

C. — A PROPOSITO DEL TERREMOTO LIGURE DEL 1887 (1).

Considerazioni di L. GATTA.

Il terremoto che il 23 febbrajo 1887 spargeva il lutto e la ruina su di una grande estensione della Riviera ligure, aveva destato ovunque una gran commozione, ed il governo ritenendo opportuno di affidare tosto uno studio diligente del terribile fenomeno ad un valente cultore della geofisica, ne incaricava il prof. Issel. La scelta non poteva cadere su di una persona più meritevole di tale distinzione, perchè conoscendo le condizioni geologiche della indicata Riviera per diligenti studi precedentemente compiuti, egli era naturalmente additato ad una così importante e delicata missione.

I nubi di polvere sollevati dal lugubre disastro avvolgevano ancor sempre la triste scena di distruzione; ancora sentivansi i lamenti dei sepolti vivi; non erano neanche asciugate le lacrime di coloro, che piangevano parenti od amici scomparsi, o la ruina delle loro case; che egli già stava camminando su quel suolo di desolazione; ed in qual modo compì l'incarico avuto, ce lo narra egli stesso nella relazione, di cui ci piace occuparci.

I. — Riconoscendo il professore Issel, che un lavoro importante come quello di cui era stato incaricato non poteva essere convenientemente intrapreso senza un'esposizione preventiva delle condizioni geologiche del terreno scosso, gli parve conveniente di far precedere la sua relazione sulle manifestazioni fisiche, che hanno colpito la riviera occidentale ligure, da alcune considerazioni sulla natura del suolo ed i varî mutamenti verificatisi; e questo lavoro rappresenta un dotto complemento della sua monografia.

Quella regione, come risulta dal diligente studio, che abbiamo sotto gli occhi, consta di rocce cristalline, gneissiformi e di graniti, mica-scisti, talcoscisti e rocce ofiolitiche appartenenti alla serie carbonifera, le quali emergono tra le valli superiori della Tinca e della Stura di Demonte, nei gruppi montuosi, che hanno per punti culminanti il Mercantour ed il Clapier, estendendosi a levante fin verso il Roja ed a mezzogiorno al crinale delle Alpi Marittime.

(1) *Il terremoto del 1887 in Liguria, appunti di ARTURO ISSEL, Roma, tipogr. nazionale, 1888, pag. 207, con 4 tavole ed una Carta.*

Le formazioni paleozoiche e secondarie, che circondano questo nucleo di rocce, spingonsi per una lunga propaggine al Golfo di Genova fra Sestri ed Albenga da un lato, ed a ponente di Ventimiglia verso la Provenza, ove scorgonsi le assise carbonifere. Quindi spuntano le secondarie nelle stratificazioni triassiche.

È pure largamente rappresentato il gruppo terziario, incominciando l'eocene in riva al mare al Capo della Mortola con assise nummulitiche riccamente fossilifere; e questa grande formazione è quasi costantemente rappresentata lungo il suo confine occidentale e settentrionale. I sedimenti, riferibili al miocene, sono scaglionati a settentrione di una ampia zona compresa fra il Vermenagna ed il litorale di Savona; e quelli del pliocene sono costituiti da tre piani non sempre nettamente distinti dai caratteri litologici e paleontologici, apparendone i sedimenti gravemente turbati nella loro posizione originaria; e dubitarsi che questa condizione, veramente eccezionale, non sia estranea alle cause, che determinarono gli scotimenti tellurici, di cui ci occupiamo.

Infine vengono i depositi quaternari formati da piccole zone o lembi, che comprendono le spiagge emerse, le alluvioni antiche o recenti, le morene, le breccie ossifere, i travertini e le dune.

Considerati dal punto di vista della tettonica, si palesa che i monti della Liguria occidentale e delle Alpi marittime sono il risultato di un corrugamento assai risentito e complicato, e di una erosione profondissima, rappresentati da numerose pieghe costituenti una serie di catene parallele con una direzione normale a quella della pressione prevalente, orientata di E.O. verso ponente, poi di N.E.-S.O. nel Savonese e di N.S. nel Genovese.

Un tale corrugamento sarebbe, secondo il prof. Issel, il risultato di un'azione ripetutasi più volte ed a lunghi intervalli di tempo, ma prodottasi principalmente dopo il deposito dei sedimenti eocenici superiori, nel qual tempo crebbe l'attività degli agenti atmosferici distruttivi, producendo una più energica erosione, per cui vennero logorati e consumati i fianchi e le vette dei monti, scoprendosi così il permiano ed il carbonifero, nonchè verso O. e N.O. le serpentine e la massa cristallina sottoposta al gneiss centrale.

Ed il numero delle pieghe, diverso tra una regione ed un'altra, dimostra la diversità della pressione laterale, che dovrebbe essere stata molto più energica a settentrione che a mezzogiorno, mentre giova additare uno sprofondamento di ben 1,450 m. verificatosi lungo la riviera occidentale in un'epoca non lontana, rappresentato da valli sommerse in continuazione delle odierne.

II. — La serie di urti sismici a cui quella regione è soggetta, può far sospettare che ivi esistano avanzi di eruzioni vulcaniche; ma diligenti perustrazioni eseguite dal prof. Issel assicurano, che nelle Provincie di Genova e di Porto Maurizio non se ne conoscono. Invece fra le Alpi marittime, nella Provincia di Cuneo e precisamente al Pizzo di Ormea e a Carmine affiora un porfido rosso classificato fra quelle rocce, e presso Monaco avvertesi una massa di trachite plagioclastica o andesite, probabilmente connessa colle emersioni trachitiche della prossima Valle del Varo. La massa trachitica di Capo d'Aglio a ponente di Monaco ha una potenza di una diecina di metri, e sembra immersa verso levante, con un' inclinazione di 20 gradi. Alla periferia del piccolo capo, il mare copre la base del deposito vulcanico, che sembra estendersi sott' acqua verso ponente, ed il conglomerato trachitico vedesi riposare sopra una dolomia biancastra giurassica.

A ponente del Capo d' Aglio la formazione vulcanica estendesi fino al Capo Mola, altra piccola punta del litorale, ed alla base del Capo Martin, sulla costa orientale, osservasi un secondo affioramento più piccolo.

Dalla posizione e dalla natura dei detti due lembi, dalla configurazione della costa e del fondo marino, e dalla grossezza dei massi vulcanici, il prof. Issel argomenta che il cratere d' eruzione dei materiali vulcanici sarebbe in un punto ora sommerso, situato a 5-6 chilometri dal Capo d' Aglio, giacchè quando fosse stato più vicino, i prodotti delle eruzioni si vedrebbero lungo il litorale in maggior copia, e si troverebbero residui più addentro nell' interno.

Sono pure rocce vulcaniche ad occidente di Nizza, nella penisola di Antibio, e nell' interno fino a più chilometri dal mare.

Questi avanzi insegnano, che il vulcanismo avrebbe già avuto un' azione piuttosto attiva, coprendo colle trachiti a N. di Biot l' eocene, sollevando ad E. e metamorfosizzando una formazione fossilifera postpliocenica, spostando inoltre a Villeneuve un banco della stessa età per l' azione eruttiva della trachite. Gli affioramenti trachitici quivi disposti in un semicircolo col centro in mare, lasciano supporre che rappresentino il residuo di un vasto cratere.

• Il prof. Issel nota ancora la presenza di serpentino in massi enormi, adagiati fra strati di rocce sedimentarie più o meno antiche, che giudica di origine eruttiva, vista l' ingente quantità di magnesio che contiene, giacchè nessuna roccia superficiale magnesiaca avrebbe potuto somministrarne in tal copia ad una roccia di sedimento, così troncando una questione molto discussa.

Da alcuni, sono altresì additati come sede di attività vulcanica mal sopita alcuni monti della Riviera di Ponente, ma tanto il Monte Nero di Bòrdighiera, quanto il Monte Negro nei pressi di Porto Maurizio, non presentano fatti apparenti, che scientificamente si possano attribuire a fenomeni di vulcanismo.

III. — Non è neppur da dubitarsi, che i corrugamenti menzionati della superficie del suolo, non siasi succeduti senza l'accompagnamento di una serie di oscillazioni del suolo di una non indifferente ampiezza. I recenti e numerosi scandagli operati nel Mediterraneo dal capitano Maguaghi, comandante il « Washington », insegnano che le linee isobatometriche non corrono parallele alla costa, ma, la si avvicinano da levante a ponente, e massime di contro alla riviera occidentale presentano sinuosità risentite verso il litorale, che per la posizione e la direzione corrispondono al prolungamento dei corsi d'acqua della costa. Inoltre, le quote di profondità segnano in alcuni punti salti rapidi che accennano a terrazzi sommersi, come gli scandagli additano altresì in fondo al mare piani coperti di ghiaja e sabbia, che denotano una depressione recente.

Difatti certe oscillazioni del suolo avvenute lungo la riviera ligure sarebbero relativamente recenti, secondo il prof. Issel, rimontando soltanto alla fine del pliocene per arrivare ai tempi attuali; mentre invece il prof. Taramelli opinerebbe, che l'intera oscillazione della riviera ligure, per la quale furono scavate le valli, che s'inabissano poi nel Mediterraneo, sarebbe compiuta tutta entro i tempi quaternari. Ora diremo che la regione esposta dall'Issel intorno a moti che avvengono con tanta lentezza, ci sembrano così evidenti da far prevalere le sue idee.

Inoltre, in vari luoghi della Liguria riconosconsi pure mutamenti recenti nei rapporti altimetrici del mare e della terra, i quali possono dipendere da oscillazioni lente del suolo, oppure, come da alcuno si vorrebbe, da probabili mutamenti del livello del mare. Per cui, avvenendo oscillazioni del suolo, queste sono accompagnate da movimenti nella superficie terrestre, e la differenza di livello verificata dai tempi neolitici in poi, risulta da osservazioni diligenti della quantità di almeno 5 metri, mentre una tale opinione è altresì corroborata dalla scoperta fatta nella Liguria di scheletri umani e di oggetti lavorati con residui di pasti, non più antichi dei primordi del dominio romano, trovati entro un cunicolo che protendesi a S.-O. di una grotta nel litorale di Bergeggi. Giacchè non pare presumibile, che questo cunicolo dal suolo pianeggiante posto a soli 3 metri sul mare, fosse stato adibito all'uso di tomba quando non fosse stato più elevato, trovandosi in tempo di mareggiate

sottoposto a sommersioni marine. Quindi l'avvallamento del suolo ha dovuto verificarsi, almeno in parte, dopo una tale epoca storica.

Ed anche in altri punti della Liguria osservansi tracce di sommersione recente di parecchi metri, come presso Monaco, ove vedonsi sotto acqua le mura delle così dette saline ancora emerse pochi anni or sono, ed a Diano Marina la spiaggia retrocede rapidamente per un mutamento del piano della terra, ivi osservandosi sommersi ruderi di fabbricati che erano all'asciutto 40 o 50 anni fa, mentre dagli anziani affermarsi, che di loro memoria, giungeva loro appena alla cintura l'acqua alla estremità della gettata, ove ora è profonda metri $2 \frac{1}{2}$. Anzi a Diano Marina praticandosi fondazioni nel suolo, trovaronsi a certe profondità fondamenti di edifici preesistenti, e scavando un pozzo si scoprì una specie di lastricato, che il prof. Issel suppone appartenesse all'antica via Aurelia. Presso Oneglia pure sono stati ravvisati segni di abbassamento in fondamenta di case antiche poste sotto il livello attuale del mare, e l'avanzamento del mare, che si osserva ad Albenga, a Finale, Varazze, Cogoleto e fino alla Riviera di Levante, non può attribuirsi che ad un abbassamento del suolo.

IV. — Le considerazioni svolte sullo stato della riviera occidentale ligure, relative ai sollevamenti ed agli abbassamenti che sonosi alternati in tempi recenti ed ai fenomeni vulcanici avveratisi, che risalgono ad un'epoca lontana, rendono manifesto che quel suolo è particolarmente atto ad essere scosso per l'azione di spinte sotterranee, in conseguenza dello stato di frattura e di slegamento della massa superiore della crosta terrestre; e con quale danno sia suscettibile di muoversi, lo sanno gli abitanti di Diano Marina, di Bajardo, Bussano, Oneglia, Alassio, Finalmarina, Magliolo e Noli.

È noto, che questo terremoto fu preceduto da lievi scosse sentite il giorno precedente a San Remo, Torino e Domodossola, mentre da più giorni il sismodinamografo del prof. Galli in Velletri accusava lievi scossette in numero sempre più crescente. Qualche ora prima del terremoto ligure la Vedetta del Monte Baldo nel veronese, dalle viscere del quale odonsi per così dire ripercossi i boati dell'Etna e del Vesuvio lontani, allorquando minaccia qualche fenomeno eruttivo, emetteva un fortissimo rombo, a detta del prof. Goiran, che intorno ai fenomeni di quella regione ha divulgato fatti curiosissimi; le agitazioni microsismiche furono massime in Roma e Rocca di Papa, secondo il prof. De Rossi; tremò l'Etna il 19 ed il 20; nel Veneto osservaronsi trepidazioni tra il 22 ed il 23; ed il 23 mattina alle ore 6, una scossa era sentita nel Gargano. Ora appare evidente, che in un paese come il nostro, ove le manifestazioni

vulcano-sismiche sono così collegate fra loro, questi moti hanno dovuto avere un legame reciproco, e ciò esprimiamo contrariamente all'opinione emessa dall'egregio prof. Issel, il quale scrive, che essendo frequenti in Italia le piccole commozioni del suolo, non sembragli ammissibile una connessione ben manifesta tra quelle accennate ed il terremoto ligustico.

Ed un presagio di qualche avvenimento insolito dovettero riconoscerlo coloro, che visitando la caverna di Varzi (sopra Loano) sentirono subito odore di solfo da averne tolto il respiro.

Il fenomeno dovuto all'azione di una potentissima spinta endogena, fu qui pure come sempre preceduto da un rombo, d'intensità rapidamente crescente, che cessava mentre incominciava il tremito del suolo. ~~En questo rombo anche qui si presentò colle manifestazioni state altre volte verificate, ossia con un soffio potente, talchè da alcuni si credette che si levasse un vento impetuoso; poi seguì il frastuono come di un treno pesante che corre sulla via ferrata, tanto che a Ventimiglia vi furono credette fosse sviato dalle rotaje, entro la galleria che sbocca nella Valle del Roja, il treno diretto, proveniente dalla Francia.~~

E poi venne la prima scossa, scossa terribile, funerea, che produsse la morte, la desolazione e la ruina a tante famiglie.

Ed in siffatto momento rinnovaronsi fenomeni curiosi e fisicamente interessanti già osservati altrove, giacchè narrasi che da Cercale, come scrive il prof. Issel, sarebbe stata vista una colonna di fuoco cinereo correre in distanza sul mare diretto verso Diano Marina; una nebbia ~~in basso alla quale~~ scorgeransi come lievi bagliori, sarebbe stata vista ~~in fondo al mare a Savona;~~ sulla pendice di un monte sopra Cairo Montenotte sarebbe stato avvertito nel momento della prima scossa un lampo con una vampa di caldo, che altri avrebbero pure sentita a Porto Maurizio. Anche ad Albissola Marina fu veduto il lampo, che anticipò di pochi secondi la prima scossa, sembrando procedere dal Capo di Noli verso l'Ermetta, e tanto dovette essere intenso, che al sacrestano della cattedrale parve un istante che il tempio fosse tutto in fiamme. A Savona sarebbe stato veduto splendere sulla croce che sormonta il campanile della cattedrale, ed a Giustenice sarebbe apparso al parroco, qualche momento prima del fenomeno, un vivo bagliore.

Ed anche il fanalista di Vado avrebbe visto verso ponente un lampo o bagliore, nel momento del terremoto o poco prima, e questo fenomeno non può revocarsi in dubbio, scrive l'Issel, mentre dubita alquanto della comparsa della nebbia o del fumo.

Ma se avesse avuto agio di occuparsi con maggior cura dello studio dei fenomeni sismici, per i quali si può dire già esiste una bi-

biblioteca voluminosa di libri, opuscoli e monografie, egli avrebbe trovati già accennati da altri gli stessi fenomeni, ed in special modo all'epoca dei dolorosi terremoti di Sicilia e delle Calabrie del secolo scorso e di quello non meno disastroso di Melfi, nonchè a Forio in quello dell'Isola d'Ischia. Ed avrebbe indagato se questi fenomeni sono dovuti all'elettricità, come pare probabile; ad elettricità derivante o dall'azione di spinta dei vapori o dal distacco rapido, istantaneo di pareti rocciose combacianti fra loro, come esperimenti praticati in gabinetti di fisica danno a dividere, secondo quanto già altrove da noi è stato espresso.

V. — Il primo senso dell'urto, come risulta dalla maggior parte delle testimonianze, sarebbe manifestato con una lieve vibrazione che crescendo si convertì in un moto ondulatorio, e si mutò ancora a sua volta in un sussulto irregolare che cessò quindi affievolendosi. Inoltre in questo fenomeno furono generalimente ravvisate due o tre fasi di rinforzo, mentre pochi soltanto percepirono una differenza sensibile tra il movimento ondulatorio ed il successivo sussultorio. La durata di questa scossa fu stimata diversamente nelle diverse località e dai diversi Osservatori, variando tra i 20 ed i 40 secondi, come ne è pure diversamente segnata la direzione; ma in generale prevale quella di S.-O. — N.-E., e non manca quella di N.-O. — S.-E., che rappresenterebbe la linea ortogonale, giacchè, ad ogni scossa nascono come è noto due moti, uno longitudinale e l'altro trasversale; ed il secondo movimento, che segue quasi istantaneamente, è ad angolo retto col primo.

Ma un punto di molto rilievo per l'analisi del fenomeno, che risulta dalla massima parte delle osservazioni, è che in Riviera, da Mentone a Genova, l'impulso più potente parve provenire da ponente. E questa scossa gagliardissima per la Riviera occidentale non fu sola; una seconda meno vivace della prima colpì la terra dopo 10 minuti; poi ne successe una terza poco prima delle 9 ore, più forte di quest'ultima, tuttavia meno della prima; e quindi per tutto quel giorno, la violenza delle forze della natura si quietò. Ne succedettero nei giorni seguenti a larghi ed irregolari intervalli, e quantunque alcuna lasciasse temere nuove lugubri sorprese, pur tuttavia non si aggiunsero più freschi danni alle prime ruine.

Come sempre succede, l'urto patito in terra fu sentito in mare da navi con tanta violenza, che a bordo parve si schiantassero gli alberi, oppure la nave avesse toccato il fondo, mentre il mare vedevasi farsi mosso e calmo a brevi intervalli, udendosi da qualche equipaggio come un frastuono di cannonate in lontananza; alcune invece soffrirono deviazioni per qualche forte corrente nel Mediterraneo, come ne

fu osservata una da S. a N.; ed a San Remo un piccolo veliero, ancorato nel porto, ruppe gli ormeggi.

E ne sentirono l'urto anche i pesci di alto fondo, perchè dopo la catastrofe ne furono presi molti lungo il lido di Nizza o morti o semi-morti, ed in questo fatto, come ne conviene pure il prof. Issel, bisogna annettere una grande importanza, valendo ad attestare che la commozione tellurica fu nel fondo marino straordinariamente intensa altresi laddove esistono quote di 1,000 e 2,000 m., che costituiscono la stazione abituale di molte fra le specie raccolte.

L'urto patito dal fondo dell'alto mare produsse forti oscillazioni nel livello dell'acqua lungo le spiagge, cosicchè il mare si ritirò subito dopo la prima scossa per un tratto variabile di 10 a 30 metri, scoprendo alcuni scogli abitualmente immersi; ma trascorsi pochi minuti risalì per brevissimo tempo invadendo un tratto di spiaggia. A Genova, la prima scossa è indicata dal mareografo nella curva tracciata da un punto fortemente calcato, che accenna una pressione insolita, eccitata dallo stilo sulla carta in movimento, destinata a ricevere l'impronta; poi succedettero segni, che rappresentano l'immagine di altre ondulazioni alquanto forti, nelle ore in cui le scosse si rinnovarono sulla terra ferma, e dopo ognuna di queste l'acqua si ritirò per invadere la terra.

Ma il mare non si elevò così come in Calabria nella dolorosa catastrofe del 5 febbrajo 1783; nè come al Callao, ove nel 1856 le onde elevaronsi di ben 27 m. sul livello ordinario; nè come in quella del 9 maggio 1877, in cui il suolo della città di Arica fu così spianato, che non ne rimase traccia, venendo persino ingoiate dal mare le locomotive, giacchè per ben sette volte si slanciò con cavalloni spaventevoli contro la riva a compiere l'immane distruzione.

Non pare che nelle gallerie, relativamente vicine, siano stati proporzionatamente sentiti gli effetti del terremoto, non essendo dalle persone interrogate sentite scosse oppure soltanto in un modo leggerissimo. Ora questo fatto concorda con quanto già è noto intorno all'azione dei fenomeni sismici nell'interno delle gallerie.

Ed è inoltre da notarsi la circostanza, che non una delle molte gallerie attraversate dalla strada ferrata fra Genova e Nizza scavate entro i gneiss, gli scisti, i serpentini, i calcari di varî tempi, non soffersero il più piccolo danno all'interno, mentre all'imbocco di una di queste caddero pezzi di cemento e si scostarono alcune pietre. Invece gli spostamenti provocati dalla scossa entro o sopra gli edifizi furono importantissimi, come nel gabinetto di geologia e mineralogia di Genova, ove

una bilancia si mosse così da provare l'azione di una viva impulsione da S.-E. a N.-O.

Ad Albissola, fu piegata verso ponente una croce collocata nella cappella; e di contro alla villa Ponzzone, due vasi marmorei sormontanti due pilastri quadrangolari, che sostengono il cancello, subirono un movimento di rotazione.

E qui, a proposito dei movimenti di rotazione, che si osservano in conseguenza di terremoti, parmi opportuno citare un'opinione del professore Galli di Velletri, che in una sua recente pubblicazione (1) intorno alle forme vibratorie dei moti sismici scrive sembrargli « che le vibrazioni sismiche, trasversali alla linea di propagazione, spieghino completamente anche questo fatto degli spostamenti laterali o angolari in tutti i casi finora osservati. Infatti, sia quale si voglia la velocità con che si propaga pel suolo il moto vibratorio di una scossa, è certo che secondo la direzione del moto stesso rispetto alla sezione orizzontale del pilastro o della piramide, la faccia anteriore vibrerà un istante prima della faccia posteriore, oppure lo spigolo anteriore un istante prima del posteriore. Quindi se gli strati orizzontali del solido sono sconnessi o debolmente collegati, al primo giungere dell'onda sismica il lato o l'angolo della prima divisione sopra la base verrà un pochino sollevato, sicchè il peso di tutta la massa soprastante premerà più fortemente sul lato o sull'angolo posteriore della base medesima. Allora il lato o l'angolo posteriore diverrà un nodo di vibrazione, e continuando il moto vibratorio del suolo e propagandosi dagli strati più bassi ai più alti del pilastro o della piramide, i lati o gli angoli anteriori di tutte le sezioni orizzontali si apriranno un poco come i fogli d'un libro, mentre i lati e gli angoli posteriori premeranno sempre più gli uni sugli altri: ed è chiaro che gli strati più alti, perchè meno resistenti, si apriranno in avanti meglio che i più bassi.

« Ciò posto, se la fronte dell'onda sismica giunge parallela ad un lato delle sezioni orizzontali, vale a dire se il raggio dell'onda è normale ad una faccia del pilastro, tutti gli strati tenderanno a scorrere verso la faccia opposta, ma in effetto ne scorrerà una parte più o meno grande, o anche uno solo, secondo l'ampiezza delle vibrazioni, il peso dei massi, l'estensione e la levigatezza delle superficie, che sono a contatto. Questo caso è piuttosto raro, perchè richiede una condizione di simmetria difficile a verificarsi perfettamente. Se ne ebbe un bell'esempio nel grande terremoto della Riviera ligure, dove a Diano Marina nel

(1) Prof. IGNAZIO GALLI. *Sulla forma vibratoria del moto sismico*, pag. 79. Roma, Tipografia della Pace, di Filippo Cuggiani, 1888.

cortile di un' officina varî parallelepipedi di rotaje s' inclinarono nella direzione della scossa, prendendo la forma d'un frammento di vòlta cilindrica.

« Ma se il raggio dell'onda sismica arriva obliquamente, allora le prime vibrazioni si hanno nell'angolo volto verso il centro del moto: e secondo la varia obliquità dei raggi rispetto ai lati di quell'angolo, vibrerà più fortemente il lato, su cui l'obliquità è minore. La differenza dinamica delle vibrazioni crescerà coll'altezza del pilastro, cioè colla diminuzione della resistenza; e gli strati liberi, che non hanno altro punto d'appoggio veramente saldo se non quello che coincide collo spigolo opposto e più lontano dal centro del moto, tenderanno a girare tutti dalla medesima parte, perchè in tutti da una medesima parte opera il movimento della gravità. Anche in questo caso il masso più alto, che è il più libero, riceverà uno spostamento angolare massimo, il penultimo uno spostamento minore, e così di seguito, di maniera che il pilastro o tutto o in parte resterà girato come se avesse avuto una torsione. Una tale apparenza di torsione è l'effetto più comune, ed è quello che ha dato occasione alla opinione empirica delle scosse vorticosi, i sostenitori della quale non hanno mai badato al fatto costante e senza eccezione di sorta, che cioè la torsione massima non è in basso, ma sempre in alto ».

E qui il prof. Galli cita esperimenti da lui eseguiti, mercè i quali è facile interpretare lo spostamento laterale o angolare dei solidi sovrapposti, deducendolo dalla forza viva delle vibrazioni sismiche combinata coll'azione della gravità.

Ritornando all'esposizione dei fenomeni stati avvertiti nel lugubre disastro, aggiungiamo col prof. Issel, che non mancano i fenomeni di proiezione, accennando egli, fra gli altri, un grosso pezzo di parapetto sbalzato dal tetto di una casa in Oneglia su di un altro tetto, attraverso una via larga m. 1.50, come ci ricordiamo avvenne a Forio nel terribile terremoto ischiano, che una ragazza ventenne fu ad un tratto, senza sapersi spiegare come, sbalzata dal terrazzo di una casa a quello di un'altra prospiciente oltre la strada, come essa stessa ce lo raccontava pochi giorni dopo. Ora il movimento sussultorio così dimostrato, spiega la causa della ruina di tante case.

Giacchè i danni furono veramente ingenti. Ne patì Nizza, ma non molto gravi; fu invece flagellata con straordinaria violenza la città di Mentone, che soffrì guasti paragonabili a quelli di Alassio. Ventimiglia ebbe le mura spaccate a molte case, fra le quali una recentissima e di bella apparenza ebbe tutta a fessure la facciata rivolta a N.-N.-O., mentre

le pareti perpendicolari alla facciata stessa non lasciano scorgere che lievi screpolature. Pati Bordighera meno di Ventimiglia e molto meno di Mentone, ma ebbe case colle mura screpolate o fesse, e nel teatro furono lese da due sistemi di fessure le pareti volte a S.-E. e a N.-O., le prime più delle seconde. A San Remo furono gravemente danneggiate molte fabbriche della città vecchia, forse perchè più in pericolo delle altre per la loro vetustà, e perchè fondate sui fianchi di una ripida collina. Ivi i muri che più soffrirono, furono quelli diretti N.-S., N.-O. e S.-E.. Sono pure spaccati trasversalmente sotto la cupola i due campanili del Santuario della Madonna della Costa, appearing un po' spostato verso levante la parte superiore di quello dei due, situato all'angolo orientale dell'edificio.

Bajardo, Porto Maurizio, Oneglia, furono diversamente flagellati: ma l'urto fu terribile sopra tutto a Diano Marina, ove la catastrofe trova solo riscontro nei memorabili disastri di Lisbona, delle Calabrie e di Casamicciola. Giacchè la prima scossa fece diroccare d'un tratto con orribile fragore e in mezzo a denso polverio buon numero di case situate quasi tutte nella parte media e occidentale del paese lungo la marina, seppellendo fra i rottami molti de' suoi abitanti, che in quell'ora ed in quella fredda stagione stavano ancora fra le coltri. E dalle macerie se ne trassero molti ancor vivi, ma stranamente malconci od appena palpitanti; ma molti già erano morti.

È da notarsi che in Diano, salvo due o tre eccezioni, le mura maestre rimasero in piedi; ma i solai dei piani superiori precipitarono sui sottoposti ruinando tutto l'interno del fabbricato. Le poche case rimaste in piedi presentavano quasi tutte spaccature verticali sopra e sotto le linee, che limitano i vani delle porte e finestre; essendo queste fessure sempre più spiccate in corrispondenza degli angoli e dei piani superiori.

In tesi generale, ebbero maggior danno le facciate delle case dirette a N.-S., di quelle poste normalmente, e la ruina colpì tanto le casupole sdruscite e mal connesse, quanto i casini di villeggiatura ed i palazzi fabbricati a regola d'arte. Inoltre, come a Savona, soffrirono principalmente i fabbricati aventi le fondamenta poggiate sul terreno alluvionale, e meno quelli che sorgevano dalla formazione pliocenica ridotta a tenue potenza e rappresentata da argille e marne: ma anche qui rimasero vittime sotto le macerie. Ove poi il terremoto fu disastroso, venendo sfasciate parecchie case, è ad Albissola Marina, essendo ivi il villaggio fondato sopra un letto d'alluvione recente, sottile, ed in parte sull'argilla pliocenica; e di qui a Genova esso lasciò ovunque dolorose tracce.

Ci vieta lo spazio di addentrarci maggiormente nei varî particolari, che hanno segnato d'un doloroso ricordo il funesto giorno, e di ripetere il nome di tutti i luoghi, che hanno sofferto dalla pronta commozione del suolo: basti il dire, che il danno fu valutato a 15 milioni e mezzo di lire, ripartiti in 141 Comuni, il numero dei morti salì a 635 ed i feriti sommarono a 555.

VI. — L'esame del luogo, da cui si irradiarono le scosse sismiche, ha sempre sommamente interessato i cultori della sismologia; ed il prof. Issel vi pose accurato studio. Onde egli osserva, che essendosi la prima scossa forte sentita prima a Mentone, poi successivamente a levante e a ponente, ma più a ponente, ha ragione di dedurre, che la forza impellente ~~che si~~ propagata lungo la Riviera da un centro, ma bensì da un asse ~~essenzialmente~~ lineare. Quindi egli suppone, che la sua lunghezza sia equivalente alla distanza compresa fra i due punti estremi più intensamente colpiti, rigettando poi la supposizione che passi entro terra lontano dal mare, mentre giudica che sia tutto compreso entro il fondo marino.

Ora, quest' ultima supposizione che l'asse sismico si trovi entro il mare, è veramente la sola che ci pare possa essere accettata, mentre sembra discutibile quella, che la sua lunghezza sia equivalente allo spazio lineare dei maggiori danni, poichè lo scotimento vibrato e potente si è evidentemente esteso assai oltre l'asse sismico.

Noi sappiamo, stando a quanto riferisce il prof. Issel, che anche ~~la scossa~~ provò scosse gagliarde, ed in specie la parte N.-O., che è ~~spinta~~ volta al continente; ma esse non furono tali da danneggiare fabbricati, mentre i danni più gravi apparvero sulla costa occidentale del genovesato: inoltre in mare furono sentiti fortissimi sussulti da alcuni bastimenti, che in quel mattino navigavano nelle acque liguri, mentre sulla spiaggia furono rigettati molti pesci soliti a vivere a profondità non minore di un migliajo di metri; onde si può con molta sicurezza congetturare, che il focolare della scossa va effettivamente cercato in mare, fra il continente e la Corsica. Quando poi si esamina la questione più minutamente, si arriva alla conclusione, che la scossa dovrebbe essere partita da una frattura della crosta terrestre situata al fondo di una valle marina, diretta secondo l'andamento della costa, costituita da una delle tante pieghe, che sonosi formate col raffreddamento dell'involucro terrestre e nelle successive modificazioni avvenute. Quindi nell'operare una serie di scandagli ad una certa distanza dalla costa, minore dal continente italiano che dalla Corsica, è indubitato che s'ha da trovare un avvallamento, il quale rappresenta la linea o la frattura, da cui si irradiò la potente scossa.

Il P. Bertelli in una sua recente monografia (1) espone, non sembrargli « che dall'urto sottomarino e dall'area dei disastri maggiori avvenuti possa riconoscersi con sicurezza l'*epicentro* di una vera ed unica sede *endodinamica* per tutti i luoghi, ove si ebbe la manifestazione *sismica* esteriore nel 23 febbrajo..... Molte delle scosse consecutive benchè deboli, presentando pur esse questa direzione prevalente S.-O.-N.-E., non potrebbe questa così facilmente spiegarsi come effetto di un moto riflesso dalla Catena delle Alpi marittime e proveniente pur esso dapprima dalla medesima origine sottomarina ». Quindi il Bertelli esprime l'avviso, che in questo periodo sismico e dal suo esordire abbiasi da ammettere la coesistenza di due zone, almeno, di attività endodinamica irraggiata forse da più punti allineati lungo i due sistemi, alpino (marino continentale) ed appennino. Tuttavia egli ammette purè che « lungo la prossima piega sinclinale sottomarina — che presenta ben 2,000 metri di profondità e si estende a poca distanza parallelamente al lido da N.-E. a S.-O. fra Noli e Ventimiglia — abbia avuto luogo una linea di *massimo dinamico* derivato da un *minimo di resistenza* relativa ivi esistente, e ciò per causa forse di qualche frattura ed insieme di un accumulo speciale di gas interclusi, e di un'infiltrazione acqua più copiosa ».

Ora, queste sagge considerazioni di una persona, che ha fatto studi diligenti intorno alle commozioni del suolo, meritano un serio esame.

Ma questa linea non può rigorosamente considerarsi come epicentro, cioè che la medesima insista verticalmente al disopra dell'area primitiva o di altra intermedia esistente nel suolo perchè, come scrive lo stesso P. Bertelli (2), è molto probabile che anche nelle profondità, oltre ad una o più aree coesistenti di scuotimento primitivo, se ne formino pure altre interposte, e ciò per effetto di interferenza sommatoria. Giacchè secondo la diversa facoltà trasmissiva ed elastica delle sue parti, e la varia giacitura del loro piano di separazione, debbono necessariamente conseguire variazioni di direzione e di velocità, fenomeni di rifrazione, di riflessione, varie risoluzioni e ricomposizioni successive di moto, nonchè fenomeni molteplici di interferenza, e ciò tanto alla superficie del suolo che nelle profondità.

(1) P. TIM. BERTELLI. — *Osservazioni fatte in occasione di una escursione sulla Riviera ligure di ponente dopo i terremoti ivi seguiti nell'anno 1887*. Torino, 1888.

(2) P. TIM. BERTELLI. — *Discorsi pronunciati alle adunanze della sessione sismologica della Società geologica di Savona*. Settembre 1887. — Estratto dal « Bollettino della Società Geologica Italiana ».

Così la commozione del suolo sarebbesi propagata con onde parallele all'andamento della valle, confermando questo fatto quanto il De Rossi ha da molti anni espresso, che il terremoto si produce nella pluralità dei casi lungo una frattura preesistente. Anche il prof. Issel concorda in massima con questa idea, e per alcune sue ragioni giudica ragionevole supporre, che le fratture che avrebbero sentito gli effetti del terremoto ligure, penetrano almeno fino alla zona del gneiss centrale, pur non ritenendo improbabile un'origine più profonda.

VII. — Qui presentasi allora alla nostra mente la domanda, a quale profondità sarebbesi generato l'impulso sismico; ed il prof. Issel, menzionando le considerazioni fatte dal P. Bertelli intorno ai metodi immaginati da Mallet per determinare le profondità dell'impulsione sismica, basati sul valore angolare degli spacchi prodotti in muri omogenei, li crede fallaci; come non giudica seri quelli cronometrici del Seebach e del Lasaulx, fondati sull'ora d'arrivo della scossa in diversi punti, e quello del Falb, che consiste nell'apprezzamento del tempo trascorso fra il rombo sotterraneo e l'oscillazione del suolo in un dato punto. Avendo egli scritto di ritenere ragionevole la supposizione, che le fratture accennate penetrino almeno fino alla zona del gneiss centrale, ci pare che avrebbe dovuto adoperarsi per penetrare più addentro nel mistero e studiare a quanto ammonta questa profondità, ciò che a lui, conoscitore così profondo della formazione geologica della Riviera ligure, non avrebbe costato nè troppo ardua fatica da vincere, nè insormontabili difficoltà da superare.

Giacchè non è improbabile, che ivi sia stato il focolare del gran fenomeno, che dovette prepararsi lentamente da qualche tempo, in conseguenza, molto probabilmente, di uno squilibrio nelle forze generali sotterranee o di qualche spinta potente in qualche punto nascosto fra le viscere della penisola italiana, come lo provano le osservazioni del prof. Galli; il quale scriveva che parecchi giorni prima del 23 il sismodinamografo dell'Osservatorio di Velletri, accusava lievi scossette in numero sempre crescente: quelle del prof. Goiran, il quale riferì, che qualche ora prima del terremoto ligustico, dal Monte Baldo eruppe un fortissimo rombo, precedendo con manifestazioni sue proprie l'azione delle energie geodinamiche in Verona ed in altre regioni. Come altresì lo provano le osservazioni del De Rossi, che annunciò l'esistenza nei mesi di febbrajo e febbrajo, prima del 22, di un'agitazione microsismica per tutta la penisola, notando scosse parziali del Gargano, del Vulturno, dell'Etna ed a Venezia. Inoltre egli stesso riferisce, il prof. Issel, che prima del terremoto, fin dalla metà di febbrajo il livello marino,

che era alto, andò gradatamente abbassandosi, facendo nascere in molti il sospetto, che ciò fosse in conseguenza di un subitaneo sollevamento del fondo; ed aggiunge che dal complesso dei rapporti e delle considerazioni risulta ben probabile un sollevamento temporario di alcuni centimetri, subito dalle coste della Liguria occidentale ed iniziato alla fine del mese di febbrajo 1887, continuatosi nel mese successivo e poscia cessato dopo il terremoto, per dar luogo ad un altro movimento in senso inverso, che avrebbe ricondotto a poco a poco le cose alla pristina condizione. Ora, questo movimento di sollevamento temporario avvenuto nella zona ove scoppiò il terremoto, prova per l'appunto la probabile esistenza del focolare nelle vicinanze della costa ligure occidentale. Quindi ci pare che dopo quanto è avvenuto, sia molto dubbio il ritorno di essa al primitivo livello esatto, dovendosi tener conto, che le variazioni manifestatesi nella conformazione terrestre, sono il risultato di movimenti lentissimi, che si riconoscono soltanto dopo il loro accumulamento in una lunga serie d'anni.

VIII. — È assolutamente inammissibile che il terremoto ligure sia la conseguenza di un risveglio permanente di un'attività vulcanica assopita, non essendo sul continente nè su qualche isola vicina apparso alcuno dei fenomeni caratteristici dell'azione vulcanica e di una manifestazione eruttiva; come riconosciamo, al pari dell'Issel, che questo terremoto ligure non abbia da iscriversi fra i perimetrici. Giacchè la coincidenza dei moti segnati a Velletri, Rocca di Papa e Roma; i terremoti della Sicilia, che propagaronsi oltre i confini politici occidentali dell'Italia, denotano che da qualche tempo manifestavasi uno squilibrio delle forze sotterranee lungo tutta la zona peninsulare. Ma essendo riconosciuto, che tutti quanti i terremoti, che percuotono con varia violenza questa terra, sono collegati a fenomeni d'indole vulcanica; i quali fenomeni manifestansi talvolta in luoghi lontanissimi da quelli ove succede un urto terrestre, eccettuando soltanto quelli dipendenti da movimenti del suolo dovuti a sdruciolamento od all'azione delle acque; così opiniamo che questa distinzione di terremoti vulcanici, perimetrici o tellurici, che poteva essere giustificata quando avevansi imperfette cognizioni delle cause da cui sono provocati, sia oggi impropria e non corrisponda più alle cognizioni scientifiche da qualche tempo acquistate.

Lo stesso P. Bertelli inclina ad attribuire i terremoti ordinari *perimetrici* per la più parte almeno ad una forza pneumo-tecnica endogena (1).

(1) P. T. BERTELLI. *Di alcune teorie e ricerche elettro-sismiche antiche e moderne*. Roma, 1888, pag. 12.

Inoltre ci sembra ancora troppo poco studiata l'azione delle forze di attrazione lunisolare, per ripudiare la loro influenza su certe manifestazioni, che avvengono su questa terra, e mentre sono tuttora argomento di studio e di osservazione; e in un modo così assoluto, come scrive il prof. Issel, non volendo egli ammettere la probabilità, che le contingenze astronomiche possano aver contribuito al doloroso avvenimento. È vero che le deduzioni dello Schmidt e del Falb lasciano pur sempre una grande incertezza; ma giudichiamo prematuro ritenere fin d'ora ogni coincidenza come fortuita e di nessun valore.

Ed ora ci par tempo di por fine a questa già lunga esposizione dei fenomeni riferiti nella interessante monografia del prof. Issel. Egli ha provato una volta di più la sua diligenza ed il suo amore, nonchè la speciale sua attitudine a lavori relativi allo studio della crosta terrestre ed alle cause, che le imprimono movimenti parziali; e questo suo recente scritto sarà consultato con molto profitto non solo da quanti vorranno conoscere l'andamento e le conseguenze di quel disgraziato avvenimento, ma bensì ancora da chi desidera aver dati precisi sulla costituzione geologica del paese, stato colpito da tanta jattura.
