, nè potrà scoprirne giammai. Sì, i depositi di calcare incrostante non possono costituire che un deposito littorale, nel senso più stretto della parola. Come volete che a profondità sottomarine appena considerevoli sgorgino della sorgenti? Pensate all'enorme

pressione che esse dovrebbero vincere. La vincessero anche, finchè l'acqua che possiede il calcare rimanesse sotto all'acqua del mare, mancherebbero le condizioni richieste alla formazione dei calcari incrostanti: voglio dire che non potrebbe nè svolgersi l'acido carbonico nè aver luogo l'evaporazione. Ebbene, faremo che la sorgente monti a galla. Ma potrà arrivarvi senza mescolarsi coll'acqua del mare? E quella che ci arriva, potrà deporre sul fondo un calcare, che resta immediatamente in balia dell'immenso mare? Via... è impossibile¹⁾: se un ruscello basta ad arrestare l'azione di qualunque sorgente incrostante, che non farà l'oceano?

Noi dicevamo però che l'acqua stessa del mare deve essere stracarica di carbonato di calce. Da secoli e secoli tutti i fiumi del mondo gliene recano in tributo; e una volta che un atomo di calce vi sia deposto, più non può uscirne: poichè l'acqua che svapora dalla superficie del mare, se non è purissima, è però sempre acqua dolce, e tale appunto perchè si spogliò de' suoi sali abbandonandoli al mare. Non dovrebbe adunque il mare esserne saturo ormai?... Ma che volete?... Non cerchiamone la ragione per ora...: l'acqua del mare è quasi destituita di carbonato di calce. Nelle analisi che si danno sommariamente delle acque marine, il carbonato di calce non si accenna nemmeno. Le più squisite ne fanno parola; ma, fatta la somma dei diversi sali per cui è così amara l'acqua marina, il carbonato di calce non vi pretende che per due centesimi o poco più²⁾. Cosa

¹⁾ La tesi è ampiamente dimostrata nel mio *Corso di geologia*, volume II, §§ 53, 54.

²⁾ La quantità di carbonato di calce, confrontata col totale dei sali contenuti nell'acqua marina, trovossi pel Mediterraneo di 0,02, pel Mar Nero di 2,00, pel Mar Caspio di 2,67 per cento.

singolare codesta, mentre nei fiumi il carbonato di calce rappresenta in media a un dipresso il 50 per 100 dei sali che vi si contengono. Nelle acque del mare abbondano invece altri sali, principalmente il cloruro di sodio, ossia il sal da cucina, del quale non si hanno che alcune tracce nelle acque dei fiumi. Non è strano codesto, signori miei, che il mare, il quale vive, a non dubitarne, del tributo dei fiumi, sia più povero anzi poverissimo di quei sali che più nei fiumi abbondano, e più ricco anzi ricchissimo di quelli che nei fiumi stessi scarseggiano? Eppure è così. Voi vedete intanto che, se vi ha deposito impossibile per l'acqua marina, quello dev'essere del calcare incrostante.

22. Eccoci adunque smarriti precisamente dove credevamo di essere alla meta delle nostre ricerche. Il carbonato di calce ci sfugge dalle mani, precisamente dove credevamo di arrestarlo, e di obbligarlo a darci ragione di quegli immani depositi che esso seppe costruire nelle epoche andate. E dalle nostre indagini che cosa abbiamo raccolto? Alcune stalattiti, un po' di tufi e di panchine devono rispondere dell'origine di quelle grandi masse, che coprono colle immense loro moli tanta parte della superficie del globo, e devono rappresentarci tutta quella parte nel sistema dell'economia tellurica, che noi ci figuravamo così grandiosa. Via non può essere. I pochi calcari che vedemmo formarsi sotto gli occhi nostri non rispondono che per una minima parte al quesito che ci eravamo proposti. Confrontando quei pochi calcari colle grandi masse di cui cerchiamo l'origine, non ci troviamo corrispondenza nè di quantità nè di natura; confrontando gli stessi calcari colle forze impiegate a produrli, non ci troviamo corrispondenza di causa ad effetto. L'origine

delle montagne calcaree rimane dunque ancora un mistero. Ma non diffidiamo: noi non abbiamo ancora interrogata la natura operante nel mistero delle sconfinite profondità sottomarine, da cui è voce che uscissero un giorno belli e formati i nostri continenti colle masse d'ogni specie di cui li vediamo composti. Un'arcana forza è laggiù per cui il carbonato di calce, che di continuo vi riversano i fiumi in gran copia, continuamente scompare. Se ci riesce di scoprirla, non vi sarà più mistero che avvolga le origini ricercate delle calcaree catene.

CONFERENZA TERZA

LA VITA CONSIDERATA COME FORZA TELLURICA APPLICATA ALLA ELIMINAZIONE ED ALLA FISSAZIONE DEI SALI CALCAREI.

SOMMARIO. — I calcari incrostanti sono un effetto sproporzionato alla causa, 1. — La purezza del mare è ancora un problema, 2. — Il problema trova una soluzione nella forza vitale, 3. — La vita considerata come forza tellurica, 4. — L'ordine dell'universo basato sull'antagonismo tra le forze vitali e le forze fisiche, 5. — L'eliminazione dei sali calcarei dalle acque marine ne porge una prova, 6. — Quadro della vita marina. Cetacei e pesci, 7. — Molluschi natanti, 8. — Gli aculei, 9. — La fosforescenza del mare, 10. — L'eliminazione dei sali calcarei non si ottiene ancora, 11. — Gli abitatori del fondo marino, 12. — I secretori dei sali calcarei, 13. — I secretori nella prima regione del mare sono i fabbricatori dei calcari marnosi, 14. — Esempi a dimostrazione della tesi, 15. — Banchi d'estrice, 16. — Gli infinitamente piccoli, ovvero un primo saggio delle profondità sottomarine, 17. — Natura del fondo, 18. — Scandagli americani, 19. — Scandagli inglesi, 20. — Possibilità della vita nelle profondità sottomarine, 21. Parallelo tra i calcari delle profondità sottomarine e alcune formazioni calcaree continentali, 22.

1. Terminavamo l'ultima conferenza col dire che, dopo le indagini sulla formazione delle masse calcaree per via delle acque incrostanti, la creazione delle montagne calcaree, prescindendo da qualche lembo meschino, ci rimane ancora un mistero. Riassumendo infatti quanto abbiamo esposto in quella conversazione, noi troviamo che vi è una grande sproporzione, una mancanza d'ogni convenienza tra il presente ed il passato, in quanto vengono

rappresentati, il presente da quelle masse calcaree le quali si formano sotto i nostri occhi, il passato da quelle che si formarono in epoche anteriori. A che si ridurrebbe codesto sistema d'economia cotanto vantato, che abbraccia nella sua unità il presente e il passato? Quanto sperpero di forze, per riuscire ad un risultato così meschino, quale è quello di darci, si direbbe, coll'impiego dell'universo, delle stalattiti e dei travertini in dose relativamente minima?

Che cosa ci presenta invece il passato? Moli calcaree immense, enormi colossi, che pajono rizzarsi a sostenere la volta del cielo, bianchi di neve anche nel cuore dell'estate. Quelle catene calcaree, tutte d'un getto, composte d'una serie infinita di strati sovrapposti, ricchi di infinite spoglie di animali marini, non possono ritenersi generate che in seno all'immenso mare. Gli antichi mari parlano in essi il linguaggio della loro immensità. Vorremmo credere adunque che la natura presente non abbia da contrapporre al passato che poche panchine?

Si può egli parlare di economia, dove si vedrebbe tanto impiego di forze per ottenere un meschinissimo effetto? Non vi sarebbe egli a deplorare piuttosto uno spreco vergognoso? Noi abbiamo detto qualche cosa di questo impiego di forze, ma temo non si sia detto abbastanza per formarsene un equo concetto. Dobbiamo riflettere ancora ai diluvi d'acqua che si riversano ogni giorno sulla superficie della terra; dobbiamo riflettere alla vastità dei continenti che si dileguano sotto l'incessante lavacro. Ma quest'opera di erosione non riguarda soltanto l'esterno: le sorgenti incrostanti ci dicono quanto il lavoro ferve

nell'interno. Il globo è tutto divorato quasi da un cancro, è assalito da infiniti minatori, che minacciano sfondarlo. Potete voi calcolare l'enorme quantità di carbonato di calce di cui si scema ogni giorno l'interno della terra? Vi ha, per esempio, presso Neusalzwerk, un pozzo artesiano della profondità di 2160 piedi, da cui sgorgano acque cariche di carbonato di calce e di ossido di ferro. Il solo carbonato di calce emesso annualmente da quell'unico pozzo è pari ad una massa calcarea di 10,145 piedi cubici, a cui si aggiungono 462 piedi cubici di ossido di ferro. Pensate quale dovrà essere la quantità emessa dalla solfatara di Tivoli e dal *Roaring-fluss*, che sono fiumi incrostanti; e da migliaia e migliaia di sorgenti della stessa natura. E i fiumi, quale enorme quantità di carbonato di calce non portano al mare, frutto della rapina che continuamente si esercita sulla terra? Pare a prima giunta che si tratti di una quantità inavvertibile, quando si dice che il carbonato di calce contenuto dai fiumi non è in media che di 11 parti su 100,000 parti di acqua. Eppure il signor Emmerich ha calcolato che il carbonato di calce fluitato annualmente dal Reno, benchè non sia in media che di 10 all'incirca per 100,000, basterebbe perchè se ne fabbricassero il guscio 332,539 milioni di ostriche. Potete calcolare voi stessi qual sia la quantità di carbonato di calce versata in mare dal Mississippi, sapendo che le sue acque ne contengono 12 : 100,050 e che il suo efflusso è, in media, di circa 19,000 metri cubici al secondo. Io avrei trovato sulla base di queste cifre, che quel gran fiume butta in mare ogni anno 700 milioni di quintali di carbonato di calce; il che vuol dire quasi due milioni di quintali al giorno, ossia più di otto

milioni di chilogrammi all'ora. Quanto gliene porteranno tutti i fiumi del mondo? ¹⁾

2. Ma qui appunto appare più bujo il mistero. Il carbonato di calce deve certamente accumularsi nel mare. Si accumulerà certamente, direte voi; diamo tempo al tempo. Ma che bisogno di tempo? Il passato è già lungo abbastanza perchè il mare debba essere saturo e soprassaturo di quei sali, che i fiumi gli recano fin da quando si divisero le acque e apparvero le terre. È già lunga la giornata della nostra creazione, che è forse nel suo primo albore. In 6000 anni, per esempio, quant'acqua doveva svaporare dall'immensa superficie del mare? Che dico? Il mare stesso doveva vuotarsi; vuotarsi e riempirsi forse più volte; poichè non v'ha profondità sottomarina che in qualche migliajo d'anni non dovesse rimanere asciutta, se i fiumi non ritornassero continuamente al mare quelle acque che il mare abbandona di continuo all'atmosfera. Ma il geologo conta su ben altre giornate, quando parla di quelle che precedettero il giorno che da migliaja d'anni è spuntato su noi. Da milioni di anni il cielo diluvia sulla terra; sotto l'immenso lavacro i continenti si sono distrutti le cento, le mille volte, ed altrettante volte furono rifatti da una forza misteriosa, la quale li trasse dell'onda che alta e sonora rotolava sovr'essi. Le cento, le mille volte i mari si sono vuotati per riversarsi sulle terre, e altrettante riempiti colle acque che ritornavano dai conti-

¹⁾ Chi volesse davvero fare questo calcolo troverebbe che si è attribuito all'acqua del Mississippi il peso normale, che è di 10 quintali per ogni metro cubico, e si sono quindi calcolati 430 quintali di carbonato di calce per ogni 100,000 metri cubici di acqua. Ciò non è esatto. La differenza che risulterebbe operando esattamente sarebbe però a vantaggio delle deduzioni.

menti cariche di sali. Il mare ne dovrebbe essere saturo e soprassaturo. Eppure il geologo stesso vi addita nelle infinite generazioni che si succedettero in mare per milioni d'anni, altrettanti testimonii incontestabili che il mare si mantenne puro come in oggi, favorevole alla vita come in oggi, carico di sali nè più nè meno di quanto lo troviamo in oggi.

3. Dunque la natura agiva diversamente in passato? Dunque ha adottato pel presente un magistero diverso? Non lo credete, o signori. Vi dev'essere piuttosto un grande magistero di compensazione, per cui i continenti, che di continuo si struggono, di continuo siano rifatti; per cui il mare, che di continuo si inquina, continuamente si depuri; sicchè non cessino le condizioni della vita per quelle miriadi di animali, per cui è morte un sol grado di salsedine di più o di meno; sicchè insomma trionfi la vita in mezzo alla continua lotta che minaccia la morte. Le masse calcaree, di cui non siamo finora riusciti a scoprire l'origine, devono rivelarcelo codesto magistero; devono anzi rappresentarlo: e se noi ci faremo a studiarne più addentro la natura, le forme, gli accidenti, e a cercare, fuori dei domini delle acque incrostanti, altre masse calcaree che meglio corrispondano alle antiche; quel magistero ci si svelerà facilmente da sè... Esso è la vita... Sì, o signori, quel magistero che assicura la purezza del mare, e vi perenna la vita, come la rese perenne nel corso di tanti milioni di anni, consiste nella stessa vita, o piuttosto nel perenne antagonismo tra le forze vitali e le forze fisiche, tra il regno organico ed il regno inorganico. La tesi che io passo a dimostrarvi è questa, che agli animali viventi sul globo è affidata,

fin dai primordi del mondo, la conservazione del globo nelle condizioni volute perchè ai padri succedano i figli, alle generazioni le generazioni e l'equilibrio, l'ordine e la vita si mantengano costanti nei tre regni della natura.

Quando si considera lo spettacolo dell'universo, e si ammira quell'ordine sommamente provvido in tutto; quel misurato succedersi del giorno alla notte; quell'avvicinarsi delle stagioni; quel giungere a tempo del caldo e freddo, della pioggia e del sereno; tutto quel lavoro senza riposo e senza stanchezza, quell'intreccio così composto e così semplice, così complicato e così senza confusione, insomma quell'equilibrio delle forze della natura, tutte intese a creare ed a mantenere le condizioni di vita a tante miriadi di animali tanto diversi fra loro per l'organizzazione, per l'abitato, per gli istinti, pei bisogni di alimento, di propagazione; si capisce bentosto che la terra per sè e ne' suoi rapporti coll'universo è ordinata in un grande sistema infinitamente complesso ed eminentemente uno, per provvedere all'esistenza e alla prosperità de' suoi abitanti; e questo è verissimo. Ma chi gode della famiglia e della società, deve lavorare per la famiglia e per la società. Il parassitismo in natura è abolito. La natura è maestra di costumi come la storia, più della storia. Gli animali da milioni di anni non fanno che lavorare al ristauero, alla manutenzione di questo gran domicilio dei viventi, cooperando tutti, secondo la diversa natura e la diversa potenza, al vantaggio della grande società a cui appartengono. Questa legge di mutuo soccorso è uno dei principali capitoli del gran codice dell'economia tellurica, ed è rappresentato per una parte principalissima dalle formazioni calcaree.

Dai regni della materia bruta, eccoci portati inaspettatamente nei regni della vita: dalla sfera delle forze fisiche, eccoci saliti a quella delle forze vitali. Non so quale impressione possa produrre nei miei uditori questa inaspettata diversione. Tu meni il can per l'aja: dirà forse taluno. Via, non per nulla mi son tanto diffuso nel fissare il programma di queste scientifiche conversazioni. Ho detto che non era nelle nostre intenzioni di arrestarci ad una semplice descrizione dei minerali, o d'indagarne semplicemente l'origine. È nostro intendimento invece di levarci più alto, e di interrogare la natura, perchè nelle meraviglie della sua potenza ci riveli le recondite meraviglie della sua sapienza. Una prima grandiosa rivelazione è questa che non v'ha fenomeno in natura che non sia legato, per un sistema di mutua dipendenza, a tutto l'universo. Se io piglio un atomo dell'universo, e lo interrogo: Che cosa rappresenti? Esso mi risponde: - L'equilibrio dell'universo. - Dunque se io voglio comprendere quell'atomo, mi trovo impegnato a svolgere e dipanare tutto il sistema dell'universo. Io non vi impegnerò tuttavia in questo studio che non ha confine, benchè non si tratti di atomi ma di masse così stupende: ma, se bramate conoscere qual sia la parte che le grandi masse calcaree rappresentano nel sistema del globo, devo dimostrarvi almeno quella parte importantissima dell'azienda economica della terra affidata agli animali che vivono sulla terra. Son dunque costretto a vagare pei campi della vita.

4. Noi siamo avvezzi a considerare la vita nei viventi. Quante meraviglie in un insetto! Il zoologo ha davanti a sè un abisso di meraviglie, che non si può scandagliare.

Se dallo studio degli animali in sè stessi vogliamo passare a quello dei loro rapporti, se ci facciamo, per esempio, a cercare i vantaggi che arrecano, noi ci arrestiamo ordinariamente ai più immediati, a quelli che l'uomo ne cava immediatamente. Anche questo è un abisso.... Sono innumerevoli i vantaggi che l'uomo seppe cavare dal regno animale: ma infinitamente maggiori sono quelli che, coi progressi dell'esperienza, impareranno a cavarne i nostri nipoti. Un altro campo più vasto di filosofiche investigazioni è aperto al naturalista, se si fa a considerare i rapporti degli animali fra loro; quelli dei loro istinti e dei loro bisogni, colle condizioni del regno vegetale e con tutta la disposizione del mondo fisico; se si fa insomma a considerare i rapporti dei singoli animali con tutto il sistema dell'universo.

Ma vi ha un campo ancora più vasto, ancora meno esplorato. Vi ha un ordine di fatti e di considerazioni ancora più elevato, ed è quello dove si considerano gli animali, non più presi singolarmente, ma come formanti un grande sistema in rapporto coll'universo; dove dallo studio dei viventi, si passa a considerare la vita in astratto, come un gran principio di attività nella natura; come una grande estrinsecazione d'una potenza emessa da una infinita moltitudine di enti associati; come un sistema di forze applicate allo svolgimento del globo; infine come un altro elemento, come un'altra atmosfera che cinge la terra, ed a cui sono condizionati necessariamente tutti i fenomeni tellurici. Questo campo è aperto specialmente al geologo¹⁾.

¹⁾ Nel sistema filosofico di Antonio Rosmini, colosso invano combattuto anche da chi sarebbe più interessato a sostenerlo, eretto contro la possa invadente del moderno materialismo, la materia è definita come

5. In quest'ordine di considerazioni soltanto si rivela lo scopo della creazione del mondo vegetale ed animale, che tenne dietro a quella della materia e delle forze, cioè a quel già misurato, pesato, ordinatissimo complesso in cui la mente pagana, incapace di assorgere all'idea di un Dio uno, potentissimo, sapientissimo, ottimo in tutti i suoi atti fin *da principio*, lasciò guidar dalla fantasia a fingersi l'incomposto caos. In quest'ordine di considerazioni gli animali tutti, in tutte le epoche, benchè disposti sui diversi gradini del perfezionamento organico, mossi da istinti diversi ed opposti, stimolati da diversi bisogni, capaci di diverse funzioni, veggonsi ordinati come una grande società, disciplinati, agguerriti e condotti sul campo come un grande esercito, che milita per la conservazione dell'ordine dell'universo, che le potenze fisiche, squilibrate dalla mancanza di un tal contrappeso, tenderebbero davvero a precipitare nel caos. Quando abbiám detto che le piogge stemprano i continenti all'esterno, e le sorgenti ne vuotano l'interno; che i fiumi portano al mare il prodotto della loro rapina; che il mare si vuota, e, ridotto in nuove

termine di un sentimento. Il sentimento, o come si direbbe con parola equivalente *la vita*, è dunque niente meno che radiazione necessaria dell'esistenza della materia. Ne verrebbe di conseguenza che la materia sia tutta, almeno in certo senso, animata: certamente poi che il sentimento, o piuttosto il principio semplice, immateriale, che lo produce nell'atto che si porta sulla materia (onde l'organizzazione e la vita degli esseri sensitivi) precede in ordine ontologico l'esistenza della materia. Codesta tesi difficilissima ed ardua dell'animazione della materia è ampiamente e profondamente svolta dal grande filosofo nella *Teosofia*, da cui l'esegesi dovrebbe apprendere a interpretare, un po' meno pedestramente di quello che si fa dai moderni apologeti, il primo capitolo della *Genesis*. Qui però, non volendosi uscire dal campo della geologia, si considera la vita in astratto sì, non però come principio animatore della materia, ma come forza che emana dal complesso dei viventi, applicata all'ordinato e perenne mantenimento del mondo fisico sulla terra.

piogge, in nuovi fiumi, torna di continuo al saccheggio; abbiám detto appunto che le forze fisiche e chimiche, impiegate in questo circolo formidabile, tendono a sommergere di nuovo le terre in seno alle acque, ed a ritornare il mondo allá primitiva solitudine. Se l'ordine del glóbo non appare turbato dopo una guerra di tante età, gli è che si regge per l'antagonismo tra le forze fisiche e le forze vitali.

Osservate: ogni animale è, per dir così, l'espressione vivente d'un tale antagonismo. Finchè l'animale vive, vedete come gli elementi ne subiscono l'impero. Quasi dimentichi delle loro irresistibili tendenze, di cui non fanno mistero al chimico, abbandonandosi sotto i suoi occhi a tutte le sfrenatezze dell'odio e dell'amore, finchè l'animale vive, si lasciano guidare passivamente per altra via. L'ossigeno, l'idrogeno, il carbonio, l'azoto che sono i principali elementi dell'organismo, poi il ferro, il fosforo, la magnesia, la calce, il cloro, la soda, ecc., trascinati in combinazioni affatto nuove nel torrente della circolazione sanguigna, si dispongono in cellule, divengono tessuti, muscoli, nervi, membrane, glandole di varissima tessitura, ossa, pelle, unghie e peli. Di quegli elementi l'animale sceglie-gli uni, gli altri rigetta, e nessuno si ribella alle sue leggi. Mirate invece che cosa avviene appena nell'animale si spenga il principio della vita. Gli elementi, liberi dal giogo della vita, si ribellano, insorgono: è un'orgia feroce di una turba tumultuante in preda alle passioni più sfrenate di odio e di amore: si abbracciano e si respingono, si accozzano e si disperdono, e in mezzo al tumulto crescente, l'organismo si sforma, si scompone, si sfascia. Ecco un piccolo mondo che si

risolve nel caos. Esso è simbolo del gran mondo, ove impera la vita. Se la vita cessasse, anch'esso, ripeto, si risolverebbe nel caos.

6. Osservando come la vita è impiegata nella fabbricazione del calcare, non faremo che sollevare un lembo del velo che ancora nasconde tante meraviglie; che dare un passo sopra un cammino quasi inesplorato; che porgere un primo saggio dell'intervento della forze vitali nell'economia del globo, e leggere una prima pagina di quel codice che la natura ha dettato a'suoi agenti, e che è per loro legge imprescrittibile. Ho detto che si tratta di sollevare un primo lembo del velo sotto cui si celano gli intenti della natura; e volevo dire che nella formazione del calcare non si rivela che una parte del suo magistero infinitamente molteplice. Con questo intendo di rispondere una volta per sempre a quelli, i quali credessero per avventura che io, parlando del sale calcareo, voglia dimenticare gli altri, che i fiumi traggono di continuo al mare. No, il carbonato di calce non è il solo che venga sciolto e trasportato dalle acque; ve n'ha degl'altri assai: anzi non esiste elemento terrestre che sia salvo dalla comune rapina. Come le masse calcaree, così tutto il globo si strugge. Se il carbonato di calce è quello che in maggior copia è portato dai fiumi al mare, rappresentando talvolta quasi il 100 per 100 delle sostanze che le acque dolci tengono disciolte; i fiumi stessi tributano al mare i diversi composti che l'analisi rivela nelle acque marine: il cloruro di sodio, anzi tutto, cioè quello che per antonomasia si dice sal marino; poi i cloruri di potassio e di magnesio, i solfati di magnesia e di calce, il bromo, il jodio, la silice, il fosforo, il ferro e fino il rame,

il piombo e l'argento. Io queste sostanze non le dimentico, ed ho bisogno che nessuno dei miei uditori le dimentichi.

Ma le esigenze del metodo analitico ci obbligano ad occuparci di una sola sostanza per volta, e questa, per ora, è il carbonato di calce. Gioverà tuttavia che noi ci intendiamo fin d'ora su questo punto fondamentale; cioè che, quanto si è detto e si dirà sullo sciogliersi del carbonato di calce in seno alle acque terrestri, sul suo trasporto per mezzo delle acque istesse, sul suo versarsi in mare, ove dovrebbe indefinitamente accumularsi, s'intende affermato ugualmente di tutti i sali, e della salsedine marina considerata nel suo complesso. Quando invece si viene, come veniamo ora, al processo della eliminazione del carbonato, bisogna dimenticare assolutamente gli altri sali. Ce ne ricorderemo più tardi, per vedere come l'eliminazione dei diversi sali esige diversi processi, i quali rispondono ai diversi scopi dell'economia tellurica. Intesi su questo, volgiamoci al mare e vediamo come la vita sia interessata al primo intento, che è l'eliminazione, ossia la dosatura del carbonato di calce, prima condizione perchè vi si mantengano le condizioni della vita.

7. La vita nel mare!... non è soggetto da prosa, ma da lirica. Fin là dove, sotto gli eterni geli, la terra si spoglia di piante e d'arbusti, in quelle regioni stesse che si direbbero il regno della morte, la vita trionfa. Una barriera insormontabile di ghiacci difende le terre polari dalle invasioni di quell'essere che della terra si chiama sovrano. Ma sotto a quei ghiacci hanno le balene la tiepida culla; mandre di foche e di morse meriggiano sdrajate sui campi galleggianti di ghiaccio, come le nostre gio-

venche al rezzo delle ombrose piante quando la canicola più bolle. Quale spettacolo fu quello che presentossi ad Hayes quando vide la superficie di quei mari, che a lembi, a chiazze, a mala pena traspariva fra ghiaccio e ghiaccio, nereggiare d'infinite teste di mostri marini! *) Fin là dove il libero mare ondeggia sul polo, i compagni di Kane vedevano le foche scherzare nelle tiepide onde, e a stormi gli uccelli acquatici tuffarvisi. Da quelle glaciali latitudini, come dalle Alpi nostre le mandre quando viene il verno, discendono le balene a greggi innumerevoli, e si trovano muso a muso coi capodogli, pari alle balene per l'enormità della mole e padroni della torrida zona. Quante volte quei mostri, gettati dalla tempesta sui nostri lidi, vennero ad atterrirci coll'imponente spettacolo della vita gigante! Erano cento i capodogli che vidersi buttati da una tempesta sul lido a Kairsten nelle Orcadi. Come dev'essere numerosa quella progenie di giganti che passan la vita misurandosi corpo a corpo col furioso elemento che involge quasi i tre quarti del globo!

Dai mostruosi cetacei, passiamo alla progenie multiforme dei pesci. Non so se la potenza della vita possa trovare una più eloquente espressione di quei banchi di tonni, di sardelle, di aringhe, di merluzzi, che sembrano vomitati, come torrenti di lava, dagli abissi marini, e scorrono sulla superficie del mare, fitti come banchi di arena, occupando una superficie di 15 a 24 miglia quadrate. Ogni anno da cinque a sei mila bastimenti, impiegati nella pesca, buttano sul mercato del mondo tren-

*) HAYES, *La mer libre du pôle*. Paris, 1868.

tasei milioni di merluzzi. Si narra, per esempio, che nel 1859, un banco di acciughe, inseguito da una truppa di delfini, venne a cercar rifugio nel golfo di Balaclava. Quel golfo ne fu letteralmente pinzo, e per quanto i pescatori esaurissero quanto avevano di barili e di sale, la pescagione sembrava rifiuissse con foga crescente. Parve dapprima una benedizione, ed era un flagello. Le acciughe, bloccate dai delfini schierati sulla imboccatura del golfo, trovarono in breve troppo angusto l'ambiente ove erano pigiate, e le condizioni della esistenza vennèro in breve a mancare. Ogni traccia di vita fu dalla putrefazione cancellata in quel golfo, e l'aria stessa ammorbata cacciò in bando dalla città gli spauriti abitanti. Alcuni mesi dopo, reliquie dell'orrenda strage, masse di grassume, formato dalla putredine di quelle povere acciughe, venivano rotolate lentamente sul lido. Di quantità così enormi di pesci non ci maraviglieremo punto, appena avrem saputo come la natura abbia fornito quegli animali di mezzi di moltiplicazione prodigiosi; sapendo, per esempio, che, a calcoli fatti, un'aringa può produrne sessantottomila, ed un merluzzo un milione.

Ma i pesci non rappresentano ancora, direbbesi, che l'aristocrazia dei mari. Che dire di quel *volgo disperso che nome non ha*? Le arene dei lidi non danno che una meschina misura di quegli enormi cumuli di viventi che riempiono il mare, tanto più numerosi quanto meno perfetti. Può dirsi infatti che il numero degli animali cresca in ragione inversa del grado che occupano sulla scala dell'organizzazione. Il naturalista rinuncia ad ogni calcolo, appena si tratti di animali che discendono sotto al livello dei vertebrati. Chi volete che pensi a trovare una

cifra qualunque di milioni o di miliardi per dirvi, così per dire, il numero dei molluschi o degli acalefi che a torme infinite scorzano nei campi dell'oceano? Appartengono, per esempio, ai molluschi quelle salpe, animali nudi, molli, completamente diafani, che hanno la forma di tubi muniti di tentacoli, e che, riuniti a cento a cento, formano dei gruppi smisurati a foggia di rose e di nastri, ove l'individualità è assorbita in una grande unità sociale. Un banco di salpe attraversato dalla *Magenta* nel 1865, tra l'Africa e le isole del Capo Verde, non misurava meno di 15 miglia marine, nella direzione percorsa dal bastimento¹⁾.

9. Gli acalefi superano ancora di numero i molluschi. Questi animali, detti anche meduse od ortiche di mare, organismi gelatinosi, dalle forme più strane, sono esclusivamente marini, e si trovano anch'essi ordinariamente associati in banchi sterminati. Che dico in banchi?... se tutto il mare è seminato di quegli albumi viventi... Meravigliosa fra le altre è la *Cyanea arctica*, che ha la forma di un gran disco di cristallo, del diametro di oltre sette piedi, da cui pende ondeggiando morbidamente una chioma di finissimi filamenti. Essa vive in grandi società sulle coste della Groenlandia e degli Stati Uniti. In tutti i mari, del resto, ce n'ha milioni di miliardi di queste creature, sto per dire, aeriformi, simili alla *Cyanea* e che i naturalisti distinsero poi nomi di *pelagie*, di *berenici*, di *fisofore*. Sotto i miti splendori dei cieli temperati, come sotto gl'incendi di luce dell'equatore, spiegano il loro ombrello leggiadro e iridescente come una bolla di

¹⁾ *Bull. della Soc. geogr. Ital.*, 1870, pag. 120.

sapone, e sciolgono in seno alle onde il volume delle leggerissime chiome. È pure una famiglia di acalefi quella delle *Physalia*, le vere ortiche di mare. Guai all'incanto nuotatore che si lasciasse pigliare in mezzo a quelle schiere ondegianti! Come dev'essere piacevole del resto il veder sfilare quegli strani organismi, in forma di semplici vesciche, simili alle vesciche natatorie dei pesci, della lunghezza di 34 centimetri, che scoppiano sotto il piede che li calpesta! il vederli navigare in truppe immense, sormontati da una cresta azzurra e porporina, quasi da una vela, che valse a loro il nome di *galere* o di *fregate!* il vederli muovere, a guisa di altrettanti vermi, i loro tubercoli tubolosi, armati di succhiatoi a ventosa, e slanciarne altri a modo di dardi, fino alla distanza di sei metri, e ritirarli, contraendoli a spirale, con moti repentini, dopo aver forse ferito all'impensata un incauto, per mezzo di quel disco, che secerne un umore acre e velenoso, il quale produce sulla pelle l'effetto delle ortiche!... Eppure quelle vivaci creature non hanno organi di locomozione e debbono obbedire passivamente ai moti del mare col fatalismo del Turco. Il loro viaggiare è un cullarsi piacevole, con pieno abbandono di sé stesse, in grembo all'oceano immenso¹⁾. — Oh! non mancherà nemmeno a voi, innumerevoli figlie del mare, il *pane quotidiano*. Il vento vi presta le sue ale, e vi guida ai campi ubertosi, dove la messe è già matura per voi. — È molto probabile che appartenesse a questa famiglia quel banco di meduse de-

¹⁾ Secondo i più recenti studi, le *Physalia* non sono individui, ma società, sostenute da una vescica sociale, da cui si staccano a suo tempo le libere meduse. Si incontrano in grandi truppe sotto i tropici e fino al 45 di latitudine.

scritto da Maury¹⁾, che un capitano di bastimento incontrò sulle coste della Florida, in seno alla calda corrente a tutti nota sotto il nome di *corrente del golfo*. Il mare ne era letteralmente coperto, e la nave dovette navigare in mezzo a loro per cinque o sei giorni. Quel gregge marino doveva avere almeno 700 miglia di estensione. Più tardi il capitano, di ritorno dall'Inghilterra, rivide quel banco di meduse nei paraggi delle Ebridi, ed impiegò tre o quattro giorni a traversarlo.

10. Eppure non abbiamo ancora un'idea della moltitudine degli animali che abitano il mare; non abbiamo ancora un'idea della potenza della vita in seno alle onde. Per formarcela bisogna aspettare la notte, quando la luce che emana dai corpi rende visibile all'occhio nudo anche quello che il microscopio non discerne. Non v'ha certo nessuno di voi che non conosca il fenomeno della fosforescenza marina; che non abbia goduto almeno una volta di quel maestoso spettacolo, quando ogni onda che increspa il mare è una fiamma, ogni remo che fende l'onda vi incide una ferita di fuoco, quando ogni prora è un vomere incandescente, ogni pesce che guizzi è un baleno, e una mano che si agiti nell'acqua vi suscita a piacer vostro un mondo di stelle. Chi non ha veduto almeno una volta la fosforescenza del mare, non può intendere che cosa si vuol dire con queste parole: *universalità della vita*. Ma la fosforescenza dei nostri mari non è che l'ombra di quella così stupenda, che fa restare attoniti i navigatori dei mari tropicali, dove, come scrive lo Schlegel, ogni antro sotto-marino ha la sua

¹⁾ *Geographie de la mer*, II, § 72.

lucerna, ogni punto prominente il suo faro; ove i recessi che alla luce del giorno si presentano appannati e indecisi, dardeggiano nelle ombre i loro fuochi varicolori in fasci abbaglianti¹⁾. Si osservano talvolta in quei mari quasi delle grandi macchie di molte e molte miglia di estensione. Sono acque colorate dalla presenza di un numero infinito di animalletti d'uno o d'altro colore. Durante la notte veggonsi altre immense macchie, che i marinai chiamano *acque bianche*, e dovrebbero dire *acque fosforescenti*. Le acque, colorate di giorno o bianche di notte, son da ritenersi indubbiamente come la stessa cosa. Le une e le altre non sono che una splendida manifestazione della vita marina. Il capitano Hingman descrive una di codeste macchie d'acqua bianca, in cui si era imbattuto proprio nel cuore dell'Oceano Pacifico, a otto gradi a sud dell'equatore, dove l'acqua segnava niente meno che ventisei gradi sul termometro centigrado. Ciò gli avvenne la notte del 27 luglio 1854. Narra egli di essersi trovato in quella notte proprio nel mezzo di quella macchia di lunghezza e larghezza inaudita. Benchè il bastimento filasse nove nodi, non faceva nessun rumore nè davanti nè di dietro. Tutto l'oceano sembrava una pianura coperta di neve, e per contrasto l'orizzonte, benchè perfettamente sereno, era nero, come annunciava un violento uragano. Il mare fosforescente, il cielo nero, le stelle che andavano svanendo, tutto, dice lo scrittore, sembrava annunciarci, che la natura si preparasse a quella finale conflagrazione che deve consumare, secondo la tradizione, il mondo materiale²⁾.

¹⁾ MAURY, *Géographie de la mer*, II, § 673.

²⁾ *Ivi*, § 605.

Quelle macchie colorate di giorno, fosforescenti di notte, non sono che immense nubi di animalletti. L'acqua tinta in seno alla macchia descritta, trovossi piena di particelle luminose. Erano tutti serpentelli infuocati ed altri esilissimi organismi dalle forme più strane¹⁾. È accertato del resto che la fosforescenza marina è dovuta sempre e dovunque alla proprietà di divenire luminosi, di cui godono infiniti animali marini, appartenenti a generi, famiglie ed ordini disparatissimi. Ma la grandiosità del fenomeno si deve principalmente a quelle miriadi di animali microscopici che riempiono tutto quanto il mare, minuti e fitti come il pulviscolo dell'aria. Quando si sappia che l'acqua fosforescente trovasi composta per un terzo e fin per la metà di *nottiluche* microscopiche²⁾ si è tentati di credere un istante che le particelle stesse dell'acqua siano animate. Così non è certamente; ma ci ha quanto basta per concedermi che non si esagera di-

¹⁾ Una di queste *acque bianche* è descritta dal signor Eufemio Ribichini (*Strenna di Tocco Casauria*, Chieti, 1881). Egli la incontrò nel suo viaggio a Calcutta nel 1873, navigando sul piroscafo *Roma*, dopo aver lasciato il Mar Rosso. Non dice né la data né il luogo preciso di quell'incontro; ma pare che sia avvenuto verso la fine di marzo o il principio d'aprile e probabilmente entro la zona delle calme equatoriali dell'Oceano Indiano. Durante due notti consecutive il mare durò perfettamente bianco come la neve, di luce argentina, tanto che gli pareva di navigare in un mare di ghiaccio tempestato da fiocchi di neve. Ogni cosa che vi si buttasse sembrava perfettamente nera, tanto che versandovi dell'acqua, pareva che vi si versasse inchiostro. Nulla, dice egli, si avvertiva di giorno, rimanendo naturalmente quel bagliore così tranquillo soffocato dalla luce del sole. È certo però che un buon osservatore avrebbe notato il colore particolare delle acque anche durante il giorno. Calcolando che il fenomeno sia durato anche soltanto le due notti e il giorno di mezzo, filando il *Roma* nove miglia all'ora, quella macchia luminosa aveva, nella direzione del bastimento, un'estensione di 224 miglia almeno.

²⁾ *Annales des Sc. Nat.*, III, tom. XVI, 1850.

cendo che la vita involge il globo quasi un altro elemento, come l'acqua, come l'atmosfera.

11. - A che pro, voi direte, codesta descrizione degli abitatori dei mari? Veramente tal digressione è imperdonabile. - Ebbene, fate di perdonarmela: essa aveva per me due scopi: 1° di darvi un'idea della potenza della vita, che è qui considerata in astratto come forza tellurica; 2° di rendere luminoso, evidente, incontrastabile, quel magistero, in cui si impiega tanta parte della vita, pur riserbandone tanta per altri magisteri. Quanto al primo scopo noi ci saremo formati della vita un'idea sbiadita, in confronto del vero; ma pure un'idea ce la siamo formata, e dobbiam sentirci oppressi dalla grandiosità degli effetti di una potenza che tiene dell'infinito. Quanto al secondo scopo, al mettere cioè in evidenza in tutta la sua necessità e specialità quel magistero parziale che dimostriamo affidato alla vita, riflettiamo soltanto che tutti gli animali passati in rassegna finora non assimilano nè sali calcarei nè sali d'altra natura che in dose tenuissima, sicchè non potrebbero impedire quell'eccesso di concentrazione di cui sarebbe necessaria conseguenza lo sterminio di tutti gli abitatori del mare. Ci vuol dunque un magistero tutto speciale, che provveda ad una così assoluta necessità; e se a tale magistero supplisce la vita, ci dovranno essere altri animali, organizzati appunto per provvedere ad un bisogno, la cui urgenza è in proporzione dall'immensa quantità di quelli, che non possono in nessun modo soddisfarvi da sè. Sì, tutto il mondo marino vive continuamente sotto una minaccia di morte. Qualche grado di concentrazione maggiore della salsedine del mare, e lo sterminio di tutti i suoi abitatori è ine-

vitabile. Ce ne persuadono, coll'eloquenza dei fatti, il Mar Morto e gl'infiniti laghi salati nel mezzo dell'Africa, dell'Asia, dell'America, ove la vita è spenta, o si riduce a certe specie di infusori, i quali hanno appunto questo di speciale, che trovano un elemento di vita dove gli animali tutti incontrerebbero inevitabilmente la morte. Chi provvede adunque a codesta universale necessità che l'osservazione e l'esperienza rendono così evidente?...

12. Sotto quel mondo che guizza, si agita, e libero ondeggia nell'immensità delle acque, esiste un altro mondo che ne è l'antitesi perfetta: un mondo di animali pesanti, immobili, prigionieri per sempre. Gli animali di cui parliamo, occupano lo spessore delle acque: sono, per dir così, gli uccelli del liquido firmamento: questi di cui parliamo, sono incatenati al fondo: ma gli uni e gli altri gareggiano fra loro di numero, di varietà, di potenza. Moltissimi sono liberi, come migliaia e migliaia di vaghe conchiglie appartenenti agli ordini dei gasteropodi e degli acefali: ma questa libertà si direbbe un insulto. Gravati di enormi cappe, in *eterno faticoso manto*, si muovono come gli ipocriti di Dante¹⁾. Altri più numerosi ancora, come le ostriche, i coralli, inpiombati al suolo, radicati come le piante, trovano nello stesso luogo, sullo stesso scoglio, la culla e la tomba. Ecco la immensa *corvée*, occupata senza posa nell'immane lavoro, di cui abbiamo sentito così profondamente la necessità. Poveri *Fellah!* sempre sempre inchiodati allo stesso fondo, sempre allo stesso scoglio confitti, ove nascono muojono. Incapaci d'andare alla busca, aspettano pazienti che l'onda apporti loro

¹⁾ *Inferno*, XII.

il necessario alla vita. Milioni di generazioni si rimutarono sullo stesso fondo, sul punto stesso ove quell'ostrica spalanca le sue valve, ove quel corallo dischiude il suo calice stellato simile ad un fiore; ma il lavoro non fu interrotto un istante. Abbiamo detto che la natura ha abolito il parassitismo: ora diremo che non ammette lo sciopero. È vero però che natura non tollera il monopolio. Ma via, torniamo ai nostri lavoratori del mare. Bisogna ben dire che il magistero loro affidato sia importante e geloso, se la natura fu così severa con essi; se, quasi timorosa che quelle guardie della vita abbandonassero il loro posto, ve li ha confitti, o li ha provvisti di organi di locomozione così disadatti, che piuttosto valgono allo stare che al camminare. Voi avete inteso, o signori, quale sia il lavoro che io dissi affidato ai sedentari abitatori del fondo marino.

13. Volendo scrivere un trattato d'economia tellurica, si potrebbe prendere benissimo per base di una classificazione degli animali marini il potere secretivo di ciascuno di essi, considerando però soltanto la secrezione dei sali calcarei. Gli animali comincerebbero così a dividersi in secretori e non secretori. Io metto nei non secretori anche i cetacei e i pesci. Confrontate infatti tutti gli abitatori delle libere acque, di cui parlammo dapprima, con quelli che abitano il fondo. I primi hanno generalmente un corpo nudo e molle, anzi per lo più gelatinoso. Anche quelli che possiedono uno scheletro, il quale serve, più che ad altro, a dare appoggio ai muscoli per renderne possibili i movimenti, lo hanno così meschino che la secrezione delle sostanze calcaree, di cui lo scheletro è in parte composto, non costituisce che una funzione affatto

secondaria del loro organismo. Osservate, per esempio, una balena: il suo scheletro è enorme davvero; ma se si paragona colla mole dell'animale, figura pur sempre come una parte assai tenue in confronto del tutto. L'osservazione regge ancor meglio coi pesci, il cui scheletro è così leggero e piuttosto gelatinoso che osseo. Ben altro si osserva nelle conchiglie, nei coralli, e in tutti gli animali abitatori del fondo, nei quali si verifica una sì enorme sproporzione tra le parti molli e le parti dure. Qui si direbbe che il corpo (cioè la sostanza molle di cui si compone) è la parte, lo scheletro il tutto; quello l'accessorio, questo il principale.

Gettate uno sguardo su quella qualunque più piccola collezione di testacci marini, che per caso vi si presenti e basterà per avere un saggio di quel mondo di operai che lavorano alla fissazione dei sali calcarei. Ci vedrete dell' ostriche, dei martelli (*Malleus*), delle perne (*Perna*), delle came (*Chama*) delle plicatule (*Plicatula*), dove la parte molle e gelatinosa non occupa che una cavità tra le due valve, la quale è su per giù della grossezza di un'ostia. Vedete all'opposto che peso enorme hanno le valve stesse, cioè i gusci calcarei, secretati da queste ostie gelatinose. Eccovi uno *Spondylus*, conchiglia molto simile alle ostriche per la forma e per l'esiguità delle parti molli. Il suo guscio, quale lo vedete, pesa cinque chilogrammi. E questo *Strombus* gigantesco?... E questa *Cassis* che somiglia ad un elmo pesante di un antico guerriero?... E questa *Tridacnes*?... Queste *tridacnidi*, così grosse, così pesanti, meritavano veramente le simpatie dell'arte barocca, che le imitò per fregiarne i templi e gli edifici d'ogni genere: ve ne ha che pesano

fino a 300 chilogrammi. Le pile dell'acqua benedetta all'ingresso delle chiese ebbero dapprima, per semplice imitazione, la forma di queste conchiglie: ma poi ci fu chi s'accorse che le si potevan pigliar tali e quali sono in natura, e voi potete vedere le mostruose valve della *Tridacna* impiegate a quest'uso, per dirne uno, nel tempio di San Carlo in Milano. Volgiamoci ai coralli. Vedete: c'era egli bisogno di una montagna di calcare per portare dei fiorelli gelatinosi, che sono tutto il corpo di questi animali secretori per eccellenza? Voi lo sapete del resto che questi animali fabbricano davvero delle montagne. Ma di ciò dovremo parlare lungamente più tardi. Voi sapete anche che le conchiglie, i coralli, i ricci marini, gli animali secretori di ogni specie e d'ogni famiglia (che sono infinite) sono sparsi sui fondi marini in estrema abbondanza, sicchè si pigiano, si accavallano, si accumulano, formando delle congerie, dei banchi, i quali sovente prestano tutto quanto il materiale dei fondi e dei lidi marini.

Queste poche osservazioni ci bastano per ritenerci autorizzati a concludere senz'altro che lo scopo principale della creazione e della organizzazione di quegli animali è la secrezione, cioè la fissazione dei sali, principalmente dei sali calcarei che si trovano disciolti nelle acque del mare, e che di continuo vi sono versati dai fiumi. *Organismi secretori*.... ecco la loro definizione. Sarebbe mai che a loro si dovessero le grandi masse calcaree, di cui cerchiamo l'origine? In questo caso che cosa rappresentano i calcari del grande sistema dell'economia tellurica?

14. Per rispondere ai quesiti proposti, servendo alle esigenze del metodo analitico, dividiamo il mare in tre

regioni: 1° la regione dei litorali; 2° la regione delle grandi profondità; 3° la regione delle isole nei grandi oceani equatoriali.

I litorali sono distinti dalla estrema abbondanza delle conchiglie libere o fisse. Man mano che le conchiglie rimangono vuote per la morte dell'animale, se libere, vengono scopate dal fondo e gettate sul lido. Come corpi in continua balia delle onde seguono la sorte dei ciottoli, delle ghiaje e delle arene. Ròse, spezzate, triturate, vanno successivamente ad occupare il posto che loro si compete secondo il peso e il volume a cui sono ridotte. Quelle più grosse, per esempio, vengono buttate sull'asciutto lido dal furore della tempesta; ridotte successivamente in frantumi, potranno adagiarsi colle altre di mole minore entro i banchi di ghiaja. Ma anche qui, sfregate, macinate dall'onda, potranno servire a far parte di quei banchi di sabbia, quindi di quelle minute fanghiglie che si distendono sopra larga zona di bassi fondi e di profondità litorali talora molto considerevoli. L'osservazione ci assicura che i litorali marini, siano ciottolosi, ghiajosi, sabbiosi o fangosi, si mantengono sempre quali sono; il che succede appunto perchè i materiali si rimutano sempre, passando i più grossi a sostituire i mezzani, e questi i più fini, che vanno a deporsi lontano dal lido, o in seni così tranquilli da non temere più oltre l'insulto delle onde. I corpi marini, ripeto, seguono la stessa vicenda: sono, come gli altri materiali rocciosi, distribuiti nei diversi luoghi, e servono, coi materiali di qualunque origine, a comporre i depositi che si accumulano o sul lido o nelle litorali profondità. Quale sarà la composizione di quei depositi? Molto varia senza dubbio. Osser-

vando però come le rocce che compongono la maggior parte del globo, quando non siano calcaree, sono rocce felspatiche; osservando come le rocce felspatiche (graniti, porfidi, lave ecc.), travolte in ciottoli dai fiumi, o elaborate dal mare, finiscono a risolversi in fango che ha più o meno schietta la natura dell'argilla; osservando finalmente come tutti in genere i depositi acquei, fluviali lacustri o marini, risultanti da materiali detritici che hanno subito il massimo grado di triturazione, presentano l'aspetto e la natura di un'argilla o di un fango argilloso: domando quale sarà la natura di quei fanghi littorali, dove all'ordinario detrito si mescola il prodotto della triturazione dei testacei marini? Naturalmente quei fanghi saranno argille miste a calcare in quantità maggiore o minore. Se poi (come avviene sovente sui littorali popolati da miriadi di testacei marini) il detrito calcareo organico diviene prevalente sull'inorganico; il fango risultante sarà a preferenza calcareo, ed una volta indurito, presenterà tutti i caratteri di un calcare misto ad argilla, cioè di un calcare *argilloso*, di un calcare *marnoso* di una *marna*.

15. Io crederei così di avere scoperta l'origine di quelle masse immense di calcari *argillosi* o *marnosi* costituenti da soli, monti e catene di monti. La formazione dell'*infralias*, che attraversa tutta la Lombardia, consta, per esempio, quasi unicamente di banchi o di schisti calcarei, marnosi o argillosi, e raggiunge nelle nostre Prealpi uno spessore fin di 300 a 400 metri. Gli strati argillosi e marnosi principalmente sono straricchi di conchiglie marine d'ogni foggia, di ricci marini, di coralli, ecc., come lo sono in genere tutti i calcari marnosi o argillosi del

mondo. In questo fatto trovo una meravigliosa conferma di quanto abbiamo ritenuto circa l'origine dei calcari marnosi. Non parlo dei tritumi di corpi marini, ed anche di conchiglie intere, le quali, per la loro leggerezza, possono facilmente venir trasportate in quelle profondità littorali ove si depongono i fanghi marini. Un deposito in parte, e talora quasi in tutto, d'origine organica, non può non essere ricco di organismi, cioè eminentemente fossilifero. Ma il fatto a cui io riflettevo specialmente è questo, che i calcari marnosi sono sovente tutto un impasto di conchiglie e d'altri corpi marini conservati nella massima integrità. E notate bene che, nella maggior parte dei casi, quei fossili non furono certamente esposti ad un'azione meccanica appena sensibile. Molte e molte volte poi, mentre quei calcari marnosi sono una vera lumachella, un vero conglomerato di conchiglie, il raccoglitore non può rallegrarsi punto dell'abbondanza della messe, mancando essa di quella varietà che egli preferisce alla copia. Banchi sterminati di calcari marnosi non vi offriranno talvolta che due o tre specie di conchiglie; talvolta anche una sola, rappresentata da milioni d'individui, pigiati l'uno contro l'altro, accumulati l'uno sull'altro; proprio come vivessero ancora in famiglia sul fondo del mare. Vedeste, per esempio, le marne e i calcari marnosi di Gorno e Dossena, e di tutte le valli bergamasche, celebri da lungo tempo per la bellezza e l'abbondanza dei fossili, appartenenti ad una delle zone del *trias superiore*. Voi potete girare delle intere giornate, senza raccogliere mai altro che tre o quattro specie di conchiglie. Per compenso, quelle specie sono abbondantissime, e di una meravigliosa conservazione. In alcuni

luoghi, e precisamente presso Gorno e Dossena, anche quelle poche specie scompaiono, e la superficie degli strati si mostra propriamente come un mosaico di gusci di una o d'altra specie di *Myophoria*, genere di bivalve, che vi si trova abbondantissimo. In tutti i terreni del resto si danno esempli di tali ammassi di fossili nei calcari marnosi, cominciando, se volete, dagli antichissimi schisti siluriani, che sono un impasto di graptoliti, e terminando colle argille marnose e coi calcari subappennini, ove le conchiglie che vissero nei mari i quali precedettero appena l'epoca nostra, sono talmente ammucchiate da costituire talvolta da sole la quasi totalità del terreno. Si deve dire, ripeto, che quegli organismi rappresentano delle grandi famiglie estinte sul luogo dove vissero; che quei depositi sono necropoli sostituite a città sottomarine. Ed infatti, se il presente è specchio fedele del passato, quei calcari conchiferi, argillosi o marnosi, non rappresentano altro che gli antichi littorali i quali facevano cintura alle antiche terre. La zona dei fanghi, che, partendo dal lido, succede a quella delle ghiaie e delle sabbie, è una zona tranquilla, quasi imperturbata anche nelle maggiori tempeste. Offre pertanto un ricovero sicuro e tranquillo ad una infinità di specie, che vi passano in pace la vita, si moltiplicano in immense famiglie, si succedono da generazione a generazione, intanto che le loro spoglie vengono man mano sepolte nel fango che si accumula. Ne risulteranno necessariamente dei fanghi calcarei, dei calcari marnosi, che saranno tutto un impasto di organismi ben conservati, ed avranno infine tutti i caratteri che ci presentano realmente, come dicemmo, i calcari marnosi in tutte le regioni del globo.

16. Gli organismi abitatori dei littorali danno origine adunque a strati di calcari marnosi di prodigiosa estensione, mentre occupano tutta quella zona di centinaia e centinaia di chilometri che si aggira attorno ai continenti, partendo dalla linea delle sabbie più grosse prossime al lido, e dilatandosi, con morbido pendio, e con tutte le successive gradazioni dalle sabbie più fine all'impalpabile belletta, fin là dove cominciano le grandi profondità oceaniche. Talvolta però le conchiglie, scopate dalle onde sopra uno spazio qualunque, formeranno delle masse calcaree a sè, e cementandosi le une colle altre, potranno costituire dei banchi di un vero calcare compatto, tutto d'origine organica. Io credo che sia questa l'origine delle *lumachelle*, cioè di quei marmi i quali non figurano che come altrettanti ammassi di conchigliame buttato là alla rinfusa. Altri ammassi calcarei potranno formarsi lungo i littorali rocciosi, anche a dispetto della furia delle onde, per mezzo delle conchiglie che hanno la facoltà di aderire agli scogli. Sono celebri sotto questo rapporto i banchi d'ostrie. Voi li trovate viventi lungo i nostri littorali; ma li vedete ugualmente far parte delle antiche formazioni calcaree, così conservati in grembo alle montagne, che li direste ancor vivi in seno al mare. Concludendo, a risparmio di soverchi particolari, gli organismi marini, abitatori dei littorali, sono capaci di crearvi delle masse calcaree enormi, più o meno pure, mediante quel processo di secrezione, per cui traggono continuamente il carbonato di calce dalle acque marine, e lo fissano nel loro organismo, fabbricandosene lo scheletro.

17. Osserviamo ora che cosa avvenga nella seconda regione, cioè nelle grandi profondità sottomarine.

Una profondità di 30 metri soltanto basta perchè vi si mantenga quasi assoluta la calma anche nel furore della tempesta. L'osservazione avrebbe invero sancito che il moto delle onde si fa sentire talvolta a profondità molto maggiori, nè potremmo tenerci sicuri affatto da ogni importunità, benchè abitassimo a cento metri, ed anche più basso, sotto il pelo dell'oceano. Dev'essere tuttavia così debole il movimento che si propaga ad una profondità maggiore di 30 a 40 metri, che non possiamo certamente aspettarci degli effetti meccanici molto sensibili. Potranno, per esempio, le onde dilatate maggiormente la zona delle fanghiglie littorali, quindi allargare la regione dei calcari marnosi: potranno gli stessi fanghi incresparsi in dune ondulate. Ma, quand'io mi porti ad una profondità, supponiamo, di 200, di 300 metri, sarà come fossi sotterra, nel regno della immobilità, del buio e del silenzio. Che diremo delle profondità che superano i 300 metri, che si inabissano fino a due, a tre, a quattro mila metri sotto la superficie del mare? Possiamo nemmeno sperare che la scienza possa spingere uno sguardo laggiù?

Fino a questi ultimi tempi difatti un mistero impenetrabile regnava nelle profondità sottomarine. Gli scandagli, seppur riuscivano a darcene la misura, nulla avevano saputo riportarci che ce ne rivelasse in alcun modo le condizioni.

Venne finalmente lo scandaglio di Brooke, ingegnoso congegno, immaginato dal suo autore nell'occasione in cui si facevano gli studi per trovare un letto opportuno al riposo del cordone transatlantico.¹⁾ Calato alla profondità

¹⁾ Lo scandaglio di Brooke è composto di un tubo cilindrico, la cui estremità superiore è munita di due bracci girevoli, imperniati ad una delle rispettive estremità nel tubo stesso, liberi e forcati dall'altra. Le

di 1200 piedi, ritornò riportando fedelmente il primo saggio che gli avevano consegnato gli abissi. Era un pugno di fango, che, esaminato col microscopio, mostrò quasi per intero di foraminiferi a conchiglia calcarea, e di diatomee a scheletro siliceo. Si meravigliò il mondo di così strana scoperta, e ciascuno dovette domandarsi donde mai provenivano quegli organismi, i quali, accumulati in tal numero che non trova cifra per esprimersi, formavano il letto dell'oceano. Era egli da supporre un solo organismo di tal tempra, che visse nell'oscurità la più assoluta, e sotto una pressione di 400 atmosfere? Si convenne quindi dai più che quei microscopici animaletti vivessero sospesi ad una altezza conveniente

appendici superiori, prodotte dal biforcamento dei bracci, sono forate in modo da presentare un attacco a due corde, che vanno a riunirsi al canapo con cui si cala lo scandaglio. Il taglio stesso, per cui succede il biforcamento dei bracci, serve a sostenere altre due cordicelle, che discendono e vanno a sostenere un anello, formante una specie di bacino con foro circolare nel mezzo, corrispondente al diametro del cilindro, lungo il quale l'anello è destinato a sdrucciolare liberamente. Il descritto anello o bacino porta una palla da cannone, coll'asse forato in guisa che possa, come il bacino che lo porta, infilarsi nel cilindro, e scorrere lungo il cilindro stesso. Montato l'apparato, le due cordicelle che partono dal canapo, mentre lo scandaglio discende, obbligano i due bracci all'estremità superiore del tubo cilindrico ad elevarsi. Allargandosi ed elevandosi, essi tirano le altre due cordicelle a cui è affidato il bacino anziché infilarsi nel tubo cilindrico; il bacino si eleva e sostiene sospesa la palla da cannone. Nel momento che l'apparato tocca il fondo, il tubo cilindrico, che teneva teso tutto il sistema delle cordicelle, si infossa nel fango e ci trova un appoggio: le cordicelle superiori si ritacciano: i bracci, rialzati all'estremità superiore del tubo, ricadono parallelamente al tubo stesso. Dai fessii dei due bracci forati, diventati verticali, cadono libere le cordicelle che sostenevano il bacino ad anello; questo scende sdrucciolando lungo il tubo cilindrico, e la palla da cannone, priva di sostegno, cade sdrucciolando anch'essa. Il solo tubo cilindrico rimane attaccato alla fune; e opponendo poca resistenza, è facilmente ritirato con quel fango di cui si è riempito infossandosi nel fondo marino.

nelle acque, come ci vivono i loro compagni privi di conchiglia, che rendono di notte luminoso il mare. Morendo, erano dal proprio peso trascinati al fondo. Quella nevicata di morti si era coi secoli levata assai alta sui piani e sui pendii coperti dal mare. Il fondo marino ci si presentava così come un immenso ossario di nuovo genere; come un abisso dove è spenta la vita, dove non si avvera alcun movimento, dove tutto si conserva inalterato, dove dormono le une sulle altre le infinite generazioni che popolarono il mare, fino dal giorno in cui fu scavato l'abisso.

18. Tutti gli scandagli, del resto, che si erano praticati o si praticarono poi a profondità minori o maggiori, tutti convennero nel descrivere il fondo del mare come un immenso cimitero, ove la terra stessa, in cui si seppelliscono i morti, è composta di morti; primeggiando sempre, o meglio dominando esclusivamente, le spoglie degli *infinitamente piccoli*, come furon detti, con frase espressiva, quei minuti organismi di cui un popolo intero può alloggiarsi nella buccia di un grano di miglio. Il fondo dell'Atlantico, per 1300 miglia tra l'Irlanda e la Nuova Finlandia, trovossi composto di un fango, di cui i rizopodi calcarei costituiscono l'85 per $\%$. Lo stesso fondo si accertò presso le Azzorre, a 600 miglia più al sud; sicchè non si andrà troppo lungi dal vero assegnando a quel viale del gran cimitero oceanico una estensione di miglia quadrate 200,000. Ehemberg vi distinse 85 specie di rizopodi calcarei, ossia di foraminiferi, 16 polisticine e 15 diatomee. Partendo dalla Florida e alzandoci verso nord, tra i 90 e 1500 piedi di profondità, apparve sempre lo stesso fondo organico. Ma che giova perdersi in

ispezialità? Il fondo dell'oceano, diremo con Dana¹⁾, è tutto dello stesso stampo: nell'Atlantico come nel Pacifico, sotto i tropici come al Kamtschatka.

19. Le più recenti scoperte, mentre vennero a confermare pienamente quanto riguarda la composizione del fondo marino, dovettero però anche modificare profondamente le idee che si avevano sulle condizioni fisiologiche delle profondità sottomarine, e sulla provenienza dei corpi organici che ne compongono il fondo. Questo, abbiam detto, è un vasto cimitero; ma i morti non ci vengono portati d'altronde. E invero, a rifletterci un poco, come era egli possibile che quegli organismi, provvisti di uno scheletro così pesante, potessero reggersi natanti tutta la vita? Gli animali destinati a vivere nuotando sono, come abbiam visto, nudi, molli, leggerissimi. Quando nol siano abbastanza, come i cefalopodi e i pesci, la natura gli ha provvisti di camere aeree o di vesciche natatorie. Quei foraminiferi sono piccolissimi, è vero: ma la piccolezza non è un titolo sufficiente perchè siano violate le leggi della gravità. Potrebbe egli immaginarsi che vivano continuamente a galla un'ostrica, uno spondilo colla loro pesante conchiglia? Ma i foraminiferi, fatte le debite proporzioni, hanno ancor più grave la cappa, essendo costituiti, direi quasi, da una palla di marmo, contenente nell'interno qualche atomo di gelatina vivente.

Quegli organismi vivrebbero dunque sul fondo?... nell'oscurità più perfetta?... sotto una pressione di cui sarebbe forse appena capace la volta di una casamatta costrutta a prova di bomba?... Come è possibile?...

¹⁾ DANA, *Manual*, § 612.

Come sia possibile, noi cerchiamo per ora: e quando non trovassimo nemmeno in seguito le ragioni di una tale possibilità, dovremmo pure piegare la fronte davanti al fatto, perchè il fatto è così accertato, che il dubitarne sarebbe una follia.

Una grande spedizione, ordinata dall'istituto detto *Coast Survey* degli Stati Uniti nel 1867, doveva eseguire una serie di scandagli nelle grandi profondità sotto la *Corrente del golfo*.¹⁾ I primi non toccarono profondità maggiore di 164 e 494 metri.²⁾ Vi si scoperse una fauna assai ricca, emula delle faune costiere. Crostacei, molluschi, briozoi, echinodermi, polipai, foraminiferi, e tutti in buon numero: ma la fauna mostrò assai impoverita quando lo scandaglio toccò i 640 metri, non riportandosene che tre specie di coralli, e un frammento di spugna silicea. Continuandosi le ricerche nel 1868 verso la Florida, la vita trovò in tanto vigore fino alla profondità di 600 metri, che è probabile, dice il rapporto americano, si prepari là sotto un banco di corallo, che emergerà a suo tempo in forma di barriera attorno alla Florida. Quella barriera nascente è una vasta formazione calcarea, ripiena di coralli, di spugne, di molluschi, di radiati, di briozoi, a cui si mescolano in abbondanza ossami di cetacei e di pesci. Più oltre la fauna si strema sensibilmente. A metri 945, la massima profondità attinta dallo scandaglio americano, vivono ancora piccoli crostacei, affini ai pa-

¹⁾ *Contributions to the fauna of the Gulf-Stream at great depths*, (Bull. of the Comp. Zool. N. 6, 7), Cambridge, 1867-68.

²⁾ Le misure delle profondità si danno in metri, colla riduzione dei *fathoms* o braccia marine inglesi, trascurando le frazioni in più o in meno. Il *fathom* equivale a m. 1,829.

guri, innicchiati nelle vuote conchiglie dei dentali e dei pteropodi, e vivono anellidi, molluschi, coralli e spugne. Sono, come in genere gli abitatori delle profondità, piccoli in confronto dei loro affini abitanti il littorale; ma godono prospera vita; hanno occhi bellissimi, e gli effetti della luce, che si crederebbe assolutamente ignota a profondità così ragguardevoli, si rivelano invece nei colori di quegli animaletti, vestiti non solo di bianco, come gli abitatori delle tenebre, ma di aranciato, di verde e d'altri vaghi colori.

Quando la vita è possibile a 900 metri di profondità, non si vedrebbe ragione perchè non lo fosse a due e tre mila metri, insomma su tutta la distesa dei fondi oceanici. Non mancava che il fatto che lo dimostrasse; e questo non si fece lungo tempo aspettare.

20. Un'altra grandiosa spedizione scientifica fu allo stesso scopo ordinata dal governo inglese nel 1869, e capitanata dai signori Carpenter, Gwyn, Jeffreys e Wyville Thomson.¹⁾

Muniti non solo di scandagli sicuri, ma di una grande cucchiaja,²⁾ capace di portar via netto netto d'un sol colpo, dalle maggiori profondità dell'oceano uno strappo di fondo composto di centinaia di libbre di fango, gli esploratori non ci avrebbero più lasciato verun dubbio circa le condizioni fisiologiche dell'abisso. Si condusse dap-

¹⁾ *Preliminary report of the scientific exploration of the sea deep in h. m. surveying vessel Porcupine during the summer of 1869*. (N. 121 *Proceeding of the R. Society*). London 1870.

²⁾ Ordigno fatto a foggia di cucchiaja ripiegata, con cui si scavano e si purgano i porti, i casali, ecc. Questo termine è qui adoperato soltanto in vista dell'identità dello scopo a cui serve l'ordigno inventato dagli Inglesi, consistente una macchina grandiosa, ben altrimenti complicata.

prima lo scandaglio sopra diverse linee ad ovest dell'Irlanda, fino alla distanza di 400 a 500 chilometri dal lido. A 1478 metri la cucchiaja ritornò dall'abisso colma di quello stesso fango che era stato primitivamente raccolto dallo scandaglio di Brooke: una creta assai fine; una specie di bianco caolino (*china clay*). Ma in quel fango viveva una *Lacuna tenella*, cioè un piccolo gasteropodo dagli occhi cospicui. Altri piccoli gasteropodi ed un giovane crostaceo, perfettamente vivi, lo avevano tenuto compagnia nel suo viaggio dalle regioni delle tenebre a quelle della luce. Erano i primi pellegrini che ci portassero notizia di un paese posto ad una così immane profondità. Eppure essi non erano ancora, per dir così, che i montanari dell'oceano. La cucchiaja non aveva tocco che le creste delle montagne sottomarine, e le rimanevano ancora inesplorate le valli. Calata alla profondità di 2250 metri, ritornò ancora carica di viventi, tra i quali dei molluschi che avevano le forme del genere *Arca*, il *Tochus minutissimus* con bellissimi occhi, un crostaceo, foraminifere di cospicua mole, e polisticine silicee. Ecco ora la cucchiaja a 2599 metri. Ritrova il solito fango, ma varicolore, con mistura di ghiaja, di sabbia e detrito (*pebbles*). Sarebbe mai che a 300 chilometri dalla terra ed a profondità così enorme si sentisse ancora l'azione o delle onde, o delle correnti di terra? È assurdo il pensarlo. Quelle ghiaje, quelle sabbie, devono legarsi probabilmente a qualche avvenimento che riguarda il passato. Quanto al presente, la cucchiaja si è presa cura essa medesima di assicurarci della perfetta immobilità di quel fondo. Quel fondo melmoso e detritico era infatti coperto da uno strato di materia animale, avente la forma di una massa

flocculenta. Ciascuno sarà certamente d'accordo cogli esploratori nel vedere in quella massa mucillaginosa non altro che una nevicata di quegli animali gelatinosi, di quelle salpe, di quelle meduse, che trascorrono il mare in banchi d'inestimabile potenza.¹⁾ Gli abitatori di quel carcere profondo aspettano dalle regioni superiori del mare il nutrimento, come aspettano le piante la linfa vitale delle regioni del cielo. Anche quivi infatti non mancarono nè molluschi, nè altri animali viventi, tra i quali un crostaceo dagli occhi grandi e prominenti.

Non vi dirò d'altri scandagli che condussero agli stessi risultati, e verrò all'operazione più decisiva, a quella cioè che fu eseguita a sud-ovest dell'Irlanda, colla quale s'attinse l'inaudita profondità di 4453 metri. Calato dapprima lo scandaglio, il tubo cilindrico di esso ritornò riempito di melma fina, come l'ordinaria che forma il letto dell'Atlantico, mista in considerevoli proporzioni a fresche conchiglie di *Globigerina*. Calata in seguito la cucchiaja, ritornò essa pure carica di 168 libbre di fango, avente l'aspetto della vera creta bianca²⁾ (*chalk-mud*), e contenente una quantità di materia organica amorfa,

¹⁾ Lascio intatto questo punto come sta nella 1^a edizione, stampata quando le scoperte qui riferite erano ancora recenti e non ancor sufficientemente studiate e discusse da quelli che avevano in mano i materiali raccolti. Non so tuttavia se questa massa mucillaginosa abbia subita sotto l'analisi la stessa sorte infelice del micelio protoplasmico, di cui si parla sulla fine di questo stesso paragrafo. Il lettore a buon conto faccia suo pro della nota che troverà aggiunta al passo dove se ne discorre. In ogni caso però la disillusione a cui andò soggetto qualche troppo precipitoso naturalista, per riguardo alla natura di questi problematici plasmi, non accena nè il numero, nè la varietà, nè l'importanza degli altri fatti, sulla natura de' quali non ci poteva essere inganno di sorta.

²⁾ La creta bianca è un calcare terroso, bianchissimo, che si sfarina tra le dita e tinge di bianco come il gesso. Costituisce una formazione di grande potenza, che attraversa l'Europa, e si spinge nell'Asia.

quasi un micelio, da cui si svolgessero i germi dei protozoi, cioè dei microscopici animalletti, con e senza conchiglia.¹⁾ Alla profondità di 4400 metri è dunque ancora possibile la vita? Non solo possibile, ma prospera, ridente, meravigliosamente feconda. Gli abitatori dell'abisso erano lì palpitanti. Erano molluschi di parecchie specie; erano crostacei, anellidi, echinodermi ossia stelle di mare, crioidei, protozoi ossia foraminiferi, amorfozoi ossia spugne, tutto un mondo profondamente sottomarino insomma, esultante nelle tenebre, nell'immobilità, nel silenzio; a cui non faceva difetto nessuno di quei grandi tipi, che rendono così vari e risplendenti i fondi dei littorali agitati dall'onda sonora e trasparente e irrorati dalla luce del sole.

¹⁾ Questo micelio ch'io ritenni come formato dalla decomposizione di organismi gelatinosi, e accumulato nelle profondità sottomarine nel modo che si è detto poco sopra di quell'altra massa mucillaginosa, fu preso invece, affatto gratuitamente a quanto si vede, come materia spontaneamente e immediatamente organizzata. Gli eterogenisti, i darwiniani esagerati, gli atomisti ecc., ne menarono uno scalpore da non dire, e vi fabbricarono su de' castelli, che potevano ben dirsi castelli in aria. Con che palmo di naso dovettero rimanere dopo una certa inattesa scoperta che credo non fosse ancor fatta, ma di cui nel caso contrario ero affatto ignaro quando pubblicai la 1^a edizione del presente volume. Adesso, per esporre il fatto tal quale mi è noto, riporto alcuni periodi del discorso: *Il materialismo e la scienza*, pronunciato all'Università di Genova, per l'inaugurazione dell'anno accademico 1880-81, dal professore Federico Delpino, lasciando al lettore di cavarne le conclusioni.

« Battuta la eterogenia dalla esperienza, dalla osservazione e dall'induzione, i materialisti non tralasciarono per questo la ricerca delle forme primitive, le quali dovevano costituire il famoso passaggio dalla natura inorganica all'organica. Il più fervente apostolo del monismo, il celebre professore Haeckel dell'Università di Jena, credette finalmente di aver trovato le tanto ricercate forme. Che cosa non può un'ardente immaginazione, messa a disposizione di pregiudizi sistematici! »

« All'esagerazione di Haeckel venne inflitta dal caso una severa punizione. Allude all'amena storia del famigerato *Bathybius*. Nel mare

21. Non v'ha al certo chi non senta l'immensa portata di quelle inattese scoperte, e non veda come debbano dare un crollo potente alle idee più radicate circa le condizioni della analizzazione del globo. Io ne rimasi, lo confesso, stordito e quasi sconcertato. Non avrei ammesso giammai la possibilità di un vivente là ove non penetra un raggio di sole, e sotto il peso di 400 atmosfere. Già l'immaginazione esaltata si slancia in mezzo a quella miriade di mondi che danzano nell'immensità degli spazi, e crea la vita nel globo bollente del sole. La vita!... Oh non è dessà un elemento cosmico? un principio immateriale, animatore dell'universo, il quale non riconosce altri limiti che quelli del tempo e dello spazio?...

Certo ne' miei uditori si desta viva la curiosità di sapere come la scienza si renda ragione di un fatto che, contro sua voglia, direi, contrariamente alle idee più ra-

- che si estende fra l'Irlanda e Terranuova alla medesima profondità di
- 12,000 piedi vennero estratti diversi saggi di deposito fangoso conser-
- vati in bottiglie con alcool. Huxley ed Haeckel credettero riscontrarvi
- in notevole quantità una sostanza sarcoidea o protoplasmatica. E tosto
- la immaginazione vide in questa sostanza la prima manifestazione vi-
- vente dell'albamina, il primordio dell'organizzazione, il quale, anche
- oggi si conserva e vive nella profondità degli oceani.

« A questo protorganismo venne imposto il pomposo nome di *Bathybius*
- *Haeckelii*, che significa essere che vive nella profondità, e noi sog-
- gitteremo, non nella profondità dei mari, ma in quella della fantasia
- materialistica. Se non che a sconcertare alquanto le premesse dei suc-
- citati zoologi sopravvenne la circostanza che, in occasione di altre
- numerose esplorazioni dei fondi marini, questo *Bathybius* non venne
- più riscontrato in nessun luogo. Che è, che non è, si venne finalmente
- a scoprire che, se s'infonde dell'alcool in una fanghiglia marina, si
- forma un precipitato foccoso-gelatinoso di solfato di calce, che osservato
- e saggiato microchimicamente, presenta qualche analogia coll'albu-
- mina. Colicché il famoso *Bathybius*, a cui meritamente è affibbiato il
- nome di Haeckel, non è altro che un precipitato minerale. Qui sono
- obbligato a ripetere un'altra seconda volta: *ritum tenentis amici.* »

dicare, è forzata ad ammettere. La scienza ci sta pensando. Però gli autori del *Rapporto*, da cui abbiamo preso i particolari di quelle scoperte, se non risolvono tutte le questioni in un modo ineccepibile, dicono abbastanza per rischiarare d'un primo raggio le tenebre del mistero; per levarci dall'animo l'idea di quella assoluta impossibilità che sembra ancora ostinarsi a cozzare col fatto. Essi ci richiamano anzitutto le esperienze sulla incompressibilità dei corpi gelatinosi, pari o poco dissimile a quella dei liquidi. Gli animali scoperti a quelle profondità possono invero considerarsi come corpi gelatinosi, e come tali reggere sotto l'enorme pressione, come si regge il liquido stesso che li comprime. Non ci reggerebbero al certo gli animali che avessero delle cavità ripiene di gas, ed il cui organismo esigesse l'ammissione o la presenza dell'aria libera o di una sostanza aeriforme libera ugualmente, come è il caso degli animali a respirazione polmonare, o dei pesci, provvisti di una vescica natatoria ripiena di gas. Ma gli animali scoperti nelle grandi profondità non respirano l'aria libera, ma disciolta nell'acqua, e sono privi di cavità aeree. S'intende adunque abbastanza come quegli animali incompressibili possano reggere all'enorme pressione senza sentirsi nè schiacciati, nè impediti dal respirare a loro modo. Non così agevolmente si può spiegare come, esclusa la luce (intendesi la solare), gli abitatori delle profondità sottomarine siano forniti di apparato visivo ben sviluppato; perchè, aver occhi, in buona fisiologia e in buona logica, vuol dire vedere. Vi hanno infatti, voi lo sapete, degli animali (insetti, pesci, rettili in buon numero) che vivono in seno alle più oscure caverne: ma essi sono ciechi. Se hanno

degli occhi, sono occhi rudimentali, inetti a vedere, come quelli delle talpe, destinate a vivere sottterra. I nostri animali sottomarini invece, in seno ad una oscurità che supera quella delle più buie caverne, hanno occhi prominenti, occhi cospicui, occhi che non lasciano loro nulla da invidiare ai congeneri abitatori dei bassi fondi più luminosi. Dunque ci vedono benissimo laggiù. Qual luce vi splende? - Gli autori del *Rapporto* chiamano sulla scena la fosforescenza marina per iscacciare le tenebre da quegli abissi. Un oggetto qualunque, dicono essi, non ha bisogno di essere illuminato, se luminoso egli stesso. Altri (Tyndall, se ben mi ricordo) parlano di una luce che sarebbe suscitata dalla pressione enorme che esercita l'acqua sopra il fondo e sopra sè stessa. La pressione, come è noto per le esperienze dei fisici, è sorgente di calorico e di luce. Non pretendiamo di più: siamo ai primi vagiti di questa che direbbesi *fisica sottomarina*. Aspettiamo che cresca, e ci parli un linguaggio più articolato.

22. Intanto, per ciò che riguarda la questione di cui ci occupiamo, ci basti il fatto indubitabile che le maggiori profondità sottomarine sono abitate, e lo sono precisamente da un numero sterminato di animali secretori: ci basti il sapere come le profondità sottomarine non sono che fabbriche sconfiniate di calcari organici. Dicendo così, non intendo di dare la maggiore importanza a quegli organismi d'ordine superiore che noi troviamo vivi, quasi in via di eccezione, impigliati in quel fango disteso sulla immensità dei fondi marini. È il fango stesso che io considero; e quel fango poi è un fatto, e lo era come abbiamo visto, assai prima di quelle inattese scoperte. Quel fango è tutto una massa di scheletri microscopici, ap-

partenenti per la massima parte ad animaletti secretori di sali calcarei. Supplendo col numero alla piccolezza, accumulati da secoli sul fondo marino, l'hanno ricoperto certamente di uno strato di enorme grossezza, adeguandone le irregolarità, come fa la neve sui monti e sul piano, riducendolo anzi quasi ad un sistema di vaste pianure, infinitamente più vaste e più livellate di quelle che si distendono ai piedi dei rilievi continentali. Vi giovi sapere in proposito come il fondo dell'Atlantico tra l'Europa e gli Stati Uniti, secondo la carta pubblicata da Maury, non è che un piano sterminato, a lievi pendenze, appena interrotto da qualche depressione eccezionale, o da qualche eccezionale rilievo. Tali rilievi, che sorgono dal seno della sconfinata sottomarina pianura, fino a sporgere talora il capo dalle onde in forma di isole, sono il prodotto in genere dei vulcani, che seppero levare dal fondo dell'oceano i loro coni insulari.

Chi cercasse in queste immense formazioni calcaree, che vanno ingrossandosi attualmente sul fondo del mare, la ragione di quelle che formano l'ossatura delle montagne, non avrebbe più certamente a spaventarsi della loro mole immensa. E che? ogni più poderosa massa di montani calcari, paragonata a quella che oggi ricopre il fondo degli abissi oceanici, deve al confronto impiccoarsi, principalmente se si ha riguardo alla sua estensione. Piuttosto si vorrà imparare a distinguere, dagli altri d'origine diversa, questi calcari organici, generati per avventura nelle grandi profondità dell'oceano ed ora sollevati a formare monti e catene di monti. Prima di decidersi a vedere nelle grandi masse calcaree degli attuali continenti altrettanti letti di fanghi organici già un tempo

distesi nelle grandi profondità di antichi mari, si vorrà osservare se vi sia tra esse e le calcaree attuali, che si formano appunto nelle attuali profondità sottomarine, quella convenienza di composizione e di struttura che sarebbe del caso. Ma la nostra conversazione si è già tanto protratta, che non mi arrischio di dare all'argomento lo sviluppo che meriterebbe. Farò osservare unicamente come esistano enormi masse di calcare compatto, d'un finissimo impasto, che si ritennero già create nelle antiche profondità sottomarine. La loro grossezza enorme, la loro purezza, l'assenza d'ogni elemento detritico, sono buoni argomenti in favore della esposta opinione. Anche la composizione chimica di esse, quella specialmente di molti calcari che sono classificati tra i così detti *calcari idraulici*, parla assai eloquentemente in favore dell'opinione suddetta.¹⁾ Vi hanno poi specialmente delle enormi formazioni calcaree che rispondono

¹⁾ La seguente tabella mette in evidenza la perfetta analogia di composizione che si verifica tra i fanghi organici pescati nelle profondità dell'Atlantico, e i calcari idraulici di Francia e di Lombardia, giusta le analisi che si trovano specificate nel volume secondo delle mie *Note ad un Corso di geologia*, a pag. 33. Si noti che in quelle delle calci idrauliche di Lombardia non si tien conto che del carbonato di calce e della silice, e che in quelle di Francia la silice e l'allumina sono rappresentate unite dal composto che ne risulta, cioè dall'argilla. Il fango sottomarino di cui si dà l'analisi è quello pescato alla massima profondità di 4453 metri.

	Fango atl.	Calce idraul. francese	Calce idraul. lomb.
Carbonato di calce . . .	61,31	da 78,0 a 80,2	da 57,0 a 79,0
Silice	23,34	{ - 5,4 - 19,0 }	{ - 14,5 - 33,8 }
Alumina } Argilla . . .	5,35		
Carbonato di magnesia . . .	4,00	- 0,5 - 5,0	- - - -
Ossido di ferro	5,91	- 4,0 - 7,1	- - - -
Perdita	0,06	- - - -	- - - -
	100,00	- - - -	- - - -

sempre, in tutto e per tutto, a quelle che occupano attualmente le marine profondità. Sono la *creta bianca*, di cui si è già parlato, e i così detti *calcari nummulitici*. La prima ha già servito agli stessi esploratori delle grandi profondità di termine di paragone per definire i caratteri fisici e la natura dei fanghi che coprono il fondo dell'oceano. I calcari nummulitici poi non sono che un impasto di foraminiferi, e godono di tale estensione e di tale potenza, che la loro matrice non potrebbe altrove collocarsi che nel mare, considerato nella sua immensità. Avremo occasione di ritornare più tardi sull'argomento, e di supplire al difetto impostomi oggi dalla discrezione. Intanto io credo di aver dimostrato che per l'azione degli organismi secretori, stanziati sui bassi fondi come nelle maggiori profondità in numero sì grande, che tutto il fondo marino n'è ricoperto, si generano e si generarono delle masse calcaree, immense per estensione e spessore. Nella prossima conferenza ci porteremo a visitare la terza fabbrica di calcari, cioè la *terza regione* del mare, come le altre due feconda di meraviglie, se non maggiori, almeno più note: la regione dei coralli.

CONFERENZA QUARTA

I CORALLI E LE ISOLE CORALLINE

SOMMARIO. — Riassunto della terza conferenza, 1. — I coralli, 2. — Loro limiti geografici, 3. — Formazione delle isole coralline, 4. — Potenza delle formazioni coralline, 5. — Rapidità dell'incremento dei banchi corallini, dedotta dal loro potere riproduttivo e dalla osservazione, 6. — Lo sviluppo de' coralli è una minaccia all'ordine dell'universo, 7. — Gli atolli, 8. — Arcipelaghi corallini, 9. — Confronto tra le barriere coralline e gli atolli, 10. — Supposto della soppressione dei rilievi circondati dalle barriere, per via di un abbassamento del fondo marino, 11. — Gli atolli dimostrano che il supposto è un fatto, 12. — Grandiosità del fenomeno, 13. — Supposto abbassamento delle Alpi e delle Prealpi, 14. — Effetti provvidamente ottenuti dalla natura col processo descritto, 15.

I. Nell'ultima conferenza, considerammo la vita come forza tellurica. La sua possa è immensa; infinite certamente, benchè ancora quasi ignote, le sue attribuzioni. In questo campo inesplorato abbiamo però veduto disegnarsi assai chiaramente una parte del molteplice magistero che il grande Economista della natura ha affidato agli animali. Si tratta, lo abbiamo veduto, della eliminazione dei sali calcarei dalle acque del mare, condizione necessaria alla vitalità di quel grande elemento. Dio ha separato per questo gelosissimo ufficio, una grande porzione dell'esercito che tiensi schierato continuamente con-

tro le forze che congiurano al *caos*. Gli animali prescelti furono da Lui forniti di un gran potere secreto, e dotati di una fecondità prodigiosa, ma privati al tempo istesso interamente o quasi interamente della facoltà di locomozione. Il fondo del mare è tutto ricoperto da questi laboriosi operai, intenti a fissare i sali calcarei, che i fiumi recano al mare. Così, per un magistero mirabile di compensazione, i continenti si sfanno e si rifanno; il mare di continuo si fornisce dei sali necessari alla vita marina, e di continuo se ne scarica, conservando una purezza inalterata, mantenendo cioè quella composizione, quel grado di salsedine soltanto, che la vita richiede.

Discesi ai particolari, per istudiare nella sua attuazione questo magistero meraviglioso, abbiamo diviso il mare in tre regioni. Nella prima, cioè nell'immensa regione dei littorali, abbiamo visto quel magistero di compensazione affidato specialmente alle conchiglie. Le loro spoglie, trite dalle onde del mare, e miste al tritume ordinario delle rocce, si convertono in marne, o in calcari argillosi e marnosi. Nella seconda regione, infinitamente più estesa, cioè nella regione delle grandi profondità, lo stesso magistero è affidato agli *infinitamente piccoli*, specialmente alle foraminifere. Dieci milioni di quegli enti microscopici, secondo l'Ehrenberg, pesano una libbra. Basterebbero appena cinquanta milioni per fabbricare la conchiglia di uno *Spondylus*. Ma alla piccolezza supplisce il numero e gli abissi dell'oceano sono uguagliati da una immensa formazione calcarea, la cui potenza sbigottisce l'immaginazione. Nella terza regione, ove entriamo oggi, il grande magistero è affidato ai coralli.

2. I banchi di corallo sono, per dir così, la sintesi pratica delle forze biologiche, ossia delle forze vitali applicate alla conservazione della purezza del mare. Fissi, solidi, associati, anzi formanti, pel loro modo di riproduzione, un tutto individuale, composto di migliaia di individui, di famiglie, di generazioni, capaci perciò di uno sviluppo senza limiti, concentrati entro una zona speciale, e sopra aree speciali, hanno tutti i caratteri che si richiedono per affermarsi immediatamente come grandi formazioni, per presentarsi immediatamente sotto la forma di moli calcaree immense, rivali delle montagne calcaree più poderose e massicce. Se cerchiamo negli edifici innalzati dall'uomo, qualche cosa a cui si possano paragonare per la grandiosità, l'antichità e lo scopo codesti edifici sorgenti dalle profondità dell'oceano, ci sembra di poter dire, che i banchi di corallo sono le piramidi della natura. Alcune notizie anzi tutto sulla organizzazione, la distribuzione geografica e lo sviluppo di questi singolari organismi.

Quando si dice corallo, la mente dei meno eruditi corre immediatamente a quell'unica specie, che colle sue tinte rosse od incarnate fa tanto spicco nell'infinito arnese del mondo muliebre, o cinga di semplici bacche purpuree il collo della contadina, o brilli, sotto le forme più squisite dell'arte, nel diadema di una principessa. Ma non basta l'essere bella perchè una cosa divenga preziosa: bisogna anche che sia rara. E lo è difatti il corallo rosso, specie limitatissima nel suo sviluppo ed organizzata in un modo assai differente dai coralli comuni.¹⁾ Altri coralli, in nu-

¹⁾ I coralli si possono definire: animali gelatinosi sostenuti da uno scheletro calcareo formato per secrezione. Il corallo rosso si distingue dalla massima parte de' suoi congeneri perchè secreta uno scheletro in-

mero infinito, ancor più modesti del corallo rosso, e ancor meno capaci di sviluppo, sono sparsi su tutti i lidi, in individui isolati, e quanto all'ufficio a cui essi adempiono, si affratellano alle conchiglie, ai ricci marini, a quei testacei insomma che hanno fatto le loro prove, quando parliamo degli abitatori dei littorali. Qui la nostra attenzione si arresta unicamente sulle grandi specie sociali, sui veri fabbricatori dei banchi corallini. Propagandosi questi per gemmazione, come le piante, o per fissiparità (cioè per lo scindersi naturale dell'individuo preesistente che genera spartendosi in due) il figlio non si stacca dal padre, le generazioni non si disgiungono dalle generazioni. Queste, ramificandosi a guisa di alberi, o levandosi a foggia di monticoli, si sovrappongono le une alle altre, finchè si uniscono, si fondono in una massa saldissima capace di crescere continuamente come corpo vivo, di dilatarsi indefinitamente, fino ad emulare le masse dei monti, le moli dei continenti. Il polipajo, cioè l'ossatura del corallo, benchè la chimica vi scopra diversi elementi, si può definire esattamente come una massa calcarea. Il carbonato di calce difatti vi rappresenta quasi l'intero, figurandovi come frazioni il carbonato di magnesia, l'argilla, la silice, il ferro, l'ossido di ferro, ecc.

3. Le specie di cui parliamo le cercheremmo invano venti fuori della zona torrida od a profondità molto considerevoli. La zona dei coralli infatti è limitata, se-

terno, paragonabile alle ossa degli animali superiori. Gli altri coralli secretano uno scheletro esterno, che serve a loro quasi di abitazione ed è paragonabile alle conchiglie dei molluschi. Tutti, pel loro modo di riproduzione e di accrescimento, si possono paragonare ai vegetali. Perciò furono detti anche *zoofiti*, nome che, tradotto letteralmente, vorrebbe dire *animali piante o piante animate*.

condo il Dana, dal 28° di latitudine a nord e a sud, e la loro massima profondità è di 120 piedi. Ma la zona torrida dei fisiologi non coincide precisamente con quella dei geografi, mentre, piuttosto che nei meridiani, riconosce i suoi limiti nelle linee isoterme. Le correnti marine, o calde o fredde, ne allargano o ne restringono i confini sotto alle diverse latitudini. Perciò sviluppatissimi trovereste i coralli nell'Australia sotto il 29°, nel Mar Rosso sotto il 30°, alle Bermude sotto il 32°, e abbastanza alle Tremiti nell'Adriatico tra il 42° e il 43°. Infine la grande zona corallina si distende approssimativamente a nord e a sud dell'equatore tra le due linee isoterme corrispondenti a 20° del termometro centigrado.

Il Pacifico è l'oceano ove più abbondano i coralli. Vi si contano 190 isole coralline, oltre i banchi di corallo che circondano le isole rocciose. Sono corallini l'arcipelago di Paumotu, che numera da 70 a 80 isole di corallo, e le Caroline. Famosi pei loro banchi di corallo sono pure i gruppi di Thaiti, di Samoa, Foejee, e della Nuova Caledonia. Nell'Oceano Indiano i coralli vantano come loro fatture le Maldive e Laccadive, che costituiscono la più potente fra le formazioni coralline del globo. Abbondano inoltre di coralli le Indie orientali, le coste orientali dell'Africa, le Indie occidentali, e le coste a sud della Florida. Isole coralline sono pure le Bermude. Se i banchi di corallo mancano sulle coste occidentali dell'America, eccetto l'istmo di Panama, incolpatene la gran corrente fredda, che dal polo antartico fluisce verso l'equatore, radendo le coste fin presso all'istmo suddetto. Vedremo più tardi quali sono le ragioni probabili per le

quali sono sguernite di corallo le coste occidentali dell' Africa.

4. Facciamoci ora più d'appresso a considerare come, e con quanta attività, funzionino quei banchi i quali, benchè disgiunti l'uno dall'altro, formano quasi un grande anello vivente che cinge il nostro pianeta, e possono considerarsi come un solo enorme apparato secretore d' incalcolabile potenza. Assisteremo alla creazione di nuove terre, forse destinate ad un' altra progenie migliore di noi; vedremo come si ricompone questo mondo, che sotto i nostri occhi si dilegua. Attorno al nuovo edificio, attorno al nuovo mondo che già dilata sul fondo del mare le sue basi e in seno ad esso disegna il fondo delle sue valli e il rilievo de' suoi monti, e già sporge quasi minaccioso dalle onde i suoi cocuzzoli e le sue creste, lavorano senza posa, benchè mutati il nome e le fogge del vestito ma non smessi il costume e l' arte, quelle stesse popolazioni operaje che edificarono le nostre terre. L' opera ferve...; una nuova creazione sembra imminente.

I banchi di corallo crescono, come vi dissi col lavoro di diverse specie associate. Dal confronto dei diversi banchi, come dallo studio di una città in costruzione, si può conoscere il modo col quale furono costrutti gli edifici già ultimati. In una città in costruzione voi vedreste i lavoratori là intesi a scavare le fondamenta di una casa, qui a gettarle; in un canto vedete sorgere il primo piano, in un altro alzarsi il secondo: in un luogo si comincia la travatura di un tetto, in un altro la casa è già mobigliata, anzi abitata. Così ci si presentano, formati di banchi nelle diverse fasi del loro sviluppo, gli arcipelaghi, cioè le grandi città coralline in costruzione.

Arrestiamoci dapprima a guardare il fondo ancora deserto, ma propizio allo stabilimento d' una colonia corallina. Diciamo propizio quel fondo, se non supera la profondità di 40 metri. I germi delle nuove generazioni, staccati dal banco matriceo, vengono, turbinando nell'acqua, a posarsi su quel fondo, ad afferrare quello scoglio sottomarino¹⁾. Ciascuno si arresta e si fissa nel punto che gli segna l'istinto della specie a cui appartiene. Ogni germe è il progenitore di una grande famiglia: i figli succedono nel lavoro ai padri, a cui aderiscono. Già appare una piccola protuberanza calcarea, una specie di colle, il quale, col concorso di mille successive generazioni, raggiunge l'altezza di due a tre metri. Gli indigeni degli arcipelaghi corallini indicano quei banchi rudimentali col nome di *focacce di corallo*. Già il fondo è sparso d'un gran numero di codeste focacce, che si dilatano fino a che, toccandosi le une colle altre, si legano mutuamente in una specie di rete corallina, che lascia dei vuoti, detti *rigagni di sabbia*. Ivi si perde e si accumula il detrito che già comincia a formarsi per l'azione erosiva che esercita la furia dell'onde o sulla stessa massa corallina o sulle spoglie degli infiniti testacci d'ogni maniera, che vengono a cercare alloggio e sussistenza nella nascente città.

¹⁾ Abbiamo detto che i coralli si propagano e crescono per gemmazione e per fissiparità. Ma la disseminazione delle specie sopra diversi punti, distanti le centinaia di miglia l'uno dall'altro, sarebbe impossibile, se i coralli non godessero di quel privilegio di cui godono le spugne e tanti altri animali inferiori, che chiamasi della *generazione alternante*. È indubitata cioè che a certi intervalli, ancora ignoti alla scienza, il corallo produce dei germi liberi, destinati ad essere i progenitori di nuove colonie. Anche in questo i soffi sono simili alle piante che noi vediamo, senza meravigliarcene, produrre sempre nuovi rami dai vecchi, ma anche, a stagione opportuna, dai semi che se ne staccano e divengono germi di nuove piante.

Su quel primo strato, fabbricato da una prima colonia, un'altra colonia viene ad installarsi, e fabbrica un secondo strato, indipendente dal primo; poi viene una terza colonia, una quarta, una quinta; e i piani delle case si sovrappongono. Ne risulta una massa ineguale, resa compatta dall'accumularsi del detrito comune e delle spoglie dei coralli isolati, delle conchiglie, dei ricci marini, dei pesci, insomma di animali d'ogni genere, formanti una popolazione parassita, che si moltiplica a spese dei coralli, aiutandone, senza saperlo, il lavoro. Il banco è giunto così al pelo dell'acqua, e con tanta foga vi si è spinto, che la bassa marea più non riesce a coprirlo. Gli ultimi nati bisogna che si accontentino dell'alta marea che due volte al giorno periodicamente ne annaffia i calici già vizzi, o dell'onda che avaramente gli spruzza. Ma il lavoro già langue, e cessa finalmente per difetto del vitale elemento. Cessa nel senso verticale, ma continua sui lati, cioè nel senso orizzontale; e un'ampia distesa di coralli già traspare, o in parte già emerge dalle onde. La massa si scerpola sotto l'azione del sole: le onde tempestose la sbranano: i frantumi, gettati sul piano del banco, e triti dall'onda, si accumulano. Ghiaie e sabbie coralline rialzano il banco: il banco è divenuto un'isola di corallo. I venti investono quella parte che si trovava già sicura dalla furia del mare. Nascono le dune, le quali, crescendo fino a 30 piedi di altezza e cementandosi per mezzo del carbonato di calce diluito dalle piogge, fanno di quell'isola una terra irta di colline rocciose. — Una terra deserta? — Aspettate che nol rimarrà lungo tempo. L'onda e i venti che l'hanno generata, ora penseranno a fornirli di fertile terriccio, di germi e di liberi abitatori. Alghe, tronchi,

bruciaglie d'ogni sorta, gettati sul lido, generano ben presto un terriccio vegetale, atto da prima a nutrire degli umili arbusti, poi delle piante di alto fusto, i cui semi le onde e i venti vi trasportano a gara. Non fardano gli uccelli a riconoscere la nuova stazione; ma i primi stabili abitatori arrivano ben presto dai continenti o dalle isole vicine, navigando sui tronchi galleggianti; sono insetti e lucertole. Contemplate quel piccolo mondo nato dal seno dell'acqua, già coperto di erbe verduggianti, già sparso di fiori profumati, già ombreggiato da alberi fruttiferi entro i cui rami svolazzano e nidificano gli uccelli, già popolato d'animali di così diverse specie, irrorato da rugiade e da piogge sotto il raggio di un sole infuocato e giovine come il primo giorno che fu collocato, splendida lucerna, nel firmamento. Come richiama l'immagine di quelle terre primitive, contemplate soltanto dall'occhio del Creatore che le andava adornando con compiacenza infusa! Ma eccoti finalmente sulle malferme piroghe il selvaggio: eccoti l'uomo, che sulla nuova terra stende l'impero, che già sentono da tanti secoli le antiche. Milioni d'esseri umani vivono su quelle terre che, forse da pochi secoli soltanto, gli animali hanno costruito dalle fondamenta, e le onde e i venti hanno rese culminanti sul mare.

5. Voi potete ora farvi un'idea dello scopo e della potenza di quell'apparato, mosso da una forza che si può dire *forza viva* nel senso più stretto della parola. Se a ben afferrare il concetto della mostruosa potenza di quella macchina vivente non bastassero le notizie già forniteci sulla estensione della formazione corallina, presa nella maggiore vastità de' suoi limiti; ne aggiungerò altre, che

riguardano la vastità di alcune grandi masse coralline prese isolatamente, la loro grossezza, e la rapidità del loro accrescimento.

La barriera corallina dell'Australia, che ne ricinge le coste orientali, misura una lunghezza di 2000 chilometri, avendone 59 di larghezza. Eccovi una massa di corallo che ricopre un'area su per giù di 120000 chilometri quadrati. La catena del Giura non può vantare, dice Bischof¹⁾, che i tre quarti della lunghezza di questa mostruosa barriera. Per me non ne rappresenterebbe che un quinto all'incirca. Alcuni arcipelaghi corallini nel Pacifico (l'Arcipelago Pericoloso per esempio) hanno fino a 2200 chilometri di lunghezza e 700 di larghezza: ciò vuol dire che i coralli vi occuperebbero forse un'area di chilometri quadrati 1,500000, equivalente, su per giù, ad un sesto dell'Europa. Se non vi basta, vi dirò che lo spazio occupato dai banchi corallo nella Polinesia e nel mare delle Indie, vuolsi pari in estensione alla superficie del continente asiatico. Ora preparatevi a stupire dello spessore ossia dell'altezza di quei banchi. Ho detto che i coralli si fissano a 40 metri di profondità; sempre inteso che, secondo i casi e le specie, possono occupare delle profondità maggiori o minori. Per divenire un'isola, il banco dovrà quindi acquistare un'altezza di oltre 40 metri. Infatti, il capitano Belcher fece eseguire un traforo sopra un'isola corallina, e a 45 metri di profondità; non aveva ancora trovato il fondo del banco²⁾. Sappiamo del resto, come le pareti di certi banchi si sprofondino sotto l'acqua centinaia di metri. Ma ancora non basta: io posso

assicurarvi che, banchi di corallo, ancora viventi nelle regioni superficiali del mare, hanno le loro radici ad una profondità di migliaia di metri. - Che? - voi direte: - ciò è in contraddizione con quanto si è asserito circa la profondità opportuna pel loro stabilimento. - Abbiate pazienza. La contraddizione la faremo scomparire a suo tempo, quando vedremo lo spessore dei banchi poter accrescersi indefinitamente, pur rispettando quella legge fisiologica, la quale fissa all'abitato dai coralli profondità molto mediocri.

6. - Quanti secoli rappresentano quei banchi, quei continenti sottomarini, tutti di corallo, tutti fabbricati da quei fiorellini di gelatina vivente, che cingono di vaghe corone le cime sporgenti di quelle montagne di morti? - Molti secoli certamente; ma forse non tanti quanti v'immaginate. Ehrenberg era persuaso che l'accrescimento dei coralli si verificasse con incredibile lentezza. Ma i fatti dicono il contrario. Un fatto che si può erigere a principio è questo; che la facoltà di moltiplicarsi cresce negli animali in ragione della loro bassezza. Già tra i mammiferi, voi vedete i più bassi, come le lepri, i conigli, i topi, moltiplicarsi assai più dei carnivori e dei ruminanti. Gli uccelli ci sorprendono ogni anno collo spettacolo delle loro migrazioni a stormi infiniti, nudriti della loro straordinaria fecondità. Ma la fecondità degli uccelli è sterilità in confronto di quella dei rettili, per esempio, delle rane, e lo è questa in confronto della fecondità dei pesci, mentre ci ricordiamo i 68000 uova che può deporre un'aringa, e il milione che ne può produrre il merluzzo. Se parliamo degli insetti, delle formiche, delle api, delle blatte, delle mosche, delle zanzare, la loro fecondità è tale, che, se

¹⁾ *Lehrb.*, pag. 579.

²⁾ *Ibid.*, pag. 572.

non fosse limitata da tante ragioni diverse, poco tempo basterebbe, dice un autore ¹⁾, perchè ci vedessimo inesorabilmente espulsi dal mondo. Ma nessuna immagine, nessun paragone più regge, se si parla della produttività degli animali inferiori, tra i quali si comprendono anche i coralli.

Secondo le osservazioni di Ehrenberg, un solo individuo di *Hydatina senta* (infusorio rotifero) può darci un milione d'individui in dieci giorni, un bilione in venti, un trillione in trenta. Per gl'infusori poligastrieci poi non c'è più calcolo che tenga. Supposto che sia tale, quale l'abbiamo vista per gl'infusori rotiferi, la produttività degli enti microscopici, i quali fabbricarono, per esempio, quel calcare terroso che chiamasi *creta* e che contiene dieci milioni di conchiglie politalamiche per ogni libbra ²⁾, un individuo solo potrebbe moltiplicarsi in un mese quanto basta per fabbricarsi uno strato calcareo o siliceo di un miglio quadrato, avente una grossezza di un piede e tre quarti, colle spoglie de' suoi posteri. - Dammi un punto d'appoggio - gridava Archimede - fuori della terra, ed io la smuovo da' suoi cardini. - Noi, dice Bischof, possiamo gridare: dammi un infusorio conchifero, ed io ti fesso in poco tempo tutto il calcare e tutta la silice del mare ³⁾. Ciò valga a ribadire quanto abbiamo detto nell'ultima conferenza circa la potenza secretiva degli *infinitamente piccoli*, che adeguarono l'oceano colle loro spoglie. Ma valga ora principalmente (per quella ragione d'analogia che è quasi certezza nella logica del naturalista) a convincerci che la produttività dei coralli

¹⁾ FAHNE, *Il Creatore e la creatura*.

²⁾ EICHNER, I, pag. 566.

³⁾ *Ibid.*, pag. 569.

dev'essere immensa; dev'essere come quella degl'infusori e dei foraminiferi, a cui si approssimano pel grado di organizzazione; come quella delle piante, di cui imitano il modo di moltiplicazione.

Fin qui, ragionando per semplice induzione, in difetto di osservazioni dirette sul potere generativo de' coralli. Ma anche l'osservazione viene in ajuto del nostro modo di vedere, se ci accontentiamo soltanto di sapere qualche cosa circa il materiale incremento dei banchi di corallo. Lascio alcuni fatti di minore importanza, e mi arresto a due, che sono assolutamente decisivi. Il primo è quello, osservato da Siau, di uno scoglio di corallo, vivente in un canale presso l'isola di Borbone, che crebbe diciannove piedi in altezza nel corso di dodici anni. L'altro è quello dello stretto di Torres, nell'Oceano equinoziale, tra la Nuova Olanda e la Papusia, che va scomparendo, tanta è la foga con che lo invadono i coralli, come risultò da documenti ufficiali ¹⁾. Fin dall'epoca della sua scoperta, la navigazione era difficile nello stretto, a motivo de' numerosi isolotti ond'è seminato; ma, studiando la via, anche le navi più grosse potevano attraversarlo. Verso il 1858 noi potevamo già più, se stiamo alle relazioni de' ammiragliati inglese. Gli isolotti che si contavano nel 1606 erano ventisei solamente: dopo un certo tempo erano divenuti 150, senza parlare di quelli che furono recentemente segnalati dagli studi della amministrazione. Secondo quegli studi, progredendo nelle stesse proporzioni l'incremento dei coralli, lo stretto doveva essere in parecchi punti intercettato in venti anni.

¹⁾ Vedi il giornale *il Siècle*, N. 10 gennajo 1858.

7. Tanta rapidità di sviluppo di tutto il mondo corallino diverrebbe un flagello. La natura dovette occuparsi del modo di prevenirlo. Qui vedrete, o signori, un mirabile esempio di provvidenziale coordinamento di tutte le forze della natura. Ammirerete le potenze interne, chiamate anch'esse a collaborare nel grande magistero di compensazione affidato ai coralli, fungere da regolatore nella gran macchina esterna. Vedrete al tempo stesso un trovato di economia meraviglioso: un artificio di cui la natura, non in questo caso soltanto, ma in molti, si è servita, e si serve, per economizzare lo spazio, e in questo caso per riporre nei magazzini esistenti molto maggior copia di sali calcarei, senza allargarne inopportunamente le aree. Questo artificio, che noi stiamo per vedere impiegato attualmente per una sola derrata, lo rivedremo poi servire altre volte, e per diverse derrate, e dovremo rendere omaggio a quella legge del *minimo mezzo*, che è la grande rivelazione della Sapienza divina nella natura.

Stando le cose come abbiamo detto, consideriamo quali sarebbero gli effetti di quella rapidità con cui crescono i coralli. Lasciamoli pertanto in loro balia; lasciamoli condurre il loro lavoro a compimento. Esso è certo un'attuazione di un magistero provvidenziale; esso è necessario al mantenimento della purezza del mare, essendo inteso ad eliminarne continuamente i sali calcarei. Va bene; ma è anche una terribile minaccia pel mondo, per noi. Sì, anche per noi, benchè divisi dalle regioni coralline dalle moli dei continenti e dalla distesa degli oceani. Come mai?...

I coralli occupano la zona torrida, e sta bene: questa zona infatti è una zona quasi totalmente marina; è la

più gran fascia di acque che cinga la terra. Il sole a perpendicolo, gli alizei col loro soffio perenne, così caldo, così secco, ne fanno anche la zona di maggiore evaporazione. Qui adunque i sali si condensano in quantità strepitosamente maggiore che altrove; qui dunque si verifica il massimo bisogno di compensazione; qui, per finirla, doveva impiantarsi il più potente apparato di eliminazione dei sali calcarei. Sta bene, ripeto; ma badate che quell'ingente apparato, il quale funziona con esito così splendido sopra una distesa di milioni di chilometri, non funziona che sott'acqua... Facciamo un altro riflesso. La zona torrida, se è la zona della maggiore evaporazione, è dunque la più vasta caldaia, la più potente generatrice di quei vapori, che, spinti dalle correnti atmosferiche, e convertiti in pioggia, irrigano i continenti. Gran macchina idraulica è l'atmosfera!... Guai se ne fosse sospeso o diminuito l'effetto utile, come sarebbe quando le venisser meno le acque da trombare!

Ciò premesso, lasciamo finalmente che i coralli agiscano a loro posta. I banchi crescono e si dilatano; le isolette spuntano, si moltiplicano, si accostano, si addensano; gli intervalli tra isola e isola si restringono, scompajono; gli isolotti sono fusi in isole vaste; queste si uniscono alla lor volta, e formano continenti; una vasta superficie di mare è scomparsa, sostituita da una superficie corrispondente di terra asciutta. L'Arcipelago Pericoloso, per esempio, è divenuto un'isola che ha l'estensione di un sesto dell'Europa: dal mare delle Indie è sorto un continente vasto quanto l'Asia: la zona torrida non è più insomma che una gran cintura di terre. Fa spavento il solo pensarlo... Non vedete, o signori, come il grande apparato,

deputato a mantenere la purezza del mare, col raggiungere il massimo della sua potenza, ha cessato di funzionare?... Non vedete come delle generazioni impiegate nell'immenso lavoro, che per essere utile, dev'essere incessante, non resta che il cimitero? Non vedete come perciò le acque si salano in eccesso, e la vita irremissibilmente si spegne?... Si spegne la vita nel mare!... Ma sulla terra? Eccidio anche sulla terra. La grande caldaja si è asciugata: i venti, che vi passavano per imbevvervi di vapori, non vi trovano che un braciere ardente ove infocarsi, e arrivano sitibondi di acqua sulle terre che solevano anaffiare. I fiumi abbandonano dietro a sè i letti aridi e cocenti; i laghi divengono aride fosse; le pianure deserti; i colli mucchi di cenere; gli animali, spalancando invano le aride fauci, seminano dei loro cadaveri la terra.

8. Chi sventa la terribile minaccia del mondo corallino? Vedete mirabile artificio della natura! gli stessi banchi di corallo lo rivelano colla loro forma.

Arrestiamoci sopra una di queste isole, la quale è come l'archetipo di tutte le isole di corallo. Essa è l'isola Pfüngst; un'isola tutta di corallo. Sembra un anello di verdura galleggiante sull'immensità dell'Oceano; come una ghirlanda abbandonata da una vergine che si sommersse nel liquido abisso. Que-t'isola, cinta esternamente da un lembo circolare di candida sabbia, che ne forma il lido, diviene internamente un cinto di verzura e di piante che allaccia una verde laguna, anzi un lago, che è là in seno all'isola, disteso come un disco di metallo, come uno specchio circolare incorniciato; un lago di smeraldo dormente in mezzo a quel mare di zaffiro, sparso di candidi nevi, che mugga e ribolle all'ingiro.

Non tutte però le isole coralline sono così complete come l'isola Pfüngst. Alcune si rassomigliano invece a ghirlande snodate, per la rottura del nastro che le teneva raccolte in un circolo: altre sono ghirlande, non solo disciolte, ma fatte in brani; il giro però n'è ancor vagamente disegnato dai fiori natanti. Eccone una appena, direbbesi, abbozzata, e che noi vogliamo un po' minutamente studiare: è questa il Cocos-Atoll nell'Oceano Indiano.

Le isole, e i banchi circolari, quelli cioè che presentano la forma più o meno regolare di un anello cingente una laguna (ed hanno, come dissi, tal forma quasi tutti i banchi e le isole coralline del Grande Oceano), sono distinti col nome di *atoll*: così si chiamano in lingua maldiva. L'isola Keelin, ossia il Cocos-atoll, può pigliarsi come tipo di questi anelli corallini, che non giunsero ancora ad emergere interamente, per formare un'isola circolare di corallo, come l'isola Pfüngst. Il Cocos-atoll infatti non emerge che in parte dalle onde, descrivendo una serie ellittica di isole e di isolotti, i quali non sono che le parti più promicenti di un grande anello irregolare, che traspare dalle onde come da terso cristallo, e cinge una laguna. Diverse grandi specie di *Porites*, di *Millepora*, ecc., cioè di polipi sociali, lobosi o ramosi, capaci d'indefinito sviluppo, ne compongono l'ossatura. Quei coralli, già spenti nella parte più elevata dell'atoll, si vedevano ancora, dice Darwin, a certa profondità, tutto intesi a crescere ed a dilatarsi. Verso il mare, il banco si abbassava con lento pendio fino a 70 metri di profondità, dove i coralli erano nel loro pieno vigore. Più in là, il pendio cresceva rapidamente, e lo scandaglio non

riportava che sabbia e frantumi di corallo. A distanza maggiore dal centro il banco si smarriva nelle profondità dell'abisso. Verso il centro l'atoll si inclina con dolce pendio all'ingiro, raccogliendo in seno, quasi immensa patera, una tranquilla laguna. Le isole, formanti, direi, altrettante gemme incastonate, emergenti dal sommerso anello, hanno da sette a otto piedi di altezza sul livello dell'alta marea, e sono talora sormontate da montoni di sabbia, che si alzano fino a dieci piedi. Le forti tempeste gettano sempre nuovi materiali sulla grand'isola nascente. Il carbonato di calce, disciolto dalle acque, va trasformando il tutto in una massa compatta e ben sonora.

L'anello del *Cocos-atoll* non è però tutto egualmente compito all'ingiro, ma spezzato o piuttosto depresso in due punti. Perciò due canali, che mantengono in comunicazione la laguna col mare. Per uno soltanto di questi canali passano ancora le piroghe dei selvaggi, i quali però, se vogliono godere di un tal beneficio, devono di tanto in tanto approfondirlo a colpi d'accetta: anzi Darwin trovò già impraticabile, quando vi tornò dieci anni dopo la sua prima visita. È evidente che in progresso, col crescere dei coralli, i due canali rimarranno intieramente ostrutti; il giro dell'atoll sarà intieramente chiuso, e, vincitore del mare, trasformerassi in un'isola circolare, cingente una laguna: diverrà insomma un'altra isola P'fingst.

Questa forma singolare di isole e di banchi corallini, ossia l'*atoll*, o perfetto o incoato, è forse una rarità? Tutt'altro, v'ho detto; è anzi, il ripeto, la foggia ordinaria delle formazioni coralline. L'Isola Natupe, nell'arcipelago di Paumotu (Oceano Pacifico ad est di Thaiti)

presenta un magnifico atoll, cioè una lunga elissi a recinto perfettamente intero e asciutto, che chiude nel mezzo una regolare laguna, ugualmente allungata. È un'isola della lunghezza di ventitrè chilometri. Parecchie ne osservate nell'arcipelago a cui essa appartiene; e questo non è che uno dei tanti arcipelaghi corallini del Pacifico, ove si ripetono fino alla noja le stesse forme.

Fra l'atoll appena incoato, ove la terra asciutta o non appare ancora, o non si presenta che su qualche punto, e l'atoll perfetto, ove la laguna è intieramente interclusa dalla terra asciutta, insomma tra il *Cocos-atoll* e l'isola P'fingst, stanno gli atoll che presentano nella loro costituzione tutti i diversi gradi di un processo progressivo, il quale, chi sa da quanti secoli iniziato, ancora continua e si completa. Così, per esempio, l'isola di Menchikoff, una delle Caroline, si presenta come un triplice atoll, ove la terra asciutta non appare che sparsa in punti assai radi. L'isola Clipperton invece è uno stupendo atoll, della lunghezza di sei a sette chilometri, molto somigliante al *Cocos-atoll*, ma formante una cerchia asciutta, ampia, rotta soltanto da due canali.

9. È meritevole di molta osservazione il fatto che questi atoll non si presentano che di rado solitari. Formano invece nella zona torrida dei gruppi, degli arcipelaghi, quasi delle costellazioni distribuite su questo zodiaco di nuovo stampo. Gli arcipelaghi corallini descrivono però quasi tutti una retta o un fascio di rette parallele; diremmo meglio, una catena, o una serie di catene. Chi osserva infatti il più volte nominato arcipelago di Paumotu, trova che è una catena, o piuttosto una serie lineare d'anelli preparati per formarla. Ma questa forma

degli arcipelaghi corallini è ancora più spiccata in quello delle Maldive, le quali presentano infatti una grande catena di anelli corallini, distesa sopra 480 miglia geografiche da nord a sud. Le isole infinite di numero vi sono riunite in tanti gruppi circolari, del diametro di 40 a 90 miglia. Ogni gruppo è un atoll, composto ciascuno fin di cento isolette, le quali hanno per base comune un cerchio di coralli, ancora sommerso nelle onde.

Io credo che i miei uditori si siano, senza bisogno di altri particolari, formata un'idea di questa forma singolare che caratterizza, quasi senza eccezione, i banchi e le isole coralline dei due grandi oceani. È un fatto generale, il quale non può trovar ragione che in una causa generale. Non la cerchiamo in un istinto particolare di quegli organismi, chè non ve la troveremmo certamente. Non andiamo nemmeno a immaginarci, come pur fecero taluni, che gli atoll rappresentino altrettanti circhi craterici di vulcani sottomarini. Sarebbe tempo perduto quello che si impiegasse a dimostrare l'assurdo di una tale ipotesi¹⁾. La teoria di Darwin, che andremo ora esponendo, non lascia del resto nulla nè di inesplicato, nè di dubbioso; e come dà ragione della forma caratteristica delle isole coralline, così ci guida ad intendere come in essa forma sia espresso quell'artificio provvidenziale, diretto a mantenere il beneficio della vita corallina, stornando il flagello di cui il fervore stesso di questa vita è una continua minaccia.

10. Se ben si osserva, l'atoll non è poi quella cosa così strana che pare a prima giunta. Ricercando infatti

quali siano le condizioni, e quale la forma dei banchi corallini, che cingono le isole rocciose o fanno contorno ai continenti, ci accorgeremo ben presto che essi non differiscono sostanzialmente dagli atoll, ossia dai banchi e dalle isole tutte di corallo, che sorgono dal mare affatto indipendenti da qualunque continente od isola formata di rocce ordinarie. Abbiamo già veduto come i banchi di corallo i quali sono in rapporto con una terra, si allineano in guisa da formare una barriera intorno ad essa, una specie di argine che cinge l'isola o il continente, tenendosi ad una certa distanza dal lido, come farebbe la muraglia di un porto. Perchè i coralli si tengono così lontani dal lido, lasciando fra sè e la terra una gran zona di mare? Per rispondere, osserviamo anzitutto come i coralli manchino affatto, quando la costa scende ripida a grandi profondità¹⁾, e solo si mostrano in corrispondenza di littorali a lieve pendio. Richiamiamo inoltre come i coralli non possono fissarsi che a profondità molto, mediocri. Tali profondità le troverebbero anche facilmente dove il pendio delle coste è ripido, purchè volessero avvicinarsi alla terra quanto conviene. Ma guai! essi hanno ribrezzo delle terre, e la ragione di tale ribrezzo sta in ciò che l'acqua dolce per loro è veleno, avendo bisogno sempre di acqua molto condensata. Presso le terre sarebbero facilmente assaliti dalle acque dolci che fluiscono al mare, o sommersi, per la stessa ragione, in un'acqua salmastra, principalmente nella stagione in cui imperversano torrenziali le piogge sulla zona torrida. Ciò è tanto vero che nel Mar Rosso, a cui sono ignote o quasi ignote le piogge, i banchi di

¹⁾ Vedi in proposito il mio *Corso di geologia*, vol. I, §§ 905-908.

¹⁾ BRONN, *Lehrb.*, I, pag. 587.

corallo hanno smesso ogni paura d'accostarsi al lido, e non solo gli si accostano, ma vi aderiscono e lo incrostano. Costretti pertanto a tenersi lontani da terra del pari che dalle grandi profondità, non troveranno ove posarsi se non là dove la morbidezza del pendio concilia una considerevole distanza con una profondità mediocre: e là appunto si fisseranno, cresceranno sopra una zona relativamente angusta, dovendo essa da una parte rispettare la distanza dal lido, dall'altra la profondità del mare. Quella barriera, nata come un cordone sul fondo del mare, si alzerà a guisa di muraglia, e levandosi fino al pelo dell'acqua, circonda come di un argine la terra asciutta. Così la più volte nominata barriera delle coste orientali dell'Australia cinge il lido alla distanza di 60 a 100 miglia, con una fuga di oltre 2000 chilometri, sopra una larghezza di 59 chilometri, interrotta soltanto dalla parte di sud-est, ove sboccano in mare le correnti di terra. Così la serie dei banchi che cingono l'isola di Borbone è descritta dal Darwin come una vera barriera, tutta chiusa, interrotta soltanto dove sbocca un fiume nella laguna, ossia nel canale che si dilata fra l'isola e il banco di corallo. Così finalmente, in mezzo alla sua stupenda barriera sorge l'isola Vanikoro e sorgono cento altre. Tutte le barriere insomma non sono che altrettante cinte murate intorno alle terre.

Ora io domando, o signori, quale differenza passi fra la barriera e l'atoll? Per rendere immediatamente pratico il confronto, mettiamo a fronte l'isola Pfingst coll'isola Bola-Bola, che è un'altra meraviglia del mare, appartenente all'arcipelago di Thaiti. L'isola Bola-Bola è anch'essa, come l'isola Pfingst, un grande anello fabbricato dai coralli, e chiude anch'essa nel mezzo la sua

laguna. Ma un monte, il monte Pahia, sorge acuto nel mezzo di questa. Codesto monte Pahia poi è una massa basaltica, che, sormontata in alto da un picco formidabile alto 200 piedi, coperta di ricca vegetazione fino alla cintura, circondata da lungi da quella barriera annulare di corallo ugualmente coperta di verdura, sembra un trofeo di fiori circondato da una ghirlanda di fiori. Levate ora la montagna dal mezzo della laguna, e l'isola Bola-Bola più non si distingue dall'isola Pfingst.

Talvolta non è una sola montagna che siede nel centro della laguna, cinta di corallina ghirlanda. Nel gruppo di Gambier sono invece più montagne, ossia più isole montagnose, formanti un gruppo, il quale è cinto da una laguna in forma d'anello, poi chiuso entro una grande barriera di coralli, che descrive un recinto di forse 60 chilometri, non interrotto che da alcuni canali. Sopprimete quelle montagne, e il gruppo di Gambier non è più altro che un atoll assai più piccolo dell'isola Nairsa, che appartiene allo stesso arcipelago di Paumotu.

11. - Sopprimere le montagne... Lo si può per ipotesi; ma che giova dove è questione di fatti? - È vero; ma ciò che noi diciamo per ipotesi, la natura può eseguirlo davvero, con manovra assai facile per essa: e una volta che vi si fosse accinta, vi domando, se l'uguaglianza fra gli atoll e le barriere, fra gli atoll e tutti i banchi di corallo del mondo, non sarebbe perfetta, non sarebbe reale? Lo sarebbe certamente. - Ora, se il modo di creare un atoll è quello di sopprimere una terra circondata da una barriera, gli atoll già composti non potrebbero essersi formati mediante la soppressione di isole circondate da una barriera di corallo? Non potrebbero cioè esser altro gli atoll

che ghirlande coralline, abbandonate dalle terre che se n'erano fregiata la fronte?... Voglio dimostrarvi che fu veramente così.

Se il sistema delle monografie ha dei vantaggi, patisce anche di gravi difetti. Esso obbliga chi scrive o parla a supporre in chi legge o ascolta delle cognizioni, che forse non tutti possiedono in uguale misura. E quando il supporre nol tranquillizzi, e voglia dire quanto basti per assicurarsi di essere inteso, gli sarà necessario di dare sviluppo soverchio agli accessori, o di perdersi in digressioni. Al punto in cui siamo, per esempio, ho bisogno di supporre che i miei uditori sappiano che la terra, questa terra che si dice ferma, oscilla continuamente e dappertutto. Se qui si abbassa, là si solleva. Le oscillazioni sono talora rapide e brusche; talora invece pacifiche e lente. Più però delle scosse dei terremoti, cioè di quelle oscillazioni così formidabili e repentine, che mettono a soqquadro intere regioni, valgono a mutare la faccia del globo le lente e insensibili oscillazioni della superficie del globo, che si misurano a millimetri per secolo. Son esse quelle per cui già tante volte si rimutarono i mari e i continenti, e tante volte rinnovossi la faccia del pianeta. La geologia è tutta una storia di oscillazioni, di grandi palpitazioni telluriche, per cui mille volte, in tutti i punti, sulle stesse aree, la terra si alzò e si abbassò alternatamente, e le montagne, i continenti, apparvero e sparvero, emersero dalle onde e vi si risommersero. E questa titanica ginnastica non cessa. La Scandinavia è in preda ad una di queste palpitazioni, per cui si solleva verso nord, e si abbassa verso sud-est. La Danimarca anch'essa si solleva: ma quasi per compenso, la Groenlandia si abbassa, e minaccia di perdersi

in mare. Così oscillano le coste degli Stati Uniti, del Labrador: così oscillano, io credo, tutte le regioni del globo. Dire che le montagne possono abbassarsi, le isole sparire, non è altro che un accennare ad uno dei fenomeni più volgari. Spiegare per questa via un fenomeno qualunque, non è altro che cercarne la ragione, non già in qualche cosa di meraviglioso, di strano, di impossibile, ma in ciò che v'ha di più comune, di più naturale al mondo.

Premesso questo, voi vedete come il supporre che sia avvenuto un abbassamento del fondo marino nella regione dei coralli, non sia un supporre nulla di meno credibile. Ma appunto, un tale abbassamento avrebbe avuto per conseguenza la scomparsa delle isole rocciose dal mezzo delle barriere coralline, cioè la graduale trasformazione in atoll delle terre, cinte da esse barriere. S'è anzi a trovare come altrimenti si sarebbero formati gli atoll. Vediamo tuttavia, se vi piace, in che modo, per mezzo di un abbassamento, le isole, i gruppi d'isole, i continenti, cinti di barriere di coralli, si sarebbero trasformati in atoll, avrebbero presa cioè la forma ordinaria delle isole coralline, dei corallini arcipelaghi.

12. Torniamo perciò un istante all'isola Bola-Bola, e padroni per questo istante di sostituirci alla natura in un'opera che essa eseguisce con tanta facilità, comprimiamo tanto il fondo del mare, che il monte Pahia si tuffi in seno alle onde. Eccolo scomparso: ma naturalmente è scomparsa con lui la sua ghirlanda. Via; facciamo le cose più ammodo, adagio adagio, come fa natura. Il monte Pahia scomparirà ugualmente, ma in cento, in mille anni, per un supposto. Che avverrà della sua ghirlanda? Badate che essa è corpo vivo: per rifiorire

anche dove è morta, altro non cerca che di trovarsi in seno alle onde, ad una profondità che non noce. Così, mentre nel supposto la ghirlanda si tuffa col tuffarsi del monte Pahia che la porta, i fiori stessi della ghirlanda, cioè i coralli, lavorano a ristorarla, a rialzarla al primitivo livello. Anzi i coralli che, tessuta la ghirlanda alla superficie del mare, già languivano ed erano prossimi a spegnersi, man mano che si rituffano, acquistano maggior lena al lavoro. Così la ghirlanda sommersa ricompare a galla; anzi non sarà nemmeno sommersa, poichè, levandosi in alto a misura che si abbassa, si mostrerà sempre al suo posto. Quando il cocuzzolo del monte Pahia sarà tutto sommerso, apparirà sola, quasi gettata a caso sul mobile piano, la sua ghirlanda. L'isola Bola-Bola sarà divenuta un'isola Pfingst, un vero atoll, un anello di corallo, cinto dal mare, e cingente una laguna. Cambiando i termini, come siamo autorizzati a farlo dalla perfetta convenienza tra l'effetto reale e la causa supposta, e dalla facilità, dalla naturalezza con cui la causa stessa può chiamarsi in azione, diremo dunque che l'isola Pfingst era un'isola Bola-Bola; era una montagna che scomparve, abbandonando vuota sul mare la sua ghirlanda: diremo che tutti gli atoll non sono che ghirlande di corallo, a ciascuna delle quali fa levata di mezzo, col sommergerla in mare, la terra, cui cingeva in origine ciascuna di esse. Questa teorica, che è quella di Darwin, splende fino all'evidenza; spiega tutti i fatti e non suppone che un fenomeno volgarissimo. Se veggio dei letti di ciottoli e di ghiaja, dico: qui scorreva un torrente: se veggio delle rocce arrotondate, dei ciottoli striati, delle morene, dico: qui giungeva un ghiacciajo. Ugualmente se veggio un atoll non dubiterò

di dire: qui esisteva una terra, la quale si sommerse per abbassamento del fondo marino.

13. La vastità dell'area, sopra la quale gli atoll accu- sano l'abbassamento del fondo nell'Oceano Pacifico, è veramente enorme. Secondo i calcoli di Dana codesto abbassamento si sarebbe verificato sopra una zona lunga 11000 chilometri e larga da 1800 a 3700. Gli atoll, sparsi su quella zona, non sarebbero che i punti più culminanti di un immenso arcipelago, fors'anche di un continente sommerso, della estensione di 20 a 40 milioni di chilometri quadrati, a un dipresso cioè dell'estensione dell'America settentrionale o dell'Asia. Forse il monte Pahia era un giorno la cima nevosa di un Monte Bianco che rizzava la sua fronte sull'equatore, e cime sorelle di un'immensa giogaja erano le isole Gambier, e cento altre isole rocciose, ora circondate da una ghirlanda di corallo. L'arcipelago di Paumotu, co'suoi atoll disposti su due linee parallele, descrive forse ancora due catene che rizzavano la cresta sul continente scomparso.

14. Per intender meglio la cosa, supponiamo che attualmente si abbassi lentamente, gradatamente, il molteplice gruppo delle Alpi e delle Prealpi. In breve il mare invade le pianure, e si insinua nelle valli: più tardi il mare stesso guadagna gli alpini passaggi: ecco il mare del nord congiungersi col mare del sud; il gran gruppo delle Alpi e delle Prealpi si divide in tanti gruppi; le catene divengono grandi isole, quindi si spezzano in piccoli arcipelaghi; ormai non emergono che le grandi cime delle Alpi e delle Prealpi anzi ogni singola montagna si divide in tante isole quanti sono i suoi denti, le sue aguglie. Il Monte Bianco, per esempio, è divenuto il gruppo delle

isole Gambier; il Resegone disegna l'isola Menchikoff, quando avesse delle sporgenze in mezzo alla triplice laguna: i coralli intanto si sono serrati sempre più dappresso alle singole catene, alle singole vette. Finalmente tutto è sommerso; le cime più nevose soltanto emergono ancora; il gruppo delle Alpi e delle Prealpi disegna l'arcipelago di Paumotu, l'arcipelago delle Maldive, o un altro qualunque degli arcipelaghi corallini del Grande Oceano.

15. Forse le terre, che così si sommersero nel Grande Oceano, rispondono a quelle che sollevaronsi a nord in un tempo che la geologia chiama recente; rispondono, voglio dire, ai nostri continenti. Ma io mi dilungherei troppo se volessi anche limitarmi a dimostrare che questa ipotesi è tutt'altro che improbabile. Accontentiamoci di ammirare questo stupendo artificio della natura, questo tratto meraviglioso dell'economia tellurica, che si rivela nella forma delle isole coralline, ossia delle grandi masse calcaree create per via organica, e ancora in progresso di formazione sulla terza regione in cui abbiám diviso l'Oceano. Chiamando a parte del grande lavoro le forze interne, cioè procurando l'abbassamento delle aree sottomarine, ove ferve la vita corallina, la natura ottenne ed ottiene i seguenti effetti, evidentemente provvidenziali, che saranno facilmente compresi ed equamente apprezzati da chiunque abbia posto mente a quanto si è dimostrato nell'odierna conversazione.

1. L'immagazzinamento del calcare, senza estendere le aree destinate a riceverlo.

2. La conveniente dosatura della salsedine marina, cioè, la conveniente purezza delle acque, e quindi l'assicurazione della vita del mondo marino.

3. La perennità delle piogge, ossia dell'irrigazione dei continenti, e quindi l'assicurazione della vita del mondo terrestre.

4. La ristorazione dei continenti, ossia la loro rigenerazione entro il gran seno materno del mare, dove si tengono già pronti a rimpiazzare quelli che andranno mano mano struggendosi.

Abbiamo finito per oggi; ma non abbiamo finito di occuparci dell'origine dei calcari. Donde vengono i sali calcarei, noi lo sappiamo: abbiamo anche veduto come, nelle diverse regioni del mare, gli organismi lavorino a fissarli, a immagazzinarli; ci siam spinti fino al punto di sorprendere nelle sue immense palpitazioni il globo terraqueo, per cui la minaccia della plethora che potrebbe determinarsi dal continuo fissarsi dei calcari nella zona torrida, è di continuo, con mirabile artificio, stornata. Eppure non abbiamo ancora scoperto il modo con cui essi sali calcarei sono distribuiti nella marina immensità. I foraminiferi nelle profondità dell'abisso, i coralli perduti nella vastità dell'Oceano, attendono dai lontani continenti i sali che essi impiegano nelle loro costruzioni. Ma chi glieli reca per così lungo cammino? Ecco il quesito a cui ci proponiamo di rispondere nella prossima conferenza.

CONFERENZA QUINTA

LA CIRCOLAZIONE DEL MARE CONSIDERATA IN ORDINE ALLA DISTRIBUZIONE DEI SALI MARINI E SPECIALMENTE DEI SALI CALCAREI.

SOMMARIO. — Fatti contraddittori, 1. — La salsedine marina deriva dai continenti fin dai primordi dell'animalizzazione del globo, 2. — L'uniforme distribuzione dei sali è anch'essa un fatto primitivo, 3. — Conseguente necessità di una circolazione marina, 4. — Ipotesi di un oceano stagnante, 5. — La circolazione marina nel suo vero concetto, 6. — Il sole primo motore della circolazione marina, 7. — È insufficiente allo scopo, 8. — I secretori come fisico motore della circolazione marina, 9. — Gli animali marini come motore meccanico, 10. — Necessità di una circolazione da emisfero a emisfero, 11. — L'evaporazione e la concentrazione come principali motori di questa circolazione, 12. — Le acque derivano dalle terre ai mari, 13. — Presentamento dall'emisfero boreale all' australe, 14. — L'esterna configurazione del globo considerata come un grande apparato per lo scambio delle acque tra i due emisferi, 15. — Descrizione dell'apparato, 16. — Obiezione, 17. — Altra obiezione, 18. — Le maree ordinate allo scambio delle acque tra i due emisferi, 19. — La corrente del golfo come principale ordigno allo stesso scopo, 20. — Parte attribuita al sistema delle correnti sottomarine, 21. — L'assenza de' coralli nell'Atlantico è una prova del riflusso delle acque dagli oceani australi, 22. — Altra prova desunta dalla maggior salsedine dell'Atlantico, 23. — Ancora un'obiezione, 24. — Un'altra è poi basta, 25. — Conclusione, 26.

Richiamando quanto abbiain detto nella precedente conferenza circa la parte che i coralli esercitano nell'economia tellurica, e circa la potenza di quell'immenso apparato; richiamandq in pari tempo quanta sia l'urgenza delle

funzioni dello stesso apparato, tanto per riguardo alla vita dei coralli, quanto per riguardo ai danni che essi sono chiamati a scongiurare e ai vantaggi che devono assicurare: non possiamo a meno di rimanere colpiti dalla loro singolare ubicazione, trovandola così disadatta, così inopportuna, così in contraddizione col molteplice scopo che la natura si sarebbe proposto di raggiungere coll'impianto di quel meccanismo vivente. L'ubicazione dei coralli, almeno a prima vista, non può non giudicarsi inopportuna, quando si considerino due fatti che io posso credere per tutti abbastanza sanciti. Il primo dei fatti a cui alludo è questo che i sali marini derivano dai continenti; il secondo che la salsedine marina è la stessa per tutti i mari. Quanto al primo fatto, noi ce ne siamo lungamente intrattenuti. Sono le piogge e le sorgenti, che, dopo avere erosi la superficie e l'interno delle terre, raccolte nei fiumi, recano al mare il molteplice prodotto della propria rapina. Del secondo fatto non ci siamo occupati; ma esso è appunto semplicemente un fatto, che risulta da tutte le esperienze. Nei mari chiusi, come nei liberi oceani, nel Mediterraneo, che riceve un sì gran numero di fiumi, come nel Mar Rosso, che fiumi non conosce, la salsedine marina presenta la stessa natura, risulta cioè d'una miscela degli stessi sali. Qualche differenza si verifica invero, e riguarda tanto la quantità assoluta dei sali disciolti nell'acqua marina, quanto le proporzioni dei diversi sali. Ma le differenze sono minime, e non dipendono che da cause locali immediate. Di queste ci occuperemo più specialmente, più tardi: ma intanto la regola, che consiste nella universale uguaglianza della salsedine marina, non è punto violata da quelle piccole

differenze a cui alludevamo. Anzi, mentre le diverse condizioni locali porgono una ragione sufficiente per spiegare le differenze che si verificano principalmente nella dosatura dei mari interni, rimane pur sempre il fatto, a prima vista inesplicabile, che tali differenze di salsedine tra mare e mare, sono troppo minori di quello che dovrebbero essere, stante l'enorme differenza delle condizioni dei diversi mari; il fatto insomma che la salsedine marina si manifesta identica per natura, e quasi identica per quantità, in tutti i mari. Ho detto che il fatto dell'uguaglianza della salsedine marina è, almeno a prima vista, inesplicabile, perchè ho già ammesso come innegabile l'altro, che i mari derivano i sali dalle terre. Come mai dunque, per esempio, si spiega che l'acqua del Mar Rosso contenga gli stessi sali, con pochissima differenza di quantità, che contiene l'acqua del Mediterraneo, se questo riceve lo scolo di tre continenti, e quello invece non vanta nemmeno, per quanto si sappia, un ruscello che vi rechi tributo dalle terre circosfanti?

Se si trattasse di un fatto, che si verifica soltanto al presente, potremmo stare a vedere quali saranno le conseguenze che vogliono derivare da tanta diversità di condizioni dei singoli mari. Ma e' son migliaia e migliaia di anni che la cosa cammina così, senza che l'uguaglianza della salsedine marina ne abbia punto sofferto. Nè parlo soltanto dei millenni storici, o di quelli che l'uomo ha potuto contare. In tutte le epoche geologiche fu sempre così: il mare ha sempre derivato i suoi sali dalle terre, e sempre costantemente uguale fu la dosatura delle sue acque.

2. Fu molto dibattuta dai geologi la questione dell'origine primitiva della salsedine marina. Osservando

dove i fiumi vadano a provvedersi di sali calcarei, per sovvenire continuamente alle esigenze del mondo marino, troviamo che essi vanno a pigliarli dalle formazioni calcaree, le quali sono quasi tutte, come abbiain dimostrato, d'origine organica. Dove se ne provvedessero prima che esistessero calcari di origine organica, per quale via cioè siano giunti al mare i primi sali, di cui ebbero bisogno i primi organismi secretori, che fabbricarono le prime masse calcaree; schiettamente nol so. Forse le acque terrestri dovettero accontentarsi di sciogliere i silicati, che contengono calce in gran copia, combinando questa coll'acido carbonico, sicchè ne risultasse il primitivo carbonato di calce. Ma la geologia positiva non si spinge fino a quell'epoca che precede i primi organismi. Le sue indagini a ritroso del tempo si arrestano ove si arresta l'animalizzazione, affermata appunto dagli organismi secretori, o almeno dalle masse che essa può considerare come un prodotto di secrezione organica. Si impiegarono le frasi più enfatiche per esprimere il potere che hanno l'astronomia e la geologia di spingersi l'una negli abissi dello spazio, l'altra negli abissi del tempo. Ma questo potere, assai limitato per l'una, lo è per l'altra assai più. L'astronomia in fatti penetra gli spazi per le vie immediate del senso, e può credere di essere giunta abbastanza vicina ai loro ignoti confini. La geologia invece non retrocede negli abissi del tempo che per via d'induzione. Il suo cammino è lento, la sua vista è corta, i suoi mezzi deboli, le sue misure estremamente inesatte. Lungi dall'essere giunta, a furia d'indietreggiare, fino al principio dei tempi, forse non s'è arrestata che ai primi albori di un ultimo giorno, di cui vede ancora lontano

il tramonto. Comunque, il ripeto, la geologia positiva si è arrestata ai confini dell'animalizzazione del globo. Quando parla del *principio dei tempi*, intende un'epoca in cui la superficie del globo era già divisa in terre e in mari; in cui la terra era già per lo meno coperta di piante, e le acque popolate di animali; in cui insomma il globo si presentava già approssimativamente in quelle condizioni, in cui si trova oggidì. Ebbene, rimontando a quel *principio dei tempi*, la salsedine marina derivava già fin d'allora dai continenti. Se attendete, io ve lo dimostrerò, almeno per ciò che riguarda il carbonato di calce.

Lasciando da parte la più antica epoca geologica, l'*era protozoica*, ossia dei primi viventi, benchè la tesi che sosteniamo possa trovarvi una sufficiente dimostrazione nei fatti che riguardano quest'epoca primitiva, ci portiamo subito ai primordi dell'*era paleozoica*, ossia all'epoca dei più antichi viventi di cui raccogliamo le spoglie ancora ben conservate e sicure. Qui la tesi stessa trova dei fatti assolutamente irrepugnabili, e argomenti di facile accesso anche pei più digiuni di geologia.

L'*era paleozoica* comincia infatti coll'*epoca cambriana*, la quale ci presenta già una fauna sufficientemente ricca, rappresentata precisamente da animali secretori. Se i mari dell'epoca cambriana nutrivano degli animali secretori, per esempio delle conchiglie appartenenti ai diversi ordini di molluschi, e se fra queste conchiglie figurano dei generi affini o identici ai viventi, come sono le *Lingula* e i *Nautilus*; le condizioni dei mari non potevano essere differenti da quelle che si verificano oggigiorno. Era necessario sopraffatto che le acque del mare contenessero quella quantità di sali calcarei, nè più nè meno che esse con-

tengono in oggi. Ammettiamo anzi, se volete, che il mare li possedesse di proprio, indipendentemente dalle terre, da cui oggi li deriva. Ma quei primitivi animali fissano quei sali primitivi, e le acque ne rimangono spoglie; quegli animali, voglio dire, rubano l'alimento prima a sè stessi, poscia alle generazioni ventura. Ditemi ora, o signori, quale valore avrebbe quella prima dose di sali calcarei che la natura avrebbe versato nelle acque del mar primitivo? Si potrebbe evidentemente paragonare a quell'otre di acqua che Abramo caricò sulle spalle di Agar, quando la cacciava nel deserto; a quella provvista d'acqua, d'olio e di cibo, di cui l'ipocrita pietà dei Romani forniva la Vestale, mentre viva viva la chiudevava nella tomba. Badate dunque bene, o signori, a ciò che non è che l'inevitabile conseguenza dei fatti. La primitiva salsedine marina, qualunque ne fosse l'origine, doveva essere distrutta dalla prima generazione quantunque che, avanti l'epoca cambriana, fu la prima ad esercitare in seno al mare un potere secretivo di sali calcarei. Con quella prima generazione dunque dovevano cessare in mare le condizioni della vita. Ma queste non cessarono; anzi, se si può fare questione di più o di meno, esse migliorarono d'assai. Alla fauna cambriana, che visse prosperosa un così lungo tirocinio di secoli, succedette la fauna siluriana, infinitamente più splendida e più vigorosa. Gli organismi secretori crebbero smisuratamente di potenza e di numero. I cefalopodi, della famiglia degli *Ortoceratitidi*, trovarono in mare quanto bastava per fabbricarsi una conchiglia che pesava quanto una colonna di marmo: alle conchiglie si aggiunsero i coralli; ai coralli i crinoidi e le cistidee, organismi secretori per eccellenza, e gli scogli, le montagne

coralline, sorsero fin d'allora dalle profondità dell'Oceano. Alla fauna siluriana succedettero dapprima la devoniana, poi la carbonifera, finalmente la permiana, la quale giunse al tramonto dell'era paleozoica, senza che la vita rimettesse punto di vigore in seno all'antico Oceano. Alle faune paleozoiche tennero dietro le triasiche; alle triasiche le giurinesi, le cretacee, le terziarie, ed eccoci ai tempi nostri, in cui la vita è un parossismo, in cui le conchiglie, i coralli chiedono e trovano ancora delle montagne di calcareo per fabbricarsi lo scheletro. Donde trassero i sali le infinite generazioni che si succedettero in grembo al mare dal principio dei tempi fino a noi? come potè il mare a volte a volte vomitare l'immane prodotto di un lavoro, che conta tante centinaia di secoli, e che noi conosciamo sotto il nome di montagne e di catene di monti? Il mare non produce per sè stesso un atomo di sale. Dovette dunque fin dal principio dei tempi derivare dalle terre la sua salsedine. Come mai i geologi hanno sognato, e sognano da tanto tempo, un primitivo mare universale, un mare senza terre, eppur popolato da animali? Gli animali primitivi non ci son noti altrimenti che pel loro scheletro calcareo; pel loro potere secretivo cioè, che non ebbe limite in nessun tempo. Il loro potere secretivo, se non era maggiore, minore di certo non era di quello degli odierni abitatori del fondo marino. Ove andò in ogni caso a provvedersi di sali la seconda generazione, che succedette alla prima? Ove la terza, la quarta, la centesima, la millesima, che si succedettero con foga incessante? Forse quei geologi credettero così di consentire alla Bibbia, la quale parla infatti di un mare universale, di una terra interamente coperta dalle acque. Ma il vecchio *Libro* non si

lascia, no, ebgiere in fallo; non impone l'assurdo. Sentitelo in fatti: prima di dire *producano le acque e germi la terra*, aveva detto *si adunino le acque che sono sotto il cielo in un sol luogo e l'arida apparisca. E così fu fatto. E all'arida diede Dio il nome di terra*¹⁾. Quelle terre, quei mari primitivi sono ancora un mistero pel geologo; ma dal momento che il mare era abitato, dovevano esistere le terre, da cui il mare traesse l'alimento necessario ai suoi abitatori, da cui derivasse insomma la sua salsedine. È impossibile la vita in un mare senza terre, o in una terra senza mare. Se gli animali marini aspettano dalle terre i sali necessari alle loro funzioni assimilative; le piante e gli animali terrestri attendono dal mare le acque che le annaffi o li disseti. Un legame di necessaria solidarietà condiziona dunque a vicenda i mari alle terre, e le terre ai mari, fino dal primo istante in cui il germe della vita venne depresso sulla superficie del globo; la miscela delle terre col mare e del mare colle terre, è il caos; il caos è morte.

3. Resta perciò dimostrato che, fin dalla prima epoca dell'animalizzazione del globo, la salsedine marina ebbe origine dai continenti. Non mi dilungherò tanto a dimostrare come fin da principio venne pur stabilita l'uguaglianza di essa salsedine; come venne fissata con equa bilancia la dosatura delle acque; come insomma il mare trovasse nelle medesime condizioni in cui si trova oggidì. Le faune primitive sono composte di organismi sostanzialmente identici agli organismi attuali; fin dal principio vivevano le *Lingula* e i *Nautilus*, che vivono ancora nei nostri

¹⁾ *Genesi*, C. I.

mari, benchè sotto forme specifiche diverse: anche i tipi più strani che il paleontologo evoca dalle antichissime tombe, vantano delle sicure analogie coi tipi viventi: le loro esigenze erano le stesse; le stesse erano per loro le condizioni della vita. Anzi l'universalità, cioè la universale distribuzione delle antiche faune, dimostrata dall'esistenza allo stato fossile di tipi specificamente identici, o molto affini, nelle regioni più da noi lontane come nelle nostre, sotto le più elevate, come sotto le più basse latitudini, nella zona torrida, come nelle zone temperate o fredde, questa universalità, dico, che caratterizza le antiche faune in confronto della fauna attuale così frazionata, così localizzata nei diversi gruppi che la compongono, attesta in tutto e per tutto una uguaglianza di condizioni assai maggiore di quella che si verifica nei nostri mari, e principalmente quella uguaglianza di natura e di densità, cioè di salsedine, la quale, come prima necessaria condizione di vita, persiste anche nell'epoca nostra, benchè in passato variassero di tanto in tanto le condizioni di temperatura, la forma e la distribuzione della terra e dei mari.

4. Ammesso che la salsedine marina deriva dai continenti per mezzo dei fiumi; ammesso che la costante uguaglianza di essa salsedine in tutti i mari è condizione necessaria di vita per gli animali marini, non vi sarà, credo, nessuno de' miei uditori che non mi permetta di dubitare della opportunità della ubicazione degli animali secretori, di quelli almeno (e sono i più potenti) che abitano le profondità marine più inaccessibili, e principalmente dei coralli, fissi sotto la zona torrida, perduti nell'immensità dell'Oceano, lontani quanto più è possibile da quelle terre, da cui attendono i sali. Se la salsedine marina deriva dai

continenti, perchè gli animali che più la reclamano sono collocati a tanta distanza da essi? Come sarà possibile l'uguaglianza nella distribuzione di un prodotto, se i luoghi di produzione sono così distanti dai luoghi di consumo? Necessita adunque un nuovo magistero, diverso da quello che ordina la produzione, e da quello che provvede alla eliminazione; un magistero che procuri e regoli la distribuzione dei sali, nominatamente dei sali calcarei: necessita insomma un apparato che trasmetta incessantemente i sali della terra agli immobili abitatori del mare. Perciò, o andranno le acque ricche di sali dal luogo della produzione al luogo del consumo, o verranno le acque povere di sali dal luogo del consumo a provvedersene nel luogo della produzione: o, meglio, l'una e l'altra cosa avverrà: ci sarà, voglio dire, una *circolazione delle acque*, e questa incessante, universale, rapida, tale insomma che in nessun angolo più riposto della marina immensità i sali o si accumulino o vengano meno. La *circolazione marina* è anch'essa condizione necessaria di vita; è anch'essa una parte di quel grande magistero di economia tellurica, di cui ci si vanno svolgendo le meraviglie dinanzi allo sguardo attonito e riverente.

5. Supponiamo l'Oceano stagnante. Ometto di parlare degli infiniti disordini che seco trarrebbe questo fatto. Essi appajono subitamente allo sguardo di chi considera come la circolazione marina sia uno dei principali fattori nella distribuzione della temperatura, nella costituzione dei climi sulla superficie del globo. Chi non sa, per esempio, che, venendo meno la calda *corrente del golfo*, la Scandinavia, l'Inghilterra, forse tutta l'Europa, si troverebbero d'un tratto trasportati entro l'Oceano Glaciale, come

si può dire che vi si trovino, per difetto di una simile corrente calda, benchè sotto le stesse latitudini, il Labrador e il Canada? Ma ciò lascio da parte e m'arresto soltanto a ciò che riguarda la dosatura delle acque, cioè l'equa ripartizione dei sali, prima condizione della esistenza e della universalizzazione della vita in seno al mare. Questa dosatura è impossibile nell'ipotesi d'un oceano stagnante, o anche soltanto di un oceano che circoli lentamente.

Riflettete infatti come l'acqua, la quale si versa annualmente nell'Oceano, tutta annualmente svapora. Almeno è come interamente svaporasse, poichè è certo che la quantità che svapora è pari a quella che versano in mare le piogge e i fiumi. Infatti le piogge immediatamente e i fiumi mediamente non fanno che rendere al mare ciò che dal mare è uscito; nè una goccia più, nè una goccia meno, tanto che il mare mantenga sempre lo stesso livello. Ma i fiumi, mentre rendono al mare ciò che dal mare hanno ricevuto, vi aggiungono di proprio i sali rapiti ai continenti; e questi vi rimangono, vi si accumulano. L'evaporazione restituisce di nuovo l'acqua ai fiumi, ma non i sali che essi hanno versato nell'Oceano. I fiumi adunque, mentre sembrano addolcire l'acqua del mare, realmente la salano. Si rifletta ora ad un altro fatto, ed è questo, che il versamento dei sali non avviene che su alcuni punti delle coste, cioè alle foce dei fiumi; mentre il loro consumo ha luogo in tutta l'immensità dell'Oceano. La rinnovazione e l'accumulamento dei sali avrebbe dunque luogo soltanto in vicinanza delle coste, mentre a distanza di esse, principalmente nelle regioni centrali, l'acqua si andrebbe continuamente impoverendo, per ef-

fetto degli organismi, i quali assimilano i sali. Se l'Oceano fosse stagnante, o il suo moto fosse così lento, come nel caso che esso sia prodotto unicamente dallo slivello che succede tra il luogo dove avviene l'evaporazione e quello dove avviene il versamento delle acque; noi passeremmo necessariamente da una regione salata in eccesso, ad una regione di acque dolci, cioè, pel mondo marino, da una regione di morte per eccesso, ad una regione di morte per difetto di sali. Supposto l'Oceano stagnante, il Mediterraneo, per esempio, in confronto coll'Oceano starebbe come il Mar Morto in confronto dei liberi mari. Il Mar Morto riceve abbondante tributo di acque dolci dal Giordano; eppure è un mare salato in eccesso. La cosa andrebbe altrimenti se il Mar Morto comunicasse coll'Oceano; se vi fosse un rapido scambio continuo di acque che vanno dal Mar Morto all'Oceano e dall'Oceano al Mar Morto. In questo caso vi sarebbe equilibrio di dosatura tra l'Oceano e il Mar Morto, sovvenendo l'Oceano continuamente l'acqua che il Mar Morto consuma per evaporazione, e sovvenendo il Mar Morto all'Oceano i sali che l'Oceano consuma per assimilazione animale. Non ragionammo che in base alla differenza della quantità dei sali marini che deve verificarsi tra il luogo di produzione e il luogo di consumo. Se avessimo invece preso di mira il fenomeno della evaporazione, prescindendo tanto dalla produzione dei sali quanto dal loro consumo, saremmo riusciti a riconoscere un disordine in senso inverso; avremmo trovato, cioè, come nelle regioni interne del mare, ove i fiumi non giungono, le acque debbono condensarsi, cioè riuscire salate in eccesso; mentre le coste e i mari interni, soggetti all'immediato afflusso dei fiumi,

si raddolcirebbero per la prevalenza delle acque dolci. Ad ogni modo, si considerino le ragioni semplici, o si considerino le ragioni composte, è chiaro che in un oceano stagnante, mentre i sali derivano dai continenti, l'eguale dosatura, cioè l'equa distribuzione dei sali, sarebbe impossibile. C'è dunque bisogno d'un processo rapido, di un celere rimescolamento, perchè l'acqua troppo dolce si sali, e la troppo salata si raddolcisca: c'è dunque bisogno che il mare si muova, circoli rapidamente e in tutti i sensi. Se l'osservazione non ci avesse già detto, da lungo tempo che il mare è dotato di un gran sistema di circolazione; l'eguale dosatura delle acque ci avrebbe rivelato parimente questo fatto, come necessaria conseguenza di quell'altro, cioè della dosatura uguale e costante delle acque marine.

La circolazione marina è dunque un fatto altrettanto necessario quanto vero: anzi è più necessario che vero nel senso che l'osservazione e l'esperienza non ce lo rivelano che in parte, mentre la sua universalità ci si afferma come una necessità. Noi vogliamo occuparci quanto basta di questo fatto, considerandolo appunto nei suoi rapporti di necessità colla vita del mondo marino.

6. Qui entriamo in un campo spinoso per la scienza, ed io ho bisogno, non solo di tutta l'attenzione, ma di tutta la rassegnazione de' miei uditori, i quali dovranno accontentarsi di intravedere, piuttosto che di vedere. Se le mie conversazioni potessero essere brillanti, trattandosi della circolazione marina, non mancherebbe la materia per renderle tali. Il solo *Gulf-Stream*, questa immensa fiumana di acqua calda in un letto di acqua fredda, di

acqua salata in un letto di acqua salmastra, la cui portata supera di migliaia di volte quella del Mississippi e del Rio delle Antazzoni, che, uscendo dal Golfo del Messico, attraversato impetuosamente lo stretto della Florida, e spintasi verso il banco di Terra Nuova, si ripiega d'un tratto verso nord-est, e attraversando l'Atlantico, viene a immergere in un bagno di acqua tiepida tutta l'Europa; il Gulf-Stream, dico, offrirebbe da solo materia ad un poema. Ma io debbo quasi trasandare non solo la gran corrente del golfo, ma l'intero sistema delle correnti superficiali, il quale non è che una piccola parte del grande sistema della circolazione marina. Questo sistema si rivela, piuttosto che al fisico che osserva, al filosofo che ragiona e induce, in base ai fatti che il fisico gli presenta. Quando si dice circolazione del mare, si accenna a qualche cosa di ben più grandioso, di ben più universale che non siano le correnti marine, di cui si occupano da tanto tempo gli studiosi della fisica del mare. Immaginatevi, signori miei, che, divenuto d'un tratto maestro di fisiologia, dovesti spiegarvi la circolazione del sangue. Supponete in pari tempo che la scienza non mi permettesse che di presentarvi le mie mani, le mie braccia, e di dirvi, mostrandovi quelle linee cerulee e livide, talora rilevate, talora appena trasparenti: ecco il sistema della circolazione! Tutt'al più, per capacitarvene, mi sia permesso, nell'ipotesi, di ricorrere alla lancetta, sicchè vediate coi vostri occhi un rivo di sangue, che si spicca dal torrente che scorre entro la vena. Che sapreste voi della circolazione sanguigna? Le vene visibili sono così rade, e in breve anch'esse si nascondono, si perdono entro i tessuti. Riderebbe dunque di me l'anatomista, e dato

mano allo scalpello, vi mostrerebbe come gli alvei di quei torrenti superficiali si sprofondano entro i tessuti, si biforcano, si dividono in mille diramazioni, si intrecciano, si sovrappongono, sicchè mille fiumi, mille ruscelli scorrono nell'interno del corpo, ne ricercano ogni fibra, ne inaffiano ogni cellula. Io vorrei, però, alla mia volta, ridere dell'anatomista. In che modo? Mi avvicinerei al microscopio, e dato di piglio ad una rana viva viva, farei in modo che la sottilissima membrana che ne riunisce le dita rimanesse distesa sotto l'obiettivo. Quanta parte credete voi che di quella membrana si presenterebbe realmente sotto l'occhio, dell'esploratore? Il supporre la estensione della capocchia di uno spillo è già troppo, voi lo sapete, quando si tratti di un ingrandimento appena mediocre. Accosto l'occhio, e tosto il ritraggo quasi spaventato: due, tre, sette torrenti si intrecciano vorticosi; i globuli sanguigni, spinti come i ciottoli, rotano, si urtano, si arrestano, si accavallano. Ora si potrei dirvi di essermi formato un concetto un po' adeguato della circolazione sanguigna, mentre, levando il mignolo, potrei assicurarvi che egli è percorso da migliaia, da milioni di torrenti di sangue. Ebbene, la circolazione marina, come è nota di fatto, non presenta all'occhio che i vasi più superficiali; nulla più di quello che della circolazione sanguigna può mostrarvi la superficie del vostro corpo. Si vanno moltiplicando gli studi; si sono già scoperte parecchie correnti sottomarine. Ma sono i primi tentativi di una anatomia del mare, eseguiti con grossolani bisturi. C'è ben altro, credetelo; la vita del mare, come la vita di un corpo, vi dice una circolazione completa, una circolazione microscopica, un turbinio delle acque, simile al turbinio

dell'aria, che Dante, quel gran pittore della natura, dipinse così al vivo dicendo:

«Così si veggion qui diritte e torte
 Veloci e tarde, rinnovando vista,
 Le minuzie dei corpi lunghe e corte
 Muoversi per lo raggio onde si lista.
 Talvolta l'ombra che, per sua difesa,
 La gente con ingegno ed arte acquista»¹⁾.

Milioni e milioni di vene conducono il sangue venoso, cioè l'acqua carica di sali, agli animali secretori, i quali rappresentano i polmoni del mare; milioni e milioni di arterie riportano il sangue purificato, cioè le acque liberate dai sali, e le riversano nel gran circolo vitale. L'apparato è complicatissimo: tutte le forze interne ed esterne della natura vi sono interessate. Per sventura, come dissi, la scienza non ne conosce che la minima parte per via d'osservazione e, se vuole penetrarne più intimamente il cingegno, è ancora costretta a seguire la via dell'induzione. Seguendo contemporaneamente le due vie, tenteremo di formarci un concetto almeno generale di questo sistema della *circolazione marina*, che si può distinguere in due parti:

1°. Sistema della *circolazione marina*, propriamente detta, che si compie per via delle correnti marine.

2°. Sistema della circolazione delle acque per via delle correnti atmosferiche, per cui l'acqua del mare svapora e, condensata nelle regioni dell'aria, ritorna al mare per la via dei fiumi.

I due sistemi, ossia le due parti del grande sistema della circolazione delle acque, sono intimamente legati fra loro,

¹⁾ Paradiso, c. XIV.

e dipendenti l'uno dall'altro, sicchè veramente formano un solo sistema.

7. Cominciando ora dalla *circolazione marina* propriamente detta, cinque ordini di forze vi sono impiegate, tendenti a rompere l'equilibrio, e quindi a determinare dei movimenti nel mare. Si distinguono, cioè, cinque sistemi di correnti marine, potendo essere determinate da cinque cause diverse:

1°. Dall'azione riscaldante del sole, in quanto determina la dilatazione, che ha per conseguenza l'alleggerimento dell'acqua riscaldata;

2°. Dall'attrazione combinata del sole e della luna, che produce il flusso e il riflusso, ossia le correnti di marea;

3. Dall'afflusso dei fiumi, che rialzano le acque del mare alla loro foce;

4°. Dalla evaporazione, che tende ad abbassarne il livello;

5°. Dagli animali, che rendono più leggiera le acque spogliandole dei sali.

I diversi agenti, operando simultaneamente sulla stessa massa di acque, naturalmente o si combinano o si elidono; la *circolazione marina* non sarà che la risultante delle diverse forze, dove l'una o l'altra prevale secondo i casi. Studiamone dapprima la parte più accessibile alla semplice osservazione.

La *corrente del golfo*, che noi abbiamo già delineata, non è certamente un fatto isolato. Mentre quell'immenso fiume attraversa il Nord-Atlantico, disteso sempre come una gran fascia di acqua calda dal golfo del Messico all'Europa, un'altra corrente, la *corrente equatoriale*, parte

dalle sponde occidentali dell'Africa, attraversa pure l'Atlantico parallelamente all'equatore, penetra nel mare delle Antille, quindi nel golfo del Messico. Come vedete, è questa stessa corrente quella che esce più tardi dal golfo del Messico, per attraversare di nuovo l'Atlantico: non ha fatto che mutare il nome; la *corrente del golfo*, non è che la continuazione della *corrente equatoriale* e viceversa. Se teniam dietro alla *corrente del golfo*, fino in Europa, per vedere come si comporti qui giunta, non vedremo, come, dilatandosi a guisa di ventaglio, e urtando contro le coste occidentali d'Europa, è costretta a biforcarsi, però senza scindersi, buttandosi colla sinistra nel mare che divide la Groenlandia dall'Europa, verso l'Islanda e lo Spitzberg, mentre si ripiega colla destra a sud, passa davanti allo stretto di Gibilterra, costeggia l'Africa nord-ovest, e va a raggiungere la *corrente equatoriale*, o meglio a continuarsi con essa. La *corrente del golfo* e la *corrente equatoriale*, non figurano adunque che come due grandi segmenti, o piuttosto come le due metà di un circolo, ossia come due tronchi di una immane corrente circolare, in cui è trascinato tutto l'Oceano Atlantico, all'incirca tra l'equatore e il 50° di latitudine settentrionale.

Un fenomeno singolarissimo mette in piena evidenza il fatto. Voi avete letto come Colombo, partito dalle Canarie, avventurandosi verso l'occidente negli intentati deserti del mare, trovossi d'un tratto intricato in una specie di foresta galleggiante, in un mare di alghe, che incusse sì grave spavento nell'animo de' suoi compagni. Quel mare di alghe esiste ancora quale lo vide Colombo. È il celebre *Sargasso* dell'Atlantico: una immensa pianura

verdeggianti in seno al mare, ove primeggia un'alga, composta di gigantesche ciocche filamentose, cariche di piccole bacche, che i botanici conoscono sotto il nome di *Fucus natans*. Qual è l'origine di quella foresta natante, a cui le carte assegnano una estensione di un milione almeno di miglia quadrate? Essa è, dice Maury, un *rendez-vous général* ¹⁾, cioè il luogo ove si danno la posta le alghe, le bruciaglie, i legni galleggianti nell'Atlantico. Il mare dei sargassi è il gran centro di rotazione della corrente atlantica. La più volgare esperienza ci mostra come, imprimendo un moto di rotazione alle acque entro un bacino, determinandovi cioè una corrente circolare, i galleggianti, sparsi per avventura in seno alle acque, tutti in breve si raccolgono nel centro. Così veggonsi, quasi attratti violentemente, i corpi galleggianti buttarsi al centro dei vortici, che si scorgono sovente formarsi in seno ai fiumi. Sono infiniti i tronchi, gli sterpi; infinito insomma il legname piccolo o grosso che, trascinato in mare dai fiumi, vien galleggiando alla superficie o si tien sospeso in seno alle acque dell'Atlantico. Diremo più tardi di quello che vien rigettato sui lati, o piuttosto sulla periferia della girevole corrente ²⁾. Qui si tratta soltanto di quella porzione certamente enorme, la quale, secondo le osservazioni e le esperienze fatte, viene ad esser travolta e quindi a dar fondo nella parte centrale di quel gran vortice d'acqua. Questa, col lungo andare, deve aver formato sul fondo dell'Atlantico un'enorme catasta di legname putrescente, capace di dare appog-

¹⁾ *Géographie de la mer*, p. 452.

²⁾ Vedi la Conferenza XI.

gio ed alimento alla vegetazione acquatica, e quindi di trasformare una gran plaga d'Oceano quasi in vastissima palude. Di qui quel mare di alghe viventi, che diceasi dalla specie più comune capace d'infinito sviluppo, *Sargasso*. Il *Sargasso* è dunque testimonio perenne di quella circolazione atlantica, di cui abbiamo delineato i tratti principali ¹⁾.

Per intendere la ragione di questo circolo singolare dell'Oceano Atlantico a nord dell'equatore, accostiamoci al Maury. Suppongasì, egli dice, un globo, avente le dimensioni e i moti della terra, e involto in uno strato di acqua della profondità di 200 piedi. Suppongasì ora che sopra una zona, corrispondente alla torrida, quell'acqua diventi olio d'un tratto, fino alla profondità di 100 piedi. Eccoti l'olio riversarsi lateralmente sulle acque, ed allargarsi verso i poli, mentre le acque, rimaste lateralmente, senza sostegno, si precipitano sotto la corrente oleosa, scorrendo verso l'equatore. Ma supponiamo che l'olio, il

¹⁾ Chiamo l'attenzione del lettore sul modo, non sostanzialmente, ma molto diverso da quello usato nella 1^a edizione e ne' precedenti miei scritti, sempre in base all'idea di Maury, col quale venni or spiegando la formazione del *Sargasso*. Aveva avvertito molto bene il Maury che, imprimendo un moto rotatorio all'acqua, per esempio, di una catinella, i corpi leggeri, diciam pure galleggianti, venivano a raccogliersi nel centro. Perciò disse egli che il *Sargasso*, posto nel centro del gran vertice dell'Atlantico, è il *rendez-vous général* delle alghe e del legname galleggianti in quell'Oceano. Accogliendo questa idea, non ho lasciato di metterla al saggio di esperienze che mi avevano risposto perfettamente, anzi direi brillantemente. Ma come va che Colombo e tutti i suoi successori parlano di alghe, viventi e stagnanti in sito, non già di alghe avventizie e nauatiche? Come va che nessuno ha mai parlato di tronchi in gran numero, e molto meno di cataste galleggianti le quali, a giudicarne da quelle che si generano in altri punti, dovrebbero essere enormi? Come va poi che tali cataste, composte di legname galleggianti, si fermano invece, come vedremo, in Groenlandia, allo Spitzberg ecc., cioè precisamente sulla periferia della corrente girevole?

quale si è diretto verso i poli, vi ridiventi acqua, e l'acqua che si è precipitata verso l'equatore diventi olio. Facciamo poi che il fenomeno continui in perpetuo, e avremo stabilito un circolo perpetuo di correnti, che si scambiano dall'equatore ai poli, e dai poli all'equatore.

Mutato un solo termine, l'ipotesi di Maury è un fatto. L'acqua sotto la zona torrida, se non diventa olio, diventa però qualche cosa che gli si assomiglia perfettamente, sotto il rapporto della gravità, in confronto dell'acqua che si trova sotto le latitudini temperate o fredde. Sotto la zona torrida infatti l'acqua si riscalda, si dilata, divien più leggiera, e quindi come olio, si riversa lateralmente verso i poli. Quella invece, che si trova nelle più alte latitudini, si raffredda, si condensa, e, divenuta più pesante, si precipiterà verso l'equatore. Essendo perenne la causa, sarà continuo l'effetto: il mare circolerà continuamente dall'equatore ai poli e dai poli all'equatore.

A queste obiezioni non soppi mai rispondere fino al giorno in cui fui condotto da speciali riflessi a fare delle esperienze, per altro facilissime, le quali mi autorizzano a stabilire queste due leggi che dò per accertate. - 1^a legge. - I corpi galleggianti sulla superficie dell'acqua, a cui venne impresso un movimento rotatorio, sono respinti invariabilmente, qualunque sia il punto nel quale si trovano, alla periferia del circolo disegnato dalla corrente girevole. - 2^a legge. - Tutti i corpi tenuti in sospensione dalle acque in movimento, ma capaci di cadere al fondo nell'acqua cheta o meno veloce, gettati sulla superficie di una corrente girevole, appena possono sommergersi, sono, durante la loro sommersione, spinti verso il centro del circolo, dove finiscono a cadere e ad adunarsi sul fondo. - L'applicazione di queste leggi ci conduce a stabilire che il legname galleggianto sulle onde del Nord-Atlantico viene spinto dalla corrente del *golfo* a formare, sul proprio perimetro esterno, le cataste galleggianti della Groenlandia e dello Spitzberg ecc.; mentre il legname sommersibile vien tratto dalla stessa corrente verso il centro del gran circolo delle correnti del Nord-Atlantico, finchè vi è deposto sul fondo, e diviene la base sottomarina del *Sargasso*. Ho intenzione di avvertire poi in altro scritto questa importantissima tesi.

Questo primo sistema della *circolazione marina*, che ha per motore il sole, supposto che il mare coprisse tutto il globo con uno strato di acqua di eguale profondità, dovrebbe essere semplicissimo nel suo impianto. Vi sarà facile però di intendere come l'esistenza dei continenti e delle isole, l'orografia delle coste e del fondo, modificheranno profondamente questo sistema di generale circolazione: come, anzi tutto, essendo l'Oceano diviso in parziali bacini, avrà luogo per ciascuno un sistema parziale di circolazione, e come ciascun circolo parziale sarà modificato dai parziali accidenti di ciascun bacino.

La circolazione del nord Atlantico, troppo più complessa del resto di quanto potrebbe dedursi dalle poche notizie che ne abbiain date, non è appunto che un circolo parziale in un parziale bacino: non è che un piccolo saggio di quel sistema universale di circolazione, in cui tutta è travolta l'immensità dei mari. Tutto l'Oceano infatti, con tutti i membri dell'immenso suo corpo, si risolve in un gran sistema di correnti che continuamente lo rimutano dall'equatore ai poli e dai poli all'equatore. Tutta la superficie dell'Oceano disegna perciò un labirinto, un intreccio, un andirivieni di correnti calde e di correnti fredde, le une scorrenti dall'equatore ai poli, le altre dai poli all'equatore. Questo vi basti, o signori; perchè la descrizione delle correnti marine ci presterebbe materia più che sufficiente a nutrire le nostre conversazioni per un'intera stagione. Noi siamo ad ogni modo autorizzati a concludere che l'azione del sole basta da sola a muovere tutto il mare alla superficie, trascinandolo tutto in un circolo senza fine.

8. Ho detto alla superficie, perchè non sappiamo veramente fino a quale profondità possa farsi sentire l'azione

del sole. Riflettendo però come l'acqua è per sua natura molto coibente, come cioè sia pigra nella propagazione del calore, dobbiamo ritenere che l'azione del calore solare non si faccia sentire con qualche intensità che a profondità molto mediocri. Perciò, relativamente alle grandi profondità del mare, quella che si dice propriamente *circolazione marina*, si risolve in un sistema di correnti superficiali ed orizzontali. Quali vantaggi ne potranno derivare al gran mondo sottomarino, a quella università di animali, che non si attendano un istante di staccarsi dal fondo? a quegli organismi pieni di vita, che la cucchiaja degli Americani e degli Inglesi raccolse da profondità di mille a quattromila metri? Che importa a loro se le acque della superficie si rimutano orizzontalmente dai continenti al mare, e dal mare ai continenti, rimescolandosi in guisa che i sali marini riescano ugualmente ripartiti? Fissi sul fondo, sommersi sotto un oceano di acque stagnanti, avranno ben presto esaurito quella dose di sali che si contiene nelle acque in contatto coi loro corpi. In breve morranno di sfinitimento: in breve sarà spenta la vita nella profondità dell'Oceano.

Qui evidentemente c'è bisogno di uno scambio delle acque nel senso verticale, cioè di un sistema di correnti, per cui esse si rimutino continuamente dalla superficie al fondo e dal fondo alla superficie, sicchè la dosatura della salsedine marina non sia soltanto un privilegio della superficie, ma una proprietà dell'Oceano. Sapete voi chi è che si incarica di attivare questo grandioso sistema di circolazione verticale, a pro degli animali che abitano il fondo marino? Gli stessi abitatori del fondo marino.

9. Suppongasi l'inerzia perfetta, il perfetto equilibrio del mare. Un solo atomo di sale, che una conchiglia sottragga ad una goccia di acqua, e quell'equilibrio è rotto. Quella stilla, resa più leggera, abbandona il suo posto, montando verso la superficie: quel posto è immediatamente occupato da un'altra stilla, che lascia vuoto il suo, il quale verrà occupato immediatamente da una terza stilla. Così tutto l'Oceano è in moto, per un atomo di sale rapito ad una stilla di acqua. Moltiplicate questo movimento, che può essere prodotto da un solo foraminifero, moltiplicatelo, dico, per tutti i foraminiferi, per tutte le conchiglie, per tutti i coralli, per tutti insomma i secretori marini. Se uno zefiro più non alitasse, se fosse spenta l'attività del sole, se tutti gli abitatori dei liberi mari rimanessero colpiti da un sonno magnetico, ma potessero vivere gli immobili abitatori dei fondi marini; tutto l'Oceano sarebbe egualmente travolto in un vortice universale, agitato da una universale tempesta, tenuta in continuo fremito dal soffio della vita.

Facendoci però più dappresso ad analizzare di qual natura debba essere principalmente il movimento che gli organismi secretori imprimono al mare, troviamo che esso deve consistere in un sistema di correnti verticali, tanto numerose, quanto son numerosi gli abitatori delle profondità sottomarine. In questo senso le conchiglie e i coralli agiscono come antagonisti dei venti; questi condensano nelle acque i sali marini, quelli ne le spogliano: risultato di questo antagonismo è un moto di saliscendi di tutto l'Oceano. I venti infatti, promovendo l'evaporazione, concentrano l'acqua alla superficie del mare; l'acqua, divenuta più pesante, precipita al fondo; i foraminiferi,

le conchiglie, i coralli, le rapiscono i sali; resa, così più leggiera, essa monta a galla di nuovo. Se vi piace una similitudine, benchè un po' grossolana, immaginate che le molecole di acqua divengano pallottoline di piombo alla superficie, e pallottoline di sughero sul fondo. Quelle precipitano, queste montano a galla con assidua vece. Le infinite molecole che compongono l'Oceano intrecciano un'immensa danza elettrica: se così non fosse, il fondo dell'Oceano diverrebbe un'immensa salina, uno sconfinato Mar Morto.

10. All'azione, che noi diremo fisiologica, con cui gli animali secretori tengono il mare in continuo movimento, aggiungono essi un'azione meccanica. Non parliamo dell'agitarsi che fanno tanti pesci, tanti mostri marini, tutti insomma i liberi pellegrini del mare. Anche il mondo degli immobili, degli inchiodati sul fondo, trova modo di imprimere alle acque un moto meccanico il cui valore, moltiplicato pel numero degli agenti, ci darebbe una cifra mostruosa. Figuratevi una specie di sciacquamento universale, per cui l'Oceano entrasse e uscisse da mille miliardi di bocche. Un numero infinito di animali marini hanno bisogno di introdurre l'acqua nel loro corpo, per appropriarsene i sali, quindi di espellerla, quando ne sia spogliata. Figurano così come altrettante trombe, che alternatamente trombano e rigettano, imprimendo all'acqua un movimento affatto meccanico. Per comprendere quanto debba essere attiva e incessante questa manovra, si calcoli l'enorme quantità di acqua che deve introdurre ed espellere un animale per fabbricarsi lo scheletro a furia di atomi salini. Il signor Bischof si è provato ad eseguire alcuno dei calcoli di questo genere. Paragonando,

per esempio, il peso delle parti molli di dieci ostriche, con quello del guscio rispettivo, trovò che le parti molli stanno come 1 a 2,78, e fin come 1 a 7,57. Il guscio d'una ostrica pesa cioè su per giù da due a sette volte all'incirca più delle parti molli. Ritenuto che l'acqua del mare non contenga in media che $\frac{1}{10000}$ di carbonato di calce, un'ostrica, per fabbricarsi il guscio, ha bisogno di spogliarne da 345 a 587 libbre, cioè da 5,2 a 8,9 piedi cubici. Quell'ostrica pertanto ha dovuto alternatamente ingojare e rigettare una quantità di acqua pari a 27760, e fino a 75714 volte il proprio peso¹⁾. Che immenso lavoro meccanico eseguito da una sola ostrica! E ancora non basta, poichè non è detto che l'ostrica si assimili ad ogni inspirazione tutto il calcare dell'acqua inspirata. Dunque è probabile che, non migliaia, ma milioni di volte sia costretta ad eseguire l'operazione, per fabbricarsi quel povero guscio. Ma gli *infinitamente piccoli*, gli invisibili infusori sono in proporzione assai più potenti delle ostriche, e delle conchiglie in generale. Lo stesso Bischof ci assicura che gli infusori silicei, per fabbricarsi il guscio, devono introdurre nel loro corpicino tanta quantità di acqua in proporzione della loro mole, quanta ne ingollerebbe un uomo che ne bevesse un piede cubico ad ogni minuto secondo²⁾.

11. Per l'azione combinata adunque del sole, dei venti, degli animali, l'Oceano è dotato di un sistema universale, perfettissimo, di circolazione orizzontale e verticale, a cui va aggiunto il movimento meccanico, difficilmente ridu-

¹⁾ Bischof, *Lehrb.*, 1, pag. 585.

²⁾ *Ibid.*, pag. 600.

cibile ad una regola qualunque, impresso alle acque dagli animali o nomadi, o stazionari. Tutti questi movimenti però non si propagherebbero da emisfero ad emisfero. L'alternanza del moto verticale, tornando successivamente tutte le molecole d'acqua alla superficie, dopo averle tuffate fin nell'ime profondità, le riversa un'altra volta nel gran circolo composto delle correnti marine, che ha la ragione primaria del suo moto nel sole. Ma abbiamo veduto come, per questa circolazione, che ha per linea di partenza l'equatore, o piuttosto la zona equatoriale, l'oceano non fa che rimutarsi dall'equatore ai poli, e dai poli all'equatore; come cioè essa circolazione si compie separatamente entro i limiti di ciascun emisfero. Ma ciò non basta. Gettate uno sguardo sul planisfero; osservate le condizioni geografiche e fisiche così differenti dei due emisferi; e poi ditemi se è possibile che si mantenga, e si sia mantenuta da tante migliaia di anni l'identica dosatura delle acque nell'uno e nell'altro emisfero, quando quelle dell'uno e dell'altro non si mescolassero insieme incessantemente, quando non vi fosse un sistema di circolazione che lega l'uno emisfero coll'altro. Se la scienza non fosse giunta, od anche non potesse giungere giammai a scoprire un tal circolo, più letteralmente universale di quelli che già abbiamo scoperto; l'uguale dosatura delle acque, tanto a nord, quanto a sud dell'equatore, la costringerebbe ad ammetterlo.

Eccomi solo in una questione tutt'altro che ovvia! Quando mi accingevo a difendere lo scambio dell'aria tra i due emisferi¹⁾ contro le opinioni vigenti, e sfidando

¹⁾ La teoria dello scambio dell'aria tra i due emisferi, ossia dell'incrocciamento delle correnti atmosferiche sull'equatore, secondo le idee

l'ira de' meteorologisti, potevo almeno appoggiarmi ad una grande autorità, a cui i meteorologisti, benchè pur troppo a malincuore talora, s'inchinano. Anzi io non ero che un semplice espositore della teoria di Maury. Ma quando mi arrischiavi a sostenere lo scambio delle acque tra i due emisferi¹⁾, mi trovai solo, e mi trovo solo anche al presente. Però io vi vengo ad esporre, o signori, quello di cui sono convinto io, non quello di cui sono convinti gli altri. Permettetemi ch'io mi ribelli qualche volta dal fare semplicemente l'ufficio del portavoce.

12. Nella rassegna delle diverse forze che agiscono nella circolazione del mare, non si fece appello finora nè alla evaporazione, nè alla conseguente concentrazione dei vapori. Veramente abbiamo già rimarcato come l'evaporazione, condensando le acque alla superficie del mare, promuova la circolazione verticale. Ma ora vogliamo considerare l'evaporazione in sè stessa, in quanto cioè essa consiste nello svolgimento di una quantità di vapori acquei, che sono versati nel gran circolo composto delle correnti atmosferiche, e tratti a condensarsi in piogge o nei campi più elevati dell'aria, o contro i rilievi terrestri, che servono di condensatori, ritornando così al mare per la via dei fiumi. È un sistema di circolazione anche questo, in parte marino, in parte aereo e in parte terrestre. Ora domando: - dove succede l'evaporazione? - dove la concentrazione?

di Maury, fu da me esposta e difesa nelle lezioni pubbliche tenute all'Università di Pavia nel 1862, poi nelle *Note ad un Corso di geologia*, (vol. 1, §§ 64-66), pubblicate nel 1865. La stessa questione è poi trattata più ampiamente nel mio *Corso di geologia* (vol. 1, cap. II e III), pubblicato nel 1871.

¹⁾ *Corso di geologia*, vol. 1, §§ 294-304.

13. Supposto che il globo fosse tutto ricoperto dalle acque, l'evaporazione avverrebbe nelle regioni equatoriali, sotto la sferza dei tropici, e la concentrazione nelle regioni polari. Qui si parla naturalmente come i due fenomeni avvenissero unicamente nelle due regioni, dove realmente non si verifica che il *maximum* dei fenomeni stessi. L'evaporazione, cioè, è massima nella zona equatoriale, dove il sole è più caldo: la concentrazione dei vapori, invece (prescindendo da tutte le cause che possono accelerarla altrove, e anzitutto dai continenti, che si suppongono non esistere), è massima nei due circoli polari. Si verificherebbe adunque una circolazione delle acque dall'equatore ai poli per via aerea, dai poli all'equatore per via marina, pel naturale afflusso delle acque che sarebbero ai poli sempre in eccesso, e all'equatore sempre in difetto. In questa prima ipotesi, la circolazione, che avrebbe luogo per via aerea e marina, troverebbe una formola assai chiara nella seguente espressione: *le acque pluviali fluiscono dai poli all'equatore*. Questa circolazione non disturberebbe quell'altra che il sole promuove per la dilatazione e l'alleggerimento delle acque nella zona equatoriale. Solo vi sarebbe maggiore afflusso di acqua dai poli all'equatore, che viceversa; poichè le correnti polari dovrebbero supplire tanto alla porzione che svapora nella zona equatoriale, quanto a quella che, resa più leggiera, si volge dalla zona stessa verso i poli.

Ma appaiono i continenti. Essi modificano profondamente il sistema della circolazione atmosferica, principalmente per ciò che riguarda la distribuzione dei vapori. I rilievi del globo agiscono come condensatori, e come tali funzionano benissimo anche sotto l'equatore, purchè

raggiungano, come le Cordigliere al presente, un grado sufficiente di elevazione. La concentrazione allora si localizza in tutti quei punti ove esistono rilievi sufficienti, e tutto il sistema del riflusso delle acque per via di terra, cioè per mezzo dei fiumi, potrà e dovrà variare come varia la distribuzione delle terre e dei mari.

Comunque però, resta fissato che i continenti, ovunque si trovino, servono di condensatori. Le piogge infatti, sono, si può dire, un fenomeno terrestre, o per lo meno costiero; un fenomeno, cioè, che si verifica in genere o sulle terre, o in vicinanza alle terre. Anche nelle regioni tropicali le piogge sono un fenomeno terrestre o costiero piuttosto che marino. La cosa è vera fin per quell'isole di corallo, per quegli *atoll*, seminati a fior d'acqua sulla superficie dei due grandi oceani, che abbiám già minutamente descritti. Basta una di quelle basse isole, basta uno scoglio, perchè possiate vedervi sovente una nube che vi si arresta, anzi vi si genera dal seno del purissimo aere, e librata in alto, a guisa di pensile inaffiatojo, versa la linfa vitale su quei giardini riarsi dal sole dei tropici. Ma la gran copia delle piogge è sempre determinata dai grandi rilievi continentali, spinti alle maggiori altezze. Basta riflettere che nell'America equatoriale esse inondano letteralmente e quasi unicamente il grande bacino del Rio delle Amazzoni, per quest'unica ragione che da quella parte le altissime Cordigliere si presentano come condensatore sulla via percorsa dagli alizei, che le investono, dopo essersi saturati dei vapori dell'immensa caldaia equatoriale. Le stesse Cordigliere non determinano però una goccia di pioggia sull'opposto versante, sapendosi da tutti come al Perù le piogge siano un fe-

nomeno sconosciuto. Se non vi fossero rilievi che si oppongono alla marcia delle correnti atmosferiche cariche di vapori nella zona equatoriale, sulla zona stessa le piogge, quando non fossero assolutamente sconosciute, sarebbero certamente assai scarse. Si rifletta infatti che nelle regioni equatoriali i venti, per quanto carichi di vapori, si riscaldano talmente, che saranno più presto disposti ad assorbirne di nuovi che a cedere quelli di cui già si sono imbevuti. Se gli alizei, infocati dal sole dei tropici, abbandonano, disciolta in pioggia torrenziale, tanta quantità dei vapori di cui si imbeverano scorrendo sulla superficie dell'oceano; la ragione è questa che, mentre si elevano sull'equatore, resi leggieri dal riscaldamento, si buttano contro le creste nevose delle Cordigliere, ove subiscono un improvviso raffreddamento che li sprema, come si sprema una spugna tutta gonfia di acqua. Se non vi fossero rilievi equatoriali, i venti, come ho detto dapprincipio, arriverebbero con tutto il loro carico di vapori nelle regioni temperate e fredde, le quali soltanto godrebbero del beneficio delle piogge che sarebbero diluvi.

Da tutto questo infine risulta dimostrato ciò che ci siam proposti di dimostrare, cioè che, qualunque sia la distribuzione dei continenti, le piogge sono fenomeno terrestre a grande maggioranza e solo per piccola parte marino. Per quella parte adunque del sistema della circolazione, che si riferisce alla evaporazione ed alla concentrazione, in luogo di dire, come nella prima ipotesi, che le acque pluviali fluiscono dai poli all'equatore, diremo, in tesi generale, che *le acque pluviali fluiscono dalle terre ai mari.*

14. Applicando questo principio al caso pratico, vediamo come al presente il sistema della circolazione marina si traduca realmente nel fatto. Cosa strana! Si può egli dare una più disuguale distribuzione di terre e di mari? I continenti sono aggruppati, pigiati entro l'emisfero boreale, e specialmente condensati nelle regioni verso il polo artico; i mari invece occupano quasi per intero l'emisfero australe, godendo della massima estensione sotto la zona torrida. Il globo adunque si può dire attualmente diviso in due emisferi, che presentano le condizioni più opposte: un emisfero di terre e un emisfero di acque. Là abbiamo il condensatore, qui la caldaia. La natura provvede a questo apparente disordine, comandando che le correnti atmosferiche si incrociassero sull'equatore, sicchè i venti, i quali spirano carichi di vapori dall'emisfero australe, recassero le piogge ai continenti boreali, e viceversa, i venti asciutti, che spirano dal boreale, tornassero ad attingere le acque nell'emisfero australe. Così, prescindendo, già s'intende, dalle specialità del sistema, e alla prevalenza dei fenomeni, che si compiono in ciascun emisfero, dando il valore che si merita di quasi unicità, ed esclusività, l'emisfero australe è un emisfero di venti; l'emisfero boreale è un emisfero di piogge: il primo è un emisfero d'evaporazione; il secondo un emisfero di concentrazione. Questo stabilito, sempre in quei termini larghi già intesi tra noi, dobbiamo per la terza volta cambiare la formola che esprime il fenomeno del ritorno delle acque al mare, cioè della circolazione per via aerea, terrestre e marina. Non diremo più che *le acque pluviali fluiscono dai poli all'equatore*; non direm più nemmeno che *esse fluiscono dalle terre ai mari*; ma stabiliremo come ultimo risultato

della nostra dimostrazione, applicata al caso pratico, questa proposizione: - *le acque pluviali fluiscono dall'emisfero boreale all'emisfero australe*. - E così deve essere, non solo per necessità fisica, come abbiám dimostrato, ma anche per necessità economica.

15. Infatti gli abitatori dei fondi marini aspettano i sali dai continenti. Nel caso nostro l'armata dei coralli, concentrata nell'emisfero australe, aspetta dal boreale la provianda. Che strana distribuzione è mai codesta? I produttori a nord... i consumatori a sud! Bisogna ben che ci sia un tramite; bisogna ben che le acque continentali fluiscono dall'emisfero boreale verso l'australe, per recare a questo i sali calcarei che si trovano in quello. A questo scopo fu appunto dapprima, come dissi, ordinato l'incrocciamento dei venti sull'equatore. Per questa via le acque, evaporanti dai mari australi, vanno a piovere sui continenti boreali. Bisogna poi (s'intenda bene) che questi continenti siano foggiate in guisa, che le acque pioventi ritornino, cariche di sali, ai mari australi. La cosa è tanto vera, tanto necessaria, che si può dire la geografia fisica e la semplice geografia non essere che l'espressione di un fatto, il quale risponde a questa necessità. Abbiamo già riferito che l'acqua, attinta dall'atmosfera nei mari australi, si concentra e piove sui continenti boreali. Badate come tutto sembra disposto a ricevere e a rimandare quest'acqua nel miglior modo possibile per rispondere ai due scopi, che sono: 1° l'irrigazione dei continenti; 2° la dosatura dei mari. Sì, colla geografia alla mano, si può mostrare fino all'evidenza, che l'apparato dell'irrigazione dei continenti e della dosatura dei mari è uno solo, così semplice, che l'intenderebbe un bambino, così grandioso e

sapiente, che vuol dirsi una delle più splendide rivelazioni di Colui che l'ha inventato. Io vo' descrivervi alcun poco un tale apparato, o piuttosto delinearvene la parte principale, che non è tutto l'apparato. Gli effetti, che ne vedremo derivati, sono anch'essi da limitarsi in questo senso, da considerarsi cioè come effetti principali, non unici. Così in un grande stabilimento meccanico, mentre si studia il grande motore, ed il lavoro prodotto dalle macchine principali, non si intendono escluse le macchine minori, ed i lavori speciali che sono ad esse confidati.

Il grande apparato che noi vogliamo descrivere, considerato nella sua estensione, comprende, come superficie acqua, la maggior parte del Grande Oceano, tutto l'Atlantico, e i mari interni che ne dipendono: come superficie asciutta, i versanti occidentali e settentrionali dell'Africa e dell'Europa da una parte; i versanti orientali e settentrionali dell'America dall'altra. Quell'apparato comprende così per lo meno i due terzi dei mari e delle terre.

Considerato come macchina, specialmente come macchina a vapore, si compone di quattro pezzi:

1°. Una caldaia, ossia un generatore. — Gli Oceani australi¹⁾ formanti un solo grande Oceano nell'emisfero australe.

¹⁾ Per brevità di locuzione sono indicati sotto il nome collettivo di *oceani australi* gli Oceani Indiano e Pacifico, benchè si distendano così ampiamente anche a nord dell'equatore. Anche per tutto ciò che riguarda la parte che si attribuisce a questa grande caldaia nel sistema della circolazione delle acque, le porzioni a nord dell'equatore entro la zona torrida sono considerate a pari colle più vaste porzioni che si distendono a sud. Infine, nel nostro senso, la locuzione *oceani australi* equivale a quella di *oceani tropicali*, dilatandosi essi per la massima parte nell'emisfero australe.

2°. Un conduttore. — L'atmosfera.

3°. Un condensatore. — I continenti a nord dell'equatore.

4°. Un canale, che ritorna alla caldaia il prodotto della sua evaporazione. — L'Atlantico.

Il miglior mezzo per aiutare lo studioso (in difetto di un globo artificiale) a colpire i rapporti tra le diverse parti del grande apparato per la circolazione delle acque e a ben intendere e giudicare delle idee che sto per esporre, è senza dubbio il *planisfero circolare* collo sviluppo che il signor cavaliere Ignazio Villa propone già da lungo tempo come da sostituirsi al planisfero quadrato, colla proiezione del Mercatore. Negli studi di idrografia generale principalmente, oso dire che il *planisfero circolare* è preferibile allo stesso globo artificiale¹⁾.

16. Osserviamo anzitutto la disposizione del condensatore ossia del complesso de' continenti. Quella dei versanti atlantici, tanto dell'antico come del nuovo continente, è tale che, mentre essi si oppongono alle correnti umide in guisa da spremene necessariamente le piogge, le piogge stesse vi si raccolgono quasi entro un imbuto, tutto internamente, nel modo più bizzarro e molteplice,

¹⁾ Il *planisfero circolare*, del signor Ignazio Villa presenta nel centro il polo sud. Intorno ad esso si spiegano in tutta la loro ampiezza gli oceani australi, i quali, chiusi all'ingiro dai continenti boreali, figurano precisamente come un'immensa piscina da cui partono le acque destinate ad irrigare, per via atmosferica, le terre distese all'ingiro, e in cui si raccolgono ritenendo per la via de' fiumi. Singolarmente chiariti con questo artificio grafico rimangono i rapporti dell'Oceano Atlantico coi grandi oceani australi, coll'Oceano Artico, coi continenti, colla maggior parte dei fiumi, risultando dal complesso di questi rapporti come l'Atlantico sia il grande emissario delle acque terrestri. Per la geografia generale, per la nautica, per la fauna, per la dinamica terrestre o per la geologia, il planisfero del signor Ignazio Villa è una bellissima invenzione.

ripiegato e ramificato, ma tale pur sempre che tutte le conduce al *canale* destinato a riportarle alla *caldaja*. Le Alpi, per esempio, non sono che un piccolissimo segmento di questo immenso, irregolarissimo imbuto. Esse si oppongono ai venti umidi che vengono da sud-ovest, ne concentrano i vapori. Le piogge, che diluviano dai loro versanti meridionali, sono raccolte dapprima principalmente dall'Adriatico; da questo versate nel Mediterraneo, ove trovansi raccolte tutte le acque che piovono all'ingiro sull'Europa, sull'Asia, e sull'Africa. Il Mediterraneo co' suoi mari non rappresenta che una delle pieghe interne del grande imbuto, destinato a raccogliere una grande porzione delle acque continentali, poi a versarle nell'Atlantico che le ritorna al Grande Oceano. Prendete del resto una carta idrografica del globo; numerate i fiumi; distinguete fra essi i maggiori; cercatene le foci. Il risultato delle vostre ricerche sarà questo che la gran maggioranza dei fiumi, e tutti i grandi fiumi del mondo, pochissimi eccettuati, versano nell'Atlantico lo scolo dei quattro continenti, per cui questo Oceano, il quale ha, più che altro, la forma di una gran valle tra l'antico e il nuovo mondo, ne raccoglie la massima parte delle acque che li irrigano

da cui la scienza caverà partito assai più che dal planisfero adottato finora universalmente. Non può negarsi però che lo sviluppo enorme che vengono a prendere le terre e i mari polari a nord, in confronto di quello della zona temperata nord, e più ancora del resto, crea una grave difficoltà specialmente per tutti quelli che non hanno saputo ancora formarsi ben chiara nella fantasia la figura superficiale del globo terracqueo. Il meglio adunque che posso consigliare al lettore è di tenerli sott'occhio, leggendo questa conferenza, un *globo artificiale*. Ormai non c'è famiglia che non ne possieda uno, piccolo o grande. Abbastanza adatti nel caso sono anche i due emisferi, divisi nel senso dei meridiani, col rispettivo polo nel centro. Questi non mancano, e almeno non dovrebbero mancare, in nessun *Atlante* appena discreto.

per ricondurle nella immensa *caldaja* degli oceani australi che serve di generatore.

Prendiamo partitamente l'America meridionale. La siccità è caratteristica dei suoi versanti al Pacifico. Prescindendo dall'estrema Patagonia, le acque di quel continente si versano nell'Atlantico. Il Rio Negro, il Rio San Francisco, il Rio della Plata, la Maddalena, sono fiumi pari o superiori ai più grandi fiumi d'Europa; eppure a quel continente restano ancora le acque per assicurare ad uno de' suoi l'impero dei fiumi. Questo è il Rio delle Amazzoni, che pur divide il suo regno coll'Orenoco. L'Atlantico li riceve tutti, e tutti li riversa nel Grande Oceano.

L'America settentrionale possiede il rivale dell'imperatore dei fiumi, cioè il Mississippi: ma sono suoi inoltre l'Alabama, la Salannia, lo smisurato San Lorenzo, e cento altri fiumi, che tutti tributano all'Atlantico, o immediatamente, o per mezzo di quell'immenso Mediterraneo, conosciuto sotto il modesto nome di Baja di Baffin, la quale è veramente un gran fiume, che scorre, gonfio dalle acque che si versano in gran copia all'ingiro del polo, convogliando al tempo stesso quell'enorme quantità di ghiacci galleggianti, che viene a struggersi nelle tepide acque dell'Atlantico. Si può dunque dire quasi alla lettera, che tutto il Nuovo Mondo dà i suoi scoli all'Atlantico.

Dell'Europa non occorre parlarvi: essa tributa le sue acque all'Atlantico col Dal-Elf, e coi cento fiumi della Svezia; col Tamigi, e i fiumi della Gran Bretagna; col Tago e coll'Ebro, e i fiumi della Spagna; colla Garonna, la Loira, la Senna, il Rodano e tutti i fiumi della Francia; col Po, il Tevere, l'Arno e tutti i fiumi d'Italia; il Reno, l'Elba, il Danubio, il Dajeper, il Don, e tutti i fiumi

della Germania, dei Paesi Bassi, della Turchia, della Russia, che versano nel Mare del Nord, nel Mediterraneo e nel Mar Nero.

L'Africa è un continente che ci richiama l'idea della siccità: ma il Nilo, che scarica, può dirsi, tutto il continente, si versa anch'esso, per via del Mediterraneo, nell'Atlantico. In esso immediatamente si scaricano il Senegal, il Rio Grande, il Congo e gli altri fiumi delle coste abbastanza irrigue dell'Africa occidentale.

L'Asia è il continente che nega il più gran numero di fiumi importanti al gran recipiente Atlantico. Versano in altri mari l'Eufrate, il Tigri, il Gange, l'Indo, il Fiume Giallo ecc. Un'altra parte de' fiumi asiatici, come il Kur e il Volga, vanno a perdersi in fondo a quell'immenso bacino interno, ove stagnano, isolati dall'immensità dei mari, malamente usurpandone il nome, il Caspio e l'Aral. Ma l'Asia serba ancora un immenso tributo destinato all'Atlantico. Sono i fiumi innumerevoli che i suoi versanti settentrionali inviano all'Oceano Glaciale. L'Oceano Glaciale Artico non è che un grande tributario dell'Atlantico, poichè ho già detto che suo principale scaricatore è la Baja di Baffin, da cui discende verso l'equatore quell'immane corrente di scarico, piuttosto salmastra che salsa, che seco trascina le innumerevoli montagne di ghiaccio a struggersi nel tepido bagno della *corrente del golfo*. Altro immenso scaricatore è il Mare del Nord, ove s' interna per l'Islanda e lo Spitzberg. Anche il Mare del Nord è un confluente dell'Atlantico. Lo stretto di Behring, il solo che non si apra nell'Atlantico, è veramente uno stretto, così angusto e così morto, che è come non fosse. Così l'Oceano Atlantico riceve, per la Baja di Baffin e pel Mare

del Nord, tutti i fiumi asiatici o americani che fanno corona colle loro foci al polo; riceve tra i primi l'Obi, il Jenisei, la Lena, fiumi enormi, che scaricano i versanti settentrionali delle catene dell'Altai e dell'Himalaya; tra i secondi l'Albany e il Nelson, per mezzo della Baja di Hudson, l'Athabasca e il Makenzie che vengono a perdersi nell'arcipelago artico.

Non si può dunque dire, o signori, senza più oltre annojarvi colla statistica dei fiumi, che l'Atlantico riceve lo scolo di tutto il mondo? ch'è una gran valle? un immenso canale, destinato a ricondurre le acque alla grande caldaia, i cui vapori, continuamente trombati dall'atmosfera, si condensano, e piovono entro l'imbuto condensatore, le cui interne pareti son costrutte dai grandi versanti dei quattro continenti? Adunque, per concludere, il parziale magistero da noi studiato, consiste in questo che le acque dei mari australi, evaporizzate in seno all'atmosfera, vanno a lavare, ad irrigare i continenti boreali, e sono riversati dai fiumi nei mari intercontinentali del nord. Questi divengono i confluenti dell'Atlantico, cioè del gran fiume che mette la sua foce nel gran mare del sud, nel cui seno versa, colle acque, i sali acquistati colla lavatura de' continenti. Ammirabile semplicità! La stessa macchina idraulica porta le acque ai continenti boreali, e porta i sali ai mari australi. L'Atlantico è come la vena principale di questo sistema di circolazione marina, di cui l'atmosfera rappresenterebbe l'unica grande arteria. L'Oceano Atlantico così, scarso relativamente di coralli, e straricco di fiumi, provvede al Grande Oceano del sud, povero di fiumi e straricco di coralli.

17. Ma tutto questo sistema di teoria, che sembra pure così evidente, da non aver bisogno di dimostrazione, mi-

naccia di sfasciarsi sotto il peso di una grande obiezione. Non si può negare che le acque, pioventi nell'emisfero nord, non vengano quasi per intero a riversarsi, per mezzo dell'Oceano Atlantico, nella grande caldaia dell'emisfero sud, conducendovi i sali rapiti ai continenti. Ma qui giunte le acque svaporano, e i sali restano. Sia pure eliminato l'eccesso dei sali calcarei per mezzo dei coralli. Ma gli altri sali?... Essi dovranno accumularvisi. Avremo dunque ancora ciò che credevamo d'aver evitato; cioè un mare d'acqua dolce a nord, e un mare salato in eccesso a sud. Avverrebbe poi due emisferi ciò che si verifica pel Baltico in confronto del Mare del Nord, presentando il primo una quantità di sali pari a 4,333, il secondo una quantità pari a 32,792 per mille.

Questo avverrebbe certamente, se l'oceano a sud rimanesse stagnante o circolasse unicamente entro sè stesso. Ma appunto perchè l'uguale dosatura dei sali è un fatto stabilito, siamo obbligati ad ammettere che non stagna, non circola solamente in sè stesso, ma esce dai confini del suo emisfero, si rimescola coll'oceano a nord dell'equatore; siamo obbligati insomma ad ammettere che esiste una circolazione marina fra emisfero ed emisfero, fra i grandi oceani australi e l'Atlantico.

18. Forse però, prima di ammettere una tale conclusione, si vorrà farmi presente che vi è un modo più semplice per vincere la difficoltà, mentre, se le piogge e i fiumi costituiscono un fenomeno boreale per eccellenza, non costituiscono però un fenomeno esclusivamente boreale, perchè anche nell'emisfero australe cadono piogge e sboccano fiumi. Le acque dolci, versate immediatamente nel grande oceano del sud, non debbono bastare ad im-

pedire quell'eccesso di salsedine, che sarebbe cagionato dalla evaporazione? - No: l'obiezione ha perduto alquanto della sua forza, ma resta formidabile ancora. Le acque che piovono, o sono condotte dai fiumi australi negli oceani australi, basterebbero certamente ad elidere l'effetto dell'evaporazione, quando il prodotto dell'immediata concentrazione dei vapori nell'emisfero australe fosse esattamente equivalente al prodotto dell'evaporazione nello stesso emisfero. Ma è dimostrato, come dissi, che le correnti atmosferiche si incrociano sull'equatore; sicchè i vapori, concepiti nell'emisfero australe, vanno a concentrarsi sul boreale e viceversa: il che vuol dire che esiste lo scambio dell'acqua fra i due emisferi. Perciò l'emisfero australe rimane sempre un emisfero di evaporazione in confronto del boreale che è un emisfero di concentrazione. Prendendo per base del calcolo la vastità della superficie evaporante nei due emisferi, noi vediamo bentosto che la quantità dei vapori che sfuggono dall'emisfero australe, non può essere compensata da quella quantità che gliene invia l'emisfero boreale. Si calcola infatti che la superficie evaporante, cioè la superficie dei mari nei due emisferi, è in complesso di 100 milioni all'incirca di miglia quadrate, delle quali 75 milioni, ossia i tre quarti appartengono all'emisfero sud, e 25 milioni, cioè un quarto all'emisfero nord. L'emisfero australe dunque perde una quantità di vapori corrispondente a 75 milioni di miglia quadrate, ed è compensato soltanto per 25 milioni. Resta dunque un difetto di concentrazione, ossia di acque dolci, corrispondente alla quantità d'evaporazione di 50 milioni di miglia quadrate, e quindi un corrispondente eccesso di salsedine che deve raggiungere una cifra enorme. Per

ottenere l'uguale dosatura in tutti i mari, bisognerà distribuire a tutti ugualmente questo eccesso di salsedine. Siccome i mari a nord dell'Equatore non rappresentano che un quarto della superficie marina (ammessa su per giù un'uguale profondità), toccherà a loro un quarto dei sali che rimangono in eccesso per l'evaporazione dei mari a sud. Questo corrispettivo d'un quarto corrisponde al prodotto dell'evaporazione di 12 milioni e mezzo di miglia quadrate. È certo una quantità enorme di sali che l'emisfero australe deve restituire all'emisfero boreale. E come lo può altrimenti, se non inviandogli una quantità corrispondente di acqua salata in eccesso, mentre ne riceve altrettanto di acqua salata in difetto? Come lo può altrimenti che mediante una circolazione marina dall'uno all'altro emisfero, cioè mediante un flusso delle acque dall'emisfero boreale all'australe per via dell'Atlantico, e un riflusso delle acque dall'emisfero australe al boreale per lo stesso canale? Ora, s'intende benissimo come debba operarsi per via dell'Oceano Atlantico il flusso delle acque dall'emisfero boreale all'emisfero australe. L'Atlantico, che raccoglie quasi tutti i fiumi del mondo, dovrebbe gonfiarsi in confronto dei due grandi oceani i quali ne ricevono pochissimi. Non si gonfia? Dunque è segno che le sue acque si scaricano nei due oceani suddetti; è segno cioè che le acque dell'emisfero boreale passano nell'australe. Ma come si vuol poi dimostrare il riflusso dall'emisfero australe verso il boreale, mentre non tutti i miei uditori saranno disposti ad ammetterlo per quella legge di necessità che abbiamo messa in campo? Dunque ai fatti.

19. Osservo anzi tutto come vi ha un sistema di correnti marine, finora non considerate, che si traduce in

fine appunto in un riversamento dagli oceani meridionali nei settentrionali. Questo riversamento si verifica due volte in 24 ore. Parlo del sistema delle maree, il quale, secondo gl'importantissimi risultati ottenuti da Whewell, consiste in un sistema di correnti alternanti, che spingono l'acqua degli oceani a sud entro i grandi letti degli oceani a nord, lasciandola poi rifluire di nuovo verso sud. In questo senso potè dire l'illustre fisico citato che l'Oceano Antartico è la culla delle maree. Osservando una carta generale delle maree, l'idea che uno si forma del flusso è quella appunto di un movimento di tutti gli oceani da sud a nord, seguito da un movimento opposto, cioè da un riflusso. Perciò l'Oceano Antartico, ossia gli oceani a sud dell'equatore, fluiscono dapprima a modo di mostruosa corrente verso gli oceani a nord, e ritornano poscia in sè stessi. È un gran sistema di sciacquamento, mirabilmente indicato per ottenere quell'uguaglianza di dosatura, che sembra lo scopo principale di tutto il sistema della circolazione marina.

20. Io credo però che la corrente del golfo sia ancora l'ordigno principale per la circolazione fra i due emisferi e precisamente pel rinvio delle acque dall'emisfero australe al boreale. La gran corrente atlantica, salata in eccesso, come tutti sanno, sarebbe principalmente una corrente di ritorno, destinata a versare l'eccesso dei sali dai mari a sud dell'equatore nei mari formanti il gran sistema atlantico a nord di esso. È cosa infatti molto singolare codesta che la corrente atlantica, nominatamente quel gran tronco di essa che si chiama *Golf-Stream* che travolge in sè stessa quasi i tre quarti della superficie dell'Atlantico a nord dell'equatore, sia salata in eccesso.

Che? non abbiám forse detto che l'Atlantico raccoglie lo scolo dei quattro continenti? Vi prego a ricordarvelo, signori miei. Si può dire che, ad eccezione di quelli che dalle coste meridionali dell'Asia fluiscono verso l'Oceano Indiano, tutti i fiumi del mondo si versano in questa più valle che oceano, che noi chiamiamo Atlantico. Non crederei che errasse molto lungi dal vero chi dicesse che le acque fluenti sull'intera superficie del pianeta per metà si raccolgono nell'Atlantico. Come mai adunque può essere questo oceano salato in eccesso? Perchè non sarebbe invece, in confronto degli altri oceani, piuttosto salmastro che salato, come lo sono infatti i seni più interni di esso e i più avanzati verso il polo, come l'Oceano Glaciale, il Baltico, il Mar d'Azof, quelli insomma in cui si scaricano immediatamente i grandi fiumi dell'emisfero boreale? Si dirà, non ne dubito, che una tale ricchezza, anzi eccesso di salsedine deve attribuirsi all'evaporazione. Ma non svaporano ugualmente gli oceani a sud dell'equatore, compresi fra questi il Sud-Atlantico? Fate quel che volete, ma vi dovrà esser sempre una gran differenza di quantità di salsedine tra gli sconfinati oceani a sud, i quali non fanno quasi altro che svaporare a guisa d'immense saline, e questo piccolo Nord-Atlantico, ove tanti fiumi s'ingolfano, che ben potrebbe chiamarsi la fogna del mondo. L'ammettere adunque lo scambio delle acque tra l'emisfero boreale e l'australe, specialmente per mezzo dell'Atlantico, mi sembra una vera necessità. Le acque australi, sempre tendenti a salarsi in eccesso, si riverrebbero di continuo nell'Atlantico come corrente superiore, formando appunto la corrente atlantica, conosciuta sotto il doppio nome di *corrente equatoriale* e di *cor-*

rente del golfo, mentre di continuo le acque dolci vi ritornano, per la stessa via dell'Atlantico, ma naturalmente come corrente inferiore. Questa è la mia idea. Non vi sarebbe però qualche prova di fatto a sostegno di una tesi così ardita?

Se a sostegno della mia tesi non bastano i fatti accennati, che pure son fatti fuori della stessa mia tesi inspicabili, parrebbermi di poter invocare, a pari colla inspicabile salsedine, anche la potenza, cioè la massa enorme di quella corrente. Per quanto si sia scritto sulle correnti circolari dell'Oceano Indiano e dell'Oceano Pacifico, la corrente atlantica, tanto più quella parte di essa che conserva il nome di corrente del golfo, è pur sempre la grande corrente, la corrente per eccellenza, descritta come quella che trascina in un vortice tutto l'Oceano Atlantico. Come mai il più piccolo degli oceani, cioè l'Atlantico, potrebbe nudrire da solo la più grande, la più poderosa delle correnti marine? Bisogna dire che anche gli altri oceani le rechino tributo di acque: bisogna dire che vi sia un afflusso di acque dal grande Oceano Antartico all'Oceano Artico per via dell'Atlantico. Alla potenza della corrente si aggiunge la potenza del sargasso, la potenza cioè di quel gran banco di alghe, o piuttosto di quel grande ammasso di legname, formato dai legni e dalle bruciaglie in sospensione, che vi si danno la posta. Altri sargassi furono scoperti al centro dei grandi circoli marini. Uno, per esempio, stagna nel cuore dell'Oceano Pacifico; un altro nell'Oceano Indiano a sud dell'equatore: ma sono relativamente di ben mediocre potenza. Vi possono essere altre ragioni, per cui il minore degli oceani dia ricetto al più grande sargasso, cioè alla più gran massa di erbaggi e

di legnami rigettati al centro di una corrente circolare. Siccome l'Atlantico riceve la maggior quantità di fiumi, deve anche ricevere la maggior quantità di legname fluitato. Sappiamo tuttavia che il legname scaricato dai fiumi dell'America e dell'Asia va a formare altrove degli enormi accumulamenti, cingendo di immani foreste natanti l'Islanda, lo Spitzberg, l'Isola Jan Mayen ecc. Per me è dunque assai probabile che l'ammasso centrale, ossia il mostruoso sargasso dell'Atlantico, non derivi dai fiumi che mettono foce nell'Atlantico, ma sia, almeno in parte, nutrito dai galleggianti, che gli vengono dai mari del sud, mediante quell'afflusso di acque che noi andiamo dimostrando.

C'è poi anche un bel fatto positivo, il quale attesta che vi ha realmente un movimento di acque dai mari australi ai boreali, movimento che ha luogo alla superficie, ed è riferibile pertanto al gran sistema della corrente atlantica. Vi sarà noto, o signori, che i naviganti, i quali intraprendono lunghi viaggi, hanno per costume di gettare di tratto in tratto delle bottiglie in mare, contenenti degli scritti, a cui confidano la notizia delle loro imprese. La data e il punto dove si trova la nave che consegna al mare il fortunoso e troppo mal fido messaggero, sono naturalmente le prime cifre che si leggono su quelle lettere natanti. Beechery imprese a delineare una carta, in cui è descritto l'itinerario di molte di quelle bottiglie, capitate per avventura a mano di chi seppe tenerne conto. Uno dei risultati di tale studio è questo, che le bottiglie, gettate in mare anche in latitudini molto avanzate a sud dell'equatore, si raccolgono a nord, lungo la corrente del golfo. Maury precisa un fatto meravi-

glioso, che parla altamente in favore della tesi che noi sosteniamo. Una bottiglia, lanciata da un capitano americano nel 1837 presso il capo Horn, fu raccolta sulle coste d'Irlanda. Essa doveva aver seguito la corrente fredda, che rimonta dal capo Horn all'equatore; là trovossi abbandonata alla corrente equatoriale che le fece girare il golfo del Messico, donde uscì per lo stretto della Florida, e portossi, seguendo la corrente del golfo, in Irlanda. Vi pajon fatti codesti? Conchiudo adunque un'ultima volta che vi deve essere un afflusso di acque dall'Oceano Antartico ai mari artici per via dell'Atlantico.

21. Se mi chiedete come questo afflusso si determini, dichiaro di non sentirmi in grado di uscire dai limiti impostimi dal massimo riserbo. È certo però che, se l'afflusso delle acque da sud a nord avviene alla superficie e serve a crescere la potenza della corrente atlantica, mossa radicalmente dal sole dei tropici, l'afflusso da nord a sud deve aver luogo per correnti sottomarine. Sarebbe principalmente il bacino polare artico che vi è messo in giuoco contro la corrente del golfo. La corrente fredda, che esce così vasta e voluminosa dalla baja di Baffin, e l'altra meno conosciuta che discende dalle più avanzate latitudini pel Mare del Nord, si perdono visibilmente, più presto o più tardi, sotto la corrente del golfo. Anche codesto è un fatto, è un gran fatto per mia fe. Quelle due correnti mi rappresentano una specie di grande cateratta, che si precipita verso l'equatore, e giù giù fino all'Oceano Antartico. Nelle regioni più temperate succede indubbiamente lo stesso fenomeno; anzi è più pronto, più deciso, mentre alla temperatura relativamente fredda, che deve determinare la discesa e il flusso sottomarino delle acque

che derivano dai continenti, si aggiunge per avventura un'altra causa, cioè la salsedine maggiore, derivante dalla evaporazione che supera la concentrazione. Almeno nel Mediterraneo il fenomeno è evidente. Sappiamo in fatti come una corrente, densa e salata in eccesso, si precipiti sotto la corrente superficiale, la quale entra nello stesso mare dall'Atlantico per lo stretto di Gibilterra. Noi avremo occasione più tardi di intrattenerci di questo fenomeno: intanto il Mediterraneo, colla sua celebre corrente inferiore, mi rappresenta tutto il sistema delle correnti sottomarine, dirette verso l'equatore, e incaricate di recare i sali dai continenti ai mari. Quelle correnti sottomarine sarebbero incaricate specialmente di recare agli immobili abitatori delle profondità oceaniche, e ai coralli della zona torrida, sempre nuove provvisioni di sali calcarei; mentre le correnti superficiali, che ascendono dall'equatore fin presso al polo, avrebbero l'incarico di ricondurre verso le origini le acque spoglie di sali calcarei, ma sopraccariche di cloruro di sodio e di altri sali, che verrebbero a diluirsi, mescolandosi colle acque dolci provenienti dai continenti: mezzo semplicissimo questo per ottenere una equa distribuzione di sali in tutte le regioni del mare. Ognun vede come, in questo sistema, il carbonato di calce rappresenti una parte importantissima. Esso aiuta col suo peso a discendere le acque provenienti dai continenti che ne sono ricche. Le acque degli oceani australi, che ne sono poverissime, sono ajutate da tale difetto ad ascendere ed a rifluire. Parè a prima vista assurda pretesa questa di voler fondare un intero sistema, riguardo alla dosatura della salsedine marina, prendendo di mira un solo minerale, e quello precisamente che si trova in così

minima dose nelle acque marine, mentre non si fa nemmeno vista di badare agli altri, molto più abbondanti, nominatamente al cloruro di sodio, che si chiama sale marino per antonomasia. Verrà il momento in cui ci farem carico anche di questi. Ma intanto l'assurdo non può presentarsi che a quelli che guardano al poco di sali calcarei che il mare contiene, non al molto che esso riceve. Nel nostro sistema invece si deve badare precisamente, non a quanto il mare contiene, ma a quanto esso riceve. Badando a quanto riceve, troviamo che il carbonato di calce rappresenta almeno il 50 per cento dei sali che sono continuamente versati in mare dai fiumi. A questo 50 per cento bisogna aggiungere gli altri minerali assimilabili, come il carbonato di magnesia, il fosfato di magnesia, l'argilla, la silice, il ferro e l'ossido di ferro, che si trovano, per esempio, nei coralli. Il così detto sal marino invece non rappresenta a un dipresso che $\frac{1}{17}$ dei sali, che i fiumi recano al mare. Se il carbonato di calce si riduce a una dose minima nell'acqua del mare, ciò avviene perchè è continuamente eliminato per mezzo degli organismi. Ed è appunto questo processo di continua produzione e di continua eliminazione, che, mentre esige il supposto di uno scambio d'acque tra i due emisferi, produce, oltre al resto, in concorso colla temperatura diversa sotto le diverse latitudini, l'effetto di una macchina idraulica destinata a determinare appunto quella circolazione delle acque che abbiamo supposta e quasi dimostrata. L'acqua che deriva dai continenti boreali, più fredda e più ricca di sali calcarei dell'acqua dei grandi oceani equatoriali, avrebbe, per doppia ragione, tendenza a precipitare al fondo, per andare in seguito a rimpiazzare l'acqua più

calda e spoglia di sali calcarei, che dagli oceani equatoriali ascende e si riversa sulla prima. Da ciò una circolazione tra l'emisfero boreale e l'australe e viceversa.

22. Considerato fisiologicamente, questo processo, per cui i sali derivati dai continenti sono portati nella zona equatoriale per via di correnti inferiori, risponde mirabilmente alla disposizione di una parte del grande apparato secretore, cioè alla ubicazione degli animali secretori, che occupano il fondo dell'Oceano Atlantico. Le correnti superiori rispondono invece assai bene agli animali nudi, che navigano l'oceano, specialmente alla superficie, ed amano le acque calde e salate, ma non hanno bisogno di sali calcarei.

Forse si dirà che sotto la zona torrida, o nel cuore degli oceani australi, l'ubicazione dei coralli non è intanto la più opportuna; poichè l'acqua che va, per esempio, dal Mediterraneo all'equatore, passando sopra tanti secretori sottomarini, dovrebbe arrivare scarica di sali là dove se ne verifica maggiore il bisogno. Lo concedo, se quell'acqua ci dovesse arrivare tutta, mentre non può rifornirsi dei sali che perde in viaggio; ma se una sola parte ne arriva all'equatore, questa può mantenersi abbastanza ricca, fors'anche arricchirsi a spese dell'altra che non ci arriva, perchè svapora per via. Se vi fossero gli animali secretori soltanto, e non l'evaporazione, l'acqua giungerebbe all'equatore troppo povera di sali: se ci fosse l'evaporazione e mancassero gli animali secretori, vi giungerebbe troppo fortemente dosata. Essendoci animali secretori ed evaporazione vi giunge dosata convenientemente. Per intendere meglio la cosa, supponiamo che il Mediterraneo, rappresentante dei mari boreali, sia

rappresentato alla sua volta da un ettolitro d'acqua con una certa dose di sali calcarei. Dividiamo l'ettolitro in cento litri, quindi in cento parti il calcare; poi riduciamo la distanza tra il Mediterraneo e l'equatore a cento chilometri. Supponiamo che l'acqua, nel percorrere i cento chilometri, perda una centesima parte di sè stessa per evaporazione, e una centesima parte di calcare per assimilazione. Dopo un chilometro è diminuita di un litro ed ha perduto una centesima parte di calcare. Restano novantanove litri d'acqua, con novantanove centesimi di calcare. L'acqua è dunque ancora ugualmente dosata. Dopo novantanove chilometri, non avremo che un litro d'acqua, ed una sola centesima parte di calcare; ma, centesimo per centesimo, la dosatura è ancora uguale. Il calcare perduto ha nutrito gli animali incontrati per via; ne resta ancora pei coralli la loro porzione. Anzi la distribuzione degli animali lungo la via che devono percorrere le correnti da nord a sud, per esempio dal Mediterraneo all'equatore, questa distribuzione che comincia colle conchiglie dei littorali e termina coi coralli della zona torrida, è la più opportuna che si possa immaginare, considerati i rapporti tra la potenza dei diversi apparati secretori e la quantità dei sali calcarei che la corrente può abbandonare in ciascun luogo. Gli animali dovevano essere distribuiti lungo il percorso della corrente, in guisa che il loro potere secretivo aumentasse a misura che si facesse più attiva l'evaporazione. Ed è infatti così. Le acque, che scorrono cariche di sali calcarei da nord a sud, passano dalle zone fredde o temperate alle zone più calde, dalle zone di minore a quelle di maggiore evaporazione. Nella stessa ragione aumenta il potere secretivo degli

animali, mentre si passa dalle conchiglie, sparse e spesso molto rade sui littorali, ai rizopodi formanti uno strato continuo sul fondo dell'Atlantico, e da questi ai coralli della zona torrida, costituenti quel mostruoso apparato secretore che noi conosciamo. Si potrebbe però anche (ritenuto che l'evaporazione non potesse aver luogo, trattandosi di correnti sottomarine) intendere la cosa così; che l'acqua che fluisce dal Nord al Sud-Atlantico fosse così ricca di sali calcarei, che ne avesse quanto basta per nutrire i secretori che incontra per via, pur serbandolo quanto può supplire al mondo corallino della torrida zona. Comunque, se ci sono delle difficoltà, ammettendosi lo scambio delle acque tra i due emisferi, molto maggiori, anzi insolubili, son quelle che si devono affrontare non lo ammettendo.

23. Un'altra dimostrazione del sistema da noi sostenuto l'abbiamo in due specialità caratteristiche dell'Oceano Atlantico, che domandano ancora una ragione alla scienza. Sono due fatti assai meritevoli di considerazione: 1° che l'Atlantico è quasi perfettamente destituito di coralli; 2° che l'Atlantico, non solo è salato in eccesso, come abbiám detto, ma realmente possiede un certo grado di salsedine maggiore in confronto dei grandi oceani australi. Cominciamo a cercar la ragione del primo fatto.

Di coralli, o isolati, o sociali, ce n'ha dappertutto nei mari. Ross ne trovò sulle coste della Vittoria entro il dominio de ghiacci antartici, e Stokes sulle coste della Norvegia. Nell'Adriatico si trovano già dei grandi polipai sociali, ed isole coralline sono le Bermude a circa 32° di latitudine nord nell'Atlantico. Ma non facciamo questioni di parole. Quando la barriera corallina dell'Australia è quasi un continente di corallo di 120 mila chilometri

quadrati; quando nell'Oceano Pacifico vi hanno degli arcipelaghi corallini i quali, come l'Arcipelago Pericoloso, ci permettono di calcolare una massa di corallo di chilometri quadrati 1,500,000; quando ai coralli della Polinesia e dell'Oceano Indiano si può assegnare un'estensione pari a quella del continente asiatico; si può ben dire che l'Oceano Atlantico è assolutamente destituito di banchi di corallo, precisamente su quella zona (fra i due 28° di latitudine) che nei grandi Oceani è l'impero di quei potenti organismi secretori. Quale è la ragione di questa colossale negazione? Essa mi pare precisamente una conseguenza necessaria, e quindi una prova indiscutibile dell'espòsto sistema di circolazione atlantica. In questo sistema le acque, che fluiscono dai continenti per mezzo dei fiumi e per via dell'Atlantico, ritornano cariche di sali calcarei agli oceani australi, donde sono partite per la via dell'atmosfera. Quelle acque però, più ricche di sali calcarei, sono necessariamente più povere di cloruro di sodio, cioè di sal marino propriamente detto. Se per una parte devono riuscire opportunissime ad alimentare la vita corallina, devono per l'altra parte tornarle nocive. I coralli non ne vogliono sapere: essi detestano l'acqua dolce per quanto più carica di sali calcarei. La formazione delle barriere coralline a così considerevoli distanze dalle terre (si trattasse anche soltanto d'un'isoletta) è un fatto generale il quale non trova spiegazione che in questa antipatia istintiva che hanno i coralli per l'acqua che sappia appena di dolce, come deve esser quella dei littorali esposta a mescolarsi, almeno a volte a volte, colle acque che fluiscono dalle terre. La ragione che si deduce dal fatto generale ha una sicura contro-

prova nel fatto speciale che si verifica pel Mar Rosso. Là, dove sono ignote le piogge, i coralli affrontano lo spazio che altrove li divide dalle terre, e si appiccicano liberamente alle coste. È dunque un fatto, ripeto, che i coralli fuggono le acque dolci, benchè sian quelle che loro apportano il calcare. Il calcare nol vogliono, se esso non è diluito nell'acqua con una quantità enorme di cloruro di sodio. La natura li fe' sì capricciosi, perchè adempissero a quel magistero così molteplice, ove è tenuto calcolo anche del bisogno del ritorno immediato dell'acqua dalle regioni centrali dell'Oceano verso le foci dei fiumi, per impedire quell'eccesso di salsedine che altrimenti vi si produrrebbe.

Il fondo dell'Atlantico non può essere propizio alla vita corallina anche per la stessa sua profondità. I coralli non si fissano che a profondità molto mediocri. Esse non devono superare i 65 metri: questa cifra d'ordinario è già troppo. I coralli vogliono splendidi soli, aure vivaci e trasparenti: Dio li ha organizzati così. Aggiungi che il fondo dell'Atlantico, di questa immane fogna dei continenti boreali, deve andar soggetta a mille vicissitudini. Questo gran fiume, come possiamo chiamarlo, ha le sue magre e le sue piene. Anch'esso, come in genere i fiumi dei continenti boreali, deve gonfiarsi d'estate e abbassarsi d'inverno: e si abbasserebbe certamente, se l'Oceano non provvedesse a mantenergli un livello costante, appunto coll'inviargli quella quantità maggiore di acque che gli negano i fiumi d'inverno. È cosa nota che la quantità delle piogge in Europa durante l'estate supera di oltre la metà quella che vi cade d'inverno¹⁾. Al mag-

gior afflusso dei fiumi durante l'estate si aggiunge quella quantità enorme di acqua che è rappresentata dai ghiacci galleggianti, di cui l'Oceano polare si scarica nell'Atlantico per la via di Baffin. È un formidabile spettacolo che presenta nel luglio e nell'agosto quel gran mare, che si interna verso l'Oceano polare, in continuazione dell'Atlantico. Si pensi che quelle montagne di ghiaccio galleggianti hanno talora un'estensione di uno a diciotto miglia quadrate, e un'altezza fin di 200 metri, calcolandosi il tanto che pescano nell'acqua. Scoresby ne contò fra grandi e piccole fino a 500, tra il 60° e il 70° di latitudine nord. Eccoli in essi un fiume smisurato di acqua dolce ed estremamente fredda. Calcolate se non devono soffrirne la salsedine e la temperatura dell'Atlantico, chi sa fino a quale distanza verso l'equatore, e se i coralli, così teneri di una temperatura calda e costante, come di una salsedine costante ed elevata, possono adattarsi a condizioni così opposte. Il banco di Terranova è descritto da Maury come un vasto cimitero, ove giacciono a mille a mille i cadaveri degli animali marini uccisi dagli sbalzi di temperatura su quel fondo dove i ghiacci si danno la posta. Io credo che quel campo di strage si dilati assai sotto le tiepide onde della corrente del golfo, come sotto di essa si perde in gran parte la fredda corrente che discende dal polo. Solo, perduti là in mezzo agli oceani australi, in quelle acque costantemente tepide, sotto quei cieli sfolgoranti, lontani quanto è più possibile dalle terre, dai fiumi, dalle fredde correnti dei poli, trovano i coralli quelle condizioni di temperatura e di salsedine, che ne rendono possibile la vita.

Tutto questo però riguarda le regioni più settentrionali e le profondità dell'Atlantico. Le regioni superficiali

¹⁾ KAMTZ, *Météorologie*, pag. 131.

di questo mare, distese fra i due tropici, non offrirebbero ai coralli un'ubicazione opportuna? L'acqua vi è calda; vi è ricca di sale più ancora che negli oceani australi... vi splendono limpidi cieli, vi spirano aure vivaci. Mancano forse i fondi opportuni? Tutt'altro. Che i coralli rifuggano dalle coste dell'America tropicale, ciò si intende, osservandosi che, precisamente fra i due 28° di latitudine, si riversano nell'Oceano quei mari d'acqua dolce che sono il Rio delle Amazzoni, l'Orenoco, il San Francisco, e cent'altri fiumi. Ma perchè non si volgeranno i coralli alle coste occidentali dell'Africa? Mancano forse a quell'aride coste gli scogli, le isole, gli arcipelaghi, che possono servir di base a un *mare di coralli*, simile a quello, per esempio, che si spicca, quasi nelle stesse condizioni geografiche, dalle coste occidentali dell'India, e di cui non sono altro che esteriori manifestazioni quelle migliaia di isole comprese nei due arcipelaghi delle Maldive e delle Laccadive? Le coste africane non si direbbero anzi costrutte espressamente per uno stabilimento di coralli, essendo quasi per nulla soggetto a invasioni di acque dolci?... Via; è un fatto meritevole di molta considerazione.

Questo fatto non trova, per mio avviso, altra spiegazione che nel ritorno delle acque australi per via dell'Atlantico, come è ammesso nel nostro sistema. Le acque che ritornano hanno già abbandonato ai coralli degli oceani australi il soprappiù dei loro sali. Esse non potrebbero più fornirne ai coralli dell'Atlantico. La loro assenza è un fatto parlante, e ci forza a ritenere un'altra volta come dimostrata la derivazione immediata delle acque superficiali dell'Atlantico dagli oceani australi.

24. Il secondo fatto caratteristico dell'Atlantico è la sua maggiore salsedine. Anch'esso, abbiám detto, è una prova del nostro sistema. Nel bisogno di precisare questo fatto, per poterlo valutare equamente, raccolgo nel seguente specchio una *serie di medie*, dedotte dalle molte analisi dell'acqua marina nelle diverse regioni, riportate dal Bischof. Le cifre della prima colonna esprimono la quantità totale delle sostanze che si contengono disciolte in 1000 parti di acqua di mare: la seconda colonna presenta quella soltanto del sal marino o cloruro di sodio; la terza quella del carbonato di calce. Le analisi non riguardano che l'acqua attinta alla superficie.

Medie delle salsedine marine alla superficie del mare

	Media delle Analisi	1	2	3
Oceano Ind. e Oc. Pacifico ¹⁾	26	34,194	18,875	0,564
Oceano Atlant. fra il 50° e il 30° di lat. S. ²⁾ †	1	35,038	19,376	0,556
" 30° di lat. S. e l'equat. 6	6	36,472	20,019	0,586
" l'equ. e il 30° di lat. N. 14	14	36,169	19,969	0,595
" 30° e il 50° di lat. N. ³⁾ 14	14	35,045	19,835	0,600
" 50° e il 60° di lat. N. ⁴⁾ 15	15	35,355	19,538	0,578 ⁵⁾
Stretto di Davis e baja di Baffin	9	33,176	18,317	0,513
Mare del Nord	1	32,800	18,245	0,523
Cattegat e stretto del Sund	1	15,125	8,300	0,275
Mar Baltico	1	4,807	2,615	0,094

Dall'esposto specchio risulta anzi tutto il fatto che l'Oceano Atlantico è realmente più salato degli Oceani

¹⁾ Dalle regioni fra la Polinesia e le Aleuzie, fra le Aleuzie e le Indie orientali, fra le Indie orientali e l'Africa.

²⁾ Fra le estremità meridionali dell'Africa e dell'America, dice Bischof.

³⁾ Bischof dice fin verso una linea tirata dalla estremità nord della Scozia all'estremità della Nuova Finlandia.

⁴⁾ Bischof dice fino alle coste meridionali della Groenlandia.

⁵⁾ Bischof nota che in Groenlandia non vi sono formazioni calcaree.

australi. Dal 34,194 al 36,472 per 1000, la differenza è molto sensibile, e giova notare che questa cifra non esprime la massima della salsedine atlantica che si verifica tra l'equatore e il 30° di latitudine N. La massima si eleva fino al 37,908 (quasi 38!). Perché un grado così esorbitante di salsedine in questo mare che raccoglie quasi tutte le acque dolci del globo? Si vuole accagionarne il difetto di acque dolci dalla parte dell'Africa, dove in fatti si verifica la *massima* indicata? Ma ricorrono forse dei fiumi le regioni centrali dell'Oceano Indiano e del Pacifico?... Si vuole attribuirle ad una maggiore evaporazione che avvenga nell'Atlantico? Ciò è detto dal Bischof; ma che prova ne adduce? nessuna. Io so invece che il maggior caldo si verifica sull'equatore nel mezzo del Pacifico, non nell'Atlantico, come risulta dall'ispezione delle linee isoterme. L'emisfero australe ha inoltre cieli più puri, più sereni, più costanti. Perché dunque quella salsedine più sentita nell'Atlantico? Per chi accetta il mio sistema anche questo fatto riesce semplicissimo. Esso trova appunto ragione nel ritorno delle acque australi verso settentrione per la via dell'Atlantico. Quest'acqua, che ritorna sotto i cieli sereni dell'Atlantico, è quell'acqua stessa che trovossi a svaporare negli Oceani Indiano e Pacifico. Alla evaporazione, a cui andò soggetta in quei mari, si aggiunge quella che prova nelle regioni tropicali dell'Atlantico. Nell'Atlantico quell'acqua deve dunque concentrarsi di più. Il fatto della sua maggiore concentrazione è dunque una prova del suo ritorno dagli oceani australi. Essa andrà però raddolcendosi mano mano che si accosta ai grandi canali delle acque dolci, (e anche questo è un fatto già dimostrato) e così si opererà quella

miscela, necessaria a mantenere la costante dosatura degli oceani, a cui è ordinato il riflusso delle acque australi.

Il modo con cui si verifica nell'Atlantico questo passaggio dalle acque salate in eccesso alle acque più dolci, o quasi dolci, espresso dallo *Specchio*, è una prova palmare che questo magistero è affidato al *Gulf-Stream*. Osservo in fatti che le acque dell'Atlantico si mantengono ribelli alle condizioni che tenderebbero a raddolcirle più rapidamente, e che la loro salsedine rimane in media superiore a quella dell'Oceano Indiano e del Pacifico fino al 60° di latitudine N., cioè fin presso le coste meridionali della Groenlandia. È fin là di fatti che si spinge con rapida corsa la *corrente del golfo*, ripiegandosi di là verso il Mare del Nord, dove diminuisce così rapidamente la sua salsedine per diminuire ancora più rapidamente nel Kattegat, e stremarsi affatto nel Baltico, gran lago d'acqua appena salmastra, ed una delle estreme digitazioni dell'Atlantico, che siam costretti a lasciar valere per tutte in mancanza di buone analisi dei mari e dei seni polari¹⁾.

Se le due prime colonne dello *Specchio*, se cioè il totale dei sali nelle diverse regioni dei mari, e la quantità relativa del cloruro di sodio, depongono così favorevolmente pel nostro sistema; la terza colonna, quella delle quantità relative del carbonato di calce, suggerisce invece un'objezione apparentemente assai formidabile.

¹⁾ La stessa sorte subisce l'Atlantico nella sua più grande digitazione che è il Mediterraneo. In essa, per vero dire, la salsedine subisce un incremento, dovuto alla grande evaporazione che si verifica nella sua parte occidentale. La salsedine del Mediterraneo passa, dalla media di 35,946, alla media di 37,936. Ma poi si addolcisce nel Mar Nero fino a 15,895. Il Mar d'Azof è ancor meno salato.

Abbiam sempre parlato infatti di un'acqua che ritorna dagli oceani australi scarica di carbonato di calce, e va a provvedersene dai fiumi per la via dell'Atlantico. Questa idea non è forse in aperta contraddizione col fatto che le acque dell'Atlantico, non solo contengono il carbonato di calce, ma ne sono più ricche di quelle degli oceani australi? Infatti il carbonato di calce, che si trova in ragione di 0,564 per 100000 negli Oceani Indiano e Pacifico, si leva fino a 0,609 nell'Atlantico. Eppure in questo fatto, invece di una obbiezione, non veggio ancora che una prova del sistema propugnato. Se l'acqua rifluisce nell'Atlantico dagli oceani australi, deve aver tutti i caratteri di quella che nei detti oceani si trova. L'acqua degli oceani australi contiene del carbonato di calce: ne conterrà dunque anche l'Atlantico. Anzi nell'Atlantico il carbonato di calce si concentrerà maggiormente, come vi si concentra il cloruro di sodio, mentre dura attivissima la evaporazione di quell'acqua, che vi fluisce dagli oceani australi. Non abbiamo mai detto che le acque, giunte agli oceani australi, vi abbandonino tutto il loro calcare perchè i coralli se ne fabbrichino lo scheletro. Parlando così ripetutamente dell'acqua che abbandona il calcare, intendevamo appunto di parlare di quel tanto che essa realmente abbandona. Si tratta invero di quantità enorme, pigliandone misura dalla potenza smisurata delle masse coralline viventi in quei mari. Ma appunto perchè quella enorme quantità di carbonato di calce è già stata abbandonata ai coralli, ne consegue che i coralli non possono più svilupparsi nell'Atlantico, ad onta delle migliori condizioni che altrimenti offre loro questo mare. L'acqua, che rifluisce dagli oceani australi nell'Atlantico, è già

un'acqua che i coralli rifiutano. Che quest'acqua di rifiuto contenga ancora dei sali calcarei e che questi debbano concentrarsi nell'Atlantico, è naturale: come è naturale e dimostrato una volta di più che, avendo i coralli degli oceani australi bisogno di acque più ricche di carbonato di calce, queste, non potendo giunger loro che per via dell'Atlantico, vengono loro recate, necessariamente, come abbiám detto, dalle correnti marine inferiori.

Dovremo dunque ad ogni modo incontrarci nelle profondità dell'Atlantico in un'acqua più ricca di sali calcarei? Ritengo di sì; ma ci mancano analisi sufficienti che dimostrino il fatto. Potrebbe anche darsi che la quantità di calcare reclamato dai coralli sia relativamente minima, pur che basti al consumo giornaliero; e noi allora ce ne accorgeremmo difficilmente, mentre esso è consumato, cioè fissato dai coralli; mano mano che si produce. Assolutamente parlando però i fiumi a nord dell'equatore ne tributano continuamente al mare una quantità enorme. A calcoli fatti il solo Mississipi ne butta in mare ogni giorno due milioni di quintali. La scienza non è riuscita finora a tener dietro ai sali calcarei sulla lunga via che percorrono, partendo dalle foci dei fiumi, per giungere fino ai mari di corallo. Ma i coralli sono là, nell'ebbrezza della vita, intenti a erigere i mostruosi edifici. È là, nei luoghi più lontani dalle terre; là nel mezzo dell'Oceano Indiano e del Grande Oceano che il calcare, il quale ci può sembrare smarrito per via, dal momento che staccossi dalle foci dei fiumi, riappare come per incanto, trasformato in banchi di vivo corallo. Non aspetteremo certo che l'esperienza ci dimostri quale via abbia tenuto quel calcare per

arrivare fin là. Esso non può aver tenuto altra via che quella delle profondità atlantiche. Dovette dunque passare dall'emisfero boreale all' australe. Ma una volta che quell'acqua ha recato ai coralli il bisognevole, converrà pur che ritorni là d'onde è partita: ed abbiám visto infatti quanti argomenti abbiamo per credere che vi ritorni per la via della superficie dell'Atlantico a provvedersi di nuovo calcare. Al tempo stesso adempie all'ufficio importantissimo di liberarsi dall'eccesso dei sali solubili, andando a mescolarsi colle acque dolci.

25. A questo proposito può affacciarsi alla mente dei miei uditori un'altra difficoltà. La circolazione marina corrisponde certamente allo scopo di un'equa distribuzione dei sali in tutte le regioni del mare. La salsedine marina però non potrà mantenersi assolutamente allo stesso grado: sarà uguale in tutti i mari, ma crescerà sempre di giorno in giorno. Infatti sono soltanto i sali calcarei quelli che noi vediamo eliminati per mezzo degli animali. Ma gli altri sali che gli animali non assimilano?... L'acqua vada e venga pure a sua posta: si manterrà l'eguaglianza relativa, ma crescerà pur sempre il valore assoluto della dosatura.

È vero... è inevitabile... Eppure la dosatura dei sali non cresce; almeno non cresce sensibilmente... Sta poi sempre il gran fatto che, in tanti milioni d'anni, da che il mare è popolato da organismi, secretori o non secretori, simili ai viventi, la salsedine marina non si è mai trovata nè in difetto nè in eccesso. Come va adunque codesta faccenda? - Ripeto che quanto ho detto, circa l'origine continentale dei sali e circa la loro distribuzione, vale per tutti i sali ugualmente; ma quando siamo

alla loro eliminazione, il processo analizzato non riguarda che i sali assimilabili, i calcarei principalmente, di cui soltanto ci siamo occupati. Non temete del resto; la natura è inesauribile ne' suoi mezzi. Alla eliminazione dei sali, che gli organismi rifiutano, ci penserà altrimenti. Lo vedremo, quando ci occuperemo del cloruro di sodio, cioè del sal marino propriamente detto.

26. Intanto, ciò che credo di aver dimostrato è questo: che la circolazione marina è ordinata a mantenere uguale e costante la dosatura dei sali calcarei, e a mantenere uguale, cioè ugualmente distribuita, fosse pure non costante, la dosatura degli altri sali. Non credo, del resto, nè che la scienza possa rendersi ancora conto esatto di questo complicatissimo fenomeno della circolazione marina, nè di aver riferito tutto quanto la scienza già ne conosce. Alle ragioni fisiche e fisiologiche, da noi studiate principalmente, bisogna aggiungere le chimiche e le idrauliche. Sappiamo per esempio che l'acqua dolce o salmastra si mescola difficilmente colla salata. Perciò la corrente del Golfo, molto salata, si mantiene distintissima entro le sue sponde di acqua meno salata, come esse sponde fossero di roccia. Sappiamo che il regime delle correnti marine è, come quello dei fiumi, influenzato dalla configurazione delle sponde e del letto, cioè delle coste e del fondo. Più di tutto io so di conoscere pochissimo di questo meraviglioso sistema di circolazione marina, e di avervi obbligati, come vi pervenni fin dappprincipio, piuttosto a intravedere che a vedere. Tuttavia io mi lusingo che siate riusciti a formarvi un concetto abbastanza chiaro del modo con cui attualmente si originano le masse calcaree, e di ciò che rappresentano quindi le grandi formazioni

calcareae, che costituiscono tanta parte degli attuali rilievi del globo. Una sintesi che raccolga in tutta la sua luce questo duplice concetto è oltremodo necessaria. Ma io sono passato tant'oltre in oggi nell'abusare della vostra sofferenza, che quello che doveva servire di conclusione all'odierna, servirà invece d'introduzione alla prossima conferenza.

CONFERENZA SESTA

LA CRONOLOGIA DELLE FORMAZIONI CALCAREE DIMOSTRA CONTINUATO FIN DALLA PRIMA EPOCA DELL'ANIMALIZZAZIONE IL MAGISTERO CHE ESSE RAPPRESENTANO.

SOMMARIO. — Quadro sintetico delle evoluzioni telluriche rappresentato dalle formazioni calcaree, 1. — La geologia stratigrafica come prova della continuità del magistero descritto, 2. — Sintesi stratigrafica della storia della terra, 3. — Limiti della geologia stratigrafica, 4. — Era protozoica, 5. — Era paleozoica, 6. — Terreni cambriani, 7. — Siluriani, 8. — Devoniani, 9. — Carboniferi, 10. — Permiani, 11. — Era mesozoica e terreni del trias, 12. — Terreni del Giura, 13. — Terreni della creta, 14. — Era cenozoica o terreni terziari, 15. — Era neozoica e antropozoica, 16. — Conclusione, 17.

1. Prima di entrare, o signori, nell'argomento che devo chiudere e suggellare quanto abbiamo detto circa l'origine delle formazioni calcaree, e ciò che esse rappresentano nel sistema dell'economia tellurica, ossia nell'ordine dell'universo, premetto, come promisi, un riassunto delle nostre precedenti conversazioni.

Essendoci proposto di studiare *l'origine di alcuni minerali più comuni, considerata nel grande magistero dell'economia tellurica ordinato a perpetuare la purezza del mare e dell'atmosfera*, abbiamo esordito dal più comune di essi, dal carbonato di calce.

O ridente dei colori dell'iride nelle lumachelle, o brillante come gemma nelle forme di limpido cristallo, o

schietto nel niveo candore, che si avviva, e palpita, e parla in tante creazioni dell'arte, o forbito nella veste variopinta degli alabastrî e dei marmi, o rude e informe nella pittoresca severità della rupe, sparso dovunque in masse vaste e potenti, accumulato in monti e catene di monti, che cosa rappresenta il carbonato di calce nel grandioso impianto dell'economia tellurica? Per rispondere fummo costretti da prima a interrogare la natura, perchè ce ne rivelasse l'origine. I calcari del presente dovevano rispondere pei calcari del passato. Li abbiamo veduti infatti formarsi sotto i nostri occhi, e ci dissero in che modo la natura proceda nel creali attualmente. Ma in ciò dirci ci rivelarono un immenso sistema di fatti e di leggi, un intreccio di azioni e di reazioni, di lotte e di accordi, di eccessi e di compensi, un qualche cosa di divino nel concetto che ha presieduto all'ordinamento della loro formazione, e nella forza che lo attua inviolabilmente. In tale concetto si dovevano comprendere tutte le forze della natura, e tutte dovevano essere chiamate in campo per attuarlo.

Se, nell'ordine delle forze fisiche, noi cerchiamo ove metta radice la generazione dei calcari, se cerchiamo, per dir così, chi appoggia il primo punto di quel circolo, cui disegna il processo delle formazioni calcaree, noi troviamo il sole. Misurando a lenti passi l'immensa zona fra i due tropici, esso vi riversa torrenti di fuoco. L'atmosfera commossa tumultua. Torrenti di aria infuocata, scosso il giogo che li vincola alla terra, si alzano negli spazi: torrenti d'aria fredda si buttano a riempierne il vuoto: tutta l'atmosfera è in sommosa. Le correnti si urtano, si intrecciano: gli alizeî freschi e sereni si incrociano coi controalizeî umidi e caldi: l'aria gelata dei poli si rimuta

coll'aria bollente dell'equatore; i due emisferi scambievolmente si vuotano l'uno nell'altro, e l'uno coll'altro si riempiono.

Il mare ribolle come caldaja sotto la medesima vampa. L'acqua, libera anch'essa, si alza in vapori. L'atmosfera e l'oceano si confondono in un solo lucidissimo elemento. L'aria e l'acqua, queste possenti altrici della vita dell'universo, queste figlie primogenite della natura ¹⁾, intrecciate in un amplesso misterioso, si involano, come amanti fuggitivi, nei campi purissimi del cielo. Tra l'aere sottilissimo e i leggerissimi vapori la fusione è così intima, così perfetta, che non un raggio di sole, non un bagliore di stella teme di smarrirsi per via, attraversando quel pelago immenso, tutto di puro cristallo. Ma l'atmosfera ruota e serpeggia, trasportando avidamente le acque nel turbine delle sue spire.... Ecco i continenti: ecco le cime ignude biancheggianti, immobili e fredde, disegnate in lunghe creste dentate, in fughe interminabili di denti, di guglie, di torri, di spalti, sull'azzurro del cielo! Esse son là; riunite in un immenso apparato di condensazione, incrociando le vie alle correnti dell'aria, ne arrestano la foga. I declivi dei monti, le valli ramificantesi da mille tronchi come le piante di una foresta, i larghi piani, i seni, i mediterranei, tutto è pronto per ripigliare e ricondurre all'oceano le acque fuggitive, che le cime gelate si preparano ad arrestare nella vorticoso fuga. L'aria sente già da lontano il tocco di quei corpi gelati: si stringe in sè stessa, si turba, si annebbia, si annerisce, e già si sente costretta a sciogliersi dagli amplessi del liquido elemento. Ma l'aria

¹⁾ *In principio... spiritus Dei ferebatur super aquas. Genesi, I. 2.*

stessa, quasi a vendicarsi dei perturbatori delle sue nozze celesti, nell'atto di cedere la sua prigioniera, le consegna un'armata terribile... il gas acido carbonico, il primo solvente dei minerali del globo.

L'acqua, libera finalmente, cade sui continenti; o in larghe falde come di soffice bambagia ne copre di canizie le cime più aeree; o, diluviando a torrenti, ne inonda i fianchi, ne allaga i piani, ne penetra il corpo, ne ricerca le viscere. Dalla superficie putrescente del suolo, dagli spiragli delle interne fornaci, riceve nuova e più forte dose di quel veleno, che le consegnava l'atmosfera. I continenti lo sentono: invecchiano, si logorano, cadono a brani, quasi divorati dalla lebbra esternamente, e internamente dal cancro. L'acqua si arricchisce delle loro spoglie, e scorre preguia di sali, quanto ne possa portare. Ma presto è costretta ad abbandonarne una parte lungo la via. Sempre inseguita dall'atmosfera che ne attenua la massa, e le ritoglie l'aeriforme veleno, abbandona una parte della sua solida preda o entro i fessi delle montagne, o nei meati delle rocce, o sulla bocca delle sorgenti, o sul pendio dei colli, o sulla distesa dei piani. Così si tappezzano di vaghe stallattiti le caverne, e si convertono in seni di alabastro: così si incrostano di travertini le pendici e le pianure; così le sabbie e le ghiaje, riunite da saldo cemento, si convertono in duro macigno.

I fiumi la raccolgono già impoverita, eppure ancor ricca abbastanza della sua rapina, perchè si senta capace di nuove creazioni. Potente della sua massa, è sicura di portare fino al mare la sua preda. Eccovela infatti. Distesa a guisa di velo sottilissimo sul mobile piano, esposta a una rapida evaporazione, soffre una nuova perdita. Il cal-

care abbandonato incrosta di panchine il lido, cementa le sabbie e le ghiaje tratte dai fiumi alle foci. Le conchiglie del mare si trovano per la prima volta avviluppate, impietrite, nella durissima roccia. Ma questa efficace individualità di cui l'acqua trovossi sì forte nel suo fortunoso pellegrinaggio, cessa ben presto; chè, appena oltrepassato il lido, si confonde, si smarrisce nell'immensa congregazione delle acque, raccolte in seno all'oceano, cui arricchisce col tributo di nuovi sali, ultimo, ma non spregevole resto di tanta rapina. Il mare, commosso dall'impeto dei venti, dalla vampa del sole, dal palpito delle maree, dall'impulso degli animali, in perpetuo squilibrio per l'acqua che entra e per quella che esce, va, viene, ritorna, si rimescola dalla superficie al fondo e dal fondo alla superficie, dal polo all'equatore, e all'equatore al polo, dall'emisfero australe al boreale, e dall'emisfero boreale all'australe. I nuovi sali si confondono coi vecchi: la miscela è perfetta.

Ma ahimè! il circolo sembra scomporsi in due parti: una parte continua, l'altra si arresta. Continua il circolo dell'acqua, ma si arresta il circolo dei sali. L'acqua ritorna per le vie del cielo, assale i continenti una seconda volta; una seconda volta li spoglia: poi torna all'assalto una terza volta, una quarta, una quinta, le cento, le mille volte. I sali, rimasti stagnanti in seno al mare, vi si accumulano sempre, per l'addizione di nuovi sali. Verrà giorno che i continenti saranno scomparsi. Ma assai prima di divenire la tomba dei continenti, il mare, denso in eccesso, sarà diventato non altro da molti secoli che un gran cimitero?

No: perchè il mondo non torni al primitivo caos, veglia la vita, in perpetuo antagonismo colle forze brute dei

materiali elementi. L'ordine dell'universo è un inno alla vita: la vita un inno al Creatore, che dotò gli animali di così vari, di così maravigliosi istinti. Ecco una porzione immensa degli abitatori del mare, ordinati quasi in falange innumerevole contro la prepotenza degli elementi. Ecco lungo i litorali, e su quanto è larga la zona dei fanghi e delle sabbie marine che cinge i continenti, le vaghe conchiglie, i pungenti echini, gli anellidi tubicoli, i crostacei, a stuoli, a miriadi, intenti a fissare i sali calcarei, che ben presto sarebbero in eccesso, per effetto dell'evaporazione, nell'acqua del mare. Le loro spoglie, trite dall'onde, ridotte in minuzzoli, e in fanghiglie impalpabili, miste al detrito comune, alle ghiaje, alle sabbie, ai fanghi d'origine continentale, danno luogo alla creazione mista delle puddinghe calcaree, dei grès calcarei, delle marne, dei calcari marnosi e argillosi, che involgono le spoglie di tanti animali marini. Sul fondo oscuro, immobile, carichi, ma non oppressi, dal peso di centinaia di atmosfere, ecco i politalamici, ecco gli infinitamente piccoli, capaci di tramutare montagne di calcare in cumuli di vaghissime conchiglie, più minute dei granelli d'arena, e in tanto numero da riempire gli abissi, da ridurre il fondo ineguale dell'oceano in un'immensa pianura, coperta di uno strato potentissimo di bianca neve di vivi e di morti. Ma dove l'evaporazione è più potente, dove maggiore è il bisogno di compenso, nella zona torrida, ecco accampati i coralli. Fissi, dotati di una fecondità meravigliosa, di un potere secretivo affatto eccezionale, invincibili per forza di associazione, assecondati da un mondo marino associato nell'immenso lavoro, domandano continuamente al mare tale una massa di sali calcarei che i continenti a mala pena

riescono a fornire. Il fondo si copre di scogli; sorgono e si dilatano i banchi; spuntano le isole; e già insieme legandosi, disegnano l'ordito di nuovi continenti. Così si perpetua la purezza del mare; così si perpetua la vita.

Ma un sì provvido magistero minaccia di diventare un flagello. Un po' che quelle terre si dilatino, diverranno deserti infocati. Cesserà l'apparato corallino di funzionare, e, condensandosi le acque, sarà spenta la vita nel mare. Diverranno povere le sorgenti che irrigano il globo, e anche sulla terra languirà la vita. Ecco le forze interne sorgono a stornare la minaccia. Le ghirlande degli atolli ci dissero come il fondo marino si abbassi, sicchè i coralli, continuamente tuffati, continuano il loro provvidenziale lavoro. La dosatura del mare si mantiene costante, e non scema la vastità della caldaja a cui i venti attingono sempre novelli vapori.

Ma qui finalmente il circolo si arresta. Chi provvederà ai continenti quando siano disfatti sotto il perenne lavacro? Chi li ricollocerà sulle loro basi deserte? No, il circolo non si arresta: noi soli ci arrestammo ad un punto del circolo, perchè non ci era permesso dalle angustie del tempo di percorrerlo tutto; perchè il percorrerlo tutto sarebbe un narrare tutta la storia della terra; sarebbe un descrivere tutte le vicende del globo. Quando però vi ho detto che i coralli rigenerano in seno al mare i continenti, non cercavo già una frase poetica che indicasse l'origine, ed esprimesse, per similitudine, l'immensità di quelle moli, che si elevano veramente dal fondo del mare. In quella espressione c'era l'affermazione di un processo che continua; c'era un'allusione ad un futuro, il quale, se il passato risponde dell'avvenire, non può certamente mancare.

Si; al piede dei continenti che si sfanno, come i nuovi getti al piede di un vecchio castagno, scavato dal tempo e prossimo a morte, pullulano e talliscono i germogli di nuove terre. I continenti che invecchiano, come i padri antichi, possono sentirsi rinascere ne' figli, destinati a rimpiazzarli e a supplirli, quando saranno scesi nella tomba. Ne affida il passato. Così sarà, perchè così fu; a meno che l'Autore della natura, Egli che solo lo può, non imponga un altro movimento allo svolgersi dell'universo.

Che sono in fatti i nostri continenti? Non altro che brani di continenti più antichi, scalzati dalle loro basi, ricomposti in seno ad antichi mari, e tratti più tardi a *rivedere il sole delle loro cime antiche*. I continenti nostri sono antiche ghiaje, sabbie, fanghi, che cingevano i littorali degli oceani antichi: sono lapilli, cenere e lave eruttati dagli antichi vulcani e deposti in seno ai mari; sono finalmente ammassi di conchiglie, monti di politalamici, banchi di coralli generati e cresciuti in seno ai mari. Quelle ghiaje, quelle sabbie, quei banchi di conchiglie e di coralli furono generati colla distruzione di antichi continenti, come vediamo attualmente i continenti nostri, mentre sono demoliti e si sfasciano, rigenerarsi in seno ai nostri mari. E come quei brani rigenerati d'allora sorsero a comporsi nella mole dei nostri continenti; così le sabbie, le ghiaje, i fanghi organici e i banchi di corallo attuali, si leveranno a comporre le moli dei futuri continenti, quando i presenti siano scomparsi.

È questo il concetto finale a cui si arrestano le indagini volute dal nostro programma. È questo, dirò così, il punto, in cui il circolo, tracciato dalle formazioni calcaree, rientra in sè stesso, per ripetersi all'infinito, senza

rompersi mai. Questo circolo disegna, colla sua orbita parziale, quella parte del grande magistero dell'economia tellurica, che è rappresentata dalle formazioni calcaree. Le terre, sciolte nelle acque, e versate nel mare, divengono conchiglie, politalamici, coralli. Le conchiglie, i politalamici, i coralli, raccolti in grandi masse in seno alle onde, e sollevati dal mare, diverranno terre.

2. Se io potessi credere che tutti i miei uditori hanno letto qualche trattato di geologia stratigrafica, formandosi un'idea sufficiente delle epoche del globo e degli avvenimenti che vi si succedettero, principalmente delle oscillazioni della sua crosta, dei sollevamenti e degli abbassamenti le mille volte reiterati, potrei far punto, e dal calcare passare al salgemma. Ma penso (mi si perdoni questo mal pensiero) che tra' miei uditori ve ne sian parecchi digiuni affatto di geologia, e perciò appunto più desiderosi di penetrarne i misteri. Non potrò assecondare il loro desiderio, snocciolando qui sui due piedi un trattato di questa scienza vastissima; ma non vo' nemmeno lasciar loro tutto intero il desiderio di comprendere quanto vi ha di più importante nell'argomento di cui trattiamo. La cosa più importante è questa appunto di conoscere col fatto come l'idefettibile magistero, che ci si svela collo studio delle formazioni calcaree, comprenda, non solo il presente, ma il passato, cioè tutte le epoche del globo, almeno dal primo istante in cui v'ebbe il primo germoglio la vita. Questa cosa, che si comprende da sè appena si conoscano i fatti più elementari, rimarrebbe altrimenti un'ignota. Farò dunque una breve rassegna delle epoche del globo numerando le formazioni ossia i terreni che le rappresentano. Apparirà appunto da questa come il magistero,

che rifugge dall'analisi delle formazioni calcaree, si perpetuò dalla prima epoca dell'animalizzazione fino a noi, colla stessa intensità, colle stesse leggi, collo stesso ordine di fatti. Apparirà specialmente come le masse calcaree, le quali si formarono e si formano in mare, servirono e servono realmente, per legge di compenso, a ricostituire le terre, che furono sempre soggette, come lo sono al presente, ad un gran sistema di degradazione, attuato in tutti i tempi dagli agenti fisici e chimici interni ed esterni.

3. Le epoche del globo sono rappresentate dalle masse rocciose, e specialmente dalle formazioni stratificate. Gli strati che le compongono sono antichi fondi o depositi marini di ghiaie, di sabbie, di fanghi, di calcari d'ogni specie, sovrapposti l'uno all'altro in ordine di tempo, formando delle pile enormi, che rappresentano secoli e milioni di secoli. Il sollevamento mise a nudo questi strati, e ce li presentò da leggere come le pagine di un gran libro. Il geologo vi lesse infatti la storia degli antichi mondi. Le terre e i mari si rimutarono le mille volte, occupando alternatamente le une e gli altri le stesse aree sulla superficie del globo. Man mano che le terre si sommergevano in mare per erosione o per abbassamento, apparivano i fondi marini, spinti fuori dall'onde per mezzo del sollevamento. Col rimutarsi delle terre e dei mari, si rimutarono del pari gli abitatori delle terre e dei mari. Di tutta la serie infinita degli antichi abitatori del globo più non rimangono che le spoglie sepolte in seno agli strati. Oggi è un altro mondo; sono altri animali quelli che vivono o sulla terra o nel mare; sono altre piante quelle che ombreggiano oggi il piano e il monte dove

fischia il vento o coprono di flessibili foreste i fondi su cui ondeggiano le acque. Ma tra il mondo primitivo e l'odierno mondo, cento altri mondi si insinuarono con regolare successione. Ciascuno ebbe i suoi animali, ebbe le sue piante, di ordini, di famiglie, generi e specie affatto particolari. Ciascuno di codesti mondi, posto in confronto coll'altro, non vanta nè posteri, nè predecessori. Siccome gli strati si formarono l'uno dopo l'altro, adagiandosi l'uno sull'altro successivamente; la serie degli strati rappresenta la cronologia della stratificazione, rappresenta la storia del globo. Il geologo li numerò, li distinse in gruppi, ed ogni gruppo gli rappresentò un'epoca, di cui potè studiare gli eventi, ragionando sulla composizione, sulla disposizione dei singoli strati, e sulle reliquie organiche che ricetta ciascuno di essi. Per abbreviare quanto è possibile il mio compito, eccovi una tabella ove potete leggere la serie delle epoche, rappresentata da una serie di terreni, ossia da altrettanti gruppi di strati corrispondenti a ciascun'epoca. Vedrete come ciascun'epoca e ciascun terreno che la rappresenta abbiano un nome impostogli dai geologi, che lo trassero o dai luoghi ove ciascun terreno si presenta, o dai fossili che contiene, o da altre circostanze. Ritenete in massima che si tratta di una nomenclatura affatto convenzionale. Chi conosce, del resto, il significato e il valore di quelle tavole cronologiche, nelle quali lo storico riassume l'ordine degli avvenimenti, non ha bisogno che io insista sul significato e sul valore della presente tabella, cui vi basterà di tenere semplicemente sott'occhio, via via che noi faremo la rassegna del globo, per mostrare, nella continua successione delle masse calcaree, la perpetuità del magistero da esse rappresentato.

*Tavola sinottica dei terreni in ordine cronologico
ad ascendente*

ERA AZOICA.

TERRENI AZOICI INDETERMINATI.

ERA PROTOZOICA.

LAURENZIANO.

BURONIANO. (Strati ad *Eozoon canadense*.)

ERA PALEOZOICA.

CAMBRIANO od EPOCA CAMBRIANA.

SILURIANO od EPOCA SILURIANA.

Siluriano inferiore o formazione del Llandeilo.

Siluriano medio o formazione di Caradoc.

Siluriano superiore.

Schisti di Wenlock.

Calcarea di Wenlock.

Ludlow inferiore.

Calcarea d'Aymestry.

Ludlow superiore.

DEVONIANO od EPOCA DEVONIANA (Antico gres rosso).

Devoniano inferiore.

Devoniano medio.

Devoniano superiore.

CARBONIFERO od EPOCA CARBONIFERA.

Carbonifero inferiore o Subcarbonifero, o Calcarea di montagna.

Carbonifero medio, o Millston-Grit.

Carbonifero superiore, o Strati a carbon fossile (Coal measure).

PERMIANO od EPOCA PERMIANA.

Gres inferiore variegato o Rothliegende.

Schisti marmosi, o Mergel Schiefer, o Kupfer Schiefer.

Calcarea compatto o Zehstein inferiore.

Calcarea fossilifero, o dolomite, e Zechstein superiore.

Calcarea beocciato, o Rauchwacké.

Calcarea cristallino, concrezionare o Stinkstein.

ERA MESOZOICA.

TRIAS od EPOCA TRIANICA. (Nuovo gres rosso superiore).

Trias inferiore, o arenaria variegata (Gres bigarre, Bunter sandstein).

Trias medio, o calcarea conchigliaceo (Muschelkalk).

Trias superiore, o Keuper, o Marno iridato.

Strati di San Cassiano (Schisti ittiolitici di Perledo e marmi di Varenna).

Strati di Hallstatt (Dolomia di San Defendente).

Strati di Raibl (Strati di Gorno e Dossena).

Strati di Esine.

Strati a *Megalodon Gumbeli* (Hauptdolomite).

GIURA od EPOCA GIURESE.

Infralias o periodo infraliasico.

Infralias inferiore o Strati ad *Arécula contorta*.Infralias superiore o Strati a *Conchodon infraliasicus* (Strati di Hettange).

Lias, o periodo liatico.

Lias inferiore o calcarea a *Griperia arcuata*.

Lias medio (Liasien d'Orb.)

Lias superiore (Toarcien d'Orb.)

OOLITE o PERIODO OOLITICO.

Oolite inferiore.

Oolite inferiore propriamente detta (Bajocien d'Orb.)

Grande oolite (Bathonien d'Orb.)

Oolite media.

Formazione di Oxford (calcarea e argille di Oxford, Callovien e Oxfordien d'Orb.)

Formazione corallina (Coral-rag, Corallien d'Orb.)

Oolite superiore.

Strati di Kimmeridge (Kimmeridgien d'Orb.)

Strati di Portland (Portlandien d'Orb.)

Strati di Purbeck.

CRETA o TERRENI CRETACI.

Creta inferiore.

Wealdiano (Neocomien inférieur d'Orb.)

Gres verde inferiore (Neocomien supérieur e Aptien d'Orb.)

Creta media.

Gault (Albien d'Orb.)

Gres verde superiore (Cinamonien d'Orb.)

Creta superiore.

Creta bianca.

Creta bianca inferiore (Turonien d'Orb.)

Creta bianca superiore (Senonien d'Orb.)

Strati di Maestricht (Danien d'Orb.)

ERA CENOZOICA.

TERZIARIO od EPOCA TERZIARIA.

Eocene o nummulitico.

Eocene inferiore.

Eocene medio.

Eocene superiore.

Miocene (Falunien d'Orb.)

Pliocene o Subappennino (Argille turchine dei colli subappennini).

ERA NEOZOICA.

POSTERZIARIO o QUATERNARIO.

Periodo glaciale o del terreno erratico (Terreno glaciale, sabbie subappennine, depositi ossiferi del Valdarno, ecc.)

Periodo dei terrazzi (Alluvioni antiche, depositi ossiferi dell'Arentino, epoca del Mammoth, ecc.)

ERA ANTROPOZOICA.

EPOCA PREISTORICA.

1^a. Età della pietra, o epoca archeologica, e periodo della pietra scheggiata (Epoca del Renna in Europa).

2^a. Età della pietra, o epoca neolitica, o periodo della pietra levigata (Epoca degli animali domestici in Europa).

Età del bronzo (Epoca semistorica).

EPOCA STORICA.

Età del ferro.

4. Ciascun gruppo di terreni, che noi stiamo per passare in rassegna, rappresenta un'epoca immensa. Io non credo d'andar troppo lungi dal vero portando a 50000 metri la potenza complessiva degli strati sedimentari, ossia l'altezza della pila formata dalla loro sovrapposizione. Quale immensa pila di strati! Misurandoli l'uno sull'altro, giungeremo ad un'altezza che equivale all'incirca a dieci volte quella del Monte Bianco. Quanti anni, quanti milioni di anni, perchè col lento lavoro dei fiumi, delle conchiglie, dei coralli, si levasse una tal piramide di strati, che potrebbe aver per base i continenti, e levarsi col suo vertice tre volte al disopra delle maggiori altezze del globo! È su questa immensa piramide che si legge scolpita in strani geroglifici la storia del mondo.

Non datevi però a credere che il geologo narri la storia del globo dopo averne almeno studiata tutta la superficie. Un errore ancora più grave sarebbe quello di credere che egli sia riuscito a ristaurare gli antichi mondi nella loro totalità. Del mondo attuale, come dei mondi antichi, egli non conosce che una piccolissima parte: egli pertanto non legge che alcuni brani della storia di ciascun'epoca. Ristretto allo studio delle nostre aree continentali, non può dirvi che per via di qualche induzione ciò che avveniva sui tre quarti della superficie del globo attualmente coperti dal

mare. La sua storia adunque riguarda quasi unicamente le anguste aree, sopra le quali si elevano gli attuali continenti. Anzi di queste aree stesse quanta parte può egli vantare di conoscere, se ancora selvaggia e impervia alla scienza è la maggior parte del globo? Il geologo non può dunque narrarvi che quegli avvenimenti, i quali si succedettero in quelle ristrette località, a cui dovettero limitarsi i suoi studi. Parlandosi poi dei diversi magisteri di cui si compone il sistema dell'economia tellurica, voi vedete ben tosto come i diversi agenti, a cui ne è affidata l'esecuzione, non sono necessariamente localizzati in un luogo piuttosto che in un altro. È un puro accidente dell'epoca nostra se i continenti, per esempio, sono aggruppati intorno al polo artico, e i coralli posti a funzionare principalmente nell'oceano a sud dell'equatore. In una delle epoche precedenti può essersi verificato esattamente il contrario; poterono cioè i continenti essere aggruppati intorno al polo antartico, dove in oggi si svolgono in un oceano senza confini i coralli, e i coralli essere posti a funzionare nell'Oceano Artico, ove sorgono in oggi i nostri continenti.

In questo caso, chi studia i nostri continenti vedrebbe dove funzionavano i coralli, di cui gli stessi nostri continenti sarebbero, e sono infatti, per molta parte formati: non vedrebbe però la regione donde venivano i sali necessari all'esistenza di quei coralli, essendo essa attualmente coperta dal mare. Se poi la regione che noi studiamo fosse stata occupata in una data epoca o da un estuario, o da un mare interno salato in eccesso; non vedremmo nè terre nè liberi mari, nè i produttori de' sali, nè i consumatori perchè in questi casi parziali, come di-

remo, è molto se si può dire possibile la vita di qualunque animale secretore. Le oscillazioni del globo, avendo mutato continuamente le condizioni di ciascun'area in cui si può dividere la superficie del globo, allo sguardo del geologo ciascun'epoca non presenta su una data area che un particolare accidente, un parziale apparato, o solo una parte di esso. Oggi sarà un vulcano; domani un banco di corallo; più tardi la foce di un fiume, quindi un ghiacciajo, ecc. Costretti adunque a limitare i nostri studi alle sole aree continentali, anzi ad alcune parti di esse soltanto, non vedremo di ciascuna epoca se non quanto avveniva nei limiti di quelle aree aperte ai nostri studi. Ciascuna di quelle aree potrebbe paragonarsi alla lente di una lanterna magica, la quale non lasci trasparire che una parte del quadro che le si presenta, o al vano di una cornice, la quale copra, per esempio, i tre quarti di una tela. Non potremo pertanto pretendere di vedere sempre, in tutte le epoche, quei fenomeni, i quali attestano la continuità di un magistero qualunque. Osservando tuttavia come in tutte le epoche del globo ci si presentano una, due, tre volte, ed anche assai più, quelle rocce, quei minerali che rappresentano un dato magistero; avremo tutte le ragioni per conchiudere che esso magistero fu realmente continuo. Supponiamo, per esempio, che i monumenti di un popolo, edificati ad intervalli di secoli, ci mostrassero tutti che quel popolo usava di una certa forma di vesti, di armi, di attrezzi: non potremmo noi conchiudere, a tutto rigore di logica, che quel popolo ha sempre conservato gli stessi costumi? Così è della terra. Se in tutte le epoche, benchè a lunghi intervalli, noi ci troviamo innanzi dei banchi di corallo; noi potremo

a tutto rigore di logica conchiudere che la vita corallina si mantenne in tutte le epoche del globo, e che perpetuossi quel magistero, al cui adempimento furono dalla natura destinati i coralli. Fermi su questo punto, cominciamo la promessa rassegna delle epoche del globo, destinata a mostrarci incessante la formazione delle masse calcaree d'origine organica, e quindi perenne il magistero della purezza e della vitalità del mare da esse rappresentato.

5. Eccoci al principio dei tempi, o per meglio dire, come ci siamo già intesi, ai testimoni più antichi della animalizzazione del globo. L'*éra protozoica* è rappresentata da un gruppo di strati che vanta almeno lo spessore di 10000 metri. L'indole cristallina, che distingue gli strati primitivi, permise ai geologi di dubitare che quegli strati non fossero d'origine sedimentare. Quel dubbio fu vinto dall'esperienza e dall'osservazione, risultando dimostrato che quegli strati sono sedimentari anch'essi, sono fondi marini, profondamente modificati dagli agenti interni, a cui furono in balla per tanti milioni di anni. Quegli strati si dissero metamorfici, volendosi indicare con questo epiteto che quei terreni d'origine sedimentare, furono modificati dopo la loro formazione, e divennero cristallini per semplice effetto di tale metamorfismo. Rimase però ancora il dubbio se in quella lontanissima epoca fosse già depositato in seno alla terra il germe della vita. Si pretese di avervi scoperto un organismo secretore, un foraminifero gigantesco, che chiamossi *Bozoon canadense*; ma i paleontologi sono ormai d'accordo nel rifiutare l'organizzazione al preteso fossile. Non per questo rifiutano le testimonianze della vita primitiva, di cui si fa forte anche quell'epoca

benchè non ci abbia dato finora, in reliquie organiche ben conservate, le prove irrefragabili del suo diritto a chiamarsi epoca di viventi. Anche in quell'immenso gruppo di strati esistono i calcari. Lo spessore, l'estensione, tutti i caratteri insomma di quelle formazioni sedimentari non ci permettono di dubitare che si tratti di formazioni marine. Ora domando a voi se noi abbiam veduto mai formarsi nell'ampiezza dei mari altro calcare, che non sia d'origine organica? Se attualmente, e in via affatto eccezionale, si formano delle incrostazioni calcaree lungo i litorali, abbiamo anche veduto quali siano i caratteri eccezionali che ci dovrebbero nel caso rivelare quelle eccezionali formazioni. I calcari protozoici del resto si assomigliano perfettamente a quelli che si scoprono in epoche meno antiche, e la cui origine organica è incontestabile. I calcari dell'era protozoica sono dunque d'origine organica; e se lo sono, già fin da quel tempo era in atto il perenne magistero da essi rappresentato, per cui si conserva la purezza del mare. Se i calcari non bastassero a rendere testimonianza alla vita in quell'epoca primitiva, faremo appello alle grafiti, all'antracite, al ferro sedimentare, nei quali ravviseremo pure più tardi altrettanti prodotti organici. Dunque fin d'allora era ultimato l'impianto di quel gran meccanismo, di cui i calcari sono il prodotto; già fin d'allora era messo in esecuzione la legge, infinitamente complessa, che provvede a mantenere costante la dosatura del mare, assicurando la vita del mondo marino. Già fin d'allora la superficie del globo era divisa in terre ed in mari; già fin d'allora le correnti atmosferiche si imbeveravano di vapori sulla superficie delle acque, e li versavano, condensati in pioggia, sulla superficie dei continenti;

già fin d'allora i fiumi recavano tributi di sali al mare, e gli organismi secretori pensavano a fissarli, ristaurando in seno allo stesso mare i continenti, e mantenendone perenne la vitale purezza.

6. Spunta l'*era paleozoica*: una pila di strati, dell'altezza di 26000 metri ne misura l'immensa durata. Non più dubbio sull'esistenza della vita: essa si afferma con una infinità di spoglie di organismi marini; essa è al parossismo. Quante generazioni, quante faune si rimutarono in quest'epoca! le nuove preadendo il posto delle spente, tanto che il magistero loro confidato non cessasse mai. Le faune paleozoiche attestano quello singolarmente che noi troviamo rappresentato dalle masse calcaree: constano cioè di animali eminentemente secretori. Sono crostacei, sono conchiglie, sono coralli in numero infinito. Anzi in quest'epoca, quasi non bastassero quegli organismi che noi vediamo in oggi dotati di tanta potenza, altri sorgono forti di un potere secretivo maggiore. Ai coralli cioè si aggiungono i crinoidi; quelle foreste viventi, composte di animali simili alle piante, ma fissi agli scogli con radici di pietra, con un tronco, con rami, con foglie, con fiori tutti di pietra, eppure flessibili come giunchi, ondeggianti come le messi al minimo alito di vento che increspi la superficie del mare. Perchè non poss'io arrestarmi a descrivervi un po' più minutamente quelle meraviglie delle epoche andate? Vi giovi almeno il sapere che i crinoidi, non rappresentati in oggi che da qualche povero arbo-scello animato nelle maggiori profondità del mare, si riunivano allora in banchi, emulando i coralli. Sciogliendosi poi colla morte in un migliajo di dischi, di stelle calcaree, formarono dei grandi letti di calcare, che i na-

turalisti distinguono col nome di *calcare ad entrochi*. Affini ai crinoidi erano le cistidee, e le pentremididi, simili nella forma ai bottoni delle rose, dei gigli, dei fiori più vaghi e bizzarri, sostenuti su flessibile stelo, fissi anch'essi sul fondo del mare, come i fiori nelle aiuole del giardino. V'hanno altre forme organiche le più strane, le più incomprendibili, come per esempio, i graptoliti, che seminano la superficie degli antichissimi schisti di pellicole lisce, aventi l'aspetto di esili seghe, o dritte, o ravvolte a spira, di morbide piume, di foglie seghettate. Questi problematici organismi, che potrebbero definirsi come polipai a scheletro coriaceo, erano forse nei primissimi tempi destinati a tenere il luogo dei coralli e dei foraminiferi, che non erano ancora comparsi.

7. L'era paleozoica si divide in diverse epoche, tutte d'immensa durata, e in tutte è parlante il magistero rappresentato dalle formazioni calcaree. Gli strati dell'*epoca cambriana* ricettano la fauna primordiale. Mancano i coralli: ma i rappresentanti di quella fauna sono tuttavia valenti secretori. Sono conchiglie di cefalopodi, brachiopodi, gasteropodi, ed acefali; sono quei graptoliti che abbiamo accennato; sono quegli stranissimi granchi, dal corpo ripartito, dalla testa mostruosa, dagli occhi enormi, che i naturalisti chiamano trilobiti. Rotolandosi sopra sè stessi si assomigliavano ai nostri chilognati, cioè a quegli insetti (crostacei per i naturalisti) di forma ovale, oblunga, composti di una serie di anelli, che avrete scoperto più volte annicchiati sotto i sassi, fra le umide zolle, e che appena tocchi si rotolano in forma di lucentissima sfera screziata di vaghi colori. I trilobiti sono i re dell'antichissima creazione animale; apparvero sull'aurora dell'era paleozoica,

e scomparvero dal mondo per sempre senza vedere il tramonto dell'era istessa.

8. L'epoca siluriana, che succede immediatamente, è per dir così, l'apoteosi della vita in quell'era lontanissima. I terreni siluriani disegnano allo sguardo del geologo quasi non altro che mari; mari liberi e profondi. L'onda, ignara di confini, si rotolava muggendo dove si distendono i nostri piani, dove si ergono i nostri monti, dove serpeggiano i nostri torrenti. Sulle stesse nostre aree continentali funzionava la grande macchina marina di compensazione, intesa a fabbricare quelle grandi masse calcaree, che dovevano esser membra dei nostri continenti. Qui si addensavano i trilobiti; qui si ammucchiavano le une sulle altre le spoglie di mille e mille specie di conchiglie marine; qui ondeggiavano le foreste di crinoidi; qui fiorivano i vaghi cespugli delle cistidee; qui finalmente i coralli, entrati per la prima volta in campo a guisa di un esercito innumerevole di operai destinato a perpetuarsi, ergono le immense moli dei loro edifici. I fondi marini oscillano; il libero mare si alterna coi litorali; gli animali si cambiano col mutarsi delle condizioni dell'ambiente: ma, appena il libero mare rimpiazza i litorali e i bassi fondi dell'epoca, i secretori son lì, fitti, colla febbre del lavoro in corpo, sopra tutto i coralli, come in oggi nei liberi campi dell'Oceano Antartico. Il libero mare, coi coralli che lo affermano, è anzi la principale caratteristica dell'epoca siluriana. La lente della nostra lanterna magica ci presenta così nel miglior campo di luce il magistero della formazione dei calcari organici. Come ho impressa nella memoria quella lunga catena calcarea delle colline di Dudley in Inghilterra, dove, fra l'indistinto tritume di

testacei d'ogni stampo, raccoglievo a piene manate conchiglie, crinoidi, coralli d'ogni stampo più presto che non avrei fatto sul lido del mare! Così nella Gotlandia, voi vedreste colline e monti, formati di quel calcare che i geologi distinsero nella serie geologica col nome di *calcare di Wenlock*, i quali non sono altro che banchi di conchiglie e di coralli. Il *gruppo di Trenton*, che si distende sopra una gran parte dell'America settentrionale, è anch'esso una congerie di banchi di conchiglie, di crinoidi e di coralli. Un altro celebre gruppo americano è quello che, dalla grande cascata, piglia il nome di *Niagara*. Il *gruppo del Niagara* si distende dal Mississippi alle artiche regioni, e presso la famosa cascata voi vedreste ancora, per dir così, vivi vivi i banchi di coralli, che costituiscono una sì gran parte di quella enorme formazione. Lo stesso spettacolo vi offre quell'altro gruppo siluriano, che i geologi americani chiamarono *gruppo inferiore dell'Heldberg*. Così la vita corallina durante l'epoca siluriana si mostra possente in Europa ed in America, ogniqualvolta le condizioni geologiche accennano quei liberi mari, che anche in oggi sono esclusivamente il regno dei coralli. E fu ben lunga quest'epoca siluriana, se ebbero tempo di deporsi circa 6000 metri di strati marini l'uno sull'altro successivamente sovrapposti. Ce ne sarebbe d'avanzo per colmare dal fondo alla superficie qualsiasi de' nostri mari più vasto e profondo. Quale immenso giro di secoli non rappresentano adunque! Quegli strati sono la tomba ove furono rinchiusi, entro sè stesse, senza lasciare un postero sulla terra, le infinite generazioni che regnarono sovrane dei mari per tante migliaia di anni, intente all'esercizio di quel magistero che conservava purissimo il mare alle generazioni dell'epoca ventura.

9. Sopra gli strati siluriani si leva infatti un'altra pila di strati, dell'altezza meravigliosa di circa 4000 metri, la quale rappresenta essa pure una grand'epoca, che i geologi chiamarono *devoniana*. Le nostre arce continentali perdono l'aspetto di liberi mari, per assumere a preferenza quello di bassi fondi, di mari interni, fors'anche di grandi bacini intercontinentali, a modo del Caspio e dei grandi laghi africani. L'epoca novella è salutata dall'apparizione dei pesci, che si presentano d'un tratto sulla scena del mondo, a modo di una mostra spettacolosa, potenti di mole, infiniti di numero, variissimi di specie, mostruosi e bizzarri di forme. È l'epoca dei *Pteraspis*, dei *Cephalaspis*, ecc., cioè di quella grande tribù di pesci, detti osteostraci, che navigavano coperti la testa di un enorme scudo di osso, quasi movessero all'assalto di una fortezza; dei *Pteryichtys*, altri pesci assai bizzarri e grotteschi, tutti chiusi in una specie di armatura, sicchè presentano dal tanto in su l'aspetto dei guerrieri del medio-evo. A questi e ad altri pesci di strana maniera si associavano i *Pterygotus*, enormi crostacei dai grandi occhi, dalle zampe a tenaglia, come quelle dei gamberi comuni; strani del resto, e degni consorti di quel mondo fantastico. Gli strati devoniani contengono inoltre i primi insetti e le prime piante terrestri. Come il ramo reciso di fresco, che Colombo raccolse nell'intentato deserto dell'Atlantico, quelle piante additano le terre vicine. Dunque l'epoca devoniana non ci presenta allo sguardo che mari interni o chiusi, littorali e terre. Forse per questo era spenta la vita corallina, già trionfo dei liberi mari fin dal principio dell'epoca siluriana? Era forse interrotto per sì lunga stagione quel magistero che assicura la purezza del mare e la vita del mondo marino? Non credetelo. Se la lente della

nostra magica lanterna non ci presenta che mari interni, littorali e terre, è segno che i liberi mari sono fuori del campo angustissimo che essa ci permette di abbracciare. Esistono però: eccone qua e là dei pezzi, quasi direi, degli addentellati: soltanto ci è tolto di spaziarvi liberamente come abbiamo fatto nei siluriani. Osservate in Inghilterra. I calcari di Plymouth e di Torbay, rigurgitanti di trilobiti, di conchiglie, di coralli, non sono che uno specchio dei liberi mari dell'epoca devoniana. Recatevi nell'Eifel, sulla sinistra del Reno: aggiratevi fra le montagne di Gerolstein. Scommetto se non vi parrà talora di navigare a diporto tra i banchi di corallo dell'Oceano Indiano. È l'impressione che io ne ho riportato, seguendo il letto dei torrentelli, che mettevano a nudo quei banchi, che erano tutto un impasto di favositi, di ciatofilli, di aulopore e d'altri vaghissimi coralli; di crinoidi, che sotto la forma di *Cupressocrinus*, imitando gli stroboli del pino, stanno fra i crinoidi ordinari e *pentremitidi*; di conchiglie d'ogni maniera, tra cui quella vaghissima, che, dalla sua forma a pianella, chiamasi *Calceola sandalina*. Dunque c'era libero mare; dunque era impiantata colà una parte dell'apparato destinato a mantenere anche in quell'epoca la purezza del mare; colà, dico, dove più tardi ruggirono vomitando fuoco cento vulcani, e dove al presente si disegnano i grandi terreni lambiti dal Reno. Anche sull'America si stese a volte a volte il libero mare dell'epoca devoniana. I banchi di corallo dell'*Heldelberg superiore*, alla cascata dell'Ohio presso Louisville, sembra che non aspettino altro che il ritorno dell'onda vitale, per espandere di nuovo dai vaghi calici le vive corolle variopinte. Ma anche le generazioni devoniane si spengono;

altre subentrano a loro nel provvidenziale magistero della secrezione calcarea.

10. Eccoci ad un'epoca classica per la geologia. Nel campo della nostra lente si disegnano immense pianure maremmane, coperte da vergini foreste. Siamo all'*epoca carbonifera*, che vedremo più tardi prestarci il migliore argomento di un altro magistero, rappresentato dai combustibili fossili, e non meno importante di quello che è rappresentato dai calcari. Il terreno carbonifero propriamente detto, quello cioè che ricetta tanti letti di carbon fossile, interrompe, per dir così, la lunga serie delle epoche marine, con un'epoca continentale. Ma anche in quest'epoca non poteva soffrire l'interruzione di un giorno la fabbricazione dei calcari. Né fa bisogno di ammettere il fatto come semplice conseguenza di una fisica necessità, in quanto ormai dobbiam essere persuasi che la vita corallina in seno ai liberi mari è una vera necessità nell'ordine dell'universo. Il terreno carbonifero, se ci presenta a centinaia le terrestri foreste in altrettanti letti di carbon fossile, non lascia di offrirci a tutti i livelli dei calcari marini. Anzi l'epoca del carbone si inizia, sulle nostre stesse aree continentali, con un periodo di coralli.

Il *carbonifero inferiore* infatti consta, si può dire, tutto di banchi di coralli e di conchiglie, in banchi sovrapposti l'uno all'altro, fino a raggiungere l'altezza di 500^m all'incirca. È una gran zona calcarea, che in Inghilterra, in Irlanda, nel Belgio, come in America, specialmente nella Nuova Scozia, non offre che un impasto di coralli, di conchiglie, di crinoidi, di echinidi, di testacei d'ogni maniera. Nel carbonifero superiore l'oceano scompare sotto la distesa dei piani ricoperti da vergini foreste. Ma a volte a

volte si mostrano i calcari, che attestano coi loro fossili il libero mare.

11. Spente nell'esercizio del provvidenziale magistero le generazioni carbonifere, ecco le *permiane*. Il terreno *permiano*, che succede al carbonifero, e vanta una potenza di 800^m, benchè poco conosciuto finora, e composto preferibilmente di formazioni litorali, non manca de'suoi coralli e delle sue conchiglie.

Riassumendo, l'epoca paleozoica, colle sue formazioni d'ogni genere, ci attesta i diversi magisteri che sono rappresentati dalle masse rocciose d'ogni natura: ma fa una parte larghissima agli animali secretori, quindi alla formazione dei calcari. Sopra 22,000 metri di rocce sedimentari, 4000 all'incirca sono calcaree. In tanti milioni d'anni, rappresentati da una pila di strati così enorme, non ha dunque la vita cessato mai di mantenersi in perenne antagonismo colle forze fisiche della natura. La terra oscilla continuamente; il globo si sconvolge; i mari si rimutano coi continenti, i continenti coi mari: ma in mezzo a tante rivoluzioni trionfa il magistero della vita, rappresentato da tante masse calcaree, e col magistero della vita si mantiene perenne la purezza del mare necessaria alla vita.

12. All'era paleozoica succede l'era mesozoica. Essa ci presenta da prima nel *trias*, la cui durata ha per misura 3200^m di strati sedimentari, un'altra grand'epoca di mari interclusi, sopra tutto di laghi salati, ove quasi si spegne la vita, e d'inospiti deserti. Questa è la condizione generale dell'Europa e dell'America settentrionale. In Germania però si mostra la poderosa zona del *muschelkalk*, ossia del calcare conchigliaceo. Perchè si disse così? Perchè consta appunto di un calcare com-

patto, che supera talvolta i 300^m di spessore, ricchissimo di conchiglie, di erinoidi e di testacei in genere. Nelle Alpi poi il *trias* è rappresentato da tale un'alternanza di banchi calcarei, e di banchi detritici, che siamo costretti a dire che più e più volte i litorali vi si alternassero col libero mare. Un litorale eminentemente conchifero è rappresentato, per esempio, dalla formazione di San Cassiano, uno de' più oscuri villaggi delle Alpi tirolesi, dove si raccolsero circa 800 specie di conchiglie, di erinoidi, di coralli, ecc. Liberi mari ci presentano invece gli *strati di Hallstadt* (villaggio delle Alpi nord-est) composti di calcari straricchi di fossili; gli *strati di Esino*, che consistono anch'essi in banchi calcarei, i quali sono talvolta un puro impasto di conchiglie e di coralli, con pretti banchi corallini, e la *dolomia a Megalodon Gumbelii*, che ricetta la strana famiglia dei *Dicerocardium*, conchiglie assomigliantisi a cuori cornuti, dell'altezza fin di mezzo metro, e presenta una massa calcarea di forse 1000^m di spessore. Qui ai coralli sono sostituite (solo localmente, s'intende) le *Evinospongie*, altri organismi secretori d'una potenza veramente eccezionale; cioè certe spugne calcaree, che rinnovarono in seno all'antico oceano i portenti della vita corallina, edificando dei banchi, che sono vere montagne, e superano in potenza tutte le altre formazioni calcaree appartenenti al grande rilievo dell'Alpi.

13. L'epoca giurese, rappresentata da una massa di strati dell'altezza di 1400^m, offre talvolta dei bassi fondi, dei litorali e indizi di terre, ove si moltiplicava la mostruosa progenie di quei rettili giganteschi, che danno a quell'epoca un'impronta così caratteristica. Ma chi volesse trovare in oggi una regione che dipinga l'Europa

nell'epoca giurese, non avrebbe che a cercarla negli immensi arcipelaghi corallini dell'Oceano Indiano e del Pacifico. Il periodo dell'infralias anzi tutto presenta quell'enorme banco di coralli che, a foggia d'immensa barriera, percorre tutta la linea delle Prealpi. Esso consta principalmente di *Rabdophyllia*, dal polipajo ramoso; nate fatte per fabbricare immense foreste sottomarine, che ora sono strati calcarei di 50 metri di spessore. Alle *Rabdophyllia* si associano cento altri generi di coralli, fra cui i *Pyxidophyllum*, in forma di piccole elegantissime coppe, e conchiglie di mille fogge, fra le quali la grossa *Gervillia inflata* e la piccola *Avicula contorta* così sparsa in Europa, che i geologi onorano del suo nome gli strati che la contengono. Il lias, l'epoca degli ittiosauri, dei plesiosauri, dei rettili volanti, quando non presenti, come in Francia, banchi di ostriche e di conchiglie d'ogni genere, offre, come in Inghilterra e nel Württemberg, foreste meravigliose di pentacrini. Gli strati di *Stonesfield* sono calcari ricchissimi di coralli. Il calcare di *Bradford* presso Bath rappresenta un fondo di mare ombreggiato da una foresta di encrini. Il *Coral-Rag* finalmente, per non dire di altri infiniti depositi della stessa indole, consta specialmente di banchi di corallo l'uno all'altro sovrapposti. La fabbrica dei calcari era dunque attivissima in quel periodo geologico, corallino per eccellenza, e tutti i più operosi artefici vi erano assoldati.

14. L'epoca della creta continua, e quasi esagera le tradizioni marine delle epoche precedenti. Lasciando da parte tutta la serie dei depositi, formanti una massa del complessivo spessore di 1900^m, basterà che noi ci fis-

siamo un istante sulla formazione singolare da cui l'epoca trasse il suo nome. La *creta bianca*, tutt'altro che un'argilla, come suonerebbe il suo nome, malamente tradotto in italiano ¹⁾, consta in Francia e in Inghilterra di un carbonato di calce quasi puro terroso, bianchissimo, che vanta talora uno spessore di 300^m. Dall'Irlanda si spinge fino in Crimea, sopra una zona di 1500 chilometri, che misura 1100 chilometri di larghezza dalla Scozia meridionale a Bordeaux. Ma la stessa formazione si prolunga ancora di forse 3000 chilometri, per cacciarsi nel cuore della Russia asiatica nella regione dei Kirghisi. Si credette dapprima che la creta fosse un prodotto di escrementazione corallina; ma le recenti scoperte circa le condizioni delle grandi profondità sottomarine, valsero a scuotere radicalmente la fede che si aveva intorno all'origine fecale della creta bianca. Ricordate voi, o signori, quali siano in oggi condizioni delle grandi profondità oceaniche? Gli assaggi riportati fin dal principio dallo scandaglio di Bröoke, come quelli raccolti più recentemente dalla cucchiaja degl'Inglese, mostrarono che il fondo dell'Atlantico è ricoperto da un'immensa formazione di fango calcareo, generato principalmente, come abbiám visto, dagl'innumerevoli foraminiferi abitatori delle profondità sottomarine. Quando gli scopritori, fra le infinite rocce che compongono il globo, vollero trovarne una che rispondesse al paragone con quel fango, non seppero indicare che la creta bianca. Il microscopio, svelandone l'intima struttura confermò pienamente quanto l'occhio iserme aveva già detto. La creta bianca,

¹⁾ Fu un errore dei primi geologi quello d'aver tradotta in creta, che in italiano vuol dire argilla, la roccia che i francesi chiamano volgarmente *craye*. Questa non è un'argilla, ma, come diciamo un pretto calcare.

al pari del fango che ricopre il fondo dell'oceano, è tutto un impasto di microscopici organismi calcarei. La creta bianca dunque, colla sua natura mineralogica, colla sua immane estensione, cogli organismi, di cui è quasi interamente formata, non fa che rivelarci un oceano profondo, che si distendeva sull'Europa e sull'Asia, sul cui fondo era impiantato quell'immenso apparato di secrezione calcarea, che anche in oggi funziona sul fondo degli oceani. Del resto tutti i terreni cretacei sono straricchi di organismi marini secretori, di coralli, di echinidi, di conchiglie, tra le quali spicca distintissimo il gruppo bizzarro delle rudiste (proprietà esclusiva dell'epoca cretacea) che, dotato di un potere secretivo forse maggiore di quello delle ostriche e degli *Spondylus*, valse a fabbricare da solo, quasi direi, intere montagne.

15. L'*era cenozoica*, quella che è rappresentata dai così detti terreni terziari, è l'epoca della emersione dei nostri continenti. Comincia però anch'essa con un libero mare, occupato dai foraminiferi. Ma i foraminiferi di quell'epoca, infiniti di numero come al presente, raggiungono dimensioni relativamente colossali. Se i foraminiferi d'oggi sono specie quasi o decisamente microscopiche, le *nummuliti* del periodo eocenico sono dischi che raggiungono talvolta un diametro da 5 a 6 centimetri. Si direbbe che il gran magistero della secrezione calcarea fosse a loro specialmente confidato dalla natura. Dal lavoro associato di quelle miriadi di animaletti nacque il *calcare nummulitico*; un calcare che è tutto un impasto di lenti grosse, minute o minutissime, cioè di nummuliti d'ogni specie, e costituisce tanta parte dell'ossatura delle

più grandi catene dell'Europa. Esso presta membra colossali alle montagne dell'Inghilterra e della Francia, agli Appennini alle Alpi, ai Carpazi. Sui lidi opposti del Mediterraneo torreggia nell'Algeria, nel Marocco e nell'Egitto. Invade l'Asia Minore e la Persia fino alle foci dell'Indo, e si rizza sui fianchi dell'Himalaya dal golfo del Bengala sino alle frontiere della China. In quell'epoca adunque l'oceano sconfinato premeva ancora col pondo delle sue acque, un'immensa porzione del triplice continente.

Ma ormai l'oceano si ritira dalle nostre aree continentali. Il calcare nummulitico, che corona in oggi le vette più eccelse dell'Apennino, foggia le creste delle Alpi a 3000 metri di elevazione, e nell'Himalaya supera l'altezza del Monte Bianco, è testimonio parlante di quel sollevamento che cominciò verso la fine del periodo eocenico, e diede man mano alle terre l'attuale rilievo. Gli antichi mari si andarono perciò, durante la grande epoca terziaria, man mano restringendo. Ma anche gli ultimi lembi, che essi continuarono a stendere fino alla fine sulle terre, specialmente sull'Italia nostra, e la cui esistenza è infatti tradita dalle argille e dalle sabbie rigurgitanti di testacei marini alle basi degli Apennini e delle Alpi, mostrano che la vita corallina ferveva sempre, operosa, instancabile, non solo come al presente, ma soverchiando i limiti della zona torrida per invadere ancora le temperate. La collina di San Colombano, per esempio, perduta come un'isola in mezzo alla pianura, che si distende fra l'Apennino e le Alpi, è sostenuta da un gran banco di coralli simile ai tanti che fioriscono in oggi soltanto nei torridi mari.

16. L'*era neozoica* noi la studiamo sui continenti già fatti. È l'epoca in cui i ghiacci scesero dall'Alpi e si estesero dai poli verso l'equatore, incaricati anch'essi di una grande missione, in aspettazione, dell'uomo che sta per venire. Voglio dire che essi furono specialmente incaricati della fabbricazione e della distribuzione del detrito, che l'uomo oggi coltiva col sudor della fronte. Se esistevano quasi perfetti i nostri continenti, già esistevano quasi perfetti i nostri mari; nè può dubitarsi che vi lavorassero i coralli, come lavorarono sempre come lavorano in oggi. Ma la prova di fatto, se pur giova cercarla, l'abbiamo, per esempio, nel post-pliocenico di Palermo, deposto nell'epoca glaciale, il quale non è che un gran banco di conchiglie e di coralli.

Finalmente nell'*era antropozoica*, ecco l'uomo, che viene a raccogliere ciò che non ha seminato, e si trova ricco ad un tratto di una immensa eredità, accumulata per tanti secoli, con tanto lavoro di animali e d'elementi. È così che l'Inglese butta a cuocere nelle sue fornaci, a Dudley, il calcare, fabbricato dai coralli della lontanissima epoca siluriana, come cuoce a San Colombano il Lombardo quello che gli hanno ammanito i coralli della recentissima epoca pliocenica. È così che i marmi pari, i pentelici, gli apuani eternarono i nomi di Fidia, di Prassitele e di Canova. Così sorsero quindi, coi calcari paleozoici e triasici, le cattedrali d'Italia; quindi coi nummulitici, le piramidi d'Egitto. A gara l'arte e l'industria fanno a chi più spende del gratuito acquisto. E l'uomo, mentre s'impossessa del calcare secretato dai primitivi organismi, guardando al mare, trova la vita corallina al parossismo; assiste di fatto cogli occhi propri allo stesso grandioso

spettacolo di vita e di lavoro che coll'occhio della scienza ha già contemplato nell'epoca siluriana, nella devoniana, nella carbonifera, nella triasica, nella giurese, insomma in tutte le epoche geologiche che hanno preceduta la nostra.

17. Il magistero della dosatura dei sali calcari, prima condizione della vita marina, non è dunque cessato giammai... fu attivissimo sempre. Questo magistero consiste in un circolo, che i sollevamenti chiusero tante volte, per riaprirlo di nuovo altrettante. Così i continenti, con assidua vece, sorsero e caddero, si distrussero le cento volte sotto l'inchienza del cielo e le cento volte si rinnovarono nel seno materno del mare. Gli attuali continenti furono in gran parte lavorati in seno ad esso dai coralli, e da tutti gli organismi secretori: i coralli attuali con tutti gli organismi secretori lavorano alla fabbrica dei continenti futuri. Se mi domandate dove siano i continenti, irrigati dagli antichi fiumi, che portavano i sali a quei mari i quali anticamente ricoprivano le nostre terre; io vi dirò che quegli antichi continenti in parte sono rinati nelle nostre terre, e in parte sono scomparsi, per quello stesso meccanismo, per cui sorsero i nostri. Dove scomparsi?... Mel domandate?... Se dagli antichi mari sorsero le nostre terre, è naturale che le antiche terre siano scomparse sotto ai nostri mari. Mirate l'oceano ove più si allarga. Quegli *atoll* vi segnano le ultime cime dei continenti che precedettero i nostri. Le supreme cime di quei continenti si tuffavano in mare, quando emergevano dal mare le ultime basi dei nostri. È un giuoco d'altalena che dura da secoli, rimutando continuamente le terre in mari e in mari le terre. Pare anzi che l'alternativa già sia ricominciata, sicchè, come vediamo ogni giorno i con-

tinenti nostri struggersi sotto il cielo, e a brani a brani esser trascinati dalle correnti a sommergersi in mare, così veggonsi già spuntare i germogli delle nuove terre dal seno di quell'oceano ove si sommersero le antiche. Infatti già molte isole coralline appaiono sollevate sopra al livello del mare ben oltre quell'altezza a cui i coralli possono spingere i loro edifici. Alcune vere isole coralline, composte da quegli stessi coralli che continuano a fabbricare nel mare, si trovano già innalzate a 150 e fino a 300 piedi sopra il livello del mare¹⁾. Non sono esse adunque i germogli di nuovi continenti?

La storia del globo è scritta sulle masse minerali che lo compongono. Sulle rocce già formate il passato; su quelle che stanno formandosi, il futuro. Sulle masse calcaree ne abbiamo letta quella parte che riguarda l'ufficio affidato agli animali secretori come antagonisti delle forze fisiche. Il loro magistero si traduce nella parziale conservazione del globo e de'suoi abitatori. Le altre parti le leggeremo sulle altre masse, il cui studio occuperà il seguito delle nostre conferenze.

¹⁾ Si citano come isole sollevate le seguenti isole coralline: Oaim (isole Hawaiian), 25 piedi; Elisabetta (arcipelago di Polimotu), 80 piedi; Miana o Aurora, 250 piedi; Aitù (gruppo di Hervey), 12 piedi; Māngala, 300 piedi; Raruta, 150 piedi; Enea (gruppo di Tonga), circa 300 piedi; Vavau, 100 piedi; Savago, 160 piedi. (Dana *Manual*, pagina 567).

CONFERENZA SETTIMA

DEPOSITI DI SALGEMMA E PRIME INDAGINI PER SCOPRIRE L'ORIGINE.

SOMMARIO. — Complessità della salsedine marina, 1. — I sali insolubili o assimilabili e i sali solubili e non assimilabili, 2. — Gli insolubili seguono il carbonato di calce nel processo della loro eliminazione, 3. — I solubili seguono il cloruro di sodio, 4. — Ammassi di salgemma, 5. — Le saline del Dürrenberg, 6. — Di Bex, 7. — Di Northwich, 8. — Potenza della formazione salina in tutte le regioni del globo, 9. — Origine sedimentare del salgemma, 10. — I laghi salati, 11. — Si domanda se i laghi salati non siano porzioni di mare intercettate, 12.

1. Tra i sali costituenti la salsedine marina, due meritano l'epiteto di principali: il carbonato di calce, e il cloruro di sodio, che è il sal marino, o sal di cucina. L'uno si distingue per l'abbondanza con cui vien versato in mare: l'altro per l'abbondanza con cui realmente vi si trova: ambedue poi per l'influenza che esercitano sugli organismi, essendo il carbonato di calce condizione di vita per tutti gli animali secretori, ed il cloruro di sodio, condizione di vita per tutto il mondo marino. Abbiamo parlato lungamente del primo: ora parleremo del secondo. Intenderemmo con questo d'aver finito di trattare, come dei sali che si contengono in mare, così di quelli d'origine marina, che si trovano in grandi masse sui continenti. Avremo dunque allora esaurito l'argomento dei rapporti geologici della salsedine marina e dei minerali che la costi-

tuiscono, e crederemo di aver studiata abbastanza quella parte dell'economia tellurica che loro di lega.

Ma come mai? Forse che i sali marini si riducono a quei due? No certamente, se li abbiain detti *principali*. La composizione dell'acqua marina è complicata assai. Già ve lo dice la tabella analitica che io vi pongo sott'occhio. Essa è quella del Regnault¹⁾.

Acqua	99,470
Cloruro di sodio	2,700
Cloruro di potassio	0,070
Cloruro di magnesio	0,240
Solfato di magnesio	0,230
Solfato di calce	0,140
Carbonato di calce	0,003
Bromuro di magnesio	0,002
Perdita	0,0025
	100,000

Questa tabella è ricca certamente, ma pure quanto è lontana dal dirci l'estrema complessità della salsedine marina! Volete che io dica tutto in una parola? Vi dirò questo, che tutte le sostanze del globo, o libere, o in combinazione, sono disciolte nelle acque del mare. Ciò può asserirsi senza nessuna esagerazione, anzi, ose dire, senza eccezione di sorta. Intanto le squisite analisi di Forchammer trassero già dalle acque del mare 29 delle sostanze elementari riconosciute finora dai chimici. Eccole:

Ossigeno	Carbonio	Zinco	Magnesio
Iidrogeno	Azoto	Cobalto	Calcio
Cloro	Silicio	Nichel	Stronzio
Jodio	Boro	Ferro	Bario
Fluoro	Argento	Manganese	Sodio
Solfo	Rame	Alluminio	Potassio
Bromo	Piombo	Litio	Arnesico
Fosforo			

¹⁾ *Cours élémentaire de chimie*, vol. II, pag. 193.

Di ciò non dobbiamo meravigliarci! Io piuttosto mi meraviglierei se le future indagini dei chimici non riuscissero a scoprire nelle acque del mare tutte le così dette sostanze elementari, più, come già osai dire, tutti o quasi tutti i composti minerali. L'esperienza e l'osservazione hanno insegnato al geologo che non v'ha sostanza sul globo la quale non possa, in opportune condizioni, venir sciolta dall'acqua. Aggiungi che tutti gli elementi e quasi tutti i composti furono già scoperti di fatto o disciolti nelle acque termo-minerali, o già solidificati nei diversi depositi da esse formati¹⁾. Ora è un fatto che il mare raccoglie lo scolo esterno ed interno dei continenti; che tutte le acque, o almeno buona porzione di esse, vengano poi dalle regioni più aeree del cielo, o dalle più ime interne profondità della terra, devono in fonti, ruscelli, torrenti e fiumi, riversarsi in mare. Le sue acque adunque debbono caricarsi di tutti gli elementi che compongono il globo. Come potremmo pertanto, per tornare a quello che si domandava, come potremmo pretendere d'aver tenuto dietro alle evoluzioni di tutti i sali marini, quando non ci fossimo occupati che del carbonato di calce e del cloruro di sodio?

2. Qui è necessario di chiarir bene un concetto, accennato alla sfuggita nelle precedenti conversazioni. Noi parlavamo di carbonato di calce e di salsedine marina come si trattasse d'una cosa identica, sostituendo spesso la parte al tutto o al tutto la parte, quasi il carbonato di calce, uno dei minimi nelle acque marine, rappresentasse tutti i sali marini; e quasi quel processo, che comincia col sole, con-

¹⁾ Questo argomento è trattato diffusamente nel mio *Corso di geologia*, vol. III, specialmente nel cap. XIX, §§ 771-772.

tinua coi venti, colle piogge, coi fiumi, colle correnti marine, cogli organismi secretori, e termina col sollevamento, fosse ordinato unicamente ad una perenne circolazione del carbonato di calce. Le esigenze didattiche ci costringevano a far così; ma io non lasciai però di avvertirvi che tutto era applicabile ai sali marini senza eccezione, finchè non s'arrivava fino al punto della loro eliminazione. A questo punto invece il processo descritto non riguardava più altro che il carbonato di calce. L'eliminazione degli altri sali esigeva naturalmente un altro processo. Ora mi trovo in grado di precisare meglio quell'avvertimento, dicendo che i sali marini si possono benissimo dividere in due categorie, considerandoli appunto in rapporto coi processi della loro eliminazione. Vi ha un certo numero di sali, i quali seguono perfettamente dal principio alla fine, le evoluzioni, del carbonato di calce. Ve ne hanno altri invece che seguono le evoluzioni del calcare appunto fino al momento in cui comincia il processo della sua eliminazione: allora però se ne staccano, e seguono altre vie per essere eliminati, non lasciando tuttavia di arrivare anche questi alla stessa meta, sicchè tutte infine quelle sostanze, che le acque rapirono ai continenti, ai continenti ritornano. In questo senso si possono considerare il carbonato di calce e il cloruro di sodio come duci di due schiere, che eseguono le stesse mosse fino ad un certo punto; poi si separano, e combattono indipendentemente l'una dall'altra, benchè allo stesso intento. Appartengono alla prima schiera i sali insolubili; alla seconda i sali solubili.

Mi domanderete quale sia il significato di questi epiteti insolubile e solubile, se tutte le sostanze sono solubili nel-

l'acqua come si è affermato testè. Infatti, il ripeto, non v' hanno minerali assolutamente insolubili. Ma qui all'idea di solubilità dobbiamo dare un senso più pratico; il senso più volgare. Volgarmente si dice insolubile quel corpo il quale non si sciogla nell'acqua che assai difficilmente ed in condizioni affatto eccezionali. Nessuno dirà certo, per esempio, che siano solubili il marmo, il ferro, ecc. Solubili per noi sono invece le sostanze che si sciolgono facilmente nell'acqua nelle condizioni ordinarie, con qualunque grado di temperatura. Solubili, per esempio, lo zucchero, il sale di cucina, ecc. Parlandosi delle acque del mare, che son acque le quali si trovano nelle condizioni ordinarie alla superficie del globo, non ci sarà da cavillare sulla distinzione dei sali insolubili e solubili, dicendosi solubili quelli che si sciolgono subito, senza bisogno d'ajuto, in gran quantità, come il sale comune; ed insolubili quelli che si sciolgono difficilmente, in piccola quantità, ed hanno inoltre bisogno, per sciogliersi, dell'ajuto d'un solvente, come sarebbe il carbonato di calce che ha bisogno dell'acido carbonico. Per non bisticciarsi però con distinzioni e divisioni che non possono essere rigorosamente scientifiche, agli epiteti di insolubili e solubili possiamo anche sostituire, non ancora con quel rigore scientifico che si vorrebbe, ma di certo molto più scientificamente nel caso nostro, quelli di *assimilabili* e *non assimilabili*. Mi spiego.

Quasi tutti, per non dir tutti, i sali e i minerali in genere, che si ottengono analizzando direttamente l'acqua del mare, si ottengono anche coll'analizzare le parti solide degli animali, principalmente lo scheletro dei testacei marini, e le ceneri delle piante marine. Alcuni però si sco-

prono a preferenza negli animali, altri a preferenza nelle acque. Si osserva anzi, credo senza eccezione, che è tanto maggiore la quantità di un minerale che si trova fissata negli organismi, quanto è minore quella che si trova libera nelle acque, e viceversa. Il carbonato di calce, per esempio, che costituisce quasi la totalità delle conchiglie, dei coralli, ecc., non si trova nelle acque che in quantità tenuissima, corrispondente alla frazione 0,003, frazione affatto trascurabile. Del cloruro di sodio invece, che costituisce quasi il 3 per cento (2,700) dell'acqua del mare, non si scopre che qualche traccia negli organismi.

3. Vi sono dunque dei minerali molto assimilabili dagli organismi, ed altri che lo sono pochissimo o quasi niente. I sali assimilabili sono anche i più insolubili; i sali non assimilabili sono anche i più solubili. Quelli seguono perfettamente le evoluzioni del carbonato di calce che abbiamo già studiate: questi invece tengono dietro alle mosse del cloruro di sodio che andremo studiando. Gli uni e gli altri sono rapiti ai continenti dalle acque, e versati tutti uniti nel mare: ma, qui giunti, i primi sono, col carbonato di calce, fissati dagli organismi, servono alla fabbricazione delle conchiglie e dei banchi di corallo, e sono rimessi all'asciutto dal sollevamento per essere di nuovo, con perpetuo circolo, riportati al mare: gli altri invece rimangono liberi nell'acqua, ed aspettano di esserne eliminati, per mezzo di un altro processo, processo ancora da studiarsi da noi, ordinato alla eliminazione del sale marino per eccellenza, cioè del cloruro di sodio.

Ecco adunque come abbiamo potuto affermare a buon dritto che, quando avessimo conosciute le evoluzioni del carbonato di calce e del cloruro di sodio, potremmo ap-

plaudirci di conoscere le evoluzioni di tutti i minerali marini. Ci rimarrebbe ora soltanto di riconoscere le due schiere, mettendo da una parte i minerali che hanno per duce il carbonato di calce, e dall'altra quelli che ubbidiscono al comando del cloruro di sodio. Facciamolo appunto adesso che stiamo per vedere dividersi le due schiere suddette. Registriamo dapprima quella di cui conosciamo i destini, poi quell'altra, di cui ci faremo a studiare le mosse.

Per conoscere quali siano i minerali più assimilabili, destinati a seguire le evoluzioni del carbonato di calce, prendiamo le analisi dei coralli. Queste ci dicono come al carbonato di calce, che ne forma la massa, si associano in dosi considerevoli altri minerali, per esempio, il carbonato di magnesia, il fosfato di magnesia, l'argilla, la silice, il ferro e l'ossido di ferro. Il carbonato di magnesia vi è sopra tutti relativamente abbondantissimo. Silliam ne scoperse il 5,29 per cento in un banco di corallo, e il 33,07 in un altro, e il 12,48 in un corallo il quale si chiama *Porites favosa*. Quanto agli altri testacci trovo, per esempio, che Forchammer scoprì il 13,49 per cento di carbonato di magnesia nella *Serpula filigrana*, una specie di crostaceo che si fabbrica un tubo calcareo.

Ma ai minerali, indicati come relativamente abbondanti nelle parti solide degli organismi, altri molti si aggiungono. Il citato Forchammer scoprì nei diversi organismi, specialmente nelle spugne e nelle alghe, una quantità considerevole di jodio; trovò nei coralli il fluore, l'acido borico e l'argento; trovò lo zinco, il cobalto, il nichel, l'ossido di manganese e la potassa nelle ceneri delle piante marine; scoprese il silicio nei coralli, nelle ceneri; senza dire che le spugne sono sostenute da innumerevoli aghi

di silice, o *spiculi*, che ne formano quasi lo scheletro, e che vi ha un mondo infinito di diatomee e d'altri organismi silicei. Nei testacci e nelle ceneri trovò finalmente e rame e piombo e ferro.

Tutti gli indicati minerali, come si rinvenivano uniti al carbonato di calce nei coralli e nei testacci, così sono col carbonato di calce eliminati, quando i testacci e i coralli vengono, pel sollevamento, a creare nuove terre. Quei minerali adunque (associati ordinariamente ai calcari, e in quanto sono a loro associati) rappresentano anch'essi la loro parte di quel gran magistero d'economia tellurica, che noi considerammo sinteticamente soltanto nelle grandi masse calcaree. Trattandone partitamente, ci sarebbe adunque, sotto il rapporto di tale magistero, ben poco da aggiungere a quanto abbiain detto del principale di essi, cioè del carbonato di calce.

4. Nelle acque marine rimangono principalmente, in compagnia del cloruro di sodio, i così detti *sali delle acque madri*, cioè il cloruro di potassio, il cloruro di magnesio, il solfato di magnesia, il solfato di calce, e il bromuro di magnesia. Questi seguono il cloruro di sodio, ed a loro va applicato quanto diremo circa la condensazione e l'eliminazione di questo sale, e circa il magistero che esso rappresenta nell'economia tellurica.

Ho creduto necessarie queste nozioni sulla salsedine marina, a complemento di quanto abbiain detto sul carbonato di calce e di quanto diremo sul cloruro di sodio, anche perchè, mentre studiamo il gran magistero della dosatura delle acque nelle evoluzioni dei due sali principali, non perdessimo di mira gli accessori, e comprendessimo esso magistero nella sua unità e totalità. Lasciato

però ora affatto da parte il duce dei sali insolubili ed assimilabili colla sua schiera, fermiamo tutta la nostra attenzione sul condottiero dei sali solubili non assimilabili.

5. Il cloruro di sodio, che si dice salgemma, è, dopo il carbonato di calce, il più comune fra i sali, che presentano masse riguardevoli sui continenti¹⁾. Il salgemma è anche tra i sali quello che si presenta in uno stato di purezza maggiore, talora isolato in grandi masse, talora misto a rocce detritiche. Per conoscere l'origine di quei depositi di salgemma, procedendo collo stesso metodo che abbiain seguito per riconoscere le origini del calcare, e desumerne quindi la loro rappresentanza nel sistema dell'economia tellurica, cominciamo a verificare le condizioni del loro giacimento.

Parlando del calcare, quando avevamo detto che esso si presenta in grandi masse, composte di strati, avevamo finito. Poi montagne calcaree ne conoscon tutti. Ma il salgemma presenta certe specialità di giacitura, che vanno intese: chi poi non abbia varcato almeno le Alpi e l'Appennino, non ha mai visto il sale che nella saliera. È quindi necessario che ci intratteniamo alcun poco di più a descrivere tali depositi. Meglio però che descrivere metodicamente le condizioni dei giacimenti considerati in astratto, gioverà fare insieme una visita, se il permettete, a tre grandi miniere di sale, che io prescelgo tra le altre, per diverse ragioni, ma principalmente per questa che mi sento in grado di servirvi un pochino di guida. Quelle

¹⁾ Si potrebbe fare eccezione del gesso, il quale si presenta forse in masse ancora più potenti e più numerose di quelle di salgemma. Ma il gesso in gran parte non è sedimentare, bensì prodotto dal metamorfismo dei calcari e va quindi considerato sotto un altro punto di vista.

tre miniere hanno però anche l'incontestabile vantaggio di presentare, colle principali differenze, i due diversi tipi a cui vedremo ridursi tutti i giacimenti salini: due diversi tipi che informano poi anche i diversi metodi d'estrazione.

6. Portiamoci anzitutto a' piè dei versanti settentrionali delle Alpi, e precisamente nei dintorni di Salzburg. Eccoci al piede del Dürrenberg, la montagna del sale, la quale fa parte della catena salifera che percorre l'Austria, la Baviera, il Tirolo e la Svizzera. Il Dürrenberg è traforato e percorso da parecchie gallerie, tanto ad occidente, sul versante bavarese, quanto ad oriente, sul versante austriaco. I confini della Baviera e dell'Austria si confondono, come si confondono gli andirivieni delle rispettive gallerie, nelle viscere della montagna. Per la nostra corsa di piacere preferiremo la parte bavarese, dove pe' forestieri il servizio è migliore. Eccoci all'imbocco di una galleria. Indossato l'abbigliamento dei minatori, che non riconosce diversità nè di condizione, nè di sesso, ci troviamo a fianco l'uno dell'altro, o infilati l'uno dietro l'altro, sopra piccoli carri, pronti a scorrere sopra una piccola ferrovia, tratti da uomini o da cavalli. Il treno si muove; la bocca della galleria, per cui siamo entrati già si è fatta piccola piccola, e splende lontano lontano dietro ai nostri dorsi, come un raggio di sole che si ammorza dietro le nubi di un negro temporale. Ma anche quel raggio si spegne, e il bujo non è più rischiarato che dalle fiaccole guizzanti. Passiamo di galleria in galleria e c'è tutto l'agio intanto di dare un'occhiata alla roccia. È una accozzaglia di materiali detritici, un gres, una breccia fangosa: pezzi di sale splendono qua e colà come gemme

incastonate o perdute nel fango. Ad un certo punto si scende dai carri e si continua il cammino a piedi. D'un tratto la guida si arresta, e la galleria termina in un pozzo, che si sprofonda nelle tenebre sotto i nostri piedi. Chi vuol continuare bisogna che discenda, e il modo è tale che, a chi non c'è avvezzo, può sembrare abbastanza pauroso e strano. Quei pozzi non sono verticali, ma inclinati da 40 a 45 gradi sull'orizzonte. Il suolo, formante un piano così fortemente inclinato, è armato, a modo delle ferrovie, di due larghe guide perallele di legno, assai lisce, distanti un piede l'una dall'altra, incavate a gola verso l'interno, sicchè le due formano come il canale di una gronda. Una corda è tesa sulla destra, parallelamente alle guide. Ora che si fa?... La guida si mette a sedere entro il canale, e tien stretta la corda, per non isdruciolare giù giù come un dardo. Dietro a lui si adagia il primo viaggiatore, attenendosi ugualmente alla corda, e appuntando i piedi al dorso della guida. Dietro il primo viaggiatore si colloca il secondo nello stesso atteggiamento; dietro il secondo il terzo, poi un quarto, finchè tutta la carovana trovisi allo stesso modo-incanalata, quasi sospesa entro il collo dell'abisso. Dato un segnale, le mani che stringono la corda si allentano; la guida comincia a sdruciolare, e giù con lui sdruciolando tutta la carovana. È una specie di volata; deliziosa, vedete: chi ci si è provato una volta, si trova disposto a ripetere il giuoco le cento. Eccoci al fondo... Quale magica scena ci si apre allo sguardo! Una immensa caverna o piuttosto una gran sala, riccamente illuminata; ma il pavimento oscilla, ondeggia... è un lago salato, stagnante sul fondo della spaziosa caverna, ove si riflettono, si frangono, quasi intrecciando una danza.

le luci di cento fiaccole. In riva al lago si disegna tra luce ed ombra un oscuro Caronte, colla sua barchetta, pronto a traghettarci sul lago, che per buona sorte non è l'irremeabile onda di Stige. Uno di quegli stagni (non so precisamente se quello da me navigato) ha 90 metri di lunghezza e da 40 a 60 di larghezza, e contiene piedi cubici 201000 di acqua. Approdati sull'opposta sponda, si prosegue per un altro andirivieni di gallerie, sempre scendendo, sempre osservando nuove particolarità, tra le altre un piccolo museo di grossi pezzi di puro salgemma ed altri minerali: finchè d'un tratto ci si presenta un altro raggio di sole in mezzo al bojo, un altro pertugio lontano lontano. Se fossimo entrati dalla parte dell'Austria, precisamente presso le saline di Bertsgaden, avremmo incontrato su per giù le stesse avventure di viaggio, ma saremmo giunti all'uscita per una lunga galleria scavata nel calcare, che si distende sotto la formazione salina, e quando fossimo giunti davvero a rivedere il sole, ci saremmo trovati alla base della montagna, e la guida ci avrebbe additato su in alto, a mezzo della montagna, il punto d'onde eravamo partiti. Quanto a me ho voluto pigliarmi anche questo gusto, ed entrato in galleria a 400 o 500 metri d'altezza sul fondo della valle, discesi per le viscere della montagna, su per giù osservando le stesse cose, e compiendo un viaggio di cinque chilometri.

E così? che abbiamo inteso di tutto questo, o signori? Quello probabilmente che intendono di solito i viaggiatori, viaggino sopra o sotto terra. Si son divertiti, e basta. Io vi dirò ora come sta la faccenda. Non avrei potuto però farmi capire così facilmente, se non vi avessi dapprima ingaggiati idealmente in quella partita di piacere.

Il Dürrenberg è, quasi direbbesi, un mucchio di fango salato, accumulato entro un gran bacino calcareo. Quel mucchio di fango fa parte di una formazione salina, che vuolsi abbia uno spessore di 5000 metri.

È composta di diversi piani, ossia di diverse zone sovrapposte, le quali si succedono, in linea discendente, cioè l'una sotto l'altra, così:

1^a. Salzthon, ossia argilla salina, alternante con gesso argilloso. È quella specie di fango che vi ho descritto, e che contiene il salgemma.

2^a. Anidrite compatta, ossia gesso, che si distingue dal gesso comune, perchè mancante di acqua in combinazione col solfato di calce.

3^a. Schisto argilloso, ossia argilla dura, in sottili straterelli.

4^a. Calcare assai compatto, di tessitura affatto marmorea.

Quella formazione salina, come avete inteso, non presenta alcun vero banco di salgemma, che possa scavarsi immediatamente, come vedremo praticarsi altrove. Il salgemma vi è sparso in piccoli pezzi, talvolta in masse di qualche piede di diametro ¹⁾, ovvero in piccole vene. Del resto tutto quel fango è impregnato di sale. Come si farà ad estrarlo? Anticamente si scavavano dei pozzi verticali; si riempivano di acqua dolce, la quale diventava naturalmente salata. Quando lo era sufficientemente, la si trombava, e la si metteva a bollire nelle caldaje, finchè, svaporando l'acqua, si deponesse il sale.

¹⁾ Nel 1761 avvenne lo scoscendimento di una caverna, o sala artificiale, simile a quelle che trovammo occupate dai laghetti artificiali. Tale scoscendimento mise a nudo grandi massi di vero salgemma puro che permise uno scavo abbondante, senza ricorrere al mezzo ordinario della illusione per mezzo dell'acqua.

Vuolsi che le origini di questa industria tutta primitiva risalgano a 1200 anni almeno. Centinaja e centinaja di pozzi furono così scavati, partendo dalla superficie della montagna. Nel 1622 si introdusse il sistema ancora vigente, di cui potrete facilmente farvi un'idea, richiamando i particolari del nostro viaggio nelle viscere della montagna. Volendo aprire una nuova salina col nuovo metodo, facei così. In quel punto della montagna, che mi sembra più opportuno, comincio a scavare una galleria d'ingresso. Contemporaneamente, e sempre partendo dalla superficie della montagna, apro un pozzo o canale inclinato, il quale sbocchi nel punto, dove voglio che si arresti la mia galleria. In quel punto allargo l'area dello scavo, formando a destra e a sinistra tante piccole gallerie parallele; poi ne scavo altrettante in direzione normale alle prime, in guisa cioè che le incrocino ad angolo retto. Ne uscirà un lavoro che, se guardate alle gallerie incrociantisi, lo direte un graticcio, una inferriata; se guardate ai pilastri quadrati, che risultano dall'incrociamiento delle gallerie, lo direte uno scacchiere. Fatto questo, per mezzo del canale già accennato, invio l'acqua dolce a riempire lo scacchiere. Si intenderà facilmente come i pilastri, composti di fango, e indeboliti maggiormente dallo sciogliersi del sale, che serve quasi di cemento alla roccia, dovranno in breve spappolarsi e scomparire, sicchè tutte le gallerie si troveranno a formarne una sola. Immaginate ora l'effetto che deve produrre l'acqua la quale riempie tutta quella caverna. Il fango, che ne forma le pareti e la volta, dovrà spappolarsi come quello che ne formava i pilastri, e staccarsi a brani dai lati e dal tetto. Così la caverna si andrà sempre più allargando, e alzandosi. Il fango,

composto di argilla e di gesso che si stacca dalle pareti e dalla volta, cade sul fondo, ossia sul pavimento della caverna. L'acqua intanto si carica sempre più di sale, e, quando è satura, la si leva per inviarla a svaporarsi nelle caldaje. Si toglie nel tempo stesso dal fondo il fango già lavato, e la galleria si riempie d'acqua di nuovo. Quelle gallerie chiamansi *Werk*. Un *Werk* funziona utilmente per secoli. Uno di essi, aperto nel 1650, aveva acquistato nel 1847 una capacità di 250000 piedi cubici; il che vuol dire che aveva aumentata la propria capacità su per giù di 1250 piedi cubici annualmente. Le saline del Dürrenberg, col processo indicato, danno annualmente 200000 quintali di sale, per mezzo di 1290 000 piedi cubici d'acqua.

Avrete ora inteso senza dubbio che cosa fossero quelle gallerie, che abbiamo percorse, quei canali, per cui ci siam lasciati sdrucciolare da un piano all'altro, quel lago che navigammo sullo schifo dell'ignoto Caronte. Le gallerie risultano da un infinito andirivieni di strade sotterranee, che conducono alle caverne delle acque salate; gli sdrucciolatoi non sono che i pozzi a piano inclinato, che hanno servito e servono, o di canali d'immissione delle acque dolci, o di emissari delle acque salate. Servono però anche di tratto d'unione, ossia di scala fra i diversi piani, sui quali sono distribuite le gallerie in seno alla montagna. Quel lago finalmente non è altro che un *Werk*, riempito d'acqua solo per gnetà, a fin di renderne possibile la navigazione. Quello che mi preme abbiate inteso sopra tutto è che il Dürrenberg presenta distintissimo il primo tipo dei depositi di salgemma, cioè la forma di un deposito detritico, di un fango salato, e sparso di sal-

gemma, in arnioni, in nidi, in vene, di dimensioni più o meno considerevoli, ma sempre assai brevi.

7. Allo stesso tipo, ad onta di alcune specialità, si riferiscono le saline di Bex nel Cantone di Vaud. In luogo di un fango quasi incoerente ci abbiamo una roccia durissima, la quale si arrende soltanto alla mina. Anche qui tuttavia il sale è disseminato in nodi ed in vene in seno alla roccia, formando con essa quasi una breccia: anche qui il minerale è associato al gesso e all'anidrite. Si calcola che ogni piede cubico di roccia contenga 30 libbre di sale. La durezza del minerale impone agli Svizzeri un trattamento diverso da quello in uso presso i cavaatori del Dürrenberg. Scavando il minerale a forza di mine, si vengono ad avere anche là, lateralmente alla galleria d'accesso, delle caverne spaziose, a cui non si accede che per una porta, ossia per una galleria laterale, della larghezza di qualche piede soltanto. Scavata una di queste ampie sale, la si converte in salina nel modo che sto per dire. La caverna si riempie, fino ad una certa altezza, di pezzi di minerale, quasi murandola a secco tutta quanto è vasta. Allora si mura, a tenuta d'acqua, la galleria che serve di porta, e nella sala, convertita quasi in un gran tino a tenuta d'acqua pieno di pezzi di minerale, s'introduce l'acqua dolce. Quando questa è ben satura di sale, la si spilla come da una botte, e mediante un sistema di canali, la si conduce dapprima agli apparati di graduazione¹⁾, quindi

¹⁾ Gli apparecchi di graduazione, in uso a Bex e altrove, consistono in una specie di grande edificio, piuttosto di un gran telajo d'edificio costruito di semplice travatura, e avente l'aspetto quasi d'una gran gabbia d'uccelli. Quest'edificio serve a scatenare una gran catasta di fascine, che riempie tutto il gabbione. Per mezzo di trombe si conduce l'acqua salata a piovere sul tetto di quell'edificio, cioè sulla superficie

alle caldaje. Non c'è che da riempire di nuovo la caverna di minerale e d'acqua, per ripetere la stessa operazione e continuarla, se piace, per secoli.

8. Un secondò tipo di depositi di salgemma, affatto diverso da quello descritto, e che è anche il più interessante per la scienza, possiamo riconoscerlo, recandoci in Inghilterra alle celebri saline di Northwich. Non saremo ancor giunti alla bocca dei pozzi, che già ci accorgeremo di trovarci nel paese del sale. Quel sale che i ricchi da noi presentano entro le splendide salerie, e che il povero si acquista, oso dire, a prezzo di lagrime e di sangue, là si vede sparso per le vie, o buttato su muriccioli in ciottoli d'abbagliante bianchezza. Avvicinandoci ai pozzi, un altro non meno strano spettacolo attira i nostri sguardi. Sono le case screpolate, che strapiombano, e minacciano rovina, quasi testè quella contrada avesse sentita una forte scossa di terremoto. È lo spettacolo che ci presentano anche i distretti carboniferi in Inghilterra, tanta è la foga con cui si spingono gli scavi sotterra, in quel paese febbrilmente industrie. Siamo finalmente alla miniera. Non aspettatevi nè i gentili e dotti ispettori, nè le strade ferrate, nè i sontuosi meccanismi, nè le gabbie sicure che scendono e salgono lungo i pozzi bene scavati, nè in fine tutto quello che vi avranno presentato altrove le miniere di carbon fossile. L'industria del carbone è, dirò così, l'industria aristocratica in Inghilterra: quella

superiore della catasta, d'onde continua a piovere, divisa in mille rigagni, filtrando attraverso alle fascine, finché si raccoglie sul suolo, foggiate a modo di recipiente. L'acqua, così divisa e suddivisa sopra un'immensa superficie di evaporazione, si condensa a segno, che, condotta alle caldaje, con pochissimo consumo di combustibile, è obbligata a deporre il sale.

del sale è un'industria, tutta democratica, o, per dirla secondo l'impressione che ne ricevetti, un'industria abbandonata ai pezzenti, i soli che si prestino a speculare su quella che là è la più vile fra le più vili materie. Ci vuole del coraggio a mettere il piede entro quei tini dondolanti, sospesi a una logora fune sopra l'oscuro abisso. Ci vuole del coraggio per lasciarsi calar laggiù entro quella bolgia, guidati da un Caronte aereo, che, posando il piede sull'orlo del secchio, appare librato sulle vostre teste come il genio del male. Così si discende forse 60 o 70^m per la buja canna, finchè il fondo del tino, che rimbalza sotto i vostri piedi, vi avverte che avete toccato il fondo. Affrettatevi a balzar fuori da quella ignobile bigoncia, e vi accerto che non avrete mai provato un più generoso compenso alle vostre spiacevoli impressioni. Quanto diverso da quelle che si provano, discendendo in quelle cave di carbon fossile, dove tutto è nero, dove si veste di tenebre anche la luce! Il luogo ove siete è un palazzo di cristallo, sostenuto da pilastri di cristallo, con volte di cristallo, e il pavimento sparso di pelaggetti di acque cristalline, cinti di sponde di cristallo, seminati di scogli di cristallo. Non v'hanno che schifosi moccoli di sevo per dar luce a quel palazzo incantato; ma tutto scintilla, quasi le pareti, il suolo, le volte fossero incrostati di gemme. E lo sono in fatti; anzi quel palazzo è tutto scavato in seno a una gemma, cioè in seno a un banco purissimo di sale cristallizzato. Se fossero là i nostri poveretti! - Se il sale - dovrebbero dire - si acquista a così caro prezzo da noi, tanto vale che si ponga una gabella sull'aria che si respira. - Pensate che le saline di Northwich sono alimentate prin-

cipalmente da due banchi di puro salgemma, uno dei quali ha 25^m, l'altro 45^m di spessore. Dell'estensione di quei banchi non so nulla di preciso. Certo, è immensa, e per ritenerla tale basti il sapere che le saline furono aperte anche a molte miglia di distanza dal centro principale di questa industria. Intanto la breve descrizione che avete ascoltata, dev'esser sufficiente a darvi un'idea di questa forma di depositi, che vedremo ripetersi in cento luoghi nelle diverse regioni del globo.

Conchiudendo, i depositi di cloruro di sodio si riducono a due tipi principali: il primo è quello di un fango salato, sparso di salgemma in piccole masse isolate, molle e incoerente come a Salzburg, o duro e saldo come a Bex; il secondo è quello del salgemma puro, in banchi o strati di varia potenza, alternanti con strati rocciosi di origine detritica, principalmente di gres, e di marne, associati, come meglio vedremo, al gesso e a sali di diversa natura.

9. Vista in genere la forma e la costituzione delle formazioni salifere, gioverà formarci un'idea della loro potenza. Noi Subalpini non ne abbiamo nessuna di coteste miniere di salgemma e risponderemmo facilmente crollando la testa, in segno di incredulità, a chi ci dicesse che il sal di cucina, come il calcare, forma dei monti e delle catene di monti.

Cominciando però dall'Italia, il salgemma si presenta in Sicilia in banchi isolati di una assoluta purezza sopra una zona che si distende da Nicosia a Leonforte, occupando un'area di forse 2400 chilometri. Vuolsi che nel Volterrano il salgemma sia stato raggiunto a 148 metri di profondità, dove trovossi diviso in cinque strati, alternanti con argille, o rocce somiglianti, con uno spessore

complessivo di 22 metri. Ma io che ho visitato il luogo detto le Saline, e assunte in formazioni dubito che non si tratti d'altro che d'un fango salato, ossia sparso di salgemma. È certo intanto che non si estrae che mediante pozzi d'acqua salata. La Svizzera vanta un gran deposito di sale sulla sinistra del Reno, da Ryburg, presso Rheinfelden, fino a Basilea. Nella prima delle indicate località i banchi di sale, incontrati a circa 400 piedi di profondità, hanno uno spessore complessivo di 60 piedi. Il distretto di Vic e Dieuze in Francia, al piede della catena dei Vosgi, presenta una formazione salina di enorme estensione, la quale occupa anch'essa, come quella di Salzburg, quasi un bacino nel *calcare conchigliaceo*. Vi si contano banchi di sale in numero di venti e più, alternanti con marne gessifere. Dodici strati misurano complessivamente uno spessore di 70 metri di puro salgemma. La Francia vanta parimenti la località di Montmort, ove il puro salgemma fu traforato per 30 metri, senza che si riuscisse a trovarne il fondo. In Spagna sono celebri gli ammassi di salgemma presso la città di Cardona sul versante sud de' Pirenei, ove le montagne di sale levansi a 80 e fino a 100 metri di altezza. È maraviglioso lo sviluppo che presentano le formazioni saline in Germania, e nelle altre regioni del nord. A Wieliczka in Polonia i banchi di sale attingono complessivamente uno spessore di 100 metri ed occupano una estensione di 33000 chilometri quadrati. A Stebnitz in Galizia il salgemma fu traforato per una profondità di 400 piedi, il che vuol dire che il suo spessore supera d'assai l'altezza del Duomo di Milano. In Transilvania si osservano catene di montagne saline, che corrono molte leghe in lunghezza, con pareti a picco di centinaia di

piedi di elevazione, tutte di puro salgemma. Nel Siebenbürgen si mostrano montagne e valli di sale per 20 ore di cammino. Altre masse somiglianti si presentano in Moldavia e in Valacchia. Tra i depositi germanici è celebratissimo quello di Stassfurt, presso Magdeburg, dove, sopra una massa di salgemma quasi puro, dello spessore di 800 piedi, incombe un'altra massa di sale impuro, della potenza di 313 piedi. Ecco un deposito dello spessore di circa 400 metri di sale: il quadruplo all'incirca dell'altezza del Duomo di Milano.

Fuori dei confini d'Europa gli ammassi di salgemma ostentano una potenza di gran lunga maggiore. Masse enormi ne vantano l'Asia Minore, la Persia e l'Armenia. Altre forse ancor più considerevoli ne presentano le catene salifere al nord e al sud dell'Himalaya. A Halabaugh la via è per lungo tratto tagliata nel salgemma che vi presenta una elevazione di 100 piedi. In America sono descritte con meraviglia dai viaggiatori le saline di Pilluana, lungo il fiume Huallaga, confluyente delle Amazzoni, che nasce sulle frontiere orientali del Perù. Trattasi di una gran muraglia di montagne, che fiancheggiano la destra del fiume, formata di acutissimi con, di eccelse piramidi di puro salgemma, i cui interstizi sono riempiti di sabbia. Il sale, brillante de' più bei colori, bianco, indaco, rosa, si presenta in banchi orizzontali, alternanti con banchi di sabbie. Il paesaggio, d'una desolante sterilità, non mostra che un imponente lavoro di demolizione esercitato dalle acque, e da tutti gli agenti atmosferici. Credo che le saline di Pilluana siano in corrispondenza colle montagne di sale che nelle Ande peruviane cingono il lago Tititaca, che vanta una lunghezza di 218 miglia.

10. Ripigliamo ora la via tracciata dal nostro programma, e domandiamoci: che cosa rappresentano quei grandi ammassi di sale nel sistema dell'economia tellurica? Ma non possiamo rispondere se prima non ci riesce di conoscerne l'origine. Anche qui il passato chiede luce al presente. - Vediamo noi attualmente formarsi degli ammassi di sale? - Certamente.

Anzitutto il cloruro di sodio si registra tra i prodotti d'origine vulcanica. Spesso le fumarole dei vulcani ingemmano di sale le crepature da cui si sprigionano; spesso, anche ai giorni nostri, si videro le lave coprirsi di efflorescenze saline. Non ci perderemo ad indagare le ragioni di tale fenomeno, non essendoci del resto nulla di strano che, prescindendo dagli immediati rapporti col mare, i vapori acquee che erompono dalle lave, come contengono tanti sali e tanti minerali diversi, nominatamente cloruri, possano contenere anche il cloruro di sodio. Ci basterà notare come non vi possa essere nessun rapporto tra quei prodotti di sublimazione, in mezzo ai terreni vulcanici, e gli enormi ammassi di salgemma, regolarmente stratificati, associati ed alternanti coi terreni d'origine sedimentare. Anzi ci affretteremo a riconoscere che il salgemma, quale ci si presenta ordinariamente, in masse così imponenti, in tutte le regioni del globo, è d'origine sedimentare, cioè deposto dalle acque. Dei terreni sedimentari il salgemma ha tutti i caratteri, non mancandogli nemmeno quello di contenere dei fossili talora in gran copia. Frequentatissimi sono, per esempio, gli infusori, impigliati nel sale in tanta copia, che esso è obbligato a prendere un colorito particolare. I signori Marcel De Serres e Joly trovarono nel salgemma di Cardona infusori, monadi e bacillarie. Osservarono

anzi come da quegli animalletti dipendesse il vario colore del salgemma, presentandosi essi bianchi nella prima età, verdi dappoi e finalmente rossi nell'età più tarda. Resti d'infusori furono osservati da Schafhäutl nel salgemma delle Alpi. Il salgemma di Wieliczka, o piuttosto le rocce intestatificate contengono foraminiferi, conchiglie, coralli e crostacei. Lo stesso deposito è talvolta così ricco di piante carbonizzate, che lo chiamarono sale carbonifero. Nel salgemma di Bochnia in Galizia ai legni carbonizzati si associano noci, stroboli di pini e denti di squalo. Non si può dunque dubitare dell'origine prettamente sedimentari dei depositi di salgemma.

11. Quali acque deposero il salgemma? I fiumi ne certamente: essi non ne contengono in media che circa tre milionesimi, mentre le acque, per esserne sature, debbono contenerne il 27 per cento. Anche le sorgenti salate non potranno che difficilmente dar materia ad un deposito, mentre non v'ha sorgente, ch'io mi sappia, la quale sia perfettamente satura. La maggior parte delle sorgenti salate si tiene molto al disotto del punto di saturazione. Poi ci vorrà un bacino entro il quale queste acque si raccolgano e restino, finchè non siano interamente svaporate. Questo bacino dovrà dunque esser chiuso all'ingresso di ruscelli, di piogge in quantità appena considerevole a fronte della copia che ne dà la sorgente, altrimenti la saturazione sarà impossibile. Sono condizioni troppo ipotetiche e troppo difficili ad avverarsi. Ammettiamo anche che le sorgenti possano dar luogo immediatamente a un deposito di salgemma. Ci vuol ben altro per dar ragione di quelle montagne di sale, di quegli strati che hanno una estensione di migliaia e migliaia

di chilometri in tutte le regioni del globo e nelle formazioni di tutte le geologiche età.

Se c'è un luogo, ove possono formarsi ammassi di sale della potenza e della estensione di quelli che abbiamo citati, questo luogo dovrebbe essere il mare, mentre le sue acque diconsi salse appunto perchè contengono una quantità smisurata di cloruro di sodio; e quanto all'estensione, ce n'è di troppo. Sarà però sempre necessario che le acque del mare raggiungano il grado di saturazione, che contengano cioè una quantità di sale uguale al 27 per cento. Sarà necessario, in altre parole, che ne contengano otto o nove volte più di quello che ne contengono realmente, mentre il cloruro di sodio, disciolto nelle acque marine, non raggiunge la cifra del tre per cento. Talvolta, quando la costa offre un morbidissimo pendio, l'onda che vi si distende in sottilissimo velo, sotto la sferza dei tropici, svapora così rapidamente, che il lido rimane coperto da un'incrostazione salina. Questo però non ha per nulla a che fare cogli enormi depositi di cui cerchiamo l'origine.

Ma via; perchè andiamo cercando i depositi di sale, ove essi non possono formarsi, quasi facendo le viste di non accorgerci che vi hanno dei luoghi e delle circostanze ove realmente e naturalmente il processo del salinaggio (mi si perdoni questo francesismo) si opera su grande scala? Non sono infatti celebri anche per noi i laghi salati o saliferi delle regioni deserte dell'Africa, dell'Asia e dell'America?

Abich descrive per esempio, un lago salato a sud-est del piccolo Ararat, che contiene 21,36 per cento di sal comune, ed è nutrito da sorgenti salate. Il suo lido è

coperto da croste di sale, e il fondo da uno strato di sale dello spessore di parecchi pollici¹⁾. Il lago di Oroomiah nella Persia nord-ovest, lungo 80 miglia inglesi, largo talvolta fino a 40, contiene 19,05 per cento di cloruro di sodio. Si trova a 4000 piedi sul livello del mare, riceve alcuni piccoli fiumi e non ha emissario. Che ci vorrebbe perchè questo lago si convertisse in salina, formando un deposito di salgemma, la cui estensione riuscirebbe su per giù di sette volte quella del nostro lago Maggiore? Nella depressione aralo-caspiana, dove il suolo è tutto sparso di sale, i laghi salati sono innumerevoli. Ventuno se ne incontrano nel governo del Caucaso, e centoventinove in quello di Astracan²⁾. Il *Gran lago salato*, tra le Montagne di roccia e la Sierra Nevada, giace entro una specie di bacino caspiano. A guardarlo sulle carte, deve godere d'una estensione almeno 1300 miglia geografiche quadrate. Le sue acque sono talmente cariche di sale, che il lido si mostra incrostato di salgemma quasi puro, e Fremont vi trovò gli scogli all'ingiro di un'isola coperti d'una crosta di sale fin là dove arrivano le onde. Lasciamo che l'evaporazione si faccia un po' più attiva, ed eccovi cambiato d'un tratto centinaia di laghi vastissimi in banchi di sale. Se non vi basta la pazienza per aspettare, io potrò porvi sott'occhio dei laghi già convertiti, o prossimi a convertirsi, in banchi di sale. La provincia d'Algeri ci offre nel lago Zagrés un bellissimo esempio di salina naturale, ove il processo del salinaggio è già molto avanzato. Ecco come ce lo descrive l'ingegnere Fourmel:

¹⁾ Bischof, *Lehrb.*, I, pag. 315.

²⁾ *Ibid.*, pag. 61.

« Nell'aprile 1844, il lago Zagrés era interamente ricoperto da un'immensa crosta di sale, la cui superficie, liscia come quella di uno specchio, gli aveva prodotto da lontano l'illusione perfetta d'un velo d'acqua. La crosta, assai sottile presso il margine, acquistava bentosto un tale spessore da sopportare, senza spezzarsi, il peso dei cavalli. Più in dentro lo spessore della crosta era di 0^m,33 ed andava crescendo, finchè, nelle parti centrali del lago, giungeva a 0^m,70. In tutta l'estensione della massa, quel sale era totalmente puro di materie straniere, bianchissimo e di qualità eccellente. Il lago Zagrés vanta almeno dodici leghe di lunghezza, ed in media due di larghezza. Contiene 127 milioni di metri cubici di sale, ossia, più di due miliardi e mezzo di quintali metrici, i quali non esigono lavoro di sorta, per essere di là esportati. » ¹⁾

Non vi basta egli, o signori? Non abbiamo noi veduto formarsi sotto ai nostri occhi quei banchi di sale di cui cercavamo l'origine? E se gli esempi citati non vi bastassero, altri potrei citarvene sino alla noja... Eppure mi accorgo che voi non vi sentite interamente soddisfatti; nè lo sono, il confesso, io medesimo. Noi ci aspettavamo delle rivelazioni ben più importanti riguardo ad un sale che è sparso in tanta copia sulla terra; che i fiumi traggono in mare, con tanta parsimonia è vero, ma sempre; che in tanta copia si trova disciolto nelle sue acque; che la zoologia e la botanica riconoscono come necessario elemento della vita marina. Quei laghi, sparsi qua e colà in regioni disparatissime, non ci dicono nulla che sembri

¹⁾ Lecoq, *Les eaux minérales*, pag. 175.

interessare l'economia del globo nella sua universalità. Poi perchè i banchi di sale, depositi, per ipotesi, in seno ad antichi laghi salati, si trovano ora in seno ai continenti, e si levano formando monti e catene di monti? perchè quella sovrapposizione di banchi? perchè quell'alternanza di strati di salgemma e di strati d'altra natura? Certamente poi, se ci facciamo a cercare quale parte rappresentino nell'economia tellurica i grandi depositi di salgemma, non sapremo intendere come un fenomeno isolato e parziale, quale è quello dei laghi salati, risponda, almeno immediatamente, di ciò che deve essere d'interesse universale, come lo sono e la distribuzione del sale su tutta l'estensione dei continenti, e la quantità enorme del medesimo, disciolta in tutti gli oceani, e la necessità della sua eliminazione dagli oceani stessi. Quando infatti avessimo scoperta in antichi laghi salati l'origine dei banchi di salgemma, e ci fossimo resa ragione dei loro accidenti, ci troveremmo ancora davanti insoluto il problema della costante dosatura delle acque marine. Il sal marino si trova nei più necessari rapporti colla vita che anima l'immensità dei mari, mentre i laghi salati sono regni di morte. Come i ghiacciai sono popolati da milioni e milioni di quegli animaletti, che il volgo indica chiamandoli pulci del ghiacciajo, e il naturalista col nome di *Desoria*; così popolazioni infinite di infusori si addensano nei laghi salati. Ma via: i ghiacciai e i laghi salati non cessano per questo di essere regni di morte. Osserveremo di più che i grandi depositi di salgemma accusano d'ordinario molto evidentemente un'origine marina. Benchè il salgemma si presenti, al dire di Bischof, come il più puro de'sali; lo stesso Bischof ci mette davanti una trentina

di analisi, da cui risulta che il salgemma può contenere fino al 10 per cento d'impurità. Le sostanze che lo rendono impuro non sono che gli altri sali, i quali trovansi con esso disciolti nelle acque marine; cioè il cloruro di calcio, il cloruro di magnesio, i fosfati di calce e di soda, i carbonati di calce e di magnesia, l'ossido di ferro, l'argilla, ecc. Se ciò non basta, ci ricorderemo che i banchi di salgemma sono intimamente associati a depositi schiettamente marini, ricchi di spoglie di animali marini, e figurano d'ordinario come porzioni di vaste formazioni marine.

12. Come si spiega tutto questo, confrontando i grandi depositi di salgemma coi laghi salati?... A meno che i laghi salati non fossero essi medesimi in tali rapporti col mare, da rispondere pel mare; a meno che non rappresentassero essi precisamente in atto quella parte del grande magistero dell'economia tellurica, che si riferisce alla eliminazione dei sali marini; a meno insomma che i laghi salati non fossero che pezzi di mare...

Oh! badate che idea. Il dire che i laghi salati sono pezzi di mare, suona come una freddura; ma se lo dico, lo dico nel senso letterale della parola. Una cosa, perchè sia detta una parte, o più letteralmente un pezzo di un tutto, deve essere separata dal tutto. Un lago salato si dirà un pezzo di mare, quando sia stato separato realmente dal mare. Questa idea, non vi pare? è come un lampo in mezzo alle tenebre. E sembra che ci faccia intravedere in che consista quel magistero che dev'essere rappresentato dai depositi di salgemma, e ci prometta la soluzione dei molti problemi che ci siamo proposti. Sì: i laghi salati siano pure le caldaie ove la natura fabbrica

attualmente le grandi masse di salgemma, e dove ha fabbricate quelle che noi troviamo ora deposte in seno ai continenti: ma, se tali furono e sono, devono e dovettero essere sicuramente pezzi di mare, porzioni dell'immenso oceano, separati in diversi tempi, per rispondere alle esigenze della vita, perchè insomma, ammesso come necessario il continuo e simultaneo afflusso dei sali assimilabili ed inassimilabili, non venisse, per l'esuberanza di questi, a mancare, ed anche solo a guastarsi quella purezza del mare, consistente nella proporzione di tutti i marini elementi, che è indispensabile al mantenimento delle marine popolazioni, e quindi al compimento di quel geloso magistero che abbiamo già inteso per molti versi a loro affidato. I laghi salati, che seminano d'azzurri specchi la superficie dei continenti, hanno veramente, a guardarli, l'aria di corpi d'acqua separati dall'oceano. Talora infatti non sono divisi dal mare che da qualche banco di ghiaja o di sabbia, come le lagune salate sulle coste del Mar Nero. Talora eccoli stagnanti, come i laghi del Sahara, in mezzo ai deserti, che hanno l'aria di mari prosciugati or ora dalla vampa del sole. In fine tutto ci incoraggia a volgere in questo senso le nostre ricerche, a verificare se i banchi di salgemma siasi veramente deposti entro bacini separati dal mare, e se di questa maniera siasi raggiunto lo scopo che era contemplato nel gran codice dell'economia tellurica.

Nella prossima conferenza vedremo appunto come la dosatura del mare, per ciò che riguarda il cloruro di sodio, si ottenga perfettamente colla separazione di pezzi di mare, corrispondenti alla quantità del sale che si vuole eliminare. Vedremo come gli antichi depositi di salgemma

rappresentino tali masse di acque, separate dagli antichi oceani; come gli attuali laghi salati non facciano che rappresentare in atto quel processo di compensazione, che fu necessario in tutti i tempi; come insomma i depositi di salgemma da una parte rappresentino, per riguardo al cloruro di sodio, quel magistero del passato che, per riguardo al carbonato di calce, rappresentano i depositi calcarei, e i laghi salati d'altra parte mostrino in atto lo stesso magistero pel presente e sotto lo stesso riguardo che mostrano ugualmente in atto gli organismi secretori viventi. In passato e in presente, quanto alla eliminazione dei due sali, lo stesso scopo e lo stesso risultato; ma diverso il processo per ottenerlo secondo la natura diversa di essi. I banchi di calcare e i banchi di salgemma sono gli eliminati: gli organismi secretori e i laghi salati sono gli eliminatari.

CONFERENZA OTTAVA

SULLA NECESSITÀ DELLA ELIMINAZIONE DEL CLORURO DI SODIO DALLE ACQUE MARINE E SUI PROCESSI IMPIEGATI DALLA NATURA PER OTTENERLA.

SOMMARIO. Necessità di una conveniente dose di salmarino, 1. — Tal dose non può mantenersi senza l'eliminazione di esso sale, 2. — Processo per ottenerla, 3. — Lagune comunicanti o intercettate, 4. — Come le lagune comunicanti si convertano in saline, 5. — Come si convertano in saline le lagune intercettate, 6. — L'istmo di Suez ne porge un esempio, 7. — Mari intercettati per sollevamento, 8. — Vicende dei mari interclusi secondo le diverse condizioni idrografiche, 9. — Vicende dei mari comunicanti, 10. — Il Baltico, 11. — Il Mediterraneo, 12. — Esistenza di una controcorrente di scarico, in questo mare, 13. — Ipotesi della chiusura dello stretto di Gibilterra, 14. — Il Mar Rosso, 15. — Riassunto dei diversi casi che possono presentare i mari intercettati, 16. — Obiezione dedotta dal Mar Caspio, 17. — Ipotesi inammissibile, 18. — Il Karaboghaz e le lagune eliminatrici dei sali del Caspio, 19. — Conclusione, 20.

1. Studiando sotto i diversi rapporti la salsedine marina nelle precedenti conversazioni, abbiamo trovato come è assolutamente necessaria l'eliminazione di tutti i sali marini, mentre tutti, per quanto versati in tenui dosi in seno al mare, tendono ad accumularvisi continuamente, sicchè o presto o tardi dovrebbe verificarsi un eccesso, il quale è incompatibile colla vita. Alla eliminazione dei sali calcarei, e di tutti i sali assimilabili, suppliscono gli organismi secretori. Ma questa uscita è chiusa al cloruro

di sodio, e agli altri sali non assimilabili, mentre i fiumi non cessano mai dal versare in mare una nuova dose di questi sali, sicchè il loro accumularsi avrà per conseguenza un eccesso di salsedine, quindi l'eccidio del mondo marino. Veramente le analisi delle acque dei fiumi riportate dal Bischof mostrano come il cloruro di sodio non si trovi nelle acque dolci che in ragione di alcuni centomillesimi. Tale minima proporzione sarebbe precisamente espressa, fatta la media, da 0,39 per 100,000, ossia da 0,00039 ‰. È una dose omeopatica veramente; ma che importa? le dosi omeopatiche, accumulate col tempo, divengono dosi alepatiche mostruose, micidiali. Sono così lunghe le epoche geologiche, che ciascuna di esse sarebbe bastata a determinare una salsedine eccessiva. Badate bene che nelle epoche primitive, quando, per esempio, si formarono i depositi cambriani, il mare era già salato come precisamente lo è adesso. Per ciò che riguarda il carbonato di calce ce lo mostrarono ad esuberanza gli animali secretori, così vigorosi, così densi fin dai primissimi tempi. Possiamo dire lo stesso per ciò che riguarda il cloruro di sodio? Certamente. È un fatto che i coralli fuggono le acque dolci, benchè siano in genere più cariche di carbonato di calce che non le acque marine: è dunque segno che anch'essi, i coralli, trovano nel cloruro di sodio un elemento necessario alla vita. Lo stesso dicasi degli altri animali marini¹⁾. Mettete, delle meduse, delle conchiglie, dei ricci, dei pesci marini entro un lago di acqua

¹⁾ Si citano esempi abbastanza plausibili d'animali marini, i quali si sarebbero abituati alle acque dolci: ma sono in ogni caso semplici e rarissime eccezioni. La regola, dimostrata da tutte le osservazioni ed esperienze è questa che la fauna marina in massa non regge nè all'acqua

dolce, ed essi moriranno. Ma vi erano coralli, conchiglie, e ricci nei mari primitivi come al presente: quei mari adunque dovevano essere salati come gli attuali. La salsedine marina, così forte com'è, è tanto necessaria, che le regioni delle acque salmastre sono in genere regioni quasi spopolate. Lo è, per esempio, il Baltico, divenuto ormai un lago di acqua salmastra, e lo sono per eccellenza gli estuari, giusta le asserzioni del D'Orbigny. Vi sono certi esseri privilegiati, gli sturioni, per esempio, le anguille, ecc., tanto indifferenti a ciò che le acque siano salate piuttosto che dolci, che si dilettono di dividere la vita ora in seno alle une, ora in seno alle altre. Ma sono eccezioni, le quali ancora non tolgono ci dovessero essere in ogni tempo fiumi e laghi d'acqua dolce da una parte, e mari convenientemente salati dall'altra. Gli animali marini non vivono che nelle acque salate, e nelle acque salate vivevano certamente, il ripeto i primitivi abitatori del mare, il cui organismo risponde in tutto e per tutto a quello degli abitatori dei mari attuali. Ma se una certa misura di salsedine è condizione necessaria alla vita degli animali marini, un sol grado di più iremissibilmente gli uccide. Bastano a provarlo il Mar Morto e i laghi salati in genere. Prescindendo da certe specie che la natura assoggetta ad un regime affatto eccezionale, quei laghi salati in eccesso sono deserti d'animali. Perchè poi il cloruro di sodio sia tanto necessario agli animali marini, il cui organismo lo rifiuta, domandatelo ai fisiologi. Ci è noto,

troppo dolce, nè a quella troppo salata. Una unità in più o in meno del tre per cento basta poi perchè la vera fauna pelagica scompaia interamente, rimanendo una fauna assai povera nel caso del meno, e poverissima in quello del più.

del resto, quanta influenza abbia il sale sulla economia animale, anche per riguardo all'uomo e agli animali domestici. Noi, e gli animali che vivono con noi, ne consumiamo davvero delle montagne. Imparo, per esempio, da Heer¹⁾, che in Svizzera se ne consumano 700000 quintali annualmente. Ci basti intanto di sapere che un certo grado di salsedine è necessario alla vita, e tanto più alla prosperità degli animali marini, quali sono le conchiglie e i coralli, per poter concludere ancora una volta che i mari primitivi, i mari cambriani e siluriani erano già salati nè più nè meno dei nostri. Che doveva dunque avvenirne, considerando nella sua origine il fenomeno della salsedine marina ed ammettendo, come è necessario ammetterlo, duraturo fino ai tempi nostri il processo per cui i fiumi versano sempre del nuovo sale in mare che vi rimane non consumato nè dalla evaporazione nè dalla assimilazione?

2. Il cloruro di sodio (seguendo precisamente l'evoluzione del carbonato di calce fino al punto che è versato in mare dai fiumi) come il calcare, tende a concentrarsi, ad accumularsi sempre più. Ma il calcare è eliminato dagli organismi secretori, mentre il cloruro di sodio resta disciolto nelle acque. Il mare a quest'ora, dopo tanti milioni di anni, dovrebbe essere estremamente salato, dovrebbe anzi essersi convertito già le cento volte in salina, il cui fondo dovrebbe essere occupato da un banco di sale, d'incalcolabile spessore, ed esteso quanto l'oceano che involge quasi tre quarti della terra. Ma se il mare non è nemmeno saturo... se non contiene che il 2,700 di cloruro di sodio...; anzi la sua salsedine (in base a

1) *Le monde primitif de la Suisse*, pag. 51.

quanto abbiam detto sulla necessità di una dosatura costante per l'esistenza degli animali marini) non è nemmeno cresciuta d'un grado dal cambriano in poi. Qui ci deve essere certamente una legge di compensazione, per impedire quell'eccesso, che si presenta inevitabile. Come si potrebbe riuscire ad impedirlo?

Quanto a me non ci vedo che due mezzi: o arrestare l'immissione del sale per la via dei fiumi, od eliminarlo. Arrestarne l'immissione?... Tanto vale arrestar il giro del mondo. Bisognerà che il sole più non versi i suoi raggi sulla terra; che il mare più non svapori; che si arrestino immobili i venti; che le piogge più non cadano sulle terre; che restino sospesi i fiumi sopra la loro china. Non potendo impedire l'immissione di nuovo sale, non ci resta adunque che di tentare d'eliminarne l'eccesso. Suggestemi un mezzo di farlo, senza scegliere fra questi due che io vi propongo, cioè: o di fissarlo in qualunque modo in seno alle acque (è il processo che la natura impiega per l'eliminazione del carbonato di calce), o di levarne da esse quanto ne faccia bisogno, perchè la dosatura si mantenga costante.

3. Perchè natura non adottò pel cloruro di sodio quel processo medesimo che adottò pel calcare? Che bella cosa a vedersi sarebbero stati coralli di limpidissimo sale, conchiglie di cristallo, tinte colle più vaghe gradazioni di colori trasparenti! Sì... ma fuori dell'acqua. Quel mollusco che si fabbricasse una conchiglia di sale in mezzo all'acqua sarebbe come chi volesse vestirsi di cotone in mezzo al fuoco. Dunque?... Non c'è che ricorrere all'altro spediente: levar fuori dal mare quella quantità di sale che supera i limiti richiesti per la sua dosatura costante. Che facciam noi quando c'è troppa roba in un recipiente?

Se ne leva una parte... Bella pensata!... Ma adagio: badate che la cosa nel caso nostro non è così facile, come sarebbe a levar dalla pentola una mestola di brodo. Qui bisogna levare il sale, senza togliere l'acqua; poichè, se dal mare levate, per tutto rimedio, dell'acqua salata, quella che rimane è ancora salata come prima, e si andrà concentrando sempre più. Come si rimedia dunque per finirla una volta? Io farei così: piglierei dal mare quel tanto d'acqua che contenga quel tanto di sale, che mi piace di vederne eliminato; metto quell'acqua a svaporare in una caldaia; raccolgo i vapori, e li riporto al mare condensati in acqua divenuta dolce; il sale intanto rimarrà eliminato sul fondo asciutto della caldaia. Così operando avrò raddolcito il mare, e levatone il soverchio di sale.

Or bene: è precisamente questo l'artificio messo in pratica dalla natura fin dai primordi del mondo animato, e è quello precisamente che è rappresentato dal nostro salgemma. Una libbra di salgemma ne rappresenta su per giù 97 di acqua marina, che, separata dal mare, sciolta dappoi in vapori e condensata in pioggia, tornò dolce al mare, da cui era partita salata. Quanti miliardi di quintali d'acqua rappresenta in questo senso quel deposito di sale di 400 metri d'altezza, nascosto nelle viscere della terra a Stassfurt?¹⁾ Dite di botto, senza bisticciarvi coi calcoli, che quel deposito rappresenta un mare (e un bel mare per mia fe!) svaporato, condensato in pioggia, ritornato all'oceano.

La natura ha dunque in pronto i mezzi per ottenere

¹⁾ Vedi sopra a pag. 238.

per questa via l'eliminazione del cloruro di sodio? Li adopera? Osserviamo.

4. La natura ha due mezzi per separare in bacini parziali certe porzioni di mare, perchè servano, come è voluto dall'ipotesi, di caldaie, ove l'acqua svapori, per ritornare raddolcita all'oceano, e il sale rimanga dall'oceano eliminato. Il primo mezzo è chiaro per tutti; il secondo si rivela soltanto alla scienza. Il primo mezzo a cui alludo è quello delle *lagune salate*. Le venete lagune possono darci un'idea di quel numero infinito di lagune, che orlano, per dir così, i continenti alle foci dei grandi fiumi. La meccanica della loro formazione è semplicissima. Suppongasì un lido debolmente inclinato. Durante la tempesta, l'onda, detta *lama di fondo*, come una scopa mossa da robustissime braccia, spazzasi innanzi con impeto verso il lido le ghiaie e le sabbie, che essa smuove a considerevoli profondità. Quanto più l'onda si avvanza sul piano inclinato della spiaggia, altrettanto diminuisce la sua altezza, e quindi altrettanto si scema la sua forza impellente. Eecola costretta, prima ancora di giungere alla riva, ad abbandonare i materiali più grossi. Questi formano un rilievo, una specie di cordone sul fondo litorale del mare in quel punto. I materiali portati dall'onda successiva trovano già un ostacolo in quel rilievo: anche quelli che potrebbero oltrepassare quella linea, se non fosse l'ostacolo, vi si arrestano, ed il rilievo s'ingrossa sempre più. A poco a poco sorge un *montone* o banco, fino a soverchiare il pelo ordinario dell'acqua; in guisa da non essere egli medesimo soverchiato che dalle più fiere tempeste. Ma col montone che nacque, nacquerò cento altri fratelli, poichè l'azione dell'onda si opera naturalmente sopra una linea così lunga,

quanto è lungo il lido che si mantiene nelle stesse condizioni. I montoni allineati e congiunti costituiscono un *cordone litorale* che sorge dall'onde tra il mare e la riva, intercettando una laguna. Non vi parlo delle complicazioni a cui è soggetto questo processo per sè molto semplice: non vi dico come una creazione, che si operò in mezzo alla lotta degli elementi più mutabili e irrosi, che è anzi il tumultuoso risultato di una guerra tra i fiumi, il mare, i venti e le procelle, debba riuscire varia, irregolare, multiforme. Il cordone litorale potrà spezzarsi in molti cordoni; la laguna scindersi in molte lagune: ne nascerà un *apparato litorale* talora complicatissimo. Osservate gli immensi apparati litorali che si formano, e si rimutano continuamente alle foci del Po, del Reno, di tutti i grandi fiumi del mondo. Osservate singolarmente quello del Mississippi, il più meraviglioso di tutti, che nasce dalla lotta tra il mare e quello che, per rapporto almeno alla grandezza del suo corso, si può dir il più gran fiume del mondo. Questo apparato che cinge, parallelamente alla riva, il golfo del Messico, è costituito da una serie, quasi non interrotta, di cordoni e di lagune che svolgesi sopra un arco di ben 400 miriametri. Ma noi semplifichiamo il caso, e riduciamo le lagune ad una sola laguna. Essa non è altro che un pezzo di mare separato, intercettato. Ora che ne avviene?... Si possono verificare due casi: 1.º o la laguna si mantiene in comunicazione col mare; 2.º o la laguna è perfettamente intercettata.

5. Nell'uno e nell'altro caso la laguna dovrà trovarsi in condizioni molto diverse per rapporto alle acque dolci, al cui afflusso può vedersi soggetta come un bacino intercontinentale qualunque. Supponiamo che un laguna, la

quale si mantiene in comunicazione col mare, si trovi in una regione molto piovosa, o riceva dei corsi d'acqua considerevoli. L'acqua dolce vi avrà la prevalenza; anzi si determinerà un afflusso di acque dalla laguna al mare, sicchè la laguna si raddolcirà gradatamente, fino al punto, se fa d'uopo, di convertirsi in un lago d'acqua dolce. Supponiamo invece di trovarci in una regione arida, per esempio sulle coste del Mar Rosso, od anche in regioni mediocrementemente piovose, dove tuttavia la laguna sia salva dall'invasione delle correnti di terra. L'evaporazione, abbassando il livello della laguna, vi provocherà un afflusso di acqua dal mare: essa laguna, arricchendosi continuamente dei sali, che l'acqua svaporando vi lascia, si andrà sempre più concentrando, fino a divenire una salina naturale, simile affatto alle saline artificiali. Queste infatti non sono propriamente altro che lagune artificiali, ossia bacini scavati in luoghi dove si verificano le condizioni più favorevoli all'evaporazione, costrutti in guisa che l'acqua continuamente vi affluisca dal mare, e svaporando, vi deponga il sale sul fondo. In quest'ultimo caso adunque la laguna diverrà un lago salato, e potrà anche convertirsi totalmente o parzialmente in banco di sale. Le lagune insomma non possono mai mantenersi nelle condizioni precise del mare a cui appartengono, ma penderanno sempre verso uno dei due estremi opposti, cioè verso il lago d'acqua dolce, o verso il banco di sale.

La laguna di Venezia, per esempio, posta in una regione molto piovosa, benchè difesa dall'afflusso del Po che la convertirebbe in lago d'acqua dolce, si trova nel caso di una laguna soggetta ad addolcirsi. Essa infatti riceve una quantità sufficiente di acqua dolce, perchè la

quantità dei sali che contiene, non sia che di 2,91 per cento, mentre quella del Mediterraneo, col quale comunica coll'intermezzo dell'Adriatico, è di 3,77 per cento. La cosa è molto più sentita sulle coste bessarabiche del Mar Nero, tra le foci del Danubio e quelle del Dnieper. Là i fiumi, prima di gettarsi in mare, si dilagano nei *limans*, ossia nelle lagune più o meno vaste, separate dal mare per mezzo di banchi e di cordoni litorali. I fiumi poi trovano il loro sbocco in mare attraverso un taglio del rispettivo cordone litorale che essi medesimi si mantengono aperto. Benchè il mare, durante le tempeste, si getti talvolta attraverso quell'apertura entro le lagune, le più vaste di esse, quelle per esempio del Dnieper e del Dniester, non sanno punto d'amaro al gusto.

Le coste bessarabiche stesse offrono tuttavia il caso opposto, quello cioè della prevalenza delle acque salse e dei conseguenti effetti. Infatti i tre *limans*, ossia le tre lagune, a sud-ovest di Odessa, si asciugano parzialmente durante la state, che rende molto attiva l'evaporazione. Ove ha luogo il prosciugamento, si depongono il sale, formando uno strato che, di pochi pollici a riva, acquista fino ad un piede di altezza del mezzo. Nel 1826 se ne estrassero 240 milioni di pfund. *) Si badi che uno di quei *limans* avrà circa 170 chilometri quadrati di estensione, e potrebbe quindi, in circostanze più favorevoli, deporre un banco di sale di pari vastità.

6. Facciamo ora il secondo caso: sia cioè la laguna perfettamente intercettata. L'unica differenza in confronto dell'altro caso è questa, che la laguna potrà essere esposta

all'afflusso delle acque dolci, ma sarà libera interamente da quello delle acque salse, salvo che esse non vi penetrino per infiltrazione attraverso il suolo. Gli effetti, nelle stesse condizioni idrografiche, sono ancora i medesimi da noi contemplati nel primo caso. La sovrabbondanza delle acque dolci avrà per conseguenza la conversione della laguna in lago di acqua dolce. Quando invece non vi siano nè piogge, nè fiumi (come nel caso già supposto che si potessero formare delle lagune sulle coste del Mar Rosso), o quando l'afflusso delle acque dolci non bastasse a compensare l'evaporazione, la laguna si convertirebbe in salina, quindi, parzialmente o totalmente, in banco di sale.

In fondo alla baja di Start, sulla costa meridionale del Devonshire, sulla lunghezza di cinque a sei miglia, si osserva un gran banco di ghiaja, ossia un cordone litorale creato dal mare. Quel banco, conosciuto sotto il nome di *Slapton sands*, ha bloccato, come dice La Bèche, le foci di cinque valli. Naturalmente si è formata una laguna, la quale riceve lo scolo di molti piccoli fiumi. Quella laguna, completamente intercettata, si è gonfiata a tal punto, che ordinariamente versa in mare, da un livello abbastanza elevato sovr'esso, il superfluo delle sue acque. Al tempo stesso si è convertita completamente in lago d'acqua dolce, ove si pescano trote, o altri pesci d'acqua dolce in gran numero †). Il lago di Tschakraskoi, presso Kertsch (il quale è certamente una laguna, poichè trovasi allo stesso livello del mare di Azof, non separato da esso che mediante una stretta lingua di terra) contiene 18,10 per cento di cloruro di sodio. Nelle stesse condizioni è il lago di Siwach,

*) Bischof, *Lehrb.*, II, pag. 47.

†) H. de La Bèche, *Manuel géologique*, Bruxelles, 1837, pag. 63.

18. — STOPPANI, *La purezza del Mare*.

o Lago Marcio, sulle coste orientali della Crimea, e contiene pur esso il 14,20 per cento di sal marino¹⁾. Che manca a questi laghi per convertirsi ben presto in banchi di sale? Non trovo indicato precisamente un esempio di tale conversione: ma è come parlare di un fatto avvenuto, quando si parla di un fatto che deve necessariamente avvenire. Valgano, del resto, come fatti avvenuti, i laghi salati, che troviamo già talora in gran parte convertiti in banchi di sale. Sieno essi, come io ritengo, o lagune, o pezzi di mari comunque intercettati, basta che siano corpi d'acqua salsa, perchè divengano, nelle favorevoli circostanze che abbiamo supposto, prima saline, poi banchi di sale.

7. Ecco dunque come il mare, formando le lagune, si privi egli medesimo di una parte di sè; ecco come una parte dell'acqua del mare possa tornarvi raddolcita, mentre ne rimane eliminata una porzione del sale. Ma questa via, seguita dalla natura, è secondaria, e non risponde certamente ai fenomeni così grandi e complessi di cui cerchiamo la spiegazione. Bisognerebbe conoscer meglio le regioni tropicali, per vedere se questo processo di eliminazione si opera a grande scala. Vi ha però un banco di salgemma che conta a un di presso questa origine: è il banco dei Laghi Amari messo a nudo dal taglio dell'istmo di Suez. Vuolsi che 1625 anni a. C. Ramesse III per il primo²⁾ abbia prevenuto Lesseps nel progetto di

¹⁾ Biscuor, *Lehris*, II, pag. 72.

²⁾ Strabone attribuisce a Sesostris (verso il 1490 avanti l'era volgare) l'iniziativa della grande intrapresa. Erodoto ne fa autore Nechao o Necos (330 a. G. C.) e Diodoro Siculo l'attribuisce a Dario I. Trajano, Adriano e gli imperatori fino al sesto secolo si occuparono di tenere aperte un canale di congiunzione tra i due mari. Vuolsi che ne abbia poi costruito definitivamente uno, per viate politiche, il Califo Abou-Jafaz-el-Manzor.

riunire al Mediterraneo il golfo di Jeropoli, cioè il prolungamento del Mar Rosso verso settentrione. Pel golfo di Jeropoli altri intende il prolungamento del Mar Rosso in stretta baja fino a Suez; altri vuole che detto golfo occupasse i così detti Laghi Amari, cioè la depressione che si trova nell'interno dell'istmo sulla linea del canale che l'ha ora realmente convertita in lago salato. Nulla di più facile che di conciliare le due opinioni, ammettendo che la baja di Suez si prolungasse, ai tempi di Ramesse, fino ai Laghi Amari, come è certo geologicamente che prolungavasi già fino al Mediterraneo, che cioè i due mari erano riuniti da una manica, ossia da un canale naturale. Di questa antica manica rimangono rappresentanti le vaste depressioni tra il Mar Rosso e il Mediterraneo, cioè i così detti Laghi Amari, il lago Timsah, il lago Bellah, ecc. Ma la Manica fu intercettata tanto a sud quanto a nord, per l'azione dei due mari che accumularono le sabbie alle due estremità in forma di montoni¹⁾. In una località dove non piove, e dove

¹⁾ Chi ha ben inteso come si avanzano i delta, e come siano intercettate le lagune per la formazione dei montoni e dei cordoni litorali, intenderà anche facilmente come si debba convertire in istmo una manica, che congiunga due mari, ove abbondano sabbie, ghiaie, insomma gli elementi detritici, i quali possono facilmente ubbidire all'impulso delle onde. A giudicarne dalle descrizioni, dalle carte, dai panorami pubblicati in questi ultimi tempi, l'ostruzione della manica, ossia la formazione dell'istmo di Suez, avrebbe avuto luogo nel modo seguente. Il Mediterraneo si avanzava primitivamente fino all'estremità settentrionale dei Laghi Amari, cioè all'incirca fino alla base della catena calcarea detta Gebel Alaka. Un primo cordone litorale avrebbe intercettato un primo sistema di lagune: questo cordone litorale, risponde probabilmente alle dune allineate a sud del canale d'acqua dolce, che corre attualmente dal Cairo ad Ismailia, e risponde alla lingua di terra che separa i Laghi Amari dal lago Timsah. Così il golfo di Jeropoli (Laghi Amari) fu sbarrato a nord. Un secondo cordone litorale avrebbe

L'evaporazione trovossi in media di 15 millimetri al giorno (5^m,475 all'anno) la manica intercettata, convertita in laguna, doveva in un tempo assai breve prosciugarsi, e convertirsi in banco di sale. All'Esposizione di Parigi del 1867 si ammirava un grosso prisma di purissimo sale, dell'altezza di circa 2^m,50, tagliato verticalmente (diceva la scritta) nel banco di sale che esiste nel fondo del bacino dei Laghi Amari, il cui medio spessore sorpassava l'altezza di quel saggio. Quel banco di sale, come dimostra la verità di quanto abbiain detto circa la geologia dell'istmo, è un esempio parlante della eliminazione di masse di sale, per mezzo dell'intercettamento delle lagune.

Ma trattasi, vi ripeto, di un processo affatto d'ordine secondario, il quale non risponde che in minimo grado alle esigenze dell'economia tellurica, ed alle difficoltà della scienza. L'intercettamento delle lagune non può spiegare

intercettate un altro sistema di lagune, di cui ci resta un residuo nel lago Timsah. Un terzo sistema di lagune, ugualmente intercettato, è rappresentato dai laghi Ballah. Il gran lago Menzaleh finalmente è l'attuale laguna, intercettata dal grande cordone litorale, che si allunga dal porto Saïd verso occidente. Dalla parte opposta, cioè verso il Mar Rosso, l'interrimento è naturalmente assai minore, non mettendovi loco nessun fiume. Tuttavia il Mar Rosso avrebbe primieramente sbarrato, con un primo cordone litorale, il golfo di Jeropoli (Laghi Amari), alla estremità meridionale. Attualmente ha quasi intercettata la baja di Suez. Questa e il lago Menzaleh, prescindendo dal lavoro dell'uomo, sarebbero destinati a divenire ciò che divennero le lagune rappresentate dai Laghi Amari e dai laghi Timsah e Ballah. Dalla parte del Mediterraneo l'interrimento è relativamente rapidissimo, per effetto della corrente marina da ovest a est, che tende a trasportarvi la torbida del Nilo e le sabbie litorali. Vengo assicurato infatti che attualmente le sabbie, trasportate dalla corrente, si arrestano contro la gottata di Porto Saïd, sicché il lido si avvanza rapidamente ad occidente di questa. L'attuale canale dell'istmo non potrà mantenersi libero dalla parte del Mediterraneo che a forza di manutenzione.

nè l'enormità nei depositi di salgemma¹⁾, nè l'alternanza dei banchi di sale con altri di origine detritica, nè la loro sovrapposizione a livelli differentissimi.

8. Ma la natura, come abbiain detto, ha in pronto un altro mezzo che, se è potentissimo e molto adatto allo scopo, non è punto incredibile, e nemmeno straordinario. Ormai, o signori, vi siete resi famigliari all'idea delle oscillazioni del globo. Vi ricordate come gli atoll corallini non siano che i testimoni di un abbassamento attuale del fondo dell'oceano sopra immensa estensione²⁾, e la rassegna che abbiain fatta delle epoche del globo, non ha prodotto altro effetto, per dir così, che di presentarvi in un quadro la danza de' mondi. I continenti danzano ancora. La Scandinavia e la Groenlandia si abbassano a sud, e si sollevano a nord. La Danimarca anch'essa si solleva, e tutte le coste dell'Europa settentrionale porgono indizi di recenti oscillazioni. Negli Stati Uniti danzano in coro le coste e le isole. Si alzano le coste del Labrador, della Nuova Jersey, della Nuova Brunswick, di Bathurst, e le isole Long-Island, Martas-Vinezart, e Principe Edward. Si abbassano la baja di Fundy, il Basin of Mines nella Nuova Scozia e l'isola Grand Manan. Quale può essere l'effetto di un sollevamento per rapporto alle aree occupate dal mare? Supponiamo, per esempio, che la Scandinavia sollevasse le sue punte a sud, mentre la Danimarca continua a sollevare le sue estremità a nord. Le due penisole formerebbero una sola terra; scomparirebbe lo stretto del Sund,

¹⁾ Qui si rifletta che la laguna non può essere che un basso fondo.

²⁾ Vedi sopra Conferenza IV, § 13.

e il Baltico verrebbe intercettato. Se il sollevamento avesse luogo più a occidente, in guisa che la Scandinavia si unisse all'Inghilterra, e l'Inghilterra alla Francia, sarebbe intercettato tutto il mare del Nord. Basterebbe per questo che il fondo del mare, fra la Scozia meridionale e la Norvegia, si sollevasse, su per giù, di un centinaio di metri, e di 40^m il fondo della Manica. Più facile ancora può immaginarsi un sollevamento che chiuda il Bosforo Cimmerico, intercettando il mare di Azof; o lo stretto dei Dardanelli, intercettando il Mar Nero; o lo stretto di Gibilterra, intercettando tutto il Mediterraneo coi bacini dipendenti. Ecco interi mari ridotti alla condizione delle lagune. Voi potete applicare di botto a quelli quanto abbiain detto di queste: ma il caso è troppo importante perchè non ce ne occupiamo partitamente, anche a rischio di ripetere una parte di ciò che abbiain detto.

I mari intercettati possono presentare i due casi accennati; possono, cioè, mantenere ancora più o meno liberamente una comunicazione col mare, come attualmente il Baltico e il Mediterraneo, od esserne affatto disgiunti, come il Caspio, l'Aral e il Mar Morto. Considerando da prima i bacini perfettamente intercettati, dovremo renderci ragione di tre casi diversi che essi possono presentare nei loro rapporti colle condizioni idrografiche della rispettiva regione.

1° caso. - La concentrazione (la quantità delle piogge, e la portata dei fiumi) supera l'evaporazione.

2° caso. - L'evaporazione supera la concentrazione.

3° caso. - La concentrazione è nulla.

9. Nel primo caso il bacino intercettato, ricevendo ogni anno una quantità di acqua maggiore di quella che ne

perde per evaporazione, dovrà gradatamente gonfiarsi, finchè trovi quel punto qualunque di minore elevazione del recinto che lo chiude, il quale si converte allora in emissario. L'acqua dolce continua ad entrare nel bacino: continuano i sali ad uscirne: bisognerà naturalmente che il mare intercluso si converta in lago di acqua dolce. In queste condizioni si trovano attualmente i nostri laghi dell'alta Lombardia, che io potrei dimostrarvi non essere altro in origine che seni di mare intercettati. Siccome l'argomentare in proposto ci fuorrierebbe di troppo, vi basti di sapere che tutti i nostri laghi si sprofondano di centinaio di metri sotto il livello del mare¹⁾, da cui non sono separati che per via delle alluvioni che formano la pianura, e degli umili colli. Questi poi non sono che morene, cioè cumuli di detriti, depositi dagli antichi ghiacciai ed eretti come una barriera fra l'Adriatico e i seni in cui esso si ramificava come in altrettanti canali di mare o *fiords*, simili agli attuali della Scozia, della Scandinavia, Groenlandia, Nuova Zelanda, ecc.²⁾.

¹⁾ Ciò si rileva dalla seguente tabella, compilata, salvo che pel lago di Garda, sui dati raccolti nel volume intitolato *Notizie naturali e civili sulla Lombardia*.

	Profondità massima	Sul livello del mare	Sotto il livello del mare
Lago Maggiore	800 ^m	194 ^m	606 ^m
» di Como	588 ^m	198 ^m	390 ^m
» d'Isèo	350 ^m	191 ^m	159 ^m
» di Garda	800 ^m	69 ^m	731 ^m

²⁾ Questa storia sull'origine dei laghi lombardi, da me enunciata nelle mie *Note ad un Corso di geologia*, pubblicate nel 1865 (prima che lo fosse da Oscar Püschl) e più esplicitamente nel mio *Corso di geologia*, è dimostrata anche nell'articolo da me pubblicato nel dicembre 1874 - *Il mare glaciale ai piedi delle Alpi* - nel giornale *Rivista italiana* (vol. I e II. Milano, tip. Lombardi, 1874). Scoperte più recenti mi hanno però fatto conoscere che lo abbarramento degli antichi *fiords*

Se si verifica il secondo caso, se cioè l'evaporazione supera la concentrazione, il bacino intercettato si andrà diminuendo, finchè la superficie sia ridotta al punto che la concentrazione e l'evaporazione si compensino esattamente. Il bacino allora rimarrà stazionario. La sua salsedine però (già accresciuta dalla evaporazione di quella quantità di acqua che dovette essere eliminata per stabilire l'equilibrio fra l'evaporazione e la concentrazione) si accrescerà sempre più coll'acquisto dei sali, che i fiumi di continuo vi riversano, e che le acque, svaporando, vi abbandonano. Il Mar Morto, nelle sue attuali condizioni, ci mostra evidentemente un esempio di ciò che deve avvenire di qualunque bacino intercluso il quale si trovasse nel secondo caso da noi contemplato. La superficie di quell'immenso stagno si trova a 390^m sotto il livello del mare. Questa strana depressione già per sè ci fa propensi a supporre che si tratti di un pezzo di mare intercettato, il quale dovette restringersi e abbassarsi in conseguenza dell'evaporazione, che non trovava sufficiente compenso nell'unico fiume (il Giordano) che vi si scarica. Il supposto trova un saldo contrafforte nel fatto così volgar-

subalpini è un fatto assai più complicato di quello che a prima vista poteva sembrare. Le morene non vi rappresentano probabilmente che una parte complementare, mentre lo sbarramento si deve già originariamente ai terreni pliocenici marini e fluviali. Mentre sto correggendo (luglio 1881) le bozze di questa 2^a edizione, è già posta in vendita dalla ditta F. Vallardi in Milano la mia nuova opera - *L'era neozoica in Italia* - (un grosso volume in 8^o grado, con molte tavole e incisioni, oltre una gran carta degli antichi ghiacci dell'Alta Italia) nella quale è svolta ampiamente la questione dei fiordi e dell'origine dei laghi nei rapporti con tutti i fenomeni dell'epoca glaciale in tutte le regioni del globo. Importantissima intanto, e affatto consona colla mia idea circa l'origine dei laghi lombardi, è la scoperta d'una microfauna marina, ancora vivente nei laghi stessi che si va aumentando ed illustrando dai professori Pietro Pavesi e Leopoldo Maggi dell'Università di Pavia.

mente noto della sua intensa salsedine¹⁾. Le analisi in fatti danno ai sali contenuti nell'acqua del Mar Morto un valore su per giù di 15 a 27 per cento. Il cloruro di sodio si piglia per sè solo dal 7 al 12 per cento²⁾. Quanti laghi si troverebbero nelle condizioni del Mare Morto, se fossero situati in regioni ove l'evaporazione superasse l'annuale quantità di pioggia che vi si riversa! In queste condizioni si troverebbero precisamente i nostri

¹⁾ Ormai il restringimento o abbassamento del Mar Morto, per effetto della prevalenza dell'evaporazione sulla concentrazione, non è più un supposto dopo la *Carta geologica del bacino del Mar Morto*, pubblicata da L. Lartet, annessa alla grande opera in corso di pubblicazione (*Voyage d'exploration à la Mer Morte etc.* par M. le duc de Luynes) e all'opera dello stesso Lartet (*Essai sur la géologie de la Palestine*) che mi spiace di non aver conosciute all'epoca in cui tenni le mie conferenze. Questa carta figura come *depositi antichi del Mar Morto* una formazione marnosa assai vasta, che si estende a tutto il bacino, forse fino al lago di Tiberiade, quasi in continuazione dello stesso attuale Mar Morto. Quei depositi direbbero con certezza che, in epoca assai recente (nell'epoca quaternaria e probabilmente partendo dal termine dell'epoca glaciale) il Mar Morto occupava in gran parte, forse tutta, la valle del Giordano, elevandosi naturalmente ad un livello molto maggiore dell'attuale, e forse fondendosi col lago di Tiberiade, che si trova a circa 200 metri di elevazione sopra il Mar Morto. Anche il signor Lartet attribuisce ad eccesso di evaporazione un tale abbassamento, che ebbe poi per effetto la concentrazione dei sali. Egli nega però che il Mar Morto sia un antico mare intercettato; ciò che io invece sostengo ancora come certo. Supposto dunque che il lago di Tiberiade e il Mar Morto abbiano formato un solo mare interno, avremmo il caso di una parte di questo mare convertito in lago di acqua dolce (lago di Tiberiade) per eccesso di concentrazione, e di un altro, convertito in salino (Mar Morto) per eccesso di evaporazione. Anche questo argomento fu da me toccato in diversi scritti, e sarà svolto ampiamente in un volume sulla geografia fisica dell'Oriente che è quasi pronto per la stampa.

²⁾ La differenza relativamente enorme delle cifre che indicano la salsedine del Mar Morto non è soltanto da attribuirsi per avventura all'incertezza delle analisi, ma anche alle condizioni diverse in cui si trovano le sue acque secondo i luoghi e secondo le stagioni. In vicinanza delle foci del Giordano, ed anche lontano alla superficie, sopra tutto nella stagione delle piene, le acque del Mar Morto devono temporaneamente e radicalmente raddolcirsi. Dovrebbero anzi rigettarsi tutte le analisi dei

laghi lombardi, quando venissero trasportati in regioni prossime al deserto come è quella del Mar Morto. Il lago di Garda potrebbe, per esempio, abbassarsi al livello dello stesso Mar Morto, cioè 390 metri sotto il livello del mare, rimanendo ancora un lago della profondità di 350^m all'incirca¹⁾.

Nel caso che stiamo contemplando, quando l'equilibrio fra l'evaporazione e la concentrazione non succeda prima che le acque abbiano raggiunto il loro grado di saturazione, potrà aver luogo l'abbandono di una certa quantità di sale, cioè la formazione di un banco di sale all'ingiro e sul fondo del bacino. Supponiamo che un dato bacino intercettato contenga 100,000 metri cubici di acqua, e ogni anno ne svaporino 1000 e ve ne affluiscano 500. Ci sarà ogni anno una perdita di 500 metri cubici di acqua. In 200 anni quel bacino sarà prosciugato, non rimanendovi che la rappresentanza di quei

saggi presi e alla superficie o a profondità mediocri. Leggiamo infatti in Lartet (*Essai sur la géologie de la Palestine*) che le acque del Giordano, stante la loro poca densità, galleggiano su quelle del Mar Morto, e determinano una corrente superiore che le percorre da nord a sud ed è sensibile fin nelle porzioni più meridionali di esso. Ritengo per ciò che la vera salsedine del Mar Morto è rappresentata, non già dalla minima, o nemmeno dalla media, che si potesse stabilire sopra un piccol numero di analisi, ma piuttosto dalla massima, che è di 27, anzi di 28 per cento secondo le analisi più recenti, riportate nella suddetta opera di Lartet che, come dissi, non ho potuto consultare in tempo utile. Tanto è vero che (sempre secondo i recentissimi dati fornitici dal Lartet) le acque del Mar Morto sono assai ricche di quei sali che si trovano nelle acque che residuano dopo che il cloruro di sodio si è depositato, ed ha cominciato a deporre. Più i depositi argillosi, che si formano attualmente sul fondo del Mar Morto alla profondità di 200 a 400 metri, contengono cristalli cubici di sale (cloruro di sodio) e cristalli di gesso, segno certo che le acque profonde sono sature, e già in atto di deporre il salgemma, chi sa da quanto tempo!

¹⁾ Vedi sopra la nota al principio di questo paragrafo.

500 metri cubici, che vi affluiscono annualmente. Quel bacino sarà dunque ridotto a $\frac{1}{100}$, il che vuol dire che conterrà 200 volte più di sale, che non ne contenesse originariamente, o meglio, che si sarà convertito, salvo una dugentesima parte, in un banco di sale. Pare che il Mar Morto realizzi anche questa seconda parte dell'ipotesi, poichè Linch vi osservò all'ingiro degli strati di sale, alternanti con strati fangosi.

Venendo finalmente al terzo caso, dobbiamo supporre tali condizioni di luogo, che nè piogge nè fiumi vengano a compensare, nè per molto nè per poco, la perdita che il bacino subisce. Sono precisamente le condizioni che si verificarono nei Laghi Amari, e si verificano attualmente nel lago Zagrès già descritto¹⁾. Se gli uni già convertironsi, l'altro sta convertendosi in un banco di sale, il quale avrà forse 100 chilometri quadrati di estensione.

10. Visto che avvenga, secondo le diverse condizioni idrografiche, dei bacini perfettamente intercettati; osserviamo che debba avvenire di quelli, che si mantengono ancora in comunicazione col mare. Supponiamo dapprima in questo caso che la comunicazione si mantenga sufficientemente libera, così da permettere facilmente lo scambio delle acque fra l'oceano e il bacino intercluso. Eccoci di nuovo ai tre supposti circa le condizioni idrografiche del bacino intercluso. Se l'oceano e il bacino che ne è separato potessero rimanere l'uno e l'altro immobili e stagnanti, esso bacino, come fosse perfettamente intercettato, si convertirebbe in un lago d'acqua dolce, dove la concentrazione superi l'evaporazione; o si concentrerebbe

¹⁾ Vedi sopra a pag. 273.

sempre più, fino a convertirsi totalmente o parzialmente in banco di sale, quando la concentrazione o fosse nulla o anche solo rimanesse al di sotto dell'evaporazione. Ma noi non abbiamo calcolato l'effetto che deve produrre lo squilibrio fra due vasi comunicanti, riempiti d'un liquido di differente densità.

Supponiamo due vasi in libera comunicazione fra loro, l'uno riempito di acqua, l'altro di olio. Voi vedete tosto, o signori, come il liquido più pesante, cioè l'acqua, si precipiterà sotto il più leggero, cioè sotto l'olio che riempie uno dei vasi. L'olio, alla sua volta, si riverserà a galla sopra l'acqua contenuta nell'altro vaso. I due vasi riusciranno ambedue per metà riempiti d'acqua inferiormente, e per metà d'olio superiormente.

Ripetendo un supposto già riferito altra volta, facciamo che l'acqua, mano mano che si riversa entro il vaso dell'olio, diventi olio essa pure, e l'olio diventi acqua, mano mano che trabocca nel vaso dell'acqua. Invece di arrestarsi i due liquidi l'uno sull'altro, circoleranno; si stabilirà, voglio dire, un giro di correnti, una di acqua, scorrente sul fondo del canale di comunicazione fra i due recipienti, l'altra di olio che scorre a ritroso della prima alla superficie dello stesso canale.

Il supposto vi spiega perfettamente ciò che deve avvenire quando un bacino intercluso si mantenga in comunicazione coll'oceano, tanto se nel bacino l'evaporazione supera la concentrazione, quanto nel caso opposto. Fra il bacino intercluso e l'oceano si stabilirà un giro di correnti, che tende a mescolare continuamente le acque dell'uno con quelle dell'altro. Se il bacino intercluso riceve acque dolci in gran copia, le sue acque, fatte più leggiere coll'addol-

cirsi, si moveranno superficialmente verso l'oceano come corrente superiore, e l'Oceano si moverà alla sua volta verso il bacino, come corrente inferiore. Quando invece sia prevalente l'evaporazione nel bacino intercluso, le sue acque, rese per concentrazione più pesanti, si precipiteranno come corrente inferiore verso l'oceano e l'oceano fluirà verso il bacino come corrente superiore.

Ciascuno intende come, nelle supposte condizioni, il bacino intercluso non potrà mai nè diventare un lago d'acqua dolce, nè acquistare una salsedine eccessiva, e molto meno convertirsi in banco di sale. Siccome però lo scambio delle acque non si compie che con una certa lentezza, le opposte ragioni prevalenti avranno campo di farsi sentire più o meno, secondo che più o men libera è la comunicazione fra i due bacini, più o men rapido il moto delle correnti, più o meno considerevole l'ampiezza del bacino intercluso. Perciò il bacino intercluso si manterrà o più salato dell'oceano o meno, secondo che vi prevalga l'evaporazione o la concentrazione.

Le geografia fisica ci fornisce tre bellissimi esempi, che rispondono ai diversi casi da noi contemplati. Sono il Mar Baltico, il Mediterraneo, il Mar Rosso.

11. Il Mar Baltico è un piccolissimo mare, ma serve di fognà ad una porzione estesissima dell'antico continente. A lui confluiscono i fiumi della Svezia, della Lapponia, della Finlandia, della Polonia: molti fra questi sono fiumi imponenti; l'Oder, il Weichsel, il Niemen, la Duna, la Neva, ecc. Tanta copia di acque dolci non può essere senza effetto. Il Mar Baltico infatti è un mare addolcito, mentre la quantità dei sali che esso contiene non arriva che a 1,77 per cento. Un po' che si tiri in-

nanzi per questa via, dovrebbe diventare un lago d'acqua dolce; e lo diventerà infatti se il Kattegat si andrà ostruendo, pei detriti che le correnti vi arrecano dai continenti, troncando ogni comunicazione tra esso ed il Mare del Nord. Il suo attuale raddolcimento, e la futura sua conversione in lago d'acqua dolce non sono che l'esito necessario di un processo incoato da secoli. I celebri *Kiøkkenmøddings*, cioè quei cumuli immensi formati cogli avanzi dei pasti delle popolazioni preistoriche dell'epoca della pietra, sparsi all'ingiro del Kattegat e del Mar Baltico, indicano che la vita marina prosperava in quel mare assai più che al presente; il che vuol dire che le acque vi erano allora più salate che oggi non siano. Le conchiglie mangereccie, come il *Mitylus edulis*, il *Cardium edule*, e l'ostrica comune vi prosperavano assai, attingendovi riguardevoli dimensioni. L'ostrica se n'è ormai dileguata, e le altre due specie vi appajono rade, piccole, intristite. Tuttavia il processo del raddolcimento del Mar Baltico, calcolata la lontananza dei tempi preistorici, si svolge assai più lentamente che non dovrebbe attendersi da tanto numero di fiumi che vi mettono foce. La ragione di tale lentezza sta in ciò che lo stretto del Sund, tra la Scandinavia e la Danimarca, è abbastanza largo e profondo per permettere lo scambio delle acque tra il bacino intercluso e l'oceano, ossia tra il Baltico e il Mare del Nord; e questo avviene appunto nel modo indicato, quando paragonammo due mari comunicanti a due vasi comunicanti, l'uno dei quali sia ripieno di un liquido meno denso di quello che l'altro contiene. Il Mar Baltico, nel paragone introdotto, sta pel vaso ripieno di olio, mentre l'acqua è tanto più leggiere quanto è più dolce: il

Mare del Nord, fornito di un'acqua più salsa e quindi più pesante, figura il vaso ripieno di acqua. Il Mar Baltico dovrà dunque fluire verso il Mare del Nord, passando lo stretto del Sund, come corrente superiore, diretta da sud a nord; il Mare del Nord dovrà precipitarsi, come corrente inferiore, diretta da nord a sud, attraverso lo stretto, sotto il Mar Baltico¹⁾. Queste due correnti, una superiore l'altra inferiore, esistono difatti nello stretto del Sund.

Si narra che un vaporè fu investito da un altro avanti Helsingør, cioè all'imbocco ovest dello stretto del Sund. L'investito-fu si pronto a sommergersi, che l'equipaggio fu salvato a stento. A mare tranquillo un palombaro si provò di calarsi sul fondo per pescare gli effetti dei naufraghi; ma invano. Una forte corrente, diretta da nord a sud, cioè dal Mare del Nord al Mar Baltico, gli impediva di tenersi saldo, rendendo vano ogni suo sforzo²⁾. La corrente inferiore si fa sentire del resto fino a Copenaghen. La corrente superiore poi non è che un fatto visibile a tutti, mentre è molto sensibile alla superficie del Sund per la maggior parte dell'anno³⁾. Le navi che passano lo stretto servono del resto a mettere nella sua piena

¹⁾ Sarà necessario che il lettore, mentre legge questa conferenza, si tenga sotto gli occhi il suo atlante geografico. Qui poi osservi, per non equivocare, che il Mare del Nord trovasi ad ovest per rispetto al Mar Baltico, ma che lo stretto del Sund, che mette in comunicazione i due mari, è orientato precisamente da nord a sud.

²⁾ Biscuoy, *Lehrb.*, pag. 579.

³⁾ Non sempre la corrente superiore va dal Baltico al Mare del Nord verificandosi talvolta il caso contrario. Le tempeste che vengono da nord devono naturalmente accumulare le acque di quel mare verso lo stretto, sicchè talvolta la corrente superiore che suole uscire dal Baltico si trovi-elisa, ed anche vinta dalla corrente superiore contraria, prodotta temporaneamente dal suddetto accumulamento. Ne nascerà nel primo caso la calma; nel secondo avrà luogo una corrente superficiale da nord

luce l'esistenza delle due correnti. I legni pesanti infatti, che pescano molto, navigando dal Mare del Nord verso il Baltico, vincono assai bene la corrente superiore, ed anche il vento contrario che spiri per avventura da mezzodi; mentre le barche leggiero, che pesano poco, ci si provano invano. Come si spiega questo strano fenomeno? Assai facilmente, quando si badi che le navi le quali pescano molto, immergono la loro carena nella corrente inferiore, la quale, movendosi in senso contrario alla superiore, le aiuta a vincerla. I legni leggieri invece, pescando poco, non godono di questo favore, e rimangono esposti irrimediabilmente alla violenza della corrente superiore.

I fenomeni descritti debbono verificarsi certamente pel Mar d'Azof, il quale comunica col Mar Nero mediante il Bosforo Cimmerico, o stretto di Kertsch, mentre il Mare di Azof ha una salsedine di 1,19 per cento, in confronto del Mar Nero che l'ha di 1,77 per cento. Devono verificarsi pel Mar Nero stesso, colla sua salsedine di 1,77 per cento in confronto di quella del Mediterraneo, che vanta la cifra elevatissima di 3,77 per cento¹). Supposto

a sud Prösiglius, comandante di un vascello, trovò nel 1846 che, in 131 giorni, per 86 la corrente superiore scorreva dal Baltico al Mare del Nord, con una salsedine di 1,15 per cento; per 24 si muoveva dal Mare del Nord verso il Baltico, con una salsedine di 1,60 per cento; per 21 giorni c'era calma, con una salsedine di 1,33¹/₂. (Biscnor, *Lehrb.*, I pag. 457).

¹) All'epoca in cui tenni le mie conferenze non potevo parlare della corrente superiore dal Mar Nero al Mediterraneo, pel Mar di Marmara, che come di un supposto. Benché dovessi ritenerla certa di fisica necessità, di fatto non ne conoscevo l'esistenza. Io non voglio perciò asserire che una corrente, visibile in guisa da non poter sfuggire all'occhio dell'osservatore più distratto, fosse o sia ignota ai geografi. Non cessa però ancora la mia meraviglia nel ricordarmi che i trattati più noti di geografia, e tutti gli autori da me consultati non ne fanno alcun cenno. Potei invece verificarla (senza alcun merito al certo) nel mio viaggio in Oriente durante l'autunno 1874. Partendo da Costantinopoli per rimontare

ora il caso di un sollevamento del fondo marino, ossia della formazione di una terra, che venisse a chiudere lo stretto del Sund, il Bosforo Cimmerico, il Bosforo propriamente detto, o lo stretto de' Dardanelli, non potendo più l'acqua fluire dai rispettivi mari verso i bacini intercettati, il Baltico, il Mar d'Azof e il Mar Nero col Mar di Marmara, si convertirebbero in laghi d'acqua dolce.

Osserviamo ora il Mediterraneo a petto dell'oceano Atlantico. Raccomando il caso alla vostra attenzione, poiché parmi il più a proposito per noi.

12. Il Mediterraneo comunica coll'oceano mediante lo stretto, relativamente molto angusto, di Gibilterra. Benché questo mare interno serva di fognia a tre continenti, stante

il Bosforo, lungo la costa europea, si arriva presto dove il canale è più stretto, cioè alla punta detta di Arsanukeni dai Turchi, e, dai Greci, Megarena, ossia *grande corrente*. Qui infatti il moto dell'onda disegna una corrente che discende, con impeto torrenziale, verso il Mar di Marmara. Da molti giorni il mare era buonissimo; tuttavia la corrente che veniva da nord era assai forte, e, benché i venti soffiassero da sud, leggieri kaili (barchette d'uso comune in quei posti) faticavano assai a rimontarla. Il signor Antonio Rassol, capitano del Lloyd Austro-Ungarico a bordo del piroscafo *Austria*, uomo molto pratico di quelle acque, mi narrava che, quando soffiavano i venti di nord, oltre la Megarena, molti altri fili di correnti visibilissime, nella stessa direzione, si determinano tanto che il Bosforo sembra talora trasformarsi in un gran torrentaccio. Si parla in quei siti di una controcorrente superficiale che rimonta il Bosforo dalla parte opposta e parallelamente alla Megarena. Ma, a quanto mi disse il suddetto Rassol, non è essa (né può esserlo), propriamente parlando, una controcorrente, ma è la stessa Megarena che, alla punta di cui si è parlato, forma una specie di vortice, ripiegandosi sopra se stessa, sicché ne risulta sulla sponda opposta una piccola corrente di ritorno verso nord, la quale è vinta ben presto e trascinata di nuovo verso sud dalla corrente principale. Una controcorrente ci dev'essere nel Bosforo; ma questa inferiore per necessità fisica. Nessuna osservazione od esperienza esiste, che lo sappia, in proposito. Soltanto, allora che infuriano i venti di sud, si manifesta superficialmente un leggiero afflusso della acqua verso il Mar Nero.

l'enorme vastità della sua superficie, la sua evaporazione è tale che, a calcoli fatti, raggiunge il triplo della concentrazione. Il Mare Mediterraneo dovrà dunque abbassarsi di livello, e fare appello per ciò alle acque dell'Atlantico, il quale deve necessariamente invadere lo stretto, e accorrere continuamente a riparare la perdita continua del bacino intercluso. È noto a tutti che una corrente marina superficiale entra dall'Atlantico nel Mediterraneo attraverso lo stretto di Gibilterra. In circostanze favorevoli la corrente si fa così robusta, che le navi a vela non ne sostengono l'urto. Nel 1855, per esempio, molte navi, che erano in viaggio per l'Atlantico, fur viste a riparo fuori dello stretto attendere per tre mesi che la corrente permettesse loro di riprendere il viaggio. Siccome l'acqua molto salsa dell'oceano entra continuamente nel Mediterraneo, per compensarne la rapida evaporazione; il Mediterraneo stesso dovrebbe continuamente arricchirsi di sali. Non andrebbe molto pertanto a verificarsi un tale eccesso di salsedine, da rendere impossibile la vita entro il bacino così attualmente pescoso. Anzi perchè codesto non è avvenuto di già? Dopo tanti secoli (calcoliamo anche soltanto quelli che ci numera la storia) il Mediterraneo dovrebbe essere salato in eccesso e convertito, almeno parzialmente, in un banco di sale. La cosa parve tanto necessaria al signor Lyell, che si lasciò andare a supporre l'esistenza di un banco di sale sul fondo del mare. Il supposto è veramente un po' ardito, mentre le acque del Mediterraneo tengonsi tanto al disotto del punto di saturazione.

Ad ogni modo il supposto che il Mediterraneo siasi già convertito, o debba parzialmente convertirsi, in banco di

sale, sarebbe rigorosamente logico, quando si dovesse aver riguardo soltanto alla evaporazione. Siccome invece dobbiamo tener calcolo anche dello squilibrio tra i due vasi comunicanti, nel senso che abbiám detto, il supposto stesso svanisce come una larva. Il Mediterraneo non poteva e non potrà mai, finchè durino le attuali condizioni geografiche, nè convertirsi in un banco di sale, nè acquistare un maggior grado di salsedine. Eccoci infatti i due vasi dell'olio e dell'acqua, come pel Mar Baltico, ma invertiti. Il mare intercluso, cioè il Mediterraneo, è il vaso dell'acqua: l'Oceano Atlantico è il vaso dell'olio. Una corrente inferiore dovrà versarsi dal primo nel secondo, e una corrente superiore supplirla, versandosi dal secondo nel primo. Per giustificare il primo asserto basterebbero le analisi, che portano la salsedine dell'Atlantico al 3,39 per cento, e quella del Mediterraneo al 3,77 per cento. Ma qui non sta il tutto.

13. Si rifletta come l'acqua del Mediterraneo, mano mano che svapora alla superficie, diventa più densa, e deve per questo cadere al fondo e lasciar luogo all'acqua più leggiera. Dovendo le molecole di acqua distribuirsi verticalmente in quel gran recipiente secondo la rispettiva densità, necessariamente l'acqua sarà più pesante, quindi più salata, al fondo che alla superficie. Sarebbe difficile di arguire quale possa essere la differenza in densità tra le regioni superficiali e le regioni più profonde. Per buona sorte abbiamo l'esperienza che supplisce all'induzione. Il capitano Smyth attinse l'acqua del Mediterraneo a diverse profondità tra 50 e 680 miglia inglesi da Gibilterra. I saggi fornirono la materia alle celebri analisi di Wolla-

ston, i cui risultati sono espressi nello specchio che vi pongo sott'occhio. ¹⁾

Profondità 2400 piedi	Peso spec. 1,0235	Quantità di sali 3,99 per cento
- 2700 -	- 1,0294	- 4,05 -
- 4020 -	- 1,1288	- 17,3 -

La cifra di 1,1288, che esprime la densità, e quella di 17,3 per cento, che esprime la salsedine delle acque raccolte alla maggiore profondità nel Mediterraneo, sono così enormi, che i fisici, con tutto il rispetto alla valentia del chimico, non poterono indursi a non ritenerle come sospette. Intanto, se il fatto della maggior densità delle acque nelle regioni inferiori è vero anche in proporzioni assai minori, deve verificarsi il secondo asserto, quello delle due correnti, intese continuamente a rimettere l'equilibrio tra i due gran vasi comunicanti. La corrente superiore, che entra nel Mediterraneo, esiste senz'altro, e ne abbiamo già detto abbastanza. Veniamo dunque a dimostrare la necessità di una corrente inferiore la quale deve, come ho detto, precipitarsi, e con gran impeto, dal Mediterraneo nell'Atlantico attraverso lo stretto, tanto più che questo è profondo abbastanza per lasciar luogo allo scambio di cento correnti.

Ditemi un po' anzi tutto se il fatto stesso di questa corrente inferiore, quand'anche non ci fosse noto, e le conseguenze del fatto, non dovrebbero ammettersi per quest'unica ragione che il Mediterraneo, non solo non è converso in banco di sale, ma non presenta nemmeno un grado di salsedine appena eccessivo? Dove va tutto quel sale che è abbandonato entro il bacino da quella enorme

quantità di acqua (il triplo di tutti i fiumi dell'Europa, dell'Asia e dell'Africa che versano nel Mediterraneo), che svapora? Se entro il bacino non ci esiste, è segno che ne è portato fuori; e da chi lo può essere, se non da una corrente che lo sfoghi nell'Atlantico? Vi ricordate che i coralli del Grande Oceano aspettano i sali dall'Atlantico. Da chi li avrà questo se non principalmente dal Mediterraneo?

Ma a che serve tutto questo lavoro di illazione, se la corrente inferiore esiste, ed è così dimostrata dall'osservazione e dall'esperienza, che sarebbe da giudicarsi tempo gettato quello che impieghiamo a dire quanto abbiam detto, se il dimostrare le ragioni, per cui un fatto deve esistere, non fosse già un anticipare le ragioni, per cui il fatto stesso esiste? L'episodio seguente è riportato dal Maury. Un marinajo, a bordo di una fregata, trovandosi nella scialuppa, veniva trascinato velocemente lontano dalla nave verso est nel mezzo della corrente che entra dallo stretto di Gibilterra. Che fare in quel frangente per scongiurare il pericolo di trovarsi solo in balia del mare? Gli vien in mente, in mezzo alla confusione, di dar di piglio ad una fune con annodato ad uno dei due capi un secchio per attinger acqua, come si suole nei bastimenti, e di calarlo in mare con entro una palla da cannone. Il suo pensiero fu certamente quello che il secchio, reso così pesante, e sommerso in acqua, dovesse opporre tale resistenza alla corrente da diminuire almeno la violenza colla quale la scialuppa ne era trascinata. Fatto sta che, calato il secchio ad una certa profondità, la scialuppa si arrestò: Ma il più curioso è questo che, lasciando calare il secchio ad una profondità maggiore, la scialuppa si vide tosto

¹⁾ Buschor, *Lehrb.*, 11, pag. 40.

muoversi in senso contrario, cioè trascinata contro corrente, voglio dire verso ovest, in direzione della nave da cui s'era staccata. Qui c'era dunque una corrente sottomarina che scorreva nel senso contrario alla corrente superficiale, ed era abbastanza potente per vincerla. Il secchio che vi si era tuffato bastava a far l'effetto d'una barca di rimorchio. La corrente inferiore, che qui si rivela così evidente, non si trovava che alla profondità di quattro o cinque braccia, e la sua velocità, minima superiormente (certo per l'attrito contro la corrente superiore), cresceva colla profondità. Maury riporta pure il fatto, narrato dal dottor Hudson, di un vascello olandese, che, attaccato e colato a fondo tra Tariffa e Tangeri, ritornò a galla alcuni giorni dopo, quattro leghe più a ovest del luogo in cui si era sommerso.

Conchiudendo, esiste adunque una circolazione tra il Mediterraneo e l'Atlantico, per mezzo di due correnti; l'una superiore, per cui le acque dell'oceano entrano continuamente nel Mediterraneo per rimettervi l'acqua che ne sorte per evaporazione, più quella che ne sorte come corrente inferiore; l'altra inferiore, questa appunto di cui parliamo, che scarica nell'oceano l'eccesso dei sali che è determinato dall'evaporazione nel Mediterraneo. Questa corrente inferiore dev'essere relativamente piccola, ma pesante e robusta, perchè molto carica di sali, e quindi in perfetta corrispondenza con quanto risulta dalle citate analisi di Wollaston.

14. Supponiamo ora che lo stretto di Gibilterra venisse a chiudersi per un sollevamento del fondo marino. Il Mediterraneo si abbasserebbe e si restringerebbe fino a tanto, che l'evaporazione, tripla al presente, fosse esattamente

compensata dalla concentrazione. Avremmo un nuovo Mar Morto salato in eccesso; più la formazione di quegli enormi banchi di sale che potremmo riprometterci da quella enorme evaporazione non compensata, e dal continuo accumularsi dei sali entro il bacino. La cosa andrebbe ancor meglio se lo stretto non rimanesse interamente sbarrato, ma solo quel tanto che bastasse a non permettere lo scambio delle acque, cioè a sopprimere la corrente inferiore, lasciando ancora libero l'ingresso alla superiore, come si verifica nelle saline artificiali. L'Oceano vi fluirebbe ancora co' suoi sali, mantenendo colmo il bacino; il Mediterraneo sarebbe convertito in un'enorme salina, e il deposito di sale che vi si formerebbe sarebbe tale, che quelli di Stassfurt, di Cardona, del lago di Titicaca, vi troverebbero facile raffronto, e ragione esuberante della loro potenza. Lascio di riflettere per brevità come, nel caso supposto, i fiumi dei tre continenti continuerebbero a riversarvisi, come i fiumi che versano nei laghi salati; che i terreni detritici, le ghiaie, le sabbie, i fanghi, continuerebbero ugualmente a deporvisi; che ne risulterebbero perciò facilmente dei fanghi salati, come quelli del Dürrenberg, o banchi di salgemma, alternanti secondo le piene e le magre, con strati detritici, come quelli di Vic e Dieuze.

15. Ultimo il Mar Rosso viene a darci l'esempio d'un mare interno, in comunicazione coll'oceano, dove l'evaporazione è enorme, e nulla la concentrazione. L'acqua dell'Oceano Indiano vi entra, come quella dell'Atlantico nel Mediterraneo, e ne svapora, senza compenso di acque provenienti da terre. Il condensamento delle acque deve essere rapidissimo in quel bacino, bollente sotto la vampa

del tropico, e, se i sali non trovano uno sfogo, non passeranno 3000 anni, secondo i calcoli di Brist, che il Mar Rosso sarà mutato in un banco di sale, di cui non sarebbe che una primizia il banco dei Laghi Amari. Ma, i tremila anni sono già passati, anche soltanto colla storia alla mano; e ne passarono forse trentamila... forse trecentomila prima della storia; e il Mar Rosso non desta nessun sospetto ne' suoi numerosi abitatori; e nessuno nemmeno si accorse che il suo grado di salsedine sia sensibilmente maggiore di quello degli altri mari. Noi non ce ne maraviglieremo ormai più. Lo stretto di Bab-El-Mandeb è certamente capace quanto basta a permettere l'efflusso di una corrente inferiore (lo sa Dio quanto densa e salata) che scarichi nell'oceano la quantità eccessiva del sale, che verrebbe diversamente a deporvisi. Ma fate che quello stretto venga a chiudersi per sollevamento; ed il Mar Rosso sarà davvero in 3000 anni un banco di sale, senza lasciare nemmeno un piccolo stagno d'acqua salata che possa dire: ecco le misere reliquie del prodigioso Eritreo!...

16. Riassumiamo, o signori, i casi che si debbono verificare, secondo le diverse condizioni idrografiche, nei bacini interclusi, ossia nei mari interni che venissero intercettati, perfettamente o imperfettamente, mediante un sollevamento del fondo marino.

1° Un bacino intercettato, ove la concentrazione superi l'evaporazione, comunichi o non comunichi col mare, tenderà a convertirsi in un lago d'acqua dolce (Lagune venete; *Limans* del Mar Nero; Mar Baltico ecc.)

2° Un bacino intercluso, ma non intercettato, cioè in libera comunicazione col mare, dove l'evaporazione su-

per la concentrazione, acquisterà un grado di salsedine maggiore, non trasformandosi però mai in banco di sale: (Mediterraneo).

Questi due casi non fanno per noi, che cerchiamo l'origine dei banchi di salgemma. Rispondono invece all'uopo i seguenti:

3°. Un bacino intercettato, dove non si verifichi concentrazione, si convertirà in banco di sale, di una potenza proporzionata alla capacità del bacino. (*Limans* d'Odessa; lago Zagrés; Laghi Amari ecc.)

4°. Un bacino intercettato, dove l'evaporazione superi la concentrazione, si convertirà in banco di sale in proporzione di quella quantità di acqua che svapora senza compenso, quando tutta l'acqua del bacino abbia raggiunto il grado di saturazione, rimanendo del resto allo stato di lago salato (Mar Morto; Gran lago salato di America ecc.)

5°. Un bacino intercettato, ma in comunicazione col mare tanto che basti a derivarne le acque, senza permettere la formazione di una corrente di scarico, ove non succeda concentrazione, si convertirà in un banco di sale di potenza pari alla capacità del bacino.

6°. Un bacino nelle stesse condizioni, ove però abbia luogo la concentrazione in quantità minore dell'evaporazione, si convertirà tutto ugualmente in un banco di sale, eccetto una parte che risponde alla quantità della concentrazione, ossia delle acque che piovono o vi portano i fiumi.

Io credo che tutti i quattro casi accennati, specialmente l'ultimo, siansi verificati più o più volte nel corso delle epoche geologiche. I depositi di salgemma ne sono la conseguenza e la dimostrazione. Lo vedremo nella prossima conferenza.

17. Prima però di dar termine a questa, devo prevenire una forte obiezione, che mi si potrebbe armar contro da chi per avventura si ricordasse dello stato di salsedine in cui si trova il Mar Caspio, secondo le analisi del Bischof. Quali sono le condizioni orografiche ed idrografiche di quell'immenso bacino? Quelle precisamente di un mare interno, perfettamente intercettato, considerevolmente depresso sotto il livello degli oceani, ma soggetto a ricevere parecchie grosse correnti di acque dolci, tra le quali lo sterminato Volga. Comunque, il livello del Caspio non ha mai subito storicamente alcuna oscillazione; il che vuol dire che l'evaporazione e la concentrazione si compensano ora esattamente entro il suo bacino. Ma fu sempre così? No di certo; poichè ci sono tutti gl'indizi i più infallibili che il Caspio fosse congiunto all'Aral, e i due insieme occupassero tutta la depressione aralo-caspiana, dilatandosi per centinaia di migliaia di miglia quadrate al di fuori delle aree da loro attualmente occupate. Vi sono anche tutti gl'indizi, anzi è un fatto geologico constatato, che il Mar Caspio, e tutto quel mare interno era in comunicazione col Mar Nero, come questo lo era col Baltico e col Mare del Nord, formando tutti insieme un Mediterraneo, o piuttosto un oceano interno, che riuniva tutti quei grandi bacini del nord, ed altri assai, che coprivano colle loro salse onde una gran parte della Germania del Nord, della Russia, insomma le grandi pianure che ora si distendono ascinte tra i grandi rilievi dell'Europa meridionale e quelli dell'Asia occidentale¹⁾.

¹⁾ Questo gran mare interno, non rappresentata in oggi che da parziali bacini, è detto dai geologi Mare Salmatico. Ne discorre dettagliatamente il mio *Corso di geologia*, Vol. II cap. XXIV.

Fu per un generale sollevamento delle terre del nord, che il bacino Aralo-Caspiano si trovò intercettato. La sua immensa superficie svaporante, subendo allora una perdita molto maggiore di quella che potesse venir compensata dalle piogge che cadevano entro il bacino, dovette abbassarsi e restringersi man mano fino a che non si stabilisse quell'equilibrio tra l'evaporazione e la concentrazione, di cui l'attuale stabilità del livello di quel mare è sicuro testimonio in presente. Il Mar Caspio adunque è precisamente nelle condizioni volute dal numero 4 dei casi contemplati, cioè in quelle di un bacino intercettato, entro il quale, l'evaporazione superando la concentrazione, i sali pure dovevano concentrarsi, fino al punto, se occorre, da convertirsi parzialmente in banco di sale, rimanendo del resto nelle condizioni di un lago salato in eccesso. Infine, salve le rispettive proporzioni, non c'è nessuna differenza tra il Mar Caspio e il *Gran lago salato* dell'America, ovvero tra lo stesso Caspio e il Mar Morto. Dal piccolo al grande, tutto torna a meraviglia. Il Mar Morto è depresso sotto il livello del mare, come lo è il Caspio: quello è separato dal Mar Rosso mediante un rilievo, come lo è questo dal Mar Nero: il primo riceve le acque del Giordano, come il secondo quelle del Volga. Perché adunque il Caspio sarebbe quasi un gran lago di acqua dolce¹⁾ mentre il Mar Morto si va convertendo, o per dir meglio si è già convertito parzialmente in banco di sale?

¹⁾ Abbiamo veduto che il Bischof assegna al Mar Caspio un totale di sali pari al 4,807 per 1000. Il Baer porta la cifra fino ai 9 millesimi. Tale differenza non inferma il nostro asserto, mentre abbiamo veduto come la salsedine dell'oceano supera talvolta il 30 per 1000.

18. Si sarebbe tentati a credere che il Mar Caspio fosse un bacino formatosi nell'interno di un continente, in nessuna originaria comunicazione col mare, e riempito d'acqua dolce di fresco. Ma no: la geologia non permette nemmeno di supporlo. La cosa più curiosa è questa che quel mare, impiccolendosi come abbiám detto, lasciò i deserti all'ingiro sparsi abbondantemente di sale. Era dunque già, almeno parzialmente, salato in eccesso, mentre ora lo è in difetto.

Mistero sopra mistero.

Eppure tutti questi misteri si spiegano, senza alcuna contraddizione alle teorie esposte e per un fatto semplicissimo. Il fatto è questo dell'esistenza di un apparato per l'eliminazione dei sali, particolare al Mar Caspio e che, mentre ci dà la ragione della relativa dolcezza delle sue acque, ci fa trovare precisamente quello che cercavamo di più opportuno pel caso nostro, cioè l'esempio di un bacino marino, quale è voluto, cioè corrispondente al numero 5 dei casi contemplati, che è quello di un bacino intercettato, il quale è capace di convertirsi in banco di sale, di una potenza proporzionata alla capacità del bacino stesso.

19. Ho spiegato infatti come le condizioni più favorevoli, perchè un tratto di mare intercettato si converta in salina naturale, capace del maggiore prodotto possibile, sarebbero quelle per cui il bacino rimanesse ancora in comunicazione col mare, mediante uno stretto tanto basso da non permettere lo scambio delle acque, sicchè fosse soppressa la corrente inferiore, e lasciato libero l'ingresso alla superiore, come si verifica nelle saline artificiali. Non era però a mia cognizione nessun esempio

per dimostrare come tali condizioni si verificano attualmente di fatto; e tale difetto era assai grave, mentre i più grandi depositi di salgemma non si possono assolutamente spiegare, che coll'ammettere essersi trovati nelle suddette condizioni gli antichi mari intercettati. È quindi con immenso piacere che mi cadono ora sott'occhio le pagine del Reclus (*La terre*, volume I, pag. 569 e seguenti) dove sono riportati gli studi importantissimi eseguiti dal Baer sul Mar Caspio.

Da essi risulta che il litorale del Mar Caspio è sparso di golfi e lagune, i quali non comunicano con quel gran mare interno che mediante uno stretto canale. Non ricevendo quei bacini nessun tributo di acque dolci, ed essendo soggetti ad una rapida evaporazione nei paraggi che più avvicinano il deserto, abbassandosi costantemente di livello, costringono l'acqua salata del Caspio a fluirvi incessantemente. Quei bacini si trovano dunque nelle condizioni di saline a prodotto continuo, e si convertono in veri magazzini di sali.

* In mezzo a quelle migliaia di baje e di lagune dove si immagazzinano i sali del Caspio, nessuno è più meritevole di considerazione del Karaboghaz, specie di mare, interiore, che riuniva probabilmente il mare d'Ircania al lago di Aral, e in cui forse si gettava l'Oxus, quando era ancora tributario del Caspio. Questo vasto golfo comunica col mare mediante uno stretto, che si riduce talvolta a soli 140 o 150^m di larghezza, ed è così ingombro, che appena vi possono navigare le barche, le quali non pescano più di 1^m,50. Una corrente fluisce dal mare attraverso lo stretto colla rapidità di tre nodi all'ora. I venti di ovest la accelerano, e la ritardano quelli di

est; ma la sua velocità è sempre almeno di un nodo e mezzo. Tutti i navigatori del Mar Caspio, tutti i Turcomanni erranti sulle sue rive, sono rimasti colpiti dalla marcia inflessibile, inesorabile di questo fiume d'acqua salata, che scorre tra gli scogli verso un golfo, dove, fino a questi ultimi tempi, nessun naviglio aveva osato perigliarsi. » È naturale che in questo bacino, il quale vanta quasi 60 miglia di lunghezza, e almeno 40 di larghezza, e dove l'evaporazione è attivissima, i sali debbano aumentarsi continuamente a spese di quelli che si trovano disciolti nelle acque del Caspio. « Già a quest'ora, » continua il Reclus, « si dice che nessun animale vi può vivere; le foche, che lo visitavano altre volte, più non vi si fanno vedere; anche le sue rive sono interamente spoglie di vegetazione. Strati di sale già cominciano a deporsi sopra il fondo fangoso, e lo scandaglio, appena ritirato dall'acqua, si ricopre di cristalli salini. Il signor di Baer ha voluto calcolare approssimativamente la quantità di sale, di cui il Mar Caspio s'impoverisce ogni giorno a profitto del Karaboghaz. Tenuto calcolo soltanto delle cifre meno elevate che esprimono il grado di salsedine delle acque caspiane, poi misurata la larghezza e la profondità dello stretto e la velocità della corrente, gli risultò che il Karaboghaz riceve ciascun giorno 350,000 tonnellate di sale, cioè quanto ne consuma tutto l'impero russo in sei mesi. Quando il Karaboghaz non rimanesse interamente intercettato, dovrebbe naturalmente trasformarsi alla fine in un gran deposito di sale, formato di strati sovrapposti, con quelle alternanze su per giù che noi abbiamo trovato nel gran deposito di Stassfurt e nelle altre grandi formazioni salifere.

Il deposito del Karaboghaz misurerebbe più di 2,000 miglia quadrate. »

20. Le condizioni del Karaboghaz e di quel gran numero di lagune nelle stesse circostanze, liberano dunque da ciò che aveva di problematico il fatto (singolarissimo per un mare interamente intercettato) della poca salsedine del Mar Caspio. Se sono vere (e bisogna pur ammetterle necessariamente) le teorie da me esposte circa le condizioni dei mari intercettati, nei quali l'evaporazione superi la concentrazione, e se il Mar Caspio trovoasi in tali condizioni dal giorno in cui fu separato dall'oceano, ciò che sembra assolutamente dimostrato; come mai la sua salsedine, in luogo di essere assai maggiore di quella dei liberi mari, in luogo cioè di esser quella che si verifica pel Mar Morto e per tante centinaia di laghi salati, è invece minore di tanto? Ecco l'obiezione alla quale dovevano rispondere. Colle osservazioni del Baer il problema è sciolto, ed ogni contraddizione sparisce. Il Mar Caspio non riceve che acque dolci, mentre il Karaboghaz e le mille altre lagune che gli fanno corona, immagazzinano i sali, che si trovano disciolti nelle sue acque. Supposto (cosa facile a supporre, quando si consideri la tenuissima quantità dei sali contenuta nelle acque dolci) che il Mar Caspio consegnasse alle sue naturali saline una quantità di sali maggiore di quella che gli recano il Volga e gli altri confluenti, dovrà naturalmente raddolcirsi, e verremo al punto che esso non sia più che un lago di acqua dolce.

Il Mar Caspio rappresenta dunque nelle condizioni attuali, un esempio del caso numero 1, quello cioè di un bacino intercettato, in via di convertirsi in lago d'acqua dolce.

Il Karaboghaz invece, colle altre cento lagune all'ingiro del Caspio, rappresenta un esempio del caso numero 5, quello che spiega maggiormente la formazione e la potenza dei grandi ammassi di salgemma. Il Caspio andrà dunque addolcendosi sempre più, il Karaboghaz salandosi, finchè il primo sia ridotto in lago d'acqua dolce, e convertito in banco di salgemma il secondo.

Naturalmente dovrebbe venire il giorno in cui lo stesso Mar Caspio, non potendo più scaricarsi nelle sue lagune già piene di sale, e pur ricevendone continuamente una certa quantità da' suoi confluenti, dovrebbe ricominciare esso medesimo a salarsi. Ma è troppo probabile che in quel giorno supposto tutto il globo avrà interamente mutato d'aspetto.

CONFERENZA NONA

I DEPOSITI DI SALGEMMA RAPPRESENTANO MARI INTERCETTATI NELLE DIVERSE EPOCHE DEL GLOBO.

SOMMARIO. — Proposizione, 1. — Primo argomento dedotto dalla forma a bacino dei depositi di salgemma, 2. — Secondo argomento dedotto dagli organismi contenitivi, 3. — Terzo argomento dedotto dall'origine marina dei terreni saliferi, 4. — Il trias come epoca di mari intercettati, 5. — Quarto argomento dedotto dalla associazione del salgemma coi sali delle acque madri, 6. — Le saline artificiali, 7. — Il deposito di Staassfurt, 8. — Le oscillazioni del globo ordinate alla produzione dei banchi di salgemma, 9. — Strati triasici ad orme in America ed in Europa, 10. — Provano la lenta depressione dei mari intercettati, 11. — Esempi di depositi di salgemma che rimangono spiegati, 12. — I fanghi salati, 13. — Il processo per l'eliminazione del cloruro di sodio risponde esattamente al bisogno, 14. — Sua continuità in tutte le epoche del globo, 15. — Era paleozoica, 16. — Era mesozoica e cenozoica, 17. — Era neozoica e antropozoica, 18. — I laghi salati attuali sono mari intercettati, 19. — Conclusione, 20.

1. Nella precedente conversazione, stabilita la necessità della eliminazione del cloruro di sodio e degli altri sali non assimilabili, abbiamo cercato se e come natura la ottiene attualmente. Essa la ottiene (e non poteva altrimenti ottenerla) coll'isolamento di bacini, donde l'acqua svapori per ritornare raddolcita all'oceano, rimanendovi i sali. Nelle lagune trovammo un primo modo praticato

dalla natura per ottenere l'isolamento di altrettanti pezzi di mare. Ne vedemmo infatti alcune in tali condizioni da permettere il deposito di potenti masse di sale. Ma trovammo che la natura stessa dispone di un altro mezzo più efficace, potendo, per mezzo di sollevamenti in luoghi opportuni, intercettare qualunque vasta porzione di mare. Alcuni bacini, come il Caspio e il Mar Morto, hanno l'aria di mari intercettati. Altri come il Mediterraneo e il Mar Rosso, lo sarebbero, appena si verificasse un sollevamento atto a sbarrare i due rispettivi stretti. L'effetto da ottenersi sarebbe tanto maggiore, quando l'intercettazione di quei mari non fosse assoluta, mantenendosi ancora una qualche comunicazione coll'oceano, tale però che permetta l'entrata, ma non l'uscita dell'acqua marina, che tende continuamente a mantenere il livello del bacino intercettato. Resta però inteso, che nel bacino intercettato non abbia luogo immissione di acque pluviali e fluviali, come nel Mar Rosso, o che l'evaporazione superi la concentrazione, come nel Mediterraneo.

Supposto che questo sia il modo con cui ha agito la natura ne' diversi tempi, e che tale artificio di natura sia rappresentato dai depositi di tal genere, essi depositi devono presentare quegli accidenti che presenterebbero il Mediterraneo e il Mar Rosso, quando venissero intercettati nel modo che abbiain detto. I depositi di salgemma rispondono dunque veramente all'ideale di mari intercettati? Ecco la domanda che ci facciamo, e a cui vogliamo rispondere nell'odierna conversazione.

2. Tutto si riduce a dimostrare che i depositi di sale, tanto se appartengono al primo tipo, cioè ai faughi salati, quanto se presentano il secondo tipo, banchi, voglio dire,

di puro salgemma ¹⁾, devono ritenersi dal geologo come altrettante antiche saline naturali, che hanno già adempito al loro provvidenziale ufficio e dato il loro prodotto. Ciascuno può di leggieri persuadersi che così è infatti, e così dev'essere. In primo luogo i depositi di salgemma occupano quelli che, nel linguaggio stratigrafico, si chiamano *bacini*. I bacini del geologo sarebbero bacini anche pel geografo, cioè laghi, seni di mare, mediterranei, solo che ci portassimo a quell'epoca in cui il posto del salgemma era davvero occupato dalle acque. Il Dürrenberg, per esempio, presenta, in modo assai evidente anche attualmente, una gran massa di faughi salati, posti entro un bacino di calcare ²⁾. Nelle identiche condizioni si trova il grande ammasso salifero di Vic e Dieuz nella Lorena, il quale presenta il secondo tipo dei depositi saliferi, cioè una formazione di veri banchi di salgemma, alternati con rocce marnose, salifere. La carta geologica di questo deposito, pubblicata da Braconnier ³⁾, disegna, come non si potrebbe meglio, un golfo, circondato dal Muschelkalk (calcare conchigliaceo) e riempito successivamente dal deposito salifero, a cui vennero più tardi a sovrapporsi gli strati giuresi. Trattandosi di bacini riempiti, i depositi che li riempirono devono presentarsi in masse isolate, la cui potenza esprima la capacità dei singoli bacini. Il salgemma di Sicilia, concentrato in diversi gruppi isolati, disposti sopra una zona di 120 chilometri, sembra davvero porci sott'occhio altrettanti antichi laghi salati,

¹⁾ Vedi sopra Conferenza VII, § 5-8.

²⁾ *Ibid.*, § 6.

³⁾ M. A. BRACONNIER, *Richesses minérales du département de Meurthe-et-Moselle*, 1872.

come sarebbero i 129 che si trovano nel governo di Astracan. Dobbiamo lamentare del resto la scarsezza dei dati in proposito.

3. Un secondo argomento dell'origine dei depositi di salgemma intesa nel nostro senso, è il genere della loro animalizzazione. Abbiamo detto veramente che i laghi salati sono regni di morte: e possiamo sostenerlo quando si parli degli ordinari abitatori delle acque, noti alla comune degli uomini. Vi hanno tuttavia degli animali, come pure accennammo, che nei laghi salati in eccesso si trovano come nel loro elemento. Murchisson, nella sua *Geologia della Russia*, dice di avere osservato miriadi di infusori politalamici, vivacissimi, entro uno stagno, o piuttosto entro un pozzo naturale, così riempito di sale, che una persona avrebbe a stento trovato posto di tuffarsi nell'acqua. È noto, del resto, come quegli animaletti, amino le sorgenti salate.

L'abbondanza dei politalamici risponde appunto dell'origine dei grandi depositi di salgemma, quale l'audiamo dimostrando. Quello di Cardona, per esempio, ne rigurgita talmente, che fu dimostrato alla presenza delle loro spoglie diversamente colorate doversi attribuire le tinte a vari colori che vi presenza talora il salgemma, benchè limpidissimo. Anche le argille associate al salgemma ne sono ripiene. Il signor Reuss distinse 150 specie di questi organismi microscopici nella marna salina associata al salgemma di Wieliezka. Anche nei depositi di salgemma nelle Alpi furono osservati da Schafhäütl.

4. Quanto abbiain detto vale però per tutti i laghi salati, qualunque ne sia l'origine. Ma ciò che vogliamo sapere più precisamente è questo, se i corpi d'acque, in

seno alle quali generossi il salgemma, rappresentino veramente dei mari intercettati... Non c'è da dubitarne, o signori. I banchi di salgemma, e le rocce associate, appartengono in genere a formazioni marine; formano parte cioè di terreni, la cui origine marina è dai fossili indubbiamente affermata. Le epoche rappresentate da quei terreni sono epoche marine; epoche cioè in cui il mare si distendeva sui nostri continenti. Negli stessi depositi di salgemma (si intende nelle rocce fangose alternanti coi banchi di sale) si scoprono non di rado fossili marini. A Wieliezka, per esempio, si raccolsero conchiglie, coralli e crostacei marini. A Bochnia in Galizia si rinvennero denti di squali, cioè di pesci della famiglia del pescecane.

5. Meglio però che perderci in particolari, gioverà osservare la cosa in grande; pigliare cioè i terreni saliferi nel loro complesso; e allora vedremo come essi ci presentino tutto l'ideale di mari intercettati, di mari interni di grandi Caspi, i quali troverebbero difficilmente la loro ragione di essere altrove che nelle oscillazioni del globo, nel senso che esse determinarono dei rilievi i quali respinsero e separarono l'oceano da certe porzioni dell'oceano stesso, cioè da mari, da golfi, da maniche esistenti nell'interno dei continenti. Per osservare, come dissi, la cosa in grande, gettiamo uno sguardo sopra una immensa formazione, salifera per eccellenza, tutta sincronica, benchè composta di terreni d'ogni natura, rappresentanti una delle grandi epoche del globo. Parlo della formazione rappresentante l'epoca del *trias*, la quale succedette all'epoca paleozoica.

Fu detta epoca del *trias*, quasi si dicesse epoca della *triade*, perchè rappresentata da tre gruppi di terreni so-

vrapposti. Questa divisione in tre gruppi regge tuttavia soltanto quando i terreni triasici si considerino entro i limiti di certe località. In Germania, per esempio, regge la distinzione ammessa dai geologi, mentre vi ha una zona calcarea, detta *Muschelkalk*, ossia *calcare conchigliaceo*, la quale, come seconda nella suddetta triade, soggiace ad una prima zona superiore di rocce arenacee, argillose, fangose, distinte dai geologi col nome di *marne iridate*, (*Keuper, marnes irisées*) ossia a vari colori, e ricopre una terza zona, simile alla precedente, e distinta col nome di *arenaria variegata* (*Buntersandstein, grès bigarré*). Generalmente però i terreni triasici si presentano come una sola grande formazione, omogenea e varia ad un tempo, come quella che associa ad una certa uniformità petrografica la più strana varietà di caratteri che noi chiameremo chimici, dipendendo essi visibilmente dall'associazione di sali od ossidi speciali, od altre sostanze, combinati in dose minore o maggiore cogli ordinari elementi delle rocce marnose, argillose od arenacee, di cui si compongono, come per molta parte i terreni delle altre, quelli di quest'epoca. In Inghilterra e in Francia, per esempio, il *trias* è rappresentato da un'immensa pila di strati, composti di arenarie, di schisti, di fanghi, tinti ordinariamente di un color rosso vivo, con macchie cilestrine, verdi, gialle, talora invece interamente azzurri, o gialli, o verdi. Quella massa di strati vanta uno spessore complessivo di 2500 a 3000 metri. Facilmente entro la stessa massa si incontrano strati di gesso, letti di carbone e specialmente banchi di salgemma, e fanghi saliferi, in tanta abbondanza, che all'intera formazione del *trias* fu da taluno apposto il nome di *formazione salifera*. Studiando il com-

plesso dei caratteri del *trias* in Europa, tutti i geologi furono d'accordo nel riconoscere in genere nei terreni del *trias* il riempimento di immensi bacini, di mari interni, separati, per mezzo delle oscillazioni della crosta del globo, dall'immenso mare, che nelle epoche precedenti occupava i nostri continenti. Sulle aree stesse, dove si accumulavano le marine conchiglie e crescevano sterminati banchi di corallo nell'era paleozoica, vennero così a deporsi i fanghi salati e i banchi di salgemma, abbandonati dalle acque svaporanti da quelle immense saline.

Se mi chiedete come i geologi convennero in questo avviso, spero di potervi rispondere abbastanza, colla brevità che mi è imposta, perchè conveniate con loro anche voi. Anzi tutto vi dirò che quella gran massa di terreni, dove non esistono calcari, è composta di detriti sprovvisti di fossili marini. Sono ghiaje, sabbie, fanghi, i quali non possono essere depositi in mare che dai fiumi, o in vicinanza delle coste, o nei seni chiusi tra i continenti. Questo basta già per escludere affatto l'idea che le rocce triasiche siano state deposte sul fondo di un libero mare, idea che sarebbe anche già esclusa dall'assenza quasi generale delle rocce calcaree. Nemmeno si può supporre che le rocce triasiche siansi depositate sulle coste di un libero mare, perchè, in genere, su tali coste la vita marina è in pieno vigore: le conchiglie, e gli altri animali sedentari non mancano mai, e spesso vi si accumulano in modo sorprendente. Gli strati del *trias*, invece, sono deserti al punto, che vi fu chi vedeva nel *trias* quasi una grande epoca di morte. Perchè tanta desolazione? La spiegherete facilmente voi stessi, ammettendo il terzo supposto, appartenere cioè le rocce triasiche a mari in-

terni, più o meno intercettati, i quali si convertirono, come attualmente avviene, in laghi salati. Voi ricordate in effetto come le acque salate in eccesso, cioè le acque dei mari intercettati, siano incompatibili colla vita degli animali marini. Invece di animali marini vi scoprirete sovente indizi di animali o di piante terrestri. E ne trovate infatti nelle formazioni triasiche. Non è raro, per esempio, di vedere su quelle arenarie, su quei fanghi, stampate le orme dei rettili. Vi trovate inoltre molto sovente delle piante terrestri, e spesso ancora delle foreste, rappresentate da strati di carbone. Che cosa dunque vuol dire tutto questo? Immaginate un Mediterraneo, un Mar Rosso che venissero intercettati. Le acque, come abbiamo detto nella conversazione precedente, diverrebbero salate in eccesso. La vita marina vi sarebbe spenta ben tosto. Sul fondo di quei mari, divenuti *saline*, si precipiterebbe il salgemma. I fiumi (supposte le condizioni del Mediterraneo) non cesserebbero pertanto di stendervi i loro delta, accumulando sul fondo marino le ghiaje, le sabbie, le fanghiglie, che diverrebbero salate, alternando anche, se fa d'uopo, con banchi di sale. I fiumi stessi porterebbero al mare le piante che rivestono il litorale: intere foreste nel caso di parziali depressioni del litorale, potrebbero venir invase dalle acque, e convertirsi in carbone; finalmente dai litorali stessi potrebbero staccarsi i rettili, improntando delle loro orme le sabbie e i fanghi del lido. Insomma tutti gli accidenti che si osservano in Europa nei terreni del *trias*, ricchi di salgemma a preferenza degli altri, sono quelli che si verificherebbero ancora precisamente nel caso in cui in Europa un pezzo di mare venisse intercettato. Le regioni del Caspio, i deserti del-

l'Africa e dell'Asia, li presentano tutti questi caratteri, perchè essi non sono che grandi bacini intercettati, prosciugati in gran parte, e in parte ancora esistenti sotto forma di laghi salati, dove il salgemma, che incrosta le immense pianure, continua a deporsi; dove i fiumi continuano a scaricare le ghiaje, le sabbie, i fanghi; dove il lido è talvolta rivestito di folta verzura e dove rettili schifosi, e animali d'ogni specie, errano in orde selvagge.

I terreni del *trias* dell'America del Nord rispondono a quelli d'Europa. Essi sono distribuiti in due grandi regioni o bacini. Si distingue dapprima la *regione litorale dell'Atlantico*, tra gli Appalaccian e le coste, nella quale scarseggiano al sommo gli indizi della vita marina. Si distingue in secondo luogo *una regione occidentale interna*, sopra i fianchi dei Monti di Roccia, caratterizzata dal difetto assoluto di ogni traccia di vita marina. È questa seconda regione principalmente che ci presenta uno di quei mari interni, di quegli antichi Caspi, a cui non mancherebbero che i banchi di salgemma per completare l'ideale delle naturali saline. Ma quel Caspio del Nord-America, benchè privo di salgemma, ci risponderà più tardi, sotto altri rapporti, in un senso affatto conforme a ciò che ammettiamo circa l'epoca salifera per eccellenza.

L'epoca del *trias* insomma ci mostra immense porzioni delle nostre aree continentali disposte in guisa che, verificandosi l'opportunità delle condizioni idrografiche, immensi corpi di acqua salata, golfi, seni, bracci di mare estesissimi, dovevano convertirsi in saline naturali. Gli enormi ammassi di salgemma, che fecero dare a questa

epoca l'epiteto di *salifera*, rispondono col fatto a ciò che si poteva dedurre dal complesso delle condizioni geologiche.

6. Per assicurarci tuttavia che i grandi banchi di sale dell'epoca salifera rappresentano il prodotto di altrettanti corpi di acqua marina intercettati al modo delle saline, saremmo in diritto di esigere che al salgemma, ossia al cloruro di sodio, si mostrassero associati i *sali delle acque madri*, quei sali cioè che si trovano disciolti nelle acque marine, le quali hanno già deposto il cloruro di sodio. Non è senza difficoltà il rispondere a queste, per quanto ragionevoli, esigenze. Studiando il processo che si compie nelle saline artificiali, noi troviamo che i diversi sali si depongono separatamente, ad intervalli di tempo e di spazio. I cavaatori di salgemma non si curano certamente di sapere se al minerale che cercano altri si associano. Non andranno, per esempio, a vedere se, superiormente allo strato di salgemma che stanno scavando, si sovrappongono strati di cloruri o di solfati di magnesia, o di potassa, i quali tuttavia, se la nostra teorica è vera, dovrebbero realmente trovarsi superiormente al salgemma. Questa troppo naturale noncuranza dei minatori di ogni specie non permette che la scienza raccolga sempre un numero sufficiente di quei dati di cui abbisogna per ridurre all'evidenza le sue tesi. Si considerino inoltre i mille accidenti, che possono turbare la regolarità di un processo abbandonato agli agenti irrequieti della natura. Si rifletta poi alle perturbazioni che i depositi devono aver subite posteriormente alla loro formazione; a quel molteplice metamorfismo, per cui non v'ha terreno che mantenga genuina la sua primitiva natura. In tanta scar-

rezza di dati, in mezzo a tante difficoltà di sì bujo argomento, possiamo consolarci di aver raccolto tanto che basti per stabilire quella analogia tra le saline artificiali, e le naturali, che la teorica suppone. La scienza si è posta cioè in grado di asserire che nei depositi saliferi i sali delle acque madri non mancano, e ne costituiscono anzi uno dei più immancabili distintivi.

È noto anzi tutto che le sorgenti salate, le quali derivano immediatamente dai terreni saliferi, contengono in soluzione, oltre al cloruro di sodio, i sali delle acque madri, cioè il cloruro di magnesio, il solfato di magnesia ecc. Vi presento come saggio la tabella dell'analisi della sorgente salsa di Schönebeck, presso Magdeburgo, la quale si può dire veramente uno spillo di acqua marina semi-satura ¹⁾.

Cloruro di sodio	0,523 per cento *
Solfato di sodio	0,249 "
Solfato di magnesia	0,012 "
Solfato di calce	0,309 "
Solfato di potassa	0,014 "
Cloruro di magnesio	0,083 "
Cloruro di potassio	0,007 "
Carbonato di calce	0,026 "
Carbonato di ferro	0,001 "
	<hr/>
	10,354 *

Abbiamo detto e ripetuto che il salgemma è il più puro dei sali che si presenta in natura. Qualche impurità non manca tuttavia anche al più puro salgemma, e talvolta le sostanze eterogenee vi abbondano. Queste sostanze eterogenee, che rendono impuro il salgemma, sono

¹⁾ REGNAULT, II, pag. 187.

appunto quelle delle acque marine, cioè jodio, cloruro di calcio e di magnesio, solfato di calce e di soda carbonato di calce e di magnesia, ossido di ferro, argilla.

Non mancano finalmente certi terreni saliferi abbastanza ben studiati per ritrarre in modo molto soddisfacente le saline artificiali. Perchè ciò riesca evidente, non possiamo dispensarci dal metterci un po' più addentro al processo delle saline artificiali. Mi restringo ai fenomeni principali.

7. Nelle saline artificiali, primo a deporsi è il carbonato di calce, che si contiene in dose così omeopatica nelle acque del mare. Quando l'acqua segna all'areometro da 15° a 18°, si depone una quantità considerevole di solfato di calce, che presenta la composizione e la forma cristallina del gesso. Il solfato continua a deporsi finchè, a 25° dell'areometro, l'acqua ne rimane interamente spoglia¹⁾. Qui comincia a depositarsi in cristalli il sal marino, formando uno strato che va aumentando di grossezza, mano mano che si compie l'evaporazione. Il sale che si depone allora è purissimo; ma comincia a guastarsi quando il volume dell'acqua è assai ridotto. Le acque madri, cioè le acque che rimangono quando il sal marino si è deposto in tutta la sua purezza, contengono concentrati gli altri sali solubili, che, depositandosi più tardi, rendono impuro il cloruro di sodio. Perciò queste acque madri, quando segnano 30° all'areometro, soglionsi

¹⁾ Questo avviene perchè il solfato di calce, notabilmente solubile nell'acqua pura, diviene insolubile in una soluzione di solfato di magnesia, cui le acque marine concentrate contengono in dose assai forte.

eliminare dalle saline. Ma se si lascia andare senza interromperlo il processo della concentrazione, quei sali si precipitano anch'essi. Qui è dove principalmente si osserva l'influenza che esercita l'ambiente, secondo le sue speciali condizioni. Di giorno, per esempio, se l'evaporazione si mantiene attiva, si precipita ancora quasi puro il sal marino. Durante la notte invece, quando l'acqua si raffredda, il deposito è di solfato di magnesia. L'alternare del giorno e della notte crea pertanto uno strato composto di cristalli di sal marino, cementati fra loro dal solfato di magnesia. Anche di giorno, se la temperatura dell'aria si abbassa bruscamente fino a 10°, invece del sal marino, si depone quasi puro il solfato di magnesia. Quando l'areometro segna 34°, il deposito di sal marino cessa quasi interamente, e gli si sostituisce il solfato di potassa allo stato di doppio sale magnesiaco. Salendo l'areometro a 36°, le acque abbandonano un doppio cloruro di potassio e di magnesio; finalmente, giunto l'areometro a 40°, esse non contengono ormai più che del cloruro di potassio e di magnesio, il quale si depone in cristalli voluminosi, ad una temperatura prossima a 0°. Se il processo si compie regolarmente come abbiám detto, il deposito, che rappresenta la salina prosciugata, offrirà, dal basso all'alto, l'uno sopra l'altro questa serie di strati:

- 1°. Un debolissimo strato di carbonato di calce.
- 2°. Uno strato di gesso.
- 3°. Uno strato proporzionatamente assai considerevole di sal marino puro.
- 4°. Uno strato di sal marino reso impuro da sali magnesiaci.

5°. Uno strato di solfato di magnesia misto a sale marino, o di solfato di magnesia puro.

6°. Doppio solfato di potassio magnesiaco.

7°. Doppio cloruro di potassio e di magnesio.

8°. Cloruro di magnesio.

Resta inteso che la descritta serie rappresenta una, non tutte le formole che possono esprimere il processo che si consuma in una salina artificiale. La diversità del clima, le oscillazioni meteorologiche, potranno modificare in mille modi la formola delle saline artificiali. Che dirassi poi delle saline naturali, cioè degl'immensi bacini intercettati, riguardo ai quali si debbono calcolare, oltre le influenze meteorologiche infinitamente varie, tante altre influenze? Quella, per esempio, delle piogge più o meno abbondanti; quella dei fiumi d'acqua dolce, che vi si scaricano coi loro detriti, con sì diversa abbondanza secondo le magre e le piene, con sì diversa temperatura, secondo le stagioni; quella delle acque marine che possono, o continuamente o a intervalli, invadere il bacino intercettato; tutte quelle influenze insomma che possono modificare in mille guise il processo del *salinaggio*, dove la salina è un mare? È già molto, per la tesi che difendiamo, se si può sostenere, in tesi generale, l'associazione dei diversi sali marini nei terreni che contengono banchi di salgemma, come argomento dell'origine marina dei terreni stessi. Tale associazione si verifica forse senza eccezione: e se non bastano i fatti già accennati in proposito, aggiungeremo che il gesso si presenta, come è voluto dal processo delle saline, alla base del deposito salifero del Dürrenberg; che in Sicilia abbondano nella zona salifera il solfato di magnesia, il cloruro di po-

tassio, e le sorgenti sature di cloruro di potassio e di magnesio.

Vi ha tuttavia un deposito fatto veramente pel caso nostro. È un deposito salifero immenso, degno di rappresentare un mare prosciugato, dove le condizioni delle saline artificiali, ad onta delle infinite difficoltà accennate, si verificano in un modo sorprendente. È questo il deposito di Stassfurt, in Sassonia, già da noi accennato e descritto¹⁾, cui vogliamo ora studiare alcun poco nella successione degli strati che lo compongono.

Quel celebre deposito, appartenente anch'esso all'epoca del *trias*, e precisamente all'*arenaria variegata*, dello spessore complessivo di 1635 piedi, stante la diversità della sua chimica composizione, può essere diviso in quattro parti. La prima, contando dal basso, consiste in un giacimento poderoso di circa 800 piedi di puro salgemma diviso nettamente in strati dello spessore di uno a sei pollici, corrispondendo a ciascuna divisione una striscia di gesso anidro o anidrite, la quale raggiunge al massimo lo spessore di un quarto di pollice. Sopra quest'ingente ammasso di puro salgemma riposa un'altra massa di salgemma impuro, dello spessore di 113 piedi. Il deposito senza aver perduto i caratteri specifici del salgemma, è però già misto di altri sali solubili. Anche questa seconda massa è stratificata; però non è più il gesso, ossia l'anidrite, che divide gli strati; ma una combinazione gessosa, cioè la polialite (*Polyhalite*), ossia una combinazione di solfato di calce, di solfato di magnesia e di potassa.

¹⁾ Vedi sopra Conferenza VII, § 9.

Segue più in alto un letto, dello spessore di 120 piedi, nel quale al salgemma si uniscono combinazioni solfuree. Il quarto ed ultimo deposito finalmente ha uno spessore di 80 piedi, e consta di una miscela varicolore di salgemma, con solfati di magnesia e solfati di potassa deliquescenti. I quattro depositi non vantano limiti ben determinati, verificandosi invece fra loro delle transizioni insensibili.

Se il deposito di Stassfurt non presenta alla lettera le condizioni d'una salina artificiale, quale ci venne descritta dal Regnault, vi si approssima tanto che, tenendo calcolo della variabilità delle condizioni in cui dovette operare la natura per un lasso di tempo enorme, c'è piuttosto a meravigliare di tanta somiglianza che della differenza foss'anche maggiore. Il sal marino e il solfato di calce sono infatti, come nelle saline artificiali, i primi a deporsi, e li troviamo inoltre associati nelle debite proporzioni. Il relativo spessore degli strati di salgemma e degli strati di anidrite è in ottimo rapporto colle quantità relative del cloruro di sodio e del solfato di calce, contenuti attualmente nell'acqua marina, potendosi stabilire, sia sulla potenza degli strati, sia sulla quantità disciolta nelle acque marine, la proporzione approssimativa di 1:24. Da ciò risulterebbe anche l'importante corollario, che la salsedine marina in quegli antichissimi tempi toccava approssimativamente allo stesso grado che in oggi. Nella gran salina di Stassfurt, però, quel processo iniziale, per cui l'acqua si spoglia dapprima del solfato di calce e quindi depona il puro salgemma, si sarebbe ripetuto le cento, le mille volte, formando altrettanti strati alternanti di anidrite e di salgemma. Perchè questo avvenisse

nelle saline, basterebbe far sì che, quando le acque madri segnano 30° all'areometro, si aggiungesse tanto di nuova acqua marina da ritornarlo tra 15° a 18°. E per ottenere questo nulla di più si esigeva che un sistema di oscillazioni opportunamente ordinato, un sistema di abbassamenti ad intervalli misurati, che avrebbe prodotto, come necessaria conseguenza, questa rinnovazione delle acque nel bacino intercluso, o direbbesi, nel Caspio di Stassfurt.

Al deposito di puro salgemma succede nelle saline artificiali il deporsi dei solfati di magnesia e di potassa misti al sal marino. Il deposito che a Stassfurt sovrincombe al puro salgemma, è ancora salgemma, ma reso impuro dai solfati di magnesia e di potassa. Anche qui la stratificazione alternante indicherebbe un rinnovarsi delle acque, ma non in tanta copia che l'areometro discendesse al di sotto di 34° a 36°, mentre allora sarebbe stato interrotto il depositarsi dei solfati. Osservo soltanto che il rinnovamento delle acque, in qualunque proporzione si avverasse, rimetterea nel bacino, e quindi mescolava alla massa delle acque madri, una certa nuova quantità di sal marino e di solfato di calce: trovo quindi assai naturale, che, dove le acque erano sature di solfati di magnesia e di doppi solfati di potassio magnesiaci, vedasi all'anidrite, cioè al puro solfato di calce, sostituita la polialite, cioè un solfato di calce, di magnesia e di potassa. I depositi superiori tradiscono ancor meglio la loro genesi dalle acque madri, dove abbondavano appunto, come abbondano nei residui delle saline artificiali, i solfati di magnesia e di potassa deliquescenti. Forse, progredendo nelle ricerche nel nostro senso, sopra i solfati

di magnesia e di potassa, si sarebbero trovati i cloruri di potassio e di magnesio, i soli che mancherebbero a completare, per la serie di Stassfurt, quella dei depositi delle saline artificiali.

Ma qui, per accomodare le cose, si è introdotta, quasi di soppiatto, un'ipotesi; quella dei movimenti della crosta terrestre, cioè di reiterate depressioni del fondo del bacino intercettato, in comunicazione col mare. No: non dite un'ipotesi: non è che il complemento di quella a cui abbiamo avuto ricorso per spiegare tutte le formazioni a banchi di salgemma. Esse si spiegano, abbiamo detto, mediante le oscillazioni del globo, le quali hanno per effetto l'intercettamento dei bacini marini. Ammettiamo ora che queste oscillazioni siano intermittenti, e determinino una serie di abbassamenti del fondo intercettato, e spiegheremo la sovrapposizione di tanti banchi di salgemma, e la loro alternanza cogli strati di polialite. In geologia si procede sempre così: con un supposto che non contraddica alle leggi ordinarie della natura, anzi con esse perfettamente armonizzi, si cerca di spiegare un fatto; se il fatto risulta così senza eccezione spiegato, esso diventa una prova dell'ipotesi, e l'ipotesi acquista un valore di una teorica dimostrata. Del resto, quando si parla di oscillazioni della superficie del globo, di sollevamenti o di abbassamenti, continui, intermittenti, alternanti, non si dice nulla che non sia perfettamente consentaneo a ciò che può operare, opera ed ha operato la natura. Ricordate come questo processo, che noi diciamo adottato dalla natura per eliminare una sì grande quantità di sal marino, occupando il minor spazio possibile, è quello che abbiám visto adottato dalla stessa natura per

l'eliminazione del calcare; e vedremo più tardi come la natura ebbe ricorso all'istesso artificio per accumulare, sopra uno spazio relativamente angusto, una enorme quantità di carbone. Ammiriamo, o signori, questa legge fondamentale d'ogni economia, la *legge del minimo mezzo*, che è una delle più grandi rivelazioni di Dio nella natura. Con questo artificio semplicissimo degli abbassamenti ad intervalli di tempo, la salina naturale funziona lunghissimo tempo e dà un grandissimo prodotto su brevissimo spazio. Così potesse l'uomo adattarlo per le sue saline, e supplire con una sola al lavoro di cento.

Se, dopo tanto che abbiamo detto sulla volgarità del fenomeno della oscillazione del globo; se, dopo aver veduto come un sistema ben ordinato di oscillazioni spiega la formazione delle antiche saline naturali, e tutti gli accidenti delle formazioni salifere; se, dico, dopo tutto questo, pretendete che io vi dimostri con argomenti ancora più evidenti che esse oscillazioni avvennero, e avvennero nel senso che noi vogliamo, e precisamente nell'epoca in cui si formarono i grandi depositi di salgemma; io dovrò ricorrere alla geologia generale, e voi dovrete sopportare ancora una volta una non breve digressione. ✕

10. L'intermittenza delle oscillazioni delle nostre aree continentali, ordinata a produrre una serie di abbassamenti delle aree intercettate, si può dire il fenomeno più caratteristico del trias, ossia dell'epoca salifera per eccellenza, tanto in Europa quanto in America. Anche dove non formossi una serie di banchi di salgemma sovrapposti, come a Stassfurt, il fenomeno della depressione intermittente dei bacini interclusi si manifesta quanto si può dire evidente. Ecco come.

Sulla superficie di alcuni strati dell'arenaria variegata, tanto nel Lancashire, o nel Cheshire (a Storton Hill, a pochi chilometri da Liverpool), quanto ad Hahla e a Kesselberg presso Hildburghausè in Sassonia, si scoprirono dei fossili singolari. Consistevano essi in orme gigantesche, quasi impronte della mano d'uomo colossale, così bene appajate, una piccola anteriore ed una larga posteriore, ad intervalli così ben misurati, che si doveva proprio far violenza alla ragione per negare che fossero vere orme di un quadrupede gigantesco. Immaginatevi che quelle orme avevano ciascuna fin trenta centimetri di lunghezza. Un quadrupede colossale aveva dunque camminato su quegli strati. Sarà stato un quadrupede terrestre od un quadrupede acquatico? Quegli strati, istoriati dalle sue orme, erano sedimenti subacquei, o piagge asciutte? Un quadrupede qualunque, che avesse dovuto tenersi sotto acqua, avrebbe potuto segnare vestigia così profonde, così bene stampate, sul fondo di un lago o di un mare? Provatevi, non dirò camminando, che non è possibile, ma nuotando, o comunque movendovi sott'acqua, ad imprimere le orme dei vostri piedi anche nella più molle bell'etta. A meno che quell'animale non fosse di piombo... Doveva dunque essere un animale terrestre, o almeno anfibio; un animale a respirazione aerea, talchè potesse camminare come i mammiferi, i rettili, gli uccelli, ed imprimere col peso del proprio corpo le orme sul suolo. Quanto al suolo improntato dalle sue orme, doveva essere asciutto, o almeno a pochissima profondità sott'acqua, perchè potesse ricevere delle orme di un animale che dall'acqua emergeva camminando.

L'osservazione, portandosi sugli accidenti di quei depositi, veniva confermando questo modo di vedere. La superficie di quegli strati era talvolta butterata, quasi vi fosse caduta, a radi goccioloni, la pioggia. — Chè? ci sono anche delle piogge fossili? — Sicuro: trattasi anzi di un fenomeno comunissimo. È la prima volta che parliamo di queste impronte fisiche, come è la prima volta che discorriamo di orme fossili di animali. Ma dove s'incontrano orme consimili a quelle di cui discorriamo, le gocce di pioggia non mancano mai, e a loro si associano altre impronte, quali sono le ondeggiature superficiali degli strati arenacei od argillosi, e le screpolature reticolate, indizio le prime dell'azione delle onde sui bassi fondi e le seconde dell'azione del sole sui lidi fangosi che rimangono all'asciutto al sedarsi dei venti, o al ritirarsi della marea che li abbiano temporaneamente posti sott'acqua. Sulla superficie degli strati, improntate da quelle orme gigantesche, si disegnano appunto talora, come dissi, le gocce di pioggia, talora gli ondeggiamenti come di bassi fondi, talora finalmente larghe screpolature reticolate. Tutte queste cose si osservano benissimo quando nelle cave numerose di pietre aperte in seno alle rocce variegate del trias accade di staccare da uno strato inferiore argilloso, uno strato superiore arenaceo. Questo secondo, che dovette in origine modellarsi sul primo, presenta in rilievo le orme e le screpolature che su questo invece devono presentarsi incavate. Così le screpolature presentano una vera rete di poligoni, i cui grossi fili, concavi sullo strato argilloso inferiore, convessi sullo strato arenaceo sovrapposto, corrispondono precisamente

all'ideale di una superficie di liscia fanghiglia che si screpoli ai raggi del sole, e su cui si deponga e si modelli, più tardi, altro strato di molle fango o di finissima sabbia.

Le orme, di cui parliamo, si incrociano talora colle crepature. Allora le linee delle crepature stesse si torcono, si schiacciano sotto l'orma, quasi in quell'istante il misterioso animale vi passasse sopra colla lenta sua mole. Il volgo può sogghignare in faccia a chi parli di pedate, e peggio di screpolature e piogge fossili. Chi riflette, invece, non può meravigliarsi di veder riprodotti negli antichi mondi, la cui storia è scritta a caratteri indelebili sugli antichi fondi marini, i minimi particolari del mondo attuale, e di scorgere, in que'tratti, l'effetto delle grandi forze della natura, come del sole che riscalda, delle piogge che fecondano, da tante migliaia di anni, questa terra sempre soggetta a mutamenti, ma sempre piena di vita. Mi ricordo di essermi compiaciuto assai, mentre percorrevo la ferrovia dell'Adriatico, d'osservare gl' innumerevoli pantani, allineati lungo il mare, screpolati e istoriati da infinite orme di uomini e di animali. Salvo la differenza nella forma delle orme, la superficie di quei pantani riproduceva al vero i bei disegni che delle piastre ad orme fossili ci presentano il Buckland, il Lyell, ecc. Parevami che l'onda marina, al primo sollevarsi di un vento più forte, avrebbe potuto lì per lì spalmare quei piani essiccati di nuova belletta, la quale, esattamente modellandovisi, avrebbe conservato, allo stato fossile, pei mondi futuri, quelle screpolature e quelle orme del mondo presente. Lyell, più fortunato di me, vide i fanghi rossi della baja di Fundy butterati dalla pioggia, poi ne staccò

il rilievo, formatosi sugli straterelli di fango, che le susseguenti maree vi avevano sovrapposto, e che il sole di nuovo aveva essiccati. Ecco, infine, un modo semplicissimo di spiegare le orme del colossale quadrupede, e quel complesso di curiosi fenomeni che lo accompagna. Un primo strato di fango s'era deposto lungo la spiaggia di un lago o di un mare increspato da un vento leggero: quello strato, rimasto in parte allo scoperto col cadere del vento e col rientrare della marea, disseccandosi, si screpolò sotto l'azione del sole: forse invece quel giorno la pioggia, cadendo a goccioloni, lasciòlo come un viso guasto dal vajuolo: un enorme quadrupede, alternando forse le formidabili cacce in seno alle onde coi lenti passeggi sul lido pantanoso, vi imprime le sue orme; un nuovo strato di fango sovrappostosi conservò intatta quella pagina del passato. Ma cento altri strati si formarono e si sovrapposero, nè il sole, nè l'onde, nè le piogge, nè il misterioso quadrupede lasciarono di improntarli a loro modo ciascuno. Così su cento pagine si legge, con varianti, la stessa istoria antica quanto lunga di un mondo che fu.

Ci resta ancora il desiderio di sapere a qual razza di animali appartenesse il mostruoso quadrupede che mutava i lenti suoi passi lungo i lidi solitari di quei mari deserti. Che fosse un rettile anfibio, già tutti lo sospettavano; le orme non ci dicevano di più. Ma Owen, il celebre osteologo, accintosi allo studio delle reliquie dei rettili scoperti nel trias d'Europa, specialmente in Germania, trovò che esse, non già a sauri, ma dovevano appartenere a batraci, stabilendo così l'esistenza di rane gigantesche in quegli antichissimi tempi. Osservando in seguito, come le orme dei nominati quadrupedi gigan-

teschi si assomigliavano, più che ad altro, alle orme di un rospo, e raccogliendo quanto potè di elementi osteologici venne a stabilire, con tutto il rigore dell'anatomia comparata, che denti ed ossa ed orme appartenevano allo stesso genere di animali. Così l'epoca triasica presentò, all'attonito sguardo de' presenti, rospi o rane delle dimensioni del bue e dell'elefante. Prima, sulle orme, si era stabilito il genere *Cheirotherium*; ma una volta identificato l'animale dalle grandi orme coll'animale cui appartenevano le ossa e i denti scoperti, dalla struttura dei denti stessi, che sopra una sezione trasversale presentano ripiegature labirintiche simili alle circonvoluzioni del cervello, il nuovo genere si intitolò *Labyrinthodon*. Esso divenne eminentemente caratteristico del trias, come quello che lo rivela in Europa, in Asia e in America. Owen ne riconobbe tre specie.

Ma che cosa ci entra tutto questo col sistema delle depressioni dei bacini interclusi, ordinato alla produzione del salgemma nell'epoca del trias? Pazientate che la cosa si faccia più evidente, riscontrando le orme fossili, collo stesso e più ricco corteo di impronte fisiche in America.

Le meraviglie del trias d'Europa dovevano infatti ripetersi, e su ben più vasta scala, nel Nord-America. Una grande depressione granitica vi è occupata da arenarie rosse, da schisti argillosi, e da conglomerati, sopra una lunghezza di 240 chilometri, e una larghezza di 8 a 16 chilometri. Questa formazione, già litologicamente d'indole triasica, si estende nel Massachusetts, nella New-Jersey, nella Pensilvania, nel Connecticut. È specialmente nella valle del Connecticut che si verifica il fenomeno degli

strati ad impronte. Si direbbe che migliaia e migliaia di fondi di una laguna, cinta da un lido fangoso, siansi l'un sull'altro depositi e induriti, in guisa da formare una pila di straterelli dell'altezza complessiva di 300 metri. Molti finissimi strati sono ondulati, e mostrano evidenti le scopolature prodotte dal loro successivo essiccarsi all'aria aperta, o seno butterati dalla pioggia. Staccando strato da strato, eccoti le loro pagine superficiali tutte istoriate da orme di animali, in serie così regolari, e con sì distinti caratteri, che tu distingui e conti i passi del bipede e del quadrupede, dell'insetto, del crostaceo, del rettile, che lasciaronovele quando quegli strati erano ancora o duttile fango o mobile sabbia.

Nè crediate che si tratti di qualche straordinaria accidentalità. Il solo museo di Amherst vanta, dice Dana, 8000 di tali orme, che furono raccolte da Hitchcock nella valle del Connecticut. Quanto alla varietà di quelle orme, basti il dire, come lo stesso Hitchcock giunse a ricavarne un'intera fauna dell'epoca triasica. L'illustre paleontologo giunse cioè a numerare su quelle orme trenta specie tra crostacei, vermi e insetti; cinquanta specie di rettili, cioè lucertole, cheloni (tartarughe), batraci (rane) e, quello che è più interessante al punto in cui siamo, trenta specie di uccelli. Son essi, almeno per la scienza nel suo stato attuale i primi uccelli che apparvero sulla terra.

11. Ora ci siamo a parlare di quel sistema di depressioni di bacini intercontinentali, di cui abbiamo promesso delle prove più evidenti. Ce le prestano appunto gli strati ad impronte d'Europa, e specialmente quelli d'America, nelle descritte particolarità. Infatti, finchè si trattava soltanto di qualche strato ad impronte, potevamo spiegarlo

semplicemente con fatti identici, che si producono giornalmente sui lidi marini, per opera delle onde e delle maree. Ma sopra una spiaggia, a livello costante, il fenomeno delle impronte fisiche e fisiologiche non può prodursi che sopra una sola superficie, o ripetersi soltanto sopra un piccolo numero di strati che si venissero sovrapponendo dove l'acqua è molto bassa. Supponiamo che il *Labyrinthodon* avesse potuto imprimere le sue orme sul fondo marino alla profondità di un metro. Mano mano che il fondo si andava elevando, per la sovrapposizione di nuovi strati di fango, avrebbe potuto imprimere orme nuove sulle nuove superfici, e quelle orme si sarebbero conservate, perchè protette dai nuovi strati che si andavano sovrapponendo. Tutto questo va bene, finchè il fondo non si fosse elevato fino al livello delle alte maree. Ma raggiunto esso livello, la sedimentazione doveva arrestarsi. Il deposito ad orme non poteva presentare tutto al più che qualche metro di altezza. Come è adunque che il terreno a impronte presenta, nel Connecticut, uno spessore di 300 metri, ed è tutto composto di esilissimi strati, a screpolature, a impronte di pioggia, ecc.? Anzi l'azione del mare, ora tranquillo, ora tempestoso, quando non sia elisa da altra causa, deve alternatamente fare e disfare, ciò che oggi scrive, cancellare domani, rimescolando incessantemente le spiagge e i fondi marini, a non mediocre profondità. Lo spessore di un metro, accordato ad un deposito ad impronte, sarebbe ancora, nelle condizioni più normali, molto problematico. La cosa, insomma, non si spiega altrimenti che riconoscendo, nel complesso dei fenomeni osservati nella valle del Connecticut, (dite lo stesso di quelli analoghi, per non dire identici, osservati

in Europa) una novella prova delle oscillazioni della crosta del globo, le quali ci vennero già attestate da tanti fenomeni dinamici attuali e stratigrafici, e più precisamente di un sistema di depressioni a brevi intervalli.

Ammettete una regione di bassi fondi, un golfo, una laguna, intercettati, ma non interclusi, sicchè mantengano ancora col mare una comunicazione sufficiente per assicurare all'acqua un livello costante. Nel supposto bacino si vadano continuamente radunando fanghiglie e sabbie, derivate dalla erosione della terraferma all'ingiro. È una supposizione che risponde ai fatti più volgari, quali si verificano attualmente. Gli animali terrestri o anfibi traggono al lido e imprimono le loro orme sui bassifondi del litorale fin dove il comporta la lunghezza delle loro gambe, o sulla cedevole spiaggia screpolata dal sole, o butterata dalla pioggia. Ma intanto il bacino si abbassa lento lento. Che avviene perciò? Si deprime forse il livello delle sue acque? Non già, chè nuova acqua gli vien rimessa dall'aperto mare, sicchè l'interno livello si mantiene costante. Le acque piglieranno forse tuttavia una maggiore estensione? Nemmeno; poichè quel tanto d'estensione che le acque acquisterebbero invadendo il lido che si abbassa nell'interno bacino, è eliso, più o meno approssimativamente, da quel tanto d'estensione che acquista il lido stesso che si alza per effetto dei continui depositi. Il livello e l'estensione delle acque rimangono adunque costanti. Ciò che realmente si muta è la superficie del lido e del fondo del bacino; mentre quella parte che è in oggi asciutta o appena sommersa, sarà domani (colle orme di cui fosse per avventura improntata) o inondata, o sommersa più profondamente, e quindi in condizioni di venir

ricoperta da uno strato novello di sabbia o di fango. E così di seguito ogni giorno, sovrappoendosi sedimento a sedimento. Così ogni strato che si forma e poi si deprime sarà facilmente improntato di orme novelle e necessariamente coperto da novello strato. Ecco trovato il modo di proteggere successivamente le pagine stratigrafiche ondegiate, butterate, reticolate, istoriate, e di accumulare l'uno sull'altro qualunque sterminato numero di strati, spingendoli tutti successivamente, se occorre, fino alla profondità di migliaja di metri sotto il livello del mare, eppur mantenendo, a tutti ugualmente, il carattere di spiagge e di bassi fondi. Gli strati ad impronte del *trias* in Europa e più evidentemente in America, accusano dunque, con argomenti paleontologici, quel sistema di abbassamenti, che, con argomenti chimici e stratigrafici, ci veniva già chiarito dal deposito salifero di Stassfurt, e da altri depositi di salgemma. Se in quei bacini a impronte non troviamo strati di salgemma, è segno che non si verificavano per essi quelle condizioni che il salgemma esige per deporsi nei bacini intercettati. Quei bacini ad impronte erano Baltici, erano mari di Azof, dove l'acqua dolce, prevalente sulla evaporazione, impediva la concentrazione e il depositarsi del salgemma. Esistevano però altrove i Mediterranei, i Mari Rossi intercettati, dove l'evaporazione prevaleva sulla concentrazione, o la concentrazione era affatto ignota. Questi, essendo soggetti a depressioni intermittenti, e mantenendosi in sufficiente comunicazione col mare, convertivansi in saline, ove i banchi di salgemma alternavano con strati di altri sali, o con strati composti di detriti apportativi dai fiumi. Le orme degli animali nel Connecticut

attestano, ciò che hanno già rivelato gli strati di salgemma e di polialite a Stassfurt.

12. Nè solo a Stassfurt abbiamo i banchi di salgemma alternanti con strati d'altra natura. Questa alternanza è fenomeno volgare nei grandi depositi saliferi in tutte le regioni del globo. Il celebre salgemma di Northwich è diviso in due grandi banchi, che vantano ciascuno forse cento piedi di spessore. Tre se ne contano a Lawton, e cinque nelle vicinanze di Droidwich. Presso Petoncourt si conoscono sei giacimenti, e il celebre deposito di Vic e Dieuze ne numera circa una ventina, che sommati insieme, danno una grossezza di oltre 72 metri, senza contare gli strati di marne con vene e rognoni di sale.

Quanto si è detto riguarda il *trias*, che è l'epoca salifera per eccellenza. Ma gli stessi fenomeni si osservano nei depositi saliferi di tutte le epoche del globo. La grande formazione salifera della Germania e dei Carpazi appartiene all'era cenozoica, cioè ai terreni terziari. Ma essa è, per dir così, una ripetizione del *trias*. Consta in fatti di argille salifere, di marne, di gessi alternanti con banchi di puro salgemma. Sui versanti dei Carpazi sono sviluppatissimi i depositi di salgemma di Sowar, presso Esperies, di Rhonaszek e di Sygatag, oltre le incommensurabili saline di Wiliezka e di Bochnia. A Stebnitz, nella Galizia orientale, il salgemma fu traforato per uno spessore di 130 metri. Presso Szovata e Parajyd, nel Siebenbürgen, si incontrano vere montagne di sale, e valli scavate nel sale, il quale, per la sua candidezza di neve, spicca tra i boschi e le frane. La formazione salifera nel Siebenbürgen si può accompagnare passo passo per 20 ore di cammino. Meravigliosamente ricche di salgemma

sono poi la Moldavia e la Valacchia, e la stessa formazione si spinge nell'Asia Minore, nell'Armenia e nella Persia.

Se noi vogliamo indagare per quale ragione durante l'era cenozoica si andassero formando quei grandi depositi saliferi nelle citate località e sopra tutta un'immensa zona, che si distende, al nord delle Alpi e dei rilievi di Balkan, dalla Germania fino alla Persia, la geologia ci dirà come durante le epoche miocenica e pliocenica esisteva un gran mare, detto *Mare Sarmatico*, il quale, partendo dal Mare del Nord, si distendeva sopra la Germania e sopra le regioni dell'Europa e dell'Asia che fiancheggiano il mar Nero, e si distendono al Sud del Caspio e dell'Aral. Quel mare andossi prosciugando col tempo, in parte colmato dalle alluvioni, in parte scacciato dal sollevamento delle regioni menzionate, che si trovano in oggi ad un livello molto superiore al livello del mare. Chi studia i terreni miocenici e pliocenici in Germania, e nelle regioni del Mar Nero e della Persia, assiste alla conversione del Mare Sarmatico in continente; vede al libero mare sostituirsi progressivamente i litorali, i bassi fondi, le maremme, le paludi, i laghi e le terre. Nulla di più naturale che, per effetto di quelle oscillazioni del fondo marino, seni e bracci del Mare Sarmatico venissero privati di una libera comunicazione coll'Oceano; che in seno alle terre, man mano che esse vequivansi formando, rimanessero intercettati grossi corpi di acqua salsa, simili a quelli che, in parte già converti in banchi di sale, si incontrano nel Sahara e negli altri deserti dell'Africa e dell'Asia. Ammesso un clima più caldo sotto quelle latitudini, in quelle epoche

(come risulta principalmente dallo studio delle piante fossili); ammessa una minore abbondanza di piogge, stante la piccolezza dei rilievi che dovevano fungere all'ufficio di condensatori; ammesse infine le condizioni più favorevoli all'evaporazione di quegli interni bacini, essi dovevano convertirsi in banchi di salgemma. Che ciò sia avvenuto, appunto i banchi di salgemma, incontestabilmente di origine marina, lo dimostrano fino all'evidenza.

13. Finora non parlammo che dei banchi di puro salgemma i quali rispondono all'ideale di mari intercettati, nelle condizioni del Mar Rosso, o a quelle delle porzioni centrali di mari intercettati, nelle condizioni del Mediterraneo. Non dimentichiamo però che gli antichi mediterranei avevano un litorale ove mettevano foce gli antichi fiumi, e che le acque dolci, del pari che i detriti, cui i fiumi stessi venivano versando in seno al bacino intercettato, dovevano modificarne assai il riempimento, secondo le magre e le piene, secondo le fredde o le calde stagioni. Senza tormentar troppo la nostra immaginativa, possiamo vedere che cosa doveva avvenire in questi casi.

Nel Mar Morto, per esempio, il sal marino, che continua a deporsi sul fondo di quel vasto stagno, si trova alle prese col carbonato di calce, che vi è recato dagli affluenti. Nella primavera, quando gli affluenti sono intorbidati dal fango calcareo e argilloso tenuto in sospensione, non si formano che sedimenti detritici, e il deporsi del sale rimane impedito dalla momentanea prevalenza delle acque dolci. Nella calda stagione invece si formano depositi di sal marino e di carbonato di calce: ma anche questi sono più o meno puri, più o meno ricchi, secondo che le piogge riescono anche in detta stagione a

intorbidare più o meno gli affluenti. Così il Mar Morto dovrà presentare o dei banchi di salgemma alternanti con strati detritici, o dei fanghi salati, come i depositi saliferi in cento delle citate località¹⁾. Il lago di Oroomiah nella Persia nord-ovest, lungo 80 miglia inglesi, largo talora fino a 30, ed elevato a 4000 piedi sul livello del mare, è uno dei laghi più salati che si conoscano, contenendo 19,05 % di cloruro di sodio, con deboli porzioni di cloruro di magnesio. Ricevendo esso alcuni piccoli fiumi, mentre non possiede un emissario, nella stagione delle piogge e dello scioglimento delle nevi si gonfia, alzandosi da tre piedi a sei sul livello ordinario. Chiuso com'è all'ingiro da un lido pochissimo inclinato, lo inonda allora sopra vaste estensioni. Ritirandosi poi lentamente, lascia quelle sponde coperte di una crosta di sale. Siccome l'afflusso dei fiumi vi continua sempre, si assicura che gli strati di sale vi alternano cogli strati detritici. Quell'altro bacino, tra le Montagne di Roccia e la Sierra Nevada, che si chiama *Gran lago salato*, e che lo è tanto da incrostare di sale il lido e gli scogli, riceve anch'esso molti fiumi, tra i quali il Bear-River, che vanta un corso di 400 a 500 miglia inglesi. Domando io quanti accidenti dovranno nascere dal concorso dei fiumi carichi di detriti, con quella salina, che occupa un'estensione di 1300 miglia quadrate almeno. Ora non ci farà più nessuna meraviglia il Dürrenberg, colla sua enorme massa di fanghi misti a salgemma. Badate bene che il Dürrenberg appartiene all'arenaria variegata, e, cioè, a quello

¹⁾ Gli ultimi scandagli, eseguiti da Lartet, riportarono pel fondo del Mar Morto fango argilloso, misto a cristalli di salgemma.

stesso terreno che comprende il deposito di Stassfurt. Vedete che non è fuori di luogo il supposto che il Dürrenberg rappresenti la porzione litorale di quel mare intercettato, di cui i banchi di salgemma a Stassfurt rappresenterebbero la porzione centrale.

14. Conchiudendo da tutto l'esposto, a chi domandasse che cosa rappresentino i grandi depositi di salgemma, noi possiamo rispondere che essi non sono che il riempimento di altrettanti mari intercettati. A chi poi volesse conoscere lo scopo di quell'intercettamento, a chi cercasse, insomma, quale parte rappresentino i depositi di salgemma nel grande sistema dell'economia tellurica, non dubiteremmo di rispondere, che essi rappresentano la perpetua circolazione del cloruro di sodio, e per conseguenza la costante dosatura del mare, necessaria all'intrattenimento della vita marina in tutte le epoche del globo. Anche i banchi di salgemma sono una grande rivelazione di quell'economia provvidenziale per cui si intrattengono la vita del globo, mediante un intreccio di artifici compensatori. I diversi sali, costituenti la salsedine marina, avevano bisogno di essere continuamente versati in mare, e continuamente eliminati. Questo magistero noi l'ammirammo da prima espresso dal calcare, e dagli altri sali assimilabili. Mentre questi sali, versati continuamente dai fiumi nell'Oceano, sono fissati dai coralli e da tutti gli animali secretori di sostanze lapidee, i vapori, liberi e dolci, si levano nei campi dell'atmosfera, e conversi in pioggia, si riversano sui continenti, e riportano i sali al mare. Pel cloruro di sodio e pei sali non assimilabili il descritto processo era inattuabile. Artificio semplicissimo²⁾ era questo invece d'isolare tratto

tratto dei grandi corpi d'acqua salata, svaporarla, perchè tornasse raddolcita all'Oceano, mentre i sali rimanevano asciutti in grembo alle terre, disposti ad essere all'uso ricondotti al mare per mezzo dei fiumi. Così la salsedine marina, in tanto giro di secoli, nè mai si accrebbe nè mai si diminuì: così, col perpetuo rimutarsi delle terre e dei mari, sulle terre e sul mare si mantennero le condizioni della vita.

Considerate ora, o signori, come i due diversi processi impiegati nella eliminazione dei due diversi gruppi di sali, rispondano meravigliosamente alle diverse esigenze che risultano dalle proporzioni diverse in cui i detti sali vengono recati dai fiumi al mare. Per i sali calcarei occorre un processo d'eliminazione incessante, attivissimo; mentre per l'eliminazione del cloruro di sodio poteva bastare un processo lento, ed anche intermittente. L'analisi chimica di 26 fiumi¹⁾, tra i quali figurano i principali dell'Europa e dell'America settentrionale, ci conduce a fissare approssimativamente come segue i rapporti di quantità fra il cloruro di sodio e il carbonato di calce versati continuamente dai fiumi nel mare:

Cloruro di sodio	0,39	per 100 000 parti d'acqua
Carbonato di calce	10,57	-

Ne risulta che i due minerali sciolti nelle acque dolci si trovano nei rapporti fra loro di 1 a 27. Ciò vuol dire

¹⁾ Buschor, *Lehrb.*, I, pag. 271. In questo calcolo furono eliminate quelle località dove l'abbondanza affatto eccezionale del cloruro di sodio è da ripetersi dall'invasione dell'acqua marina, portatavi dall'altimarea. Sono tali le località poste sull'ultimo tronco, e piuttosto alla foce del Tamigi da Barness a Greenwich, dove si ha il 4,44 per centomillesimo di cloruro di sodio, ed Exeter, a poche leghe dalla foce dell'Exe, dove si ha il 6,05. Una media più prossima al vero, e molto superiore alla media qui stabilita, si sarebbe ottenuta certamente non tenendo calcolo

che, per accumulare in mare una quantità di cloruro di sodio, pari a quella di carbonato di calce che vi si accumulerebbe in un dato tempo, si richiede un tempo 27 volte maggiore. Quindi, se l'eliminazione del carbonato di calce, chiesta per la legge di compenso, richiedesse, per un supposto, il lasso di un secolo, pel cloruro di sodio basterebbe ai compisse in 27 secoli. Così, facendosi semplicemente questione di quantità pari. Considerando invece, non la quantità materialmente, la quantità assoluta, ma la quantità relativa, cioè quella quantità che è necessaria per creare le condizioni più opportune alla prosperità del mondo marino, e ritenendo che le condizioni più opportune siano quelle appunto che si verificano attualmente, troviamo che la quantità di carbonato di calce nelle acque del mare è assai tenue in confronto di quella del cloruro di sodio. Stando anche semplicemente all'analisi dell'acqua marina riportata dal Regnault, i due minerali si presentano nelle seguenti proporzioni:

Carbonato di calce	0,003	per cento
Cloruro di sodio	2,700	-

Ora, il cloruro di sodio (derivando sempre i due sali dai fiumi nella proporzione di 1:27) per trovarsi nella proporzione di 0,003 per cento, dovrebbe, secondo i cal-

della analisi che portano a 1 per centomillesima la quantità del cloruro di sodio; perchè tale quantità è già eccezionale, e si deve con certezza attribuire a condizioni eccezionali, come a sorgenti salate, e ad ammassi di salgemma compresi nel bacino degli affluenti. Il Reno a Bonn, per esempio, presenta nella nagra 1,045 di cloruro di sodio. Ma sappiamo da Buschor (*Lehrb.*, I, pag. 315) che l'Esfel, regione vulcanica, è strarico di sorgenti che contengono una quantità molto considerabile di cloruro di sodio. Il Mississippi, invece, che vanta una falange di affluenti pari ai maggiori fiumi d'Europa, non ne contiene affatto, mentre contiene il 12,50 per centomillesima di carbonato di calce con carbonato di magnesia.

coli fatti, impiegare un lasso di tempo 27 volte maggiore di quello che impiega il carbonato di calce per trovarsi nella stessa proporzione. Per vedere adesso quanto tempo dovrà impiegare il cloruro di sodio, in confronto col carbonato di calce, per raggiungere la cifra opportuna alla prosperità del mondo marino, cioè la cifra di 2,700 per cento parti di acqua, si stabilisce la presente proporzione:

$$0,003 : 27 :: 2,700 : x \\ x = 24,300.$$

Interpretando questa proporzione troviamo, che, se il carbonato di calce dovesse impiegare un secolo per raggiungere la dose opportuna allo sviluppo del mondo marino, il cloruro di sodio, per raggiungere anch'esso la dose opportuna, dovrà impiegare 24300 secoli. Se dunque, per un supposto, il bisogno di eliminare il soverchio di carbonato di calce si dovesse verificare dopo un secolo, lo stesso bisogno pel cloruro di sodio non si verificherebbe che dopo 24300 secoli. L'eliminazione del carbonato di calce ha dunque bisogno di un apparato che operi con una rapidità 24300 volte maggiore di quella che basta all'apparato destinato all'eliminazione del cloruro di sodio. La natura provvide infatti all'eliminazione del carbonato di calce con un apparato universale, rapido e ad effetto continuo: alla eliminazione del cloruro di sodio invece con un apparato limitato, lento, ad effetto intermittente: alla prima cogli animali secretori, di cui ricopre tutto il fondo dell'Oceano; alla seconda coll'intercettamento di corpi di acqua marina, operato a intervalli, per mezzo delle oscillazioni del globo.

15. Per quanto estrema sia però la lentezza, che si possa accordare all'apparato che opera l'eliminazione del sale

marino, e per quanto gli si voglia permettere di operare ad intervalli, il bisogno di essa eliminazione è pur sempre troppo stringente, e le epoche geologiche abbracciano un tempo troppo lungo, perchè in alcuna di esse si potesse fare a meno di impiantare, e di mettere in movimento la macchina. In tutte le epoche del globo la natura dovette provvedere, intercettando certe porzioni di mare, alla costante desatura delle acque, quindi alle perenne prosperità del mondo marino. La geologia ci prova che fu difatti così.

Eccoci un'altra volta a girare la nostra lanterna magica, a passare cioè in rapida rassegna le diverse epoche del globo, come abbiamo fatto pel calcare ¹⁾.

16. Il sale, misto ad argilla e gesso, è sparso in gran copia nei terreni siluriani degli Stati Uniti. Il così detto *gruppo salino di Onondaga* presenta un complesso di schisti, di grès marnosi e di calcari impuri, ove tutto accusa acque torbide e salate in eccesso, che riuscivano esiziali alla vita. Il gran banco di salgemma, scoperto nella Virginia, di cui non si poterono trovare i confini, benchè fosse traforato per la grossezza di circa 59 metri, appartiene ai terreni antichissimi, cioè al siluriano od al devoniano. Nella stessa regione il salgemma si ripete anche nel *carbonifero inferiore* o *sub-carbonifero* col solito accompagnamento di gessi, argille, marne rosse, ecc. All'epoca carbonifera succede l'epoca permiana, la quale comprende la formazione che i Tedeschi chiamarono *Zechstein*, che contiene in Turingia il salgemma compatto sotto una massa poderosa di gesso. Detto *Zechstein* pre-

¹⁾ Vedi la *Tavola sinottica dei terreni in ordine cronologico* già riportata nella *Conferenza VI*, § 3.

senta il salgemma anche in Russia e in Inghilterra. Dalle marni permiane, che occupano le steppe dei Kirghisi, affiora una massa colossale di puro salgemma, quasi un ghiacciajo di bianchezza abbagliante. Così l'epoca paleozoica, mentre ci mostrò impiantati nei liberi mari i grandi apparati corallini, ordinati alla eliminazione del carbonato di calce, ci si mostra ora non punto dimentica di quell'altro magistero, non meno importante, che provvede alla eliminazione del cloruro di sodio.

17. All'era paleozoica succede la mesozoica, che comincia coll'epoca del trias, l'epoca salifera per eccellenza. La lente della nostra lanterna proietta sulla tela una gran parte delle nostre aree continentali, occupate da deserti, che fanno cornice a mari intercettati, ove il processo del salinaggio si opera su grande scala. Molti giacimenti di salgemma si citano come appartenenti all'arenaria variegata; quelli, per esempio, di Brunswich, dell'Annover, del Württemberg, della Sassonia, del Tirolo, e quelli di cui tanto favellammo di Salzburg e di Stassfurt. Anche il calcare conchigliaceo, cioè il *trias medio*, numera molti depositi di salgemma nella Lorena, nella Turingia e nell'Austria. Ma il terreno salifero per eccellenza è il Keuper, o *trias superiore*, che vanta gli stupendi depositi di Northwich in Inghilterra, di Vic e Deuze in Francia, di Bex in Svizzera. Il salgemma è finora sconosciuto all'epoca giurese, ma abbonda col gesso nella creta di Algeria. L'era cenozoica, ossia terziaria, ripete i portenti della mesozoica. Al periodo nummulitico si riporta il grandioso deposito di Cardona in Catalogna. Appartenenti al miocene si ritengono i grandi depositi dei Carpazi, della Galizia, dell'Ungheria, del Siebeabürgen, della Sicilia,

dell'Egitto, ed altri depositi della Spagna e degli Appennini.

18. Venendo all'era neozoica, che si fonde coll'era antropozoica, ossia coll'epoca attuale, non abbiamo che da girare lo sguardo sui nostri continenti, per vedere come si continui su grande scala ciò che rimarcammo nelle epoche più antiche. Il Mar Morto, i Laghi Amari dell'Istmo di Suez, gli infiniti laghi salati dell'Africa, dell'Asia e dell'America, non sono che saline naturali, le quali hanno già compiuto il loro ufficio nei tempi che appena prece-dettero i nostri, o stanno ancora compiendolo in oggi. Gli stessi deserti non presentano che altrettante saline d'epoca relativamente recente, comè d'epoca recente è la separazione dall'Oceano delle vaste porzioni di mare che essi rappresentano. I deserti dei tre continenti, Africa, Asia e America meridionale, sono ricchi di sale a tal punto, che si credette di dover indicare coi nomi particolari di *sale dei deserti* o *sale delle steppe* quei giacimenti superficiali di sale marino, che si può dire incrostino tutti i deserti del globo, appunto perchè tutti i deserti del globo si possono chiamare altrettanti bacini separati, altrettanti fondi marini prosciugati. Come di sale sono ricchi il Sahara, i deserti dell'Arabia e dell'Asia centrale e le steppe dei Kirghisi, così lo sono del pari i piani sterminati dell'America meridionale, che si distendono tra il mare e le Ande nel Perù meridionale, e sulle frontiere della Bolivia e del Chili. La pampa di Sal è un deserto di sale lungo 200 chilometri, largo da 15 a 40, ove il sale forma una crosta di 12 a 13 centimetri. Nelle stesse condizioni è la pampa di Tamarugal, ove la quantità del sale che ne ricopre la superficie si fa ascendere a 63 milioni di tonnellate.

19. Forse però, nell'atto di concludere che l'intercettamento di pezzi di mare è un artificio a cui la natura ebbe sempre ricorso dalle epoche più antiche sino ai dì nostri, per l'eliminazione del cloruro di sodio e di tutti i sali non assimilabili, ad alcuno può nascere il desiderio di veder dimostrato con più positivi argomenti che gli odierni laghi salati rappresentino veramente altrettanti pezzi di mare intercettati. Vi ricorderete però come l'esistenza di questi laghi salati fu il punto di partenza delle nostre indagini, come quello che fe' nascere in noi il sospetto che i banchi di salgemma non fossero che antichi laghi salati, e che questi poi non fossero che pezzi di mare intercettati dall'Oceano. Noi abbiamo veduto poi come la natura ha in pronto i mezzi per ottenere tale intercettamento: come essa così risponda ad una delle principali esigenze del regno animale. Le condizioni geologiche dei grandi depositi saliferi ci hanno finalmente persuasi che la natura ebbe ricorso difatti a tale artificio, in tutte le epoche del globo. Ciò basterebbe per tenerci sicuri che anche gli odierni laghi salati siano veramente pezzi di mare intercettati. Trattandosi però di fenomeni attuali, che si compiono ancora sotto i nostri occhi, è giusto il pretendere che la loro origine trovi ragione, non soltanto in argomenti geologici, ma anche nella fisica terrestre, ed in tutto ciò che l'osservazione ci rivela circa le condizioni del mondo attuale. Dicevo dapprincipio che i laghi salati hanno l'aria di mari intercettati. Volevo dire con ciò, che le loro condizioni attuali rispondono a questa origine ad essi assegnata, e fin d'allora accennavamo ad alcuno dei caratteri che ci possono a prima vista rendere ragionevole tale supposto. Ora

vogliamo por mente a tali caratteri, e decifrarli un po' meglio, perchè sia tolto ogni dubbio circa l'origine di questi laghi, nel senso per noi ammesso.

I laghi salati si fanno sospettare come altrettanti bacini di mari intercettati, anzitutto per la loro vastità. Il gran lago Oroomiah nella Persia, vanta una estensione di forse 1480 chilometri quadrati, cioè una estensione pari a sette volte il nostro Lago Maggiore, ed a cinque volte il lago di Garda. Una estensione uguale, all'incirca, vanta il Gran-lago-salato dell'America settentrionale. Se i laghi salati non possono altrove vantare una eguale vastità, sembra vogliano supplirvi col numero. Voglio dire che i molti laghi salati, i quali si trovano disseminati su certe zone, non sembrano altro che altrettante porzioni, altrettanti bacini, in cui si divide, in seguito al prosciugamento, un primitivo mare intercettato. È probabile che, in questo senso, un solo grande lago salato rappresentino i 21 laghi salati del Caucaso, e i 129 del governo di Astracan.

Talora i laghi salati sono già talmente condensati, da rappresentare dei veri bacini di acque madri; di quelle acque madri che rappresentano il residuo delle acque marine intercettate nelle saline artificiali. In tali condizioni si trova, per esempio, il lago di Eltom, uno di quelli che occupano la grande depressione aralo-caspiana, e che ha una lunghezza di oltre 21 chilometri. Esso contiene circa 13 per cento di cloruro di sodio, 20 per cento di cloruro di magnesia, 2 di solfato di magnesia, oltre agli altri sali.

A quanto ho detto circa l'estensione dei laghi salati, bisogna aggiungere che la loro vastità non è che il re-

siduo di quella che essi possedevano, quando erano bracci di mare appena intercettati. Perchè infatti si concentrassero al punto che le loro acque si trovino ora prossime al grado di saturazione, il volume delle loro acque, e quindi la loro estensione, dovevano diminuirsi d'assai. Il lago d'Orooomiah, che contiene ora più del 19 per cento di cloruro di sodio, avrebbe dovuto contenerne, in origine, meno del 3 per cento. Il volume delle sue acque doveva essere adunque circa sette volte maggiore. Supponendo che al volume corrispondesse esattamente l'estensione, anch'essa doveva essere sette volte maggiore dell'attuale; il che vuol dire che il lago Orooomiah doveva possedere una estensione di 10360 chilometri quadrati; 50 volte all'incirca quella del Lago Maggiore. Non è egli degno di rappresentare un mare intercettato? Del resto si hanno tutti gli indizi che ci forzano ad ammettere che i laghi salati occupavano delle estensioni assai maggiori di quella che abbiamo assegnata al lago Orooomiah. Essi si trovano infatti in mezzo alle immense pianure, tutte incrostate di sale, che noi chiamiamo deserti. Chi incrostò di sale i deserti? Certamente quei laghi stessi, quando ne occupavano tutte le immense aree, riducendosi poi, per effetto della evaporazione non compensata, entro i loro attuali angusti confini. Quei vastissimi laghi erano adunque salati fin dalla loro origine, ed esserlo non potevano se non in quanto erano prima porzioni di mare. Vedete la vastità che guadagnano, in questo senso, i laghi salati dello sconfinato Sahara! Essi rappresentano un mare intercettato assai più vasto del Mediterraneo.

I miei uditori possono fare, se vogliono, un'ultima obiezione alla teoria dell'origine dei depositi di salgemma

per l'intercettamento di porzioni di mare, e sarebbe il supposto della esistenza di immensi laghi di acqua dolce, senza emissario, indipendenti dal mare fino dall'origine, e che, a forza di ricevere i sali condotti dai fiumi, si convertissero in laghi salati. Dissi che si può fare una tale obiezione, perchè il supposto non è assurdo. Supponiamo dunque un lago senza emissario, ove l'evaporazione sia esattamente compensata dalla concentrazione. Quel lago andrà salandosi a poco a poco, finchè raggiunga il massimo grado di saturazione. Ma ci vuol tempo, sapete, perchè questo avvenga. Io non mi voglio troppo bisticciare coi calcoli; ho però tentato di conoscere quanto tempo richiederebbe il lago di Como, nelle condizioni supposte, per convertirsi in lago saturo di cloruro di sodio, e avrei trovato se per giù la bagattella di due milioni di anni. La geologia ci accorda tutte le larghezze circa la durata delle epoche geologiche. Ma i laghi attuali, determinati dall'ultimo assestamento della superficie del globo, non possono essere così antichi quanto si richiederebbe perchè di laghi d'acqua dolce si fossero convertiti in laghi salati. Aggiungete che ciascun fiume, come percorre e lava una particolare regione, così presenta all'analisi chimica caratteri diversi, non solo per la quantità, ma anche per la qualità diversa dei sali che vi sono disciolti. Ciascun lago salato dovrebbe avere pertanto, nell'ipotesi, una salsedine sua propria, diversa da quella salsedine marina che deriva dalla miscela entro il comune recipiente di tutte le acque del mondo. Al postutto se i laghi salati non fossero stati in origine che laghi d'acqua dolce, la natura, nell'epoca attuale, mancherebbe d'uno dei più necessari provvedimenti. Invece il supposto che i nostri laghi

siano mari intercettati, siano grandi saline naturali, come non chiede per postulato che uno dei fenomeni più volgari, verificatosi in tutte le epoche del globo, così risponde, lo ripeto, ad una assoluta necessità, alla necessità della eliminazione dei sali marini, che è una delle condizioni primarie della vita in seno ai mari.

20. Infine la geologia, come la fisica terrestre, ci affermano, nei grandi depositi di salgemma e nei laghi salati, quella parte importantissima del grande magistero dell'economia tellurica, che consiste nel mantenere costante la dosatura del mare, versandovi di continuo quella quantità di sali che giova alla prosperità del mondo marino, ed eliminandone di continuo quella che, soverchiando il bisogno, allo stesso mondo marino renderebbe inevitabile la morte.

CONFERENZA DECIMA

IL REGNO VEGETALE CONSIDERATO COME FORZA TELLURICA ORDINATA AL MANTENIMENTO DELLA PUREZZA DELL'ATMOSFERA.

SOMMARIO. — La vita nell'Oceano atmosferico fin dal principio del mondo, 1. — La purezza dell'aria è un problema, 2. — Necessità di un magistero all'uopo, 3. — Rassegna dei combustibili fossili, 4. — Loro origine vegetale, 5. — Quadro della vita vegetale, 6. — Il regno vegetale come forza tellurica, 7. — La respirazione delle piante, 8. — Necessità di una continua produzione dell'acido carbonico, 9. — Sorgenti perenni dei gas atmosferici, 10. — Sorgenti perenni dell'acido carbonico, 11. — Tentativo d'un calcolo sulla quantità dell'acido carbonico d'origine endogene, 12. — Sorgenti termo-minerali e mofette del Senese, 13. — Quantità dell'acido carbonico da esso prodotto, 14. — Dal piccolo al grande, 15. — I vulcani come principale sorgente dell'acido carbonico, 16. — Necessità della sua continua eliminazione, 17. — Le piante sono impotenti ad ottenerla, 18. — Si combatte come è ammessa universalmente la legge di compensazione stabilita dal modo di respirazione degli animali e delle piante, 19. — Necessità telluriche in opposizione con questa legge, 20. — Si stabilisce la necessità di una circolazione dell'acido carbonico tra l'atmosfera e la terra, 21.

1. Le precedenti conversazioni, sul carbonato di calce e sul salgemma, ci hanno svelato il multiforme magistero che assicura la vita delle popolazioni marine fin dalla prima epoca dell'animalizzazione del globo. Vedendo come tutte le forze telluriche vi sono impiegate, si direbbe che tutto l'impianto terrestre è ordinato unicamente a mantenere la dosatura dei sali in quel grande ricettacolo di

vita ove farono concette e crebbero tutte le generazioni marine che si succedettero dall'istante in cui fu detto: *Producano le acque*¹⁾. Ma vi ha un altro Oceano, più vasto, più profondo del primo. Ad esso attinge la vita un altro mondo animato. Anch'esso ha il suo fondo, coperto di viventi, o radicati e fissi come i coralli, o liberi come le conchiglie: anch'esso ha le sue acque, a cui gli abitatori del fondo attingono gli elementi necessari alla vita, e nel cui seno nuotano, come i pesci nel mare, tanti altri milioni di viventi. Questo nuovo Oceano si chiama atmosfera: il suo fondo è la terra: fisse a quel fondo vivono le piante, e su quel fondo stesso errano veloci o tardi gli animali terrestri e gli uomini: l'aria stessa è percorsa da una infinita moltitudine di uccelli d'ogni specie, da orde di pipistrelli, e da tali turbini d'insetti, che colla varietà delle forme, degli istinti e delle abitudini, e colla potenza del numero, rivaleggiano con quelle miriadi fosforescenti di animali marini, per cui il mare talvolta sembra in preda ad un incendio. Ecco un altro ricettacolo di vita, più vasto, più importante di quello dove ci intrattenemmo finora, ammirati di quella Provvidenza che vi mantiene da tanti secoli, in mezzo alla guerra degli elementi, sicura e vittoriosa la vita. Nel gran codice dell'economia tellurica devono esservi delle pagine assai, ove sono scritte le leggi per provvedere alle popolazioni terrestri che nell'atmosfera bevono la vita. Non vedete voi anzi come noi siam giunti al compartimento più nobile della sfera terrestre? Che ci siamo inalzati alle sfere superiori del gran mondo vitale? Non vi par egli che la natura debba aver prov-

¹⁾ *Genesi*, I, 20.

veduto con più gelosa cura, con magisteri più sapienti, con meccanismi più fini, alla conservazione delle parti più nobili della creazione?

Eccovi dapprima, tra i viventi che respirano l'atmosfera, l'infinita umana prosapia, divisa in grandi famiglie, adunata in grandi centri che si chiaman città, disseminata in villaggi nelle campagne e in seno ai monti, sparsa su tutti i continenti, su tutte le isole, vaga su tutti i mari, dilatata da oriente a occidente, dall'uno all'altro polo. Intorno e in mezzo alle umane famiglie è un nitrire di cavalli, un muggire di giovenche, un belare di pecore, un abbajare di cani, un cantar di galline, un gemere di colombi; insomma un mondo di animali privi d'intelletto, associato a un altro mondo di animali intelligenti, che, sovrano del primo, ha comuni con esso tutte le esigenze della vita. Ma gli uomini e gli animali domestici non costituiscono che una provincia, per dir così, di quel mondo di viventi che popola la terra, e si abbevera alle indefettibili sorgenti dell'atmosfera. Lontano dalle abitazioni degli uomini, negli ermi recessi delle Alpi, nel fitto delle pinete, lungo i torrenti spumeggianti a' piè de' ghiacciai, sui picchi vertiginosi ed ignudi, urlano gli orsi, abbajano i lupi, fischiano le marmotte, spiccano aerei salti gli stambecchi, si aggrappano, come uccelli rampicanti, i neri greggi di camosci. Più lontano ancora, erranti nei deserti o nel fitto delle vergini foreste, chi può numerare quelle orde infinite di animali selvatici, o feroci o pacifici, che si affacciano all'uomo, quando spinge quasi furtivo lo sguardo entro gl'immensi penetranti ove un giorno stabilirà nuovi regni e nuove città? Delegorgue, nel racconto delle sue esplorazioni nel-

l'Africa Australe, descrive un lago, ove stanziava una truppa di cento ippopotami, e uno spazio di tre miglia dove si erano assembrati più di 600 elefanti. Incontrò un giorno da 300 a 400 cinojone (specie di jena), e un altro giorno da 400 a 500 cuagga (specie di zebro). Livingstone vide sovente sfilare eserciti di 40,000 gazzolle, e centinaja di zebri e di bufali passare attraverso le radure delle africane foreste. Sulle sponde del Nilo a cento a cento spalancano le formidabili fauci i coccodrilli; a cento a cento, sulle rive del Gange, rizzano l'acuto muso i gaviali, ed eserciti di caimani e di lucertole, d'ogni stampo e d'ogni dimensione, formicolano negli stagni e nei mari dell'India, dell'America e dei tropicali arcipelaghi. Non dimentichiamo le pigre testuggini che sporgono timide il capo dalla corazza di ferro intarsiato; nè l'immensa schiatta dei goffi batraci che, dalla ranella confusa nel verde delle nostre frondi, alla rana muggente del Messico e all'immane rospo del Surinam, si addensano in seno o in riva a tutte le acque del globo; nè la progenie maledetta dei serpenti, così paventata dagli animali e dagli uomini, o morda col veleno della vipera, o allacci colle spire formidabili del boa. Aggiungi i moluschi terrestri, striscianti sul ventre come i marini, che ricoprono talora di uno strato brulicante i nostri muricciuoli, madidi di pioggia, o caricano di bacche viventi le erbe e gli arbusti; aggiungi i vermi che si svolgono dal fango durante la notte, e si appiattano di giorno sotto i sassi e in seno alle umide zolle, ove si trovano cogli insetti carnivori, cogli aracnidi, coi miriapodi, con una miriade di altri animaletti notturni, che spiano il tramonto del giorno per piombare addosso, in serrata falange,

al minuto popolo diurno, che dorme sparso sul rugiadoso tappeto dell'erba, o in grembo ai calici profumati dei fiori. Bisognerebbe aver passata una notte coll'Humboldt nel fitto delle vergini foreste, in seno alle quali svolgono le immense spire l'Orenoco e il Rio delle Amazzoni, per avere un'idea di ciò che è la vita sulla terra: bisognerebbe aver veduto i tapiri uscire notturni ad abbeverarsi; aver udito lo squittir delle scimmie, che rompono coi loro stridi il silenzio della notte; aver veduto, aver udito insomma agitarsi la vita in tante migliaja e tanti milioni di esseri, così vari di forma, di mole, di abitudini¹⁾. Ma che bisogno di avventurarci nelle selve tropicali per gustare la vita notturna degli animali, se all'ingiro delle nostre abitazioni sentiamo il gracidar delle rane, simile al fragore delle onde che si frangono incessanti sul lido, a cui si sposa, quasi il tintinnio d'una immensa soneria, il canto de'grilli? Ma di notte o di giorno che sia, tutto brulica, tutte vive. I piani del Sud-America, alternatamente laghi o deserti di cenere, il fango delle nostre vie bagnate dalla pioggia, si animano, maturando quelle miriadi di enti microscopici che i venti sollevano nelle nubi, tingendo di sangue le piogge e le nevi. Come gli scogli e le sinuosità nelle profondità sottomarine si adeguano sotto quella nevicata di vivi e di morti che si chiama fango, così il monte, il piano, i tetti e fin le mobilia della nostra casa si velano sotto montagne di cadaveri, che noi chiamiamo polvere.

Non parlammo fin qui che degli animali i quali brulicano sul fondo dell'oceano atmosferico, come le conchi-

¹⁾ HUMBOLDT, *Tableaux de la Nature*.

glie, i granchi, gli echini, che coprono di un mobile strato il fondo dell'oceano acquatico. Ma se fuggiamo lo sguardo in seno alla stessa atmosfera, quale nuovo spettacolo ci presenta la vita! Sovrani della libera atmosfera, come i pesci del libero mare, sono gli uccelli. Il ritorno della primavera ci rinnova ogni anno lo spettacolo delle portentose migrazioni di tanti alati, che vengono a rallegrarci col loro canto, e sulle cui piume la luce del sole si frange ne' suoi mille colori. Quando i primi soffi, fiorieri delle brezze invernali, agitando lo spesso fogliame, ne staccano le prime foglie ingiallita, eccoti quelle orde di ritorno sull'aereo sentiero, cresciuti di infinita prole, che, sulle traccie dei padri, cercano in più calde regioni uno schermo dal gelo che si avvanza dalle cime nevose e distende sui nostri piani fioriti un velo di morte. Ma l'uomo, che fuga gli animali selvatici dai piani, dai colli e dai monti, cui egli va man mano occupando cogli animali ridotti a servaggio, ha ormai diradato anche i campi dell'aria. Nelle selvagge regioni, ove regnano ancora le bestie feroci, anche gli uccelli appaiono più densi nelle regioni dell'aria. Chi può formarsi un'idea di quelle colonne di piccioni, che nell'America settentrionale si distendono, quasi immense nubi che oscurano il sole in pieno meriggio, sfilando per giorni e giorni, coprendo il suolo de' loro escrementi, quasi d'una schifosa nevicata dell'altezza di parecchi centimetri? Nell'America meridionale noi troviamo i *larus*, le *sula*, i pellicani, e tanti altri uccelli fabbricatori del guano, appollajati sui lidi del continente e sulle isole peruviane in numero sì grande, che la congerie dei loro escrementi si eleva, per la sua potenza, al grado di formazione geologica. Quando il giorno si spegne,

ecco gli uccelli notturni che escono alla preda; ecco le orde dei pipistrelli, che abbandonano il silenzio de' solai, e le ignote profondità degli specchi. Ma non sono nè gli uccelli, nè i pipistrelli che esprimono nella sua vera potenza la vita in seno all'atmosfera. Uno sguardo, o signori, agl'insetti. Si può egli trovare un sol palmo di terra, un solo atomo d'aria, ove non si agiti alcuno di questi esseri che involgono quasi d'un'altra atmosfera la terra? Anche nei climi più temperati, anche dove la civiltà impone pure un qualche freno a questi invasori dell'universo, che minacciano a ogni istante di espellerci dal globo, non ci è permesso quasi di respirare, tanto l'aria è invasa da mosche, da moscherini, da zanzare, da alati spiritelli che ci molestano giorno e notte. Che sarà là, in seno alle vergini foreste, sull'immensa distesa degli umidi piani, che ribollono sotto i soli dei tropici, ove lo spirito invadente di quegli animali, tanto più formidabili quanto più piccoli, si può mettere in rango fra i più terribili elementi della natura? Ricordate soltanto, o signori, la terribile locusta africana (*Gryllus migratorius*), di cui vi son note le migrazioni, capaci di convertire in breve giornata nel più orrido deserto la più florida regione. Il signor Levaillant ne vide una legione, quasi una nera nube, larga da 2000 a 3000 piedi, il cui passaggio durò oltre un'ora, rimanendone l'aria letteralmente oscurata. Il nembo di locuste, osservato da Barrow nell'Africa meridionale, copriva un'area di 2000 miglia, finchè, cacciato sulla spiaggia del mare, formovvi uno strato pestilente di 3 a 4 piedi di grossezza, il cui fetore ammorbava l'aria 150 miglia lontano. Insomma, sulla terra come nel mare la vita si direbbe un universale

parossismo: se ogni stilla è un popolo, ogni foglia d'albero, che si agita in seno all'atmosfera, è una colonia. E questo spettacolo della vita in seno all'atmosfera dura, come quello della vita in seno all'oceano, da milioni di anni. Fin dai primordi dell'animalizzazione del globo la geologia ci addita le terre primitive coperte di vergini foreste. Fino da epoche antichissime gli strati componenti la crosta del globo sono istoriati da orme di rettili, di uccelli, di insetti. Gli strati, benchè generati in seno alle acque, non sono talvolta che immense necropoli di animali terrestri, vasti ossari, ove sono accumulate le spoglie d'infinito generazioni di rettili mostruosi, di belve feroci, di pacifici erbivori, insomma d'animali terrestri d'ogni stampo, simili a quelli che oggigiorno si abbeverano alle nostre correnti, brulicano sui nostri piani, si nascondono nelle ombre delle foreste o nelle tenebre delle caverne. È vero che la vita marina ha preceduto forse di centinaia e migliaia di secoli la vita terrestre. Tentano di affermarlo, almeno negativamente, i terreni cambriani e siluriani, nei quali finora, ch'io mi sappia, non apparisce nessuna traccia d'animali terrestri. Ciò tuttavia non può dirsi delle piante. Esse ombreggiarono colle folte loro chiome le terre, fin da quel giorno in cui la superficie del globo, strappata al favoleggiato disordine del caos, mostruosi divisa in terre e in mari. Ma anche prescindendo dai vegetali, che involgono il globo entro un fitto mantello di verdura che vive dell'atmosfera, è un fatto che da milioni di anni la terra è abitata da animali, vari, numerosi, come quelli che vivono in oggi, e che al pari di essi bevettero nella libera atmosfera la vita.

2. Come mai questa atmosfera, dopo tanti e tanti milioni di anni, dopo tanti e tanti milioni di generazioni, mantiene ancora quella purezza la quale ci inebbria così, che un soffio d'aria libera è per tanti poveri o ricchi una delle più invocate delizie che si possano godere sulla terra? Vedete come una sola persona, un solo animale basti a viziare in poche ore l'aria di una stanza. Vedete come le spaziose volte di un tempio non bastino ed impedire che, dopo poche ore soltanto, alcuno della folla devota non si senta venir meno per mancanza di respiro. Non dovrebbe così viziarsi la gran stanza di tutti gli animali, ove milioni di viventi, pigiati su tutta quanta la superficie del globo, respirano da milioni di anni? Questa stanza è vasta, non lo neghiamo: al poeta è permesso di dire che i suoi confini si confondono coi confini del cielo. Ma il fisico sa benissimo come questa stanza offre, in confronto al numero immenso delle piante e degli animali che vi respirano, un ambiente molto limitato. La scienza sembra disposta a portare fino a 800 chilometri all'incirca l'altezza di questa immensa aureola che circonda il pianeta. Ma oltre certi limiti l'aria è così rarefatta, che la sua massa è un nonnulla in confronto del suo volume. Riducendo tutta l'atmosfera a quella densità che si verifica sulla superficie del globo, ed è necessaria alla regolare respirazione degli animali, si può ritenere già esagerata la cifra di 20 chilometri che si volesse assegnare allo spessore di questo strato vitale che involge la terra. Supponete una vasta aula, la cui volta si curvasse all'altezza di 20 chilometri, ma chiusa così ermeticamente che un solo atomo di aria non potesse nè entrarvi nè uscirne: fate che una folla vi rimanga stivata, e debba respirarvi per un anno, per

cento, per mille, per un milione di anni. Per quanto tempo pensate voi che quell'aria non si vizierebbe, o si manterrebbe almeno respirabile? L'aula descritta non fa bisogno di supporla: il suo pavimento è la terra: la sua volta i limiti superiori dell'atmosfera. Vasta, il ripeto, è davvero quest'aula: ma se volete che ogni virtù d'immaginativa, ogni potenza di calcolo sian vinte, non pensate alla vastità dell'ambiente, ma alla potenza della folla che vi si pigia, e alla durata della mostruosa assemblea.

Provatevi un po', o signori, a rendere più determinato davanti alla nostra mente il concetto che abbiamo espresso in termini così generali e indecisi, dicendo che milioni di viventi respirano l'aria da milioni di anni. In questo ambiente respirarono tutti i popoli, tutte le nazioni. Sono milioni d'uomini, che vi respirano almeno da 60 secoli. Ma con loro da 60 secoli vi respirano tutte le bestie della terra e tutti gli uccelli dell'aria, tutto quel brulichio di viventi che si rimutano di generazione in generazione, e copre la terra delle sue spoglie putrescenti. Ma i 60 secoli che la cronologia comune assegna su per giù al genere umano, sono un istante pel geologo, che vede al mondo attuale precedere cento mondi animati come il presente, e per ogni mondo, milioni di generazioni di milioni di specie d'animali diversi, che tutti respirarono quest'aria che noi respiriamo.

3. Qui un grande magistero ci dev'essere, inteso a mantenere la purezza dell'atmosfera; inteso cioè a mantenere costante la dosatura dell'aria, ossia a stabilire incessantemente quelle proporzioni degli elementi che la compongono, dalle quali dipende, secondo le più volgari esperienze, la respirabilità di quel primario elemento della

vita terrestre. Noi entriamo, lo confesso, in un campo quasi inesplorato. Osservando quante siano le cause che possono viziare l'aria, e che la viziano di fatto, quando sia per qualunque causa impedito il suo rinnovarsi in un ambiente qualunque, io penso che il magistero di cui parliamo debba essere infinitamente molteplice. Trattandosi però, come ho detto, di limitare le nostre conversazioni nei termini di un semplice saggio di economia tellurica, è mia intenzione di circoscrivere le nostre considerazioni ad uno soltanto degli elementi che compongono l'aria, anzi al minimo di essi. Questo elemento, di cui parlo, è il gas acido carbonico, il quale è contenuto nell'atmosfera in ragione di un millesimo o giù di lì. Con quale artificio la natura provvede a mantenere costante nell'atmosfera quella dose di gas acido carbonico la cui costanza è dalla fisiologia vegetale e animale dimostrata così necessaria, che un difetto o un eccesso, come abbiamo dimostrato nei sali marini, renderebbe sulla terra impossibile la vita?... Memori sempre che la storia del globo è scritta sulle masse minerali che lo compongono, gettiamo uno sguardo su quegli enormi ammassi di carbone, che formano anch'essi una parte non indifferente dell'ossatura del globo. Son essi che ci devono rappresentare la costante dosatura del gas acido carbonico dell'atmosfera, come i calcari e il salgemma ci rappresentarono la costante dosatura dei sali marini.

4. Prima di entrare in materia, trovo necessario di far conoscere alcun poco a' miei uditori, come ho fatto precedentemente per gli altri minerali, quei combustibili fossili, che mostriamo poi rappresentare una parte così squisita nel grande magistero dell'economia tellurica.

Anche qui però spero di poter esser breve, affidandomi alle cognizioni che ciascuno di voi già certamente possiede, trattandosi di materie che il progresso delle industrie ci ha reso cotanto famigliari. I combustibili fossili, per quanto vari nella loro forma e nella loro composizione, si riducono ad un piccolo numero di tipi. Essi si trovano in strati talora di grande potenza e di enorme estensione, alternanti con strati d'altra natura, specialmente con rocce detritiche, con schisti, arenarie, puddinghe, i quali non son altro che fanghi, sabbie, ghiaje, cementati e concreti. I tipi suddetti si riducono a cinque: la grafite, l'antracite, il litantrace o carbon fossile, la lignite, la torba.

La *grafite* si distingue a prima vista, perchè di color nero di piombo; perchè untuosissima al tatto; perchè lascia le dita tinte di una vernice plumbea; perchè infine ha le apparenze e la sostanza delle matite ordinarie, alla cui composizione appunto si adopera. La grafite è sostanzialmente puro carbonio; ma è sovente resa impura da diverse sostanze terrose.

L'*antracite* si rassomiglia molto al carbon fossile, di cui tutti conoscono i caratteri fisici. È tuttavia più lucente, più fragile; arde difficilmente, con debole fiamma, crepitando, fendendosi in minuti frammenti, senza conglutinarsi, senza gonfiarsi, senza lasciare un residuo di *coke*, come fa il carbon fossile. Anche l'antracite non è altro che carbonio misto ad una certa quantità di idrogeno, di ossigeno e d'azoto, che arriva tutt'insieme difficilmente al 7 per cento.

Il *litantrace* o *carbon fossile* tutti, ripeto, lo conoscono. Anch'esso è carbone; ma la copia dei gas nominati che

esso contiene è molto maggiore, cioè complessivamente di 10 a 23 %/o. Perciò arde con fiamma più viva, talora, splendida e bianca, e rimane, quando è spenta la fiamma, in quello stato di massa lucente, gonfia, glutinosa che si chiama *coke*, che è puro carbonio con poca miscela terrosa.

La *lignite*, quando è perfetta, non differisce gran fatto dal carbon fossile quanto ai caratteri fisici. Arde con fiamma assai lunga e chiara, ma con odore spiacevole, e non dà *coke*. Talora è così omogenea e compatta, che se ne fabbricano squisiti oggetti di ornamento, che servono al lutto delle nostre signore. Piglia allora il nome di *gagate* o *giajette*. Talvolta, al contrario, presenta la struttura del legno, o diviene anzi decisamente legnosa, ovvero perde la sua lucentezza ed assume il brutto aspetto della torba nera. Quindi, le varietà di lignite *xiloide* ossia legnosa, e di *lignite torbosa*. La quantità dei gas associata al carbone (poichè anche la lignite non è che un carbone) è molto considerevole, raggiungendo la cifra di 20 a 45 per cento.

La *torba* è priva di quella bellezza di cui possono vantarsi gli altri combustibili. È un cattivo carbone, di rado compatto, d'ordinario poroso, leggero e fin soffice al tatto, con tutte le gradazioni, dal nero al bruno, dal bruno al giallastro, che si direbbe un colore di tabacco. Anche la torba però è un carbone; meglio poi si direbbe talvolta un ammasso semi-carbonizzato di legno o di erbe, ove il carbonio si riduce verso il 60 per cento, mentre il 40 per cento è rappresentato all'incirca dai gas idrogeno, ossigeno ed azoto.

5. Per intendere che cosa rappresentino nell'economia tellurica quegli ammassi di combustibili che occupano

talvolta una estensione di più centinaja di migliaja di miglia quadrate, è necessario anche qui, come lo era pel calcare e pel salgemma, di conoscerne l'origine. L'origine dei combustibili fossili è presto detta. Essi non sono che grandi ammassi di vegetali carbonizzati. Tanto ci basta, per ora; poichè le ragioni, per le quali si accumularono insieme in certi luoghi tante spoglie di vegetali, saranno indagate più tardi a miglior uopo.

Che i combustibili fossili non siano in origine che ammassi di vegetali, è tanto acconsentito, tanto evidente, che par tempo sciupato quello che s'impiegasse a dimostrarlo. Che lo siano, per esempio, le torbe, lo indovinerrebbe un bambino, quando gli si facesse osservare che, tagliando la torbiera dalla superficie al fondo, si passa insensibilmente dalle erbe che vegetano sul piano, alle erbe morte e disseccate, formanti lo strato più superficiale, quindi alle erbe semicarbonizzate, quindi a una specie di carbone erboso, bruno, finalmente al carbone nero, più compatto, più fuso in una pasta omogenea, dove però l'occhio nudo può scorgere ancora i vegetali, o almeno le fibre dei vegetali che composero le torbiere. I naturalisti si occuparono anzi della loro determinazione, e trovarono che le torbe si compongono principalmente di vegetali palustri, fra i quali primeggiano, secondo le diverse località, gli sfagni, e gli altri numerosi rappresentanti di quella multiforme famiglia che noi diciamo volgarmente dei muschi. Natura, foggiandoli a modo di spugna, e dotandoli di una vita perenne, li ebbe forniti delle proprietà più richieste per farne altrettanti fabbricatori di carbone. I vegetali tutti, del resto, acquatici o terrestri che sieno, comprese le piante di alto fusto, posti

in condizioni favorevoli, facilmente si torbificano. Una foresta, per esempio, che fosse atterrata, priva di vita sull'umido suolo, si convertirebbe in torbiera, come avvenne di quella che fu rovesciata da un uragano a Loehbronn (Rosshire) nel secolo XVII, e delle foreste delle Ardenne e dell'Ercinia, atterrate per ordine dell'imperatore Severo. Quando si vedono le ligniti xiloidi e le ligniti torbose passare gradatamente alle ligniti compatte, non si può dubitare che tutte le ligniti, anche le più compatte e lucenti, cioè le più somiglianti al carbon fossile, non rappresentino ugualmente in origine altrettanti ammassi di legname. Quanto al carbon fossile però, esso è così compatto, così omogeneo, che a nessuno verrebbe in mente a prima vista che anch'esso si componga di piante carbonizzate. Ma dove non giunge l'occhio, penetra il microscopio. Sotto quel miracoloso moltiplicatore della potenza visiva, l'uniforme luccicore del carbon fossile si risolve in un intreccio di fibre e di vasi. Goeppert riuscì a distinguere, in seno al più puro carbon fossile, quei generi stessi di piante le quali si trovano così ben conservate negli strati rocciosi dell'epoca carbonifera. Il carbon fossile poi passa con transazioni insensibili all'antracite, e dall'antracite alla grafite; e per tutti i combustibili fossili, appartenenti alla famiglia dei carboni stratificati¹⁾, sono così identiche le condizioni di giacitura, che non si può dubitare non siano ugualmente derivati da ammassi di piante fossili.

Quali enormi congerie di vegetali non sono dunque rappresentate da quei letti sconfinati di carbone di varia natura! Se parliamo di torbe, vi hanno torbiera in

¹⁾ Restano così esclusi i petroli, i bitumi, le ambre, i solf., ecc.

Irlanda e in tutta l'Europa settentrionale dell'estensione di più centinaja di miglia quadrate. Le ligniti presentano degli ammassi ancora più spettacolosi. Tutta la Germania, si può dire, è divisa in una serie di grandi bacini, quasi antiche torbiere, ove i banchi di lignite sovrapposti presentano talvolta uno spessore complessivo di 30 e più metri. Fino a 40 metri di spessore misura la lignite torbosa del Valdarno superiore. Così, più o meno, in tutte le regioni del globo; anche in quelle ove attualmente non alligna nè pianta, nè arbusto. Sì; nelle regioni artiche, in quelle isole sporgenti da un oceano di ghiaccio, le ligniti mioceniche, sparse dovunque, si presentano talora come montagne di carbone. La vera formazione carbonifera poi, quella che è caratterizzata specialmente dalla presenza del carbon fossile, è atta, in certo senso, ad atterrirci colla immensità di quelle cataste di carbone accumulate in una sola epoca del globo. Immaginatevi uno strato di carbone tutto compatto, alto 33^m, disteso sopra una superficie di 204 mila miglia quadrate, e non vi sarete immaginata all'incirca che la quota di carbon fossile toccata in retaggio agli Stati Uniti d'America. Ma voi sapete quanto siano ricche di carbon fossile l'Inghilterra, la Spagna, il Belgio e la Francia, e quali altri ammassi di carbone si vanno man mano scoprendo in tutte le regioni del globo. Quegli ammassi enormi di carbone, riposti in tutte le epoche, in tutte le regioni del globo, devono rappresentare certamente qualche cosa di imponente nell'ordine dell'economia tellurica. Ma che rappresenteranno mai?...

I depositi di combustibili non sono, abbiám detto, che ammassi di vegetali, cataste di legname, congerie di

piante messe fuor di servizio. Erano foreste viventi un giorno: la natura ne fece degl'immensi fasci di legna da ardere. Considerando quale sia il servizio che le piante rendono alla natura, forse ci verrà fatto di scoprire le ragioni per cui la natura stessa le ha condannate a morire, componendone delle enormi cataste, che certamente prestano alla stessa natura un altro servizio: ci verrà fatto, cioè, di scoprire quello che cerchiamo; di scoprire quale magistero rappresentino i combustibili fossili nell'economia tellurica.

6. Il valoroso pennello di Humboldt si è provato più volte a delinearci un quadro del regno vegetale che ne esprimesse l'estensione e la potenza. Ma non v'ha pennello che valga a tracciarne nemmeno il contorno. Nelle regioni più temperate, ove il regno vegetale è, per dir così, condannato a morire ogni anno, la vita, la robustezza, l'universalità del regno vegetale è qualche cosa che supera qualunque espressione dell'arte ed ogni potenza dell'immaginazione. Dai lidi ove si frangono le onde biancheggianti del mare, sino alle vette ricoperte di eterui ghiacci, tutto è rivestito da un immenso drappo di verdura trapunto di fiori. Le uggiose paludi, e le morte lagune incorniciate dalle sabbie ributtate dal mare, si velano di un fitto tessuto di lenti, o di alghe filamentose, simulando, in brev'ora, praterie verdeggianti. Sullo specchio degli stagni dormenti; in seno alla pianure verdeggianti, spiegano le ninfee il loro tondo ventaglio, mentre allacciano il fondo nella rete inestricabile dei loro rizomi. I giunchi e le canne convertono intanto in foreste ondeggianti le plaghe coperte dalle acque meno profonde, mentre i muschi ricoprono di densa pelliccia l'umido

lido. Le erbe, a guisa d'immensi tappeti, i campi fioriti o biondeggianti di messi, le ericaje irsute ed aduste, si uniscono a formare un immenso e vario tessuto che si distende, dalle arene del mare, fino al piede dei colli, donde la vista spazia sull'immensa pianura. I colli stessi si coprono di alberi fruttiferi, di viti, di olivi, e si convertono in aprichi giardini. Più in alto ecco i castagni, che espongono dai radi tronchi le immense chiome, coprendo di nera ombra le falde delle nostre Prealpi. Più in alto ancora, dove dagli strappi del verde mantello cominciano a trasparire ignude le rupi, sorgono i faggi sui tronchi spessi e tortuosi, e insieme intrecciando le radici e le frondi, presentano una barriera insormontabile ai torrenti che scendono impetuosi dalle Alpi. Più in alto, ed ancora più fitti, rizzano le robuste antenne i pini e gli abeti, pronti a sostenere l'urto delle valanghe, cingendo di una cortice di verde-cupo i bianchi ghiacciai. Ma le piante di alto fusto, trattenute nella loro marcia ascendente dal soffio gelato delle Alpi, cedono il campo agli arbusti; e le creste più elevate si pingono del verde cinereo dei ginepri o cupo dei mirtilli, e si adornano dei fiori purpurei della rosa delle Alpi. Ma anche gli arbusti cedono il campo; le montagne ormai non han veste che celli le membra ossute... No; i muschi, i licheni, coprono ancora di morbidi pizzi, o di talli elastici e callosi le rupi stesse che sporgono il nero capo dai nivei lenzuoli. Fin le nevi eterne rosseggiano sovente, quasi colorate a sangue dalle spore dei *Protococcus*¹⁾. Noi andiamo superbi di poter

¹⁾ I *Protococcus* sono crittogame consistenti in cellule globulose di vario colore. Il *Protococcus nivalis*, di color rosso, è quello che si moltiplica talvolta talmente sulle nevi delle Alpi da dar loro una tinta rossa.

chiamare l'Italia giardino del mondo, e la Lombardia giardino d'Italia. Ma i nostri giardini sono deserti... Un solo sguardo a qualunque lembo di regioni tropicali, a quella qualunque delle isole equatoriali che si vedono seminate, come bagnanti, in grembo all'oceano immenso. L'isola di Giava... codesta sì che merita il nome di giardino; essa, che in sé concentra tutte le meraviglie delle flore tropicali, ove robusti, gravidi di linfe odorose, di gomme aromatiche, di succhi gustosi, si pigiano sul suolo umido e bollente, i tamarindi, la rosamala, i pini, i lauri, le palme, le canne da zucchero: là, dove alle nostre cannuccie si oppongono i bambù di 35 piedi di altezza; alle nostre quercie, ai nostri castagni, le tossicarie di 80 piedi, e i *palagrav* di 150 piedi, ed alle felci, che sporgono a guisa di pizzi dai fessi dei nostri muricciuoli, o guarniscono di verdi penne il piede dei nostri castagni, si sostituiscono le felci arboree dell'altezza di 80 piedi.

E ancora non siamo giunti a quelle vergini foreste, all'immensa legnaja, come la chiama l'Humboldt, che occupa tutta l'America meridionale, dalle savane della Venezuela fino ai pampa di Buenos-Ayres, distesa sopra una superficie di circa dodici volte quella della Germania. Più che foresta, è quella una montagna di legno vivente; quasi una immane palafitta, ove i vani lasciati dai tronchi di otto a dieci piedi di diametro, sono riempiti da liane sarmentose, da alberelli d'ogni specie; ove non si distingue chioma da chioma, radice da radice, tronco da tronco; ove tutto è un intreccio, un arruffamento, una siepe colossale così fitta, che il jaguar (la tigre dei tropici) flessuoso e destro come la donnola delle nostre montagne, è costretto a prendere le abitudini dello scojattolo e del

ghiro, lanciandosi da cima a cima d'albero, per dar la caccia agli animali di cui si pasce la sua ferocia.

7. Che cosa è mai questo mantello di viva verdura gettato sulle spalle della terra, che tutte ne involge le robuste membra? Perchè la natura fu sì prodiga nel creare tanto numero e tanta varietà di piante, che ve ne fosse ad esuberanza per tutte le latitudini, per tutte le altezze, per tutte le condizioni di suolo e di clima?

Domandare a che cosa servono tante piante diverse... domandarlo all'uomo, dannato a procurarsi il pane col sudore della sua fronte... domandarlo all'uomo che è anzi tutto necessariamente, essenzialmente, agricoltore... I vantaggi che recaano le piante vanno, non dirò numerati con esse, ma moltiplicati pel numero delle parti di cui è composta ciascuna di esse. Le radici, le cortecce, il legname, le foglie, i fiori, i frutti... ovunque si nasconde o un beneficio o un piacere. Quanto infatti serve immediatamente ai bisogni ed ai piaceri della vita, tutto si cava dalle piante. Delle piante l'uomo si nutre, si veste, si medica, si inebbria. I bastimenti solcano i mari in tutti i sensi, carichi dei prodotti delle diverse provincie del gran regno vegetale. I grani, le avene, le uve, le olive, i frutti d'ogni genere, cresciuti sotto i climi più temperati, si scambiano colle droghe, coi medicinali, cogli aromi stillati dai climi più ardenti. Dalla polenta che fuma, conquistata dagli onesti sudori, sul rozzo tagliere del povero, al profumo che olezza tra le molli turpitudini di un harem, tutto si trae o mediatamente o immediatamente dal regno vegetale.

Ma non è questo che noi domandiamo. Quando domandammo il perchè di quelle miriadi di animali che popolano l'oceano, o ne tappezzano, o ne imboscano il fondo;

non ci siam curati degli infiniti vantaggi che l'uomo deriva dal regno animale: non ci importò di vedere come, dal pesce affumicato, che versato a migliaia di barili sulle coste, viene a far men desolata la mensa del povero, fino alle perle, che cingono il collo della sultana, tutto deriva dal mare. Diciamo *tutto*, per quell'abitudine del linguaggio che chiama tutto la parte, quando la parte è così smisuratamente grande, come sono grandi i vantaggi che l'uomo ricava da ciascun regno della natura. Volgendo agli abitatori del mare quella domanda che noi ora indirizziamo alle piante della terra, noi interrogammo la vita in una delle sue più potenti manifestazioni. Abbiamo considerato gli animali marini, non come centri individuali di una parziale attività, ma come un gran sistema di forze, a cui cercammo le ragioni dell'organismo oceanico. Ora rispondano le piante: ma considerate nel loro complesso, come un gran sistema di forze, come un grande apparato che funziona sulla superficie asciutta del globo, fisso sul fondo dell'oceano atmosferico come l'apparato dei coralli sul fondo dei mari; come una grande armata, schierata in campo anch'essa contro gli elementi che congiurano al favoleggiato ritorno del caos. Perchè i vegetali rispondano in questo senso, noi dobbiamo prescindere da tutte le specialità che riguardano ciascuna pianta, e badare soltanto, come abbiám fatto coi coralli, a ciò che hanno di comune. Considerando i coralli, e tutti gli abitatori sedentari del fondo marino, in quanto hanno di comune; considerandoli cioè come animali secretori dei sali calcarei, abbiamo scoperto l'arcano magistero che essi rappresentano e rappresentarono in tutta la serie dei tempi. Considerando ora ciò che hanno di comune le piante,

scopriremo il grande magistero che esse pure rappresentano e rappresentarono in tutta la serie dei tempi, prima ancora che venissero gli animali a godere di un regno che era loro preparato da lunga stagione.

8. Che cosa hanno dunque di comune fra loro le piante? Esse respirano. Considerate nel loro grande complesso si possono definire come un immenso polmone. Le piante respirano come gli animali; il loro polmone è principalmente rappresentato dalle foglie, seminate di stomi, cioè di migliaia di bocuccie, destinate ad introdurre il fluido vitale. Tolte all'atmosfera, anche le piante, come gli animali, muojono asfissiate. Non basta però il sapere che i vegetali respirano l'aria. L'aria non è così semplice nella sua composizione che ci troviamo dispensati dal conoscere quali siano gli elementi che essi respirano. Gli essenziali componenti dell'aria atmosferica sono, il sapete, l'ossigeno e l'azoto, a cui si aggiunge, parte minima ma pare essenziale, il gas acido carbonico. I fisici, sottomettendo le piante ad accurate esperienze, giunsero a scoprire che la respirazione delle piante non avviene sempre allo stesso modo come negli animali. Le piante, infatti, secondo le diverse condizioni dell'ambiente, talora, come gli animali, assorbono l'ossigeno, ed emettono l'acido carbonico; talora invece emettono quel' ed assorbono questo.

Noi ci intratterremo più tardi della specialità di questo fenomeno; sta intanto il fatto che, se noi cerchiamo come quello stelo erbaceo è divenuto una robusta antenna, troviamo che ciò avvenne a furia di assimilarsi l'ossigeno e il carbonio dell'atmosfera, oltre ad una dose tenuissima di idrogene ¹⁾.

¹⁾ Nei vegetali non manca l'azoto; ma vi esiste in quantità così tenue, che non si costuma di calcolarlo nelle comuni analisi dei legni.

Eccovi in media l'analisi del legno quale ci è fornita dai chimici, non calcolate le ceneri:

Carbonio	50,62
Ossigeno	43,44
Idrogene	5,91
	<hr/>
	100,00

Prescindendo da quella tenue quantità di idrogene, noi troviamo che il legno è composto, quasi nella sua totalità, di ossigeno e di carbonio, cioè dei due componenti il gas acido carbonico: il che vorrebbe dire in ultima analisi che un tronco rappresenta una certa quantità di gas acido carbonico convertito in legno. Evidentemente l'effetto quasi totale della respirazione dei vegetali consiste nella assimilazione di quella tenuissima quantità d'acido carbonico che è diluita nell'atmosfera. D'ordinario si attribuisce alle radici la nutrizione delle piante. La funzione delle radici è quanto si può dire necessaria alla vita delle piante, nè giova dimostrare ciò che l'esperienza più volgare dimostra. Ma la funzione delle radici consiste nell'assorbimento dell'acqua, che contiene disciolti i diversi minerali che si separano, sotto forma di ceneri, colla combustione del vegetale. Quando però si parla dell'ossigeno, e principalmente del carbonio, che compone la parte maggiore della pianta, la questione riguarda interamente i rapporti tra l'atmosfera e le piante. Come noi assorbiamo l'ossigeno ed esaliamo il gas acido carbonico, così le piante assorbono il gas acido carbonico, ed esalano l'ossigeno. Ciò almeno avviene quando è più attiva la respirazione delle piante, cioè di giorno, principalmente nelle lunghe giornate estive, finchè dura ancor viva la luce. Avviene il contrario quand'essa s'adombra, o durante la notte. Siccome però più attiva e durevole è l'influenza

della luce; così l'esito finale della respirazione delle piante è come assorbissero sempre l'acido carbonico ed emettessero l'ossigeno. Ciò è tanto vero che, come dissi, la composizione del legno esprime in certo senso la formola chimica del gas acido carbonico, il quale, sotto l'impero delle forze vitali, si individua e si condensa nella pianta sotto la forma di un organismo vivente.

9. Ammesso questo, una cosa ci deve stranamente colpire. Qual'è il gas atmosferico, di cui le piante hanno il massimo bisogno? Il gas acido carbonico. Qual'è il gas che esiste in minor dose nell'atmosfera? Il gas acido carbonico. Se vogliamo anche tener calcolo soltanto del carbonio che costituisce oltre la metà dell'organismo delle piante, troviamo ancora che il carbonio non esiste nell'atmosfera che sotto forma di gas acido carbonico, e si rende ancora più evidente il fatto che l'elemento, cui le piante cercano in maggior copia all'atmosfera, è quello che l'atmosfera non può concedere che in dose al tutto omeopatica. I fisici non considerano l'aria atmosferica che come una miscela di due gas, che vi si trovano nelle seguenti proporzioni:

Azoto	792
Ossigeno	208
	<hr/>
	1000

Il gas acido carbonico non vi rappresenta che una frazione trascurabile, cioè pochi diecimillesimi. Secondo le esperienze di T. de Saussure, l'acido carbonico è presente nell'atmosfera in ragione di 7:10000 nell'inverno, e di 11:10000 nell'estate. Come va dunque questa faccenda?... Il caso non è nuovo. Vi ricorderete, o signori,

come esso si verifichi pel carbonato di calce disciolto nel mare in rapporto colle esigenze del mondo marino. Da una parte il fondo dell'Oceano coperto d'animali secretori, principalmente di coralli, che reclamano pel loro sostentamento montagne di calcare; dall'altra qualche atomo di questo sale diluito nell'immensità dell'Oceano. Qui pure abbiamo da una parte tutta la superficie delle terre, che è tutta una boscaglia di vegetali, che reclamano, pel loro sostentamento, una quantità sformatamente grande di gas acido carbonico; dall'altra parte qualche atomo di quell'acido, diluito nell'immensità dell'atmosfera. Ma nel caso del carbonato di calce abbiamo anche trovato la ragione di così enorme sproporzione. Questa ragione è semplicissima: di un prodotto qualunque ce ne sarà tanto meno nei magazzini, quanto più numerosi e attivi ne sono i consumatori. Che questa ragione potesse applicarsi anche al caso dell'acido carbonico? Fossero le piante deputate appunto alla consumazione, ed alla eliminazione di quel gas acido carbonico, o dirò meglio di quel carbonio, che rende impura l'atmosfera? Fossero le piante deputate a mantenere costante la dosatura dell'atmosfera, per ciò che riguarda il gas acido carbonico, come gli organismi secretori sono destinati a mantenere costante la dosatura del mare, per ciò che riguarda il carbonato di calce?... In questo caso ci saranno, come pel carbonato di calce, delle sorgenti, dei fiumi, che versano continuamente nell'atmosfera una quantità sufficiente di acido carbonico che provveda alle esigenze del mondo vegetale.

10. Vi sono difatti dei fiumi che versano nell'atmosfera e il gas acido carbonico, e tutti i gas che sostanzialmente o accidentalmente la compongono. L'atmosfera,

l'ho detto, è un grande oceano, ed ha i suoi fiumi, ed ha le sue correnti oceaniche, ed ha una circolazione simile a quella per cui le acque si rimutano dal mare alla terra, e dalla terra al mare. Sì, anche l'aria circola dall'atmosfera alla terra, e dalla terra all'atmosfera, dall'esterno all'interno, e viceversa. Così l'atmosfera, come il mare, si mantiene, fin dall'origine dei tempi, ed intrattiene la vita dei tre regni della natura, il minerale, il vegetale e l'animale. Non farò questione dell'origine primitiva dell'atmosfera. Certamente essa doveva involgere il globo, pura come al presente, dal giorno in cui fu consegnato alla terra il germe di una prima pianta, senza attendere nemmeno che la sua superficie fosse improntata da un primo animale a respirazione aerea. Ma noi erriamo certamente quando consideriamo l'atmosfera come un elemento inalterabile; come un nimbo che involge la terra, che si muove, ma non si muta. L'atmosfera è la sede di una immensa attività, è il teatro di continue trasformazioni, ed essa medesima è soggetta a trasformarsi continuamente. Anche qui vi hanno gli elementi che congiurano al ritorno del caos: vi hanno dei divoratori dell'atmosfera, che sarebbero capaci di consumarla interamente, se anche per essa non fossero scritte *ab eterno* quelle leggi di compenso, per cui l'universo si rimuta e si perenna.

L'ossigeno, il principio della vita per noi e per tutto il regno animale, è anche il gran principio ossidante ed acidificante pel regno minerale. In preda, direbbesi, ad una libidine cieca e sfrenata, si unisce, si accoppia a tutti gli elementi del globo. La terra è tutto un impasto di ossidi, di acidi, di sali; è tutta, cioè, una massa

di ossigeno combinato coi diversi elementi. Non vedete come tutto all'esterno si guasta, dal metallo più duro che si copre di ruggine, al più molle tessuto che imputridisce? È l'ossigeno che rode rabbiosamente il ferro, come dissolve la spoglia di un animale. Nell'interno della terra avviene lo stesso. Le sorgenti minerali non tornano dalle loro peregrinazioni sotto terra cariche d'altro che di prodotti ossigenati; i vulcani non eruttano dalle enormi ventraje che silicati, cioè i prodotti della combinazione dell'ossigeno colla magnesia, l'allumina, la calce, il ferro, la potassa, la soda. L'ossigeno, infine, a calcoli fatti, rappresenta la metà del globo in combinazione colle materie costituenti l'altra metà. Quello dell'atmosfera non è che una piccola porzione di quel massimo elemento, liberata dagli amplessi con tutti gli altri elementi della natura. Ma questa piccola porzione non è libera certamente dai suoi istinti sfrenati, ed è perciò appunto che tutto si guasta a contatto coll'atmosfera. In breve tutto l'ossigeno atmosferico sarebbe distrutto, ossia combinato. Se l'atmosfera pur si mantiene respirabile da tanti milioni di anni, vi sono certamente delle sorgenti che ridonano all'atmosfera l'ossigeno perduto. Una di queste sorgenti (la diremo un'immensa fiumana) è il regno vegetale, che versa di continuo nell'atmosfera torrenti di ossigeno. L'ossigeno è anche continuamente esalato dai vulcani; poi vi saranno altre sorgenti; ma noi non vogliamo occuparci della dosatura dell'atmosfera, per ciò che riguarda l'ossigeno. Ci basta di poter dire che l'atmosfera, anche per l'ossigeno, continuamente si rimuta, ed ha bisogno di un magistero continuo, perchè la sua dosatura si mantenga costante.

Lo stesso ripetiamo dell'azoto, il principale componente dell'aria atmosferica. L'azoto si direbbe il più inerte, il più apata dei gas. È tuttavia uno dei principali elementi dell'organismo animale. Anch'esso adunque deve continuamente rimutarsi. Le sue evoluzioni sono del resto poco note alla scienza. Anch'esso tuttavia ha delle sorgenti ben conosciute. Si svolge dalla fermentazione e dalla putrefazione animale, e sgorga anch'esso dalle viscere della terra. Quando Humboldt e Bonpland visitarono i vulcani di fango, detti *vulcanitos* di Turbaco (America Centrale), videro dai fangosi crateri sprigionarsi violentemente un gas, previe profonde detonazioni. Quel gas era puro azoto. Del resto anche l'azoto si svolge continuamente coll'ossigeno dalle fumajole dei vulcani. Anche l'azoto dell'atmosfera, ripeto, continuamente si rimuta, ed ha bisogno di un magistero che ne mantenga costante la dosatura.

11. Venendo al gas acido carbonico, il solo di cui ci occupiamo al presente, il bisogno di un magistero che ne mantenga costante la dosatura, non esige nessuna prova. Quei pochi atomi, diluiti nell'immensa atmosfera, sarebbero in brev'ora eliminati, cioè assorbiti dal mondo vegetale, che rimarrebbe dopo breve tempo a bocca aperta, reclamando invano dall'atmosfera quello che è per lui il principio della vita, come è l'ossigeno per noi. Il bisogno è così stringente, la quantità di acido carbonico reclamato continuamente dalle piante è tale, che le sue sorgenti devono essere incessanti, copiose, tali che non potranno sottrarsi al nostro sguardo, come al nostro sguardo non possono nascondersi certamente né il Rio delle Amazzoni, né il Mississippi, né tutti i grandi fiumi

del globo. I fiumi che versano nell'atmosfera l'acido carbonico, sono infatti innumerevoli, potenti, d'immensa portata. Ecco il nome dei principali.

Il primo si chiama *Respirazione animale*. Tutti gli animali a respirazione aerea, assorbono l'ossigeno ed esalano il gas acido carbonico. Esso è un elaborato dell'organismo, che viene dall'organismo rifiutato man mano che si genera, e si svolge dal polmone per *osmosi*, come dicono i fisici, cioè passando attraverso i pori della sottilissima membrana che involge i polmoni. La respirazione animale consiste in uno scambio dei due gas tra l'animale e l'atmosfera. Se vi giova sapere dove gli animali vanno a pigliare il carbonio per fabbricare il gas acido carbonico, combinandolo coll'ossigeno dell'aria, vi dirò che lo prendono dagli alimenti, per assimilazione delle sostanze organiche. Noi siamo, il sapete, carboni, mangiatori di carbone e carbonai, ossia fabbricatori di carbone. Nutriamoci di vegetali, nutriamoci di animali, siamo sempre mangiatori di carbone; con questa diversità soltanto che esso ci viene di prima piuttosto che di seconda mano. I vegetali, infatti, sono, per la maggior parte, carbone: essi lo danno agli animali, che se ne compongono le parti solide, in ragione per lo meno del 50%. Contengono infatti il 50 per cento di carbonio le ugne e i peli; il 63 per cento la fibrina, quella che noi diciamo carne; il 66 per cento il cervello. Ma il carbone che noi guadagniamo coll'assimilarcelo per via di nutrizione, lo perdiamo poi per via di respirazione.

Ad ogni boccata d'aria, una porzione di questa penetra attraverso alla reticella dei finissimi vasi capillari che involge le cellule dei polmoni, e si unisce al sangue che

questi, per mezzo delle arterie, riversano di continuo nell'organismo. L'ossigeno dell'aria consuma, anzi si può dire propriamente, abbrucia il carbone di cui si compongono per sì gran parte i tessuti del corpo. Il prodotto di questa combustione è l'acido carbonico che si svolge dai tessuti combusti, precisamente come da una candela o da uno stizzo ardente. L'acido carbonico si unisce al sangue delle vene che lo conducono al polmone, dove sfugge per quella stessa rete di capillari per la quale abbiám visto entrare l'ossigeno dell'aria, e si riversa di continuo nell'atmosfera. È, come vedete, una restituzione, o piuttosto una partita sempre aperta di *dare e avere* tra gli animali e l'atmosfera. Perciò vi dicevo che noi siamo anche fabbricatori di carbone, ossia di gas acido carbonico, producendo ciascuno di noi in media nove grammi di carbonio all'ora. Così i 25 milioni di Italiani, producono più di cinque milioni di chilogrammi di carbonio al giorno. Fate voi la moltiplica in ragione di tutti gli uomini che vivono sulla terra; poi fate'la in proporzione per tutti i cavalli, i buoi, le pecore; per tutti gli uccelli, i rettili, gli insetti, non dimenticando nè il moscerino, nè l'elefante... Misericordia! Tutta la terra ci si presenta già come una immensa fucina che versa nell'atmosfera gas acido carbonico.

Il secondo fiume si chiama *Respirazione vegetale*. Non temete che io mi dimentichi come la respirazione dei vegetali consista principalmente nell'assorbimento del gas acido carbonico, e nella emissione dell'ossigeno. Non bisogna però nemmeno dimenticare che, durante la notte, ed anche di giorno, quando l'ombra è fitta ed il cielo molto carico, anche le piante espirano gas acido carbo-

nico. Vi hanno poi certe parti delle piante stesse, cioè le parti colorate, i fiori principalmente, che emettono sempre acido carbonico. Lo stesso fanno le crittogame: i funghi, per esempio. È un gran confluente d'acido carbonico anche questo.

Il terzo fiume è la *Fermentazione vegetale*. Parlando delle acque incrostanti abbiám già veduto come l'acqua pluviale attinga al suolo, sparso di vegetali putrescenti, una quantità considerevole di acido carbonico. I vegetali infatti lo emettono in copia nel primo stadio della loro fermentazione. Perciò l'*humus*, cioè il suolo vegetale, che ricopre quasi tutta la superficie delle terre, è un'immensa sorgente di gas acido carbonico che si immette nella atmosfera. La portata di questo terzo confluente dev'essere prodigiosa.

La quarta fiumana è costituita dal complesso di tutte le sorgenti acquee del globo. Attenti a questa ed alle due seguenti, che hanno molto bisogno di essere comprese e valutate per quel che sono. Non c'è infatti libro di scienze naturali nel quale non si parli della respirazione animale come d'una sorgente di gas acido carbonico per l'atmosfera, attribuendole, per rapporto alla vegetazione ed alla animalizzazione del globo, una importanza suprema e quasi unica ed esclusiva. Si parla pure, talvolta, ma come di cosa secondaria, della fermentazione. Non saprei invece indicare un solo trattato, dove si faccia sentire poco o molto l'importanza che ha nel sistema dell'economia tellurica la produzione del gas acido carbonico endogeno. Oh se questo gas, che sgorga in tanta copia dalle viscere della terra, fosse visibile! Come ne rimarremmo spaventati sapendolo letale! Fortuna che tende al

basso, e che è rapidamente in sì gran copia consumato, cioè assimilato dagli organismi che ne han sempre gran sete!

Tutte le acque contengono una certa dose di acido carbonico: ma si contano a mille a mille le sorgenti, da cui l'acido carbonico si svolge in quantità stragrande. Ricordate le sorgenti incrostanti; ricordate come i grandi depositi calcarei sulla superficie del globo, corrispondono a volumi enormi di acido carbonico che si slancia libero in seno all'atmosfera. Ricordate il fiume muggente della Giamaica, il lago detto Solfatara di Tivoli, e cento altre sorgenti. Quale immenso volume di acido carbonico deve versare in un giorno la sola sorgente di St. Moritz nell'Engadina, ove chi piglia un bagno si sente friggere tutto, quasi lo pigliasse entro un tino ripieno di spumante sciampagna! Chi può dire se questo quarto confluente sia maggiore o minore dei tre primi? Certo è enorme.

Il quinto fiume è costituito dalle *Mofette*. È una mofetta la *Grotta del Cane*, nota pel barbaro trattenimento che le diede il nome; è una mofetta la *Valle del Veleno* nell'isola di Giava, seminata di scheletri d'incanti animali che vanno ad affogarsi in quel lago invisibile di acido carbonico. Ma di *Grotte del Cane* e di *Valli del Veleno* sono pieni tutti i distretti vulcanici del globo. La mofetta, ossia l'emanazione del gas acido carbonico, costituisce, quasi direi, un fenomeno vulcanico universale, e un quinto confluente di inescalabile portata.

12. Ho distinto queste due fonti di gas acido carbonico (sorgenti e mofette), considerandole in quanto si manifestano separatamente; benchè invero i due fenomeni delle sorgenti acidule e delle mofette si identifichino nel

prodotto e nella causa, ossia, per dir meglio, benchè debbansi considerare i due fenomeni riuniti fra loro nei rapporti di causa e d'effetto, tanto da costituire come un solo e stesso fenomeno, quindi una sola e stessa sorgente di gas acido carbonico per l'atmosfera. Dalle sorgenti ricche di gas acido carbonico, o sotterranee o superficiali, nasce la mofetta, come ho dimostrato nel mio *Corso di Geologia* ¹⁾, e come si osserva così bene in tutti i distretti dove tali manifestazioni sono associate. Mi preme intanto di far sentire un po' meglio, con qualche esempio e calcolo approssimativo, quanto l'effetto simultaneo o riunito di queste due fiamme sia potente e meritevole di considerazione da parte dei fisici e dei geologi.

Mi spiace che la mancanza, si può dire assoluta, di ogni dato sul quale si possa stabilire un calcolo qualunque, sia pure in via di lontanissima approssimazione, sulla quantità di gas acido carbonico che vien di continuo versato nell'atmosfera da quei due tributari, o in genere per effetto dei vulcani e del vulcanismo, mi tolgono la possibilità di dir nulla di preciso su tale argomento. Esso meriterebbe invero d'essere studiato; ma nol fu per niente fino ad oggi. Dove è questione di quantità, è molto noioso di dover considerare i fatti nelle loro indefinite generalità, e di dover dire semplicemente, come succede troppo spesso al geologo, che si tratta di quantità grandi, grandissime, enormi, senza poi dare una cifra, senza poter stabilire un calcolo comparativo; tanto che chi ascolta abbia un'idea un po' adeguata dell'entità vera, assoluta o relativa del fatto che si vuol sta-

¹⁾ Vol. I, § 786-790.

bilire, e quindi una base per giudicare del merito delle conclusioni. Nel nostro caso, per esempio, lo scopo principale del mio discorso d'oggi è quello di dimostrare che si è dato ingiustamente, per rapporto ai fenomeni che dipendono dalla presenza dell'acido carbonico nell'atmosfera, un'importanza soverchia, relativamente parlando, alla respirazione animale e vegetale; quasi che la vita, per ciò che riguarda il carbonio di cui si compongono per la massima parte gli organismi, dipendesse unicamente dalla legge di mutuo scambio, rispettivamente dell'ossigeno e dell'acido carbonico, tra i due regni animale e vegetale. Vedremo più tardi come non sia punto così: intanto faremo noi un piccolo sforzo di calcolo approssimativo, per dedurre qualche cifra plausibile, che ci dia una qualunque unità di misura per valutare in qualche modo la quantità di acido carbonico endogene che si produce ogni giorno.

13. Abbastanza celebre per le sue manifestazioni secondarie del vulcanismo è la regione toscana a nord-est del Monte Amiata, da cui evidentemente in linea endografica dipende. Sopra una linea di poco più di 30 miglia italiane, alquanto serpeggiante da sud-ovest a nord-est, e sulla direzione approssimativa del grand'asse del Monte Amiata, s'incontra una serie di sorgenti termali, solforose ed acidule, e di mofette, di cui le note comunemente non rappresentano che le principali. Chissà quante altre ne esistono però, non utilizzate, e quindi sconosciute alla comune ed agli stessi scienziati. Dico così, misurando il non visto da quello che ho veduto a Rapolano, dove esistono parecchie sorgenti oltre le già note, poi ragionando in base al numero ed all'enorme potenza dei travertini (prodotto indubitato delle sorgenti acidule), sparsi dovun-

que tra Siena e il Monte Amiata. Numerando quelle sorgenti, come s'incontrano da nord a sud, a partire d'infra le basi del Monte Amiata e della montagna di Cetona, troviamo dapprima, nel punto suddetto, le terme di S. Filippo¹⁾. È una sorgente abbondante, che depone una specie di travertino con solfati di magnesia e di calce, capace di produrre ogni anno un deposito di pietra dell'altezza d'un metro. Quella sorgente dev'essere abundantissima; ma per sventura non sono riuscito a trovare la cifra che esprima la quantità dell'acqua e dell'acido carbonico che ne sgorga.

Un po' più a nord troviamo le terme di Vignone²⁾ presso S. Quirico d'Orcia nel Senese. L'acqua sgorga impetuosa da una conca naturale, dove forma un laghetto, che è tutto un bolli-bolli, per la quantità di acido carbonico che se ne sprigiona. Si misurano 35400 ettolitri d'acqua in ventiquattro ore (146000 litri circa all'ora) con una temperatura di 43° h 52° C.

Terza località è quella di Montalceto sulle pendici che separano l'Ombroce dalla Val di Chiana. Una polla copiosa, sgorga dal travertino in seno ad una caverna, nove metri larga e lunga venti, chiamata la *Mofetta*: ed è una vera formidabile mofetta, ripiena di quell'atmosfera micidiale che vi è generata e mantenuta dall'acido carbonico. Questo infatti si svolge copiosissimo da quella calda sorgente, che versa ogni ventiquattro ore 183000 litri d'acqua (7625 all'ora). Altre sorgenti minori e mofette si trovano nei dintorni.

¹⁾ Corso di Geologia. Vol. I, § 574.

²⁾ Non di S. Vignone, come ho scritto nel Corso di Geologia, Volume I, § 573.

Siamo al classico gruppo di Rapolano, il cui piccolo territorio è sparso dovunque di sorgenti sulfuree e di mofette. Si contano quattro sorgenti o piuttosto quattro gruppi di sorgenti principali. Mettiamo in prima linea le sorgenti propriamente dette di Rapolano, utilizzate nello stabilimento balneario Marii. Sono due le sorgenti di cui si fa uso pei bagni, le quali danno un prodotto di circa 28000 litri all'ora. Il gas carbonico le mette continuamente in grande fervore. Altre sorgenti dell'istessa natura si lasciano andar disperse. Un laghetto, nel basso della valle, che serve di bagno ai cavalli, è alimentato da un gran numero di polle, che si rivelano, in seno all'acqua cerulea e trasparente, per un'infinità di piccole girandole composte di bolle di gas acido carbonico. Aggiungi una sorgente acidula che si adopera per bibita. Pensate quanto debba essere grande la quantità d'acido carbonico che si versa nell'atmosfera in quel punto! Ma dopo tutto questo c'è ancora la *Pùzzola*. La *Pùzzola* è una gran vasca naturale, sensibilmente circolare, con una periferia di circa 240 metri, profonda da quattro a sei. Io non dubito, da che l'ho vista, che la *Pùzzola* non sia altro che il bacino naturale d'un vecchio bollicame; come quello di Viterbo, fabbricato dalle stesse acque incrostanti che sorgevano dal suo fondo, per riversarsi all'ingiro, prima che venissero, non so se ad arte o naturalmente, deviate. La *Pùzzola* è in oggi una tremenda mofetta, nutrita anche in questi ultimi anni di parecchie vittime umane. Il gas acido carbonico vi stagna continuamente svolgendosi continuamente dalle acque sotterranee, che mantengono ancora tutto caldo il fondo del bacino, anzi vi formano un bollore nel mezzo.

Presso il paese di Rapolano, dalla parte di nord-est, trovansi dapprima i bagni Atticciati, ai quali provvede una copiosa sorgente termale. Questa, ove sgorga, è tutta una spuma, tanta è la copia del gas acido carbonico che se ne svolge, misto, come dovunque, a quantità minori di altri gas. Non ne conosco la portata, ma le darei almeno un efflusso di 8000 litri all'ora.

Poco discosto, a due terzi di chilometro a nord-est di Rapolano, incontriamo i bagni dell'*antica Querciolaja* od *Arrigucci*. La sorgente, simile alle descritte, scaturisce dal travertino con un efflusso di 55000 litri all'ora. Per averla libera ed abbondante, praticossi, nel luogo ove sorgeva, un traforo artesiano. Ad un certo punto, scoppiò un getto d'acqua, che levossi dapprima ad un'altezza di forse venti metri, riducendosi ben presto a quella di qualche metro soltanto, che il getto mantiene in oggi. Esso sgorga da un tubo di sedici centimetri di diametro, con bollore intermittente, per cui talora si abbassa entro lo stesso tubo qualche metro di sotto al suolo, talora si «lancia altrettanto al disopra di esso, alla moda dei *geiser*. Ma o discenda o salga, è sempre tutto una spuma, tanto che dev'essere enorme la quantità d'acido carbonico prodotta da quel solo zampillo.

Troviamo ancora lì presso, e dell'istessa natura, le acque termo-minerali di Armajolo, con un efflusso di 17000 metri cubici all'ora. Appartiene a quelle terme la sorgente dell'*Aronte*, che serve alla bibita, e aggiunge anch'essa la sua quota considerevole d'acido carbonico.

Il corteo di queste vulcaniche manifestazioni si chiude coi cosiddetti *soffioni* nelle vicinanze di Poggio Santa Cecilia;

che mi parvero composti principalmente d'aria, mista a piccola dose di gas solfidrico e ad una dose molto forte d'acido carbonico. L'aerea miscela si sprigiona da due piccole aperture con forte ululato, buttando fino a certa altezza pietre della grossezza d'un pugno.

14. Riassumendo, è chiaro ad ognuno che proporzionale al numero ed alla potenza delle sorgenti e delle mofette, quindi enorme, dev'essere la quantità dell'acido carbonico che si sprigiona dal suolo su quella zona non molto lunga e pochissimo larga, che corre dalla base del Monte Amiata fino a quella del Poggio Santa Cecilia. Per calcolarla, bisognerebbe almeno che si potesse stabilire un rapporto tra le quantità di acqua versata dalle diverse sorgenti, e il gas carbonico che se ne sviluppa; poi aggiungere al prodotto rilevato la quantità che si svolge dalle mofette. La cosa è difficile, anzi, quando si pretenda una certa precisione, impossibile.

Il Targioni-Tozzetti trovò nell'acque di Rapolano circa 636 cent. cubici d'acido carbonico, cioè un volume maggiore della metà di quello dell'acqua che lo conteneva. Si può tuttavia stabilire con certezza che l'analisi fu fatta sopra acqua attinta alle sorgenti entro bottiglie le quali potevano chiudersi soltanto quando il gas si era già quasi tutto liberato dal liquido, come fa, prima ancora che la sorgente sia giunta all'esterno suo sbocco. Ci vorrebbero degli apparati speciali, di non facile applicazione, per misurare il gas che si sviluppa così rapido e tumultuoso da quelle così copiose sorgenti, e si disperde immediatamente all'ingiro. So che il Davy, pigliando dell'acqua della Solfatara di Tivoli, la quale ribolle nè più nè meno delle descritte sorgenti, pigliandola, dico, dove era già tranquilla, e per di più dopo averla agitata, trovò

che conteneva ancora una quantità di gas maggiore del suo volume. Ho detto che le acque di Rapolano ribollono tutte, ed alcune sono tutte una spuma. Ciò ritenuto, e calcolando ad occhio la grossezza del getto spumoso che formano le acque dell'antica Querciolaja, in confronto del diametro del tubo stesso, io non esiterei a credere che il volume di gas (per la massima parte acido carbonico) che si svolge da quelle acque, sotto la pressione atmosferica e colla temperatura media del luogo, sia almeno cento volte tanto quanto il volume dell'acqua. Ammesso questo, un litro di quelle acque ci darebbe cento litri di gas. Ora, facendo la somma delle cifre d'efflusso che si conoscono, avremmo tra Vignone, Montalceto, Rapolano, antica Querciolaja, Armajolo, un totale di litri 143025 di acqua all'ora. Aggiungiamone per lo meno altri 100,000 litri per le sorgenti di S. Filippo e le altre nominate o non nominate dei dintorni di Rapolano, e sarei presto giunti alla cifra di circa 250000 litri di acqua all'ora. Moltiplicandola per quella del volume relativo assegnato al gas carbonico, ne avremo per ciascuna ora del giorno 25 milioni di litri, equivalente di metri cubi 25000. Quanto vogliamo aggiungere a questa cifra per le mofette, specialmente per quella così enorme di Rapolano? Accontentiamoci di 5000 metri cubici, tanto per fare la cifra tonda di 30000. Trentamila metri cubi di gas acido carbonico all'ora ne daranno 720000 al giorno, per un piccolissimo distretto il quale, a fronte di tutte le sorgenti acidule e di tutte le mofette del mondo, non rappresenta che un piccolo zampillo d'acqua in confronto del Rio delle Amazzoni.

15. Non temo d'esagerare, vedete. Per quanto possa essere sbagliato il mio calcolo su quel breve distretto,

quando penso che nella sola Italia abbiamo quei *migliaja di soffioni* del Volterrano e le sorgenti gassose di Monte Catini, Viterbo, Tivoli, Napoli, Ischia, e mille e mille altre che incrostano i fianchi dell'Appennino e delle Alpi, e sono altrettanti copiosi emissari di gas acido carbonico endogene, credo che le cifre proporzionali del gas acido carbonico, che potrebbero ottenersi per altri distretti, sarebbero ben più spaventose. Che dire poi quando si pensa che vi sono intere provincie, come quella di Auckland nella Nuova Zelanda, che son tutte una fabbrica di gas acido carbonico? Quando si pensa che il fenomeno dei soffioni toscani e dei *geiser* d'Islanda e della Nuova Zelanda, ricchi produttori di gas acido carbonico, si ripetono a scala gigantesca, sopra un'area di forse 500 miglia quadrate, nel così detto Parco degli Stati Uniti, in seno alle montagne del nuovo continente.

16. Eppure non è detto nulla ancora. Resta intatta l'ultima fumana dell'acido carbonico, a petto della quale le altre, per quanto poderose, non sono che confluenti. La sesta fumana è quella dei vulcani.

L'acido carbonico precede, accompagna, chiude le eruzioni; e quando il vulcano già tace da secoli, da centinaia di secoli, come nella Francia centrale, esso non fa che trasformarsi in mofetta. Voglio dire che la sua non spenta attività è tradita in allora dalle potenti emanazioni di acido carbonico il quale si svolge o dalle sorgenti, o dai fessi delle rupi che cadono a brani, come divorati dalla gangrena¹⁾. Piuttosto che un sesto con-

¹⁾ Si è parlato lungamente dell'acido carbonico, da cui le acque acquistano una virtù solvente meravigliosa. Anche la *mofetta*, (emanazione di gas carbonico) esercita la stessa azione sulle rocce. Ad essa è

fluente, i vulcani rappresentano, come accennai, il fiume principale che versa nell'Oceano atmosferico il gas acido carbonico. Qui è giuoco forza rinunciare ad ogni velleità di calcolo. Quanto a me confesso che non so intendere come con tante centinaia di enormi gole, distribuite sulla superficie del globo, che versano di continuo torrenti di gas irrespirabili, gas cloridico, solfidrico, idrogeno carbonato e soprattutto gas acido carbonico, non so intendere, dico, come si mantenga, non dirò pura, ma appena respirabile, l'atmosfera. Nè l'intenderei di certo in nessun modo se, dopo avere numerate a cento a cento, a mille a mille le sorgenti acidule, le mofette, i vulcani, non mi facessi a guardare fin dove arriva il mio sguardo, poi ad immaginare per tutto quanto è vasto colle sue 71000 miglia di giro questo nostro globo, quell'involucro di erbe e di piante, di orti, di campi e di foreste, che fitto fitto lo involge: se non mi facessi a guardare principalmente a quelle sconfinite legname viventi che sono le tropicali foreste. Ma poi ancora come stornano esse la continua minaccia d'avvelenamento a cui è soggetta l'aria che respiriamo? Vedremo d'intenderlo. Intanto, concludendo su quanto abbiamo detto circa l'attuale produzione del gas acido carbonico, possiamo ripetere, con ragione moltiplicata pel numero e per l'immensa portata delle citate sorgenti, quanto abbiain detto per la prima di esse; che cioè tutta la superficie del globo si può definire come la foce di un fiume smisurato che versa acido carbonico nel-

dovuta la decomposizione del granito nell'Alvernia, che Dolomieu chiamava *maladie du granit*. È indubitato però che di questa azione della *mofetta* sia condizione necessaria l'umidità, ossia l'acqua, che non manca mai di impregnare le rocce, specialmente le più porose, come il granito.

l'oceano dell'atmosfera. La produzione di quel gas può dirsi il risultato di tutte le grandi operazioni della chimica minerale, vegetale ed animale, che si compiono all'esterno e nell'interno del globo. Si direbbe che un'atmosfera di gas acido carbonico si versa di continuo in seno all'atmosfera che avvolge la terra.

17. Noi possiamo quindi concludere, da quanto si è esposto, che tutti i gas atmosferici sono di continuo versati nell'atmosfera, e che c'è quindi bisogno urgente di un magistero che ne mantenga la dosatura. Un'aria o troppo ossigenata, o troppo poco, uccide: uccide se troppo o troppo poco azotata. Ma il bisogno di una perenne, attivissima eliminazione, è specialmente evidente pel gas acido carbonico, che abbiám visto rovesciarsi nell'atmosfera colla foga di mille cataratte irrompenti. Quale enorme congestione di un elemento che è veleno terribile pel mondo animale! L'esperienza dimostra, se ben ricordo, che il tre per cento di acido carbonico basta perchè l'aria non sia più respirabile. Il mondo dev'essere in breve tempo trasformato in una grande *Grotta del Cane*. Ma l'apparato eliminatore, continuo, attivissimo, non lo abbiamo già trovato?

L'ufficio dei vegetali, l'ufficio di quell'immenso mantello vivente che ricopre tutta la superficie delle terre, è questo appunto di assimilare il gas acido carbonico, eliminandolo dall'atmosfera col fissarlo nell'organismo, facendo quello precisamente che abbiamo veduto farsi dagli animali secretori coi sali calcarei, che vengono in tanta copia versati in seno all'Oceano da tutti i fiumi del globo. Quale enorme quantità di carbone eliminato dall'atmosfera è rappresentata dalle foreste che ombreggiano il

globo! Quanto enorme è quella che esse vanno di continuo eliminando! Quando vedete nei nostri climi, che non sono certo i più feraci del globo, in pochi giorni, quasi per incanto, i prati ricoprirsi di erbe, i campi di messi, gli alberi, pria scheletrici, comporsi le chiome lussureggianti, e tutta la natura rivestirsi di verde ammanto; pensate quale enorme massa di carbonio viene in quei brevi giorni sottratta a quell'atmosfera che ne contiene atomi numerati. Intendete allora quanto provvidenziale è il magistero affidato alle piante dal codice dell'economia tellurica. Tutto il mondo animale perirebbe, quando quel magistero venisse a cessare anche per un tempo assai breve. E chi ci assicura che non venga a cessare una volta? Quale orrenda minaccia!...

18. Tutto andrebbe bene difatti quando il potere vegetativo delle piante non avesse nessun limite. Verrà giorno tuttavia (nessuno potrebbe negarmelo) che tutta la superficie del globo sarà coperta di piante, e che tutte le piante avranno raggiunto il loro massimo sviluppo possibile. Cesserà allora naturalmente il potere vegetativo e quindi verrà meno l'esercizio di quel magistero che alle piante è affidato. Ebbene; facciamo che le piante trasmettano il loro carbonio agli animali, a cui servono di nutrimento, sicchè, per riparare la perdita sostenuta, saranno capaci di assimilare una nuova quantità di carbonio atmosferico. Questa quantità sarà enorme, al certo, corrispondente alla innumerevole moltitudine degli animali terrestri, che se ne compongono almeno la metà del corpo. Ma anche lo sviluppo degli animali ha dei limiti. È vero che ai vecchi animali che muojono, si sostituiscono gli animali che nascono. Ma quelli che muojono, putrefaccen-

dosi, restituiscono il loro carbonio all'atmosfera. Insomma il consumo del carbonio non potrà superare la quantità corrispondente al potere assimilativo dei vegetali e degli animali, nè questi potranno moltiplicarsi oltre la misura della forza vegetativa di quelli; nè gli uni e gli altri lo potranno oltre la misura della superficie del globo, e della forza produttiva di essa. Siccome le sorgenti dell'acido carbonico continuano a versarlo in copia straboechevole nell'atmosfera, dovrà finalmente aver luogo un rigurgito: cioè l'atmosfera si caricherà di acido carbonico, fino al punto che cessi di essere respirabile. Vegetali ed animali moriranno per eccesso di acido carbonico. Ebbene: si arrestino le sorgenti... Ma allora vegetali ed animali moriranno per difetto di una continua alimentazione che è pur necessaria alla vita degli uni e degli altri.

Infine, noi diamo di cozzo in un dilemma: o le sorgenti dell'acido carbonico si esauriscono, e morremo tutti per difetto di esso; o dette sorgenti continuano a sgorgare, ed avrà luogo un rigurgito ugualmente letale. Non c'è via di mezzo: o morire di inedia, o morire di asfissia. Se cessa l'acido carbonico, le piante cessano di produrre, e gli animali di mangiare; e se l'acido carbonico impregna soverchiamente l'atmosfera, gli animali cessano di respirare, e certamente anche le piante cesseranno presto o tardi di produrre. Fu detto da molti che un'atmosfera più carica di acido carbonico sarebbe più favorevole alla vegetazione. L'esperienza infatti ha dimostrato, che, sotto l'azione del sole, un'aggiunta di acido carbonico all'aria respirata dalle piante ne attiva le funzioni. Come noi ci esaltiamo in un'aria molto ossigenata, così si esaltano le piante in un'atmosfera carica di acido carbonico. Ma è

un'esaltamento alcoolico. L'uomo alcoolizzato, infatti, si esalta, e sembra godere di un aumento di vita; ma intanto deperisce, invecchia; è presto un rimbambito, poscia un cadavere. Così io ritengo avverrebbe delle piante alcoolizzate da un'eccesso di acido carbonico. Tutto è letale quanto o non raggiunge o soverchia la misura fissata dalle leggi normali della vita. L'esperienza, del resto, ha anche dimostrato che un'eccesso di acido carbonico, il quale esalta la vita delle piante sotto l'azione dei raggi solari, all'ombra riesce loro decisamente fatale. Poi, fosse anche vero assolutamente che un'atmosfera più carica di acido carbonico è più favorevole alla vita dei vegetali, nessuno impedirà certamente che questo medesimo eccesso non riesca letale agli animali; il che non è certamente conforme a quella sapienza che ha dettato il codice dell'economia tellurica, nel quale sta scritta anzi tutto la subordinazione del regno minerale al regno vegetale, e del regno vegetale al regno animale.

19. Ma non basta la legge di compensazione, stabilita dal fatto che i vegetali espirano l'ossigeno e assorbono il carbonio, mentre gli animali assorbono quello ed espirano questo? Infatti fu detto e scritto assai su questa legge apparente di immediata compensazione. Ma anzitutto sappiamo che non è esatto il dire in modo assoluto che le piante espirano l'ossigeno, mentre tutte le piante, di notte, all'ombra fitta, a cielo coperto, e in tutti i tempi le parti colorate e le crittogame, espirano, come gli animali, l'acido carbonico. Le notti sono lunghe, le giornate nubiose sono molte, le crittogame sono infinite: una enorme quantità di acido carbonico dev'essere quindi versato nell'atmosfera anche dalle piante, senza verun compenso dalla

parte degli animali. Riflettiamo in secondo luogo al modo con cui si verifica in realtà quel circolo, per cui gli animali e i vegetali ricevono e si danno scambievolmente gli elementi fondamentali della vita. Questo circolo succede forse nel senso che i vegetali danno agli animali l'ossigeno, e questi l'acido carbonico alle piante, pel tramite dell'atmosfera? Ebbene, aspettate. Mettiamo di fronte un animale ad una pianta: quello invia a questa il suo carbonio, e questa trasmette il suo ossigeno a quello. Verrà un momento in cui tutto il carbonio dell'animale sarà passato alla pianta, e tutto l'ossigeno della pianta sarà passato all'animale. Verrà, cioè, un momento in cui non vi sarà più nè la pianta, nè l'animale, perchè non c'è animale che non sia composto per una gran parte di ossigeno, nè pianta che non sia composta per una gran parte di carbonio. Al luogo di quella pianta e di quell'animale mettete i due regni che essi rappresentano, e sarà lo stesso. Per buona sorte il circolo degli elementi tra gli animali e le piante non si verifica così. I vegetali assorbono direttamente il carbonio dall'atmosfera, e ne immagazzinano quanto è necessario per sè e per tutti gli animali del globo. Gli animali, poi, non ricevono il carbonio dall'atmosfera, ma vanno essi medesimi a pigliarselo dalle piante, di cui immediatamente o mediatamente si nutrono. In questo caso però è evidente che gli animali non potranno restituire alle piante, pel tramite dell'atmosfera, se non quella quantità di carbonio che dalle piante stesse hanno ricevuto. Il famoso circolo adunque si riduce a quella parte di carbonio che gli animali prendono dai vegetali; questa quantità non può oltrepassare i limiti della potenza assimilativa degli ani-

mali, la quale è minima in confronto della potenza assimilativa dei vegetali, come è minima la parte di essi che gli animali consumano pel loro nutrimento. Poi, ammesso anche un esatto compenso tra il carbonio che gli animali emettono, e i vegetali assorbono, l'eccesso dell'acido carbonico nell'atmosfera non potrà assolutamente impedirsi, poichè, lo ripeto, nulla abbiamo trovato finora che metta un tappo alle fonti gazoze, che soffochi le mofette, che spenga i vulcani, che arresti insomma quelle sorgenti di acido carbonico che non appartengono nè al regno vegetale, nè al regno animale.

Questo rigurgito doveva essersi già verificato da milioni di anni, perchè da milioni di anni la terra è ricoperta di piante e di animali; come da milioni di anni sgorgano dalla terra le sorgenti gazoze, soffiano le mofette, e infuriano i vulcani.

20. Non si può negare che la natura avrebbe potuto equilibrare in guisa la quantità del carbonio colla potenza assimilativa dei vegetali e degli animali, che le sorgenti sotterranee del gas acido carbonico cessassero impunemente, e si stabilisse tra i vegetali e gli animali un circolo come è inteso generalmente, mentre generalmente si fa astrazione dall'immensa quantità di acido carbonico che è versato nell'atmosfera dalle viscere della terra. Ma questo equilibrio intanto non esistè: poi, se vi ha una vita esterna, vi ha pure quella che direbbesi una vita interna del globo, a cui la sapienza che regge il globo doveva ugualmente provvedere. Noi abbiamo veduto quanta parte le forze interne pigliano all'andamento dell'ordine esterno e al mantenimento della vita vegetale ed animale, quando parliamo del calcare e del salgemma. E il mondo

marino? il mondo degli animali secretori, che rimane estraneo ad un circolo che si compie nell'atmosfera, potrebbe esso sussistere quando si esaurissero le sotterranee sorgenti del gas acido carbonico? Ci siamo per l'appunto dilungati assai in una delle precedenti conversazioni¹⁾ parlando dell'ufficio importantissimo che funge, a profitto del mondo marino, il gas acido carbonico il quale si produce e circola colle acque nell'interno del globo, ed esce con esse, e si svolge nella libera atmosfera, prima sciogliendo, poi abbandonando quel carbonato di calce la cui continua produzione è una delle condizioni più necessarie all'esistenza degli abitatori del mare. Abbiamo dunque appreso abbastanza per poter dire, che non si può prescindere da quella interna attività di cui le emanazioni gazoze, quelle del gas acido carbonico anzitutto, sono una manifestazione e una conseguenza. La geologia, poi, ci rivela ben altri rapporti tra l'interno e l'esterno, tra la vita del globo, e la vita dei vegetali e degli animali. C'è tale un legame di solidarietà tra tutti gli agenti del globo, che nulla può cessare, nulla può nè diminuirsi nè prevalere, senza che abbia luogo un disordine di cui non troviamo altra espressione che la parola *caos*. Tutto deve quindi persistere: gli animali e i vegetali, come le mofette e i vulcani: questi devono di continuo versare il carbonio nell'atmosfera, quelli assimilarlo.

21. C'è dunque bisogno di un circolo, non già solo tra i vegetali e gli animali, ma tra la terra che produce e gli organismi che assimilano. Il carbonio, versato nell'atmosfera dalla mofetta o dal vulcano, passando per

gli organismi, deve ritornare alla mofetta ed al vulcano. Devono esser perciò perenni le mofette ed i vulcani; perenni le piante. Non parlo degli animali, perchè questi non fanno che restituire il carbonio delle piante. Sono essi come una grande popolazione che si disseta alla corrente d'un fiume, e non ha bisogno di altro, se non che il fiume sia perenne, e l'acqua potabile. Questo si otterrà solo quando si mantengano perenni le piante, che assimilano il carbonio, e perenne la terra che lo produce. Perchè siano perenni le piante, non c'è altro mezzo che di spogliare le aree boschive dalle vecchie piante, perchè vi crescano le nuove; ovvero di sostituire alle aree boschive altre ignaude, ove le piante possano attecchire. Perchè siano perenni le mofette e i vulcani, bisognerà sostituire sempre nuovo carbonio a quello che essi versano nell'atmosfera. Per far questo, senza cercare del carbonio altrove, vi basterà di prendere le vecchie piante, messe fuori di servizio, e gettarle nelle storte terrestri, ove si distilla l'acido carbonico che sorte dai camini delle mofette e dei vulcani.

Il processo può sembrare complicato; ma è quello che la natura ha scelto, e che ha tutti i mezzi di attuare, con una agevolezza tutta sua, come vedremo nella prossima conversazione.

¹⁾ Vedi Conferenza II, § 12.

CONFERENZA UNDECIMA

PROCESSI IMPIEGATI DALLA NATURA PER ATTIVARE IN TUTTI I TEMPI LA CIRCOLAZIONE DELL'ACIDO CARBONICO.

SOMMARIO. — Eliminazione delle piante o delle aree boschive, 1. — Torbificazione, 2. — Fluitazione delle piante per mezzo delle correnti di terra, 3. — Per mezzo delle correnti marine, 4. — Sostituzione delle aree per mezzo delle oscillazioni del globo, 5. — Lentezza di questo processo, 6. — La geologia supplisce all'esperienza, 7. — Antichi depositi per fluitazione, 8. — Si propone lo studio dell'epoca carbonifera in ordine alla tesi.

1. Nella precedente conversazione abbiamo dimostrato la necessità di un magistero che provveda alla costante desatura dell'acido carbonico nell'atmosfera. Non dovendosi mai esaurire le sue sotterranee sorgenti; non dovendo mai cessare la vita dei vegetali e degli animali, che ne sono i consumatori; non essendo illimitato nè il potere generativo delle sorgenti che producono nè il potere assimilativo degli organismi che consumano: è necessaria una circolazione dell'acido carbonico, per cui esso passi dalla terra all'atmosfera, dall'atmosfera agli organismi, dagli organismi di nuovo alla terra. Chiudevamo dicendo che una tale circolazione si può stabilire, e fu infatti stabilita dalla natura, mediante questo artificio di prendere le vecchie piante, o, per far più presto, le vecchie

aree boschive, sostituendo ad esse delle aree vergini, mentre le vecchie aree boschive, sepolte nelle viscere della terra, vanno a distillarsi nelle storte, perchè il loro carbonio ritorni di nuovo all'atmosfera. Questa osservazione si mostra già eseguita nel fatto che i combustibili fossili rappresentano appunto piante e boscaglie sepolte. Più adunque che di constatare il fatto, avremo bisogno di conoscere le leggi che presiedono al suo compimento. Dobbiamo vedere, cioè, con quali mezzi può la natura ottenere, ed ha ottenuto, di ritornare il carbonio delle piante, ritornandovi le piante stesse, al grande laboratorio donde il carbonio è uscito. A questo sono rivolte in oggi le nostre indagini.

Interroghiamo adunque la natura. — Ha essa in pronto i mezzi per eliminare le piante, o le aree che ne sono coperte, dalla superficie del globo, consegnandole all'interno? — Sì: i mezzi di cui dispone sono diversi, e noi ne accenneremo tre principali, che sono:

- 1°. La torbificazione;
- 2°. La fluitazione;
- 3°. La sostituzione delle aree.

2. La *torbificazione*... Questo nome l'ho dovuto inventare; ma non erano più italiani di questo, pochi anni fa, i nomi di torba e di torbiera, divenuti ora per forza italianissimi, tanto che non v'ha persona che ne ignori il significato. Chi non conosce infatti le torbiere? quei piani umidi e sterili, dove il suolo rimbomba ed è cedevole sotto il piede, quasi fosse composto di soffice spugna? Scavate quel suolo fino alla profondità di due a quattro metri, e troverete che tutto è combustibile, composto, cioè, di un carbone leggero, bruno o nero, che

disseccato, arde con fumo denso e fiamma abbondante. Quei piani torbosi non son altro che laghi poco profondi, in tutto od in parte colmati di torba, come a Varese e a Bosisio; o depressioni paludose ugualmente colmate, come l'altipiano dello Spluga, e cento altri nel cuore delle Alpi e delle Prealpi; o sponde di fiumi invase a volta a volta da piene stagnanti, come il Piano di Colico; o pianure acquitrinose, come quelle del Lodigiano; o talvolta anche pendii sulle montagne, come la torbiera incolta che occupa lo sbocco della Val-del-piano presso S. Caterina di Bormio. Le torbiere sono molto sviluppate in Europa ed in tutte le regioni settentrionali. Occupano, per esempio, un decimo della superficie d'Irlanda, dove una sola torbiera, lo *Shamsoon*, vanta un'estensione di 150 a 200 miglia quadrate. Nei paesi meridionali sono più scarse, e scompaiono affatto verso il 45° o il 46° di latitudine settentrionale. Come volete infatti che nelle regioni tropicali alligni la torba (intendo quella che si forma qui da noi colla putrescenza delle erbe e delle piante palustri), se essa esige evidentemente, per formarsi, l'acqua, ed un'acqua bassa e stagnante? Da noi la torba nasce anche sui fianchi molto inclinati delle montagne: ma questo si deve alle specialità degli sfagni, o d'altri vegetali della famiglia dei muschi che sono i principali generatori delle nostre torbe sui piani umidi od acquitrinosi. Questi vegetali anzi tutto godono di una vita perenne, avendo la facoltà che hanno i coralli di morire per disotto, mentre il disopra vive e germoglia. Con quella loro tessitura poi, tutta un intreccio di foglioline, formanti dei volumi quasi di morbide barbe, fanno davvero l'effetto di una spugna, che, in un clima così freddo e

umido come quello delle nostre montagne, può trattenere lungo tempo, in presenza del vegetale, quel tanto di acqua che è necessario alla loro trasformazione. Questo non può verificarsi così facilmente sotto il sole dei tropici. È bensì vero che le grandi pianure dell'America tropicale sono ogni anno convertite in laghi e paludi immense nella stagione delle piogge: ma anche ogni anno la stagione della siccità le ritorna alle condizioni di deserti inceneriti. La torbificazione è un processo con cui si ottiene la eliminazione delle piante viventi, senza sottrazione di aree. Ma il processo è molto imperfetto nel nostro senso. Le aree, ricoperte prima di una vivace vegetazione palustre, o quasi palustre, divengono sterili cambiandosi in torbiere. Più non vi attecchisce che una flora speciale, magra e stenta così, che uno dei vantaggi derivanti dallo scavo delle torbiere è quello di restituire il suolo ad una vegetazione più vigorosa. Poi questo processo della torbificazione ha un limite relativamente molto angusto. Quando i laghi, quando i bacini delle acque basse e stagnanti siano ricolmi, tutto finisce. È vero che la natura ha in pronto le alluvioni, per ridonare all'area quasi spenta la sua vitalità. È così che si generano torbe sopra torbe; come mostrano in Olanda le sezioni del suolo, e come mostrano a Venezia i getti di gas idrogeno dai pozzi artesiani, che accusano la presenza di ammassi di vegetali, ossia di letti torbosi, a considerevoli profondità sotto l'attuale superficie. Ma trattasi di casi abbastanza eccezionali. Comunque, la torbificazione (intesa nel senso più volgare, che è quello della torbificazione erbacea) è sempre, anche per la poca vigoria dei vegetali sottratti al grande laboratorio dell'atmosfera per

consegnarli alla terra, un processo molto insufficiente allo scopo.

3. Assai di più giova attenderci dal secondo processo che abbiám detto, cioè dalla *fluitazione*. Qui sono le correnti di terra, che strappano le piante dalle radici e seco le trasportano, per accatastarle in certi loro magazzini, lasciando le aree ignude, e bramoso di rivestirsi di vegetazione novella. È là che le giovani piante andranno a crescere in luogo delle vecchie, mentre queste vengono gettate a distillarsi entro le storte del globo. Per poter dire che il legname è buttato nelle storte del globo, basta che venga accumulato o sotterra, o sott'acqua, od anche semplicemente sulla superficie del suolo; poichè bastano tali condizioni perchè abbia effetto il processo della distillazione. Come avvenga in queste circostanze la distillazione, e come per essa l'acido carbonico ritorni all'atmosfera, dobbiam vederlo più tardi. Ora arrestiamoci piuttosto a vedere come il legname, strappato alle foreste, vada in realtà, per mezzo delle correnti di terra, a formare dei mucchi immensi, destinati alla distillazione.

Immaginatevi, o signori, gli spaventevoli effetti delle piene straripanti in quelle regioni coperte di vergini foreste, e percorse da fiumi della mostruosa potenza del Rio delle Amazzoni e del Mississipi. Questo secondo fiume, di cui ci sono più note le condizioni idrografiche, raccoglie le acque che piovono entro un bacino di tre milioni di chilometri quadrati (47 volte l'estensione del bacino idrografico del Po che, secondo il Lombardini, è di chilometri quadrati 69,382). Vanta ben 8 confluenti, che sono come otto dei più grandi fiumi d'Europa. Il fiume Rosso, per esempio, a cui la relativa importanza assegna

il quinto posto, è quasi quattro volte il Po. Quelli affluenti sboccano impetuosi, con tutta la foga che un gran fiume acquista fra le angustie d'una gola, dai mostruosi *cannoni*. Credo sappiate, o signori, che cannoni furono detti, con parola eminentemente espressiva, dai primi scopritori, quelle spaventose gole da cui sboccano quasi tutti i fiumi del nuovo continente, nell'istante che dalle regioni dei monti, ossia dagli eccelsi altipiani, si gettano liberi alla pianura e quindi al mare. Quei cannoni sono come la nostra *Via Mala*, moltiplicata prima di numero (chè di gole come la *Via Mala* ve ne sono centinaia colà), poi di orrore e di profondità, tanto da superare ogni nostra immaginazione. Chi può infatti figurarsi, senz'averle vedute, quelle gole, incise a picco fino a sei mila piedi di profondità, e per una lunghezza di 300 miglia, proprio nel cuore delle Ande? ¹⁾ Il Missouri, per esempio, che, unendosi all'Ohio, è piuttosto il generatore che uno degli affluenti del Mississippi, ha le sue principali sorgenti aggruppate in giro all'Union-Peak; un colosso di montagna, che si inalza 14 mila piedi (inglesi) sul livello del mare. I suoi affluenti devono, per giungere a lui, percorrere un labirinto di gole che sono altrettanti baratri lunghi e profondi. Il fiume stesso sbocca da un lungo cannone di nero granito e di selce, quasi da una voragine, indescribibilmente orrido, stretto fra due pareti, che si rizzano

¹⁾ I *cannoni* dei Monti di Roccia sono incisi entro piattaforme o altipiani che hanno da 6000 a 7000 piedi di elevazione. Newberry, geologo aggiunto ad una spedizione ufficiale di esplorazione, descrive il cannone del Rio Colorado, fiume che sbocca ai confini meridionali dell'Argentina, e si trova fra il 115° e il 115° di longitudine ovest. La lunghezza del cannone è di 300 miglia, attraverso verticali pareti di 3000 a 6000 piedi di altezza. L'abissi è tagliato nella massa dell'altipiano, formata di terreni sovrapposti a strati sensibilmente orizzontali.

verticali su su fino a 1200 piedi di altezza. « Nulla di più tremendo (scrivevano gli esploratori Lewis e Clarke) può immaginarsi, che ritragga l'orrida oscurità di quelle rupi, che strapiombano sul fiume minacciandovi la distruzione. Il fiume, largo 1050 piedi, si direbbe che si è aperta per forza la via nel vivo della montagna. Per tutta la lunghezza del burrone l'acqua si mantiene molto profonda. Anche rasentando le rive, non vi è sito ove un uomo possa stare all'asciutto fra il fiume e le pareti a piombo: al suo sbocco poi vedonsi enormi colonne, strapate all'interno della montagna, e stese a giacere sulle sponde del fiume ¹⁾. » Fiumi di tale potenza, che si trovino d'un tratto lanciati sopra una regione boscosa, non possono che metterla a ruba. Il Mississippi è così frequentemente sparso di tronchi galleggianti, strappati alle foreste, che le navi, rimontandolo, sono costrette a tenersi armate di travi sporgenti, per non esserne immediatamente investite. Quei tronchi, divenendo assai spessi durante le piene, si intoppano l'uno nell'altro, si congiungono, si allacciano a cento a cento, e da quell'intreccio nascono le famose zatte, ossia quei mucchi di legname, quasi isole galleggianti, che ingrossano in guisa da sbarrare ogni più largo confluente, costringendolo a buttarsi d'un salto per altra via con immensa rovina delle terre e dei boschi. Una di queste zatte si era gettata attraverso al fiume Rosso nel 1854: era lunga 13 miglia, e andava crescendo due miglia all'anno. Il governo degli Stati Uniti trovossi impegnato in forti operazioni, per liberare il fiume da quell'in-

¹⁾ Vedi l'opera sulla sistemazione del Mississippi pubblicata dal Corpo degli Ingegneri del genio militare degli Stati Uniti, o il sesto pubblicazione del Messadaglia nel vol. VIII degli *Atti dell'Istituto Veneto*.

toppo, il quale potete figurarvi quanto riuscisse dannoso pei rigurgiti e per le rotte che doveva necessariamente determinare.

Dove va esso a finire tutto quel legname? Naturalmente nei laghi, se ce n'ha uno lungo la corrente, e in ultimo, al mare. Il fiume Mackenzie, nell'America settentrionale, che ha le sue sorgenti nelle regioni temperate, e le sue foci nell'Oceano boreale, dirigendosi esattamente da sud a nord nell'immenso suo corso, attraversa una sconfinata regione di boschi. Il disgelo del tronco superiore, prevenendo naturalmente quello del tronco inferiore, produce annualmente una piena, che va a dar di cozzo furiosamente contro i nordici ghiacci. Quindi uno spettacolo di rigurgiti e di rotte, che investono la regione boscosa. I tronchi, sradicati, e già travolti, vanno a formare banchi, isole e terre di legno nei due laghi di Athabasca e dello Schiavo, che ne sono già in gran parte colmati. Quanto al Mississippi, esso reca il suo legname al golfo del Messico. Si hanno descrizioni e calcoli meravigliosi riguardo alle immani cataste di legna che si accumulano da secoli sul fondo del mare alle foci di quel gran fiume, e che, ricoperte successivamente dai fanghi, devono costituire una formazione lignitica, cioè una serie alternante di letti di lignite e di strati di sabbie e di fanghi, a imitazione di quelle d'epoca antica, che s'incontrano nell'interno dei continenti. Di questa maniera ecco già resa alla terra una quantità di piante che vanno a distillarsi nelle sue storte, lasciando il posto alle piante novelle, destinate invece a scaricare l'atmosfera dal suo acido carbonico. Già il processo di quella distillazione si rende palese, pel legname accumulato dal Mississippi, dai celebri

logs o vulcanelli di fango, che alle foci di quel fiume si elevano fino a 18 piedi sul pelo delle acque, eruttando acqua salsa e gas infiammabile. Questo gas infiammabile non può essere altro che il *gas delle paludi*, così chiamato appunto perchè si svolge dalle paludi e da qualunque ambiente ove esista un ammasso di vegetali in fermentazione. È il gas che i chimici chiamano idrogeno carburato; ed in quanto è prodotto dalle paludi, o da qualunque naturale ammasso di vegetali in decomposizione, io lo considero già come una restituzione che la terra fa all'atmosfera, dell'acido carbonico, o più semplicemente dal carbonio, che le piante le hanno rapito; come un primo fatto cioè che stabilisce il circolo che forma il soggetto di questa conferenza. Non c'è che da scomporre l'idrogeno carburato, dividendo l'ossigeno tra l'idrogeno e il carbonio, per avere da una parte dell'acqua, dall'altra acido carbonico. Vedendo come, ad onta delle immense distese di paludi e di tante fontane ardenti (cioè di quelle emanazioni di gas infiammabile, che si osservano nell'Appennino e altrove), ad onta di tanti vulcani di fango, che sono anch'essi getti di idrogeno carburato, di tanti veri vulcani, finalmente, che emettono talvolta in gran copia lo stesso gas; vedendo, dico, come, ad onta di tutto ciò, l'idrogeno carburato non si scopra nell'atmosfera: io credo, che la sua scomposizione succeda rapidamente nell'atmosfera stessa.

4. Le correnti di terra, oltre al formar per sè stesse dei cumuli di legname nei laghi e nei golfi marini, ne creano altri, col sussidio delle correnti marine. Portiamoci in quelle terre, a cui il sole è così avaro; a quelle terre di cui non possiamo aver viva l'immagine, se non

guardando le regioni più elevate delle Alpi, dove i monti e le valli si nascondono sotto un eterno mantello di nevi e di ghiacci. La vegetazione si arresta come atterrita sugli inospiti confini. La Groenlandia è già spoglia interamente di alberi di alto fusto, e sparsa soltanto di meschini cespugli. Che sarà delle regioni ancora più avanzate verso il polo? Eppure noi abbiamo su quelle terre popoli e città, che hanno focolari senza risparmio nutriti, magazzini e cantieri riboccanti di legname d'ogni specie. È il legname della Provvidenza. Spettacolo imponente è quello che si rinnova ogni anno, quando un'immensa copia di tronchi vengono a frangere sulle coste dell'Islanda, della Groenlandia, dello Spitzberg e della Siberia. A detta di Crantz, storico della Groenlandia, la massa di legname, rigettata dal mare sull'isola Jan Mayen, uguaglia sovente in volume ed estensione l'isola stessa. E donde tutta quella grazia di Dio? La corrente del golfo, cui già vedemmo incaricata della distribuzione dei sali per l'Atlantico, è dessa ancora la ministra di tanta provvidenza. Il Mississippi e tutti i fiumi che sboccano nell'Atlantico fra l'Equatore e la Florida, consegnano ad essa, mentre passa rasente alle coste, il loro bottino; ed essa lo porta fedelmente verso le terre che si bagnano nell'Oceano polare. Là si trova colle contro-correnti che scendono dal polo, rasentando le coste settentrionali del continente asiatico, cariche del tributo che lor pagano in tanto legname i fiumi di quel continente. Così approdano alle coste della Siberia e dello Spitzberg e i tronchi americani di fernanbuco e di campeggio, e i tronchi asiatici di larici, di pini, di abeti, di cedri di Siberia. Lo stesso fenomeno deve verificarsi in tutti i mari, perchè tutti i

mari ricevono fiumi, ed hanno correnti marine. Quell'altra grande corrente dell'Oceano Indiano e Pacifico, la quale, come nota il Maury, è un ritratto fedele della corrente del golfo, lo è anche per questo che provvede di legname le rispettive regioni verso il polo. Così gli indigeni delle Aleuzie raccolgono sui loro lidi i tronchi di canfora della China e del Giappone. I descritti ammassi di legname, salvo quanto l'uomo ne raccoglie, devono finire, del resto, a formare delle cataste sul fondo dei mari.

Vi ricorderete infatti, o signori, di quei *sargassi* di cui già ci occupammo, quando si trattava di considerarli come una prova della circolazione marina ¹⁾. Sono essi, dicevamo, i luoghi ove si danno la posta le alghe, le bruciaglie, i legni vaganti nell'immensità dell'Oceano. Non troverete ora difficoltà ad aggiungere che son essi anche i luoghi ove devono formarsi enormi accumuli di vegetali, destinati a carbonizzarsi nelle profondità dei liberi mari. Un deposito di combustibile fossile, che si fosse formato per questa via in altri tempi, potrebbe avere un'estensione di 1,350,000 miglia geografiche quadrate; poichè tale è l'estensione dell'attuale *sargasso* dell'Atlantico.

5. Ci resta da esaminare il più potente fra i mezzi di cui dispone natura per eliminare dalla superficie del globo le vecchie piante, e per sostituirvi generazioni novelle che vi continuino il magistero confidato al regno vegetale. Esso consiste nella *sostituzione delle aree*. Le terre boschive, signori miei, scompaiono dalla superficie del globo,

¹⁾ Vedi sopra Conferenza V, § 7.

ed al raggio del sole, alle piogge fecondatrici si apre il seno di vergini terre, onde si perenni il verbo di Dio, che disse: « Germini la terra. » Supponete, che fosse in mio potere di eliminare d'un tratto dalle superficie del globo la regione del Rio delle Amazzoni, quella legnaja di 1,128,000 chilometri quadrati. Quale enorme apparato respiratorio avrei io soppresso! Quale enorme catasta di legna, che, ove potessi nasconderla entro le viscere della terra, vedrei convertirsi in un letto di combustibile assai più vasto di quello che occupa il gran bacino carbonifero degli Apalachias, il quale pur vanta un'estensione di chilometri quadrati 170,000! Se fosse in mio potere... Ma la natura lo può fare, e lo ha fatto le tante volte. Non dirò cose nuove e nemmeno maravigliose per voi. In che modo la natura è riuscita ad eliminare i sali calcarei? Col sollevare le aree coperte dalle grandi foreste di pentacrini e di coralli al di sopra del livello del mare. Per eliminare le aree boschive, non avrà a far altro che deprimerle sotto lo stesso livello. Come è analogo il magistero confidato ai coralli e alle piante, così analogo è il mezzo di cui si serve la natura per la loro eliminazione. I coralli, radicati sul fondo del mare, fissano i sali calcarei, che continuamente arrivano dalla superficie dei continenti alle acque: le piante, radicate sul fondo dell'oceano atmosferico, fissano il carbonio che continuamente gli arriva dall'interno del globo. Come è necessario di eliminare i sali calcarei dalle acque, ritornandoli ai continenti, così è necessario di eliminare il carbonio dall'aria, riportandolo in seno alla terra. Il calcare è sottratto al mare, e rimesso ai continenti per mezzo del sollevamento: il carbonio è sottratto all'atmosfera, e rimesso in seno

alla terra per mezzo dell'abbassamento; Il primo ritorna al mare per via della emersione degli ammassi calcarei: il secondo ritorna all'atmosfera per via della sommersione e del seppellimento degli ammassi vegetali. Potremmo stabilire lo stesso parallelo col salemma. Ma qui cammineremo più spediti. Come si ottenne l'eliminazione del sale marino? Separando dall'Oceano aree coperte di acque salate. Come si otterrà ora la eliminazione del carbonio dall'atmosfera? Separando delle aree coperte di piante. E tutto, e sempre, per mezzo delle oscillazioni del globo. Mirabile semplicità! economia di mezzi veramente divina!

6. Ma la natura opera adunque veramente come abbiamo detto?... Creature d'un giorno, di certi grandi processi che la natura attiva con inesprimibile lentezza, noi dobbiamo accontentarci di vedere piuttosto la necessità che la realtà. Nel nostro caso trattasi di quella necessità che si predica dell'effetto in rapporto alla causa. Vedere la necessità del fatto, è vedere il fatto stesso. Non è egli vero che la storia della terra ci mostra che le oscillazioni del globo costituiscono un fatto comune, anzi un fatto costante? Un fatto comune, un fatto costante deve essere del pari la soppressione delle aree antiche e la sostituzione delle aree nuove. Ogni sollevamento è la creazione di una terra vergine, di una nuova provincia nel regno vegetale: ogni abbassamento è la distruzione d'una terra antica, la soppressione di una provincia nel regno suddetto. Ci vorrebbe egli molto perchè venisse sommersa, come abbiamo supposto, l'immensa regione boscosa del Rio delle Amazzoni? Pensate a quelle sconfinite bassure della Guiana, coperte di foreste, che si dilatano in mare

quasi a fior d'acqua. Un abbassamento di qualche metro, e scomparirebbe in grembo all'Oceano la più vasta regione boscosa del globo. E la terra oscilla, e oscilla continuamente. Nell'antico e nel nuovo continente veggio terre che si sollevano, e terre che si abbassano. E come veggio terre che si abbassano e terre che si sollevano; così veggio foreste che si sommergono e vergini fondi che emergono dal mare, avidi di quei semi che la natura è pronta a spandervi a larga mano. Ma un tale processo sfugge, per la sua lentezza, alla volgare osservazione. La natura non ha nessuna smania di colpirci collo spettacolo di repentine catastrofi; essa direbbesi intesa piuttosto a educarci coll'esempio della pazienza e della perseveranza. Non colla foga di chi affretta imprudentemente un esito, ma i grandi effetti ottiene colla calma prudente, e colla ferma insistenza che rende possibili i grandi risultati.

7. La geologia però supplisce esuberantemente alla brevità della nostra esperienza. Essa ci distende davanti allo sguardo la tela dei secoli. Le cause e gli effetti, che lentamente si svolsero in milioni di anni, si condensano in un punto e si succedono sotto i nostri occhi colla rapidità del lampo. Basta sapere come la natura opera attualmente, perchè possiamo comprendere come operò in passato; perchè possiamo assistere al gran lavoro dei secoli.

8. Io veggio le piante vive immagazzinare il carbonio dell'atmosfera, e dico: così lo hanno immagazzinato le piante fossili fin dai primordi del mondo. I combustibili fossili sono per me antiche foreste che occuparono antiche terre, come le terre attuali occupano le attuali fo-

reste. Come le terre attuali furono sostituite alle antiche terre, così le attuali foreste furono sostituite alle antiche; e osservando più addentro, dovrò anche accorgermi se i combustibili fossili mi rappresentano accumulamenti di piante strappate dagli antichi fiumi, o intiere foreste sommerse per mezzo di quelle oscillazioni, a cui la terra è in preda anche attualmente; dovrò accorgermi se la natura ha adottato piuttosto il mezzo della *fluitazione* che quello della *sostituzione delle aree*. Ed è appunto dietro l'esame dei più grandi ammassi di fossili combustibili che io posso sostenere la *sostituzione delle aree* essere il mezzo preferito dalla natura per l'eliminazione delle piante e la restituzione del carbonio alla terra.

Non nego che alcuni depositi di combustibili non rappresentino che cumuli fortuiti di legname; ottenuti col processo della *fluitazione*. Certi combustibili, per esempio, i quali, come la lignite di Romanò, e come il carbon fossile di Borgotaro, sono traforati dalle teredine, cioè da quelle conchiglie marine che vediamo attualmente pigliare d'assalto i bastimenti, le palafitte e i tronchi galleggianti; certi combustibili, dico, non possono rappresentarmi altro che un antico legname buttato dai fiumi alle foci, o fluitato dalle correnti marine. Quelli ammassi, a fronte dei grandi depositi di combustibile, stanno probabilmente come le panchine litorali ai grandi ammassi di calcare d'origine organica; come i banchi di salgemma delle lagune ai grandi banchi degli antichi mari intercettati. Non disdiremo ciò che abbiamo detto circa la possibile potenza degli ammassi generati per via di fluitazione. È però un fatto che i grandi depositi di combustibile presentano tutti finora l'aspetto di foreste sommerse e sepolte tutte d'un pezzo.

9. È un fatto, dico; e per vedere se realmente sussista, e come la natura abbia operato per farlo sussistere, interrogiamo, come abbiain fatto cercando l'origine del salgemma, un'epoca che vada specialmente distinta per la formazione di potenti depositi di combustibile. Quest'epoca la c'è. Voi già lo sapete. Se l'epoca del trias fu detta *salifera* da alcuni, perchè distinta da abbondanti depositi di salgemma; quella a cui alludiamo fu detta *carbonifera* da tutti, perchè è veramente l'epoca del carbone. Vi ricordate quando vi dissi, sembrarmi che la natura destinasse le epoche del globo a provvederci ciascuna di uno degli elementi più necessari al nostro benessere e al nostro sviluppo intellettuale e morale? Certo non poteva essa dimenticarsi di destinare una di quelle epoche a provvederci di quei due elementi che l'industria moderna saluta (nell'ordine delle cose materiali) come i più grandi fattori dell'umano incivilimento: il ferro e il carbon fossile. Del ferro parleremo a suo tempo; ma della formazione dei terreni dell'epoca carbonifera, c'intratteremo nella prossima conversazione, che sarà come la continuazione immediata della conversazione odierna, dovendo essere intesa unicamente a dimostrare come il processo della *sostituzione delle aree* sia stato quello che la natura prescelse, appunto perchè un'epoca d'immensa durata fosse da noi detta *carbonifera*.

CONFERENZA DODICESIMA

IL PROCESSO DELLA SOSTITUZIONE DELLE AREE BOSCOSE NELL'EPOCA CARBONIFERA.

SOMMARIO. — Terreni carboniferi, 1. — Unità dell'epoca da essi rappresentata, 2. — Fauna, 3. — Flora, 4. — Potenza degli ammassi di carbone, 5. — I letti di carbon fossile non rappresentano né torbiera né ammassi di legname fluitato, 6. — Sono foreste sommerse e sepolte, 7. — Foreste fossili in Europa, 8. — In America, 9. — Tronchi storici, 10. — Le oscillazioni del globo come causa della formazione del terreno carbonifero, 11. — Parallelo tra i Paesi-Bassi e le terre carbonifere nell'ipotesi di successivi abbassamenti delle regioni boschive, 12. — Un episodio dell'epoca carbonifera, 13. — Conclusione, 14.

1. I cenni sull'epoca carbonifera, che formeranno il soggetto della nostra conversazione d'oggi, hanno, come dissi nella precedente, per unico scopo di dimostrare che la natura, per l'eliminazione delle vecchie piante, e il ristabilimento di una vegetazione novella, ebbe ricorso specialmente al terzo degli espedienti analizzati, cioè alla *sostituzione delle aree*, mediante le oscillazioni della crosta del globo.

L'epoca carbonifera, quale è determinata dai geologi, è, come le altre, un'epoca complessa, e rappresentata da terreni di grande potenza e di diversa natura. Si dice *carbonifera*, come se si dicesse carbonifera per eccellenza; mentre il carbon fossile e i carboni di altro nome si tro-

vano più o meno abbondanti nei terreni di tutte le epoche. I terreni detti carboniferi si distinguono dunque dagli altri per una pura accidentalità; ed è per questa appunto che tanto in Europa quanto in America abbondano straordinariamente di quel combustibile che fu specificato col nome di *carbon fossile* o di *litantrace*.

Il gruppo dei terreni carboniferi in Europa e in America presenta tre formazioni che si sovrappongono dal basso all'alto così:

1°. Il *calcare di montagna o carbonifero inferiore*, rappresentato principalmente da una potente massa di calcare, tutto rimpinzito di testacei marini.

2°. Il *millstone-grit o carbonifero medio*, che consta di una gran massa arenacea,* ordinariamente sterile, cioè senza carbon fossile.

3°. Il *terreno del litantrace o carbonifero superiore*; quello precisamente che contiene il carbon fossile in letti alternanti con altri di ferro, e con strati enormi di marne, di schisti e di arenarie.

Il calcare di montagna, cioè quella meravigliosa massa di calcare, la quale vanta uno spessore di 1200 a 1600 piedi, dice (secondo quello che abbiamo dimostrato nelle conversazioni precedenti) che l'epoca carbonifera, entro le aree occupate dallo stesso calcare, cominciò con un lungo periodo di liberi mari, ove sorgevano giganti i banchi di corallo, che già ci hanno dimostrato anche per quest'epoca la continuazione del provvido magistero cui vedemmo confidato agli animali secretori, e specialmente agli zoofiti¹⁾. A questo primo periodo di liberi mari teppe

¹⁾ Vedi sopra Conferenza VI, § 10.

dietro, entro le stesse aree, un lungo periodo di litorali, ove si andavano accumulando i fanghi e le sabbie, distinti ora col nome di *millstone-gritt*. Lo spessore di quei letti sovrapposti di fanghi, di sabbie, di ghiaje, ora convertiti in schisti, in arenarie e in conglomerati, non è talora che di 25 a 60 piedi, come a Nuova York; ma talvolta ne misura da 1000 a 1500, come in Pensilvania. Il *millstone-gritt* addita, per dir così, già in vicinanza quelle terre, che, come l'attuale Guiana, si coprivano di vergini foreste. Infatti gli strati del carbonifero medio sono già ricchi di piante dell'epoca carbonifera, nè mancano di presentare, come frutto precoce, qualche straterello di litantrace. Venne più tardi la vera epoca del carbone. Essa è rappresentata da una associazione di terreni molto caratteristica. In quei terreni domina d'ordinario la forma detritica, e si direbbe, sotto questo rapporto, il terreno del litantrace non essere altro che la continuazione del *millstone-gritt*. Ma gli strati del carbon fossile compariscono, si moltiplicano di numero e di potenza, alternano le dieci, le cento volte cogli schisti, colle arenarie e colle puddinghe; e, cosa singolare! fra i letti rocciosi e i letti di carbone si insinuano (direbbesi a caso, ma impreteribilmente) letti ferriferi di diversa natura. I terreni a litantrace rappresentano da sè soli un'epoca immensa, mentre in essa ebbero agio a sovrapporsi tanti strati, quanti si richiedevano per formare una pila dell'altezza di 2000 a 3000 piedi. La formazione carbonifera occupa, soltanto nel Nord-America, un'estensione di 148,000 miglia quadrate.

2. Confrontando fra loro i diversi fossili, che si raccolgono tanto nel carbonifero inferiore, quanto nel medio e

nel superiore, i geologi si trovarono tutti d'accordo nel considerare quei terreni di così diversa natura come la espressione di una sola e grande epoca. Le diverse condizioni fisiche in cui si trovarono successivamente le diverse regioni, si spiegano con quelle oscillazioni della crosta del globo, le quali possono avvenire in un luogo o nell'altro, ed abbracciare vastissime estensioni, senza alterare nè profondamente, nè universalmente, quelle condizioni esterne a cui si lega la vita di una grand'epoca. Ma appunto per queste variazioni, che ebbero luogo sulle aree stesse durante l'epoca carbonifera, il mondo carbonifero si presenta, diremo, più completo dei mondi precedenti. Noi ci vediamo i liberi mari, i vasti littorali, le basse lagune, i laghi, le terre e le foreste coi loro abitatori. Per ciò più completi che per lo innanzi ci appaiono i due regni del mondo organico, e raccogliamo spoglie non soltanto di animali marini, ma anche di animali d'acqua salmastra e di acqua dolce. Anche gli animali terrestri fanno la loro comparsa, numerosi di specie e di generi. Soprattutto ammiriamo tale un'imponente mostra del regno vegetale, da essere tentati a credere che la superficie del globo altro non presentasse allora che una sola vergine foresta. Vo' dirvi qualche cosa di speciale sulla popolazione di quel mondo antichissimo, e principalmente sulle piante che lo coprivano di così lussureggiante mantello, perchè tali specialità sono indispensabili per intendere quelle che noi stabiliremo sulle reali condizioni dell'epoca, in rapporto colla tesi proposta.

3. Vedremo anzi tutto che l'ultimo periodo dell'epoca carbonifera, cioè il periodo del carbone, ci presenta specialmente lo spettacolo di terre boschive. In quei terreni

dunque non ci meraviglieremo di trovare così scarse le spoglie d'animali marini, mentre invece il carbonifero inferiore è, per dir così, un cumulo di conchiglie, di coralli e di testacei marini d'ogni stampo. Invece degli animali d'acqua salata, ci si presentano spesso le *Unio*, i *Cyclas*, le *Cyrena*, insomma quei generi di bivalve che troviamo nei nostri laghi e nei nostri fossati, e gli *Spirorbis*, anellidi o vermi turbicoli, che appartengono alle acque salmastre degli estuari. Anche certi crostacei si avvicinano, sembra, per la forma, a quelli delle nostre acque dolci. Eccoci poi tutta una piccola fauna forestale, che risponde per eccellenza all'ideale dell'epoca. Ecco dei ragni, come lo *Xylobius sigillariae*: ecco, nel *Cyclophthalmus Buchlandi*, il primo scorpione che sia comparso sulla faccia della terra: poi il mondo degli insetti, cioè diversi nevropteri, tra cui distinguonsi le *termiti*, ossia le formiche, che avranno fin d'allora costituite in seno alle foreste le loro società ed eretti i grandiosi edifici; diversi ortopteri, tra cui l'*Acridites*, ossia il grillo, che forse avrà fatto risuonare sulla terra il primo canto; poi le voraci locuste (*Gryllacris*), le blatte (*Blattina primaeva* e *venusta*); finalmente i coleopteri (*Travites*).

Anche i rettili si moltiplicavano su quelle terre. Primi gli *Archaeosaurus*, un qualche cosa di mezzo tra le rane e le lucertole, che misuravano oltre a un metro di lunghezza: poi i *Raniceps*, che si atteggiavano fra le rane e le salamandre; poi i *Thenaropus*, qualche cosa di simile ai *Labirintodonti*, cioè a quei giganti del trias, che già abbiamo descritti¹⁾; altri rettili, di diverso

¹⁾ Vedi sopra, Conferenza IX, § 10.

stampo, strisciavano sull'umido terreno di quelle antiche foreste.

4. Ma la meraviglia maggiore sono, come già dissi, le foreste stesse. Qui la bellezza e la grandiosità delle specie gareggiano colla copia e colla varietà. Nel 1860 Lesquereux numerava già circa 700 piante dell'epoca carbonifera; 205 proprie dell'America, 343 proprie dell'Europa, e 146 comuni ai due continenti. Non vi dirò che di alcuni tipi più notevoli: anzitutto del genere *Lepidodendron*, che vantava almeno 40 specie nell'epoca carbonifera, e che si ritiene affine alle *Licopodiacee*, piante che abbondano nei climi tropicali. Alcuni di quei *Lepidodendron* erano alberi giganteschi, alti fin 15 metri, a tronco slanciato, cilindrico, coperto di foglie a guisa di squame a embrici, che, cadendo, lo lasciavano picchettato di regolari cicatrici. Il loro frutto consisteva in una specie di pannocchia (*lepidostrobus*), rivestita anch'essa di squame, e contenente il seme, ossia gli sporangi e le spore. Ai *Lepidodendri* aggiungete gli *Equiseti*, somiglianti ai nostri, e che si rizzavano fino all'altezza di metri 4,50. Vengono poi le *Calamites*, coi loro cilindri lunghi, scanalati, articolati, come le nostre canne palustri, o piuttosto come i giganteschi *bambous*, ma pieni nel mezzo, e con raggi midollari, che le approssimano ai *Dicotiledoni gimnospermi*. Aggiungete un mondo di cicadee (*Cordaites*), di felci, di conifere e di altre piante singolari, a cui trovereste difficilmente le analoghe nelle piante attuali.

Tra queste piante, che si staccano interamente dai tipi attuali, meritano speciale menzione le *Sigillaria* e le *Stigmarmaria*, le quali ebbero così gran parte nella formazione del carbon fossile, e tanta parte ci narrano della storia del-

l'epoca. Le sigillarie furono così chiamate dalla figura delle cicatrici, disposte in tante serie lineari longitudinalmente al tronco, come altrettanti suggelli impressi nella corteccia. L'organizzazione delle sigillarie sembra accostarle alle cicadee. I loro tronchi cilindrici, non ramificati, che misuravano fin 21 metri d'altezza e metri 1,50 di diametro, erano, a quanto pare, coperti di foglie lineari, lunghe, aspre, acute, che, soverchiando la sommità arrotondata del tronco, gli davano l'aspetto di una scopa. Quando si staccavano, il tronco rimaneva come suggellato dalle cicatrici che abbiám detto.

Le stigmarmarie presentano anch'esse dei tronchi suggellati da cicatrici, sicchè rassomigliansi alle sigillarie; ma i loro tronchi sono sottili, irregolari, sarmentosi, e le loro cicatrici hanno forma di piccole mammelle o tubercoli. Furono da prima considerate come specie affatto distinte dalle sigillarie: ma s'intese più tardi che erano le radici di queste o, piuttosto, le sigillarie stesse in uno stadio speciale. Le sigillarie meriterebbero il nome di piante anfibe, come quelle che potevano vivere tanto nell'acqua come sulla terra asciutta. Ma fin che vivevano in acqua prendevano una forma affatto differente da quella che assumevano sulla terra asciutta. Almeno è questo l'avviso di Heer. Questo principe de' botanici geologi dice che molte sigillarie avevano un tronco assai corto, tozzo quasi ceppaja. Sotto questa forma, che egli chiama stigmarmaria, coprivano vaste estensioni. Si danno letti di carbon fossile composti per intero di stigmarmarie, senza un solo tronco di sigillaria; sicchè pare che queste conservassero la forma stigmarmaria per lungo tempo, come è il caso attualmente di certe crittogame e di certi palmizi.

Si può ammettere, soggiunge, che le sigillarie conservassero la forma delle stigmarie, finchè si trovavano immerse nell'acqua, e che prendevan piede più tardi, appena potevano radicarsi in uno strato di fango, ed allora facevano pompa di tronchi elevati¹⁾. Le piante descritte sono quelle che principalmente contribuirono alla formazione del carbon fossile.

5. Trattandosi di attribuire ai letti di combustibile, che caratterizzano l'epoca carbonifera, la rappresentanza, per l'immensa durata dell'epoca stessa, di uno dei più grandi magisteri dell'economia tellurica, gioverà formarci un concetto, il meglio che si possa adeguato, della loro potenza. Il carbon fossile si presenta puro, in grandi letti regolari, che si ripetono molte volte a diversi livelli in seno alla formazione carbonifera. Nella Pensilvania, per esempio, si contano da 12 a 18 strati di carbone, sovrapposti a diversi intervalli, e tutti meritevoli di scavo. Da 15 a 20 ne novera allo stesso modo il Kentucky. Ogni strato misura tutta l'estensione del terreno carbonifero, cioè tutto il bacino di una data regione. L'estensione del terreno carbonifero in America si fa ascendere a 148,000 miglia quadrate; quella dello stesso terreno in Europa a più di 50,000 miglia quadrate. Ecco due cifre che vanno moltiplicate pel numero degli strati di carbone che si contano nelle citate regioni. Supponiamo che il numero degli strati di carbon fossile in America fosse in media di dieci soltanto: l'estensione del deposito meritevole di scavo sarebbe di 1,480,000 miglia quadrate. La potenza si ottiene moltiplicando le 148,000 mi-

glia quadrate per la grossezza complessiva degli strati. Essa è varia assai dall'uno all'altro. Il celebre strato di Mauch Chunk, presso Pottsville (Stati Uniti), formato dalla riunione di sette, ha una grossezza di 11 a 12 metri. Trattasi di una potenza eccezionale. Del resto, i geologi ci dispensano dal fare dei calcoli, assegnando al carbon fossile d'America uno spessore di 37 metri. Immaginatevi quale enorme massa di carbone sia questa, che ha una altezza di 37 metri, sopra una base di 148,000 miglia quadrate! Siccome questa massa di carbone non rappresenta che un cumulo immenso di piante levate (qualunque sia il modo in cui ciò avvenne) alle foreste dell'epoca carbonifera, pensate voi quanto sia il carbonio sottratto in quell'epoca all'atmosfera e ricondotto nelle viscere della terra. Volete che io vi ajuti a figurarvi in una sola catasta tutta quella massa di legname impiegata a produrre il carbone del Nord-America? Ragioniamo così: secondo i calcoli di Unger, un metro di carbon fossile equivale a circa 9 metri di legno (precisamente metri 8,76). Siccome in America contiamo 37 metri di carbone fossile, riconvertendolo in legno, esso acquisterà uno spessore di circa 324 metri. Il carbon fossile d'America rappresenta dunque da solo una catasta di legna dell'altezza di 324 metri sopra una base di 148,000 miglia quadrate... Una catasta di legna alta come tre volte il duomo di Milano, distesa fra Milano e Londra, ricoprendo le Alpi, la Svizzera, il Belgio, quasi tutta la Francia, e una parte della Germania e dell'Inghilterra... E ancora è poco, o signori; poichè non dovete dimenticarvi che i nostri calcoli non riguardano che il carbon fossile d'America, o meglio degli Stati Uniti. Quale altra enorme catasta sa-

¹⁾ Hnon, *Le monde primitif de la Suisse*, pag. 6.

rebbe rappresentata dal carbon fossile d'Europa! Nè certamente il combustibile dell'epoca carbonifera è privilegio esclusivo dell'Europa e del Nord-America. In questo solo periodo, che i geologi dissero carbonifero, quale enorme quantità di carbonio, stemprato nell'atmosfera, poi fissato dalle piante, poi sepolto nelle viscere della terra!

6. Eccoci ora finalmente al quesito a cui ci siamo proposti di rispondere nell'odierna conferenza. — Con quali mezzi ottenne la natura, durante il periodo carbonifero, l'eliminazione di tante piante, ossia di tanto carbonio, dalla superficie del globo? — I termini del quesito possono mutarsi anche in questi: — A quale delle forme degli attuali ammassi di combustibili si riportano i letti di carbon fossile? Son essi antiche grandi torbiere? Sono grandi accumulazioni di legname fluitato per mezzo delle correnti di terra o di mare? Sono foreste cresciute, sommerse o sepolte nel luogo stesso ove giace il carbone che le rappresenta? —

Torbiere propriamente dette, secondo l'ideale che noi abbiamo delle torbiere, non sono certamente rappresentate dai letti di carbon fossile. Il carbon fossile è composto di piante legnose, di piante d'alto fusto; rappresenta insomma un ammasso di legname terrestre, non di erbe palustri. Noteremo più tardi una certa analogia fra i depositi carboniferi e le torbiere; ma questa non è tale che le due forme non rimangano assolutamente distinte.

Meno ancora i letti di carbon fossile possono ritenersi come ammassi di legname fluitato. Cesto argomenti ci obbligano a rifiutar loro una tale origine. Anzitutto i letti di carbon fossile presentano notevoli varietà in confronto l'uno dell'altro: ma poi ogni singolo strato offre una

singolare omogeneità. L'omogeneità di un deposito esige, come prima e necessaria condizione, l'eguaglianza della materia prima. Trattandosi di carbone, io non potrò mai ottenerlo uguale, se non lo fabbrico colla stessa qualità di legna. È ben altro, per esempio, il carbone di faggio da quello di larice o di castagno. Come può natura comporre quei parissimi strati di *cannel-coal*, compatti come il marmo, ricchi ugualmente di quel gas così splendido e bianco? Come può d'altra parte comporre quei litantraci magri, a fiamma lunga e cerulea? Come può, insomma, prepararci tante varietà di combustibile, rispondenti ai diversi bisogni dell'industria, e messe in serbo, in disparte l'una dall'altra, sicchè non ci resta nemmeno la fatica della cernita? Certamente, per far tutto questo, la natura ha dovuto darsi la pena di eseguire essa medesima la cernita del legname, destinando questo a produrre una tale quantità di carbone, quello a produrre una tal'altra. Un così geloso ufficio non poteva certo confidarlo alle correnti di terra, che nella foga dei loro straripamenti sradicano ed esportano le piante senza alcuna distinzione nè di specie nè di luogo. No, no; una catasta di legna raunaticcia non può darci che un carbone senza qualità specifica, senza nome in commercio. Ciò è quanto potrei verificare, in piccolo sì, ma in modo molto evidente, riguardo al carbone di cui tentossi lo scavo nella valle del Taro. Trattandosi di combustibile in masse disseminate irregolarmente quà e là nel terreno, e che presentava tutti i caratteri più certi per dirlo prodotto da legname fluitato da correnti marine¹⁾, dei molti saggi

¹⁾ Uno dei più certi argomenti per distinguere il legname fluitato dalle correnti marine si deduce dalla presenza delle *teredine*. Tra i saggi del

analizzati non ce n'erano due che presentassero la stessa composizione. I grandi letti di carbon fossile, invece, presentano ciascuno la più perfetta identità fisica e chimica. Dunque ciascuno deve essere composto di identiche qualità di piante.

Il microscopio non fece che confermare quanto poteva dedursi dalla più volgare osservazione. Abbiamo già ricordato come Goeppert sia riuscito a specificare nel puro litantrace quelle diverse essenze, o generi di piante, le quali a semplice vista non si distinguono se non trovansi isolate negli strati rocciosi. Questa prima scoperta lo condusse ad una seconda. Trovò che nei diversi letti di carbon fossile prevaleva or l'una or l'altra delle diverse famiglie di piante, o, come dicono i botanici forestali, delle diverse *essenze*. Interi strati di carbon fossile apparvero talora quasi esclusivamente composti o di *calamiti*, o di *felci*, o di *stigmariie*, ecc. Dunque non si tratta di ammassi raunaticci. Le piante, che formano il carbon fossile, non vennero fluitate, anzi nemmeno divelte dal suolo; poichè altrimenti, in luogo di una ripartizione per generi e specie, non avremmo che una miscela, una confusione.

7. Le piante, che formano il carbon fossile, non vennero fluitate, anzi nemmeno divelte dal suolo... Che sono adunque? come si trovano così ammassate in letti di com-

carbone di Bergotare presentatimi da esaminare, ne trovai alcuno tutto trafocato da gallerie praticatevi da cedesti molluschi roditori dei legni galleggianti. È troppo noto che il fango marino, modellandosi entro quelle gallerie, vi piglia in ciascuna la forma di una piccola clava lapidea, che si libera facilmente dal pezzo di carbone che la rinchioda. Un geologo mal pratico prese quelle piccole verghette o clave per altrettanti fusti di vegetali carboniferi; il che servi a dar ansa ad una intrapresa che da altri era stata giudicata ridicola, e riuscì pur troppo anche disastrosa.

bustibile? - Via; vale egli la pena di trattenerci a scoprire, a furia di induzioni, ciò che ci si presenta così luminoso e palpabile da sè? I letti di carbon fossile non rappresentano altro che foreste sommerse e sepolte sulle aree stesse da esse ombreggiate, quando i venti dell'epoca carbonifera ne scuotevano le chiome lussureggianti. Moltissime di quelle fossili foreste si scoprono, si percorrono, e sono così vaste, così numerose, che non si prova più veruna difficoltà ad ammettere che altrettante foreste siano pure i letti di carbon fossile, benchè di foreste non conservino più veruna apparenza. Vi narrerò un fatto che sta per mille, perchè fatti simili sono divenuti ormai cosa troppo volgare tanto per lo scienziato, come pel semplice curioso. Una ferrovia dovevasi condurre attraverso il bacino carbonifero del Lancashire. Facendosi all'uopo una trincea, eccoti una foresta fossile. E lo era veramente, poichè nessuno sarebbe stato tentato di negare ai suoi propri occhi che quei tronchi carbonizzati, i quali apparivano ritti, perpendicolari agli strati, erano veramente alberi. Anzi vedevansi inviarle le loro radici entro uno schisto, il quale era coperto di un leggiero strato di carbon fossile. Superiormente allo schisto, al piede stesso degli alberi, si raccoglievano a staja i *lepidostrobus*, ossia le pannocchie dei *Lepidodendron*. Evidentemente la ferrovia aveva tagliato una foresta fossile di *Lepidodendron*. Chi non saprebbe narrarcene la storia? Sul suolo fangoso (lo schisto non è altro in origine che fango) attecchirono i *Lepidodendron*, le cui radici vi si insinuavano, serpeggiando in cerca del vitale alimento. Intanto, sulla superficie di quello stesso suolo, piovevano dagli alberi maturi le eleganti pannocchie, e la foresta

crebbe densa e compatta. Venne un giorno in cui la foresta fu sommersa dalle acque. Mancate le condizioni opportune alla sua ulteriore prosperità, essa doveva perire. La massa legnosa trasformossi in uno strato torboso. Solo gli alberi più robusti sopravvissero, spiegando i loro immensi pennelli sulla foresta torbificata, la cui superficie veniva coperta dagli ultimi *lepidostrobus*. In seno alle acque intanto si formavano nuovi depositi. Crebbero le sabbie e i fanghi; coprirono la torba, e investirono i tronchi superstiti, costringendoli a perire e a torbificarsi anch'essi. Per un processo di progressiva trasformazione, la torba si convertì in carbon fossile.

Eccovi, o signori, la storia di tutte le foreste carbonifere, ossia di tutti gli strati di carbon fossile. Questa storia, ne' suoi tratti più generali, è espressa dalla stratigrafia carbonifera, cioè dai rapporti in cui si mantengono fra loro, con singolare costanza, le diverse formazioni che compongono il terreno carbonifero. I letti di carbone giacciono, può dirsi, invariabilmente sopra un letto di schisti, arenacei o argillosi, e sono coperti da arenarie o conglomerati. Lo schisto inferiore è la sede delle piante lacustri (come, per esempio, delle sigillarie nella forma stigmariana) e delle radici. Le arenarie superiori sono la sede delle piante terrestri e dei tronchi, i quali, vetusti e radi, dimostrano di non essere altro che i superstiti di una foresta. La foresta stessa è rappresentata dal letto di carbon fossile, giacente fra il letto a radici e il letto a tronchi.

8. Nei trattati di geologia (nel mio *Corso*, per esempio) troverete facilmente un disegno che, delineato in origine dal Brongniart, ha poi fatto il giro di tutte

le opere geologiche. È il disegno della cava di carbon fossile del Treuil presso Saint Etienne. Superiormente vedrete una gran massa di arenaria, in grossi banchi, e dentro ad essi, tronchi in gran numero, normali al piano degli strati e radicati a diversi livelli. E' si direbbe che una foresta si arrampichi per entro la massa, seguendone il progressivo sviluppo. Ad un certo punto fra la massa di arenaria si insinua un letto di ferro carbonato, e sotto la stessa massa arenacea eccoti un primo letto di carbon fossile, il quale riposa sopra una grande massa di schisti. Pare che gli schisti passino inferiormente di nuovo all'arenaria. Trovo però indicato soltanto un secondo letto di ferro carbonato. Esso ha uno spessore molto considerevole, e, come d'ordinario il ferro carbonifero, è sparso, e quasi composto di concrezioni di carbonato di ferro. Questo deposito copre un secondo strato di carbon fossile, il quale, alla sua volta, riposa sopra una massa di schisti. E sempre così. Prescindendo dal ferro, di cui ci occuperemo più tardi, noi vediamo sempre ripetersi questa associazione: schisto alla base; carbon fossile nel mezzo; arenarie o rocce detritiche in genere con tronchi superiormente. Danque sempre un fondo ove si radica una foresta; poi la foresta stessa; poi fanghi o sabbie che interrirono e copersero la foresta quando essa, nel modo che vedremo, venne sommersa.

Le foreste che noi troviamo in piedi, cioè i tronchi sepolti negli strati che ricoprono il carbone, non sono, giova ripeterlo, che alberi superstiti. La foresta propriamente è rappresentata dal carbone. Siccome però i tronchi superstiti costituiscono un fatto comunissimo, un fatto che si ripete quasi ad ogni ripetersi di un letto di carbone;

bisogna concludere che, in genere, tutti i letti di carbon fossile non sono che altrettante foreste. Non credete, o signori, che ci sia della esagerazione in questo parlare delle foreste carbonifere, come si trattasse di fenomeno volgarissimo. Esso è tale veramente. Domandate ai minatori inglesi di che cosa hanno singolarmente paura nelle loro avventurose peregrinazioni sotterra; e vi diranno che temono singolarmente i *coal-pipes* (tubi del carbon fossile), e sono appunto questi tronchi superstiti, i quali rimangono invisibili entro la roccia, che forma il tetto delle gallerie. Sottratta, per l'estrazione del litantrace, la base a quei tronchi, convertiti ora in enormi cilindri di roccia rivestiti di carbone, si trovano abbandonati a loro stessi. Vinta la debole adesione tra il nucleo roccioso e quella vagina di carbon fossile, che rappresenta la parte corticale dell'albero, sfondano imprevisi il tetto della galleria. Guai all'operajo che si trovasse per avventura in quel punto. I *coal-pipes* vogliono quasi ogni anno le loro vittime nelle miniere di Bristol, di Newcastle, ecc. Appunto in una galleria di Newcastle si osservarono numerosi tronchi di sigillaria nella loro posizione normale, che diremo nativa. Più di 30 se ne contarono entro uno spazio di 50 metri quadrati, e avevano un diametro fin di 1^m,20 a 1^m,50. Potei io stesso ammirare una foresta fossile in via d'essere dissepolta nella città di Glasgow. Due grossi tronchi erano già messi a nudo e si vedevano radicarsi nello strato sottoposto, precisamente come si radicano nel suolo i castagni delle nostre foreste. A Parkfield Colliery (Staffordshire), entro uno spazio di qualche centinaio di metri, si scopersero 73 grossi tronchi. Avevano fin tre metri di circonferenza;

apparivano schiantati alla radice, e abbattuti quasi dalla violenza di un uragano, quindi compressi e ridotti ciascuno in una sottile lamina di carbone. Le loro radici servivano in parte a costituire un letto di carbon fossile, riposante sopra un letto di argilla. Al di sotto dell'argilla si scopriva una seconda foresta, nascente essa pure da un letto di litantrace. Più sotto ancora una terza foresta di *Lepidodendron*, *Calamites*, ecc. Qui possiamo dire non soltanto di aver visto le foreste carbonifere, ma di avervi udito fischiare i venti, e sotto l'incubo della tempesta scricchiolare gli alberi schiantati dalle radici. Se lasciamo l'Inghilterra, potremo ugualmente riposarci all'ombra delle foreste carbonifere in Francia; e lo stesso ci verrà accordato, se dall'Europa passiamo in America.

9. È anzi propriamente l'America quella che ci offre tali esempi di foreste carbonifere da levarci ogni dubbio circa l'origine assolutamente forestale del carbon fossile. Che volete, quando un braccio della baja di Fundy vi presenta, oltre i numerosi strati di carbon fossile, alternanti con strati rocciosi, 17 foreste fossili a 17 differenti livelli? Dico 17 vere foreste; poichè, se teniam calcolo degli strati ove s'incontrano o radici, o straterelli di carbone, di foreste, piccole o grandi che siano, ne conteremo delle centinaia, come han fatto Lyell e Dawson. Recandoci in seguito al Capo Breton, nel bacino carbonifero di Sidney, constateremo, col signor Brown, l'esistenza di 59 foreste fossili, sovrapposte l'una all'altra entro un terreno, il quale non vanta che 500 metri di spessore.

Gli strati di carbon fossile sono dunque foreste prima sommerse, poi sepolte in posto. Le diciamo prima som-

merro, appunto perchè le troviamo sepolte; mentre, nel nostro caso, sepolte vuol dire ricoperte di fanghi, di sabbie, di ghiaje, infine di sedimenti o fluviali, o lacustri, o marini. Quei sedimenti, poi, hanno tutto il carattere di depositi litorali, e spesso di maremme o di lagune convertite in laghi; quasi il mare avesse invaso delle maremme coperte di dense foreste, facendo di queste un deposito torboso, e ricoprendole in seguito di ghiaje, di sabbie, di fanghi, d' cui gli recavano abbondante tributo i fiumi delle terre vicine. Quei sedimenti, infatti, hanno l'indole di detriti rocciosi, trasportati dalle correnti di terra, quindi elaborati o distesi in ampi letti dal mare o dalla laguna. I fossili che essi contengono sono sovente o pesci o conchiglie marine. Sono tuttavia molto caratteristiche di quelli strati le spoglie di animali d'acqua salmastra o d'acqua dolce, le piante, gli insetti, i rettili terrestri.

10. Fra i tronchi che si rizzano dagli strati di carbone, e in cui abbiamo riconosciuto i superstiti delle foreste sommerse, ve n' hanno di veramente storici; di quelli cioè che narrano per l'appunto questo fatto della sommersione è del consecutivo seppellimento delle foreste a cui appartenevano, quando le foreste stesse furono ingojate dal mare o convertite in lagune. Lyell descrive uno di questi tronchi, da lui osservato nel bacino carbonifero della Nuova Scozia. Quel tronco era cavo, e riempito nell'interno da quelle stesse rocce che lo investivano all'esterno. Ma nell'interno gli strati erano nove, tre invece all'esterno. Evidentemente quel tronco era venuto, ancor ritto, a sommergersi, e trovossi interrto dai sedimenti che gli si accumularono d'intorno. Essi però non poterono

invaderlo all'interno, protetto com'era dal tubo corticale. Quando i sedimenti, a forza di sovrapporsi, ebbero guadagnata la sommità del tronco, poterono precipitarsi nel cavo di esso, che trovavasi allora a livello del fondo, e formarvi un nuovo sistema di strati. Molti tronchi si rinvennero coperti dentro e fuori di innumerevoli *Microconchus*, piccoli anellidi, affini agli *Spirorbis*, che abitano attualmente le acque salmastre. Quei *Microconchus* non potevano pigliar stanza che su tronchi sommersi, prima che venissero interrati. Un tronco di *Sigillaria*, scoperto esso pure da Lyell e da Dawson nella Nuova Scozia, porta scritta sopra di sé tutta la storia di un'epoca. Quel tronco aveva un diametro di 60 centimetri, ed era cavo; consisteva cioè in un cilindro corticale di carbone, riempito d'una mistura di fango e di sabbia, con frammenti carboniosi. Quel tronco adunque, come ordinariamente quelli che si scoprono nel terreno carbonifero, era marcito nell'interno, e si era ridotto ad un semplice tubo corticale, come succede facilmente ai tronchi appartenenti alle foreste tropicali, e come vediamo noi stessi avverarsi sovente dei nostri vecchi castagni¹⁾. Impigliati nel sedime che riempiva il tronco, si scopersero gli avanzi di tre o quattro batraci, rane o rospi di quel tempo. Associati a quei resti trovaronsi più di 50 esemplari di *Pupa vetusta*,

¹⁾ I tronchi di *Betula populenea* nella Nuova Scozia, si riducono facilmente, secondo Lyell, alla sola cortecchia. La distruzione della parte interna dei tronchi, dice Hawshaw, ha luogo rapidamente nelle foreste dei tropici, soprattutto nei luoghi bassi e piani, ove il suolo, essenzialmente umido, e quasi morbosamente ferace, nutre una vegetazione lussureggiante di palme e d'altri alberi giganteschi, sopra i quali crescono del bambù, delle canne da zucchero, ecc. Quei piani, in riva al mare, e quasi al suo livello, possono venir facilmente inondati. Non ci ha nulla che meglio risponda all'idea delle foreste dell'epoca carbonifera.

la più antica delle chioccioline terrestri che siasi scoperta finora; poi un miriapodo affine al genere *Julus*, cioè a quelli schifosi animaletti, muniti di un gran numero di gambe, che fuggono la luce, e si ritirano nei luoghi oscuri e umidi, principalmente nei boschi, sotto il muschio che riveste il piede degli alberi, e sotto le foglie morte e putrescenti che ricoprono il suolo. Gli *Spirorbis*, finalmente, erano appiccicati a quel resto di antichissima pianta. Non vi par egli, o signori, che quel tronco v'abbia narrata una lunghissima storia? Eccovi davanti allo sguardo un'antichissima foresta, densa di alberi giganteschi. Il vostro occhio si fissa sopra quel tronco di sigillaria, che, ridotto alla sola corteccia, trascina a stento la vita ed offre, più che altro, un ricetto ai piccoli animali della foresta. Una famiglia di luridi batraci ha preso possesso di quell'oscura dimora. Eccoli uscire dal cavo per dar la caccia alle pigre lumache, striscianti sull'umido suolo o inerpicantesi sulla madida corteccia. Gli schifosi centopiedi, come gli chiamiamo noi, amici dell'umido e delle tenebre, dividono coi batraci la stanza. Ma la scena si muta. Il mare si insinua entro la foresta, che muore conversa in informe massa torbosa. Il tronco di sigillaria, superstite ancora per poco, benchè inghiottito dalla laguna, è divenuto stazione d'anellidi palustri, finchè anch'esso scompare sepolto nel fango che si accumula sul fondo della laguna. Un tronco, alcuni ossicini, un insetto, poche chioccioline, ecco i testimoni, soli ma irrefragabili, dopo tanto volgere di secoli, di un cataclisma, lento sì, ma che produsse forse la completa trasformazione dei due emisferi.

11. Sancita l'origine forestale dei banchi di carbon fossile, come si spiegherebbero poi la sommersione e il

seppellimento di quelle antiche foreste? Se si trattasse di una soltanto, potremmo accontentarci di supporre una qualunque casuale inondazione di qualche area sommergibile, posta cioè in quelle condizioni in cui si trovano sempre le basse pianure e le maremme, appartenenti ai delta dei grandi fiumi. In questo caso non ci vedremmo che delle torbiere forestali, quali si veggono attualmente in riva al mare, e anche talora nell'interno dei continenti. I litorali sono tanto mutabili, principalmente nelle regioni delle lagune, dove possono alternare a più riprese la vegetazione palustre e gl'interrimenti, che non è difficile a verificarsi il caso di una o più foreste anche ripetutamente sommerse e interrite. Ma facciamo tutte le ipotesi possibili; non arriveremo mai, entro questi limiti, a spiegare i fatti che presenta il terreno carbonifero nei due continenti. Non trattasi solamente di qualche plaga limitata; ma di regioni estesissime; di aree così vaste che avrebbero meritato il nome di continenti. Trattasi di centinaia e centinaia di foreste sovrapposte, l'una all'altra successivamente, separate l'una dall'altra da strati sedimentari, i quali hanno una potenza di decine e di centinaia di metri; trattasi di una pila di strati subacquei, dello spessore complessivo di centinaia o migliaia di metri, i quali sono ben lungi dal figurare semplicemente o legname, o sabbia, o fanghi accumulati superficialmente sopra un litorale o in seno ad una laguna. La costituzione del terreno carbonifero, rappresentante un immenso periodo, in cui alternatamente, sopra le stesse aree estesissime, crebbero, si sommersero e furono sepolte centinaia di foreste, esige delle condizioni di mutabilità specialissime, le quali ci possano dare una spiegazione soddisfacente.

Questa, o signori, noi la troviamo piena e limpidissima in quel fatto che ci diede già la spiegazione della impo-
nenza delle masse di calcare e di salgemma, cioè nelle
oscillazioni della crosta del globo.

Portatevi, o signori, in una regione maremmana quan-
lunque, coperta di rigogliosa vegetazione. Scegliamo, se
vi piace, la regione dei Paesi Bassi. Ci permetteremo
soltanto di sostituire alla vegetazione, che è un prodotto
dell'umana coltura, quella vegetazione selvatica e boscosa,
che non mancherebbe di ristabilirvi la natura, appena
quella regione venisse sottratta all'aratro ed alla marra.
Eccovi i Paesi Bassi convertiti in un'immensa boscaglia.
Supponiamo che, per un movimento della crosta del globo,
quell'area si deprima. Pochi metri basteranno perchè il
mare allarghi i suoi confini di quanto è vasta quella
regione boscosa. La vita della foresta in breve si estingue
in seno al letale elemento, ed essa forma sul fondo del-
l'immensa laguna uno strato di torba legnosa. Il Reno,
che avrebbe intanto portato verso le elevate regioni della
Prussia renana le sue foci, non cesserebbe per questo di
trascinare dall'interno del continente e sabbie e fanghiglie,
finchè non avesse rifabbricato, in concorso col mare, il
suo delta, affatto simile al primo; finchè non avesse cioè
ricostruito l'intera regione dei Paesi Bassi, cui la natura
si affretterebbe a rivestire di nuove foreste. Ma ecco di
nuovo un abbassamento di quella parte della crosta del
globo; ed ecco ingojata di nuovo dal mare quella terra
ferace. Ma il Reno non si stanca, e la rifabbrica una
seconda volta, poi una terza, poi una quarta, e cento volte
di seguito, quante volte cioè la depressione del suolo e l'in-
vasione conseguente del mare gli distruggessero il suo delta.

Quando avesse fine la lotta, ci troveremmo una formazione
costituita da due, da tre, da quattro, da cento delta sovrappo-
sti; avremmo cioè cento strati composti di ghiaje, di sab-
bie, di fango, ricoperti ciascuno da una foresta; avremmo
dunque cento strati di carbone, alternanti con cento piani
detritici; avremmo infine un *fac-simile* del terreno car-
bonifero.

Se temeste mai che, nell'ipotesi, ai Paesi Bassi man-
casse la feracità necessaria a produrre delle foreste che
rispondano all'ideale delle foreste carbonifere ed alla
potenza dei letti di carbone che le rappresentano, tra-
sportate le pianure del Reno sotto la zona dei tropici.
Ma non vi giova nemmeno forzare l'immaginativa con tale
trasloco, dal momento che v'hanno già nelle regioni
equatoriali vaste pianure ed estesissimi delta, che, alle
condizioni geografiche e geologiche delle pianure renane,
congiungono quelle di un clima eminentemente propizio
allo svolgimento della più lussureggiante vegetazione.
Le grandi pianure, percorse dall'Orenoco e dal Rio delle
Amazzoni, di cui abbiamo già discorso anche più del bi-
sogno, che cos'altro costituiscono infatti se non una im-
mense bassura, coperta di dense foreste, sommergibile in
gran parte, ovunque elevata di pochi metri sul livello del
mare? Basterebbe un'oscillazione di nessun valore perchè
quella regione, la quale si può chiamare il regno delle
vergini foreste, fosse coperta dai flutti del mare, conversa
in letto sconfinato di torba, quindi sepolta sotto le sabbie
e i fanghi, che il Rio delle Amazzoni e l'Orenoco non
cesserebbero di trasportare dalle immani Cordigliere, per
ricostruirsi di nuovo, cento volte se fa d'uopo, una terra
di vergini foreste.

Richiamando l'ipotesi alla regione dei Paesi Bassi, il processo di tutta attualità, per cui quelle terre, ancora in via di formazione, si avanzano sempre più entro i domini del mare, describe, per dir così, in tutte le sue più minute particolarità quello che si compiva nell'epoca carbonifera, quando altre terre, a spesa di altri mari, si creavano, si distendevano, si ricoprivano di dense boscaglie, pronte a lasciarsi inghiottire dal mare appena si deprimeva il suolo da esse ricoperto. Il litorale de' Paesi Bassi è costituito infatti da un mobile variabilissimo apparato di dune, di montoni e di bauchi di sabbia, il quale divide il libero mare dalla grande regione delle lagune, delle torbiere e delle basse terre, splendido teatro dell'infaticabile industria agricola degli Olandesi. L'alta marea, levandosi due volte ogni giorno, si insinua colle sue torbide acque fra banco e banco, e trova i seni più tranquilli, le lagune più riposte, ove l'acqua, distesa come uno specchio, depona i faughi che la intorbidano. Per ciò il fondo degl' interni stagni si va continuamente rialzando, fino al punto da superare il livello dell'alta marea; fino al punto cioè che una terra si sostituisca alla laguna. Questa trasformazione è molto ben descritta da Elie de Beaumont nelle sue *Lezioni di geologia applicata*. Sui bassi-fondi sabbiosi, detti *Watt* dagli Olandesi, il mare abbandona ogni giorno una certa porzione di sedimenti più fini. Il basso-fondo si alza a poco a poco, e diviene in pari tempo fangoso. Comincia allora a stabilirvisi la *Salicornia herbacea*, vera pianta acquatica. Alzandosi il fondo ancor più, la *Salicornia* intristisce per difetto di acque abbastanza profonde, e viene man mano a sostituirsele l'*Aster tripodium*, alberello che raggiunge i

sei piedi di altezza, ed è già capace di formare una piccola selva sul fondo della laguna, ove più facilmente è trattenuto il fango che si vien deponendo. Il basso-fondo allora si eleva rapidamente. Quando esso è giunto quasi al livello dell'alta marea, la *Plantago maritima*, pianta erbacea, viene a sostituirsi all'*Aster tripodium*. Il basso-fondo è già diventato un *Beller*, cioè un pascolo, una pianura torbosa o maremmana. Ecco allora l'Olandese prender possesso di quella terra neonata, e difendendola, mediante le dighe, dalle ulteriori invasioni delle alte maree, convertirla in *Polder*, o campo coltivabile, che, solcato dall'aratro, rallegra ben presto di pingui messi il nuovo signore. Quand'anco l'uomo non affrettasse il lavoro della natura, essa lo compirebbe ugualmente senza di lui: la laguna si convertirebbe ugualmente in maremma, e la maremma in pianura asciutta, ove farebbe le prime prove la vegetazione erbacea, per lasciare il luogo ben presto alla vegetazione arborea. Non vi par egli, o signori, di avervi sott'occhio le grandi lagune dell'epoca carbonifera, che vadano, come queste dei Paesi Bassi, convertendosi mano mano in terre selvose? Che cosa ci manca per ristaurare questo mobile quadro? Il terreno carbonifero ha i suoi *Watt*, cioè i suoi fondi sabbiosi ne' suoi strati di arenaria, che si ripetono a diversi livelli. Gli schisti che ricoprono i grès, e preludono agli strati di carbone, indicano che il *Watt* andò convertendosi in basso-fondo fangoso. Le *Salicornia* d'allora sono le *Annularia*, gli *Asterophyllites*, ed altre piante che abbondano negli schisti. Parlando in special modo degli *Asterophyllites*, essi sono considerati da Newberry come piante acquatiche, le quali, per mezzo dell'ampie foglie che ne guarnivano la sommità, si te-

nevano galleggianti sulla superficie dell'acqua a modo delle ninfee dei nostri stagni. All'*Aster tripodium*, che riveste di selve subacquee il fondo delle lagune, corrispondono appunto le *Stigmaria*, ossia la *Sigillaria*, nel loro stadio stigmariano, quando cioè si radicavano sui bassi-fondi come piante palustri a tronco rudimentare. Ben presto il *Polder* dell'epoca carbonifera è convertito in *Heller*, che si riveste di umide felci, e presenta un suolo ferace, da cui le *Sigillaria* possono slanciare nelle regioni aeree i loro lunghi pennacchi, e i loro tronchi scanalati le *Calamites*, disputando il terreno ai *Lepidodendron* dalle robuste antenne, dai rami piumosi, carichi di dondolanti pannocchie. Attendete che il suolo si deprima, ed ecco quella foresta sommersa: poi ecco quell'area convertita in *Watt* un'altra volta, per divenire un'altra volta un suolo coperto di una nuova foresta. E cento volte così, se cento volte quel suolo si deprime, lasciando fra l'una e l'altra depressione un sufficiente intervallo di tempo perchè le sabbie e i fanghi colmino la laguna, e la convertano in terra, e possano le piante attecchirvi e addensarsi in foresta.

12. Chi può dire, del resto, tutte le specialità, tutti i diversi accidenti che dovettero in cento maniere modificare questo processo, pur così semplice, di sommersione, di seppellimento, e di risurrezione delle foreste carbonifere? Chi può narrare tutti gli episodi di questo dramma della natura, che si svolgeva sopra una parte sì vasta della superficie del globo, e per tanto mutarsi di secoli? Tutti questi particolari potranno leggersi indubbiamente negli strati componenti il terreno carbonifero, come vi si legge nella sua generalità la storia dell'epoca. Bramate, per

esempio, di concentrare il vostro sguardo sopra alcuno dei grandi episodi a cui si allude? Fermatevi su quello che ci presenta il terreno carbonifero della Scozia. La Scozia in quei tempi era un vasto distretto vulcanico, come lo sono in oggi i dintorni di Napoli, l'isola di Giava, il Kamsciatica, e cento altre località, dove hanno presa stanza gl'interni perturbatori del globo. Le masse eruttive di quell'epoca disegnano una gran zona dall'isola di Arran alle foci del Forths, occupando uno dei più vasti distretti carboniferi delle Isole Britanniche. Poderosi dicchi, ossia filoni di lava, torreggiano al presente in rupi fantastiche, e gli espandimenti, ossia le correnti di lava, e i letti di ceneri, alternano cogli strati sedimentari dal fondo alla cima della formazione carbonifera. Le rupi romanzesche di Edimburgo altro non sono che masse di lava dell'altezza di 700 a 800 piedi. Le sabbie vulcaniche, sparse di pietrame vulcanico d'ogni foggia, distese sopra un'area di 100 miglia quadrate e ricoperte da un calcare marino, indicano un immenso golfo paludoso, quasi una laguna, il cui fondo veniva coperto dalle ceneri e dai lapilli che piovevano dai vulcani vicini, sopra i quali si depositava, in un periodo di pace, un terreno marino. Ma i vulcani si ridestano, le ceneri vulcaniche ricoprono ancora il fondo delle lagune, ricoprono le maremme, seppelliscono le foreste, rappresentate dagli strati di carbone. Così alternano a più riprese la guerra e la pace; e questo alternare si rivela in oggi nella continua alternanza del terreno vulcanico con strati carboniferi e con letti calcarei. La geologia della formazione carbonifera nella Scozia ci presenta allo sguardo, come esistesse ancora attualmente, una bassura insulare

d'indole maremmana, coperta di annose foreste, lambita da golfi o da paludose lagune, ove le cento volte si alternano la vita e la morte, ove i boschi, i vulcani, le acque, si disputano senza posa un'area che di continuo si deprime.

Le recenti scoperte di Edw. A. Wunsch nell'isola di Arran rispondono colle più parlanti specialità a questo ideale¹⁾. Sulle spiagge nord-est dell'isola, alla base dei terreni carboniferi, veggonsi dei tronchi ancora in piedi, anzi parecchie di quelle foreste fossili di cui abbiamo già tanto discorso. Gli strati, ove sono impigliati quei tronchi, non sono che ceneri vulcaniche, alternanti con schisti e strati di carbone, ossia con fanghi di palude e foreste fossili. Quella singolare formazione presenta uno spessore di 1000 piedi all'incirca, e sopra una linea di 400 piedi si contano non meno di 12 strati distinti di ceneri vulcaniche, con numerose suddivisioni di strati alternanti di ceneri, schisti e carbon fossile.

Al mondo attuale non sono ignote le scene di cui era teatro la Scozia in quell'epoca lontanissima. Ricordate la celeberrima eruzione del Consequina avvenuta nel 1835. Questo vulcano, che sorge sulla penisola dello stesso nome, la quale difende a sud la baja di Fonseca (Repubblica di S. Salvador), scoppiò imprevedutamente la mattina del 20 febbraio, e la nube piramidale che sorse dalle fanci spalancate, involse il paese nella più densa oscurità. Le sabbie e le ceneri piovevano fitte sopra il suolo ondeggiante in preda a continuo terremoto, ricoprendo un'area circolare del raggio di 1000 chilometri.

¹⁾ *Transact. of the Geol. Society of Glasgow for 1866.*

Cinque o sei giorni dopo, quando tornò la calma, la vergine foresta, che circondava il formidabile cono, era scomparsa. Ma questa scena si è le cento volte ripetuta nella Scozia durante l'epoca carbonifera, se cento volte alterna il terreno vulcanico cogli strati sedimentari e colle foreste sepolte sotto le ceneri.

Non so trattenermi dal narrare un altro brillante particolare di quell'epoca e di quella contrada. Siamo a Buratisland, sulle coste dirupate del golfo di Forths. Le onde, rodendo quelle coste, hanno messo a nudo quella serie meravigliosa di strati ove le lave (basalte e greenstone) alternano colle argille, le arenarie, gli schisti e i letti di carbone. Ma il fatto nuovo e parlante è quello di una bomba, lanciata da chi sa quale vulcano che ardeva allora in quei dintorni. Un pezzo di greenstone, che ha la forma di una pera come certe bombe vulcaniche, si trova in fatto confitta verticalmente in mezzo alle argille. Esso è caduto certamente dall'alto, se ebbe la forza di schiacciare e rompere la massa argillosa, già mezzo formata, che ricopriva un letto di carbon fossile. Lo stesso strato di carbone vedesi compresso e incavato in quel punto sotto il peso della bomba. Ma la formazione del deposito argilloso non fu per questo interrotta; e mentre i vecchi strati, curvati o, meglio, imbarcati dal basso all'alto sotto il peso della bomba, ci danno indizio sicuro di schiacciamento, i nuovi strati, che alla bomba fanno cappello, curvandosi dall'alto al basso, mostrano di essersi modellati sopra la bomba stessa, che sporgeva acuta dal fondo del mare o della laguna. Dopo questa digressione sulle specialità del terreno carbonifero della Scozia, richiamando quanto ci diede materia per l'odierna conferenza, ci cre-

diamo autorizzati a concludere che in quell'epoca, classica per la formazione dei letti di carbone sopra le nostre aree continentali, la natura aveva adottato, almeno a preferenza, il processo più grandioso e più rapido della sostituzione delle aree boschive, sommergendo le foreste, seppellendole sotto gli strati sedimentari, e creando con essi nuovi suoli, ove germinassero nuove foreste. Così ottenne natura l'eliminazione del carbonio con quel medesimo artificio semplicissimo con cui, per ripeterlo ancora una volta, ottenne ed ottiene l'eliminazione dei sali calcarei e del cloruro di sodio dalle acque marine; cioè colle oscillazioni del suolo. Così oscillando, ora, cioè, sollevandosi, ora deprimendosi la corteccia del globo, si è provveduto alla triplice necessità dei regni organici, perpetuandosi sulla terra e nel mare la vita degli animali e delle piante. Così si mantennero non interrotti i tre circoli dei tre principali elementi, cioè del sale calcareo, del sal marino e del carbonio, a cui è condizionata imprescrittibilmente la vita sulla superficie asciutta o bagnata del globo. Vedendo come la natura abbia avuto ricorso a questo artificio della sostituzione delle aree in quell'epoca in cui le nostre aree continentali furono destinate a diventare principalmente grandi carboniere, si può credere che lo stesso processo sia stato seguito da essa in tutte le epoche anteriori o posteriori alla carbonifera; mentre è certo che in tutte le epoche, come esisteva il bisogno della eliminazione del carbonio atmosferico, così la natura dovette provvedere ad ottenerla, eliminando le vecchie piante, cioè seppellendole nelle viscere della terra, per lasciar luogo alle piante novelle. Ma a dimostrare la reale perennità di un sì provvido magistero destiniamo un'altra conferenza.

13. Prima però io penso di soddisfare ad un desiderio che credo si sarà desto nell'animo de' miei uditori. Non è vero che voi, o signori, desiderate di conoscere la ragione per cui l'epoca carbonifera è anche l'epoca del ferro sedimentare? Sodisferò tanto più volentieri a questo desiderio, in quanto, studiando l'origine sedimentare del ferro, verremo a ribadire l'idea di quelle marenne boschive che si venivano man mano sommergendo. Voi vorrete anche sapere come sia avvenuta ed avvenga la trasformazione dei vegetali in carbon fossile, ed in altra qualunque specie di combustibile. La prossima conferenza sarà dunque destinata per una parte a rischiarare l'origine del ferro sedimentare; per l'altra parte a studiare il processo della conversione dei vegetali in combustibile fossile.

CONFERENZA TREDICESIMA

DELL'ORIGINE DEL FERRO SEDIMENTARE E DELLA CONVERSIONE
DEI VEGETALI IN COMBUSTIBILI FOSSILI, CONSIDERATE IN ORDINE
ALLE ESPOSTE DOTTRINE.

SOMMARIO. — Necessità d'una dosatura del ferro nelle acque, 1. —
Mire providenziali nell'associazione del ferro al carbon fossile, 2.
— Le sorgenti marziali, 3. — Eliminazione del ferro dalle acque per
l'azione degli organismi, 4. — I laghi ferriferi della Svezia, 5. —
Origine del ferro carbonifero, 6. — Conversione dei vegetali in combustibili
fossili, 7. — Si spiega come un effetto della fermentazione
legnosa, 8. — Prove desunte dall'analisi dei combustibili fossili, 9. —
Altre dalla loro relativa antichità, 10. — Che cosa rappresentano i
combustibili fossili nel sistema dell'economia tellurica, 11.

1. Nell'ultima conferenza, studiando i terreni dell'epoca carbonifera per vedere a quale mezzo abbia avuto ricorso la natura per la eliminazione delle vecchie piante, necessaria a mantenere la conveniente dosatura del gas acido carbonico nell'atmosfera, abbiamo trovato che si tratta in genere di aree boschive sommerse e sepolte, per via di un abbassamento intermittente delle nostre aree continentali, continuato chi sa per quanto lunga stagione. Le prove che la natura abbia adottato un tale processo, stanno nei rapporti degli strati rocciosi cogli strati di carbone; nella struttura degli uni e degli altri; nei fossili che gli uni e gli altri accompagnano; in somma nel-

l'analisi più minuta dei fatti. Noi abbiamo anzi veduto, in certo senso coi nostri occhi, radicarsi le piante, rivestirsi di foglie, caricarsi di frutti, poi lentamente sommersi, e seppellirsi sotto i fanghi e le sabbie destinati a nutrire nuove piante e nuove foreste. In questo caso si è tentati a ripetere quel verso di Dante:

Non vido me' di me chi vide il vero.

Ma perchè mai trovammo costantemente i letti di ferro associati ai letti di carbone? Che c'entrano essi colle pianure boschive, o coi mari che le inghiottono? Volemmo forse dissimularci un fatto che non trova apparentemente ragione nel sistema esposto e può quindi indebolire le nostre argomentazioni? Tutt'altro; anzi, se questa specie di digressione sull'origine del ferro sedimentare può giustificarsi, si è appunto per ciò che la formazione del ferro, di cui abbondano i terreni carboniferi, trova ragione anch'essa nelle speciali condizioni dell'epoca, di modo che, invece di infirmare le nostre conclusioni, le ribadisce; presta cioè un nuovo argomento in favore di quel processo che noi abbiamo attribuito alla natura, come immaginato per ottenere lo scopo principale, che era quello della dosatura dell'acido carbonico. Del resto l'origine del ferro sedimentare è tutt'altro che estranea al programma delle nostre conferenze. Anche il ferro è sciolto nelle acque; anch'esso serve per la sua parte a costituire la salsedine marina. L'eliminarlo costantemente dalle acque, mentre le acque continuamente ne ricevono, è una necessità come quella della eliminazione del calcare e del cloruro di sodio. Anche una conveniente dosatura del ferro è necessaria per mantenere la purezza del mare.

2. La formazione del ferro carbonifero, cioè la sua associazione al carbon fossile, è anche, per mio avviso, uno dei fatti più saglienti, dove spicca quella legge di previdenza divina che coordinò il passato al presente, e il presente coordina all'avvenire: legge che, nello svolgimento del mondo, si adempiva, prima dell'uomo, specialmente in previsione dell'uomo, destinato ad abitare la terra e ad esercitarvi un impero, il quale dipende, assai più che dalla sua fisica costituzione, dalla sua natura intellettuale e morale. È una cosa che si ode sovente ripetere questa, che la preponderanza dell'industria inglese, e il prodigioso incremento degli Stati Uniti dell'America, devono in gran parte al carbone fossile, di cui la natura fu larga a quei popoli. Non si trova però così facilmente chi faccia osservare che lo sviluppo della potenza industriale dell'Inghilterra e degli Stati Uniti non dipende dal carbone semplicemente, ma dall'associazione di questi due primari fattori della potenza industriale, che sono il carbone ed il ferro. Anzi dai più s'ignora il fatto di tale associazione, che dai trattatisti è appena indicata. Perchè lavori questo gran braccio dell'industria umana che è il vapore, non fa bisogno soltanto di carbone che lo svolga potente dalle acque. Ci vogliono anche le caldaje, le macchine, gli ordigni d'ogni foggia, di cui il ferro presta la materia. Ci voleva, soprattutto ai nostri tempi, tale quantità di ferro, che si potesse fabbricarne le navi, di cui formicolano gli oceani, lastricarne le vie, che ormai involgono quasi entro una rete di ferro i due mondi. Insomma c'era bisogno di ferro come di carbone, e dell'uno e dell'altro fino allo spreco. § Nell'associazione di questi due mezzi potenti consiste la parte più provvidenziale di quel magistero che

informò l'epoca carbonifera, appena essa si consideri nei suoi rapporti coi vantaggi dell'uomo. È sempre meraviglioso, sempre degno di meditazione, il fatto che i fenomeni della natura mostransi, fin dai primissimi tempi, coordinati allo sviluppo progressivo dell'umanità: e questo sia detto, non soltanto per ciò che riguarda il suo benessere materiale, ma anche per ciò che si riferisce alla parte migliore di essa, ed al suo vero progresso e perfezionamento, che consiste nello sviluppo intellettuale e morale. Quelle che noi diciamo *scoperte*, sono assai ben dette così, perchè consistono nel rinvenimento di ciò che già esisteva; come sarebbe di una forza occulta per noi, ma pur già esistente e impiegata dalla natura, o di una materia celata ai nostri sguardi, ma già riposta negli arsenali della stessa natura, perchè servisse a suo tempo. E queste scoperte si fanno quando i tempi sono maturi; quando l'umanità è giunta a quel tal grado di sviluppo, che, mentre abbisogna di nuovi mezzi, è anche in grado di rintracciarli. Badate: io parlo sempre piuttosto di bisogni intellettuali e morali, che di bisogni fisici. Poco basta all'uomo per soddisfare a questi ultimi. I mezzi più grandi, più molteplici, di cui egli sente un bisogno sempre crescente, sono quelli che soddisfano a' suoi bisogni intellettuali e morali. Sono questi che l'Autore della natura ha in modo mirabile previsti; via via che l'uomo li sente, trova anche predisposti i mezzi per sodisfarli. Se domandiamo quale sia il massimo dei bisogni d'ordine intellettuale e morale, che è sentito in oggi dalla parte più civile dell'umanità, io non dubito di affermare che il massimo bisogno che noi sentiamo è quello della propagazione delle idee, della universalizzazione della civiltà, che ormai si

incardina sui principi divinamente promulgati in Oriente, e fecondati dal genio latino. Direi quasi che l'ultimo grande tributo recato dalla razza latina alla grand'opera dell'umano incivilimento, a cui sembrano chiamati l'uno dopo l'altro tutti i popoli della grande famiglia caucasica, fu la conquista dell'America, iniziata dal genio di Colombo. L'America, oltre all'essere essa medesima conquistata all'incivilimento, doveva anche prestare una sosta per rompere a mezzo il giro del mondo, un nuovo nucleo di popoli civili, un nuovo centro d'espansione dell'umana civiltà onde divenissero più facilmente accessibili ad essa l'Asia orientale, l'Australia, la Nuova Zelanda, i grandi arcipelaghi e le isole dell'Oceania. Dischiusi nuovi mondi, ci voleva una nuova razza, più alta alla loro materiale conquista; una razza dotata di una tenacità, d'una perseveranza tutte particolari, d'un complesso di qualità, che non formano forse il carattere della razza latina. La razza anglo-sassone tornava opportuna all'uopo. Codesta razza, con quanto ha di bene e di male, ardimentosa, temeraria, fatalista, eppure eminentemente calcolatrice; codesta razza così fredda eppur bisognosa di forti emozioni; codesta razza cinica ed entusiasta, indifferente e fanatica, sofferente d'ogni privazione ed avida di piaceri, egoista e così piena di quello che si chiama spirito d'associazione...; questa razza insomma si direbbe organizzata appositamente per farne, in un senso tutto moderno, la conquistatrice del mondo. Ma codesta razza doveva essere provveduta di mezzi sufficienti allo scopo. Il vapore prestava appunto il mezzo più opportuno per la conquista delle terre e dei mari; e la razza anglo-sassone occupa appunto le due regioni più ricche di carbone e di ferro. Non vi pare, o signori,

che vi sia qualche cosa di vero in questo accozzamento forse temerario di idee? Questo almeno di vero vi è certamente, che lo sviluppo della potenza inglese e americana ai nostri giorni è dipeso in gran parte dalla costituzione del suolo, dove trovansi intimamente associati i due primari fattori dell'industria moderna. Il ferro, e il carbone per ridurlo, escono insieme dallo stesso pozzo; e mentre l'uno avvampa sulla sua bocca, l'altro sulla stessa bocca si strugge. Uno spettacolo, che mi produsse un' impressione incancellabile, è quello che mi si presentò in una corsa notturna che feci, a tutta forza di vapore, partendo da Glasgow per fermarmi a Dudley. La ferrovia correva come un interminabile viale, fiancheggiato da giganteschi fanali, allineati a brevi intervalli l'uno dall'altro. Essi non erano che le file più avanzate di quell'esercito di forni fusori, ardenti sugli sbocchi delle infinite miniere di carbon fossile che percorrono sotterraneamente tutta quell'immensa regione. Mi ricordo di una notte quando, uscito da Dudley, dall'alto di una collina, contemplavo quella gran scena, che si svolgeva nella interminabile pianura. Essa ricordava la città di Dite descritta da Dante: ma soltanto in certi grandiosi spettacoli della natura trovavo un qualche cosa che corrispondesse realmente a quello che mi presentava in quel punto l'industria dell'uomo. L'orizzonte di fuoco assumeva le proporzioni e tutte le apparenze delle più grandi aurore boreali. Le fornaci, divampanti nella sottoposta pianura, che apparivano sempre più fitte quanto più lo sguardo le cercava lontano verso i confini dell'orizzonte, offrivano l'immagine di quei fuochi, i quali, come avevo letto in certe belle descrizioni, rompono l'uniformità della negra superficie

del Kilauea, cioè di quel gran lago di lava che nell'isola Hawaii misura una circonferenza di circa 16 chilometri... Rivengo da questa imperdonabile digressione, ricordandomi che primo scopo di questa conferenza è quello di studiare l'origine del ferro sedimentare e le cause della sua associazione col carbon fossile. Dunque cominciamo.

3. Il ferro è, nella origine sua prima, un prodotto endogeno; un dono che la terra cava dalle sue viscere. In gemme lucenti è sublimato dai vulcani; allo stato di ossido in diverso grado è riversato dalle sorgenti, dove si tiene disciolto in virtù del gas acido carbonico e di diversi solventi. Nulla di più comune delle sorgenti marziali: anzi tutte le sono in grado maggiore o minore, sicchè vi avverrà difficilmente di osservare uno stillicidio che non distenda una crosta, o almeno un velo di ossido di ferro sulla madida rupe. Numerose sorgenti sarebbero capaci di creare depositi ferruginosi di considerevole potenze. Talvolta si accontentano di tingere di colore rugginoso i calcari incrostanti, come fanno le celebri acque di Carlsbad; talora depongono veri ammassi di ferro argilloso o limonitico, come fanno certe sorgenti dell'Alvernia. Vi sono alcune sorgenti nell' Eifel, le quali, dice Bischof, se fossero trattate a stagnare in bacini, in luogo di andarsi a perdere nel Reno, darebbero un prodotto giornaliero di 2000 chilogrammi di perossido di ferro. Il ferro oolitico, cioè disseminato in granelli sferoidali negli strati d'epoca giuresc, e il ferro siderolitico, che si scava nei terreni terziari, indicano già, colla forma pisolitica o concrezionare, propria di tutti i minerali incrostanti, che hanno avuto origine da sorgenti marziali, da *geyser* ferruginosi, come quelli della Nuova Zelanda. L'esistenza di quei grandi ammassi di

ferro, sovente di forma concrezionale, che si trovano nel terreno carbonifero, potrebbero, dunque, indurci facilmente ad arrestarci all'ipotesi dell'esistenza di ricche sorgenti marziali, che mettessero foco nelle lagune carbonifere. Ma è egli possibile che quelle sorgenti potessero allagare a volte a volte, direi, l'antico e il nuovo mondo? L'associazione del ferro ai letti di carbon fossile è fenomeno così universale, così caratteristico, che si dura fatica ad assegnargli una causa meramente accidentale, affatto locale, come lo sono in oggi, per quanto abbondanti, le sorgenti marziali propriamente dette. Noi non ci acquieteremo finchè non saremo arrivati a scoprire una causa più generale, in rapporto con quelle condizioni geologiche che determinano la formazione carbonifera, che cioè si trovi con esse in quei rapporti di causa ed effetto, nei quali troviamo la ragione di tanti letti di carbon fossile.

4. Cominciamo intanto ad avvertire che le acque decisamente marziali non sono punto necessarie per creare ammassi ferruginosi di qualunque potenza. Abbiasi il concorso di circostanze favorevoli, e poi non v'ha acqua che non possa generare un deposito ferruginoso. È da lungo tempo segnalata a tale riguardo l'influenza delle sostanze organiche. Fu notato, per esempio, come l'ossido di ferro abbia una grande tendenza a combinarsi col gas acido carbonico, che si svolge abbondantemente dai vegetali in decomposizione. Ecco come nelle paludi, nelle lagune, nelle maremme, in cui non c'è mai difetto di vegetali putrescenti e di gas acido carbonico (principale prodotto dei vegetali nel primo stadio della fermentazione) il ferro troverà più facilmente da combinarsi, dando origine a nuovi composti. Di fatti non v'ha fenomeno più volgare di quello

della formazione di certi depositi gialli e limacciosi, i quali altro non sono che ammassi di ferro in uno stato di ossidazione avanzatissimo. Ciascuno può osservarne tanto nei più spregevoli fossati quanto nelle paludi più vaste.

Badando più minutamente al fatto, si trova che, in virtù dei vegetali sommersi nell'acqua, o anche solo circondati da un terreno umido, ha luogo una specie di secrezione. Voglio dire che il ferro, per virtù delle sostanze vegetali, viene in certa guisa secretato dall'acqua. Già s'intende che questa sempre ne contiene tanto o poco, quantunque in dose talora impercettibile anche alla finissima analisi dei chimici. I vegetali morti, le vecchie radici, scolorano visibilmente le sabbie ferruginose e i terricci entro i quali sono radicati. Che vuol dir ciò? Vuol dire che il ferro ossidato che si trova sparso nel terreno, disciolto nell'acqua che rende umido il terreno stesso, tende a portarsi verso il vegetale, quindi a condensarsi intorno ad esso, come farebbe la limatura di ferro intorno alla calamita, o meglio ancora come fa il rame o qualunque metallo in un bagno preparato per la galvanoplastica, portandosi verso quel polo della pila che lo attrae secondo le leggi della fisica. Così un vegetale morto si converte in centro d'attrazione, intorno al quale si aduna il ferro secretato dall'acqua o dal terreno umido circostante. Quel ferro così secretato, osserva Kindler, è un ossido solubile, il quale può venir trascinato dalle acque, e dar vita a sorgenti marziali che, stagnando in luogo opportuno, depongono il ferro in fiocchi mucilagginosi.

Questo processo, che noi abbiam detto di secrezione, e che evidentemente è un vero processo di galvanoplastica naturale, nel quale il vegetale, vivo o morto che sia, rap-

presenta un polo della pila voltaica, questo processo, dico, è poi un caso di sostituzione elettro-chimica, determinato dalla mutua reazione fra la sostanza vegetale e l'acqua ferrifera, in cui l'ossido di ferro viene a sostituirsi, molecola per molecola, alla materia organica che si scompone. Il signor Lecoq ¹⁾ descrive, per esempio, un pezzo di betulla, tolto da una torbiera di Siberia, nel quale veggon si le fibre, i vasi, perfettamente conservati, ma convertiti in perossido di ferro. Kuhlmann descrive un affusto di cannone, scoperto a Dunkerque, il quale, dopo un lungo soggiorno nell'acqua, conservava le fibre legnose intatte, ma convertite parzialmente in perossido. È chiaro in questo caso che il ferro, impiegato in quel lavoro di metamorfismo, è lo stesso ferro che aveva servito a mettere insieme l'affusto, e che, allo stato d'ossido nascente, si era andato sostituendo, atomo per atomo, al carbonio del legno, mentre questo si svolgeva nell'acqua e sfuggiva sotto forma di gas acido carbonico.

Ho detto anche più sopra che non vi ha acqua così pura che non contenga del ferro, e che non possa perciò servire direttamente alla formazione di un deposito ferruginoso. Le sostanze organiche posseggono in questo caso un metodo d'analisi, che può essere invidiato, ma non così facilmente praticato dal chimico più esperto. Il fatto che il ferro si depona in presenza dei vegetali in seno ad acque nelle quali il chimico non riesce a scoprirne nemmeno la traccia, è osservato da Daubrè. Targioni-Tozzetti non riuscì a scoprire nessuna traccia di ferro nelle acque termali di Rapolano; mentre osservò delle

¹⁾ Lecoq, *Les eaux minérales*. A quest'opera andiamo debitori della maggior parte delle notizie qui raccolte sulla genesi del ferro sedimentare.

oscillarie, che crescono in quelle acque, ricche di ferro, ed osservò il ferro stesso accumulato entro le cavità e nei depositi terrosi sul fondo di quelle medesime acque ¹⁾.

In sussidio dei vegetali, vivi o morti che sieno, vengono gli animali viventi; quel mondo marziale, come lo chiama Lecoq, di infusori ferruginosi, che brulicano a miriadi in seno a quell'acque stagnanti, ove appunto si deposita il ferro. Come i coralli, assimilando il calcare, se ne fabbricano lo scheletro, così quelli enti microscopici, assimilando il ferro, si coprono di meravigliose armature. La *Gaillonella ferruginea* è, secondo l'Ehrenberg, l'autrice della maggior parte del ferro delle nostre paludi. Mi ricordo che, a Combe-Varin, uno dei *valloni* del Giura sopra Neufchâtel, il signor Desor mi faceva gustare di una sorgente marziale, la quale, sgorgando dal fondo torboso, veniva a precipitarsi in uno di quelli imbuti, detti *emposieux* ²⁾, sotterranei emissari di quelle valli, i quali impediscono che si convertano in laghi. Quella

¹⁾ Non voglio dire con ciò che la chimica moderna, co' suoi processi portati a così meravigliosa perfezione, non possa giungere a scoprire il ferro nelle acque di Rapolano, o in tutte quelle nelle quali i vecchi chimici non riuscirono a scoprirlo. Tutt'altro. Quello che voglio dire è questo che la chimica analitica di cui la natura organica è inconsapevolmente in possesso ha raggiunto quel massimo grado, che forse la chimica degli scienziati non potrà mai raggiungere. Ma già sappiamo chi è quello che presta l'intelligenza all'incoscienza natura.

²⁾ I così detti *valloni* del Giura risultano da un ripiegamento marginale degli strati calcarei, i quali, rimanendo orizzontali nel mezzo, sopra vaste estensioni, divengono inclinati all'ingiro, e formano così quasi una sponda, che si rialza dal fondo di una gran barca. Perciò queste valli sono dette dai geologi francesi *fond de bateau*. Sulla linea dove avvenne l'inflessione si determinarono delle crepature, per le quali hanno sfogo le acque del bacino. Gli imbocchi esteriori delle crepature, stante l'erosione del terriccio superficiale operata dalle acque fluenti, prendono la forma di imbuti, che gli abitanti del Giura chiamano *emposieux*. Vedete la particolareggiata descrizione nel mio *Corso di geologia*, vol. I, § 477-481.

sorgente non aveva altra origine che lo scolo della torbiera; pure il sapore stitico ne affermava indubbiamente l'indole marziale. Il Desor attribuiva appunto quella proprietà alla presenza della *Gaillonella* o d'altri simili organismi marziali, abitatori di acque stagnanti.

5. Alcuni di questi animalletti sembrano destinati, non già ad assimilare il ferro, ma semplicemente a fissarlo, adunandolo intorno a sè, in guisa che non possa esser portato via facilmente dalle acque, e ne risulti invece un deposito di potenza indefinita. Molte specie di questi animalletti metallurgisti si numerano nei laghi della Svezia; e pare che l'industria svedese vada debitrice ad essi di quelli ammassi di ferro paludoso, che coprono talora un fondo di quasi 2000 metri quadrati, e raggiungono una grossezza fin di 8 decimetri.

Il signor Lecoq riporta in proposito le osservazioni interessantissime di Oscar di Watteville. Approfittando questi di una magra considerevole di un lago della Svezia, osservò certe depressioni nei bassi fondi, riempiti d'acqua, che offrivano uno spettacolo meraviglioso. In quei pelaghetti si agitavano, sulla massa del minerale già deposto, degli esseri appena visibili, intesi a rinchiudersi in una specie di tela metallica, come il baco si riuerra nel suo bozzolo di seta. Ognuno di quei piccoli esseri, architettando dapprima una rete di neri filamenti, composti di ferro ossidulato, ossia di limonite limacciosa, disegnava la forma esteriore dell'edificio, di cui l'animalletto medesimo occupava il centro. Così fila fila, finchè il piccolo architetto scompariva murato entro l'edificio suo stesso, che aveva l'aspetto di un grano bruno della grossezza d'un uovo di rana. Per compire un tale lavoro è indispensabile a que-

gli organismi l'acqua calma e stagnante. Essi non fabbricano mai nelle acque correnti, per cui il ferro si trova disseminato, in masse isolate, sui fondi di sabbia o d'argilla. Quel processo, dovuto all'opera coordinata dei vegetali e degli animali, è di un'attività veramente ammiranda, tanto che si citano dei laghi, dove le miniere erano state esaurite, e non pertanto si poterono riattivare 26 anni più tardi. I depositi ripullulati avevano già acquistato uno spessore di più decimetri.

6. La formazione di vasti depositi di ferro sedimentare, di natura identica o prossima a quella delle limoniti che si ripetono a tanti livelli nella serie dei terreni, non è più dunque un mistero. Il ferro è tratto in origine alla superficie del globo dalle sorgenti, e non v'ha acqua che ne sia assolutamente sfornita. Perciò le rocce sedimentari ne contengono in dose maggiore o minore. Dato il caso che esistessero bacini, ove si generassero in sufficienza organismi vegetali o animali (principalmente se questi erano dotati di quella forza secretiva così distinta in certi organismi viventi) il ferro vi si doveva accumulare necessariamente, risultandone argille, sabbie, calcari ferruginosi, o veri depositi limonitici. Se tale spiegazione basta in genere a darci ragione della formazione del ferro sedimentare, non ci lascia nessun dubbio circa la formazione di quei depositi di *iron-ore*, cioè di ferro sotto le forme di uronite, di ematite impura, di calbite, di ferro spatico impuro, che alternano così sovente, in letti potenti e ricchi di concrezioni, cogli strati carboniferi. Dico che tale spiegazione non ci lascia nell'animo alcun dubbio; mentre i letti di ferro carbonifero, dopo quanto s'è detto testè, non si presentano più che come conseguenza

necessaria di quelle condizioni speciali, le quali determinarono anche le altre accidentalità di quei meravigliosi terreni. Non è egli dimostrato che i terreni carboniferi corrispondono in genere all'ideale di regioni maremmane dove, per effetto di un abbassamento intermittente, si rimutarono continuamente sulle stesse aree i bassi fondi marini, le paludi, e le pianure coperte di dense foreste? Or bene, quando quelle aree si trovarono nelle condizioni di paludi, l'attività della vegetazione, caratteristica di quell'epoca e di quelle regioni, doveva anche determinarsi, in tutta la sua attività, quel processo di secrezione, per cui vediamo generarsi attualmente depositi ingenti di ferro limaccioso. Così i letti di *iron-ore* fissano la fase paludosa delle aree carbonifere; come gli strati di carbon fossile, gli schisti, i grès, i calcari, determinano le fasi di basse terre, di littorali, di bassi fondi, di mari aperti, che si succedevano o si alternavano sulle aree stesse.

È certo che la descritta potenza ferrifera nell'epoca carbonifera deve attribuirsi, se non unicamente, principalmente ai vegetali. Osservai, infatti, come al centro dei nuclei di *iron-ore* si incontrino, talora assai distinte, per esempio, le felci, le quali hanno agito come centro di attrazione per riguardo al ferro che si trovava disciolto entro quelle acque. Spezzando gli schisti del terreno carbonifero, le pagine, ove si vedono distesi i vegetali che si conservano nelle collezioni, veggonsi anche distintamente ferruginose. Quando fui a Dudley, se volli raccogliere dei buoni esemplari di *Lepidostrobus*, non ebbi a far altro che spezzare le concrezioni di *iron-ore*, che abbondano colà straordinariamente. Quelle pannocchie

occupavano il centro o piuttosto l'asse di quelli sferoidi argillo-ferruginosi. Il signor Virlet d'Aoust¹⁾ ci assicura di avere osservato sovente in mezzo al carbon fossile di Saint-Berein (Saône-et-Loires) tronchi di *Calamites*, lunghi da 30 a 40 piedi, convertiti in ferro litoide, e cita a proposito le aforosideriti (concrezioni ferruginose) dell'argilla di Oxford, le quali contengono nel loro interno un *Astartes*, un *Ammonites*, o un altro fossile qualunque.

Così il ferro associato al carbon fossile dà, per dir così, gli ultimi tratti di pennello al paesaggio dell'epoca. Così nello stesso tempo, nelle stesse aree, si associavano i due elementi che sono i due principali fattori delle nostre industrie. Noi veniamo a riconoscere, al tempo stesso, un nuovo tratto di quel molteplice processo così provvidenziale, per cui la natura mantiene perenne la purezza dei due vitali elementi, l'aria e l'acqua. Questa soltanto però vi è interessata direttamente. Anche il ferro infatti, che si trova in tutte le acque dolci, e che abbonda talmente in alcune di esse, finirebbe a concentrarsi oltre il dovere nelle acque del mare, se non venisse opportunamente eliminato. Al bisogno di una continua eliminazione, creato dalla continua produzione, provvedono e provvidero gli organismi marziali; come alla eliminazione dei sali calcarei hanno provveduto e provvedono gli organismi secretori del carbonato di calce.

7. Visto come si sia generato il ferro carbonifero, visto come la sua generazione dia piena conferma all'idea che, per l'eliminazione del carbonio, la natura ebbe ricorso di preferenza al mezzo più spedito e più efficace, che è

¹⁾ Bull. Soc. Géol., 2. sér., vol. XXI, pag. 198.

quello della *sostituzione delle aree*, ordinando a tale effetto le oscillazioni del globo; potremmo passar oltre, non restandoci altro a dimostrare, come abbiám fatto pel calcare e pel salgemma, se non che la natura provvede in tutti i tempi alla eliminazione del carbonio, assai probabilmente, nella maggior parte dei casi, collo stesso artificio. Ma io devo supporre ne' miei uditori il desiderio di conoscere le ragioni di un fatto, ammesso a buon diritto come indiscutibile, ma le cui ragioni interessano vivamente la scienza, e possono ritenersi come necessario complemento di quanto abbiám appreso finora. Come mai avviene e avviene la trasformazione delle piante in un combustibile fossile, che tanto differisce pe' suoi caratteri fisici e chimici dalle piante da cui ripete la sua origine? Il quesito non è nemmeno estraneo affatto alla tesi generale: poichè, se ci rimanesse ancora alcun dubbio circa il processo a cui abbiám attribuito la formazione del carbon fossile e di tutti i fossili combustibili in genere; questo dubbio scomparirebbe, quando potessimo toccar con mano che la trasformazione dei vegetali in carbone è precisamente una conseguenza necessaria di quello stesso processo. Questo studio servirà anche a ribadire la nostra convinzione circa lo scopo che la natura si è proposto coll'eliminazione delle piante, e colla loro conversione in fossile combustibile. Servirà cioè ad illuminarci ancora maggiormente sulla parte che rappresentano i combustibili fossili nell'economia tellurica.

A che servono infatti, secondo le nostre idee, i combustibili fossili in ordine alla economia del globo? Perchè furono eliminate e sepolte tante piante e tante foreste? Per mantenere la purezza dell'atmosfera, eliminandone

man mano l'eccesso di carbonio. Or bene, il processo della carbonizzazione naturale risponde precisamente allo scopo. Trattasi, infatti, non già della eliminazione delle piante, ossia di tutti gli elementi di cui esse sono composte: quello che si vuole eliminare nel nostro caso è precisamente e quasi tassativamente il carbonio. Per tutta prova basterebbe già il dire che il legno è un composto, per circa la metà di carbonio, e per l'altra metà di idrogeno, di ossigeno e di azoto. I combustibili fossili sono carbone, cioè carbonio, con poca mistura degli altri gas. Dunque in fine i combustibili fossili rappresentano veramente l'eliminazione del carbonio atmosferico. Eccoci ora allo studio della carbonizzazione naturale.

8. I combustibili fossili, risultando da un semplice processo di conversione chimica, rappresentano il tipo delle rocce formatesi per un processo di quella specie particolare di metamorfismo, che ne' miei scritti è distinta colla parola *auto-mineralizzazione*¹⁾, o *auto-cristallizzazione*. Essi, infatti, trovano in sè stessi tutti gli elementi della loro trasformazione, mentre le rocce, le quali subiscono il processo della *mutua mineralizzazione*, prendono a prestito da altre rocce gli elementi per trasformarsi. L'osservazione e l'esperienza ci mettono già ben addentro in questi segreti di metamorfismo per ciò che riguarda gli ammassi di vegetali. Il legno, riscaldato all'aria aperta, comincia ad alterarsi verso i 140 gradi. Elevandosi la temperatura, la decomposizione si fa sempre più profonda; si leva la fiamma; sfuggono i diversi prodotti volatili, finchè non rimane che un tizzo di puro carbone, ed in breve poca cenere.

¹⁾ *Corso di Geologia*, vol. II, § 1114

Operando sul legno, difeso dal contatto coll'atmosfera, il processo della decomposizione succede ugualmente; ma il legno si converte in carbone, o, diremo meglio, si ottiene questo prodotto più abbondante. Ma è inutile di fermarci a ragionare su questo processo, mentre la carbonizzazione si ottiene ugualmente con un altro, in cui l'arte si trova assai meglio nelle condizioni in cui dovette trovarsi la natura, quando ridusse in carbone i vegetali prima sommersi, poi sepolti nelle viscere della terra. Questo processo è quello della *fermentazione legnosa*.

La fermentazione dei vegetali ed i suoi effetti sono fenomeni volgari. Basta ammucchiare in un luogo qualunque vegetali ancor verdi, o altrimenti inumiditi, per vederli fermentare. La temperatura si eleva; si sviluppano dei gas; i vegetali si anneriscono, prendono l'aspetto e la natura della torba, e appaiono come fossero carbonizzati. Ciò avviene anche all'aria aperta.

Fu notato, però, che il processo della fermentazione e della carbonizzazione conseguente ha luogo con una attività straordinaria, quando gli ammassi vegetali siano sottratti all'azione atmosferica mediante la sovrapposizione di strati minerali che servano di tetto alla massa vegetale. Un mucchio di concime coperto da uno strato di terra, fermenta con tale sviluppo di calorico, che non si può reggere la mano sullo strato che lo ricopre. Raspail fece delle esperienze anche sull'azione relativa di diverse sostanze minerali, alcune delle quali servono più di altre allo sviluppo della fermentazione nelle sostanze vegetali. Calcolò, per esempio, che, se una foresta venisse sepolta sotto uno strato d'arena mista di calce, di soda, di ossido di ferro, ecc., si svilupperebbe tale calore che,

non solo il legno si trasformerebbe in bitume, ma sarebbero fusi la selce, gli ossidi, ecc. James Hall e Virlet sperimentarono gli effetti della pressione, combinata coll'azione del calorico. Vegetali, sottoposti alla doppia azione, si trasformarono in sostanze molto analoghe al carbon fossile. Pei depositi di carbon fossile attuali o antichi (ammettendo che non siano altro che ammassi di legnami sommersi e sepolti) si verificano ottimamente, benchè in diversi gradi, tutte le condizioni favorevoli al processo della carbonizzazione per fermentazione; e sono:

1°. *La presenza dell'acqua*. Essa si trova già nel legno stesso, in quantità sufficiente per portarvi la fermentazione all'ultimo stadio. Inoltre i combustibili fossili rappresentano ammassi di legname sommerso. Finalmente l'acqua circola ovunque in seno ai combustibili stessi, ed alle formazioni che li contengono.

2°. *Sovrapposizione di strati terrosi*. Gli strati di antracite, di carbon fossile, di lignite, si mostrano come altrettante cataste di legna sepolte sotto strati enormi di grès, di argille, ecc., i quali constano appunto di quei minerali, che, secondo le esperienze di Raspail, servono maggiormente a promuovere la fermentazione.

3°. *Alta pressione*. Questa si verifica in proporzione delle enormi masse rocciose, sovrapposte agli strati combustibili.

4°. *Tempo sufficiente*. Le epoche geologiche ne prestarono tanto, che è meraviglia se esistono combustibili così ricchi ancora di sostanze gaseose.

9. La natura chimica dei combustibili fossili, fornisce un'altra prova della loro derivazione da masse di vegetali trasformati per un processo di naturale fermentazione.

Nel processo della fermentazione naturale si verificano, come per gli altri della distillazione e della combustione, le seguenti leggi:

1°. Diminuzione assoluta della massa che vi è sottoposta, coll'aumento proporzionale e progressivo del carbonio;

2°. Diminuzione, ugualmente proporzionale e progressiva, delle sostanze gazoze.

Riassumendo infatti le analisi e le sperienze di Liebig e di Bischof, si osserva che il processo della carbonizzazione per fermentazione e decomposizione chimica ha luogo per lo svolgersi successivo di diverse sostanze, diversamente combinate allo stato di gas. Tutte le sostanze del vegetale vanno così riducendosi, consumandosi, ma in modo che, in proporzione, il carbonio cresca, fino a restar solo. L'ultimo residuo è carbonio. Le diverse fasi di questa progressiva metamorfosi sono benissimo rappresentate dalle varietà di torba, lignite, carbon fossile, antracite, grafite. Ecco infatti queste fasi quali si verificano (secondo le citate sperienze, e in confronto coi diversi combustibili fossili) nei vegetali sepolti sotterra, esposti all'umidità, ma sottratti all'azione dell'atmosfera:

1ª fase. - Decomposizione con sviluppo di gas acido carbonico. L'ossigeno si unisce al carbonio; perdita d'ossigeno e carbonio; aumento proporzionale d'idrogeno. - Torba, lignite.

2ª fase. - Decomposizione con sviluppo d'idrogeno carburato. L'idrogeno si combina col carbonio; perdita d'ossigeno e carbonio, e gran perdita d'idrogeno. - Carbon fossile.

3ª fase. - Rapido sviluppo d'idrogeno carburato, con acido carbonico e gas ipoazotico (tale è la composizione

del gas che si sviluppa nelle miniere di carbon fossile). Perdita d'idrogeno, carbonio, ossigeno e azoto. - Antracite.

4ª fase. - Perdita di tutte le sostanze volatili; rimanenza di puro carbonio. - Grafite.

Tale è il processo, che risulta in parte da sperienze dirette, in parte dall'osservazione della natura, e che soddisfa molto bene alle esigenze della geologia.

Le analisi chimiche dei diversi combustibili fossili riducono, per dir così, in effetto un tale processo, come risulta dalla sottoposta tabella di tali analisi, scelte tra quelle che in numero assai maggiore ci son date dal Regnault. Essa presenta gli estremi offerti dalle varietà dei combustibili. Vi è considerato un quantitativo diviso in 100 parti. Quanto manca a compire il 100 è rappresentato dalle ceneri:

	Carbonio		Idrogeno		Ossigeno e Azoto	
Legno (in media)	50,02		5,94		43,44	
Torba	da 59,57	a 60,21	da 5,95	a 6,45	da 34,46	a 33,34
Lignite	56,50	77,88	5,83	7,55	37,07	14,57
Carbon fossile	77,25	89,31	5,38	4,92	17,37	5,77
Antracite	91,59	93,58	3,95	2,55	4,46	3,83
Grafite	100		0,00		0,00	

Questa tabella ci conferma: 1° l'accrescimento proporzionale dell'idrogeno pel passaggio del vegetale alla torba, alla lignite, ecc., ed il suo decrescere nelle trasformazioni successive; 2° il continuo accrescimento proporzionale del carbonio; 3° il continuo decrescimento delle sostanze volatili.

Dopo ciò, chiamo la vostra attenzione, o signori, sulla parte primaria che esercita l'acqua anche in questo processo della conversione chimica dei vegetali. Essa è evi-

dentemente l'agente primario anche nel fenomeno della fermentazione. Come si adopera infatti comunemente per impedire che i vegetali fermentino? Si fanno essiccare; si procura cioè di eliminarne l'acqua. Sono i legni verdi che fermentano, non i secchi. Il legno verde contiene in media il 40 per cento di acqua. La presenza dell'acqua è anche la prima, o piuttosto l'unica necessaria condizione della formazione della torba. Le ligniti, i litantraci, le antraciti sono, non altrimenti che le torbe, ammassi di vegetali depositi in seno alle acque, e chiusi entro gli strati rocciosi, ove l'acqua filtra e circola continuamente. La esperienza diretta venne, del resto, a porre il suggello a quanto risultava dall'osservazione. Daubrée ottenne una vera antracite col sottomettere del legno, immerso nell'acqua, alla temperatura di 300°, e Baroulier fabbricò del vero carbon fossile col seppellire i vegetali entro l'argilla umida, portandola a una temperatura ancor più bassa di quella indicata per le sperienze di Daubrée.

10. Se ancora mancasse qualche cosa per ridurre alla massima evidenza il principio che i combustibili fossili rappresentano altrettanti ammassi di legname trasformati col descritto processo della fermentazione legnosa; osserveremo che essi combustibili, considerati in ordine alla relativa antichità, corrispondono alle diverse fasi che si distinguono nel processo della trasformazione descritta. Se il principio regge, dovrebbe infatti l'ordine cronologico dei combustibili corrispondere alla successione cronologica delle fasi, di modo che essi combustibili presentino un grado di trasformazione tanto più avanzata, quanto sono più antichi. È vero che diverse circostanze possono ritardare od accelerare l'esito di un processo chimico qua-

lunque; sicchè un pezzo di legno antichissimo, per un supposto, può essere meno profondamente modificato di un pezzo recente, e viceversa. Così noi troviamo, per esempio, trasformati in torba i pini e le piroghe appartenenti alle popolazioni lacustri delle epoche preistoriche, mentre possono fabbricarsi dei mobili con legni appartenenti a ligniti antichissime. Sta però sempre che, in genere, i combustibili fossili devono mostrare e mostrano infatti il processo della trasformazione tanto più avanzato, quanto sono più antichi. È un fatto che le torbe e le ligniti torbose, rappresentanti una trasformazione di primo grado, appartengono ai terreni più recenti, cioè ai terreni antropozoici e glaciali. Nei terreni terziari, che tengon dietro a questi in ordine della maggiore antichità, troviamo le vere ligniti, le ligniti compatte, lucide, bitumizzate talora come il carbon fossile, le quali rappresentano una trasformazione di secondo grado. La trasformazione di terzo grado è rappresentata dal carbon fossile e da combustibili analoghi, i quali si trovano nei terreni mesozoici, e più ancora nei carboniferi. Agli strati carboniferi più antichi, ed ai più antichi terreni paleozoici, appartengono le antraciti, le quali corrispondono ad una trasformazione di quarto grado. I terreni protozoici finalmente contengono le grafiti, rappresentanti una trasformazione di quinto ed ultimo grado. In fine risulta dimostrato dal complesso dei fatti ciò che volevamo dimostrare, cioè: 1° che la trasformazione del legno nell'epoca carbonifera, e in tutti i tempi, è una necessaria conseguenza di quel processo, adottato a preferenza dalla natura per eliminare le piante e le foreste, sommergendole e sotterrandole; 2° che il processo della fossilizzazione dei vegetali è diretto prin-

cialmente ad eliminare il carbonio tolto all'atmosfera, per ritornarlo all'atmosfera.

11. Ora dunque noi possiamo rispondere con piena cognizione di causa alla domanda: Che cosa rappresentano i combustibili fossili nel sistema dell'economia tellurica? Essi rappresentano il complicatissimo processo, ordinato a mantenere la purezza dell'atmosfera, cioè la prima condizione della vita e della prosperità dei vegetali e degli animali. Un'aria si dice pura quando non contiene nè più nè meno di ciò che è necessario, perchè i vegetali e gli animali vi trovino il loro benessere. Uno degli elementi più necessari fra i componenti l'atmosfera è il gas acido carbonico, cioè il carbonio allo stato di acido. Le piante lo pigliano dall'atmosfera per mezzo della loro respirazione, e lo trasmettono agli animali per via di nutrizione. Ma l'atmosfera ne contiene pochissimo, e la terra provvede al bisogno riversandolo a torrenti per via della fermentazione vegetale, delle sorgenti, delle mofette e dei vulcani. Le piante, mentre se lo pigliano per sè e per gli animali, impediscono che esso si accumuli nell'atmosfera in eccesso. Ma la loro vita, è limitata, come è limitata la loro attività. Giorno verrebbe in cui l'atmosfera non sarebbe più respirabile per l'eccesso del carbonio. Se volessimo, per impedire un tale eccesso, sospendere l'azione del molteplice apparato che versa il carbonio nell'atmosfera, ben presto le piante e gli animali più non ne avrebbero pel loro nutrimento. O per eccesso o per difetto le piante e gli animali dovrebbero perire. Come si esce da questa specie di circolo vizioso? La natura ci ha aperta una larga sortita. Le piante, sepolte sotterra, ridaranno alla terra ciò che dalla terra hanno

ricevuto. La terra, rifornita di carbonio, continuerà a distribuirlo all'atmosfera. Perchè nell'atmosfera non si accumulino, sorgeranno nuove piante sul posto lasciato vuoto dalle antiche. Noi vedemmo il suolo e le torbiere divenire vaste tombe di vegetali morti e campo di vegetazione novella. Vedemmo i fiumi strappare alla terra l'antica chioma e, irrigando le aree spogliate, ridonarle una chioma novella. Vedemmo il mare, per mezzo degli abbassamenti, sommergere le antiche foreste, e fabbricare nuove terre dove crescono nuove foreste. Intanto le antiche piante, ributtate nelle terrestri storte, le vedemmo distillarsi per fermentazione. Gli elementi, liberi dalle catene dell'organismo, o puri, o in combinazioni diverse, ritornano all'atmosfera.

Il carbonio è il più lento a tornarvi, come più lentamente tornano al mare i sali eliminati per l'intercettazione dei bacini d'acqua marina, operato per via di sollevamento. I vegetali sommersi e poi sepolti non lo restituiscono che lentamente, a grado a grado, man mano che si compie il processo della loro trasformazione. I combustibili fossili rappresentano nella loro natura diversa le diverse fasi di questo processo che può dirsi anche processo di restituzione. Lo rappresentano le torbe appena iniziato; prossimo al suo compimento le grafiti. Quella vernice di grafite, spalmata sulla superficie di un antichissimo strato di micascisto dell'era protozoica, è forse una grande foresta, sommersa e sepolta nei primitivi tempi, da cui la terra ha poi già per secoli attinto il carbonio, che doveva pagare in tributo all'atmosfera; e l'atmosfera l'ha già dato alle piante; e queste già convertite in torba, lignite o carbon fossile, stanno già ridonandolo una se-

conda, forse una terza od una quarta volta, all'atmosfera. Così si mantiene la purezza dell'atmosfera stessa; così si perenna la vita del mondo e de'suoi abitatori.

Questo circolo è troppo necessario perchè non sia continuo; perchè non siasi continuato in tutti tempi, fin dal primo momento in cui in verde ammanto sorrise la terra. Per dimostrare la continuità dei circoli rispettivi, non meno necessari, del carbonato di calce e del cloruro di sodio, abbiamo già fatto la rassegna delle epoche geologiche. Non la dimenticheremo per riguardo ai combustibili, e chiuderemo con questa la serie dei nostri trattamenti.

CONFERENZA QUATTORDICESIMA

CRONOLOGIA DEI COMBUSTIBILI FOSSILI A DIMOSTRAZIONE DELLA CONTINUITÀ DEL MAGISTERO CONFIDATO ALLE PIANTE.

SOMMARIO. — Terra rassegna delle epoche geologiche, 1. — Carboni protozoici, 2. — Carboni paleozoici, 3. — Carboni mesozoici, 4. — Carboni cenozoici, 5. — Ligniti della Germania, 6. — Montagne di legno delle regioni artiche, 7. — Carboni dell'epoca glaciale, 8. — Carboni dell'epoca nostra, 9. — Riépilogo, 10.

1. Il processo per cui continuamente si carbonizza e si decarbonizza l'atmosfera, questo processo, nel quale entriamo come parte attiva noi stessi, carboni e carbonaje viventi, questo processo, dico, studiato nelle precedenti conversazioni, è fondamentale per la natura. La vita nostra, la vita assai più antica del regno animale e del regno vegetale, vi è necessariamente legata e ne dipende così, come l'andamento di un meccanismo qualunque dipende da quel primo ordigno che si chiama motore. Dal primo istante che il primo germe di vita fu gettato in grembo alla terra la quale usciva ignuda dal mare, da quel primo istante il grande meccanismo doveva porsi in movimento. La terra doveva, per mille sorgenti, versare il gas acido carbonico, ossia il carbonio stemprato coll'ossigeno, nell'atmosfera: le piante dovevano da mille bocche spal-

cate riceverlo ed eliminarlo, fissandolo: dopo avere attuate le condizioni di tutto un altro regno, facendone parte agli animali, dovevano le piante stesse ritornarlo alla terra, mediante i molteplici processi della fossilizzazione, affinchè la terra lo ritornasse all'atmosfera, e si perpetuassè così il circolo della vita. Se ciò non fosse avvenuto, la vita non sarebbe comparsa che come luminosa meteora sulla terra, fra due ère di morte, fra il caos e il finimondo.

La rassegna delle epoche geologiche viene per la terza volta a dimostrarci la perennità di quel magistero, il cui impianto complessivo, uno ed infinitamente multiforme, trova una espressione sintetica in queste parole: *Economia tellurica*. Il processo della carbonizzazione e della decarbonizzazione dell'atmosfera non è che una parte di questo magistero; ma dev'essere, come il tutto, perenne, indefettibile. Che tale sia stato fin dal principio dell'animalizzazione del globo, i combustibili fossili, sepolti in tutti i terreni, distribuiti su tutti i livelli della serie stratigrafica, lo dimostrano.

Anche qui tuttavia dobbiam richiamare quei riflessi che valgono a restringere entro limiti ragionevoli le nostre esigenze. Non perdiamo mai di vista il fatto che la geologia stratigrafica non ci mostra altro fuori di quanto succede sulle nostre anguste aree continentali nelle diverse epoche. Queste aree non rappresentano che un quarto della superficie del globo dove si compie nella sua interezza il magistero dell'economia tellurica. Diversamente atteggiato, nei diversi tempi, le abbiám viste talora produrre i calcari, talora il salgemma. Dove si producevano o questo o quelli non poteva al certo prodursi il carbone.

Non possiamo dunque pretendere che le nostre aree continentali ci presentino alla lettera la continuità di ogni singola parte del magistero dell'economia tellurica, mentre nelle diverse epoche si prestano a servire all'uso o all'altro dei singoli ordinamenti che compongono il codice della natura. In questa varietà di prodotti, accumulati sulle stesse aree, in questa sovrapposizione di strati di così diversa natura; più che il magistero stesso dell'economia tellurica, dobbiamo ammirarne lo scopo. Lo scopo era l'uomo. Questo atteggiarsi degli spazi che l'uomo doveva abitare a suo tempo, in guisa da creare diversi prodotti nei diversi tempi, rivela in questo magistero dell'economia tellurica un intento così provvido, così, direbbersi, materno, che l'attribuire il tutto agli inconsapevoli elementi della natura, è veramente un far torto a noi stessi. Mentre però la natura providente pensa a fornire dell'occorrente la grande abitazione degli uomini, non poteva infrangere in nessun tempo nessuno di quegli ordinamenti che interessavano il presente e il futuro di tutto l'universo. Ormai dobbiamo aver inteso come essa avesse trovato di conciliare gl'interessi parziali dell'uomo, a cui mirava come a scopo finale, cogli interessi generali dell'universo, trasportando all'uopo or qua or là le sue officine, non mai però così lontano che o poco o tanto non ne odorassimo il fumo. Quando sulle nostre aree continentali trapiantava le officine del salgemma, sopra altre aree doveva erigere quelle del carbonato di calce. Dicasi lo stesso delle officine per la fabbricazione del carbone. Nell'epoca carbonifera noi ci troviamo proprio nel cuore delle carbonaje: noi vediamo cioè cento e cento sconfinato foreste succedersi l'una all'altra, seppellirsi l'una sotto

l'altra, sulle aree stesse sulle quali sorgono ora i nostri continenti. Nelle altre epoche dovremo ritenere paghe, e paghe ad esuberanza, le nostre esigenze, se potremo assicurarci di fatto che la fabbrica del carbone continua colla stessa attività, come siamo sicuri di diritto che ne continua lo stesso consumo, lo stesso bisogno. La geologia stratigrafica ci accorda questa ragionevole soddisfazione.

2. Eccoci per la terza volta a quei terreni protozoici, indizi dei primissimi mari, dove spunta per alcuni l'aurora della vita, mentre ancor nera per altri si distende la notte che la precedette. Noi siamo di quelli che ci ostiniamo a vedere nei terreni protozoici le vestigia dei primi viventi. Una rivelazione della vita in quei primissimi tempi sarebbero appunto i combustibili fossili. Ma possiamo noi pretendere di scoprirne ancora entro quel cumulo di terreni antichissimi, così scomposti, così svistati dal lavoro di tutti gli agenti del globo nella serie indefinita dei tempi? I terreni protozoici sono il regno del metamorfismo. Non v'ha più una roccia che conservi i suoi primitivi caratteri. I calcari sono convertiti in saccharoidi; le argille in lucenti ammassi di cristalli d'ogni natura; e in questo lavoro che modificò nell'intimo, scompose e ricompose tutti gli atomi di quei cumuli immani di fondi marini, scomparvero quegli organismi fossili, i quali sono pel geologo quasi l'unica lampada che getti un po' di luce sulle tenebre del passato. Come volete dunque che vi si conservassero i vegetali, i quali tra i fossili sono quelli, come abbiamo visto, che vanno soggetti ad un metamorfismo così rapido, universale, tendente a distruggerli? I combustibili dell'epoca protozoica devono essere già, nel caso, ritornati dalla terra all'atmosfera.

Eppure, ad oata di tante difficoltà, noi troviamo ancora qualche relitto della foltilissima chioma che ombreggiava la vergine terra appena uscita dal mare. Negli strati protozoici è frequente, anzi comune la grafite. Essa vi forma degli straterelli, intercalati agli strati primitivi, ed è ridotta più sovente ad una semplice vernice di piombaggine, che tinge gli schisti cristallini di cui constano per la massima parte i terreni protozoici. La grafite non rappresenta che l'ultimo stadio della trasformazione dei vegetali fossili. Una vernice di grafite può rappresentarci benissimo uno strato di carbone, un'immensa foresta, cresciuta, sommersa, sepolta in quei primissimi tempi. Se gli strati di grafite, come non dubito, rappresentano altrettanti strati di carbon fossile, l'era protozoica fu anch'essa carbonifera per eccellenza. Ma la vegetazione, rappresentata dalle grafiti protozoiche, era essa marina o terrestre? Rispondo che io non conosco nessun vero deposito di combustibili fossili, che sia composto di vegetali marini. Per analogia ritengo dunque che terrestri fossero le selve che servivano nell'epoca protozoica al magistero della carbonizzazione atmosferica, e passarono successivamente, in seno alla terra, dallo stato delle torbe a quello della lignite, del litantrace, dell'antracite e finalmente della grafite. Quella vernice di piombaggine, che basta appena a tingermi le mani, è un'antichissima foresta. Ha vissuto i suoi secoli, fu quindi sommersa, sepolta, distillata in seno alla terra, e già forse ha nutrito altre antichissime foreste, ed ora rivive in altre piante, in altre foreste che ombreggiano le rive delle Amazzoni e dell'Orenoco.

Alle grafiti del resto si associa la vera antracite, se crediamo al celebre Dana. Questa antracite si scopre in

certe rocce ferrifere del Nord-America, ritenute d'epoca azoica, quella che noi diciamo protozoica. Questa coincidenza mi fa sospettare che il Nord-America si trovasse durante l'era protozoica in quelle stesse condizioni in cui trovossi più tardi nell'epoca carbonifera. Vi ricordate, o signori, della costante associazione del ferro ai letti di combustibile nei terreni carboniferi dei due mondi? I combustibili protozoici sarebbero naturalmente per la maggior parte disfatti; ma non potevano esserlo così facilmente i letti ferriferi. Siccome questi abbondano nei terreni protozoici del Nord-America, ci danno ragione di credere ad un'antichissima epoca carbonifera, la quale avrebbe avuto principio coi primordi dell'animalizzazione del globo. Vi dirò anzi, o signori, che io credo l'era protozoica sia stata la vera epoca delle piante... Non dovettero le piante precedere sulla terra gli animali? Non dovette quindi un'epoca eminentemente carbonifera precedere l'epoca siluriana, che può considerarsi come la prima grande epoca dello sviluppo del regno animale?... Nell'era protozoica dunque in terre ed in mari era già ripartita la superficie del globo; già le umide marenne erano ombreggiate da oscure foreste: già era in opera quel processo meraviglioso onde a noi si mantiene l'aria, che, dopo tanti milioni di anni, respiriamo sì pura.

3. È gran ventura per noi, indagatori della perennità degli ordinamenti tellurici, l'uscir che facciamo dall'epoca protozoica già sicuri dell'attuazione di quello che è stabilito per mantenere costante la purezza dell'aria. È gran ventura, dico, per noi; mentre nell'epoca siluriana, che ora ci si affaccia, le nostre aree continentali, coperte da liberi mari, erano ridotte a grandi officine di calcari, in

cui lavorava, in unione a tanti animali secretori, l'infinita progenie dei coralli. Se nei terreni siluriani non scopriamo indizi di foreste, non avremo difficoltà ad ammettere che il grande carbonificio fosse trasportato altrove, fuori delle nostre aree continentali. Tuttavia anche il siluriano le sue foreste non ce le lascia unicamente supporre. Ma erano foreste silenziose, ove non s'udiva nè l'urlo di una fiera, nè il canto d'un uccello, nè il sibilo di un serpente, nè il ronzio di un insetto. Solo il fischio dei venti, lo scroscio dei fulmini, il muggito del mare che veniva a ingojare la sua preda. Ma che importa? Anche l'epoca siluriana vanta, entro le stesse nostre aree continentali, le sue foreste; chè altrettante foreste cresciute, sommerse e sepolte in quell'epoca, sono quei sottili strati di carbon fossile che nel Nord-America si scoprono tanto negli strati siluriani di Potsdam, quanto in quelli di Hudson.

Anche il devoniano non ci lascia vedere assai. Mari e poi mari: ma le terre almeno ci si presentano, direi, da lontano sull'orizzonte. Negli strati devoniani troviamo in fatti le reliquie di una flora terrestre che doveva ombreggiare di folte foreste le terre emergenti fuori del perimetro dei nostri continenti coperti dal mare. I così detti *strati di Hamilton*, immensa formazione litorale del Nord-America, oltre alle alghe, offrono dei *Lepidodendron*, delle *Sigillarie*, delle conifere, insomma delle piante che si direbbero foriere della flora carbonifera.

Eccoci infatti a quest'epoca, di cui ci siamo così lungamente intrattenuti. I fondi marini si dispongono a prendere la forma di sconfinata marenne, ove son pronte a dilatarsi le immense foreste che, tanti secoli prima del-

l'uomo, crescevano così dense per l'uomo. La natura si affrettava a rispondere, con tutta l'esuberanza de' suoi mezzi, alle esigenze del presente e del futuro. Già gli strati carboniferi inferiori dell'Hartz e dei paesi renani, offrono i primi saggi di quei *Lepidodendron* e di quelle *Calamites*, che si uniranno più tardi a coprire di densa foresta i due mondi. Già i grès del carbonifero inferiore nella Scozia racchiudono dei letti di carbon fossile. Già compariscono le fossili foreste, e i carboni, associati a letti di ferro, nel carbonifero inferiore della Pensilvania, della Virginia, della Nuova Scozia. Anche la sterile zona del millstone-grit, cioè del carbonifero medio, offre straterelli di litantrace e piante carbonifere. Vorremo ora aggiungere parola a quanto abbiamo detto sullo sviluppo della vegetazione nella vera epoca carbonifera, cioè nel carbonifero superiore? Non mancheremo tuttavia di riflettere che non tutte le aree carbonifere furono da noi comprese nel calcolo della loro estensione in Europa e in America. Non vi abbiamo, per esempio, compresa l'Italia, quasi nell'epoca carbonifera fosse una landa sterile e maledetta. No; dove si rizzano sublimi le Alpi, dove sorgono gli Appennini, si distendevano allora le basse terre ombreggiate da dense foreste. Se una più potente virtù metamorfica ha più profondamente modificati i nostri carboni; non lasciano essi di attestare come le regioni alpine della Savoia, della Svizzera, del Piemonte non avessero nulla da invidiare alle più boschive regioni della Francia, dell'Inghilterra, del Nord-America. La flora carbonifera, conservata negli schisti di quelle regioni, numera già a quest'ora sessanta specie diverse di piante. Non meno di 60,000 quintali di antracite offrono annualmente le mi-

niere di carbone aperte sulla sinistra del Rodano, e 13,336 quintali ne danno le miniere della Savoia. Sei letti di carbone di 1 a 3^m di spessore furono scoperti nella valle d'Aosta sopra un'estensione di 20 chilometri ed altri presso Montiers, che raggiungono una potenza di 7, di 8 e fino di 12^m. Una flora carbonifera fu scoperta nella valle dell'Agno presso Lugano. La Corsica vanta un bacino carbonifero con letti di antracite; un altro ne vanta la Sardegna, e un terzo la Toscana a Montetorri, presso Jano. Indizi d'una flora carbonifera o letti di carbone si offrono nelle Alpi venete, in Calabria, e nella Sicilia. ¹⁾

All'epoca carbonifera tien dietro la permiana, che ne è in certo senso la continuazione. Lo è anche per ciò che gli strati permiani presentano una ricchissima flora, la quale conserva ancora prevalente la fisionomia della flora carbonifera.

4. Giunti all'epoca del trias, dobbiamo ricordarci che essa è l'epoca salifera per eccellenza; il che vuol dire che una gran parte delle nostre aree continentali erano divise in bacini salati, e che ai letti di carbone si sostituivano i banchi di salgemma. Le grandi carbonaje dovevano essere dunque trasportate altrove. Tuttavia non fa bisogno nemmeno di uscire dai limiti degli attuali continenti per vedere come esistevano pur delle terre, coperte di foreste, alle quali era confidato l'indefettibile magistero della purezza atmosferica. Letti di vero carbon fossile si scoprono

¹⁾ Il cap. XVII, vol. II, del mio *Corso di Geologia*, è consacrato specialmente alla descrizione del terreno carbonifero nelle Alpi e in Italia. Il terreno carbonifero vi è dovunque immensamente sviluppato, e presenta quasi dappertutto o piante carbonifere o copiosi letti di carbone, convertiti in antracite.

nei terreni triasici della Carolina del Nord; anzi la presenza di letti di combustibile costituisce una delle più universali caratteristiche del trias in Europa e in America. Grandi regioni forestali esistevano poi entro gli attuali confini dell'Asia e dell'Australia, come a Burdwan nel Bengala occidentale, a Nagpure nel Dekkan, e nella Nuova Walles meridionale in Australia. Soltanto le flore sono cambiate, e sono composte di *Cicadee* e di altre piante, che presentano una fisionomia più moderna.

La grande epoca giurese presenta l'Europa quasi sotto la forma d'un arcipelago corallino. Ma quelle terre, formicolanti di rettili mostruosi, erano anche coperte di dense foreste. La flora che si scopre negli strati di quell'epoca, è infatti ricchissima, e d'indole affatto tropicale. Una foresta sommersa, o almeno un suolo coperto di vegetazione lussureggiante, è il celebre Dirt o letto di fango, scoperto negli strati di Purbeck. Quella foresta formicolava tutta di piccoli marsupiali, i più antichi mammiferi che siansi scoperti, prescindendo dal *Microlestes* che già viveva nel periodo dell'*infralias*. Come appartenente all'epoca giurese non dimenticheremo nemmeno l'isola di Skye, che sembra offrirci un saggio delle Ebridi, dove gli espandimenti basaltici, ossia le correnti di lave sottomarine, veggonsi alternare con schisti, calcari e numerosi letti di carbone. Anche l'America aveva le sue foreste, mentre esiste un bacino carbonifero nella Virginia, ove si scoprono le stesse piante che adombravano l'Europa.

L'epoca della *creta*, a cui giungiamo dopo la giurese, è, almeno in Europa, la più avara di argomenti di fatto in favore delle nostre tesi. I mari liberi e profondi hanno di nuovo inghiottito le effimere terre delle epoche prece-

denti. Dove tuttavia gli strati, colla loro indole litorale, accusano le terre vicine, piante terrestri non mancano di mostrarsi in abbondanza. Merita speciale menzione in proposito il Weald, vasta regione che si distende in Inghilterra a nord della Manica, e figura un estuario forse più vasto di quello del Gange. In quell'India dell'epoca cretacea crescevano dense foreste, abitate dai mostruosi *Iguanodon*, molto somiglianti agli iguani delle attuali foreste tropicali, ma della lunghezza di 18^m. La ricchissima flora di quegli strati è un bel saggio di quella che nell'epoca cretacea doveva addensarsi sulle ignote terre, per mantenere anche in quest'epoca la purezza dell'atmosfera. Una ricchissima flora fioriva anche sotto il cielo d'America. Chi potrebbe dubitare del resto che le piante venissero meno a quella grande missione che fu loro affidata in tutte le epoche precedenti, quando le stesse regioni polari erano ombreggiate da tropicali foreste? È infatti una delle più interessanti fra le moderne scoperte quella di una ricchissima flora cretacea nella Groenlandia, verso il 71° di latitudine boreale, composta di felci e di conifere, e di un letto di lignite con abbondante solfato di ferro, che impregna le rocce associate. Così l'epoca mesozoica si chiude collo spettacolo di quel clima torrido, di quella vegetazione universale, col quale si apriva l'era protozoica, attestando che fin dai primordi del mondo animato si mantenne in pieno vigore quel mirabile magistero della purezza atmosferica, che assicurava la vita di tante e tante migliaia di generazioni le quali, con assidua voce si rimutarono sulla superficie del globo tanti secoli prima che l'uomo apparisse; tanti secoli prima che gli stessi nostri continenti uscissero dal mare, piantati sopra così solide basi.

5. Siamo all'epoca terziaria. Che aspettarci da un'epoca in cui i nostri continenti emergono dal mare, mentre abbiamo bisogno piuttosto, a sostegno delle nostre tesi, di continenti che si sommergono colle loro foreste? Nessuno avrebbe dubitato certamente che le nostre terre, man mano che si dilatavano, uscendo dal mare, non si coprissero di foreste verdeggianti. Avrebbe bastato a provarlo quella infinita moltitudine di mammiferi, e principalmente di erbivori, le cui reliquie si trovano accumulate in quegli ossari mostruosi di Parigi, di Pikermi, di Sevalik, e di cento altre località, che dimostrano come le terre formicolassero di grossi quadrupedi, così affini ai cavalli, ai tapiri, alle gazzelle, e a cento altre specie di animali, che fanno così enorme consumo di vegetali, o che vivono della strage degli erbivori. Ma non abbiamo bisogno di queste indirette, benchè irrecusabili, prove. Quantunque le terre emergano, in luogo di sommergersi; noi vediamo nell'epoca terziaria rinnovarsi le meraviglie dell'epoca carbonifera.

Portiamoci a quell'epoca, tra l'eocene e il miocene, in cui i grandi rilievi continentali erano già sorti, ma ancora sopra basi incomplete e mal ferme. Portiamoci a quell'epoca in cui la regione dei colli, alla base dei più grandi rilievi, sorgeva ancora indecisa lungo i littorali, d'onde il mare andava lentamente ritirandosi; a quell'epoca in cui le nostre grandi pianure erano ancora per la massima parte occupate dal mare, o da vaste lagune e da laghi. Si direbbe che il mare s'indugi ancora ad emettere intero il suo grande portato, ossia i nostri continenti, perchè non ancora abbastanza maturi; perchè non possiedono ancora una scorta sufficiente di quel primario elemento dell'umana industria, benchè lo abbia ammassato in tanta

copia entro le viscere della terra nell'epoca carbonifera e in tutte le epoche precedenti. La terra nascente non presenta infatti altro aspetto che quello di una vergine foresta, divisa in tante porzioni quante sono le terre attuali.

Non ci meraviglieremo di trovare gli avanzi di quella vergine foresta nei paesi tropicali, che sono anche attualmente la sede della vegetazione forestale. L'isola di Giava, per esempio, consta in gran parte di terreni appartenenti all'epoca terziaria media, e in essi si conservano le reliquie delle felci arboree, delle palme, e di un gran numero di altre piante costituenti una flora tropicale, ricchissima, simile in tutto, quanto alle famiglie e ai generi, a quella così decantata, di cui ora si ammanta quella feracissima terra. Coi letti rocciosi alternano numerosi letti di lignite, molto simile al vero carbon fossile. Si vede anzi come natura adoperasse a prepararli quel modo stesso che vedemmo usato nell'epoca carbonifera; mentre alle foreste, ripetute a diversi intervalli sul livello del mare, fanno cappello strati ricchissimi di conchiglie marine. Quelle foreste crebbero dunque l'una sopra l'altra, l'una dopo l'altra sommergendosi in mare, il quale trovossi una volta ancora libero sovr'esse prima che definitivamente sorgesse quell'isola in mezzo all'oceano.

Ma ancora in quell'epoca, che di così poco precedette la nostra, non le terre tropicali soltanto, ma il mondo intero si copriva di dense foreste. Le terre mioceniche, distese in tutta la zona temperata, erano, quasi direi, altrettante foreste. La flora ne era stupendamente ricca, talchè 900 specie di vegetali fossili se ne raccolsero soltanto in Svizzera. Essa flora conserva ancor ben decisa la fisionomia tropicale o subtropicale. Osserviamo l'Italia anzi

tutto. Il Vicentino, appartenente allora ad un gruppo d'isole vulcaniche, da cui si direbbe abbia preso il modello l'attuale arcipelago delle isole della Sonda, era coperto di stupendi palmizi, e di altre piante, che ora veggonsi mirabilmente conservate negli strati di Montevegroni e di Salcedo. Banchi di lignite si scoprono dovunque nei tufi vulcanici di Roncà, e in cento altri luoghi. Altre foreste ombreggiavano le maremme distese a' piedi dell'Appennino o delle Alpi, dove così dense e ricche di specie si mostrano ancora nella splendida flora fossile o nelle ligniti di Stella, Santa Giustina, Perlo, Bagnasco, Cairo, Cadibona, Stradella, Sinigaglia, Guareni, Val di Magra, ecc. La Svizzera altro non presenta anch'essa che una grande maremma, che si va convertendo in laguna, e più tardi in lago d'acqua dolce, conservando sempre nei depositi arenacei o fangosi le reliquie d'una flora lussureggiante. L'Inghilterra nell'epoca miocenica era già emersa quasi nella sua totalità. Esisteva però un gran lago nel Devonshire, di cui restano le argille e le sabbie che custodiscono gli avanzi di una flora copiosa. Della sua floridezza danno sicura testimonianza le ligniti del bacino di Bovey-Tracey, in cui vedesi appunto convertito quel lago miocenico.

6. Per formarci però un'idea dell'estensione e della potenza della flora miocenica bisogna recarsi in Germania. Sul principio dell'epoca miocenica il mare del Nord si dilatava fin quasi al piede dei grandi rilievi delle Alpi, dei Carpaxi e dei Balkan, ricoprendo tutte le grandi pianure e tutte le regioni poco rilevate della Boemia, dell'Austria, della Prussia, e tutti i paesi danubiani fino al Mar Nero, per dilatarsi poi sopra le sterminate bassure

del Caspio e dell'Aral. Mediante un graduale sollevamento, quel gran mare, che fu detto Sarmatico¹⁾, si andava man mano prosciugando. Al libero mare si sostituivano i litorali; ai litorali le lagune; alle lagune i laghi e le terre. Immense distese di impenetrabili foreste dividevano i golfi, i seni di mare, e le lagune e i laghi che si andavano formando via via che, pel graduale sollevamento, i fondi del mare Sarmatico andavano trasformandosi in terre asciutte. Gli stessi parziali bacini, nominatamente i laghi e le lagune, riempivansi di legname d'ogni sorta, come attualmente i laghi d'America in seno alle forestali regioni. Nel bacino di Boemia, per esempio, ora attraversato dall'Elba, ardevano i vulcani, dal cui seno nacquero i tufi o le rupi basaltiche, che ora sorgono così pittoresche lungo il fiume nei dintorni di Aussig e di Töplitz. Ma intanto, nei laghi ondeggianti a' piedi dei vulcani, si ammassava il legname, convertendosi in lignite, di cui ora è attivissimo lo scavo. Lo strato più profondo di lignite ha 30, 40 e talora fin 100 piedi di grossezza. Le ligniti e le piante terrestri si scoprono copiose nel bacino di Magonza. Ancora più ricchi di lignite sono quelli del Basso Reno e della Slesia. Senza numero poi e di smisurata potenza sono le ligniti della Germania settentrionale, di quel grande bacino, limitato a settentrione dal mare del Nord e dal Baltico, comprendendo l'Holstein e lo Schleswig, e continuandosi ad ovest col bacino belga-

¹⁾ Fu detto così, perchè quell'antico mare dell'epoca miocenica occupava quella regione vastissima dell'Europa e dell'Asia che si chiamava Sarmazia dagli antichi. Attualmente essa si divide in molte regioni geografiche, comprendendo la Polonia, la Moscovia e la Tartaria. Nella geografia antica il Mar Sarmatico (*Mare Sarmaticum*) era il Mar Nero (*Pontus Euxinus*).

olandese, e ad est colle formazioni terziarie della Polonia e della Russia. Della potenza della vegetazione entro quei bacini possono darci un'idea le ambre. Altro non son esse che grumi di resina, staccati dai più robusti alberi, che rendevano così dense le foreste mioceniche. L'ambra si scopre in cento località nella Slesia e dovunque, associata alla lignite; ma il suo regno è il Samland, quella penisola che si spinge nel Baltico fra due grandi lagune. Migliaja di libbre di ambra si possono scavare nello spazio di qualche centinaio di tese.

7. Ma ancora non siamo giunti ai luoghi dove Natura aveva attivate le sue più grandi carbonaje. Sforzatevi di indovinare quale fosse la regione (giudicandone dalla potenza delle ligniti) più forestale del globo.... Io credo che nessuno sarebbe mai arrivato ad immaginare che le foreste più dense si svolgessero allora entro la cerchia glaciale intorno all'artico polo.... Partendo infatti attualmente dalle regioni tropicali, dalle sponde, per esempio, delle Amazzoni e dell'Orenoco, e inoltrandovi verso nord, voi vedete a poco a poco la vegetazione perdere di splendore e di varietà. L'Italia, che è detta giardino del mondo, già deve sembrarvi un deserto, e paesi più ancora deserti vi sembreranno la Germania, l'Inghilterra, la Scandinavia, benchè talora vi possiate trovare per intere giornate di cammino nel folto di una foresta. Più in là le foreste si diradano; gli alberi d'alto fusto si presentano tisei e nani; poi scompaiono affatto, non sostituiti che da radi cespugli. Intanto il lembo delle nevi perpetue dalle vette più elevate è disceso sui colli e sui piani: i ghiacciai hanno raggiunta la spiaggia e invadono il mare; il mare stesso è gelato, e l'irta ghiacciaia tutto il ricopre. Solo, nella lunga giornata

che succede alla lunga notte del polo, gli scarsi licheni e qualche fiorello fan velo alle ignude rupi, sporgenti da un suolo di ghiaccio. Se potessimo tornare all'epoca miocenica, come rimarremmo storditi vedendo d'un tratto fiorire quel lenzuolo di morte, e quelle terre maledette coprirsi di cupe foreste, che si specchiano in un mare tepido e azzurro! Così si presentavano allora la Groenlandia, lo Spitzberg, la Nuova Siberia, l'arcipelago americano artico, l'Alaska, le Aleuzie, il Kamschiatka. Gli intrepidi navigatori, a cui diede fama in questi ultimi tempi l'ospitalità di quelle terre più che selvagge, rimasero colpiti dalle strane rivelazioni del passato, appena ebbero frugato alquanto nelle viscere del suolo, o anche soltanto posto il piede su quelle spiagge inospiti e silenziose. I saggi raccolti, e sottoposti all'occhio acutissimo di Heer, non tardarono a deporre che, durante l'epoca miocenica, il polo era chiuso nel mezzo quasi di un'immensa foresta, che, radiando e dilatandosi ovunque all'ingiro, si fondeva colle foreste delle regioni più temperate dell'Europa, dell'Asia e dell'America. Non vi parlerò nè della ricchezza di quella flora, nè delle specialità offerte da quei terreni, i quali, sotto le latitudini più avanzate, presentano dovunque letti di lignite meravigliosamente copiosi. Bastivi sapere ciò che si legge della Terra di Bank, dov'essa si distende fra il 74° e il 75° di latitudine. Mac Clure vi dimorò alcun tempo in occasione della celebre spedizione, a cui la geografia deve la scoperta del passaggio dall'Atlantico al Pacifico. All'estremità nord-ovest di quella terra di ghiaccio vide schierarsi una fila di colli, dell'altezza di circa 300 piedi, separati gli uni dagli altri dalle gole più pittoresche. Da cima a fondo si sarebbe detto

che fosse tutto legname, tutto un ammasso di tronchi. Questa almeno fa l'impressione che ricevette Amstrong, compagno di spedizione, il quale dice che tutti quei colli apparivano come fossero composti di legname misto a fango, con tronchi talora neri e molli, convertiti perfettamente in lignite, talora invece ancor freschi e duri; poi ghiande e stroboli di pino in gran numero. Lo stesso spettacolo si presenta nella Nuova Siberia, irta anch'essa di montagne, che ben meritano di essere chiamate, come quelle della terra di Bank, *montagne di legno*. Del resto, leggendo i particolari riportati anche soltanto da Heer¹⁾, si rimane colla persuasione che le *montagne di legno* formino una caratteristica dei terreni miocenici in quell'immenso labirinto di penisole e di isole, ove, per dir così, s'intrecciano intorno al polo le dita dei tre continenti. Dubitereste forse che quelle piante fossili e quelle ligniti fossero le reliquie di una flora assai più meridionale, là trasportate e accumulate dai fiumi o dalle correnti marine? Avrei troppi argomenti per convincervi del contrario; ma credo che n'avrete abbastanza dal fatto già accennato delle ghiande e degli stroboli di pino scoperti abbondantemente nella Terra di Bank. Altrove si raccolsero semi, e fin gl'insetti abitatori di quelle foreste. Gli strati rocciosi, associati alle ligniti, sono ricchissimi erbari, ove conservano intatta la loro forma le più esili foglie. Come volete che le piante, sradicate dalle rotte, travolte per centinaia di miglia dai fiumi, buttate sulla spiaggia dalle tempeste, conservassero intatto il loro fogliame, i semi, i frutti, gl'insetti? Riuk osservò il legname che in sì gran

copia è condotto dalle correnti marine sulle coste della Groenlandia. Ma non parla che di tronchi, e li descrive privi di frutti, sguarniti di foglie, scarsi di radici e in cento guise pesti e malconci. Bisogna dunque concludere che una vegetazione forestale densissima coprisse nell'epoca miocenica le terre polari; e chi sa non venga giorno in cui s'intenda la somma opportunità della scelta che di quelle terre ha fatta la natura nell'epoca miocenica per collocarvi, come nelle terre più meridionali nell'epoca carbonifera, i magazzini di carbone? L'ardita razza di Giapeto non ha già forse atterrate le porte di quelle inospiti contrade?... E se i destini dell'umanità portassero che un giorno dovessero abitarsi, la Provvidenza non avrebbe già forse provveduto perchè non si patisse difetto di quell'elemento che sarebbe la prima delle necessità della vita in quei paesi di ghiaccio?

8. Dall'epoca terziaria, che ci mostra il polo adombrato da antichissime foreste, eccoci ben presto all'epoca glaciale, in cui vediamo invece sepolte dal ghiaccio le nostre terre più feraci e ridenti. Dove avrà natura in quell'epoca trasportate le sue carbonaje, mentre i nostri laghi, le nostre più ridenti colline del Varesotto, della Brianza, della Franciacorta erano sepolte sotto i ghiacci, come vi stanno in oggi sepolte le rupi nei più alti recessi delle Alpi? Ma non dovetto immaginarvi che quel cataclisma glaciale fosse di tal sorta, che il clima delle regioni temperate e torride dovesse sentirsene profondamente modificato. Spoglie di ghiacci, e ancora coperte di lussureggiante vegetazione erano sicuramente, non soltanto le selvose regioni dell'America tropicale, dell'Africa meridionale e delle Indie orientali; ma anche quelle delle regioni me-

¹⁾ Heer, *Flora fossilis arctica*, vol. I, 1868, vol. II, 1871.

diterraneo, e fin le basse terre della media e dell'alta Italia. Anzi il freddo non era disceso a tal punto, che non potessero coprirsi di robusta vegetazione quelle stesse terre, che si dilatavano ampiamente fra l'uno e l'altro ghiacciajo. Quasi nel cuore dell'antico ghiacciajo del Reno crescevano quelle robuste foreste di aceri, di abeti, di pini, di betule e di querce, che diedero origine ai potenti letti di lignite di Hutznach, di Dürnten, di Oberberg, nel bacino del lago di Zurigo, e di Morschweil nel bacino del lago di Costanza. Il grande bacino lignitico che occupa la valle di Lefte, confluyente della Val Brembana, rappresenta anch'esso un antico lago dell'epoca glaciale, dove si conservano, convertiti in lignite torbosa, gli avanzi di una flora forestale robustissima, che rivestiva le pendici e gl'interni piani, precisamente a piè di un grande ghiacciajo che, disceso dall'alta Val Brembana, spiegava la sua fronte a poca distanza da Lefte. L'immenso bacino della val d'Arno, a sud-est di Firenze, è ad un tempo un immenso ossario di belve, ed una vasta legnaja dell'epoca glaciale. Potenti letti di lignite torbosa sono una splendida affermazione della ricchezza della vegetazione nelle regioni temperate in quell'epoca. Della potenza fin di 40 metri è la lignite che si scava presso S. Giovanni nel Valdarno superiore, e quello strato formidabile non è altro che una catasta, un intreccio di piante d'alto fusto, schiacciate sotto il peso d'un enorme deposito lacustre, dove, in mezzo al minore legname bitumizzato, biancheggiano, quasi intatti, tronchi di più metri di diametro.

9. Dall'epoca glaciale eccoci finalmente all'epoca nostra. Girate lo sguardo e vedete come verdeggia la terra dalle cime più eccelse, ove spuntano i vaghi fiorellini dalle

zolle ghiacciate, fin là dove le vergini foreste dell'India e delle Amazzoni intrecciano la chioma sotto una pioggia di fuoco. E mentre funziona colla sua massima attività questo enorme apparato, inteso ad eliminare dall'atmosfera il carbonio che a torrenti vi riversano le sorgenti e i vulcani; eccovi le immense torbiere dell'Europa: eccovi i laghi del Nord-America ricolmi di legname già convertito in torba; eccovi i cumuli immensi di tronchi, strappati alle impenetrabili foreste, e sepolte sotto i fanghi alle foci del Mississippi, o cingenti di vasta zona legnosa i lidi della Groenlandia e dello Spitzberg: eccovi in fine gli immensi sargassi, smisurate cataste di legname che si arrestano in mezzo agli oceani, per discendere a poco poco nelle profondità sottomarine. Alla terra non verrà dunque così presto a mancare il carbone ch'essa da tanti secoli tragge dalle sue viscere per arricchirne l'atmosfera. Dovran forse un giorno sommergersi e scomparire, come già le foreste carbonifere, e quelle di tutte le epoche precedenti, le sconfinite foreste dell'Orenoco e del Rio delle Amazzoni? Chi può saperlo?... Ciò che vedo in oggi è l'uomo intento a godere dei tesori accumulati in tanto giro di secoli. Egli va spogliando, anche troppo improvvidamente, della sua chioma la terra: egli già saccheggia i magazzini appena ricolmi di carbone, scavando quelle torbiere, dove s'incontrano le reliquie dell'uomo preistorico e dell'uomo della storia; egli s'inoltra sotterra come il tarlo e rode, disseppellisce le foreste gelosamente riposte e custodite pel corso di tanti secoli fin dal principio dell'era protozoica. Che sia per avvenirne, non so. La natura non cessa anche in oggi di provvedere a suo modo al mantenimento dell'universo: ma chi può valutare la

potenza del nuovo elemento? l'efficacia, vo' dire, di quell'intelligenza che s'impone alla natura coi diritti di un sovrano, che non sempre fa mostra di saggezza nell'uso della sua forza? Lasciando l'avvenire nel suo impenetrabile mistero, ciò che il passato ci rivela (e a penetrare il senso di questa rivelazione farono intese le nostre conferenze) è questo che, mentre la natura soddisfaceva ai bisogni dell'universo, accumulando per tanti secoli e calcare, e sale, e ferro, e carbone, e ogni sorta di minerali, coll'impiego di tutte le forze coordinate de' suoi tre regni; provvedeva anticipatamente, con tutte le finezze di un affetto materno, colle inesauribili risorse di una saggezza infinita, con tutta l'esuberanza di un potere senza limite, a questa creatura novissima; all'uomo, a cui andava preparando man mano un abitacolo, fornito di tutto quello che può, non soltanto sopperire al bisogno, ma soddisfare alla magnificenza, servire al piacere, rendere attuabili i meravigliosi concetti del suo ingegno, dichiararlo in fine, nello spazio e nel tempo, sovrano della terra.

Signori! Io qui mi arresto. L'ora è troppa tarda, perchè io abbia tempo di fare, come avrei voluto, un riepilogo, per quanto breve, dei fatti e delle idee che servono di tema alle nostre conversazioni. Questo riepilogo può essere del resto facilmente confidato a voi stessi, quando vi sentiate spinti, come io spero, a ritornare qualche volta col pensiero sui nostri, per me così geniali, intrattenimenti. In una di quelle belle mattine che ci prepara la primavera novella, uscendo alla campagna, quando il sole dardeggia i primi suoi raggi, e levano il primo canto gli uccelli, e tremolano le erbe rugiadesse, e scuotono gli alberi la novella chioma intrecciata di fiori varopinti, pen-

sate al primo mattino della creazione: cercate col guardo là... lontano, lontano, i primi mari che si popolarono di tante e così vaghe conchiglie, e videro sul fondo stabilirsi i primi coralli; cercate le prime vergini terre, ombreggiate dalle primitive foreste. È ancora quel mattino che si rinnovella nel vostro mattino. L'inno della natura levossi, fin da quel primo mattino, così armonioso, così sublime, come risuona in oggi, in cui gli si accorda, più efficace, più vero, più amoroso, l'inno dell'intelligenza e del cuore. Quante generazioni apparvero, vissero, si spensero, rimutandosi senza posa l'una dietro l'altra sulla superficie del globo, godendo tutte dell'ordine dell'universo, e tutte lavorando senza intermissione a mantenerlo! E senza intermissione si mantenne. Quanto impiego di forze! quanta associazione di elementi! quanto equilibrio di potenze diverse ed opposte! Oh è pure interessante, fecondo d'impressioni e di precetti lo studio dell'economia tellurica! Noi non abbiamo tentato che di leggere un solo brano del suo codice meraviglioso. In questo brano sono scritte le leggi che assicurarono la vita di tutte le generazioni, dal primo giorno in cui apparve il primo vivente, fino a questo in cui noi stessi godiamo di tutta l'esuberanza della vita. Ciò che il supremo Ordinatore voleva ottenere, coll'applicazione di esse leggi, unendo in un gran consorzio di mutuo soccorso tutte le forze della natura, per mantenere in vita due grandi regni, si esprime in queste brevi parole: « Costante dosatura delle acque e dell'aria, ossia perenne purezza del mare e dell'atmosfera. » In seno alle nostre montagne trovammo i principali rappresentanti di questo magistero, e i principali testimoni della sua perpetuità: sono il calcare, il sal-

gemma, il carbon fossile e il ferro sedimentare, colle loro rispettive varietà.

Terminerò con una parola di ringraziamento a' miei gentili uditori, che mi furono così larghi d'incoraggiamento e generosi di perdono. Sarei ben meschino e ridicolo se il costante affluire d'un uditorio così numeroso e così scelto prendessi come un elogio alla mia persona, e se la mia riconoscenza non pigliasse argomento che dalla meschina soddisfazione del mio amor proprio. So bene che l'amor della scienza può farci affrontare la noja di sentircela spiegare così magramente. Se, oltre a quello della vostra tolleranza, sento di avere un titolo per ringraziarvi; acconsentite che sia perchè io credo divisi da voi quel sentimento della natura, e, fino a un certo punto, quelle convinzioni le quali, oltre al farmi consacrare la vita alla scienza che io professo, mi hanno indotto ad affrontare, benchè renitente per natura, il terrore della pubblicità. Quando io considero le meraviglie del presente, e queste meraviglie moltiplicate nella mente colle infinite meraviglie del passato; quando io veggo nel presente l'espressione di una sapienza infinita, e nel passato la rivelazione di una provvidenza, che sovrèchia ogni limite di quella che si attribuisce, non dirò ai ciechi elementi della natura, ma ad ogni mente creata; quando io veggo insomma nel presente e nel passato una affermazione di quanto la mente può concepire di una potenza infinita, associata ad una sapienza infinita e ad una infinita bontà: io mi sento trasportato al disopra della visibile natura; sento accrescermi in cuore il sentimento della umana dignità; sento nascermi, col sentimento di nuovi ineffabili dilette, il sentimento di nuovi, imprescrit-

tibili doveri, come di nuove, ineffabili speranze. È allora soltanto che trovo valer la pena d'occuparsi di certe indagini e di parteciparne agli altri il risultato, mentre sarebbero altrimenti così vuote. Il materialista non mi segue in quest'ordine d'idee. Voi, o dividendo le mie convinzioni, o per lo meno tollerandole, con tale tolleranza che tien del favore, mi avete permesso di esprimerle senza pusillanimità reticenze, senza importuni tremori e umilianti transazioni. Ecco di che vi ringrazio, pregandovi in questo senso a continuarvi il vostro favore.

Una parola di ringraziamento (e in questo credo di farmi interprete anche del sentimento del pubblico) la debbo ai benemeriti signori della *Società del Salone dei giardini pubblici*, che ci permisero di approfittare, affatto gratuitamente, di questa vasta e bellissima aula.

Così rientro nel mio silenzio, carico di doveri verso il pubblico e verso i privati. Alle anime grette pesa il fardello della riconoscenza. Io non credo di essere tale, perchè me lo sento, non solo leggero, ma dolcissimo, tanto che ho in mente di trovar modo di accrescerne la soma. Se la lena e il favore del pubblico non mi vengono meno, ci rivedremo col nuovo inverno. Tra le risorse di cui non manca quella stagione eminentemente socievole (con quella, per esempio, di radunare i dispersi nelle cittadine mura, e la famiglia intorno al focolare paterno) metteremo anche questa di raccogliere, chi ama istruirsi, intorno ai modesti focolari della scienza. Quando il mio voto si compia, saluterò l'inverno come si saluta una fioritissima primavera.

OPERE DELLO STESSO AUTORE

VENDIBILI NELLA LIBRERIA DI ULRICO HOEPLI IN MILANO

- Paleontologie lombarde ou Description des fossiles de Lombardie.** - Milano, 1858-1881 . . . L. 228 —
E divisa in 4 serie o monografie, corrispondenti a 4 grandi volumi in-4°, con circa 160 tavole litografate. Ciascun volume si vende a parte.
- Corso di Geologia.** - Milano, 1871-73 36 —
Opera divisa in 3 volumi in-8° grande di circa 700 pagine l'uno per l'altro, con 358 incisioni nel testo.
- Il Bel Paese.** - Conversazioni sulle bellezze naturali, la Geologia e la geografia fisica d'Italia (3ª edizione). - Milano 1881. 5 —
Opera premiata dal R. Istituto di scienze e lettere. 1 volume in-8° di 648 pagine con 95 incisioni nel testo.
- Asteroidi.** - Il sasso di Preguda; - Ricordo del mio viaggio in Oriente; - Poesie varie; traduzioni libere. Milano, 1879. (1 volume in-16°). 1 50
- Trovanti.** - Il sentimento della natura e la Divina Commedia. - Discorsi accademici. - Necrologie. (1 volume in-16°) 3 —
- I primi anni di Alessandro Manzoni con alcune poesie inedite o poco note dello stesso A. Manzoni.** - Milano, 1873 (1 volume in-8°, con incisioni) 3 —
- L'era neozoica, ossia descrizione dei terreni glaciali e dei loro equivalenti in Italia.** - Milano, 1881. 24 —
(1 volume in-8° grande di 358 pagine, con 22 tavole litografate, 76 incisioni nel testo ed una Carta degli antichi ghiacciai dell'Alta Italia cromolitografata in due grandi fogli).

TRADUZIONI

- Geografia fisica di Geikie.** - Milano. (Nella collezione dei Manuali Hoepli, 1 50
- Geologia di Geikie.** - Milano. (Nella stessa collezione). 1 50