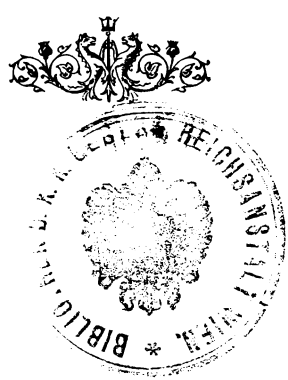
C. DE STEFANI

LA VALLE DEVERO

NELLE ALPI PENNINE

ED

IL PROFILO DEL SEMPIONE



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA PACE DI F. CUGGIANI

Via della Pace Num. 35.

1906

Estratto dal *Bollettino della Società Geologica Italiana*
Vol. XXV (1906), Fasc. II.

LA VALLE DEVERO NELLE ALPI PENNINE ED IL PROFILO DEL SEMPIONE

Nota del socio CARLO DE STEFANI

L'interpretazione che dette il Gerlach della stratigrafia della Val Devero è stata ritenuta la chiave per ispiegare la serie stratigrafica incontrata nella galleria del Sempione, a proposito della quale la sorpresa dei geologi nel riscontrare varî fatti che non avevano preveduto fu anche maggiore di quella manifestata dal pubblico nel notare che certe previsioni non si erano avverate.

Veramente ci vuol ardire a interloquire in questioni tanto controverse, là dove scienziati valentissimi hanno speso la vita concludendo poi in modi talora dubbi e incerti; pure l'osservazione dei luoghi mi indusse a delle incertezze su alcune delle interpretazioni stratigrafiche proposte dal Gerlach; a me parve più sostenibile qualche opinione diversa, che qui espongo, affinchè sia oggetto di sindacato da parte di chi esamini la serie passo passo e con la bussola alla mano.

Il profilo del Gerlach [1], piuttosto che uno spaccato solo, presenta la sovrapposizione di spaccati diversi, presi parte a destra, parte a sinistra della Val Devero.

Quantunque nella disposizione tettonica stabilita dal Traverso [2], altri non convengano, pure le distinzioni litologiche del predetto autore sono le più accurate, ed io mi riporterò alle medesime, come in parte, per lo meno pei terreni più antichi, credo preferibile ad ogni altra la successione stratigrafica accettata da lui.

Riprendendo dunque l'esame del profilo di Gerlach e della Val Devero della quale riproduco io pure un profilo al 50 mila secondo la carta dell'Istituto geografico italiano, darò la suc-

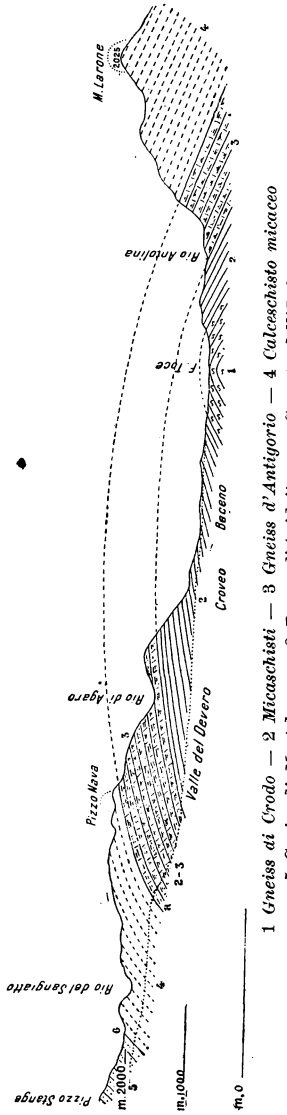
[1] Gerlach H., *Die penninischen Alpen*, Zürich, 1869. Profilo I.
[2] Traverso S., *Geologia dell'Ossola*, Genova, 1895.

cessione degli strati quale si incontra lungo la vallata, dal basso all'alto, senza preoccuparmi pel momento della loro costruzione tettonica, e comincerò:

I. Dal *Crodo Gneiss* di Gerlach o *Gneiss di Verampio* del Traverso, che io ritengo, col Traverso, essere la roccia più antica dell'Ossola. È massiccio, chiaro, a grana minuta, a due miche, in banchi distinti; affiora per meno di 4 kilometri, lungo il Toce, attorno alla foce del Devero e forma un anticlinale regolare assai ben visibile, ammesso da tutti.

II. Al di sopra è un micaschisto scuro, che Traverso chiama *Gneiss fogliettato,* granatifero, sovente ricco di cipollini e di sottili strati di calcare marmoreo. Esso circonda quasi completamente il *Gneiss* di Crodo e trovasi ad ambedue i lati del Toce, non che nella parte inferiore di Val Devero; anzi, secondo Gerlach e Traverso, addirittura fino a Goglio in tutto il fondo della valle. Apparisce poi in una cupola indipendente a Varzo, in Val di Vedro negli approcci del Sempione.

III. Succede l'*Antigorio Gneiss* del Gerlach o *Gneiss* granitoide di Traverso, a grossi elementi, assai potente in tutta l'alta Val di Toce, che forma ambedue le pendici dirupate della Val Devero, fino circa in rispondenza a Goglio. Risponde almeno nell'aspetto al *Gneiss* centrale di parecchi luoghi delle Alpi occidentali, ed al *Gneiss* del Capo Vaticano in Calabria. All'esaminare indicazioni sommarie



od al guardare una carta geologica può credersi che questa formazione sia tutta uniforme; anzi il Gerlach lo afferma espressamente; però vi alternano, in certi tratti assai replicatamente, ammassi biotitici, micaschisti, quarziti, calceschisti e cipollini granatiferi o no.

IV. Da Cugnesco in su trovasi il Calceschisto micaceo (*Calceschisto gneissico* o *Calceschisto di Devero*, Traverso), distinguibile, almeno nella sua massa generale dal Micaschisto (II), per la sua abbondanza di carbonato calcareo, pel suo aspetto granuloso-schistoso, quasi d'arenaria, friabile, con abbondante ossido di ferro, perciò spesso di colore rossastro scuro, ora più calcareo, ora più micaceo. Vi sono però anche dei veri Micaschisti e degli Idremicaschisti quarzosi, e nelle parti più alte vidi scarsi Cloritoschisti e Anfiboliti. Gerlach e Traverso distinguono ambedue questa roccia; ma il primo ne fa una continuazione dei Micaschisti (II), mentre il Traverso ne fa una zona indipendente sovrastante al *Gneiss* d'Antigorio, non che, per conseguenza ai Micaschisti predetti, secondo lui, più antichi. Traverso osserva che questa roccia trovasi pure sovra il *Gneiss* d'Antigorio e forma per gran tratto una lunga zona sulla sponda sinistra del Toce, a chiudere, secondo il suo modo di vedere, l'ellissoide di Antigorio; mentre il Gerlach non distingue litologicamente questa zona, a differenza di quanto fa altrove, dai Micaschisti (II). Altri unirono questo Calceschisto con rocce d'altri luoghi nei così detti *Casanna Schiefer*.

V. Al Campello e a Codelago sovrastano a detta roccia banchi lentiformi di calcare e di anidrite, limitati per ampiezza ed alti al più qualche diecina di metri, cristallini, farinosi, perchè i cristalletti che li costituiscono facilmente si sgretolano, grigio cupi, ma talora anche regolarmente bianchi e più compatti. Può darsi che rispondano al Trias. I detti lembi di Anidrite nell'Alpe Devero segnano in tutto l'andamento degli altri strati della regione che li includono.

Forse alcuni calceschisti molto calcarei e molto distintamente e sottilmente stratificati che per brevissima altezza vidi sopra l'Anidrite a Codelago, dove la base dei calcari è poi coperta da frane, potrebbero appartenere ad altra serie sedimentare, paleozoica o secondaria.

IV bis. Sopra l'Anidrite, sempre concordante, succede il *Gneiss* schistoso (Traverso), minuto e tabulare, chiaro, a due miche, ed è il *Gneiss* di Monteleone di alcuni autori e dello Stella (1).

Salendo ancora fino alle creste del Cervandone e della Rossa s'incontra una zona di serpentine e di rocce verdi, anfibolico-pirosseniche, più estese che non porti alcuna delle carte odierne.

Gli *Gneiss* di Crodo (I), d'Antigorio (III) e di Monteleone (IV bis), sono macroscopicamente ben distinguibili l'uno dall'altro. Traverso li crede stratigraficamente e cronologicamente diversi e successivi nell'ordine nel quale li ho nominati. Gerlach ritiene più antico il *Gneiss* d'Antigorio (III) e sembra ritenere contemporanei gli altri due (I e IV bis). Schardt, Lugeon ed altri, sembrano meno alieni dal ritenerli contemporanei tutti e tre.

Lo stesso può dirsi dei Micaschisti (II) e dei Calceschisti micacei (IV), ritenuti da alcuni dissincroni, da altri contemporanei ed equivalenti, sebbene litologicamente separabili.

Dopo avere preannunciato queste discrepanze, esaminiamo la stratigrafia, premettendo ancora che gli strati sono ben distinti e si possono seguire per lunghissimi tratti, almeno con gli occhi, se non coi piedi.

Lungo la destra del Devero, fra questa valle e la Cairasca, il Gerlach riconobbe che isolati banchi orizzontali di *Gneiss* (IV bis) coprono le cime del Pizzo de' Diei, del M. Cistella e del Corno Cistella. Sono testimoni di una massa di *Gneiss* proveniente da N-O, dall'adiacente spartiacque alpino e rotta poi dalla formazione della Valle Bondolero e degli affluenti alla Cairasca. Infatti, scendendo quelle cime, ad esempio, a Levante verso il Toce sotto il *Gneiss* rovesciato, s'incontrano successivamente, e secondo me, regolarmente, il Calceschisto (IV), il *Gneiss* d'Antigorio (III), il Micaschisto (II), il *Gneiss* di Crodo (I). Tali circostanze rivelate dal Gerlach non sono state messe in dubbio poi da alcuno.

Passiamo ad esaminare la sinistra della stessa Val Devero. Il Gerlach ritenne, come dissi, essere il *Gneiss* d'Antigorio (III) la roccia più antica della regione. Secondo lui nelle pendici

(1) Stella A., *Il problema geo-tettonico dell'Ossola e del Sempione.* (Boll. Com. geol., Roma, 1905).

formate da tal roccia lungo la sinistra del Toce, rimpetto alla Val Devero, ha radice una lunga piega, la quale diretta a N-O si rovescia e si sdraia per la lunghezza di più che 8 kilometri, coprendo a guisa di anticlinale i Micascisti (II) e il *Gneiss* di Crodo (I), e formando le masse ad ambedue i lati della Val Devero, fino a che in rispondenza a Goglio termina con una curva o cupola ampia e regolare, ma naturalmente sdraiata.

Quanto alle rocce che dovrebbero fare da involucro a questa piega avente per nucleo il *Gneiss* d'Antigorio, egli ritiene che i Micaschisti (II) sieno sovrapposti, e li distingue sulla cresta fra la sinistra del Toce e la valle dell'Isorno, dove sono realmente sovrastanti, ma secondo Traverso invece appartengono alla serie dei Calceschisti di Devero (IV). I micaschisti (II) granatiferi di Val Devero, che a Premia e a Baceno cominciano ad apparire sotto al *Gneiss* d'Antigorio (III) e sopra al *Gneiss* di Crodo, con pendenze talora abbastanza forti verso N-O, come all'Orrido di Baceno egli (pag. 83) li segue passo passo lungo tutta la Val Devero, della quale, egli dice, seguono costantemente il fondo. A Croveo, a 2 kilometri e circa a 170 m. sopra l'Orrido di Baceno li trova leggermente pendenti a N; ed orizzontali li trova poi fino al Passo un poco più che 2 kilometri e circa 110 m. più in alto, comparendo essi sempre sotto al *Gneiss* d'Antigorio che forma le dirupate pendici ad ambedue i lati ed anche le sommità sulla sinistra della valle. Al Passo, dice il Gerlach, le frane nascondono il suolo per alcune centinaia di passi, dopo dei quali i Micaschisti ricompaiono nel fondo, ma si rialzano e pendono all'incontrario di prima, cioè a S-E fin presso Goglio per circa m. 1500 di lunghezza e poco più di m. 125 di altezza.

Il Gerlach ritiene che i Micaschisti (II) esaminati si riattacchino direttamente in continuazione coi Calceschisti (IV) che dicemmo sovrastare al *Gneiss* d'Antigorio e che principiano poco sopra Goglio; però gli abbondanti rigetti morenici a Goglio gli fanno perdere le tracce dei Micaschisti (II), che egli non vede come si riattacchino in quel punto coi Calceschisti (IV); egli lo induce dalla inclinazione a S accennante ad andare sotto al *Gneiss* di Antigorio, osservata in due lembi calcarei che appaiono non lungi a Ponente di Goglio nella Valle Bondolero.

Quanto al *Gneiss* di Crodo (I) che appare in breve tratto sul Toce, inferiormente ai Micaschisti (II), sotto forma di vero e proprio anticlinale, il Gerlach lo sincronizza al *Gneiss* di Monteleone (IV bis), invece che al *Gneiss* di Antigorio (III), e ritiene pur esso formare involucro a questo.

Per quelli che riuniscono tutti gli *Gneiss* di Crodo, d'Antigorio, di Monteleone in una medesima età, si avrebbe dunque nei *Gneiss* della Val Devero una sovrapposizione di due pieghe rovesciate a guisa di *S*, il cui ramo inferiore sarebbe costituito dal rovesciamento del *Gneiss* d'Antigorio verso N-O, ed il ramo superiore lo sarebbe dal rovesciamento del *Gneiss* di Monteleone, specialmente nel M. Cistella, verso S-E.

Dal rovesciamento del *Gneiss* d'Antigorio supposto dal Gerlach, il Lugeon e lo Schardt hanno preso le mosse per ispiegare i fatti incontrati nella galleria del Sempione e per indurre l'esistenza di assai più potenti rovesciamenti avvenuti nella stessa direzione, per modo, che secondo il loro modo di vedere le Alpi non sarebbero *autigene*, cioè formate con rocce del posto, ma *allotigene*, cioè originate e provenienti quasi dalla pianura dove oggi non si vede più niente.

Prima di procedere oltre ricorderò di nuovo che sulla cresta fra il Toce e l'Isorno, sopra il *Gneiss* d'Antigorio, non trovansi i Micaschisti (II) supposti dal Gerlach, bensì, secondo il Traverso, i Calceschisti (IV). Inoltre non lungo tutta la pendice sinistra del Toce ove sarebbe la radice della piega coricata, nè in alcuna delle numerose vallette, talora abbastanza profonde, normali al Toce, fu notata traccia di curve anticlinali, per quanto compresse, quali sogliono trovarsi nel nucleo di qualsiasi piega convessa; nè viene segnalata una struttura simmetrica e una disposizione zonare ripetuta nella gran piega del *Gneiss* coricata lungo la sinistra di Val Devero, ovvero nel grande supposto sinclinale sottostante dei Micaschisti.

Il Traverso dà dei fatti una spiegazione diversa da quella del Gerlach. Secondo lui, come dicevo, la successione degli strati dal I al IV è quale io medesimo l'ho esposta, sulle sue tracce. Per la distribuzione topografica delle rocce in Val Devero e nelle sue adiacenze egli accetta la carta del Gerlach; egli pure ammette perciò il prolungamento dei Micaschisti (II) tutto lungo

la Val Devero, nel fondo della valle, sopra il *Gneiss* di Crodo (I) e sotto il *Gneiss* d'Antigorio (III) fino a Goglio. Se non che là dove i rigetti morenici di Goglio, secondo Gerlach, interrompono e nascondono la da lui supposta continuità dei Micaschisti coi Calceschisti di Devero, egli, Traverso, pone una faglia con forte dislivello di strati (1), per la quale il Calceschisto (IV) viene contro il Micaschisto (II) o *Gneiss* fogliettato, come egli lo chiama, fino alla parte più bassa del bacino, trovandosi quindi a un livello inferiore del *Gneiss* granitoide o d'Antigorio (III), che forma le pareti laterali. Egli però non analizza questo fenomeno della faglia, che quando esiste in sufficientemente ragguardevoli proporzioni è sempre uno dei più importanti della stratigrafia.

Riprendiamo ora l'esame dei luoghi secondo le osservazioni nostre, per quanto imperfette e tali che non possono competere con quelle di un sì accurato osservatore quale era il Gerlach, e che qui espongo al solo scopo di richiamare su questi luoghi l'osservazione di ancor più minuziosi osservatori.

Sopra la cupola gneissica di Crodo (I), a Cravegna e Bovera i Micaschisti granatiferi (II) che hanno potenza di circa 300 m. pendono notevolmente più di 30° ad O, come porta la loro situazione nel lato occidentale dell'ellissoide. All'Orrido di Baceno ed al Ponte sovrastante gli stessi Micaschisti, talora un po' contorti, pendono ancora di 30° a N-O e N. Da Baceno a Croveo il suolo è coperto dai rigetti morenici di fondo d'uno dei periodi del ghiacciaio di Val Devero, quando era ancora unito e comprendente tutti i ghiacciai de' suoi affluenti. Però in fondo alla valle fin quasi all'Osso e al Ponte, appaiono ancora i Micaschisti tuttora leggermente pendenti a N-O. Di poi delle frane altissime, costituite da immensi massi caduti dalle pareti gneissiche laterali ingombrano la valle. Esse sono evidentemente posteriori al solco che il Devero si fece al disotto della piattaforma glaciale che è assai più alta e che il fiume ha corroso perciò dopo l'epoca glaciale. Il fiume si deve aprire la strada tra quelle frane che rendono difficilissima, per non dire impossibile, l'osservazione del sottosuolo in questo. Però restano

(1) Traverso, tav. VIII, fig. 1, pag. 200.

visibili gli strati tutto lungo la parete sinistra e questi sono anche accessibili lungo il ripido viottolo che sale ad Ausone ed Agaro. In questa regione appunto il *Gneiss* d'Antigorio, in lenti, è frequentemente alternante con Micaschisti e talora con Calceschisti o Cipollini altamente marmorei, la cui presenza potrebbe trarre in inganno chi non ne fosse prevenuto. Si aggiunga che secondo Schardt, Stella ed altri il *Gneiss* granitico forma lenti e zone che sfumano in mezzo ad altre rocce (1), e che d'altra parte ogni roccia alta e compatta, in mezzo a regioni compresse e perturbate, e fra strati forniti di maggiore plasticità, deve trovarsi qua e là necessariamente spostata ed isolata. Ad ogni modo nell'anzidetta regione gli strati seguitano quasi orizzontali o leggermente inclinati a N-O e talora alquanto scontorti. Forse da una di queste contorsioni locali il Gerlach dedusse la pendenza a S-E che egli osservò tra il Passo e Goglio. Però salendo di fianco alla cascata e rapida dell'Inferno a traverso la quale il Devero, scendendo dall'Alpe omonima, si precipita per circa 400 m. fino a Goglio, e non curando gli altissimi rigetti morenici precipuamente derivanti dalla Valle Bondolero che ingombrano e nascondono il suolo di Goglio, osservando le pareti principalmente nude sulla sinistra della valle, si vedono gli strati del *Gneiss* e micaschisto d'Antigorio (III) talora scontorti e verticali continuare senza faglie da un estremo all'altro della valle e scendere regolarmente sotto i Calceschisti di Devero (IV). Sopra Cugnesco infatti gli strati pendono di 15° a N. 5° O. La cupola si chiude dunque regolarmente e gli strati multiformi del *Gneiss* tra il Passo e Cugnesco scendono rapidamente ma regolarmente, e con varie contorsioni sotto il livello del Devero.

All'Alpe Devero i Calceschisti, seguendo il rovesciamento dell'altimetricamente sovrastante *Gneiss* di Monteleone (IV bis), tornano quasi orizzontali, con inclinazione di 10° a N, pendenza che però acquistano maggiore di 40° a 50° verso N-O, a Levante ed a Ponente. Per tali ragioni, non condividendo circa i dintorni di Goglio l'opinione del Gerlach, nè quella del Traverso,

(1) Stella A., *Sulla geologia della regione Ossolana contigua al Sempione* (Boll. Soc. geol. it., 1904).

ritengo che il *Gneiss* di Crodo sia la roccia più antica di Val d'Ossola; che i Micaschisti (II) formino al di sopra un anticlinale ad amplissima volta, in Val Devero ed a Varzo sulla Diveria sulla strada del Sempione; che in realtà non formino una striscia continua in fondo a Val Devero da Baceno a Goglio; che il così detto *Gneiss* d'Antigorio formi una cupola chiusa al di sopra, senza essere affatto la roccia più antica della regione e senza formare una piega rovesciata sopra i Micaschisti; che finalmente i Calceschisti di Devero non rispondano affatto ai Micaschisti di Baceno, ma ne sieno assai più recenti.

Sembra che la stessa piega anticlinale formata dal *Gneiss* di Crodo, dal Micascisto granatifero e dal *Gneiss* d'Antigorio, con asse da N-E a S-O seguiti direttamente da Val Devero almeno fino alla Cairasca e alla Diveria verso Sud e forse, abbassandosi, fino in Val Formazza verso Nord; ed è notevole che in Val Devero gli strati, quasi orizzontali in rispondenza al vertice della cupola, vadano facendosi assai inclinati internamente nel lato N-O di fronte ai Calceschisti e di fronte alle pressioni cagionate dalle ripetute pieghe della regione centrale e più elevata delle Alpi Pennine. Questo raddrizzamento interno si riscontra pure forse nell'interno della galleria del Sempione, ed in tal caso è la causa per la quale, come in Val Devero, il *Gneiss* d'Antigorio del lato Sud terminò qualche chilometro prima che i geologi non avessero previsto, e qualche chilometro prima fu incontrato il *Gneiss* di Monteleone, che Schardt interpreta come una bassa cupola rappresentante il fondo normale non dislocato dell'intero bacino (1).

Circa all'età di questi terreni cristallini mi sembra predomini presso molti geologi l'idea che le rocce più antiche debbano essere sempre *Gneiss* o graniti; che perciò i Micaschisti,

(1) Schardt H., *Note sur le profil géologique et la tectonique du massif du Simplon* (Eclog. geol. Helv., 1904). Forse anche gli schisti fra i chilom. 4,940 e 5,326 dall'imbocco S-E del Sempione sono un rialzo della cupola dei micaschisti sottostanti al *Gneiss* d'Antigorio ed al *Gneiss* che equivarrebbe ancor quello d'Antigorio, fra m. 5,326 e 6,832 Il concetto di Schardt d'un fondo normale non dislocato a sì breve distanza dalla superficie non risponde ai concetti che oggi abbiamo sulla costituzione di montagne così perturbate.

i Calceschisti e simili debbano essere più recenti. È questa però un'idea prioristica che non combina con tanti fatti i quali si osservano nelle Alpi orientali e Marittime, in Calabria, in Sardegna, in Corsica ed in tanti altri luoghi, dove in mezzo a terreni gneissici o granitici non dubbiamente arcaici si vedono Micaschisti ed altre rocce schistose più antiche di altri veri e proprî *Gneiss*.

Il criterio che deve condurre a determinare le rocce delle Alpi Pennine non può essere un criterio litologico prioristico. Nel ritenere i Micaschisti di Val Devero e di Varzo sottostanti al *Gneiss* d'Antigorio non vi è contrasto, ripeto, con quanto si verifica in altri luoghi. Non occorre soggiungere altro per concludere che io non li ritengo appartenenti al Secondario, come molti, e forse i più, oggi fanno.

I Calceschisti pure, e con maggiore apparenza di verità, perchè superiori al *Gneiss*, sono dai più posti nel Secondario, perchè in alcuni schisti alquanto metamorfici della Valle del Rodano si trovarono delle *Belemnites;* anzi alcuni mettono nel Secondario anche i Cipollini ed i Calceschisti che s'incontrano perfino in piccoli straterelli in mezzo agli *Gneiss* ed ai Micaschisti più antichi, e suppongono che lunghe e strettissime pieghe abbiano fatto penetrare quei Cipollini in mezzo alle rocce più antiche. Niun dubbio che in mezzo a montagne tanto turbate simili fitte pieghe possano ritenersi cosa normale; ma la supposizione di una piega ravvolgente non si può applicare alla massima parte dei Cipollini e Calceschisti antichi, i quali sono troppo sottilmente e troppo intimamente collegati con la roccia di cui fanno parte.

Quanto ai Calceschisti di Devero ed altri simili sovrastanti o ad ogni modo più recenti degli *Gneiss*, non si può mettere in dubbio che pur le rocce recenti sono soggette a metamorfismi e cominciano ad acquistare caratteri cristallini; sebbene d'altra parte l'intensità di questi metamorfismi il più spesso sia in funzione dell'età. Bensì, per aver trovato delle *Belemnites* in Svizzera alla Nufenen e a Brieg in argilloschisti e micaschisti calcitici, l'attribuire senz'altro al Secondario tanto alta serie di rocce abbastanza diverse è cosa ben esagerata. Le zone del Secondario sono per lo più ristrette, anzi talora ristrettissime, limitate e

variate, mentre gli schisti cristallini delle Alpi Pennine sono altissimi ed amplissimi quantunque serrati da forti compressioni. Inoltre, per grande parte, quegli schisti cristallini supposti secondari, come appunto anche i Calceschisti di Devero, non formano una zona in mezzo ai calcari triassici, bensì delle zone laterali adiacenti, onde dovrebbe apparire che sono più antichi del Trias. Nel progetto di attribuire quei terreni al Secondario, senza prove e per semplici affinità litologiche, io vedo l'applicazione di quel bisogno che si manifesta in ogni regione geologica, di classificare cioè con qualsiasi nome di battaglia quei terreni dei quali il geologo dovrebbe convenire d'ignorare l'età.

Piuttosto si potrebbero paragonare i Calceschisti di Devero e simili ai Calceschisti cerulei ed agli Schisti meno cristallini che nelle Alpi Marittime e nell'Appennino Savonese coprono Dioriti, Micaschisti ed altre rocce cristalline e sottostanno al Trias ed al Carbonifero; onde tutt'al più, se non sono Arcaici, si potrebbero attribuire al Paleozoico inferiore.

Quanto al *Gneiss* scistoso (IV bis) di Traverso o *Gneiss* di Monteleone e ad altri *Gneiss* delle Alpi Pennine credo possibile che appartengano ad un medesimo piano, e che sieno la ripetizione sotto forme litologiche alquanto diverse del *Gneiss* d'Antigorio.

Nella Val Devero i Calcari del Campello, di Codelago e di altri punti stanno sopra i Calceschisti antichi (IV), ma forse sono presi in mezzo per una strettissima piega rovesciata a S-E, fra quelli ed il *Gneiss* schistoso, almeno a quanto si può vedere. In regioni soggette a forti compressioni e ripiegamenti, più che vere faglie verticali o quasi, sono normali gli spostamenti secondo piani inclinati e gli scivolamenti degli strati; è cosa normale che intere serie di strati vengano talora a mancare e non fa meraviglia che la serie dei Calceschisti esistente sotto il Trias non si ripeta negli strati rovesciati subito al di sopra. In montagne massicce ed elevate come le Alpi Pennine è pure cosa normale o per lo meno frequentissima che gli strati e le loro relative pieghe sieno rovesciati verso i lati esterni e più bassi dello spartiacque, costituendo la caratteristica struttura a ventaglio. Forse, pur senza ricorrere a provenienze allotigene, il numero delle pieghe che prendono parte ad una montagna massiccia, cristallina, e costituita da rocce non fossilifere ab-

bastanza uniformi, non saranno mai completamente sceverate. Non mi sorprenderebbe che alla formazione dello spartiacque delle Alpi Pennine o delle masse adiacenti, prendessero parte anche strati eocenici; ma per affermare la presenza di questi o di altri strati della serie sedimentare occorrono delle prove o per lo meno degl'indizi potentissimi, e non bastano le semplici induzioni individuali o collettive.

Applicando le cose dette ai profili del Sempione, fra i tanti che sono stati presentati io credo tuttora più vicino alla realtà quello redatto da Heim, Lory, Taramelli e Renevier nel 1882 (1), salvo l'attribuire la ripetizione di parecchie zone di strati all'esistenza di pieghe da essi ritenute molto probabili o prudentemente non indicate. Non mi sembra che le sezioni incontrate nella grande galleria sieno inconciliabili col modo di vedere dei detti autori. Certo la struttura del Sempione non potrà essere ben determinata se non con ulteriori studi fatti all'esterno. I fori sono buoni al geologo, nel caso di terreni di pianura, ovvero di terreni coperti da un anticlinale chiuso; una galleria a traverso un monte può servire di sindacato alle opinioni manifestate dai geologi sulla costituzione esterna del monte; ma il pretendere che la struttura di una montagna sia rivelata da un foro sotterra, orizzontale, verticale o inclinato è un'idea piuttosto da ingegneri che da geologi. Uno o più geologi che non arrivino a determinar bene la compagine d'una giogaia, la quale manifesta gli strati scoperti per centinaia di migliaia di metri quadrati di superficie e per migliaia di metri d'altezza, non arriveranno mai a concluder niente dall'esame d'un foro per quanto lungo e largo.

L'imperfezione nei profili preventivi del Sempione, come nei lavori di qualsiasi geologo può derivare dal non aver seguito e indicato passo passo le variazioni dei singoli strati. Il geologo presenta le rocce e gli strati nelle carte e nei relativi profili come unità all'ingrosso, e direi convenzionali, che però al minuto non esistono; anche perchè le azioni atmosferiche e meteoriche esteriori danno alle superfici delle uniformità apparenti

(1) *Étude géologique sur le projet de tunnel coudé traversant le massif du Simplon.* (Bull. Soc. vaud. d. sc. nat., 1883).

che sostanzialmente non esistono. Se si esaminassero decimetro per decimetro 100 metri in altezza di Micascisti, o di *Gneiss* d'Antigorio o d'altra roccia, si troverebbero tali differenze fisiche, strutturali, tecniche, idrologiche, litologiche, mineralogiche, chimiche, quali a bel principio non si sospettano e che poi possono trovare la loro esplicazione e le loro manifestazioni spesso importanti in lavori che si facessero a profondità e sui quali l'osservazione venisse necessariamente e minutamente portata centimetro per centimetro. Questa è la vera cagione di apparenti discrepanze con determinazioni superficiali, quali i tecnici e le Società qualsiasi esigono sien fatte, anche per lavori importanti, dopo poche settimane al più, di studi sul terreno.

Tali sono le osservazioni che ho creduto fare sui profili del Sempione e sugli spaccati di Val Devero del Traverso e del Gerlach, con molta esitazione però, lo ripeto ancora, specialmente per quanto riguarda le critiche al Gerlach, che fu sì accurato indagatore. Non ho dimenticato quanto scriveva il Taramelli, che spesso l'intera vita di un geologo non è sufficiente a chiarire la struttura di una intera vallata, ed io ho inteso solo richiamare l'attenzione di chi passo passo torni a sceverare analiticamente la struttura di Val Devero. Nè voglio terminare senza ripetere che l'uso della bussola in casi consimili è altrettanto necessario al geologo, specie se principiante, quanto all'ingegnere di miniere. I geologi spiccioli sogliono farne senza per tutta la loro vita; ma riempiono ben anco la bibliografia geologica di una zavorra di lavori inutili.

Prima di terminare mi sia concesso dire una parola anche dei depositi alluvionali e glaciali della stessa Val Devero.

La Valle longitudinale del Rodano, che in sostanza è una grande valle di sinclinale, è la linea geologica direttrice di tutti gli strati delle Alpi Pennine fino al Lago Maggiore. La Valle del Toce è una valle trasversale o di chiusa, specialmente nella sua metà inferiore. Durante l'epoca glaciale queste valli con tutti i loro affluenti furono occupate dai ghiacciai. Mi pare impossibile non ammettere che i ghiacciai percorressero valli già aperte nell'epoca pliocenica. Le valli del Bondolero, della Buscagna, dell'Arbola, fluenti al Devero, occupate da potenti ghiacciai, percorrono il confine tra i Calceschisti e gli *Gneiss*. Questa

scelta della linea di confine fra due rocce litologicamente e fisicamente diverse per durezza e tenacità, quindi per corrodibilità, non è propria del fondo di ghiacciai; bensì lo è delle acque correnti. Convien dire che quelle valli, e così sarà a dire delle altre, fossero aperte dalle acque fluenti, almeno nel Pliocene, come a queste acque fluenti, quasi certamente si devono l'isolamento del *Gneiss* del Cistella e di altri testimoni consimili che semplici ghiacciai, per quanto alti, non avrebbero isolato. Siccome poi il Pliocene marino trovasi per ragguardevole altezza all'esterno delle valli Alpine, così a differenza di altri, io credo che le Alpi durante il Pliocene ed al cominciamento dell'epoca glaciale fossero più basse di oggi; anche la minor profondità delle vallate e la plastica più superficiale e più pianeggiante d'oggi, quale fu nell'epoca glaciale, attestano secondo me una minore antichità e minori altezze nella giogaia, precedentemente al formarsi dei ghiacciai; nè si potrebbe escludere che già durante il Pliocene, sulle più alte cime, fossero delle piccole vedrette almeno come oggi. Trattandosi di formazioni continentali, perciò anche facilmente distruggibili, così interne e così lontane dal mare e da depositi pliocenici noti, sarà forse impossibile mai constatare la loro esistenza e la loro contemporaneità al Pliocene marino; nè gl'indizi portati fino ad oggi furono valevoli ad attestarla.

Durante l'epoca glaciale tutta la Val di Toce fu occupata da un altissimo ghiacciaio, che lasciò le sue tracce all'uscita nel piano. Durante e dopo il ritiro di questo la massima parte delle grandi valli laterali fu occupata ancora da ghiacciai che lasciarono le loro morene terminali alla confluenza col Toce od ivi presso.

Residui di uno dei periodi del ghiacciaio del Devero si trovano alla foce di esso da Baceno in giù e a Crodo, Mozzio e Viceno, dove abbondano pure massi di rocce verdi provenienti dalla cresta fra la Rossa e il Cervandone. In quei tempi il ghiacciaio del Devero raccoglieva i rami minori del Rio d'Arbola, della Buscagna, del Bondolero, di Agaro, del Cistella: appena la cresta più alta che serve di spartiacque fra il Devero e il Toce doveva emergere in parte, e forse perchè il ramo maggiore era quello dell'Arbola, proveniente da N-E, il gran ghiacciaio riunito, deviando verso S-E quasi ad angolo retto, come fanno le acque dei fiumi secondo la spinta che hanno, cor-

rodeva maggiormente la sponda a S-O, cioè la sinistra, lasciando le sue morene di fondo sull'altipiano di Esigo fin sopra Baceno e Cravegna, e sboccando, come si diceva, a Viceno, Mozzio, Crodo, più a Sud della foce del Devero attuale.

Ritiratosi il ghiacciaio del Devero, o forse anche in parte prima che questo avanzasse fino al Toce, esistettero quelli laterali, minori, de' suoi affluenti. A Goglio trovansi i depositi d'uno dei periodi del ghiacciaio di Val Bondolero alla cui azione in gran parte posteriore al ritiro del ghiacciaio dell'Alpe Devero, devonsi probabilmente il dislivello e la superficie plasmata che il Devero scende alle cascate dell'Inferno.

All'Alpe Devero si riunivano ancora i ghiacciai della Buscagna, e della Rossa il cui zappamento produsse la cavità che poi fu riempita dal lago, ora semplice acquitrino, dell'Alpe Devero, come il ghiacciaio dell'Arbola unito a quello di Val Deserta abbandonò le sue morene, e dette origine a un deposito lacustre interglaciale a Ovest e a Sud di Crampiolo.

In un ulteriore ultimo periodo di ritiro, forse recentissimo, trovansi morene intatte all'uscita delle più piccole valli, come sarebbero quella della Rossa, che al Campello racchiude l'attuale laghetto morenico di Devero, quella di Val Deserta scesa nel Lago, ora piano di Codelago e simili.

La morena frontale del Devero all'incontro col Toce e queste ultime morene minori sono le meglio conservate.

In Val Devero oggi non rimangono che una piccola vedretta a Sud dell'Arbola (3236 m.), mentre a Nord sono estesi ghiacciai tanto nel versante italiano in Val Formazza, quanto in quello svizzero; il piccolo ghiacciaio della Rossa a N-E del Cervandone (3211 m.) ed una piccola vedretta a Sud. In periodi storici di maggiore espandimento de' ghiacciai, delle vedrette dovettero esistere in luoghi dove più non le vediamo, ma dove lasciarono tracce in morene recentissime, le quali collegano i periodi passati dell'epoca glaciale col periodo attuale, che in fin dei conti ne è la continuazione ed il rimasuglio, e questo collegamento fa apparire a noi meno distante quell'epoca.

Il ghiacciaio di Val Devero quando copriva tutta la valle e nei periodi successivi ha plasmato la superficie; tutti i tratti pianeggianti sul pendio delle valli o quelli più estesi nel fondo

delle medesime sono coperti da materiali morenici e sono stati plasmati dal ghiaccio insieme con le pareti verticali o quasi delle vallate più ampie, come il Toce. Piccola parte dei numerosi laghetti alpini è dovuta ad inclusione per opera d'un vero e proprio recinto morenico; la massima parte come i laghi ora riempiti di Crampiolo e dell'Alpe Devero, ed il lago di Codelago sono dovuti allo zappamento da parte del fondo dei ghiacciai. Parecchi di quei laghi ricordano assai in piccolo i paesaggi di Svezia e di Finlandia, dove pure il plasma dei ghiacciai è innegabile. Scomparsi i ghiacciai è subentrata l'opera corroditrice dei fiumi, che hanno ulteriormente approfondato le valli al disotto del livello glaciale, come fece il Devero da Goglio in giù; in qualche punto sono rimaste evidenti tracce di alvei anteriori agli attuali, come sotto Baceno pel Devero, e poco lungi sotto Uriezzo pel Toce. Come già in parte aveva fatto la diversa corrosione di fondo dei ghiacciai, così la diversa intensità di corrosione maggiore assai ne' corsi d'acqua principali che nei minori affluenti, operando sopra rocce così tenaci come queste, produsse dislivelli e cascate, come la cascata piccola, ma alta 350 m. dell'Agaro sul Devero. Il Devero per raggiungere il suo livello di base si è già approfondato sotto il piano glaciale; non così il Toce nella sua parte inferiore, dove anzi ha riempito, perchè quasi certamente il suo grande ghiacciaio avea scavato fino a livelli inferiori a quello di base, precisamente come facevano i ghiacciai Scandinavi.

È singolare il vedere come le valli laterali al Toce abbiano solcato e inciso le pareti glaciali tuttora intatte di quel fiume in proporzione delle loro portate: alcuni torrentelli scarsi di acque ma continui, che pur da centinaia di secoli scendono dagli altipiani o dalle altre più dolci pendici, a differenza dai torrenti più forti, hanno fatto appena piccole intaccature al sommo delle ripide pareti glaciali del Toce, ed anche questa lentezza del fenomeno, questa scarsità di locali variazioni ci ravvicina e ci fa vedere poco lontano da noi quel tempo nel quale i ghiacciai si ritiravano dalle foci alle più lontane sommità.

[ms. pres. il 20 nov. 1905 - ult. bozze 15 agosto 1906].