

ED. SUESS

L'ASPETTO DELLA TERRA

TRADUZIONE DAL TEDESCO

ESEGUITA NEL MUSEO GEOLOGICO DELLA R. UNIVERSITÀ DI PISA

DAL

Dott. P. E. VINASSA DE REGNY

PARTE PRIMA

I MOVIMENTI NELL'EDIFICIO ROCCIOSO ESTERNO DELLA TERRA

CON 8 FIGURE INTERCALATE NEL TESTO.



PISA

ENRICO SPOERRI

LIBRAIO-EDITORE

1894

AVVERTENZA

L'opera magistrale del Suess, la cui prima parte presentiamo oggi al pubblico italiano, è una di quelle che fa epoca nella scienza, e forse anche nella letteratura. Dopo la splendida opera di Humboldt nessuna ve ne fu così comprensiva e altamente scientifica come L'Aspetto della Terra: questo libro classico, come quello di Humboldt, non solo non dovrà mancare nelle librerie degli scienziati, ma neanche in quelle di coloro che vogliono tenersi in giorno con i progressi della scienza, come libro di cultura generale, interessante e alla portata dei più.

Descrizioni interessantissime, ciascuna formante un capitolo assolutamente staccato, scritte in uno stile facile, piano, ricchissimo formano il complesso dell'opera. La nostra Italia, di cui Suess è ammiratore e studioso indefesso, vi è largamente rappresentata. Già da questa prima parte il lettore può convincersene; nelle successive pure se ne parla moltissimo.

La parte che si pubblica adesso, è un complesso assolutamente a sè, e non implica quindi la necessità di possedere anche le parti successive. Però se il pubblico accoglierà favorevolmente questa prima parte verremo mano mano pubblicando le rimanenti, sino a completare interamente questo splendido libro, vero capolavoro dell'illustre professore viennese.

La seconda parte tratterà delle montagne della terra; la terza dei mari; la quarta ed ultima sarà come il riassunto di tutta l'opera. Questa sarà arricchita da numerose incisioni e belle carte eseguite colla massima cura.

Non dubitiamo che ci venga meno il favore del pubblico per continuare, e in breve dare alla luce anche le rimanenti parti.

INTRODUZIONE

Contorni cuneiformi dei continenti. — Profondità pelagiche. — Differenze tra le due regioni pacifica ed atlantica. — Fratture. — Che cosa è una formazione geologica? — Cicli di sviluppo. — Possibilità di un uso universale della terminologia stratigrafica d'Europa. — Grandezza delle Trasgressioni. — Individualità di antiche linee litorali nella formazione orografica. — Sommario delle seguenti parti.

Se un osservatore, che dagli spazi celesti si avvicinasse al pianeta nostro, potesse porre da parte le brune zone dei nuvoli della nostra Atmosfera, e riguardare la superficie terrestre tale quale dalla rivoluzione diurna gli vien presentata, prima di ogni altra cosa sarebbe colpito dalla forma dei continenti, la quale è spiccatamente cuneiforme e appuntata verso la parte Sud del nostro pianeta.

Questo è il carattere principale della carta terrestre, e come tale è stato già osservato dacchè questa è conosciuta. Simile figura cuneiforme si ripete nelle più svariate latitudini. Ne sono infatti esempi conosciutissimi il Capo Horn, il Capo di Buona Speranza, il Capo Comorin nelle Indie orientali, il Capo Farewell in Groelandia.

Fu cercato di dare una spiegazione di tal conformazione coll'esistenza di una quantità di acqua molto maggiore verso il polo Sud. Tali promontori però non sorgono poco alla volta dai mari, ma sono dirupati, e spesso si sprofondano a picco in grandi profondità. Un radunamento d'acque simile

verso il polo Nord non darebbe al certo questa caratteristica conformazione. Essa adunque è da ricercarsi nella intima struttura della crosta terrestre.

Al medesimo osservatore non rimarrebbe dubbio alcuno su ciò, se egli potesse togliere ora di mezzo anche gli oceani, e potesse osservare il nudo scheletro montuoso del nostro pianeta. L'enorme profondità dei bacini marini in confronto alla poca elevazione dei continenti, e le costiere in gran parte tagliate a picco gli apparirebbero subito agli occhi.

Già Alessandro Humboldt potè felicemente comparare i continenti ad " Altipiani „ che emergevano dalle profondità marine. Carpenter considera l'altezza media dei continenti circa 1000 piedi, la profondità media del mare invece 13000.

Krümmel secondo le opinioni di Leipoldt, fa ascendere a 440 m. la media altezza dei continenti, mentre la profondità del mare giunge a 3438,4 m. (1880 braccia). Secondo le opinioni di questo autore se la superficie solida terrestre venisse tutta ridotta ad un piano, questo sarebbe ricoperto da uno strato di acqua pari a 0, 339 miglia (m. 2520).

Il dislivello tra la media altezza dei continenti, e la media profondità del mare sarebbe perciò secondo Carpenter 14000 piedi, secondo Krümmel 3878,4 m. Ma l'osservatore che potesse veder privo d'acque il nostro pianeta osserverebbe un contrasto tra altezza e profondità molto maggiore, poichè nelle cifre citate non si considera un fatto, che diminuisce buona parte della ripidità delle coste e il contrasto tra terra e mare; intendo parlare della attrazione dei continenti sulla massa acqua.

Si usa partire dal principio che il piano delle acque sia uguale dovunque, cioè che ogni punto della loro superficie, e perciò anche ogni punto della linea litorale sia equidistante dal centro della terra. Quantunque su questo principio si fondi la maggior parte dei nostri lavori geodetici, pure esso è falso. I lavori antichi di Saigey e di Stokes, più specialmente però le moderne ricerche di Fischer, e la chiarissima esposizione dei fatti da-

taci da Hann, hanno dimostrato che i continenti esercitano sulle acque una potente attrazione, e che perciò la superficie del mare si innalza lungo le coste.

Se adunque nel piano di un parallelo si taglia un altro piano che passi attraverso un oceano, si avrà che più vicino al centro della terra sarà il mezzo dell'oceano, che non i lidi. La differenza in metri tra le due altezze secondo Fischer è circa 122 volte la differenza tra le oscillazioni diurne del pendolo. Da ciò risulta che per una differenza p. e. di 9 oscillazioni tra un'isola oceanica e la costa di un continente, si avrebbe un'altezza maggiore di circa 1100 m. Le coste adunque e i continenti stessi sembrano all'occhio più bassi della realtà; questo innalzamento del mare verso la terra ferma nasconde gran parte del contrasto esistente tra Oceano e continente (1).

L'importanza di un fatto simile si manifesta appena si supponga che questa attrazione cessi. Quella parte di mare che ora sta più alto lungo i continenti si abbasserebbe, gran parte dei golfi e dei seni che si inoltrano nella terra ferma rimarrebbe all'asciutto, i continenti guadagnerebbero poco in estensione, molto però in altezza ed in continuità. Ma mentre nuove terre emergerebbero, gli oceani acquisterebbero di profondità, e una distribuzione uniforme di quelle parti di mare fino ad allora tenute attratte dai continenti, basterebbe forse a sommergere perennemente numerose isole oceaniche.

Gli scandagli che si fanno procedendo dalla costa sino all'alto mare sono adunque da riferirsi non ad una superficie piana, ma ad una concava; con ciò sono di molto mutate le linee di profilo delle profondità.

Carpenter, come si è già detto, valuta l'elevazione dei continenti a non più di 1000 piedi; Krümmel a 440 m. L'esempio che noi abbiamo citato relativamente alla attrazione ci mostra che ai litorali l'Oceano si alza di 1100 m., cioè quasi il triplo della elevazione media dei continenti valutata; ora anche se questa cifra di 1000 m. debba esser considerata eccezionale, ed in media debba pure esser ridotta alla metà, e per asserire

una tal cosa mi mancano dati sufficienti, pure è sempre tale da dover correggere grandemente le opinioni fin qui adottate.

Se ora si cerca la differenza tra l'elevazione media dei continenti, e la media profondità dei mari, cioè la misura media tra la diversità dei rilievi, non basta sommare le due cifre di Krümmel m. 240 + m. 3438,4 = m. 3678,4. Bisogna aggiungere anche la cifra esprime l'attrazione, la quale farebbe ascendere la somma suddetta a più di 4000 m. Questa adunque sarebbe la vera espressione del dislivello, che si mostrerebbe all'osservatore.

Molte e difficilissime domande ci si presentano ora alla mente dopo questa prima osservazione dei grandi contorni della superficie terrestre.

Come si sono originate queste enormi profondità oceaniche?

Sotto l'influenza della straordinaria misura di tali profondità, e colla convinzione che le antiche idee sull'innalzamento e lo sprofondamento delle terre non bastano a spiegare dislivelli così potenti ed estesi, si credè che le mutazioni spesso ricordate nella ripartizione dell'oceano e delle terre, siano solo provate e possibili dentro certi limiti non troppo estesi, e che la posizione dei grandi continenti e dei grandi bacini oceanici sia rimasta immutata sino dal principio.

Infatti potrebbe parere che sui moderni continenti in tempi passati, cioè dopo la fine del Siluriano inferiore, le acque non abbiano raggiunto altro che un'altezza assai inferiore alla profondità media degli odierni mari. Murray ha con grandissima chiarezza dimostrato che i sedimenti delle grandi profondità sono indubbiamente di origine organica, vulcanica o meteorica. Ad essi mai si trovano misti detriti provenienti dalla erosione delle terre emerse: perciò sono differentissimi da quei numerosissimi depositi marini che si trovano nei nostri piani e nei nostri monti, e i cui analoghi si ritrovano oggi a poca distanza dalle coste, e a piccola profondità.

La frequente intercalazione di formazioni di acqua dolce nei terreni dei tempi posteriori, l'importanza che in questi tempi

appunto assume il carattere vicario delle faune che si seguono sulla terra ferma, carattere che così chiaramente ci dimostra la continuità della vita sui continenti, possono rafforzare molto questa opinione rispetto all'età più recenti. D'altra parte la potenza di alcuni sedimenti marini che contribuiscono alla tettonica dei continenti, è così enorme, che è difficile spiegarvi la mancanza dei caratteri abissali; e non solo è un enigma per noi la intima unione di masse sedimentari così importanti ai continenti, ma ci è impossibile pure farci un'idea di quelle terre dalla cui erosione masse così grandi, così potenti furono originate. Ricorderò qui soltanto gli strati del calcare triassico e retico delle Alpi, che misurano migliaia e migliaia di piedi; ricorderò la potenza degli strati del più recente Flysch, per non parlare dell'enorme sviluppo dei depositi paleozoici inglesi. Secondo le misure di Ashburton 18394 piedi è la potenza degli strati in una sezione nella Pensilvania centrale dal piano dell'Alleghany-River-Coal-Series sino al Trenton-Limestone, non considerando cioè il siluriano inferiore.

E non sarebbe difficile trovare buon numero di regioni nelle quali la potenza dei sedimenti marini giunge a 4000 o 5000 m., cioè alla profondità media degli odierni mari. In quali smisurati abissi, secondo le idee già espresse, deve essere sprofondata una terra, se non solo l'altezza delle acque sopra di essa, ma se i sedimenti stessi giungono ad una tale potenza?

La parte grandissima che prendono i sedimenti paleozoici nella struttura dei continenti, per es. in China, è segno evidente della grandezza dei mutamenti avvenuti. Le fondamenta elevate sulle quali poggiano i nostri continenti saranno adunque molto antiche, apparterranno certo ai tempi più remoti del mesozoico; ma pei periodi paleozoici non si può ammettere l'esistenza dei continenti persistenti, e quella parte dei margini continentali la quale è tagliata trasversalmente alla linea delle recenti catene montuose, è senza dubbio di un'età molto limitata.

Osservando adunque la figura cuneiforme delle masse terrestri noi non siamo in presenza ad una condizione immutata da

che si formò la terra; ma ogni tentativo di spiegazione dei moti e delle variazioni di forma nella crosta terrestre dovrà occuparsi di questo importantissimo segno caratteristico della superficie del pianeta.

Supponiamo ancora che il medesimo osservatore si sia tanto avvicinato alla nostra sfera, che non solo sia in grado di scorgere i contorni e gli scoscendimenti terrestri, ma anche la relazione che tali contorni hanno colla disposizione delle montagne. Subito vedrà che in questo nostro pianeta si possono distinguere due sistemi, nei quali il limite dei mari è in grado diverso dipendente dall'andamento delle montagne.

Da Chittagong, all'estremo nordico del golfo del Bengala, sino a Giava, lungo la costa asiatica dell'Oceano pacifico attraverso il Giappone e le isole Kurili, poi ad oriente per le Aleutine sino ad Aljaska si mostrano, sul continente stesso o in una lunga fila di isole, linee di montagne più o meno tra loro connesse, la cui direzione segue parallelamente la costa, oppure si incurva e diviene concava, cosicchè le isole circondano come corone di fiori la terra; non si può in questo caso negare che la delimitazione dei continenti dipenda essenzialmente dalla loro struttura. Nel medesimo modo apparisce la relazione tra la direzione delle coste, e quella delle catene montuose nella costa occidentale americana giù per la California sino a tutta l'America del Sud. Dal Gange al Capo Horn un simile sistema è regola generale; questo è il tipo Pacifico.

Se ora passiamo al lato orientale del capo Horn vediamo subito un mutamento. Le montagne si dirigono verso Staten Island, e il Capo Horn stesso segue la regola del tipo Pacifico. Ma la costa patagonica, la brasiliana tutta insomma la linea litorale orientale americana sino alla Groelandia, eccetto la regione delle Antille non segue questa regola. Là dove una catena di monti è vicina al mare, p. e. gli Appalachi, questa gli volge il dorso; non vi è nessuna relazione tra la linea litorale e la struttura dei continenti. Ciò si ripete sulla costa occidentale del vecchio mondo, meno per una parte dei Pirenei

occidentali. La Scozia, la Bretagna, il Portogallo ci danno esempi di linee costiere che attraversano obliquamente alla loro struttura i continenti e in modo speciale nella Scozia del Nord si può vedere come le grandi catene che attraversano obliquamente dirette a Nord tutto il paese, corrono verso il mare; mentre che la costa si disegna frastagliata tra la terminazione di tali rilievi.

L'indipendenza tra il corso delle coste, e quello delle montagne è caratteristico della regione Atlantica.

L'odierno contorno delle terre emerse nella maggiore parte del sistema Pacifico è adunque in relazione facile a vedersi colla struttura del globo, mentre nella regione Atlantica non si riscontra questo fatto. Se ora si cerca di adoprare queste distinzioni anche nell'Oceano Indiano, si vede che tutta la parte orientale dell'Africa, la costa arabica, e quella di tutta la penisola indiana sino al Gange è riferibile al tipo Atlantico, il quale si riscontra verso il Sud-Est sino alle lontane coste dell'Australia; ma che da Chittagong sino a Giava, come già si è detto, apparisce invece il tipo Pacifico. Bisogna adunque andare a ricercare nei continenti i confini di questi due sistemi.

Scorre la linea di questi confini dal Bengala su fino alle catene dell'Imalaya verso N. O.; segue dal Punjab il corso dell'Indo sino alla sua foce, costeggia il golfo Persico e l'ultima parte dell'Eufrate, continua, come vedremo poi, con un intricato procedere dal golfo di Gabes sino alla costa atlantica dell'Africa attraverso al Marocco. In tal modo vengono separate al Sud, l'Africa, l'India e l'Australia, le tre grandi masse dal tipo Atlantico.

Le più potenti catene montuose non sono che parti subordinate delle grandi linee di struttura le quali dominano su tutta la terra. Si potrà osservare e descrivere la posizione degli strati, e la struttura di una singola montagna, ma non si può dare nessuna spiegazione di ciò senza prendere in considerazione i rapporti di quella montagna colla disposizione delle grandi catene.

Lasciamo ora che lo stesso osservatore per meglio vedere la stratificazione nelle singole montagne ponga il suo piede sul verde tappeto della nostra terra.

Viandante affaticato egli scorre per i monti e per le valli, ma poco egli vede dei movimenti potenti, ai quali gran parte della crosta terrestre ha partecipato. Sulle alture è passata la tempesta i depositi sono coperti di terra e di sabbie. Grandi montagne sono ridotte a colline, e persino rase al piano; piani di rottura lungo i quali si sono avute dislocazioni di smotte per molte migliaia di piedi non appaiono più al nostro occhio, o solamente per caso ci si palesano coi lavori di escavazione.

Nel Tunnel di Fuveau presso Marsiglia fu posta allo scoperto una faglia di più che 1200 m. di profondità mediante la quale son venuti a contatto il " Calcare conchiliare „ con strati immensamente più recenti. I fratelli Rogers trovano nelle miniere di carbone della Virginia dislivelli di strato di 7 od 8000 piedi, e secondo Lesley in quel distretto la parte occidentale dell'anticlinale " Cove-Canoe „ è separata dall'orientale per circa 20 miglia inglesi, e sprofondata almeno 20000 piedi.

Si provi ora in una regione ben conosciuta ad allontanare col pensiero gli effetti della erosione, e vedremo inalzarsi talvolta dei monti di una altezza tale, quale forse non è mai esistita veramente, dacchè probabilmente l'erosione ha costantemente accompagnato la formazione del monte, ma sempre però tale da darci un'idea vera della grandezza dei movimenti verticali avvenuti. Si supponga ad esempio che sull'alture degli Erzgebirge, invece dei pochi avanzi del Rothliegend e della Creta, che dimostrano l'antichità della erosione, si distenda quel manto di formazioni paleozoiche che sono in tutta la Sassonia, e che oggi si trovano ripiegate solo sulla parte nordica della catena. Si sovrapponga ai più antichi strati rocciosi delle nostre Alpi solo una parte delle zone mesozoiche, e come ad un tratto ci apparisce diversa la figura delle nostre montagne! Giustamente adunque Clar. King supponendo continui gli strati paleozoici da oriente sino alla cresta della spaccatura per la quale presso al lago Salato si sprofonda la parte occidentale del Wahsatch, può asserire che la misura di tale abbassamento

è di 30000 piedi; e di 40000 se si considerano le formazioni cretacee. Questo è l'importante significato di quegli stereogrammi, che Powell secondo il consiglio di Gilbert fece delle montagne dell'Uinta, e dai quali a colpo d'occhio si può vedere la vera misura degli abbassamenti.

Avremo occasione però di dimostrare che la crosta terrestre non offre solo delle fratture isolate, ma che regioni estesissime sprofondarono mediante sistemi di fratture.

Ma lasciamo ora anche da parte questo complesso di fatti, e torniamo al nostro osservatore. Egli avrà osservato dalle zone delle nubi i contorni appuntati dei continenti, poi nelle profondità del mare gli abissi oceanici, poi la diversità delle coste Atlantica e Pacifica, finalmente l'erosioni che nascondono le grandi fatture; conduciamolo ora dalle altezze dei monti nelle nostre scuole. Da viandante egli diviene ascoltatore. Gli vengono spiegati i fondamenti delle estese conoscenze della storia della Terra. Egli ascolta il meraviglioso incremento della scienza umana dovuto alla osservazione degli spettri degli astri; ode le fasi diverse del raffreddamento nel quale si trovano ora i singoli corpi celesti; intende le deduzioni che si traggono da fatti tali per la formazione del nostro sistema solare, e rispetto a quel primo lungo periodo dell'esistenza del nostro pianeta, durante il quale mancarono le condizioni atte alla vita; poi ascolta che in seguito vennero acqua, aria e vita, e che questo periodo di tempo trascorso da allora si divide in formazioni geologiche; in epoche, periodi, e piani.

Quando l'ascoltatore è giunto a questo punto, al limitare cioè della geologia stratigrafica, e insieme a quello della vita, egli si sente oppresso da una infinità di particolari sopra l'estensione, la stratificazione, la natura litologica, l'importanza pratica tecnica, e i resti organici di ogni singola sottodivisione. Egli si ferma e chiede: Ma che cosa è adunque una formazione geologica? Quali condizioni son necessarie al suo principio e alla sua fine? Come può spiegarsi che precisamente la più antica di esse, la formazione siluriana si ripeta in parti così

lontane della Terra, dal lago di Ladoga sino alle Ande argentine, dall'America boreale sino all'Australia con caratteri simili così manifesti? Come può avvenire che orizzonti determinati di varie età siano posti nella stessa posizione, e che la separazione loro da orizzonti diversi sia possibile in piani estesissimi, cosicchè manifestamente queste divisioni stratigrafiche siano estese su tutto il globo?

Questa domanda è importante e giustissima; ma se noi potessimo riunire oggi tutti i grandi maestri della nostra scienza a solenne consesso, e porre loro innanzi la domanda del discepolo, io dubito se la risposta sarebbe concorde; io non so nemmeno se una risposta sarebbe esatta. Certo nel corso degli ultimi anni non sempre essa è stata la medesima.

Torniamo col pensiero agli anni dal 1849 al 1859. Regna dovunque la dottrina della ripetuta creazione dei nuovi organismi. Ognuna delle maggiori divisioni rappresenta un atto di creazione. Non mancano però importanti diversità di opinioni rispetto alle cause della distruzione di una fauna. Nel Belgio e in Francia si discute vivamente su questo. Più comunemente si trova l'opinione, che l'innalzamento delle catene montuose sia la causa di questi cataclismi; e si cerca di metter d'accordo le scoperte della Paleontologia coi tentativi di Beaumont, che cercò dimostrare una legge geometrica nella disposizione delle montagne, e un regolare procedere nella loro età.

Dumont asserisce, confortato da Koninck, che le diversità di clima odierne dipendenti dalle latitudini, siano sempre esistite; le faune siluriana, devoniana, e carbonifera sarebbero vissute contemporaneamente, ma solo in latitudini differenti; successivamente poi l'una dopo l'altra si sarebbero spinte dal polo all'Equatore. Con ciò Dumont non pone in dubbio la esattezza e il valore dell'opinioni di Beaumont; ma egli insieme al rapido formarsi delle montagne, considera anche i movimenti lentissimi della crosta terrestre, lo spingersi di certi depositi in estesi spazi, e si serve di questi movimenti per le sotto divisioni nella formazione terziaria. Si potrebbe asserire, che Du-

mont tenta di dare importanza non solo alla discordanza ma anche alla trasgressione. Barrande ricerca sino a qual grado il sollevamento delle montagne possa considerarsi come fenomeno locale, e si fonda sul detto di Beaumont, che ogni sistema di monti si possa estendere in una parte di circolo posta tra due circoli massimi con una distanza equatoriale di 20 gradi; e attende nuove idee dal confronto delle tavole cronologiche ottenute dalla Paleontologia, colla cronologia delle discordanze.

Ben presto però d'Archiac dimostra l'assoluta "innocuità", delle grandi dislocazioni della crosta terrestre sulla continuità della vita; nel 1859 Hébert dimostra che gli strati d'acqua dolce che dividono il Giura dalla Creta, si estendevano dai monti del Giura sino nell'Hannover ed in Inghilterra; e deduce da questo che un fatto simile è dovuto alla oscillazione di estesi terreni, non però ad un innalzamento locale delle montagne.

Mentre in Francia la vecchia teoria della istantanea distruzione della vita perde ogni giorno più credito, già Ed. Forbes in Inghilterra ha dimostrato come persino nella odierna popolazione dell'Europa si possano distinguere tipi di varia età; e Beyrich nella Germania del Nord, basandosi sopra una ben fondata trasgressione può nettamente delimitare il gruppo degli strati oligocenici nella formazione terziaria. Insieme a queste idee però si riscontrano ancora tracce di una più antica opinione del Brocchi, secondo la quale anche alle specie, come all'individuo, era già da avanti stabilita una durata massima all'esistenza, e che perciò non faceva bisogno di cercare una causa esterna per spiegare l'estinzione di una specie (2).

Verso il 59 la maggior parte degli scienziati cercò la cagione della diversità dei depositi e delle faune, in oscillazioni lentissime ed estesissime dei continenti, e in ripetute variazioni climatiche, dovute forse a queste oscillazioni stesse.

Ma allora comparve il libro del Darwin sull'origine delle specie. L'autore dice: " Poichè il processo di sterminio ha avuto luogo in proporzioni così grandi, il numero delle varietà me-

diate, le quali prima popolarono la terra, deve essere certo straordinario. E perchè allora ogni formazione geologica non è piena di questi anelli di congiunzione? Certo la Geologia non ci mostra una catena organica così finamente collegata, 'e ciò è forse la più vera e la più seria delle obiezioni che si possano fare alla mia teoria. Ma la spiegazione, secondo me, sta nella molto incompleta conoscenza dei fatti geologici. „

Poco dopo Darwin dice ancora: “ Io credo che la Terra recentemente sia passata per uno di questi grandi cicli di trasformazione; e che da questo punto di vista, considerando anche le diversità dovute alla selezione naturale, un gran numero di fatti nella odierna distribuzione può essere spiegato con forme di vita uguali o almeno prossime. „

Queste parole, benchè si riferiscano solo alla distribuzione geografica degli organismi odierni, pure contengono la confessione che anche coll'idee di Darwin, lo sviluppo della vita sia bensì da considerarsi non interrotto, ma non certo uniforme: sembra anzi che ci si affacci un altro problema, quello cioè di un grande e ancora sconosciuto ritmo, dipendente e originato dalle variazioni temporanee nelle condizioni esterne necessarie alla vita, secondo il quale si modellerebbero gli organismi viventi.

Nello stesso indirizzo di idee già Aristotile ci condusse colle seguenti parole importantissime: „ La distribuzione di terra e di mare in certe regioni non è sempre la stessa; ma là dov'era terra viene il mare; dov'era mare sorge una terra; e possiamo quasi asserire che questi mutamenti avvengono con sistemi stabiliti, ed in determinati periodi di tempo. „

Più di 20 anni trascorsero dalla pubblicazione dell'opera di Darwin. Le cognizioni sono aumentate; con molta maggior sicurezza di prima possiamo ora seguire negli avanzi antichi le linee di origine e la derivazione, p. e. nei carnivori, nei solipedi, negli echinidi e in altri gruppi ancora; e vedere come in questi la variazione ha luogo più o meno sempre nella stessa direzione, dalla quale sino adesso risultò il ciclo delle forme

attuali. Inoltre tra due faune susseguenti di mammiferi nel Terziario si riconosce spesso una relazione vicaria identica a quella che si riscontra tra due faune locali vicine nella Attualità.

Adunque giornalmente dagli studi paleontologici apparisce sempre più manifesta la continuità della vita. Nonostante resta confermato il fatto che noi non vediamo le specie trasformarsi gradualmente e in tempi diversi nei limiti delle singole famiglie o dei generi, ma che intere società, intere popolazioni di animali e di piante, intere, se m'è lecito dirlo, unità economiche della natura appaiono insieme, e insieme scompaiono. Questa cosa è tanto più importante, in quanto che le mutazioni degli organismi abitanti il mare, e di quelli della terra non coincidono mai assolutamente; cosa che è dimostrata senza possibile dubbio per le singole sottodivisioni della formazione terziaria dei dintorni di Vienna. Da questo si può con sicurezza rilevare, che qui abbiano servito di regola le mutazioni delle condizioni esteriori della vita.

Certo i documenti geologici sono in sommo grado incompleti. Un chiaro segnale di ciò sta nella ricorrenza locale di singoli gruppi. La ricorrenza di certi generi di Ammoniti nel Giura dell'Europa centrale è già stata utilizzata da Neumayr per definire le prime linee di divisione tra le diverse provincie zoologiche geografiche, durante le singole divisioni del periodo Giurassico. Tra queste varie provincie di tempo in tempo si ebbero legami, che poi furono anche interrotti; ma sta il fatto che non solo, a malgrado diversità secondarie, in molti casi si è potuto dimostrare con bastevole sicurezza il sincronismo delle sottodivisioni nelle singole provincie, ma anche che su tutta quanta la terra al conosciutissimo tipo collettivo della formazione Giurassica, segue quello non meno conosciuto della cretacea; e questo fatto ci insegna che si sono avute mutazioni le quali hanno avuto un campo molto più esteso di quello di tali grandi provincie.

Da ciò deriva anche la unità universale della terminologia stratigrafica. I bellissimi lavori dei geologi inglesi nell'Australia

orientale, i rendiconti dell'Istituto geologico nelle Indie inglesi, le relazioni dei nostri viaggiatori in China come nelle regioni artiche, l'estese pubblicazioni che ci pervengono dall'America del Nord, gli scritti di esploratori tedeschi sulle Ande sudamericane, le descrizioni del Capo, e le poche ma pure interessantissime notizie che abbiamo avuto dalle parti le più difficili e misteriose d'Africa, tutti quanti si servono per le designazioni delle formazioni più importanti nella stratificazione dei monti, di quelle espressioni le quali originariamente per questo uso furono scelte in una ristretta parte di Europa. Il geologo nella Nuova Zelanda o a Vittoria sa, almeno finchè si tratta di depositi marini, tale quale come un suo collega nella nordica Russia, o sullo Spitzberg se egli si trova in presenza a depositi paleozoici, mesozoici o recenti ecc; ed espressioni come " Calcare carbonifero „, " Giura „, " Creta „ hanno adesso ottenuto il diritto di cittadinanza su tutta la faccia della terra dai geologi visitata.

La parte maggiore di questa nomenclatura proviene dall'Inghilterra, ed ha acquistato valore, benchè anche nell'Europa centrale appariscono potenti depositi marini, i cui corrispondenti in età in Inghilterra hanno un carattere molto diverso, e non si possono a prima vista riconoscere. Esempi di ciò sono le formazioni triassiche dell'Alpi orientali, e il Titonico. Al tempo stesso coi lavori di Abich sull'Armenia, e quelli di Waagen e di Griesenbach nelle Indie orientali cominciamo a conoscere quelle faune marine che sempre più riempiono quella grande lacuna che si riscontra in Europa verso la fine del Paleozoico. Meditando attentamente però si arriva con facilità alla convinzione, che non l'integrità delle formazioni marine nell'Inghilterra sudorientale e media, ma quella giusta misura, se così posso esprimermi, nella quantità delle lacune abbia facilitato colà la riunione dei terreni in gruppi naturali, cosa che non sarebbe stata facile in altro luogo dove le formazioni marine si seguono senza interruzione. In quella regione però le lacune nelle serie sono molto grandi e dove per es. apparisce la sovrapposizione

della Creta cenomaniana, si mostra una spiccata concordanza in grandi estensioni e in tutt'e due gli Emisferi. Questa concordanza fu quella che già da lungo tempo mi fece supporre, che le così dette secolari oscillazioni dei continenti non bastino per dare una spiegazione della maggiore diffusione di una formazione e della minore diffusione dell'altra; ma che deve trovarsene la ragione in una causa collettiva, e sconosciuta.

Nella stessa guisa E. von Mojsisovics ha chiamato scoperta importantissima l'aver saputo che “ lo sviluppo nelle due grandi masse di terra ferma dell'emisfero Nord è sostanzialmente sempre parallelo „ e che “ il Ciclo delle trasformazioni dinamiche si corrisponde perfettamente al di qua e al di là dello Oceano. „

Già molti anni fa, seguendo tutt'altro indirizzo nelle osservazioni, alcuni distinti geologi americani crederono di vedere dentro gli strati del loro continente un certo succedersi delle condizioni, sotto le quali avviene il deposito dei sedimenti. Si volle far vedere che ciascuna grande formazione comincia con una deposizione di argille o di calcare in acque però profonde; questa è seguita da una formazione calcarea di mare profondo, dopo di che la profondità del mare scema di nuovo. Quest'ordine si chiamò: “ Cycles of deposition „.

Così Dawson ha dato una stessa descrizione dei quattro cicli pel Siluriano inferiore e superiore, pel Devoniano e per il Carbonifero, e Newberry dopo aver riconosciuto i cicli paleozoici nell'Ohio, ha esteso le medesime cognizioni anche ai depositi mesozoici del Sud-Ovest, specialmente al Trias del Nuovo Messico, e alla Creta dal Colorado sino al Kansas e al Texas. I fenomeni nella natura, dice Newberry, sono di così svariate forme, che nascondono facilmente la semplicità delle linee fondamentali. Specialmente si riscontrano, per es. nel Carbonifero produttivo a filoni, dei cicli minori contenuti in quelli maggiori, equivalenti a periodi di quiete o di regressione durante questi movimenti maggiori.

Da tale punto di vista, e considerando la compagine di una

stratificazione, in dipendenza delle grandi regole delle condizioni di formazione, può questa stratificazione, e anche il singolo strato prendere il significato di un anello in una grande apparizione ritmica; la qualcosa sino ad ora non era stata bene osservata. La riserva che ho fatto relativamente alla cronologia delle faune di terraferma vale solamente in questo che non sempre una mutazione della fauna terrestre deve necessariamente avvenire insieme ad una della fauna marina, ma gli estesi lavori di Marsh e di Cope mostrano abbastanza chiaramente il ragguardevole grado di corrispondenza delle forme di terraferma terziarie nordamericane, con quelle d'Europa. Questo fatto è specialmente istruttivo perchè da questo con precisione maggiore che non dallo studio dei depositi marini si rileva il contemporaneo sparire di intiere società, di intiere unità economiche sopra estensioni addirittura enormi; come pure si riconosce l'apparire di nuove forme; quello stesso fenomeno cioè che già da molto tempo Heer ha felicemente designato come una " *ristampa* „ (rifusione) periodica degli organismi.

In Europa ancor più che in America muta localmente il modo di presentarsi degli animali terrestri, e questo fa sì che lo studioso, molto più che non nei depositi marini, si veda obbligato a fondare esclusivamente sui resti organici le sue divisioni cronologiche e stratigrafiche. È quasi inutile fare osservare che questo della Fauna è certo un interessantissimo carattere passivo, ma che le cagioni fisiche dei mutamenti, quando saranno rettamente conosciute, diverranno l'unico vero fondamento naturale per una divisione dei periodi.

Queste cause fisiche sono probabilmente di svariatissima natura. Come ce l'ha dimostrato la breve rivista retrospettiva delle varie opinioni esposte negli ultimi decenni, si ricercò specialmente nei movimenti della crosta terrestre la causa dei mutamenti degli organismi. Le aumentate cognizioni sulla compagine delle grandi catene montuose ci allontanano però sempre più dalla comprensione di questo supposto collegamento. Il modo con cui alla superficie del pianeta si manifestano le contra-

zioni della forza terrestre, la formazione di pieghe e di fratture, non va d'accordo coll'ipotesi di un lento, estesissimo, uniforme, e ripetuto innalzamento ed abbassamento successivo di grandi tavolieri continentali. Lo sviluppo uniforme delle rocce sedimentarie, la corrispondenza nelle loro lacune al di qua e al di là dell'Atlantico non possono spiegarsi in questo modo. Quando in alcune delle migliori descrizioni della struttura di qualche sistema montuoso, insieme all'esposizione della formazione delle pieghe e delle fratture, per dare un' spiegazione di possibili lacune nella serie si parla di „ innalzamenti di masse „ le quali devono essere indipendenti dalla formazione della catena, il lettore che esamini attentamente, a parer mio, si trova in faccia ad una opinione affatto diversa dalle rimanenti spiegazioni. Resta in noi come l'effetto che manifestazioni sostanzialmente diverse non siano abbastanza separate tra loro.

Si confronti il contrasto tra il concetto di limite di una formazione secondo Beaumont, e quelle considerazioni sulle quali si fondò Beyrich per la suddivisione degli strati terziari medii. Questo contrasto può esprimersi ottimamente mettendo in confronto le due parole: “ Dislocazione „ e “ Trasgressione. „

La Dislocazione sia essa una piegatura o uno sprofondamento, resta limitata ad un sistema speciale di monti e spesso solo ad una piccola parte di esso; la Trasgressione si estende sopra grandissima parte della superficie terrestre. La intensità della dislocazione può localmente variare con grande rapidità; la trasgressione invece, considerata in singole parti di monte, fa appena conoscere dei piccoli mutamenti d'intensità, e può esistere in perfetta concordanza colle rocce sottogiacenti. Uno strato dislocato esisteva anche prima di quel fatto, la cui natura noi vogliamo studiare; uno strato trasgrediente si formò dopo o durante il fatto stesso. Collo studio della compagine delle grandi linee montuose ora sappiamo seguire le dislocazioni comprendendone sempre di più le cause; in quanto alla trasgressione oscilla il giudizio tra opposte opinioni.

Che le dislocazioni abbiano avuto origine da veri movimenti, cioè da contrari mutamenti di luogo di parti staccate del pianeta, non ha bisogno di spiegazione; la parola stessa lo esprime. Ciò non vale per le trasgressioni, anzi questa parola non è adoperata nel suo vero significato.

Da lungo tempo e sotto forme svariatissime fu espressa l'opinione, che insieme ai movimenti della crosta terrestres i avessero anche mutazioni nella forma della superficie del mare. La straordinaria estensione di alcune trasgressioni ci riconduce a questa antica opinione. Solo una più accurata osservazione degli avvenimenti più recenti, specialmente il manifestarsi di antiche linee litorali al disopra dell'odierno lido, può condurci a più sicure idee. E già una prima osservazione superficiale di tali linee litorali ci dimostra la loro assoluta e più completa indipendenza dalla struttura geologica della costa. Si incontrano lungo le coste italiane linee di livello di antico mare perfettamente orizzontali, su svariatissime porzioni degli Appennini, là dove fratturati si spingono al mare; e se ne trovano qua sul calcare, là sulle rocce più antiche di Calabria, più lungi ancora sulle lave dell'Etna. Questa assoluta indipendenza delle antiche linee litorali dalla struttura delle montagne può dimostrarsi con centinaia di esempi. Ora l'ipotesi di un innalzamento o abbassamento così uniforme ed uguale di una terra varia di forma e così minutamente frammentata, senza che sia avvenuto un dislocamento delle singole parti, ipotesi necessaria a spiegare il decorso orizzontale di queste linee lungo le montagne, non può esser messa d'accordo colle idee moderne circa la formazione delle montagne stesse. E così questo fatto ci riconduce all'idea dei movimenti indipendenti del mare, cioè ad ammettere variazioni nella forma dell'Idrosfera.

Lasci ora lo stesso osservatore, viandante e ascoltatore, l'aula dell'insigne consesso, e cerchi pure nella nostra ricca letteratura insegnamenti sulla vera essenza di una formazione geologica. Se crederà prezzo dell'opera aprire anche questo libro, che io presento ora qui al pubblico, egli non vi troverà risposta

alcuna alla sua domanda. Questa risposta è il problema maggiore per la generazione che ci seguirà. Con questo libro si cerca solamente, con la riunione critica delle nuove idee, a porre da parte qualche vecchio errore, e a prepararci a dare sulla natura, senza preconcetti, uno sguardo generale. Perciò esso si divide in quattro parti.

La prima parte tratta dei movimenti nello scheletro esterno della Terra. Si suddivide in vari capitoli abbastanza indipendenti l'uno dall'altro. Il primo parla del maggior fatto naturale del quale si abbiano ricordi scritti, cioè del Diluvio. Qui si presenta l'occasione di porre a raffronto una serie di fatti, che sono propri delle regioni di sbocco dei grandi fiumi; fatti che, non intesi bene, hanno dato delle false idee, come per es. i fenomeni del Ran of Kachh. Il capitolo seguente si occupa di alcune regioni vulcaniche speciali, cioè le Alpi orientali, l'Italia meridionale, e l'America centrale; poi si discute la domanda, se durante i terremoti del Chili si abbia avuto un innalzamento permanente del suolo. A questo segue un tentativo di rassegna delle varie specie di dislocazione; poi un capitolo sui Vulcani, e finalmente una breve discussione della domanda quale relazione possa esistere tra i moti sensibili della Terra, e le dislocazioni.

La seconda parte tratta della costituzione e del procedere di alcune grandi montagne. Comincia dalle preregioni nordiche dei Carpazi; seguono le Alpi del Nord, e un gran numero di descrizioni isolate da ogni parte del globo. A questi capitoli esclusivamente descrittivi si aggiunge poi uno sguardo generale sulla struttura della superficie terrestre, e una maggiore illustrazione della diversità dei due bacini pacifico e atlantico.

La terza parte parla dei mutamenti di forma della superficie del mare. Si passano prima in rassegna tutte le varie opinioni su questo fatto. In questa parte verrà proposto, per ottenere un modo di esprimersi neutrale, di adottare l'espressione di *spostamenti positivi e negativi* della linea litorale; e faran seguito quindi dei capitoli descrittivi nei quali si seguiranno

le tracce di questi spostamenti attorno ai continenti e alle isole oceaniche. La conclusione di questa parte contiene una rassegna e una discussione di tali osservazioni.

La quarta parte ha per titolo *L'aspetto della Terra*. Riunisce quanto fu esposto nelle parti precedenti, e confronta i mutamenti riconosciuti per esse col carattere generale di quelle mutazioni, che si sono manifestate nelle Faune di terra ferma dell'emisfero Nord dal principio dell'epoca terziaria.

NOTE ALL'INTRODUZIONE

1. LISTING ha cercato di dare una quantità di dati per questa attrazione, ed ha trovato per Londra 118 m.; Parigi 268 m.; isola Marañon (Brasile sett.) 567 m.; isola Bonin 1309 m.; Sant'Elena 847 m.; Spitzberg 217 m.; Berlino 37,7 m.; Königsberg 92,6 m. — Cfr. LISTING, Neue geom. und dynam. Constanten des Erdkörper. Göttingen 1877.

2. BROCCHI, Riflessioni sul perdimento delle specie. Conchiol. fossile subappennina 1814, I, pag. 219-240.

PARTE PRIMA



I movimenti nell'edificio roccioso esterno della Terra



CAPITOLO PRIMO

IL DILUVIO UNIVERSALE.

Maremoti. — Due narrazioni riunite nel racconto biblico. — Berosus. — L'epopea di Izdubar. — Località. — Uso dell'asfalto. — Gli avvertimenti. — La catastrofe. — L'approdo. — Fine del fenomeno. — Recenti avvenimenti presso i fiumi dell'India orientale. — L'Indo. — Il Ran of Kachh. — Il Gange e il Bramaputra. — Cicloni. — Essenza ed estensione del Diluvio. — Classificazione dei racconti. — Berosus e l'epopea di Izdubar. — Il racconto biblico. — L'Egitto. — Il gruppo greco siriano. — L'India. — La Cina. — Conclusione.

Carlo Lyell, come mai nessuno prima di lui, ha dimostrato che in natura da piccole forze nascono immensi effetti. Ma la misura di piccolo e grande, come la durata e la violenza di un fenomeno naturale, troppo spesso, come ha profondamente insegnato Ernesto Baer, viene giudicata dall'organizzazione fisica dell'uomo. L'anno è una misura che ci viene offerta dal sistema planetario stesso; ma se parliamo di secolo, ecco che noi introduciamo nella natura il sistema decimale, e le idee nostre sui limiti. Montagne spesso si misurano a piedi; periodi lunghi o brevi di tempo si distinguono dalla durata media di una generazione umana, conseguentemente dalla piccolezza del nostro corpo; e ad espressioni come " *violento* „ e " *meno violento* „ noi deduciamo la misura, senza accorgercene, dalla cerchia dei fatti personali.

Così il nostro giudizio risente del nostro fisico, e spesso dimentica che il nostro pianeta può esser sì misurato dall'uomo, ma non secondo l'uomo. Mentre ci si abbandonava all'ammirazione del polipo minuscolo che inalzava le potenti barriere, e all'osservazione della goccia che scavava la pietra, io temo

che dalla tranquilla pace giornaliera della vita borghese si sia infiltrato su un certo quietismo geologico nel giudizio rispetto ai maggiori quesiti della storia della terra, il quale conduce fuori della piena dominazione di quei fenomeni, che erano e sono i più importanti per l'odierno aspetto del pianeta.

I movimenti dai quali con molta maggior frequenza di quello che si credeva sino ad ora, son interessate alcune parti dello scheletro esterno della terra, ci fanno assai chiaramente manifesto, come sia unilaterale un tal modo di vedere. Gli odierni terremoti non sono certamente che pallidi ricordi di quei grandi movimenti tellurici, che ci sono testimoniati dalla tettonica di quasi tutte le montagne. Numerosi esempi nella compagine delle grandi montagne sono conosciuti, i quali, lasciando intatto l'andamento dei grandi fenomeni, ci fanno parer possibili, in certi casi anzi probabili, alcuni singoli episodi di straordinaria violenza, e tali che l'immaginazione nostra si rifiuta di seguire la intelligenza, e di immaginare quella figura a cui la mente fondandosi sui fatti conosciuti segna i contorni.

A tali catastrofi, per quanto bastano le memorie scritte, non ha assistito la nostra specie. Il più potente fatto naturale, del quale siano state tramandate memorie, fu detto " Diluvio „ e qui dobbiamo tentare di ricercare i fatti fisici sui quali si fondarono gli antichi racconti. Questo tentativo sarà fatto in base ai testi di scrittura cuneiforme, e in ciò ebbi grande aiuto dal Dr. Paolo Haupt di Gottinga celebre conoscitore di questi monumenti di vetusta cultura, il quale mi diede schiarimenti sopra molti punti oscuri, e di alcune parti importanti mi favorì nuove interpretazioni.

Nelle leggende e nei libri sacri dell'antichità si riscontrano spesso memorie di grandi fatti naturali. Nei ricordi antichi del Nord d'Europa tali racconti sono numerosi, e si riferiscono ad eruzioni vulcaniche. Straordinariamente estese nel nuovo e nel vecchio mondo sono le memorie di acque distruggitrici.

Sin da principio è necessario persuaderci che a tali enormi movimenti d'acque, quelle atmosferiche prendono ben piccola

parte. Pel loro modo di originarsi non possono mai superare una certa misura; anche nelle loro più forti manifestazioni restano localmente confinate, e se ne vanno seguendo il declive delle valli. Molto più violente sono le acque trasportate dai cicloni, tremende poi quelle mosse dai terremoti.

Quando il 1° novembre 1755 Lisbona fu battuta da potente tremoto, l'oceano Atlantico si risentì della scossa sino alle Antille. Quando il 23 dicembre 1854 Simoda nel Giappone fu desolata da un altro tremoto, gli agitati marosi della parte settentrionale del grande Oceano vennero a battere alla costiera di California. Il 13 agosto 1868 un colpo potente scosse Arica sulla costa peruviana, e da notizie giunte da ogni parte Hochstetter potè mostrarci come l'agitazione del mare si estendesse a Nord e a Sud lungo la costa occidentale d'America, come per molti giorni l'onde si alzassero alle isole Sandwich, e come si spingessero sino a Samoa, alla costa orientale d'Australia, alla Nuova Zelanda e all'isole Chatham. La fregata francese "Ne-reide", viaggiando verso il Capo Horn, incontrò in quel tempo a 51° di lat. numerosi blocchi di ghiaccio rotti allora allora, che la potente corrente penetrando sotto il ghiaccio antartico, era riuscita a staccare. Anche dopo il terremoto del 9 maggio 1877 a Iquique nel Perù, come racconta Eugenio Geinitz, l'Oceano Pacifico ondeggiò dal Giappone sino alle isole Chatham.

E guai a quella striscia di terra, che posta in vicinanza del centro della spinta, vien colta da tali flutti! Così accadde il 28 ottobre 1746 a Callao nel Perù. Un osservatore che poco dopo visitò quei luoghi racconta: "Nessuna traccia è rimasta della sua forma primiera. Mucchi di arene e di rottami mostrano il luogo dove era posta la città; si è originata una spaziosa spiaggia, che si estende lungo la costa. Alcune torri per la forza delle loro muraglie poterono per un certo tempo resistere alla forza del terremoto, e alla potenza delle scosse; ma i poveri abitanti avevano avuto appena tempo di sollevarsi dall'effetto della prima paura, quando a un tratto cominciò a

gonfiare il mare, e tanto stranamente gonfiò e con tale potenza di pressione, che l'acque, precipitando dall'altezza a cui si erano spinte, — quantunque Callao si trovasse sopra una elevazione la quale insensibilmente aumentando si estende sino a Lima — pure l'acque s'inoltrarono con violenza, e tutto con massa enorme ricoprirono al disopra del lido, sconquassarono la maggior parte delle navi ancorate in porto; le restanti inalzarono al disopra delle mura e delle torri, le trascinarono innanzi e le lasciarono all'asciutto molto al di là della città ruinata. Al tempo stesso i flutti schiantarono tutto quanto trovarono di case e fabbricati „.

Di cinquemila abitanti duecento circa hanno sopravvissuto a quest'ora terribile.

Simili cose si son ripetute più volte. Il mare si ritrae enormemente, poi si innalza in una cresta lunga e potente, e ruinoso poi si riversa sulla terra; i fiumi si arretrano stupiti, le città vengon desolate. La grandezza delle ruine dipende specialmente dalla forma dei contorni della costa e dall'altezza della terra. Nell'America del Sud tali maremoti specialmente in questi ultimi tempi sono stati assai numerosi, e Lyell già da anni ha cercato di dare con questi una spiegazione alle leggende degli Indiani d'Araucania. Gli abitanti dell'isole Fidji raccontano di un potente maremoto dopo il quale per molti anni furon tenute pronte imbarcazioni di salvataggio nel caso si ripettesse quel fenomeno, e Lenormant nella sua ottima rivista delle leggende di tali fenomeni fa osservare, come più spesso si parli di un inalzamento dei flutti marini, che non di una inondazione generale del globo. Io credo che dopo i fatti raccolti negli ultimi decenni relativamente ai maremoti sismici, sia molto facile a spiegarsi come anche nelle isole più lontane si trovino racconti di grandi inondazioni. In alcune di queste antiche memorie si trova persino espressamente detto, che tali inondazioni ebbero origine dal mare. Tali maremoti sismici secondo quanto si conosceva sin qui sono ammissibili solo nelle isole, nei litorali pianeggianti e nelle parti profonde delle valli dei fiumi.

La comprensione adunque del testo biblico non era possibile con alcuna spiegazione naturale. Non si poteva ammettere che un'ondata sismica avesse potuto trasportare l'Arca di Noè sino sulla cima dell'Ararat, e anche con fenomeni metereologici, colle pioggie, non si riusciva a spiegare un tal fatto.

Il racconto biblico si compone di due narrazioni fatte da due narratori diversi, le quali con frequenti ripetizioni e variazioni poco importanti sono fuse tra loro in un modo, che non rende difficile la loro separazione. Si distinguono a prima vista da questo, che l'uno usa per la divinità il nome Jahveh (Jehovah), e l'altro la forma plurale Elohim (Elohi); si distinguono pure per la forma dell'esposizione. Ma la separazione di queste due narrazioni non giova a riconoscere il modo di procedere della natura sin allora; e anche se con una acuta esegesi si tentasse dimostrare che coll'espressione della Genesi VIII, 4 " *i monti dell'Ararat* „ non si vuole indicare il monte che porta attualmente tal nome, ma un monte di una regione qualunque a noi ora sconosciuta, la questione non farebbe certo nessun passo avanti.

A. L' Epopea di Izdubar.

Dai frammenti che ci restano di Berosus, un prete babilonese, vissuto circa dal 330 al 260 a. Cr., si sa da lungo tempo che nelle vicinanze dell'Eufrate si manteneva la tradizione di un potente moto d'acque, la quale corrisponde in molti punti colla narrazione biblica.

Questo gran diluvio, secondo Berosus che si fonda sugli scritti sacri, accadde sotto il regno di Xisuthros, figlio di Otiarte. Kronos annunzia in sogno a Xisuthros, che il 15 del mese Daisios tutti gli uomini saranno distrutti da un diluvio. Gli comanda di seppellire le scritture presso Sippara la città del Sole, poi di costruire una nave, provvederla di vettovaglie, imbarcarvisi colla famiglia e gli amici, e raccogliervi pure quadrupedi e volatili. Xisuthros obbedisce, la inondazione arriva,

e ricopre la terra; poi diminuisce; Xisuthros manda fuori degli uccelli, per sapere lo stato delle cose, lascia alfine l'Arca, e colla sua famiglia prepara sacrifici agli Dei. Per la sua pietà egli viene scelto per sedere in mezzo agli dei, insieme alla moglie, alla figlia e al timoniere.

Questo è il contenuto della narrazione di Berossus, come ci è stato tramandato da Alessandro Polistorico. “ Della nave di Xisuthros „, dice Berossus terminando, “ che finalmente si era fermata in Armenia, restano gli avanzi nei monti Kordiei di Armenia, e la gente raschia l'asfalto di cui era coperta, e ne fanno amuleti contro le malattie. E quando Xisuthros e gli altri furon tornati a Babilonia ed ebber ritrovate le scritture a Sippara, edificarono città ed inalzarono templi, e così fu di nuovo popolata Babilonia „.

Un cumulo di straordinarie scoperte, molto al di sopra delle speranze di tutti, ha fatto fare in questi ultimi tempi lo studio di una parte dell'antica letteratura delle vicinanze dell'Eufrate, e fu pure trovata una nuova e più estesa narrazione del diluvio universale.

Per le fatiche coronate da giusto successo di alcuni scienziati inglesi, come Layard, Loftus, G. Smith, e specialmente per merito di Hormuzd Rassam, in migliaia di pezzi di terracotta ricoperti di scrittura cuneiforme, furon dai mucchi di rottami di Kuyundjik riportati alla luce gli avanzi della biblioteca reale di Ninive, e resi al mondo scientifico. Questi scritti non solo trattano di religione, ma abbracciano i campi più svariati dell'umano sapere. La maggior parte degli esemplari rimastici di queste vetuste opere fu copiata dagli originali conservati nelle biblioteche di Babilonia, Kutha, Akkad, Ur, Erech, Larsa, Nipur e di altre città durante il regno d'Asûrbânîpal nel 670 av. Cr.; questo è pure il caso delle tavole di cui qui dobbiamo occuparci.

La narrazione del diluvio per un caso abbastanza strano non è contenuta nelle tavole, che trattano dell'origine della terra, del peccato originale, e della lotta dello spirito del bene

contro quello del male, ma è un episodio in una grande epopea che parla dell'Eroe Izdubar. Si conoscono varie copie di questa epopea; esse per comando di Asûrbânîpal furon copiate da un testo molto più antico, scritto forse più di duemil'anni avanti all'era nostra, e che si conservava allora nella biblioteca sacerdotale di Erech. G. Smith la considera giustamente una grande epopea nazionale. Essa è composta di 12 canti, che Rawlinson, secondo alcune parti più rilevanti del contenuto, ha molto acutamente comparati ai 12 segni dello zodiaco. La vita dell'eroe Izdubar, che verosimilmente corrisponde al biblico Nemrod, viene narrata con fondamenti storici indubitabili, in questi dodici canti; e colla comparazione ai dodici segni dello zodiaco acquista una somiglianza allegorica col corso del sole. Il canto undecimo, corrispondente al segno dell'Aquario nello zodiaco, contiene la narrazione del diluvio universale.

Izdubar ha perduto il suo amico Êabânî, è malato e si avvia giù verso la foce dei fiumi presso il suo progenitore Hasis-Adra, il quale salvato dal Diluvio, è stato là posto dagli Dei, per viverci eternamente in una perenne gioventù. Izdubar lo ritrova, lo richiede di quanto meraviglioso gli avvenne, ed egli racconta.

Il racconto di Hasis-Adra è stato tradotto da vari; io citerò solo la traduzione di G. Smith coll'osservazioni di Fox Talbot; poi quelle di J. Oppert, F. Lenormant, e Paolo Haupt.

Fondamento a quanto staremo per dire fu l'ultima traduzione di Haupt, completata da sue gentili comunicazioni. Per la parte purtroppo molto incompleta Col. II. Linea 1-24 non tradotta da Haupt, mi sono servito di Lenormant.

Rimandando adunque per il testo completo, quando non sia qui citato letteralmente, all'opere dei suddetti scienziati, mi limiterò a dare il sommario del racconto di Hasis-Adra.

Col. I. 8-10. Parole d'introduzione a Izdubar.

11-17, a. I grandi Dei decidono l'invio del diluvio nella vetusta città di Surippak all'Eufrate.

17 b,-19. Il Dio Êa, la prima sapienza (indiscussa), il Dio del Mare, era pure nel consiglio degli Dei, e avverte Hasis-Adra della loro decisione.

- 20-27. Consigli di Êa, e suo ordine di costruire una nave all'asciutto.
- 28-31. H.-Adra tenta di opporsi, temendo lo scherno del popolo e dei vecchi.
- 32-45. Nuovi ammonimenti più espliciti di Êa, predizione del diluvio, ordine di prender seco grani e averi, famiglia, servi, parenti, animali domestici e selvatici.
- 46-52. H.-Adra obbedisce, quantunque nessuno abbia costruito una nave in tali condizioni, (qui molte lacune).
- Col. II. 1-24. (Purtroppo molto incompleto). Vi si racconta, almeno dai pochi frammenti rimasti, la costruzione e l'equipaggiamento della nave.
- 25-29. H.-Adra riunisce le sue ricchezze, tutti i semi viventi; fa pure imbarcare la servitù, gli animali domestici e selvatici, e anche i suoi parenti.
- 30-36. Ultimi avvertimenti di una voce (?); H.-Adra teme.
- 37-39. S' imbarca, chiude la nave e consegna l' Arca e il suo contenuto al timoniere Buzurkurgal.
- 40-50. Descrizione del fenomeno.
- Col. III. 1-3. Continua la descrizione (incompleta).
4. I fratelli non guardano più ai fratelli. (Il frammento che presentò Fox Falbot, Trans. Bibl. Arch. Soc. IV. 129, in cui si descrive la paura e la fuga degli uomini e degli animali, non appartiene al racconto del Diluvio).
- 5-7. Paura degli stessi Dei: si rifugiano su nel cielo del Dio Anu.
- 8-18. Lamento della Dea Istar sulla distruzione degli uomini: lamenti degli Dei contro i geni dell'acque degli abissi.
- 19-23. Durata della tempesta e del Diluvio. Comincia la calma.

- 24-30. H.-Adra passa colla nave sulla inondazione; cadaveri sono trasportati dalle onde; prima vista sull'esterno; piange dirottamente.
31. Cominciano a emergere le terre.
- 32-36. Approdo al (oppure ad un) monte del paese di Nizir; sei giorni di fermata.
- 37-44. H.-Adra fa uscire una colomba (?), poi una rondine, poi un corvo.
- 45-48. Abbandona coi suoi la nave e prepara un sacrificio agli Dei.
- 49-50. Arrivano gli Dei.
- 51-53. Istar alza in aria i grandi archi (?) e giura di non scordare,
- Col. IV. 1-5. questi giorni. Tutti gli Dei possono avvicinarsi, eccettuato Bêl, che ha stabilito questa strage.
- 6-9. Bêl si adira del salvamento di H.-Adra.
- 9-11. Il Dio Adar gli accenna Êa.
- 12-22. Êa si discolpa. Il giusto non deve soffrire col peccatore. Bestie feroci, fame e peste restino pure a punire gli uomini, ma non si mandi più il diluvio universale.
- 23-30. Bêl placato sale nell'Arca, pone la mano di H.-Adra in quella della sua consorte, l'innalza entrambi al grado degli Dei, e li pone alla foce dei fiumi.

1. Il punto di partenza. Dalle osservazioni preliminari si è visto di quanta importanza per un retto giudizio, su questo grande fenomeno sia la domanda, se ne sia stato teatro una pianura, o la parte più interna della grande vallata di un fiume, o un altipiano.

L'undecimo canto dell'epopea di Izdubar nomina con sicurezza due località, cioè la città di Surippak, abitazione di Hasis-Adra, e un monte del paese di Nizir, come luogo di approdo. Abbiamo ora da studiare più da vicino il punto di partenza.

I primi versi dicono:

- Col. I. 11. *La città di Surippak, la città, che tu sai, giace (sulle sponde) dell' Eufrate,*
12. *questa (città) era (già) antichissima, quando gli Dei là dentro*
13. *pel suo cuore guasto decisero di mandare un diluvio universale.....*

Che gli abitanti di Surippak si intendessero di costruzioni navali apparisce dal contenuto dei versi successivi, e specialmente dalla paura che mostra Hasis-Adra del loro scherno. Tutti gli autori pongono questa città lungo la parte inferiore del fiume. Rawlinson la suppone posta in vicinanza dell'attuale Howeiza, e la crede una città dell'interno, poichè non si sarebbe certo fondata una città sopra una costa di mare in vicinanza dello sbocco di un fiume così grande come l'Eufrate, considerando il danno che l'interramento avrebbe arrecato alla navigazione.

Ma la costa di allora non è certo la costa attuale. È molto probabile che una rilevante parte delle terre depresse che sono poste ora in vicinanza alle foci dei fiumi si sia formata negli ultimi secoli. Già Plinio aveva detto (VI, cap. 26) che in nessuno altro luogo si aveva una così rapida formazione di terra per l'interramento prodotto dai fiumi. E da molti anni Beke ha tentato di dare una misura dell'accrescimento della costa, fondandosi sulle notizie date da Arriano sul viaggio di Nearco, e sui dati di Plinio rispetto alla posizione di Charax. Loftus, Rawlinson e gli altri sono in questo punto perfettamente d'accordo. Solo dalla descrizione di Loftus può restare il dubbio, se le nuove terre siano state originate solamente dalle deposizioni dell'acque dei fiumi, o se non vi abbia pure contribuito il mare col ritrarsi lievemente. Dai dati di questo attento osservatore, fondati su alcune recenti formazioni marine che si trovano nelle terre, risulta che in un tempo relativamente vicino, il limite della costa nel golfo Persico era certamente a circa 400 km. verso NW., più in là della foce attuale del Schatt-el-Aráb; e circa 240 km. più dentro terra del punto di unione dell'Eufrate al Tigri presso Korna.

In ogni caso la attività dell'interramento di questi due grandi fiumi è enorme; e la loro pendenza in tutta quanta la loro parte inferiore è talmente piccola, che i movimenti del mare nel Tigri sono sensibili sino al borgo di Abdallah-ibn-Ali, a 280 km. dentro terra; e nell'Eufrate sino nei paludi di El-hammar a 298 km. dal mare.

Federigo Delitzsch ha riunito tutte le prove che si hanno da documenti storici sulle variazioni della regione dove sboccano i fiumi, ed ha anche tentato di fare una carta rappresentante lo stato delle cose in quei tempi. Se dal racconto della spedizione navale di Sanherib (705-681) contro Elam, si deduce che a quei tempi l'Eufrate aveva uno sbocco indipendente, a me sembra che anche e più per il Tigri si possa chiaramente ritenere provato questo, e per un tempo anche anteriore, da alcune iscrizioni comunicateci da G. Smith, secondo le quali sotto il regno di Rim-sin fu fatto un canale dal Tigri al mare, certo per facilitarne il decorso. Di Hammuragas (circa al 1500) che fu re dopo Rim-sin abbiamo un intero elenco di opere idrauliche fatte sul Tigri; in modo speciale vantano le iscrizioni un argine costruito lungo il fiume dopo grandi inondazioni, e detto Kara-samas. Tali opere però dovevano accrescere l'interramento del braccio di mare lì davanti. Per tali cause dinanzi alla foce, come mostrò ultimamente il Delitzsch, si formò l'isola di Dilmun. Da tutto ciò però oggi non abbiamo potuto ottenere una più esatta misura dell'accrescimento della terra.

Se da questi dati può ammettersi una assoluta indipendenza dei due fiumi a quei tempi, con piena ragione pure può F. Delitzsch ricordarci il successivo luogo di abitazione di Hasis-Adra, dove Izdubar va a cercarlo.

Col. IV. 30. *Allora mi presero (gli dei), e lontano, allo sbocco dei fiumi mi trasportarono.*

L'espressione "allo sbocco dei fiumi", fa vedere che se anche i due fiumi erano separati, sboccavano in mare in vicinanza l'uno dell'altro.

Quindi al di sopra di questa regione d'interramento, lungo l'Eufrate, cioè in un luogo della pianura attualmente molto dentro terra giaceva la città di Surippak vetusta anche ai tempi del diluvio.

2. Uso dell'Asfalto. Trattando della località bisogna ricordare un segno caratteristico positivo, che si ripete nella narrazione di Hasis-Adra, nel frammento di Berosus e nel racconto elohistico della Genesi, e che, come fu osservato da Ainsworth e da altri, accenna ad un segno caratteristico della struttura geologica della regione del basso Eufrate. Questo è l'uso dell'asfalto per la costruzione dell'arca salvatrice, uso che, a parer mio, non è stato fin qui considerato colla necessaria attenzione.

Nella prima parte pur troppo molto incompleta della Col. II, nella quale è descritta la costruzione e la divisione interna della nave, dicono i versi 9, 10, 11:

Col. II. 9. *Io vidi delle fessure, e vi aggiunsi quanto vi mancava.*

10. *Tre misure di asfalto versai sulla parte esterna.*

11. *Tre misure di asfalto versai sulla parte interna.*

Berosus parla dell'asfalto che nei tempi posteriori veniva raschiato dall'esterno dell'Arca, e che serviva come amuleto contro le malattie.

La Genesi dice: VI, 14: *Fac tibi arcam de lignis laevigatis: mansiunculas in arca facies, et bitumine linies intrinsecus, et extrinsecus.*

Un frammento di una tavola in terra cotta racconta della fanciullezza del gran re Sargon I, e comincia così:

Sargon io sono, il potente re, il re di Agade. Mia madre era una principessa, mio padre io non l'ho mai conosciuto. Il fratello di mio padre viveva sui monti della città di Azupiranu, che giace sulle rive dell'Eufrate. Mia madre la principessa mi ricevè, di nascosto mi diede alla luce. Ella mi pose in un canestro di vimini, con asfalto chiuse la mia porta. Mi pose nel fiume che non m'annegò.

Nello stesso modo si dice (Exod. II, 3) che il panierino di canne, in cui fu esposto Mosè, era chiuso coll'asfalto.

Le basse terre dell'Eufrate e del Tigri sono circondate da alture mioceniche ricche di asfalto. Loftus ha contato una serie di strati con presenza di asfalto.

Adesso al racconto della spalmatura esterna ed interna dell'Arca con asfalto, ricordata espressamente tanto dall'epopea di Izdubar, quanto dalla Genesi, poniamo in confronto quanto ci racconta l'ingegnere ferroviario Cernik, che pochi anni fa traversò quella regione per gli studi necessari alla costruzione di una ferrovia attraverso la Mesopotamia.

Cernik scrive sul trasporto della Nafta che si raccoglie a Hit presso l'Eufrate. " Si contentano di fare delle rozze imbarcazioni intrecciate, senza chiglia, e con dei nodi di Tamarisco come armatura; riempiono gli interstizi di paglia e canne intrecciate e ricuoprono poi abbondantemente il tutto, dentro e fuori con uno strato di asfalto. Nonostante queste imbarcazioni posseggono una relativamente grande portata „.

Si usa oggi adunque ad Hit presso l'Eufrate per ottenere rapidamente delle imbarcazioni impermeabili e di buona portata lo stesso modo di procedere, seguito migliaia di anni fa da Hasis-Adra.

L'asfalto in questa regione sin da tempo antichissimo ha avuto mille svariati usi. Mancando cave di pietra e calce, si costruivano grandi edifizii con mattoni, e si usava l'asfalto come cemento.

Così infatti si esprime la Genesi XI, 3 su la costruzione della torre di Babele: *Dixitque alter ad proximum suum: Venite, faciamus lateres, et coquamus eos igni. Habueruntque lateres pro saxis et bitumen pro coemento.*

Erodoto parla chiaramente come la argilla fosse raccolta dalle fosse circondanti Babilonia, fosse formata e cotta in mattoni, e come poi con questi mattoni fossero edificate le mura, e come si usasse asfalto per cemento. L'asfalto però era trasportato da Is, una città dell'Eufrate, otto giornate lontano da Babilonia. Questo Is, è l'attuale Hit.

Tali costruzioni si riscontrano abbondantemente qua e là

sotto le macerie, e Cernik racconta che nelle regioni ricche di asfalto si usano interi blocchi di questa sostanza per le costruzioni. Similmente l'uso dell'asfalto nella fabbricazione di giavellotti infiammabili e forse esplodenti, usati in tempi assai recenti in tutta l'Asia, dovea esser conosciuto sino da quei tempi antichissimi a cui rimontano colle loro tradizioni le scritture cuneiformi. Questo si deduce dal racconto della lotta tra il Dio Merodach col Dragone Tiâmat, il quale sembra formar parte della leggenda babilonese della caduta per il peccato; più chiaramente si vede ciò dalla narrazione biblica della storia apocrifia del Dragone di Babele, v. 26. Con questo si spiega pure il significato del turcasso di fulmini, col quale si raffigura nei bassirilievi Merodach in lotta col drago.

Ma torniamo alla costruzione dell'arca.

Come lo sviluppo dell'architettura dipese dalla qualità delle pietre che dovevan servire da materiale all'artista, così dai mezzi speciali offerti dalla natura si sono originate delle particolarità locali nella costruzione delle navi; particolarità mantenute per lungo tempo adoprandosi gli stessi mezzi. Lane Fox in uno studio molto istruttivo ha mostrato come l'arte delle costruzioni navali ha progredito lentamente dal tronco d'albero scavato ad una imbarcazione collegata, e da questa alla nave munita di inchiodature; ma che al tempo stesso certe particolarità locali si erano conservate sino da antico. Un esempio ci vien dato dagli abitanti dell'isola di Kè, a ovest della Nuova Guinea, che sono celebri per le loro costruzioni navali. Essi costruiscono le loro imbarcazioni all'antica, legando tra loro vari tronchi, e quando alcune parti di questa armatura legate secondo gli antichi sistemi sono ridotte inservibili, le nuove che vi si aggiungono vengono inchiodate secondo l'uso europeo. L'abitante delle isole di Samoa, e delle Fidji assoda la sua imbarcazione colla resina dell'albero del pane; l'abitante delle Isole Kingsmill si serve di striscie di foglie di *Pandanus*; in alcuni paraggi del Siam, secondo alcuni, si usa un legno poroso, che immerso nell'acqua si rigonfia.

All'Eufrate ora come prima si servono dell'asfalto. Ma insieme a tali imbarcazioni impeciate si conservano sempre in uso quegli otri rigonfi e le zattere costruite con tali otri, raffigurate nelle sculture assire, che Erodoto descrive così esattamente: I, 194. Queste zattere, secondo Erodoto, servivano solo per la navigazione a valle, e trasportavano principalmente vino di palma. Già nel secolo scorso Renell rimase meravigliato della somiglianza delle imbarcazioni attuali con quelle delle antiche descrizioni.

La nave di Hasis-Adra era di colore nero; e verosimilmente non era inchiodata. L'uso abbondante di asfalto nella costruzione delle navi è un uso strettamente antidiluviano, mantenutosi sino ad oggi.

3. Gli avvertimenti. Quanto ci viene trasmesso sull'andamento fisico del Diluvio può esser diviso in tre gruppi, cioè gli avvertimenti, il fatto stesso, e la sua fine. La difficoltà di una netta comprensione sta specialmente nella estesa personificazione di tutte le forze naturali; ma questa difficoltà non sempre è insormontabile.

Tutti gli avvertimenti, giova notarlo, partono da Êa, il sapiente Dio del mare e degli abissi. Egli pure assistè al consiglio in cui gli Dei decisero l'invio del diluvio, e manifestò al fido servo Hasis-Adra il giudizio punitore che si avvicinava: Col. I. 20.*Ascolta.... attentamente....*

21. *O uomo di Surippak, o figlio di Ubara-Tutu (Otiarte),*
22. *lascia la tua casa, fatti una nave; salva quanto potrai ritrovar di vivente;*
23. *vogliamo annientare il seme della vita; tu mantieni in vita,*
24. *e porta con te seme di vita di qualunque specie dentro la nave.*

Di quale specie dovevano essere tali avvertimenti del Dio del mare? Io per me credo che debbano essere stati piccoli maremoti, probabilmente di origine sismica, un ripetuto inalzarsi del mare al di sopra dei lidi, il quale arrestò l'Eufrate,

e incusse timore nella vicina città di Surippak, e fece sì che quivi si prendessero tali misure di precauzione.

L'ultimo avvertimento, che precede di poco la ascensione della nave, è di altra specie:

Col.II.30. *E quando il sole ebbe segnato il tempo stabilito,*

31. *allora disse una voce(?): La sera i cieli pioveranno ruina.*

33. *È giunto il tempo stabilito,*

34. *disse la voce (?), la sera pioveranno i cieli ruina.*

È strano, che qui non si abbia la personificazione così comune di una forza naturale, ma sia invece introdotta una "Voce", come se si trattasse di un fenomeno affatto insolito, forse un rumore sismico, un Rombo. Ulteriori supposizioni non possono però esser qui fatte. I versi suddetti si trovano pur troppo in un solo esemplare delle tavole del Diluvio, e il testo è molto confuso nei due punti dove è scritta la parola *kukru* da noi tradotta "Voce". In altri testi non fu trovata tale parola.

4. La catastrofe. La parte più importante della narrazione si riferisce al fatto stesso: esso è raccontato nella fine della Col. II e nel principio purtroppo molto incompleto della Col. III, alla cui completezza ha giovato purtroppo molto poco un frammento ritrovato ultimamente. Dopo la consegna della nave al timoniere Buzurkurgal (II, 39), si ha una linea di separazione, quindi i versi seguenti:

Col.II. 40. *Allora si alzò Mû-sêri-ina-namâri*

41. *dal profondo del cielo, vera tempesta di nubi,*

42. *nel cui mezzo Rammân faceva scrosciare le sue saette,*

43. *mentre Nebo e Sarru si corrono incontro,*

44. *passano su monti e su valli i "portatori del Trono",*

Col.II. 45. *Venti impetuosi (cicloni?) scatena il potente Dio della peste.*

46. *Adar lascia continuamente traboccare i canali(?),*

47. *gli Anunnaki portano in alto i flutti,*

48. *fanno tremare la terra colla loro potenza,*

49. *i moti delle onde di Rammân salgono al cielo,*

50. *Tutta la luce sparisce (nel buio).*

- Col.III. 1. *In un giorno.... (rovinano) la terra come....*
2. *come pazzo soffiava (hantis izîqà-ma).... Monte(?)....*
3. *i... portano avanti (per la) lotta contro gli uomini.*
4. *Il fratello non guarda più al fratello; gli uomini non
si occupano più l'uno dell'altro. Nel cielo*
5. *gli Dei temono del Diluvio e*
6. *cercano rifugio, ascendono al cielo del Dio Anu.*
7. *Come un cane sul suo giaciglio, si accovacciano gli Dei
ai cancelli del Cielo.*

Questi versi si possono dividere nei gruppi seguenti: a) Col. II, 40-45 contenenti i prodromi nell'atmosfera; b) 46-48 riferentisi alla terra; c) 49-50 riferibili a tutte e due; d) Col. III, 1-3 inutili per la loro incompletezza; e) 4-7 descriventi l'effetto sugli uomini e gli Dei. Dall'ordine pragmatico del contenuto si rileva l'aumento potente, che dal primo apparire di una nuvola sull'orizzonte cresce sino alla fuga degli spaventati Iddii.

a) L'Atmosfera. (Col. II, 40-45). Delitzsch traduce l'espressione del verso 40 in questo modo "Acqua dell'aurora allo spuntar del giorno „ Rammân è il potente Dio della tempesta. Alle cupe nubi è seguito tempesta, poi ciclone. Ma qual fenomeno naturale si è voluto indicare con quei "portatori del Trono „ che passano per monti e per valli?

Riguardiamo un momento alla Mesopotamia inferiore. Dice Schläfli: "Come sono rari i veri temporali, altrettanto sono frequenti i cicloni. Per la forma hanno una straordinaria somiglianza con una tromba d'acqua, e solo diversa da questa pel colorito biancastro, si avvanza la colonna di polvere e arena lieve e maestosa pel deserto, perdendosi colla sua parte superiore nell'etere azzurro e puro.... Io mi ricordo durante il mio viaggio da Mossul a Bagdad a metà di giugno dell'anno passato (1861?) di aver contato in un momento sino a undici di tali colonne di arena „.

Tali colonne come appoggio alla volta celeste si avanzano. Ma la tempesta di polvere acquista talvolta una potenza stra-

ordinaria. Un esempio se ne ebbe a Bagdad il 20 maggio 1857. Con un vento di SW. prima fu oscurato il sole, che prese l'aspetto della luna. Poi verso le 5 pom. secondo la descrizione del Dr. Duthieul apparì una nube di polvere; in un momento questa avvolge la città, e penetra nelle case e nelle stanze. In meno di un quarto di minuto si passa dal giorno alla più completa oscurità. Lo spavento fu enorme; non si sapeva più come rinvenirsi, e ciò anche nelle case stesse. Queste tenebre, più profonde di quelle delle notti più oscure, durarono cinque minuti.... Gli abitanti spaventati credevano che si fosse alla fine del mondo. Infatti il rumore dei venti, e l'aspetto stesso del fenomeno anche agli spiriti più calmi fece temere qualche gran cataclisma. La polvere era rossa mattone. Il fenomeno fu avvertito anche in parti lontanissime dalla regione. Schläffi la chiamò una tromba di polvere; Duthieul crede che questo potente temporale non abbia avuto la forma di una tromba, ma che la massa di polvere siasi mossa uniformemente su tutto il paese.

b) La Terra. (Col. II, 46-49). Il traboccare dei canali è un fenomeno comprensibile coi forti scotimenti del suolo; in questo caso esso doveva essere aumentato dal temporale e dal ristagno.

Di grande importanza mi sembra il verso 47. Gli *Anunnaki*, come ha dimostrato Haupt, sono gli spiriti dell'abisso, gli dei delle grandi acque sotterranee. Essi scuotono la terra, e dal profondo "portano i flutti". Questo affiorare delle acque dalle profondità, corrisponde ai già più volte nominati luoghi del racconto elohistico della Genesi VII, 11: *Rupti sunt omnes fontes abyssi magni et catharactae coeli apertae sunt*. E Gen. VIII, 2 dopo il fatto: *Et clausi sunt fontes abyssi, et prohibitae sunt pluviae de coelo*.

L'epopea d'Izdubar racconta adunque veramente, che venne su l'acqua dal profondo, e nel racconto biblico due volte è ricordata l'acqua del profondo in contrapposizione alla pioggia dal cielo. Questo comparire di grandi quantità di acqua dalle

profondità è un fenomeno che accompagna caratteristicamente i terremoti nelle regioni alluvionali dei grandi fiumi. In queste grandi estensioni al di qua e di là dei fiumi si estendono nelle formazioni recenti le acque di fondo o freatiche (Grundwasser); e il loro limite superiore allontanandosi a destra e a sinistra dal fiume cresce lentamente al di sopra del livello medio delle acque. Quanto sta sotto questo limite è mobile e imbevuto di acqua; il suolo al di sopra è asciutto ma fragile. Se in una simile regione avvengono ondulazioni sismiche, sulla parte superiore del suolo si fanno lunghe spaccature; e da tali aperture con grande violenza escono in grandi masse, o in getti isolati alti talvolta parecchi metri, le acque di fondo pure o allo stato di melma.

Questo è accaduto, in proporzioni limitate, quando il 9 novembre 1880 un terremoto scosse l'alluvione della Sava ad Agram; con maggior violenza apparve questo fenomeno quando il 10 ottobre 1879 seguirono delle scosse nelle pianure del Danubio presso Moldova: con grandissima violenza accadde questo nel terremoto vallacco dell'11 (23) gennaio 1838 al basso Danubio, durante il quale la regione alluvionale recente dalla Dimbowitza al fiume Sereth fu rotta da numerose fenditure, dalle quali in molti luoghi l'acqua si slanciò ad enormi altezze.

Lo stesso è accaduto nelle alluvioni del Mississippi, quando la sua regione il 6 gennaio 1812 fu colpita da un terremoto in vicinanza di Nuova-Madrid, non molto al disotto del confluente dell' Ohio. Noi possediamo una terribile narrazione, degna di lettura, dell'oscillazione e delle fratture del suolo, scritta dal testimone oculare Bringier. Mentre le masse d'acqua sotterranee si facevano un passaggio, la terra con rumorosa esplosione veniva cacciata per aria. L'acqua scaturiva da ogni parte trasportando con sè una quantità enorme di legni carbonizzati, i quali ridotti per la maggior parte in polvere erano slanciati per 10 e 15 piedi in aria. Frattanto il suolo si abbassava e un liquido nero si spingeva all'altezza del ventre di un cavallo. Non parrà strano che per la medesima scossa un piccolo lago, il Lake-Eulalie posto presso Nuova-Madrid, si vuotasse a un tratto

delle sue acque inghiottite dalle fenditure. In questo caso il lago come spesso accade, giaceva sopra un letto indurito e si vuotò nelle più basse acque di fondo.

Il 12 gennaio 1862 tutte le regioni meridionali intorno al lago Baikal furon colpite da un potente terremoto, e specialmente ne soffrì il delta del fiume Selenga che in quel luogo appunto ha il suo sbocco. La steppa a oriente del Selenga, nella quale era attendata una banda di Burgiati, si abbassò per una lunghezza di circa 21 km., e per una larghezza da 9 a 15 km.; le acque scaturirono da ogni parte, e furono anche cacciate dai pozzi, finalmente l'acqua del Baikal entrò nella stessa depressione e la riempì intieramente. Sorgenti si originarono in vari punti, come per es. tra il villaggio di Dubinin e la steppa di Sagansk. Nel paese di Kudara i coperchi di legno dei pozzi furono slanciati in alto come tappi di bottiglia, e si alzarono sorgenti di acqua tepida qua e là sino all'altezza di tre sagene (m. 6, 4). Il movimento si estese a sud al di là di Kjachta sino verso Urga, e i Mongoli ne furono così spaventati, che costrinsero i Lama a delle cerimonie religiose, per calmare i cattivi spiriti che secondo essi facevano tremare la terra.

I terremoti lungo il corso inferiore dell'Indo, del Gange e del Brahmaputra hanno dato numerosi esempi di innalzamento delle acque freatiche attraverso alle fenditure del terreno alluvionale; esempi su cui avremo occasione di tornare in seguito.

Questi sono i flutti che gli Anunnaki portano in aria, questi i *rupti fontes abyssi* citati nella Genesi; per il geologo, secondo me, essi danno la prova che nel caso nostro si trattò di una scossa sismica avvenuta nella larga valle di un fiume. Mai si sono verificati fenomeni così imponenti all'infuori delle regioni ove le acque di fondo erano in grande quantità; e non sarebbero infatti comprensibili là dove non esistono tali acque; i versi 46-49, significano adunque: Movimenti dell'acqua negli alvei scoperti, uscita impetuosa delle acque di fondo dell'Eufrate, contemporaneamente a moti sismici del suolo.

c) Terzo gruppo. (Col. II, 49-50). Da osservare è che sino

adesso non si è ancora parlato dell'inondazione; ma l'ondeggiare dell'acque nei canali, e l'apparire delle acque di fondo son fenomeni che accadono sempre prima di una estesa inondazione. Soltanto col verso 49 questa è ricordata; esso dice:

49. *I moti dell'onde di Rammân salgono al cielo.*

Nelle prime parole in cui si ricorda la inondazione, già questa sale sino al cielo; e non vien qui nominato Êa, il Dio del mare, che aveva benignamente dato i suoi consigli, ma Rammân, il Dio delle tempeste. Queste non sono soltanto onde battute dalla tempesta di una inondazione sismica: da tali onde non sarebbero stati spaventati gli Dei tanto da fuggirsene nel cielo di Anu, o come alcuni vogliono dalla sfera dei pianeti a quella delle stelle fisse.

Istantanee e terribili sono le inondazioni originate dai cicloni. Avvengono solo nelle vicinanze del mare, o nelle isole, o nelle depressioni del corso inferiore di grandi fiumi. Per una larghezza di centinaia di miglia marine si avvicina l'onda ciclonica alla terra, e se i contorni del mare restringendosi le fanno ostacolo, essa si inalta più e più sinchè ruinosa non si rovescia finalmente sulla pianura. Terribili sono gli effetti riscontrati nelle isole dell'Indie occidentali, e nella regione di sbocco dei fiumi nell'India orientale; io citerò esempi dei nostri giorni, dai quali si vedrà una tal perdita di vite umane, che si possono calcolare da cento a due centomila i morti. In generale cadono straordinarie quantità di piogge di una forza grandissima, piogge che gli odierni osservatori designano come " diluviali „ e che precedono la colonna ciclonica che si avvanza: spesso si hanno forti temporali.

In alcuni casi si sono visti i cicloni accompagnati da terremoti; come in quella notte terribile, che dovremo ricordare ancora, dell'11 al 12 ottobre 1737 a Calcutta. Quando il così detto " grande uragano „ del 10 ottobre 1780 fu passato sopra le isole dell'Indie occidentali, ebbe inalzato a S. Pietro di Martinica il mare a 25 piedi, annegando 9000 abitanti in questa isola, e 6000 a S. Lucia, e compite le più terribili devastazioni,

sir G. Rodney esprime la sua ferma convinzione che una così grande ruina delle più solide costruzioni non era possibile che con un terremoto, e che solamente la violenza dell'uragano poteva avere impedito agli abitanti di accorgersene.

Ma torniamo al testo della nostra epopea. Il verso 50 annunzia il principio delle tenebre.

Il 2 settembre 1860 la corvetta da guerra prussiana "Arkona", fu presa alla costa orientale giapponese da un ciclone, al quale resistè splendidamente. " Alle 8 antimeridiane „ dice il libro di bordo, " venne una tale oscurità, che non si riusciva a scorgere la punta della nave; mare e nubi sembravano volerci inghiottire. Le onde erano come muraglie, e la tempesta frustava la schiuma, cosicchè come una pioggia d' aghi cadeva dall'aria su noi. Acqua di mare e di pioggia si rovesciava a torrenti sopra coperta, e penetrava per le aperture nella batteria; vento e mare non sibilavano più, ma tutto tremava e rumoreggiava come un tuono „.

Questo è Rammân che alza al cielo i marosi tanto che gli Dei stessi fuggono in più eccelse sfere, e che toglie dalla terra ogni luce. E le parole colle quali subito dopo gli Anunnaki è descritto il suo intervento, ci fanno supporre che insieme al terremoto un ciclone dal golfo persico sia penetrato nella pianura di Mesopotamia. Nello stesso modo il 1° maggio 1769 un forte terremoto, che abbattè migliaia di case a Bagdad, fu accompagnato da una terribile tempesta, da grandine e da una pioggia " diluviale „.

Quindi il più terribile e ruinoso fenomeno dell'attualità, un ciclone cioè accompagnato da un terremoto, è quello che più esattamente corrisponde alla descrizione di Hasis-Adra del fatto naturale più grande dell'antichità.

I tre versi seguenti Col. III, 1, 2, 3, sono, comè ho già detto, troppo incompleti per prestarsi ad una esatta interpretazione. Si riconosce da quelle poche parole, variamente interpretate dai vari traduttori, che in tali versi continuava la descrizione del fenomeno.

Col. III, 4. Descrive l'effetto sugli uomini spaventati; 5-7 l'effetto sugli Dei; e non ho da aggiungere altro a quanto ho già detto su questi versi.

5. Continuazione e fine della catastrofe. Segue il lamento della madre degli uomini Istar sopra la lotta di sterminio contro gli uomini; e gli Dei si lamentano insieme ad essa degli Anunnaki; poi è scritto:

Col.III. 19. *Sei giorni e sette notti*

20. *tengono vento, diluvio (ciclone) e tempesta il sopravvento;*

21. *al principio del 7° giorno (però) la tempesta si quietò;
il diluvio (ciclone), che una lotta,*

22. *aveva combattuta come un (potente) esercito di guerra,*

23. *si calmò; il mare si ritrasse, e tempesta e diluvio (ciclone)
cessarono.*

24. *Io navigai il mare piangendo altamente,*

25. *perchè le abitazioni degli uomini erano cambiate in
fanghiglia;*

26. *come tronchi d'albero vagavano (sulle acque) i cadaveri.*

27. *Una finestrella io aveva aperto, e quando la luce del
giorno mi ferè gli occhi,*

28. *come tremante mi ritrassi, e piangendo mi accasciai;*

29. *sul mio viso scorrevano le mie lacrime.*

I versi 19-23 raccontano la durata e quindi la cessazione progressiva del grandioso fenomeno. Il tempo di 6 giorni e 7 notti è molto più breve del tempo detto dalla Genesi, e si avvicina più a quanto si conosce oggi sopra simili fatti.

Nel verso 20 il testo originale cita tre sostantivi: *sáru*, *abábu*, e *méhú*. La prima parola *sáru* è intesa da tutti come "vento", la terza *méhú* secondo P. Haupt vuol dire certamente "tempesta"; Lenormant traduce: " *La pluie diluvienne* ". La seconda parola *abábu* ha avuto vari significati. Come nel testo ebraico è usata la parola *mabbál* quale espressione generale della catastrofe del Diluvio, così qui è usata la parola *abábu*; (vedi I, 13; III, 20, 21, 23 e IV, 14, 17 e seg.). G. Smith la traduce " *déluge* "; Lenormant: " *la trombe diluvienne* "; Paolo Haupt usò

“ diluvio tempestoso „ (Sturmfluth); ma secondo una sua gentile comunicazione non vien esclusa la traduzione di “ *Tromba* „.

Un dubbio simile si ha nel verso 22 sulla parola *håltu*, che dai primi traduttori fu intesa come *terremoto*, e da Haupt a causa del verbo *combattere* è tradotta per “ esercito „. (Haupt, Exc. P. 73-74). Haupt traduce: *Il diluvio (Fluth), che una lotta avea combattuto come un potente esercito, si calmò*. Lenormant dice invece: *La trombe terrible, qui avait assailli comme un tremblement de terre, s'apaisa*.

Verso 23 b: Il mare si ritrasse; secondo Haupt (Exc. p. 74) letteralmente: *Egli fece ritornare il mare nel suo bacino*. Questa traduzione letterale del dott. Haupt, al quale io debbo tanti gentili aiuti per questo studio, è confermata da due punti della prima tavola dell'Epopea di Izdubar. Questo dimostrerebbe che l'inondazione venne dal mare, cosa che sarà dimostrata anche da altri indizi.

Nei versi 24-29 il rumoreggiamento della tempesta è già cessato. Questi versi ci mostrano ottimamente lo stato delle cose dopo la grande inondazione: le case ripiene di melma, il vagare dei cadaveri, e la profonda impressione sull'animo dei sopravvissuti. Giungiamo ora all'approdo dell'arca.

6. L'approdo. I versi che si riferiscono a questo dicono, secondo alcune varianti comunicatemi gentilmente dal dottore Haupt:

- Col.III. 30. *Io guardai nelle direzioni del cielo (opp. dovunque io guardassi) un terribile mare;*
31. *verso le dodici case del cielo (cioè in ogni direzione dell'orizzonte) nessuna terra.*
32. *(Senza meta) vagava la nave nella direzione del paese di Nizir;*
33. *allora un monte del paese di Nizir prese la nave, e non la lasciò andare avanti.*
34. *Il primo e il secondo giorno il monte di Nizir tenne ferma la nave e non la lasciò ecc.*
35. *(anche) il 3° e il 4° giorno il monte di Nizir tenne ferma ecc. ecc.*

36. pure il 5° e il 6° giorno il monte di Nizir tenne ecc. ecc.

Al principio del 7° giorno Hasis-Adra lascia alfine uscire una colomba.

Per il verso 31 il dott. Haupt accetta la interpretazione data già avanti da J. Oppert.

Sopra la posizione della regione di Nizir ci dà indizio una iscrizione, che racconta di una spedizione guerresca del re Asûr-nâçir-pal. Questa regione va ricercata a levante del Tigri, al di là dello Zab inferiore, circa tra il 35° e il 36° di latitudine. Dal testo rimastoci non mi sembra che venga come necessaria conseguenza, o che siano presenti dati sufficienti per ammettere che l'approdo debba essere avvenuto nelle gole dei monti, oppure sopra una cima elevata del monte stesso.

Le montagne che separano la Persia dalla depressione mesopotamica consistono in una catena unilaterale, i cui membri più antichi verso NE. formano l'Elwend. A questi seguono strati piegati di calcare mesozoico e nummulitico; quindi masse mioceniche d'argille salino-gessifere ricche di asfalto, piegate e anche ribaltate, formano a SW. la zona esterna della grande catena montuosa.

Tutto lo Zab inferiore nel suo corso inferiore, secondo Loftus cade nella zona di queste colline mioceniche.

La iscrizione di Asûr-nâçir-pal dice: *Nel mese Tischrît, il quindicesimo giorno, abbandonai la città di Kalzu, ed entrai nel dominio della città di Babitê. Io lasciai Babitê, e mi avvicinai al paese di Nizir, che si chiama anche Lullu-Kinipa. Io presi la città di Bunasi, la sua fortezza, e trenta città chiuse nei suoi confini. Gli uomini ebbero paura, e si ritirarono nelle inaccessibili montagne. Ma Asûr-nâçir-pal, che primo marciava nello inseguimento, andò a cercarli come gli uccelli. Egli sparse i loro cadaveri nei monti del paese di Nizir. Egli tagliò a pezzi 326 dei loro guerrieri; egli prese i loro cavalli. Uccise i rimanenti nelle gole e nelle profondità dei monti.* Così secondo Lenormant, (Orig. II a, p. 10, 11). Secondo Oppert, (Expéd. Mésop.) seguono le parole: *Le maestose creste di questi monti sono diritte come una spada. Na-*

scosto dai miei guerrieri, io ascesi ai loro luoghi di rifugio. E dopo si leggono le parole: Io lasciai la città di Kalzu; attraversai lo Zab inferiore, ed entrai nel paese che è vicinissimo alla città di Babitè.

Kalzu, (secondo Oppert Kakzi) è identificata coll'odierno Schamâmek presso Erbil (Arbela); cioè il paese di Schemamlik ai piedi del Dehir Dagh.

Se si confrontano questi dati colle descrizioni di Cernik, si riconosce quanto segue: Il re assiro incominciò la sua marcia nel punto stesso in cui cinquecento anni più tardi, dopo la sconfitta di Gaugamela il grande esercito di Dario Codomano fuggì verso Arbela il vincitore Alessandro. L'altezza sul livello del mare è qui 290-325 m. La città di Babitè doveva poter esser raggiunta il giorno stesso, e esser posta in vicinanza immediata dello Zab inferiore. La marcia era diretta ad ESE. Vi erano anche carri da guerra: il fiume dovè essere attraversato in vicinanza della strada attuale, cioè non lontano da Altyn-Kjöprü. Per il paese di Nizir bisogna intendere quella regione che è separata dalla pianura del Tigri per mezzo delle alture mioceniche del Karatschok Dagh, Baruwân Dagh, e più verso Sud dalla porzione nordica del Djebel Hamrin. Numerosi fiumi, tra questi anche lo Zab inferiore, traversano in strette gole queste alture, e nei banchi di conglomerati terziari, formano spesso delle pareti scogliose aspre e dirupate di rilevante altezza.

Questi monti posti innanzi al paese di Nizir sono alti in media 300 m. sul livello del mare: i fiumi che vi si scavano un varco sono molto più bassi. Io però non trovo dato alcuno per ammettere che questi monti debbano essere stati ricoperti dalle acque.

L'arca si avvanza sulla vasta depressione, entra nella regione più bassa del Tigri, e approda sulle pendici di uno di questi contrafforti miocenici che delimitano a N. e a NE. la depressione. Non raggiunge la cresta del monte, poichè i salvati lasciano poi la nave e salgono il monte; infatti in un verso seguente si dice:

Col. III, 46. *Io inalzai un altare sulla sommità del monte.*

Di importanza decisiva per la essenza del fenomeno mi sembra il fatto, che la nave contro al corso dei fiumi viene spinta dal mare dentro terra. Ogni inondazione che fosse originata come comunemente si credeva, cioè dalla pioggia, avrebbe necessariamente trasportato la nave dall'Eufrate inferiore al mare.

Ma la spiegazione comunemente accettata del racconto biblico non si può fondare con sicurezza neppure sul racconto biblico stesso. In fatti già nel secolo scorso eminenti esegeti hanno sostenuto che nella Genesi VI, 17 e VII, 6 invece di "*majim* „, *aquae*, si dovesse leggere: "*mijam* „, *a mari*, dal mare. È noto che al testo ebraico in origine mancava la vocalizzazione. Così più di cento anni fa traduceva questi due punti J. D. Michaelis, che Bunsen chiama fondatore della nuova esegesi biblica:

VI. 17. *Ma io voglio far venire dal mare una inondazione sopra la terra, per distruggere tutti gli animati sotto il cielo.*

E dopo:

VII. 6. *Noè era allora in età di 600 anni, quando l'inondazione venne dal mare sopra la terra; ed ascese coi figli, la moglie, e le mogli dei figli sulla nave, per fuggire all'acqua del diluvio.*

E qui vien fatta la giudiziosa osservazione: " Il Diluvio deve necessariamente essere stato in special modo originato dal mare, poichè l'aria non può contenere certamente tant'acqua quanta era necessaria; e per conseguenza non poteva farla cadere allo stato di pioggia „.

Contro tale interpretazione, divisa da molti eminenti interpreti della Bibbia nel secolo passato, si oppone: " Non essere necessario nè ammissibile il cambiamento di *majim* in *mijam*, perchè anche la pioggia ebbe una parte importante nel fenomeno. „ Ma è inutile aggiungere quanto, secondo quella interpretazione, il racconto biblico sia messo in armonia coi fatti provati ed accaduti.

7. Fine; epoca del fenomeno. Le parti che seguono ancora del racconto di Hasis-Adra sono di grandissimo interesse per la loro somiglianza al testo biblico; ma non ci danno dati sufficienti per rispondere a queste domande.

Dell'episodio dell'invio degli uccelli hanno trattato Delitzsch e Schrader, che mettono in evidenza la maggiore originalità del racconto caldeo, e la straordinaria somiglianza con alcuni versetti del testo biblico. I grandi archi di Anu, che la Dea Istar innalza prima del suo giuramento, l'arcobaleno della Genesi, confermano la pioggia. Êa, il Dio del mare, viene pacificatore; egli chiede al bellicoso Bèl, di non mandar più il Diluvio.

Da quanto si è detto sin qui bisogna considerare come teatro degli avvenimenti, la regione inferiore dei fiumi di Mesopotamia, dalla città di Surippak posta presso l'Eufrate vicino al mare, sino ai fianchi dei monti di Nizir al di là del Tigri. Contro tale opinione poco fa si levò da parte di un valente scienziato l'opposizione, che il colorito del racconto caldeo era specificamente babilonese; questo racconto avrebbe adunque un " tipo locale babilonese „. Malgrado tale localizzazione però questo racconto non si riferiva mai chiaramente alle condizioni climatiche del paese, e si osserva, primo: che la inondazione non era in corrispondenza colle piene periodiche di fiumi che si verificano in novembre e a primavera; secondo: che non si arrivava a spiegare perchè una nave guidata da un pilota sia penetrata tanto verso il nord. Si potrebbe comprendere la cosa soltanto, se potesse ammettersi con fondamento che anche nella leggenda babilonese l'arrivo della nuova umanità fosse accaduto dal Nord. Ma allora sarebbe certo, che Babilonia non sarebbe stata la patria originaria della narrazione del Diluvio.

Queste obiezioni mi sembrano derivare da quella opinione dirò così *d'acqua dolce* di questo grande fenomeno, la quale inclina a credere la pioggia agente principale dell'inondazione; quantunque, come si è già detto, in una inondazione così grande la pioggia non possa esser considerata che come fattore secondario. L'inondazione venne, come tutte quelle odierne, dal mare; terremoti e cicloni non hanno dipendenza veruna dal periodico rigonfiarsi dei fiumi, e sono stati essi la causa, che la nave si sia spinta tanto verso il Nord.

Ricerche su dati più esatti relativamente al giorno e al mese del principio del Diluvio, dati che si possono forse arguire da Berosus, e dalla Genesi VII, 11, come pure dall'acuto confronto di Rawlinson dei canti dell'epopea di Izdubar coi segni zodiacali, non entrano nel mio campo. La data esatta del Diluvio Bosanquet a Londra credè poterla fissare basandosi sulle osservazioni degli eclissi solari nell'antichità. Questo tentativo stabilirebbe per data l'anno 2379 av. Cr.; io ricordo questa cifra solo per debito di esattezza. Secondo dati sicurissimi è certo che la catastrofe accadde molto prima.

Qui tralascio l'osservazioni sull'epopea di Izdubar, per parlare di fatti simili accaduti ai giorni nostri. Questi sono, secondo le narrazioni degli ultimi decenni, molto più frequenti, di quanto non siamo abituati ad ammettere in Europa. Come esempi furono scelti i fatti accaduti alla foce dell'Indo e a quella del Gange che si unisce al Brahmaputra. Dopo di ciò potremo tornare a trattare della catastrofe narrata da Hasis-Adra, e a passare brevemente in esame le leggende del Diluvio presso gli altri popoli, leggende dalle quali si volle dimostrare l'estensione della catastrofe a tutta la superficie del pianeta.

B. Fenomeni recenti avvenuti ai fiumi dell'India orientale.

Hasis-Adra offre il suo sacrificio; come sciame di mosche si affollano gli Dei sopra l'altare, e odorano il delizioso profumo. E Istar, la madre degli uomini, dopo avere inalzato i grandi archi, giura di non dimenticare mai più questi giorni: e il saggio Êa consiglia Bèl di lasciar ricadere sul peccatore il suo peccato, sullo scellerato la sua scelleratezza, ma di non ripetere mai più il Diluvio (*abûbu*). Vengano pure leoni, vengano iene, e carestia e peste a decimare gli uomini, ma non torni più il Diluvio.

Anche Noè offre il suo sacrificio, e Jehovah accoglie il gradito profumo, e promette in cuor suo di non permetter mai più una distruzione universale.

Da Elohim viene alzato nelle nubi l'arcobaleno, e stretto il pegno di pace per sempre coll'uomo e i viventi tutti.

E la depressione dell'Eufrate infatti, quantunque colpita spesso da terremoti, non è più stata da migliaia d'anni teatro di tali inondazioni. Le foci dei fiumi per l'interramento si sono avanzate, i canali fertilizzanti sono asciutti d'acque, il paese è deserto; si sono avverate per Babele le tremende profezie di Geremia; le superbe città dei re sono mucchi informi di ruine, il Diluvio però non è più tornato su quella terra.

Ma nelle depressioni di altri grandi fiumi si vede oggidi spesso l'opera terribile degli Anunnaki, e si sente l'ira del tremendo Rammán. Per questo lasciamo i ricordi dell'antichità, e rivolgiamoci piuttosto ai fatti recentemente avvenuti.

Presso tutti i popoli le sorgenti sono da antico stimate luoghi benedetti, e ciò molto più in regioni calde e povere d'acqua che non nel settentrione. Ma i fenomeni dell'evaporazione e della infiltrazione erano allora sconosciuti, ed in svariatissimi modi si cercò di spiegarne la conservazione. Si vedeva anche il livello dell'acqua al disotto del piano del suolo. Sono queste le "Acque delle profondità", che dirompono e allagano nei terremoti, e mentre esse si riversano sulla superficie della terra, nel vuoto che lasciano al disotto cadono estese porzioni di terreno. Così formossi, come si è già visto, una nuova stesa d'acque nel luogo occupato dai Burgiati presso il lago Baikal.

In proporzioni straordinarie questo erompere delle acque di fondo, e lo sprofondare del terreno è avvenuto nella regione inferiore dell'Indo, tanto spesso visitata dai terremoti. E questo esempio dobbiamo considerare per il primo.

Le foci dell'Indo occupano sulla costa quella estesa pianura che si estende tra Kurrachi a NW., e Lukput a SE. Questa depressione è delimitata a destra dalle alture, che dalle montagne di Khirthar si continuano sino al Capo Monze presso Kurrachi. Sotto Haiderabad, presso Jerruk, e anche tra Tatta e Pirputta si avanzano da queste montagne delle masse rocciose verso il fiume, che lo tengono raccolto; mentre molto al disopra di questo

punto, a sinistra si sono già staccati dei grossi bracci dal fiume. Alla domanda, dove in tali condizioni vada ricercata la estremità del Delta, si può rispondere in vari modi; e se si vuol porre presso Tatta, si abbraccia una relativamente piccola parte dell'esteso terreno alluvionale, che è stato fabbricato da questo fiume potente e molto ricco di materie di trasporto.

La foce del braccio principale, come ha mostrato Tremenhoeere, è posta sotto l'influenza del mare, i cui moti sono diretti specialmente verso NW., cosicchè i suoi sedimenti sono trasportati vicinissimi a Kurrachi. La foce stessa del fiume è piegata un poco in quella direzione. Inoltre numerosi alvei asciutti che si trovano tra l'Indo e il Narra, un braccio che si stacca molto più dentro terra, dimostrano che lo sbocco principale, e con lui la formazione del Delta, è sempre stato spinto più e più verso Nord-ovest.

Cunningham crede un effetto della rotazione terrestre questo spingersi verso destra di tutti i corsi dei fiumi del Penjáb; egli crede che nel 680 dell'Era nostra abbia il Narra abbandonato il suo letto. Nell'anno 711 il braccio principale scorreva già a Rori nel suo letto attuale; ma allora scorreva esso sempre a oriente di Haiderabad, e solo verso il 1592 sembra che esso si sia scelto il corso a occidente di questa città.

Nella depressione dell'Indo numerose e popolose città furono vittime di tremendi fenomeni naturali: assieme a migliaia di abitanti esse furono spesso in pochi momenti ruinate, e la distruzione delle opere per la irrigazione o il deviamiento del corso del fiume, impediva ai superstiti il riedificazione. E ora, dopo migliaia di anni, trova l'esploratore estese ruine, e iscrizioni ricche di figure di una capitale abbandonata presso l'alveo asciutto del fiume deviato, e soltanto lo scoprirne il nome è già meta bastante all'amor proprio dell'archeologo.

“ Viaggiaivo „ scrive Ibn Batuta nel 1333, “ attraverso al Sind verso la città di Lahari, che è posta lungo la costa del mare indiano, dove sbocca il Sind (Indo). Essa ha un gran porto, a cui approdano navi dalla Persia, dall' Yemen e da altre

regioni. Poche miglia lontano da questa città sono le rovine di un'altra città in cui si ritrovano in grandissima quantità pietre in forma di uomini e di animali. Il popolo di questo luogo dice che è opinione degli storici, che una volta ivi fosse esistita una città, i cui abitanti per la maggior parte erano così scellerati, che Dio trasformò in pietra essi, gli animali, le piante ed anche i semi: e infatti sono innumerevoli qui le pietre in forma di semi. „ Qui si confondono sculture e calcare nummulitico. Molto probabilmente si vuol parlare del celebre porto di Debal, che era posto tra Kurrachi e Tatta.

Notizie di tali città si spinsero molto anche a W. ed a NW. e una certa corrispondenza fra le leggende locali fa supporre, che il racconto di Zobeide nelle Mille e una notte, della sua partenza da Bassora, del suo arrivo dopo venti giorni nel porto di una gran città dell'India, dove aveva trovato re, regina e popolo convertiti in pietra, si riferisca ad una città ruinata del Delta dell'Indo ricca di sculture, e forse a questa stessa città di Debal.

Molto più dentro terra, a NE. di Haiderabad, nel 1854 Bellasis e Richardson visitarono gli avanzi di Brahminabad, presso il letto asciutto del Narra; città una volta grandissima e popolosa, fabbricata con mattoni cotti, ora un vasto mucchio di rovine, nel cui mezzo sporge ancora la parte inferiore di una potente torre rotonda. Piazze aperte, e la posizione dei bazar sono ancora riconoscibili; e i primi scavi sotto quel cumulo di secolari rovine hanno posto allo scoperto scheletri di abitanti nelle loro case, monete, cammei, sculture, sfuggite per miracolo alla mania distruggitrice di islamiti iconoclasti, è perfino figure di scacchi artisticamente scolpite. La completa demolizione di potenti costruzioni, l'assenza di tracce di fuoco, i resti degli abitanti stessi, e i loro averi tutti confermano la leggenda, secondo la quale fu distrutta ad un tratto la città da un terremoto.

Presso il più orientale degli antichi bracci dell'Indo, il Khori, vicino alla sua foce, è la città di Lukput. Qui terminano le

alture del Kachh che si stendono da SE. lungo la costa, e separano dal mare il Ran of Kachh, un ampliamento verso SE. della pianura delle foci.

La sterminata pianura del Ran ora durante i Monsoni di SW. da Lukput è ricoperta di acqua salsa; ora durante la piena dell'acque nella regione dell'Indo, è inondata di acqua dolce proveniente dal Bunass o dal Luni; ora è anche asciutta per grande estensione, e allora è chiazzata qua e là da grandi, abbaglianti, bianche macchie di sale.

Wynne, che ha fatto la carta geologica del Ran, descrive con acconcie parole, l'effetto opprimente del silenzio e dell'isolamento nel Ran, nel quale, fatta eccezione per qualche rara mandria fuggente di asini selvatici, non si vede anima viva, e dove l'aria è ripiena dei più strani miraggi.

Il nome stesso, tolto al sanscrito, attesta la grande antichità del Ran; poichè *Kachchha* indica palude, e *Irina* (Ran) un deserto di sale. Il grande viaggiatore cinese Hwen Tsang, che nel 641 era a Sind, descrive questa regione come bassa ed umida, e il suolo come pieno di sale.

I meravigliosi miraggi del Ran han dato origine a numerose leggende e a racconti magici. Gli indigeni vedono in questi fenomeni l'immagine dei possessi di un pio sovrano, al quale era riuscito un ritorno alla virtuosa età dell'oro così completamente, che la sua capitale stessa, sgombra di ogni impurità, si alzò verso il cielo. Ma in una casa appartata era rimasto, dimenticato, un animale immondo, un asino selvatico, che diede tagliando indizio della sua presenza. L'ascensione al cielo della città fu interrotto, e da allora essa si libra sul Ran tra cielo e terra.

Questo Ran fu colpito nel 1819 da un potente terremoto, che fu accompagnato da variazioni della sua superficie, di cui è stato molto trattato. Nella descrizione loro seguirò parola per parola il racconto dato da Alessandro Burnes sul vero andamento del fenomeno, racconto sul quale si fonda anche la descrizione data dal Lyell.

Prima della battaglia di Jarra nel 1762, dice Burnes, nella quale gli abitanti di Kachh si difesero coraggiosamente contro l'armata di Ghulam Schah Kulora di Sind, il braccio orientale dell'Indo, comunemente detto il Phurraun, sboccava in mare scorrendo lungo le coste occidentali del Kachh: e il paese presso il suo letto godeva i vantaggi che questo fiume per tutto il suo corso largamente dispensa. Le sue inondazioni annuali davano acqua al terreno, e permettevano ricche raccolte di riso: il paese lungo il fiume era chiamato allora col nome di " Sayra „.

Questo beneficio, che la natura aveva concesso a quella regione del resto così sterile, cessò dopo la battaglia di Jarra; poichè il capo del Sind, adirato dell'insuccesso della sua spedizione, tornò giurando vendetta alle sue case, e produsse al paese che non aveva potuto assoggettare, il più terribile danno. Presso il villaggio di Mora, egli, attraverso al braccio dell'Indo che fertilizzava il Kachh, gettò un argine di terra, un " Bund „, come dicono nel paese: e mentre così deviava il fiume che tanto era stato utile agli abitanti del Kachh, egli guidandolo per altri alvei in regioni deserte del proprio paese, distrusse un esteso e ricco spazio di terre irrigate, e trasformò quella regione ricca di riso, che apparteneva al Kachh, in un sabbioso deserto.

L'argine però non tolse al Kachh tutta quanta l'acqua dell'Indo; ma impedì talmente i movimenti del ramo principale, che tutti i lavori agricoli dipendenti dalla irrigazione ebbero un termine. Coll'andar del tempo cessò anche questo piccolo resto di benessere: i Talpur, che eran seguiti ai Kalora nel dominio del Sind, gettarono nuovi argini; e nel 1802 colla costruzione dell'argine ad Ali Bunder furono deviate dal canale che prima andava al mare costeggiando il Kachh, tutte le acque dell'Indo, anche durante il periodo delle piene. Allora quella striscia di terra, che prima formava il fertile distretto di Sayra cessò di produrre anche un filo di erba, e divenne parte del Ran, col quale sino ad allora confinava. Il canale del fiume

presso la città di Lukput divenne basso-fondo, e al disopra di Sindree si riempì di melma, e venne asciutto. Molto più in basso si cambiò in un braccio di mare.

In tali condizioni, continua Burnes, nel giugno 1819 venne un forte terremoto, e furono uccisi a centinaia gli abitanti, e ogni punto solido della regione fu scosso dai suoi fondamenti. Nel Ran si formarono numerose spaccature, dalle quali per tre giorni scaturirono enormi masse di acqua nera e melmosa; e dai pozzi del paese di Bunni, che confina col Ran, spillò fuori l'acqua, sinchè il paese circostante non fu inondato per un'altezza di 6 e anche di 10 piedi.

Verso sera fu sentita la scossa anche a Sindree, la dogana del Kachh, posta sulla strada principale per Sind, e lungo l'alveo asciutto di quello che prima era il braccio orientale dell'Indo. Questo piccolo forte, fatto di mattoni, di 150 piedi in quadrato fu sopraffatto da una grande massa d'acqua proveniente dall'Oceano, la quale si estese in tutte le direzioni, e che in poche ore trasformò quella plaga di terreno sin allora dura e asciutta, in un palude che si estendeva per 17 miglia da Sindree in ogni direzione..... Ma presto si scoprì che questa non era l'unica variazione prodotta dalla importante convulsione naturale; poichè gli abitanti di Sindree ad una distanza di 5 miglia verso Nord scorsero un argine (a mound) di terra o di rena, là dove prima basso e spianato era il terreno. Questo argine si estendeva molto verso E. e verso W., attraverso al canale dell'Indo, separando per sempre il Phurraun dal mare. Gli indigeni chiamano quest'argine l' " Ullah-bund „ o l'argine di Dio, riferendosi a questo che non come gli altri argini dell'Indo da mano umana, ma dalla stessa natura era stato originato.....

Questi strani fenomeni furono poco osservati, poichè il grave danno che aveva sofferto Kachh nel 1762, aveva talmente rovinato il paese che era perfettamente lo stesso se questo rimanesse un deserto, o se fosse trasformato in un lago. Un debole tentativo senza conseguenze fu fatto dal governo del Kachh, di stabilire cioè una dogana sul nuovo " Ullah-bund „; ma gli emiri

di Sind vi si opposero; e dacchè Sindree non era più sostenibile, gli impiegati furon fatti ritirare sulla terra ferma del Kachh.

Così restarono le cose sino al mese di novembre 1826, quando ad un tratto si ebbe la notizia che l'Indo aveva rotto i suoi argini nel Sind superiore, e che una straordinaria massa di acqua si era estesa nel deserto che delimita a Oriente il paese, e che rompendo tutti gli argini e le difese si era fatto una strada sino al Ran of Kachh. Nel marzo 1827, cioè 8 anni dopo il terremoto, Burnes partì da Bhooj, la capitale del Kachh sopra Lukput, per nave verso quella grande stesa d'acque che circondava le rovine di Sindree.

La parte più importante della successiva narrazione di Burnes, è la descrizione dell' " Ullah-bund „. A prima vista esso sembra tutto di un' eguale altezza, e si continua a perdita d'occhio a oriente e ad occidente: gli indigeni dicevano che era lungo 50 miglia. " Non bisogna immaginarsi però „ dice chiaramente Burnes, " di trovarsi in faccia ad un rilievo stretto, come un argine artificiale, poichè esso si estende dentro terra sino a Raomaka-bazar per una larghezza di almeno 16 miglia, e sembra un grande rilievo naturale. La sua superficie è ricoperta di terreno ricco di sale, ed esso è formato da argille, conchiglie ed arene „.

Sin qui Burnes. L'Ullah-bund è stato dipoi molto spesso visitato; la sua altezza pure è stata data con misure variabili tra 10, 15, 18 e anche 20 $\frac{1}{2}$ piedi; ma Wynne osserva che la variabilità di questi dati dipende dai mutamenti del livello dell'acqua che gli sta a piede. Gli osservatori tutti però si trovano d'accordo sul punto decisivo, che l'Ullah-bund presenta l'aspetto di un argine soltanto dalla parte meridionale; ma che verso Nord non presenta o quasi declivio, e che non vi si può affatto riconoscere un lato settentrionale.

Quindi l'Ullah-bund non è un argine, ma è come un gradino formatosi per un istantaneo abbassamento del suolo.

Il paese posto al disopra di questo gradino, e che sembra inal-

zato, non ha sofferto nessuna variazione. Con ragione infatti Wynne fa osservare, che un qualsivoglia sensibile innalzamento di questa regione avrebbe impedito all'Indo, nel periodo della piena nel 1826, di tornare a scorrere nell'antico letto del Pharraun, chiuso dalle arginature nel 1762, e obliquamente all'Ullah-bund raggiungere la depressione di Sindree e l'antica foce sotto Lukput.

La regione a Sud dell'Ullah-bund insieme al forte di Sindree si è quindi sprofondata durante il terremoto del 1819, e al tempo stesso sono scaturite alla superficie le acque di fondo in gran quantità; l'Ullah-bund è adunque un taglio a picco, nel terreno alluvionale che indica il limite della depressione; al disopra dell'Ullah-bund nessuna variazione importante è avvenuta come si vede chiaramente dall'invariato decorso del fiume.

Questa semplice esposizione di fatti corrisponde coll'inornata descrizione data da Carless nel 1837 in uno scritto che accompagnava i lavori di misurazione eseguiti nel Delta dell'Indo. Questi dice che il terreno alluvionale basso " durante il terremoto del 1819 in molti punti si deve essere sprofondato di qualche piede „ quindi un piccolo forte nella parte superiore presso al fiume era stato abbattuto. Ora la regione è ricoperta dall'acque.

Lyell credeva ad un innalzamento vero e proprio della regione attorno all'Ullah-bund. Quantunque io non possa mai dimenticare quale profonda commozione mi abbia ispirato, anche negli anni miei più giovanili, la conversazione con quell'uomo raro, sempre buono e gentile e sempre pronto a riconoscere e correggere i propri errori, pure bisogna che dica chiaramente, che la sua spiegazione delle mutazioni avvenute nel Ran of Kachh, spiegazione citata in molti libri didattici, non è sostenibile. Non si tratta qui di un innalzamento del terreno, e neppure, come io stesso guidato in errore da altre descrizioni ho supposto, di piegamenti della superficie, ma soltanto dell'uscita dell'acque di fondo, e dello sprofondamento di una parte nettamente delimitata del terreno melmoso.

La corrispondenza coi fatti avvenuti a Nuova-Madrid sul Mississippi, e nella steppa presso il Baikal è completa.

Occupiamoci ora di una regione visitata non solo da terremoti ma anche da cicloni, e in cui recentemente sono avvenute molte volte disastrose inondazioni di mare; la pianura cioè che chiude a settentrione il golfo del Bengala. Il Gange e il Brahmaputra si riversano qui per mezzo di numerosi bracci nel mare; ed io cercherò di esporre i caratteri principali dell'odierna foci, prima di parlare della loro storia, e dei terremoti e cicloni che vi sono avvenuti. Per far ciò seguirò principalmente la magistrale descrizione di questa regione dataci da J. Fergusson, e a complemento mi servirò pure di quelle di Medicott e di Blanford.

Assai al di fuori della zona litorale del Sunderbund scorre la linea isobatica di 5 nodi di profondità, dal Balasore-Roads a occidente, verso Chittagong a oriente; e la costa si sprofonda lentamente, eccettuato per una regione molto importante a studiarla posta quasi nel mezzo di questa estensione, un po' più a SW. fuori della foce del Haringota, e nella quale si mostrano ad un tratto profondità grandissime: è il cosiddetto " Swatch of no ground „ nel quale, specialmente dalla parte occidentale, lo scandaglio a 200 e anche a 300 nodi non trova fondo.

Dentro il Sunderbund si trova una rete di corsi d'acqua, che uniti lavorano alla formazione di terre abitabili, ed al riempimento degli estesi e numerosi " Jhils „.

Gli Indiani hanno per le forme della superficie terrestre, che si ripetono in natura, una terminologia molto migliore della nostra, cosicchè possiamo chiederci se non sarebbe utile di introdurre nell'uso comune alcuni dei loro termini.

Bhábbar chiamano gli Indiani, le alluvioni molto inclinate, la regione pianeggiante ai piedi delle montagne, nelle quali i fiumi che scendono dall'Imalaya perdono tutte o parte delle loro acque. Tarai è quella zona ricca di vegetazione, nella quale ricompariscono le acque di fondo assorbite nel Bhábar; Bhángar sono le porzioni più alte delle terre alluvionali antiche; al contrario Khádar sono le parti più profonde del terreno allu-

vionale dei fiumi in senso stretto, generalmente delimitate da pareti meno elevate.

Il Gange e il Brahmaputra entrano nella vasta regione del Delta con masse d'acqua press'a poco uguali; ma il Brahmaputra per la sua maggiore inclinazione porta una quantità di materiali in sospensione straordinariamente più grande. Nonostante il delta del Gange è molto più avanzato nello interramento, ed è per la maggior parte nello stato di un Bhángar abitabile, mentre attorno al Brahmaputra la maggiore estensione di terreno è allo stato di Khádar spesso sommerso. In relazione con ciò è l'interruzione che si riscontra nel contorno orientale del Delta.

Presso Rájmahál il Gange gira attorno alla terminazione della montagna formata da rocce vulcaniche antiche, e questo punto, in cui il fiume è a circa 20m. sul livello del mare, si considera il principio del Delta. A ragione Fergusson osserva, come dal tempo in cui il mare giungeva a Rájmahál, e cominciò l'interramento, si debbano molto esser mutate per la quantità le condizioni dell'interramento presso lo stesso Rájmahál, e come questo interramento debba ora esser molto più lento per la diminuzione della pendenza. Tra Rájmahál e il mare la formazione della terra accade con uno spostamento continuo degli alvei, e con una mutazione continua nelle ramificazioni degli alvei stessi. Anche il Gange nei tempi storici verso il mezzo di questa estensione ha abbandonato il suo antico letto, il Bhagarutti; questo è infatti il ramo considerato sacro dagli indigeni, non il Poddah, nel quale scorre ora il Gange.

Molto più importanti sono le variazioni avvenute al Brahmaputra.

A Nord di Dacca si estende per una lunghezza di 112 km. e una larghezza massima di 56 km. una grande porzione di Bhángar elevato, il Madupore Jungle, con ripide pareti alte da 40 a 50 piedi verso occidente, e con dolce declivio ad oriente.

Ad Est del Madupore Jungle e di Dacca, scende da Kachar

il gruppo dei fiumi di Silhet; fiumi poveri di materiali di deposito, i quali però nei tre mesi delle piogge, sotto l'influenza dei Monsoni, portano straordinarie masse d'acque; essi sono accompagnati sin presso al Madupore Jungle dai Silhet-Jhils, una vastissima e calma stesa d'acque, e colla loro unione formano il Megna.

Quando nel 1785 Renell imprese la prima misurazione di questa regione, il potente e melmoso Brahmaputra scorreva a oriente del Madupore Jungle, lavorava all'interramento dei Silhet-Jhils, e accoglieva i fiumi del Silhet, per poi gettarsi finalmente in mare per mezzo del Megna. Ora il fiume scorre a occidente del Bhángar, e il vecchio braccio, almeno nella maggior parte dell'anno è indicato soltanto da una catena di paludi e di pozzanghere. Con ciò il Brahmaputra si è avvicinato al Gange, ed è cominciata tra i due fiumi potenti una lotta, per la quale il Gange, sopraffatto dalla quantità maggiore delle materie di deposito apportate dal suo avversario, viene spinto sempre più ad occidente.

Fergusson ascrive il deviamiento del Brahmaputra ad un innalzamento locale della regione a Nord di Dacca, il Madupore Jungle; e pone in relazione il fatto del Brahmaputra che deposita i suoi materiali nei Silhet-Jhils, col ritardo nella formazione del Delta a oriente. Medicott e Blanford però oppongono che una depressione nei Silhet-Jhils avrebbe avuto lo stesso effetto. In generale essi inclinano a credere, che tanto la valle del Brahmaputra ad Assam quanto la regione dei Silhet-Jhils in tempi relativamente recenti si siano abbassati; che soltanto il Madupore Jungle sia sfuggito a questa depressione, e che perciò essa indichi l'altezza originaria dell'interramento del Brahmaputra. Essi confrontano questo fatto con quanto è accaduto nel Ran of Kachh.

Certamente in tempi storici in questa estesissima pianura sono avvenuti mutamenti importanti, parte causati dallo spostamento dei fiumi, parte dall'interramento, e forse anche dallo sprofondamento.

Le ricerche storiche di Beveridge, che si riferiscono agli ultimi tre secoli, e che si fondano in modo speciale sulle narrazioni di Gesuiti della fine del 16° secolo, ci mostrano che, a differenza di quanto si era creduto, i Sunderbund a quei tempi non erano abitati. Ma allora nella depressione orientale vi erano due residenze reali, una a Bakla, che sembra non esista più, l'altra a Ciandecan (Chánd Khán). Forse delle parti assai estese di Backergunge e di Jessore saranno state coltivate, poi trasformate di nuovo in Jungle, e quindi coltivate nuovamente.

Molto più importanti anche negli ultimi secoli sono state invece le variazioni nella parte occidentale, come si vede da alcune fonti arabe, e se torniamo al tempo del gran viaggiatore cinese Hwen-Tsang, delle cui descrizioni ci siamo già serviti parlando del delta dell'Indo, si vede che verso il 700 dell'Era nostra gran parte dell'odierno delta non esisteva. Fergusson dai dati di tali esatte osservazioni trae per conseguenza persino la probabilità, che i Silhet-Jhils a quei tempi fossero ancora salmastri, e in piena comunicazione col mare. In ogni caso è dimostrato che le due città marittime di Sonargaon e di Satgaon erano allora poste all'estremità di due golfi od estuari, nei quali si riversavano Gange e Brahmaputra; ed è quasi certo che tutto il delta attuale a Sud di quelle due città fu allora una vasta laguna di acqua salsa. Si può inoltre supporre che i Sunderbund formassero allora un " Lido „ al di fuori di queste lagune, e che il Gange non scorresse a oriente, per poi unirsi al Brahmaputra, ma si versasse nella laguna stessa.

Molto più addietro ci riconduce lo scritto di Cameron, nel quale si cerca di dimostrare, che quello spazio di paese più elevato detto Tipperah, che delimita a oriente il delta, corrisponde all'antico Taprobane. Su tale supposizione però non ho dati per decidere.

Tutto il corso inferiore del Gange e del Brahmaputra è soggetto a frequenti terremoti, e il 2 aprile 1762 una gran parte della depressione, da Chittagong a oriente per una grande esten-

sione verso occidente, e dentro terra specialmente i contorni di Dacca furono scossi potentemente. Le acque uscirono come un mare infuriato dai loro alvei e si sparsero sulle terre; enormi spacchi si formarono, acque in quantità furono gettate all'altezza di molti piedi, e insieme si abbassò il circostante terreno; alcune isole presso la riva sparirono affatto, e alcuni fiumi furon talmente spostati, che le barche che vi correvano furono arrestate nel loro cammino.

Il 3 aprile 1810, il 18 settembre 1829, e l'11 novembre 1842 si ripeterono terremoti a Calcutta. Pochi mesi prima dell'ultimo sopra questa città era passato pure un ciclone.

Il 10 gennaio 1869 una scossa potente colpì la provincia di Kachar, a E. del Brahmaputra e diede origine a grandi mutamenti nelle alluvioni. Per molte miglia quadrate, secondo le descrizioni di Oldham, si avevano 30-40 piedi di argilla assai consistente posti sopra uno strato saturo d'acqua di fango sabbioso celeste. Si videro allora lungo il fiume originarsi per una lunghezza di varie miglia delle rotture; e sempre per una estensione di miglia scivolare verso il fiume gli strati superiori alluvionali sull'umido substrato. Il fango usciva alla superficie dalle beanti aperture; prima uscì, colla violenza di un colpo di cannone, della sabbia asciutta tanto che si poteva credere che venisse fuori del fumo; ma subito dopo apparve una melma consistente, che formava come un labbro intorno alle aperture, e che in qualche caso pure scorreva via.

Quando il terremoto fu passato, si vide il terreno alluvionale attraversato da grosse fenditure le quali in molti luoghi per l'abbassamento di una delle due parti separate divenivano vere e proprie voragini, che alla superficie sembravano leggeri affondamenti; e framezzo o sopra a tali fessiture si trovavano delle aperture a forma di cratere rotonde od ellittiche spesso circondate da melma e da sabbie. In molte grandi aperture però dopo l'uscita, la sabbia e la melma si riversarono di nuovo, trascinando seco i margini dell'apertura stessa, in modo che ne rimase come uno sprofondamento imbutiforme e irregolare.

Le comunicazioni, che senza interruzione il Keatinge pubblica sin dal 1874 fanno riconoscere, come l'intero Assam, specialmente le basseterre a N. e a S. dei monti Khasi, la valle del Brahmaputra, come pure la regione del Silhet si trovavano, e forse si trovano anche oggi, da anni in un commovimento continuo.

Più spaventevoli dei terremoti imperversano in questa pianura delle foci di tanto in tanto i cicloni provenienti dal mare. Molti di essi si originano nei pressi dell'isole Andamane. Da là seminando ruina si spingono a NNW, e a W. Ora penetrano, portando seco enormi masse d'acqua, e accompagnate da piogge torrenziali, nelle foci del Megna o del Gange; ora si rovesciano sulla costa orientale del continente sino a Pondichery, o sopra Ceylan.

Nella notte dall'11 al 12 ottobre 1737 entrò uno di questi cicloni nel Gange, e si spinse per molte miglia dentro terra. Al tempo stesso accadeva un terremoto, e a Calcutta furono abbattute 200 case. Navi di 60 tonnellate furon portate al di sopra degli alberi dentro terra. L'acqua del Gange si inalzò (dicesi) sino a 40 piedi più in su del livello ordinario; i morti si fecero ascendere a 300,000. Questa cifra è senza dubbio esagerata, ma certo spaventevole fu la catastrofe.

H. Blanford ha pubblicato un elenco dei cicloni avvenuti nel golfo del Bengala dal 1737 al gran ciclone del 1876; ed ha mostrato che in quei 139 anni, hanno commosso quel mare e colpito la costa 112 cicloni tra grandi e piccoli. Senza entrare in minuti particolari su ciascuno di questi cicloni, che dagli osservatori inglesi sono stati uno ad uno descritti, prenderò qualche esempio più interessante in quella lista.

Nel 19 e 20 maggio 1787 la tempesta e l'inondazione ciclonica, raggiungono Coringa al Delta del Godavery sino a 32 km. dentro terra; le perdite si fanno ascendere a 20,000 uomini, e 500,000 capi di bestiame.

Il 19 ottobre 1800 un terribile ciclone e contemporaneamente un terremoto colpiscono Ongole e Masulipatam, ai lati delle foci del Kistna.

Nel giugno 1822 una inondazione terribile si sparge sulla parte orientale del Sunderbund, sopra Burisal e Backergunge; il ciclone si avanzò soli 85 km. in 24 ore, si stimano 50,000 i morti.

Il 31 ottobre 1831 una inondazione simile coglie le parti più occidentali della pianura del Gange, là dove si estende verso Kuttack a sud di Calcutta; 300 villaggi sono spazzati via, e almeno 11,000 uomini annegarono; segue a ciò la carestia, e si stimano allora 50,000 i morti per questo fatto.

Il 31 maggio 1832 per una simile inondazione nel Delta del Gange annegarono da 8 a 10,000 persone.

Dal 12 al 17 novembre 1837 acqua e ciclone vengono dalle Andamane verso Coringa; l'onda era alta 8 piedi, 700 morirono sulle navi, 6000 perirono sulla terra.

Per il ciclone del 1842 importante a studiarci non tanto per le distruzioni che compì, quanto per la lunga strada percorsa seguirò la descrizione di Piddington.

Il ciclone, come spesso segue, partì dalle Andamane; in linea retta perfettamente verso occidente traversò il 22, 23 e 24 ottobre la parte sud del golfo del Bengala; il suo centro il 24 alle 5 pom. raggiunse la costa orientale un po' più a Nord di Pondichery. Allora, deviata forse dalle alture, la direzione si cambiò un po' verso SW. e il 25 a mezzogiorno il centro del ciclone tagliò i Ghats occidentali nel passo di Palgautcherry tra Salem e Paniany. Qui sembra essere avvenuta una biforcazione: nel mare arabico comparvero infatti due cicloni affatto indipendenti. Il braccio meridionale continuò nella direzione di WNW., avvolsse il 27 ottobre a mezzodì molto al di là delle Lacadive a 11°5' lat. N., e 69°09' long. E., la nave "Futty Salam,,"; e il 31 ottobre a 14° lat. N. e 61° long. E. dopo aver compiuto quasi un sesto della circonferenza terrestre, a circa 6° di longitudine dall'isola di Sokotra, incolse con straordinaria violenza la nave "Seaton," e disalberatala, la abbandonò nudo e debole scafo. Da questo punto il ciclone si è spinto più verso NW.; e questo si deduce dal fatto, che le navi che facevan rotta dall'i-

sola di Sokotra verso questo punto furon colpite soltanto da un lontano moto periferico.

Il braccio settentrionale già sino dalla costa orientale indiana prese una direzione più verso Nord-ovest. Su tutta la costa dall'ingresso del golfo persico sino al golfo d'Aden, e sul continente africano, a sud del capo Guardafui naufragarono molte navi; e il Dr. Malcolmson che abita in Aden suppose pure, che il ciclone avesse traversato il golfo persico presso l'isola Bahrein. Ma su questa parte nordica della sua strada pur troppo non si hanno delle osservazioni dirette.

Dal 2 al 5 ottobre 1864 un ciclone partì dalle Andamane verso NW.; nel Hooghly l'onda portò via circa 48,000 uomini, e 100,000 capi di bestiame. Due grossi postali furono lasciati all'asciutto sui campi; agli alberi furono strappate tutte le foglie.

La triste lista di Blanford si chiude col gran ciclone di Backergunge del 1876. Elliot ha pubblicato uno scritto speciale su questo avvenimento, e dalla sua descrizione togliamo le seguenti parole:

Il 23 ottobre 1876 a SE. del golfo del Bengala cominciò a formarsi un'area di minor pressione. Questa diminuzione di pressione si estese nei giorni seguenti, e il 26 e il 27 ottobre in questa regione si manifestarono dei potenti soffi di venti vorticosi. Nei due giorni seguenti questo centro di minor pressione si avanzò verso Nord; la sera del 29 si era già formato un violento ciclone. Il suo centro il 30 ottobre a mezzogiorno era a 14° lat. e 89° long. La direzione si cambiò verso NNE., e crebbero la velocità e la forza del ciclone. Il 1° novembre, verso le 3 di mattina esso era già arrivato alla foce del Megna, con una velocità di 32 km. l'ora. La regione di calma nel centro del ciclone era presumibilmente ellittica, obliqua alla direzione della marcia, e larga da 24 a 29 km. A 300 km. di distanza da questo centro la violenza era ancora così grande, che ne furono disalberate le navi. Nella stessa notte poco prima del ciclone, a luna piena, un'ondata straor-

dinariamente alta era penetrata nel Megna, e aveva fatto arretrare il fiume. Non era ancora giunta l'ora dell'alta marea, quando questa onda lunare che si ritraeva, fu afferrata e vinta da quella portata dal ciclone; e unita con questa in un'ondata potente si riversò di nuovo sulla terra. Tutto il paese tra Ovest e Nord-ovest fu allagato dall'acqua dolce del fiume arrestato; quello a oriente fu coperto dall'acque marine. In un momento uno spazio di 3000 miglia quadrate (circa 141 miglia geografiche) sulla pianura, e sulle grandi isole di fronte fu ricoperto da uno strato di acqua di 3, di 15 e anche di 45 piedi. Il centro del ciclone intanto si avanzava a NNW. verso l'elevata regione di Tipperah; su di essa si franse e si sciolse.

Il Governatore Sir R. Temple nella sua relazione ufficiale faceva ammontare i morti a 215,000 sopra una popolazione di 1,062,000 anime. Blanford, che ne scrisse dopo crede, che siano annegate circa 100,000 persone. In generale in questa regione gli aggruppamenti di case son circondati d'alberi; se no le perdite sarebbero state molto maggiori.

Spaventose sono le descrizioni dateci dagli impiegati sullo stato del paese dopo la catastrofe terribile; le case eran rovinate, gli alberi spogli delle foglie e dei rami, il paese coperto da laghetti d'acqua, e l'uno sull'altro ammonticchiati cadaveri di uomini e di animali — la vera raffigurazione del passaggio del diluvio universale. La regione colpita da questa grande inondazione ciclonica è esattamente la stessa in cui avvenne il terremoto del 1762.

Si è detto che il ciclone si ruppe sulle alture di Tipperah. Elliot dice chiaramente, che non l'attrito sulla terra, ma l'ostacolo diretto di una elevazione determina lo scioglimento dei cicloni, o la loro deviazione. Infatti al principio dello stesso mese di ottobre un ciclone minore partito dalle Andamane verso NW. era arrivato a Vizagapatam sulla costa orientale; deviato dai Ghats orientali si era volto a Nord, e seguendo sempre il piede delle montagne a oriente, aveva proseguito, traversato il Gange tra Patna e Monghyr, e molto indebolito era giunto

sino ai contrafforti dell'Imalaya; percorrendo così 8 gradi di lat. in terra ferma.

Nel 1737 a Calcutta, e nel 1800 alle foci del Kistna avvennero contemporaneamente ciclone e terremoto. Quantunque questi due fenomeni per la loro origine siano affatto indipendenti, e quantunque un numero grandissimo di cicloni sia avvenuto senza terremoto, come pure terremoti senza ciclone, pure la contemporaneità di moti sismici, e di forti depressioni barometriche si ripete così spesso, che molti osservatori vi hanno rivolto la loro attenzione. Per citare soltanto alcuni tra quelli che hanno studiato questo fatto, Giulio Schmidt fece un confronto tra le centinaia de' terremoti che si sono avvertiti negli ultimi anni in Grecia, e lo stato del barometro in quel momento; Rossi ha fatto lo stesso per molti terremoti italiani (1) e G. Darwin negli ultimi tempi, ha cercato di sottoporre a calcolo l'effetto meccanico della diminuzione di pressione sulla superficie terrestre.

Non si può asserire che le osservazioni dirette in questo ordine di cose abbia apportato qualche dato sicuro; ma si è visto p. es. dai confronti fatti in Grecia e in Italia, che la diminuzione di pressione nei terremoti, è di molto inferiore a quella osservata durante i cicloni. Perciò, nello stato attuale dei fatti, si può solo ammettere, che, se in una regione che si trova in una fase di inquietudine sismica, o nella quale si hanno i prodromi per un terremoto, avviene la diminuzione di pressione, che è il principio fondamentale di un ciclone, questa diminuzione non dà origine al terremoto, ma può affrettarlo od aumentarne l'intensità.

C. Essenza ed estensione del Diluvio.

Torniamo ora all'epopea d'Izdubar. I fenomeni naturali, che accompagnano la grande catastrofe, sono del genere di quelli che si osservano oggi solo nelle pianure lungo le coste, e nelle depressioni dei grandi fiumi, cioè presso alle foci. Ma l'inon-

dazione vera e propria non può esser venuta altro che dal mare; le piogge e l'acque di fondo erano solo elementi concomitanti.

Per questi fatti, come per il significato locale dell'uso dell'asfalto sono confermate interamente le opinioni di quei distinti investigatori dell'antichità, i quali, nella narrazione del Diluvio contenuta nel canto XI dell'epopea d'Ìzdubar, non vedono una leggenda straniera, localizzata in seguito, ma sibbene un vero e proprio ricordo di un fatto locale, che cioè accadde veramente nei luoghi designati della depressione dell'Eufrate, allora pel minore interrimento meno estesa.

Da questo ne viene che nella genesi VI, 17 e VII, 6 è meglio legger *mijam* che *majim*.

Le foci dell'Eufrate offrono tutte le condizioni necessarie per un tale fenomeno, e il trasportare la località alle foci di un altro fiume, qualsivoglia, allontana il fenomeno dal dominio delle odierne tradizioni. Si potrebbe ad esempio pensare forse alle foci riunite del Gange e del Brahmaputra, oggi così spesso visitate da terremoti e cicloni. Ma non considerando anche l'opposizioni maggiori che contro una supposizione tale si potrebbero fare, la frequenza appunto delle grandi inondazioni, veri diluvi, in questa regione sarebbe anzi un argomento contro questa supposizione; poichè le narrazioni del Diluvio a noi trasmesse sono originarie di un paese in cui un simile fenomeno era straordinariamente raro, o meglio mai avvenuto; e per questo infatti ne era rimasto un imperituro ricordo. I flutti marini si rovesciarono sopra popolose campagne, che mai sin allora erano state teatro di un fatto simile, e che mai più, secondo la promessa della Divinità, lo sarebbero state; una promessa che in un racconto originario del delta del Gange così spesso inondato, non si troverebbe certamente.

La parte sismica della catastrofe è senza dubbio espressa dagli avvertimenti, dal traboccare dei canali, dall'uscita delle acque di fondo e dal tremare della terra. La Mesopotamia è stata spesso colpita da terremoti. La fase sismica principale

comincia col 763 av. Cr.; l'anno stesso in cui accadde l'eclisse solare del 14 giugno 763; data stabilita prima da Hind e Airy, recentemente anche da Lehmann e Oppolzer, la quale è divenuta fondamentale per la cronologia delle antichità assire.

Da questo punto fisso importante si deducono nelle liste della reggenza assira i dati seguenti: Nel 763 av. Cr. Moti a Libzu. Nel mese di Sivan eclisse di sole - 762. Moti a Libzu - 761. Moti ad Arbacha - 759. Moti a Sozan - 758. Calma nel paese. Più tardi nel 746 si citano nuovi moti, questa volta a Kalah, il biblico Kelach (Gen. X, 11) a Sud di Ninive nell'angolo tra il Zab superiore e il Tigri, dove giace ora il villaggio di Nimrūd.

Bosanquet, spinto da un'opinione di Rawlinson, ha mostrato che colla parola " Moti „ non andavano intese ribellioni di popolo, ma terremoti; e Bosanquet con tale premessa dimostra che l'eclisse del 14 giugno 763 è quello medesimo che il profeta Amos aveva predetto.

I moti sismici di questa fase si estesero dall'Assiria alla Palestina e gli anni dopo il 763 furono rimarchevoli non solo per terremoti ma anche per eclissi. Facilmente si può supporre l'effetto, che questi paurosi fenomeni naturali, devono aver fatto sulla nobile eloquenza dei profeti, che spesso hanno citato o descritto tali fatti, e li hanno predicati segni dell'ira divina. Anche nel secolo seguente nel popolo di Gerusalemme perdurava il ricordo di questi fenomeni.

Il profeta Amos I, 1 pone così chiaramente la data della sua visione: " *Due anni prima del terremoto „* e descrive non solo il terremoto ma anche l'inondazione dal mare, così V, 8; IX, 6: " *qui vocat aquas maris, et effundit eas super faciem terrae „*. Il profeta Sofonia, che scrisse sotto il regno di Sosias (616-586) nella sua tremenda e insuperabile descrizione del Dies-irae ci presenta la distruzione di Sodoma e Gomorra, e l'orrore di una catastrofe sismica; e Zaccaria dice XIV, 5: *... et fugietis sicut fugistis a facie terraemotus in diebus Oziae regis Iudae...* Questo è il terremoto narrato da Amos.

La grande estensione appunto di tali terremoti ci fa dubitare che il loro punto di partenza sia da ricercarsi nelle pianure di Mesopotamia. Il nome di Arbacha, che corrisponde al greco Arrhapachitis, all'armeno Albak, ci porterebbe forse nei monti più vicini allo Zab superiore, e così verso la regione dei laghi Van e Urmiah così spesso colpita da terremoti.

Il deserto siriano a N. e a W. è delimitato da due importanti zone, di cui da secoli è cognita l'attività sismica.

La prima zona comincia sul Mediterraneo presso Antiochia. Questa infelice città fu il teatro di quella tremenda catastrofe del 13 dicembre 115 descritta da Dione Cassio, alla quale fu presente l'imperatore Traiano: nel mese di maggio 518 da un terremoto un po' più leggero fu ancora distrutta, il 29 novembre 528 fu pure abbattuta, e il 31 ottobre 589 fu di nuovo la tomba di migliaia di uomini. Dopo è stata più volte colpita. Da Antiochia questa zona sismica si estende verso Aleppo e Mamedj (Hierapolis), traversa l'Eufrate, e da Urfa (Edessa) presumibilmente continua nella direzione di Diarbekr verso il monte Nemrud o Sipan Dagħ al margine settentrionale del lago Van. Da essa dipesero le grandi disgrazie degli anni 715, 995, 1003, 1091, 1114, 1156, e molti altri grandi terremoti; nel nostro secolo citerò soltanto le rovine d'Aleppo del 1822. Questa zona entra nel dominio di quel lavoro bellissimo, che H. Abich ha pubblicato poco fa sui terremoti dell'altipiano armeno; nel qual lavoro questa zona di catastrofi sismiche è considerata come un indizio di un sistema di fratture nella crosta terrestre molto complicato e nascosto nelle profondità.

Proprio in vicinanza della città d'Aleppo questa zona è attraversata da una seconda zona che si estende verso SSW. la quale sembra essere in relazione colla faglia del Giordano, e anche colla linea della costa siriana. Essa ha principio nella regione di Malatiah all'Eufrate superiore, e corre da Aleppo per Hamah (Epiphania) verso Homs (Emesa) e da lì presumibilmente lungo i due lati dell'Anti-libano si spinge per Baalbek e per Damasco più avanti verso Sud. Sulla parte nordica

di questa zona abbiamo eccellenti notizie pei dati che lo scrittore arabo As-Soyúti ci ha trasmesso sopra una serie di moti sismici cominciata con un potente terremoto nell'anno 552 Hedschra (1158 d. Cr.; secondo altri invece il 551 Hedschra). Anche Hoff ha raccolto dei dati su questi movimenti, e ne rileva che essi si manifestarono sopra una linea di 4 gradi di latitudine. Secondo As-Soyúti le scosse sarebbero cominciate a Nord, dopo poi si sarebbero avanzate verso Damasco, e quindi tornate di nuovo indietro verso Aleppo e Hamah.

Da queste due zone che circondano il deserto siriano, e si incrociano presso Aleppo sono forse stati originati quei fatti che nel 763 av. Cr. e negli anni seguenti commossero l'Assiria e spaventarono la Palestina, e che sono notati nelle liste della reggenza assira, e annunciati nei libri dei profeti.

Non mi sembra però probabile che quei terremoti che precessero quali avvertimenti il Diluvio e lo accompagnarono, siano stati originati da queste zone. Schläfli nel suo certo breve soggiorno in Mesopotamia, ha imparato a conoscere soltanto quei terremoti, che giungevano, come di contraccolpo, nel paese da lontano sia dal Nord, sia dal Sud; forse dallo spesso colpito Schiras in Persia.

I terremoti del Diluvio ci fanno supporre una origine meridionale, forse nel golfo persico.

Grandi mutamenti nell'atmosfera, pioggia torrenziale, e temporali e tenebre accompagnarono il terremoto. Le tenebre non eran come quelle p. es. che vennero per breve tempo durante il terremoto di Lisbona; originate dai detriti e dalla polvere della città che rovinava, trasportati vorticosamente per l'aria. Neppure sarebbe ammissibile un'oscurità originata dalle ceneri di una eruzione vulcanica. Sono quelle invece le tenebre del sopraggiunto ciclone.

La strada del ciclone dell'ottobre 1842, le cui ultime tracce sembrano giungere forse sino verso l'isola Bahrein, lascia aperta la via alla supposizione, che anche partendo al solito dalle Andamane, un ciclone possa penetrare nel golfo persico. (2)

L'undecimo mese, al quale secondo l'idea di Rawlinson corrisponde quest'undecimo canto, non è sacro ad Êa, il Dio del mare, o agli Anunnaki, gli spiriti sotterranei, ma a Rammân, il Dio delle tempeste; la traduzione letterale del nome akkadico è: " Mese della maledizione delle piogge „ o più brevemente: " Mese della maledizione „.

Non è senza interesse per la intelligenza di questi grandiosi fenomeni il ricercare come sia diversa l'impressione che essi producono sui vari strati e i vari rami della specie umana.

Nelle isole Andamane, così spesso colpite da terremoti, e che noi conosciamo come punto di partenza della maggior parte dei cicloni indiani, si conserva appartato un piccolo resto della popolazione originaria. Neppure sino al culto del Sole si sono elevati quegli uomini. Un demone dei boschi, riconoscono essi, Eremchangala che è causa dei terremoti, e un demone del mare, Juruwinda. Una paura straordinaria di questi due è l'unico effetto prodotto in essi da tali catastrofi. Essi ci mostrano la creatura nuda, tremante, paurosa in faccia alle grandi forze naturali.

Osserviamo come si comportarono individui prossimi a questi nella scala della cultura. Il 10 luglio 1862 fu colpita da un terremoto Acera sulla costa di Guinea, e una vasta estensione della regione vicina. Il mercante olandese Euschart si trovava quel giorno ad Abomey, la capitale del regno di Dahomey. Sulla piazza del mercato si teneva consiglio. Quivi sopra un trono sedeva il re, circondato dalle sue amazzoni armate; egli dichiarò che lo spirito di suo padre aveva scosso la terra, perchè non si seguivano più gli usi antichi. Tre capi, prigionieri di guerra, furono allora giustiziati, perchè andassero a riferire allo spirito del morto, che d'allora in poi gli usi antichi sarebbero stati eseguiti con maggiore esattezza.

Sui gradini più elevati della scala sociale l'opinione varia secondo l'educazione e l'occupazione di ciascun individuo.

Ecco là per primo il superbo guerriero. Il 4 settembre 1596 avvenne una forte scossa a Kiyoto e Osaka nel Giappone.

Il forte di Fushimi, molte case di Kiyoto, e anche il tempio nel quale era posta la statua del Dio Daibuzu rovinarono. Allora, così racconta Edmondo Naumann, il guerriero Taiko Toyotomi Hideyoschi si recò al tempio di Daibuzu, si pose ritto innanzi all'idolo abbattuto, e con adirate parole cominciò a scagliar accuse contro il Dio così debole, che invece di difendere il paese, non era stato neanche buono a mantenersi egli almeno in piedi; prese poi arco e saette, e tirò contro la statua.

Molto diversamente giudica il naturalista. Nel 62 o 65 d. Cr. Apollonio di Tyana era nell'isola di Creta, Mentre egli, sulla costa che guarda il mar di Sibia, presso un contrafforte vicino a Festo, parlava con alcuni uomini, che su quel monte adoravano la Divinità, avvenne ad un tratto un terremoto. Il tuono, dice Filostrato, non rumoreggiava dall'alto delle nubi, ma nel profondo: il mare si ritrasse almeno sette stadi, in modo che la turba temeva, che il mare ritirandosi non portasse con sè il tempio ed essi tutti. Ma Appollonio disse: " State quieti; il mare ha partorito una terra „. Dopo pochi giorni si seppe, che in quel tempo stesso un'isola si era alzata dal mare tra Thera e Creta.

In modo diverso pure giudica la moltitudine. Nel terrore generale sparisce non solo il naturale coraggio e lo spirito di osservazione, ma anche la più volgare prudenza. Le cose le più contrarie allo scopo vengon attuate; ci si rifugia ai piedi di colonne che minaccian rovina, come sulla piazza del mercato di Sillein in Ungheria il 15 gennaio 1848; e secondo le cifre di Hamilton nel terremoto di Calabria del 5 febbraio 1783, 2473 persone persero la vita, soltanto pel fatto di esser fuggiti sul piano della spiaggia del mare presso Scilla. Dopo alcuni terremoti recenti è avvenuto spesso, che si ponessero dei catini d'acqua soltanto per vedere, se le oscillazioni della terra realmente continuavano, poichè si credeva di sentirle continuamente; e chi legge le descrizioni della paura degli scampati al gran terremoto di Lisbona del 1 settembre 1755, si può chiaramente immaginare lo stato dell'animo di Hasis-Adra dopo il Diluvio.

Al primo raggio di sole, e alla sola apertura di una finestra egli scoppia in un gran pianto. Salvato, fa tosto sacrificio agli Dei. Il ricordo dell'aver egli costruito la sua barca senza curare lo scherno della moltitudine ⁽³⁾, gli fa vedere negli inalzamenti del flutto allora osservati, gli avvisi del benigno Dio del mare; e l'arcobaleno luminoso dopo tali tenebre vien considerato come segno di pace nella natura, e di perdono degli Dei.

Tutto ciò che vi è di meraviglioso in questo racconto si spiega coll'effetto di quelle impressioni, che anche oggi in simili fenomeni commoverebbero il cuore dell'uomo; e mentre riconosciamo questo, ci apparisce pure come da quei tempi remoti, e con tale mutamento di cose, pure il sentimento umano non si sia poi di tanto cambiato. E appunto in questi tratti il racconto semplicissimo di Hasis-Adra porta il carattere di una toccante verità.

Il capitano di mare, dopo esser felicemente sfuggito colla sua nave disalberata alla violenza di un ciclone, osserva più tranquillo il salire della pressione; ma ciò che il suo cuore ha provato, non è scritto nel libro di bordo. Quando però il 10 ottobre 1780, mentre tra Francia ed Inghilterra ferveva la guerra, il gran ciclone passò seminando rovine sulle Antille, sbaragliò e distrusse le due flotte, e gettò due navi inglesi sulle coste della Martinica, il comandante francese Marchese de Bouillé rimandò gli inglesi salvati al Governatore nemico di Santa Lucia, dicendo che egli non poteva tener prigionieri le vittime di una catastrofe generale. Era appunto quel senso di annientamento di ogni litigio umano, quella opprimente coscienza della umana piccolezza in presenza alle grandi potenze della natura, che forma il momento religioso nella leggenda del Diluvio.

Questo momento però è così interamente rispondente alla natura umana, che la tradizione di questo potente fenomeno fu volentieri accettata nei sacri miti dei più diversi popoli: e appunto per la grande estensione di questa leggenda ci resta più difficile delimitare esattamente la località dove avvenne il fatto.

Nel grande gruppo delle leggende sul Diluvio si trovano anche delle tradizioni le quali trattano dell'origine del mare; rientrano quindi nel gruppo dei miti cosmogonici, e sono affatto estranei al Diluvio. Questo è il caso, tra i miti dell'antico continente, di quella grande pioggia la quale, secondo il capitolo VII del Pehlevi Bundehesch, avrebbe originato le acque della terra. Un esempio di un tal mito cosmogonico nel nuovo continente è la leggenda degli abitatori delle Antille, di quei fratelli cioè, che trovano una zucca a fiaschetto, dalla quale rotta, si versano enormi quantità d'acqua. Nell'esposizione originale di questa leggenda dataci da Pietro Martire si rileva che non si tratta qui di un Diluvio punitore e distruttore, ma soltanto dell'origine dei mari, che riempiono le profondità della terra sino ad allora asciutte, e che fecer divenire isole le montagne.

Presso molti popoli americani si riscontrano tradizioni sul Diluvio, accompagnate da tali minute particolarità tolte dal racconto biblico, che vi si riconosce subito l'influenza dei missionari; ciò che è stato fatto avvertire spesso, specialmente da Waitz.

Un'altra quantità di ricordi è stata originata dall'inondazioni dovuto a cause sismiche; e queste si riscontrano specialmente sulla costa occidentale dell'America del Sud, e nelle isole oceaniche sino alle Fidji. Di tali tradizioni è già stato parlato trattando delle oscillazioni degli oceani durante i forti terremoti. Réville ha recentemente raccolto le leggende oceaniche sul Diluvio.

Eliminando tutte queste tradizioni inutili per un giudizio sull'estensione del fenomeno mesopotamico, pure ci resta nel vecchio continente un numero assai rilevante di narrazioni, che si possono dividere in vari gruppi.

Il primo gruppo, quello cioè dei racconti i più prossimi al fatto stesso, è formato dall'epopea d'Izdubar, e dai frammenti di Berossus.

Il racconto di Berossus però cita un particolare del quale l'epopea d'Izdubar tace affatto, cioè il seppellimento e il ritrova-

mento successivo delle scritture nella città del Sole, Sippara. Eusebio scrive: *Mandavisse, ut libros omnes primos nimirum, medios et ultimos, terrae infossos in solis urbe Sipparis poneret.* È difficile dire se Berosus si sia servito di un'altra fonte più completa di quella a cui attinse l'autore dell'epopea d'Izdubar, oppure se si tratti di un fatto posteriore. Il seppellimento di documenti nelle fondamenta di tempi e di palazzi era di uso antichissimo a Babilonia. Come ci annunzia un cilindro del re Naboned (circa 550 av. Cr.) da poco trovato, e descritto da Pinches, il re Nebukadnezar (604-561) aveva invano fatto ricerca di antiche scritture sotto il tempio del Sole, Ê-bara a Sippara. Soltanto più tardi il suo successore Naboned riuscì a trovare a 18 braccia di profondità un antichissimo cilindro: " Il cilindro di Nàram-Sin, figlio di Sargon, che nessuno dei re, che per 3200 anni furono prima di me, aveva mai visto, mi ha scoperto Samas, il gran re di Ê-bara, alla casa, alla sede della gioia del suo cuore „.

Questo ci riconduce all'anno 3750, e ci mostra il vecchio re Sargon I, del cui abbandono nel fiume fu già parlato, circa al 3800 av. Cr.

Il secondo gruppo è formato dalle due descrizioni fuse insieme nella Genesi del Jehovista e dell'Elohista. La loro grande corrispondenza coi dati delle narrazioni del primo gruppo relativamente agli avvertimenti, all'inverniciatura dell'arca coll'asfalto, e sino all'arcobaleno è evidente. I dati numerici sugli animali, come sulla durata del fenomeno nei racconti della Genesi sono diversi da quelli dell'epopea d'Izdubar, talvolta anche in opposizione. Il narratore jehovista dà alla cifra " sette „ il significato che ha così spesso nei racconti assiri e anche nell'epopea d'Izdubar. Vi sono poi anche altre diversità minori, così p. e. rispetto agli uccelli mandati fuori; si ha inoltre che il Noè babilonese, come nella Genesi V, 23 è detto di Enoch, viene trasportato tra gli Dei.

La maggiore diversità però sta in questo che tutta l'esposizione della Genesi ha preso quel colorito, che doveva pren-

dere la tradizione in un popolo continentale. Spesso è stato mostrato, che in essa si vede la poca pratica del mare. Manca infatti il timoniere, e di una nave si fa una scatola, una cassa, un' "Arca „. Naturalmente non si fa qui parola di tutte quelle divinità, che stanno a rappresentare le forze naturali; ma, specialmente nel racconto jehovista, è molto spiccata la diretta e personale ingerenza della Divinità; come nella chiusura dell'Arca (Gen. VII, 16). Inoltre il consiglio degli Dei, anteriore al Diluvio, e il discorso pacificatore di Èa a Bèl, pel quale dopo la catastrofe si risveglia il sentimento della pietà, si trasformano nella Genesi in due soliloqui di Jehova, i quali da gran tempo hanno meravigliato gli studiosi della Bibbia. Perfino l'edizione Tischendorf, di cui ci siamo sin qui serviti, non ha il testo originale. Essa dice VIII, 21: *Odoratusque est Dominus odorem suavitatis et ait:* e secondo S. Gerolamo dovrebbe invece essere scritto: *et ait ad cor suum:* corrispondente alla traduzione di Lutero: *E il signore odorò il grato profumo, e si disse in cuor suo: Io non voglio ecc.*

Per noi la descrizione della Genesi non è originale, ma ricavata da altre traduzioni; si riferisce però indubbiamente al fenomeno stesso.

Passiamo ora ad un terzo gruppo; gli Egiziani. La domanda sull'esistenza di una tradizione locale sul Diluvio è qui di speciale importanza, poichè il fenomeno accade sull'Eufrate inferiore in un tempo in cui già da molti anni fioriva la coltura egiziana; e la mancanza di una tradizione locale può essere ritenuta come una prova che la catastrofe non ha raggiunto il bacino mediterraneo. Il poco che tra le leggende egiziane si può riferire al Diluvio, è così diverso, che i pochi punti di contatto possono esser considerati solamente apparenti o fortuiti; od è necessario ammettere una trasformazione completa della tradizione forestiera, dovuta all'influenza dei sacerdoti.

Il mito più chiaro della mitologia egiziana che può riferirsi al nostro fenomeno, è il racconto della distruzione degli uomini fatta dagli Dei; racconto che ricopre le quattro parti

di una camera appartata della vasta tomba di Leti I (1350 av. Cr.) a Tebe.

Il suo contenuto, secondo Brugsch, è del seguente tenore :

Ra chiama gli Dei a consiglio. Ra è adirato cogli uomini, e si lamenta che facciano dei discorsi contro di lui. La loro distruzione è stabilita. La Dea Hathor compie l'opera. Essa torna, ed è lodata da Ra; sino ad Eracleopoli il paese è ricoperto di sangue.

Ra chiama a raccolta tutti i suoi messi, e fa empire molti vasi di sangue umano e di frutti di mandragola; settemila vasi di questa bevanda sono preparati. Ra viene la mattina dopo per vedere questi vasi. E non erano stati annientati quegli uomini che a tempo debito erano andati innanzi. Allora dice la Maestà di Ra: Questi sono i buoni! Io difenderò per questo gli uomini. Ra comanda che nella notte siano vuotati quei vasi, e i campi sono così coperti di liquido. La mattina arriva la dea, e vede i campi inondata; essa è contenta e beve di quel liquido; la sua anima si fa lieta, e non riconosce gli uomini.

La continuazione del mito, la nascita cioè delle sacerdotesse, il pentimento successivo di Ra, il ricomparire degli uomini, il loro rappacificamento con Ra, la distribuzione a ciascuno degli Dei delle sue speciali attribuzioni fatta da Ra, che si ritira, tutto ciò non ha che fare col diluvio. Piuttosto possiamo domandarci se in quanto sopra è citato si possa trovare un legame col Diluvio. Il consiglio degli Dei, l'annientamento degli uomini, il perdono della Divinità, e anche la promessa di non ripetere la rovina son tutte cose che qui pure si riscontrano. Ma la catastrofe è di un altro genere affatto. Hathor eseguisce la sentenza sanguinosamente. Soltanto dopo si parla di inondazione, ma non certo nel senso di un gastigo.

È stato però osservato, che l'idea di inondazione per il popolo egizio è talmente collegata con quella di ricchezza e di vita, che deve essere stato necessario variare la tradizione originaria, e dare un'altra forma al giudizio di Ra. Ma da tutte

queste esposizioni risulta chiaramente che la grande catastrofe non si estese all'Egitto, e che nel popolo egizio non era il ricordo di un fatto simile, quantunque i racconti caldei possano essere venuti a conoscenza dei sacerdoti, e se ne possano riscontrare le tracce nel mito suddetto. Brugsch nega ogni relazione col mito caldeo.

Il quarto gruppo è formato dai racconti greco-siriaci. Per il loro confronto bisogna fare osservazione a questo, che, come oggi, pure nell'antichità le coste del Mediterraneo orientale, e anche le costiere greche sono state spesso ricoperte da ondate di origine sismica. Un esempio di un maremoto sismico, che ricorda molto l'annegamento del Faraone Menephtah, accadde nel 479 av. Cr. quando Artabazo assediava Potidea, che chiudeva l'entrata alla penisola di Pallena, il contrafforte occidentale della Calcidica. Racconta Erodoto, che gli assediati un giorno si accorsero di una straordinaria bassa marea, cosicchè il golfo divenne praticabile, e che avendolo essi voluto attraversare verso Pallena furono ad un tratto sopraggiunti dal flutto che ritornava. Dall'Ellade sono conosciute altre numerose inondazioni simili, che son penetrate ancor più dentro terra: J. Schmidt ne ha enumerati vari esempi.

In tali condizioni si comprende facilmente come nell'Ellade si abbiano numerose tradizioni di inondazioni ripetute, come ad es. quella di Ogige, di Deucalione, di Dardano; e inoltre anche tradizioni isolate nelle isole, come in Samotracia. A tutte queste leggende, specialmente però a quella del Diluvio di Deucalione furono poi annesse parti staccate del racconto caldeo, come la salvazione in un'arca nuotante, il portare seco gli animali, l'invio degli uccelli, e specialmente della colomba. Caratteristico di questo gruppo però è la sua relazione con una cerimonia di cui qui non si è ancora parlato. Questa è la festa dei morti, che in memoria del Diluvio di Deucalione si celebrava annualmente ad Atene il 13 del mese Anthesterion. In questa cerimonia, secondo le descrizioni del Mommsen, aveva luogo l'offerta dell'acqua, Hydrophoria, e l'apportare di miele

e di farina a quella cavità nella quale si credevano inghiottite le acque del Diluvio di Deucalione. Questa voragine è posta al di fuori del territorio Leneo; non lontano, e però presso al tempio di Zeus olimpico.

Una completa interessante ripetizione della cerimonia dell'Hydrophoria si riscontra nella descrizione del Tempio di Jerapoli all'Eufrate superiore, contenuta nello scritto attribuito, non so se a torto o a ragione, a Luciano: " Della Dea siriana „. I punti corrispondenti dicono così:

" I più dicono che Deucalione Sisite abbia edificato il tempio; quel Deucalione nel cui tempo accadde la grande inondazione. Di Deucalione ho udito anche in Ellade la leggenda, che su lui raccontano i Greci, e che è del tenore seguente... „. Qui si racconta la malvagità del primo uomo. " Per loro castigo „ continua la narrazione, " avviene una gran disgrazia. A un tratto la terra fa scaturire dal suo grembo una gran quantità d'acqua; poi vengono potenti scosse di pioggia, i fiumi gonfiano, e il mare si estende sulla terra, sinchè tutto fu acqua, e tutti gli uomini morirono; solo Deucalione scampò alla rovina generale. Egli aveva costruito un'arca, e tutta la sua famiglia, e una coppia di tutti gli animali vi erano entrati. E tutti navigarono in quell'arca, sinchè vi fu acqua. Così narrano gli Elleni di Deucalione „.

" A questa leggenda però gli abitatori della città sacra aggiungono una storia molto importante: essi dicono che nel loro paese si formò una grande spaccatura nella terra, e questa assorbì tutte l'acque: Deucalione poi dopo questo fatto inalzò altari, e costruì il tempio in onore della Dea, presso alla spaccatura. Questa spaccatura io l'ho vista; sotto il tempio se ne ha una molto piccola. Se essa anticamente era grande, e poi sia divenuta così, io non so; quella che ho visto io era piccola. Per ricordo di questo fatto essi fanno le cerimonie seguenti. Due volte l'anno vien portata nel tempio dell'acqua di mare. Questa non vien portata dai soli sacerdoti, ma da tutta la Siria e l'Arabia, e anche dal di là dell'Eufrate parte la gente

verso il mare e tutti portan acqua : prima la versano nel tempio, poi essa scorre verso la spaccatura, e la piccola apertura ne assorbe una grande quantità. E durante questa cerimonia essi dicono, che Deucalione racchiuse questa apertura nel tempio a ricordo della catastrofe, e della sua utilità. E questa è la loro antica leggenda sul tempio „.

Più avanti si legge, che nell'interno del tempio è posto un simulacro della Dea, ed un altro di quel Dio, “ che quantunque sia Zeus, essi però chiamano con un altro nome. Fra questi due simulacri è situata un'altra statua, dorata..... Gli Assiri la chiamano il “Segno „, ma non le danno alcun nome speciale, nè sanno della sua origine, nè chi rappresenti. Alcuni la credono Dionisio, altri Deucalione, altri ancora Semiramide. Sul suo capo infatti sta una colomba d'oro, e per questo si vuole che sia Semiramide. Due volte l'anno essa vien portata al mare, per prendere l'acqua di cui si è sopra parlato „.

Ho citato estesamente questo racconto, perchè esso ci dà un eccellente esempio della fusione e dell'accumulamento dei miti. Non ci dimentichiamo che Luciano visse nel secondo secolo dell'Era nostra, e che perciò il suo racconto è straordinariamente più recente di tutti quelli sin qui citati. Subito al principio il nome di Deucalione è unito a quello grezzato di Hasis-Adra o Xisutros, qui Sisites. Quantunque il tempio sia situato all'Eufrate superiore, la prima parte del racconto vien citata espressamente come leggenda ellenica, la quale però corrisponde perfettamente nelle sue parti principali coll'antica tradizione caldea. Persino le tre forme diverse dell'inondazione, dalla terra cioè, dal cielo e dal mare, vengon qui ricordate.

Nella seconda parte l'Hydrophoria collega col mare il tempio, che tanto dentro terra era costruito. In questo possiamo riconoscere forse un uso ellenico, quantunque la colomba posta sul capo di quella divinità, che doveva fare due volte l'anno un viaggio al mare, ci riconduca interamente alle tradizioni caldee.

Così la leggenda del Diluvio dall'Eufrate inferiore si è

estesa per varie strade alla Grecia, e da lì, come sembra, è tornata all'Eufrate superiore; e nasce la questione perchè sian citate delle fessiture assorbenti proprio qui a Jerapoli. Simili fessiture si son formate veramente dopo dei terremoti; il prosciugamento del Lago Eulalia nella valle del Mississippi, è avvenuto per una causa simile, e Jerapoli (Mambedj) è posta infatti sulla grande zona sismica di Antiochia. Ma la vera ragione dev'esser più semplice. Rey ha veduto le rovine di questo tempio e ne ha pubblicato un piano; si vedono sempre i resti anche di una piscina dentro le mura del tempio, ricordata nelle descrizioni antiche: e Rey suppone che correnti d'acqua sotterranee, che si presentano nella città, abbiano originato la favola delle voragini che assorbono il diluvio, e quindi l'edificazione del tempio.

Non è mia intenzione di continuare i confronti di tutte le altre narrazioni derivate in tutto od in parte dalla tradizione caldea.

Abbiamo imparato a conoscere 4 gruppi. Il primo, dell'epopea d'Izdubar e dei frammenti di Berosus, è il più prossimo al fenomeno. Il secondo gruppo, formato dai due racconti della Genesi, è pure assai prossimo, e differisce solo dal primo per la minor conoscenza della navigazione. Il terzo gruppo è quello egiziano; fu citato un solo mito, ma il più interessante. La distruzione degli uomini non vien eseguita da un Diluvio, ma dal sanguinoso giudizio di Hathor; un Diluvio apparisce dopo la punizione, ma ha una parte secondaria. La relazione di questo racconto colla leggenda caldea è molto piccola, e può anche esser messa in dubbio. Il quarto è il gruppo più recente. Esso è costituito dalle tradizioni greco-siriache; queste si riferiscono a varie inondazioni, probabilmente sismiche, che colpirono parti della Grecia, o anche tutte le sue coste, e alle quali furono annessi alcuni particolari caldei, e la cerimonia dell'Hydrophoria.

Da nessuna di queste tradizioni risulta che il fenomeno si sia esteso da Surippak sino al bacino mediterraneo.

Il grande sviluppo della cultura egiziana, e la indipendenza dei suoi miti, fanno al contrario ritenere con molta sicurezza che il bacino mediterraneo non fu raggiunto.

Nei libri sacri degli Indiani si hanno numerosi racconti di una grande inondazione, tanto nel Rig-Veda, quanto nelle scritture più recenti. Per varie ragioni si ritiene che Satyavrata nel Bhâgavata-Purâna, a cui da Vischnu viene annunciata la grande inondazione, e che è salvato come custode delle sacre scritture, corrisponda a Hasis-Adra; e in questo racconto si aggiunge anche il noto episodio di Berosus sulle sacre carte. Ma tutti questi punti di contatto colla tradizione caldea, riconoscibili nelle forme più svariate, ci mostrano, che la tradizione fu quivi importata, non che l'inondazione vi sia giunta. Nella più antica di queste narrazioni, nel Rig-Veda, il salvato Manu Vaivasvata assicura la sua nave ad una delle alte punte dell'Imalaya: questa cosa sola dimostra che la leggenda è stata importata dal di fuori, ed è stata localizzata in un modo affatto contrario alla verità.

Di maggiore importanza mi sembrano i racconti chinesi.

Gli scritti dei chinesi arrivano sino a 3000 anni av. Cr.: questi antichi libri sono memorie storiche; senza ricorrere al meraviglioso, senza la pretesa ad una rivelazione superiore, essi raccontano ad uno ad uno con uno stile semplice e chiaro gli avvenimenti. Il più importante tra questi libri è lo Schû-King, il libro dei documenti storici; esso fu aperto ai lettori europei per gli ottimi lavori di Legge.

Dallo Schû risulta che sotto il regno dell'imperatore Yâo una grande e disastrosa inondazione ricoprì la China. L'anno del principio del regno di Yâo secondo Legge è il 2357 av. Cr.; e siccome G. B. Biot da alcuni dati astronomici crede esatta questa data accettata quasi da tutti, l'ammetteremo anche noi. Yâo regna settant'anni. Egli chiama prima di tutti Khwân per guidare il disgraziato stato di cose apportato dal Diluvio.

Nello Schû, Can. di Yâo, 3, dice il punto corrispondente: *Il Tî dice: " O principe dei quattro monti, rovinose nel loro scor-*

rere sono l'acque della inondazione. Nella loro grande estensione circondano i monti, e coprono le più grandi cime, minacciando il cielo colle onde loro, cosicchè il basso popolo è scontento e si lamenta. Dov'è un uomo valente, a cui possa dar l'incarico di governare in questo disgraziato stato di cose? „.

Per nove anni Khwàn si affatica indarno; allora è chiamato Yü. In otto anni egli conduce a termine opere importanti, egli dirada i boschi, regola i fiumi, li racchiude dentro argini, apre le loro foci, procura nutrimento al popolo, e riordina, gran benefattore, l'impero.

La terza parte dello Schû è costituito dai libri di Hsiâ; nel primo sotto il titolo: " Yü-King „ o " Il tributo di Yü „, esso ci presenta non soltanto una più estesa esposizione dei lavori compiuti da Yü, ma anche il tentativo di una descrizione del paese, che enumera i fiumi, i monti, i laghi, e i mezzi di difesa delle provincie. È impossibile leggere questi venerandi avanzi di una vetusta reggenza, senza sentirci in cuore una venerazione grande per una nazione che possiede tradizioni tali di tempi così antichi, e che nei secoli seguenti tributa i massimi onori a queste opere di pace e di popolare benessere.

F. von Richthofen, per la sua vasta conoscenza del paese, ha potuto arguire dal Yü-King il corso dei fiumi 4000 anni fa, e dimostrare che d'allora in poi la grande pianura non ha sofferto grandi variazioni, eccettuate quelle dovute alla mano dell'uomo, allo spostamento del corso del fiume Giallo, ed all'accrescimento della costa. Al tempo stesso Richthofen con grandissima chiarezza è riuscito a dimostrare esattissimi i dati sulle grandi opere di Yü; dati la cui esattezza era stata messa in dubbio da Ed. Biot, ed anche, sino ad un certo punto, da Legge stesso.

Alcuni missionari hanno supposto in questa inondazione, quantunque molto limitato, un collegamento col Diluvio biblico; Bunsen molto acutamente si è opposto ad una simile idea; negli ultimi tempi s'inclina a credere l'inondazione originata dal Ho, il quale anche più tardi ha prodotto tali e tante rovine, da

esser chiamato: “ La piaga della China „. Di tal parere si mostra anche Legge. Nulla è più verosimile di questa supposizione. Purtroppo i dati sull'origine dell'inondazione, quantunque le descrizioni de' viaggi e dell'opere di Yü siano esattissime, sono molto incompleti. Si vede soltanto, che per molto tempo delle stese d'acqua si trovavano sulle terre, e che il mutamento nelle condizioni della vita fu rilevante.

Questi fatti si posson riunir tutti insieme nel modo seguente:

1. Il fenomeno naturale conosciuto col nome di Diluvio universale accadde all'Eufrate inferiore, ed era accompagnato da una estesa e disastrosa inondazione della depressione mesopotamica.

2. La sua causa principale fu un forte terremoto originatosi nella regione del golfo persico o al Sud di questa, e preceduto da altre scosse più deboli.

3. È probabile, che nel periodo delle scosse più forti, un ciclone di Sud si sia avanzato dal golfo persico.

4. Le tradizioni degli altri popoli non ci danno assolutamente ragioni per ammettere che l'inondazione sia uscita dai dintorni del corso inferiore dell'Eufrate e del Tigri, e molto meno che si sia estesa a tutta la terra. Questo fenomeno è quello che, sotto svariatissime premesse, per uno strano collegamento di fatti, o per essere stato migliaia d'anni impresso nella memoria dei popoli, ha fatto sì che dai sacri libri dell'antichità siano stati accettati dalla scienza geologica espressioni come: “ Diluvio „, “ Formazione diluviale „, “ Deposito diluviale „. Il fenomeno è stato violento e disastroso, ma le prove di una sua grande estensione mancano. In poche parole i suoi caratteri principali ecco come si delineano in faccia al geologo:

In una fase sismica molto continuata, l'acqua del golfo persico spinta dai terremoti si è più volte riversata sulle basse terre alla foce dell'Eufrate. Avvertito da questi moti del mare, un uomo prudente, Hasis-Adra, cioè il sapiente timoroso di Dio, costruisce una nave per salvare i suoi, e la calafata di asfalto,

come si usa fare anche oggi presso l'Eufrate. I movimenti della terra aumentano; egli si rifugia coi suoi nella nave; le acque di fondo scaturiscono dalle fessiture della pianura; una gran depressione atmosferica, indicata da temporale e piogge tremende, probabilmente un vero e proprio ciclone, inoltratosi dal golfo persico accompagna le manifestazioni maggiori della potenza sismica; il mare ruinoso irrompe sulla pianura, solleva la nave salvatrice, la trasporta molto dentro terra, e la fa approdare a quei contrafforti miocenici, che al disotto della foce del piccolo Zab delimitano a Nord e Nord-ovest la depressione del Tigri.

NOTE AL CAPITOLO PRIMO

1. MICH. STEF. DE ROSSI, *Meteorologia Endogena* 1882, II, p. 383-393; anche GRABLOWITZ, *Sulla relazione tra le altezze barometriche ed i moti microsismici*. Bull. Vulc. ital. VIII, p. 33; FAGIOLI e ROSSI, *Boll. Vulc. ital.* VIII, p. 105-106.

2. Il Corano narra di una distruzione punitrice a mezzo di Venti tempestosi; per es. LXIX, 6, 7: « *E perirono quelli di Ad per la potente tempesta di freddo vento, che Egli fece soffiare contro di loro non interrotto per sette giorni e otto notti. Puoi vedere il popolo abbattuto, come ruinati tronchi di palme; e puoi tu forse vedere dei sopravvissuti?* » Lo stesso dice LI, 41, 42; LIV, 19, 20.

3. È curioso che questo particolare, che manca assolutamente alla Bibbia e a tutti gli altri racconti precristiani, eccetto l'Epopèa di Izdubar, riappare nel racconto, del resto così incompleto, del Corano, XI, 40, 41: « *E così fece egli l'Arca, e quando i maggiori del paese gli passavano accanto, lo deridevano. Ed egli disse: Se voi ridete di noi, in verità vi dico che noi di voi rideremo, come voi ora fate di noi; e certo voi lo dovrete sapere.* »

CAPITOLO SECONDO

REGIONI SISMICHE SPECIALI.

Varietà nelle ricerche in questi studi. — Le Alpi nord-orientali. — L'Italia meridionale. — L'America centrale. — Supposto sollevamento del Chili. — Spinta degli oggetti. — Movimenti in un sedimento submarino. — Valparaiso, 1822. — Conception, 1835. — Valdivia, 1837. — Un sollevamento del paese non è dimostrato.

Vi son certo pochi fenomeni naturali su cui si abbia un numero maggiore di svariate tradizioni e di scritti, come i terremoti. I racconti, come si è visto nel capitolo precedente, rimontano sino ai tempi più antichi; ed ogni anno si accrescono. Ma purtroppo questi lavori, spesso di gran valore, vanno per vie troppo l'una dall'altra diverse. La maggior parte di essi, specialmente dei più antichi, descrivono i fenomeni di previsione negli animali, e la paura degli uomini; parlano quindi delle perdite di vite e di averi; hanno cioè colori vivi, ma dati poco esatti. Altri lavori, veri modelli di paziente e lunga diligenza, cercano una periodicità del fenomeno; ma due fatti rendono inutile ogni serio tentativo di tal genere, appena si tratti di un lungo spazio di tempo, e di numerosi terremoti. Il primo di questi fatti sta nella diversità delle tradizioni, diversità che supera di gran lunga i limiti possibili in questi lavori. Questi documenti poi si trovano in visibile dipendenza dello stato di coltura dell'umanità a quei tempi, e della esplorazione sempre più estesa di lontani paesi. Mallet nel 1858 ha mostrato in una piccola tabella come il numero dei terremoti conosciuti nei tempi moderni cresca enormemente; ed ha molto giustamente

attribuito un tale aumento alla maggior esattezza nei resoconti: per questa ragione in Europa il massimo delle scosse sismiche è stato raggiunto nel nostro secolo. Solo negli ultimi anni per i lavori di Edmondo Naumann e di J. Milne ci è stata offerta l'opportunità di conoscere le antiche tradizioni di terremoti nel Giappone. I numerosi dati che ci restano sul 7°, 8° e 9° secolo dell'era nostra ci dimostrano l'alto grado di cultura, che in questi secoli il Giappone aveva raggiunto; la causa dei pochi resoconti che ci sono stati tramandati del 12° e del 16° secolo, secondo Naumann, va ricercata anche qui nei moti politici, e nelle imprese guerresche che accaddero appunto in quei tempi. E per quale piccolissimo spazio di terra possediamo noi delle tradizioni un po' antiche! E mentre in migliaia di dati ricerchiamo una traccia della periodicità dell'avvenimento, non troviamo che le prove della nostra ignoranza.

Il secondo fatto consiste nell'impossibilità di avere una regola fissa per la scelta delle singole scosse da indicarsi, tra quelle di una fase sismica assai lunga. I casi, in cui il moto sismico si esaurisce per lungo tempo con una sola forte scossa, sono molto rari; ne è un esempio l'ultimo terremoto di Casamicciola. Più comunemente apparisce un'intera serie di scosse, accompagnate o no dal rombo sotterraneo, di intensità variabile, spesso anzi spostando di luogo in luogo, sopra una linea stabilita, il massimo dell'intensità; e un osservatore coscienzioso resta in dubbio quale dei numerosi moti più o meno violenti del suolo egli debba scegliere per porre nella sua tabella, onde vedere una relazione possibile tra i terremoti e la posizione della luna o del sole.

Un altro ordine di ricerche è stato fatto allo scopo di vedere l'esatta profondità e la posizione del radiante sismico, fondandosi su dati geometrici dedotti dall'ordine cronologico e dalla direzione delle scosse. Escludendo pure il contrasto tra la molta acutezza del metodo adoperato e la poca acutezza delle osservazioni, sulle quali, nella maggior parte dei casi, si fondano i calcoli, resta sempre la premessa, che questo radiante

sismico debba essere un luogo assai limitato nella profondità. Ma una tale premessa non è giustificata. Al contrario è molto più probabile, che nelle profondità abbiano luogo dei distacchi e dei mutamenti di posizione istantanei in grandi estensioni contemporaneamente. Aumentano pure i dati di fatto, che accennano ad una estesa contemporaneità nelle scosse. Così Whitney ritiene dimostrato che nel grande e molto istruttivo terremoto di Owen's Valley sul lato orientale della Sierra Nevada di California il 26 marzo 1872, la scossa principale, nella direzione dell'andamento della Sierra, sia avvenuta contemporaneamente per tutta l'estensione tra il 34° e il 38° lat.; mentre le vibrazioni laterali raggiungevano il centro della valle di San Joaquin in 2-3 minuti, quello della valle di Sacramento in 3-4, e la costa tra San Francisco e Los Angeles in 4-5 minuti.

Anche quando il 2 marzo 1878 tutto il Penjâb superiore, insieme ai paesi confinanti Banun, Kohât, Peshâwar e Râwalpindi sino a Lahore e Ferozpur, e sino sopra a Simla fu colpito da una scossa violenta, Wynne non riuscì a trovare variazioni importanti nell'ora della scossa, quantunque i due punti estremi di osservazione siano ad una distanza lineare di 732 km., e la natura degli strati sottostanti in questa vasta regione sia svariaticissima.

Similmente Heim per molti moti alpini ha dimostrato il contemporaneo apparire della scossa su vastissime estensioni.

Il terremoto del 4 luglio 1880 si stese dalle pianure del Po attraverso alle Alpi sino allo Schwarzwald. La maggiore estensione fu di 305 km. dal Sud al Nord, cioè da Vercelli a Lenzkirch; trasversalmente da Ginevra-Annecy sino a Poschiavo-Chur l'estensione fu di 280 km. Relativamente all'ora ci vengono date le cifre seguenti:

Zurigo	9 ^h 20'—	San Bernardino	9 ^h 19'30"
Wattwyl (Toggenburg).	9 ^h 19'40"	Brieg (Wallis).	9 ^h 19'40"
Einsiedeln	9 ^h 20'30"	San Leonardo a Sitten	
Andermatt	9 ^h 20'47"	(Wallis)	9 ^h 20'35"
Airolo	9 ^h 21' 3"	Ginevra	9 ^h 20' 4"
Faido (Ticino).	9 ^h 20' 3"	Lugano	9 ^h 19'—

Heim ne deduce, che la causa del terremoto del 4 luglio 1880 va ricercata in un contemporaneo ed uniforme movimento regressivo di una parte molto estesa della crosta terrestre, e non in un urto potente, locale.

Tre osservatori adunque, in tre diverse parti della terra, indipendentemente l'uno dall'altro, sono giunti alle stesse conclusioni.

Da che si è cominciato a dare maggiore attenzione a questi fenomeni, e dacchè l'aumento della cultura popolare, e le comunicazioni della stampa hanno reso possibile una osservazione più estesa, si è visto che nell'Europa centrale i moti della terra sono molto più numerosi di quello che non si supponesse. Così per es. da che si sono organizzate le osservazioni nella Svizzera, dal novembre 1879 sino alla fine del 1880, cioè in 14 mesi, Heim ha contato 69 scosse nelle Alpi svizzere. Più numerosi sono i terremoti in altre parti del globo, nel Giappone specialmente, dove Milne dal 9 ottobre al 31 dicembre 1881, cioè in 73 giorni ha contato 36 terremoti nello spazio di paese tra Tokio e Kamaishi; lo stesso segue certamente anche in altre regioni vulcaniche; e per queste osservazioni non si è scelto una fase passeggera di aumento nell'attività sismica, ma, per quanto noi possiamo giudicare, lo stato normale o quasi delle cose. In tali cifre si tratta pure soltanto di quelle scosse, sensibili anche senza speciali strumenti. Siamo ormai già arrivati al punto, che alcuni osservatori credano che la quiete apparente della crosta terrestre per alcune regioni sia un'impressione prodotta solo dalla mancanza di un'osservazione esatta; ma che strumenti assai sensibili dimostravano, come tali regioni fossero in un commovimento continuo ⁽¹⁾. Altri giunsero pure a supporre di poter riconoscere nelle oscillazioni degli strumenti dell'osservatorio di Pulkowa, l'effetto delle scosse dell'America del Sud, propagatesi sin là attraverso a tutta la massa del pianeta.

In questo ramo della scienza, come pure in altri, il progresso delle cognizioni può aspettarsi soltanto da una osserva-

zione dei fatti il più possibilmente esatta. Moti di una intensità media, che incutano solo poco terrore, e facciano poco danno, o almeno solo in ristretti spazi, possono darci dei dati altrettanto importanti, quanto le catastrofi le più terribili. Un sufficiente numero di osservatori intelligenti deve essere però distribuito per tutto il paese, la cui struttura fondamentale deve esser ben conosciuta. Inoltre poichè le differenze nei movimenti sono grandissime, e numerose sono le cause d'errore, è necessario di fare un confronto tra un gran numero di terremoti di una regione limitata. Si tratta adunque di un lavoro già innanzi ponderato e diviso.

Per fortuna un lavoro simile da alcuni anni è stato attivato qua e là. La commissione geodinamica svizzera promette, a giudicarne almeno dai fascicoli pubblicati, di darvi un importante contributo. Nell'Alpi orientali, in Italia e nel Giappone si prende moltissima parte a ricerche simili, e c'è da aspettarsi sicuramente, che tra pochi anni si parlerà sulla questione della relazione tra la struttura della crosta terrestre e i suoi movimenti, con esattezza e sicurezza molto maggiore di quello, che non tenti di fare io nei seguenti capitoli.

Ma già alcuni fatti ci si presentano con bastante chiarezza. Ho scelto come esempi quattro regioni sismiche, la cui natura è diversa.

Il primo esempio citato sono le Alpi nord-orientali; nessun vulcano è presente: soltanto una speciale concordanza nelle osservazioni ci permette esprimere già un'opinione dopo soli pochi anni di lavoro.

Il secondo esempio è l'Italia meridionale. Son presenti molti vulcani, ma però in questa regione ristretta non sono distribuiti lungo una linea; la loro relazione coi terremoti è evidente.

Il terzo esempio è l'America centrale. Frequenti, ma poco cogniti, vi sono i terremoti. Già la distribuzione caratteristica dei vulcani, anche senza la conoscenza dei movimenti ci mostra la posizione delle grandi linee sismiche.

Il quarto esempio tratta di alcuni fatti accaduti sulla costa

occidentale dell'America del Sud. Qui si esaminerà una questione speciale, cioè il sollevamento del paese durante il terremoto; sollevamento supposto, e sostenuto anche da autorevoli scienziati.

A. Le Alpi nord-orientali.

Un quasi non interrotto ripido pendio corre, formando il limite occidentale della Selva di Baviera, giù verso Passau; là a Sud traversa il Danubio, sotto Linz torna di nuovo sul lato settentrionale, penetra tra Grein e Krems, quasi sino a San Pölten, e continua poi in direzione di Brünn a NE. per Maissau e Znaim. Questo è il margine nettamente delimitato della massa Boema. Sopra questo giacciono le boschive ed umide alte pianure della parte nordica dell'Austria superiore e del Waldviertel della Bassa Austria, del Manhart, e la Moravia nord-occidentale: esse formano la parte esterna dell'altipiano che si estende ampiamente per la Boemia meridionale. Granito, gneiss e scisti antichi formano quasi esclusivamente questa elevata regione.

Al disotto di questo pendio giace la pianura, che separa dalle Alpi la massa boema; il Danubio vi scorre interamente, eccetto nei luoghi dove esso ha preferito di scavarsi il cammino tra quelle masse rocciose dell'antico altipiano, che si spingono a Sud. Questa pianura in Baviera è molto larga, si restringe tra Ybbs e San Pölten, poi si allarga di nuovo per un grande spazio verso NE.

A Nord di Brünn alcune rocce devoniche dei Sudeti si affacciano al limite esterno, e tra Leipnik e Weisskirchen le zone esterne dei Carpazi e le rocce devoniche vengono a contatto.

L'orlo estremo dell'Alpi e dei Carpazi forma una curva molto continuata, meno l'interruzione a Salzburg, ed un'altra molto estesa tra il Bisamberg presso Vienna e i Marsgebirge in Moravia, nella quale si vede solo qua e là dei resti della zona esterna. Questa curva partendo da Laufen sopra Steyer, tra-

versa il Danubio a occidente di Klosterneuburg, e continua ad oriente di Nikolsburg verso Kremsier sino al già ricordato punto di contatto col devonico a Leipnik e Weisskirchen. Da qui la curva si ritira per Neutitschein e Kenty sin verso Wieliczka. Là essa si trova di fronte le alture di Cracovia.

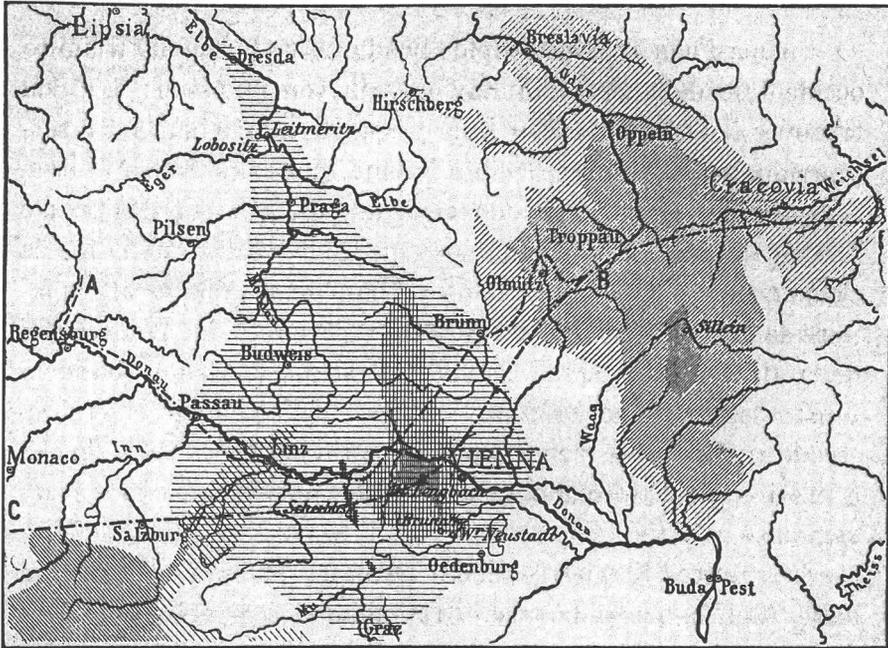


FIG. 1. — Terremoti più recenti nelle Alpi nord-orientali, e nei Carpazi occidentali.

A. B. Margine meridionale della Massa boema, e della parte meridionale dei Sudeti.

B. Punto di contatto a Weisskirchen.

C. B. D. Margine settentrionale delle Alpi e dei Carpazi.

Dove quest'orlo non è interrotto per il successivo sprofondamento, esso forma nel paese un segno notevolissimo come quello dell'altipiano boemo. Il pendio non è così ripido come quello dell'antico altipiano, e spesso è traversato da valli; è anche più boscoso, e dentro di esso la montagna si eleva come a scaglioni ad altezze molto maggiori, e con contorni molto più variati, che non si abbia nel rinchiuso altipiano boemo.

Il contrasto nella tettonica e nell'ordine litologico tra questi due sistemi di monti è spiccatissimo, e la stretta pianura che separa i due margini, ci apparisce senza dubbio come una delle più notevoli regioni sismiche del nostro vecchio mondo.

Tutti i terremoti più forti del margine esterno delle Alpi, per quanto è noto dalle recenti osservazioni, hanno mostrato una notevole tendenza a propagarsi nell'opposto altipiano, attraverso a questa pianura di separazione.

Il terremoto di Sillein del 15 gennaio 1858 ebbe il suo massimo nella valle superiore del fiume Waag, in uno spazio irregolarmente ellittico, posto press'a poco in direzione NS., nel quale sporge la massa granitica del monte Mincow. L'area sismica di questo terremoto, sempre più restringendosi, giunse al Sud sino a Gran presso il Danubio. Esso si estese ad oriente sino a Tarnow, ad occidente sino a Brünn, si spinse irregolarmente in alcune parti dei Riesengebirge, e in gran parte dei Sudeti, e verso Nord giunse sino Trebnitz, al di là di Breslavia.

Quantunque questa scossa irradiasse dall'interno dei Carpazi, il moto si estese non solo obliquamente per le catene vicine, attraverso alla pianura, sino all'opposte montagne dei Riesengebirge e dei Sudeti, ma una parte molto importante della area sismica si trova al di fuori dei Carpazi. L'asse maggiore di quest'area è obliquo alla direzione della catena.

Il terremoto di Neulengbach (Austria inferiore) del 3 gennaio 1873 si fece sentire più fortemente in prossimità del margine esterno delle Alpi. Il suo massimo si ebbe in vicinanza del Hummelhof presso Neulengbach proprio sull'orlo estremo della zona del Flysch. Il limite dei moti verticali e delle scosse più notevoli abbraccia un'area, che ha la forma di croce. Le due braccia più corte sono tra Königstetten e Pyhra in prossimità del margine esterno del Flysch; perpendicolarmente un braccio più lungo si stende sino a Hornstein nelle Alpi, cioè verso SE., mentre nel quarto braccio, ancor più lungo, si inoltra verso NW., traversa il Danubio presso Preuwitz, e attraverso il Kamptal si estende per la regione granitica sino a Wild-

berg presso Messern. Il limite dell'area di scossa, generalmente, verso le Alpi non arriva molto al di là di Hornstein, mentre verso NW. si spinge molto innanzi, sino a Meseritsch e Trebitsch in Moravia.

Anche qui l'asse dell'area sismica è perpendicolare all'andamento delle montagne, ma l'area stessa si trova per la maggior parte al di fuori delle Alpi, e si estende come un'acuta lingua nelle masse granitiche. Questa è l'immagine di una scossa che, partita dal margine delle Alpi, si continua nell'opposta massa boema.

Il 12 giugno 1874 il fenomeno si ripeté nel luogo stesso, ma però più debole; questa volta l'urto verso NW. giunse sino a Raabs; verso SE. sino a Klausen-Leopoldsdorf; vale a dire penetrò nuovamente e molto di più nel granito al di là della pianura, che non nelle Alpi, nelle quali non oltrepassò neppure la zona del Flysch.

Si sa però che il medesimo punto e la stessa linea di propagazione anche dapprima furono spesso colpite da scosse, il cui massimo era situato, ora proprio all'estremo limite dell'Alpi a Lengbach, ora nelle Alpi stesse, a Brunn in prossimità di Wiener-Neustadt, là dove questa linea sismica attraversa quella linea di confine, che delimita lo sprofondamento delle Alpi da Neustadt sino nelle vicinanze di Vienna. In questo piano di sprofondamento, che è ricoperto da formazioni terziarie e da ciottoli e rottami spinti fuori dalle Alpi, non si è però mai potuta seguire verso Sud questa linea sismica. I terremoti avvenuti su questa linea si sono sempre estesi verso NW. nella massa boema, a distanze più o meno grandi a seconda della maggiore o minor forza delle scosse, ma talvolta hanno anche oltrepassato Praga; mentre dalla parte delle Alpi essi hanno avuto sempre una minore estensione e spesso sono terminati in scosse locali, talvolta disastrose per i paesi, nei terreni recenti di riempimento del piano di sprofondamento presso Neustadt.

Il terremoto del 29 giugno 1590 su questa linea giunse sino

ad Iglau; quello fortissimo del 15 settembre 1590, il più forte, da che si abbiano notizie, che sia partito da questa parte delle Alpi, ebbe pure il suo massimo in prossimità di Neulengbach, giunse per Iglau con forza grandissima sino a Praga, e fu anche bene avvertito a Leitmeritz. Il 27 febbraio 1768 la scossa principale accadde a Brunn sulla Thermenlinie e Neustadt fu danneggiata; la scossa si propagò lungo la stessa linea, e giunse al di là di Iglau. Questi esempi possono bastare per farci un'idea dell'importanza e della immutabilità della linea e del grado di costanza nelle scosse. Questa linea fu chiamata la " Kamplinie „.

Quando al di fuori di questa linea, al margine meridionale della depressione di Neustadt, il 14 maggio 1837 a Mürzzuschlag e al Semmering avvenne una forte scossa, il carattere di quest'area sismica rimase immutato. Verso S. il movimento non fu potuto seguire che sino a Bruck a. d. Mur; mentre verso Nord esso fu osservato al di là di Praga sino ad Alt-Bunzlau.

Più a ponente il 17 luglio 1876 accadde un terremoto assai forte in vicinanza di Scheibbs nell'Austria inferiore; il suo massimo, come a Lengbach, era proprio sul margine delle Alpi, e la scossa fu molto violenta in un'area lunga e stretta, che da Scheibbs verso SSE., giungeva sino a Kindberg nella Stiria, e verso NNW. al di là di Scheibbs sino a Persenbeug al limite della massa boema. Quest'area avea però una forma di pera o di fiasco, poichè essa si estendeva verso le Alpi sino a Graz; a Est sino a Pressburg, a Ovest sino a Mondsee e Passau, a Nord invece, sempre più restringendosi, sino a Dresda. Persino a Lobositz sull'Elba suonarono le campane.

Anche questo terremoto adunque si propagò obliquamente alla direzione delle Alpi, e, attraversando in tutta la sua larghezza la massa boema, si estese sino alla Sassonia.

In tutti questi casi, cioè in tutti quei terremoti il cui radiante è posto in questa parte del sistema alpino, e la cui area di estensione è conosciuta esattamente, eccettuate alcune scosse secondarie e localmente limitate, la direzione delle scosse è

sempre stata obliqua alla direzione dell'andamento della montagna. Sempre queste sembrano aver seguito una linea più o meno nettamente delimitata; e l'urto si è ognivolta esteso sempre molto più verso Nord nell'opposto antico altipiano boemo, che non a Sud nella catena a pieghe dalla quale partiva.

La causa di questa corrispondenza non è ancora conosciuta; ma io credo giusta l'opinione, che ammette la cagione di tali terremoti comune a tutti, e che la forza, che in questi moti si manifesta, sia sempre presente, non si manifesti però che di quando in quando.

Se ci si inoltra ancor più nelle Alpi, ci troviamo di fronte a delle intricatissime condizioni. Anche il terremoto di Belluno del 20 giugno 1873, benchè provenisse dal margine meridionale delle Alpi, attraversandole nella loro larghezza, penetrò per Linz e Freistadt sino nell'altipiano arcaico (2).

R. Hörnes ha tentato di stabilire al piede meridionale dell'Alpi orientali, dal Lago di Garda sino a Fiume, una zona di frequenti terremoti, quasi una linea periferica, dalla quale dovrebbe spingersi sino alle Alpi un gran numero di linee sismiche (3). H. Hoefler invece, dal confronto dei terremoti in Carinzia, è stato condotto a stabilire come una rete di lunghe linee, alcune delle quali seguono l'andamento delle montagne. Ma appunto questa porzione delle Alpi, come vedremo in seguito, ha una intricatissima struttura, e bisognerà attendere da ulteriori studi risposta alla questione, quale di queste due opinioni sia più vicina alla verità.

Che nelle scosse ondulatorie si tratti di uno spostamento orizzontale interrotto di una parte della montagna verso un'altra, è opinione accettata da tutti quanti i moderni osservatori. La specie del movimento accenna a ripidi piani, che stanno perpendicolari all'andamento della montagna; questa è una forma delle dislocazioni alpine, che più avanti sarà indicata col nome di "Foglia", (Blatt). Al Sud Hörnes ha tentato di riferire il terremoto di Belluno a visibili piani di dislocazione di tal fatta. Bittner ha fatto osservare il parallelismo delle nu-

merose “ Foglie „ poste in direzione N15° W. della parte nord-orientale delle Alpi colla “ Kamplinie „. Ma con ciò non è necessario ammettere che queste “ Foglie „ si continuino sino all'opposta massa arcaica. Secondo questa opinione la estensione dell'area sismica verso Nord, sarebbe solo un fenomeno di propagazione, un indizio della direzione delle scosse, che sono state irradiate dalle Alpi.

B. L' Italia meridionale.

Se alcuno dai vulcani di Lipari si volge a riguardare il continente, o la costa settentrionale della Sicilia, si vede circondato da masse dirupate di antichissime rocce. Gneiss o granito formano la maggior parte di queste masse rocciose, e le zone degli schisti, e delle rocce recenti sino al Flysch si trovano invece appoggiate alla parte dei monti opposta a Lipari.

A NE. è il M. Cocuzzo che volge al mar Tirreno il suo ripido pendio; un banco di calcare in trasgressione lo corona; verso terra esso è separato dal grande gruppo delle montagne del Sila, mediante la valle di Crati. A Oriente si scorgono le masse di gneiss del Capo Vaticano, e le granitiche rocce di Scilla, entrambi frammenti sprofondati dell'Aspromonte, che si inalza a picco sopra di essi, e volge i suoi strati più recenti all'opposto mare Jonico. A mezzogiorno finalmente, sulla costa siciliana guardano Lipari i margini dell'antica massa peloritana, le cui più antiche rocce granitiche appaiono nelle parti a N.E. dell'Isola; mentre sull'opposta parte meridionale, verso l'Etna, ricompaiono gli strati più recenti dell'Aspromonte con andamento contrario.

Così l'Aspromonte, il capo Vaticano, Scilla e i monti Peloritani ci si mostrano quali avanzi di un gruppo di monti insieme uniti, separati oggi dallo stretto di Messina, e il cui piano principale di frattura sulla parte occidentale dell'Aspromonte guarda verso Lipari (4).

Questo piano di frattura fu la strada sulla quale per alcuni mesi del 1783 si manifestò l'attività sismica, la quale cambiò spesso il suo punto di massima intensità. Già sino dal 1780 sembra esser cominciata la serie di tali scosse con una eruzione dell'Etna, alla quale seguirono forti terremoti locali in Ali e Fiume di Niso presso la costa siciliana; poi accadde

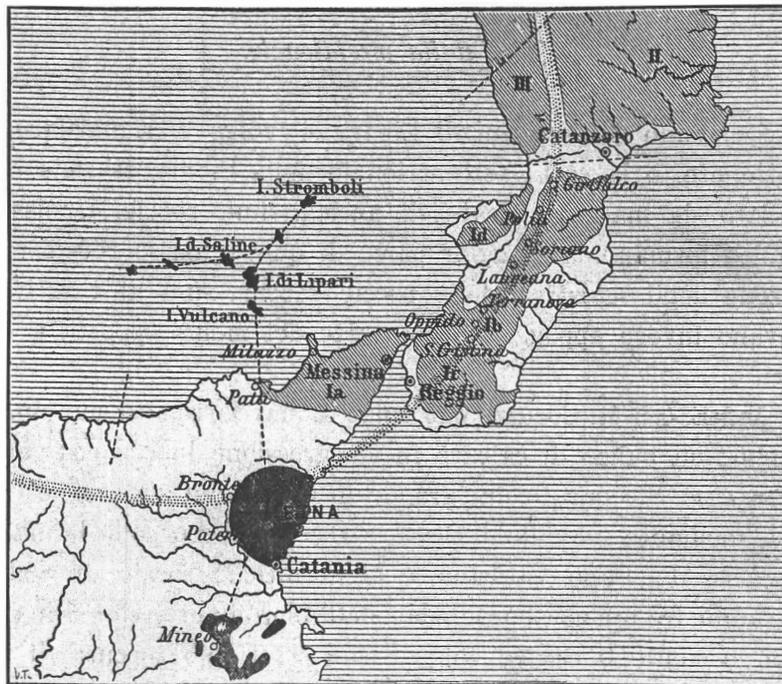


FIG. 2. — La linea periferica di Lipari.

Le rocce vulcaniche hanno il graffito più cupo; le rocce granitiche, gneissiche e scistose il più chiaro.

I. I frammenti dell'Aspromonte. (I a. I. Monti peloritani, I b. e I c. L'Aspromonte col frammento di Scilla ad occidente, I d. Frammento Vaticano).

II. La massa del Sila.

III. La massa del Cocuzzo (sprofondata dalla parte del mare).

l'eruzione di Vulcano, e il 5 febbraio 1783 avvenne la prima scossa principale sul limite di frattura dell'Aspromonte a Oppido e Santa Cristina, la quale allontanò per una lunga e profonda voragine tutti i recenti depositi terziari da questo piano di frattura. La scossa si propagò a S., N., e W.; molto poco però

verso E., cioè al di là della frattura. In pochi giorni senza apparente spostamento del centro sismico il massimo dell'intensità si avanzò per Soriano e Polia sino a Girifalco, in prossimità dell'estremo limite settentrionale della frattura, e poi si ritrasse a Radicena presso Oppido, cioè vicino al suo primo punto di partenza, Non si ebbe però un mutamento durevole nella costa, eccettuati dei grandi spostamenti nel porto di Messina.

Un confronto con altri terremoti avvenuti lungo il margine del Tirreno meridionale ci mostra, che la linea del 1783 forma parte di una gran curva, quasi un arco di circolo, che circonda a levante e a mezzogiorno le Lipari, e che è notevole per numerosi terremoti. Questa curva si estende a oriente del Monte Cocuzzo per la valle di Crati, cioè per Luzzi presso Bisignano, Cosenza, Domici e S. Stefano presso Rogliano sino a Girifalco; poi lungo la dislocazione d'Aspromonte per Pezzoni, Soriano, Terranova, Oppido e S. Cristina; poi al di là dello stretto continua a Sud della massa Peloritana per Ali presso l' Etna, da dove forse per Bronte e Nicosia si estende sino alle Madonie.

Oltre questa zona periferica nella stessa regione si conoscono altre linee sismiche, che irradiano dalle Lipari, lungo le quali, per quanto si sa, si propagano le scosse che provengono in generale dalle Lipari, e che parte traversano questa zona periferica e si estendono al di fuori, parte invece, specialmente vicino ad Aspromonte, non la oltrepassano. Queste linee si estendono nelle seguenti direzioni: verso NE., da Amantea traversando la linea periferica e tutta la penisola giungono sino a Rossano sulla costa orientale; verso ENE. nel golfo di S. Eufemia e per Catanzaro sino alla costa orientale; verso S. da Vulcano all' Etna, e da qui a SSW. verso Mineo, poi a SW. per Palermo verso Favignana. Questa curva ha un raggio di 90-100 km.; il M. Cocuzzo, Scilla e le alture peloritane vi sono chiuse; Sila e Aspromonte, ne sono al di fuori. Le linee radiali convergono alle Lipari. Ora F. Hoffmann già dal 1882 ha mostrato, e recentemente Judd ha confermato⁽⁶⁾ che tramezzo

alle Lipari, a Sud di Stromboli, in un punto che possiamo considerare come il centro della linea periferica, giace un gruppo di isolette e di scogli, la cui struttura è molto diversa da quella delle isole vicine. Poichè mentre in queste, crateri di varia grandezza si innalzano segnali di altrettanti luoghi di eruzione, tutto quel gruppo di isolette è composto dagli avanzi di un unico potentissimo cratere, designato da Hoffmann come il cratere centrale delle isole di Lipari.

Da questo anello irregolare formato dalle isolette e dagli scogli di Panaria, Basiluzzo, Dattilo, Lisca bianca colla fumarola submarina, Bottaro, Panarella, Formiche e Lisca nera partono, secondo Hoffmann e Judd, tre linee radiali, sulle quali son situati i centri d'eruzione delle Lipari. La prima linea scorre verso WSW. per Salina, Filicuri e Alicuri; la seconda da primo verso SSW. per Lipari, poi verso SE. per Vulcano sino alla Solfatara di Capo Calava; la terza verso NNE. per lo Stromboli.

Se si confrontano queste tre linee vulcaniche, già disegnate da Hoffmann su di una piccola carta, con quella rete di linee, che le osservazioni sismologiche ci han posto in grado di stabilire, non potremo negare la conclusione che se ne deduce, che queste linee radiali vulcaniche, siano strettamente collegate colle linee radiali sismiche. E non solo vi è questo, ma molti osservatori degni di fede si sono accorti di una corrispondenza tra l'aumento dell'attività dello Stromboli, e i terremoti di Calabria; ad esempio Atanasio Kircher nel 1638, Conte Ippolito, Grimaldi e la maggior parte dei testimoni del gran terremoto del 1783. Nello stesso modo Ferrara ha cercato di dimostrare una connessione tra l'eruzioni delle Lipari e i terremoti della costa settentrionale di Sicilia.

Bisogna adunque immaginarci, che in uno spazio limitato dalla linea periferica del 1783 la crosta terrestre sia incavata a forma di conca, e che da ciò si siano originate delle fessure radiali, convergenti verso le isole Lipari. Su tali linee in vicinanza del centro son posti i vulcani attivi.

Ogni variazione nell'equilibrio delle singole masse dà occasione ad un aumento di attività vulcanica nelle isole, e a terremoti sul continente o in Sicilia.

Quando questo processo di sprofondamento si sarà più esteso allora le basse colline di gneiss del promontorio Vaticano, le masse granitiche di Scilla, e buona parte dei monti peloritani e delle Madonie saranno ricoperti dal mare Tirreno, che bagnerà allora la parte occidentale della frattura dell'Aspromonte, dopo la completa erosione dei depositi terziari, come ora bagna la parte occidentale della frattura del Cocuzzo. Lo stretto di Messina sarà allora molto più ampio, e di quella piega delle rocce più recenti dell'Appennino, oggi sempre riconoscibile tra i rottami e le macerie, al più un isolato frammento sporgerà tra Ali e Taormina, quale promontorio orientale dell'impiccolita Trinacria, enigma difficilissimo pel geologo futuro.

Che anticamente con un procedere simile sia avvenuta la separazione della Sicilia dall'Africa settentrionale, si vedrà nei capitoli seguenti. Per ora da questi fatti dedurremo soltanto, che alle fratture della parte occidentale degli Appennini non è estranea la formazione di fenditure radiali; e che probabilmente il gran numero delle località eruttive nelle isole Lipari ha la sua ragione nella convergenza di tali fessure radiali, e nel loro intersecamento. Così forse può essere formato il sottosuolo dei Campi flegrei, e la tendenza allo spostamento dei centri eruttivi può essere spiegata colla maggior mobilità delle lingue di terra terminali. I più durevoli singoli vulcani sono più vicini al margine della fenditura, e forse nei luoghi dove questo margine è intersecato dalle fessure radiali (6).

C. L' America centrale.

I vulcani dell'America centrale sono indipendenti affatto da quelli di Quito, come dalla curva catena dei monti vulcanici delle piccole Antille, e dalla serie dei vulcani messicani che da E. ad W. traversano obliquamente il continente. Questi vul-

cani cominciano col Chiriqui a 8°48' lat. N. seguono la direzione di Nord-ovest sino alla Baia di Fonseca, e da qui una linea diretta più a WNW. sino a Socómusco nel Messico.

Si potrebbe quindi parlare di due rami principali che ad angolo ottuso si riuniscono presso alla baia di Fonseca; ma entrambi questi rami hanno a comune la notevole particolarità che i vulcani, talvolta giganteschi, che vi si innalzano, sono posti in molti casi sopra riconoscibili fenditure trasversali. Talvolta si è formata una linea trasversale indipendente, lunga molte miglia, come nella serie di Chiquimula nel Guatemala orientale; tal'altra soltanto la struttura della sommità mostra lo spostamento del luogo di eruzione, spostamento che avviene trasversalmente alla linea principale. Questa tendenza ad abbandonare il primitivo luogo di eruzione è generale.

La linea principale, specialmente a occidente della baia di Fonseca, scorre in prossimità della costa pacifica; le linee trasversali, lungo le quali si sposta l'attività eruttiva, sono più o meno perpendicolari ad essa, e quasi sempre solamente il cratere più vicino alla costa pacifica è attivo.

Quindi lo spostamento ha luogo su linee trasversali di frattura più o meno lunghe, in direzione dell'Oceano pacifico. Questo andamento è tanto più notevole in quanto che esso non è affatto in relazione visibile alla struttura dei frammenti delle montagne più antiche, che sono in questa regione.

Al cratere più meridionale, il Chiriqui, verso NW. segue il Robalo, che non sembra ancora bene esplorato, e qui la linea vulcanica principale incontra le Cordigliere di Talamanca composte di granito e sienite. Strati verticali e ripiegati del Miocene accompagnano verso Nord la montagna granitica, e proprio sulla linea dei Vulcani si innalza il Pico Blanco a 3620 m. Esso stesso fu creduto un vulcano, sinchè non ne fece l'ascensione Gabb, che dimostrò come il suo vertice sia composto da un filone di porfido, che sporge dall'eroso granito.

La linea vulcanica però non è deviata dalla catena grani-

tica, ma su di questa si inalzano vulcani come il Monte Lyon, e anche l'Ujum; seguono poi i vulcani Irazu, Turrialba, Zurqui, Barba e Poas.

La cima del Turrialba è descritta da Seebach come una cresta scorrente da ENE. verso WSW., cioè trasversalmente alla linea vulcanica principale; esso è citato come il tipo di quei vulcani, che progrediscono coi loro crateri per una linea stabilita. Il più giovane dei vulcani sempre attivi, ed il più basso, se si considera il fondo del cratere, è posto verso WSW. Gabb ne dà l'altezza in 3461 m.

“ Nel Poas “ dice Seebach „ ho ritrovato il vulcano più complicato, di quanti ne abbia conosciuti. È un vulcano gemello, con due assi lineari di spostamento dell'attività. Notevole in tutti questi vulcani è che, se esiste una direzione principale, essi sono obliqui alla direzione della catena. Fanno eccezione soltanto il Zurqui, il Rincon e l'Orosì „.

La linea quindi dei vulcani maggiori raggiunge il limite della costa pacifica, e lo segue. Vi si trovano, per citare i più importanti, Cuipilapa (Mirawalles) Rincon de la Vieja, Orosì, nel lago di Nicaragua Omotepec, Zapateca ecc. poi Mombacho, il gruppo spesso ricordato del Masaya e Nindirì, quindi il Momotombo. Nella seguente pianura di Leon sporgono numerosi crateri. Dal Momotombo sino al Viejo si inalzano in linea retta, e anzi sulla linea principale, Las Pilas, Orotà, Santa Clara, e molte altre colline senza nome.

I vulcani di Axusco e di Telica sono un po' più vicini al mare, e sembrano appartenere ad una seconda zona, parallela alla principale e quindi diretta verso NW.

L'ultimo vulcano, il Telica, secondo Seebach, è una cresta obliqua con cinque crateri, dei quali al solito il più occidentale mandava ancora dei deboli vapori, quando nel 1864 Seebach lo visitò.

L'11 e il 12 aprile 1849 nella città di Leon si udì un rombo sotterraneo. La mattina del 13 aprile si formò un'apertura alla base del Vulcano Pilas da molto tempo estinto. Frammenti di

lava furono eruttati, e caddero a terra simili a ferro in fusione. A questo irrompere irregolare seguì l'eruzione di un gran fiume di lava, che durò tutto il giorno, e per tutto quel tempo il terreno non si mosse. Il 14 aprile la lava cessò di scorrere, e cominciò una serie di eruzioni irregolari, e furono eruttati anche sassi. Squier, da cui tolgo questi dati, visitò la località il 22 aprile, e trovò il nuovo cono alto da 150 a 200 piedi.

Dopo ciò nel novembre 1867 vicino a questo si formò un nuovo vulcano. La relazione di Dickerson su questo fatto è così istruttiva, che credo bene riportarne alcune particolarità.

Il 14 novembre 1867 il fenomeno principiò verso le una della notte con una serie di esplosioni, che furono chiaramente udite dalla città di Leon, che è posta circa 8 leghe a occidente. Nella crosta della terra si formò una fenditura di circa mezzo miglio (inglese) di lunghezza, che dal mezzo dei due vulcani Pilas ed Orota si dirigeva verso SW., partendo dalla linea vulcanica principale. Già prima del levar del sole del 14 novembre, da questa fenditura si vedeva in vari luoghi uscire del fuoco.

L'esplosioni si seguirono o rapidamente, oppure circa ogni mezz'ora, ma i sordi boati, il rombo sotterraneo eran quasi continui. Dopo pochi giorni su questa nuova fenditura, lontani uno dall'altro un 1000 piedi, si aprirono due crateri; l'uno, posto verso SW., eruttava verticalmente delle masse vulcaniche, l'altro posto a NE., le eruttava inclinate con un angolo di 45°. Il 22 novembre li visitò Dickerson; allora il cratere principale era già ad un'altezza di 200 piedi, e la sua apertura misurava circa 60 piedi di diametro. Il 27 novembre nel pomeriggio, dopo una serie di violentissime esplosioni, cominciò il vulcano ad eruttare in gran quantità sabbia nera, e massi pesanti di rocce. La mattina dopo tutto il circostante paese era ricoperto per una grande estensione di uno strato di nera, finissima arena, e una gran nube luminosa lasciava cadere una pioggia di sabbia. Questa pioggia durò sino alla mattina del 30 novembre; allora il vulcano si spense, esaurito, a quanto sembrava, dalle sue eruzioni. Così la sabbia ricoprì

tutto il paese per un'estensione di più di 80 km. di raggio. A Leon lo strato era alto $\frac{2}{8}$ di pollice. Vicino al cratere, più alto era lo strato e meno fini i granelli. Ad un miglio inglese dal cratere il diametro dei granelli era da $\frac{3}{8}$ a $\frac{4}{8}$ di pollice, e l'altezza dello strato era 1 piede. Alla base del cono era un ammasso di blocchi di 4-5 piedi di diametro.

Il cono alla fine dell'eruzione era alto 200 piedi; il diametro del cratere era pure 200 piedi, e la sua profondità anch'essa 200 piedi. Un lungo nastro di scorie si estendeva verso NE. Sedici giorni era durata l'eruzione. La sabbia consisteva in frammenti di scorie, crisolito e felspato. —

Questo nuovo cono adunque giace sopra una fenditura trasversale; il punto massimo di attività, e come tale dovremo considerare il cratere ad eruzione verticale, era situato al solito a SW. Il cono di questo vulcano è simile al Monte nuovo presso Pozzuoli, poichè esso è composto da un anello di deiezioni, e il piano del cratere non sembra più elevato della pianura circostante. Ma straordinariamente grande, a giudicarlo dal volume delle masse eruttate, deve essere stata la cavità originatasi, e pure questa gran quantità di massa non formò che un cono di 200 piedi d'altezza. —

Ma torniamo a seguire la linea vulcanica principale.

Al di là del Viejo, ma ancora più verso il mare, al di fuori della linea principale, sorge il più celebre dei vulcani di questa regione, il Consequina. La sua eruzione del 20 gennaio 1835 passa, e non a torto, come il più imponente e spaventevole fenomeno di tal fatta degli ultimi secoli. Così immensamente grande fu la massa delle materiè eruttate, che Dolfuss e Mont-Serrat, la cui estesa descrizione dei vulcani di Guatemala e del Salvador mi ha servito molto per quanto dirò in seguito, stimarono su documenti ufficiali, a 200 km. da E. a W. lo spazio di mare cosperso di pomice e di ceneri. Nei paesi vicini, persino a S. Miguel, città posta a circa 90 km. dal Consequina, per tre giorni e mezzo regnarono fittissime tenebre: i rami degli alberi si troncarono sotto la pioggia di sabbia e di ce-

nere, e morti cadevano a terra gli uccelli. Persino nella città di Guatemala, che pure dista 350 km. dal cratere, il sole fu oscurato da una fitta nebbia oscura, e la caduta delle ceneri vi durò sino al 31 gennaio. I terremoti poi furono così potenti, che con violenza spaventosa verso NW. si estesero attraverso il Guatemala sino a Chiapas; verso NE. sino alla Giamaica, e verso SE. sino a Bogota.

E anche qui nasce la domanda, quale possa essere la grandezza dell'enorme cavità, che questa straordinaria eruzione deve aver formato. —

Il Conseguina spingendosi verso il mare forma il limite meridionale della baia di Fonseca, nel cui sfondo si alza il vulcano estinto dell'isola Tigrè; e sul limite settentrionale sorge il Conchagua, che dopo un lungo riposo, entrò in attività il 23 febbraio 1868. Con questo vulcano comincia la seconda porzione volta più a Ovest, della linea dei vulcani dell'America centrale.

Il Guatemala settentrionale è costituito come più estesamente vedremo in seguito, da un frammento di una catena di montagne isoclinali, che si estende verso ENE., quasi trasversalmente al continente, e che si continua nella Giamaica e ad Haiti. La zona più settentrionale è formata da calcare; la segue una zona di rocce schistose antiche, che nel fondo raggiunge il golfo amatico, e, ad oriente di questo, il mare dei Caraibi; a Sud di questo mare e a Nord della città di Guatemala apparisce una stretta zona granitica, che verso ENE. segue per un bel pezzo la valle longitudinale del Rio Grande. Tutte le altre elevazioni più meridionali sino alla baia di Fonseca, e sino ad una grande frattura, che, tagliando trasversalmente al suo corso la montagna, segue quasi i contorni della costa pacifica, sono composte da una roccia, che Dolfuss e Mont-Serrat designano come “ *Porphyre trachytique* „. Lungo il canto ed il pendio di questa frattura trasversale parallela alla costa pacifica sono posti i vulcani del Salvador e del Guatemala. Su questi vulcani si possono ripetere tutte quelle particolarità, che

caratterizzano la linea dallo Chiriqui al Consequina. “ Si osserva infatti “ dicono Dolfuss e Mont-Serrat „ che qui non si ha che fare con una serie di vulcani isolati, posti lungo una linea diritta o spezzata, ma si ha un seguito di piccoli sistemi, che assai indipendenti l'uno dall'altro, sono posti a distanze, che oscillano dentro limiti relativamente ristretti. Ognuno di tali gruppi è formato da un numero più o meno grande di coni e di crateri, alcuni estinti, altri attivi, posti lungo una linea retta, la cui direzione è press'a poco perpendicolare a quelle dell'asse vulcanico principale. . . . Sembra quindi, che in ogni luogo di eruzione si sia formata una fenditura normale alla fenditura principale, lungo la quale stanno i crateri vulcanici, formati successivamente da uno spostamento progressivo dell'attività eruttiva. Che questo spostamento progressivo abbia avuto luogo sempre in una direzione stabilita e immutata, noi non possiamo asserirlo, ma così di passaggio possiamo accennare, senza volerne per ora tirare una conclusione, che in molti casi, quando un vulcano in un gruppo speciale è ancora attivo, questo è posto al limite meridionale del sistema „.

Al Conchagua nella direzione di WNW. segue sulla linea principale il vulcano attivo il S. Miguel alto 2153 m., sino al quale si estende l'enorme campo di lava del Conchagua. Seguono poi al S. Miguel, sempre sulla linea principale, i crateri minori del Chinameca, e il vulcano Tecapa, poi il S. Vicente (2400 m.), quindi il lago di Ilopango, nel cui mezzo nel febbraio 1880 sorse un nuovo vulcano. Rockstroh l'ha splendidamente descritto.

Il lago è circondato da ripide pareti di montagne assai antiche. Dentro terra verso NNE. giace il piccolo vulcano spento di Cojutepeque.

Al di là del lago d'Ilopango si erge il gruppo vulcanico di S. Salvador, quindi, notevolmente spinto verso il mare, l'interessantissimo Izalco.

K. von Seebach, i cui lavori estesissimi di questo genere sono venuti alla luce solo a frammenti, sempre però importan-

tissimi, ci ha dato una molto istruttiva descrizione di questo vulcano.

Esso, come i crateri già nominati presso Leon, come il Jorullo e il Monte Nuovo, si è formato in tempi storici, il 29 marzo 1793. Esso è posto verso SW. davanti all'estinto Cerrò Redondo, e, meno piccole interruzioni, è sempre stato attivo dalla sua origine in poi; per molti anni ha presentato il fenomeno dell'eruzioni ritmiche intermittenti come lo Stromboli. L'Izalco, secondo Seebach, si alza a 597 m. sul livello del mare, e a 292 m. sopra il piano della Chiesa di Izalco. Seebach calcola il volume del cono a 26,88 milioni di metri cubi; e la quantità di materia eruttata, considerando una attività sempre continua ed eguale dal 1793, a 0,7 m. cubi per minuto. Ma questa quantità però deve essere molto maggiore, poichè nelle eruzioni più violente solo piccola parte delle materie eruttate serve alla costruzione del cono, mentre il rimanente si sparge sopra le terre e i mari.

Un confronto più esatto dei vulcani al di là dell'Izalco sarà solo possibile dopo la pubblicazione dei lavori di Seebach, ma per ora lo schizzo datoci da Dolfuss e Mont-Serrat ci potrà mostrare sino a qual grado di sviluppo giungano le fessure trasversali (7). Prima di tutte viene la lunga serie dei vulcani di Chiquimula, poi quella del Cerro Redondo, entrambe estinte; quindi sulla linea principale l'attivo Pacaya e l'altissimo Vulcan d'Agua, cognito per la sua disastrosa eruzione d'acqua nel 1541, dovuta forse alla rottura e al prosciugamento di un lago nel cratere. Segue poi la potente serie trasversale del Vulcan de Fuego, col cratere attivo al limite sud-occidentale; indi il gruppo pure gigantesco del Vulcano d'Atitlan, col cratere attivo posto al solito al limite sud-ovest; poi l'estinto Vulcano S. Pedro, e finalmente sul confine messicano, i due crateri di Quezaltenango, dei quali quello più lontano dal mare verso NE. è, per eccezione, attivo.

Su tutta la linea da Chiriqui a SE. sino alla baia di Fonseca, e al confine messicano a NW., si ripete spesso il fatto,

che i vulcani, o stanno sopra linee trasversali indipendenti assai estese, che con angolo variabile incontrano la linea principale, o nei singoli vulcani si scorge la tendenza, a spostare il loro cratere trasversalmente alla linea principale; e questo spostamento, eccettuato il caso del Cerro Quemado nel gruppo di Quezaltenango sul confine messicano, sembra avvenire in direzione dell'Oceano pacifico.

Questo spostamento però è assai rapido, e negli ultimi cent'anni si sono già aperti lungo questa direzione alcuni nuovi crateri; senza considerare i movimenti sismici numerosi, e le frequenti eruzioni, le quali cose ci rivelano il movimento, direi quasi continuo, della crosta terrestre in questa regione.

Da uno di questi terremoti, tra i più forti, accaduto il 19 dicembre 1862 e nelle settimane seguenti, P. Lazarzaburu ha rilevato il notevole fatto che questo movimento non si partì da un punto solo, ma da una gran parte della linea principale, specialmente dai vulcani d'Atitlan, de Fuego, e dall'Izalco. In prossimità a questi tre vulcani avvennero le maggiori devastazioni. All'osservatorio magnetico di Guatemala fu avvertita la prima potentissima scossa il 19 dicembre 1862 alle 7^h25^m pom. in direzione di SW.; cioè dal punto medio tra Atitlan e Fuego; la seguì una seconda da SSE., cioè circa dalla località dell'Izalco. Il 20 dicembre avvennero altre scosse da SSE. Dopo una interruzione di 6 giorni si rinnovarono le scosse da SW., e queste continuarono dal 26 dicembre sino alla seconda quindicina di gennaio.

La corrispondenza fra questi fatti, e le osservazioni sullo spostamento del massimo sismico sulla linea principale in Calabria, sta più che altro in questo, che in entrambe le regioni si compiono sotto gli occhi nostri dei grandi movimenti nella scorza terrestre, tra loro collegati, e altri più grandi se ne preparano. Ma mentre però in Calabria i segni più manifesti di un tale fenomeno si trovano nella fenditura marginale periferica, nell'America centrale per tutta la vasta estensione dal Chiriqui sino al confine messicano, prima trasversalmente alla

regione, poi lungo la costa pacifica da 8°48' sino a 15° lat. si osserva in numerosi esempi la tendenza a nuove formazioni di fenditure trasversali in direzione del Pacifico. Queste fenditure dovrebbero possibilmente intendersi nel senso di faglie radiali appartenenti o ad un unico grandissimo campo di sprofondamento tutto unito, oppure a due campi, che si incontrino presso la baia di Fonseca. Il fenomeno quindi consisterebbe nell'apertura di fessure radiali dall'esterno all'interno. La più lunga di queste linee radiali però, quella di Chiquimula, sporge molto al di là della zona periferica, del resto assai nettamente delimitata.

Una gran parte della costa pacifica dell'America centrale è sulla via di sprofondarsi. Questo sprofondamento avviene trasversalmente alla direzione della catena granitica e stratificata, che si avvanza verso Giamaica e Haiti, e non ha la minima relazione colla struttura di essa.

D. I dati sul supposto innalzamento della costa occidentale dell'America del Sud.

In Calabria durante i maggiori terremoti, i sassi delle strade furono scagliati in alto. Si dice che nel terremoto del Chili del 7 novembre 1837 un'antenna affondata nella terra per circa 10 m., e tenuta ferma da morse di ferro, fu cacciata fuori senza guastare l'apertura fatta nella terra. Humboldt ci racconta ancora, che nella rovina di Riobamba nel 1797 per l' " esplosione come di una mina „ della spinta verticale, molti cadaveri degli abitanti furono scagliati sulla collina La Culca, alta qualche centinaio di piedi, al di là del fumicello di Lican.

Questi fenomeni assomigliano assai poco a quei movimenti della terra, dai quali si originarono i monti, e molto meno a quei moti uniformi, lentissimi, supposti estesissimi, della Terra, chiamati: Oscillazioni continentali o secolari. Essi accennano piuttosto ad un innalzamento subitaneo locale, forse ad uno sbalzamento, dovuto a diminuita pressione. Che in tali fatti possa

avvenire un durevole, quantunque piccolo innalzamento di livello, non è affatto improbabile; ma appunto per ciò più notevole è il fatto, che un mutamento durevole è stato spesso sostenuto, ma sin oggi però mai dimostrato con sufficiente sicurezza.

Il caso più conosciuto, citato spessissimo in tutti i libri didattici come il più sicuramente dimostrato, è quello del supposto ripetuto innalzamento della costa occidentale dell'America del Sud durante i grandi terremoti. Questo caso voglio cercar di esaminare secondo le relazioni di cui disponiamo.

Bisogna però prima avvertire, che appunto qui le condizioni esterne sono proprio adattatissime, a preparare favorevolmente sin da principio l'osservatore ad accettare l'opinione dei ripetuti innalzamenti.

Prima di tutto parallelamente a questa costa, che quasi in linea retta si estende per molti gradi, si innalza una delle più grandi linee vulcaniche della terra; e già questo fatto, in un tempo in cui l'idea di relazione tra vulcanismo ed innalzamento erano assai diverse dalle odierne, può avere influito sul giudizio.

Inoltre questa costa per lunghe estensioni è circondata da gradini di terreno alluvionale, in cui, al disopra del livello odierno del mare, si ritrovano conchiglie. Queste terrazze senza dubbio dimostrano notevoli mutamenti nella posizione della spiaggia, ma una causa ed un collegamento coi terremoti moderni non è visibile; esse appartengono ai tempi passati, e di queste tratteremo poi, come appartenenti ad un fatto molto esteso, anche al di fuori di questa regione sismica.

Finalmente il piede di questa costa in molti luoghi è pieno di avanzi umani, e questi in alcuni luoghi sono persino oggi ancora in via di depositarsi.

Quando nel 1835 Darwin visitò questa costa, poco si conosceva sulla straordinaria frequenza di tali avanzi, e quindi tal cosa doveva molto meravigliare secondo le cognizioni d'allora; perciò era necessario considerare segno di un recente solle-

vamento, l'aver trovato nell'isola di S. Lorenzo a Callao, a 85 piedi sul livello del mare, in uno strato di conchiglie marine, un filo, dei pezzi di stuoie intrecciate, e altre tracce dell'attività umana. Dana, che alcuni anni dopo visitò quella località, ne ha già dato una spiegazione.

Prima di passare all'enumerazione dei racconti sud-americani, voglio ricordare il fatto, che i moti sismici oceanici (maremoti), come si rovesciano sradicando e disastrosi sui continenti, così innalzano e trasportano straordinaria quantità di sedimento dalle profondità abissali. Dopo la grande inondazione di Callao il 28 ottobre 1746, sulle macerie della distrutta città rimasero grandi ammassi di sabbie marine e di ghiaie. Dove un'isola separa le ondate sismiche, o dove due correnti sismiche si incontrano, nasce così facilmente una terra. Di ciò l'India orientale ci dà un bell'esempio. Sulla costa del Malabar a N. di Cochin nel 1341 durante un potente terremoto nacque l'isola Vaypi: essa consta di sabbia marina, e di quegli stessi sedimenti, che oggi sono trasportati giù dai Ghâts nella pianura del Distretto di Malabar. Contemporaneamente la regione dello sbocco del fiume Cochin fu totalmente cambiata, e così potente fu l'impressione di questo fenomeno sugli Indù, che dopo di questo fatto stabilirono una nuova Era " Puduvepa „ o " la nuova introduzione „.

Ed ora torniamo all'America del Sud, e consideriamo primieramente le osservazioni raccolte dallo Tschudi sul ripetuto sollevamento e abbassamento delle terre presso a Callao.

Degli avanzi umani di Callao è già stato parlato. Oltre a ciò i sostenitori di tale idea si fondano anche sul fatto, che l'isola di S. Lorenzo lontana oggi due miglia marine dal continente talvolta gli era più vicina, tal'altra più lontana. Nel 1742 la sua distanza dalla costa era circa come oggi; durante il gran terremoto del 1746 accadde un abbassamento della città; per un sollevamento della costa nel 1760 l'isola fu ricondotta poi di nuovo così vicina a terra, che i ragazzi vi tiravano i sassi. Fra l'isola e il continente vi è un basso fondo

detto " Camotal „, perchè una volta, quando esso era all' asciutto, vi furon coltivate le Camote, cioè le patate.

Si tratta qui di una lingua di terra tra S. Lorenzo e il continente, che ora, o per un lento interrimento, o per sedimento gettatovi si è formata; ora di nuovo si è rotta e distrutta, forse per un'ondata sismica che vi si sia rovesciata. Ma da questo non si può dedurre un'oscillazione del continente. I racconti del 1746 poi non parlano di un abbassamento della città, ma anzi descrivono chiaramente l'innalzamento dell'onda marina, che finalmente si riversò sulla terra.

I dati che hanno avuto la massima diffusione son quelli relativi ai terremoti di alcune parti dell'America meridionale nel 1822, 1835 e 1837.

Il terremoto del 19 novembre 1822 sembrò irradiare da un punto a NE. di Valparaiso. La relazione, da cui si deduce il contemporaneo sollevamento della terra, è una lettera di Mrs. Maria Graham, pubblicata dalla Società Geologica di Londra. Secondo questa lettera la mattina del 20 novembre sembrò che tutta la costa per un'estensione di 100 miglia si fosse sollevata. A Valparaiso si aveva un innalzamento di 3 piedi, a Quintero di 4. Ad alta marea si vedeva asciutto l'antico fondo del mare, cogli scogli su cui erano aderenti ostriche e altre conchiglie che vi erano cresciute; tutte però morte, e che tramandavano un ingrato odore.

Delle osservazioni posteriori del Dr. Meyen e di altri non parlo, perchè furono fatte molti anni dopo il fatto, e non aggiungono niente di nuovo.

Ma a queste sicurissime notizie di Mrs. Graham si oppongono altrettanti fatti opposti, i più importanti dei quali furono pubblicati soltanto nel 1835; fra essi sono le lettere del capitano Belcher, del luogotenente Bower e del conosciutissimo malacologo Cuming, dirette alla stessa Società.

Il cap. Belcher dubita che si sia verificato un cambiamento di livello, il quale avrebbe influito sugli scandagli laggiù eseguiti, perchè agli stazionari reali inglesi sulla costa del Chill

non era giunta notizia alcuna di tal fatto; cosa che sarebbe certo avvenuta, se la cosa fosse apparsa di qualche importanza agli inglesi là residenti. Il luog. Bower nel febbraio 1823 era a Valparaiso, e trovò tutto come aveva lasciato l'anno prima; però dopo il terremoto l'acqua poco a poco si è ritirata tra il porto e la Piazza del Mercato, e là dove prima era mare, sorge ora una linea di edifici.

Il signor Cuming fu a Valparaiso dal gennaio 1822 sino al 1827, e quindi con poche interruzioni sino al 1831. Egli fu testimone del terremoto, anzi la sua casa fu rovinata. Egli sentì dire che il mare si era ritirato, e quindi con grande veemenza era ritornato; quando la mattina dopo andò sulla spiaggia, si accorse degli effetti, ma rispetto al mare egli non vide che alta marea. Egli non ha mai sentito parlare di sollevamento sia della costa, sia di scogli isolati; nè egli nè i suoi amici potevano ammettere vera la narrazione di Mrs. Graham. Prima e dopo il terremoto per tutto il tempo che si trattene là, egli raccolse sugli scogli alghe, patelle, balani ecc., senza accorgersi di qualsiasi modificazione. L'opinione del sollevamento della regione forse fu derivato dal fatto, che dopo il terremoto si accumulò una grande quantità di detrito in una località, che prima del terremoto era raggiunta dalla marea, e sulla quale furono edificate case e persino delle piccole strade. Però la parte maggiore di un tal deposito si formò solo nel giugno 1827, cinque anni quindi dopo il terremoto, per causa di grandi piogge che trasportarono al basso lo sciolto terreno granitico delle alture vicine.

E così credo terminata la discussione del primo caso, quello del terremoto del 1822.

Il secondo caso si riferisce al terremoto di Concepcion del 20 febbraio 1835.

Gettiamo prima uno sguardo sul teatro dei più importanti avvenimenti. Enr. Concha i Toro ne ha dato una breve descrizione geologica. La costa tra il 36° 30' e il 37° 30' è costituita dalle rocce antiche delle Cordigliere litorali chilene, sulle quali

si trovano avanzi di formazioni cretacee, terziarie, e di depositi quaternari.

A Nord della città di Concepcion sta la Baia di Talcahuano, detta anche il Seno di Concepcion; sulla spiaggia sud-orientale di questa giace Penco, l'antica capitale; verso NE. si trova l'arenaria verde ricca di Baculiti di Tomè. L'isola Quiriquina giace trasversalmente ad una gran parte della baia.

A SW. di Concepcion si trova la molto più estesa Baia di Arauco, limitata a W. dalla Punta Lavapiès, la cui continuazione forma l'isola di S. Maria. Strati cretacei costituiscono la costa verso la P. Lavapiès, e continuando passano per il mezzo dell'isola S. Maria: a W. di questa striscia l'isola è formata da depositi terziari, a oriente invece da deposizioni quaternarie e anche più recenti. A oriente della P. Lavapiès sbocca il Rio Tubul.

Il cap. Fitzroy, in cui compagnia si sa che viaggiava Darwin sul "Beagle", si trovava quel memorando giorno a Concepcion, e ha dato una splendida descrizione del fenomeno.

Questa narrazione comincia col dire, come il 20 febbraio 1835 alle 10 ant. la popolazione fu meravigliata dal vedere dei branchi di uccelli marini muoversi verso terra. Alle 11,40 ant. accadde la prima scossa a Concepcion, subito dopo la generale ruina. La scossa sembrò provenire da SE. La terra più bassa e più sciolta fu più di ogni altra scossa, e sembrò staccarsi dai monti più resistenti. A Talcahuano e a Penco accaddero gli stessi fenomeni.

Mezz'ora dopo la scossa principale, il mare si era talmente ritirato, che navi che erano ancorate persino a 7 braccia di profondità, rimasero a secco. Tutti gli scogli e i bassi fondi nel golfo di Talcahuano erano visibili. Dopo di questo un'enorme ondata si spinse per la strada occidentale tra Quiriquina e il continente, spazzando innanzi a sè tutto sino a 30 piedi al di sopra dell'alta marea. La seguì una seconda ancor più grande e fragorosa, finalmente dopo pochi minuti una terza e la più potente. Un esaurimento sembrò seguire: terra

ed acqua eran prese come da un tremito. Per tre giorni le maree si seguirono rapidissime, irregolari. Poche ore dopo il fatto il mare si alzò e si abbassò due o tre volte in un'ora.

A oriente di Quiriquina l'onda fu minore assai. Contemporaneamente al fenomeno si credè di vedere nel mare in alcuni luoghi al di là Quiriquina e nel Golfo di S. Vicente un'eruzione a guisa di fumo. A queste seguiva un vortice nell'acque, come se si vuotasse il mare in una cavità.

“ Per alcuni giorni dopo il disastro, “ dice Fitzroy continuando „, il mare non salì sino alla marea usuale, 4 o 5 piedi verticalmente. Alcuni pensarono, che la terra si fosse inalzata, ma l'opinione più comunemente accettata era, che il mare si fosse invece ritirato. La differenza tra i due livelli scemò gradatamente, sinchè a metà d'aprile di soli 2 piedi era la differenza tra le maree anteriori al terremoto, e quelle allora osservate. La prova che la terra si era inalzata sta nel fatto, che l'isola di S. Maria fu sollevata di 9 piedi „.

Il sollevamento alla punta meridionale di questa isola era di 8 piedi, nel mezzo di 9, e alla punta settentrionale di 10 piedi. L'isola fu visitata due volte: alla fin di marzo e ai primi d'aprile. La prima volta fu determinato il sollevamento in 8 piedi; poi sorsero dei dubbi su tal determinazione, fu fatta una nuova visita, e fu confermata in vari modi la osservazione anteriore. A Tubul, sul continente il sollevamento fu calcolato 6 piedi.

Sin qui dati principali di Fitzroy; Darwin era in quel tempo a Valdivia.

Si vede da questo che nella linea da Tubul sul continente verso N. lungo l'isola S. Maria, si riscontravano una diversità di altezza, che era 6 piedi a Tubul, poi, crescendo, 8, 9, 10 piedi a S. Maria; inoltre che a Talcahuano la differenza era prima di 4-5 piedi, e che a metà d'aprile era diminuita a 2 piedi; quindi che a S. Maria le osservazioni ultime furon fatte ai primi d'aprile. In una relazione posteriore dice Darwin: “ Dalle ricerche del cap. Fitzroy risulta, che tanto l'isola di S. Maria,

quanto Concepcion nel corso di poche settimane si sono abbassate, ed hanno perduto una parte del sollevamento primitivo „.

Caldcleugh, che come testimone ci ha pure descritto questi fenomeni, scrive: “ Ambedue, il cap. Fitzroy e il cap. Simpson della flotta chilena, son d'opinione che il sollevamento del terreno tanto sull'isola quanto a Concepcion durante il terremoto sia stato molto maggiore, e che le molte piccole oscillazioni seguenti possano aver portato un abbassamento successivo sino al suddetto livello (8-10 piedi).

Non molto dopo Fitzroy, il 3 maggio 1835, il cap. Coste gettò l'ancora a S. Maria, e trovò 9 piedi meno di profondità dell'anno avanti. Sulla costa vide delle tracce simili a quelle viste da Fitzroy, ma purtroppo non intraprese delle misurazioni più esatte.

Insieme alle narrazioni degli esploratori del “ Beagle „, alla Società geologica furon pure presentate una relazione di Don Mar. Rivero, e una lettera del col. Walpole, i quali entrambi negano ogni e qualunque mutazione di livello nel Chili, durante questo terremoto.

Lo stesso Lyell, il più accanito sostenitore dell'idea di un sollevamento del continente, più tardi si è veduto costretto ad osservare, che la poca elevazione sul mare degli antichi fabbricati di Penco è atta a render vana l'idea di un innalzamento durevole di questa costa; è invece adattatissima a dare un po' di luce sull'opinione espressa recentemente, che nella costa chilena si ha la tendenza al riabbassarsi dopo ogni sollevamento, e a tornare nella prima posizione.

In tali condizioni tutte le conclusioni, che i difensori della teoria del sollevamento hanno dedotto da questo caso, cadono di per sè; e si presenta invece la questione se questa differenza passeggera, ma notevole, non si possa molto più chiaramente spiegare con una commozione molto grande del mare. Fra la Punta Lavapiès e S. Maria entra oggi una importante corrente nel golfo di Arauco, per abbandonarlo poi di nuovo verso Nord; ci si può domandare se una tal corrente possa essere per qual-

che tempo deviata, e se con ciò si possa ottenere una passeggera diversità di livello.

I dati sopra un ulteriore sollevamento della terra durante il terremoto di Valdivia del 7 novembre 1837, si limitano ad una comunicazione del cap. Coste sopra l'isola Lemus nell'arcipelago di Chonos. Quando egli l'11 dicembre 1837 visitò quest'isola, trovò una profondità minore, di 8 piedi; scogli prima sempre ricoperti dal mare ora sporgevano fuori, una gran quantità di conchiglie e di pesci in decomposizione copriva la spiaggia, circondata da numerosi alberi sradicati, e trasportati dal mare. Il cap. Coste vide in ciò i segni o di un rapido sollevamento della terra, o di oscillazioni del mare.

Quest'ultima quistione mi sembra però la decisiva; prima di tutto bisognava sapere, se erano stati posti all'asciutto scogli o banchi di rena, e sino a qual punto il sedimento trasportato dal mare che avea sradicato gli alberi, ne aveva diminuito la profondità. Anche in questo terremoto i movimenti dell'oceano furono così imponenti, che nell'isole Gambier, Tonga e Samoa avvennero inondazioni. Nell'isola di Wawau del gruppo delle Tonga la commozione straordinaria del mare fu avvertita per 36 ore.

Ma in molti punti della costa occidentale dell'America del Sud esistono costruzioni antiche, che fanno conto sin dal principio ad ogni sollevamento un po' importante del terreno. Le tombe e le traccie di antichi edifici, che Bibra ritrovò nella Baia di Algodon a 40-50 piedi sul livello del mare, condussero questo osservatore alla conclusione stessa; come accadde pure a Dav. Forbes quando vide sulla costa boliviana numerosi tumuli indiani appena a 20 piedi sul mare. E per Valparaiso stesso Darwin ha chiaramente mostrato, come dagli edifici di là si abbia la prova, che da 220 anni a questa parte il massimo sollevamento possibile non può aver superato i 15 piedi.

L'autorità più conosciuta su tale questione, il prof R. Philippi a S. Jago, già da anni nella sua descrizione del cosiddetto deserto di Atacama ha detto, che egli non ha trovato nessun

fatto che potesse dimostrare un sollevamento avvenuto in questa regione in tempi storici; e ha poi chiaramente fatto osservare come dopo il potente terremoto di Arica del 18 agosto 1868 non siano arrivate notizie, nè dalla costa peruviana nè dalla chilena, sopra un sollevamento od un abbassamento della terra. Lo stesso professore a mia preghiera ha avuto pure la bontà di informarsi nuovamente, e il 12 giugno 1882 mi scrive: “ Purtroppo le mie ricerche non hanno avuto alcun risultato. Vi sono ora nel Chilè poche persone, che si interessino alle questioni scientifiche, e nel 1835 ve n'erano anche meno; i capitani di porto e i navigatori di allora sono da gran tempo morti. Debbo ripetere che non è giunta a mia cognizione nessuna notizia sopra un nuovo sollevamento della costa chilena; ho inteso però raccontare più volte a Talcahuano e a Corral, che il terremoto del 1835 ha apportato dei mutamenti nel fondo del mare, e che in alcune località meno profonde ben conosciute dai pescatori, è diminuita la colonna d'acqua soprastante. Ma queste asserzioni dei pescatori a parer mio non sono una prova decisiva; quella gente non si occupa gran che dei dati esatti, e p. es. è assai probabile, che nel seno di Corral le alluvioni del fiume Valdivia abbiano diminuito la profondità del mare, e abbiano agito poco a poco; e che questo sedimento, divenuto molto notevole, sia stato attribuito all'effetto del terremoto suddetto. Vi è sempre una quantità di gente, anche tra le persone istruite, che per dare la spiegazione di qualche fenomeno non ricorrono mai alla causa più semplice e più naturale. Si assicura pure che anche il porto di Ancud abbia mutato il suo fondo dopo il terremoto del 1835; ma di un sollevamento di tutta la costa non ho udito parlare. Questo però non è una prova in contrario, poichè un piccolo sollevamento di pochi piedi non sarebbe certo stato avvertito dagli abitanti „.

Dopo una estesa descrizione di avanzi umani e di antiche linee litorali, su cui torneremo in seguito continua il professor Philippi: “ Bisogna che confessi apertamente, che secondo le

mie osservazioni e cognizioni son poco inclinato a seguire l'ipotesi che le Ande ed altre grandi montagne si siano formate in seguito a migliaia di questi terremoti, dei quali ciascuno avrebbe inalzato la terra di due o tre pollici, o di due piedi al massimo „.

Questa cosa ci riporta a quelle molto spinte conclusioni, che anni fa furono redatte dalle osservazioni sul Chili.

Il terremoto del 20 febbraio 1835 ha infatti dato origine ad uno degli scritti più importanti sul sollevamento delle montagne; anzi direi quasi all'unico tentativo fondato sulla osservazione diretta della natura, che cerchi di estendere la conoscenza di quella forza, che secondo le idee antiche doveva originare il sollevamento. Il suo autore è Carlo Darwin. D'allora non è stato fatto nessun altro qualsiasi tentativo di uguale importanza in questo senso. Oggi, quasi dopo un mezzo secolo, è permesso di dare su tale questione una risposta diversa, ma però bisogna riconoscere l'ardire di tale generalizzazione, che già d'allora tradiva il Maestro.

Darwin vide il risvegliarsi dell'attività vulcanica durante e dopo il terremoto; credè di vedere il sollevamento quantunque non uniforme della terra ferma; vide inoltre le terrazze lungo la costa. Sapeva però che simili terrazze accompagnavano anche la costa orientale dell'America meridionale, dove non erano nè vulcani nè terremoti. I terremoti quindi dovevano apparirgli come la manifestazione locale di una forza comune. La contrazione secolare della terra, che da alcuni era allora accennata, sembrò a Darwin e con ragione, affatto disadatta a spiegare quei sollevamenti intermittenti, che le terrazze manifestavano, e quindi giunse alla conclusione: “ *che la forma della superficie liquida della terra è soggetta a qualche mutamento, la cui cagione è perfettamente ignota, e il cui effetto è lento, intermittente, ma irresistibile* „.

Poniamoci davanti una carta dell'America meridionale, e supponiamo diviso il gran continente da N. a S. per tutta la sua lunghezza, e da E. a W. per la sua massima larghezza in

quattro parti disuguali. Supponiamo quindi di conoscere già il fatto, che accenneremo nei prossimi capitoli, che le terrazze hanno il loro maggiore sviluppo a Sud, e che, tanto lungo la costa orientale quanto lungo l'occidentale, verso Nord scemano e quindi spariscono affatto.

Si mostra allora che la parte sud-occidentale di questo continente, quella che abbraccia il Chilè e di cui ci siamo specialmente occupati, ha vulcani e terrazze e terremoti, la sud-orientale ha terrazze, ma non vulcani e pochi terremoti; la nord-occidentale ha vulcani e terremoti, ma non terrazze; e la nord-orientale finalmente ha terremoti, ma non vulcani nè terrazze.

Osservando più da vicino si vede, che, come si è detto, le terrazze scemano coi paralleli, e mancano al Nord, e che i terremoti al contrario seguono le montagne. Infatti queste si dirigono a NE., e quindi anche nella parte nord-orientale dell'America si hanno terremoti. Le tremende scosse di Carácas agirono molto al di fuori della regione dei vulcani e delle terrazze.

L'avvicinamento di questi fenomeni naturali nel Chilè, è quindi un debole argomento per sostenere una relazione diretta tra di essi; e nel Nord dell'America meridionale, si manifestano ora opinioni diverse sull'essenza dei terremoti. Già nello stesso anno 1835 Boussingault dichiarava, che i maggiori terremoti del nuovo mondo non erano affatto in relazione colle eruzioni vulcaniche. La loro origine andava ricercata con un vero sprofondamento (un véritable tassement) nell'interno delle Cordigliere. “ E questi sprofondamenti delle Cordigliere, che dopo il loro sollevamento devono essere stati così frequenti, continuano anche oggi. E io credo sicuramente di potere ascrivere a questo il maggior numero dei movimenti, che così spesso scuotono le montagne „.

K. Fuchs dice che quando si studiano i terremoti scientificamente, e si ricercano esattamente le manifestazioni e gli effetti loro, non si è verificato mai tra migliaia di terremoti

un solo caso di sollevamento. E certo è molto notevole, che da anni e colla sempre crescente attenzione per casi simili, non ci sia giunta dall'America meridionale nessuna notizia sopra un sollevamento della terra; e la supposizione espressa da Fonck, che la ragione ne debba essere ricercata nella maggior distanza degli ultimi centri sismici dalla costa, non mi sembra assai fondata dalle osservazioni comunicate.

Quindi il giudizio che ci dovremmo fare sopra i supposti sollevamenti così spesso assicurati della costa occidentale dell'America del Sud, dovrebbe essere secondo me del tenore seguente:

1. A Callao avanzi umani diedero origine a false supposizioni; si tratta in questo caso di una successiva formazione e distruzione di un banco sulla parte dell'isola di S. Lorenzo volta alla costa.

2. Nel caso di Valparaiso del 1822 dai più celebri testimoni oculari, come Cuming, vien negato recisamente ogni mutamento della linea litorale.

3. Nel terremoto di Concepcion del 1835 il movimento della massa d'acqua del Pacifico fu tanto forte, che dopo la scossa rimase a secco la spiaggia per qualche piede; ma questa cosa non durò; occorsero però molte settimane per riottenere l'equilibrio del mare.

4. Sopra Valdivia 1837 non si hanno dati sufficientemente esatti.

5. In nessuna delle successive, numerose scosse della parte occidentale dell'America del Sud., si è osservato un sollevamento della terra.

NOTE AL CAPITOLO SECONDO

1. ROSSI, *Meteorologia endogena*. Vol. II, *Microsismologia*.
2. BITTNER, *Beitr. zur Kenntniss des Erdbeben von Belluno vom 29 Juni 1873*, *Sitzungber. der k. Akad. Wiss. Wien*, 1874, vol. 69, pag. 6.
3. R. HÖRNES, *Erdbebenstudien*; *Jahrb. geol. Reichanst.* 1878, XXVIII, pag. 387, con carta.
4. E. SUSS, *Die Erdbeben des südlichen Italien*, *Denksch. k. Akad. Wiss. Wien*, 1875, XXXIV, pag. 1-32. Per informazioni più ampie ed estese, consultare, tra gli altri, l'importante memoria del prof. G. SEGUENZA, *Le formazioni terziarie nella provincia di Reggio*. *Atti d. Acc. dei Lincei* 3^a ser., vol. VI; e: E. CORTESE, *Sulla formazione dello stretto di Messina*, *Boll. Comit. geol.* 1882, XIII, pag. 439 e 2 tav.
5. Ultimamente CORTESE ha rilevato le seguenti direzioni nelle fratture: 1. E.-W.: Alicuri, Filicuri, Saline; 2. NE.-SW.: Stromboli, Panaria, Lipari parte settentrionale; 3. N.-S.: Lipari, Vulcano, Vulcanello. Vedi CORTESE, *Sulla costituzione geologica dell'Isola di Lipari*, *Boll. Comit. geol.* 1884, II, pag. 502.
6. Ho tralasciato a posta di parlare di quello strano sistema di faglie radiali, che ROSSI ha descritto come irraggianti dai monti Albani. Accetto volentieri, nel fondo, i fatti che questo acuto osservatore ha riscontrato sopra i movimenti sulle fratture, come pure tutte le singole descrizioni di fratture, come ad es. quella dimostrata da PONZI nella valle del Tevere e proprio dentro Roma. Ma non mi sembra ammissibile dai lavori di PONZI, di ritornare all'antica idea di BREISLACK, che precisamente nel Fôro ci sia stato un vulcano; e molto meno possibile credo poter riconoscere, con qualche sicurezza, dai terremoti, singole linee così prossime tra loro; e in special modo non certo da un solo movimento, che le ha colpite tutte insieme. Le linee radiali calabresi sono molto lontane tra loro, e sono state, ciascuna in tempi diversi linee di scossa affatto indipendenti.
7. Vedi DOLLFUSS e MONT-SERRAT, *Voy. géol. dans les Républ. de Guatemala et de Salvador*. (*Miss. scientif. au Mexique et dans l'Amérique centr.*) *Géologie*. Paris 1868.

CAPITOLO TERZO

DISLOCAZIONI.

Decomposizione delle tensioni. — Dislocazione per movimenti tangenziali. — Piegatura. — Struttura embriciata. — Piani di faglia. — Piani di spostamento orizzontale. — Torsione. — Dislocazione per movimenti radiali. — Sprofondamento per substrato che si sposti. — Faglie e fessure. — Reti di faglie. — Sprofondamenti circolari. — Dislocazione per movimenti radiali e tangenziali contemporanei. — Pieghe all'indietro e impigliamento. — Pieghe in avanti.

Negli ultimi anni rispetto alla formazione delle catene montuose si è manifestato un notevole cambiamento nelle opinioni. Senza parlare dei più antichi ottimi lavori di Favre, per dire soltanto dell'Europa, ultimamente Heim, Baltzer, Mojsisovics e altri nelle Alpi, Paul nei Carpazi, Credner negli Erzgebirge, Lossen nel Harz, M'Pherson in Spagna e molti altri hanno talmente contribuito ad una molto più esatta spiegazione, fondata sopra una cognizione più estesa di fatti, della struttura delle grandi catene, che è ormai inutile mettersi a confutare le più antiche idee sul sollevamento delle montagne. Bisogna però d'altronde confessare che le moderne opinioni sulla formazione delle montagne, dovuta a movimenti generali, in faccia ai quali sono ugualmente passive ogni sorta di rocce, sono provate soltanto nei loro fondamenti. Il riconoscere le particolarità dell'andamento mediante l'esame e il confronto di fatti staccati, è compito degli anni avvenire. Ogni esatta ricerca sulla natura di una determinata dislocazione, ogni coscienziosa esposizione di alcuni maggiori spaccati artificiali, come il profilo del Gottardo di Stapff, o quello del Bö-

tzberg di Moesch, acquista perciò maggior interesse; e riconoscanti ci rivolgiamo nuovamente anche al ricco tesoro delle più antiche osservazioni. Perciò io qui riconosco molto volentieri l'incitamento, che mi è venuto dal libro di v. Carnall sopra le fenditure nei monti carboniferi, libro pubblicato quasi da cinquant'anni. E neppure mi perito a dichiarare, che, con tutto l'interesse pei numerosi tentativi di riprodurre artificialmente i fenomeni delle faglie o delle pieghe, pur mi sembra, per il momento, di molta maggior importanza lo studio di alcuni fatti decisivi in natura. La sezione di qualche parte di scisto piegato, o l'esatto schizzo di un qualche spaccato minerario, come p. e. quelli di Köhler dei monti carboniferi di Vestfalia, ci fa comprendere una serie di fatti meccanici, che prima solo raramente erano osservati quanto meritavano.

Le Dislocazioni visibili nell'edificio roccioso terrestre sono l'effetto dei movimenti, che hanno origine dalla diminuzione di volume del nostro pianeta. Le tensioni originatesi per un tal fenomeno mostrano la tendenza a decomporci in tensioni tangenziali e radiali, e quindi in movimenti orizzontali (cioè di spostamento e piegamento), e verticali (cioè di abbassamento). Quindi dovremo dividere le dislocazioni in due grandi gruppi principali, cioè di quelle originate da spostamento di parti più o meno grandi di montagne in senso più o meno orizzontale; e di quelle originate da movimenti più o meno verticali.

Vi sono estese regioni nelle quali più frequenti si riscontrano dislocazioni del primo gruppo, e altre ancora nelle quali si hanno quelle del secondo gruppo; e si hanno anche estensioni, nelle quali si trovano l'une e le altre assai intimamente collegate tra loro, nelle quali perciò la scomposizione delle tensioni è stata meno completa. Questa grande diversità nella litosfera è facilmente riconoscibile dallo studio della struttura del vecchio mondo; e neppure è sfuggita ai geologi americani. Nella provincia geologica del Great Basin, dice Clarence King, agirono due diversi tipi di attività dinamica; uno nel quale

una pressione tangenziale fu visibilmente il fattore principale, che diede origine alla contrazione e alla piegatura, probabilmente in epoche postgiurassiche; un altro di attività esclusivamente verticale, forse dell'epoca terziaria, nel quale si hanno appena tracce di una pressione tangenziale.

I nostri colleghi transatlantici sono ancora andati più avanti. Già dal 1875 Gilbert in un confronto tra le piegature degli Appalachi e il depresso Basin Ranges esprimeva l'idea, che negli Appalachi la causa motrice fosse superficiale, mentre nel Basin Ranges era profonda. Avremo occasione di rilevare, dal portamento delle Alpi colla loro preregione nordica, sino a qual punto una tale idea trovi una conferma in Europa. Ci sia però permesso di ricordare sin da ora, che in generale solo le dislocazioni del secondo gruppo sono accompagnate da fenomeni vulcanici.

Da queste osservazioni generali si deducono i fondamenti, secondo i quali va ordinata la terminologia delle dislocazioni nei monti. ⁽¹⁾

A. Dislocazione per movimenti tangenziali.

Cominciamo dai movimenti originati da tensioni tangenziali.

L'effetto più semplice e diretto di un movimento orizzontale o quasi della superficie esterna della terra, è l'origine di lunghe pieghe, le cui selle si spingono per una lunga estensione, poi poco a poco si spianano, e sono seguite da altre selle che sono parallele alle prime, o più o meno divergenti. Talvolta pure una sella può piegarsi ad angolo acuto. Tali pieghe sono arrestate da ostacoli che si facciano loro incontro, e allora l'andamento loro si piega nel senso del movimento generale in avanti. La parte media del Giura è un esempio ottimo e da gran tempo conosciuto di un caso tale.

Piegatura si ha con forme svariatissime, e con svariatissime rocce ed altezze. Nelle masse nastriformi di scisti menilitici, che formano in Moravia l'orlo esterno della termina-

zione occidentale dei Carpazi, si trovano pieghe della regolarità di un modello schematico. Chi ha visto le pareti dell' Axenberg

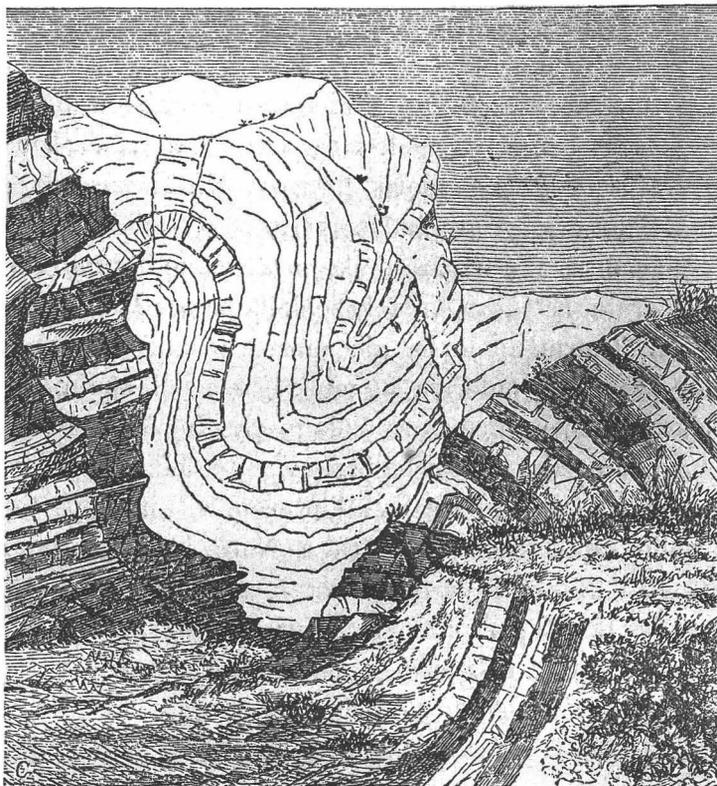


FIG. 3. — Scisto menilitico. — Wolfsgraben presso Nikolschitz, Moravia.

al Lago dei Quattro Cantoni, sarà certo rimasto meravigliato dell'inestricabile collegamento degli strati calcari. Ad altezze, molto superiori alle vette più alte delle Alpi nostre, si trovano pieghe nell' Imalaia. La struttura delle pieghe negli Appalachi nella sua imponente semplicità è stata il punto di partenza di importanti lavori tettonici in America, in tempi in cui nell' Europa ogni piega era considerata come una linea di sollevamento indipendente.

Se la massa che si piega trova un ostacolo in sè stessa, e si arresta, si innalza a formare delle alte selle erose le quali

possono anche essere inclinate le une verso le altre. Le selle di tal fatta descritte da Kauffmann del Pilato, da Escher del Säntis, dal v. Richthofen del Formarinsee nel Vorarlberg, da Lotti nelle Alpi Apuane non sono che manifestazioni diverse di un tal fenomeno.

È esattissimo che, come ha mostrato Heim, con movimenti uguali possano originarsi delle pieghe, inclinate in direzioni opposte, cioè che in un monte diretto a N. si possano avere pieghe inclinate a N. e pieghe inclinate a S.; ed è vero del pari, che come punto di partenza della inclinazione di una tale sella va considerata l'altezza della base della piega. Ma l'esperienza ci insegna, Thurmann lo ha già mostrato anni fa nel Giura, e Heim stesso lo conferma in molti punti del suo ottimo libro, che il numero maggiore delle pieghe inclinate ha sempre la stessa inclinazione, cosicchè la convessità della piega è voltata all'esterno, e la parte concava all'interno; così nella parte maggiore delle Alpi la sella è volta a Nord, il fianco invece a Sud. Questo fatto ha dato ancora fondamento alla legge espressa da B. Studer, che gli strati piegati a *C* delle Alpi Svizzere volgono all'esterno la parte concava. L'esempio più grande e più notevole di ricoprimento e rovesciamento ci vien dato dalle descrizioni così estese di Heim e di Baltzer sui rapporti che il Trias e il calcare giurassico ha collo gneiss nel declivio settentrionale della massa del Finster-Aarhorn.

La cresta della Jungfrau è costituita per 800 m. da gneiss; sotto questo le ripide pareti della parte settentrionale sono formate da calcare giurassico, che è impigliato nello gneiss in due grandi pieghe sinclinali, e sotto a queste pareti compare di nuovo lo gneiss. Quello degli strati giurassici che giace più in alto si spinge, sempre più restringendosi, per 3 km. nella massa gneissica, mentre l'inferiore termina ottusamente. Verso oriente per tutto il declivio settentrionale di queste grandi montagne si ripete questo rovesciamento con diverse variazioni. Il sig. Baltzer ha avuto la bontà di condurmi da Meyringen sulla Urbachsattel sotto il Gstellli-Horn, dove cinque

pieghe sdraiate di gneiss, circondate in parte da formazioni triassiche penetrano nel calcare del Giura. Il ripido Gstell-Horn separato dal resto per l'erosione, consiste in una cresta di gneiss, che forma parte del quinto cuneo di gneiss, il superiore; sotto a questo si ha una massa ricoperta di calcare giurassico, che forma delle ripide pareti, ed ai cui limiti superiore e inferiore Baltzer riscontrò tracce di formazioni triassiche, quindi al disotto le pareti sono nuovamente di gneiss, quello del quarto strato. È un punto di una chiarezza meravigliosa, e la descrizione di Baltzer ci raffigura splendidamente la compenetrazione che si presenta ai nostri occhi, delle rocce le più consistenti.

Sull'estremo delle lunghe e sottili pieghe calcari, che a ragione vengono considerate sinclinali schiacciati, la pressione esercitata sul calcare giurassico, insieme allo spostamento orizzontale delle parti, ha raggiunto il suo massimo. In tali punti accade, che pezzi isolati di calcare, stritolati dalla massa principale si trovino nello gneiss. Parimente pezzi di gneiss sono entrati nel calcare.

Nei punti stessi del maggior effetto meccanico avvengono quelle notevoli trasformazioni di calcare giurassico in marmo cristallino, la cui causa si sa oggi essere il movimento delle montagne stesse. L'estremo di una simile piega calcare si trova proveniente dal Laubstock sulla strada di Grimsel, e può essere facilissimamente veduta da ogni visitatore della valle del Hasli.

In tutti questi straordinari fenomeni, specialmente nello schiacciamento degli strati calcari, sembra abbia avuto la parte maggiore il movimento progressivo della parte curva inferiore della montagna.

Già da molti anni attenti osservatori delle pieghe nei monti del Giura, come Gressly, avevano trovato, che nelle pieghe molto inclinate si vedeva la tendenza a dividersi secondo un piano corrispondente all'asse della sella, per cui si aveva uno spostamento della parte superiore della piega lungo questo piano di divisione.

Nello stesso modo H. D. Rogers dalle sue ricerche sugli Appalachi aveva detratto la legge, che in una piega ribaltata il fianco normale viene spinto sopra il fianco ribaltato, cioè quello rialzato su quello giacente. Se la piega originaria è inclinata a Nord, e la montagna si muove pure verso Nord, allora il piano di divisione è rivolto al Sud.

Si vede adunque che in alcune parti di montagne questo fatto non è isolato, ma si ripete in molte serie di pieghe poste parallelamente l'una all'altra. Effetto di ciò è un aspetto tutto particolare del monte. Nella piega inclinata originaria la parte giacente o letto della piega indica la successione rovesciata degli strati la superiore o tetto invece la normale. Quando dunque il rovesciamento ha tolto affatto alla vista il fianco ribaltato, resta visibile soltanto il fianco superiore cogli strati normalmente allineati e volti all'interno del monte, cioè p. e. inclinati a Sud quando si ha movimento verso Nord. Procedendo verso l'interno del monte si troverebbe adunque, per ripetere un'espressione usata da Alberto Müller di Basilea, una serie di strati: $a b c d e$, $a b c d e$, $a b c d e$. Un monte a semplici pieghe invece darebbe: $a b c d e d c b a b c d e d c b a$, ecc. ecc.

Questo caso speciale verrà chiamato in seguito: "Struttura embriciata „. Questa struttura, come ha mostrato Bittner, ha uno sviluppo speciale, nella parte orientale della zona calcaree delle Alpi nella Bassa Austria. Le lunghe linee di andamento hanno già preso qui la direzione verso NE. dei Carpazi, e la stessa successione di strati si ripete sempre inclinata a S. o a SE. " Bisogna „, dice Bittner, "interpretare questa successione non interrotta e ripetuta di strati, come altrettanti fianchi superiori di pieghe ribaltati o giacenti, i cui assi anticlinali col successivo sviluppo delle pieghe furono rotti, per cui i fianchi superiori delle pieghe furono l'uno sull'altro ammassati, mentre i fianchi giacenti furono affatto obliterati „.

Una struttura simile si può riscontrare più o meno visibile in altre parti delle Alpi orientali, e si ripete in condizioni spe-

cialissime nel Giura orientale, proprio nel luogo della massima pressione laterale verso la Selva Nera. Le pieghe regolari del Giura, da Est e da Ovest si avanzano invece con ampie curve. L'influenza della Selva Nera, secondo A. Müller, è visibile a oriente di una linea, che partendo dal limite occidentale della Selva Nera meridionale si estende verso Sud per Kandern e Lörrach, a oriente di Basilea lungo il Birs, e davanti alla scarpa occidentale dell'altipiano di Gempen verso Nunningen. A oriente di questa linea si ha una zona di depositi giuresi senza pieghe, con un piccolo declivio a mezzogiorno sempre a ridosso della Selva Nera meridionale; è il cosiddetto Giura tabulare; a Sud di questo Giura tabulare si estende il Giura a pieghe.

Da Nunningen per Bretzwyl e Reigoldtswyl, secondo lo stesso osservatore, la parte settentrionale del Giura a pieghe è spinto per 1 o 1½ km. al di sopra del Giura tabulare; in special modo è il Calcare oolitico del Giura medio, che sta sopra al Giura bianco steso verso Sud; mentre al Sud di questo ricoprimento, precisamente in vicinanza del grande tunnel di Hauenstein, compaiono l'un dopo l'altro da 3 sino a 4 strati del Calcare conchiliare costantemente inclinati a Sud.

Gli ottimi lavori fatti da Moesch in questa parte dei monti del Giura ci permettono ora di seguire con grande esattezza la graduale mutazione nella loro struttura nel senso del loro andamento, cioè verso NE. Nei Saalhöfen sotto il Gaisfluh, a E. di Oltingen, e da lì a Densbüren e sino all'Aare si vede dovunque il margine settentrionale del Giura a pieghe come una volta rovesciata da Sud a Nord, e quindi con rovesciamento di strati, appoggiarsi sul margine del Giura tabulare. Per un fatto tale una lunga striscia di Molassa miocenica resta impigliata tra l'arcata, che da Sud le si rovescia sopra, e il Giura tabulare che leggermente s'inclina verso Sud.

Il Tunnel di Bötzbürg traversa da S. a N. tutta la volta rovesciata del Trias e del Giura, penetra quindi nella zona degli strati miocenici imprigionati, e quindi finalmente negli strati più alti e pianeggianti del Giura.

Questo rovesciamento dell'estremo occidentale del Giura a pieghe continua anche al di là dell'Aar. I banchi pendenti a Sud del Calcarea conciliare attraversano il fiume a Bad Schinznach, e si spingono quindi sino all'altezza del Wülpelsberg, dove le loro cime portano i venerandi avanzi della Habsburg. Contengono *Placodus* e *Myophoria*; la torre dell'antico castello stà sulla loro sommità. Sotto al Calcarea conciliare, e divisi da questo per un ripido e boscoso pendio, si trovano fratture del gesso del Keuper; sotto a questo sta il calcarea bianco del Lias inferiore. Nelle praterie sotto a questo si riscontrano dei massi isolati di Calcarea oolitico, e più in basso ancora, ai piedi del monte, compaiono i banchi del Giura bianco, che, con una inclinazione a 60° verso Sud, si sprofondano sotto queste serie di strati.

Mentre adunque al limite settentrionale si ha questo rovesciamento, verso l'interno del Giura le pieghe riacquistano sempre più la loro struttura normale, la quale nella zona più interna e più meridionale, neppure al luogo stesso della massima embriciatura degli strati, si era perduta.

Le lunghe pieghe delle catene giurassiche mostrano adunque nel luogo più prossimo alla Selva Nera, per un piccolo tratto quella sovrapposizione del fianco della piega, caratteristica dell'embriciatura; al di là della regione dell'arresto cessa un tal fenomeno. Ma l'estremo settentrionale del Giura a pieghe resta per lungo spazio rovesciato, mentre il margine interno non abbandona mai completamente, neppure nella regione delle embriciature, la struttura normale delle sue pieghe.

Riscontreremo l'embriciatura nel Tirolo meridionale e in altri luoghi ancora.

Se si confrontano questi fatti con quanto sanno i nostri minatori, si vede chiaramente, che questi non diversificano affatto dagli spostamenti, che si distinguono dalle faglie vere e proprie col nome tedesco di "Wechsel", o di "Schlächten", in inglese "Creeps". È merito speciale di Köhler di avere applicato ai monti carboniferi di Vestfalia le moderne opinioni sulla struttura delle montagne, a spiegare le perturbazioni che vi si riscon-

trano. Le montagne a filoni di Vestfalia sono piegate per effetto di una forza orizzontale che agiva da Sud verso Nord.

“ Col nome di Wechsel o di Ueberschiebung „, dice Köhler, “ s' intende in generale quella certa perturbazione nel monte per cui un filone al fianco superiore della piega rimane più alto, che non all' inferiore. Queste faglie si presentano in Vestfalia sempre in direzione del monte, ed hanno una pendenza appena un poco maggiore che non le parti del filone spostato. La massima differenza di livello tra i filoni che si riscontrano, giunge in un caso a 500 metri. Le faglie maggiori sono inclinate verso Sud, ma anche alcune per eccezione a Nord. Queste faglie non sono che la potenza massima della piegatura „.

Quindi Köhler confronta queste faglie colle descrizioni di Heim delle pieghe sospinte.

Per le osservazioni cumulate di Wimmer, Groddeck, Stelzner e Köhler venne accertato che il celebre giacimento del Rammelsberg presso Goslar sta sopra una di tali faglie, cioè un sospingimento dell' arenaria a *Spirifer* del Devoniano inferiore sopra scisti del Devoniano medio. La forma caratteristica del giacimento dipende da questo, che anche il minerale metallico stesso ha preso parte ai movimenti del monte; il giacimento metallifero piegato, impigliato, appiattito nel suo modo di presentarsi ricorda perfettamente i grandi fenomeni, che si osservano nella massa del Finster-Aarhorn.

Si conoscono alcuni casi, in cui questo sospingimento orizzontale è tanto esteso, che pezzi assai grandi di antichi strati, separati talvolta per successiva erosione vengono a trovarsi sopra strati più recenti. Frai casi di un massimo allontanamento dalla posizione normale in questo senso, sembrano doversi ascrivere quelle perturbazioni che Bertrand ha descritto, e che, provenienti dal limite esterno del Giura, si trovano tra Besançon e Salins.

L' andamento regolare delle pieghe spesso è interrotto o da una repentina piegatura a *S*, o dall' incontrarsi di due parti di monte, che l' una verso l' altra si avanzino. Più spesso si

trova una fenditura a picco, che separa perpendicolarmente le due parti del monte. Questo sospingimento spesso notevole di singole parti di un monte l'una verso l'altra, senza dubbio deriva da un movimento irregolare delle masse; e spesso si osserva che le pieghe sono molto più addossate e più facili a formare tali sospingimenti da' una parte del piano di separazione, che non dall'altra.

Questi piani hanno una straordinaria importanza per comprendere la formazione delle montagne piegate.

Quando nel 1854 Escher, il nobile, indimenticabile scienziato; mi spiegava la struttura delle pieghe del Sântis, accennava con molta insistenza ad una piccola parete in vicinanza di Wildkirchli, che sembrava appartenere ad una spaccatura, che tagliasse trasversalmente le pieghe. Quando nel 1857 a Trogen dinanzi alla Società dei naturalisti descriveva le sei pieghe del Sântis egli disse: " Mentre nella direzione della lunghezza in questa montagna non si riscontrano faglie, si osservano invece delle fenditure trasversali, che spesso traversano tutto il monte, come quella che dal Wildhirschlein arriva alla valle del Reno. In tali fessure si riscontra pure la levigazione dei due piani separati, e anche la loro dislocazione „

Nel suo taccuino scriveva visitando il Rasenäuli: " Questo Valangiano (del Bogarten-Furkeli) insieme al Neocomiano presentano una quantità di striature orizzontali; e si può assai verosimilmente ammettere che esso colle sue pareti di sgusciamiento, faccia parte di una grande frattura diretta da Nord a Sud, e sulla quale si trova anche la faglia Wildkirchlein-Bomen, lo Stifelpässchen, e il Krinnenpass (Fählen-Saxerweg).

Concludiamo adunque da questo primo esempio: la direzione a Nord (un poco verso Ovest) trasversale alle pieghe, la lunghezza della linea, la striatura orizzontale delle pareti: con ciò son dati tre caratteri principali di simili piani.

I lavori di Jaccard sul Giura di Waadtland e di Neuenburg ci lasciano riconoscere in queste regioni l'esistenza di una linea trasversale di tal fatta molto più rilevante. Dal margine

meridionale del monte, e quindi proprio lungo il limite nord-orientale del lago di Joux, da qui per Hôpitalux a Nord sin verso Pontarlier, si ha una divergenza dell'andamento delle pieghe del Giura, che è massima a Sud, e sembra perdersi verso Nord. A Sud è caratterizzata dalla presenza di corte catene dirette da Nord a Sud, per le quali nel 1869 rimase in dubbio Jaccard, se dovessero considerarsi come membri indipendenti, o come una derivazione delle pieghe, che si trovano a occidente della perturbazione. Per le successive scoperte dobbiamo accettare come vera la seconda ipotesi; e perciò in questa estesa linea di spostamento da Nord a Sud, le pieghe interne del Giura sono state trascinate trasversalmente al loro andamento normale.

La parte orientale del monte è più avanzata verso Nord che non l'occidentale.

Al Säntis l'andamento delle pieghe è verso NE., quello della linea trasversale è verso N., con lieve accenno a W.; qui parimente l'andamento delle pieghe è verso NE., e quella della linea trasversale è verso Nord. Sembra che esista, a occidente di questa, anche una seconda lunga linea la quale partendo da Les Tuffes e La Chaille (a Sud del piccolo Lac des Rousses) si estende verso Salins, cioè un po' più verso NNW.; ma mi mancano su di essa dati esatti.

Un simile spostamento, che si riscontra trasversalmente all'andamento nella regione del Thunersee superiore, fu già da me esposto in altro luogo secondo le osservazioni di Studer; ho pure descritto quello di alcune parti della Molassa, che Kauffmann ha riscontrato tra il lago di Thuner e quello di Zurigo.

Nelle Alpi orientali si mostrano vari piani di perturbazione, i quali, qualunque sia l'andamento della montagna, son sempre diretti da N. a NE., principalmente verso NNE. Questi piani si sprofondano a picco, e come il loro andamento sembra aver direzione costante, altrettanto incostante ne è la pendenza, che facilmente si cambia da WNW. in ESE.

Le pareti sono spesso gibbose, ma però levigate, assai spesso coperte di striscie o di solchi orizzontali o quasi, e accompagnate dalla tendenza a schiacciare delle piccole parti di monte a forma di cuneo o di lente; tendenza assai comune nella formazione di tali piani.

Nei monti calcari le pareti sono spesso formate quasi esclusivamente da frammenti poliedrici fusi fra loro, originati dalla roccia completamente frammentata dal movimento; e le strie scorrono lungo questi frammenti. Negli scisti o nelle marne dure lo schiacciamento, o il reticolato della roccia con piani lucenti e striati è molto più esteso, e si origina così quella speciale maniera di frammentazione, che nel Harz si chiama “ Verruschelung „.

Visitiamo ora partendo da Berchtesgaden verso Sud prima il Königssee. Là dove più avanti nel lago si spinge la parete di Falkenstein costituita da calcare stratificato, si presenta una grande parete piana, perpendicolare, diretta a NNE., accompagnata da spaccature parallele nella massa calcare. Al di là del lago noi ci inerpichiamo sulla potente massa calcare del Mar di pietra (Steinernes Meer). Durante la salita più volte si incontrano dei piani diretti a NNE.; come p. es. alla sorgente nella Saugasse, poi sull'altipiano del Mar di pietra stesso, nella strada affossata al di sopra della Funtenseealpe. L'intera massa della Schönfeldspitze coi suoi strati ricurvi sembra una porzione di monte schiacciata tramezzo a delle voragini da N. e da NE. Alla Buchlauer Scharte raggiungiamo lo spigolo dello sprofondamento meridionale, e nel tempo stesso il limite Sud della zona calcare. Il limite orientale di questa cresta è formato da grandi piani ripetutamente diretti a NNE., i quali fanno apparire a guisa di pali o di scene, porzioni più grandi del potente precipizio, proprio come si osserva nella valle dell'Enn, al declivio meridionale dei monti del Dachstein.

Sulla “ Buchlauer Scharte „ ci circondano ripide pareti di calcare grigiastro, molto in basso sotto queste pareti si estende una verde campagna alpina appena rotondeggiante. Questa è costituita

dagli scisti paleozoici del Mitter-Pinzgau; solo a grande distanza, verso Zell e Taxenbach, questi si innalzano a considerevoli altezze, e al di sopra di questi si vede la linea dentata dei Tauern.

Noi attraversiamo queste formazioni scistose.

Nello gneiss dei Tauern si trovano quelle vene aurifere, che sono il luogo di origine dell' " Oro dei Taurisci „, e che per secoli furono escavate con lucro e rinomanza grande. Queste venule o lamine aurifere sono molto numerose, e salvo poche eccezioni scorrono verso NNE. o verso NE., e spesso si uniscono a formar delle reti. Due zone o due fasci di tali venule sono specialmente notevoli, cioè la linea lunga 1700 m. del Rathhausberg, che scorre a NNE., e la linea Erzweise-Bockhardt-Siglitz volta insensibilmente più ad oriente, la quale col suo prolungamento al di là dei ghiacciai si può seguire per 7 km. In direzione verticale tali vene furono seguite per 1500 m.

La descrizione la più completa di queste vene ci è stata data da F. Posepny. Quest'osservatore vede in esse diversità locali nel movimento orizzontale della massa del monte: " In questo fatto non si tendeva alla formazione di spaccature o fessiture, ma piuttosto ad uno spostamento nella roccia „. Si sono perciò originate delle fessure non perfettamente piane nè lineari, ma curve. Coi movimenti orizzontali nei punti più curvati si formarono quei prodotti di frizione, che tra le strie e le faccie di scivolamento accompagnano queste faglie. In vicinanza del Bockhardt queste faglie penetrano anche nel calcare.

Abbandoniamo questa regione istruttabilissima in tutti i suoi particolari, e avanziamoci ancor più verso Sud, sino ai monti dei dintorni di Raibl. Qui ci si presenta una potente e completa serie di depositi triassici. Essa si piega regolarmente verso Sud. Un membro di essa, il calcare metallifero, il quale forma l'intera massa del Königsberg, contiene giacimenti di Galena e Giallamina. Uno scisto nero con pesci sta sopra al calcare metallifero.

Anche di tali giacimenti Posepny ci ha dato una monografia, dalla quale si rileva, che la galena si riscontra in una serie di

faglie, che hanno una direzione quasi di Nord-Sud, e che sono riunite tra loro in zone. Tali fessure, dice Posepny, son paragonabili a dei piccoli tagli nella roccia, e solo raramente si hanno vere e proprie spaccature, che talvolta sono vuote, tal'altra riempie da frammenti di roccia. Le pareti sono in generale lisce, talvolta con scannellature parallele, anche però con sistemi reticolati di striature. La pendenza varia, e talvolta è diretta ad E., tal'altra di nuovo a W., ma là dove verso Sud queste fessure traversano il limite degli scisti, si vede che questi furono trascinati, e che l'intera montagna è sospinta verso queste faglie. Il calcare metallifero quindi nel suo andamento, indietreggiando verso gli scisti, viene ad affiorare, e gli affioramenti nelle escavazioni e alla superficie hanno permesso a Posepny di riconoscere, che nella parte occidentale della valle questi sospingimenti verso gli scisti giungono a 420 m., mentre nella parte orientale, dove però la cosa è meno chiara, essi raggiungono 760 m. Oltre a ciò questi sospingimenti avvengono in modo che, nel profondo della valle, la quale è al solito diretta a Nord, il calcare è spinto al massimo verso Sud, mentre sulle pendici lo stesso calcare in ogni sospingimento si ritira più e più verso nord.

Lasciamo ora Raibl, e cerchiamo ad oriente la valle parallela del Lahn. Là si mostra un sospingimento orizzontale molto più importante. La parte occidentale della valle corrisponde alla continuazione dei monti di Raibl; quindi corrispondente alla valle principale, e al suo braccio principale sinistro a Sud dopo la sua biforcazione, segue una divisione del monte diretta a N. o a NNE.; divisione che forse si continua nella valle del Coritenza a oriente del Mittagkogel traverso al profondo labbro; e tutto quanto si trova ad oriente di questa linea, le masse montuose del Prinza, del Mangart, del Jelouz e altre ancora, sembra ritratto per 3-4 km., verso Nord.

Altri numerosi esempi potrebbero citarsi delle Alpi orientali; basti ricordare la linea di Belluno, sempre diretta a NNE., e di cui già abbiamo parlato trattando dei terremoti di Belluno.

Nella parte nord-orientale delle Alpi si avverte una deviazione nella direzione di queste faglie così regolarmente dirette sin ora a N., NNE. o E. Alla Hohe Wand presso Wiener-Neustadt, là dove il calcare triassico si trova sopra un deposito cretaceo, ambedue, come ha mostrato Bittner, sono tagliati da piani diretti a NNW., e spostati secondo questi. Sopra un tale istruttivo incrociamiento di perturbazioni torneremo a parlare in seguito.

Questi ripidi piani di spostamento si possono seguire nelle Alpi orientali in tutta quanta la serie dei loro effetti sulla struttura della montagna; dalla dislocazione di rilevanti porzioni di monte su entrambi i lati di una valle trasversale, sino allo spostamento di pochi metri in una vena metallifera, e finalmente sino al piccolissimo piano di separazione simile a tenue fessura capillare, il quale sembra tenere nel monte un posto simile a quello degli ancor più piccoli piani di spostamento, che il microscopio ci fa riconoscere nelle rocce piegate.

E neppure alle altre regioni essi sembrano mancare: la faglia di Medina lungo la quale una metà dell' isola di Wight è spostata verso l'altra, ne è un istruttivo esempio. Che questi piani derivino da una tensione tangenziale, come i piani di sospingimento, è indiscutibile, ma ci manca un nome speciale per distinguerli.

Köhler conosce spostamenti di tal fatta anche nei monti carboniferi, e li riferisce agli " Uebersprünge „ di Carnall, che potremmo indicare col nome di " faglie orizzontali „. (2)

Quindi da un movimento tangenziale in un monte nascono due gruppi di faglie. Il primo gruppo è formato dai piani di sospingimento o faglie la cui ripetizione produce la struttura embriata: nel secondo gruppo sono i piani di spostamento o faglie di spostamento orizzontale.

L'andamento delle faglie di sospingimento corrisponde all'andamento delle pieghe, e viene insieme ad esse deviato. L'andamento delle faglie orizzontali è più o meno, mai però esattamente, perpendicolare all'andamento del monte; non è sog-

getto a deviazioni, e ci dà una più esatta immagine del movimento generale della massa.

Ogni singolo piano di sospingimento ha una determinata inclinazione, che perdura sino al fondo nello stesso luogo. L'inclinazione delle faglie orizzontali è sempre straordinariamente ripida, ma nel fondo può cambiarsi anche in una contraria, per poi tornare di nuovo alla sua primitiva.

Le faglie orizzontali sono molto più atte a formare le valate, che non i sospingimenti. Quelle sono spesso metallifere, questi molto più raramente.

Le faglie orizzontali sono originate nella loro forma normale da un movimento concorde, ma non uniforme di porzioni di monte. Il parallelismo dei movimenti delle due parti è spesso solo relativo alla loro direzione, poichè un'ala può scendere molto più al basso che non l'altra. Questo può accadere specialmente allora quando a causa del movimento maggiore l'ala anteriore si piega maggiormente. Quindi in queste faglie si possono riscontrare notevoli differenze di livello, senza che perciò sia avvenuto un vero e proprio sprofondamento di una delle ali, cioè una faglia in senso stretto; e questo ci vien dimostrato dal fatto, che anche in questo caso non si riscontrano strie verticali sui margini, ma che invece le linee che vi si riscontrano, sono soltanto leggermente inclinate, o ve ne sono due sistemi, entrambi d'inclinazione diversa, ma sempre però quasi piani.

Una straordinariamente grande complicazione di tutti questi fatti, tanto nelle faglie orizzontali che nei sospingimenti avviene allorquando nella stessa regione si presentano due direzioni diverse di piegamento.

Nella maggior parte di Europa a N. delle Alpi, tutte le catene montuose mostrano, come le Alpi, una piegatura verso Nord. Ciò non impedisce che nell'Europa centrale si abbiano due direzioni, delle quali l'una produsse pieghe e catene dirette più a NE., l'altra invece più a NW.; queste due direzioni sono conosciute sotto il nome di: *Nederlandica* ed *Ercinica*.

Là dove una sola di queste direzioni si manifesta, come

nell'Irlanda sud-orientale, dove nei monti presso il Killarney-Lake il Devoniano è spinto in alto sul calcare carbonifero, o lungo i giacimenti carboniferi del Belgio, o nell'Erzgebirge, allora, nonostante tutte le complicazioni delle condizioni, resta sempre assai facilmente riconoscibile il collegamento delle dislocazioni coi movimenti del monte. Ma senza confronto più difficile è la questione, là dove nella stessa catena hanno influito entrambe le direzioni.

Secondo l'esposizione istruttabilissima di Lossen, il Hartz va considerato come un nodo di monti, originato da una piegatura unilaterale, la quale prima si produsse nella direzione nederlandica, quindi nella ercinica. Secondo tale idea, prima avrebbe agito una forza da SE., per la quale si originarono le prime linee fondamentali della struttura; più tardi, mentre ancora perduravano queste linee fondamentali riconoscibili anche oggi nell'andamento di gran parte della montagna, e mentre in special modo la grande massa granitica del Brocken con la sua estesa curva già si trovava sotto agli scisti e alle quarziti paleozoiche, una forza in direzione ercinica, da SW. agì su questa catena, che scorreva più o meno regolarmente verso NE.

Le selle delle pieghe, e i piani di sospingimento a causa di questo secondo movimento furono molto curvati e distorti. Quel grande e notevole sistema di spaccature, che comincia in vicinanza di S. Andreasberg, quindi non lontano dall'estremo meridionale della massa del Brocken, e la cui disposizione fu fatta osservare da Groddeck, viene considerato da Lossen, in relazione a questi fatti nella formazione del monte, come l'effetto di una torsione nella massa montuosa.

Daubrèe ha teso delle liste di vetro forte mediante una morsa, e poi le ha sottoposte ad una torsione circolare di 20.° Si vide che, a distanza regolare dal margine destro e sinistro della lista, si erano formati dei fasci raggianti di fessure.

Le faglie del Harz, delle quali alcune sono lunghe sino a 14 km., si sono originate in condizioni molto diverse. In natura non si hanno delle lastre a margini liberi, secondo i

quali, per le esperienze di Daubrée, si dispongono le fessure in una lastra di vetro; e, ciò che è molto importante, mentre Daubrée eseguiva una torsione circolare, in natura invece si seguirono due movimenti l'uno all'altro perpendicolari, dei quali uno avvenne prima e l'altro dopo; e nessuno di tali movimenti, anche preso isolatamente, fu di torsione. Non ostante esiste in fatto una certa somiglianza tra il sistema di fessure che irradia da S. Andreasberg, e i fasci di fessure ottenuti artificialmente colla torsione.

Per le ricerche di Kayser la conoscenza di questo sistema di fessure è stata quasi resa completa. Da esse risulta che ognuna delle maggiori fessure è accompagnata da una dislocazione del monte orizzontale e verticale al tempo stesso, e tali dislocazioni interessano anche il granito, che, come tutte le altre rocce, viene spostato verso queste faglie.

Le linee di fenditura principali sono: l'Oderspalte, l'Ackerspalte, e le cosiddette "Ruscheln", di S. Andreasberg.

L'Oderspalte, lunga circa 14 km., scorre da un punto ad oriente di S. Andreasberg verso NNW., attraversando l'andamento neerlandico del monte; essa è inclinata verso E., e l'ala orientale del monte è mossa verso N. e all'indietro. A oriente di questa grande linea si trova una quantità di fessure dirette a NW., che terminano in essa ad angolo acuto; la più meridionale di queste ha l'ala orientale palesemente spostata verso Nord. (4, fig. 4).

L'Ackerspalte comincia in vicinanza del punto di partenza dell'Oderspalte, ed in principio è diretta verso NW.: più avanti però la sua direzione si piega sempre più verso WNW., cosicchè sempre più rapidamente si allontana dall'Oderspalte. Lungo di essa e lungo una sua parallela più settentrionale, si riscontra un notevole spostamento dell'ala orientale verso Nord, e più avanti, corrispondente a questo, un secondo spostamento, ma però dell'ala settentrionale, verso Ovest. Col cambiamento del suo corso essa si avvicina sempre più alla direzione delle numerose e lunghe fessure della Clausthal, che si trovano nello spazio aperto tra l'Oderspalte e l'Ackerspalte. (3, fig. 4).

Un altro piccolo filone posto a Sud in vicinanza dell'Ackerspalte, e sul quale sono le miniere "Segen Gottes", e "Neues Glückauf", tende nel suo andamento verso il punto d'irraggiamento dei grandi filoni, e separa, insieme all'Ackerspalte, una lunga e stretta striscia di granito, dalla Grauwacke posta a Nord dell'Ackerspalte, e a Sud di essa stessa. Io mi fermo su questa linea, perchè in questo filone non più l'ala setten-

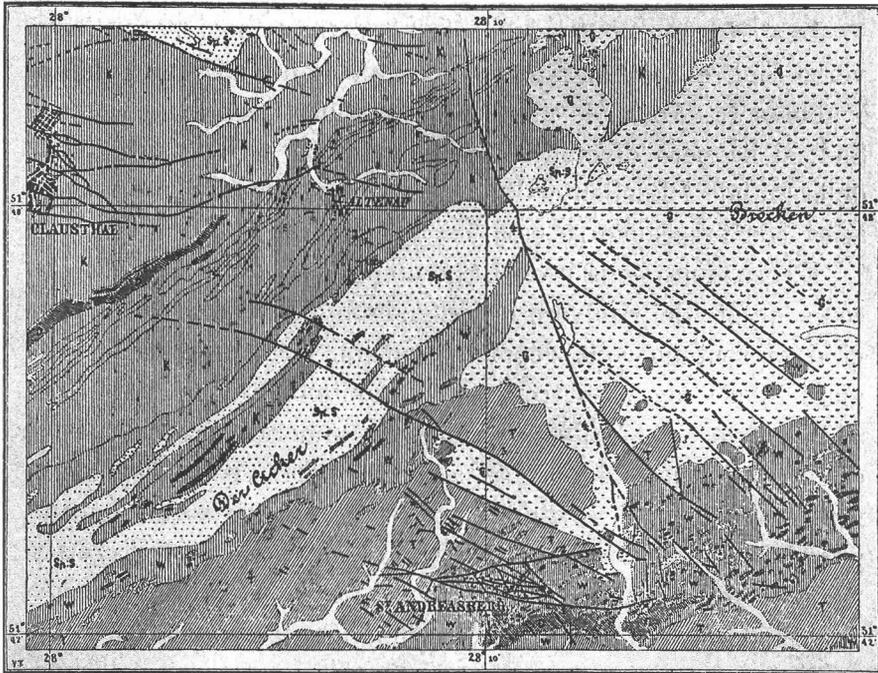


FIG. 4. — Il sistema di fratture di S. Andreasberg. (Secondo Lossen e Kayser).

T = Tanner Grauwacke; W = Scisti di Wieder; Sp. S — Arenaria con Spirifer; K — Kulm; G = Granito; D = Diabase.

1. La "Edelleuter Ruschel"; 2. La "Neufanger Ruschel"; 3. L' "Ackerspalte"; 4. L' "Oderspalte".

trionale, ma invece l'ala meridionale, si è ritirata e perchè l'inclinazione della fenditura, secondo Kayser, è forse a picco verso Sud. Ora poichè il gruppo delle fratture che segue a Sud, è caratterizzato da una inclinazione meridionale, e dall'abbassamento dell'ala meridionale, dalle descrizioni fatte potrebbe sem-

brare, che la piccola striscia di granito di cui si è parlato, stia a rappresentare come una muraglia o massiccio ⁽³⁾ lateralmente al quale la montagna si scagliona.

Le “ Ruscheln „ sono ampie fessure riempite da rocce stritolate, che delimitano a N., S. e W. in uno spazio triangolare i giacimenti argentiferi di S. Andreasberg. I filoni argentiferi non oltrepassano mai le “ Ruscheln „, e la loro posizione verso il comune centro di irraggiamento è visibile dalla fig. 4.

La “ Neufanger Ruschel „, la più settentrionale, è inclinata verso Sud, e l'ala meridionale insieme al distretto metallifero è abbassata. Anche le altre più meridionali sono inclinate a Sud; si ha però diversità di parere rispetto all'ala meridionale della grande “ Edelleuter-Ruschel „, quella più a Sud, di cui non si sa con precisione se essa sia abbassata o sospinta.

È cosa molto bella invero, che un problema così interessante, come questo del risolvere le domande di dinamica terrestre, che ci si presentano colla doppia piegatura, e coll'andamento raggiante delle faglie, si trovi in un monte così facilmente accessibile, dove si ha un'estesa industria mineraria, coscienziosi e distinti scienziati, e tutti gli aiuti necessari, in modo da sperare, che da qui si possano ottenere nuovi progressi per la comprensione della struttura dei monti in generale. Per ora ci basti riconoscere, nei fatti raccolti ad oriente dell'Ackerspalte, una traccia di torsione; e trovare, come si è detto, una certa somiglianza tra l'irradiamento dei filoni, e le fessure dell'esperienza di Daubrée.

L'inclinazione meridionale, che predomina a Sud dell'Ackerspalte, difficilmente può mettersi d'accordo con un tal confronto. Se l'Oderspalte si trovasse isolata nelle Alpi, si considererebbe certo come una semplice faglia orizzontale del movimento nederlandico più antico. Ma la costanza nell'andamento delle faglie orizzontali alpine è in spiccatissima opposizione colla posizione delle altre faglie. Certo si è che il granito del Harz rispetto alla formazione di tali faglie è rimasto completamente passivo.

B. *Dislocazioni per abbassamento.*

Le tensioni originate dalla contrazione della massa terrestre mostrano, come si è detto, la tendenza a decomporsi in due direzioni di movimento, delle quali l'una agisce più o meno tangenzialmente, orizzontale, piegando, spostando, e ricoprendo; l'altra verticalmente, abbassando. Si sono già citati piani di faglie in cui le linee di striatura sui margini si piegavano indietro, e in cui possono essere avvenute delle dislocazioni verticali non indifferenti, ma la forza che ha principalmente agito, e ha determinato la dislocazione, anche in questi casi è stata la componente orizzontale. Ora poi per chiarezza di esposizione è necessario ricordare, che noi abbandoniamo per ora la serie di esempi seguita sin qui, per imparare a conoscere i casi più estremi del secondo gruppo di dislocazioni, per poi tornare poco per volta a quelle intricate perturbazioni delle montagne, nelle quali agirono o agiscono tuttora le due componenti.

C' insegna l'esperienza che non si dovrebbe parlare affatto di tensione radiale, sinchè si considerano soltanto le perturbazioni nella struttura dell'edificio roccioso esterno. Una trazione all'indietro nell'estesissimo gruppo di dislocazioni del quale imparerò a trattare, non è affatto visibile. Là dove non si riscontra un movimento tangenziale, tutte le dislocazioni che si presentano, si lasciano semplicemente spiegare con un ritrarsi degli strati inferiori, e quindi colla gravità. Ciò che si vede non son altro che varie forme di abbassamenti e di sprofondamenti passivi. Resta l'impressione come se la componente radiale agisse a grandi profondità; si produrrebbero quindi sotto alla crosta esterna degli spazi, che fanno sì che gran parte di essa crosta può cadere in essi.

Questa idea non è nuova; si riscontra sotto forma diversa in tutti gli scritti più recenti sulla tettonica delle montagne. Essa è di grande importanza per la comprensione del collegamento della parte esterna del pianeta, ma una illustrazione più

estesa di essa non può esser fatta in questo capitolo d'introduzione, il cui compito è di stabilire un aggruppamento e una terminologia determinata delle dislocazioni.

Lo studio di ogni singolo abbassamento, o di una singola linea di abbassamento non ci porta molto innanzi. Sinchè si era abituati a considerare ogni piega di una catena da per sè, e ogni anticlinale nei monti del Giura come l'effetto di un sollevamento lineare individualizzato, rimase chiusa ogni e qualunque cognizione rispetto alla natura delle pieghe. E come le pieghe di una grande catena sono ordinate secondo una legge comune, come ognuna di esse dipende dalle sue vicine e dalla struttura generale della catena, e come tutte sono originate da una causa comune, così noi vediamo in estese regioni ordinarsi le linee di abbassamento in reti o in sistemi, che insieme designano la posizione di un campo di depressione, e che come le pieghe tutte son originate da una causa comune.

In una regione di abbassamento normale si distinguono due direzioni principali nelle faglie; noi adottando la nomenclatura proposta molti anni fa da Deffner per le faglie del Giura Svevo le chiameremo faglie periferiche e faglie radiali. Oltre a queste si trovano poi senza alcuna regola fissa, faglie diagonali, e quindi altre faglie trasversali secondarie più piccole, che collegano tra loro ad angolo retto le faglie principali.

Le faglie periferiche formano il gruppo più importante. Esse non solo circondano la regione di abbassamento con ampia linea curva e poligonale, ma si ripetono dentro a questo contorno più o meno concentricamente. Si dispongono come una corda di arco, o scorrono trasversalmente sull'angolo del poligono, e non di rado si riscontra una notevolissima regolarità negli intervalli orizzontali tra le singole faglie periferiche, che si seguono l'una all'altra verso il centro del campo di abbassamento.

In ciascuna di queste faglie generalmente è abbassato il fianco che guarda verso il centro della depressione, cosicchè gli abbassamenti si sommano andando verso il centro, cioè verso la parte più bassa del campo di depressione. Ma talvolta

invece accade, che tra due faglie periferiche consecutive una porzione di monte si abbassi troppo, cosicchè la parte esterna della faglia seguente sembri più alta; si ha allora una piccola compensazione. Simili liste di terreno di troppo sprofondato noi le chiameremo: Affossamenti. Spesso pure accade che nel decorso di una linea periferica scemi gradatamente la misura della depressione, e che al tempo stesso a breve distanza cominci una seconda faglia periferica, parallela alla prima, con una inclinazione progressiva, cosicchè una faglia sia subito seguita da un'altra, al modo stesso delle pieghe nelle catene di montagne. Allora tramezzo le due faglie rimane una porzione di terreno isolato, e tali porzioni il Mojsisovics nelle grandi faglie dell'Alpi meridionali le ha indicate col nome di "Ponti".

Quando i contorni esterni di due aree di depressione si avvicinano, e quando tramezzo ad essi resta una cresta di separazione, lateralmente alla quale si seguono gli abbassamenti più o meno simili ad una gradinata, noi indichiamo una tal cresta col nome di muraglia o massiccio; meglio sarebbe aggiungere "di primo ordine", per distinguerlo dalle altre creste o costole secondarie, che si formano qua e là nel reticolato delle faglie. Come massicci di primo ordine impareremo a conoscere per es. la Selva Nera, i Vosgi, il Morvan e l'altipiano di Kaibal al Colorado. Che muraglie secondarie possono originarsi anche nelle faglie dei monti piegati, non appena la forza orizzontale venga accompagnata da un movimento verticale, lo ha mostrato già l'esempio dell'Ackerspalte a S. Andreasberg.

Le faglie radiali non sono mai così regolarmente disposte come le faglie periferiche. Esse sono sviluppate in modo speciale nelle regioni di abbassamento di limitata estensione; tagliano allora le faglie periferiche, e danno origine a smotte più o meno trapezoidali, che talvolta dimostrano un movimento proprio, in senso distorto e anormale, per cui la regolarità della depressione viene localmente interrotta. Verso il centro, là dove le linee radiali principiano a ravvicinarsi si

originano come dei piccoli cunei; e per l'esteso sbriciolamento del terreno si formano qua e là degli spazi speciali di sprofondamento diversi secondo i luoghi, e che hanno un contorno ora circolare, ora irregolarmente poliedrico, e la cui estensione nella stessa regione di depressione può esser variabilissima. Come esempio di tali sprofondamenti verso il basso di una depressione si possono citare, il Rieskessel, il Höhgau e l'isole Lipari.

È già stato detto come sia cosa facilissima, che faglie anche grandi di tal fatta collegate a dislocazioni verticali di migliaia di piedi, restino nascoste a' nostri occhi; e come spesso delle aperture artificiali ci abbiano mostrato tali perturbazioni là dove prima neppure si sarebbero supposte. Così è spiegato come le faglie di tal fatta siano molto insufficientemente conosciute. La Boemia, che pure è stata tanto esplorata, ce ne dà un esempio bellissimo. Nessun indizio alla superficie delle colline uniformi di Przibram ci indica la presenza della Lettenkluft; quella potente voragine, che traversa là i filoni argentiferi, e che ora, aperta sino ad una profondità di più che mille metri, nel profondo della escavazione, sotto ai piani azoici del Siluriano, fa nuovamente visibile il suo substrato di Granito.

La Lettenkluft scorre verso NE.; quindi la sua parte sud-orientale va considerata come la sprofondata.

Ma molto presumibilmente è da ritenersi, che il limite del granito che un poco più a Sud, quasi in linea retta viene alla luce, scorrendo a NE. verso i depositi azoici, corrisponda ad una seconda faglia simile alla Lettenkluft, e che tanto questa, quanto la linea granitica altro non siano, se non parti di un enorme gruppo di faglie, dirette a NE., delle quali altre per gli utili lavori di Krejci e di Helmhacker sono state riscontrate tra Beraun e Praga.

Queste faglie hanno l'andamento della conca siluriana boema, la quale, dopo queste scoperte, invece del semplice sinclinale supposto sino adesso, sempre più acquista la figura di un estesissimo e complicatissimo affossamento. Questo gruppo di faglie

nord-orientali poi non è che una parte di quel grande sistema di faglie, che traversano la massa boema, e al quale appartengono le faglie alla base degli Erzgebirge, le ripetute linee parallele di abbassamento ai piedi dell'Isergebirge e dei Riesengebirge, quella linea nettissima che da Elbe-Teinitz si dirige a SE., l'altra della valle della Moldava che da Praga si spinge a Sud, e altre molte. Uno schizzo preventivo di tutte queste linee mi è stato comunicato per gentilezza del prof. Krejci; lo studio esatto di esse linee, è ora il compito dei nostri colleghi di Praga. Ma già da oggi si può facilmente asserire, che gran parte della Boemia, specialmente il Nord, l'Est e l'Ovest della regione, è stata teatro di estesissime depressioni, le quali si sono effettuate per un substrato mobile mediante numerose faglie. La distinzione schematica di faglie periferiche e radiali naturalmente in questo caso non può esser fatta. La parte meridionale archeana del paese, pure traversata da faglie, sporge, più in senso tettonico che non in senso orografico, sul rimanente paese; verso NE. e NW. stanno come confini i declivi dei Riesengebirge e degli Erzgebirge.

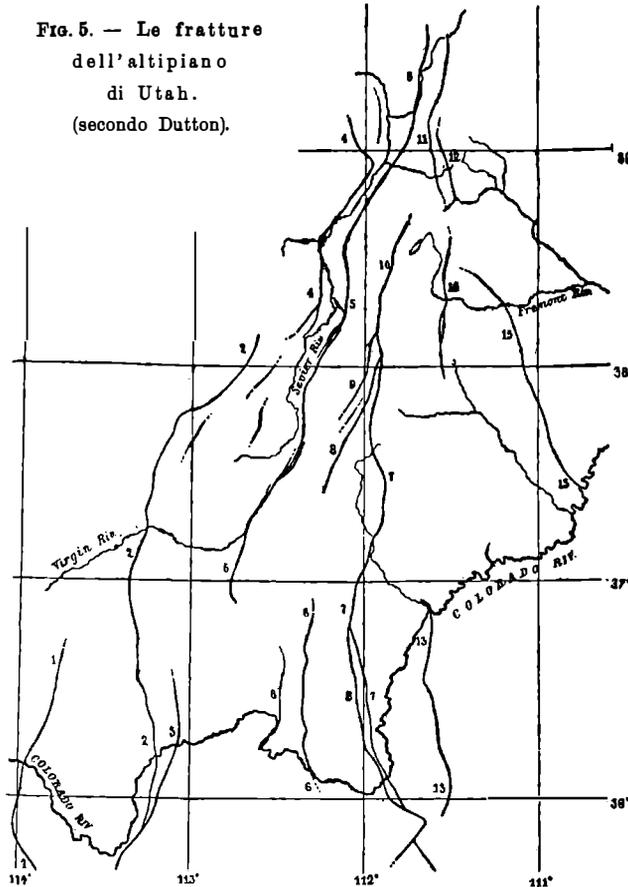
La rappresentazione dei fatti che si ha nelle limitate regioni dell'Europa centrale, in gran parte non si può ritrovare in quelle estese regioni di altri continenti, nelle quali si hanno strati orizzontali grandissimi traversati per un'estensione enorme da potenti linee di perturbazione; dove raramente si può applicare il concetto di linee periferiche, e più raramente ancora quello di linee radiali; dove nella disposizione delle linee è difficile l'incrociamiento, e per conseguenza difficile è l'originarsi di sprofondamenti locali; e dove per l'enorme lunghezza delle linee stesse, non solo si ha variazione nella misura dell'abbassamento, ma spesso questo si ritrova ora da una parte ora dall'altra della faglia. Per mostrare queste diversità, sceglierò l'esempio più caratteristico, cioè quel sistema di perturbazioni, che traversa l'altipiano dell'Utah occidentale, e del quale Dutton ha schizzato una figura altrettanto chiara quanto istruttiva.

Il monte di Wahsatch che scende lungo la parte orientale

del gran lago Salato, e dell'Utah-Lake non si estende tanto a Sud, come in generale dicono le nostre carte, ma termina in vicinanza al M. Nebo, circa a 39°45'.

Il monte Wahsatch verso il lago Salato è tagliato da una grande faglia diretta da N. a S., il cui lato occidentale si è abbassato. Verso Sud questa faglia si divide in altre due a

FIG. 5. — Le fratture dell'altipiano di Utah. (secondo Dutton).



- | | | |
|---------------------|----------------------|---------------------------|
| 1. Grand-Wash Fault | 6. West Kaibab Fault | 11. West Musinia Fault |
| 2. Hurricane " | 7. East Kaibab " | 12. East Musinia " |
| 3. Toroweap " | 8. Paunsaugunt " | 13. Echo Cliff " |
| 4. Tushar " | 9. Hayfield " | 14. Thousand Lake " |
| 5. Sevier " | 10. Awapa " | 15. Water Pocket Flexure. |

forma di gradino. Difaccia all'estremo meridionale del Wahsatch si innalza il M. Nebo, una massa che per una faglia meridionale è tagliata in modo, che la metà orientale è sprofonda

data; e si considera la faglia del M. Nebo come la continuazione di quella, o almeno di una parallela a quella, per cui la parte occidentale del Wahsatch si è sprofondata.

Dal M. Nebo sino al gran Canon del Colorado si estende una regione, la quale è formata da potenti smotte di rocce orizzontalmente stratificate, le quali formano il limite occidentale del grande altipiano del Colorado. Questi strati sono costituiti da depositi marini, che si estendono dal Carbonifero alla Creta; nella parte superiore di questi depositi cretacei si fa sempre più visibile la intercalazione di strati con foglie, e di altri perfettamente lacustri; a questi strati poi seguono sedimenti lacustri terziari, e quindi estesi ricoprimenti vulcanici. L'altezza di tali grandi smotte in molti casi è a più di 11,000 piedi sul livello del mare, ed esse sono circondate e attraversate da grandi perturbazioni lineari.

La disposizione di queste linee si vede chiaramente dalla Fig. 5 tolta dall'Atlante Pl. IV di Dutton, il quale per la parte meridionale si è fondato sui lavori di Powell e Gilbert. Sembra che si abbia una ramificazione a forma di verga della faglia principale del Wahsatch e del Nebo; e a Sud, tra le due faglie di Kaibab la orientale e l'occidentale, (6 e 7 fig. 5), l'altipiano di Kaibab, prende in grande l'ufficio di un massiccio. Le linee orientali quindi possono essere considerate come ricorrenti verso la parte occidentale di quelle linee periferiche, secondo le quali, come vedremo in seguito, si è sprofondato l'altipiano del Colorado; mentre le linee occidentali sono in rapporto assai complicato colle catene del Great-Basin.

Da tali faglie, come si è detto, vengono delimitate delle grandi masse.

La prima di queste, l'altipiano di Wahsatch si innalza a SE. tra il M. Nebo e l'estremo dei Wahsatch-Mountains tra 39°30' e 39°. Da questa smotta partono le altre linee di perturbazione; esse divergono a Sud, e inchiudendo altre linee, con simile disposizione formano quel gran fascio di linee che a Nord si spingono più o meno verso la parte occidentale dell'altipiano di Wah-

satch, a Sud divergono, e che, sempre più allontanandosi tra loro, attraversano i Canon del Colorado, e continuano ancora più a Sud. La nostra figura le segue sino a 35°40'.

Queste linee di perturbazione per un grande spazio sono delle pieghe a $_|_$ degli strati più o meno acute; pieghe che dagli scienziati americani sono chiamate *monoclinial flexures*, in opposizione alle " *folds* „, le vere pieghe delle formazioni alpine. Mancando alla nostra nomenclatura un nome speciale per questo fenomeno, le chiameremo noi pure *Flessure*, in contrapposto a *Piega*. Queste flessure in alcuni punti vanno morendo in una piegatura sempre minore; altrove invece divengono ripide fratture con abbassamento notevole di una parte. Per la rottura di una flessura si origina una faglia a labbra ricurve, in cui la parte abbassata è ricurva verso l'alto, l'altra è ricurva verso il basso, nel modo stesso che per la rottura di un anticlinale si origina una faglia di ricoprimento.

Quindi flessure e faglie non debbono essere considerate come fenomeni diversi; entrambe possono presentarsi successivamente sulla stessa linea di perturbazione, a seconda del cambiamento dell'importanza della perturbazione, e può anche avvenire che nel luogo stesso si debba considerare come flessura sulla parte più alta quella, che nella parte più bassa si manifesta come faglia. Ma ora su queste lunghe linee non solo oscilla la grandezza della perturbazione, ma anche spesso può essere abbassato ora il fianco orientale ora l'occidentale, come già si è visto nella faglia principale del Wahsatch e del M. Nebo, e come già da anni ha mostrato per es. Elia de Beaumont nella faglia di Zabern sui Vosgi.

Citeremo un esempio.

Seguiamo da S. a N., secondo quanto ci espone Dutton, la linea di Sevier (5 della fig. 5). Essa comincia 35 miglia a N. del gran Canon. Sul primo nel suo lato abbassato è piegata all'indietro, e quindi contrariamente alla curvatura normale; l'altro lato è orizzontale. A cinque miglia di distanza da questa faglia gli strati, che ne erano stati piegati, tornano orizzontali,

e alti press'a poco quanto all'opposto fianco. Più a Nord essa si scinde a gradino in due faglie. Più avanti ancora, al margine dell'altipiano di Paunsagunt, il fianco occidentale abbassato è curvo in alto, l'altro è orizzontale. Ancora più a N. dalla parte sprofondata si originano delle faglie ramificate, e si ha come degli scaglioni. La faglia poi si riunisce di nuovo, ma ha perduto di spostamento verticale.

L'abbassamento a Hillsdale, sempre lungo l'altipiano di Paunsagunt circa a $37^{\circ}40'$, è di soli 800 piedi. Questa cifra perdura per circa 10 miglia; nelle 60 seguenti aumenta d' assai. Nel Panquitch-Canon, in cui scorre il Sevier, sta un grande centro eruttivo, e il seguire la linea è più difficile; certo però la faglia principale forma la grande parete dell'altipiano verso E.

A Circle-Valley si diparte un ramo, che poi ritorna più a Nord, a East Fork Canon ($38^{\circ}5'$ - $38^{\circ}10'$) gli strati affondati sono ricurvi verso la faglia, ma verso l'alto sono separati, con un rigetto verticale di 3000 piedi. Il massimo della dislocazione si ha presso il villaggio dei Mormoni Monroe ($38^{\circ}38'$), quindi essa diminuisce. Fra Glenwood e Salina ($38^{\circ}45'$ e $38^{\circ}75'$) sembra che essa sia ridotta a zero, e quindi comincia una dislocazione affatto opposta. Mentre in tutta l'estensione seguita sin qui era abbassato il fianco occidentale, ora l'abbassamento è verso E. La faglia forma il margine orientale dell'altipiano di San Pete, e aumenta sempre più sino in prossimità del M. Nebo.

Dutton ammette che in questa parte settentrionale un movimento più recente abbia seguito l'antico.

Ho creduto necessario di entrare in tali particolarità per far conoscere le faglie nei loro più importanti segni caratteristici. È da osservarsi inoltre quella speciale piegatura degli strati, contraria alla curvatura normale, che si riscontra lungo la parte meridionale della linea di Sevier. Questo caso è abbastanza comune, e si spiega ammettendo, che nel luogo stesso siano avvenute delle dislocazioni in senso opposto, cioè per es. che prima sia stato più profondo il piano orientale poi l'occidentale. La dislocazione verticale in alcune di queste linee

sale sino a 7000 piedi. Sopra la natura dei movimenti, cioè se il fianco più basso sia quello sprofondato, o se l'altro sia sollevato, gli scienziati americani, tutti senza eccezione, si esprimono con la massima circospezione, e anzi avvertono chiaramente di non trarre nessuna determinata conclusione dalle espressioni da loro adottate. In certi casi però, specialmente se si tratta di affossamenti che siano in relazione con una fratturazione secondaria, Dutton dice e assicura chiaramente, che si tratta di blocchi sprofondati. Ciò per es. si riferisce in special modo a quel pezzo di paese, che ci è stato descritto da Powell come la " Musinia zone of diverse displacement „, che è posta vicino al margine sud-occidentale dell'altipiano di Wahsatch, tra la linea West-Musinia, ed East-Musinia (11 e 12 della Fig. 5).

I Geologi americani dicono caratteristica, anzi necessaria per questa forma di struttura montuosa, l'assoluta mancanza di quella forza orizzontale o tensione la quale forma le montagne con caratteri alpini. Dutton anzi crede che la Musinia-Zone sia sprofondata tramezzo a due parti di montagna allontanate.

Tutte queste faglie sono di un'età molto recente, alcune presumibilmente postquaternarie. I più alti strati terziari presenti sono tagliati da queste faglie. Dutton però in alcuni pochi luoghi ha trovato le tracce di un sistema di fessure più antico, che da SE. si dirige sotto l'altipiano Aquarius, e che è più recente della Creta e più antico del Terziario.

Noi chiameremo faglie lineari o tabulari queste lunghe faglie delle montagne orizzontali, che si originano dalle fessure e presentano un rigetto variabile. Ma oltre queste tipiche faglie lineari si ha ancora una quantità di altre grandi fratture, che presentano svariati segni caratteristici, e per le quali non mi sembra necessario scegliere caso per caso dei nomi speciali. Tali sono per es. le fessure eritree, cioè quelle del Mar Rosso, del Giordano, e della costiera di Siria; quindi le linee vulcaniche della costa occidentale dell'America del Sud. Di esse tutte parleremo singolarmente secondo l'odierno stato della scienza.

Tutte le forme di abbassamento di cui abbiamo parlato sin qui sono collegate a un gruppo di flessure lineari o di faglie, secondo le quali avviene la dislocazione. Ma si ha un altro gruppo molto importante di abbassamenti, il quale sembra originarsi senza una visibile formazione di faglie lineari. Un pezzo di terra a contorni irregolari, ora rotondi ora allungati si sprofonda; ripide pareti circondano lo spazio sprofondato, ma non si vede che si sian formate delle fessure lineari. In alcuni casi una linea retta forma una parte del contorno; allora l'abbassamento è avvenuto servendosi di una antica faglia; la separazione è avvenuta secondo una voragine più antica, ma questa non è stata originata dallo sprofondamento. Talvolta un simile abbassamento è isolato, simile ad una caldaia, tal'altra esso è troppo grande e irregolare perchè gli si addica questo nome. Il contorno si estende sì anche in direzione dell'andamento della montagna; ma lo sprofondamento accade senza alcuna considerazione per la natura della roccia. Spessissimo alcuni o anche molti di tali sprofondamenti si ammassano, incompiutamente separati da muraglie o sproni, e anche riuniti in un ampio sprofondamento unico.

Questi abbassamenti hanno inoltre la specialità di apparire nelle regioni delle pieghe, cioè in quelle ove si riscontrano quelle tensioni orizzontali, la cui mancanza è così notevole nell'altipiano del Colorado; si può inoltre asserire che essi sono rari nel margine esterno delle pieghe, mentre sono molto comuni in quello interno. Questo almeno in quanto al sistema alpino.

La massa di granito dello Schneekoppe e dell'Isergebirge, occupa nei Riesengebirge lo stesso luogo delle cosiddette masse centrali dell'Alpi. Se dalla parte di Boemia si ascende il monte, si traversa prima un mantello di scisti e di gneiss molto chiaramente delimitato. Quindi si oltrepassa la granitite, e si giunge ad un tratto ai bordi del ripido sprofondamento di Hirschberg. Filoni di porfido traversano, obliqui all'andamento del monte, la massa dello Schneekoppe; anche essi sono rotti lungo i margini dello sprofondamento e nel basso si vede la loro continuazione

sprofondata. Da tutti gli osservatori Hirschberg è stato considerato come uno sprofondamento. Beyrich ha dimostrato la sua età relativamente recente. Un esempio tra i più esterni di questi sprofondamenti ci viene dato dalla zona del Flysch presso Salzburg nelle Alpi. Una striscia molto visibile di arenaria verde eocenica con oolite ferrifera, ricca di fossili, accompagnata da un calcare con Lithothamnium, pure eocenico, che sporge qua e là come una scogliera, corre lungo il limite esterno della montagna dalla Baviera verso ENE., quindi cessa, poi con lo stesso andamento ricompare al di là di Salzach presso S. Pankraz, al Wartberg presso Mattsee, e in altri luoghi ancora. Al di dentro di questo limite esterno, e in gran parte insieme ad esso tutta la zona del Flysch per la intera sua larghezza, a E. sino a Salzach, a Sud sino alle pareti calcari dell'Untersberg è sprofondata. Quindi a questa regione manca il boscoso contrafforte, che in genere è l'anello di congiunzione tra la verde pianura e gli scoscesi precipizi dell'Alpe; ma appunto questo straordinario contrasto che ne deriva, determina l'impareggiabile posizione della città, e la potente impressione che fanno le scoscese alture dello Stauffenberg e dell'Untersberg.

Un secondo esempio è il notevole abbassamento del Prätigau, del quale parlerò più estesamente in seguito.

Un terzo caso è lo sprofondamento di Lubiana, a contorno straordinariamente irregolare, interrotto e diviso da numerosi massi sporgenti.

Un quarto esempio è la depressione di Vienna.

Questa è forse quasi così esterna quanto quella di Salzburg, ma oltre il Flysch comprende anche tutta quanta la larghezza della zona calcaree. Questo abbassamento è diretto nel senso del monte, che qui scorre verso NE., ed è molto più lungo che largo. Verso SW. la linea di confine di Baden e Vöslau la delimita; però si conoscono termini singoli di confine anche al margine orientale.

Una nuova visita al limite orientale delle Alpi verso le pianure ungheresi mi ha confermato nella idea, che l'abbassamento di Vienna vada considerato in relazione con questo margine.

Le Alpi non terminano qui con una rottura rettilinea e non muoiono in pieghe che si stendano alla sotto pianura, come è sempre il caso più a Sud. Al contrario si riscontrano due grandi tagli ricurvi nel margine della montagna, ai quali corrispondono due regioni di abbassamento.

L'incorniciatura della prima regione comincia con delle basse cime gneissiche in vicinanza del confine meridionale del Neusiedlersee, e scorre per Kobersdorf e Landsee sino a Güns. Presso Landsee si innalza su questo margine una assai considerevole massa basaltica; anche nell'interno della depressione, a Pullendorf si riscontra del basalto.

La seconda regione è molto più estesa. Essa si estende dal margine meridionale della catena, probabilmente costituita da scisti devoniani, in un ampio cerchio da Güns sino a Graz, e da qua sino a Marburg al limite orientale del Bachergebirge. Quando, venendo da Güns, si sono attraversate alcune di quelle valli, che scavate in un molle deposito terziario, dai monti della Stiria scendono al Raab, allora in vicinanza del confine occidentale d'Ungheria, per es. sulle alture tra Grobendorf e Ulberndorf, sopra Stegersbach, volgendosi a SW. si può vedere un quadro molto raro nelle regioni alpine.

A destra con ampia curva si allontanano le alte e oscure montagne devoniane di Graz; dietro ad esse si innalzano le creste ancora più alte di gneiss e antichi scisti, che dirigendosi a Sud verso la Koralpe poco a poco si dileguano alla vista. Dinanzi ai monti di Graz, giace una verdeggiante pianura; quindi in mezzo al paese, affatto isolata, sporge la grande massa cubica della Riegersburg, avanzo di una copertura un dì molto più estesa di breccia basaltica e di tufo. Un poco a sinistra del declive a picco della Riegersburg si scorgono i contorni dei monti trachitici di Gleichenberg. Ancora più a sinistra l'occhio si perde nella nebbia, che si libra sulla vasta pianura ungherese.

Così finisce il ramo principale delle Alpi. Non è questo un affondarsi graduale, ma una vera rottura; o meglio due rot-

ture ricurve, accompagnate da fenomeni vulcanici; e nessun nesso si riconosce tra la compagine della montagna, e l'andamento di tali rotture. Le alture di Güns sporgono come massiccio isolato tra le due rotture.

Il collegamento di questi due abbassamenti con quello di Vienna si riconosce dal fatto, che gli stessi membri del terziario medio vi si adagiano da Vienna sino al Bacher sul confine della rottura. Il primo piano mediterraneo, al quale appartiene anche la Molassa marina della Svizzera, si estende dalla Baviera lungo il margine della massa Boema sopra Linz, Melk, Horn ecc. ecc.; esso non è mai stato ritrovato al di dentro della depressione, ma ricompare di nuovo a Sud del Bachergebirge e assai sviluppato. Il membro più antico che si ritrova in questo abbassamento sono gli scisti lignitiferi di Pitzen e Eibiswald colla fauna del *Mastodon angustidens*. Ad essi seguono scisti marini del secondo piano mediterraneo col *Cerith. lignitarum*, *Pyruca cornuta* e *Tugonia anatina* dell'Africa occidentale; quindi tutta la svariata serie dei depositi recenti. Perciò l'età delle tre depressioni, di Vienna, di Landsee e di Graz è assai esattamente conosciuta; e noi vedremo che altre depressioni notevoli dell'Europa centrale al di fuori delle Alpi appartengono alla stessa fase del periodo terziario.

Questi abbassamenti però sono il segno di un ritrarsi del substrato sotto ad alcune parti delle Alpi già piegate.

Anche più appariscente che non nelle Alpi è la forma circolare degli sprofondamenti dalla parte interna dell'Appennino. Dopochè io descrissi anni sono il ricurvo inoltrarsi di questi abbassamenti nella montagna piegata, ho avuto ripetutamente l'occasione di visitarne molti poco fa, e mi sono più che mai confermato nella mia prima idea. Anche il contorno del golfo di Genova può qui ricordarsi; l'abbassamento toscano, allungato in direzione dell'andamento della montagna, e che interessa sino al margine interno la zona orientale del Flysch, rassomiglia per molti rispetti all'abbassamento di Vienna. Come quando venendo da W., per es. da Monaco, la ferrovia traversa

solo la zona del Flysch, per trovarsi a Vienna nel fondo dell'abbassamento alpino, così tra Bologna e Pistoia la ferrovia traversa anche qui soltanto il Flysch, e Firenze giace in un abbassamento dell'Appennino, come Vienna in uno delle Alpi. Verso Sud la forma circolare è sempre più spiccata, come al margine meridionale del Golfo di Napoli sino a Capri, nel Golfo di Salerno tra Capri e Punta della Licosa, nel Golfo di S. Eufemia tra Capo Suvero e il Promontorio Vaticano, e finalmente nel Golfo di Gioia tra il Vaticano e Scilla. I massicci sporgono in mare come promontorio. La profondità di questi abbassamenti noi non la conosciamo; sappiamo però che sotto Napoli sono almeno 1500 piedi di ceneri e tufi. Naturalmente nella osservazione di questi sprofondamenti non bisogna guardare alla concavità delle coste, ma alla linea ricurva della montagna, la quale da un promontorio all'altro si ritrae più o meno dentro terra.

Anche la linea sismica periferica di Calabria non sembra esser altro che un piano fondamentale, secondo il quale si prepara un nuovo grande abbassamento di tal fatta. Forse nello stesso modo si è originata quella grande e ricurva parete a picco che circonda il piano di Catania e l'Etna, e che si estende dal M. Cieri sopra Taormina, pel Monte Sordo, M. Gallina sopra Nicosia, per Castro Giovanni, Piazza, Caltagirone, Vizzini sino alla costa tra Siracusa e Noto.

Quindi la costa occidentale d'Italia è fornita di una lunga serie di abbassamenti, che collegati tra loro danno origine allo scoscendimento irregolare dell'Appennino, e al frastagliamento notevolissimo di questa costa in confronto della orientale. Soltanto per abbassamenti di tal fatta possono originarsi mura glie come quella lunga striscia calcare di Sorrento e Capri, sporgente attraverso alla montagna.

Fratture di tal fatta però possono essere anche molto maggiori. Questo ci viene insegnato dalla forma di molte coste che sono intagliate a picco e trasversalmente al loro andamento. Osserviamo per es. le montagne della Crimea. Già Pallas ri-

teneva la metà settentrionale del Mar Nero un campo di abbassamento. Molti altri osservatori, e tra questi anche Spratt, accettarono questa opinione, fondandosi sullo sprofondarsi repentino del fondo del mare, e sulla forma dei margini di frattura dei monti Taurici. Infatti la profondità del mare a Nord della Linea Capo Emineh - Capo Laritsch è di soli 70-80 m. mentre a Sud di esse arriva prontamente a 1000-1800 m. e nel centro della metà occidentale del Ponto, Spratt ha riscontrato delle profondità anche maggiori di 2100 m.; e questa cifra è quasi il doppio dell'altezza dei monti Taurici.

Anche ad Oriente Em. Favre fondandosi parte sui lavori di Abich, parte sulle sue proprie osservazioni, tanto nel Caucaso che in Crimea, ha dimostrato il collegamento che un dì esisteva tra queste regioni.

Il Caucaso può suppersi composto da due catene unilaterali, che venendo da SW. si siano riunite. Due grandi vulcani sono posti qui eccezionalmente nel mezzo della Catena, l'Elbruz e il Kasbeck; ma al declive meridionale appartengono le fratture e le perturbazioni maggiori. Nella parte settentrionale della catena il Giura, il Neocomiano e tutti gli strati più recenti sono inclinati a Nord in concordanza; mentre nella parte meridionale si riconosce una discordanza tra il Giura e il Neocomiano; inoltre alla parte settentrionale sembrano mancare interamente i più antichi strati terziari.

Alla zona meridionale del Caucaso adunque secondo Favre appartengono i monti Taurici; e in questi suoi supposti frammenti, inclinati essi pure a Nord, si riscontrano tutte le sue particolarità stratigrafiche.

I monti Taurici, quel frammento delle pieghe più esterne di una grande catena che si spinge ad angolo verso Sud, son quindi un pezzo del Caucaso sprofondato secondo il suo margine interno. Il loro contorno cuneato corrisponde alla loro posizione di massiccio di divisione tra la depressione del Ponto e quella occidentale.

Avrò più tardi occasione di citare esempi ancora più grandi di tali abbassamenti.

C. Dislocazioni per abbassamento, e movimento tangenziale contemporanei.

In quei casi in cui agirono insieme abbassamento e movimento tangenziale, bisogna prima di tutto distinguere quale sia il rapporto tra la direzione della linea principale di frattura e la direzione della forza tangenziale. Se la frattura è press'a poco perpendicolare alla direzione delle pieghe, quindi se è una frattura trasversale, allora la perturbazione presumibilmente pel diverso grado della piega su ambi i lati, più o meno secondo i movimenti obliqui, somiglierà ad un piano di spostamento orizzontale. Se però la frattura è longitudinale, cosa molto più comune, allora bisogna distinguere se la parte abbassata rispetto alla forza tangenziale è posta al di dentro o al di fuori; quindi se, per es. in una catena piegata verso Nord, si sia abbassata la parte meridionale o la settentrionale.

Se una montagna piegata è tagliata da una frattura trasversale, e se il fianco interno di essa si abbassa, allora non di rado nel monte si riscontra la tendenza a ricoprire la frattura in una direzione affatto opposta alla piegatura normale, con che può avvenirne non solo un sollevamento degli strati, ma anche un impigliamento e un rovesciamento dei medesimi. Queste pieghe le chiameremo: Pieghe all'indietro.

L'Europa centrale ha numerosi esempi molto notevoli di simili pieghe.

La grande massa dei Riesengebirge e dell'Isergebirge insieme al Heuscheuer e alla parte interna dei Sudeti si è mossa verso NE. sino a E. Nel suo margine interno per un lungo spazio è tagliata da una faglia diretta a NW., e lungo questa linea con una direzione affatto opposta alla struttura normale del monte, granito e altre rocce archeane sono ripiegate verso SW. sul Giura, bianco e sulla Creta. Ultimamente Dechen ha raccolto i fatti relativi a ciò lungo la linea che si estende per 127 km. da Cheran presso Meissen sino a Zittau.

Si vede che in alcuni punti è stato osservato un sollevamento del granito verso la Creta, in altri un vero spostamento del granito sopra il Giura e la Creta.

Lo stesso fenomeno si ripete al margine sud-orientale della massa Boema, in faccia alle Alpi. A Voglau, non molto lontano da Ortenburg in Baviera, Egger e Gumbel hanno trovato dello gneiss spinto al di sopra di un sinclinale del Giura superiore volto all'indietro; e Ammon ha mostrato che in questa conca si trova impigliata anche la Creta. Quindi anche questa frattura è stata ricoperta dal fianco posteriore della piega dopo la deposizione degli strati Cretacei.

Una cosa simile forse si riscontra al margine meridionale della Foresta di Teutoburgo, Certamente in questi casi è difficile dire se si tratti di ricoprimento di vere faglie o di flessure; ma, per la enorme grandezza di tali fratture, è più probabile il primo che non il secondo caso.

Le medesime pieghe all'indietro si riscontrano anche nelle regioni alpine di sprofondamento.

Secondo Mojsisowicz la regione di sprofondamento del Prättigau, per quanto attualmente si conosce, ha l'aspetto press'a poco così:

Si vede il limite occidentale della zona calcare delle Alpi orientali terminare nel Retico; a questo limite le pieghe e le faglie sono ripiegate ad angolo retto con una vera struttura embriata, in modo che esse in fine son dirette da N. a S., come se fosse avvenuto un grande spostamento orizzontale delle Alpi orientali contro le Alpi occidentali, e come se il Retico fosse stato trascinato orizzontalmente. Se dal N. si ascende il Retico, e si raggiunge la sua massima altezza, la Scesa Plana, al suo margine meridionale a picco non si vedono, come è il caso più ad oriente, montagne di scisti antichi e sopra di essi creste e punte ghiacciate di gneiss; ma sotto in basso le verdi colline del Prättigau, prima formato da Giura e Creta di tipo elvetico, come si vede al di là del Reno al Sântis, poi da una grande estensione di Flysch. Verso E.

la frattura è parimente molto spiccata, e una tenue inquadratura di formazioni triassiche ne mostra il confine verso la massa gneissica del Silvretta.

Qui, dove nel Retico la direzione delle pieghe verso N. e NW. è salita sino alla formazione di faglie e alla struttura embriaciata, si trovano non ostante lungo il suo margine meridionale, e in parte anche lungo il margine occidentale del Silvretta manifeste pieghe a rovescio, cosicchè il campo di abbassamento a N. e ad E. ne è più o meno manifestamente circondato.

La Hohe Wand presso Wiener-Neustadt è un esempio simile di pieghe all'indietro in un abbassamento alpino. Questa parete corre parallela e vicinissima alla Thermenlinie, e designa la più forte frattura dei fianchi orientali dell'Alpi calcari. Quantunque, come ha mostrato Bittner, tutta questa parte di montagna con una struttura embriaciata molto distinta sia arrestata a NW. in ammassi, pure si riscontrano in questa frattura interna degli strati triassici spinti sulla Creta, in senso opposto, cioè verso SE., e con ciò si forma un gran piano di faglia.

Ma ciò che rende più specialmente istruttivo questo punto è il fatto, parimente ricordato da Bittner, che tutta la massa piegata all'indietro verso SE. e sospinta, è tagliata da faglie orizzontali più recenti, secondo le quali è spostata a forma di scaglioni, in modo simile allo scosceso calcare del fianco meridionale del Dachstein, o del Mare di Pietra, e che queste faglie corrispondono alla direzione della vicina Kamplinie conosciuta colle osservazioni sismiche.

Se però in una montagna che si piega si formano lungo faglie longitudinali degli abbassamenti in modo, che una parte del monte che giaccia all'esterno si abbassi, che quindi per es. in un monte che si piega verso N. lungo faglie dirette da E. a W., a N. della regione principale delle pieghe il paese si abbassi, allora avviene un movimento orizzontale molto più grande, di quello che non lo richieda la depressione che si presenta. Tali pieghe chiameremo: Pieghe in avanti.

Questo sembra essere stato l'andamento che nei bacini carboniferi del Belgio ha condotto ad intricatissimi fenomeni di giacimento.

Dai dintorni di Boulogne sino ad Aquisgrana si estende un sospingimento grandissimo del monte verso N., che fa in modo che in molti punti, nel Pas de Calais come a Lüttich, i filoni carboniferi debbano scavarsi sotto a scisti devoniani, e che a Namur un pezzo volto all'indietro di una grande sella, formata da strati siluriani e devoniani, sia posto al di sopra del giacimento carbonifero piegato esso pure nello stesso senso all'indietro. L'estese escavazioni, per le quali in special modo si venne a conoscenza di tutte queste straordinarie perturbazioni al di sotto della pianura collinosa, ricoperta dalla formazione cretacea, permette già secondo gli odierni schiarimenti un'analisi di tali fenomeni.

Secondo Cornet e Briart, a Namur bisogna distinguere: primieramente la formazione della siluriana "Crête du Condroz", per pieghe dal Sud; la quale dà origine alle diversità dei due depositi devoniani a N. e a S. di questa antica cresta; poi un grande piegamento postcarbonifero da Sud, pel quale fu originato il primo sospingimento dei filoni carboniferi sulla parte, che stava innanzi all'antica sella; quindi formazione di una faglia diretta da E. ad W., piegata verso N. e con abbassamento della parte settentrionale: questa è la "faille de Boussu", che taglia trasversalmente alla sua direzione la parte nordica dell'antica piegatura, e che l'abbassa. Segue quindi una seconda faglia, il "Cran de retour d'Anzin", quasi parallela alla prima, e che inclinata verso Sud la taglia in croce; essa apporta un abbassamento di una gran parte della montagna dal lato Sud e uno spostamento nei due fianchi della più antica *Faille de Boussu*. A questi abbassamenti principali, accompagnati da altri movimenti secondari, segue quindi il sospingimento verso N. della parte meridionale del monte al di sopra delle fratture, per tutta l'estensione del bacino carbonifero, sopra un gran piano di faglia; questa è la "Grande faille du Midi", o la "Faille Eifeliennne".

La straordinaria grandezza di questi movimenti si riscontra dal fatto, che gli avanzi della montagna carbonifera già diminuiti dalla denudazione si fanno ascendere a 2100 m. di spessore, che quella del Calcarea di montagna e del Devoniano si crede di 2500 m.; e che il sospingimento nel 1877 era stato già riconosciuto per uno spazio di 200 km. Cornet e Briart, hanno tentato di completare idealmente il fianco sospinto, per poter giudicare la misura delle perturbazioni avvenute, che accompagnarono senza dubbio il sospingimento, e della demolizione della montagna, e credono di poterla stimare a Namur di 5000 o 6000 m.

Un giudice molto competente in simili fatti, Gosselet, dice: " La causa della piegatura sta nell'abbassamento delle parti centrali del Bacino, o nel relativo innalzamento dei margini con sgusciamento di uno strato sull'altro. L'abbassamento stesso è un effetto del continuo ritrarsi della cresta terrestre „.

In questa rassegna delle dislocazioni noi siamo partiti da una divisione della forza tangenziale e radiale, o come si è detto in movimenti di piegatura e di abbassamento; gli ultimi esempi, e specialmente il notevole acceleramento che i movimenti tangenziali acquistano per un contemporaneo abbassamento della regione che sta loro innanzi, ci riconducono all'esame di un collegamento causale di entrambe. Questo esame però non può essere intrapreso, che fondandosi sul confronto di grandi porzioni della crosta terrestre. Frattanto però dai nominati esempi si può almeno vedere in tutti i casi una certa tendenza a ricoprire le depressioni. Questo ricoprimento avviene in grande là dove l'abbassamento sta davanti alla direzione normale delle pieghe già esistenti, come nel Belgio dinanzi alla direzione delle pieghe delle Ardenne; non manca però neanche quando l'abbassamento è all'interno, e allora può avvenire anche un rovesciamento locale del movimento, come al margine meridionale dei Riesengebirge, o al margine sud-occidentale della massa boema a Voglarn, o nel Prättigau, o alla Hohe Wand a Wiener Neustadt.

NOTE AL CAPITOLO TERZO

1. Debbo confessare la mia trepidazione nell'accingermi alla traduzione di questo capitolo di pura definizione e nomenclatura; la lingua italiana non avendo la ricchezza di quella tedesca, e mancandoci la maggior parte dei nomi scientifici usati dal Suess. Solo pochi tentativi di nomenclatura sono stati fatti da noi, mi è stato necessario quindi di ricorrere a nomi nuovi, benchè abbia cercato di mantenere quanto mi è stato possibile la proprietà e la purezza. Di molta utilità per noi italiani è, in fatto di nomenclatura, il lavoro di Heim e Margerie: *Essai d'une definition et d'une nomenclature des dislocations de l'écorce terrestre*. Zurich in tedesco e francese. (N. d. T.).

2. Non saprei con qual nome meglio indicare quello che Suess, con termine tolto al linguaggio dei minatori, chiama « Blatt »; il quale indica una dislocazione per cui gli strati sono spostati, ma però in senso orizzontale; il nome di faglia propriamente detto o « faglia verticale » rimarrebbe così applicato al solo spostamento in senso verticale (« Sprung » dei tedeschi). (N. d. T.).

3. Il nome di « Horst » pure è di grande difficoltà a esprimersi nella nostra lingua con un solo nome. Esso può rendersi assai bene col nome di **Massiccio** (**Massif** dei francesi) quando è preso in senso generale, oppure ha grandi dimensioni, come l'altipiano centrale francese; può pure indicarsi col nome di **Muraglia** o **Ciglione** se la sua forma è allungata, e se appunto come una muraglia separa immobile due aree di sprofondamento; può usarsi il nome di **Sprone** se ha invece un contorno circolare; ed in tal senso non crederei nemmeno da escludere il nome di **Spuntone** usato nei nostri monti pisani per quelle punte isolate e massiccie, che qua e là vi si riscontrano (per es. Spuntone di S. Allago). (N. d. T.).

CAPITOLO QUARTO



VULCANI.

Serie della denudazione. — Vesuvio e M. Nuovo. — M. Venda. — Laccoliti. — Palandokân e Dary-Dagh. — Whin Sill. — Le Ebridi. — Predazzo. — La frattura del Banato. — La cicatrice sienitica di Brünn. — Elk Mountains e Harz. — Batoliti; il granito di Drammen; i Vosgi; gli Erzgebirge. — Macule. — La serie.

Le eruzioni vulcaniche, i coni di cenere e i fiumi di lava dei nostri vulcani sono piccoli e superficiali segni di grandi fenomeni nelle profondità della Terra, sulla natura dei quali sino ad oggi, nonostante l'instancabile attività di tanti scenziati, si ha solo una conoscenza incompleta. Seguire le varie direzioni di una tale attività non è ora il mio compito, ma si può cercare, partendo dai vulcani più conosciuti dell'attualità, per quanto è possibile scegliendo esempi adattati, di seguire il denudamento e il disfacimento graduale di un monte vulcanico. Questa è una delle vie, che dovrebbe condurre alla conoscenza del cratere più profondo e dei fenomeni abissali, e alcuni punti infatti per questa via già si sono mostrati comprensibili. Quindi, mi sia lecita l'espressione, è la serie della denudazione che io vorrei cercar di conoscere.

Fu già accennato (pag. 66) assai chiaramente a quegli imbuto e a quei monticelli di sabbia, che per un terremoto si producono nelle fessiture delle alluvioni. I monticelli sabbiosi formatisi il 9 novembre 1880 pel terremoto di Agram nella regione della Sava non erano più alti di 0,3 m. Alcuni di essi stavano isolati, altri si trovavano riuniti sopra una base

comune, altri infine erano accoppiati lungo piccole fessure lineari.

Questi piccoli coni rispetto all'andamento meccanico nel loro formarsi hanno una somiglianza, molto maggiore di quanto non si ammetta comunemente, colle nostre grandi montagne vulcaniche. Si formano delle fessure e la massa interna liquida o molle esce dal profondo qua e là; se poi il terreno d'attorno si abbassa, ancora più forte sgorga la massa interna. E nei vulcani si ripetono questi fatti. Per abbassamento o per altra ragione qualsiasi avviene una faglia; là dove essa si slarga, o dove è traversata da una faglia trasversale si ha un punto propizio per l'espansione delle lave cariche di vapore acqueo a grande tensione, e queste sgorgano fuori. Ne segue un'esplosione ed una polverizzazione. Così si forma un cono di cenere; questo cono poi viene rotto da una parte, oppure il margine del suo cratere vien superato; un torrente di roccia incandescente si estende ai suoi piedi; benchè spesso ciò possa mancare. Questo è tutto. Ma è già stato osservato, e Geikie poco fa l'ha nuovamente accennato, che i grandi ricoprimenti di lava, che qua e là si trovano estesi per molte miglia quadrate, non si sono originati in tal modo, ma che molto probabilmente le stesse faglie si sono aperte per tutta la loro lunghezza. In tali casi l'abbassamento di estese parti di monte può aver contribuito a questo espandersi delle lave, come si vede nelle grandi colate lungo le linee di faglia dell'altipiano di Utah.

Confrontando tra loro i vari coni di deiezione, si possono distinguere vari tipi nella formazione, come il Vesuvio e M. Nuovo; ma anche se si devono raggiungere fatti durevoli qualsiasi, non si deve dimenticare, che in questi fenomeni ogni tentativo di una schematizzazione esatta sarebbe un errore.

Monti col Somma e l'Atrio come il Vesuvio si originano e si solidificano in un modo speciale. L'impalcatura delle lave, nascosta dalle ceneri, deve avere indubbiamente una struttura molto complicata. Ogni più importante eruzione laterale di un monte tale, forma un filone eruttivo verticale,

che, come una parete, dal canale interno giunge sino alla superficie esterna del cono interno, cioè sino all'Atrio, — quindi un efflusso minore di colate al mantello esterno del cono centrale, il quale sbocca immediatamente dalle aperture o bocche eruttive poste in fila sul filone eruttivo — quindi un anello atriale più o meno chiuso, originato dall'estendersi delle lave nella valle dell' Atrio, — e finalmente il grande torrente libero di lava, che sboccando dalla fessura del Somma, scorre lungo il declivio del cono esterno.

Dopo la grande eruzione che originò la gola del Somma al Vesuvio, sono spesso avvenute eruzioni simili. Nel corso di questo tempo per l'aumento del cono centrale l'Atrio è stato spinto sempre più in su, lungo le pareti del Somma. Eruzioni più potenti e perturbazioni passeggerie del cono centrale hanno spesso interrotto questo fatto; ma il risultato finale è certo stato un innalzamento dell'Atrio, e al tempo stesso un ampliamento del suo diametro. Le colate raffreddate nell'Atrio hanno formato degli anelli di un diametro sempre maggiore; e quest'anelli posti uno sull'altro formano oggi nell'interno del monte una grande coppa conica aperta nell'alto, che separa il cono interno dall'esterno, e che chiude tutti i focolari eruttivi più recenti del cono centrale. Questi stanno colla loro parte inferiore in questa coppa, verticalmente e radialmente diretti verso il camino centrale.

Un tale edificio naturalmente può originarsi soltanto allora quando dalla stessa apertura si seguono ripetutamente numerose eruzioni. Al M. Nuovo, nei Campi Flegrei specialmente, non si riscontra niente di simile. Pochi torrenti di lava si trovano, e molti centri di eruzione. Una tendenza al cambiamento nei luoghi di eruzione è manifestissima.

Il M. Nuovo altro non è che un ammasso anulare di ceneri e di scorie; il suo fondo è meravigliosamente basso, quasi all'altezza del suolo esterno, a poco quindi sopra il livello del mare.

Il contrasto adunque tra il Vesuvio ed i Campi Flegrei è

molto grande, e anche molto cognito. Non consiste soltanto nella diversità delle lave, ma specialmente nella permanenza del cratere al Vesuvio, e nel cambiamento dei centri di eruzione ai Campi Flegrei.

La ragione però va ricercata nella natura delle faglie; ed un confronto colle Lipari forse ce ne dà una spiegazione, come vedremo in breve —.

Ed ora abbandoniamo un cono vulcanico siffatto all'attività denudatrice. La cenere è portata via dalle acque; l'ossatura petrosa potrà mantenersi là dove essa è costituita di ripidi filoni; le colate, che riposano sulle ceneri, precipitano. Sulla fronte della montagna appaiono a raggi i filoni eruttivi. Al tempo stesso la base del vulcano viene denudata attorno al suo piede.

Si vedono gli avanzi della corona, si vede una parte del substrato, ma non si vede il cratere interno. In questo stato si trova il M. Venda nei colli Euganei presso Padova.

La sua struttura e le sue rocce sono state spesso descritte, più ampiamente di ogni altro da E. Reyer (1).

Esaminiamone il substrato.

La roccia visibile più profonda, è una massa di trachite oligoclasica posta a nudo presso Fontana Fredda al piede occidentale. Sopra a questa trachite e in contatto immediato si trovano degli strati titoniani con *Phylloceras* e *Terebratula diphya*, lievemente inclinati a NW., per 2 o 3 piedi trasformato dalla trachite in marmo nodulare trasparente; per altri 8 piedi di un grigio azzurrognolo, meno cristallizzato, con fossili riconoscibili; più in alto poi coll'aspetto duro nodulare dei depositi titoniani; ma i noduli calcari anche a tanta distanza si sono più o meno cambiati in marmo. Quindi la trachite oligoclasica ha originato un metamorfismo di contatto verso l'alto, e deve essere penetrata lateralmente traverso agli strati.

Sopra il Titoniano stanno potenti banchi di Biancone, coi fossili caratteristici del Neocomiano, quindi una massa di tra-

chite quarzítica, sopra alla quale si ha forse un altro poco di Neocomiano, poi la Scaglia in tutta la sua potenza, come rappresentante di tutti i membri superiori della Creta. La Scaglia circonda per lo meno due masse di trachite, di cui la più grande è posta a NW. Immediatamente al disopra della Scaglia si ha nuovamente trachite (M. Madonna, M. Grande ecc.). Il membro più prossimo poi è una marna chiara terziaria, talvolta simile ad un tufo, contenente delle foglie fossili. In questa marna si trova la trachite di Schivanoja. Al disopra segue il calcare nummulitico principale, con fragmenti di *Conoclypeus conoideus*, e grandi nummuline. Poi si ha una intrusione doleritica (Teolo, M. Oliveto, sotto S. Antonio ecc.); si riscontrano piccole quantità di lave basiche oscure; i tufi oscuri che le accompagnano contengono Orbitoidi, andrebbero perciò incidentalmente riferiti all'orizzonte di Priabona; questi tufi oscuri giungono sino ad una bella altezza del cono centrale del Venda, e vengono tagliati dai filoni eruttivi.

Sopra al tufo doleritico, rispetto al quale non mi è ancora del tutto sparito il dubbio se esso sia come una parte delle grandi masse di tufo e di lava della vicina regione vicentina, si riscontra altra trachite (M. Altorre, M. Guin ecc.). Questa trachite è l'ultima; le cime isolate dei monti che essa incorona, mostrano delle porzioni di colate, che per l'erosione sono oggi separate dal cono centrale; la loro formazione è contemporanea a quella dei grandi filoni radiali (Pendise, Forche, Rua ecc.). Segue poi la fase riolitica, l'emissione cioè di un tufo bianco, e la formazione di colate di riolite. Ai piedi del Sieve il tufo bianco contiene delle petrificazioni, che gli danno la stessa età degli scisti con Briozoi di Val di Lonte, alla base degli strati oligocenici vicentini. L'ultimo membro di questa lunga serie finalmente sono le lave nere (Sievite secondo von Rath), che appariscono come colate sul M. Sieve e le alture vicine, e che come filoni traversano il tufo bianco, accompagnate da salbande vetrose.

Per una tal successione di rocce io credo, come ho già detto, che le masse trachitiche inferiori si siano introdotte la-

teralmente. Già da lungo tempo si potè dimostrare, che qui una assai grande quantità di trachite oligoclasica, penetrando lateralmente tra gli strati calcari giurassici, ne aveva strapata una importante massa, li aveva trasportati galleggianti, e metamorfosati nella loro faccia inferiore. Questa è la massa titoniana di Fontana Fredda metamorfosata per contatto. Similmente già da prima era stato ricordato, che masse assai rilevanti di trachite si erano incuneate lateralmente tramezzo agli strati allontanati di Scaglia, e che anzi per una tal circostanza grandi frammenti di Scaglia avevano formato vere e proprie breccie, con un cemento trachitoide (2).

Altri vulcani trachitici di Europa mancano o della varia natura delle rocce stratificate nella base, o della favorevole manifestazione delle medesime. Per avere dei punti di confronto per tali espansioni laterali ci rivolgiamo all'America.

Negli ultimi anni, con accordo bellissimo rispetto alla questione dei fatti di tutti gli osservatori, è stata descritta dai nostri colleghi d'America come tipo speciale di monti eruttivi, una serie di notevoli affioramenti di lave interstratificate nei sedimenti. Esposizioni in genere si hanno di Peale, Gilbert ed Endlich, e non mancano buone descrizioni locali. Da esse risulta che si riscontrano masse montuose isolate, che in diversi orizzonti, dal carbonifero per tutta quanta la Creta, lasciano riconoscere un penetramento di rocce eruttive postcretacee traverso ai sedimenti. Più comunemente un tal fatto avviene negli scisti e nelle marne cretacee, meno capaci di opporsi a questa invasione. Ora si vedono soltanto piccoli filoncelli di intrusione, ora aumentano a forma di una mezza lente o di un grosso pane sino a divenire delle grandi masse, e queste masse sono da Gilbert indicate come: "Laccoliti". Generalmente esse stanno a gruppi accanto, o l'una sull'altra; in altri casi sono isolate.

Gli strati sedimentari ricuoprono a volta la laccolite, e spesso perdurano parti assai importanti della volta formata: spesso anche questa è attraversata da un reticolato di fessure

radiali, che come stella di filoni, sporgono al di sopra degli avanzi della denudazione. La maggior parte delle laccoliti visibili son tali per la erosione avvenuta nel potente ricoprimento di depositi lacustri terziari, che prima si estendevano in lungo e in largo sulla regione. Esse sono formate di una roccia, che da Endlich viene distinta col nome di trachite porfirica (porphyritic trachyte), e da altri è detta semplicemente trachite; solo in pochi casi sono costituite da riolite. Non si sono per anco trovate laccoliti di lave basiche.

Gli esempi più importanti sono: i monti presso Park View Mount. sullo spartiacque continentale tra North Park e Middle Park; gli Spanish Peaks dinanzi al declive orientale delle Rocky Mountains, e a NW. di queste i monti vulcanici del Huerfano; poi al di là delle Rocky Mountains, sull'altipiano del Colorado le masse isolate della Sierra la Plata, S. San Miguel, S. el Late, S. Carriso, S. Abajo, S. la Sal, e a W. di queste la serie delle Henry Mountains, le quali ad oriente ed in vicinanza della fessura di Waterpocket segnata nella Fig. 5 a pag. 156 son poste sul margine occidentale del grande altipiano. Alcune di tali masse sono molto alte. La base del Monte San Miguel per es. si trova a circa 2400 m.; la punta più alta, il M. Wilson, che pure non è una laccolite si innalza su questa base sino a 4352 m. sul mare. La vetta degli Spanish Peaks sporge dalla regione molto più bassa delle Rocky Mountains per 4152 m.

L'intrusione delle masse eruttive nei terreni stratificati si presenta in modi molto svariati. Holmes ha dato una figura molto istruttiva dei declivi dell' Hesperus Mount. nella Sierra la Plata (Colorado sud-occidentale), la quale mostra chiaramente l'intrusione del margine di una laccolite tra gli scisti cretacei, con base piana, e con la sella a volta. Al di sopra di questa però si ripetono in gran numero piccole intrusioni di trachite negli strati cretacei uniformemente ricurvi. Lo stesso Holmes ha inoltre molto chiaramente mostrato come nella Sierra el Late (a SW. della Sierra la Plata) le masse fuse, che son penetrate negli scisti cretacei siano ripiene di

frammenti di essi, mancando però ogni e qualunque traccia di frammenti di sedimenti più antichi, a dimostrare che nel fondo la fenditura è nettamente delimitata. Qui non è visibile una sella a volta, e l'orizzonte più basso dello scisto è così intimamente connesso alla roccia eruttiva, che è intaccato dalla stessa. Più verso SW., nella Sierra Carriso, le porzioni più alte della Creta sono del tutto mancanti, e si trovano le trachiti inchiuso in strati che dalla Creta inferiore arrivano sino al Trias.

Gli Spanish Peaks, molto più ad Est, sono caratteristici specialmente pei filoni radiali sulla superficie: questi furono descritti da Endlich. Questi Peaks sono due punte della cui notevole altezza e della cui posizione presso al piede orientale delle Rocky Mountains, o meglio della catena Sangue de Cristo, fu già parlato. Il monte orientale è di roccia eruttiva, l'occidentale consta in modo speciale di strati sedimentari, cioè di arenarie e scisti carboniferi. Questi strati furono disgiunti lungo i loro punti di contatto, le rocce eruttive vi si cacciarono dentro come grossi cunei; la cupola superiore fu forzata e vi si formò un reticolato di filoni, il quale arriva sino agli scisti cretacei, e che nella sua formazione forse non dovunque giunse ad affiorare, mentre sembra che altri filoni siano realmente giunti alla superficie.

Nella monografia di Gilbert sulle Henry-Mountains noi troviamo la più estesa descrizione della loro serie. Sono cinque masse montuose, che ad una distanza all'incirca uguale dalla grande flessura di Waterpocket sull'altipiano che misura qui 1500 m. di altezza, si innalzano colle loro due cime più alte a 3429 m. (M. Ellen), e 3398 m. (M. Pennel). La flessura di Waterpocket è collegata con un abbassamento del lato orientale di 7000 piedi (2134 m.), e le Henry-Mountains si trovano sulla estesa pianura della parte più bassa.

Le laccoliti si trovano a gruppi una accanto all'altra, o sopra l'altra, e formano il nucleo di questi monti. Il M. Ellen conta circa 30. laccoliti; il M. Holmes due; il M. Ellsworth una, il M.

Pennell e il M. Hillers una grande per ciascuno, e varie piccole. Per la loro altezza essi occupano tutto lo spazio tra il Carbonifero e la Creta, ma esse si sono al certo formate in un tempo postcretaceo. Nei monti Ellsworth e Holmes si ha un ricoprimento completo di strati sedimentari. La laccolite dell'Hillers è la più grande; essa è posta a nudo per metà; la sua altezza si calcola sopra ai 2000 m. e la sua base a 6400 e 5600 m. Da questa si passa gradatamente sino ai più piccoli filoni interstratificati. Là dove le rocce eruttive vengono a contatto colle sedimentari, sempre queste sono metamorfosate. Le laccoliti si trovano qui tutte senza eccezione nell'orizzonte degli scisti meno resistenti, mai nei forti banchi di arenarie che le separano. La laccolite più grande, quella del M. Hillers, ha varie piccole compagne, delle quali la più profonda si appoggia alla superficie del Carbonifero, mentre la più alta è circa 300 m. al disopra della base della Creta.

Siamo abituati a veder le eruzioni vulcaniche presentarsi vicino a degli abbassamenti. Così pure accade nella vasta regione del Basin Ranges, a W. dell'altipiano del Colorado, di cui non si era ancora presentata l'occasione di parlare, nella quale una catena a pieghe per lunghe fratture sprofonda in parti quasi secondo il meridiano. "Alcune catene „ così dice Clar. King, " furono divise in tre o quattro blocchi, che sprofondarono di migliaia di piedi l'un sotto l'altro. Le eruzioni più grandi di riolite accompagnano appunto questi abbassamenti. Dove un ammasso roccioso strappato dai suoi vicini sprofondava, là le rioliti lo hanno sommerso, accatastando su di esso enormi ammassi di scorie..... Si danno alcuni pochi casi, nei quali delle catene dei monti furono spaccate, e per dei filoni avvenne un limitato estendersi delle lave sopra alte vette; ma per regola generale le maggiori deiezioni avvennero nelle regioni degli abbassamenti. Tali deiezioni riolitiche hanno formato gruppi di monti, di 3000-6000 piedi, con blocchi lunghi 70-80 miglia (113-129 km.) „

Simil cosa è pure di regola nelle grandi eruzioni che ac-

compagnano le faglie principali dell'altipiano del Colorado; e non è possibile separare il fenomeno delle lave che sgorgano dalle aperte fessure nelle eruzioni, dal fenomeno della intrusione delle laccoliti, la quale intrusione accade in luoghi posti al di fuori di queste fessure principali. Dutton ha riconosciuto come assolutamente vero un tal fatto. Sotto l'impressione di quei fenomeni che hanno preceduto, preparandole da lungo tempo, le eruzioni del Vesuvio del 1 e 17 aprile 1870 io sono pienamente confermato nell'idea, che si dia troppa importanza alla forza del vapor acqueo nel fenomeno della lava. Molto probabilmente l'uscita della lava da fessure lunghe parecchie miglia accade per una semplice legge d'idrostatica; lo sprofondamento della massa montuosa deve però certamente avere moltissima parte nella eruzione della massa fusa. Resta la domanda se la pressione, che un monte che si sprofonda fa sulle masse di lava che non possono venire alla superficie, è sufficiente a produrre quelle intrusioni di cui si è parlato.

Torniamo ora ai monti Euganei.

Le diversità di questi dai monti americani stanno prima nelle dimensioni molto minori delle masse intrusive, poi nella mancanza di strati meno resistenti nella base fatta interamente da calcare stratificato, e finalmente in questo, che i filoni radiali della volta nel Venda non si sono originati per la crepatura della cupola sedimentaria, come nei potenti Spanish Peaks, ma per eruzioni successive dentro un cono di cenere. Ma però i fenomeni per cui si sono formate le intrusioni laterali sono stati manifestamente molto simili, e quindi anche negli Euganei si può parlare di laccoliti nel Titoniano, nel Biancone e nella Scaglia, benchè non si allontanino troppo da quello che prima soleva chiamarsi Filone-strato. —

Al concetto del sollevamento di ricoprimenti sedimentari per intrusioni vulcaniche si unisce facilmente un seguito d'idee, il quale sembra aver molti punti di contatto colla antica idea di una certa azione di sollevamento delle lave, e della formazione dei cosiddetti crateri di sollevamento.

“ Non si può „ dice L. von Buch, “ considerare il gruppo delle Canarie altro che come una riunione di isole, le quali poco a poco sono sorte isolatamente dal mare. La forza, la quale possa arrivare ad un tal risultato, bisogna che si raccolga e si aumenti nello interno, prima di poter superare l'ostacolo della massa sovrapposta. Perciò essa si sprigiona dal profondo del mare, e anche da maggiori profondità, tramezzo ad altri strati basaltici e conglomerati, sino alla superficie, e quivi sfugge dal potente cratere di sollevamento. Ma una massa di sollevamento così grande ricade, e presto richiude l'apertura formatasi per dar adito a una tale manifestazione di forza. Nessun vulcano si forma; ma sorge però il Picco nel mezzo di un tal cratere di sollevamento, come un alto d'omo di trachite. E così si è formata una comunicazione continua tra l'interno e l'atmosfera.... „.

Quindi v. Buch distingue prima un sollevamento del suolo, poi un ricoprimento e la chiusura, quindi l'eruzione. Questo concetto si formò per la imponenza della corona del Somma; soltanto nella prima di queste tre fasi si ascrive una forza attiva di sollevamento localizzata alla massa vulcanica.

In un senso così ristretto, senza considerare le grandi linee della formazione delle catene e delle faglie, e soltanto quando sia da considerarsi un sollevamento locale con relativo ricoprimento, è stata nuovamente presentata questa antica idea in quella ammirevole descrizione dell'altipiano armeno, della quale H. Abich ha arricchito ultimamente la scienza.

Sono due masse montuose alle quali Abich si riporta: il Palandokän a S. di Erzerum, e il Dary-dagh presso Djoulfa. Tutte le montagne a S. di Erzerum sono formate di calcare cretaceo, di gabbro e di serpentina, sui quali sono ampiamente stese delle rocce eruttive terziarie. Di queste è formato il potente Palandokän (2947 m.), e sotto la sua vetta verso W. si apre un gran cratere. Il suo asse maggiore misura 9-10 km. Dentro a tale potente cratere, e circondati dalle masse vulcaniche dei suoi margini ripidissimi si trovano masse

rocciose di calcare e alabastro trasformate in marmo, insieme a serpentino, a cloritoscisti verdastri, e altre rocce silicee del gruppo gabbriico, rocce cioè fondamentali della montagna. Esse formano parte integrante della architettura del cratere, e sono state "sopraffatte dalle masse vulcaniche, le quali verisimilmente hanno sollevato il fondamento della montagna, l'hanno separato e spinto tanto verso S. che verso N. „.

Molto diverso è il secondo esempio.

Nella valle dell'Arasse, a S. di Nachitschevan, sopra alla montagna paleozoica dislocata si trova una serie, la quale principia col calcare nummulitico eocenico, e termina coi depositi salini miocenici. Conglomerati rossi, quasi esclusivamente formati da trachite, sono frammessi a questa serie terziaria, e servono di punto di partenza per stabilire l'età del vicino monte trachitico. Tre masse trachitiche di forma lanceolata e situate presso a poco nella linea NNW.-SSE. si sollevano a oriente di Nachitschevan sul terreno terziario, queste sono: Nagajir, Asabkew-dagh e Ingatasch; esse sono situate sopra una comune cresta longitudinale del terreno. Verso E. e SE. li seguono altri due monti simili Ylanly-dagh, e Alanja-dagh. In continuazione della prima serie verso SSE., e come diretto seguito di essa a E. di Djoulfa si solleva il Dary-dagh (1943 m.). Ma la sua costituzione è affatto diversa però da quella delle masse trachitiche di cui esso sembra la continuazione. Esso è interamente composto dalle rocce della serie in trasgressione, cioè da calcare nummulitico e da conglomerato trachitico; queste rocce sono sollevate a formare una potente cupola, la quale è tagliata da una frattura scorrente da N. a S. e di cui la parte occidentale si è abbassata. Sulla linea di frattura non si vedono rocce eruttive, ma soltanto marne argillose con gessi, e composti arseniosi.

Poichè i conglomerati trachitici fanno parte essi pure della cupola del Dary-dagh, e questo monte quindi deve essere più recente di parte almeno delle eruzioni trachitiche, vien fatto di supporre ripetute dislocazioni sulla stessa linea; si sareb-

bero perciò avute delle antiche fratture dalle quali sorsero il Nagajir e i suoi compagni, a spese dei quali si formarono le breccie e i conglomerati trachitici del Dary-dagh; si ebbe poi il sollevamento di queste rocce frammentarie, quindi lo sprofondamento di questa cupola, e finalmente l'emanazioni arsenicali.

Il Palandokän quindi mostra sopraffazione, traversamento, ed esteso metamorfismo di contatto nei sedimenti, come ritroveremo presto nella frattura eruttiva del Banato; il Dary-dagh è diverso; accenna a ripetuti movimenti della montagna prima e dopo le eruzioni, senza render necessario, almeno a parer mio, un intervento attivo di sollevamento dovuto alla lava.

Dopo questa digressione torniamo nuovamente alle intrusioni, e cominciamo a considerare quelle dovute a rocce basiche.

Quantunque in America non si abbiano ancora esempi di tal fatta, pure in Europa se ne trovano. Nelle miniere di carbone non di rado si vedono delle intrusioni basaltiche. In generale però le intrusioni basiche non prendono la forma di grossi pani o lenti, come le laccoliti trachitiche; si stendono piuttosto con uno spessore molto minore sopra piani molto più estesi, tanto che spesso sono state considerate come formazioni ad esse contemporanee, e non ne è stata riconosciuta la loro intrusione posteriore. Queste intrusioni basiche quindi rispetto a quelle trachitiche si comportano in modo simile a quello delle odierne lave mobili; e questa circostanza si fonda forse nella maggior mobilità delle masse basiche, mobilità universalmente osservata.

Qui basterà citare un solo esempio, ma grande e importante oltremodo. Questo è quell'estesissimo strato basaltico, intruso nella parte inferiore del Carbonifero di Northumberland, e conosciuto col nome di Whin Sill. Per molto tempo si discusse se il Whin Sill dovesse considerarsi come una colata contemporanea al Calcere carbonifero, o come un filonestrato di straordinarie dimensioni; finchè le osservazioni esatte

fatte nella Contea da Topley e Lebour non dimostrarono esatta quest'ultima opinione.

Il Whin Sill, meno che per interruzioni secondarie, è conosciuto per una estensione da 120 a 130 km. Esso raggiunge uno spessore di 23 m. e anche più, e si aguzza verso occidente. L'intrusione avviene per lunghi tratti tra gli strati del calcare carbonifero, e i depositi di arenarie e scisti che li accompagnano; e si trova un metamorfismo della roccia al contatto non solo al di sotto ma anche al di sopra, vi sono anzi anche dei piccoli filoni verso l'alto. Però il Whin Sill non sempre, come una volta si credeva, si mantiene nella stessa serie di strati; ma esso si spinge in alto tra i potenti depositi del carbonifero, e poi di nuovo si sprofonda, cosicchè il suo massimo dislivello verticale si considera non meno di 520 m. (3).

La straordinaria estensione del Whin Sill però mi sembra dar ragione alla domanda, se a distanza così grande dal focolare d'eruzione si possa veramente pensare ad una forza capace di un sollevamento di migliaia di piedi, originata da una massa lavica di una potenza non certo considerevole. Si potrebbe piuttosto ammettere, che il Whin Sill indichi il decorso di una faglia obliqua, la quale per un grande spazio ha sempre seguito un gruppo di strati, ma che poi spesso si è spinta in altri orizzonti, ed è stata poi dopo riempita dalla corrente di basalto. Faglie di tal fatta possono accadere con grande facilità, per uno spostamento delle fratture. Ma se ad un tal caso possa darsi con giustezza il nome di "Intrusione", io non so; credo preferibile quello di "Iniezione".

Tutte queste intrusioni o iniezioni sotto varie forme si dipartono tutte dal cratere; questo dobbiamo noi ora studiare.

Non si conosce un vulcano più profondamente eroso, tanto da lasciar visibile il cratere, e tuttora incoronato da filoni eruttivi irraggianti, del M. Venda. Vi sono però anche dei casi, in cui anche dopo l'erosione del cono di cenere e dei suoi filoni e l'apparire del nudo cratere, è rimasto visibile il collegamento tra di essi e le circostanti colate laviche. Questi devono formare il punto di partenza.

Nelle Ebridi interne, specialmente a Skye e Mull si stendono delle grandi colate basaltiche. I basalti dell'Irlanda nord-orientale vanno forse considerati come una loro continuazione. Protetti da tali colate si son conservati gli avanzi dei depositi mesozoici, che senza la protezione di un tal ricoprimento sarebbero stati spazzati via dai sottoposti strati paleozoici. La vicina costa occidentale di Scozia è quasi interamente costituita da queste antiche rocce poste a nudo.

Judd ha fatto osservare che su queste colate vulcaniche e lungo una linea scorrente da N. a S. si sollevano quattro masse granitiche, le quali rappresentano i nuclei di altrettanti vulcani. Queste sono: il vulcano dell'isola Mull, quello della penisola Adnarmurchan, e i due delle isole Rum e Skye. La distanza dal centro della massa più settentrionale al centro di quella più meridionale, la lunghezza cioè della parte riconoscibile di questa grande linea vulcanica è di circa 88 km. Questa linea però si continua verosimilmente a S. e a N. Ciascuno di questi ammassi granitici è collegato con altre rocce basiche, specialmente gabbriche, le quali si sono spinte fuori dopo: la massa di Mull è molto spesso attraversata da tali rocce; in quelle più settentrionali la massa basica è vicina al granito dentro al quale si spinge in filoni. Vicino a tali centri eruttivi le rocce sedimentarie sono molto metamorfosate, e i filoni basaltici sono straordinariamente ammassati. Alla formazione delle masse granitiche sembra aver seguito un periodo di calma e di denudazione, prima che avesser luogo le eruzioni basiche. Queste accaddero sulla terra emersa, poichè ne fanno testimonianza boschi e depositi con piante mioceniche che sono alla loro base. I coni di cenere più grandi, quelli cioè di Mull e di Skye, hanno forse raggiunto l'altezza di 4000 m.

Queste masse granitiche formano poi delle vere laccoliti negli strati mesozoici.

Già sin dal 1871, prima che Judd avesse data questa spiegazione su tali masse granitiche, Geikie aveva qui riconosciuto delle masse intrusive " amorfe „ di sienite, felsite o porfido

quarzifero, le quali, attraversate da fratture irregolari, non formavano dei piani paralleli. Tali masse son ricordate nell'isola Raasay, a N. del vulcano di Skye, nella stessa Skye e in Eigg, e poi tramezzo ai vulcani di Rum e di Ardnamurchan. In Eigg specialmente sono state descritte tre di tali masse felsitiche, le quali sporgono dai circostanti basalti. La maggiore di esse, alta circa 50-70 m. forma il limite settentrionale dell'isola, e " sembra che sia salita lungo la superficie degli strati oolitici, e che formi essa stessa in tal modo un grosso e rozzo strato „.

Judd ha confermato l'intrusione di tali masse nella serie mesozoica, e già sino dal 1874 ha mostrato che qui le rocce acide formano masse intrusive, spesse, lentiformi, le quali sono limitate ad una distanza assai piccola dal centro eruttivo; mentre le lave basaltiche possono seguire la stratificazione per grandi estensioni. Le rocce della prima specie secondo questi dati son composte di diverse varietà di felsite, più o meno quarzifere, spesso di struttura porfirica, e, per dei cristalli di orneblenda che vi sono sparsi, facenti passaggio al granito-sienite. Le rocce basiche sono quasi sempre doleritiche, con molta olivina e con passaggi da una parte a gabbro fine granulare, e dall'altra a basalto.

Fu detto sopra che le lave basiche di questi vulcani son poste sopra strati terziari con foglie; nel modo stesso si vedono nell'isole Faröer degli strati con carbone posti tramezzo alle lave basaltiche, e gli esempi simili dell'Islanda sono conosciuti da tutti. Tali formazioni ci fanno testimonianza di un continente molto esteso, il quale nell'ultima metà del terziario, dalla Scozia si estendeva verso N.

A Predazzo nel Tirolo meridionale si scorge il cratere di un vulcano triassico nella valle dell'Avisio diretta da N. a S., e nella Val Fravignolo che da oriente vi sbocca. È un luogo meraviglioso. Dopochè nel 1823 Marzari-Pencati per la prima volta ne ebbe data una descrizione, questa località è stata sino ad oggi il teatro di esplorazioni sempre ripetute, e la molteplicità dei fenomeni che vi si riscontranò non è per anco spiegata (4).

Qui noi non potremo dare che alcuni tratti principali della struttura. Per quanto studieremo in seguito, qui a Predazzo l'interesse si riscontra principalmente nel fatto, che proprio nel mezzo alle Alpi si può sapere con certezza l'età di un centro eruttivo di granito e sienite.

Val d'Avisio e Val Fravignolo si incontrano vicinissimo alla cittadina di Predazzo. La cresta principale a W. di Avisio è formata dal Dosso Capella che volge a Predazzo il suo declive " ai Canzocoli „; a S. della Val Fravignolo si alza la Malgola, a N. il Mulatto. La fig. 6 è disegnata dalla Val Fravignolo, da E.; a sinistra sta la Malgola, a destra il Mulatto; il Dosso Capella e " ai Canzocoli „ sono nel mezzo. In questo piccolo

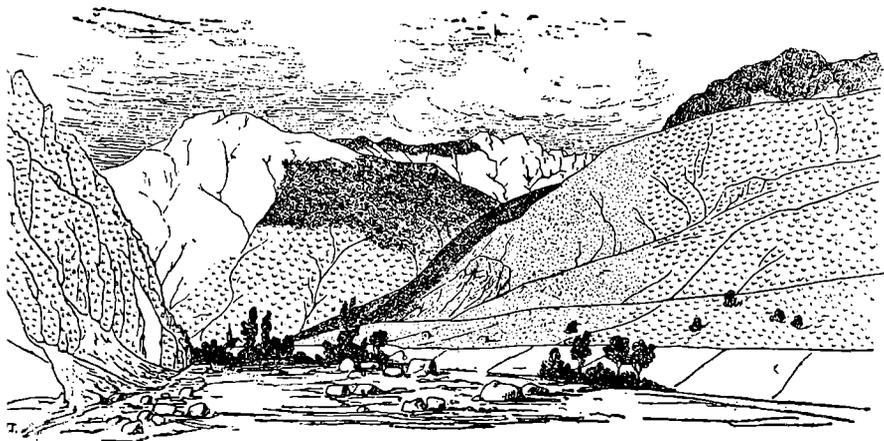


FIG. 6. — Predazzo (Tirolo meridionale). — Veduta dal ponte di Boscampo in Val Fravignolo verso il mezzo dell'antico centro eruttivo. A sinistra: La Malgola, sienite e calcare triassico (bianco); a destra: Il Mulatto, sienite, granito (punteggiato) e rocce augitiche oscure; nel mezzo: Il Dosso Capella, contatto di calcare triassico e sienite ai Canzocoli; sulla sienite melafiro; nel fondo: Colata di melafiro sul calcare triassico.

schizzo sono figurati e distinti soltanto tre tipi principali di rocce eruttive, cioè granito, sienite (monzonite) e melafiro. I numerosi filoni e le variazioni secondarie non potevano essere esposti in questo mio lavoro. A sinistra il Mulatto sino alla sua punta è formato dai depositi di Trias inferiore; il suo declive verso Predazzo è composto di sienite eruttiva; la linea di contatto, la marmorizzazione cioè del calcare triassico ecc.,

ossia il limite estremo della massa eruttiva scorre obliquamente sul monte. La sienite su questo declive racchiude un frammento più grande ed altri più piccoli di calcare triassico marmificato, e numerosi filoni ripidamente ascendenti di porfido ortoclasico carnicino, che fanno l'effetto di derivare dalla massa granitica, che incontreremo nell'altra parte della valle.

Nel modo stesso il Dosso Capella che si vede nel mezzo dello schizzo, nel fondo al di là di Predazzo, lascia chiaramente e nettamente vedere i limiti della massa eruttiva. Questa al disopra del monte si spinge obliquamente in su. Nella parte inferiore della costa si ha sienite eruttiva, a contatto del calcare; e qui nella località detta " ai Canzocoli „ si trova il giacimento principale dei silicati della zona di contatto, celebre da molti anni; più in alto il calcare confina coi melafri. Dietro al Dosso Capella a destra si vede sulle alture il melafiro sul calcare; questo è già una parte della corrente di lava uscita dal vulcano. Nel basso della Val d'Avisio sotto alla sienite apparisce una massa granitica, ma essa è nascosta dal piede del Mulatto.

A destra sul Mulatto si hanno oscure notevoli pareti non troppo alte di rocce augitiche, le quali in un lungo filone, proprio nella cresta più spinta del Mulatto, si continuano sino al fondo della valle verso Predazzo, e tagliano tutte le rocce più profonde. Queste ultime sono granito tormanilifero e sienite; continuano dalla parte opposta del monte verso il piede del Dosso Capella, e dello Sforzella. Tutto il Mulatto è di origine vulcanica; il confine col calcare triassico si trova in vicinanza a destra in un luogo non compreso nello schizzo, in una piccola valle presso al M. Viezzena.

La distribuzione delle rocce, i silicati ai punti di contatto, i numerosi filoni, l'intrusione delle lave melafiriche e dei tufi nelle formazioni triassiche non ci lasciano alcun dubbio sopra l'origine eruttiva, la relazione genetica, e l'età di tali notevoli fenomeni. Essi si ripetono a Nord-est al M. Monzoni lì vicino, con uno stupendo sviluppo di filoni laterali, senza però render

visibile il granito. Le laccoliti in questa regione non sono state ancora riscontrate.

Dopochè si è visto, come ci mostra l'esempio della massa del Finsteraarhorn, che un calcare stratificato fossilifero si può al contatto di una massa granitica trasformare in marmo mediante la sola pressione, a Predazzo si ha la prova più sicura della natura eruttiva e vulcanica della massa sienitica, nella presenza dei silicati cristallizzati alla zona di contatto. Questo segno caratteristico si riscontra però anche in una parte del margine della potente massa dell'Adamello.

La massa dell' Adamello si innalza in mezzo a Val Camonica e le Giudicarie sul confine tra la Lombardia e il Tirolo sud-occidentale. La sua estensione massima è in direzione NNE., e segue assai da vicino la grande linea di frattura delle Giudicarie posta ad oriente. La roccia più notevole di questa massa montuosa è facilmente riconoscibile per numerose colonne piccole e spesse di orneblenda scura, e per lamine di mica bruna in una massa fondamentale bianca. G. von Rath ha chiamato questa roccia tonalite; Zirkel la considera come la più vicina alla diorite quarzifera.

Là dove nella parte sud-orientale la massa tonalitica dell' Adamello viene in contatto del calcare triassico, si presentano di nuovo i fenomeni di contatto di Predazzo. Gli schizzi che Lepsius ha pubblicato di Val Bona e Val Bondol non lasciano dubbio alcuno sulla corrispondenza dei fenomeni nelle due regioni. Così p. es. sul declive meridionale della cima Bruffione in Val Bondol costituita da tonalite, si vede che questa roccia viene con un limite molto ripido a contatto col calcare triassico; il quale, ripidamente inclinato verso la tonalite, è cambiato in marmo, ed è pieno di silicati di contatto.

Parlando delle Alpi meridionali dovremo nuovamente parlare di questo notevole fatto.

La serie vulcanica delle Ebridi lascia vedere al tempo stesso la posizione dei crateri, e gli avanzi delle lave eruttate; la loro attività si manifesta nell'epoca miocenica o dopo. I vul-

cani di Predazzo e del M. Monzoni lasciano riconoscere i loro crateri, e quantunque l'età loro sia straordinariamente maggiore di quella dei vulcani delle Ebridi, si vedono ancora le lave e i tufi intrusi nelle formazioni triassiche, e da essi dipendenti.

In un grado simile di denudamento si trova il centro eruttivo di Rézbanya nella Ungheria sud-orientale, descritto da Peters e Posepny, nel quale, per la prima volta tra gli esempi qui citati, noi troviamo dei depositi di rame in relazione immediata del centro eruttivo nella zona del contatto vulcanico. Rocce, che Peters designa per sienite e porfido sienitico, metamorfosano le rocce loro vicine, e nel calcare neocomiano fanno apparire quel miscuglio caratteristico del contatto vulcanico di wollastonite, granito, e calcite azzurra.

I lunghi e stretti filoni di rocce eruttive, che penetrano nelle fessure della montagna, e abbracciano parti acuminuate di essa, secondo Posepny, sono una nuova prova, che queste masse eruttive non sono masse attive o spingenti, ma passive o spinte. L'abbassamento di una vicina regione è la causa di tali eruzioni, e la massa eruttiva stessa per la pressione della massa che si sprofonda viene spinta nei filoni.

A Sud del fiume Temes che sbocca dalla Transilvania, attraverso al Banato, si estende verso il Danubio una catena di alture, la cui vetta più alta, Muntje Semenik, raggiunge i 1450 m., e la cui media altezza può valutarsi sugli 800 m. La direzione della catena è da NE. o NNE. a SSW., e sempre con tale direzione le montagne continuano a mezzodì al di là del Danubio verso la Serbia. Mentre il maestoso fiume, nella sua corsa tortuosa attraversa questi monti e le parallele catene più orientali, da Moldowa in giù sino alle Porte di Ferro si ha una serie di rapide. Noi dovremo occuparci soltanto della parte occidentale della catena, e in modo speciale del suo margine volto a occidente.

La catena è costituita da ampie pieghe di scisti micacei con poco gneiss, quindi da carbonifero produttivo, arenaria rossa

permiana, Giura e calcareo cretaceo. Una frattura molto grande diretta da N. a S. taglia la catena; essa con angolo acuto si incontra colle pieghe dirette a SW. e SSW. e separa a W. gli strati mesozoici così, che al di là della frattura, cioè a W. di essa, non si vedono che bassi monticelli di scisti micacei, o l'aperta pianura. Per tutto lo spazio che a N. del Danubio nelle montagne del Banato occupa questa frattura, essa è munita di una serie di antichi centri eruttivi, per una estensione di 78 km. Ma anche più a S., al di là del Danubio si ritrova questa frattura, accompagnata dai soliti centri eruttivi.

Sorgente principale per lo studio di queste montagne è la descrizione delle sue parti più importanti dovuta a G. Kuder-natsch e pubblicata nel 1857, nella quale si contengono molte idee sulla struttura e l'origine delle montagne, idee che solo molti anni dopo furono comunemente accettate. Anche la carta geologica speciale pubblicata dalla direzione delle strade ferrate di stato austriache nel 1860, da cui fu rilevata quella pubblicata da Cotta nel 1865, è importantissima.

Le più importanti masse eruttive che si riscontrano su questa estensione di 78 km. sono da N. a S. le seguenti: prima quelle di Moldowa, Kohldorf e Szászka; quindi quelle di Csiklowa, Orawitza e Dognácska, e finalmente quella grande e irregolare a N. di Bokschan. Eccettuato l'ultima, ciascuna di tali masse occupa uno spazio molto allungato secondo la direzione della frattura, cosicchè dei 78 km. di estensione presi in esame, la roccia eruttiva è visibile per 47 km., tanto che non è a dubitarsi che progredendo l'erosione della superficie, invece di queste masse isolate si debba vedere lungo la frattura un'unica zona non interrotta.

Queste rocce eruttive furon credute, sul primo, sienite o granito; Cotta diè loro il nome di banatite: esse però come risulta dalle indagini più recenti di Niedzwieski, Szabo e altri, hanno variabile composizione, e vengono indicate come sienite, o diorite quarzifera, diorite anfibolica e trachite andesinico-quarzitica. Come tipo più comune di questa roccia viene con-

siderata da G. von Rath e Niedzwieski la diorite quarzifera, e da lui, come da Cotta, confrontato colla propilite, metallifera in molti luoghi di Ungheria e di Transilvania, e anche colla tonalite dell'Adamello. A Moldowa si ha pure un rimarchevole filone di basalto.

Là dove la roccia sienitica o dioritica viene a contatto del calcare mesozoico, questo è metamorfosato; e appaiono granati, wollastonite, vesuvianite, mica, calcite azzurra, e una lunga serie di minerali caratteristici del contatto vulcanico. Pure nella zona di contatto si trovano i più importanti giacimenti metalliferi della catena; magnetite, minerali di rame e di piombo; argento e oro. A seconda della loro posizione rispetto al calcare le singole masse eruttive sono in tutto o in parte circondate da un'area di metamorfismo. La zona eruttiva di Moravitz ad es. si trova negli scisti micacei; ma però incontrandosi in uno strato calcareo lo metamorfosato e lo metalizza.

Cotta ha espresso l'idea, che da questa frattura non si siano avute vere e proprie eruzioni alla superficie, ma la mancanza quasi assoluta di fiumi di lava laterali non può essere prova sufficiente a ciò. L'erosione della montagna necessaria perchè avvenisse una tal denudazione della frattura, deve essere stata così notevole, che le lave vicine ne devono aver risentito per un'ampia estensione.

Si ha qui metamorfismo nel calcare cretaceo; noi quindi nonostante la straordinaria denudazione non potremmo dare alla diorite quarzifera di questa frattura età più antica del terziario; e forse essa è contemporanea alla propilite dei Carpazi; le cui eruzioni sono da ritenersi come avvenute nell'oligocene, o nella prima metà del miocene.

Quindi la erosione, cominciata circa alla metà del terziario, sembra essere stata bastante per porre a nudo la frattura riempita, per uno spazio di 47 km. sopra 78 km. Continuando la denudazione noi non vedremmo che una sola zona di diorite quarzifera. Facilmente però l'erosione potrebbe giungere al

punto da fare sparire i vicini calcari mesozoici, e con essi le formazioni metallifere e metamorfiche, e allora dell'odierna tanto complessa struttura del monte non rimarrebbe che quella zona dioritica o sienitica, immersa negli scisti micacei e nello gneiss, che molti osservatori senza altro potrebbero essere disposti a credere archeana.

Così dall'osservazione del cono di cenere dell'oggi, a mezzo di quanto ci si mostra per opera della denudazione, arriviamo poco a poco a quegli svariati prodotti dei fenomeni abissali, visibili nelle antiche, dirute masse montuose di Boemia e di Norvegia, e anche qua e là nelle montagne piegate più recenti. Così fu formata quella notevole zona sienitica, granitica solo nella sua parte meridionale, che a Brünn accompagna il margine orientale della massa boema, e la divide dai Sudeti. Tali zone eruttive così poste allo scoperto le diremo "Cicatrici",.

Ma non soltanto tali cicatrici possono essere rese visibili dalla erosione, ma anche antiche colate laviche, filoni abissali, e intrusioni svariate, forse anche masse intrusive, cioè vere laccoliti delle grandi profondità.

Per questa strada Judd dopo lo studio dei centri eruttivi delle Ebridi, è giunto a indicare come "Reservoirs", o magazzini posti allo scoperto, estese masse granitiche come quella della contea di Leinster.

Prima di occuparci della difficile questione dell'origine di tali masse, sarà utile portare qualche altro esempio.

In America si considerano come laccoliti, oltre i pani tra-chitici già ricordati, anche le masse rocciose delle Elk-Mountains, Colorado. Questa catena va nelle Montagne Rocciose dal lato occidentale della grande catena di Sawatch in direzione NW.; alcune vette oltrepassano i 4200 m. La loro struttura è stata descritta da Holmes.

Da NW. verso SE. sporgono tre grandi masse granitiche, il Sopris Peak, il Snow Mass Group ed il White Rock Group, il quale ultimo ha pure una piccola diramazione verso SW. Il granito di questi monti, secondo Endlich, è composto di orto-

clasio, oligoclasio, quarzo e muscovite con poca biotite; il colore comune è bianco o grigio, e qua e là vi si riscontrano anche porfido e diorite. La serie sedimentaria che circonda tali masse granitiche comincia con una quarzite priva di fossili, potente qualche centinaio di piedi; ed essa segue il calcare carbonifero e quindi una potente serie che giunge sino al cretaceo superiore.

Nella formazione cretacea si hanno intrusioni di riolite e trachite.

Tettonicamente si vede che le due masse granitiche maggiori, il Snow Mass Group e il White Rock Group, si trovano sopra una linea di frattura comune, la quale viene indicata col nome di piega-faglia (Fault-fold), ed è accompagnata da un chiarissimo movimento laterale delle masse, diretto, obliquamente alla direzione della catena, da NE. a SW. Questo movimento laterale fu anzi così notevole che al margine sud-occidentale del granito si son avute delle sovrappiegature dello stesso, e conseguen-

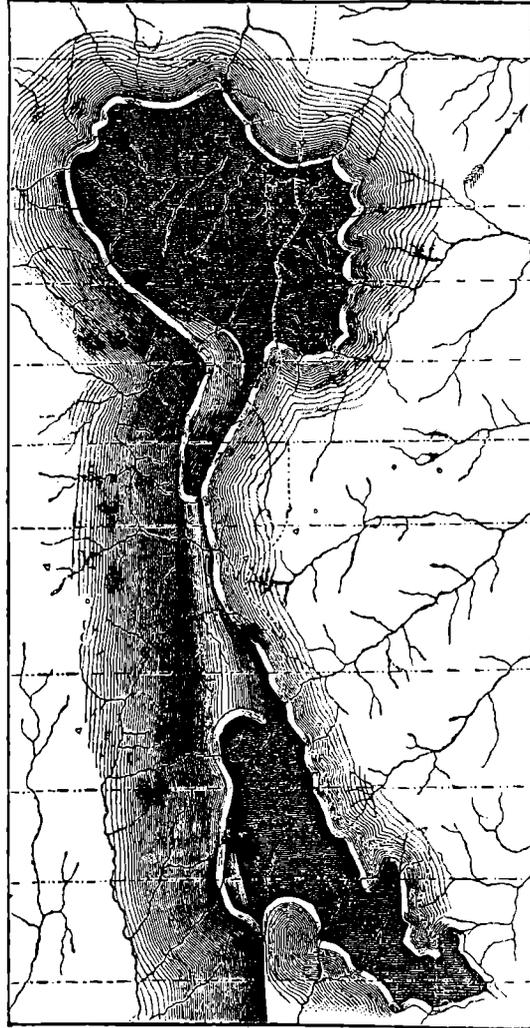


FIG. 7. — Giacimento della parte più profonda della Creta attorno al "Snow Mass", e al "White Rock", nelle Elk-Mountains (secondo Holmes).

temente un imprigionamento tra le due masse di strati sedimentari.

Questo importante movimento laterale, e la presenza di

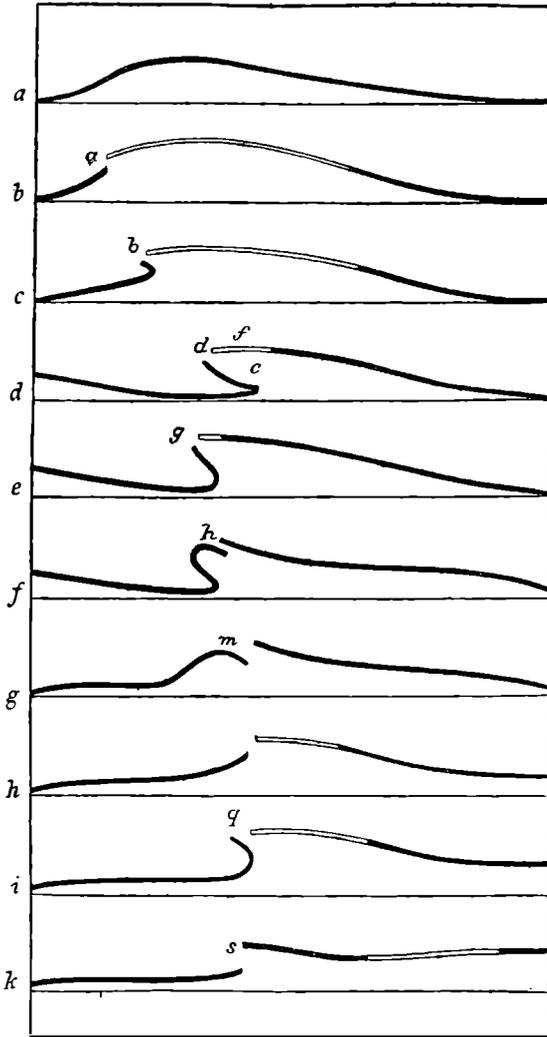


FIG. 8. — Sezione secondo le linee punteggiate della fig. 7.

masse trachitiche nella zona cretacea esterna è stata la causa che anche queste due grandi masse granitiche, nelle profondità certo in connessione tra loro, siano state considerate come vere laccoliti di età postcretacea, e che alcuni osservatori inclinassero a porre in relazione diretta l'intrusione del granito e colla formazione della montagna.

Holmes con molta circospezione espone l'idea, che non è difficile immaginare che durante lo spostamento laterale e la conseguente piegatura, anche la sottostante massa plastica abbia accompagnato questi movimenti, e dato luogo al presente stato di

cose, e che durante tal processo si sia, oppure sia stata spinta attraverso alla linea di frattura nelle due grandi masse del Snow Mass Group, e del White Rock Group.

Considerata in tal modo la cosa, la spinta laterale viene riconosciuta come la prima e principale cagione dell'origine delle montagne, mentre altri autori continuano a ritenere l'Elk Mountains sollevate e piegate a causa dell'intrusione nel granito postcretaceo. Ma però tal granito sembra appartenere assolutamente all'orizzonte stratigrafico delle masse passivamente sospinte della Cima d'Asta, e della Jungfrau; e vi assomiglia infatti anche per il suo giacimento.

L'idea espressa da Holmes si avvicina molto all'opinione di Lossen sopra il granito del Harz. Lossen crede " che la piega unilaterale (eteroclina) compressa, aumentando la pressione, possa cambiarsi in una piega fratturata col fianco superiore spinto in alto; e, aumentando ancor più la pressione, in una frattura iniettata da masse eruttive „. Nei suoi scritti più recenti Lossen chiama il Harz " una massa rocciosa dimostrata come un nodo di monte, obliquo, ellittico, con magma eruttivo iniettato nei suoi fuochi dinamici „. Da alcuni passi si rileva pure che Lossen considera il granito come una massa plastica, indipendente dai movimenti laterali; e delle pieghe a scalinata dice: " Gli scaglionamenti sono le onde del magma granitico, che seguono i movimenti della piegatura della superficie solida „.

Questo granito al suo contatto ha metamorfosato la grauwacke, che anche oggi in alcuni punti gli fa da tetto; quindi anche qui, come nelle laccoliti americane, il granito ha prodotto dei fenomeni di contatto verso l'alto.

E ora sarà utile di far notare nuovamente come nè le osservazioni di Holmes nelle Elk Mountains, nè quelle di Lossen nel Harz diano ragioni per ammettere la antica idea del sollevamento delle montagne a causa del granito; ma sibbene da entrambi gli osservatori la piegatura della montagna viene considerata come il primo e principale fenomeno, mentre la iniezione del granito si considera fenomeno secondario, e concomitante derivato appunto dalla piegatura.

Si hanno numerose masse granitiche le quali hanno i seguenti caratteri:

a) Si trovano immerse in antiche rocce stratificate, per lo più scisti, poste a nudo dalla denudazione; ed hanno, per quanto possiamo giudicare, la forma di grossi pani irregolari.

b) Hanno prodotto del metamorfismo di contatto non solo lateralmente, ma anche in alto; sono quindi più giovani del loro tetto.

c) In molti casi hanno delle apofisi lateralmente o anche in alto; e tali apofisi sono iniettate in fessure, le quali doverono originarsi immediatamente avanti alla iniezione.

Il granito di Drammen nella regione di Christiania, secondo la descrizione di Kjerulf, è ricoperto per un'estensione considerevole da strati pianeggianti del Siluriano, metamorfosati in alto per contatto; esso ne riempie le fessure, e vi forma dei filoni.

Le due masse granitiche di Barr-Audlau e di Hohwald nei Vosgi, i cui fenomeni di contatto furono così bene studiati negli scisti di Rosenbusch, sono immersi in tali scisti, ed hanno in essi le loro apofisi.

Le grandi masse granitiche degli Erzgebirge mostrano fenomeni uguali, e sono anche oggi in parte ricoperti dalla massa degli scisti, nella quale sono immersi, e che essi hanno metamorfosato. Colla direzione degli Erzgebirge queste masse non hanno alcuna relazione visibile; la grande massa di Neudeck giace più o meno obliquamente nel monte stesso, e a Sud viene tagliata dalla grande frattura della montagna appunto così, come le masse sono tagliate nei Vosgi dalle faglie, che sono di tanta importanza per la forma generale della catena. —

Non si può negare che i segni più caratteristici di tali masse granitiche, e specialmente i fenomeni di contatto verso l'alto, si ritrovano anche nelle laccoliti trachitiche dell'America del Nord. Però le loro dimensioni sono molto più grandi, e ci si domanda, come mai masse così straordinariamente grandi, lunghe dieci, venti e più chilometri possano venire spinte posteriormente in uno stabilito orizzonte, ad esempio, una determinata zona scistosa, oppure come a Christiania, in un gruppo assai vicino di rocce stratificate.

È assolutamente necessario, che alla iniezione della massa granitica, a tale alta temperatura da metamorfosare le rocce, sia preceduta la formazione di uno spazio vuoto corrispondente.

Il movimento tangenziale, quello che cioè produce le pieghe della parte esterna della terra, fu chiamato “ Movimento della scorza terrestre „; però l'espressione “ Scorza terrestre „ non è troppo chiara. Fenomeni come si incontrano nel Belgio nella “ Faille du midi „ ci mostrano che può esistere un vero e proprio sollevamento di alcune porzioni, le quali vadano a porsi sopra ad altre. Questo sollevamento specialmente a causa di movimenti tangenziali irregolari, o irregolare ostacolamento, deve essere stato molto frequente nelle profondità, frequentissimo però nelle zone degli scisti profondi, le quali sono le più atte a ciò, e così possono essersi formati grandissimi spazi vuoti, più o meno lentiformi, nei quali tosto penetrò la massa granitica, metamorfosando la ricopertura, e formando dei filoni nelle fratture. Spesso non si ha traccia, che tutta la massa dei più recenti sedimenti che ricuoprono il piano di questo sollevamento sia stata rotta, in modo da avvenirne all'esterno una eruzione vulcanica, o la formazione di quei prodotti di frizione, che accompagnano ogni esplosione. Il magma penetrò solo nello spazio vuoto, e si solidificò simile ad un grosso pane di roccia, una vera Batolite, la quale non poteva certo dare origine alla formazione di nuove montagne, ma in certi casi, su alcune diramazioni secondarie, poteva avere un'influenza passiva a causa della sua massa, della sua durezza e del suo contorno.

Le masse granitiche dei Pirenei, come lo ha mostrato chiaramente Zirkel, hanno età molto diverse. Un fatto simile si ha coi nuclei granitici alpini. Molti di questi giacciono come vere Batoliti negli scisti carboniferi, altri in orizzonti più antichi; altri graniti sono molto più recenti; abbiamo già ricordato come se ne riscontrino a Predazzo, unitamente a veri e propri fenomeni eruttivi.

Molto in alto sopra all'ospizio di Bernina, giacciono sul granito

masse di calcare ridotte quasi per metà in marmo, sia per la pressione, sia pel contatto vulcanico; questo calcare tiene numerosi fossili, che sembrano del Retico. Molto al di sotto in Val Trompia i lavori nella miniera Arnaldo misero allo scoperto una massa di granito verde, la cui superficie gibbosa in un punto sembra immedesimata con scisti argilloso-micacei, probabilmente carboniferi, che la sovrastano, mentre in un punto vicinissimo a questo è ricoperta da arenaria rossa permiana.

Ma i vari fenomeni che ci si mostrano nello studio delle Alpi, ci insegna a conoscere altri fatti assolutamente inaspettati. Mentre le rocce sienitiche e dioritiche si trovano nei crateri dei vulcani terziari, Stache e John ci fanno conoscere rocce eruttive, che assomigliano non poco alle recenti andesiti e propiliti, e che nelle regioni superiori dell'Adda e dell'Adige sono intruse nella massa sottoposta a tutta la potente serie mesozoica. —

Ma torniamo nuovamente alla formazione dei grandi spazi vuoti nell'interno della Terra. Il sollevamento di una massa rilevante di rocce stratificate può bastare a spiegare l'intrusione di masse granitiche lentiformi, che metamorfosino le rocce sovrastanti. Indipendentemente da ciò però già da anni, e sopra fondamenti affatto diversi è stata espressa l'opinione, che nell'interno della massa terrestre non si avesse un'unica piro-sfera, ma che le lave isolatamente si trovassero riunite in laghi sotterranei. Hopkins considerava questi laghi di lava come i residui della massa primitiva, fluida, incandescente, e li chiamava col nome di “ *residual lakes* „. Un fatto, non ostante le sue eccezioni, molto notevole, quello cioè del ritorno della stessa serie delle rocce eruttive, nelle regioni le più lontane, come l'Ungheria e l'America occidentale, il quale porta il nome di “ Serie di Richthofen „, ci ha ricondotti a discutere questa antica opinione. Propilite, andesite, trachite, riolite e basalto: ecco quella notevole serie, che per primo riconobbe l'occhio acuto di Richthofen, che spesso fu negata. ma che ora è fuor di dubbio trovarsi anche nell'America occidentale, e che, se-

condo Godfrey, si riscontra oggi anche nel Giappone. L'averla ritrovata anche sulle grandi regioni di frattura dell'altipiano di Utah, ha dato motivo a Dutton di fare osservazioni teoretiche, nelle quali si fa palese prima la natura dei serbatoi locali, e limitati di lava, ma si nega assolutamente l'idea di Hophkins di considerare tali serbatoi, come avanzi di un unico fluido. Secondo Dutton, tali serbatoi, chiamati " Macule „ si formano sempre di nuovo nell'interno della terra; e si pone in relazione con ciò la nuova opinione di Cl. King, cioè che le masse divengano liquide per la pressione diminuita.

Nel capitolo precedente fu detto che nelle dislocazioni terrestri si poteva riconoscere una tendenza a scindere le tensioni in tangenziali e radiali; ma che però non potevano dimostrarsi effetti diretti di tensioni radiali, cioè un'attrazione attiva verso il centro della terra, ma sibbene un'abbassarsi passivo di grandi masse. Questo abbassamento passivo presuppone però vuoti notevoli. In tali regioni è comunissima l'eruzione delle lave. Quindi l'idea che ci possiamo fare dal confronto di questi fatti è la seguente:

Le parti superiori, periferiche della terra sono tenute ferme da una tensione tangenziale, comè una vòlta. Tensione radiale o un ostacolo separa una parte della massa terrestre verso l'interno, e si forma una grande soluzione di continuità, più o meno parallela alla superficie terrestre, molto estesa se si tratta di una fratturazione in senso radiale, nell'altro caso più lentiforme, una " Macula „ la quale si riempie di lave. Se alla superficie la tensione tangenziale può esplicarsi in qualche direzione, per esempio con pieghe o sospingimenti, allora, al di dietro di questi, la vòlta cade nella Macula, e allora dalle faglie e dalle fratture erompe la lava.

Soltanto più tardi potremo vedere quanto sia esatta una tale idea.

Per terminare dovremo parlare anche di un altro fenomeno, che sembra molto comune in vari centri eruttivi. Si tratta dello sprofondamento locale e limitato del vulcano o

della montagna circostante; sprofondamento che Reyer ha indicato colla parola molto espressiva di “ Nachsacken „, per noi quasi un Insacramento. Con ciò non voglio limitarmi a quelli esempi, che spesso sono stati citati nelle vicinanze dei più recenti vulcani, per es. del Signal Post Hill a San Jago (Capo Verde), o del piccolo centro eruttivo di Auckland (Nuova Zelanda), poichè in tali casi si tratta solo di fenomeni di una estensione molto limitata.

Si tratta qui di tutta la massa del vulcano. Con perfetta concordanza d'idee Judd dice che il vulcano di Mull si è sprofondato. Mojsisovic assicura che il centro eruttivo di Predazzo si è abbassato in tempi posteriori, e Reyer descrive l'abbassamento successivo della massa del Venda.

“ Fa l'effetto „, dice Mojsisovics, “ come se alla periferia del centro eruttivo parti della montagna siano sprofondate nei vacui sottoposti „. Già per inciso abbiamo accennato come si sia inclinati a considerare molto minore del vero il volume delle masse eruttate nelle grandi eruzioni, e come sia piccolo il cono di deiezione in confronto a quelle masse enormi di materiale finissimo, che in simili catastrofi per estese regioni abbuiano il sole.

Per vedere ora nei suoi tratti principali caratteristici la serie della denudazione, torneremo a quei vulcani più recenti del continente dell'America centrale, di cui già abbiamo parlato nel precedente capitolo.

La serie principia col recente vulcano di Leon, col centro eruttivo del lago di Ilopango, e coll'Izalco; nessuno di questi conta più di un secolo di vita; con questi potremo citare il Jorullo e il M. Nuovo.

A questi vulcani recentissimi si uniscono immediatamente quelli che si trovano anche adesso in continua attività, e dimostrano ciò con un visibile specchio di lave fuse, come lo

Stromboli, e, con altra forma affatto diversa, il Kilauea. Anche l'Izalco, almeno non molto tempo fa, era nella fase stromboliana.

Seguono quei vulcani, che hanno delle frequenti eruzioni, come il Vesuvio e l'Etna, e meno frequenti, come Ischia. Il loro numero è molto grande; e più grande ancora è il numero di quelli, le cui eruzioni non sono segnate nella storia, o almeno con qualche incertezza, ma che serbano anche oggi intatto il loro cono di cenere, come il Puys d'Auvergne, o Rocca Monfina.

Subito dopo vengono i vulcani, la cui erosione è giunta al punto da mostrare la loro impalcatura dall'eroso cono di cenere: tra questi si ha ad es. il M. Venda negli Euganei, nella cui base denudata si scoprono anche le intrusioni laterali; e secondo le osservazioni di Doelter, vi figurano anche alcuni centri eruttivi delle isole Ponza. Qui le colate laviche sono già staccate dai centri di eruzione.

Vulcani basici con ossatura visibile non ne conosco; ma numerosi sono i casi di colate basiche isolate, che accompagnano i vulcani di questa fase e della seguente.

L'erosione progredisce, e ciò che si vedeva in piccolo sotto al M. Venda, cioè la intrusione laterale o l'iniezione di piccole lenti di lave acide, si mostra in grande nelle Henry Mountains, Sierra el Late, San Carriso, etc. etc. nel centro dell'America settentrionale.

Progredisce ancora la denudazione; essa, come a Predazzo, fa riconoscere in alto sulle montagne le lave intruse nel Trias, e giù nella valle le profondità del cratere, ed in queste delle rocce granitiche e sienitiche, mentre alle pareti di contatto si hanno i corrispondenti silicati di metamorfismo. Questa denudazione delle rocce abissali può avvenire lungo una linea di vari centri eruttivi, come nelle Ebridi, o la denudazione può arrivare al punto da mostrare il legame della frattura comune, come avviene nel Banato. Finalmente può avvenire che non resti che una cicatrice, come il filone sienitico di Brunn.

Tutti i fatti sin qui citati sono, o deiezioni di materie sulla superficie del pianeta, eruttate dall'interno di esso, o sono avanzi di crateri e fratture, per cui tali eruzioni avvennero. Però l'erosione progredisce; la denudazione ci scopre ora anche masse, le quali, nella maggior parte dei casi almeno, non raggiunsero in fusione la superficie terrestre, ma che si solidificarono come Batoliti, o immensi pani rocciosi, nelle profondità, come ci vien dimostrato spesso da un avanzo metamorfosato di scisto, un frammento dell'antica vòlta.

Così dal cono di cenere di oggi arriviamo alle masse granitiche degli Erzgebirge, al granito di Drammen in Norvegia, e a riconoscere la straordinaria varietà nella formazione dei graniti alpini.

Finalmente questa catena di fenomeni ci conduce a presupporre soluzioni di continuità nel fondo, formate da un sollevamento, o da una rottura in senso radiale, e non resta ora che vedere sino a qual punto una tal supposizione trovi conferma nella struttura vera e propria di una montagna.

NOTE AL CAPITOLO QUARTO

1. E. REYER, Die Euganäen, Bau und Geschichte eines Vulcans, 1877. — G. VON RATH; Geognost. Mittheilungen über die Euganäische Berge bei Padua. — DE ZIGNO (Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. 1864, XVI, pag. 520) parla degli strati giuresi e neocomiani di Fontanafredda.

2. E. SUSS, Der Vulcan Venda; Sitzungb. k. Akad. Wissensch. Wien 1875, LXXI, pag. 12.

3. Qui mi capita il destro di osservare, che non concordo assolutamente col tentativo fatto in questi ultimi anni, di ascrivere cioè ad un solo orizzonte i numerosi basalti dei monti vicentini, considerandoli la maggior parte come intrusioni. Solo vicino a Roncà nell'orizzonte del tufo con *Strombus Fortisi* conosco un filoncello intrusivo. La diversità nella età dei basalti si vede anche in modo speciale dalle diversità dei fossili dei vari tufi.

4. Inutile citare la ricchissima letteratura su Predazzo, dai geologi veneti del secolo scorso, a oggi.

CAPITOLO QUINTO

DIVERSITÀ DEI MOVIMENTI.

Tentativi di una classificazione dei terremoti. — Terremoti di dislocazione e terremoti vulcanici. — Terremoti di faglia orizzontale. — Terremoti di faglia verticale. — Terremoti di sprofondamento. — L'Etna nel 1780, e dal 1874 al 1883. — Diversità dei terremoti vulcanici. — La serie della denudazione.

Un attento esame ci insegna che sino ad oggi un misurabile mutamento di luogo di una parte di roccia verso un'altra, sia esso in forma di innalzamento, abbassamento, o spinta di rocce consistenti, non è ancora dimostrato con sicurezza. Di due casi principali di ciò, la formazione cioè dell'Ullah-Bund nel Ran of Kachh, ed il ripetuto sollevamento del Chill, che spesso ne sono citati come esempi, abbiamo già parlato, ed altri daranno più in qua gli stessi risultati. Ma anche se non sia dimostrato ai nostri occhi un vero e proprio movimento, le numerose dislocazioni ci insegnano, che questi movimenti sono avvenuti spesso e in grande, ed i frequenti terremoti ci dimostrano, che essi non sono ancora terminati.

La diversità dei terremoti è grandissima; il fenomeno stesso è difficile a comprendersi con un acuto metodo di esame, e il numero dei lavori esattamente eseguiti è sino ad oggi molto limitato. Quindi trattandosi dell'essenza dei terremoti è necessario andare colla massima circospezione.

Negli ultimi anni sono state tentate spesso classificazioni dei terremoti secondo la loro origine. R. Hoernes distingue terremoti di sprofondamento, terremoti vulcanici, e terremoti tet-

tonici. Toula accetta questa idea e propone di chiamare questi ultimi, terremoti di dislocazione e di struttura. Lasaulx distingue prima i terremoti in vulcanici e non vulcanici, e questi ultimi in terremoti di sprofondamento e di frattura. Come fenomeno secondario Lasaulx distingue pure il gruppo dei terremoti che potremo chiamare secondari ⁽¹⁾, i quali al di fuori della vera e propria regione sismica di un terremoto principale, sono da questi originati in altra regione.

Sono stati questi i primi tentativi per classificare e possibilmente meglio comprendere quella svariata quantità di fenomeni. La cosa più importante mi sembra questa, cioè lo studio attento onde distinguere da tutti gli altri quei terremoti che accompagnano o preparano le dislocazioni di parti della litosfera siano essi chiamati terremoti tettonici, o terremoti di dislocazione.

Stabilito, ciò che si può certo ammettere, che non si abbia dislocazione senza terremoto ⁽²⁾, vi devono essere tante specie di terremoti tettonici, quanti sono i gruppi delle dislocazioni, e gli stessi principi di classificazione debbono anche qui aver valore. Da ciò deriva che, per lo meno nei casi tipici in cui si abbia esatta scomposizione delle forze terrestri, si possono distinguere due gruppi principali, cioè terremoti originati da tensione tangenziale, e terremoti di sprofondamento.

Tutti i terremoti che abbiamo citato delle Alpi orientali, come pure quello di Sillein del 15 gennaio 1858 nei vicini Carpazi, hanno il loro asse trasversalmente obliquo all'andamento della montagna. Il movimento, che per lo più ha il suo massimo proprio vicinissimo al margine esterno della catena, si propaga per lungo spazio in linea retta, nell'opposta massa boema, e non di rado sino a Praga e a Leitmeritz, può persino raggiungere Meissen in Sassonia. Questo vale per tutti i terremoti avvenuti sulla "Kamplinie", dal 1590 a oggi, e anche per quello di Scheibbs dell' 11 luglio 1876. L'analogia delle linee di scossa con quel gruppo di dislocazioni che abbiamo chiamate faglie orizzontali, e l'osservazione di Bittner sul pa-

rallellismo di tali faglie colla Kamplinie, sono già state qui ricordate. Tutti questi terremoti quindi potrebbero chiamarsi: Terremoti di faglia orizzontale.

Del terremoto analogo di Belluno del 29 giugno 1873 parleremo in seguito.

Se il terremoto belga del 23 febbraio 1828, caratterizzato per la sua grande estensione con piccola intensità, e per il suo decorso perfettamente identico a quello dei monti carboniferi, veramente, come suppone Lasaulx, ebbe la sua partenza dalla " Faille du Midi „, lo potremmo considerare come il tipo di un terremoto di faglia propriamente detta.

In generale le aree sismiche dei terremoti di faglia verticale in pratica si delimiteranno meno nettamente di quelle dei terremoti di faglia orizzontale, in cui è caratteristico l'asse di scossa trasversale all'andamento del monte.

È verosimile che la maggior parte dei terremoti nella metà settentrionale delle Alpi derivi da movimenti tangenziali. Questi terremoti, come già si è detto, sembrano solo rarissimamente accompagnati da eruzioni vulcaniche.

Parlando del secondo gruppo delle dislocazioni si osservò, che la seconda componente derivante dalla contrazione della superficie terrestre, cioè una trazione all'indietro, nelle dislocazioni dei monti non è visibile, ma che tutte le dislocazioni di questo gruppo si manifestano come fenomeni di gravità, e fanno l'effetto come se parti della crosta terrestre siano sprofondati pel proprio peso nei vuoti sottostanti, o come se la superficie si abbassi per movimenti del substrato.

Qui nascono molte questioni, poichè l'abbassarsi di grandi masse di terra, ci riporta a quella idea, sempre così poco nettamente delimitata, ma pure tanto fondata, sulla formazione di grandi e pianeggianti spazi vuoti nelle profondità terrestri, che Dutton ha chiamato Macule; e appunto qui, in queste aree di depressione compariscono sulle fratture e insieme a terremoti le eruzioni vulcaniche più numerose. Qui nasce la domanda dove debba porsi la linea di separazione tra

terremoti tettonici, o terremoti vulcanici, una domanda facile a risolversi astrattamente, considerando i fenomeni eruttivi come caratteristici dei terremoti vulcanici. Ma in natura tale separazione non è facile a farsi; il fenomeno dell'eruzione è complesso, ed ha varie fasi, in ciascuna delle quali i movimenti non si somigliano, e si hanno terremoti che potrebbero considerarsi di dislocazione, e che invece non caratterizzano che una fase speciale di una eruzione.

Il grande terremoto di Calabria del 1783; che aveva i suoi centri di scossa sopra una linea marginale periferica, è un terremoto di dislocazione, e potremmo chiamarlo: Terremoto di sprofondamento periferico, per distinguerlo da quello di sprofondamento radiale della stessa regione. Là dove le linee radiali si tagliano, come sotto alle Lipari, si può anche parlare di terremoto di sprofondamento centrale. Inoltre varie parti di roccia di un'area di depressione possono contemporaneamente essere scosse da terremoti di varia natura. In tutti i casi nei terremoti tettonici l'eruzione vulcanica è fenomeno secondario.

Più difficile è applicare queste distinzioni al continente dell'America centrale. Poichè anche se assai chiaramente ci si mostra l'abbassamento della regione pacifica, e si riscontra una visibile zona vulcanica principale, pure questa regione si distingue dall'Italia meridionale pel continuo, o comune spostamento, eccetto al suo termine nord-occidentale, della attività vulcanica lungo linee trasversali dirette verso la depressione, mentre nell'area di depressione dell'Italia meridionale più a forma di coppa, i fenomeni lungo le linee radiali non hanno tanta regolarità.

Per conoscer dunque meglio le diversità dei fenomeni nella regione italiana, ed il carattere dei fatti sopra una tale linea radiale, daremo uno sguardo a quella linea, che partendo da Vulcano all'Etna, tra Paternò e Mineo, quindi da circa NNE. a SSW. scorre attraverso l'Etna.

Avanti al terremoto calabrese del 1783 lungo questa linea si avevano avuti per qualche tempo dei movimenti.

Dopochè il monte era stato per quattordici anni in calma, nella prima metà del 1780 accaddero varie eruzioni dell'Etna; il 18 maggio si ebbero varie forti scosse locali sulla costa tra Taormina e Messina, che furono paragonate ad esplosioni; nel mese di giugno con spaventoso rumoreggiamento si svegliò Vulcano; al 14 settembre, Patti sulla costa settentrionale tra Vulcano e l'Etna fu colpita da una potente scossa; il 13 febbraio 1781 vi fu terremoto a Messina; al 4 maggio, mentre l'Etna era ancora in eruzione si ebbe una scossa da Nord a Sud, cioè da Vulcano per Patti all'Etna. Più tardi, al 5 febbraio 1783 ebbe principio il grande terremoto calabrese.

Questa stessa linea è in attività dal 1783. Sopra i fenomeni avvenuti a Vulcano abbiamo relazioni di Mercalli e di Picone; quelli dell'Etna e di tutta la Sicilia sono stati studiati a fondo da Orazio Silvestri (3).

Dal 1780 Vulcano era stato in quiete, sinchè nel luglio 1873 cominciò a emettere vapori in quantità sempre maggiore. Il 7 settembre una potente colonna di fumo si inalzava, e quindi sino al 20 ottobre si ebbero eruzioni stromboliane, ritmiche, e quattro grandi aperture si formarono nella parte settentrionale del cratere. Sino alla metà circa del 1874 Vulcano rimase in un'attività limitata.

Il 29 agosto 1874 eruttò l'Etna. Il vertice del monte verso NNE. fu aperto per 5 km. dal Cratere ellittico. Una potente colonna di fumo si alzò in aria; cenere e scorie furono eruttate; per sette ore di seguito, come dice Silvestri, si sentì quel boato caratteristico, che si ascolta quando la lava si inalza. Ma inaspettatamente questi fenomeni precursori dell'eruzioni si acquietarono, e il giorno dopo, 30 agosto, questo parossismo sembrava terminato. A questo e per lungo tempo seguirono potenti terremoti al piede settentrionale della montagna.

Arriviamo ora ad una fase successiva. Questa principiò il 4 ottobre 1878 con una potente scossa a Mineo, al margine più meridionale della linea radiale. Avvennero nove scosse;

nei primi giorni di dicembre nel vulcano di fango di Paternò, che si trova in linea retta tra Mineo e la vetta dell'Etna, si ebbero eruzioni di gaz e di fango, che durarono molto tempo. Vulcano, che dal 1873 non si era ancora interamente quietato, aumentò la sua attività al 6 gennaio 1879. Al 26 maggio si avvertirono ripetute scosse al piede meridionale dell'Etna, e verso sera si videro sulla cima del monte tanto da SSW che da NNE. salire nere colonne di fumo, mentre dal cratere principale si inalzava un bianco vapore. Tutta la parte più alta del monte in direzione della linea radiale da SSW. a NNE., riaprendo con lieve piegatura a S l'antica frattura del 1874, si era aperta attraverso al cratere principale per una lunghezza di 10 km. Silvestri ha seguito tutte le particolarità dell'eruzione con un coraggio e una sagacia meravigliosi.

Fra il 6 e il 7 giugno l'eruzione poteva considerarsi come finita; accanto, al di fuori dell'area di questi fenomeni, in fondo alla montagna al suo margine orientale, in vicinanza di Val di Bove presso il mare il 1° giugno si avvertì una leggiera scossa. Mentre l'eruzione volgeva al suo termine, anche qui cessarono i movimenti, sinchè il 17 giugno una fortissima scossa sussultoria incolse questa regione all'apparenza così fuori di mano. Varie persone in aperta campagna ebbero come la coscienza di aver fatto un salto; molti villaggi furono assai danneggiati; l'asse maggiore dell'area sismica, lungo circa 7 km. era esso pure diretto a ESE. verso la vetta dell'Etna (4). Le eruzioni di Paternò aumentarono, il 13 dicembre 1879 si ebbe nuovamente una forte scossa a Mineo.

Già da allora da tali fenomeni Silvestri potè arguire, che nelle profondità terrestri dovesse esservi una frattura, che attraversava l'Etna da NNE. a SSW., e che tanto il cratere laterale settentrionale dell'Etna presso il villaggio di Mojo, quanto il cratere centrale, e i vulcani di fango di Paternò e Mineo dovessero seguire il decorso di questa linea. Da allora si sono avute nuove prove di ciò, poichè il 22 marzo 1883, più a Sud e più profondamente di prima, ma al solito da SSW. a NNE.

il monte si aprì sotto al M. Concilio per uno spazio di 5 km.; però le lave eruttate sono state in piccola quantità. L'attività e la posizione di Vulcano inducono però a considerare questa linea, come una continuazione dalla linea radiale meridionale delle Lipari.

Queste particolarità fanno riconoscere la grande diversità tra un terremoto derivato da una tensione tangenziale, come ad esempio un terremoto alpino di faglia orizzontale, e i fenomeni che si hanno lungo una frattura radiale di un'area di sprofondamento.

Nelle più recenti eruzioni del Vesuvio si poté sempre riscontrare un periodo di preparazione più o meno lungo. Silvestri fa chiaramente osservare, che all'Etna nelle ultime grandi eruzioni si è sempre avuto, come preparazione, un periodo più o meno lungo di attività stromboliana, o ritmica. Questo mostra che non si tratta qui di movimenti di masse di roccia l'una contro l'altra, ma della riapertura periodica e lenta di canali, i quali si trovano sulle linee di frattura.

In altri vulcani però si sono osservati casi di una eruzione più lenta di grosse colate di lava, e come notevole esempio di ciò Dutton ci ha descritto il Mauna-Loa. L'eruzioni di lava accadono qui ad un tratto lungo fessure radiali; il torrente fuso si innalza prima a notevole altezza, e quindi scorre via; una delle tre colate del 1881-82 raggiunse 80 km. di lunghezza, ma nessun terremoto, nessuna potente scossa del monte, nessuna eruzione di nubi di vapore, nessun cono di cenere come al Kilauea accompagnò il fenomeno. Se quindi dovremo restare nell'opinione, che dislocazioni siano sempre accompagnate da terremoti, per l'eruzioni non è questo il caso. Un confronto però tra le descrizioni di Silvestri, specialmente rispetto al modo di comportarsi dei vulcani di fango di Paternò, con quelli di Dutton conferma l'idea, che il rumoreggiamento dell'eruzione, la polverizzazione delle rocce, e anche alcune scosse siano da attribuirsi in modo speciale al vapor acqueo.

Di un'importanza eccezionale però mi sembrano quelle scosse

che avvengono dopo l'eruzione, per lo più fuori di mano, come quelle che al piede orientale dell'Etna nel giugno 1879 seguirono un'eruzione interrotta.

Sopra una lunga linea, da Vulcano a Mineo, si muovono le scosse; solo in un punto, sui fianchi dell'Etna, al di sopra di Vulcano e delle altre aree di scossa, viene al giorno la lava, e avvengono esplosioni. Ma giù nel basso, al piede del monte si avvertono scosse, appena terminate l'esplosioni. Tutti i terremoti su questa lunga linea possono considerarsi come prodromi dell'eruzione; per tali scosse non può aver valore quella idea.

Si conosce anche un altro gruppo di terremoti spesso molto forti, e talvolta localmente ben delimitati, che ora provengono dalla vicinanza di vulcani attivi, come quello di Ali presso Taormina del 18 maggio 1870, o quello di Casamicciola a Ischia, del 4 marzo 1881; ora da vulcani da poco estinti, come molti dei Monti Albani o del Vulture; ora da antichi centri eruttivi come quello di Kaiserstuhl nel Breisgau del 21 maggio 1882; questi hanno una quantità di segni caratteristici in comune, e dei quali non saprei veramente dire se debbano esser chiamati terremoti di esplosione, o di sprofondamento, o che so io. Osservazioni più estese ci diranno che cosa dobbiamo pensarne.

Già da avanti fu cercato di ritrovare la serie della denudazione dei vulcani. Dai più recenti con di cenere dell'attualità siamo giunti a quelli in cui si scorge l'interna impalcatura (Venda, Isole Ponza), e in cui forse già sono riconoscibili tracce di intrusioni acide laterali (Venda), che ci conducono a un confronto colle grosse laccoliti americane (Henry Mountains etc.). Là dove la erosione era più progredita, all'interno delle colate a volta si mostravano rocce di tipo antico (sienite, diorite quarzifica, granito) nel profondo del cratere (Isole Ebridi, Tirolo meridionale); ma poi sparirono le colate, la sezione dei centri eruttivi si allungò, e la linea della frattura vulcanica tendeva sempre più a riunirsi (Banato).

Questa fase si può confrontare coi fenomeni osservati da Silvestri, sulla grande frattura che traversa l'Etna.

Continuando l'erosione del mantello esterno del pianeta si vedono le allungate cicatrici, e quei grandi pani granitici o sienitici, intrusi nelle rocce stratificate, che hanno metamorfosato le rocce sovrastanti, e siamo così condotti sulle tracce di una serie di fenomeni abissali. In tali fenomeni la mancanza di una componente radiale nelle dislocazioni delle nostre montagne sembra essere in una qualche relazione collo sprofondamento passivo di grandi masse e di estesi tavolieri in profondità immense.

Compito della seguente parte è di dare uno sguardo generale sulla struttura delle principali catene montuose della terra secondo le idee più moderne, e di vedere sino a qual punto sulla faccia della terra si manifesti la decomposizione di quelle tensioni, originate dalla contrazione della sua crosta.

NOTE AL CAPITOLO QUINTO

1. LASAULX usa il nome di « terremoti di Rélais ».

2. Non so sino a qual punto si possa andar d'accordo in ciò coll'illustre autore. (N. d. T.).

3. Vedi i numerosi lavori di ORAZIO SILVESTRI su questa eruzione. Per Vulcano consultare: MERCALLI G., Contribuzione alla geologia delle Isole Lipari, Atti d. Soc. Ital. di Sc. Nat., Milano XXII, 1879, pag. 367.

4. SILVESTRI dice: « Il movimento del suolo fu come una spinta così veemente, che la gente che era per le strade e per le campagne ebbe la coscienza di aver fatto in quel momento come un salto da terra ». — SILVESTRI, Rapporto presentato al R. Governo ecc., pag. 39.

FINE DELLA PRIMA PARTE.

INDICE



Avvertenza pag. III

Introduzione » 1

Contorni cuneiformi dei continenti. — Profondità pelagiche. — Differenze tra le due regioni pacifica ed atlantica. — Fratture. — Che cosa è una formazione geologica? — Cicli di sviluppo. — Possibilità di un uso universale della terminologia stratigrafica d'Europa. — Grandezza delle Trasgressioni. — Individualità di antiche linee litorali nella formazione orografica. — Sommario delle seguenti parti.

PARTE PRIMA

I MOVIMENTI NELL'EDIFICIO ROCCIOSO ESTERNO DELLA TERRA

CAPITOLO I.

Il Diluvio Universale » 25

Maremoti. — Due narrazioni riunite nel racconto biblico. — Berossus. — L'epopea di Izdubar. — Località. — Uso dell'asfalto. — Gli avvertimenti. — La catastrofe. — L'approdo. — Fine del fenomeno. — Recenti avvenimenti presso i fiumi dell'India orientale. — L'indo. — Il Ran of Kachh. — Il Gange e il Brahmaputra. — Cicloni. — Essenza ed estensione del Diluvio. — Classificazione dei racconti. — Berossus e l'epopea di Izdubar. — Il racconto biblico. — L'Egitto. — Il gruppo greco siriano. — L'India. — La China. — Conclusione.

CAPITOLO II.

Regioni sismiche speciali » 92

Varietà nelle ricerche in questi studi. — Le Alpi nord-orientali. — L'Italia meridionale. — L'America centrale. — Supposto sollevamento del Chili. — Spinta degli oggetti. — Movimenti in un sedimento submarino. — Valparaiso, 1822. — Conception, 1835. — Valdivia, 1837. — Un sollevamento del paese non è dimostrato.

CAPITOLO III.

Dislocazioni » 130

Decomposizione delle tensioni. — Dislocazione per movimenti tangenziali. — Piegatura. — Struttura embriicata. — Piani di faglia. — Piani di spostamento

orizzontale. — Torsione. — Dislocazione per movimenti radiali. — Sprofondamento per substrato che si sposti. — Faglie e flessure. — Reti di faglie. — Sprofondamenti circolari. — Dislocazione per movimenti radiali e tangenziali contemporanei. — Pieghe all'indietro e impigliamento. — Pieghe in avanti.

CAPITOLO IV.

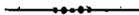
Vulcani pag. 173

Serie della denudazione. — Vesuvio e M. Nuovo. — M. Venda. — Laccoliti. — Palandokán e Dary-Dagh. — Whin Sill. — Le Ebridi. — Predazzo. — La frattura del Banato. — La cicatrice sienitica di Brünn. — Elk Mountains e Harz. — Batoliti; il granito di Drammen; i Vosgi; gli Erzgebirge. — Macule. — La serie.

CAPITOLO V.

Diversità dei movimenti » 207

Tentativi di una classificazione dei terremoti. — Terremoti di dislocazione e terremoti vulcanici. — Terremoti di faglia orizzontale. — Terremoti di faglia verticale. — Terremoti di sprofondamento. — L'Etna nel 1780, e dal 1874 al 1883. — Diversità dei terremoti vulcanici. — La serie della denudazione.



ERRATA - CORRIGE

Pag.	7	linea	21	<i>invece di:</i>	N. O.	<i>leggasi:</i>	NW.
"	77	"	11	"	Sibia	"	Libia
"	81	"	20	"	traduzioni	"	tradizioni
"	99	"	11	"	NS.	"	N.-S.
"	137	"	26	"	Aare	"	Aar
"	176	"	26	"	trasfomato	"	trasformati