

T. TARAMELLI

NOTE GEOLOGICHE SUL BACINO IDROGRAFICO

DEL FIUME TICINO

(Estr. dal Boll. della Società Geologica Italiana. Vol. IV° Anno 1885)

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1885

PARTE I.

Introduzione. — Cenni orografici. — Note bibliografiche. — Descrizione sommaria del bacino ticinese, delle morene e delle alluvioni che ad esso corrispondono.

Per quanto numerosi e pregevoli, gli studî pubblicati sulla geologia del bacino ticinese non bastano tuttavia, a mio avviso, a chi voglia compilare una carta geologica anche in scala mediocre di questa regione; nè ad un rilievo definitivo di essa è possibile accingersi al presente, mancando ancora la carta topografica a curve altimetriche per la porzione di questa area facente parte del nostro regno. Non sarà pertanto inopportuno, nè inutile, il raccogliere gli elementi più importanti per questo futuro rilievo, aggiungendovi qualche dettaglio sopra una zona, sulla sinistra del Verbano, la quale, per la posizione sua perimetrica nel meritevolissimo foglio XXIV della Carta svizzera e per essere stata sino a questi ultimi anni dal difetto di buone e comode vie segregata dal rimanente del circondario varesino, si trovava ad essere meno dettagliatamente conosciuta ed in parte erroneamente interpretata dal foglio stesso. E se questa seconda porzione del mio compito fu lieve per la ristrettezza della zona scelta e per la non grande asprezza dei monti che vi si elevano, il tentativo di un tal quale ordinamento negli scritti risguardanti il rimanente del bacino, dettati in epoche differenti, con idee disparatissime e con una serie cronologica di terreni assai incerta, non fu altrettanto agevole e temo fortemente che sia riuscito poco felice. Tuttavia non mi astenni dal-

l'inserire il presente scritto in un volume destinato ad onorare la memoria dell'ottimo cittadino e scienziato, Quintino Sella, perchè era quanto di meglio potessi fare nelle attuali condizioni mie e perchè più volte, negli ultimi anni della sua vita, Egli aveva approvato questo mio intendimento di occuparmi di questo tratto di catena alpina, dove si è abituati a credere esista un fortissimo distacco quanto alla natura ed alla disposizione dei terreni lombardi e piemontesi. Idea erronea, come vedremo, e non ultima conseguenza del regionalismo, che improntava gli studi dei geologi italiani anche molto tempo dopo la fortunata unificazione della patria nostra. Inoltre questo studio mi porge occasione di presentare talune considerazioni sulla origine dei bacini lacustri prealpini, le quali io desidererei fossero giudicate dai colleghi prima di essere applicate ad uno studio più vasto della orogenesi padana, a cui ho fissata la mente da qualche anno. Colla scorta dell'unito *schizzo geologico*, non sarà difficile al lettore, che non fosse pratico dei siti, di orizzontarsi nella rivista bibliografica, che sono per imprendere; mentre la seconda tavola della porzione mediana del bacino verbanò, potrà riuscire un materiale di qualche valore per la compilazione della futura carta geologica di questa interessantissima regione. Dell'avere poi scelta una delimitazione idrografica al campo di queste mie osservazioni furono ragioni: l'accennato obiettivo, che mi era proposto, della storia geologica del bacino lacustre verbanò ed il fatto proposito di iniziare con questo scritto una rivista geologica delle valli lombarde, pigliando le mosse dagli importanti lavori geologici e paleontologici dei signori Stoppani e Curioni; dopo la pubblicazione dei quali, si ebbero bensì molte monografie per regioni e per terreni e furono pubblicate anche delle carte pregevolissime, come quella del mio amico prof. Antonio Varisco per la provincia di Bergamo, ma resta tuttora il desiderio di un lavoro riassuntivo, il quale parmi conveniente che preceda un rilievo definitivo, acciocchè il minuto dettaglio di questo rilievo non perda poi di vista l'obiettivo di una carta geologica e non decomponga di troppo le formazioni confondendo i fenomeni.

Il fiume Ticino percorre solitario, perchè collocato sopra un rialzo alluvionale, il tratto dal Verbanò al Po; serbandosi però incassato in terrazzi dapprima molteplici ed elevati complessiva-

mente oltre cento metri, poi semplici e collegati col terrazzamento padano. La depressione terrazzata si allarga in talune sezioni oltre tre chilometri ed il fiume la percorre con letto sempre più instabile da monte a valle, e talora tutta la inonda, come nelle piene del 1857 e 1868.

In tutto il suo decorso a valle del lago il Ticino è navigabile, però assai difficilmente sopra la presa del Naviglio grande; le navi scendono colla velocità media di 6 chilometri all'ora con un carico che può toccare le venti tonnellate e che è decuplo di quello che le navi ponno portare nella salita, che si fa a forza di cavalli in quasi due settimane.

Debbo alla cortesia del signor ingegnere Edoardo Sassi, del Genio civile, i seguenti dati idrografici sul fiume Ticino.

« Il bacino scolante vel Verbano è della estensione di 6466 chil. quadr.: il bacino imbrifero del tronco di Ticino emissario del lago è di chil. quadr. 762; in totale quindi si scaricano nel Po le acque di una superficie di 7228 chil. quadr.

« Il fiume è quasi sempre incassato; la larghezza media in magra è di metri 65 da Sesto Calende a Tornavento, con pendenza di 2 metri per chilometro; da Tornavento a Boffalora è largo 100 metri con cadente di m. 1,06: da Boffalora a Pavia è largo 120 metri con pendenza di m. 0,60; ed infine nell'ultimo tratto da Pavia alla Becca è largo 120 metri con pendenza di 0,234 per mille.

« In piena, le larghezze del fiume sono di 125 metri a monte di Tornavento, di 375 da Tornavento a Boffalora, di 400 a 460 più a valle, tra le arginature. La profondità media varia da metri 1,50 a metri 4,00 per le acque ordinarie; di fronte alle difese di Zerbolò e di Canarazzo si hanno le maggiori profondità, che superano i 6 metri; pari a 11 metri riferita al pelo delle massime piene.

« La velocità del Ticino è grandissima. È massima da Sesto Calende a Tornavento, di metri 5,25, e pur diminuendo, si mantiene sino a Boffalora di metri 4,40. È quindi tra 2 e 3 metri da Boffalora a Bereguardo e negli ultimi tronchi da 0,90 a 0,50.

« Il Ticino, come fiume lacuale, offre deflussi pochissimo variabili. Infatti, secondo Lombardini, le minime, le medie e le massime portate dal dicembre al marzo sono proporzionali alle

cifre 1,00, 1,20 e 1,70; nell'aprile alle cifre 1,00, 1,68 e 2,44, e nel maggio al principio della piena estiva alle cifre 1,00, 1,50 e 2,37.

« Le maggiori piene del Ticino dal 1705 al 1882 furono diciassette, distinte nel modo seguente all'idrometro di Borgo Ticino :

| | | | | | |
|------|---------------|--------------|---------------|------|-----|
| N. 6 | da metri 3,50 | a metri 4,50 | sopra lo zero | | |
| » 5 | » | 4,50 | » | 5,50 | » » |
| » 3 | » | 5,50 | » | 6,00 | » » |
| » 3 | » | 6,00 | » | 6,35 | » » |

« Il Ticino ha piene proprie, prodotte in tutto il suo tronco dalle piogge e nevi nel suo bacino, che portano anche il Verbano a grandi escrescenze; ad esempio quella del 5 ottobre 1868, che raggiunse all'idrometro di Borgo Ticino l'altezza di metri 6,33 e durò 318 ore. Ha poi delle piene nell'ultimo tronco prodotte dal rigurgito del Po, delle quali la massima è quella del 22 ottobre 1857, che segnò al predetto idrometro l'altezza di metri 6,35 sopra la guardia e durò 210 ore. Nell'ottobre 1872 l'altezza non oltrepassò i metri 4,90 ma durò 300 ore.

« Il deflusso unitario medio del Ticino, secondo il Lombardini, è di metri cubi 411 pel modulo o portata ordinaria, non jemale; di metri cubi 4500 per la massima piena dell'ottobre 1868; di metri cubi 71 per la magra massima assoluta e di metri cubi 110 per la magra massima annuale. Questi ultimi dati di deflusso non comprendono la derivazione del canale Vilorresi, le cui competenze nominali sommano a 40 metri cubi. Devesi inoltre notare che nei tronchi inferiori la portata di magra si accresce per le infiltrazioni e travenazioni copiose, provenienti dai terrazzi quaternari e specialmente dal destro dopo la introduzione del subdiramatore Quintino Sella, del Canale Cavour, sui territori di Gamboldè, Garlasco, Groppello, Carbonara e Villanova (¹).

(¹) Le piene principali del Ticino hanno le seguenti date ed altezze, riferite allo zero dell'idrometro di Borgo Ticino: 1705, 4 novembre di m. 6,20; 1791, 22 ottobre e 1801, 2 novembre di m. 5,54; 1807, 2 dicembre di 4,48; 1810, 17 settembre di 4,41; 1839, 18 ottobre di 5,20; 1841, 31 ottobre di 4,59; 1846, 18 maggio di 5,39 e 20 ottobre 5,75; 1857, 22 ottobre di 6,35; 1868, 5 ottobre di 6,33; 1872, 22 ottobre di 4,90; 1876, 26 aprile di 3,68; 1879, 30 maggio 4,49; 1882, 22 settembre di 3,55.

« La capacità moderatrice del Verbano per le piene del Ticino nell'ottobre 1868 venne calcolata da Lombardini oscillante fra la metà ed un terzo degli efflussi del bacino scolante, a seconda dell'altezza assoluta della piena. In altri termini, essendosi avuto per due volte l'enorme afflusso di metri cubi 10 mila al secondo, per una prima volta si ebbe dal lago l'efflusso di mc. 3500, e per una seconda volta appunto la portata massima di mc. 5400.

« La propagazione del colmo di piena da Sesto Calende al ponte vecchio di Pavia sarebbe avvenuta coll'intervallo di 38 ore nell'ottobre 1868 ».

Uscirei dal seminato, con molta incompetenza per giunta, se mi dilungassi sulle condizioni idrografiche di questo fiume, ricordando i molti cangiamenti di letto che esso presentò nei due ultimi tronchi, indagando le ragioni delle sue escursioni in rapporto specialmente coi manufatti e colle arginature, oppure studiando i rapporti colle vicissitudini climatologiche, di cui il risultato molto sensibile per chiunque tenga d'occhio da qualche lustro questo fiume, si è un esaurimento assai marcato, dimostrato dalla durata e dal basso livello delle magre. Piuttosto, convinto che la orogenesi di questo come di ogni altro bacino orografico si debba all'azione erosiva delle acque pluviali, torrenziali e fluviali, pongo in evidenza questo enorme lavoro di erosione, svoltosi in epoca posglaciale; la quale pur si deve ritenere un'epoca di magra rispetto alle condizioni climatologiche quaternarie, e credo ancor più rispetto alle terziarie. Imperocchè se di queste ultime mancano nel bacino ticinese i depositi continentali, rimangono invece i profondissimi solchi, lasciati durante il terrazzamento orografico delle alte vallate, per centinaia di metri là dove la incisione posglaciale può calcolarsi al più di 40 metri, in media, nella roccia viva.

Chiare di consueto, le acque del Ticino si fanno nelle piene limacciose e sabbiose; le ghiaie rapidamente diminuiscono in grossezza nel letto attuale da Vigevano a Pavia; più a valle stendonsi sabbie ed argille. Le ghiaie della valle terrazzata sono a luoghi assai grossolane, perchè rappresentano il relitto della erosione, che produsse il terrazzamento. Ed altro effetto di questo lungo lavoro di cernita è stata la formazione dei banchi di sabbie titanifere, giargonifere ed aurifere, quali appunto si lavano

per la raccolta del pregiato metallo nel tratto da Vigevano a Pavia (').

Anche prescindendo da questa specialità delle sabbie aurifere, che del resto in proporzioni minori trovansi anche nelle alluvioni del Lambro e dell'Adda, le ghiaie e sabbie del Ticino sono caratterizzate dalla abbondanza dei porfidi quarzosi rossi e bruni, provenienti dalla nota zona, che dalla Sesia scorre per Arona ed Angera al circondario varesino ad ai dintorni di Lugano, costituendo a sua volta uno dei tratti più interessanti della geologia ticinese. Mancano per contrario quasi assolutamente i calcari, solo trovandosi raramente i ciottoli di saccaroide della zona azoica, di cui vedremo la posizione abbastanza bene delineata tra le rocce cristalline. Alla quale composizione litologica offre un forte contrasto quella delle correnti laterali, per la Sesia colla grande prevalenza degli elementi gneissici ed amfibolici, per l'Olona e pel Lambro per la presenza degli elementi calcari, tolti dalle formazioni secondarie. È molto probabile che la mancanza di un conglomerato quaternario sotto e tra le alluvioni del Ticino, a differenza dalle conoidi dei confluenti dalle prealpi lombarde, dipenda semplicemente dalla scarsità del calcare nel bacino e quindi nelle alluvioni di questo fiume; ma può anche darsi che il terrazzamento non abbia raggiunto, per quanto profondo, il livello delle prime alluvioni, che tennero dietro al progressivo sollevamento pospiocenicico e dobbiamo lamentare la mancanza di trafori abbastanza profondi, che possano informarci della composizione di questa enorme congerie di detrito, accumulatasi nel giro di tanti secoli per opera di ghiacci e di acque scorrenti allo sbocco della vallata ticinese. La profondità, per quanto mi risulta, dei pozzi sulla sponda lombarda delle terrazze da Somma e Magenta varia dai 50 a 16 metri.

Del Cusio, del Verbano, del Ceresio e dei laghi minori converrà che faccia parola in un capitolo speciale, per ora limitandomi ad osservare come nessuno di essi si possa dire sbarrato e quindi causato da morene; mentre hanno tutti un rapporto più o meno evidente colla stratigrafia delle formazioni nelle quali

(') T. Taramelli, *Descrizione geologica della provincia di Pavia*, con annessa carta geologica. Milano, 1882, p. 144.

sono scolpiti. Ciascuno di essi poi va studiato da per sè per le peculiari sue condizioni, siccome risultante da varie e molteplici cause. Un fatto importante, dal punto di vista della formazione di essi bacini lacustri, si è la esistenza di ampie incisioni a vallé di essi, e l'essere tutte, meno che pel Verbano, state abbandonate dallo scaricatore del lago. Epperò se la presenza dei bacini lacustri parve a talun geologo un fatto trascurabile, io invece la riconosco di altissima importanza e degna di uno studio, che sarà tanto più sicuro quanto più precisi e più abbondanti saranno i dati batimetrici, fisici e biologici, quali appunto vanno raccogliendosi da alcuni miei egregi colleghi, ed in particolare dall'infaticabile e dotto professore Pietro Pavesi.

Parmi che dal punto di vista della orografia il bacino ticinese possa ripartirsi nelle seguenti porzioni:

1° Un bacino principale, che raccoglie le acque del crinale alpino dal passo di Novena (*Nufenen Pass*, 2446^m) a quello del S. Bernardino (2063^m), per mezzo delle valli confluenti nel Ticino a monte del Verbano od all'estremità superiore di questo.

2° Un bacino orientale, del fiume Toce, che raccoglie le acque delle più elevate catene del M. Rosa, del Pizzo d'Andolla, del M. Leone e dell'Ofenhorn; la depressione del lago d'Orta continua orograficamente la valle del Toce.

3° Il duplice bacino del Ceresio, risultante di due valli allacciate da una culmina sommersa e corrispondenti alle due incisioni di Arcisate e di Mendrisio; la più orientale di queste valli si protende verso il bacino del Lario, parzialmente sommerkendo l'altra culmina infraliasica del ramo di Porlezza.

4° La Val Travaglia e le depressioni radianti di Mesenzana, V. Cuvia, Val di Brincio e Valganna.

5° Le depressioni minori di Varese, Bardello, Monate e Comabbio, delle quali le morene hanno modificato il carattere orografico, senza però obliterarlo completamente; mancando questi cumuli potentissimi di detrito glaciale, forse queste depressioni non sarebbero allagate e di certo le loro acque non volgerebbero al Verbano.

Questa divisione corrisponde, non foss'altro, al vario carattere orografico che il bacino presenta nelle enumerate sue porzioni. Infatti, abbiamo nel bacino centrale, al quale può ascriversi la

porzione del Verbano a nord di Luino, una grande stesa di monti non molto elevati, con una struttura stratigrafica piuttosto semplice ed uniforme, con una talquale simmetria di andamento nelle formazioni ai due lati. Volendosi unire a questa porzione tutto il bacino verbano, converrebbe notare che a sud di Luino tale simmetria vien tolta, non solo per la mancanza sulla destra dei piani secondari che si sviluppano sulla sinistra, ma anche per la direzione delle formazioni cristalline e del lago stesso, secondo le rocce più erodibili, cioè i micascisti sericitici.

Il bacino del Toce offre invece, in particolare sul suo lato occidentale, delle vette elevate in media un migliaio di metri più che le montagne dell'alto Ticino; presenta un allineamento orografico ed in parte anche idrografico, pei confluenti secondari, con direzione nord-est; preso in complesso è un ondulato altipiano, sul quale poi riposano masse colossali, l'una dall'altra distaccate da vetusta abrasione. Le valli più profonde e spesso interrotte da cascate; ivi più vasti i ghiacciai; le formazioni cristalline recenti sono più sviluppate e le condizioni tectoniche sono assai più complicate in confronto col bacino centrale, risultandone curve assai strette e contorcimenti e rovesciamenti quasi incredibili.

Le due valli del Ceresio hanno monti di mediocre altitudine, vari per carattere di profilo, non meno che per natura litologica; l'allineamento a nord-est si mantiene così nelle formazioni come nelle fratture delle masse porfiriche e scistose; alquanto variato si continua nella culmina di Porlezza. Quivi si compendiano i vari aspetti di paesaggio, che si incontrano nelle prealpi lombarde, a brevi distanze succedentisi con forte risalto ma pur sempre armonicamente, perchè sulla varietà del dettaglio campeggia la maestosità dell'andamento stratigrafico, da alcuni punti di vista presso Lugano evidentissimo; il panorama è incorniciato dagli svelti profili delle montagne dolomitiche.

Il quarto riparto, colle sue vette sotto ai duemila metri, colla indescrivibile varietà dei suoi versanti, col singolare irradimento delle sue valli, coll'abbondanza della vegetazione boschiva, colla frequenza di paesi e borgate, costituisce una regione amenissima ma altrettanto ardua per lo studio stratigrafico; anche perchè le località fossilifere, meno che pel lias, sono rade e poco abbondanti e vengono meno non pochi caratteri litologici, che pure

hanno qualche valore nello svolgimento dei vari terreni secondari di Lombardia. È un edificio di vòlte mesozoiche mezzo sfasciate, riposanti sopra una base corrugata di scisti cristallini oppure sopra i colossali e ripetuti espandimenti porfirici, anteriori al trias. Anche qui, a brevissima distanza, si può attraversare lunga serie di terreni; ad esempio da Caldè a Cuveglio, oppure da Ganna a Varese.

L'ultima divisione è caratterizzata, come si disse, dallo sviluppo delle morene ed è anche la sola che presenti depositi marini eocenici, miocenici e pliocenici. L'asse stratigrafico è parallelo a quello del Verbano pel tratto occidentale; ma presto si dirige a levante e verso Como si cangia in nordovest-sudest. Si passa rapidamente dal monte al colle, e questo si eleva dal molle ondeggiamento delle alluvioni antiche trasformate in *ferretto*, oppure si confonde colle cerchie moreniche così intimamente da tornare alcune volte difficile lo scernere il deposito glaciale dallo sfacelo superficiale del conglomerato miocenico, che talora contiene grossissimi blocchi. Allo sbocco delle due vallate d'Arcisate e di Mendrisio la tectonica delle formazioni mesozoiche è molto complessa e fu assai bene districata dal mio compianto amico E. Spreafico; dal lato sud-ovest invece il miocene e l'eocene sono regolarmente incurvati in una vòlta, di cui l'asse guarda a sud-ovest dirigendosi verso i colli di Ticino, costituiti da rocce isocrone.

Oltre a questa ripartizione dell'area esaminata, debbo accennare ad un'altra divisione, altrettanto semplice quanto importante pel significato tectonico, che si può fare tra una regione alpina a monte ed un'altra prealpina a valle di una curva, che si svolge dall'alta valle della Strona a Locarno, Bellinzona e passo S. Jorio, rappresentando ad un dipresso il limite settentrionale delle più ampie zone dei terreni cristallini recenti, quivi mostrandosi con caratteri litologici alquanto diversi che nelle masse del Rosa, del Sempione e del Gottardo.

In confronto colla regione concentrica prossima all'estremo meridionale del Lago, nella porzione settentrionale abbiamo un andamento di terreni meno accidentato, sempre però interrotto da faglie e da discordanze assai più numerose di quanto possa indicarsi sopra profili teorici. È importante il notare come i terreni mesozoici, che si presentano nella regione alpina, abbiano un aspetto decisamente

diverso da quello dei terreni isocroni della regione prealpina, presentandosi assai scarsamente fossiliferi e colle tracce di un innegabile metamorfismo, il quale rende molto incerti i riferimenti cronologici ed ha cagionato degli apprezzamenti teorici assai disparati. Considerando la verità di questo fatto, nell'area ticinese e meglio ancora nelle valli della Mera e dell'Adda, ho dovuto modificare sensibilmente le idee esposte in un piccolo lavoro sulla Valtellina paragonata alle montagne di Calabria e persuadermi che la zona amfibolico-serpentinosa, cogli scisti sericitici, è superiore alla massima parte delle lenti gneissiche e granitiche spettanti alla zona delle rocce cristalline recenti, ed inferiore alla zona scistosa, che corrisponde al *verrucano* alpino e che spesso lo comprende od immediatamente lo sostiene. Ed è sopra questi equivalenti della formazione permo-carbonifera che si adagiano talune masse di calcari e dolomie incompletamente saccaroidi, che non si possono confondere nè coi calcari triasici nè coi marmi della formazione cristallina e neppure colla zona marmorea più recente, compresa tra gli argilloscisti sericitici di Dongo, sul lago di Como, e che si ripetono quasi identici a Montaldo di Ivrea, in valle Loana a sud delle Centovalli e nella principale depressione della Valtellina. La valle Loana cade appunto nell'accennata zona amfibolica, la quale separa la regione alpina dalla subalpina del nostro bacino ticinese; e la presenza di una roccia, che con tanta probabilità rappresenta il trias, lungo questa zona è non lieve conferma alle idee del signor Rolle sullo schema tectonico della massa dei terreni cristallini della regione, i quali sarebbero incurvati in un grande sinclinale, coricato a sud, continuantesi ad arco dalla Valtellina a Domodossola. Meglio però di un semplice sinclinale, è un fascio di pieghe, strette e per lo più adagate sopra un lato; tanto che la zona amfibolica si decompone in varie zone secondarie, così nella val Sesia, come nello spartiacque Chiavennasco e più ancora nella Valtellina. Questo è il motivo stratigrafico più sagliente nella tectonica dell'area ticinese e sebbene tutto il resto ed anche i particolari di questo dettaglio meritino ulteriore dilucidazione, tuttavia esso costituisce una base importante per un orientamento cronologico, dal quale mi sarei sempre più allontanato se fossi rimasto nelle idee, che mi ero formato con una inesatta interpretazione dei rapporti tectonici nella Valtellina e

colla lettura degli scritti dei geologi piemontesi, scompagnata dall'esame delle località da essi illustrate e che in questi ultimi anni ebbi il vantaggio di poter visitare in compagnia dell'egregio collega Martino Baretti.

Quanto ai rapporti tra la struttura geologica e la conformazione superficiale della regione, non posso che ripetere quanto hanno esposto con vivaci tinte i signori Lavizzari e Gerlach, i quali misero in risalto la differenza tra le montagne costituite da micascisto o da gneiss micaceo e le altre di gneiss porfirico o compatto, e non mancarono di notare lo speciale portamento degli scuri dirupi amfibolici lungo tutta la zona, che ho rappresentata sullo schizzo geologico, nonchè il frastaglio assai vario ed artistico dei profili e dei versanti nei monti granitici. Che se le rocce più compatte sono attraversate da valli, anche secondarie, si è quivi che l'incisione assume il carattere di spaccatura, spesso perdurando la fase di cascata, la quale fu rapidamente superata nel modellamento dei tratti di valle e dei circhi in terreno micaceo-scistoso. Non so se venne notata la straordinaria frequenza di cascate laterali, dai versanti delle principali vallate di Maggia, Verzasca, Levantina, Olivone e Misocco; ma credo di non errare attribuendo questa frequenza alla forte differenza nella intensità della erosione torrenziale tra il recipiente ed il confluente. Il che dimostra la origine prevalentemente esogena delle depressioni. Non si deve d'altra parte negare ogni valore all'altro fatto dello irradiamento delle vallate dell'alto Ticino, confluenti verso l'estremità del Verbano appunto nel tratto dove si cambia la direzione delle formazioni, il che lascierebbe intravedere una prima origine per frattura delle principali solcature, che poi le acque hanno allargato enormemente, intaccando ed erodendo, a mio credere, le masse delle incurvate formazioni anche là dove non erano infrante da rotture beanti. Epperò la corrispondenza della idrografia colle accidentalità della stratigrafia è molto larga ed approssimativa; per conseguenza sarebbe erronea ogni deduzione teorica, che si volesse trarre dalla direzione delle valli e dei crinali allo scopo di fissare l'epoca del sollevamento o dei vari sollevamenti o corrugamenti, che furono la causa precipua della formazione di queste montagne. Meno che per la anatomizzata massa del Gottardo, le osservazioni fatte sino al presente sono

insufficienti per determinare anche alla lontana il reticolato di fratture concomitanti il corrugamento orogenetico della regione in discorso. Stabilitasi una depressione in corrispondenza della zona assai erodibile degli scisti micacei e sericitici da Luino ad Arona e quivi convergendo gradatamente delle altre depressioni, che a monte sempre più sprofondavansi nella massa alpina, si formò per azione esogena il bacino ticinese, compreso il lungo tratto al presente occupato dal Verbano. Per cause endogene possono invece essere avvenute la confluenza in questo bacino delle acque del fiume Toce e la conversione in lago dell'antica valle pliocenica, secondo un ordine cronologico che vedremo più innanzi, sempre però coll'aiuto validissimo della erosione o dell'interrimento per opera delle correnti.

Una particolarità dell'area ticinese, che però si ripete anche nelle regioni scistose delle altre vallate lombarde, è la frequenza dei laghetti montani, i quali, se rappresentano dettagli di piccola importanza e transitorî nella storia di una regione, non mancano di offrire uno speciale interesse per la molteplicità dei fenomeni ai quali devono la loro formazione; e ciò anche quando a primo aspetto si direbbero semplicemente formati da morene o da frane. Ve ne sono poi taluni, come quello di vall'Antrona, che devonsi semplicemente ad arrestamento per frana e questi sono evidentemente i più transitorî.

Come appare da un primo sguardo allo schizzo geologico, la regione presenta una disposizione di terreni abbastanza regolare: se non che in corrispondenza del bacino luganese la pendenza divergente delle formazioni secondarie, addossate quasi a cupola intorno alla massa dei porfidi paleozoici e la abrasione che smembrò verso tramontana tale cupola, i porfidi stessi ed il sottoposto tenue deposito carbonifero, rendono l'andamento delle formazioni meno normale e causano quell'apparenza di localizzato sforzo di sollevamento, alla quale si dovettero delle ipotesi e degli errori ben noti nella storia della geologia. Fra le regioni alpine, questa del Verbano è di certo una delle più ripetutamente studiate.

Sullo scorcio del secolo passato l'abate Carlo Amoretti nel suo « *Viaggio ai tre laghi* » (Milano, 1794) con diffuse e spesso eleganti descrizioni e con induzioni talora felici contribuì non poco a chiamare l'attenzione dei geologi su questa regione. Talune

nòtizie attendono tuttora di essere confermate, come quella dell'esistenza del giargone e del ferro titanato alla punta di Ranco e presso Feriolo; ma l'autore non ha mancato di notare come il nocciolo della Val Travaglia sia di scisti cristallini, che vide affiorare a Caldè con copiosi granati; e scorgendo le due rupi dolomitiche di Arona e di Angera, non dubitò di affermare che « il fiume Ticino si aprì qui la strada ». E quando nota la corrispondenza di taluni filoni piritosi nel gneiss micaceo presso Oggebbio e presso Maccagno si chiede se « non potrebbero mai somministrare argomento dell'essere stati una volta congiunti i monti di Cannero con quelli di Maccagno per un elevato piano, in cui l'acqua scavato abbia il bacino del Verbano ». A proposito della famosa disputa tra il Pini ed il Fleurieau sulla vulcanicità della resinite di Grantola, l'autore non crede di emettere un giudizio decisivo, notando però come sulla superficie alterata di questa roccia compaia evidente la composizione cristallina come nei porfidi dei monti circostanti. Al pari di altri scrittori posteriori, trovò degno di riflesso il silenzio degli antichi riguardo al Ceresio, ed appoggiandosi ad un manoscritto allora esistente nella Biblioteca ambrosiana di fra Jacobo d'Acqui, crede possibile che questo lago siasi formato prima del sesto secolo della nostra èra, per qualche sotterranea irruzione di acque, consimile a quella che il Castiglione descrive come avvenuta nel 1528.

Il Breislack (*), in tempi di maggiore avanzamento ma di ancor grande confusione di idee geologiche, aveva ripetutamente esposte le prime linee della geologia di questa contrada, in specie nello scritto postumo, che è a deplorare non sia accompagnato da una carta, perchè contiene particolari orografici e stratigrafici numerosi ed esatti. La prima carta geologica fu pubblicata dal De-Buch (†) accompagnata da notizie scarse e, quel che è peggio, esposte nel modo il più opportuno per appoggiare idee erronee, avanzate con asseveranza pari alla grande autorità acquistata dal dotto geologo. Il Breislack, sebbene ardente vulcanista, osa appena sostenere la vulcanicità della nota resinite ed in un passo

(*) *Institutions géologiques*. Milano 1818. — *Osservazioni sopra i terreni compresi tra il lago Maggiore e quello di Lugano*. I. R. Istituto lomb. ven. 1838.

(†) Ann. d. sc. nat. tom. 18°, 1829. Paris.

rimarchevole (p. 39) accenna alla possibilità di adunamenti molecolari mineralogeni all'atto di talune formazioni sedimentari antiche. Non confonde, come fa il De-Buch, il granito di Baveno colla granitite di Valganna, riconoscendo la connessione del primo cogli scisti talco-micacei che lo comprendono. I conglomerati e le arenarie soprastanti e sottostanti ai porfidi riferisce al *Rothliegendes* e non del tutto erroneamente, per le più antiche, all'epoca carbonifera. Riferisce al trias le suaccennate arenarie della punta di Ranco. Quando poi tratta delle formazioni calcareo-dolomitiche, sebbene con molta deferenza, tuttavia combatte l'erronea ipotesi del loro metamorfismo pel contatto coi porfidi, facendo notare come questi alla loro volta non avessero subito alcuna perdita nella loro composizione chimica, come avrebbe dovuto avvenire perchè nelle formazioni calcari al loro contatto si condensasse una copia sì grande di carbonato di magnesia. Meno felice è la interpretazione della conca verbanica; non già quando l'autore suppone che il seno di Pallanza fosse un tempo da questa disgiunto e comunicasse con un gran lago, che occupava gran parte della valle del Toce, ma quando, a proposito delle dolomie di Angera e di Arona, alla semplice e giusta idea dell'Amoretti preferisce una sua ipotesi, che quivi al deposito calcareo preesistesse una fenditura nella roccia scistosa e che questa fosse poi sotto al mare percorsa da poderosa corrente, che vi impedisse la precipitazione dei sali calcari. Ma a questo sgraziato sforzo d'immaginativa era pur necessario che giungesse partendò dal principio, cui si ingegna di dimostrare, che non le acque hanno scavato le grandi valli ma la posizione di queste ha determinato il corso e la direzione delle acque. Però l'autore non manca di osservare come questi dossi calcareo-dolomitici constino entrambi di una porzione profonda, regolarmente stratificata, e di una massa superiore più compatta, ad Angera fortemente fratturata. Il sottostante porfido quarzoso viene riferito, insieme allo scisto, ai terreni di transizione.

A proposito della regione luganese, si domanda perchè mai i porfidi e gli scisti quivi non siano coperti per vasti tratti dalle formazioni calcari, che pure attingono all'ingiro delle altitudini considerevolmente più elevate. Alla quale domanda risponde sul chiudere dello scritto attribuendo tale lacuna ad una mancata

sedimentazione ed inclinando ad ammettere che graniti, porfidi e rocce scistose fossero più recenti dei calcari; ed in altro passo, ancora in seguito all'accennato suo concetto della antichità delle valli, suppone che tra Bissone e Maroggia i porfidi abbiano riempito un'ampia depressione nel calcare. Non dirò delle idee inesatte ed erronee sulla origine marina di tutte le argille lacustri od alluvionali del Varesotto, che l'autore vorrebbe confondere con quelle veramente marine della Folla di Induno, riscontrate più tardi ed in tenuissimi lembi al Faido presso il lago di Varese e presso Angera: l'autore però ha rilevato il fatto della esistenza di un'alluvione tenacemente cementata sotto al terreno erratico ed alle alluvioni grossolane ed incoerenti; e nello scritto per tanti pregi esemplare sulla Provincia di Milano, sebbene non abbandoni la sua ipotesi di una molto protratta sommersione del bacino padano, fornisce però molti particolari così sulla distribuzione degli erratici come sull'esistenza e natura del *Ferretto*, che occupa vaste aree a valle delle cerchie moreniche.

A quell'epoca comparve altresì il buon libro del Barelli (*) con notizie interessanti ed esatte sui minerali e sulla produzione delle miniere e delle cave, notando altresì dove sapeva esistere dicchi di rocce eruttive presso Intra, Crevenna e Selasca, o banchi di calcare saccaroide non ancora usufruiti, come a Lussogno, Sambughetto, oltre alle note di Candoglia, Ornavasso, Ascona e Crevola; nè tralascia di indicare i minerali di Baveno, le tormaline della Vall'Anzasca, del M. Moro e di Varzo, i granati di Trasquera e della Valle Diveria, la grafite presso la massa serpentinoso del colle d'Olen e presso Crevacuore, ed altre molte indicazioni per la regione appartenente alla provincia di Novara. Perdurava tuttavia la maggiore incertezza e confusione quanto alla serie delle formazioni scistose e cristalline sino alla comparsa di un'opera, che certamente segna una delle pietre miliari nella via percorsa dalla geologia alpina; voglio dire della *Geologie der Schweiz* del signor Studer (1852). Invero è mirabile la sicurezza, colla quale sono in questo libro distinte le principali membrature della catena alpina, si rileva la successione delle

(*) *Cenni di statistica mineraria degli stati di S. M. il Re di Sardegna*. Torino 1835.

rocce scistose verdi e grigie alle cristalline con feldespato, si nota la equivalenza stratigrafica delle masse serpentinosi colle amfiboliti, si descrivono i vasti e multiformi affioramenti e lembi del verrucano alpino e si afferma la spettanza all'era mesozoica dei varî lembi calcari sparsi sulle più elevate masse scistose. Inoltre si fanno noti i rinvenimenti già allora antichi (perchè taluni del Saussure ed altri di un decennio avanti dell'Escher) di belemniti entro gli scisti di Orsera e del passo della Furca; affermandosi come tali scisti siano compresi tra il gesso e degli argilloscisti neri, superiori al gneiss e come, oltre ai fossili contengano dei granuli imperfettamente cristallini, quali granati alterati e delle fibre di staurotide. Analoghi scisti esistono al passo della Griess, all'alpe di Curschellino, al Campo di Torba, a Battematt e Pomat lungo il Toce, a Valdesch e Bedretto alle origini del Ticino, ed a Fontana presso Airolo. Non sfugge all'autore l'esistenza di masse serpentinosi lungo lo spartiacque dell'alto Vallese, che vennero poi meglio definite dal Gerlach, e descrive minutamente l'andamento delle zone di calcari saccaroidi, che ho segnate nell'unito schizzo, notandone la associazione coi micascisti granatiferi. Secondo le idee di quel tempo, egli trova nel poco granito associato ai gneiss sottostanti a tale zona di calcare la causa della cristallinità di questo, che si considera formasse un'unica massa lenticolare di sedimenti mesozoici, smembrata e sconvolta dalle eruzioni plutoniche. A proposito del granito però, il venerato maestro della geologia alpina afferma esserne le masse grandi e piccole così strettamente congiunte ai gneiss da non potersi separare l'origine di queste due rocce; per modo che in questo libro e più decisamente ancora in una breve ma importante pubblicazione posteriore (1), l'autore inclina a ritenere anche i gneiss come roccia emersa allo stato pastoso, poi basaltizzatasi secondo certi assai regolari piani di sfaldatura, paralleli all'orientamento dei cristalli componenti. L'autore però è troppo ragionevole per voler estendere questa ipotesi a tutti i gneiss, non ignorando tutti quei casi di constratificazione tra i gneiss di calcari o di altre rocce sedimentarie, a cui di certo non potrebbe tale ipotesi essere applicata. Anche i rapporti stratigrafici delle rocce

(1) B. Studer, *Gneiss und Granit der Alpen*, 1872.

amfiboliche, micacee, granatifere colle sottostanti masse gneissiche, i contorcimenti degli interposti calcari, la somiglianza ai gneiss di taluni scisti grigi superiori al gesso (p. 223 V. 1) l'andamento della zona gneissica profonda dalla val Sesia allo Spluga, colle ondulazioni del soprapposto mantello scistoso, sono descritti con minuti particolari (p. 226-242 V. I); tantochè si potrebbero riportare per intero quelle interessanti notizie, che vennero di poco ampliate e giammai contraddette dai geologi posteriori. Fu altresì lo Studer il primo a notare il fatto importantissimo (p. 230) dappoi confermato dal Fritsch e dallo Stapff, della esistenza entro lo gneiss di veri dischi di micascisto, obliqui od anche perpendicolari al piano di scistosità del gneiss medesimo.

Mentre questo pregevole lavoro portava un primo ordinamento nelle idee sulla serie delle rocce cristalline, comparvero gli studî del signor Hauer sui fossili liasici della Lombardia e sui triasici del M. S. Salvatore, e poco dopo gli scritti dello Stoppani, dell'Omboni e dello Stabile, la memoria con carta geologica dello stesso Hauer e si dibatterono le dispute, le quali portarono la conoscenza della serie lombarda al punto di servire per molti anni come tipo negli studi del versante italiano della catena.

Quanto lo Stoppani ha descritto ed asserito circa lo sviluppo del piano infraliasico nei dintorni di Laveno, del lias inferiore e del giura dei dintorni di Varese, del terziario inferiore e medio nei colli di Comabbio, venne confermato in seguito in ogni dettaglio e fu del pari assai felice il riferimento del verrucano al piano superiore del carbonifero (p. 303 degli *Studi geologici e paleontologici sulla Lombardia*) accennandosene gli affioramenti a Bedero di Valtravaglia ed in Valganna. Furono del pari dello Stoppani le prime determinazioni dei fossili abbondanti a Saltrio ed Arzo, sui quali è di prossima pubblicazione una monografia del sig. Parona. In questi anni ancora lo Zollikofer⁽¹⁾ con ottime vedute stratigrafiche illustrava l'origine glaciale dell'anfiteatro a a sud del Verbano, trattava con molti dettagli del terrazzamento delle alluvioni, sosteneva, per spiegare la formazione di queste

(¹) *Beitrag zur Geologie der Lombardei*. Wien 1854. — *Géologie des environs de Sesto Calende*. Lausanne 1854. — *Bassin hydrographique du Pô*. Lausanne 1857.

ed i loro rapporti colle morene, la replicata discesa dei ghiacciai presso a poco come si potrebbe fare al presente dopo un trentennio di studi e di scoperte sul terreno erratico alpino; dimostrava lo spostamento progressivo verso sud del fiume Po, come un effetto della prevalente deiezione dei suoi confluenti alpini. Le sue osservazioni e le assennate considerazioni fanno deplorare assai che l'opera di lui in prò della geologia lombarda sia stata breve di troppo ed anche non abbastanza apprezzata.

Nel 1859 incominciava la pubblicazione dell'opera ben nota del Lavizzari (*), la quale oltre all'essere un buon compendio delle notizie fornite dagli autori precedenti, contiene osservazioni dell'autore assai numerose, in particolare sui monti mesozoici di Mendrisio e sui fossili liasici di Loverciano, Morbio, Muggio, Alpe Baldovana e S. Anna. Lo stesso naturalista ebbe anche il merito di aver eseguiti in compagnia del sig. Cantoni Giovanni dei numerosi ed accurati scandagli del Ceresio, dei quali diremo a suo luogo. Anche sul Verbano raccoglie importanti dati batimetrici e fisici, confrontandolo cogli altri laghi svizzeri. Il suo catalogo dei minerali è tanto più degno di nota quanto meno lo ricordarono gli autori posteriori, nei quali non trovai ripetute alcune sue indicazioni, come quelle della pietra ollare in Valle di Campo ed in Val Peccia, con fluorite, epidoto, cianite, granati, prehnite ed anatasio e l'altra delle miniere di ferro anticamente esistenti nella valle Marobia; appunto lungo quella zona di scisto, che è a ritenersi la più recente sull'asse dell'accennato sinclinale arrovesciato, svolgentesi dalla Sesia all'Adda.

Fu ancora in quel tunor che comparve la interessante Memoria del Pareto (†) nella quale vediamo una prima, benchè timorosa, discussione delle idee sull'epoca giurese dei sedimenti calcari e dolomitici superiori ai porfidi e posta in dubbio l'efficacia sollevante di questi; nonchè un felice riferimento ad epoche anteriori al permiano e forse anche al carbonifero della zona scistosa, che scorre alle falde delle Alpi piemontesi e che l'autore vide assai bene affiorare nel Luganese e nelle valli di Brinzio, di Ganna, di Me-

(*) *Escursioni nel Canton Ticino*. Lugano 1859.

(†) *Sur les terrains du pied des Alpes dans les environs du lac Majeur et du lac de Lugano*. Bul. Soc. géol. de France, 2 sér. t. 16, 1859.

senzana e di Val Travaglia. Egli riferisce al trias le rocce calcareo-marnose, che sono interposte tra le due dolomie sulla sponda sinistra del Verbano, nota pel primo i filoni di porfido nello scisto di Morcote; ma poco discorre delle varietà di rocce cristalline. Anzi cade nella stessa erronea associazione che aveva ammesso il De Buch del granito di Baveno colle granititi permiane di Borgosesia, Crevacuore, Arona e Valganna; estendendo anzi tale associazione sino a ritenere che tutte le varietà di granito, di sienite (presso Biella) e di porfidi altro non siano che diversi aspetti di una stessa formazione, dovuti a vario modo di raffreddamento o di fusione. Le rimanenti notizie date dall'autore sui terreni mesozoici e terziari non sono più complete nè più istruttive di quelle delle altre contenute negli scritti precedenti dello Stoppani, dell'Hauer e dell'Omboni; essendo anche meno esatta l'idea che si debba soltanto all'anfiteatro morenico di Gozzano se il bacino di Orta si scarichi a nord piuttosto che a sud. Però, come in tutti gli scritti del Pareto, abbondano i confronti lontani e sicuri, ed i profili, in particolare il 4° passante per Lugano, hanno il merito di una distinta approssimazione alle condizioni tectoniche reali.

Dopo la pubblicazione del Pareto passò un periodo abbastanza lungo senza che alcun geologo direttamente si occupasse dell'area ticinese. Indirettamente ne trattarono: il Suess, nel noto lavoro sugli equivalenti del *Rothliegendes* nelle Alpi meridionali, riferendo gli scisti a sud di Luino e di Cannero ed i graniti di Montorfano e Baveno al permiano inferiore, e l'Hauer, che ne comprese la porzione lombarda nella sua carta geologica d'insieme dell'impero austriaco, distinguendo meno esattamente i gneiss dagli scisti e riferendo al trias i porfidi bruni e neri, come fece anche il Curioni ed erroneamente pensai io pure per alcun tempo. In complesso mancava ancora un lavoro, che almeno di una porzione di quest'area somministrasse dei dati bene accertati e concatenati in una serie cronologica in accordo con quella applicata nelle regioni circostanti. Ai signori Negri e Spreafico spetta il merito di aver compiuto un tal lavoro per le adiacenze di Lugano e di Varese (1) in modo da mostrare con molta evidenza non solo la

(1) Mem. R. Istituto lombardo 1869.

successione dei varî piani ma le principali condizioni tectoniche, e da porre fuori di questione ogni strascico delle erronee idee del De-Buch. Le principali linee di frattura, che realmente attraversarono la massa dei terreni sono dagli autori descritte in modo esemplare. La indicazione della florula carbonifera di Manno, che poi fu studiata da Herr e da Sordelli, fu altro progresso rilevantissimo della geologia ticinese. Se non che l'imperfetto studio dei porfidi non giunse allora a svelarne la struttura e le analogie con rocce porfiriche di altre regioni e gli autori hanno errato nell'assegnare la precedenza delle eruzioni dei porfidi quarziferi rossi rispetto a quelle dei porfidi, del pari assai acidi, bruni e neri, e forse anche nella ipotesi di alternate oscillazioni durante e dopo le emersioni porfiriche. Il che non sarebbe avvenuto se non fosse sfuggita agli autori l'importanza delle osservazioni del sig. Studer sulla iniezione di dicchi di porfidi rossi nel porfido nero di Maroggia. Altro errore, che poi fu corretto nella pubblicazione fatta da questi autori insieme collo Stoppani del foglio 24° della carta geologica svizzera, fu il riferimento all'infralias piuttosto che al trias norico degli scisti ittiolitici di Besano. Nella carta sono incorsi parecchi errori di dettaglio, specialmente per la regione presso il Verbano, rilevata dall'autore principale, che fu il compianto Spreafico, quando lottava col morbo che lo spense; ma in complesso la coloritura geologica di questo foglio è un lavoro pregevolissimo, come devono aversi a modello di descrizione le pagine del mio amico che pubblicai nella spiegazione della carta stessa, stampata nel 1882. Le distinzioni tra le varie rocce scistose e gneissiche lungo il Verbano e nell'area del Ceresio sono quasi sempre esatte. Credo però non del tutto accertata la supposizione che le formazioni cristalline sopra a Cannobbio sieno incurvate in anteclinale, il cui asse corrisponderebbe al confine: sebbene, come vedremo, questa supposizione sia il solo modo che attualmente ancora si presenti per intendere la tectonica di questo tratto di bacino. Alcuni dettagli di qualche rilievo, ma assai minuti, furono omessi nella stampa del detto foglio, come il tenue affioramento di porfido quarzoso bruno alla punta di Arolo e delle arenarie e marne screziate della creta superiore presso Besozzo, che furono attraversate dalla ferrovia appunto dove erano state indi-

cate dall'autore. Inoltre durante o poco dopo la stampa della carta stessa, gli scavi per le due linee da Baveno a Sesto-Calende e Garallate, hanno permesso di poter separare le morene dallo sfacelo, talora a grossissimi elementi alpini, del conglomerato miocenico; e lo svolgimento della discussione sul pliocene nei suoi rapporti col terreno morenico portò la scoperta di altro lembo di deposito marino presso Taino e dimostrò che non erano pliocenici altri lembi segnati come tali nel foglio in discorso.

Deve anche menzionarsi un lavoretto postumo di Spreafico (') accompagnato da tre profili assai interessanti, i quali dimostrano come egli fosse convinto dell'origine emersoria delle masse granitiche e dei dicchi secondari nell'area tra la Sesia ed il Verbano e quanto alla serie, come egli dividesse le idee del Gerlach, di cui diremo tra breve. È probabile anzi che ancora non le conoscesse completamente, ma fosse condotto ad idee analoghe a quelle soltanto per le proprie osservazioni; perchè queste erano in data dell'aprile 1870, pochi mesi dopo la pubblicazione del compianto geologo svizzero, al quale dobbiamo quanto di meglio venne scritto, dopo l'opera dello Studer, sulle formazioni pretriasiche delle Alpi Pennine (*).

Di questo scritto converrà che io esponga un breve sunto, perchè il lettore ne tragga la conoscenza dei principali caratteri litologici e dell'andamento delle formazioni cristalline in tutta la regione del Toce.

Nel descrivere gli accennati caratteri orografici in rapporto colle varie formazioni, il Gerlach fa anche notare come i maggiori rialzi si elevino sopra un altipiano ondulato ed assai profondamente inciso di circa tremila metri, e come col graduato piegarsi della direzione degli strati da nord-est a sud-est-est si avveri un lento deprimersi delle altitudini e delle selle. Nota la prevalenza delle valli trasversali; pur trovandosene però di longitudinali, quasi parallele alla direzione, come la val Bedretto, la vall'Intragna, la vall'Anzasca. La corrispondenza dei dettagli orografici colla

(') *Osservazioni geologiche nei dintorni di Orta e nella Val Sesia*. Atti Soc. it. di sc. nat. Vol. XXIII, 1880.

(*) H. Gerlach, *Die Penninischen Alpen*. Neue Denkschriften der allg. Schweiz. Gesellsch. B. XXIII, 1.

natura del suolo viene dall'autore ad ogni passo sentita e dimostrata. Così egli nota la posizione delle selle tra le varie masse ellissoidali di gneiss; talune assai elevate, come il Weissthor (3612^m) e lo Schwischenbergerpass (3272), altre più depresse come il Sempione (2020), il passo di Novena (2411), il passo di S. Giacomo (2308). Altre selle però, come il M. Moro (2862), il passo di Altrona (2844) ed il passo del Turlo (2770), non trovano una chiara ragione nella litologia e potrebbero essere il vestigio di qualche scomparso tracciato idrografico. Pigliando quindi le mosse dalle frane storiche, ricorda quella di Antronapiana, del 1642 che si estese per due chilometri e seppellì numerose vittime, e rimarca come lo scaricatore del lago, formatosi per tale frana, in ben oltre due secoli l'abbia incisa soltanto per la profondità da 15 a 20 piedi. Accenna appena agli altri analoghi scoscendimenti di Crodo, in vall'Antigorio, e di Campo e Bosco in val Maggia, dei quali aveva fornito alcuni particolari il Lavizzari. Quanto ai depositi quaternari, l'autore divide le idee del Morlot e dello Zollikofer sulla duplice discesa dei ghiacciai alpini, framezzata da un periodo di forti piene, per le quali si formarono le conoidi alluvionali coronate dalle morene, cadendo negli stessi errori di dettaglio, in cui ha inciampato il Gastaldi, ma evitando, ad imitazione del Desor, l'ipotesi della riescavazione dei bacini lacustri, che egli immaginava occupati dal ghiaccio anche in questo periodo intermediario. Parecchie alluvioni terrazzate, che il Gerlach riferisce a questo supposto periodo interglaciale, sono evidentemente posglaciali, come quelle a ponente di Intra e presso Palanza; oppure sono formazioni lacustro-moreniche, quali si osservano presso Baveno, presso Arona e per lunghi tratti sulla più accidentata riva orientale del Verbano; oppure sono morene terrazzate, interpretate a torto quali alluvioni, come presso Omegna (1), all'estremità settentrionale del lago d'Orta. Anche lo studio della zona mesozoica dei lembi di Gozzano, Invorio ed Arona è molto sommario ed in parte erroneo; così che per essi dobbiamo ricorrere agli scritti più recenti dei signori Parona, F. Sacco e Molinari. Nella serie mesozoica poi, seguendo le idee dei signori Favre e di Lory, riferisce al trias gli *scisti lucidi* del Vallese, delle valli di Binnen

(1) Parona C. T., *Nota geologica sulla valle dello Strona*. Luglio 1883.

e di Bedretto, delle adiacenze di Airolo, quale prosecuzione dell'ampia zona che incomincia al Col Ferret, scende al Rodano a Syon e lo rimonta fin sopra Briga. In val Bedretto questi scisti contengono rutilo e granati bruni e neri. Vi si associano dolomiti, del pari ricche di minerali, banchi di limonite, dolomia cariata e gesso, ed alla base delle quarziti bianche, rosee, verdastre, talora con cristalli incompleti di feldespato, quali io osservai anche nelle vicinanze di Locarno. L'autore dichiara inutile ogni tentativo di un più esatto riferimento di tali rocce ai vari membri della serie triasica. Importa osservare però che delle quarziti il Gerlach ne distinse due piani e di spessore differente: l'uno inferiore al calcare di Pontis e direttamente riposante sulla formazione antracitifera, forse permiano; l'altro sotto al gesso ed agli scisti lucidi, più sviluppato e più esteso, da riferirsi al trias. Inoltre questa roccia si ripete a vario livello anche più in alto, nello spessore degli scisti.

Quanto l'autore espone sull'andamento del terreno carbonifero getterebbe tuttora molta luce nei dispareri dei geologi a proposito della serie più verosimile per le Alpi piemontesi; ma, riferendosi a località estranee al bacino ticinese, converrà che mi limiti a deplorare che questo interessante lavoro sia stato assai poco utilizzato dagli autori degli scritti posteriori alla sua pubblicazione, nei quali scritti molte volte delle idee anche giuste furono compromesse da esagerazioni e dalla mancanza dei raffronti necessari colle aree prossime, mentre, ad esempio, si andò in cerca di analogie colla serie americana.

Nell'intricato campo dei terreni cristallini stratificati, l'autore procede con metodo assai analitico e col più prudente riserbo, dividendo anzitutto questi terreni in due porzioni, l'una più modificata dell'altra, la quale avrebbe perduto ogni carattere di roccia sedimentare. Veramente, egli non dice in che potesse consistere tale carattere; ma accontentiamoci di apprendere dall'autore che i più recenti terreni sono cloritescisti, talcoscisti, amfiboloscisti, con numerosi interstrati di serpentino; che si sviluppano a preferenza dove è maggiore la potenza degli accennati scisti lucidi, epperò fuori del bacino ticinese. Questo sarebbe il livello normale delle più sviluppate masse di serpentino, comprese quelle del Gottardo; abbraccierebbe i giacimenti cupriferi e di pirrotina

nichelifera ed entrerebbe nell'area ticinese in corrispondenza delle valli di Bognanco e di Antrona, e più a nord, intorno al Sempione e colla massa terminale del M. Punta Rossa. Ricca è la serie dei minerali contenuti in queste serpentine, di solito scistose, quali: diallogite, granati, diopside, idocrasio, prehnite, giargone, sfeno, perowskite e talco. Dai mutui rapporti di queste rocce magnesifere coi sedimenti calcari, l'autore crede di poter dedurre la costanza di un necessario collegamento, in cui sarebbe disposto di scorgere un nesso genetico. Non comprendo come si possa con questa idea combinare il dilemma, che l'autore stesso propone, di considerare il serpentino o come un prodotto di metamorfismo dal calcare oppure come roccia eruttiva; e siccome di quest'ultima ipotesi non trova alcuna conferma di fatto, pensa che questa roccia possa essere il prodotto di un movimento molecolare così intenso da fare assumere ad essa i caratteri plutonici senza che fosse in realtà iniettata dall'interno del globo. Mi pare questo uno dei molti acrobatismi mentali, ai quali i geologi hanno dovuto sobbarcarsi da quando si sono fissati nell'idea della impossibilità che le rocce cristalline stratificate possano essersi deposte così come si vedono ora e come entrano, sotto forma di ciottoli, a far parte dei conglomerati siluriani e carboniferi. Pensava inoltre che per gli scisti metamorfici antichi, comechè alterati con diversa intensità, potesse convenire una classificazione piuttosto topografica che cronologica e li separò: 1° in una zona di micascisti, talcosi, cloritici, quarziferi, con tormalina ed andalusite, che passa per le valli di Bognanco, val Varia, Algabi, val Vedro, con taluni gneiss verdicci al M. Leone, dubbiosamente riferita ad un periodo paleozoico più antico del carbonifero; 2° in una zona assai più micacea, con calcari saccaroidi, che si sviluppa a levante del Sempione, presentando tali calcari maggiore continuità verso la base cogli affioramenti di Crevola, val Cherasca, val Devero, valle Antigorio. In complesso ne risulta la grande formazione dei micascisti talora granatiferi, spesso ad interstrati amfibolici, talora anche con gneiss molto minuti, che si sviluppa assai alle falde meridionali verso il Verbano e nella quale è certamente scolpito per la maggior parte del suo decorso il bacino di questo lago. La tectonica di questa formazione è in fatto molto complicata; io però non credo che giunga fino allo anticlinale

arrovesciato, che l'autore ammette per spiegare i rapporti di queste rocce colle più antiche lungo la valle di Devero e di Antigorio. Senza un rilievo dettagliatissimo sarà impossibile l'intendere con sufficiente sicurezza questo ed altri disturbi; ma da quanto ho osservato in una rapida gita e dai dati stessi del signor Gerlach io sarei portato a ritenere che qui si tratti piuttosto di un sinclinale molto compresso tra due rigonfiamenti laterali, pei quali a ponente e a nord-est delle adiacenze di Crodo si manifesta, per abrasione degli scisti, la sottostante formazione dei gneiss più antichi.

L'autore, sempre proclive a scorgere nelle differenze litologiche un diverso grado di metamorfismo piuttosto che accidentalità di deposito originario, distingue una formazione scistosa del lago d'Orta e della porzione meridionale del Verbano, alla quale assegna il carattere di contenere i graniti di Montorfano, Baveno ed Alzo, quantunque sia convinto dell'origine emersoria di questi graniti. Ritenuta certa la superiorità di questi scisti e dei sottoposti gneiss micacei rispetto alle rocce amfiboliche di Locarno e di Val del Toce sopra Ornavasso, egli ammette un semplice addossamento di questo mantello scistoso sulle rocce preesistenti, con inclinazione di sud-est per tutto il decorso del Verbano; il che non è punto vero, perchè a nord di Pallanza e meglio ancora a nord di Cannero è normale invece una inclinazione a nord-ovest o nord-est, così da suggerire una ipotesi di equivalenza di terreni ai due lati di un anticlinale. Sarebbero anche questi scisti dei sedimenti metamorfici, ma l'autore esclude che i porfidi ed i graniti abbiano esercitato tale alterazione; perchè al contatto di questi la roccia è come altrove. Pare anche a me che in realtà sia proprio questo il fatto, se si astrae da una zona quarzitica assai compatta, che riveste per pochi metri verso sud l'amigdala granitica di Baveno.

Passa quindi il Gerlach a descrivere parecchie formazioni gneissiche, analogamente distinte secondo la topografia ed a suo avviso separate ciascuna da più o meno ampie interposizioni di micascisto. Certa è la spettanza di queste più o meno grandiose amigdale di gneiss a parecchi livelli, essendo prevalentemente amfiboliche le più recenti e più ricche in quarzo ed in ortose le più antiche; ma io non credo che in realtà le zone siano tante

quante ne enumera l'autore, e nemmeno poi che talune possano rappresentare un più pronunciato metamorfismo di una parte delle soprastanti formazioni micaceo-talcoso. È però un fatto che il più recente gneiss talcoso del Dent blanche (4364^m) presenta un insensibile passaggio da una parte collo scisto talcoso-cloritico e dall'altra col granito del pari talcoso detto *arkesino* dal Turine e che contiene amfibolo, sfeno e biotite. Vi sono altresì insinuate delle masse di gabbro, che sporgono in dirupi dai vasti nevati, stesi appena a ponente del limite occidentale del bacino ticinese. Nel nostro bacino prevalgono i gneiss micacei, che l'autore distribuisce in due categorie: i più recenti, colle masse di Crodo, di Lebendun, di M. Leone, del M. Rosa, della Sesia e dello Strona; i più profondi, o di Antigorio.

Il gneiss di Crodo è granitico, con feldespato granulare e lamelloso, con quarzo roseo e mica nera e grigia; forma una massa limitatissima lungo il Toce da Banco a Crodo. Secondo lo Scherer (1) contiene: acido silicico 75,90; allumina 12,95; ossido di ferro 1,31; calce 1,48; magnesia 0,16; potassa 5,12; soda 2,39; acqua 0,40.

Alla massa di Lebendun spetta il gneiss, che ricopre il micascisto ed il calcare saccaroide al M. Cistella (2877) a ponente di V. Devero, attraversa questa valle e passa al lago Busin, al valico di Lebendun, alla cascata del Toce, ai Monti Basodina e Fiorina sino in Val di Campo la Torba; pur esso è spesso granitico ed in quest'ultimo tratto fortemente rialzato, quasi verticale.

Ad occidente, o parallela a questa, scorre la massa di M. Leone (3585^m) che a mezzogiorno attraversa la valle Bognanco e sembra quasi confondersi con quella del M. Rosa (4638^m, alla punta Dufour), presentando entrambe frequenti interstrati granitici e buona varietà di beole. Credo che questa sia tra le più recenti masse di gneiss e non sarei lontano anzi dal ritenere che si tratti di una sola zona, con varietà affatto locali di costituzione e di alternanza, con interstrati scistosi; e che di questa massa siano più recenti quelle porzioni, che stanno presso alle zone amfiboliche ed alla zona di prevalenza dei micascisti. La massa gneissica della Sesia comprenderebbe nell'area ticinese il tratto tra le am-

(1) *U ber die chemische Constitution des Plutonits*. Festschrift, p. 181.

fibroliti ed i micascisti talcosi contenenti i graniti; come la precedente del M. Rosa comprende numerosi giacimenti auriferi. Finalmente il gneiss di Strona, spesso granitico pur esso e porfiroide, con dicchi di granulite e talora anche con arnioni, ed amigdale di calcare assai ricco di minerali, non sarebbe diverso dal gneiss della Sesia per alcun carattere essenziale; presso alla zona amfibolica conterrebbe più frequentemente il granato e dei banchi di saccaroide, come quelli di Candoglio e di Ornavasso, impiegato nelle costruzioni delle cattedrali di Milano e di Pavia. In via generale però il calcare saccaroide tiene la base della formazione di questo gneiss recente e la separa dal gneiss centrale. Ho poi osservato che in fatto si tratta di più zone di calcari e calcoscisti e talora vi sono anche interposti dei gneiss con calcite e persino dei gneiss gessificati, come si osserva a S. Bernardo in val Cherasca. Questa gessificazione, affatto locale, deve certamente ad una lenta decomposizione delle pirite abbondanti nella roccia. Le masse di saccaroide di val Onsernone, val Rovanna, val Puntiva e di val Calanca spettano con molta probabilità a questo piano inferiore presso agli affioramenti di gneiss di Antigorio o gneiss centrale, che è la roccia più antica sino ad ora conosciuta nell'area esaminata.

Questo gneiss, almeno nel bacino del Toce e nella val Maggia, è assai chiaramente delimitato e si distingue per maggiore compattezza e potenza dei suoi banchi; d'onde il carattere grandioso delle rupi da esso costituite e delle frane a frammenti cuboidi colossali. Il feldespato è di rado in grossi cristalli, il quarzo raccolto in vene, la mica nera o grigia; la struttura granitica è assai rara. Ho potuto verificare quanto dice il Gerlach sulla interposizione dei micascisti tra i banchi di questo gneiss lungo la val Cherasca e presso Isella; anzi credo che il fatto avvenga in misura molto maggiore e più frequentemente di quanto l'autore ha ammesso; così da essere molto probabile che sotto l'apparenza di regolarità che presenta la serie lungo il bel valico del Sempione si celino degli ancora sconosciuti ravvolgimenti, che si potranno combinare con quello di Crodo, da me interpretato quale un'ansa di sinclinale strozzato. È rimarchevole la differenza di composizione chimica tra questo gneiss oligoclasico, meno acido, ed il suaccennato di Crodo, quale può scorgersi dalla seguente

analisi, del pari dovuta allo Scherer: silice 65,60; acido titanico 0,40; allumina 16,02; sesquiossido di ferro 4,98; calce 3,95; magnesia 1,11; potassa 3,43; soda 3,07; acqua 0,48.

Il Gerlach considera le rocce amfiboliche compatte come affatto distinte dalle scistose, costituite dello stesso minerale; e perciò descrive con tutte le varietà di sue rocce la zona dalla Sesia all'estremità settentrionale del Verbano, avvertendo come a volta la pasta sia amfibolica ed a cristalli di oligoclasio, a volta si osservi il contrario, e come vi sia scarso il quarzo mentre sono frequenti i filoni e gli arnioni di pirite magnetiche, spesso nichelifere. Rileva come la fisionomia cristallina di tali rocce vada sfumandosi dalla Sesia al Verbano; ma avrebbe potuto aggiungere che non mancano di presentarsi delle dioriti perfettamente cristallizzate presso Locarno, e che rocce consimili a quelle di Varallo, di Ivrea e di Biella, sempre lungo questa zona delle rocce cristalline recenti, si trovano copiose nel bacino abduano, in specie nelle valli del Masino, di Puschiavo e di Sondalo. Non saprei decidere se alla stessa zona appartenga l'affioramento più limitato di rocce amfiboliche, il quale dal confine settentrionale della val Sesia, presso al M. Moro, si svolge ad arco attraverso la valle Anzasca e la valle del Toce per perdersi nella massa gneissica del M. Menta; parmi tuttavia la equivalenza poco probabile, per quanto divide l'opinione del compianto Gastaldi che queste rocce amfiboliche a breve distanza cangiano la struttura e la composizione, e creda che tali rocce rappresentino un accidente di deposito di silicati magnesiferi, i quali anche a breve distanza potevano presentarsi sotto forma di altre specie minerali, anche idrate. Il Gerlach non è punto disposto però a considerare eruttive tali dioriti e sieniti, per quanto a struttura decisamente cristallina; le considera profondamente metamorfosate. Non importa per ora una discussione sulla loro origine; per intendere le prime linee della stratigrafia del bacino mi sembra che convenga ammettere essere tali rocce amfiboliche in banchi regolarmente stratificati frapposte a micascisti, sopraposte a gneiss più o meno micacei e collocate nella porzione più recente della serie cristallina. I risultati del traforo del Gottardo confermano questo modo di vedere. Quando poi poniamo mente alla scarsità del dettaglio nel materiale di cui ora si dispone per questa regione, alla possibi-

lità che la serie paleozoica sia di fatto a luoghi mascherata dalla struttura cristallina, per speciali condizioni di deposito e per modificazioni a questo di poco posteriori, alle grandi lacune che devono essersi prodotte per le abrasioni durante lo scorcio dell'era paleozoica, alle complicazioni delle curve prodotte anche soltanto dall'ultimo corrugamento orogenetico, parmi che al presente convenga star paghi a questo primo risultato, che mi sembra in armonia a quanto i miei colleghi hanno osservato nel rimanente delle Alpi italiane.

Quali siano i precisi rapporti di queste masse amfiboliche cogli scisti talcosi e micacei, che sembrano ricoprirle direttamente, io non ho potuto constatare; poco spessore però di questi scisti li separa così al Gottardo come presso Locarno degli scisti micacei sericitici, che sono assai sviluppati sulle due sponde del Verbano e sotto ai porfidi di Lugano, passanti essi pure talora a varietà gneissiche, ma più spesso contenenti tormalina, staurotide e granati.

Ritornando ora sulle orme del Gerlach, abbiamo veduto che mentre egli considerava come semplici varietà più cristalline dei gneiss gli interstrati frequentissimi di granito, compresi in tutte le masse gneissiche esaminate ed in particolare nelle più recenti, ammetteva poi come indubitabile l'origine eruttiva non solo delle grandi amigdale granitiche d'Alzo, di Motterone e di Montorfano ma eziandio dei dicchi, talora di pochi centimetri, che attraversano in ogni senso il gneiss medesimo; ed ammetteva pure che graniti e porfidi compajano in masse eruttive appunto là dove è meno pronunciato il metamorfismo delle formazioni sedimentari protozoiche e paleozoiche. Entrambi questi concetti mi sembrano errati. Il primo pel fatto che le masse granitiche suaccennate hanno una scistosità evidentissima, che combina colla inclinazione delle prossime formazioni stratificate, e se esse non si vedono sfumare in profondità ben si scorgono spesso mancare in basso i supposti filoni di iniezione e vedonsi talora delle geodi e degli arnioni assai ristretti di vero granito, non solo nel gneiss ma pur anco nel calcare saccaroide, come notai presso Civiasco. Il secondo concetto poi è contraddetto dalla presenza delle masse granitiche del Gottardo e di Chiavenna, dove sono quelle formazioni stesse che l'autore ritiene fortemente metamorfosate; quivi

anzi il supposto metamorfismo ha invaso non solo i terreni paleozoici, trasformando (secondo le idee della pluralità dei geologi) in gneiss persino il verrucano, ma financo gli scisti con belemniti. Del resto mi sembra che l'allineamento stesso delle masse granitiche suaccennate colle altre minori di Quarna e di Gazzola e con quelle di Pura e di M. Albigorio nei pressi di Lugano, a breve distanza e sempre inferiormente alle rocce sericitiche e superiormente ai gneiss micacei, ed il ripetersi ad un dipresso delle relazioni stesse ai monti Gallina, Petschora e Lucendro presso il Gottardo, sono altri argomenti che si oppongono ad ammettere l'iniezione di queste masse di roccia cristallina entro gli scisti e rendono altresì molto dubbiosi nel ritenerle di origine eruttiva, come i porfidi ed i basalti. Scherer riteneva che il granito rosso spettasse alla plutonite superiore, il bianco alla media; Gerlach, quantunque convinto della *venuta a giorno* (*Zutagtreten*) di questi graniti attraverso gli scisti, riteneva che questi avessero già prima della iniezione della roccia eruttiva assunto la loro struttura cristallina; però credeva che fossero queste masse granitiche, al pari dei filoni nei gneiss sottoposti, altrettante propagini di un unico sottosuolo o meglio focolare eruttivo, che avrebbe dovuto essere esteso almeno come tutto il sistema alpino.

Dei porfidi quarziferi, così sviluppati tra Gozzano ed Arona, il Gerlach fornisce interessanti particolari, che furono confermati ed estesi dai signori Parona e Mercalli. Distingue una zona meridionale più amp'a ed altra a nord, che si diparte dall'estremo sud al lago d'Orta, attraversa le valli dell'Agogna e di Vina e si assottiglia presso Collazza, col decorso di circa cinque chilometri e collo spessore talora di trenta, più spesso di cinquecento metri. Altro affioramento intermedio fra i due sarebbe, al pari del secondo, un dicco e verrebbero caratterizzati entrambi da feldespato vitreo, da minor copia di quarzo, dalla frequenza della mica e da maggiore resistenza alle meteore in confronto coll'espandimento più vasto. Esclude ogni azione di contatto sugli scisti. Quanto all'epoca dell'eruzione porfirica si mantiene in riserbo, osservando però che essa deve aver preceduto indubbiamente il lias, trovandosi i massi di porfido entro le breccie fossilifere di Gozzano e nel conglomerato di Invorio; rocce che segnano assai bene un lido marino di quell'epoca. Non si può dire con altre-

tanta sicurezza che a questi paraggi corrispondesse il lido triasico, stantechè dopo un tenue e non generale strato di conglomerato e di arenarie succedono calcari di mare profondo e dolomie e giroporelle, non comparendo depositi frammentizî se non per taluni banchi di finissime arenarie nei piani di Wengen e di Raibl, che però sono stati preservati dalla abrasione soltanto sulla sponda del Verbano. Io non mi vorrò certamente spingere tanto a ritroso del tempo ed ammettere col Gerlach che il supposto anticlinale coricato in corrispondenza della val Devero (della esistenza della quale io dubito assai) esistesse di già all'epoca carbonifera; anzi sono inclinato a ritenere che, convessa o concava, quella stretta curvatura sia contemporanea al corrugamento posteoceánico di tutto il sistema alpino. Le quali mie differenze di vedute non mi impediscono di certo di riconoscere come noi dobbiamo al Gerlach quanto di meglio si conosce sulla geologia della posizione occidentale del bacino ticinese.

Il compianto Gastaldi, occupato dallo studio delle più occidentali vallate piemontesi, potè accordare poche escursioni e poche pagine alla regione che ne occupa. I colleghi tutti conoscono le sue idee sulla serie cristallina ed il grande suo merito per avere combattuto contro le esagerazioni dei metamorfisti, gettando una prima base di ordinamento dei terreni pretriasici piemontesi ed elevando ragionevoli dubbi sulla origine eruttiva dei serpentinî, dei graniti, delle sieniti e delle altre rocce cristalline. Nè vorremo fargli grande carico se alla sua volta cadde in qualche esagerazione od errore, specialmente nella seconda memoria sulla geologia delle Alpi occidentali (1874). Si può dire che a parte gli arditi riferimenti ad epoche ed a equivalenze lontanissime, a parte la soverchia antichità accordata alla zona calcare soprastante alle arcose ed ai conglomerati di Montaldo e Levone (che poi si continua nell'area nostra a sud delle Centovalli e che io ritengo triasica) la serie ammessa dal Gastaldi sia un sunto di quella proposta dal Gerlach, dimostrando come le condizioni stratigrafiche da questo studiate senza molti cangiamenti si estendano verso ponente, come corrispondono assai bene a quanto il Theobald, il Rolle ed io stesso abbiamo verificato nel bacino dell'Adda. Le osservazioni mineralogiche del sig. Struever, che fanno seguito alla prima delle accennate memorie (1871) del

Gastaldi danno una numerosa serie di minerali, rinvenuti nel granito di Baveno e di Montorfano, che sono; orneblenda, epidoto, laumonite, datolite, clorite, caolino, jalite ematite, limonite, fluorite, calcite, desmina, cabasia, tormalina, babingtonite, gadolinite, scheelite, axinite, apatite. Le analisi chimiche di Bunsen e di Scherer sui graniti di Baveno, sebbene con risultati sensibilmente differenti, lasciano però scorgere molta analogia di composizione tra questa roccia ed il gneiss recente di M. Lone, di Crodo e di Crevola; e questo è per me un altro argomento per ritenere il granito e il gneiss come depositi chimici di epoca però diversa, inferiori alla zona delle anfiboliti e degli scisti sericitici.

Non occorrerà tampoco che ricordi come dobbiamo al Gastaldi, insieme al Martin, la spiegazione dell'anfiteatro morenico del Verbano e la trattazione del difficile problema della formazione di questo e degli altri bacini lacustri prealpini; e se anche in questo studio egli credette di dare, insieme ad altri esimii geologi, la preferenza ad una ipotesi insufficiente e poco naturale, tuttavia l'essere egli ricorso alle medesime dipese appunto dall'aver l'autore misurata tutta la difficoltà del problema e riconosciuto il fatto del reale appoggiarsi delle morene sopra una alluvione con elementi relativamente minuti, perfettamente rotolati e di provenienza alpina. È certo che se allo slancio di un ingegno vivacissimo ed ardito, avesse imposto il riserbo, di cui si connota nel suo scritto il Gerlach, e se avesse fatto maggior calcolo delle notizie e delle idee da questo geologo affermate o proposte, avrebbe il compianto Gastaldi e fra i più efficacemente avvantaggiato la geologia alpina ed assicurata ancor meglio la sua fama, tanto meritata per instancabile ed appassionata attività, per vastissime cognizioni procuratesi con viaggi lontani e faticosi.

Poichè stiamo discorrendo dei terreni all'estremità meridionale del Verbano, chiedo venia al lettore se infrangendo l'ordine cronologico degli scritti più importanti riporto alcune notizie, che ha recentemente pubblicato su questa plaga il prof. Giuseppe Mercalli (') e più sotto, altre contenute in una recentissima Memoria dei signori Baretta e Sacco.

Il Mercalli distingue presso Arona dei tufi e dei conglomerati

(') Rendiconti del r. Istituto lombardo 29 gennajo 1885.

porfirici inferiori ed il porfido quarzifero, massiccio al di sopra, direttamente coperto dalla dolomia triasica; questo è di color rosso mattone, con cristalli di ortose e di quarzo, e misura la potenza di oltre 1500 metri. Il conglomerato, simile a quello di Grantola, consta di pezzi di un porfido quarzoso bruno, cementati da argilla ed è ritenuto dall'autore di origine endogena. Alla base poi di questo agglomerato sta un'arenaria con ciottolotti rotolati di quarzo, di micascisto e di altro porfido bruno-cioccolatte che esiste in posto presso Inverio, discordante dagli scisti sottostanti, che qui sembrano incurvati a sinclinale. Ad Angera invece, sotto alla dolomia coeva a quella di Arona, sta un tufo porfirico rosso, alternato con porfido massiccio, ed alla base, presso al lago, affiora una roccia detritica, verdastra, analoga a quella che nella Val Travaglia e presso Mesenzana sta alla base degli agglomerati porfirici e passa al conglomerato quarzoso micaceo più profondo, che io ritengo di epoca carbonifera. Da questo lato del Verbano, la concordanza del trias colla formazione porfirica sarebbe affatto esclusa e quindi potrebbe essere soltanto accidentale od apparente presso Arona. Alla punta di Arolo affiora un porfido bruno, bolloso, senza cristalli macroscopici, e più a nord un conglomerato porfirico, non avvertito dallo Spreafico.

I tufi porfirici affiorano anche a ponente di Arona, tra Montrigasso e Ghevio, poi ricompaiono a Dagnente e sostengono il porfido rosso, che qui contiene feldispato vitreo. Tra Briga, Gozzano ed Inverio stendesi una massa di porfido compatto, con clivaggio tanto regolare da sembrare stratificato e comprende al ponte di Gata una varietà simile al piperno. Lungo il torrente Vina si scorge sotto il porfido rosso altro porfido bruno, e nello scisto un dicco di porfido rosso dello spessore di circa 50 metri, diretto da est a ovest, con distinte salbande cloritizzate, la meridionale di due metri e mezzo di grossezza e con pezzi di micascisto, quasi un conglomerato di frizione, mentre a nord del dicco, presso al contatto, il quarzo degli scisti è arrossato ed in questi si osservano cristallini di ortose. A nord-est di questa massa principale di porfidi, prima di giungere al pieno sviluppo del micascisto, trovasi un porfido bruno con amfibolo, un porfido grigio con grossi e frequenti cristalli di feldespato, un arenaria verdognola alternata con un agglomerato porfirico, poi un'altra volta il porfido quarzifero

rosso o grigio. Il Mercalli dubita che possa considerarsi semplicemente un dicco la massa settentrionale di porfido rosso e grigio, che si diparte dall'estremità del lago d'Orta. L'arenaria verdognola ed il conglomerato quarzoso-micaceo più profondo compajono anche presso Inverio e quivi presso l'autore inclinerebbe a supporre un centro eruttivo, distinto da quello dei porfidi di Arona sebbene a questo contemporaneo. In mancanza di studi microlitologici non si può decidere se taluna delle varietà più oscure di questi porfidi corrisponda ai porfidi bruni o neri del Luganese. Accennerò anche di volo alle altre notizie, contenute in questo scritto sopra dei filoni di roccia amfibolica, che esistono a nord di Intra ed al M. Rosso sopra Pallanza. Un dicco presso Selasca, menzionato già dall'Amoretti, misura 25^m di spessore e trovasi nello scisto sericitico e nelle salbande si osservano nuclei e venule di calcite. Questi dicchi sono diretti a nord-est; se pure sono veri dicchi, e non interstrati contorti, simili a quelli di feldespatato compatto alla villa Azzoglio, a nord di Oggebio.

Prima di abbandonare questa regione occidentale del bacino ticinese ricorderò altresì i recenti lavori del prof. Parona sulla fauna liasica, sul pliocene e sul quaternario di Gozzano e la sua descrizione dei dintorni del lago d'Orta (¹), nella quale dettagliatamente si descrive l'affioramento delle varie rocce gneissiche, dei graniti, del serpentino di Oira, di una roccia iperstenica presso Pettenasco; egli fa pur cenno dei porfidi, descrivendone alcuni dicchi prima non avvertiti presso Montalto e combattendo l'opinione di Gastaldi, che ultimamente aveva associate queste rocce alla sua zona delle *pietre verdi*; dimostra poi che il bacino Cusio non è semplicemente sbarrato dalla morena, ma bensì inciso nelle rocce in posto quali il calcare liasico, il granito di Bugnate, lo scisto ed il deposito pliocenico, trovatosi dagli scavi nei pozzi lungo la ferrovia ad un livello superiore dello specchio del lago. L'autore suppone che il lago corrisponda ad una frattura, appoggiandosi al fatto della diversità di struttura delle sue sponde, ma crederei piuttosto che al pari del Verbano rappresenti a preferenza un'erosione di una piega di scisti, compresi tra le due masse granitiche del Motterone e della Colma. Dobbiamo poi al

(¹) Rendic. r. Ist. lombardo 1879, Luglio.

prof. Pavesi i più recenti scandagli sul lago d'Orta, di cui ho riportato le cifre più importanti, donde risulta che la profondità massima di 147^m è a monte della metà del decorso e che anche a breve distanza dalla morena di Omegna si trova già una profondità di 90^m (¹). Evidentemente la sua origine lo affratella coi laghi orografici prealpini e ne tratteremo più avanti.

Nel recentissimo lavoro dei signori Baretto e Sacco (²) il lettore potrà trovare una dettagliata descrizione del Motterone e dintorni con particolare abbondanza d'indicazioni riguardo ai terreni glaciali. Campeggia l'idea dell'origine per frattura, così dei bacini lacustri, come delle valli; nonchè una tendenza ad associare forse troppo le formazioni scistoso-cristalline che comprendono e sostengono le lenti granitiche, delle quali si riconosce l'andamento stratificato e la posizione tra lo gneiss di Strona e gli scisti talcoso-micacei, ma non si afferma nè si nega esplicitamente l'origine eruttiva. Nella massa scistosa superiore, che gli autori ritengono dello spessore di sette od ottocento metri, rilevano dei piani di frattura diretti a nord-est, in corrispondenza ai filoni piombiferi descritti anche dal Molinari (³) e si afferma il suo passaggio all'imbasso allo Stronagneiss, costituendo in complesso un'unica formazione che gli autori mantengono nella parte superiore della *zona delle pietre verdi* del Gastaldi. L'idea dell'origine delle masse granitiche per metamorfismo strutturale sembra più accetta della genesi per eruzione o per iniezione plutonica; ma non si esclude questa così recisamente, come a me sembra si possa fare, e nemmeno si nega che possa esistere qualche rapporto in profondità tra questi graniti ed i porfidi quarziferi, di cui l'origine eruttiva, se non certissima, pare però agli autori la più probabile e si ammette la spettanza al permiano. Dei lembi di terreni mesozoici e cenozoici nulla di nuovo; tranne che si dichiarano plioceniche, per la presenza di fossili, le argille alla cascina del Vescovo, lungo la strada da Gozzano a Miasino. Il pliocene marino salirebbe quasi ai 400 metri di altitudine alle falde del Motterone. Il capitolo sui terreni neozoici dovrebbe esser riportato per intero quando fosse mio intendimento di porgere

(¹) Rendic. R. Istit. lombardo 1885, 12 febbraio. Annali d'Agricoltura 1885.

(²) Boll. Club alpino italiano 1884. Vol. XVIII, n. 51.

(³) Molinari F. *Dal Lago Maggiore al Lago d'Orta, studio geo-mineralogico.* Atti Soc. ital. di Sc. nat. Vol. XXVI.

una illustrazione geologica completa del bacino ticinese; il che non essendo, mi limiterò ad estrarre le più importanti notizie in vista delle orogenesi, di cui intendo di occuparmi. Lo spessore massimo dello scomparso ghiacciaio fu naturalmente alla confluenza dei due rami del Ticino e del Toce, sopra Gravellona e Baveno, attingendo i 950 m. sul livello marino; a valle, specialmente nel bacino d'Orta, decresceva tanto da mantenersi normalmente inferiore allo spartiacque della catena tra i due bacini. Però tra Gignese e l'alta valle dell'Agogna la sella è occupata da morene e da depositi torbosi; così da potersi supporre che all'epoca di massimo sviluppo questo crinale emergesse solo per isolati dirupi. Imponenti i depositi morenici di Selva Spessa, Monte del Cotone, Alpe Votabbia, Alpe Piaz, Alpe Canà, Alpe del Font, e pel lato occidentale quello assai continuo da Agrano a Corconio, per Armeno, Miasino ed Ameno; frequenti le morene insinuate in tutte le vallette ma ignorati tuttora i fenomeni, che per esse avvenivano nella parte superiore di queste, in specie della massima del tor. Agogna presso e sopra Sovazza. Tutte poi le falde meridionali, per la riunione dei due rami glaciali, erano disseminate di ampio ammanto morenico, che nella porzione mediana tra i due ghiacciai presenta però una distinta prevalenza di materiali minuti e rimaneggiati, ed alla superficie la torbiera di Inverio. Queste morene sono scaglionate a cordoni od a gradini, di cui se ne conta sino a una dozzina; nelle depressioni intermedie sono frequenti i depositi torbosi, nei quali abbondano spesso i tronchi di alberi, tra cui il larice e l'abete, quasi scomparsi dalla regione. Fra i più grossi massi erratici si annoverano quello presso Stresa, distinto col nome di *Sasso Martins* dal Gastaldi ed altro presso Gignese dietro la cappella della Saletta, di circa 1500 metri cubi entrambi; del secondo, detto pietra del Vescovo, si dà la figura in fototipia. Fra le morene sono frequenti i depositi argillosi, apparentemente simili all'argilla pliocenica, ma senza fossili. La scarsità delle morene presso al livello del Verbano si attribuisce dagli autori alla supposta frequenza degli avvallamenti di sponda in causa delle alternanze di piene e di magre; a me parve di scorgere invece tutt'attorno al bacino verbano e specialmente sulla sponda sinistra, più accidentata e meno declive, un grande sviluppo di morene sino a 50 m. sul livello attuale del lago, e

queste morene sono stratificate con frequenti letti di pura argilla finissima; li ritengo testimoni di una fase assai prolungata di piena durante il più attivo terrazzamento delle morene e delle alluvioni a valle, quando nell'ambito stesso del bacino lacustre si scioglieva la massa glaciale.

Si fa pur cenno degli avanzi preistorici di Mercurago ed Oleggio Castello, estratti dalla torbiera ed in parte già descritti dal Gastaldi; è interessante lo scorgere come quelle prime genti avessero già appreso l'uso della pietra ollare, proveniente con tutta probabilità dal giacimento di Oira, sul lago d'Orta. Le migliori torbe di questi dintorni danno circa tremila calorie.

Quanto poi alle conclusioni, che gli egregi autori ritraggono dal loro studio, mi permetto di dissentire apertamente dalla più importante, che suppone dovute a fratture posplioceniche, restringentisi a valle, i due bacini lacustri del Cusio e del Verbano, perchè non saprei nemmeno concepire così ampie fratture senza che vi si stabilissero due zone vulcaniche, nè comprendo come rimanendo esse così beanti vi si potessero poi stabilire due depositi di acque assai profonde. Come ritengo fallace l'altra idea di far rimontare all'aurora del mesozoico lo schema dell'orografia attuale, supponendo poi dei fiordi non solo pliocenici, ma liasici e triasici. Potrebbe, ad esempio, dimostrare che su quest'area non si stendesse davvero il mare miocenico, di cui vediamo i depositi litoranei, inalzati quasi alla verticale nei dintorni di Como ed inclinatissimi sulla sponda sinistra del Verbano? Certamente vi fu un'emersione in alcun punto anteriormente alle eruzioni porfiriche, come le dimostrano i conglomerati osservati dal Mercalli e da me; e presso Inverio e Gozzano eravi una spiaggia, probabilmente insulare durante il lias; ma da questi pochi cenni sembrami che non si possa arguire un fatto, che a mio avviso contrasta coi risultati della tettonica complessiva delle Alpi occidentali. Prescindendo poi da questa seconda ipotesi e tornando alla prima delle fratture posplioceniche lacustri, avverto che negando questa genesi non ammetto che queste depressioni esistessero prima e durante il pliocene; le considero invece dovute ad una erosione fluviale attivissima durante e dopo il sollevamento pospliocenico, precedente ai fenomeni glaciali e posglaciali, che hanno ridotto a laghi queste depressioni.

Ora, per formarsi una nozione più dettagliata della regione montuosa del bacino del Toce, del quale il lago d'Orta rappresenta la evidente continuazione orografica, il lettore potrà rivolgersi alle pubblicazioni delle Commissioni geologiche state nominate per lo studio del progettato traforo del Sempione, ad una delle quali io pure ebbi l'onore di appartenere. Limitandomi alle cose principali dirò che la massa di terreni cristallini del M. Leone non presenta delle straordinarie contorsioni e tanto meno delle dislocazioni di grande rilievo. Rappresenta la porzione settentrionale di un grande anticlinale, eroso nella sua porzione sud-est; come è manifesto dall'andamento della zona dei calcari saccaroidi. Alla parte più profonda affiorano dei micascisti, ricoperti dal gneiss di Antigorio; ed i calcari saccaroidi si ripetono almeno sopra tre zone, sempre accompagnati da rocce granatifere ed amphiboliche; il massimo sviluppo di queste si mantiene nel versante vallese, con bellissime varietà di scisti bindellini, ricchi di magnetite e di rutilo. Scisti sericitici e gneiss a grana minuta anche nella zona cristallina più recente richiamano le rocce della comba di Urseren, a nord del Gottardo, ma sotto condizioni stratigrafiche molto più semplici. Il tunnel progettato di venti chilometri, secondo i nostri rilievi troverebbe sino al quarto chilometro da Briga scisti lucidi con gesso e dolomia carinata, per altri due chilometri gneiss micacei con dolomia più o meno saccaroide, per due o trecento metri rocce amphiboliche e micascisti granatiferi, gneiss, altre amphiboliti e di nuovo calcari saccaroidi e rocce granatifere verso il nono chilometro; per oltre quattro chilometri continuirebbe la vicenda dei calcari saccaroidi, dei gneiss micacei e delle rocce granatifere ed amphiboliche sino all'incontro della zona saccaroide del M. Teggiola, sotto alla quale per circa sei chilometri si dovrebbero attraversare il gneiss di Antigorio e gli annessi micascisti. Questo rilievo adunque ha svelato una struttura molto più complessa di quanto io abbia potuto rappresentare nello schizzo geologico ed anche di quanto è segnato dalla carta geologica del Gerlach. Se l'opera grandiosa verrà eseguita, sarà mostrata di certo una ben maggiore complicazione di alternanze e di parziali scorrimenti delle masse sollevate ed incurvate; ma non pare molto probabile che in fatto si presentino delle condizioni tettoniche molto diverse dalle visibili alla superficie.

Da queste si è potuto rilevare uno schema di curve incomparabilmente più semplice che al Gottardo, dove, sotto una apparenza orografica piuttosto regolare, senza montagne che facciano forte risalto, si nasconde uno dei più complicati ripiegamenti del sistema alpino. Sebbene il lettore ne avrà senza dubbio conoscenza, tuttavia, per non lasciare troppo incompleto il presente quadro riassuntivo dei terreni ticinesi, attingerò qualche notizia in proposito dagli scritti dei signori Giordano, Fritsch e Stapff (*).

Il signor Giordano non si è proposto una minuta indagine litologica o stratigrafica e tanto meno una ricerca geologica; con prudente riserbo chiama sempre scistosità la apparente stratificazione dei gneiss e giustamente non va molto pel sottile nel distinguere graniti da gneiss profondi; quello che importa però di notare si è che le sue previsioni sulla potenza relativa delle varie rocce, sulla esistenza di una zona amfibolica anche nella parte mediana del tunnel in corrispondenza degli affioramenti di Guspisthal e del Castelhorn, sulla presenza di rocce serpentinosi, sulla continuazione all'imbasso della zona verticale dei calcari saccharoidi di Andermat e l'idea comprensiva di un ventaglio, che abbraccia tutte quelle masse di rocce cristalline, previsioni ed idee in parte esposte anche dalla precedente Commissione nella quale gli furono compagni lo Stoppani e lo Studer, vennero dal traforo dimostrate esatte o molto prossime alla realtà.

Il signor Fritsch nel suo lavoro molto esteso somministrò un'assai più numerosa serie di dettagli, dei quali non compendierò se non i principali e quelli che spettano al versante ticinese. Dopo aver notato che la massa del Gottardo presenta i massimi rilievi, a circa 3000 metri, rasente alla valle longitudinale di Bedretto, osserva che è solcata inoltre da varie depressioni a questa valle parallele. Le principali decorrono: l'una pel lago Lucendro (2080), val Fortunei, Lago di Sella (2231), Unter-Alp (2770), val Canaria (2006 sopra Bornez), val Cadlino (2344 a Lissone) per terminare alla massa dello Skopi; l'altra dalla

(*) F. Giordano, *Esame geologico della catena del Gottardo*. 1871. Mem. del r. Comitato geologico italiano. Vol. II. p. 62. — K. Fritsch, *Das Gotthardgebiet*. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Bern 1873. — F. M. Stapff, *Generelles geologisches Profil in der Ebene des Gotthardtunnels*. Zürich 1880.

valle e dal passo di Rondadura (2714) ai circhi di Nalps (2440), Conera (2400), Meigel, attraverso le Alpi di Wildmats (2400) e di Gefellenberg, potendosi poi continuare più a sud-ovest colla sella tra il Leskihorn ed il Saorshorn (2600). Come già avvertiva il Saussure, alla grandiosità della massa montuosa meno corrisponde l'altimetria delle vette, risultandone una regione relativamente depressa. Sul versante settentrionale si notano i graduati passaggi dagli scisti sericitici ai gneiss scistosi, l'alternanza con queste di masse granitoidi, la posizione verticale od inclinata fortemente a sud delle rocce, l'apparenza di filoni pei contorti interstrati di micascisto; al ponte sul Lucendro incomincia poi quella varietà di gneiss che fu detta il granito del Gottardo (Fibbiagneiss) con mica bruna e talco. Più verso il crinale si incontra un vero granito, chiaro, finamente granulare, massiccio, con biotite, con poca albite, che traversa le rocce scistose obliquamente alla scistosità di esse; questo granito termina alla casa di ricovero di S. Giuseppe per lasciar luogo agli scisti gneissici, ad un grosso banco di attinolite, poi a scisti amfibolici, a micascisti, con progressiva diminuzione del feldespato ed aumento dei granati. La inclinazione si fa man mano a nord-ovest di 68°, poi di 65°, in ultimo di 30°, così che gli scisti micacei sopra Airola si mostrano arrovesciati sopra la dolomia carinata gessifera. Oltre a questa roccia, che è collegata agli scisti lucidi ed ai calcoscisti di val Bedretto, si notano dei banchi di calcare saccaroide compresi negli scisti amfibolici e sericitici e questi potrebbero rappresentare i calcari di Dongo e di Olgiasca nel bacino Lariano. Manca poi quella zona di saccaroidi, che nel bacino del Toce separa i gneiss scistosi dal gneiss profondo o di Antigorio; e ciò farebbe credere che anche nel centro del ventaglio manchino le formazioni più antiche affioranti nelle incisioni delle masse laterali al Gottardo. Anche il Fritsch crede che i micascisti nel gneiss micaceo formino dei veri filoni e descrive poi molti filoni di eurite, nelle salbande dei quali sono frequenti gli svariati minerali di cui è ricca quella regione.

L'accennata zona granitica sopra il ricovero di S. Giuseppe può considerarsi come propagine di più sviluppata massa della roccia medesima, che l'autore molto dettagliatamente descrive nella valle di Wittenwasser, al pizzo Lucendro, al Petchora (3077)

ed al P. Gallina (3067). Secondo l'autore, il granito, sfaldato in piastre ed in prismi, poggia sulle testate del gneiss; il che vorrebbe significare che la sua massa forma una colata. Ma poi non si intende come a nord-est il granito stesso si insinui in rocce amfiboliche ed attinolitiche senza potersi dire che sia invece un dicco, allineato nel senso della direzione. Può essere che si trattò di una iniezione lacolitica, nel senso proposto dal Gilbert ed accettato da Geikie; ma sarà sempre difficile il persuadersi della provenienza endogena di questo granito, che non fu incontrato quivi presso dal tunnel, ad onta dei molti esempî che l'autore descrive e figura di gneiss involto dal granito, e di granito compreso a guisa di dicco nello gneiss ed anco in masse isolate, che l'autore interpreta come sezioni di apofisi di dicchi, quali si scorgono in val Prosa, sotto al M. Forcella o presso l'Alpe Monigolo. Nota per altro l'autore che i gneiss interclusi hanno apparenza granitica e che i dicchi di granito seguono in generale il piano di scistosità dei gneiss. Le vette più elevate della massa del Gottardo appartengono a questo allineamento di granito o di gneiss granitico.

A levante del passo, non solo mancano i graniti ma anche i gneiss si mostrano assai meno sviluppati; prevalgono le rocce della zona amfibolica e granatifera, presto subentrando la formazione delle rocce attinotiche, degli scisti calcariferi, della dolomia carriata gessifera, la quale confusamente rappresenta una *facies* più o meno cristallina dei sedimenti mesozoici. Dove poi queste erodibili rocce si appoggiano a sud di nuovo al gneiss, si allineano i laghi alpini di Tom, Cadagno e Ritom, mentre lo stagno di Alpe di Lago è negli scisti micacei ed i laghetti Scuro, Tanera, Lisera, e Marinascio sono incisi nello gneiss più o meno micaceo. Per questa comba di val di Piora la zona dei terreni mesozoici di val Bedretto passa al Lucomagno, dove la sella alpina è di 145^m più bassa del Gottardo ed è appunto incisa nella dolomia carriata gessifera. A levante del passo si innalza lo Skopi (3200) tutto di scisti neri leggermente micacei, presso la base granatiferi, riferiti dai geologi svizzeri ad epoca liasica. A sud-est di S. Maria, che è appena oltre il passo, fu poi indicata una quarzite talcosa, che al pari degli scisti di Losone presso Locarno potrebbe rappresentare il verrucano, al quale farebbero seguito come altrove dei gneiss micacei e delle amfiboliti.

Il versante meridionale di val Bedretto presenta un grande sviluppo dei calcescisti micacei, con accluse masse dolomitiche, le quali raggiungono ed oltrepassano il crinale formando le cime di Cavagnoli (2864), del Vespero (2714), del Mezzodi (2636) e parte del bacino di Campo la Torba; poi circondano il Poncione di Tramoggio (2677), accolgono il laghetto omonimo (1828) e presentando alla base delle dolomie con attinoto passano all'Alpe Pianizzolo, all'origine di val Maggia. I passaggi di questa formazione al sottostante gneiss non furono sino ad ora sufficientemente osservati nemmeno dal signor Rolle, che rilevò il corrispondente foglio della carta svizzera; pare però che siavi realmente discordanza tra le due formazioni e che colla più recente si allineino i saccaroidi e gli scisti micacei ed attinotici, che li comprendono.

Il signor Fritsch (p. 91.) inclinerebbe a credere la massa del Gottardo più antica di questa catena più meridionale, perchè più contorta e più ricca di minerali; ma nè questi caratteri sono sufficienti per stabilire una differenza cronologica, nè può escludersi che sotto le accennate assai probabili discordanze delle formazioni superiori dalle inferiori, siano queste piuttosto le più antiche rispetto alla massa di gneiss micacei, incurvata nel ventaglio centrale del Gottardo, che io ritengo equivalga a qualcuna delle zone più recenti enumerate dal Gerlach, probabilmente a quella dello Strona-gneiss.

Tra le molte considerazioni teoriche, nelle quali si diffonde il signor Fritsch per spiegare l'origine delle formazioni descritte, mi parve degna di nota quella che la origine sedimentare del gneiss granitico del M. Fibbia troverebbe a suo avviso un'objezione nella grande potenza di oltre due chilometri di questa enorme amigdala: obiezione di poco momento per chi sia disposto ad ammettere che le condizioni dei fondi marini dove si suppongono tali rocce depositate erano ben diverse dalle attuali e che quindi non è logico un confronto dei gneiss colle arenarie e cogli altri sedimenti secondari o terziari. Del rimanente le stesse formazioni eoceniche dell'Apennino nostro, quanto a potenza di arenarie, non sono molto inferiori allo spessore di quelle grosse amigdale contrastificate tra scisti micacei ed amfibolici ed allineate lungo l'asse stratigrafico della catena. Nè sembrami molto felice l'idea di attribuire la scistosità dei gneiss alla abrasione, per modo che dipenda

quasi da un mancato appoggio laterale; poichè lo scavo della galleria ha dimostrato come tutta la massa della montagna era stratificata e sconnessa da fratture e scorrimenti straordinari, così da potersi comparare ad una vera breccia; stato di massa che assai probabilmente sarà comune a tutte le montagne del globo.

Poichè, per fortuna della geologia, si ebbe occasione di attento studio nel traforo di questo tunnel e fuvvi chi ha compiuto questo studio in un modo ammirevole, prima di abbandonare questa regione ci permettiamo di ricordarne qualche più saliente risultato; incominciando dal fatto importantissimo del duplice sinclinale di Andermatt, a settentrione del quale si passa bruscamente alla massa del gneiss antico del Finsterhearhorn, mentre verso il Gottardo si ha un graduato passaggio a formazioni sempre più decisamente cristalline. Sembrami assai probabile che il gneiss di Urseren, che forma la porzione più profonda delle zone incurvate in quel duplice sinclinale, sia coevo al gneiss dello Spluga e delle prealpi orobiche, i quali però mancherebbero nella porzione meridionale del bacino ticinese. Come è brusco il limite suaccennato a nord di Andermatt, così è abrupto il passaggio della massa gneissica del Gottardo alle rocce che sono incurvate nel sinclinale di Airolo, che fu attraversato dal tunnel a 3178 m. da Airolo ed era segnato da una frattura riempita di argilla, mentre alla superficie del monte è accennato da una stretta depressione sotto all'Alpe di Sovescia (2423^m). L'asse del ventaglio centrale corrisponderebbe al pianoro di Guspisthal: ma lo scorrimento delle masse infrante dei piani variamente obliqui rende difficilissimo, anche coll'aiuto dello spaccato del signor Stapff e tenendosi anche d'occhio l'andamento delle zone amfiboliche, il ricostruire la curva originaria. Anzi appena a nord del Greno di Prosa (2715), che costituisce lo spartiacque del Gottardo, corrisponde l'asse di un sinclinale secondario, di cui la frattura fu dall'autore pure rintracciata alla superficie. Osservo però che per quanto accuratamente questi abbia studiata la influenza delle condizioni tettoniche e della natura delle rocce sulla conformazione superficiale, egli non cessa di essere tra i più decisi sostenitori dell'origine esogena delle vallate; soltanto egli inclinerebbe a scorgere nei terrazzi orografici un effetto dell'erosione marina, che io non vorrei ammettere in un'area emersa dal mare appena dopo

l'eocene. Di questi terrazzi l'autore ne distingue non meno di cinque tra i 2370 ed i 2200 metri ed altri analoghi, ma alquanto più bassi, accompagnano la Reuss; mentre lungo la val Leventina altri ancora compaiono evidenti alle altitudini di 1446 ± 36 , 1356 ± 31 , 1250 ± 57 , e questi portano i paesi ed accompagnano il thalweg attuale con una pendenza bensì minore di quella del fiume ma che è però sempre contraria all'ipotesi che l'autore sostiene. Molto più giustamente aveva interpretato i fatti stessi il Rüttimeyer nel suo importante scritto che inaugurava lo studio razionale e positivo della orogenesi. Anche sopra Airolo sonvi tre terrazzi ben marcati alle altitudini di 2140, 1570 e 1150 metri. Il limite attuale delle vedrette si mantiene verso i 2600 metri, dove la temperatura media è per l'aria di 4° e pel suolo di 0° . L'incisione dei torrenti sotto il limite dell'arrotondamento glaciale è di 10-15 metri e cresce sino a 40 metri per le valli principali sui due versanti; anche nelle valli secondarie la massa glaciale quaternaria deve aver raggiunto lo spessore di oltre m. 250 e sino a 400 pel ghiacciaio di S. Anna. Questo ghiacciaio poi dal 1861 al 1877 si sarebbe ritirato di 365 metri. Pensa l'autore che il pianoro terrazzato di Airolo fosse un tempo tutto allagato e che anzi sino in epoca storica perdurasse un tale allagamento; il che sembrami molto improbabile, perchè trattasi di terrazzi collegati colla incisione delle rocce in posto della chiusa di Stalvedro, alla quale certamente non bastarono i pochi secoli dopo i tempi preistorici. Al più, non si può escludere un temporaneo allagamento appena dopo la scomparsa del rispettivo ghiacciajo.

La corrispondenza della serie superiore al gneiss micaceo non sarebbe molto esatta sui due versanti; la formazione dell'accennato gneiss di Urseren sarebbe nel versante italiano rappresentata da una più fitta alternanza del gneiss micaceo con amfiboliti, con quarziti e con micascisti granatiferi, che corrispondono altresì alla zona sericitica di Andermatt. Questa, essendo superiore agli scisti neri, è probabilmente paleozoica e non può ad ogni modo ritenersi caratteristica dei più recenti sistemi azoici, come voleva il Gümbel. Lo Stapff conferma la forma di dicco dei micascisti nei gneiss micacei; è però abbastanza strano che verso il supposto tetto questi filoni di micascisti tanto si arricchiscano di feldespato da diventare gneiss occhiadini, come si avverte alle distanze

1177-200, 1210-13, 1340-45 dall'imbocco nord. Inclinerai a crederli piuttosto interstrati deformati per antichi scorrimenti. L'autore considera questi supposti filoni come più recenti di altri di eurite, che del pari attraversano il gneiss grigio, ed in questi filoni sono abbondanti e vari i minerali; altri filoni più recenti ancora si presentano riempiti di sostanze argillose o cloritiche, e questi sono meno frequenti nella massa settentrionale.

Importanti sono altresì le osservazioni e le considerazioni del signor Stapff sulle grosse amigdale di serpentino, attraversate dal tunnel, la principale tra 4870 e 5310 dallo sbocco nord. L'autore le ritiene prodotte dall'alterazione di una massa peridotica, avvertendo che l'olivina esiste poi con qualche abbondanza nei prossimi gneiss, ed anche nel serpentino, mentre a sua volta questo mostrasi talora così commisto al feldespato ed al quarzo da generare un gneiss serpentinoso. Sul quale argomento non sarà inopportuno richiamare anche le osservazioni del signor A. Cossa (1). Questi ricorda come all'accennata idea della serpentinizzazione dell'olivina si opponesse l'osservazione dell'ingegnere montanistico Sjögren, secondo il quale il minerale che si osserva impregnato nella serpentina suddetta non sarebbe olivina ma bensì un pirosseno, e dalle proprie osservazioni conclude: 1° che talune rocce inviategli dallo Stapff come serpentine erano costituite di talco, pirosseno ed olivina, che egli dice suscettibili non solo di passare a serpentina ma in taluni campioni dimostranti evidentemente questo passaggio; 2° che l'accennato disparere può appunto provenire dalla natura dei campioni esaminati dai due osservatori precedenti. A differenza dalle appenniniche e di quelle dell'Elba, queste serpentine del Gottardo sono prive di bastite. Io non vorrò certamente porre in dubbio i molti argomenti, che hanno fatto prevalere l'idea di una genesi per metamorfismo del serpentino; dal complesso però delle osservazioni e dei riflessi, che su questa roccia ho potuto stabilire in parecchi anni, io sarei portato piuttosto a considerarla un deposito chimico originario, quando è in masse e come queste attraversate dal tunnel del Gottardo od ancora di molto maggiori; e come effetto di una antichissima e pronta alterazione

(1) *Sulla serpentina del S. Gottardo*. Bollettino del r. Comitato geologico italiano vol. XI, 1880 p. 450.

di moltissime altre rocce lungo i piani delle prime fratture, quelle poche volte che si trova attraversare formazioni di diversa natura, come graniti, amfiboliti e gneiss. Nel caso poi particolare di questi serpentini sparsi di cristalli degli stessi minerali, da cui si vogliono far provenire i serpentini stessi, io duro molto più fatica a comprendere la rimanenza di questi che ad ammettere le possibilità di una formazione mista, contemporanea, di silicati anidri ed idrati. Prescindendo però da queste considerazioni teoriche sulla origine del serpentino del Gottardo, notiamo come l'esistenza di questa roccia sia altro argomento per ritenere che la massa di quella montagna appartenga appunto a quella superiore zona gneissica, che più a sud comprende il serpentino di Oira e di Bognanco.

È anche di qualche rilievo l'osservazione che le principali fratture delle montagne irradiano da un centro assai profondo sotto di esse, e che le masse costitutive mostrano di essere state spostate sui rispettivi piani di frattura verso nord-ovest. Devesi poi ricordare anche che ad onta di tanta minuta fratturazione, la quantità delle acque andò rapidamente scemando dai due imbocchi e fu pel tratto di oltre quattro chilometri tenuissima (37 litri al secondo).

Anche lo Stapff ritiene che i terreni scistosi superiori ai micascisti feldespatici ed ai gneiss granitici abbraccino tutta la serie dal carbonifero al giura; stabilisce interessanti confronti fra questi terreni ai due versanti della catena e ritiene molto probabile che anche il sinclinale di Airolo sia doppio come quello di Andermatt. Se lo stato di contorcimento e di fratturazione è realmente quale sembra molto esattamente dimostrato dagli studi del pazientissimo ed oculato osservatore, nel profilo del Gottardo noi abbiamo di certo la più bella pagina di geologia alpina e possiamo cercarvi le analogie ed i raffronti colla serie delle rocce cristalline più recenti, in parte anche paleozoiche, che si allineano alle falde meridionali dei monti ticinesi lungo l'accennato sinclinale da Domodossola al passo S. Jorio, e più a sud ancora all'estremità del Verbano, in Valtravaglia e nel Luganese.

Per intendere con qualche maggiore dettaglio la struttura geologica di queste più meridionali regioni potremo giovarci del lavoro

pregevole del D. Rolle (¹), di recente pubblicato, non molto abbondante di dettagli ma condotto, a mio avviso, con ottimo senso stratigrafico e quindi opportuno pel caso nostro. Secondo il Rolle la massa gneissica dei monti a nord del Verbano spetta ad un piano assai antico, che però non afferma equivalente al gneiss d'Antigorio; anzi dal riferirsi ad esso il granito del Chiavennasco e di un piccolo affioramento in Val Verzasca si potrebbe dedurre che l'autore escludesse affatto tale equivalenza. A me però essa sembra in parte almeno giustificata dall'opinione del Gerlach, quanto al seguire verso levante del gneiss profondo, e dalla presenza sebbene discontinua di calcari saccaroidi, che possono equivalere a quelli che contornano questo gneiss nella valle d'Antigorio. La struttura di questo gneiss è identica in una regione e nell'altra, la posizione abbastanza inclinata per non potersi ammettere che per tanta ampiezza si sviluppino soltanto i gneiss superiori. Ulteriori osservazioni potranno ridurre l'estensione, che è segnata nell'annesso schizzo, che al momento non deve servire se non che a denotare tale somiglianza litologica. Che vi sieno anche gneiss recenti, non ne dubito punto, per la presenza, non fosse altro, delle amfiboliti con attinoto in Val Mesocco a nord-est di Verdabbio, ad Aurigeno in val Maggia, e della pietra ollare quivi ed in Val Pescia; ma in queste località siamo nella parte più alta della formazione gneissica, dove vengono a collocarsi altresì i gneiss amfibolici, che dalla valle di Bellinzona pel Marmontana passano nel Chiavennasco e si presentano per una curvatura secondaria anche più a nord, presso Arbedo. Lo stesso gneiss mi si presentò lungo le Centovalli, da Camedo a Borgnone, e lungo le sponde del Verbano da Ranco sino a Cannero; se non erro nell'ammettere il sinclinale da Varallo a Locarno, questo gneiss corrisponderebbe poi alla roccia di Beura (²) nell'Ossola, ben descritta dal signor Spezia. Le principali cave si allineano tra Beura e Cuzzego sulla sinistra del fiume e gli strati, inclinati a sud-est, si nascondono sotto le amfiboliti della più settentrionale zona amfibolica. Sono assai interessanti

(¹) *Das Sudwestliche Graubunden und nordöstliche Tessin. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, 23° 1881, Bd. XIX.*

(²) G. Spezia, *Cenni geognostici e mineralogici sul gneiss di Beura. Atti Acc. delle scienze di Torino, vol. XVII, 1882.*

le osservazioni dell'egregio collega sui molti minerali contenuti di questo gneiss e sulla loro successiva formazione, dimostrata dal modo di presentarsi nella roccia; la tormalina sarebbe il minerale più antico, almeno nelle druse, pur comparendo nella roccia, mentre la calcite e il quarzo affumicato o giallo, con bolle di acqua, si trovano associati e comprendenti cristallini di fluorite; sul quarzo giace l'adularia colla titanite. Inoltre, nelle stesse druse si trovano cristalli rotti di quarzo involti nella clorite, e cristalli rotti di tormalina compresi entro a' cristalli integri di quarzo, che presenta soltanto un leggero intorbidamento intorno ad essi frammenti; in modo analogo nelle cave di Baveno l'autore stesso osservò nell'interno di una drusa, abbastanza ampia, frammenti di ortose cementati da calcite in grossi prismi. I quali fatti mi rammentano i frammenti di grosse stalattiti, che vidi compresi nelle masse alabastrine delle stalagmiti di Frasassi, presso Fabriano, quando fummo a visitare quella grotta in occasione della riunione della nostra Società. Povero Sella! quella fu l'ultima volta che prese parte ad una escursione geologica ed il suo occhio pensoso si posava a lungo su quelle prove di scuotimenti ripetuti, che hanno disturbato la lenta formazione degli edifici cristallini, di cui lo studio avevagli meritato così chiara fama nel mondo scientifico.

Ma tornando all'argomento dei terreni sviluppati a nord della sinclinale di Bellinzona, anche in base alla carta ed al volume del signor Rolle non possiamo distinguere a ridosso dei gneiss altra formazione tranne i micascisti, allineati in più zone, che attraversano quella regione protendendosi con molta evidenza lungo gli spartiacque tra i confluenti del Ticino e maggiormente sviluppandosi presso alle rocce mesozoiche di Bedretto, del Lucomagno e dell'alta Valle Misono. Pur essi a volta amfibolici (colla varietà dall'autore distinta col nome di *chenopite* dalla particolare disposizione dei cristalli di amfibolo) vengono riferiti al problematico piano degli *scisti di Casanna*. Io ho creduto poterli associare alla zona dei micascisti amfibolici, spesso alternati con gneiss, sempre assai ricchi di quarzo, che si fanno in alto sempre più sericitici e che si sviluppano alle falde prealpine sulle due sponde del Verbano e nel bacino del Ceresio. Credo anzi che questi micascisti delle alte vallate possano in parte equivalere colle sericitici di Arona e Pallanza. Compare in quei micascisti a volta anche

il serpentino, come all'alpe Casimo, in Val Carassina, ad oriente di Olivone ed a Carena in Val Morobbia; nè manca il calcare saccharoide all'alpe Arena, a sud del passo di Nufenen, presso Fusio in val Sambuco e lungo le risvolte della strada pel passo di S. Bernardino. Inoltre in taluni siti il micascisto si fa ematitico e passa ad itabirite, come a Largario, Comprovasco, Pungiano in Val di Blegno. Tra i minerali più frequenti, oltre ai granati abbondantissimi a vario livello, ricorderemo le belle tormaline (*) del M. Simacco, che però sono nel gneiss, il quale verrebbe così a porsi al livello dell'accennato, meno profondo, di Beura; nonchè i magnifici cristalli di berillo di Craveggia, descritti dal signor Spezia, sui quali fu recentemente scoperta la columbite del signor Struever, ma che però furono fino ad ora raccolti soltanto in erratici. Belle tormaline, con staurotide e attinoti, trovansi pure lungo la sponda del Verbano presso Cannobbio e S. Agata e nella valle di Mesenzana poco sotto Luino; da molto tempo sono noti i granati, la cianite, l'attinoto dei micascisti a nord di Lugano.

Evidentemente in questa porzione centrale del bacino verbanco, dove è più profonda l'abrasione pel convergere delle valli, meno probabile sarà il rinvenire la continuazione non interrotta dei terreni più recenti, per quanto profonde possano esser state le rughe nelle quali erano compresi. Ed è perciò che nel tratto tra Bellinzona e Losone di Locarno mancano non solo le quarziti talcose, rappresentanti il verrucano, ma altresì gli scisti micacei e sericitici e son messi a nudo i gneiss. D'altronde non è affatto da escludersi che oltre al sinclinale arrovesciato a sud fossevi anche un salto od altro disturbo, che portasse in alto i gneiss a tramontana come avvenne per la massa del Gottardo. Devesi anche por mente alla forma lenticolare, che in generale tutte le formazioni cristalline ed in particolare le amfiboliti presentano in tutto il rilievo alpino; le quali rocce compatte quivi mancando sotto ai micascisti, mentre esistevano ai lati, costrinsero le acque ad erodere ed abradere appunto nel tratto intermedio alle aree di loro sviluppo. Che poi intervénissero profonde fratture, lo dimostra ad evidenza la disposizione degli scisti recenti rispetto ai gneiss sulle due sponde

(*) E. Bonardi, nella descrizione: *Les eaux thermales de Acquarossa*. Dongio D. Andreazzi, 1884.

della valle Leventina o meglio ancora la posizione delle dolomie, degli scisti lucidi e dei sottoposti micascisti nell'alta Val Misocco, dove l'andamento delle faglie non coincide punto coll'asse della vallata. Devesi anche notare che siamo ben lontani dal conoscere a sufficienza questa regione ed è molto probabile che nei dintorni di Lugano, in continuazione col noto lembo carbonifero di Manno, si sviluppino sotto l'apparenza di gneiss gli equivalenti del verucano, e che questi esistano anche in qualche lembo a ridosso della catena di M. Ceneri. Ed a proposito di questi equivalenti, le proposte del signor Rolle, sebbene risguardanti a preferenza la regione abduana, mi sembrano degne di molto riflesso e tali da portare grande progresso nello studio delle prealpi lombarde, dimostrando ancora una volta come il così detto metamorfismo invada talora dei terreni relativamente recenti, pur rispettandone gli equivalenti fossiliferi a non grande distanza; il quale fatto è altro degli argomenti, pei quali io sono anzi poco persuaso della spiegazione di essi terreni in generale ammessa dai geologi ed inclino a ritenerli depositati così come si presentano od assai poco differenti da quel che sono al presente.

I calcari e dolomie di Campolongo, Sasso Molare, Aquila, Olivone e del passo di S. Bernardino sono anche pel signor Rolle triasici ed il gesso che contengono è da lui giudicato il prodotto di metamorfismo esercitato dalle acque solfuree sgorganti dai sottoposti micascisti piritiferi; ipotesi subordinata all'altra che l'acido solfidrico sia il generatore, oltrechè un prodotto, dei depositi gessiferi, come è il caso normale e più certo. Chiama poi scisti variegati gli scisti calcariferi del Fritsch e pare che comprenda con essi dei calcari saccaroidi nell'alta valle di Olivone in analogia a quanto avviene in Bedretto e nella comba di Andermatt. Introduce molti nomi nuovi a proposito di certe rocce cristalline o cristalloidi, quali: la *gadriolite*, di feldespatò, cianite, clorite, epidoto, magnetite e enstatite; la *hypholite* di Doira, presso Musocco, con fitti cristallini di attinoto, plagioclasio, epidoto e magnetite; rocce che entrano nella divisione degli scisti attinotici del Fritsch.

Sebbene non indichi sulla sua carta le morene, il signor Rolle ne discorre nel testo indicando quella di Val Vignone a 2100, di Campolongo a 2138, al Cantone dei Vitelli presso Fusio, al lago Mognola (2001), al Monte Compieto sopra Olivone (1580). Tra le

formazioni posglaciali ricorda le frane di M. Moea alla base delle risvolte pel S. Bernardino, quelle di Cama in Val Misocco, di Val Canaria presso Stalvedro e quelle di Biasca del 1512.

Dalle descrizioni delle principali relazioni tettoniche si ricava che dalle prime origini del Toce alla massa del Rheinwald decorrono due ampi sinclinali, la più settentrionale con prevalente sviluppo e con secondarî contorcimenti paralleli al proprio asse. I lembi di Sasso Molare e di Olivone rappresentano i residui del più meridionale. All'angolo nord-est del bacino tutte le formazioni, ma in modo più evidente le mesozoiche, si allineano da nord-ovest a sud-est, quasi fossero pigiate tra la massa delle Alpi ticinesi e quelle del massiccio del Liro. Non vorrei però associarmi al Rolle nel supporre una emersione della massima porzione di quest'area sin dallo scorcio del paleozoico, potendo anzi essere avvenuto il contrario; che dal trias alla creta fosse stata invece sotto un mare profondissimo. È molto interessante ad ogni modo lo schema stratigrafico alla fig. 20 (t. VIII) inquantochè dimostra come a sud del sinclinale segnato dalla zona amfibolica, si svolga una vòlta di cui il vertice corrisponde al M. Ceneri. Questa disposizione spiega la comparsa delle zone più recenti nel Luganese combinando assai bene coll'ipotesi che ho avanzato di un anticlinale in corrispondenza della regione micaceo-scistosa sulla sponda destra del Verbano.

Alla quale regione noi ora riducendoci, darò conto di due importanti pubblicazioni, uscite dopo la descrizione da me stesa del foglio XXV della Carta svizzera, del signor Gümberl (*) e del geologo giapponese Toyokitzi Harada (**).

Che le conclusioni degli studi del signor Gümberl sieno tutte accettabili, specialmente quelle che la zona sericitica abbia un valore cronologico nella parte più recente della serie azoica, io non crederei di poter affermare; anzi suppongo che egli stesso l'autore almeno a questa non ci tenga, non facendone cenno nel lodevolissimo suo trattato in corso di pubblicazione. Ed è molto singolare che a tale conclusione sia venuto, mentre afferma che

(*) *Geognostische Mittheilungen aus den Alpen*. K. bay. Akad. 1880 I e IV. — *Grundzüge der Geologie*. Kassel, 1884.

(**) *Das luganer Eruptivgebiet*. Jahrbuch f. Mineralogie B. II, 1882.

queste filladi sericitiche nella catena orobica sono quelle stesse che il Rolle ed il Simmler chiamarono alpiniti ad helvetano, e quando erano già pubblicati i lavori del Fritsch, sul Gottardo. Questi lavori infatti collimano colle osservazioni del Rolle a far ritenere le rocce sericitiche equivalenti della formazione permocarbonifera, ad onta del loro carattere cristallino, che è poi assai più distinto nel gneiss dello Spluga (Suretta-gneiss), al quale io sarei inclinato a riferire le quarziti micacee dei colli di S. Bernardo e S. Zenone a nord di Lugano. Se lo sviluppo di questa quarzite sulle sponde del Verbano sino ad ora non venne notato, è però grandissima a sud l'estensione delle sericiti, che io credo ad essa equivalenti. Negli scisti di Losone io vedrei altro equivalente, con abbondanza di talco; appunto nella regione dove abbondano ad un livello appena inferiore le amfiboliti, le quali non è molto sicuro se possano mantenersi nella serie azoica. Piuttosto accetto la opinione del Gumbel che il piano a vegetali carboniferi di Manno possa parallelizzarsi alla porzione profonda degli strati di Collio, mentre il conglomerato a calamiti alle falde del S. Salvatore sarebbe da mantenersi alla base del trias. Quanto poi alla soprastante massa calcareo-dolomitica, l'autore la dimostra risultante di due porzioni, che sarebbero appunto assai distinte nella Valtravaglia, ad Angera ed Arona; la inferiore a stratificazione più regolare, spettante al trias medio e la superiore, più compatta, del piano di Esino. I filoni porfirici così evidenti di Morcotte, pure attestando l'origine eruttiva della roccia cristallina, non avrebbero esercitata alcuna sensibile influenza sullo scisto incassante.

Quanto alla composizione mineralogica dei porfidi, il Gumbel riassume le osservazioni del Levy e le conferma coll'esame da lui fatto sopra le rocce di Carona, Melide, Brusin Arzizio, Val Ganna e Brinzio, dichiarando i porfidi neri più vecchi dei rossi. Distingue in queste rocce del quarzo di segregazione per alterazione del feldspato, che è prevalentemente oligoclasio nei porfidi neri e bruni. Nota l'apatite, la cloropite o viridite e l'epidoto. Conclude che questi porfidi sono analoghi ai paleozoici del Fichtelgebirge. Alle analisi del Felleberg ne aggiunse alcune proprie sopra cinque varietà, delle quali quelle di Maria del Monte presso Brinzio merita rimarco per la straordinaria scarsità di silice (50, 28) e la maggiore quantità di magnesia (6, 09).

Ancora più importanti, dal punto di vista litologico, sono le osservazioni del geologo giapponese, al quale certamente farò assai maggior carico di aver messo in seconda linea le importanti osservazioni dei signori Sprefico e Negri di quanto mi possa sentire mortificato per non aver egli tenuto alcun calcolo della supposizione, che ora non tenterei di far rivivere, che almeno taluno di questi porfidi potesse spettare anche al trias inferiore. Piuttosto riassumerò le sue osservazioni, alquanto diffusamente, sebbene non risguardino lo scopo del presente scritto; che anzi la storia recente di questa regione doveva all'autore sembrare poco interessante se dichiarava rappresentare i laghi una fase passeggera e di nessun conto nella storia di una valle, come gliene parve molto semplice la storia antica, riferendo egli sulle orme del Gumbel all'azoico tutte le formazioni scistose, che sopportano i porfidi.

Accettata la opinione che le eruzioni dei porfidi neri e bruni abbiano preceduto quelle dei porfidi rossi e che tra gli uni e gli altri siano espansi degli agglomerati porfirici e dei tufi, il signor Harada ha molto giustamente intraveduto una serie di fratture parallele all'asse di sollevamento, colle quali si spiega molto bene la insinuazione delle rocce mesozoiche a breve distanza dagli scisti affioranti in limitatissime aree e dai porfidi bruni. L'affioramento di questi è descritto e delimitato più precisamente di quanto fosse noto ai rilevatori della carta da me descritta; se il signor Harada lasciò qualche lacuna nella porzione occidentale, in corrispondenza della regione da me percorsa presso al Verbano, è ben giustificato dalla rapidità delle sue gite e dal fatto che il più complicato e non del tutto spiegato intreccio di formazioni esiste nella porzione orientale o del Ceresio, da lui in particolare considerata. L'idea che il lembo triasico del S. Salvatore rappresenti un ventaglio è mantenuta ad un dipresso come era concepita dai nostri geologi, e sopra una sezione in scala maggiore si può assai bene combinare coll'altra accennata dal Gumbel.

Nei porfidi neri o di Brinzio, i componenti disposti per ordine di loro formazione sono i seguenti: giargone, titanite, apatite, magnetite, biotite, orneblenda, oligoclasio, ortose, quarzo; oltre a numerosi prodotti di decomposizione, tra i quali si colloca l'epidoto cristallino o granulare ed un quarzo più recente. La biotite e l'orneblenda sono spesso alterate in clorite, con separazione di

limonite e di quarzo o calcedonia; mentre dall'alterazione dell'oligoclasio si generava mica, calcite, quarzo e caolino; e questo, come è fatto assai frequente, occupa il centro piuttosto che la periferia dei cristalli. Anche l'ortose così caolinizzandosi generò muscovite e quarzo. La titanite è scarsa, l'apatite più frequente in cristalli colonnari; questi ultimi due minerali rimangono intieramente compresi nella sostanza cloritica, che si sostituisce all'amfibolo ed alla biotite. Quanto alla struttura di rado è cristallina, granulare; però sopra un campione si offre un aspetto come di diorite; in questa e nelle più comuni varietà la pasta è sempre di oligoclasio, con poco ortose e raramente con quarzo; gli elementi sono riuniti da una pellicola vetrosa e talora disposti con struttura fluidale. Le bolle originarie si colmarono di delessite. La roccia presenta un passaggio dal tipo di una quarzoporfirite a quello di una felsofirite, abbondando il primo sulla sponda orientale del lago tra Bissone e Maroggia. Presso al torrente Sovaglia si presenta anche una varietà sferolitica. Le analisi chimiche del Felleberg sono dichiarate poco attendibili.

Quanto ai porfidi rossi, più acidi, l'autore mantiene le quattro varietà rilevate dal Levy: 1° dei porfidi rosso-bruni microgranulari; 2° dei grigi sferolitici, di Morcotte; 3° delle micropegmatiti di Valganna; 4° delle micropiromeridi dei dicchi; oltre alla retinite di Grantola, che viene riferita alle varietà sferolitiche, ed al porfido bruno a sanidino. Alcune varietà di Valganna rassomigliano al granito rosso di Baveno. Tra gli elementi di questi porfidi compaiono quasi in misura eguale l'ortose e l'oligoclasio, il primo più frequentemente alterato in muscovite e caolino trasparente. La funzione adesiva è adempiuta dal quarzo, che è ricco di inclusioni liquide con libelle semoventi. Anche in questi porfidi rossi si osservano giargone, apatite, magnetite, biotite che include gli altri tre; e come elementi secondari, epidoto, limonite, muscovite, quarzo, calcedonia, carbonati, clorite e pirite. Le lamine di biotite sono spesso piegate ed i cristalli di feldespato spesso rotti; accennando a movimenti subiti dalla roccia prima del suo consolidamento, dovuto al quarzo, del quale i cristalli sono sempre intatti. La struttura micropegmatitica e la abbondanza di druse cristalline coincidono colle masse più potenti; mentre nelle porzioni superficiali la roccia passa ad un quarzofiro. Il giargone abbonda nella roccia dei dicchi di Maroggia.

Anche questi porfidi più quarzosi posseggono talora una struttura fluidale, come presso Carona ed in Valganna; più spesso la struttura sferolitica, o combinate entrambi; le quali varietà si trovano a brevi distanze. Da Brinzio sulla strada di Bedero l'autore osservò un agglomerato di porfido rosso con frammenti di scisto micaceo-quarzoso; come io riscontrai frequentemente nelle più profonde masse porfiriche della Valtravaglia e più ancora nelle colate di Arona e della Valle Sesia. Osservasi anche che tanto i frammenti di scisto come i grumi di porfido quarzifero rosso o bruno in tali agglomerati sono rivestiti di una tecca cloritoide talora assai lucente, oppure rammollita come cera vergine. Nella retinite di Grantola e nella pasta di detti agglomerati l'autore osservò anche augite e olivina; più spesso trovò questa serpentizzata con cristalli di apatite e di magnetite. Egli crede altresì di avere osservata la varietà di quarzo *tridimite*, il che dovrebbe essere confermato con nuove osservazioni. A proposito della tormalina, che trovasi nelle salbande dei dicchi presso Morcotte e Brusimpiccolo, l'autore la spiega come formatasi per fumaiole borifere, rasente la roccia in posto, che è del pari tormalinifera.

I tufi vengono riferiti ai porfidi rossi, dei quali includono i frammenti; stanno sotto però ad essi e rassomigliano talora ad un arcose, negli strati più bassi. Al microscopio i minerali meno alterati sono l'ortose e la biotite; ma spesso non si distingue con sicurezza il carattere di alcun elemento. Aggiungerò che questi tufi a Grantola ed a Mesenzana passano a vera arenaria ed a banchi di argillofiro, e si alternano a banchi verdicci e rossi, con forte ricordo delle arenarie variegata, ma sempre inferiormente ai porfidi quarzosi massicci, compatti o bollosi. Tali tufi io trovai sviluppatissimi nella valletta della Burada, al Pianchè di Valtravaglia, sopra Mesenzana, presso Roggiano e tra le due gallerie di Bedero, a sud di Luino.

Quanto all'età di queste rocce, anche il geologo giapponese la delimita tra il carbonifero medio, rappresentato dal conglomerato di Manno, ed il deposito di conglomerato che sostiene il trias medio, che però non dice se consideri triasico o permiano. Evidentemente non si può escludere che i più antichi sieno carboniferi, come pensava anche il sig. Levy; ma la fase di massimo sviluppo di queste formazioni porfiriche quarzose si mantiene nel

permiano inferiore e non si può scorgere alcun rapporto colle lenti di granito di Baveno e di Montorfano, a meno che queste non si volessero spiegare come iniezioni lacolitiche, in confronto col porfido ritenuto in dicchi ed in colate. La quale ipotesi però contrasta colla disposizione topografica e più ancora colla sensibile diversità litologica delle due formazioni; ed a mio avviso ancora più fortemente col dubbio, che alcuni geologi tuttora mantengono sulla origine endogena di entrambe o per lo meno delle granitiche. Devesi d'altra parte riconoscere che tra queste formazioni vi sono anche delle analogie; perchè, oltre ad essere entrambi cristalline a due feldspati, a contenere biotite e ad essere risaldate dal quarzo, contengono filoncelli di fluorite anche i porfidi quarzosi; anzi alla Valvassera, sotto Valganna, si lavorò per molti anni un filone di galena alquanto argentifera avente la ganga di questo minerale abbondantissimo e di clorite.

Non credo che dopo il signor Harada altri abbia studiato la regione luganese; ma il lettore avrà certamente compreso che pel geologo vi è ancora a fare, ad onta di tanti lavori, per sciogliere le più importanti questioni della genesi e del limite posteriore di epoca delle formazioni porfiriche, nonchè per distinguere meglio di quanto ci sia stato possibile sino ad ora i vari piani delle rocce scistose e gneissiche, accompagnando con paziente rilievo la zona di Manno dal Verbano al Lario in tutte le sue probabili equivalenze. Dal complesso delle notizie e dalle opinioni raccolte non mi pare che ci siamo molto allontanati dall'idea del Suess sulla spettanza al permiano inferiore, o diremo più precisamente al permo-carbonifero di tutta la zona scistosa da Arona al Lario; rimanendo incerto il livello del granito di Baveno e di Montorfano. Nè su questo difficile argomento può dirsi che porti molta luce il recente scritto dei signori Barretti e Sacco, di cui si è fatta parola qualche pagina addietro. Epperò credo io pure che mentre si preparano gli elementi per risolvere questi più tormentosi problemi della geologia, a noi debba bastare il riassumere brevemente quanto venne constatato e torna di maggiore interesse per la storia della regione ticinese.

Per continuare la quale rivista, oltre alla carta svizzera conviene far capo anche alle interessanti Memorie del mio egregio

collega prof. Leopoldo Maggi (¹), che in particolare pei terreni quaternari aggiunse moltissimi particolari ai già noti, raccogliendo quanto gli autori precedenti avevano scritto sulla geologia della val Cuvia. Egli inoltre mise a mia disposizione due sue carte geologiche inedite di questa valle, delle quali mi sono giovato nel colorire la tavola in scala maggiore per quei tratti che non ho potuto percorrere al di fuori della Valtravaglia. Era sua opinione che la massa scistosa sottostante ai porfidi si avesse a riferire al piano di Casanna e che al vero *Rothliegendes* spettasse il conglomerato di Mesenzana, e credo che almeno per questo ed in parte anche per quella egli fosse nel vero. Ritengo invece che giudicasse meno precisamente nel riferire alla dolomia retica gran parte dei calcari dolomitici della val Cuvia, ritenendo egli keuperiana anzichè infraliasica, come a me sembra, la zona dei sottostanti calcari marnosi che trovai fossiliferi a sud di Caldè. La *dolomia media* equivalente al piano a *Turbo solitarius* delle Alpi orientali è molto ridotta a ponente del Lario e manca decisamente a ponente del Verbano. Devesi anche al Maggi una buona raccolta dei fossili di V. Marianna, che poi furono studiati dal prof. Parona (²) e sono interessanti; poichè rappresentano il limite orientale di una *facies* del lias superiore, la quale poi si estende lungo la sponda sinistra del Verbano e si presenta altresì al Fenera, a sud di Varallo, molto distinta dal calcare rosso ammonitico prevalente nelle prealpi orobiche. Non credo che si tratti però di un parallelismo assoluto tra questi due aspetti faunistici, anche per la ragione che tanto in V. Marianna, come a M. Domaro in Val Trompia (colla quale località presenta analogia il terreno in discorso) si è studiato un materiale di frana, ad assicurare l'identità stratigrafica del quale non basta di certo l'analogia e nem-

(¹) *Relazione intorno al terreno erratico nella Val Cuvia*. Atti Soc. ital. di sc. nat. Vol. IX. Milano 1866. — *Intorno ai depositi lacustro-glaciali ed in particolare di quelli della Val Cuvia*. Mem. r. Istit. lombardo. 1869. — *Intorno al conglomerato dell'Adda*, ibid. 1869. — *Cenni sulla costituzione geologica del territorio varesino*. Varese 1874 e ristampata in occasione del Congresso dei naturalisti italiani in Varese del 1878. — *Sulla geologia del Sasso Meraro in Val Cuvia*. Rendic. r. Ist. lomb. Milano 1874. — *Catalogo delle rocce della Val Cuvia*. Atti Soc. ital. di sc. nat. vol. XXI. Milano 1879.

(²) *Contribuzione allo studio della fauna liasica della Lombardia*. Rend. r. Istit. lomb. Luglio 1879.

meno l'identità litologica, perchè questa in talune sezioni abbraccia non solo tutto il lias ma anche l'infralias inferiore ed il piano raibliano. Altra raccolta, dovuta al Maggi e che giace ancora non studiata nel Museo civico di Varese, è quella delle fucoidi di Biandronno, località interessante perchè quivi si raccolsero per lo passato anche dei fossili titoniani, che unitamente ai pochi di Induno costituiscono tutto quanto si raccolse sino ad ora dal terreno giurese in Lombardia. Zepharovich ed Hauer avrebbero raccolto anche degli ammoniti nella maiolica di Mombello e della val Cuvia; ma se ne ignorano le specie. Epperò la distinzione dei terreni mesozoici nelle falde collinesche e sulle prime montagne della sponda sinistra del Verbano, tra l'ingombro delle vastissime morene, è solo possibile per criterî litologici, bene spesso fallaci. A quale piano cretaceo appartenga, ad esempio, quell'arenaria che il Maggi chiama a *serpuliti*, io non saprei precisare; alla creta media probabilmente, poichè la creta superiore è con maggiore certezza rappresentata da marne variegata, alquanto scagliose, alternate con arenarie poco compatte e micacee, le quali si accompagnano per lunghi tratti intorno a Besozzo, sono tagliate dalla ferrovia, ricompaiono attorno al lago di Biandronno e spuntano in più siti dalle morene a nord del lago di Varese.

L'eocene si presenta con un aspetto non molto frequente nelle prealpi lombarde; cioè, come un calcare nulliporico e nummulitico, con alveoline, grosse bivalvi e frammenti di crinoidi. È una fauna da studiarsi; frattanto mi limito ad avvertire che buona parte dell'area distinta come eocenica nella carta svizzera spetta invece all'oligocene od al bormidiano, cioè alle marne a *Dentalina*, di cui sta occupandosi il prof. Salmoiraghi; col notissimo conglomerato poligenico della Camerlata, del quale ebbi più volte a discorrere nei miei scritti, ponendo in rilievo l'importanza della sua composizione litologica. Composto di rocce dioritiche, di graniti amfibolici, di gneiss granatiferi, di calcari identici a quelli di Montaldo presso Ivrea, esso accenna ad una idrografia litoranea, all'aurora del miocene, sensibilmente diversa alla idrografia quaternaria. Gli strati poi ne sono inclinati assai e rotti, con frequenti scorrimenti, come si ebbe a vedere nella galleria di Cimbro, alla estremità settentrionale della quale si attraversarono le dette marne a *Dentalina*.

Del pliocene, oltre al notissimo giacimento della Folla d'In-
duno ed all'altro assai meno esteso del Faido a sud di Varese, va
ricordato quello assai fossilifero di Taino, presso Angera, descritto
dal Parona e da me ('). Oltre all'aver somministrato un numero
assai maggiore in specie, in confronto delle altre località lom-
barde, questo lembo è interessante perchè nell'ambito del bacino
lacustre verbanò, all'altitudine di soli 249^m, contornato da mo-
rene lacustri, discordante dal sottoposto bormidiano e denudato
da quelle formazioni alluvionali, che pur dovevano ricoprirlo; esso
è dunque collocato nelle migliori condizioni per dimostrare, non
solo la precedenza del sollevamento pospliocenico alla discesa dei
ghiacciai che formarono l'anfiteatro morenico, ma anche l'ampia
erosione, subita durante la preparazione del fenomeno erratico,
quando sembra che siano state dall'erosione scolpite le valli al-
pine per un buon tratto della loro profondità. Il lembo plioce-
nico di Taino attesta un seno dell'antico golfo padano; non già
un *fyord*, come altri geologi ed io stesso abbiamo ammesso nella
falsa ipotesi che si potesse con un semplice abbassamento ideale
della superficie attuale ripristinare l'orografia pliocenica della
regione alpina.

Una descrizione dettagliata dell'anfiteatro morenico del Ver-
bano e delle alluvioni che ne dipendono deve rimandarsi a quando
si possederanno buone carte topografiche dell'area corrispondente.
Per la porzione lombarda ne trattai con qualche diffusione nel
volume descrittivo della carta geologica più volte menzionata e
prima ne scrissero Gastaldi, Omboni, Zollikofer e lo Stoppani,
quest'ultimo all'intento di dimostrare il carattere marino dell'an-
fiteatro. Il Gerlach, il Parona e recentemente il Sacco descri-
sero il minore, ma assai conservato anfiteatro di Gozzano, e sa-
rebbe fuori di luogo il riprodurre i dettagli menzionati da questi
autori senza l'aiuto di una carta speciale e senza poterli coordi-
nare in una descrizione monografica abbastanza completa. Sup-
posto che all'epoca di massima espansione glaciale il bacino la-
custre esistesse e fosse già completamente scavata la valle, che
si è ridotta a formar questo bacino, il ghiacciaio del Verbano deve
aver raggiunto lo spessore di almeno 1200 metri, per soperchiare,

(') Rendiconti del r. Ist. lomb. Maggio 1883.

come fece di certo, i monti a sud di Luino, ricoperti di morene e di massi erratici sino alla vetta. Sui monti della sponda destra i massi erratici si elevano ancora più; ma le morene si tengono a seicento metri sullo specchio del lago, ad un dipresso come le più alte morene della Valtravaglia. Le valli di S. Giovanni e S. Bernardino, confluenti presso Intra possono aver avuto ghiacciai propri, ma non furono invase dalle masse glaciali del Verbano e del Toce. Queste due masse invece si fusero per alcun tempo, poi si staccarono, disseminando le loro morene nella sella di S. Maria, d'onde scendono per opposti versanti il R. Melezzeo e le Centovalli, a ridosso di un deposito lacustre con filliti che furono recentemente studiate dal Sordelli (¹). Distinsi questo deposito collo stesso tratteggio che il conglomerato ipomorenico o *ceppo*; perchè credo che al pari di questo spetti al quaternario. Infatti come sono viventi le specie di molluschi terrestri, raccolte nelle argille alla base del ceppo di Brembate, così sono tutte viventi le 18 specie delle filliti di Rè e 12 di esse esistono nei nostri versanti alpini. Il signor Sordelli giudica questo deposito più recente di quelli di Pianico e di Lefte e più antico di quello di Calprino, presso Lugano, che è posglaciale. Può darsi che siasi formato durante una fase di temporanea separazione delle due masse glaciali del Ticino e del Toce; ma è rimarchevole il fatto che le arenarie e le brecciole, che contengono le molasse a filliti e che con esse si alternano, risultano di elementi locali, prevalentemente amfibolici. Epperò se interglaciali, lo sarebbero nel senso di essere di un'epoca intermedia tra la dispersione dei massi erratici e la formazione degli anfiteatri morenici. Tra queste due fasi sembra che siano avvenuti i più importanti mutamenti orografici, non meno che le modificazioni più notevoli della fauna terrestre e della flora.

Il signor Stoppani, ha descritto il sistema glaciale del Verbano (²) ed in apposito capitolo sostenne il carattere marino dell'anfiteatro morenico ticinese; giustamente ha preveduto la esistenza, che poi fu constatata dagli scavi nei pozzi lungo la ferrovia da Gozzano ad Omegna, del pliocene marino sotto alle mo-

(¹) Rendic. R. Istituto lomb. 1883 p. 843.

(²) *Era Neozoica*. Milano 1880 p. 69 e seg. 187 e seg.

rene come affiora sotto le alluvioni quaternarie di Maggiora presso Borgomanero. Ma appunto per la sopraposizione discordante delle morene all'argilla fossilifera, mancando in questa assolutamente i massi alpini ed i ciottoli striati, tale giacimento pliocenico allo sbocco dell'antica valle del Toce, a quanto pare abbastanza vasto e continuo e che si spingeva sicuramente ad almeno 160 metri sul fondo del lago attuale senza invadere, per quanto si sappia nè il bacino di questo nè le vallette che vi confluiscono, è una nuova prova, almeno a mio modo di vedere, che lo scolpimento della valle e la conversione di questa in bacino lacustre sono fenomeni pospliocenici; e che durante il pliocene antico (*piacentino*) quivi era un altro seno del golfo padano, in corrispondenza forse d'un primo abbozzo della depressione attuale. Quanto poi alla prova, desunta dai profili riprodotti dal Gentilli, che dimostrano la irregolare stratificazione delle ghiaie, delle sabbie e delle argille con ciottoli, nella collina di Vergiate (prescindendo anche dalla scala verticale, che esagera assai l'apparenza di quelle contorsioni) a me pare che si tratti semplicemente di un esempio del modo assai vario, nel quale dovevano deporsi i materiali caotici alquanto rimaneggiati a breve distanza della fronte glaciale. Per dimostrare che quelle morene siensi davvero formate in mare sarebbe occorso che le argille, con fossili o meno, avessero quella stratificazione poco disturbata, che presentano quasi tutti i depositi marini pliocenici.

Nella carta d'insieme del bacino ticinese ho segnato colla stessa punteggiatura rossiccia le alluvioni antiche, fortemente alterate e molto ocracee, dell'area attraversata dai confluenti nel Terdobbio e nell'Agogna, ed il *Ferretto*, che occupa il tratto a mattina dell'anfiteatro ticinese ed a sud dell'anfiteatro lariano, del quale ultimo terreno trattai a lungo in apposito scritto di qualche anno fa (*). Questa associazione non mi lascia molto tranquillo, poichè sarei tentato a supporre che tra l'una e l'altra formazione vi fosse una differenza di epoca abbastanza notevole: a supporre, cioè, che le alluvioni decomposte, di cui risulta il deposito ocraceo lombardo, sieno l'avanzo di un lido pliocenico, che invase per interrimento l'accennato golfo e poi fu rotto e spo-

(*) Atti d. Soc. d. sc. nat. Vol. XIX. Milano 1876.

stato dai movimenti di suolo, che seguirono l'emersione del pliocene inferiore marino. Invece le alluvioni profondamente terrazzate dell'alto Novarese sarebbero il *diluvium*, inteso nel senso del compianto Gastaldi, senza alcun rapporto coi depositi pliocenici marini, inferiore alle morene, colle quali però in fatto gradatamente si sfuma. Ma siccome manco di dati per sciogliere definitivamente questo dubbio, e trattasi dopotutto di una differenza poco importante, perchè anche se questa esistesse, sarebbero sempre alluvioni formatesi prima della dimora della fronte glaciale nell'area dell'anfiteatro, a valle dei bacini lacustri; così posso lasciare la questione insoluta, riconoscendo però il fatto della esistenza di alluvioni preglaciali allo sbocco delle principali vallate prealpine, ora occupate dai laghi. Così il problema della formazione di questi, che ha fatto sorgere le ipotesi della escavazione e della riescavazione dei bacini stessi per opera dei ghiacciai, per chi non accetti la spiegazione data dallo Stoppani di un semplice sbarramento morenico di supposti fiordi pliocenici, torna in campo ancora assai oscuro e ne farò parola al termine del presente lavoro.

PARTE II.

Riassunto della precedente rassegna stratigrafica. — Osservazioni sulla Val Travaglia. — Tratti principali della tettonica nell'area esaminata.

Raccolgo per sommi capi le notizie precedenti nella seguente serie di terreni, che il lettore vorrà certamente ritenere come affatto temporanea per quanto riguarda i terreni non fossiliferi, pur essendo disposto, come io spero, a giudicarla di qualche opportunità per ulteriori confronti colle regioni finitime. L'apprezzamento dell'epoca delle formazioni cristalline, ne convengo, rimane assai vago; ma qualunque più precisa affermazione mi parrebbe azzardata quand'anche fosse appoggiata a qualche fatto locale.

1. Alla base sta il *gneiss di Antigorio*, con potenti interstrati di micascisto, che si estende con meno sicuri confini anche al tratto mediano dei più orientali confluenti ticinesi. È una formazione arcaica, probabilmente laurenziana. È molto difficile il decidere se questo sia precisamente il *gneiss centrale*, oppure sianvi altrove, al centro delle diverse elissoidi di cui si compone la cerchia alpina, delle masse gneissiche più antiche.

2. Zona dei *calcari saccaroidi* con micascisti e gneiss micacei. Almeno nel bacino del Toce e molto probabilmente anche per le regioni più orientali, al limite tra il gneiss di Antigorio e le meno continue masse soprastanti di gneiss più micaceo, si stende una zona di calcari saccaroidi, talora con titanite, sempre con piriti: e questi calcari si ripetono a più livelli tra micascisti e gneiss, spesso granatiferi, con graduale e progressiva comparsa di amfibolo e di tormalina. È probabile che queste rocce appartengano al *huroniano*; perchè nell'Inghilterra e nell'America questa immane formazione comprende appunto del calcare non fossilifero.

3. Nè saprei ad altra epoca fuorchè all'*huroniano* riferire la massa soprastante dei *gneiss recenti*, spesso amfibolici, foggiate a

lenti entro al micascisto a vario livello. Non possono certamente unificare in un solo piano le masse gneissiche, distinte dal Gerlach; anzi si può prevedere che occorrerà distinguerne un numero assai maggiore. Ma per una classificazione sommaria e per più facile confronto colle regioni attigue conviene considerare queste zone gneissiche nel loro complesso, colle sfumature verso l'alto quali vengono in particolar modo dimostrate dal profilo del Gottardo.

4. I *gneiss scistosi* del Gottardo e i micascisti, che ricoprono i gneiss recenti, presentano in tutta l'area esaminata una discreta continuità ed una potenza talora ragguardevole, come nelle alte valli di Faido, di Olivone e di Misocco. Sulla destra del Verbano, i micascisti passano al gneiss recente a S. Agata; ma interstrati gneissici si avvertono più in giù sino ad Oggebio e presso Cannobbio sonvi frequenti interstrati amfibolici e scisti granatiferi; presso a Ghifa si passa allo scisto sericitico, che intorno a Pallanza si presenta nel suo più chiaro sviluppo e poi si continua con varia compattezza, a seconda dell'abbondanza di filoni ed interstrati di quarzo, sino ai porfidi di Arona. Il gneiss di S. Agata corrisponde assai bene al gneiss di Beura, presso Vogogna, in valle del Toce; così da appoggiare l'idea che si tratti davvero di un sinclinale alquanto coricato a sud, ai due lati della grossa zona amfibolica dalla Sesia a Locarno. La massa di micascisti tra il gneiss recente e lo scisto sericitico, essa pure con qualche amigdala di gneiss, con amfiboliti e con scisti amfibolici, con scisti granatiferi e tormaliniferi, con qualche tenuissimo banco serpentinoso, a me sembra che rappresenti la condizione normale di una formazione, la quale, a non grande lontananza, cioè nella grande zona amfibolica sull'asse dell'accennato sinclinale, comprende le più potenti masse di rocce amfiboliche ed altrove, come nella Val Sesia e nel bacino dell'Adda, involge delle enormi lenti serpentinosi. Queste equivalenze furono già ammesse dal compianto Gastaldi e da tutti i sostenitori della origine per idratazione dei serpentini; però io non intendo di trarne una simile conseguenza, essendo invece disposto a considerare le rocce cristalline sino dalla loro origine composte e costrutte come le vediamo al presente. Ammetto questa equivalenza del micascisto colle rocce amfiboliche e con alcune masse serpentinosi in base al profilo del signor Stapff, nel quale appunto noi vediamo la

serie della comba di Airolo, assai più ricca di amfiboliti che la serie della duplice comba settentrionale. È poi molto probabile che sianvi almeno due zone principali amfiboliche, con scisti granatiferi, in alto con scisti sericitici, in basso con qualche ricordo di gneiss scistoso. Al contatto col gneiss recente esiste altra zona di calcare saccaroide, alla quale appartengono i marmi di Candoglia e di Ornavasso, impiegati per le cattedrali di Milano e di Pavia.

5. *Granito* roseo di Baveno, bianco di Montorfano, della Colma e delle amigdale secondarie al limite meridionale del gneiss recente. È quasi indifferente, dal punto di vista stratigrafico, il considerare queste amigdale granitiche, perfettamente constratificate colle rocce scistoso-gneissiche, come un'equivalenza degli strati superiori del gneiss recente oppure come altra accidentalità della multiforme zona dei micascisti e gneiss amfibolici. Nessun indizio, almeno a mio vedere, di iniezione lacolitica; manca anche l'analogia litologica tra questi graniti ed il granito amfibolico e titanifero, che forma dicchi di varia dimensione ma generalmente ristrettissimi nelle sottoposte formazioni scistose. Nel calcare saccaroide di Civiasco, poco sotto Varallo, si osservano non soltanto irregolari ed anastomizzati dicchi di granito ma altresì veri arnioni di vario volume di tal roccia, con sfeno, i quali si devono spiegare in tutt'altro modo che per iniezione. Anche per le amigdale minori di questo tratto tra la Sesia ed il Toce e per le altre a nord di Locarno e di Lugano si notano bensì transizioni laterali al gneiss, giammai dicchi dipartentisi dalle masse granitiche. Io mi sento sempre più inclinato a considerare tutte le rocce cristalline anteriori al permiano come sedimenti formati in tali condizioni termiche e chimiche quali non si verificarono mai più o molto di rado sul fondo dei mari delle epoche seguenti. In queste epoche invece venne facendosi sempre più pronunciata quell'attività, che chiamiamo vulcanica e che doveva appunto manifestarsi tanto più violentemente quanto più spesso facevasi la irrigidita corteccia del nostro pianeta e quanto più rade succedevansi le convulsioni sismiche che la dilaniavano. Mi pare di scorgere quegli antichi sedimenti chimici di mari caldi, disturbati da continui scuotimenti ed a più riprese risaldati con minerali litoidi e metalliferi, dei quali del pari la formazione si fece grado grado meno frequente, però protraendosi più a lungo

che la sedimentazione chimica di rocce cristalline. E non sono lontano dal ritenere che in alcune plaghe del fondo degli antichi mari le condizioni cristallogeniche siansi mantenute anche nello scorcio del paleozoico, di guisa che a breve distanza della puddinga di Manno si depositassero, a cagion d'esempio, il gneiss verde dello Spluga e la quarzite gneissica della catena orobica. Anzi andrei più oltre ancora, e riterrei di analoga origine i serpentinei, le iperiti ed i graniti eocenici dell'Appennino.

6. *Rocce amfiboliche* di valle Anzasca e della grossa zona dalla Sesia a Locarno e da Bellinzona al bacino abduano. Per quanto ho detto, ritengo che questa zona amfibolica, probabilmente duplice, si intercali nei micascisti sotto la zona di prevalente sviluppo degli scisti sericitici. Non si può escludere che talune amfiboliti invadano il campo di questi scisti, pel fatto che lungo la sponda destra del Verbano, a pochissima distanza dal gneiss di S. Agata, si osservano ad un tempo scisti sericitici, con staurotide e tormalina, e banchi amfibolici. Così in val Cannobina e nelle vicinanze di Lugano; tantochè si potrebbe supporre che i gneiss del Ceresio e della val Morgorabbia spettino piuttosto che alla zona del gneiss recente, al piano del gneiss di Urseren nella comba nord del Gottardo. Ma i parallelismi a distanze troppo grandi, per formazioni che cangiano l'aspetto litologico dall'una all'altra valle, mi son sempre parsi molto azzardati. Accontentiamoci di ammettere che tra le formazioni, che con qualche probabilità possono riportarsi al *carbonifero*, stanno dei micascisti oppure delle rocce amfiboliche, a più livelli insinuate nei micascisti. Dove sono poi, mi sarà chiesto, i rappresentanti delle altre epoche paleozoiche? Non credo che si possa rispondere se non che essi sono collocati nello spessore assai grande delle rocce scistoso-gneissiche, superiori al gneiss recente; se pure non intravenne alcuna trascendenza, come si può sospettare pel tenue spessore presentato dal siluriano nelle Alpi orientali.

7. Altri rappresentanti del terreno carbonifero, o se vuolsi *permo-carbonifero*, sarebbero gli scisti sericitici, che si riscontrano nella comba di Airolò, lungo la zona della Sesia al passo di S. Jorio, alle falde del Motterone, nella Val Travaglia e nelle vicinanze di Lugano. Però non si può accordare a questa varietà di mica un valore cronologico e tanto meno accettare l'opinione

del Gmbel, che in tali scisti sericitici ed annesse variet scor-geva la zona pi recente delle formazioni cristalline, escluden-done il passaggio ai sedimenti normali del permo-carbonifero al-pino. Nella catena orobica si scorge l'alternanza di questi scisti colle rocce generalmente riferite al permiano e che passano di-fatti al trias inferiore, alla base delle quali stanno gli scisti di Branzi e Fiumenero e a un livello alquanto superiore gli scisti arenacei a florula permiana del Collio. Il *gneiss verde* (Rofla-gneiss, Suretta-gneiss)  quivi sviluppatissimo, non meno che nelle Alpi liguri, sempre collegato con formazioni amfiboliche e serpentinosi; n manca di comparire nelle Alpi Apuane. Io lo spiego come un deposito chimico di mare caldo, non ripugnandomi di ammettere dei parziali riscaldamenti del fondo marino che non potevano sospendere a qualche distanza la vita marina e tanto meno la vita terrestre. Molti fatti d'altronde dimostrano la grande tolleranza, che hanno delle alte temperature e della abbondanza di gas che si riterrebbero deleteri, alcuni molluschi e le larve di molti insetti. Sino a tanto che la geologia si ag-girer nel circolo vizioso di volere spiegare col metamorfismo dei sedimenti, dei quali a priori si ammette uno stato originario consimile a quello dei sedimenti recenti, e che si esagera il va-lo-re di alcuni fatti di laboratorio o di filoni minerali per fan-tasticare dietro a scambi di elementi ed a movimenti cristal-logenici in rocce, che entrano gi belle e cristalline nei conglo-merati paleozoici, a me sembra che si chiuder la via ad un vero progresso della geologia teoretica. Se i paleontologi non hanno trovato di condannare l'idea dell'intervento del calore terrestre nel determinare l'uniformit dei tiepidi ed umidi climi delle epoche protozoiche e mesozoiche, perch mai i litologi ed i geo-logi rinuncieranno ad un tentativo di valersi della stessa ipotesi per spiegare la natura e la struttura degli antichi sedimenti? Parmi anzi che dovrebbero ricercare quali fenomeni dovevano av-venire nelle plaghe del fondo marino, dalle quali si dipartiva questo riscaldamento, che rendeva cos uniformi le faune e le flore delle epoche anteriori allo scorcio del mesozoico e che forse non era del tutto cessato al tempo delle serpentine eoceniche. Sarebbe fuori di luogo entrare ora in una ricerca su questa linea, che d'altronde venne battuta anche recentemente da meritevolis-

simi trattatisti; io voglio solo da questa ipotesi trarre argomento a sperare di non avere male osservato quando mi sembrò di constatare l'equivalenza degli scisti sericitici (argillo-micacei-talcosi) delle falde del Motterone, del Luganese e della Val Travaglia, coi gneiss verdi dello Spluga e della catena orobica, colle quarziti gneissiche a questi connesse, colle filladi delle alte vallate del Brembo e del Serio, colla puddinga di Manno, cogli scisti e colle arenarie di Branzi e Fiumenero; così da risulturne un complesso di rocce, che forma la base del *verrucano* alpino e con esso si confonde quando manchino di mezzo le formazioni porfiriche.

8. *Porfidi quarziferi*. Quei pochi banchi di conglomerato quarzoso, che nella Val Travaglia e presso Arona non contengono ciottoli porfirici, ponno ritenersi equivalenti alla puddinga di Manno; ma nell'una e nell'altra regione compajono tosto nei conglomerati sottostanti ai porfidi i ciottoli porfirici, e dove mancano i porfidi bruni, le prime formazioni porfiriche sono brecciate ed agglomerate o tufacee. Già dissi della distribuzione delle varietà numerose di questi porfidi, sempre più acidi e che spettano nel loro complesso al permiano, non potendosi però escludere che taluni di essi possano anche rappresentare il carbonifero superiore. Il conglomerato di Manno appartiene, come è noto, al carbonifero medio. Siamo sempre allo scorcio del paleozoico, a quel livello, che in mancanza delle rocce porfiriche è tenuto dal conglomerato rosso quarzoso, oppure dalle quarziti talcose (scisti di Losone), dalle felsiti talcose o cloritiche delle vallate orobiche, insomma da quel multiforme complesso di rocce che si comprendono sotto il nome di *verrucano*. È noto poi come nel Tirolo meridionale e nelle Alpi Carniche un simile conglomerato alcune volte sia inferiore ai porfidi quarziferi ed altre vi si adagi di sopra; in tal caso ricoprendo altresì delle amigdale di rocce iperitiche, spilitiche od amfiboliche e contenendo dei ciottoli di calcare a fusulina. Ed è noto del pari che nelle vallate lombarde si è molto imbarazzati nel segnare i confini di questa formazione, alla base colle filladi di Branzi ed in alto colle arenarie e puddinghe del trias inferiore. Quanto ai fossili poi, tranne le calamiti rinvenute alle falde del S. Salvatore, le quali fecero ritenere triasiche le arenarie ed i conglomerati che quivi e nel Varesotto ricoprono i porfidi, non so di altre scoperte: nella Val

Travaglia i calcari dolomitici in regolare stratificazione seguono direttamente ai porfidi quarziferi bollosi o compatti, rossi o vinati.

9. La stretta zona di arenarie e di conglomerati, che a volta separa i porfidi dai calcari triasici, appartiene quindi al *trias inferiore*.

10. Il *trias medio*, tranne i fossili della Rasa, non offre alcuna particolarità rimarchevole. I calcari norici e del piano di Wengen sono più potenti e massicci, con nuclei di bivalvi, di trochi e di giroporelle e con una colonia di fossili di Esino al M. S. Salvatore; i più profondi di questi calcari sono metalliferi presso Besano. Più in alto, seguono gli scisti calcareo-marnosi del raibliano con pochi fossili nella Val-Solda ed alcune lingule nella V. Travaglia; ed alla base di questi si collocano gli scisti ittiolitici di Besano. La dolomia principale è molto assottigliata, per modo che sulla sponda sinistra del Verbano il raibliano si confonde quasi coll'*infraalias*, e sopra Besano gli interstrati bituminosi si continuano sino quasi alla dolomia *infraaliasica*; il che fu causa di una erronea determinazione degli autori della classica Memoria sui dintorni di Varese e di Lugano. Però essi se ne sono ricreduti, per tornare all'opinione dello Stoppani.

Le marne screziate ed i marmi variegati del M. Colonne in Val Travaglia e nella V. Ganna sono un ricordo delle rocce, che segnano il piano di Wengen nella V. Brembana e nelle Alpi Apuane.

Gli scisti lucidi, le dolomie cariate gessifere e con tutta probabilità anche una porzione degli scisti attinotici e granatiferi delle alte vallate ticinesi rappresentano il *trias*, appunto in quelle aree dove la cristallinità delle formazioni paleozoiche recenti si mantiene più pronunciata. Tanto che parrebbe, in conformità coll'ipotesi di sopra esposta, che quivi si continuassero, a differenza dall'area ora prealpina, quelle condizioni di ambiente, che modificavano i depositi all'atto che venivano formati.

11. Le formazioni *giuresi* incominciano col piano *infraaliasico* nei dintorni di Caldè, continuano con forte spessore di calcari selciosi, ai quali fanno corona nelle adiacenze di Varese, di Tresa e di Mendrisio i noti calcari rossi *sopraaliasici*. Sulla sinistra sponda del Verbano presso Laveno e Mombello e nella Val Cuvia, a questo piano o poco sotto, stanno i calcari arenacei grigi, micacei

con *Harpoceras radians* ed *H. Algovianum*, che ripetonsi allo sbocco della V. Sesia. Nelle vicinanze di Invorio e di Gozzano la prossimità di un lido roccioso è dimostrata all'epoca del lias medio. Il giura superiore è segnato da tenue spessore di rosso ad aptichi ed il titonico ha presentato alcuni fossili presso Induno, ma rimane tuttora a confini assai male delimitati.

12. La *majolica* neocomiana si accompagna colla solita uniforme continuità per tutta l'area varesina; è molto probabile però che la porzione inferiore di essa spetti al giura anzichè alla creta.

13. *Arenarie e marne a fucoidi, marne variegate.* Compajono nella Val Cuvia, presso Besozzo ed in limitati affioramenti tra le morene attorno al lago di Varese; rappresentano la nota fisionomia appenninica della creta lombarda. Le fucoidi sono abundantissime all'istmo di Biandronno, ma non si rinvennero nè inocerami, nè rudiste.

14. I *calvari nummulitici* e nulliporici di S. Sepolcro e di Comabbio, passanti in alto a calcari arenacei a grosse bivalvi, e quindi alla molassa a *Dentalina*, recentemente scoperta dal collega Salmoiraghi, rappresentano l'eocene superiore e queste ultime sembrano oligoceniche. Il tutto è da studiarsi.

15. Il *bormidiano* o miocene inferiore è ben rappresentato dal conglomerato dei colli ai due lati del lago di Comabbio, che si protende da un lato sino al Verbanò sopra Sesto Calende e dall'altro per varî affioramenti si collega a quello dei colli di Rogero, Monte Olimpino e Camerlata. Dissi come la composizione litologica di questa alluvione rappresenti dei corsi d'acqua, che scendessero dall'area dove ora si raccolgono la Sesia ed il Toce. Non è facile lo scorgere la via seguita da quelle correnti; e ciò persuade sempre maggiormente della importanza orogenetica, che ebbero i fenomeni endogeni e di abrasione accaduti nei seguenti periodi sino al posglaciale.

Qui, come in tutte le prealpi sino al Montorfano bresciano, mancano gli equivalenti del *tortoniano*, che per questa plaga fu quindi un'epoca di emersione e di profonda abrasione.

16. Le *argille plioceniche* di Balerna, Pontegana, Folla di Induno, Faido sul lago di Varese, Taino presso Angera e dintorni di Gozzano hanno il solito aspetto del piano *piacentino* padano e la fauna, di cui si è occupato ultimamente il collega

Parona, spetta al pliocene inferiore. Alla Folla ed a Balerna passano a molasse micacee con filliti, ma non al conglomerato preglaciale, che sopra riposa con discordanza. Anche ad Almenno sono evidentissimi i solchi nell'argilla marina, ai quali si modella il conglomerato preglaciale, che a torto venne considerato da parecchi geologi come contemporaneo al sedimento marino. In nessun punto di questa regione ho osservato il passaggio dalle marne plioceniche alle formazioni alluvionali o moreniche dell'epoca neozoica.

17. Il *ceppo* o alluvione cementata, ad elementi in prevalenza prealpini, sottostante alle morene ed alle alluvioni di sfacelo morenico, affiora in tutto l'altopiano milanese e comasco lungo i solchi delle correnti; ma, come hanno osservato di già il Breislak ed il De-Filippi, esso manca nella conoide alluvionale del Ticino e questa mancanza venne ascritta alla deficienza di ciottoli calcari in queste alluvioni di provenienza alpina. Può essere; ma non è nemmeno improbabile che questa più antica formazione quaternaria non sia stata raggiunta nè dal terrazzamento del Ticino e confluenti nè dai trafori per pozzi. In tutta la Lombardia, anche per entro alle valli, questa formazione fu profondamente erosa e spostata per causa sismica; quindi può darsi che allo sbocco della valle verbana essa sia molto profonda sotto le alluvioni delle due fasi del periodo glaciale.

Quanto poi ai lembi di *ferretto*, che con rilevante estensione occupano l'angolo tra l'anfiteatro morenico del Lario e quello del Verbano nonchè le falde briantee sino quasi a Monza, ricordo l'accennato dubbio che siano i residui di un'alluvione del pliocene superiore, spostata, infranta, poi decomposta e ridotta a terreno ocraceo; come è avvenuto delle conoidi plioceniche del subappennino sfumantisi nel piano delle molasse a litotamni di Castellarquato. In tal caso questi lembi di ferretto apparterebbero ad un periodo più antico che il conglomerato preglaciale, solcato dai fiumi lombardi, perchè questo è posteriore al sollevamento dei lidi pliocenici.

18. I *massi erratici*, le *morene*, i *depositi lacustro-glaciali*, tutto attorno al bacino verbano ed entro le valli, che vi confluiscono, nonchè le alluvioni profondamente terrazzate, che sopportano le morene e con queste si sfumano così da formarne la

scarpa di sfacelo, rappresentano cumulativamente il periodo glaciale dell'epoca quaternaria. La sensibile differenza di altitudine tra le più sviluppate morene laterali e d'ostacolo ed il livello dei più alti massi erratici fece ad alcuni ritenere probabile una duplicità di invasione glaciale. Evidentemente non è necessario che si supponga una intermedia ritirata dal grande ghiacciaio ticinese e l'abbandono del bacino lacustre verbanco, se pur questo esisteva all'epoca della prima espansione glaciale; anzi dallo scorgere sulle sponde del Verbano delle potenti morene a 800 metri, poco sotto dei più alti massi erratici e molto al disopra delle morene più estese e continue, si è piuttosto condotti ad accettare l'idea dello Stoppani: che si tratti soltanto di due fasi distinte di un unico periodo di espansione glaciale. L'alluvione antica, nel senso che la intendeva il compianto Gastaldi, e la presenza di rocce alpine nella parte alta del conglomerato preglaciale verrebbero spiegate anche senza ammettere un periodo interglaciale, del quale non troviamo verun indizio nel versante meridionale delle Alpi. Nel deposito di Rè, in val Vigezzo prevalgono gli elementi litologici locali ed io crederei che vi si debba scorgere piuttosto una formazione preglaciale.

19. L'*alluvione non terrazzata* o con terrazzi poco elevati, nell'ambito occupato dapprima del ghiacciaio ticinese, gli interrimenti a monte delle depressioni lacuali sin sopra Bellinzona ed Ornavasso, i fondi di valle, le torbiere, le morene e le frane nelle valli alpine, rappresentano il periodo posglaciale. Alcuni grossi scoscendimenti, di cui la storia non ricorda la data, come quello di Giornico in val Leventina, possono essere dipesi da scuotimenti sismici; ma dal complesso dei fatti idrografici nella valle padana ed in particolare dell'area ticinese non potrei per ora desumere alcuna prova di una marcata variazione nell'altimetria relativa dopo la ritirata dei ghiacciai. Invece non vorrei escludere la probabilità grande che durante il periodo glaciale od al suo tramonto siano avvenuti fenomeni sismici capaci di modificare sensibilmente la disposizione delle masse e delle formazioni aggregate, formatesi nei precedenti periodi quaternari, e per conseguenza l'altitudine dei già sollevati lidi pliocenici. Ma di ciò a suo luogo.

Esposta così brevemente la serie dei terreni, dirò di qualche

particolare stratigrafico per l'area compresa tra Luino, Laveno e Brinzio, che è la meno nota e che ho quindi percorso con maggiore diligenza e rappresentato coll'annessa carta in scala sufficiente per mostrare le variazioni, alle quali sono condotto in confronto colle carte geologiche precedentemente pubblicate. Non descriverò con dettaglio le molte escursioni fatte, poichè so quanto tali descrizioni siano noiose. Devo però giustificare le principali divergenze dalle altre carte; quelle in particolare che dipendono da un diverso modo di interpretare l'andamento stratigrafico e l'equivalenza di alcuni terreni.

La più importante di queste modificazioni consiste nell'aver io riferite al lias ed all'infralias tutte le masse dei Pizzoni di Laveno, nei quali la carta svizzera pone una successione dal trias medio al lias inferiore. Ma il fatto rinvenimento di fossili infraliasici (*Cardita austriaca* Hauer e *C. munita* Stopp.) al casello 122 della ferrovia, appena a nord della galleria di Laveno, e al passo di Cuviglione, dalla val Travaglia a Vararo, unitamente al fatto che alla superficie, lungo tutti i sentieri praticabili, non rinvenni altro che dei calcari selciosi liasici, non che i dati dei trafori della galleria, che per quasi tre chilometri non incontrò altro che calcari selciosi e trovò presso lo sbocco nord la dolomia infraliasica, mi hanno convinto che si tratti di un ventaglio arrovesciato, coll'asse quasi parallelo al Verbano, poi di un anticlinale coll'asse che passa per Laveno e Vararo; non già di una regolare successione dal trias medio al lias, come risulterebbe dalla carta di sopra ricordata. Nello spaccato CD ho espresso questo mio modo di vedere, in armonia colle curve, che si succedono chiaramente a sud-est; tra queste evidentissimo il sinclinale a guisa di vallone con erosione delle rocce cretacee, in corrispondenza della parte mediana della val Cuvia. Per questa valle poi mi sono giovato delle indicazioni e di una carta inedita, che mi ha comunicato il mio egregio collega, professore Leopoldo Maggi, che conosce la località palmo per palmo e professò geologia parecchi anni nell'Ateneo ticinese. Colgo volentieri l'occasione di rendergli pubbliche grazie della sua cortese accondiscendenza.

Altra non meno importante divergenza della carta svizzera emerge dall'aver io escluso il salto, che compare in essa attra-

verso dei monti Colonne e s. Martino. Adduco a prova della mia demarcazione il fatto che percorrendo il crinale dalla sella di s. Antonio alla chiesetta di s. Martino, non si trova altro terreno che il calcare selcioso, con crinoidi, del lias inferiore, e che la serie del M. Colonne, come risulta dallo spaccato EF vi si presenta molto regolare e continua, dallo scisto sericitico all'infralias; di guisa che noi dobbiamo considerare questo rilievo come il residuo di una vòlta assai stretta, orientata secondo un asse che diverge dalla solita direzione nord-est delle altre curve più meridionali. È questa come una vòlta sconquassata e profondamente abrasa, della quale i frammenti compajono alla rocca di Caldè al M. Colonne, al dorso di Bedero-Val Travaglia e nel lembo di Voldomino. Ho indicato alcuni salti, che mi parvero evidenti, collo spaccato EF ed anche coll'altro più esteso AB; non dubito però che ve ne saranno molti altri, ma l'esame dettagliato di questa sezione è reso oltremodo difficile per l'abbondanza delle morene, che ho procurato di distinguere con qualche esattezza, e per le fitte boscaglie, che fortunatamente hanno quivi sfuggito alla distruzione tanto lamentata nelle prealpi lombarde.

Quanto poi alla disposizione dell'affioramento scistoso di Sarigo e degli annessi porfidi, che ho indicato lungo il letto del torrente Froda ed alla capelletta del Pianchè, e quanto all'affioramento porfirico della valletta di Musadino, è evidente che nella carta svizzera incorsero errori di fatto, che io sono ben lontano dal rimproverare al principale autore di questa parte di quel foglio, per le ragioni che ho dette. Se mai verrà compiuto da altro geologo un più dettagliato rilievo di questa plaga, con buone carte topografiche, egli certamente troverà nel mio lavoro un grande numero di mende e di lacune; ma per ciò non credo di aver fatto opera del tutto vana incominciando con quest'altra carta una compilazione che vorrei estendere a tutte le province lombarde; la quale possa facilitare un rilievo definitivo meglio di quanto lo possano fare le carte esistenti, bensì pregevoli, ma varie di scala, aventi diverse serie dei terreni e portanti l'impronta delle differenti idee dei rispettivi autori.

Questo mio rilievo ed i profili che lo accompagnano dimostrano un marcato arricciamento di curve in questo tratto tra la depressione verbanica e la grande vòlta luganese. Nè poteva altri-

menti avvenire in quest'area concentrica alla grande curvatura, che presentano le Alpi Pennine e Leponzie. È notevole poi che l'asse dell'anticlinale terziario di Comabbio corrisponde a sud-ovest col rilievo dei colli di Torino ed è parallelo a quello che è accennato dallo sprone di Stradella e dal colle di S. Colombano. La quale cosa ne conduce ad ammettere ancora oggigiorno nell'andamento delle curve di cui si corruga nelle Alpi occidentali la serie dal cristallino al terziario, e nelle fratture da cui furono dilacerati tutti i terreni, quella unità, che lo Stoppani così arditamente sostenne, sono quasi trent'anni; quando i geologi in ogni risvolta degli strati cercavano le orme dei successivi sistemi di sollevamento, immaginati dalla scuola francese. Evidentemente questa unità non implica che il sollevamento sia stato posplico-cenico, ma consisterebbe in questo, che iniziatosi probabilmente allo scorcio del mesozoico, un tale sollevamento si pronunciò con varia vicenda e sempre maggiormente, sullo stesso schema tettonico, sino a chè si tradusse nelle condizioni attuali.

Tra queste curve parallele, allineate a nord-est, spicca evidentemente l'anteclinale suaccennato da Laveno a Vararo, che poi si continua, ma più eroso, nella sua gamba settentrionale per la valle di S. Michele sino alle falde del M. Nave. Il sinclinale attiguo della media Val Cuvia, con direzione parimente di nord-est, passa da un lato a mattina del colle di S. Clemente e dall'altro per l'alpe di Duno (spaccato AB); spiegandosi per tal guisa la ricomparsa della serie triasica, della formazione porfirica e degli stessi scisti sericitici nei dintorni di Brinzio.

Il solco della depressione verbana è alquanto obliquo rispetto all'asse di queste curve e per l'area sua mediana corrisponde evidentemente alla assai erodibile formazione degli scisti sericitici, cui questa depressione attraversa per sbieco, per intaccare altresì la formazione porfirica dalla punta d'Arolo a Dagnente e le dolomie triasiche tra Arona ed Angera.

Di terreni pliocenici marini, a nord di Taino non mi venne fatto di rinvenirne alcuna traccia. Finissimi letti di argilla si alternano bensì per ragguardevole potenza a sud di Laveno e presso Germignaga; ma sono perfettamente orizzontali, non presentano la menoma traccia di fossili, hanno una struttura papiracea, insolita nei sedimenti marini, e contengono a volta qualche

ciottolo di roccia alpina. Epperò io li considero lacustro-glaciali, formati a qualche distanza dalla fronte del ghiacciaio che si ritirava; altri possono appartenere al periodo di avanzamento, nessuno parmi più antico del deposito di Rè, in val Vigezzo.

I massi erratici si trovano sino sulla vetta del M. Colonne a 1010^m; quindi più in alto che sul Motterone. Il più esteso accumulamento morenico a ridosso del versante settentrionale del detto monte si spinge soltanto a 750^m ed il pianoro più continuo ondeggia tra i 300 e 350 metri, ove stanno i paeselli della Val Travaglia. Sonvi morene ad altitudini intermedie molto varie, dove ne consentiva la formazione e la preservazione la orografia delle rocce in posto; come a 325 lungo il sentiero da Laveno al Galletto, a 450 a Pian del Bosco sopra Sarigo, a 585 alla sella di S. Antonio, a 725 nel bacino di Vararo, che offre un esempio impareggiabile di morena insinuata, a 846 a Pianizzo di sopra, che è tra le morene più elevate. Sulla vetta del Monte Nudo (1150) non rinvenni morene nè massi erratici e probabilmente fu questo il solo punto emergente dall'immane allagamento di ghiaccio, che occupava l'ampio ambito dalle montagne ad ovest di Pallanza sino alle falde del Campo dei Fiori. Quando poi esso allagamento glaciale decrebbe e vennero ad emergere le minori montagne della Val Travaglia, rimase l'anastomosi di ghiaccio per la val Cuvia, dalla valle di Tresa a Laveno. Scioltasi anche questa comunicazione, si raccolsero le acque di disgelo in un lago glaciale, del quale, secondo il Maggi, si osservano i depositi presso Cuvio ed Azio; poterono però le acque essere a stento e per breve tempo contenute dalle pareti dei due rami glaciali, che rapidamente si ritiravano.

Anche sulla sponda destra del Verbano sono numerosi i terrazzi morenici, descritti dal signor Sacco pel Motterone e dal Mercalli (*) pei dintorni di Belgirate e Pallanza; io pure ne vidi di bellissimo nel bacino di Premeno e più sotto allo sbocco della valle Intrasca, ma per guasto occorsomi in quei giorni nell'aneuroide non ho potuto rilevarne l'altimetria approssimativa. Un bel terrazzo orografico, con morene, trovasi anche presso Brissago ed a Ronco a 80 metri sul lago; in genere però la sponda occiden-

(*) Vedi Stoppani, *Era neozoica* pag. 74.

tale da Ghifa in su è molto abrupta. Sulla destra già lo Spreafico descrisse le morene che sostengono il lago Dello a circa 800 m. sul livello del Verbano. È poi indubitato che il grande ghiacciaio ticinese sormontasse il passo di Monte Ceneri, fondendosi nella complicata conca del Ceresio con un ramo del ghiacciaio abduano proveniente da Porlezza (¹). Un esatto confronto dei livelli estremi ed intermedi delle morene tutto all'ingiro della depressione verbana, come si potrà stabilire quando sarà compiuta la carta topografica di questa regione, offrirà ad un tempo l'interesse di un fatto bene studiato e permetterà di decidere se sopra un'area abbastanza vasta sieno intervenuti dopo l'epoca glaciale dei mutamenti nella altimetria relativa. Frattanto è abbastanza importante il notare che sui Pizzoni e nella valletta di Laveno si osservano morene abbastanza estese, appiccate ove meno lo si crederebbe possibile. Nè voglio tacere l'altro fatto, che anche le morene più alte sono quasi completamente formate da ciottoli e da massi arrotondati. Ciò dimostra che il massimo contingente del materiale erratico fu dato dalle innumeri valli secondarie, libere da ghiacciai. I massi più considerevoli sono angolosi e ne segnai la frequenza nell'annessa carta, giovandomi per la val Cuvia di un'apposita carta del collega professor Maggi. La potenza dei cumuli morenici è talora molto ragguardevole; in parecchie sezioni della val Travaglia supera cento metri; ma per converso ne sbucano talora limitatissimi affioramenti della roccia in posto, come quello di scisto sericitico presso Musadino. L'arrotondamento glaciale è dovunque meraviglioso, in specie sullo scisto quarzifero. Non mi riuscì di notare alcuna particolarità di distribuzione di rocce nel materiale morenico; ma pensai che in questo tratto si depositavano le morene mediane di un vastissimo ghiacciaio, di cui i confluenti corrispondevano a vallate di conformazione geologica tra loro molto analoga. Del resto, il rilevamento del sistema glaciale di una vallata alpina, quando se ne posseggano gli elementi necessari, è lavoro di parecchi anni e non era mio scopo di compierlo per la valle ticinese.

Piuttosto, acciocchè il lettore trovi qualcosa di riassuntivo in queste pagine, dirò che le curve stratigrafiche rilevate nella Val

(¹) T. Taramelli, *Il Canton Ticino meridionale*. Berna 1880.

Travaglia e valli finitime si coordinano assai bene coi tratti fondamentali della tettonica del bacino ticinese, quali compajono anche dal mio schizzo geologico; se non è errato il concetto fondamentale, che divido col signor Rolle, dell'epoca relativamente recente della grande zona amfibolica della Sesia al passo di S. Jorio. Al limite settentrionale del bacino ticinese si incurvano altri sinclinali, essi pure più o meno arrovesciati a sud, in corrispondenza della Val Bedretto, della valle di S. Maria e del passo Greina; e da là si dipartono quei lembi più o meno frastagliati, che seguono la Val Leventina e la valle di Olivone, addossandosi in varia postura sulla massa del M. Molare. Altro lembo mesozoico, secondo un allineamento quasi normale alla curva di Val Bedretto, attraversa per sbieco la valle di Misocco, parallelo a quello della Spluga, dove alle formazioni sviluppate nel bacino ticinese si aggiunge la presenza delle rocce gneissiche equivalenti al verrucano. Analoga direzione, se non erro, avrebbe la curva di V. Devero, sino al gneiss recente di Crodo, che io vorrei spiegare meno artificialmente di quanto si è provato a fare il Gerlach, con uno spaccato che fortemente contrasta colla semplicità delle curve nelle prossime vallate della Cnerasca e del Sempione. Questi corrugamenti, normali alla curva delle Alpi ticinesi, potrebbero attribuirsi così a sollevamenti successivi come a pressioni laterali contemporanee, per cui si facesse meno regolare il corrugamento orogenetico, di data posteocenica. Le sono però questioni, che non si possono trattare in uno studio monografico. Dirò soltanto che dalla generale uniformità di tracciato del corrugamento alpino dal Verbano al Quarnero, col massimo assai compresso sinclinale del Garda; dalla morbidezza delle innumerevoli curve in genere arrovesciate verso la depressione adriatico-padana, che è il motivo orografico più sagliente insieme alle grandi valli longitudinali lungo l'asse della catena alpina; dal vedere come le fratture di cui si può meno dubitare corrispondano a quest'unico corrugamento e siano in generale determinate da eterogeneità di rocce nella massa ripiegata, come quelle di Merano-Idro e di Val Sugana-Agordo-Comelico, io sarei indotto ad escludere una molteplicità di successivi corrugamenti, anche a patto di ammettere col Mojsisovics che questo schema tettonico rimonti allo scorcio e se vuoi si anche al principio dell'era mesozoica.

Certo è che se si volesse ad ogni valle attribuire un significato tettonico, quella specie di irradiazione delle valli ticinesi dalla estremità settentrionale del bacino Verbano avrebbe l'aria di una fratturazione radiante, in corrispondenza o quasi al tratto ove è più pronunciata la piega verso est dell'asse di corrugamento. Ma oltre all'essere tale corrispondenza solo approssimativa, e per conseguenza assai ipotetica una speculazione che ad essa si basi, se noi consideriamo quelle valli esclusivamente come opera dell'erosione fluviale troviamo nella stessa natura delle formazioni erose la spiegazione del vario andamento delle medesime e delle stesse loro rivolte. Tale il caso della valle del Toce, in corrispondenza alla zona amfibolica, e delle Cento-Valli a monte della zona stessa; e per la valle principale di Bellinzona, il brusco ripiegare a ponente, determinato dall'incontro delle masse di gneiss recenti e dalla prevalente erodibilità delle formazioni scistose, che furono abrase e che presto la depressione verbana di nuovo incontra e segue, come si è detto, da Luino fin quasi ad Arona. È poi molto probabile che lo sfumarsi in questo punto delle amigdale amfiboliche della zona suaccennata abbia determinato quivi piuttosto che altrove il raccogliersi dei principali confluenti della conca verbana. Quivi raccoltesi le acque, seguì il lavoro erosivo prevalentemente lungo la formazione scistosa, rasentando a nord-ovest il corrugamento di rocce porfiriche e mesozoiche, che ho descritto per la Val Travaglia. Il passo di Ceneri (543^m), la sella ove sta il lago Dello, la stessa Val Travaglia tra il monte Colonne e la rocca di Caldè, e la depressione sul fianco occidentale dei Pizzoni di Laveno, sono a mio avviso altrettante vie, successivamente abbandonate in questo secolare ed energico lavoro di abrasione, al quale è ancora a dimostrarsi se fu data una prima ragione da qualche ristretta frattura. Nè alcuno potrà dubitare che a scaricare le acque della valle del Toce abbia servito per un lungo volgere di secoli la depressione del lago d'Orta. Anzi a questo proposito dirò che le isole Borromee insieme alla punta di Pallanza sembrano rappresentare uno spartiacque sommerso tra la depressione verbana e quella del Toce, tripartita col ramo d'Orta e coi due a nord ed a sud del Montorfano. Come ebbi ad esporre in più occasioni trattando della orogenesi delle Alpi orientali, questo sottentrare dei bacini lacustri al tracciato

di scomparse idrografie è tutt'altro che un'eccezione nella storia del modellamento della superficie alpina.

Quanto poi all'alta vallata del Ticino, presso Airolo, richiamo quanto fu osservato dallo Stapff sui terrazzi che ad essa valle preludono. Prima ancora che da questo autore, che volle a torto scorgervi una traccia dell'erosione marina, furono rilevati dal Rütimeyer, che li ha coordinati con altri terrazzi più a valle sino a Biasca (1) da 700 a 300 metri sul fondo della vallata. È poi evidentissimo il fatto che ad ogni cateratta della valle stessa si diparte una copia di terrazzi, che poi si svasano e si innalzano sempre più, dimostrando come fu molto felice il Rütimeyer nel porre il principio che questi solchi della erosione fluviale incominciano a valle e si sprofondano mano mano nella massa montuosa. Intorno a Locarno ed a Bellinzona un evidentissimo terrazzo orografico sta a circa 800^m sul fondo della valle, e altro all'altezza del M. Ceneri; sopra Ascona sino a Ronco, altro terrazzo orografico a soli 80 metri, ed il profilo della sponda sopra Cannero ne mostra due marcatissimi a 150 e 300 metri sul lago. A chiunque ponga l'occhio sulla bellissima carta svizzera, con questo convincimento che le acque scorrenti formarono le valli per gradi, abbandonando successivamente molte vie da prima percorse e sempre erodendo, incidendo i versanti con mille solchi, deprimendo selle ove meno resistevano le rocce, tagliando strettissimi burroni dove le rupi erano più tenaci, allargando il solco quando i corsi d'acqua si facevano per confluenza più potenti, questo lavoro di cui la natura ne mostra ogni giorno tanti esempi in piccola scala nelle erosioni dei terreni più recenti, compare nei suoi particolari più minuziosi. Ma per seguire tale lavoro nei suoi dettagli io varcherei di troppo il circuito, che mi sono imposto. Epperò nella speranza che il lettore sia al pari di me persuaso che le depressioni orografiche sono una dimostrazione del grande aforisma: *gutta cavat lapidem*, passo ad un rapido esame dell'origine dei bacini lacustri, compresi nell'area esaminata.

(1) Rütimeyer *Ueber Thal und See-Bildung*. Basel 1869.

PARTE III.

Dei laghi compresi nel bacino del fiume Ticino

Siccome ogni lago, che non sia esclusivamente morenico nè dovuto a scoscendimenti o ad alluvioni, richiede una particolare spiegazione più o meno complessa per lo scolpimento e per la chiusura del proprio bacino, così tornerebbe meno opportuno un riassunto anche breve delle lunghe discussioni tenutesi sull'intralcio argomento dei laghi orografici. Recentemente il signor Sacco (*) ha tentato una tale rivista, però omettendo di porre in rilievo il merito indiscutibile e precipuo, che nella trattazione di questo argomento ebbe il Rutimeyer (**), il quale, tagliando corto colle vane speculazioni dei sostenitori della escavazione e della riescavazione per opera glaciale e non perdendosi in ipotesi di fratture beanti per chilometri e punto dimostrate dalla stratigrafia, ha coordinato lo studio dei laghi a quello delle valli e dimostrò che gli uni e le altre sono solchi scolpiti dalle acque scorrenti da quando le rispettive aree emersero dal mare terziario e che la conversione di un tratto di valle in lago, quando non dipenda da locali differenze di erodibilità delle formazioni, devesi a fenomeni sismici, che hanno alterato la curva di fondo della valle. In questa idea lo seguì il Rolle; ma entrambi, quando trattarono dei laghi lombardi, lo fecero con dati erronei e con conoscenza insufficiente delle cognizioni geologiche, delle quali devesi tener conto in simile studio. Anche le idee del Desor (***), in particolare per quanto riguardano il Verbano

(*) Sacco Federico, *Sull'origine delle vallate e dei laghi alpini in rapporto coi sollevamenti delle Alpi ecc.* Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino vol. XX, marzo 1885.

(**) Rüttimeyer, *Ueber Thal und Seebildung.* Basel 1869.

(***) Desor E. *Quelques considérations sur la classification des lacs.* Lugano, 1861. — *Paysage morénique*, 1875.

ed il Ceresio, che egli considera determinati dal sollevamento nella guisa stessa che si incurvarono le masse rocciose in cui furono scolpiti, come idee basate sul concetto per me falso che possano mantenersi ampiamente beanti delle fratture appunto dove fu più stretto il corrugamento orogenetico e che siano fratture quei solchi che si accordano così perfettamente collo schema di erosione fluviale della superficie alpina, mi pajono così poco persuasive da doversi del tutto abbandonare; e più ancora sembrami che l'autore medesimo siasi discostato dal vero allorchè, meglio precisando il suo concetto, fa rimontare al miocene queste fratture e le suppone rimaste ricolme di ghiaccio durante il periodo interglaciale, accettando poi, insieme collo Stoppani, l'ipotesi di un mare glaciale al piede delle Alpi. Dopochè dal Rütimeyer, dall' Heim, dallo Ziegler e da altri geologi anche italiani fu dimostrata l'orogenesi per erosione di varie plaghe alpine e della penisola, e quando siamo così incerti, non dirò del valore, ma eziandio del fatto di recenti ragguardevoli fratture della massa alpina, mi sembra da non doversi accettare l'ipotesi, che il signor Sacco vorrebbe sostituire alle molte avanzate per spiegare i bacini lacustri, la quale suppone questi bacini causati dallo spostamento pospliocenico. Tale spostamento, se fu diverso di senso e di misura nelle varie porzioni del bacino padano, non fu certamente capace di causare delle voragini pari ad esempio al lago di Garda, profondo 825^m e che del resto è una depressione di comba, in corrispondenza agli erosi terreni cretacei e terziari, non già una spaccatura. Nessuno poi dei nostri laghi prealpini, e meno degli altri il Verbano, si possono spiegare con fratture; nemmeno il lago d'Idro, sulle cui sponde si nota una perfetta corrispondenza di formazioni.

Una cosa però sembrami che il signor Sacco abbia veduto giustamente ed è: che questi bacini non esistevano durante il pliocene, così da non doversi nemmeno pensare a dei fiordi pliocenici, modellati all'orografia attuale ed idealmente ricostituiti col supporre le prealpi allora sommerse di quel tanto che furono (o dirò meglio, che rimasero) sollevati i lidi pliocenici (*). Un tempo

(*) Taramelli, *Dell'esistenza di un'alluvione preglaciale nel versante meridionale delle Alpi e dell'origine dei bacini lacustri e dei terrazzi alluvionali*. Atti

io pure sono partito da questa falsa base dei fiordi pliocenici; ma ad onta della scoperta di un giacimento di argille marine plioceniche nella parte più meridionale del Verbano, in seguito a meno imprecisa conoscenza delle condizioni geologiche della regione prealpina, mi sono convinto che se è vero che alcuni dei nostri bacini lacustri sabbero ora fiordi marini se mancassero le alluvioni e le morene, non è altrettanto vero che il mare pliocenico padano offrisse i medesimi fiordi, quando le valli erano assai meno profonde e non erano ancora avvenuti quei movimenti sismici pospliocenici, che hanno variato l'altimetria relativa delle varie porzioni dell'area alpina. Quando si consideri quanto sono elevati nelle valli principali i terrazzi orografici pliocenici, che rapidamente si innalzano di più centinaia di metri mano mano che i corsi d'acqua acquistano per confluenza una maggiore portata; quando si ponga mente alla profonda ed ampia abrasione, subita dalle formazioni litorali plioceniche prima ancora che scendessero i ghiacciai alpini o quando era già avvenuto un forte innalzamento di essi lidi, che per la valle padana e per varie regioni della penisola fu poi eliso da posteriori avvallamenti; se si accorda il meritato valore al fatto che nella parte mediana e settentrionale dei nostri bacini lacustri e nelle valli che vi confluiscono (per quel tratto che stanno sotto al livello dei lidi pliocenici) non fu scoperto alcun deposito di pliocene marino, mentre questo continua per numerosi affioramenti da Biella a Castenedolo bresciano; se si fanno a mente i principali fatti della orogenesi della grande depressione adriatico-padana, col dilacerato M. Conero di Ancona, colle Tremiti, col Capo Gargano, coll'arcipelago dalmato, coi fiordi istriani, si è indotti a ritenere che all'epoca del pliocene *piacentino*, epoca relativamente remota, erano bensì abbozzate le valli attuali, ma al loro sbocco eranvi seni e golfi ad a levante di Brescia emergeva un buon tratto di suolo collinresco, ora sepolto da alluvioni e da morene, che si congiungeva alla regione euganea.

Dietro a questo concetto, l'incisione del bacino verbano, inferiormente all'altezza del passo di M. Ceneri e del lago Dellio, a

del R. Istituto veneto 1871. — *Di un lembo di pliocene marino a Taino presso Angera*. Rendic. R. Istituto lombardo 1884. — *Osservazioni stratigrafiche sulla Val Travaglia*. Ibidem 1885.

la riduzione delle masse mesozoiche e porfiriche della sponda orientale, il profondo solco negli scisti sericitici, sarebbero tutto lavoro delle acque dopo il sollevamento pospliocenico, che definitivamente ha prosciugato le falde prealpine. Quanto poi all'agente erosivo, ricorderò come ancora prima del Rüttimeyer, lo stesso Desor ritenesse di semplice erosione i grandi laghi di Ginevra, di Zurigo e di Costanza, ed avesse già pensato: « *a potenti e prolungate inondazioni, che avessero preceduto la discesa dei ghiacciaj* ». Questo concetto mi pare assai giusto; perchè spiega anche il prepararsi del fenomeno glaciale, accordandosi con tutti quei fatti, che inducono a ritenere più uniformemente caldi e più umidi i climi delle epoche passate. La quale condizione di clima ebbe poi a produrre la espansione glaciale appunto allorchando la massa alpina pel sollevamento pospliocenico attinse un'altitudine maggiore dell'attuale di quel tanto, di cui dobbiamo supporla discesa dappoi, per spiegarci come mai le conche lacuali prealpine siano tanto più basse, non solo del livello ma del fondo dell'attuale seno adriatico. Il supporre una duplice oscillazione di sollevamento pospliocenico e di sommersione in periodo glaciale o posglaciale, avvenuti l'uno e l'altra con varia misura nelle diverse parti del sistema alpino, mi sembra un'ipotesi molto in armonia colle nuove idee sulla formazione dell'Adriatico e del Tirreno e che si combini coi fatti constatati nelle Alpi orientali, sui quali ho chiamato l'attenzione in parecchi dei miei scritti.

Nella lunga epoca dal pliocene all' uomo preistorico io vedrei per la valle padana: una fase *preglaciale*, di sollevamento, nella quale i due versanti di essa valle furono in preda alla erosione fluviale e si completò l'orografia collo scolpimento delle valli, delle quali talune furono ridotte a bacini lacustri; una fase propriamente *glaciale*, colla ripetuta discesa degli antichi ghiacciai sino ai noti confini; ed una fase *posglaciale*, iniziata da movimenti sismici che hanno alterata l'altimetria relativa dei due versanti dell'antico golfo pliocenico. A questi movimenti sismici, fossero pure accompagnati da fratture, sono ben lontano poi di attribuire gli effetti, che suppone il signor Sacco; reputando già alquanto azzardato il ricorrere ad essi, senza potere mostrare secondo quali direzioni siano avvenuti e nemmeno poter precisare

in quale periodo neozoico essi siano successi. Per ora mi basta che in via di massima per la spiegazione dei bacini lacustri si ammetta che anche dove i lidi pliocenici sono rimasti a circa 400 metri sopra il livello marino attuale vi fu un forte abbassamento, che ha portato sotto questo livello il fondo delle valli, scavate dopo il pliocene e prima della discesa dei ghiacciai. Nella Toscana abbiamo il pliocene tuttora a quasi mille metri; nella Spagna meridionale, sul versante settentrionale della Sierra Tejada, trovammo Mercalli ed io i lidi marini con abbondanti ostree plioceniche sino a 1250 metri; non è strana l'ipotesi che circa di un migliaio di metri fosse stato anche il sollevamento medio delle Alpi e dell'Apennino dopo il periodo piacentino. Le recenti esplorazioni altimetriche nel golfo di Genova, a quanto mi comunicava il chiarissimo signor comandante Magnaghi, mostrano in corrispondenza delle valli liguri dei profondissimi solchi. Di certo non si sono formati in mare.

Lo Stoppani (') trattò egli pure diffusamente la questione dei bacini lacustri, partendo dall'accennata base dei fiordi pliocenici e mantenendosi fedele al suo convincimento della discesa in mare dei ghiacciai quaternari sino alla fase degli anfiteatri morenici. Pur supponendo egli un rialzo a valle del fondo di roccia dei supposti fiordi, spiega molto semplicemente la loro conversione in laghi col deposito delle alluvioni e delle morene e con un supposto sollevamento posglaciale. Spiacemi di essere assai lontano dal suo modo di vedere, per non ammettere io la base de' suoi ragionamenti e per essere invece convinto: che i fossili pliocenici nelle morene comasche sono rimestati e che il sollevamento dei lidi pliocenici precedette e di molto la discesa dei ghiacciai quaternari. Convengo che la sua teoria è incomparabilmente più semplice e meglio esposta di quanto io sappia fare delle presenti idee; ma essa non mi persuade. Non credo necessario stabilire confronti con lontani paesi. Mi appoggio solo al fatto che i fiordi sono in generale un carattere delle terre sommerse e se mancassero alluvioni o morene sarebbero ora fiordi alcuni laghi prealpini e sonvi fiordi nell'Istria e nella Dalmazia. Si è appunto nell'Istria che esiste un esempio assai

(') *Era neozoica* nell'opera *Geologia d'Italia*. Milano, Vallardi 1880.

istruttivo di un fiordo, il quale corrisponde ad una valle abbandonata dal fiume che la scolpì; ed è il canale di Lemme, lungo undici chilometri, colla valle di Antignano, che forma la continuazione orografica e non idrografica del fiume Foiba, questo perdendosi in un baratro profondo 160 metri presso Pisino ('). La valle, spoglia di alluvioni, continua sul suo fondo come una vasca di marmo, tutta scolpita in calcare come il fiordo, stretta e profonda in alcuni siti oltre 250 metri mi persuase della fallacia della ipotesi di fratture in corrispondenza delle chiuse; la interruzione a Pisino, dove la più erodibile e più profondamente incisa formazione delle arenarie e marne eoceniche si appoggia sui calcari liburnici e cretacei, ed i molti esempî di valli a fondo ceco in corrispondenza di questo contatto delle due formazioni diversamente erodibili in tutta quella contrada, mi persuasero, che anche prescindendo da cause endogene l'energica azione delle abbondanti fiumane plioceniche può aver prodotto dei solchi di diversa profondità. Nel Veneto poi ho osservato che il lago di Cavazzo rappresenta un antico solco, scavato dal Tagliamento prima che confluisse col Fella, erodendo una potente alluvione terziaria. Osservai pure che il lago di S. Croce ed il Lago Morto sono disposti sull'antico solco, scavato dal Piave prima che confluisse col Cordevole; il primo di questi laghi è dovuto ad una forte erosione dei terreni terziari e della scaglia rossa cretacea, a monte di una cresta di calcare a rudiste; a valle di questa, cento metri più basso sta il lago Morto, quasi un bacino di cascata scomparsa, chiuso più sotto da morene e da frane. Molti altri esempî, che è inutile riportare in quantochè suppongo che anche i colleghi ne conosceranno a centinaia, mi hanno convinto che l'incisione delle valli per opera dei fiumi rappresenta una copia d'acqua e quindi un clima, di cui possiamo formarci un'idea adeguata soltanto se ci dipartiamo dal principio attualistico, che troppo ha prevalso sulla geologia moderna.

Nel Veneto poi e nella Lombardia ho dimostrata la esistenza di alluvioni bensì preglaciali ma non plioceniche, che appunto rappresentano il periodo di incisione delle valli dopo gli sposta-

(') Taramelli, *Geologia del margraviato d'Istria con carta geologica*. Milano, Vallardi 1877.

menti pospliocenici e prima o durante la discesa dei ghiacciai. Pel bacino Verbano l'alluvione preglaciale può essere profondamente sepolta, oppure può corrispondere al *diluvium*, che però negli strati superiori passa allo sfacelo morenico e alle morene dell'anfiteatro. In generale, è difficile ricostituire l'idrografia, che corrisponde a questo periodo. Il conglomerato inciso dall'Adda può provenire, così dalla valle del Brembo come anche dalla Valsassina, quello sopra Monza dalla Valsassina, quello a sud-ovest di Como dalla valle di Mendrisio; ma non ho ancora studiato abbastanza l'argomento in base alla composizione litologica. Per l'area ticinese l'alluvione ipomorenica è bensì prevalentemente calcareo e corrisponde al bacino dell'Olona; ma vi si notano anche elementi alpini e quindi non può negarsi una influenza glaciale; è profondamente erosa e i lembi ne sono molto elevati sulle valli, come a S. Quirico in Val Cuvia; non si può adunque escludere che in alcuni siti abbia subito uno spostamento. Le morene e le alluvioni terrazzate non paiono invece spostate; il che indurrebbe a collocare il disforme avvallamento del bacino adriatico-padano tra le due fasi del periodo glaciale. Evvi però ancora molto buio in questa determinazione cronologica; nè si può fare un passo sicuro senza un accurato studio dei dettagli orografico-geologici, del quale mancano tuttora gli elementi. L'esistenza però di un'alluvione ipomorenica, quaternaria, e dell'altra probabilmente più antica (*astiana*) del *ferretto*, sono ad ogni modo due argomenti in favore della precedenza della emersione pospliocenica alla discesa dei ghiacciai e quindi due obiezioni contro l'ipotesi di un mare glaciale al piede delle Alpi. Che poi il *ceppo* sia pliocenico e non pliocenico lo provano: le specie tutte viventi di molluschi terrestri, determinate dal De-Stefani e raccolte nelle argille gialle alternate col ceppo, sotto Bottanuco, a quasi 60 metri sotto il piano della campagna; l'analogia di esso col conglomerato, che fiancheggia e ricopre il deposito lignitico di Lefte; la sicura discordanza dalle argille plioceniche ad Almenno, nelle erosioni praticate in esse argille insinuandosi evidentemente il conglomerato; le relazioni altimetriche di questa alluvione, poco o punto spostata, col livello vario dei lidi pliocenici, rimasti sollevati da 40 a 400 metri da Castenedolo a Biella; il fatto, infine, che negli strati superiori del ceppo com-

paiono innegabilmente elementi alpini, come graniti, gneiss e serpentini, che accennano all'accostarsi delle fronti glaciali, come si può scorgere anche nel conglomerato lungo l'Olonà. Notisi che questi elementi sono in piccioli ciottoli, cosicchè la loro presenza è davvero una obiezione contro l'ipotesi dei fiordi occupati dai ghiacciai. È singolare poi che taluni geologi, mentre ammettono i fiordi pliocenici, suppongono che il ceppo, per essi pliocenico, sia stato spaccato dalle fratture, che formarono le gole alpine e prolungavansi dalle somme vette delle Alpi ai limiti settentrionali della pianura lombarda; gole che dovevano, secondo la loro ipotesi esistere durante il pliocene.

Ma pure ammesso che le valli, ora parzialmente ridotte a bacini lacustri, siano state erose dalle acque fluviali; ammesso che la erosione di esse sia un fenomeno pospliocenico per considerevole porzione della loro profondità; ammesso che l'area alpina siasi sollevata durante questo lavoro di erosione ed abbassata di poi di qualche centinaio di metri, rimane ancora grave difficoltà. Perchè i bacini lacustri sono chiusi a valle da rocce in posto? In altre parole, perchè l'antica curva di fondo è così stranamente incavata, contro tutte le leggi della idrografia attuale, se noi prescindiamo dai piccoli bacini scavati in roccia viva ed allineati a migliaia lungo le valli alpine?

Tenteremo di rispondere alla meglio a questo quesito, trattando in particolare dei varî bacini, ed incominciamo dal più importante:

Il Verbano. Trascrivo dal Lavizzari i dati batimetrici che ho pure segnati sullo schizzo geologico:

| | |
|---|-----|
| Tra Locarno e Molinetto di Vira . . . m. | 63 |
| » le foci delle Maggia e Gera » | 116 |
| » l'Isola di Brissago e S. Nazzaro. . . » | 234 |
| » Brissago e Dirinella » | 248 |
| » Cannobio e Germignago » | 366 |
| » Barbè e P. Levello » | 375 |
| » Oggebio e Porto Val Travaglia. . . » | 358 |
| » Trivo e Castello » | 365 |
| » Intra e Laveno. » | 365 |
| » Osteria ed Inquiccio » | 281 |
| » Belgirate e Monvalle » | 168 |

| | | |
|----------------------------|----|----|
| Tra Lesa ed Ispra. | m. | 89 |
| » Ghirone e Ranco. | » | 67 |
| » Arona ed Angera. | » | 33 |

Secondo i dati pubblicati dal Gastaldi in quest'ultima sezione si avrebbe una profondità di 40 metri. Si spera che tra breve la regia Marina sia per intraprendere un rilievo batimetrico molto più particolareggiato, che rappresenti la conformazione del fondo anche nelle sezioni trasverse. Per analogia può ritenersi che in generale il fondo sia piano; ma potrebbero anche esistere diverse sporgenze di rocce in posto come quelle che formano le isole Borromee, lo scoglio di Cannero, le isolette di Brissago e la rupe di Caldè.

Quanto poi alla superficie del lago, è bene notare che rappresenta soltanto la cinquantesima parte del bacino idrografico ticinese; ma può essersi sensibilmente ridotta a valle ed in ispecie sulla sponda sinistra, ove sono le vaste torbiere del Varesotto, durante il terrazzamento; ed a monte per l'interramento. Il seno di Pallanza spetta a mio avviso alla depressione Cusia.

Le suesposte cifre mostrano che la profondità maggiore è poco sotto Luino e che essa varia di poco per buon tratto da Cannobio alla Rocca di Caldè (Castello), tenendosi di oltre un centinaio di metri inferiore a quella dei tratti attigui a monte ed a valle. È quindi una vera voragine, che si potrebbe paragonare alle *foibe* di Pisino o di S. Canziano presso Trieste. A valle del seno di Pallanza, il fondo si rialza dolcemente; a monte dell'accennato baratro, dall'interrimento per la Maggia e pel Ticino, a scarpata certamente assai declive, si passa ad una ragguardevole profondità di 234 metri di fronte a S. Nazzaro. Da questa profondità si potrebbe partire per raffigurarsi approssimativamente, sotto all'interrimento posglaciale il fondo della valle pospiocenica, rimontante sino a Biasca con una pendenza non minore del dieci per cento, abbastanza normale per le valli montane. Nel tratto più profondo si avrebbe una pendenza più forte, poi un gradino di salita di un centinaio di metri; tra le sezioni di Intra-Laveno e Belgirate-Monvalle un leggero rialzo tra due depressioni, quindi un graduato innalzarsi sino ad Arona. Il baratro da Luino a Caldè è certamente il tratto più saliente e potrebbe essere in qualche relazione colla struttura geologica, per un addossamento del me-

sozoico, sommerso sotto al lago, alla massa scistosa. Ma deve rimettersi la spiegazione dei dettagli a quando si conoscerà meglio la conformazione e la natura del fondo. Stando ai tratti più generali, vorrei mettere fuori di dubbio che il fondo di roccia si eleva realmente a valle e che lo sbarramento non è punto dovuto a morene od alluvioni od a depositi marini pliocenici. Badiamo alle due rupi di Angera e di Arona che si guardano di fronte come due pareti di una chiusa alpina; badiamo ai porfidi che devono stare sotto al mesozoico. Certamente sarebbe strano a supporre che appunto quivi il fondo di roccia in posto si avesse ad abbassare più che in corrispondenza agli scisti e quindi almeno 450 metri sotto al livello del lago. Poniamo anche uno spessore di cento o duecento metri per le alluvioni, morene, depositi marini (ed è molto) non avremo mai la profondità massima e nemmeno la media del lago. Come avviene per tutti i bacini lacustri prealpini, anche pel Verbano, a valle la roccia in posto si innalza e la chiusura è perfettamente orografica.

In presenza di questo rialzo nella roccia in posto, che io ritengo dimostrato dalla orografia e dell'accennato baratro, eccoci al dilemma: o di supporre che queste irregolarità siano dovute all'erosione, come lungo le accennate valli del Carso, oppure che a valle sia intervenuto un sollevamento, accompagnato da fratture, come ha supposto il Rolle per la conca lariana. Osservo che realmente nel calcare di Angera si veggono assai regolari e continue fratture, che spaccano tutta la massa calcare. Veramente non è un dilemma, potendosi una spiegazione combinare coll'altra. Senza eliminare affatto la seconda cagione, della quale potrà formarsi un'adequata idea chi esaminerà minutissimamente l'argomento coi dati necessari, io non vorrei escludere che allorquando le acque del grande bacino ticinese rappresentavano una portata incomparabilmente superiore alla attuale, siano state capaci di erodere nello scisto sericitico, a monte di una briglia porfirica e mesozoica, una depressione come quelle del Carso, esportandone il materiale eroso allo stato di perpetua torbida (*), attestata dall'altro lato dal grande spes-

(*) Sarebbe interessante una applicazione delle idee qui esposte a spiegare la depressione del Mar Morto colla valle di Kades e col fiordo di Acaba.

sore delle argille, che stanno sotto alle ghiaie diluviali nelle valle padana. Non temo la taccia di ecclético; perchè i fenomeni geologici sono sempre prodotti da cause complesse e qui siamo in possesso di fatti, che provano l'energica ed irregolare erosione di grandi masse d'acqua non meno che gli spostamenti delle condizioni altimetriche, státe prodotte dal sollevamento pospliocenico. Quanto poi alla massa delle acque all'aurora del quaternario, occorrerà appena che faccia presente che essa doveva crescere in forte progressione coll'aumentare l'estensione del bacino scolante e che questo è estesissimo anche prescindendo dalla valle del Toce, la quale vedremo come solo più tardi venne a confluire nel bacino verbanò, e sbocca a valle del più profondo tratto di questo bacino.

Per concludere, la conca del Lago Maggiore è un solco irregolare, scavato dalle acque confluenti al suo estremo settentrionale nella prima fase dell'epoca quaternaria, sommerso con tutta probabilità più a nord che a sud in un avvallamento successivo, delimitata a valle dalle morene, ma originariamente chiusa da un rialzo della roccia viva.

La presenza del ghiacciaio nelle fasi del periodo glaciale protesse il bacino dall'interrimento, che riprese nel periodo posglaciale, riempiendo un lungo tratto a monte di Locerno.

Trattando della orogenesi della valle padana e degli altri bacini lacustri prealpini in un lavoro di prossima pubblicazione, cercherò di dimostrare come le mie idee, meglio di quelle espòste dagli autori che ho accennato, si coordinino nella spiegazione di fatti geologici di qualche importanza circa alla stratigrafia ed alla orografia dell'area adriatica. L'insufficienza dei dati ed il breve tempo, di cui ho potuto disporre per terminare il presente scritto, siano argomenti di venia presso il lettore se ho dovuto esporre queste idee come in abbozzo, lasciandone talune tuttora involte in molte dubbiosità.

Lago d'Orta e Cusio. L'egregio mio amico e collega Pavesi Pietro ha scandagliato recentemente questo lago e pubblicò i suoi dati nei Rendiconti del R. Istituto lombardo per l'adunanza del 12 febbraio dell'anno corrente; sono di prossima pubblicazione negli Annali d'agricoltura le carte risguardanti questo bacino ed il lago d'Idro e torneranno utilissime per ulteriore trat-

tazione dell'argomento. Riportai le principali cifre nello schizzo e compare evidente una profondità massima di 140^m tra la foce della Qualba e la punta Crabbia, al terzo superiore del lago. A nord di Oira il fondo rapidamente si innalza e sotto Omegna vi è una chiusura di gneiss, che però potrebbe essere non completa e doversi quindi l'arrestamento delle acque alla morena.

Queste acque poi provengono indubbiamente, almeno in parte, da fontanili; poichè anche nella magra estiva eccezionale del 1883 si ebbe sempre un deflusso di circa un metro cubo al secondo, quando i piccoli tributari del lago erano del tutto esausti.

A sud di Orta il fondo assai regolarmente si innalza, e più sotto il pliocene marino, il calcare liasico, il granito e lo scisto sericitico chiudono il bacino, mostrando ad evidenza quanto pel più profondo solco del Verbano si deve ammettere soltanto per analogia e per induzione. Essendo la profondità del lago di Merigozzo maggiore che pel seno di Pallanza ed elevandosi ad oriente di questo la cresta arrotondata delle isole Borromeo, io riterrei, che a sera di queste incominci la depressione Cusia, che poi si continua attraverso tenue spessore di gneiss recente in una ripiegatura di scisti gneissici tra le due masse granitiche della Colma e del Motterone. È però abbastanza strano che si sprofondi questa chiusa di 140 metri nel gneiss e nel micascisto, mentre a valle è rispettato ad altezza maggiore, e di fronte alla chiusa, un lembo pliocenico sotto alle morene. Inoltre il signor Sacco trovò il pliocene marino anche a nord, nell'ambito della conca lacuale. Ma la difficoltà scompare quando si pensi che questo antico decorso del fiume Toce per la valle Cusia era con tutta probabilità già abbozzato durante il pliocene ed un lembo di questo può essere stato conservato allo sbocco e sulla parete della valle preglaciale come furono conservati lembi di pliocene sopra Borgosesia, a Taino, ad Induno, ad Almenno ed a Nese, sempre presso lo sbocco di chiuse posplioceniche. Che le acque del Toce abbiano scavato un bacino così profondo nella roccia dura per poi scorrere placide sul sedimento marino pliocenico, non è invero una cosa facile ad ammettersi; ma dalle attuali condizioni di pendenza e di altimetria relativa delle masse noi non possiamo agevolmente rimontare alle particolarità della idrografia preglaciale. Al più, possiamo dire che qui vi fu un seno

del golfo pliocenico padano. Che poi un lago corrisponda ad un decorso abbandonato da un grande corso d'acqua, che in questo caso sarebbe il Toce, per quello che ho detto, è una cosa molto normale nella orogenesi alpina.

Il lago di *Mergozzo* fu scandagliato dal signor ingegnere Spezia (¹), che vi trovò la massima profondità di 74 metri verso la sponda di granito; la sua conca si eleva dolcemente verso il talus del Toce, pel quale fu segregata dal seno di *Palanza*.

Il limo del suo fondo proviene dalle torbide del fiume, che rimontano il defluente del laghetto; le piene come quelle del Toce si innalzano sino a quasi quattro metri, mentre le magre, per le travenazioni del fiume scendono appena di 0,40. Il suo fondo scende sotto il fondo del lago d'Orta. Rimane ignoto lo spessore delle alluvioni posglaciali nell'attiguo solco, tra il *Montorfano* ed il *Motterone*, percorso dal Toce; e quindi è ignota la profondità e per conseguenza anche l'epoca di questo solco. In complesso si ha una depressione tripartita, meno profonda che il bacino verbanò, ma tuttavia assai ragguardevole, la quale rappresenta la forza erosiva delle antiche acque dell'ampia vallata del Toce, poichè si sprigionavano dalla chiusa tra le rocce amfiboliche di sopra *Ornavasso*. Anche il piccolo lago di *Mergozzo* può quindi considerarsi come orografico, inquantochè esso pure rappresenta una traccia di una tramontata condizione idrografica; inoltre è incomparabilmente più profondo che i laghi morenici e più antico dei laghi di frana.

Lago di Lugano o Ceresio. Interpretando questo complicato bacino come risultante dalla sommersione di due valli attigue e della sella che le riuniva, in corrispondenza del ramo di *Morcote*, non si è ancora spiegata la formazione di esso. Sta il fatto che la profondità massima corrisponde al ramo di *Porlezza*, al tratto dove si stende la formazione più erodibile degli scisti neri infraliasici, alla quale corrisponde anche la sella di *Bene*, tra questo ed il bacino *lariano*. Nè la differenza tra la profondità del ramo di *Porlezza* e quella degli altri rami del *Ceresio* è piccola,

(¹) In *Gastaldi, Scandagli dei laghi del Moncenisio*, ecc. Atti della r. Accademia di Torino, 1868.

così da potersi ritenere casuale o determinata da sommersi cumuli morenici, che del resto dovevano abbondare piuttosto lungo la ritirata del ramo insinuato del ghiacciaio abduano. Questa differenza è di 200 metri in confronto del ramo di Agno e di 120 in confronto col ramo di Melide. Il fondo poi, secondo gli scandagli del Lavizzari, è dovunque assai regolare; il chè a mio avviso esclude l'ipotesi dello Stoppani (op. cit. p. 223) che la poca profondità del lago di Lugano e le disuguaglianze del suo fondo debbansi a morene. Il rialzo di Melide può essere anche una frana; come morena sarebbe una eccezione al fatto, che pare provato, della sollecita ritirata dei ghiacciai quaternari presso alle fronti attuali. Frane o morene che siano sul fondo del Ceresio, non vorremo di certo attribuire ad esse uno spessore tale da causare l'accennata differenza, la quale dimostra come la depressione fosse originariamente più profonda laddove le rocce erano più erodibili e nella parte a monte, pigliando come origine della depressione la sella di Porlezza. E siccome questa sella deve avere avuto la sua corrente, e non possiamo negare un valore al fatto che i laghi sono spesso sul decorso antico dei fiumi, così si può supporre che per di qui passasse un corso d'acqua, che parzialmente scaricava il bacino abduano; come abbiamo supposto che passasse pel monte Ceneri un corso d'acqua vegnente dalle alte vallate ticinesi, il quale scavasse quel ramo del Ceresio e le valli di Tresa e di Arcisate. Questa valle orientale sboccava nel piano a Mendrisio. Anche qui saranno intervenuti sollevamenti e spostamenti nei periodi glaciale e posglaciale, ma la causa della depressione sta nella erosione preglaciale ed in parte anche pliocenica.

Accennerò appena al laghetto morenico di Bene, ch si scarica nel ramo di Porlezza; ignoro quanto sia profondo e quanto alto sul livello marino.

Lago di Varese. È elevato 41 metri sopra il livello del Verbano, ha la massima profondità di m. 25,75 di fronte a Voltorre; nella piena del 1845 si elevò di m. 1,00 sulla media, dalla quale scende di m. 0,75 nelle massime magre. È lungo quasi nove chilometri, largo 1800 metri. L'isoletta Camilla o Virginia ritiensi artificiale ed infatti furono quivi abbondantissimi i rinvenimenti di oggetti neolitici. Si possono distinguere almeno sei altre stazioni,

di cui principale quella di Bodio, tutte sulla sponda meridionale, meno declive.

Evidentemente questa è una comba nelle rocce cretacee, ridotta a lago da una corona di morene e forse anche da alluvioni preglaciali; dalla sua sponda meridionale si dipartono le cerchie moreniche, le quali si fanno frontali nell'anfiteatro ticinese. Non è ancora sufficientemente studiato, quindi non si può analizzare con dettaglio la sua formazione in rapporto col precedente seno pliocenico e col modellamento preglaciale delle rocce in posto. L'ing. Salmoiraghi accennò ad affioramenti di rocce cretacee e mioceniche a sud del lago, i quali non sono indicati nella carta svizzera.

Il lago di Biandronno o di *Bardello* è separato dal precedente da un istmo di calcare a fucoidi; è lungo 1260 metri, largo 380, profondo 2 metri, con m. 0,66 di piena massima; nutre poco e cattivo pesce e se ne propose ripetutamente il prosciugamento. È singolare lo spessore del suo fondo fangoso, che fu scandagliato fino a 13 metri.

Il lago di Monate, lungo tre chilometri, largo presso a mille metri, profondo al massimo m. 34,10, con linea di fondo quasi mediana e pendente verso sud-ovest. Il suo specchio è a 264^m sul mare, e la differenza tra le magre e le piene è di pochi decimetri. Pur esso ebbe palafitte preistoriche. A cagione della sua profondità in rapporto colla superficie, non gela mai, a differenza degli altri piccoli laghi del territorio varesino. Evidentemente è lago orografico e rappresenta una valle influente nel Verbano, ostruita da morene. È separato dal bacino del lago di Comabbio per una larga briglia di calcare nulliporico, ricoperto da arenarie marnose e dal conglomerato bormidiano.

Il lago di Ternate o di Comabbio è a 240^m sul livello marino, lungo 4 chilometri, largo 950 metri, profondo al massimo 7^m,50. Le differenze della magra alla piena sono alquanto maggiori che pel precedente, per essere più vasto il bacino scolante. Defluisce per lo scaricatore Brabbia nel lago di Varese colla media portata di 500 litri al secondo, e deve essere alimentato da sorgenti. È tuttora molto pescoso e si stabilirono sulle sue sponde gli abitatori di palafitte. È abbastanza probabile che questa depressione orografica rappresenti un tronco di

antico decorso di corrente, che smaltisse la comba dell'attuale lago di Varese. Il conglomerato miocenico che lo recinge ai lati non deve essere molto profondo sotto le morene al suo limite meridionale; a nord sta l'affioramento del noto calcare nummulitico di S. Sepolcro.

Lago Dellio, alto 965 metri, profondo 50, tra i monti Borgna e Pian Pozzolo. È bensì dovuto a chiusura morenica a nord ed a sud; ma il solco originario coordinandosi coi terrazzi orografici intorno a Magadino e Locarno non cessa di avere un significato orogenetico, rappresentando un'azione erosiva delle acque, che scaricavano il bacino ticinese.

I laghi di *Ritom* e di *Piora* a 1921 e 1829 metri di altitudine sono orografici, ma non avendoli io visitati non posso dire alcunchè della loro storia. I meno importanti laghetti di Gana, di Ghirla, di Arcisate e di Brinzio si ponno trovare descritti nel libro del signor ingegnere Quaglia (*), dal quale ho preso quasi per intero i dati che riguardano i minori bacini lacustri del territorio varesino. Nel medesimo libro il lettore potrà trovare molte altre notizie, tecnicamente assai interessanti, sulle vaste torbiere, che intorno agli accennati bacini rappresentano un più vasto allagamento posglaciale, lentamente prosciugatosi per lenti interrimenti, per opera della vegetazione, pel terrazzamento delle alluvioni allo sbocco del Verbano; in ultima analisi per le mutate condizioni climatologiche dall'epoca del ritiro dei ghiacciai sino al giorno d'oggi. L'uomo, che assistette a queste modificazioni, fu del pari testimone a qualche ultima vicenda sismica, che abbia influenzato la idrografia padana? La risposta a quando si potrà conoscere qualche cosa di sicuro sulla presenza dell'uomo durante il terrazzamento delle alluvioni nella valle padana e sulla cronologia dei movimenti sismici pospliocenici.

Ma se l'uomo non può ancora trovare nella sua propria storia una pagina, che illustri quest'ultimo capitolo della storia del nostro secolo, non vorrò dimenticare che a miriadi nuotano nelle tranquille acque dei nostri laghi, alcuni entomotracci, alcuni

(*) Quaglia Giuseppe. *Laghi e torbiere del circondario di Varese*. Varese, 1884.

protisti cilioflagellati, e persino alcuni pesci di forme marine, i quali potrebbero apparentemente convalidare l'opinione di una recente separazione dei maggiori di questi laghi dal mare; come pensò l'egregio mio amico Pavesi, il quale ha compiuto un bellissimo studio appunto sulla fauna pelagica dei laghi italiani.

Egli descrive 29 specie di questa fauna e con molta erudizione cita le località estere dove le medesime furono rinvenute. Con acute osservazioni egli poi separa talune forme, che dice *eupelagiche*, le quali a suo avviso avrebbero veramente dimora nei nostri laghi, da altre, *ticopelagiche*, le quali si trovano in tutte le acque stagnanti.

In questi ultimi anni, ampliando di molto alcune ricerche fatte nei nostri laghi da zoologi stranieri, il Pavesi (') dimostrò l'esistenza di forme sicuramente pelagiche nei laghi di Varese, di Monate, di Comabbio, Verbano, di Ghirla, di Mergozzo, di Lugano, di Como, nonchè in quelli di Garda, del Tirolo meridionale e di Santa Croce nel Bellunese. Afferma che queste forme mancano nei laghi di Ritom, di Alleghe, di Mantova, di Toblino; in quei laghi, cioè, che hanno origine recente per scoscendimenti, od anche artificiale come quello di Mantova. La mancanza in quest'ultimo di forma pelagica, pur essendo mediante il Mincio in comunicazione col Garda, è molto significativa e dipende dal fatto, che facevami considerare l'egregio amico, che queste delicatissime forme non si trovano giammai nelle acque scorrenti, rimanendo vittima del movimento di esse. La quale considerazione è una difficoltà abbastanza seria per potere accogliere l'idea del professor Maggi, che suppone i laghi glaciali quaternari essere stati il tratto d'unione nelle modificazioni di ambiente, subite da queste specie, supposte di origine marina. Tra i cilioflagellati, i *Cerastium* ed i *Peridinium*, con nuove specie che aggiunsero in più recenti lavori i signori Imhof, Zacharias, Duplessis ed altri, sarebbero caratteristici al pari degli entomostracei. Devesi poi osservare che in complesso questa fauna pelagica dei nostri laghi ha un carattere boreale, sebbene alcune specie si raccolgano

(') P. Pavesi, Boll. entom. IX, p. 293. — Rendic. r. Istituto lomb. VII, p. 174. — Ibidem, 688. — *Altra serie di ricerche e studi sulla fauna pelagica dei laghi italiani*, 1883. Atti Soc. veneto-trentina, VIII, fasc. 2. — Maggi L. *Tassonomia e corologia dei cilioflagellati*. Bull. scientifico, II, 1880, p. 9. — Avanzi R. *La pianura ed il lago*. Verona, 1882.

anche al Caucaso: così che sembra davvero che la diffusione di esse si rannodi ad un periodo glaciale.

Il collega Pavesi, accettando la teoria dello Stoppani e del Desor sull'esistenza di un mare glaciale al piede delle Alpi, fa rimontare assai facilmente questa fauna a progenitori marini pliocenici. Ma già il signor Avanzi osservò giustamente che per essere questa fauna comune ai laghi del Veneto e della Svizzera, dove non dimorò il mare pliocenico, anche supposta vera la teoria dei sullodati geologi, la spiegazione del Pavesi è insufficiente quando non faccia rimontare l'origine di esse specie ai golfi miocenici. Per gli evoluzionisti, è una condizione favorevole che si offre così al loro modo di vedere; io mi limito ad osservare che la questione è assai più complessa di quanto sembrasse ai zoologi, che fino ad ora ne hanno trattato, e rimango in dubbio che in qualche stadio del loro sviluppo queste forme marine abbiano potuto attraverso ad acque più o meno scorrenti passare dal mare ai laghi, come devono essere passate, ad esempio, dal Verbano al Ceresio, al laghetto di Ghirla ed a quello di Mergozzo. Ma sono assai lontano dall'avere la competenza necessaria per trattare questa questione, anche ristretta ai laghi insubrici, e tanto meno per studiarla in riguardo alle regioni boreali d'Europa, dove sarei tentato a portare la mia incredulità nei *fioridi pliocenici* e dovrei ammettere l'esistenza di un periodo preglaciale, in cui quelle terre fossero spoglie di ghiacciai. Epperò il meglio che mi rimane a fare si è di accennare semplicemente all'obiezione, che incontra tale e quale fu annunciata la teoria del mio amico; mentre potrebbe essa benissimo conciliarsi col mio modo di interpretare l'orogenesi della valle padana supponendo quelle forme discendenti da specie marine mioceniche, piuttosto che plioceniche. In questo fatto della fauna pelagica dei laghi nostri non trovo punto un argomento, che mi scuota dalla mia riluttanza ad accettare la teoria del mare quaternario padano.

Se vi sia alcunchè di vero nel presente scritto le giudicheranno i colleghi geologi. Questo io spero che non lo trovino del tutto indegno di figurare nel presente volume come attestato della memoria affettuosa e riverente, che io serberò per tutta la vita dell'illustre scienziato, dell'esemplare cittadino, rapito anzi tempo alla patria nostra.



- Serie dei Terreni**
- Alluvione recente
 - Alluvione postglaciale terrazzata
 - Tufo calcareo
 - Depositi lacustro-glaciali
 - Morene
 - Massi erratici
 - Conglomerati e breccie
 - Creta superiore e media
 - Neocomiano e Giura
 - Lias superiore
 - Lias medio ed inferiore
 - Infralias superiore
 - Infralias inferiore
 - Lariano
 - Raiblicano
 - Carnico, norico e Muschelkalk
 - Trias inferiore
 - Porfidi quarzosi rossi
 - Agglomerati porfirici e tufi
 - Resinite
 - Porfidi bruni
 - Conglomerato carbonifero
 - Scisti sericitici o micacci con granula-staurolite, formalina e frequenti vene di quarzo.
 - Micascisti passanti a Gneiss
 - Gneiss, spesso anfibolici, con interstrati di micascisto.
 - Porfido anfibolico
 - Località fossilifere

