

DEL GRANITO

NELLA

FORMAZIONE SERPENTINOSA DELL'APENNINO PAVESE.

NOTA

del S. C. prof. TORQUATO TABAMELLI,

letta nell'adunanza del 31 gennajo 1878, del R. Istituto Lombardo
di Scienze e Lettere.

**Estratto dai *Rendiconti* del R. Istituto Lombardo,
Serie II, vol. XI, fasc. I e II.**

Milano, 1878.

Tip. Bernardoni.

Recenti osservazioni sullo sviluppo dei ghiacciai nel versante meridionale delle Alpi hanno fatto intravedere un limite di loro espansione molto più ampio di quanto si era usi a credere pochi anni or sono, in base agli anfiteatri morenici posti allo sbocco delle principali vallate. È facile pertanto che ad altri succeda quanto a me accadde appena mi accinsi, or sono due anni, allo studio di una porzione poco esplorata dell'Apennino. È facile, cioè, che venendo in cognizione della piuttosto frequente presenza, nelle regioni mediane dell'Apennino, di massi, talora assai grossi, di rocce granitiche, gneissiche, micaceo-granatifere, a fisionomia alpina, fatto accennato prima dallo Spallanzani (1), quindi confermato per numerose località dell'Apennino e delle Alpi, dallo Studer, dal Pareto, dal Gastaldi, dal Sismonda, dal Mantovani e dal De Stefani; è facile, dico, che la mente immagini che tali massi rappresentino le più lontane vestigia degli scomparsi ghiacciai, oppure i residui dei materiali abbandonati dai ghiacci galleggianti sulle spiagge meridionali di un golfo padano pliocenico, che in proporzioni più o meno ampie alcuni geologi tuttora sostengono avere continuato ad esistere anche dopo il pliocene. Fuvvi già chi volle intravedere piuttosto nella presenza di questo granito, reputato sempre erratico, l'indizio di un periodo glaciale miocenico. Altri infine,

(1) Nel capo XXV dell'ultimo volume dei suoi *Viaggi alle due Sicilie*, lo Spallanzani afferma di aver rinvenuto un grosso masso di granito nella valle del torrente Staffora, presso Voghera. Dice poi di averne osservati diversi frammenti, in collezioni particolari a Piacenza, che erano stati raccolti in quelle colline.

e precisamente quelli che con maggior profitto si occuparono dell'Apennino settentrionale, considerano questi massi granitici come intieramente legati colle formazioni ofiolitiche, variamente interpretate, ma che niuno può ora disconoscere che quivi sieno regolarmente alternate coi sedimenti marini dell'*Eocene superiore* o *Liguriano*, pur serbando indubbi caratteri della loro origine eruttiva.

Come ben si vede, il dilemma tra queste interpretazioni, che ricorrono a due cagioni così discoste, come lo sono i ghiacciai dai vulcani, è abbastanza interessante per abbisognare di una risposta, e se questo breve scritto non potrà darla completa, spero almeno che mi valga la soddisfazione di aver richiamato in campo una ricerca, a proposito della quale il mio egregio e ben amato predecessore e maestro, il prof. Balsamo Crivelli intratteneva, or sono molti anni, questo rispettabile consesso. Egli, infatti, nella seduta del giorno 10 maggio del 1845, molto opportunamente presentava una traduzione di una Memoria di Bernardo Studer sui *Massi erratici secondari*, e certamente in cuor suo si proponeva, in seguito, di continuarne lo studio; poichè nella raccolta di rocce dell'Apennino, da lui iniziata, esistono alcuni esemplari di granito, raccolti in parecchie località; e precisamente: ai Gerbidi di Bobbio, a Santa Margherita di Varzi e presso Castel'Arquato nel Piacentino.

Occorrerà appena che avverta come l'epiteto di *secondari*, dallo Studer attribuito a questi massi, fosse una conseguenza dell'idea invalsa prima delle pubblicazioni del Pilla e del Murchison, e quindi per parecchi anni tenacemente da parecchi ritenuta che appartenesse alla Creta quella serie potentissima di terreni arenaceo-marnosi, nello sfacelo dei quali trovansi appunto i massi in discorso; terreni che il marchese Pareto, troppo coscienzioso scienziato per non seguire i progressi degli studi prediletti e così preciso nello stabilire i rapporti delle formazioni apenniniche, ebbe il merito di dimostrare pel primo sicuramente eocenici. Indipendentemente però dalla determinazione cronologica del terreno, che comprende i massi granitici, le osservazioni del signor Studer sono, quanto si può dire, precise ed importanti. Ricorda come già il Pareto avesse indicata una giacitura abbondantissima di tali massi al monte Penna, tra Bobbio e Chiavari, e dice di averne osservati egli stesso nell'Apennino degli altri molti presso Vianino a sud di Castel'Arquato; aggiungendo di averli veduti associati a conglomerati serpentinosi ed a rocce amfiboliche, che io penso fossero quelle iperiti, oppure le eufotidi, così frequenti e spesso prevalenti alle vere serpentine nelle formazioni ofiolitiche dell'Apennino eocenico. Osserva d'altronde che quei massi granitici, oltre alla mica, contenevano dell'amfibolo, e che ricordavano assai il granito di

val Codera e del passo del Muretto, tra la val Bregaglia e le valli laterali della Valtellina. L'autore però, ad onta della coincidenza del fatto, che anche in quella porzione delle Alpi il granito è a breve distanza dai serpentini e dalle amfiboliti, esita ad affermare una perfetta analogia tra le sue rocce. Dichiarò invece che esiste *identità completa* tra le rocce di questi massi apenninici e quelli, già alla sua epoca famosi, dei contorni di Vevay e del cantone di Lucerna, e specialmente della valle di Abkeren, che si apre, verso oriente, dietro ad Unterseen. Le dimensioni di alcuni di questi massi sarebbero indubbiamente straordinarie in qualunque caso di trasporto morenico, tanto più trattandosi di roccia non affiorante nelle vicinanze. Poichè il maggiore di essi, appoggiato sopra un terrazzo di sfasciame arenaceo e granitico di fronte ad Abkeren, misura oltre 100 piedi in larghezza e lunghezza con oltre 50 piedi di altezza. Ed i minori massi sono compresi, egli dice, in un cemento arenaceo, identico al macigno micaceo, quivi alternato colle marne a fucoidi in una zona di *Flysch*, fortemente ed assai variamente inclinata. È evidente che qui trattasi di una formazione granitica infranta e dirupata, originariamente compresa nelle rocce dell'*eocene superiore*. Ad aumentare poi l'analogia coi giacimenti apenninici, il signor Studer afferma che affiora quivi presso, ove è rimosso il terreno vegetale, una roccia, che, senza essere una vera serpentina, molto vi si accosta pel colorito e per certe smaltature verdi; potendosi paragonare a quelle dioriti, che alla serpentina quasi sempre si associano e si sostituiscono. Aggiunge altresì che questa roccia si insinua con venule e nidi nel granito stesso; onde l'origine endogena di questi massi pare all'autore la più probabile, anzi l'unica che si possa ragionevolmente sostenere e chiarire.

Altra località interessantissima, dall'autore descritta, è la valle d'Ormond, a mattina di Aigle; pur essa scolpita nel terreno del Macigno. Quivi il cemento del conglomerato granitico è così scarso che la roccia si prenderebbe per massiccia, ove non si presentassero alcuni massi di gneiss e non si osservassero nella roccia felspatica quelle venule e rilegature verdastre. Rilevando la grande estensione di questo ammasso, non dubita egli di riconoscerlo come uscito dalle viscere della terra per commosioni accompagnanti un metamorfismo delle sepolte formazioni granitiche. « Queste commosioni, » egli dice, « ponno aver infranta la massa dei terreni cristallini, sopra i quali, quivi come altrove, devono riposare le montagne secondarie, e l'aumento di volume, che dovette essere necessaria conseguenza della trasformazione di una massa solida in un ammasso di frammenti e di sabbia, avrà forzato questi massi ad uscire ed a sboccare alla superficie del suolo. » Alcuno non vorrà negare grande merito di vero-

simiglianza a questo abbozzo di spiegazione, scritto trentaquattro anni or sono dall'illustre attuale presidente del Comitato geologico svizzero, quando lo stato della scienza non permetteva di formarsi una più precisa idea del metamorfismo che poteva subire il granito, e delle condizioni in cui potevano espandersi, sul fondo del mare, i prodotti di tale metamorfismo.

Nè meno importante è l'altro giacimento di massi erratici granitici *in terreno eocenico*, che l'autore stesso descrive a sud di Sonthofen, a Bolgen, in Baviera; ove il granito, assai micaceo ed a struttura gneissica, forma dei cumuli di 15 a 20 piedi di altezza, spesso costituiti da un solo masso, circondato da altri minori, più o meno tondeggianti. I signori Sedwich e Murchison avevano considerato questa giacitura come un affioramento di roccia primitiva; ma il sig. Studer ed il signor Escher, associandosi all'opinione parecchi anni addietro emessa da A. Boué, considerarono la montagna di Bolgen come facente parte della circostante formazione del *Macigno a fucoidi*, e molto ragionevolmente sostennero tale opinione col fatto decisivo che inferiormente all'affioramento di essi massi, osservansi dei banchi di una breccia con massi dello stesso gneiss sino di 2 piedi di diametro, in un cemento identico alle arenarie, colle quali essa breccia si alterna.

Chi non conosca con quanta difficoltà viene afferrato il vero, anche quando sembra balenare nelle più felici intuizioni, o non pensi a quelle transazioni colle nuove idee, che spesso fanno gli studiosi nella loro fiducia nel progresso della scienza, certamente si meraviglierebbe nel vedere come il signor Studer, all'atto di chiudere la breve ma interessantissima Memoria a proposito delle giaciture di Sepey e di Bolgen, non escluda la possibilità di un'origine glaciale o diluviale in epoca secondaria, cioè eocenica; convenendo però sulla necessità, in tale ipotesi, di supporre dei grandi cangiamenti orografici nelle catene che attualmente separano quelle giaciture dalle regioni da cui potevano provenire le rocce erratiche. Evidentemente era quella l'epoca in cui l'apprezzamento delle forze endogene era esagerato dalle prime rivelazioni e dalle spiegazioni di quei fatti, che gradatamente condussero alla scoperta dell'episodio geologico, che ora conosciamo con maggior sicurezza, cioè dell'espansione dei ghiacciai alpini e polari in epoca quaternaria; e, dopo tutto, non possiamo ancora affermare l'impossibilità di un anteriore periodo di dispersione erratica per opera di ghiacci galleggianti. Parmi però di non poter dubitare che tutti i fatti descritti dallo Studer siano spiegabili al modo stesso, ed escludano ogni trasporto erratico. Tanto i massi di Abkeren, che quelli dell'Ormond e di Bolgen, sono provenienti dallo sfacelo di un conglomerato eruttivo, alternato colle rocce sedimentari dell'*eocene*

superiore, e come tali sono, come vedremo, perfettamente comparabili, sebbene in condizioni alquanto diverse, a quelli dell'Apennino.

Non sembrami possibile formarsi una idea diversa dell'accennato fenomeno dei massi di Abkeren, leggendo la descrizione che ne dà, alla sua volta, il Murchison in quell'aureo libro, che rappresenta uno dei più validi aiuti apportati dalla letteratura straniera alla nostra geologia, e che fu tradotto ed aumentato di così importanti notizie dai due benemeriti professori pisani. Alle indicazioni poco diverse da quelle somministrate dal signor Studer, l'autore inglese aggiunge l'osservazione che, nelle località distinte dai colossali massi granitici, e precisamente alternate colla roccia del Flisch, esiste una roccia granitoide, ora in strati ed ora in amigdale allineate, potenti fino a 2 metri e superficialmente di struttura scistosa, quale viene di solito presentata dalle rocce felspatiche e micacee, allorchè sono alterate. Conchiude poi coll'opinione che questa roccia granitoide, non meno che il granito dei massi, si sieno formati contemporaneamente al deposito eocenico « *per cementazione di particelle di formazione ignea al fondo di un torbido mare*, ovvero per la susseguente alterazione parziale degli strati, causata dall'azione del calore. » Non si capisce facilmente poi come, dopo questa duplice ipotesi, che però sempre si mantiene nel campo della geologia endogena, l'illustre autore non escluda la possibilità del trasporto glaciale del masso più grosso, che pur riconosce non corrispondere litologicamente ai graniti affioranti nelle più vicine montagne, e come non accordi tutta la importanza che si merita il fatto affermato dal geologo svizzero, dell'esistenza, in prossimità dei massi di Abkeren, di una roccia analoga alle serpentine. Mentrecchè, stando all'analogia coi fatti descritti dallo Studer, io crederei di poter indurre eziandio che anche il masso maggiore, di quasi 12,000 metri cubi, non debba esser tutto di granito massiccio; sibbene, al pari del conglomerato di Sepey e di Bolgen, risulti di un conglomerato a cemento assai scarso, e presenti esso pure quelle rilegature cloritiche od ofiolitiche, che si osservano nei massi della Svizzera, come in quelli del nostro Apennino. Comunque sia, dal complesso di queste descrizioni, tanto almeno sembrami risultare che possa essere esclusa l'origine puramente esogena di questi conglomerati e venga posta fuor di dubbio la loro spettanza alla serie *eocenica* e quindi il loro approssimativo sincronismo a quelli, di cui sono per dire, delle montagne bobbiesi.

Oltre alle notizie sopra ricordate, non passerò sotto silenzio come il Paolo Sari, nella sua classica monografia delle rocce ofiolitiche della Toscana (1), quantunque non faccia cenno di rocce granitiche

(1) *Nuovo giornale dei Letterati*. Pisa, 1838-39.

comprese allo stato di amigdale o di massi nelle serpentine, parli invece esplicitamente di graniti in filoni, che all'Isola d'Elba attraversano le ofioliti; fatto questo importantissimo e che è confermato dalle posteriori osservazioni dello stesso Studer, del Rath e del Cocchi, il quale ultimo, a proposito di essi filoni nel Monte Campana, così si esprime: « Si può paragonare questa montagna ad un monte serpentinoso, per esempio al Monte Nero di Livorno, che fosse squarciato e rovesciato sui suoi fianchi da una grossa massa eruttiva, che vi apparisse nel mezzo (1). » Senza essere disposto ad accettare l'idea dell'influenza meccanica della roccia eruttiva, ognuno vorrà riconoscere tuttavia in questa bella similitudine, convalidata da moltissimi esempi e dettagli, che l'autore desume dall'isola stessa, la prova che vi furono iniezioni di rocce granitiche negli strati eocenici, ed è soltanto a deplorare che la mancanza quivi di strati miocenici non permetta di stabilire, con sufficiente approssimazione, il limite cronologico posteriore a questa eruzione relativamente recentissima di rocce granitiche. E neppure sul continente, le recenti osservazioni del signor Lotti sul granito tormalinifero di Gavorrano, in provincia di Grosseto (2), se non lasciano dubbio sulla posteriorità di esso granito, rispetto ad alcuni calcari marnosi e gallastri eocenici, non dimostrano però che esso sia anteriore alla chiusura dell'epoca eocenica, rispettandone gli ultimi sedimenti. Per l'Apennino pavese invece, ed anche, io credo, per tutta la Liguria, pel Piacentino e per l'Emilia, l'eocenicità del granito, associato alle serpentine, è dimostrata dalla presenza di grossi massi di essa roccia nei conglomerati del miocene inferiore, che costituiscono ovunque uno dei più preziosi orizzonti nella stratigrafia di queste formazioni terziarie. Epperò, almeno per l'area esaminata, possiamo ritenere che la presenza del granito nelle rocce ofiolitiche, comunque voglia interpretarsi, debbesi riportare a fenomeni avvenuti e già compiutisi durante l'epoca eocenica.

Il Sismonda nelle sue preziose *Osservazioni geologiche sui terreni terziari e cretacei del Piemonte* (3), osserva pur egli la presenza di granito nel conglomerato ofiolitico del Monte Barberino, a nord di Bobbio, ed anzi aggiunge la osservazione assai vera e significativa, che gli elementi di questo granito sono come disciolti nella brecciola; senza però dare a questo fatto, che in più località io pure ho verificato, quell'importanza che visibilmente esso merita. Più innanzi, ove di-

(1) I. COCCHI, *Descrizione geologica dell'Isola d'Elba*. Firenze, 1871.

(2) U. LOTTI, *Sulla geologia del gruppo di Gavorrano*. Boll. com. geol. italiano. 1877, p. 112.

(3) *Mem. R. Accad. delle scienze di Torino*, Serie 2.^a Vol. IV. 1841.

scorre della presenza dei massi di granito nei conglomerati miocenici, specialmente della collina di Superga, si limita a riscontrare in essa la riprova di quei cataclismi e rovesci di acque, che, secondo le idee di quel tempo, avevano segnato il passaggio da un'epoca all'altra. All'oculato osservatore non sfuggono però le indubbie prove dei movimenti subiti dalle masse serpentinosi e delle loro rotture, e dell'essere state rilegate da altre rocce magnesiache; per quegli stessi fatti che pochi anni prima furono rilevati ed interpretati con tanta sagacia dal Savi, per le regioni ofiolitiche della Toscana.

Il marchese Pareto aveva già accennata la presenza del granito erratico in molti punti della Liguria, e nella sua descrizione geologica della provincia di Genova (1) come effetto di un trasporto la spiega senza ambagi (*emballage*) fatto dalle serpentine all'atto della eruzione dalle masse granitiche formanti il sottosuolo dell'Apennino. Opinione che l'autore ripete ad un dipresso colla forma stessa nelle posteriori pubblicazioni; aggiungendovi in una di queste (2) la indicazione delle più importanti giaciture a lui note di tali massi granitici, anzi di un dirupo intero da essi composto, a Pregola, presso Santa Margherita di Varzi, nel Bobbiese; località tra le più interessanti che, pel presente argomento, abbia io pure esaminate. L'autore stesso, d'altronde, nel primo suo scritto in proposito, notava un altro fatto interessantissimo, che io ho verificato e riscontrato in località poco lontana da quella da lui indicata; dice, cioè, che presso Borgoratto, nella valle del Coppa, a sud di Montebello, ed in molti punti delle valli della Trebbia e della Nure, egli osservò *un banco di granito frammentario*, il quale coincideva alla zona della massima frequenza dei massi erratici osservati dallo Studer. Con questa asserzione afferma evidentemente che l'esistenza di graniti frammentari non è esclusiva alle formazioni serpentinosi, sibbene è comune alla zona delle *argille scagliose*, che a Borgoratto appunto si sviluppano ad un livello stratigrafico più recente ed a ragguardevole lontananza da ogni affioramento ofiolitico. Quantunque però superiore al piano delle rocce ofiolitiche, il livello di queste *argille scagliose* anche nella serie in seguito proposta dal Pareto stesso (3), spetta all'eocene superiore; anzi debbo a questo proposito aggiungere che, conforme a quanto ebbi l'onore di asserire

(1) *Descrizione di Genova e del Genovesato*. Genova, 1846. Tipi Ferrando.

(2) PARETO. *Sulla posizione delle rocce pirogene od eruttive dei periodi terziario, quaternario ed attuale*. Genova, tip. Sordo-Muti, 1852.

(3) PARETO L. *Sur les subdivisions que l'on pourrait établir dans les terrains tertiaires de l'Apennin septentrional*. Bull. Soc. géol. de France, 2 Sér. T. XXII. 1865.

lo scorso anno, ed ho potuto con ulteriori osservazioni verificare, queste argille scagliose, nel tratto almeno da Chiavari e da Genova a Stradella ed a Tortona, è inferiore anche a moltissima parte delle rocce calcareo-marnose ed arenacee, riferite dal signor Pareto al piano *liguriano* e formanti i più elevati colossi di quel tratto di Apennino, quali il Carmo, l'Antola, il Camporaghena, l'Alfè ed il Lesima, a circa 1700 metri sul livello marino. Epperò io sono d'avviso che il piano di queste argille scagliose, e per conseguenza il sottostante terreno ofiolitico, non debbano essere molto discosti dal piano *nizzardo*, così ben definito in tutta l'Alta Italia per estrema abbondanza di fossili; laonde argille scagliose e serpentini si porrebbero in esatto parallelismo colle più recenti eruzioni doleritiche del Veneto e del Tirolo meridionale.

In altro scritto poi l'egregio geologo parla espressamente, non di massi isolati, ma di un vero conglomerato granitico, rinvenuto presso Fornovo, tra il torrente Baganza ed il Taro, sotto ai calcari a fucoidi, e ne afferma l'origine endogena; e più avanti asserisce che tutto attorno ad uno dei più importanti affioramenti ofiolitici dell'Apennino settentrionale, quello del Gropo Rosso (1641 metri) alle origini del Taro, del Ceno e della Nura, sono abbondantissimi i blocchi di *granito rosso*, e che questi abbondano altresì presso il vasto affioramento serpentinoso delle Ferriere, nel Piacentino (1).

Dopo queste osservazioni ed asserzioni del signor Pareto, per parecchi anni il fatto del granito nelle formazioni serpentinosi apenniniche fu dimenticato, e soltanto trovai in una Memoria del signor Gastaldi (2) una breve e non molto chiara digressione a proposito di un certo conglomerato con elementi granitici e con massi di calcare, osservato dall'autore in non so qual punto della Valle della Trebbia e che egli riconosce come un *talus* di roccia rigenerata; restando poi incerto il lettore sul significato che si intende dare a questo epiteto ed alla presenza del crisotilo o serpentino fibroso nelle fratture del conglomerato in questione. Io ritengo che il riserbo del chiarissimo signor professore sia stato in parte motivato dalla difficoltà da lui incontrata nel combinare questo fatto colla sua ipotesi, che le serpentine apenniniche, e precisamente quelle di Santa Margherita, rappresentano le vette delle montagne delle zone delle *pietre verdi*, se-

(1) B. GASTALDI. *Studi geologici sulle Alpi occidentali*. Parte II. Firenze, 1874.

(2) PARETO L. *Coupes, à travers l'Apennin, des bords de la Méditerranée à la vallée du Po, depuis Livourne jusqu'à Nice*. Ibidem. 2 Sér. T. XIX. 1861.

polte nei terreni eocenici. Ipotesi, della quale non debbesi certamente fare maggior calcolo di quanto che ne faccia l'autore, quantunque essa gli nascesse spontanea per quella tendenza di assimilazione che presentano sempre gli studi monografici, quando sono fatti con molto amore e da nuovo punto di vista. Mi limito di far tesoro della osservazione, che può esser parsa imbarazzante al signor Gastaldi, sulle rilegature di crisotilo osservate da lui medesimo nel conglomerato in discorso, il quale anche per questo carattere deve essere identico a quello assai comune in tutte le giaciture serpentinosi della regione esaminata. I massi poi di granito, di cui lo stesso autore discorre in una sua interessantissima descrizione dei terreni terziari del Piemonte, appartengono al conglomerato esogeno del miocene inferiore e sono anche nell'Apennino pavese frequentissimi. Ma non è di essi che qui intendo parlare, sibbene di quelli compresi nelle formazioni ofolitiche e nelle argille scagliose a queste sopraincombenti. E siccome di questo fatto intendo discorrere senza entrare, per ora, molto profondamente nella questione della genesi di queste due serie di rocce endogene, così non citerò le opinioni, in proposito di queste genesi enunciate dall'illustre mio collega della R. Università di Bologna; non essendo io nemmeno sicuro se tra le rocce, del cui metamorfismo le serpentine apenniniche rappresentano l'ultimo grado, egli comprenda anche i graniti o se questi ponga come altro estremo della serie metamorfica.

Così non mi dilungo nel riassumere le osservazioni del signor U. Botti (1), che a proposito di una località, certamente assai interessante, presso Pontremoli, a Canal Sant'Angiolo, pubblicò alcune sue osservazioni; accennando ad una molto complicata alternanza di emersioni granitiche colle serpentine, ma rimanendo incerto egli stesso se queste debbano o meno esser considerate come eruttive.

Piuttosto ricorderò come sia a questo proposito molto più esplicito e più ricco di importanti dettagli, il signor Carlo De Stefani (2), quando parla delle rocce serpentinosi della Garfagnana, in un interessantissimo lavoro, dal quale si rivela un ingegno che lascerà traccia nella geologia italiana. Le sue osservazioni ed idee sono chiaramente espresse dai seguenti due brani, che io cito con molta soddisfazione, poichè vi scorgo accennati, con assai piccola diversità, fatti analoghi a quelli che io rilevava contemporaneamente, senza averne alcun sen-

(1) U. BOTTI. *Delle rocce impastate nel serpentino*. Boll. Com. geologico italiano. Vol. VII. 1876.

(2) C. DE STEFANI. *Sulle rocce serpentinosi della Garfagnana*. Ibidem. pag. 16-31.

tore (1), in un'altra porzione della formazione stessa dell'eocene superiore; ed espressi degli apprezzamenti, dai quali assai poco mi scosto. Per entrambi rimane posta fuori di questione l'origine endogena delle serpentine, da considerarsi come *lave sottomarine*, più o meno alterate, spostate ed infrante, ma perfettamente alternate colle rocce sedimentari dell'accennata formazione; per entrambi intravedonsi le relazioni, che ponno presentare queste serpentine con le rocce granitiche, ad esse associate in forma di speciali espandimenti oppure come elementi di conglomerati eruttivi a pasta ofiolitica. A pagina 21 egli dice: « molto importante è il granito, che spesso accompagna le rocce serpentinosi, qui, come nella Lunigiana, nell'Emilia ed in qualche luogo della Liguria. In Garfagnana ne ho incontrati parecchi lembi presso Camporgiano nel canale di Cornaiana ed altrove, nel bosco di Villa al Camino e presso il Pontaccio della Mozzanella. Forma delle masse e forse dei banchi assai ampi ed estesi parecchi metri cubi, regolarmente circondati da ofiti, da serpentine e da eufotidi; è costituito da quarzo, feldspato ortose e clorite, e nei suoi limiti esteriori il quarzo qualche volta sembra mancare del tutto, rimanendo il feldspato e la clorite; questa poi all'esterno predomina in guisa da formare delle masserelle a sè; qualche volta la clorite si forma per entro delle vene; non è raro che il quarzo ed il feldspato rimangano soli, ed allora si ha una vera pietroselce, nella quale il feldspato rimane appena in ispruzzi d'apparenza compatta, o vi sta in grossi e ben distinti cristalli, sì che ne deriva alla roccia un'apparenza di granito grafico. »

E più oltre, a proposito sempre di esso granito, dopo aver attribuito le eufotidi ad una secrezione, una specie di adunamento cristallogeno dei minerali prima dispersi nelle masse delle serpentine, soggiunge: « Sull'origine dei graniti si potrebbe avere qualche dubbio maggiore, e si potrebbe quistionare, come taluno altrove ha fatto, che le serpentine li abbiano trasportati tali e quali, in frammenti, dalle profondità e li abbiano condotti dove ora li vediamo; ma a me sembra che, se non dirò posteriori, sieno almeno contemporanei ad esse; infatti, se furono portati da grandi profondità, perchè non hanno apparenza angolosa ed irregolare e perchè formano dei banchi assai grandi, paralleli alla superficie dell'orizzonte d'allora? Perchè di questo grande avvenimento risiedente nella manifestazione di una forza così grande

(1) Le osservazioni da me esposte in una breve nota sulla stratigrafia dell'Apennino vogherese e bobbiese nello scorso anno, furono stabilite nella primavera e nell'autunno dell'anno precedente, ed allora io non conosceva il lavoro del signor De Stefani.

e così replicate volte palesata, non è rimasta alcun'altra testimonianza nè altra roccia vi è tra le tante che avrebbero dovuto essere state incontrate al di sopra del granito, la quale, insieme col granito, sia stata strappata dalle serpentine? Perchè, se frammenti così grandi furono strappati, ne mancano altri che sieno via via minori? Forse la forma lavica granitica, come manifestazione secondaria, ha accompagnato la lava serpentinoso, e questa spiegazione è ragionevole, se non perchè sia in accordo coi fatti della natura, che sino ad ora non ci danno autorità di affermare nulla di simile, certo perchè si accorda colle teorie più o meno verosimili, che tengono ora il campo della geologia. »

In quanto a me, troverei molto più in accordo colle osservazioni fatte dai geologi sulle transizioni per metamorfismo dalle varie rocce alle serpentine, e specialmente a quelle preziosissime raccolte dal Biscof e dal Rath, ed alle molte stabilite sulle formazioni ofiolitiche dei Pirenei, l'idea che tali massi od aggregati di massi sieno stati realmente dilacerati, come era pensiero del signor Pareto, da un sottosuolo granitico, della cui elaborazione endogena sotto il mare eoce-nico, avvenne appunto, per azioni chimiche ancora da studiarsi, la preparazione dei magma magnesiaci, iperitici e feldspatici, che formano il complesso delle rocce ofiolitiche (1). Nella quale ipotesi si spiegherebbe la mancanza di altre rocce, se non delle gneissiche e delle scistose, che pur si osservano più scarse; essendochè nella massa appunto di una formazione granitica, forse appena ricoperta da scarso mantello gneissico, si sarebbe compiuta la preparazione delle lave

(1) Richiamo a questo proposito il fatto assai importante della presenza del granito in massi di vario volume nei dintorni di Frosinone, nella regione vulcanica degli Ernici, che trovo indicata in una Memoria del signor W. Branco (Atti R. Accademia dei Lincei, vol. 76-77). Vi si parla non solo di un conglomerato probabilmente miocenico, composto di ciottoli di granito, di gneiss, di porfido quarzifico e di micascisto, cementati d'arena silicea, presso l'Abbadia a sud di Ceccano; ma si osservano anche tra gli interclusi vulcanici altre a due varietà di trachite, anche due varietà di granito, l'uno a granati bruni con poca tormalina, l'altro con mica nera, piccoli granati gialli e titanite, entrambe a feldispato ortose. Questi massi di granito si trovano insieme coi lapilli e crede che l'autore a ragione propenda a ritenerli veramente arrestati dalla bocca vulcanica, che probabilmente si aperse presso di Arnara, nella quale località tali massi sono assai frequenti. Convieni però notare che se questi erratici vulcanici sono prova dell'esistenza del granito nel sottosuolo, non escludono per la loro natura litogica che questo possa essere un granito terziario, coevo a quello dell'Elba e di Gavorrano.

magnesiache, delle quali il signor De-Stefani, al pari di me, riconosce l'eruzione sottomarina. A questa idea procurerò, in altra occasione, di dare maggior appoggio di verosimiglianza, se altri fatti, oltre quelli che ho raccolti e che sono per esporre, non ne modificheranno o distruggeranno gli argomenti che al momento me ne hanno persuaso. In questo studio, un geologo ha duopo del più ampio corredo di dati chimici, che egli, generalmente, non può direttamente procurarsi, e di difficili analisi mineralogiche, e nelle deduzioni occorre certamente la massima prudenza. Epperò mi si condonerà, io spero, se getto quest'idea nel campo scientifico col massimo riserbo, come il punto di vista di ulteriori studi miei e di altri. E siccome questa ipotesi non mi porta molto lontano dalle idee del signor Carlo De-Stefani, così sono lieto che entrambi, in fondo, abbiamo sancito un fatto perfettamente in accordo coi principj di geologia endogena, contenuti in quel libro non mai abbastanza meditato, col quale un membro di questo onorevole Istituto ha segnato un'epoca incancellabile nella storia della geologia. Entrambi, io spero, siamo sulla via di portare un valore più preciso a molte denominazioni, che comparvero nelle opere che trattano delle rocce ofiolitiche, quali sono, a cagion d'esempio, la serpentizzazione, la gabbificazione, la diasprizzazione e così via. Ma ciò basta, se non è di troppo, per i confronti col fatto della esistenza del granito nelle serpentine dell'Apennino pavese: prima però di darne qualche dettaglio, occorre che spenda due parole per la giacitura, in altre regioni apenniniche del granito stesso in seno alle argille scagliose, della quale appunto ho raccolto eziandio alcune prove nella regione da me esplorata.

L'autore che ne parla con maggior dettaglio è il Mantovani, in due Memorie, di cui l'obbiettivo è, io temo molto meno importante dei molti e preziosi dettagli somministrati dall'autore. Nella prima Memoria (1), accenna egli ripetutamente alla esistenza di massi di granito, di gneiss, di clorite, e di scisto granatifero nelle *argille scagliose* del Reggiano; fatto che io pure ebbi il piacere di verificare con molti altri contenuti in quello scritto in una mia recente escursione in quella provincia. L'origine endogena delle argille parmi non sia punto dubitata dall'autore; ma la loro emissione si riporta a parecchi periodi geologici e si fa seguire da troppo complicate vicende; mentre a me sembra che esse argille sono quivi, come nell'Apennino ligure e pavese, limitate alla base delle arenarie e dei calcari a fucoidi, lungo gli affioramenti numerosi ma poco estesi delle serpentine, indicate

(1) *Delle argille scagliose dell'Emilia e di alcune ammoniti in esse comprese. Atti Soc. di scienze natur. in Milano. Vol. XVIII, fasc. I. 1876.*

con molto dettaglio anche nella carta del signor Doderlein. Il signor Mantovani sembrami propenso a giudicare questa presenza siccome il residuo di una alterazione avvenuta posteriormente alla emissione di rocce vulcaniche aggregate, in cui esso granito sarebbe stato più frequente e forse la parte principale; la quale idea è esclusa dalle condizioni di massima omogeneità, che spesso le argille presentano; inquantochè, nella maggior parte dei casi, l'apparenza frammentizia che le rende così distinte, proviene, non già da materiali da essa trasportati ed importati, sibbene dalla frattura e dallo sfacelo superficiale, spingentesi sulle chine dei monti o nelle valli a ragguardevole profondità, delle rocce già regolarmente alternate coll'argille scagliose. Le quali condizioni di regolare alternanza colle rocce sedimentari isocrone fu certamente la ragione che mosse il già citato signor De Stefani, in una menzione della Memoria del Mantovani (1), a ritenere meno probabile la loro origine per vulcani di fango. Io però, nella convinzione che questa sia la sola sostenibile, non veggio difficoltà ad ammettere una dispersione degli elementi interpolatamente eruttati sul fondo marino e la loro alternanza con depositi, che accusavano a sopita vulcanicità soltanto per l'assoluta mancanza di animali fissi a questo fondo. Nè a ritenere questa origine delle argille scagliose, siccome esposi nella Nota presentata lo scorso anno, mi trattiene punto quanto pare obiezione fortissima al signor Mantovani in una seconda sua Memoria pubblicata su questo argomento: cioè la presenza in esse di dicche e filoni di rocce eruttive, o di minerali metalliferi. Questa, infatti, se constatata dipendente da vera intrusione oppure da metamorfismo, o da concentrazione, è però sempre un fatto conseguente ed in armonia perfetta coll'attività vulcanica perimetrica, della quale esse argille scagliose sono un multiforme rappresentante. Queste rocce, che benissimo conosce chiunque si sia occupato della geologia apennina per tutte le cattive qualità, descritte con molto spirito dal signor Gastaldi e che già dal 1840 aveva distinte il Bianconi, hanno tutti i caratteri che assumer devono dai prodotti fango-vulcanici sottomarini e quindi non ponno esser ritenute d'origine diversa; rimanendo amplissimo campo allo stratigrafo ed al geologo nel determinare poi le modalità e la varia epoca della loro emissione e del loro rimaneggiamento al fondo del mare. A definire le quali questioni, importantissime per la geologia dell'intera penisola, non sarà inutile che vengano continuate e completate le osservazioni del signor Doderlein, che però io ritengo esatte, sull'epoca della zona a madrepora che si innesta al calcare assai impropriamente detto semi-

(1) *Rivista semestrale di scienze fisico-naturali*. Firenze, 1876.

cristallino della pietra di Bismantova, al quale sembrami manchino i caratteri dei calcari numulitici alternati od inferiori alla formazione del Flisch alpino. Ammettendo una generale discordanza tra le serie eocenica, miocenica e messiniana, la stratigrafia delle provincie di Parma e di Reggio, parmi si semplifichi in modo assai naturale e molto in accordo colle condizioni delle formazioni stesse nel versante padano dell'Apennino. Senza punto voler prevenire il risultato di questi studi e senza voler quindi negare recisamente che colà, nell'Emilia, come nel Bolognese e nella Toscana, possano esistere argille scagliose e galestri di più epoche, come esistono, a cagion d'esempio, parecchi livelli di marne iridate nella potentissima formazione del Trias alpino, per le osservazioni pubblicate dal Mantovani e per le mie proprie nelle vicinanze di Rossena, Canossa e Castelnuovo ne' Monti, non mi perito di asserire che la zona di argille scagliose dal Tresinaro al Crostolo e quella di Visignolo, che ne rappresenta la continuazione e che contiene ancora più abbondanti i massi di granito, si pongono a livello delle nostre eoceniche, superiori alla zona ofiolitica, dell'Apennino pavese. Epperò il fatto della presenza in esse del granito è analogo e coevo a quello di cui intendo più sotto discorrere, completando le osservazioni fatte dal signor Pareto presso Borgoratto, nel Vogherese. E questo fatto della presenza del granito nelle argille scagliose, per i noti legami che esse hanno colle rocce ofiolitiche, (delle quali però sono molto più estese ed in generale più recenti), torna pur esso a conferma, comunque venga interpretato, della esistenza di quel sottostrato granitico, già immaginato di sopra siccome la sede della elaborazione delle rocce vulcaniche sottomarine, durante la sedimentazione dell'eocene apenninico.

Mi si perdoni se, trattandosi di un fatto che può tornare importantissimo, prima di esporre le mie osservazioni, volli esaminare in quanto esse potessero accordarsi coi fatti omologhi da altri, appositamente od incidentalmente asseriti e far cenno anche delle mie idee in proposito, che però dichiaro furono in me affatto posteriori all'esame delle località ed allo studio di queste formazioni apennine, che erano per me nuove, appena or sono due anni.

Veniamo ora alla descrizione degli osservati giacimenti del conglomerato granitico; prima nelle serpentine, quindi nelle argille scagliose.

Non uno degli affioramenti serpentinosi, che in gran numero si allineano nell'Apennino pavese, da Montebruno alle origini della Trebbia, sino a Zebedassi di Volpedo, non molto lungi da Tortona, sulla distanza di oltre ottanta chilometri, non uno, dico, manca dal presentare, in proporzioni maggiori o minori, il conglomerato granitico in discorso. Ma la località ove tale roccia è in proporzioni più colossali

ed in più evidenti, o, dirò meglio, meno confusi rapporti colle rocce ofiolitiche, sono le seguenti, che esaminerò successivamente da settentrione a mezzodì. Sono: il Dosso del Groppo, presso Pregola, alle origini del torrente Staffora, che per una valle quasi interamente sculta in rocce eoceniche scende a Rivanazzano ed a Voghera; il monte Pamperdù, quasi allo stesso parallelo e posto alla sella tra la valle del Tidone, sopra Romagnese e la valle della Trebbia, a nord di Bobbio; dal paese di Garisete sino a Selva, a sud-est di Cerignale nel Bobbiese, molto in alto nel versante sinistro della valle dell'Aveto; finalmente presso il villaggio di Pietranegra, a sud di Ottone e nord-est di Rovegno.

Nella prima località sono allineati da levante a ponente tre grossi cumuli di serpentine, ad amigdale alternate da rocce dialligiche e da rocce amorfe, brecciate, a rilegature serpentinosi e steatiche o di roccia asbestoide. Tra il più orientale di questi grugni, per chiamarli col nome molto espressivo dato loro dal d'Acchiardi, quello che segue, perfettamente compresa nelle ofioli, avvi una massa di poco più di una cinquantina di metri di diametro di conglomerato granitico. Vi si può distinguere benissimo un cemento porfiroide, con frammenti di cristalli feldspatici, disseminati in un fondo verdastro, cloritico, lamellare, talora arrossato come lo furono generalmente per alterazione tutte le rocce di questo gruppo. Gli elementi sono massi più o meno voluminosi, mai però colossali, di granito e feldispato rosso, con clorite e mica verso la periferia dei massi alterata, con qualche lamella di talco e con non rari noduli di steatiche. Il feldispato è in grossi nodi o frammenti di cristalli tanto nella parte, più cloritica, che nel granito micaceo più saldamente rilegato dal quarzo. Questo però non manca giammai nella pasta, in essa come nei massi presentando quell'aspetto resinoso che caratterizza la silice e non assume giammai forme cristalline. Mentrechè nelle fratture delle rocce circostanti e specialmente di certe iperiti granulose e degli scisti argillo-micacei alternati alle circostanti arenarie, il quarzo è piuttosto abbondante in belle geodi. Frequentemente sulla pasta porfiroide come sui massi del conglomerato si osservano chiazze di ossido di ferro o di manganese; ma di minerali di rame non ne vidi traccia, quantunque non sia discosto il giacimento di una eufotide con calcopirite, presso il Ponte Organasco. Precisamente come aveva notato il signor Sismonda al M. Barberino di Bobbio, gli elementi del granito sembrano sciolti, anzichè frantumati, nella pasta ed i massi granitici non presentano mai degli spigoli acuti nè grande differenza litologica colla roccia che li comprende. Attorno a questo affioramento, a contatto esatto col medesimo, non sono vere serpen-

tine; sibbene delle diabasi od iperiti a cristallizzazione imperfetta, e tra questi ed i serpentini qualche banco di arenaria micacea, punto alterata. Movendo verso sera, giunto alla base il dosso accuminato di serpentina diallagica, che torreggia elevato quasi di 100 metri sul paese di Pregola, si raggiunge in un quarto d'ora il così detto *Gropo*, che ha un dosso interamente costituito dal conglomerato granitico; località che il signor prof. Balsamo aveva osservato, raccogliendovi dei bei saggi alla base occidentale del dosso, presso il molino. Quivi si conservano tutti i caratteri accennati per l'altro affioramento; si mantiene, anzi si aumenta la pasta porfirioide, originariamente verdastra, granulare, silicea e cloritica; sono sempre presenti il talco amorfo a lucentezza resinosa. Mancano tuttora analisi chimiche per poter appoggiare la ipotesi, che sorge assai spontanea dall'osservazione di questa roccia, di una dissoluzione idrotermica del granito e del suo passaggio a roccia ofiolitica. Ma ho forniti i materiali per stabilire queste analisi e l'esame microscopico al chiarissimo signor comm. A. Cossa, che aggiungerà il loro studio chimico e microscopico ai molti e pregevoli lavori fatti in pro della geologia italiana e già a quest'ora ha potuto favorirmi alcune preziose indicazioni sulla composizione e sulla struttura del granito raccolto nella seconda delle accennate località.

Il conglomerato di Pregola si vede affiorare a tratti, tra le rocce del *Flysch*, sino a S. Margherita e più oltre sin presso Bosmezzo; quivi però in massi isolati, sempre accompagnando le serpentine che vi formano numerosi affioramenti. Le argille scagliose si osservano pur esse nella interessante località e precisamente ricoprono il conglomerato e la serpentina fino alla sella di Brallo, dovuta appunto alla prevalente erodibilità di esse rocce. Tra il conglomerato granitico e le argille si svolge, più o meno larga, una zona arenaceo-marnosa coi caratteri più normali; mentre che tra le serpentine e sotto di esse, quivi come in tutta l'area da me esaminata, prevalgono i calcari marnosi, cinerei o giallognoli, compatti, giammai alterati, sibbene infranti e rilegati da argilla serpentinoso, e conservanti talvolta le loro fucoidi. Dal Gropo di Pregola alla base del colle di S. Margherita, la zona d'affioramento del conglomerato in discorso è di circa 4 chilometri; sulla quale distanza però la roccia si perde più volte sotto lo sfacelo e tra le contorsioni e le fratture delle rocce che la comprendono. Al R. della Prella, sotto S. Margherita, il signor prof. Balsamo raccolse un campione di questo conglomerato con incluso un ciottolo calcareo, che non accusa la menoma alterazione; il qual fatto io posso confermare avendone raccolti alla mia volta altri campioni, quivi e nell'ultima delle accennate località, a Pietra-

negra. E questo rinvenimento ed il complesso delle osservazioni fatte del mio ben amato predecessore furono ragioni perchè egli pure comprendesse la roccia in discorso nei conglomerati a pasta serpentinosi, quando scrisse delle rocce pavese nelle notizie naturali di questa provincia (1).

Al monte Pamperdù, a nord di Bobbio, i rapporti della roccia in discorso non sono meno evidenti. Quivi le serpentine sono allineate come a Pregola in due zone dirette al nord e sud, dalla valle del Tidone al letto della Trebbia, cui la più orientale di essa attraversa al monte Barberino, per salire al monte dei Gavi in territorio piacentino, mentre la zona occidentale si arresta a Cà de' Brugnoni, a mezz'ora di cammino a ponente di Bobbio. La Pietra Corva ed i Sassi neri rappresentano i punti culminanti di questi due affioramenti, ad un'altitudine di circa 1100 metri. Tra queste eminenze, caratterizzato dalla nota fisionomia dei cumuli ofiolitici, si innalza un dosso arrotondato, quasi tutto ricoperto di abbondante vegetazione e separato dalle eminenze stesse per due selle scolpite in arenarie ed in calcari marnosi a fucoidi. Quel dosso, elevato circa una settantina di metri, è quasi interamente costituito dal conglomerato granitico e da una iperite arenacea, che passa gradatamente a serpentina brecciata verso la Pietra Corva. I caratteri della roccia sono identici che a Pregola; ma in complesso la pasta cloritica sembra essere quivi ancora più abbondante e fare passaggio più graduato alla iperite. Quivi pure lo sfacelo del conglomerato è commisto a quello di arenarie e marne; onde pare evidente che con esse fosse in origine alternato, quantunque la vegetazione e la conformazione del suolo non permettano di verificare quivi i reali rapporti di queste rocce. Sicuramente però posso affermare che giammai, nè quivi nè altrove, trovai i massi granitici direttamente compresi nella serpentina amorfa o diallagica e che i cumuli serpentinosi massici non presentano traccia di granito; il quale fatto parmi che dimostri come il conglomerato granitico, costituisse una speciale roccia eruttiva, che veniva emessa alternatamente alle colate serpentinosi. Nell'idea, che si può avanzare che queste da quello provengano per una serie di alterazioni precedenti alla eruzione, questa, per così esprimermi, non sempre avveniva a completa digestione; ma a volta i magma cristallini lasciavano posto ai magma fangosi e questi agli aggregati vulcanici, con quella vicenda che sotto altre forme litologiche ci presentano la più parte delle formazioni vulcaniche. Ma continuiamo la esposizione dei fatti.

(1) *Notizie naturali e chimico-agrarie sulla Provincia di Pavia*, Pavia, 1864.

La terza località da Cariseto a Selva, a nord-est di Ottone, desta più delle altre la mia ammirazione. Le rovine del colossale castello dominano coi più pittoreschi dettagli un dirupo assai scosceso, ai cui piedi sembra rannicchiato il paesello, composto di miseri abituri. Il dirupo del castello ed una cresta mirabilmente scheggiata, che da esso si diparte ricordando i più bizzarri trafori delle aguglie alpine, sono appunto costituiti interamente dal conglomerato granitico, il quale in questa località, è si può dire tutto d'un pezzo, con scarsissimo cemento. Moltissime fratture verticali ed orizzontali infrangono il dirupo, facilitandone evidentemente la rovina; ma prescindendo da queste fratture abbiamo in esso non già un aggregato di pochi massi, non già un banco di pochi metri di potenza, ma un vero monticolo di granito lungo un mezzo chilometro ed emergente di circa 40 metri dal circostante ondeggiamento di terreno marno-arenaceo. I serpentinei sboccano pur essi a nemmeno 200 metri di distanza, a ponente ed a mezzogiorno del monticolo granitico; ma sono in proporzioni ristrette, mentrechè, a breve distanza, sopra e sotto, si sviluppano enormemente, formando uno dei più interessanti affioramenti dell'Apennino, da Cerignale sino al vertice dei monti Bellocchio e dello Zuccherò, che stanno appena a ponente di Cariseto, a circa 1500 metri sul livello marino.

Da Cariseto poi il conglomerato granitico si accompagna quasi continuo fino al paesello di Selva per oltre 3 chilometri e se ne vedono frammenti anche nel versante destro della Trebbia, nella vallicola che sbocca a tramontana di Ottone. E presso Selva la roccia in discorso presenta un cambiamento rimarchevole di struttura; facendosi tutta a grana minutissima, omogenea, di colore roseo bellissimo, con filoncelli ed amigdale selciose, sicchè la si piglierebbe per una di quelle leptiniti che si descrivono comuni all'Elba coi graniti tonualiferi.

In questo interessantissimo giacimento osservansi le stesse varietà di granito che altrove. Avvene cioè di rosso, con grossi cristalli feldispatici; di grigio, con feldispati lucenti, a prismi assai allungati ed a sfaldatura facilissima; di verdognoli, in cui tutti gli elementi e specialmente il quarzo sono colorati dalla tinta della parte colorita od iperitica e questi son quelli che hanno più abbondanti le rilegature ed i noduli di steatite.

Nella quarta località di Pietra-negra, a nord-est di Rovigno, la importanza della presenza del conglomerato granitico è resa ancora maggiore dall'essere quasi in esatta sua continuazione un'ampia amigdala di *gabbro rosso*, metallifero, la quale attraversa ad un tempo stesso e la Trebbia e l'Aveto. Il filone cuprifero più importante è sotto

il paese di Rovegno ed è irregolare, presso il contatto di una delle numerose ma molto limitate masse ofiolitiche, che mi sembrano piuttosto investite dal gabbro stesso anzichè iniettate in esso; parecchi escavi però furono fatti in direzione di levante, sempre presso al contatto di queste due rocce quivi pure associate. Rispetto a questa potente formazione di *gabbro-rosso* (la quale presenta tutti i caratteri per cui essa roccia si distingue nella Liguria e nella Toscana, quivi pure alternandosi coi più svariati diaspri, regolarmente stratificati e con non rare interposizioni di banchi calcareo-marnosi ed anco arenacei) il nostro conglomerato granitico mantiene una posizione inferiore, e tra l'uno e l'altro si notano delle iperiti arenacee, con belle venule e geodi di quarzo ialino od ametistino e qualche banco di calcare marnoso. Il monte Castellazzo (1049^m), a tramontana di Pietra-negra, è appunto tutto formato di queste iperiti; mentrechè il conglomerato affiora precisamente al paese e per piccolo tratto verso Rovegno, ad immediato contatto con un dosso serpentinoso costituito di una bellissima varietà di roccia diallagica, la quale affiora poi di bel nuovo e con maggior sviluppo appena a levante della miniera e del paese di Rovegno. Siccome la roccia iperitica di monte Castellazzo presenta graduato passaggio col *gabbro-rosso*, anzi non è che la pasta di questo non alterata da più avanzata ossidazione e priva degli interclusi calcari e diasprigni, così quivi a Pietra-negra, la posizione del conglomerato granitico si può considerare precisamente tra il serpentino che sta sotto ed il *gabbro-rosso*, che lo ricopre.

Le rocce che sopportono questa serie, irregolarmente ma indubbiamente stratiforme, sono gli stessi scisti argillosi passanti ad agglomerati marnosi di frammenti ofiolitici ed attraversati da masse ofiolitiche, generalmente a struttura brecciata e molto abbondanti di noduli steatitici. Tale relazione di rocce vedesi distintamente scendendo dal monte Castellazzo ad Ottone per Retaglià; mentrechè movendo di Pietra-negra e Rovegno in direzione di mezzogiorno, si attraversa in tutto il suo spessore e si può esaminare in tutta la sua varietà litologica la curiosa formazione del *gabbro-rosso*, nella quale, con tanto unanime accordo sebbene con non troppo saldi argomenti la maggior parte dei geologi riconobbero una roccia sedimentare metamorfosata. Non per contraddire al presente a questa idea, che per essere molto diffusa deve avere almeno un certo grado di verosimiglianza si da esigere in chi la obietta copia grandissima di cognizioni di fatto e la più accurata distinzione dei molti gruppi litologici che passano sotto questo nome di *gabbro-rosso*, ma soltanto per dire le cose come stanno nella regione da me esaminata, affermo che tanto sul *gabbro-rosso*, come nel conglomerato granitico, come nelle breccie

serpentinose sottostanti, trovansi abbondantissimi gli interclusi calcari e che questi interclusi non presentano altra alterazione tranne un colorito verdastro al contorno ed in alcuni casi soltanto, la presenza di alcuni cristallini romboedrici di calcite disseminati nella massa, tutta attraversata da venule dello stesso minerale; cristallini e venule che certamente non si può affermare mancassero indubbiamente alla roccia originaria, prima d'essere frantumata e compresa comechessa nella pasta argillosa od ofiolitica del *gabbro-rosso* e delle serpentine, oppure nella pasta feldspatico-quarzoso-cloritica del conglomerato granitico. Osserverò d'altronde che questi interclusi presentano la massima analogia coi calcari litografici di Menconico, di S. Maria di Bobbio e di S. Margherita, i quali appunto si alternano colle formazioni ofiolitiche ed al contatto colle argille cloritiche presentano quelle smaltature verdastre, che i citati interclusi calcari offrono al loro contorno.

Nei dintorni di Pietra-negra e Rovigno non mancano le argille scagliose, osservandosene una stretta zona presso il Gorreto, a Fontanarossa ed a Trusci di Ottone, alla base dell'enorme pila di calcari marnosi e di arenarie che forma il monte Broglio soprincombente; ma in queste località sono a sprazzi isolati. Soltanto verso tramontana, al Ponte Organasco, pigliano il sopravvento per continuare con sempre maggiore sviluppo, attraverso alla sella di Brallo, nella valle della Staffora e nelle contigue del Vogherese.

Dalle accennate relazioni stratigrafiche appare che la zona di massimo sviluppo del conglomerato granitico è normalmente compresa tra quella di massimo sviluppo delle serpentine e quella dei gabbri, delle iperiti e delle argille scagliose che ricoprono la formazione serpentinoso. Ove si osserva esso conglomerato tra le serpentine, come a mattina di Pregola ed ai Gerbidi di Bobbio; quivi è facile sia in dicchi, infranti e svisati dai movimenti subiti dalle formazioni eoceniche; nella maggior parte dei casi però tra il conglomerato e le serpentine stanno zone più o meno potenti di rocce prettamente sedimentari, come arenarie micacee e calcari marnosi.

Riguardo alla struttura mineralogica ed alla composizione chimica del granito compreso nel conglomerato in discorso, lascio la parola all'egregio chimico, il signor comm. prof. A. Cossa, il quale colla nota abilità stabili su di esso le seguenti osservazioni, che egli si compiacque trasmettermi e permettermi che lo rendessi di pubblica ragione.

« Il campione di rocce di Romagnese che ho esaminato per incarico dell'amico e collega prof. T. Taramelli è essenzialmente composto: a) di feldspato ortosio, di color roseo in grossi cristalli, di

cui alcuni sono geminati secondo la legge di Carlsbald; b) di un feldspato triclinico, di color bianco, molto alterato; c) di granuli di quarzo di color bianco cinereo; d) di lamine di clorite di color verde; e) di clorite terrosa; f) di poca calcite, aderente specialmente alla clorite terrosa ed al feldspato plagioclasio.

« Coi saggi chimici ho trovato nella roccia dell'acido fosforico, il quale, come risulta dalla osservazione microscopica, si trova nella roccia combinato alla calce sotto forma di *apatite*.

« Il feldspato monoclinico diedo all'analisi sicuro indizio della presenza della *litina*. Il feldspato bianco si decompone piuttosto facilmente l'azione dell'acido cloridrico concentrato e lascia svolgere bollicine di gas anidride-carbonica.

« Ciò che rende veramente *interessante* questa roccia è la struttura del feldspato roseo, che ne forma il componente principale. Questo feldspato presenta tutti i caratteri cristallografici del feldspato monoclinico; è pochissimo alterato. Esaminando con un microscopio polarizzante una sottile laminetta di sfaldatura corrispondente alla faccia (001) si osserva, anche con un piccolo ingrandimento, che essa presenta due sistemi di finissime striature parallele alle facce del clino e dell'orto-pinacoide e che perciò si intersecano ad angolo retto.

« Ho ripetuto sopra dieci cristalli questa osservazione ed ebbi sempre lo stesso risultato. Il modo con cui queste striature si comportano alla luce polarizzata, la loro posizione rispettiva e per di più i risultati dell'analisi chimica, che svelò nel feldspato la presenza di quantità relativamente grande di soda, conducono ad ammettere che queste striature dipendono dalla interposizione regolare di lamine di *albite*, come venne già osservato in feldspati di altre località. L'esame adunque di questa roccia conferma sempre più la nota teoria di Tschermak sulla costituzione dei feldspati.

« Osservando tre sezioni molto sottili di questa roccia ho notato che il feldspato roseo, oltre alla particolare struttura già rilevata in lamine isolate, contiene molte interposizioni, tra le quali piccoli cristallini di *apatite*, lamine esilissime di *ferro mica* e cristalli di plagioclasio quasi completamente alterati. Il feldspato triclinico, bianco, è così alterato che in molti casi è quasi completamente opaco. Però indubbiamente potei osservare in tutti i tagli qualche punto in cui era evidente la struttura caratteristica di questo minerale.

Il quarzo è molto più ricco di interposizioni di quello del granito di Baveno. Contiene moltissime cavità con liquidi e libelle mobili e molti microliti.

La *clorite* presenta nulla di interessante. La *mica* è molto rara in questa roccia. »

La importanza di queste osservazioni, specialmente in riguardo alla struttura del feldspato, alle varie ortose disposizioni dei feldspati ed allo stato bolloso del quarzo, nonchè alla esistenza dei cristallini di fosfato e di oligisto, non sfuggirà certamente al lettore. Circa ai nessi genetici, che ci ponno in base a tali osservazioni indurre e quindi studiare colle rocce ofiolitiche, faccio rimarco alla estrema scarsità di mica, che caratterizza granito normale ed all'abbondanza in suo luogo di un minerale idrato e molto magnesifero quale è la *clorite*; lo stesso minerale che abbonda, anzi costituisce quasi essenzialmente, ancora cristallino, ma per lo più terroso, la pasta del conglomerato granitico.

Evidentemente questa identità del minerale prevalente nella pasta del conglomerato con uno dei componenti del granito compreso non può essere fortuita. Essa può interpretarsi come conseguenza di uno o dell'altro di questi fatti. O che il granito, precedentemente esistente ed infranto, ha subito una alterazione chimica simile a quella che molti autori, e specialmente il Bischof ed il Garigou, descrivono avvenute dei graniti, delle granuliti e delle eglogiti della Baviera, del Nassau e dei Pirenei, per la quale alterazione alle basi alcaline ed alla allumina si è sostituita quasi completamente la magnesia; oppure, se vuolsi considerare questo conglomerato come una accidentalità di struttura di una roccia feldspatica, che andava sotterraneamente isolandosi dalle preesistenti rocce ofiolitiche, sarebbe avvenuto il fatto molto naturale che gli elementi feldspatici, agglutinandosi con un cemento quarzoso, comprendessero la clorite che abbondava nella pasta della roccia in formazione. Per quanto però questa seconda spiegazione possa parere naturale ed in accordo ad induzioni che ponno stabilirsi circa l'origine dei graniti eocenici e delle trachiti ad apparenza granitica e porfiroide, di poco più recenti, della Toscana e dell'Elba, si oppone alla sua accettazione la differenza profonda tra questo granito e le rocce felspatiche, diallagiche o meno, che sono intimamente commiste al serpentino e specialmente all'ofiolite. D'altronde mal si potrebbe con essa spiegare lo stato frammentizio in così vasta scala presentato dagli elementi granitici, non solo nell'Appennino italiano ma nella Svizzera e nella Baviera, anche in località scarse o mancanti di affioramenti serpentinosi. Per la qual cosa sembrami molto prudente per ora limitarsi alla constatazione dei caratteri mineralogici della roccia e della sua giacitura frammezzo alle rocce ofiolitiche; al quale proposito, per la ragione da me esplorata, sono condotto alle seguenti conclusioni:

1.° Il conglomerato granitico formava delle amigdale alternate cogli strati dell'*eocece superiore* e cogli espandimenti stratiformi

delle rocce ofolitiche, specialmente tra le più recenti di queste rocce;

2.° che tra esso conglomerato e le rocce ofolitiche od il *gabbro-rosso* nella maggior parte dei casi esistono rocce sedimentari, regolarmente interstratificate e punto metamorfosate;

3.° che le amigdale di questa roccia furono rotte, sportate e sconvolte; non meno di quanto lo furono le serpentine e le rocce affini, le quali sono al pari del conglomerato granitico alternate colle sedimentari marine;

4.° la struttura degli elementi di esso conglomerato in confronto con quelli della pasta è tale da accennare piuttosto ad una disgregazione per soluzione idro-termica degli elementi granitici, anzichè ad una meccanica fratturazione di una roccia granitica. Questo fatto potendosi per sè stesso interpretare, sia come effetto di una alterazione di una preesistente roccia granitica, sia come indizii di una incipiente formazione sotterranea di roccia feldspatico-cloritica in seno od in prossimità di rocce ofolitiche.

Poco ora mi rimane di aggiungere per venire a conclusioni poco dissimili, a proposito del conglomerato stesso, alternato colle argille scagliose a molta distanza dagli affioramenti di rocce ofolitiche, siccome ebbe a notare per la prima volta nell'Apennino il Pareto nella breve ma assai importante descrizione geologica della Provincia di Genova (1). La località dell'egregio geologo esaminata è indubbiamente alla base della salita di Borgoratto, nella val di Coppa; a circa tre ore di cammino a sud di Montebello, alle falde occidentali del dosso chiamato Costa Pelada. Come può indursi dal nome, questo dosso è costituito da *argille scagliose*, alternate, quindi ricoperte con arenarie e marne del *Flysch*. Esse argille affiorano distintissime lungo la chiuva del monte che è in continuo sfacelo, e nei burroni assai profondi e numerosi. Sono distintissime ove la erosione è continua e la superficie quindi continuamente rinnovata; mentrechè ove il terreno è più stabile, pur mantenendosi la caratteristica sterilità, dovuta in parte all'abbondanza di gesso disseminato sulle argille, la loro colorazione è meno intensa e più uniforme. Anche sul versante orientale della Costa Pelada, di fronte al paesello di Canavera, si ripete la presenza del conglomerato granitico notata dal sig. Pareto nell'opposto versante ed anzi quivi il banco è più continuo ed in più evidenti rapporti di interstratificazione colle altre rocce. Alla base di una ripida salita, che conduce a Fortunago, si attraversano per pochi metri due grossi banchi di *argille scagliose*, rossovinate ed az-

(1) *Descrizione di Genova e del Genovesato*. Genova, 1836, pag. 133.

zurrognole, smettiche, con rari noduli diasprigni. Quindi si trova il banco di conglomerato, potente in media 0.60, seguito da altre argille e da un secondo banco più irregolare e più sottile. Sopra questo avvi una brecciola ad elementi ofiolitici, misti agli elementi feldispatici del granito assai sminuzzati e questa brecciola ha un cemento abbondantissimo di silice a lucentezza resinosa. Seguono per pochi metri le argille, più arenacee e meno colorate, che passano tostò a delle marne giallognole, zeppe di *septarie* a geodi radiate di *calcite* e di *quarzo*.

Finalmente la serie è chiusa con discordanza di una molassa biancastra ed azzurrognola, che va gradatamente sviluppandosi verso Fortunago e Stefanago e che spetta al piano del calcare arenaceo del monte Vallassa e della Rocca di Tortona. Nè quivi, nè in vicinanza le arenarie alternate colle argille e quelle identiche che per grande potenza le ricoprono, presentano altro avanzo organico tranne qualche rara fucoide e quel frammento di vegetali carbonizzati, indeterminabili, che sono così comuni sulla superficie delle arenarie di tutte le epoche.

Non vorrò certamente escludere la possibilità che al disotto di questo affioramento di argille scagliose, contenenti i banchi di conglomerato granitico, possano esistere delle rocce ofiolitiche; anzi questa esistenza mi pare quasi certa. Ciò però non toglie che quivi il conglomerato granitico ne sia affatto indipendente, essendo stratificato colle argille scagliose e potendo esistere tra queste e le sepolte serpentine una zona anche potente di rocce prettamente sedimentari. Ed a ritenere che ciò sia in fatto mi induce il considerare che i meno lontani affioramenti ofiolitici, che per quanto io sappia sono a Romagnese ed a Zebedassi di Volpedo, a 15 e 17 chilometri in linea retta della Costa Pelada, sono sicuramente compresi tra i calcari marnosi a fucoidi al disotto e le arenarie micacee alternate con marne compatte al di sopra; e che le argille scagliose si sviluppano soltanto a qualche distanza di questi affioramenti, nei dintorni del Carmine e di Moncalvo e presso Godiasco.

Le particolarità litologiche di questo conglomerato non sono gran fatto diverse da quelle della roccia compresa nelle serpentine; potendosi notare soltanto un maggiore sminuzzamento dei frammenti granitici, una minore abbondanza di clorite nella pasta ed una più pronunciata alterazione del feldispato, senza sfaldatura distinta ed opaco. Importante è piuttosto la presenza di frammenti ofiolitici associati al granito, la quale assai bene si combina coll'associazione dei banchi di questo conglomerato granitico alle accennate breccie ofiolitiche, feldispatiche, a cemento siliceo. Epperò la composizione litologica, al

pari della giacitura di questo più recente rimpasto granitico, annesso alle argille scagliose, costituiscono un fatto dello stesso ordine forse, ma distinto dall'altro dell'esistenza di un conglomerato granitico tra gli espandimenti delle serpentine.

Evidentemente il nesso genetico, che si può intravedere tra questo secondo conglomerato e le argille scagliose, stante la composizione chimica di queste, è più verosimile di quello che si può ammettere tra il più antico conglomerato, ad elementi più integri e le serpentine. Il banco di brecciola serpentinoso a frammenti feldspatici, associati al conglomerato, stabilisce per questo più recente giacimento un'importante transizione e nel tempo stesso dimostra che qui trattasi di una vera elaborazione di materiali preesistenti, granitici ed ofiolitici. E nel caso si ammetta, come io faccio senza esitare, l'origine eruttiva delle argille scagliose, abbiamo in questo giacimento di conglomerato granitico ad esse associato una prova che questa elaborazione si limitava negli ultimi periodi del vulcanismo sottomarino dell'Apennino settentrionale a produrre dei magma fangosi, carichi di ossidi e dei minerali accessori, che noi conosciamo accompagnare spesso le argille scagliose.

Qual'è il nesso che collega queste argille colle rocce ofiolitiche? È forse questo nesso una conseguenza di quell'altro ancora da ricercarsi tra le serpentine ed il conglomerato granitico, od i graniti, o le rocce altrimenti feldspatiche, che li accompagnano? Ed anche limitandosi a più speciali questioni, tutte le rocce che nelle precedenti pagine dissi eruttive, per quali meati eruppero ed in quali condizioni si espansero e quali ne sono precisamente i limiti cronologici? Ecco altrettante dimande, alle quali sono impari certamente le poche notizie ed i riflessi che con questo scritto aggiungo a quanto si conosce nella intralciata questione dei rapporti tra le rocce serpentinosi, essenzialmente magnesifere e le rocce feldspatiche, dalle quali sotto varie forme sono esse accompagnate. Nè dubito che i fatti accennati sieno per trovare numerosi raffronti, non solo sulla formazione ofiolitica eocenica, ma eziandio nelle altre formazioni serpentinosi, di epoca molto più remota, che abbondano cotanto nelle Alpi occidentali e non mancano nella continuazione di esse, che affiora nella parte centrale e meridionale della nostra penisola.
