

Johann Wolfgang Goethe e il suo contributo alla conoscenza della morfogenesi alpina

Cristian Scapozza^{1,2} e Georgia Scapozza²

¹ Istituto scienze della Terra, SUPSI, Campus Trevano, CH-6952 Canobbio

² Geografi/geomorfolozi, A Sassel 16, CH-6702 Claro

cristian.scapozza@supsi.ch

Riassunto: Johann Wolfgang Goethe non è conosciuto solamente per la sua produzione letteraria, ma anche per il suo spiccato interesse per le scienze naturali in generale e per le geoscienze in particolare. Nei suoi quattro viaggi nelle Alpi, tre compiuti nelle Alpi Svizzere e uno attraverso le Alpi orientali italiane, si interessò della formazione delle rocce e delle montagne e, soprattutto, del problema della diffusione dei massi erratici in tutte le regioni peri-alpine. Di scuola Werneriana, Goethe difese per quasi tutta la vita la teoria nettunista della formazione delle rocce, e solo a 81 anni riconobbe che alcune rocce potevano essere di origine vulcanica, come postulato dai cosiddetti plutonisti di scuola Huttoniana. Ma l'apporto più fondamentale di Goethe alle geoscienze è sicuramente stato il suo contributo allo sviluppo della teoria glaciale. In questo contesto, assieme al suo più stretto collaboratore e amico Carl Wilhelm Voigt, costituì uno dei pilastri fondamentali della cosiddetta corrente tedesca della glaciologia di inizio Ottocento. L'apporto di Goethe in questo campo fu sì importante, ma fu anche molto enfatizzato a causa della sua fama. Il contributo di Goethe allo sviluppo della teoria glaciale è quindi stato contestualizzato nelle tappe fondamentali di sviluppo di questa teoria, ciò che ha permesso di evidenziare l'importanza delle correnti svizzere e britanniche allo sviluppo di una delle teorie alla base della moderna geomorfologia del Quaternario.

Parole chiave: glaciazioni, massi erratici, Nettunismo, Plutonismo, Quaternario, storia delle geoscienze

Johann Wolfgang Goethe and its contribution to the known of the alpine morphogenesis

Abstract: Johann Wolfgang Goethe is not only known for his literary production, but also for his important interest to the natural sciences in general, and to the geosciences in particular. In his four trips in the Alps, three made in the Swiss Alps and one through the eastern Italian Alps, Goethe has studied the formation of rocks and mountains and, in particular, the problem of the distribution of erratic boulders in all the peri-alpine regions. Of Wernerian School, Goethe has defended for almost all life long the neptunist theory of the formation of the rocks, and only when it was 81 year old it admitted that some rocks could be of a volcanic genesis, as it was postulated by the plutonists of the Huttonian School. But, the most fundamental contribution of the Goethe's work to the geosciences has certainly been his involvement in the development of the "glacial theory". In this framework, along with his closest collaborator and friend Carl Wilhelm Voigt, Goethe constitutes one of the fundamental pillars of the so-called German current of the glaciology of the first part of the nineteenth century. The Goethe's contribution in this specific field was important, but was also emphasized because of his celebrity. The involvement of Goethe in the development of the "glacial theory" was thus contextualized in the main steps of progress of this theory, which allow highlighting the importance of the Swiss and British currents in the development of one of the most important theories at the base of the modern Quaternary geomorphology.

Keywords: glaciations, erratic boulders, Neptunism, Plutonism, Quaternary, history of geosciences

INTRODUZIONE

Da alcuni decenni, le tematiche legate al paesaggio sono viepiù trattate nell'ambito delle discipline più disparate (per es. Droz & Miéville-Ott, 2005; Vander Gucht & Varone, 2006). La nozione di "paesaggio" sta diventando sempre più complessa e inglobante tanto una dimensione oggettiva costituita da elementi di tipo naturalistico (geologia, geomorfologia, fauna, flora, ecc.), quanto una dimensione soggettiva legata alla percezione e al sistema di valori proprio a ogni individuo (per es. Grandgirard, 1997; Reynard, 2004, 2005a). Questa componente soggettiva del paesaggio implica

un cambiamento della maniera di concepirlo nel corso del tempo; i valori che si possono attribuire a un certo tipo di paesaggio sono cambiati negli ultimi secoli e, di conseguenza, sono ugualmente cambiati la maniera di gestirlo, valorizzarlo e, eventualmente, di proteggerlo (Reynard, 2005b).

Le Alpi costituiscono un esempio eccellente dei cambiamenti dei valori attribuiti ai "paesaggi". Dapprima considerate come un ostacolo e come un ambiente ostile alle attività umane, esse hanno cominciato ad acquisire dell'interesse e del fascino a seguito delle descrizioni realizzate da numerosi sapienti, geografi, scrittori e artisti a partire dal XVIII secolo (Reichler, 2002).

Queste descrizioni testimoniano della volontà di descrivere la grandezza della natura, come è il caso nei testi dei romantici, come pure della volontà di capire e spiegare la complessità dei fenomeni naturali, come è il caso ad esempio dei testi di Horace-Bénédict de Saussure o di Luigi Lavizzari. Tutte queste descrizioni e diari di viaggio hanno quindi contribuito a una migliore conoscenza scientifica delle Alpi e allo sviluppo dei valori che le sono attribuiti attualmente.

In questo contesto, Johann Wolfgang Goethe è conosciuto principalmente come scrittore, in quanto i suoi testi dedicati alle scienze naturali sono poco conosciuti al grande pubblico. Lo scopo di questo contributo è quindi quello di analizzare i testi che Goethe ha scritto sulle Alpi per evidenziare quale è stato il suo contributo alla conoscenza e alla spiegazione della morfogenesi alpina. In particolare, sarà stilato un quadro generale dei principali paradigmi della geologia della fine del XVIII e dell'inizio del XIX secolo al fine di caratterizzare la posizione di Goethe rispetto alle teorie presentate. L'obiettivo principale è quello di inserire nel contesto globale dello sviluppo delle scienze geologiche l'elaborazione della teoria delle glaciazioni. L'accento sarà quindi posto sul quadro cronologico dello sviluppo della teoria glaciale e sull'apporto che Johann Wolfgang Goethe ha avuto nello sviluppo della teoria alla base della moderna geomorfologia del Quaternario alpino.

GOETHE: LA SUA VITA, I SUOI VIAGGI NELLE ALPI E IL SUO INTERESSE PER LE GEOSCIENZE

Nota biografica

Nel corso della sua vita, Johann Wolfgang Goethe si è interessato a numerose discipline scientifiche. In particolare, ha realizzato diversi studi concernenti le scienze naturali in generale e le scienze della Terra in particolare.

Goethe nacque a Francoforte sul Meno il 28 agosto 1749. Nel 1765 intraprese degli studi all'Università di Lipsia e ottenne una licenza in diritto nel 1771. Nel corso di questo periodo, si avvicinò al movimento *Sturm und Drang* (lett. "tempesta e impeto"), che confluì più tardi nel Romanticismo (Lescouret, 1999). *Lo Sturm und Drang* è stato un movimento culturale tedesco sviluppatosi durante il XVIII secolo in opposizione al razionalismo e all'illuminismo, che si prefiggeva di ridare importanza ai sentimenti, alle emozioni e alla passione nella creazione artistica. È con questo spirito romantico che intraprese, nel 1775, il suo primo viaggio in Svizzera in compagnia del conte Stolberg e del barone d'Haugwitz: il diario di questo viaggio è il diario di un'«esperienza sentimentale della natura» (Chiadò Rana, 2003). A questa epoca Goethe non si interessava ancora alla comprensione dei fenomeni naturali, ma solo alle sensazioni e alle emozioni che questi fenomeni suscitavano nell'individuo.

Al suo ritorno in Germania, Goethe si trasferì a Weimar, dove il duca Carlo-Augusto di Saxe-Weimar Eisenach lo nominò precettore. Tra le sue mansioni,

Goethe si occupò di rimettere in funzione una vecchia miniera di rame e argento a Illmenau (Turingia). Il bisogno di acquisire delle conoscenze tecniche per una migliore gestione della miniera fu accompagnato da un sempre più crescente aumento di interesse verso le geoscienze (Semper, 1914; Hölder, 1985; von Engelhardt, 1950, 2000; Gnam, 2001). Questa nuova esperienza suscitò un nuovo rapporto alla natura di Goethe, ben documentato nel 1779 nel suo secondo viaggio in Svizzera, dove i suoi diari presentano una nuova interazione più obiettiva con la realtà (Chiadò Rana, 2003). Nel corso di questo viaggio, Goethe ebbe l'occasione di conoscere Horace-Bénédict de Saussure; fu il grande naturalista ginevrino che gli consigliò di visitare alcuni siti interessanti dal punto di vista geologico nel seguito del suo viaggio (Gnam, 2001) e che l'avrebbe informato sulla sua teoria concernente la genesi delle Alpi (von Engelhardt, 2000). Di ritorno da questo viaggio, Goethe cominciò quindi a praticare delle ricerche applicate nel campo delle geoscienze. Iniziò in particolare a collezionare minerali e incaricò il suo più stretto collaboratore, Carl Wilhelm Voigt, di redigere un rilevamento geologico del ducato di Saxe-Weimar Eisenach. Voigt era stato formato presso la Scuola mineraria di Friburgo in Brisgovia da Abraham Gottlob Werner, fondatore del nettunismo, e la sua influenza sulle idee di Goethe deve essere stata molto importante. Goethe cominciò quindi a interrogarsi della formazione delle rocce e della storia della Terra; le sue idee si consolidarono nel 1785 in una visione prevalentemente di scuola nettunista della formazione della Terra (von Engelhardt, 2000). È con questo spirito che intraprese tra il 1786 e il 1797 il viaggio in Italia e il terzo viaggio in Svizzera, che furono caratterizzati dalla volontà enciclopedica di stabilire un quadro dettagliato delle regioni visitate (Chiadò Rana, 2003). Dopo una parentesi dedicata alle scienze della Vita, Goethe riprese le sue attività dedicate alle scienze della Terra nel 1806 (von Engelhardt, 2000), che proseguirono fino alla sua morte, avvenuta il 22 marzo 1832.

I viaggi nelle Alpi

L'interesse di Goethe verso le scienze naturali e le geoscienze lo portò a redigere numerosi testi su questi soggetti. Gli scritti più interessanti sulle Alpi sono contenuti nei diari dei suoi viaggi in Svizzera e in Italia. Goethe visitò la Svizzera nel corso di tre viaggi, intrapresi nel 1775, 1779 e nel 1797. Il suo soggiorno in Italia avvenne dal 1786 al 1788, tra il secondo e il terzo viaggio in Svizzera. I suoi diari di viaggio in Svizzera sono contenuti nelle opere *Briefe auf einer Reise nach dem Gotthard* (1796), *Poesia e verità* (1831) e *Schweizerreise vom Jahr 1797* (1833; curato da J.P. Eckermann). Non sono quindi stati riuniti in una sola opera come è stato il caso di *Viaggio in Italia* (1829 e 1830).

Viaggio in Svizzera del 1775

Questo viaggio venne descritto da Goethe solamente nelle sue lettere. Il diario venne integrato nella prima parte di *Briefe auf einer Reise nach dem Gotthard* e in *Poesia e verità* solo molti anni più tardi. L'itinerario di questo viaggio comprendeva lo spostamento da Zurigo verso

le Alpi fino al San Gottardo e ritorno (fig. 1). L'analisi del diario di questo viaggio mostra come Goethe, a questa epoca, aveva ancora uno sguardo che si potrebbe qualificare come romantico; le sue descrizioni esprimono un'esperienza sentimentale della natura sotto l'influenza dello Sturm und Drang (Chiadò Rana, 2003). In più, dato che il suo interesse per le geoscienze doveva ancora svilupparsi, il diario di questo viaggio non contiene nessuna informazione interessante a riguardo della morfogenesi alpina.

Viaggio in Svizzera del 1779

Il diario di questo viaggio è contenuto nella seconda parte di *Briefe auf einer Reise nach dem Gotthard*. L'itinerario intrapreso da Goethe era perfettamente conforme ai canoni dell'epoca, e prevedeva uno spostamento da Ginevra al San Gottardo passando dalla valle di Chamonix, dal Vallese e dal Passo della Furka (fig. 1). Goethe iniziò a mostrare un certo interesse verso le scienze della Terra e sviluppò una nuova maniera di interagire con la natura. L'analisi del suo diario mostra che la sua attenzione si concentrò sulla descrizione di paesaggi e dei fenomeni naturali (Chiadò Rana, 2003). L'apporto delle osservazioni compiute durante questo viaggio in merito alla morfogenesi alpina restò comunque limitato: analizzando i suoi scritti, si trovano numerose descrizioni ma pochi sforzi di dare una spiegazione a quanto osservato. Goethe si limitò molto spesso a delle descrizioni molto precise e circostanziali dei fenomeni naturali che osservava e delle sensazioni che provava di fronte a essi, senza però spingere il suo ragionamento a livello teorico (Fontana & Scapoza, 2007).

Viaggio in Svizzera del 1797

L'itinerario di questo viaggio riprese quello già compiuto durante il 1775 (fig. 1). Il diario di viaggio è contenuto in *Schweizerreise vom Jahr 1797*, è molto ben documentato e testimonia dell'ambizione enciclopedica sviluppata da Goethe nel corso di questo periodo della sua vita (Chiadò Rana, 2003). Il suo interesse verso i paesaggi e i fenomeni naturali traspare in maniera assai evidente dal resoconto del viaggio, che contiene molte osservazioni concernenti la geologia e la mineralogia delle regioni visitate.

Come già menzionato per il diario del viaggio del 1779, le note di Goethe contengono soprattutto delle descrizioni e poche spiegazioni e interpretazioni. A questo proposito, Goethe fornì delle descrizioni molto minuziose delle cascate del Reno a Sciaffusa, così come delle rocce e minerali che scoprì lungo la via del San Gottardo (Fontana & Scapoza, 2007).

Per sintetizzare quanto traspare dall'analisi dei diari dei viaggi in Svizzera di Goethe, seppur rimarchevoli dal punto di vista letterario, essi contengono solo pochi elementi essenziali per quanto concerne la conoscenza della morfogenesi alpina. I suoi scritti hanno il vantaggio di fornire delle descrizioni di eccellente qualità dei fenomeni naturali, contribuendo quindi alla loro conoscenza da parte dei lettori, ma comportano pochi passaggi veramente innovatori o particolarmente interessanti dal punto di vista scientifico.

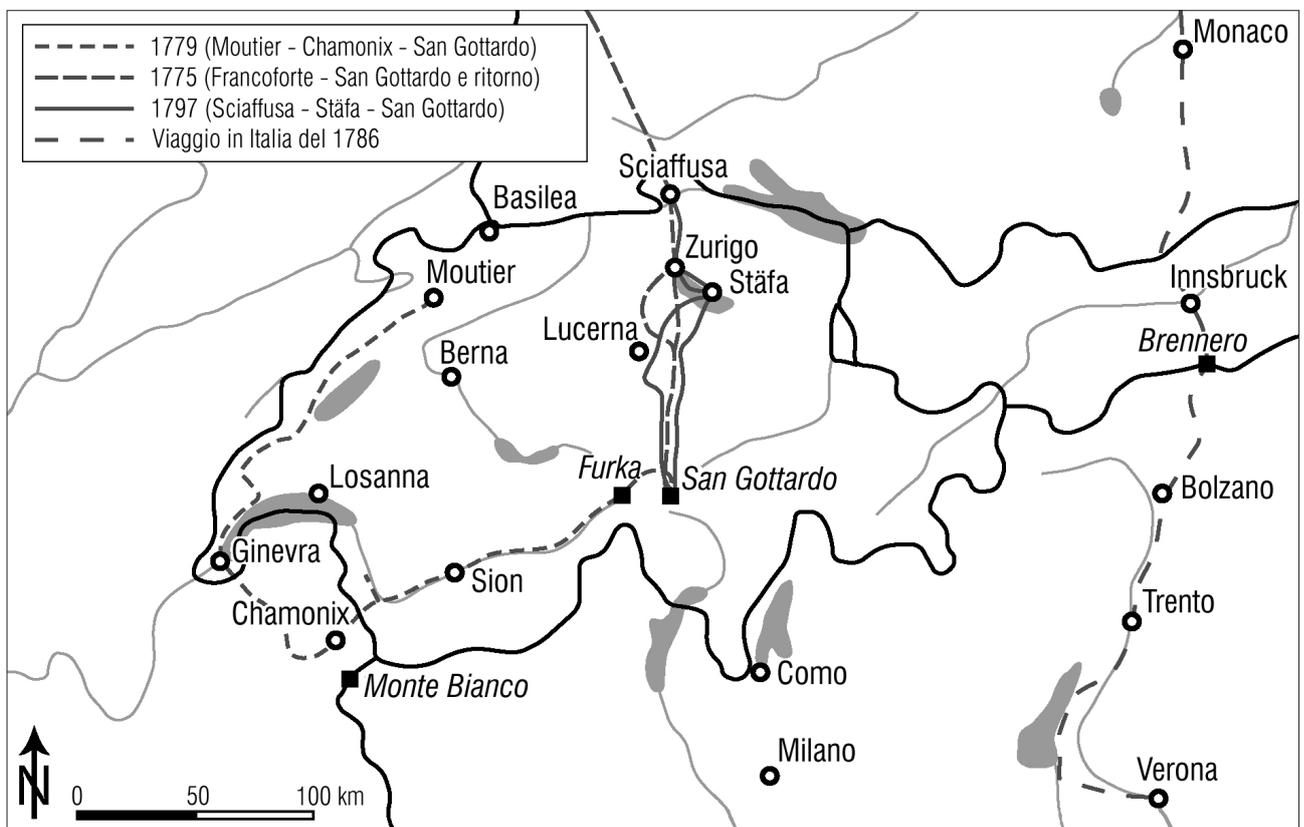


Figura 1: Gli itinerari dei viaggi nelle Alpi compiuti da Johann Wolfgang Goethe.

GOETHE E I PRINCIPALI PARADIGMI DELLA GEOLOGIA DEL SETTECENTO E DELL'OTTOCENTO.

I paradigmi della geologia ne *Gli anni di viaggio di Wilhelm Meister*.

L'apporto di Goethe alla conoscenza della morfogenesi alpina deve essere inserito nel contesto scientifico e culturale della sua epoca. Il dibattito geoscientifico del XVIII e del XIX secolo è stato fortemente marcato dal concetto di "geognosia" e dall'opposizione di due teorie – il nettunismo e il plutonismo – difese strenuamente da due forti personalità dell'epoca, rispettivamente Abraham Gottlob Werner e James Hutton. Il concetto di "geognosia" era stato lanciato da Werner ed è definito come «lo studio della struttura e del contenuto del sottosuolo a tutte le scale» (Ellenberger, 1994: 247). Si tratta in particolare di un approccio stratigrafico basato sulla natura delle rocce, che differisce dagli approcci stratigrafici attuali «solo per l'assenza dell'utilizzo dei fossili» (Gohau, 1990: 224).

Per quanto concerne l'apporto diretto di Johann Wolfgang Goethe, nel suo racconto *Wilhelm Meisters Wanderjahre* del 1829 (*Gli anni di viaggio di Wilhelm Meister*, vedi Goethe, 2005: 250–251), il protagonista si ritrovò a un certo punto a discutere con un gruppo di minatori sulle teorie concernenti la formazione della Terra e delle montagne e l'origine dei massi erratici. La discussione si fece presto molto animata e i personaggi presenti si organizzarono in cinque correnti ben distinte: gli uni sostenevano che la Terra si fosse formata a seguito del ritiro delle acque di un immenso oceano primordiale, gli altri pretendevano che le montagne si fossero formate a causa di grandi colate di lava originate da immensi vulcani, altri ancora pensarono che le montagne si fossero formate direttamente in seno alla Terra. Il quarto gruppo sostenne piuttosto l'ipotesi che le cause degli accidenti che caratterizzavano la superficie del pianeta erano da ricercare fuori dell'atmosfera terrestre, mentre l'ultimo gruppo invocava un periodo di freddo terribile con dei grandi piani ghiacciati capaci di spostare la materia dalle cime delle montagne fino al centro delle pianure. Questo passaggio, seppur relativamente ridotto, è molto significativo in quanto presenta i principali paradigmi della geologia del Settecento e dell'Ottocento. Di seguito, esso è riportato frammentato in paragrafi, in maniera da poter meglio distinguere i diversi approcci della geologia presentati (Goethe, 2005: 250–251).

«Dopo questa celebrazione ci fu un banchetto di parecchie tavole. Tutti gli ospiti presenti, invitati e non invitati, erano del mestiere (dei minatori, n.d.A.): perciò anche alla tavola dove avevano preso posto Montan e il suo amico, si sviluppò subito una conversazione tecnica; parlarono diffusamente di montagne, di gallerie e di strati, di varie specie di filoni e di metalli di quella zona. Ma presto il discorso si perdette nel generico e nell'astratto, e si parlò nientemeno della creazione e dell'origine del mondo. Allora la conversazione non durò a lungo pacifica, ma si accese subito un vivace contrasto di opinioni».

Il nettunismo

«Parecchi volevano derivare la forma della terra da una grande decrescenza della superficie delle acque; a prova citavano i resti di organismi marini trovati tanto sulle più alte montagne, come su basse colline».

Il nettunismo (o diluvianismo) – da Nettuno, dio del mare – era stato fondato da Abraham Gottlob Werner (1750–1817) e dava una grande importanza ai processi sedimentari nella genesi delle rocce, che si sarebbero formate per sedimentazione di materiali in sospensione in un oceano primitivo. I fenomeni vulcanici non costituivano in questa ottica che dei fenomeni poco importanti, dovuti alla combustione di carboni sotterranei.

Il plutonismo

«Altri, più energicamente ancora, affermavano essere stata la terra in principio una massa incandescente e fondente. Ammettevano anche l'esistenza di un fuoco originario che dopo aver agito per lungo tempo sulla superficie, ritiratosi infine nel più profondo, mostrava ogni tanto la sua attività per mezzo di vulcani infurianti sul mare e sulla terra. Dopo successive eruzioni, col graduale accumularsi delle lave e dei detriti, si erano formate le più alte montagne. Cercavano di far capire agli avversari che senza fuoco nulla può riscaldarsi e che un fuoco attivo presuppone sempre un focolare. Quantunque tutto questo potesse apparire conforme all'esperienza, nondimeno era una spiegazione che lasciava parecchi insoddisfatti. Ribattevano che nel seno della terra dovevano essere esistite enormi masse già del tutto formate, che forze irresistibilmente elastiche avevano spinto in alto, attraverso la crosta terrestre. In quel tumulto gran parte di esse, scheggiandosi, si erano sparse tutt'intorno, vicino e lontano. Elencarono anche molti fatti che non si potevano spiegare senza una tale ipotesi».

Il plutonismo (o vulcanismo) – da Plutone, il dio degli inferi pagani – era stato sviluppato da James Hutton (1726–1797) in opposizione alla teoria nettunista, e ammetteva l'importanza dei processi di sedimentazione nella formazione delle rocce, ma considerava ugualmente il ruolo essenziale dei fenomeni magmatici nella formazione delle montagne (Hutton, 1795). All'epoca di Goethe, come si evince dalla citazione riportata qui sopra, non esisteva una teoria plutonista univoca, come era il caso per il nettunismo, ma almeno due correnti. Queste due teorie, che oggi si possono considerare come complementari, permettevano di spiegare i due modi principali di formazione delle rocce ignee (rocce ignee vulcaniche e plutoniche) secondo la moderna petrografia.

L'“astronomismo”

«Un quarto gruppo, anche se forse non numeroso, sorrideva di questi vani sforzi e affermava che molti fenomeni della nostra superficie terrestre non si potrebbero spiegare mai se non ammettendo che parti più o meno grandi di montagne siano cadute dall'atmosfera e abbiano coperto vasti ed estesi territori. Citavano al proposito pezzi più o meno grandi di roccia caduti dal cielo e rinvenuti sparsi qua e là in molti territori, e che si possono rinvenire anche ai nostri giorni».

Questa corrente permette di mostrare come, al di fuori del nettunismo e del plutonismo, esistevano delle altre teorie geologiche. Queste teorie, sebbene più marginali nel dibattito scientifico dell'epoca rispetto alle due teorie dominanti, sono soprattutto l'astronomismo e il glacialismo. L'astronomismo spiegava l'origine dei maggiori tratti morfologici della superficie del pianeta con la caduta di corpi celesti che si situavano fuori dell'atmosfera terrestre, mentre il glacialismo era spesso associato, in un primo tempo, alle grandi correnti d'acqua invocate dai partigiani del nettunismo.

Il glacialismo

«Alla fine c'erano anche due o tre invitati pacati, meno discorsivi, che a sostenere la loro tesi immaginavano un periodo di terribile freddo in cui le più alte catene di montagne, su ghiacciai declinanti per lungo tratto verso la pianura, avevano formato come dei sentieri sdruciolevoli per pesanti blocchi di roccia primordiale. Con gli occhi della fantasia, essi vedevano questi blocchi allontanarsi sempre di più dalla loro sede su questo cammino senza ostacoli e, all'epoca dello sgelo, calare a basso e rimanere per sempre in un terreno diverso dall'originario. Anche il trasporto di enormi blocchi di roccia dal nord verso le nostre parti doveva esser stato possibile per opera dei ghiacci galleggianti. Queste brava gente, tuttavia, con le sue considerazioni un po' fredde, trovava poco seguito».

Questo ultimo paragrafo è considerato come uno dei contributi più importanti di Johann Wolfgang Goethe allo sviluppo della "sua" teoria glaciale (vedi Cameron, 1965; von Engelhardt, 1999). Questo aspetto sarà trattato in dettaglio nella seconda parte di questo articolo.

Johann Wolfgang Goethe tra nettunismo e plutonismo

Per la sua vicinanza con Carl Wilhelm Voigt, allievo di Abraham Gottlob Werner, Goethe sostenne per quasi tutta la sua vita una visione nettunista della formazione della Terra. La sua visione delle geoscienze traspare in maniera ben evidente dalle descrizioni geologiche che effettuò soprattutto durante il suo viaggio in Italia del 1786. Secondo la teoria nettunista, la stratigrafia classica legata alla precipitazione marina delle rocce nell'oceano primordiale era la seguente (dal basso verso l'alto) (Lacoste, in Goethe, 2003): il granito (l'*Urgestein*, la roccia primitiva e la base di tutte le altre), il quarzo, l'argilla e il calcare. È possibile ricostruire questa precisa stratigrafia sulla base delle descrizioni di Goethe. Il 7 settembre 1786, mentre stava attraversando le Alpi Bavaresi nel suo tragitto tra Monaco di Baviera e Innsbruck, Goethe descrisse un affioramento di calcare al Walchensee:

«I dirupi che mi circondano sono tutti di calcare, di quello più antico, ancora non cementano. Queste montagne calcaree vanno in una lunga distesa ininterrotta dalla Dalmazia fino al San Gottardo e anche più in là; Hacquet ha percorso gran parte di questa catena. Sono addossate a montagne dell'epoca più remota, ricche di quarzo e di argilla» (Goethe, 1983: 9).

Il giorno seguente, mentre stava per risalire verso il Passo del Brennero, Goethe osservò che *«Il grande mas-*

sicio granitico al quale si appoggia tutto il resto non dev'essere lontano» (Goethe, 1983: 16). Il granito, per i nettunisti, era la roccia primitiva, a partire dalla quale, per disgregazione, sarebbero nati gli gneiss, i micascisti, i calcari e tutte le altre rocce (Lacoste, in Goethe, 2003). Durante questo periodo, infatti, le idee di Hutton sull'origine vulcanica di rocce come i graniti o i basalti facevano ancora fatica a imporsi negli ambienti accademici. Un buon esempio è dato dalla descrizione della cava di marmo di Kollmann, sul versante italiano del Passo del Brennero. Goethe osservò che i porfidi erano considerati da alcuni naturalisti, come Johann Jakob Ferber, come di origine vulcanica, lasciando intendere con il suo sarcasmo di non essere d'accordo con questa interpretazione:

«Verso il crepuscolo passai davanti a una cava di marmo, a un quarto d'ora di distanza dal Brennero. Probabilmente, anzi certamente, essa giace su scisti micacei, come quella che all'alba del giorno dopo vidi sull'altro versante a Kollmann; ancora più in basso comparvero dei porfidi. (...) Poco oltre Kollmann trovai un porfido che si sfalda in lastre regolari; fra Banzoll e Neumarkt un altro simile, ma con lastre nuovamente divise a cilindri. Ferber riteneva che fossero residui vulcanici, ma questo quattordici anni fa, quando i sapientoni non vedevano che un mondo in fiamme; già Hacquet ci scherza su» (Goethe, 1983: 36-37).

Questo passaggio evidenzia la fiducia di Goethe nella teoria nettunista della formazione della Terra che, secondo lui, anche tenendo conto del suo carattere ordinato ed evolutivo, sarebbe sopravvissuta alle teorie rivoluzionarie dei plutonisti. Qualche decennio più tardi, all'epoca della redazione del *Wilhelm Meister* nel 1829, le teorie plutoniste iniziarono ad affermarsi anche tra i naturalisti tedeschi. Goethe, che per tutta la sua vita rimase un partigiano della visione nettunista, guardava però ancora con sospetto a queste nuove teorie geologiche (Lacoste, 1997):

«Si riteneva molto più naturale che la creazione di un mondo fosse avvenuta tra esplosioni e sollevamenti formidabili, accompagnati da un fragore immenso e da un eruttare di fiamme» (Goethe, 2005: 251).

Per Goethe, infatti, il plutonismo rappresentava la distruzione, il disordine e la confusione, dei concetti che si opponevano alla sua visione evolutiva della natura (Gnam, 2001). Questa diffidenza di Goethe verso le teorie plutoniste traspare assai nettamente dal paragrafo seguente, quando Wilhelm Meister (in realtà l'alter ego dello stesso Goethe), esprime le sue convinzioni nettuniste e il suo disagio di fronte alle nuove teorie rivoluzionarie e caotiche:

«Il nostro amico si sentiva tutto confuso e irritato: fin da ragazzo conservava nell'animo l'immagine dello Spirito discorrente sopra le acque, e gli alti flutti che s'innalzavano ben quindici cubiti più su delle più alte montagne, e ora con quegli strani discorsi gli pareva nell'immaginazione che il mondo così bene ordinato della sua giovinezza, coperto di piante, popolato di animali, precipitasse nel caos» (Goethe, 2005: 251).

Johann Wolfgang Goethe restò fedele alla sua concezione nettunista della formazione delle rocce fino al

1830, quando, a 81 anni, riconobbe finalmente che il porfido era di origine vulcanica (Gnam, 2001).

L'APPORTO DI JOHANN WOLFGANG GOETHE ALLO SVILUPPO DELLA TEORIA GLACIALE

Jean de Charpentier, alla seconda pagina del suo *Essai sur les glaciers* del 1841, riportò una parte del racconto di Johann Wolfgang Goethe, *Wilhelm Meisters Wanderjahre* (*Gli anni di viaggio di Wilhelm Meister*, scritto nel 1828 e pubblicato nel 1829), che per molto tempo, e ancora oggi, permise di accreditare al grande scrittore e poeta tedesco l'idea che in un'epoca passata di terribile freddo i massi erratici furono trasportati dal ghiaccio (von Engelhardt, 1999). Molti storici delle geoscienze, oggi, sono però concordi nell'affermare che prima di Goethe, altri naturalisti, come ad esempio Johann Jakob Scheuchzer nel 1708 e Johann Georg Altmann nel 1751, le cui osservazioni furono riprese da Gottlieb Sigmund Gruner nel 1760 (il primo a menzionare chiaramente il movimento di scivolamento dei ghiacciai), avevano già ipotizzato un trasporto dei materiali erratici dal ghiaccio (Charlesworth, 1957; Cameron, 1965; Zryd, 2001).

In questa seconda parte dell'articolo si cercherà quindi di determinare quale è stato l'apporto di Goethe all'elaborazione della teoria glaciale, una teoria che ha permesso lo sviluppo della geomorfologia del Quaternario moderna e che ha cambiato radicalmente la visione statica del clima che si aveva all'epoca. La storia della teoria glaciale sarà quindi ricostruita in maniera diacronica in modo da poter evidenziare chi sono stati i naturalisti che hanno partecipato alla sua formulazione e dimostrazione e quale è stato il contributo di Goethe in questo ambito.

La genesi della teoria glaciale dalle origini fino al *Wilhelm Meister* di Goethe

L'interesse di Goethe verso la problematica dei terreni erratici si sviluppò nel 1780, quando era incaricato da cinque anni di supervisionare le prospezioni minerarie volte alla riapertura dell'antica miniera di rame e di argento di Illmenau, in Turingia. Goethe fece conoscenza con il giovane Carl Johann Wilhelm Voigt, che aveva appena passato tre anni alla *Bergakademie* di Friburgo in Brisgovia a istruirsi per poter diventare il futuro capo tecnico della miniera. Durante questo periodo, Goethe e Voigt ebbero numerose discussioni a riguardo dell'origine dei massi erratici, che apparivano come degli elementi esotici nella sequenza stratigrafica sviluppata da Abraham Gottlob Werner per la Turingia settentrionale (von Engelhardt, 1999). Le ricerche di Voigt furono pubblicate nel 1782 e nel 1785 (tab. 1, v-vi). Anche se all'inizio l'interesse verso i massi erratici della Turingia era legato soprattutto alla loro petrografia esotica (blocchi granitici su substrato calcareo) – Goethe ne prelevò diversi campioni per la sua collezione di minerali e rocce – la questione relativa alla loro origine cominciò presto ad animare il dibattito scientifico.

L'ipotesi formulata da Voigt (1785) in base a osservazioni compiute sul Mar Baltico, propose un trasporto

dei massi erratici per mezzo di zattere di ghiaccio (quella che oggi chiameremmo come “sedimentazione di tipo *drop-stones*”), ciò che implicava la presenza di un antico oceano.

Gli anni seguenti furono particolarmente prolifici dal punto di vista delle pubblicazioni relative alle osservazioni di ghiacciai di allora. I naturalisti cominciarono infatti ad avvicinarsi alle Alpi e a entrare in contatto con le popolazioni locali, che dalla loro prossimità geografica con i ghiacciai avevano sviluppato, loro malgrado, delle conoscenze glaciologiche non indifferenti. I primi elementi di risposta alla questione del fenomeno erratico cominciarono quindi a delinearsi. In particolare, il geologo scozzese James Hutton (1726–1797) fu uno dei primi a formulare, nel 1795, la teoria secondo la quale i massi erratici sarebbero stati trasportati su delle lunghe distanze da ghiacciai che coprivano l'insieme delle Alpi (tab.1, viii). Questo concetto fu ripreso da John Playfair (1748–1819) nella sua illustrazione della “Teoria della Terra” di Hutton, dove nel 1802 utilizzò per primo il concetto di “glaciazione”.

Negli stessi anni, il naturalista ginevrino Horace-Bénédict de Saussure (1740–1799) pubblicò le osservazioni compiute tra il 1760 e il 1795 nell'ambito dei suoi viaggi nelle Alpi (de Saussure, 1796). Questo sapiente fu uno dei primi a descrivere in maniera scientifica i ghiacciai, a formulare delle ipotesi sulla formazione del loro ghiaccio e sulla morfologia della loro superficie, dei loro depositi e delle forme di abrasione associate al loro movimento (per esempio, fu il primo a utilizzare i termini di “seracco”, “morena” e “roccia montonata”). Egli discusse anche i processi che sarebbero all'origine delle fluttuazioni pluriennali dei ghiacciai e formulò, seppur in maniera descrittiva, tutti gli elementi che permettono ancora oggi di spiegare le variazioni del bilancio di massa di un ghiacciaio (vedi de Saussure, 2002: 79–80). Le sue numerose osservazioni gli permisero di evidenziare le fluttuazioni glaciali e il loro effetto sulle morene:

«Tous les grands glaciers ont à leur extrémité inférieure, et le long de leurs bords, de grands amas de sable et de débris, produits des éboulements des montagnes qui les dominent. Souvent même les glaciers sont encaissés dans toute leur longueur par des espèces de parapets ou de retranchements composés de ces mêmes débris que les glaces latérales de ces glaciers ont déposés sur leurs bords. Dans les glaciers qui ont été anciennement plus grands qu'aujourd'hui, ces parapets dominent les glaces actuelles ; dans ceux qui sont au contraire plus grands qu'ils n'aient pas encore été, ces parapets sont plus bas que la glace ; et on en voit enfin où ils sont de niveau avec elle. Les paysans de Chamonix nomment ces monceaux de débris la moraine du glacier» (de Saussure, 2002: 80).

Nonostante le sue osservazioni molto dettagliate, de Saussure, probabilmente a causa delle teorie nettuniste che dominavano la geologia della seconda parte del Settecento, non formulò mai l'ipotesi del trasporto dei massi erratici da parte dei ghiacciai, ma restò il sostenitore della teoria dell'inondazione catastrofica (Zryd, 2001).

quando il 14 settembre Goethe si ritrovò ad attraversare gli anfiteatri morenici pleistocenici del ghiacciaio del Garda (vedi Castiglioni & Pellegrini, 2001): egli non riconobbe dei sedimenti glacigenetici, ma dei depositi legati a delle correnti primitive che percorrevano l'oceano primordiale terrestre (Goethe, 1983: 35):

«La strada superò un dosso che divide la valle dell'Adige dal bacino del Lago (il Lago di Garda, n.d.A.). Le acque preistoriche sembrano aver agito qui su entrambi i lati in modo contrapposto con immense correnti, erigendo così questo colossale argine di sassi. In epoca più tranquilla le alluvioni vi hanno sovrapposto terra fertile, ma i detriti che affiorano dal terreno sono un continuo tormento per il coltivatore, il quale cerca di liberarsene più che può accumulandoli a file e a strati, così da formare lungo le strade delle specie di grossi muri.»

Sebbene al momento dei viaggi Goethe non riconobbe l'azione del ghiacciaio nella formazione dei depositi che potette osservare, è probabile che sia a seguito dei suoi peripli alpini e delle discussioni avuti con i naturalisti che ebbe occasione di incontrare sul suo cammino che Goethe cominciò a riflettere a un possibile trasporto dei massi erratici dai ghiacciai. A questo proposito, durante il suo ultimo viaggio nelle Alpi, il 7 ottobre 1797 egli descrisse a Küsnacht presso Lucerna dei massi erratici granitici come dei resti di antichi depositi morenici (e quindi di origine glaciale) (Chiadò Rana, 2003: 184; traduzione degli autori):

«A Küsnacht discendemmo all'albergo dell'Angelo per ristorarci. Dopo il pranzo, proseguimmo verso Immensee. Il sentiero, molto piacevole, saliva con dolcezza; dei blocchi di granito spaccati con la dinamite lo segnalavano da un lato. Essi erano stati trasportati al bordo della strada da un pascolo, dove giacevano senza dubbio come dei resti di morene gigantesche. La natura della roccia è identica a quella del Gottardo, sebbene essa sia meno scistosa.»

Anche se egli descrisse la petrografia dei blocchi come simile a quella del San Gottardo, bisogna comunque essere prudenti nell'attribuire esplicitamente a questa descrizione di Goethe la prova che egli avesse compreso che i blocchi fossero stati trasportati dalla regione del San Gottardo dai ghiacciai (von Engelhardt, 1999).

A partire da questo momento, dal mondo anglosassone (Hutton e Playfair, con le opere di quest'ultimo che non erano ancora conosciute in Svizzera e in Germania; vedi Cameron, 1965) e tedesco (Voigt e Goethe), il teatro dei principali sviluppi di quella che diverrà la teoria glaciale cominciò a vedere apparire sulla scena degli attori svizzeri. Fatta eccezione delle osservazioni di de Saussure, sono soprattutto i contadini delle valli alpine che iniziarono a formulare le prime ipotesi relative alle antiche estensioni glaciali. A questo proposito, de Charpentier (1841: 242-243), scrisse che *«j'ai rencontré dans d'autres parties de la Suisse (nella valle dell'Hasli, vicino a Lucerna, nel Val Ferret in Vallese e nei dintorni di Yverdon, n.d.A.) des montagnards qui croient également à une plus grande extension des glaciers dans les temps anciens, et qui lui attribuent aussi le transport des*

blocs erratiques». Fu uno di questi "montagnards", Jean-Pierre Perraudin (1767-1858), un contadino originario di Lourtier, nella Val de Bagnes (Vallese), che espose allo stesso Jean de Charpentier (1786-1855), in quel periodo direttore delle saline di Bex e professore onorario di geologia all'Accademia di Losanna (vedi de Charpentier, 1841: 21 e ss.), la teoria secondo la quale i massi erratici sarebbero stati trasportati dai ghiacciai (Forel, 1899, 1900). Le modeste condizioni di vita di Perraudin non gli impedirono quindi di fare delle osservazioni rimarchevoli: al contrario, mediante l'osservazione dettagliata delle strie glaciali, emise l'ipotesi che il ghiacciaio della Val de Bagnes doveva arrivare nel passato almeno fino a Martigny, e questo solo *«probablement parce que lui-même n'avait peut-être guère été plus loin»* (de Charpentier, 1841: 241). Jean-Pierre Perraudin lasciò una sola traccia scritta delle sue osservazioni, ritrovata nei diari di viaggio di Henry Gilliéron, diacomo di Vevey (Forel, 1899: 2):

«OBSERVATIONS FAITES PAR UN PAYSAN DE LOURTIER. – Ayant depuis longtemps observé des marques ou cicatrices faites sur des rocs vifs et qui ne se décomposent point (ces marques sont toutes dans la direction des vallons) et dont je ne connaissais pas la cause, après bien de réflexions, j'ai enfin, en m'approchant des glaciers, jugé qu'elles étaient faites par la pression ou pesanteur des dites masses, dont je trouve des marques au mois jusqu'à Champsec. Cela me fait croire qu'autrefois la grande masse des glaciers remplissait toute la vallée de Bagnes, et je m'offre à le prouver aux curieux par l'évidence, en rapprochant les dites traces de celles que les glaciers découvrent à présent.
Par l'observateur, Jean-Pierre Perraudin.»

Questo testo, estremamente preciso e conciso, era accompagnato da un disegno del ghiacciaio di Corbasrière (vedi Gilliéron, 1818). Nel 1818, Perraudin ebbe modo di discutere di massi erratici e di ghiacciai anche con Ignaz Venetz (1788-1859), l'ingegnere di stato vallesano incaricato di dirigere i lavori di drenaggio del lago che si era formato a causa dello sbarramento dell'alta Val de Bagnes per il ghiacciaio del Giétro. Le misure prese da Venetz non poterono evitare la catastrofe: il 16 giugno 1818, lo svuotamento improvviso del lago provocò un'inondazione che devastò tutta la Val de Bagnes (vedi Gard, 1988). Nonostante ciò, Venetz continuò le sue osservazioni sui ghiacciai che lo portarono a redigere, nel 1821, il suo *Mémoire sur les variations de température dans les Alpes de la Suisse* (vedi Venetz, 1861). Questa memoria, che sarà pubblicata solo nel 1833, era stata redatta per rispondere a un concorso aperto nel 1817 dall'allora Società Elvetica di Scienze Naturali (oggi Accademia svizzera delle scienze naturali, SCNAT) relativo alle conseguenze di un deterioramento del clima nelle zone di montagna. I candidati dovevano portare le prove di variazioni climatiche che toccassero il limite superiore della foresta e il limite delle nevi perenni nelle regioni alpine e limitrofe (Schar, 2000). Le osservazioni geomorfologiche e le ricerche storiche operate da Venetz sono stupefacenti: non solamente egli attribuì ai ghiacciai un'estensione molto più importante nel passato, ma documentò anche le

fluttuazioni climatiche storiche e le mise in relazione con le fluttuazioni glaciali. Oltre a ciò, nelle conclusioni della sua memoria, egli affermò che il periodo di raffreddamento che caratterizzava a quel momento le Alpi stava per terminare, ciò che puntualmente si verificò alcuni decenni dopo con la fine della Piccola Era Glaciale nel 1859 (Venetz, 1833: 38):

«*Nous sommes donc en quelque manière autorisés à croire:*

1. *Que les moraines qui se trouvent à une distance considérable des glaciers, datent d'une époque qui se perd dans la nuit des temps.*
2. *Que les faits que nous avons cité pour prouver un abaissement de température, sont plus récents que les dites moraines.*
3. *Que celles qui se trouvent près des glaciers peuvent être des deux derniers siècles.*
4. *Que la température s'élève et s'abaisse périodiquement, mais d'une manière irrégulière.*
5. *Que, selon les apparences, le refroidissement de cette époque est arrivé à son terme.*
6. *Que les glaciers parviendront difficilement à la hauteur gigantesque dont nous trouvons tant de vestiges, et que nous pouvons nous tranquilliser sur l'extension présumée de la région des glaces en général.*

Durante questo periodo, Goethe ricominciò a interessarsi alla questione dei terreni erratici della Turingia. Egli intrattenne diversi rapporti epistolari con altri naturalisti tedeschi (tab. 3, viii), tra i quali Karl Anton von Preen. Questi lo aveva reso partecipe delle sue osservazioni relative al trasporto di materiale cristallino su delle zattere di ghiaccio gigantesche che discendevano il Mare del Nord (von Preen a Goethe, 8 aprile 1820; vedi von Engelhardt, 1999). La risposta di Goethe non si fece attendere; dopo aver compreso che le osservazioni compiute da von Preen potevano spiegare la presenza di massi erratici in Turingia, si ricordò delle conversazioni di quaranta anni prima con Voigt e ne fece parte all'amico:

«*I will confess that Bergrat Voigt at Illmenau has had, many years ago, the idea to ascribe the boulders, disseminated in our country, to a transport by ice*» (Goethe a von Preen, 18 aprile 1820; vedi von Engelhardt, 1999: 125).

La teoria glaciale dal *Wilhelm Meister* di Goethe al 1845

Il 1829 fu un anno particolarmente prolifico dal punto di vista dei contributi allo sviluppo della teoria glaciale. Nella primavera del 1829, Venetz presentò a de Charpentier la sua ipotesi relativa all'antica estensione dei ghiacciai. In un primo momento, de Charpentier trovava «*extraordinaire et invraisemblable la supposition d'un glacier s'étendant du fond de la vallée de Bagnes jusqu'à Martigny (...) et réellement folle et extravagante l'idée d'un glacier de plus de 60 lieues de longueur, occupant non seulement le Valais, mais recouvrant même tout l'espace entre es Alpes et le Jura, et entre Genève et Soleure*» (de Charpentier, 1841: 243-244). Egli cominciò quindi a studiare i terreni erratici del bacino del Rodano allo scopo di convincere il suo amico Venetz dell'inconsistenza delle sue teorie. Ma le ricerche

compiute da de Charpentier lo condussero a un risultato opposto a quello prefissato, come lo testimoniarono le sue stesse parole (de Charpentier, 1841: 244):

«*En effet, loin de me fournir des arguments contre l'hypothèse des glaciers, je reconnus clairement qu'elle expliquait de la manière la plus satisfaisante le terrain erratique jusque dans ses moindres détails, et tous les phénomènes qui s'y rattachent.*»

De Charpentier diventò quindi un sostenitore della teoria delle antiche estensioni glaciali e lo fece sapere pubblicamente nel 1834 in una conferenza presentata alla Società Elvetica di Scienze Naturali riunita a Lucerna (tab. 2, xii-xiii) e con la pubblicazione di una nota, in tre lingue, concernente *La cause probable du transport des blocs erratiques de la Suisse* (vedi de Charpentier, 1835a, b, 1836a, 1836b).

A seguito dei suoi scambi di opinioni con de Charpentier, Venetz decise anch'egli di presentare la sua teoria al mondo scientifico (essa era solo stata abbozzata nella sua memoria del 1821). Pubblicò quindi una nota *Sur le déplacement des glaciers* (Venetz, 1829) e, il 22 luglio 1829, presentò alla Società Elvetica di Scienze Naturali riunita all'Ospizio del Gran San Bernardo un discorso dove presentò la sua ipotesi secondo la quale i ghiacciai alpini arrivavano in passato fino al Giura (Venetz, 1830). I suoi argomenti suscitarono la disapprovazione generale; come ingegnere, infatti, i naturalisti ai quali egli stava parlando lo guardavano con sospetto (Schaer, 2000). Allo scopo di provare la sua teoria, Venetz cominciò quindi la redazione di un *Mémoire sur l'extension des anciens glaciers renfermant quelques explications sur leurs effets remarquables*, che sfortunatamente non sarà pubblicato che nel 1861, dopo la sua morte (Weidmann, 1972).

Nello stesso periodo, e indipendentemente dai progressi scientifici che si facevano in Romandia, sulla base di sue osservazioni e di scambi epistolari con altri naturalisti della società di Weimar, Goethe sviluppò la propria teoria glaciale. La sua ipotesi non venne però presentata in una pubblicazione scientifica, ma nel racconto *Wilhelm Meisters Wanderjahre* del 1829, più precisamente nel capitolo IX del secondo libro de *Gli anni di viaggio di Wilhelm Meister* (vedi sopra). Conformemente alle sue osservazioni, Goethe attribuì il trasporto dei massi erratici a delle zattere di ghiaccio che si staccavano dai ghiacciai che erano legati alle cime delle montagne da grandi piani di scivolamento costituiti da ghiaccio. L'innovazione principale di questo passaggio fu quella di invocare una «epoca di freddo terribile», che il poeta-naturalista Karl Schimper nominò nel 1837 «era glaciale» (*Eiszeit*).

È molto probabile che Goethe sviluppò la sua teoria indipendentemente dagli altri naturalisti svizzeri o britannici (Cameron, 1965, von Engelhardt, 1999). In effetti, è quasi impossibile che Goethe possa aver avuto accesso ai lavori di Venetz o di Playfair; le ricerche del primo avevano una diffusione molto limitata e sono state pubblicate solo nel 1833 e nel 1861, mentre le

opere di Playfair nel 1829 erano ancora sconosciute sia in Svizzera, sia in Germania (Cameron, 1965). D'altro canto, un incontro tra lo stesso Goethe e Venetz è assolutamente da escludere, in quanto al momento del viaggio nelle Alpi di Goethe del 1779, quando passò dal Vallese, Venetz non era ancora nato.

Dall'altro lato della Manica, l'interesse verso tutto ciò che concerneva i ghiacciai cominciò a crescere. Boylan (1998, citato da Schaer, 2000), dice che già nel 1827, il redattore della prestigiosa rivista *The Edinburgh New Philosophical Journal*, Robert Jameson, proponeva nei suoi corsi universitari il fatto che degli antichi ghiacciai erano esistiti in Scozia. La sua rivista (vedi de Charpentier, 1836b; Studer, 1839a; Agassiz, 1842; Forbes, 1842b, c; Agassiz, 1843), assieme ai *Bulletins de la Société géologique de France* (vedi Agassiz, 1835; Studer, 1839b; Renoir, 1840, 1841; Leblanc, 1843), diventò negli anni 1830-1840 la referenza principale per tutti i lavori concernenti le antiche estensioni dei ghiacciai.

Jean de Charpentier continuò le sue ricerche sui terreni erratici della valle del Rodano, che lo portarono a descrivere i giganteschi massi erratici della regione di Monthey, tra i quali spicca la Pierre des Marmettes con un volume di 1824 m³ (fig. 3).

Durante questo periodo, egli condusse delle escursioni geomorfologiche con Louis Agassiz (1807-1873), che aveva conosciuto nel 1836 alla riunione annuale della Società Elvetica di Scienze Naturali riunita a Soletta (Schaer 2000). Agassiz aveva già compiuto numerose osservazioni relative ai massi erratici del Giura (vedi Agassiz, 1835). Sulla base dello stimolo datogli da de Charpentier durante il suo soggiorno del 1836 a Bex (Schaer, 2000), il 24 luglio 1837, in qualità di presidente della Società neocastellana di Scienze naturali, nel suo discorso di apertura della XII sessione della Società Elvetica di Scienze Naturali riunita proprio a Neuchâtel, Agassiz decise di affrontare la tematica dei ghiacciai, delle morene e dei massi erratici (Agassiz, 1837). Nonostante il fatto che la teoria presentata da Agassiz si fondasse chiaramente sulle ricerche compiute da Venetz e de Charpentier («*Ce que tout le monde ne sait cependant pas, c'est qu'il existe encore d'autres moraines que celles qui cernent de nos jours les glaciers. Ce sont MM. Venetz et de Charpentier, qui les ont fait connaître les premiers*», Agassiz, 1837: viii), e nonostante le opposizioni alla sua teoria da parte di von Buch (1837), de Luc (1837) e Studer (1838), il discorso pronunciato da Agassiz è stato da molti considerato come l'atto di nascita della teoria glaciale, in particolare in Svizzera e negli Stati Uniti (Imbrie & Imbrie, 1979; Portmann, 1975; Schaer, 2000).

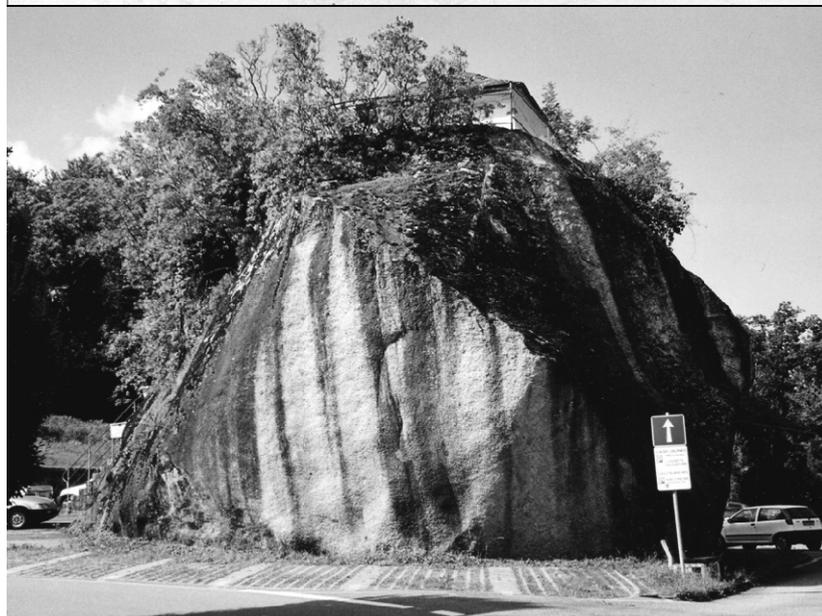
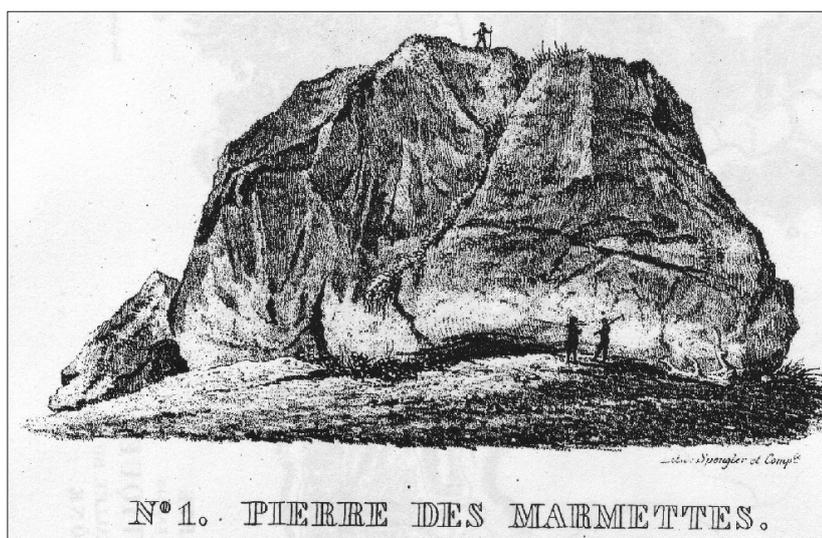


Figura 3: La Pierre des Marmettes, uno dei massi erratici descritti da de Charpentier, sopra in una litografia del suo *Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône* del 1841 e, sotto, in una fotografia attuale di J.-P. Pralong.

Durante lo stesso periodo, dei contributi importanti alla teoria glaciale furono portati da Karl Schimper, che scrisse nel 1837 una lettera ad Agassiz nella quale presentava le sue ricerche compiute sulla Côte vodese e nel Giura vodese e solettese (tab. 2, xxvii), e da Arnold Guyot (tab. 2, xxix), che compiendo delle ricerche nell'Alto Vallese e nell'Oberland Bernese, fu uno dei primi a riconoscere la struttura lamellare dei ghiacciai (Schaer, 2000). Questi due naturalisti rimasero però per molti anni nell'ombra di Louis Agassiz. Schimper è stato riconosciuto soprattutto in Germania, dove già nel 1874 il celebre professore di zoologia dell'Università di Jena, Ernest Haeckel, lo considerava come il fondatore della teoria glaciale:

«L'ingénieur Ch. Schimper fut le premier naturaliste, qui conçut nettement l'idée de l'âge glaciaire, et qui, à l'aide des blocs erratiques et des stries burinées par le glissement des glaciers, démontra la grande étendue des glaciers primitifs au centre de l'Europe. Excité par l'exemple de Ch. Schimper, et puissamment aidé par les travaux spéciaux du géologue distingué Charpentier, le naturaliste suisse, Louis Agassiz, entreprit plus tard de compléter la théorie de l'époque glaciaire» (Haeckel, 1874: 322-323).

Gli anni '40 dell'Ottocento videro le pubblicazioni relative alla teoria glaciale moltiplicarsi. Nel 1840, Agassiz pubblicò il suo *Etudes sur les glaciers*, mentre Godeffroy diede alle stampe una *Notice sur les glaciers, les moraines et les blocs erratiques des Alpes*. Nel 1841, furono le memorie di de Charpentier (*Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône*) e di Rendu (*Théorie des glaciers de la Savoie*) ad essere a loro volta pubblicate. La teoria glaciale fece definitivamente breccia negli ambienti accademici internazionali con le pubblicazioni di James Forbes (vedi Forbes 1842a, 1843).

Obiezioni alla teoria glaciale e contro-correnti

È interessante esaminare come durante lo sviluppo della teoria glaciale, le obiezioni principali e le contro-correnti che si sono manifestate erano fondate sui principi dei paradigmi della geologia del Settecento e dell'Ottocento. Jean de Charpentier (1841: 171 e ss.) trattò nei dettagli tutte le ipotesi che furono presentate sul trasporto dei massi erratici. Cercheremo di presentarle con ordine in funzione dei paradigmi della geologia trattati.

Nettunisti

L'ipotesi che attribuiva il trasporto dei massi erratici a delle correnti d'acqua era quella che raccoglieva la maggior parte dei suffragi; in effetti, ancora a metà Ottocento, «elle est encore aujourd'hui généralement admise, même par les géologues les plus célèbres» (de Charpentier, 1841: 191-192). Nonostante l'accordo generale sul modo di trasporto dei detriti (le correnti d'acqua), esistevano numerose ipotesi relative alle loro cause. De Saussure (1796), notando la presenza di fossili nelle Alpi, aveva ipotizzato che le montagne si fossero formate in seno a un grande oceano. Al momento del ritiro improvviso dell'oceano a causa dell'apertura di grandi cavità, la violenza delle correnti avrebbe scavato le valli e trasportato al di fuori delle Alpi i massi erratici (de Saussure, citato da de Charpentier, 1841: 193):

«Les eaux de l'Océan, dans lequel nos montagnes ont été formées, couvraient encore une partie de ces montagnes, lorsqu'une violente secousse du globe ouvrit tout à-coup de grandes cavités, qui étaient vides auparavant, et causa la rupture d'un grand nombre de rochers. Les eaux se portèrent vers ces abîmes avec une violence extrême, proportionnée à la hauteur qu'elles avaient alors, creusèrent de profondes vallées et entraînent des quantités immenses de terres, de sables, et de fragments de toutes sortes de rochers. Ces amas à demi liquides, chassés par le poids des eaux, s'accumulèrent, jusqu'à la hauteur où nous voyons encore plusieurs de ces fragments épars».

Escher von der Linth (1819), propose invece come causa delle correnti d'acqua il brusco svuotamento di laghi che occupavano in epoca passata tutte le grandi valli alpine, e che erano barrate, al loro sbocco nella pianura, da quelle che lui chiamò come «*chaînes extérieures des Alpes*» (de Charpentier, 1841: 201).

Plutonisti

Poche teorie hanno ipotizzato che i massi erratici potessero essere stati proiettati attorno alle Alpi da fenomeni provenienti dall'interno della crosta terrestre. De Luc (1827, 1832) propose delle eruzioni di gas che avrebbero proiettato a grande distanza dei frammenti di roccia letteralmente strappati dall'interno della Terra in occasione di grandi esplosioni. Un'ipotesi ibrida tra le correnti d'acqua e le esplosioni gassose fu quella di Elie de Beaumont (1829), che propose un trasporto dei massi erratici grazie a delle correnti d'acqua dovute alla fusione improvvisa di ghiacciai a causa dell'emissione di gas estremamente caldi dalla crosta terrestre.

Glacialisti

Nella corrente dei cosiddetti glacialisti, furono presentate diverse ipotesi concernenti le modalità di trasporto dei massi erratici. L'ipotesi di zattere di ghiaccio che navigavano su degli specchi d'acqua la formulò per primo Voigt (1785), per essere poi ripresa da Goethe nella versione del 1829 del *Wilhelm Meisters Wanderjahre*. Il celebre naturalista Charles Darwin (1839) difese anch'egli l'ipotesi del trasporto dei terreni erratici da parte di ghiacci che navigavano su una coltre d'acqua circum-alpina (Arn, 1992). Questa ipotesi richiedeva la presenza di un mare che attornia le Alpi e che penetrava nelle valli alpine fino a raggiungere i ghiacciai. Non bisogna quindi stupirsi che Voigt e Goethe, due naturalisti tedeschi fortemente influenzati dalle teorie di Abraham Gottlob Werner, avessero sviluppato tale teoria. L'ipotesi glacialista più recente, fatta eccezione della teoria dei ghiacciai sostenuta da Venetz e de Charpentier, era quella delle coltri di ghiaccio, sostenuta da Agassiz (1837) e Schimper (1837), secondo i quali i massi erratici sarebbero scivolati su un piano inclinato di ghiaccio che collegava le Alpi al Giura.

Altre ipotesi

L'ipotesi che ammetteva un piano inclinato sul quale i materiali erratici sarebbero scivolati era già stata formulata nel Settecento dal geologo francese Déodat de Dolomieu (Arn, 1992).

Secondo questa teoria, prima della formazione delle

Alpi la topografia era pianeggiante e uniforme, ciò che avrebbe provocato, al momento dell'orogenesi alpina, lo scivolamento dei massi erratici lungo i neofornati piani rocciosi inclinati che collegavano le Alpi al Giura.

Il contributo di Johann Wolfgang Goethe alla teoria glaciale

L'apporto di Goethe allo sviluppo della teoria glaciale venne riconosciuto già nelle opere pionieristiche della glaciologia moderna pubblicate negli anni Trenta e Quaranta dell'Ottocento (vedi Cameron, 1965; von Engelhardt, 1999). Jean de Charpentier, in particolare, nella seconda pagina del suo *Essai sur les glaciers* del 1841, aveva inserito il celebre estratto del *Wilhelm Meisters Wanderjahre* di Goethe che invocava un'epoca passata di terribile freddo (fig. 4). De Charpentier, dapprima nell'introduzione, e in seguito nel capitolo dedicato ai ghiacciai quali agenti di trasporto dei massi erratici, attribuì al britannico Playfair e allo stesso Goethe la paternità della teoria del trasporto dei massi erratici per opera dei ghiacciai:

«Le savant Playfair en 1815, et le grand Goethe en 1829, attribuèrent aussi à des glaciers le transport des débris erratiques. Mais ni l'un ni l'autre n'ont développé leur opinion, ni cherché à l'appuyer par des faits. Au reste, Mr Venetz n'a eu connaissance de l'idée de ces deux grands hommes que long-temps après que ses propres observations lui avaient fait concevoir la même opinion» (de Charpentier, 1841: v-vi).

«Il y a peu de jours que mon savant ami Mr Studer m'a communiqué un extrait d'une analyse des *Eléments géologiques* de Mr Lyell, insérée dans la *Revue d'Edimbourg*, Juillet 1839. Il y est dit que, déjà en 1815, le célèbre Playfair avait attribué aux glaciers le transport des débris erratiques. Le génie de Goethe a également reconnu que ce même agent doit être la cause de ce transport. J'ignore quand ce grand homme a conçu cette pensée; elle ne se trouve pas dans la première édition de *Wilhelm Meisters Wanderjahre*, de l'année 1821, mais bien dans la dernière, soignée par Goethe lui-même en 1829» (de Charpentier, 1841: 245-247).

Alcuni autori come Cameron (1965) e von Engelhardt (1999) segnalano che anche Louis Agassiz, nel suo celebre *Discours sur les glaciers* del 24 luglio 1837, avrebbe fatto riferimento a Goethe quale ideatore della teoria glaciale. Purtroppo, nella versione originale del discorso (Agassiz 1837), non si trova traccia di questo riferimento. È però possibile che il paragrafo in questione figurasse nella versione pubblicata in inglese del discorso (vedi Agassiz 1838), che non abbiamo avuto modo di consultare.

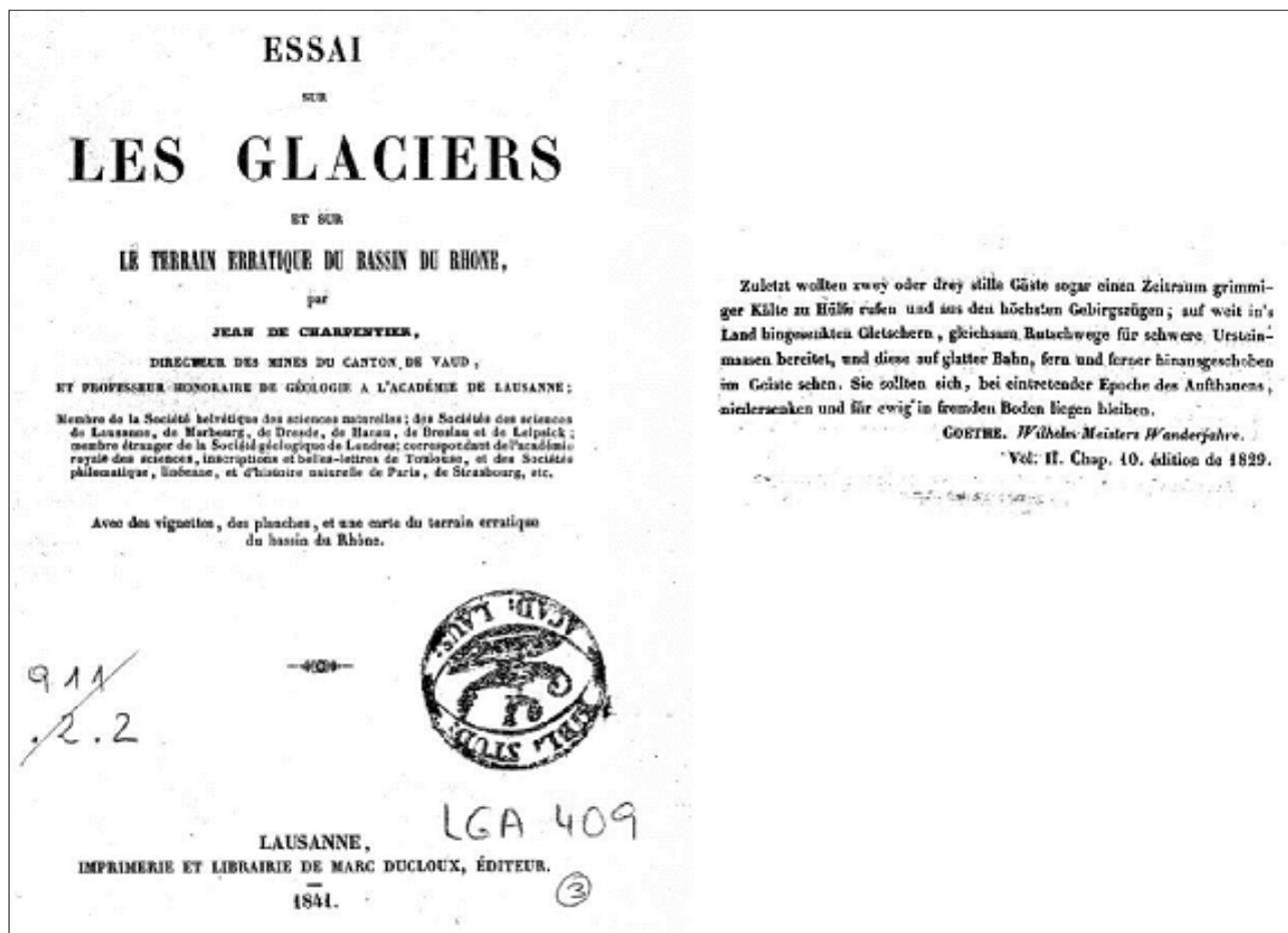


Figura 4: Retro di copertina dell'Essai sur les glaciers di Jean de Charpentier, pubblicato nel 1841, con la citazione del Wilhelm Meisters Wanderjahre di Goethe.

Per riprendere le citazioni tratte dall'opera di de Charpentier citate sopra, è interessante notare due elementi fondamentali per la comprensione dell'apporto di Goethe allo sviluppo della teoria glaciale:

1. Goethe non presentò mai la sua opinione in pubblicazioni scientifiche. L'originalità del suo apporto alla teoria glaciale è quindi dovuta al fatto che sia stato uno dei pochi naturalisti della sua epoca che sia riuscito a sviluppare in maniera indipendente l'idea del trasporto dei massi erratici da parte del ghiaccio. Bisogna però tener conto dell'importanza dei suoi rapporti con Carl Johann Wilhelm Voigt, in particolare per quel che concerne le osservazioni di terreno. Un altro aspetto importante della teoria sviluppata da Goethe, e che ne fa un precursore, è stato quello di avere associato le estensioni passate dei ghiacci con un periodo particolarmente freddo della storia della Terra. Sfortunatamente, Goethe non sottomise mai la sua teoria alla comunità scientifica, ciò che non pregiudicò l'originalità delle sue osservazioni, ma impedì alle sue ipotesi di influenzare in maniera fondamentale lo sviluppo della teoria glaciale nel corso dei decenni successivi.
2. Goethe non fu né il primo né il solo a sviluppare la teoria glaciale. Come è stato presentato nei paragrafi precedenti, al momento dell'apparizione del *Wilhelm Meisters Wanderjahre* nel 1829, esistevano già numerose pubblicazioni concernenti il trasporto dei massi erratici da parte del ghiaccio (tab. 1). È possibile suddividere i contributi alla teoria glaciale in tre correnti principali (fig. 5): la corrente britannica con Hutton, Playfair e Forbes, la corrente svizzera con Venetz, de Charpentier e Agassiz, e la corrente tedesca con Voigt e Goethe. Anche se de Charpentier e Agassiz fecero riferimento a Goethe in alcune delle loro pubblicazioni, è evidente che, nello sviluppo della teoria glaciale, la corrente tedesca fu più marginale rispetto a quelle svizzera e britannica.

Un confronto interessante si può fare tra le figure di Goethe e di Venetz. Il primo, anche se pubblicò poco in campo naturalistico e non cercò mai di dimostrare le sue ipotesi, a causa della sua celebrità come scrittore e poeta ha avuto un riconoscimento internazionale per il suo contributo allo sviluppo della teoria glaciale. Venetz, al contrario, nonostante il fatto che grazie alle proprie osservazioni avesse almeno un decennio in anticipo sugli altri naturalisti europei nel campo della glaciologia, per il fatto di essere ingegnere – e quindi una figura parzialmente emarginata dagli ambienti accademici dell'epoca – è stato considerato come uno dei fondatori della teoria glaciale solo dalla comunità scientifica della Svizzera francofona.

Nella comprensione dello sviluppo di una teoria scientifica, è importante conoscere il contesto dell'epoca nella quale sono state fatte le prime scoperte in un certo campo. Infatti, senza la generalizzazione del concetto di attualismo, formalizzato inizialmente da James Hutton nel 1795 e ripreso poi da John Playfair (1802) e da Charles Lyell (1833), la teoria glaciale non sarebbe mai nata in quella epoca. Se si analizza la struttura delle opere principali in glaciologia della prima metà dell'Ottocento (per esempio Agassiz, 1840a; Godeffroy, 1840; de Charpentier, 1841; Rendu, 1841; Forbes, 1842a, 1843), si può notare come siano sempre divise in due parti: la prima che tratta dei ghiacciai, e quindi del presente, e la seconda dei terreni erratici, e quindi del passato.

Periodo	Corrente tedesca	Corrente britannica	Corrente svizzera
1780 - 1789	Voigt (1782-1785)		
1790 - 1799		Hutton (1795)	
1800 - 1809		Playfair (1802)	
1810 - 1819			(Perraudin) (1815-1818)
1820 - 1829	Goethe (1829)		Venetz (1815-1833)
1830 - 1839			de Charpentier (1834-)
1840 - 1849		Forbes (1842-)	Agassiz (1835-)

Figura 5: Le principali correnti della glaciologia della fine del Settecento e dell'inizio dell'Ottocento. Il termine "corrente" implica che ogni autore, da una parte ha influenzato i naturalisti che lo seguono nella corrente, d'altra parte si è ispirato a coloro che lo precedevano. Le frecce indicano l'interesse verso naturalisti appartenenti a un'altra corrente.

CONCLUSIONI

Rispetto ad altri naturalisti, come ad esempio Horace-Bénédict de Saussure, l'apporto delle opere di Goethe alla conoscenza della morfogenesi alpina è stato relativamente marginale principalmente per tre ragioni. In primo luogo, l'approccio adottato da Goethe è sempre stato quasi esclusivamente descrittivo. Raramente egli oltrepassò lo stato della descrizione, seppur minuziosa, per pronunciarsi sulle cause dei fenomeni osservati. In secondo luogo, le sue opinioni non furono mai sviluppate in vere e proprie pubblicazioni scientifiche, ciò che non gli permise di confrontarsi direttamente con le opinioni espresse dagli altri naturalisti della sua epoca e di dare una precisa e solida struttura esplicativa alle sue teorie; questo gli avrebbe permesso di entrare a pieno titolo nella cerchia dei principali *savants* del Settecento e dell'Ottocento. Terzo, le sue idee rimasero troppo legate alle teorie settecentesche. Nonostante il suo posizionamento critico rispetto alla diatriba tra plutonisti e nettunisti, Goethe rimase fedele alle teorie di Werner per quasi tutta la sua vita, ciò che condizionò in maniera importante le sue descrizioni geologiche e lo sviluppo della "sua" teoria glaciale.

Lo studio della figura di Goethe quale precursore del glacialismo ha permesso di disancorarsi dallo schema classico dello sviluppo della teoria glaciale e di evidenziare un concatenamento di tappe e di autori in parte contemporanei organizzati in tre correnti principali. Goethe fa sicuramente parte a pieno titolo della corrente tedesca, anche se va ricordato che rispetto alle correnti svizzere e britanniche essa fu piuttosto marginale nello sviluppo della teoria glaciale. Per riassumere, Goethe non fu né il primo, né il solo, a sviluppare tale teoria.

L'originalità dell'approccio adottato dal grande scrittore e poeta tedesco va trovata nel fatto che egli seppe, con l'aiuto di altri naturalisti della società di Weimar come Voigt o von Preen, sviluppare una teoria della glaciazione in maniera indipendente. Quale appassionato di paleontologia, egli era infatti cosciente delle variazioni climatiche che avevano caratterizzato il passato della Terra. Seppe quindi mobilizzare tutti gli elementi utili per associare un'epoca di grande estensione glaciale con un'epoca dal clima più freddo. È soprattutto questo l'elemento che è stato maggiormente riconosciuto nella comunità scientifica come il contributo più importante di Goethe alla teoria glaciale.

In conclusione, bisogna riconoscere che, grazie anche alla sua celebrità, Goethe seppe fornire un apporto importante alla divulgazione del paesaggio alpino, ciò che permette ancora oggi di veicolare attraverso la sua immagine l'aspetto culturale di alcuni paesaggi e geotipi geomorfologici. In questo contesto, sarà però importante tener conto che non bisognerà "forzare" le interpretazioni delle sue descrizioni sotto l'influenza della sua celebrità, in maniera da non attribuirgli delle teorie che egli non sarebbe mai stato in grado, per ragioni storiche o personali, di sviluppare.

TABELLE CRONOLOGICHE

Tabella 1: **Principali elementi cronologici relativi allo sviluppo della teoria glaciale I:** dalle origini della teoria glaciale fino al *Wilhelm Meisters Wanderjahre di Goethe*. Compilazione da Forel (1899), Cameron (1965), Weidmann (1972), von Engelhardt (1999), Schaer (2000) e osservazioni personali degli autori. In grassetto, sono riportati gli avvenimenti più importanti che hanno marcato lo sviluppo della teoria glaciale.

N°	Anno	Avvenimento
i	1706–1708	Johann Jakob Scheuchzer pubblica « <i>Beschreibung der Naturgeschichten der Schweizerlands</i> ».
ii	1751	Johann Georg Altmann pubblica « <i>Versuch einer historischen und physischen Beschreibung der helvetischen Eisbergen</i> ».
iii	1760	Gottlieb Sigmund Gruner pubblica « <i>Die Eisgebirge des Schweizerlandes</i> », compilazione delle osservazioni di (i) e (ii). Primo chiaro riferimento al movimento di scivolamento basale dei ghiacciai.
iv	1760–1770	Osservazioni sui ghiacciai del Monte Bianco, dell'Oberland Bernese e dell'Alto Vallese da parte di Horace-Bénédict de Saussure.
v	1782	Carl Johann Wilhelm Voigt pubblica « <i>Mineralogische Reise durch das Herzogtum Weimar and Eisenach</i> », dove descrive le osservazioni compiute sui massi erratici della Turingia.
vi	1785	Carl Johann Wilhelm Voigt pubblica «Drei Briefe über die Gesteinlehre» , dove propone un possibile meccanismo di trasporto dei massi erratici di stile <i>drop stones</i> in base alle osservazioni da lui compiute sul Mar Baltico.
vii	1787	Marc-Théodore Bourrit pubblica « <i>Nouvelle description des glaciers, vallées de glace et glaciers qui forment la grande chaîne des Alpes de Savoie, de Suisse et d'Italie</i> ».
viii	1795	Il geologo scozzese James Hutton pubblica «Theory of the Earth» , dove descrive il trasporto di massi erratici granitici su lunghe distanze da parte dei ghiacciai che ricoprivano le Alpi.
ix	1779–1796	Horace-Bénédict de Saussure pubblica « <i>Voyages dans les Alpes précédés d'un essai sur l'histoire naturelle des environs de Genève</i> », dove presenta, tra le altre cose, le osservazioni compiute tra il 1760 e il 1770 (iv). È in questa opera che egli utilizza per primo i termini di <i>morena</i> , <i>seracco</i> e <i>rocce montonate</i> .
x	1802	John Playfair pubblica «Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth» , dove utilizza il concetto di glaciazione.
xi	1815	Jean-Pierre Perraudin incontra Jean de Charpentier e gli presenta la teoria delle estensioni passate dei ghiacciai (vedi de Charpentier, 1841: 241).
xii	1815	Leopold von Buch pubblica « <i>Über die Ursache der Verbreitung grosser Alpengeschiebe</i> », dove espone la sua teoria secondo la quale i massi erratici avrebbero raggiunto le zone peri-alpine e del Mar Baltico a causa di eruzioni vulcaniche nelle Alpi Centrali e nelle montagne scandinave.
xiii	1815–1818	Ignaz Venetz compie numerose escursioni nella Val de Bagnes, dove incontra verosimilmente Jean-Pierre Perraudin. Venetz è incaricato di dirigere i lavori di svuotamento del lago di sbarramento glaciale del ghiacciaio del Giétro (che cede il 16 giugno 1818 provocando una catastrofe che devasta l'intera Val de Bagnes).
xiv	1818	Jean-Pierre Perraudin scrive una nota sull'estensione passata dei ghiacciai della Val de Bagnes (vedi Forel, 1899: 2).
xv	1821	Ignaz Venetz redige la sua «Mémoire sur les variations de température dans les Alpes de la Suisse» per rispondere a una domanda relativa alle variazioni climatiche nelle regioni alpine della Svizzera e dei paesi limitrofi, messa a concorso nel 1817 e nel 1821 dalla Società Elvetica di Scienze Naturali. La memoria sarà pubblicata solo nel 1833.
xvi	1822	Karl Ernst Adolf von Hoff pubblica « <i>Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen Veränderungen der Erdoberfläche</i> », dove discute la ripartizione dei massi erratici attorno al Mar Baltico.
xvii	1829	Johann Wolfgang Goethe pubblica la nuova versione di «Wilhelm Meisters Wanderjahre» , dove espone l'idea che in un periodo di terribile freddo i massi erratici sarebbero stati trasportati dal ghiaccio.

Tabella 2: Principali elementi cronologici relativi allo sviluppo della teoria glaciale II: dal *Wilhelm Meister* di Goethe al 1845. Compilazione da Weidmann (1972), Arn (1992), von Engelhardt (1999), Schaer (2000) e osservazioni personali degli autori. In grassetto, sono riportati gli avvenimenti più importanti che hanno marcato lo sviluppo della teoria glaciale.

N°	Anno	Avvenimento
xviii	1829	Ignaz Venetz espone a Jean de Charpentier la teoria secondo la quale i ghiacciai vallesani si estendevano nel passato fino al Giura (vedi de Charpentier 1841: 243). Pubblica anche una nota « <i>Sur le déplacement des glaciers</i> ».
xix	22.7.1829	Discorso di Ignaz Venetz alla Società Elvetica di Scienze Naturali riunita all'Ospizio del Gran San Bernardo (pubblicato l'anno seguente), dove presenta la sua teoria secondo la quale i ghiacciai alpini arrivavano nel passato fino al Giura.
xx	1832	Johann Friedrich Haussmann pubblica una dissertazione sull'origine dei massi erratici dispersi al nord della Germania.
xxi	1833	Ignaz Venetz pubblica «Mémoire sur les variations de température dans les Alpes de la Suisse» redatto per rispondere alla messa a concorso di una domanda aperta posta dalla Società Elvetica di Scienze Naturali nel 1821.
xxii	1834	Discorso di Jean de Charpentier relativo alle ricerche condotte da Venetz (che saranno pubblicate solo nel 1861) durante la riunione annuale della Società Elvetica di Scienze Naturali tenuta a Lucerna , pubblicato l'anno seguente in francese e nel 1836 in tedesco e in inglese.
xxiii	1835	Jean de Charpentier pubblica una nota «Sur les causes probables du transport des blocs erratiques de la Suisse».
xxiv	1835	Louis Agassiz pubblica una nota concernente « <i>Quelques observations sur la distribution des blocs erratiques sur les pentes du Jura</i> ».
xxv	15.2.1837	Karl Schimper pubblica il poema « <i>Die Eiszeit</i> », dove è utilizzato per la prima volta il termine di «era glaciale».
xxvi	24.7.1837	Discorso di Louis Agassiz in occasione della riunione della Società Elvetica di Scienze Naturali riunita a Neuchâtel concernente i ghiacciai, le morene e i blocchi erratici. Questo discorso è considerato come l'inizio dell'affermazione della teoria glaciale nel mondo scientifico.
xxvii	1837	Karl Schimper presenta ad Agassiz (vedi Schimper, 1837) le sue osservazioni compiute nella zona di Bougy, vicino ad Aubonne (Canton Vaud), dove ha trovato delle nuove prove del trasporto dei massi erratici da parte dei ghiacciai.
xxviii	1837	Opposizioni alla teoria glaciale: L. von Buch pubblica « <i>Objections à la théorie glaciaire</i> », mentre J.A. de Luc pubblica « <i>Examen de la cause probable à laquelle M. J. de Charpentier attribue le transport des blocs erratiques de la Suisse dans sa notice sur ce sujet</i> ».
xxix	1838	Arnold Guyot, collaboratore di Agassiz, studia i ghiacciai dell'Oberland Bernese e dell'Alto Vallese (vedi Guyot, 1883). Riconosce la struttura lamellare dei ghiacciai e le differenze di velocità tra la parte centrale e i bordi dei ghiacciai.
xxx	1838	B. Studer pubblica un attacco virulento contro la teoria glaciale. L'anno seguente, di fronte agli argomenti che gli saranno presentati da Agassiz a Zermatt, cambierà opinione e pubblicherà le sue osservazioni sugli antichi ghiacciai del versante sud delle Alpi (Studer, 1838a, b).
xxxi	1840	Louis Agassiz pubblica « <i>Etudes sur les glaciers</i> ». Ch. Godeffroy pubblica « <i>Notice sur les glaciers, les moraines et les blocs erratiques des Alpes</i> ».
xxxii	1841	Jean de Charpentier pubblica «Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône». M. Rendu pubblica « <i>Théorie des glaciers de la Savoie</i> ».
xxxiii	1842	James Forbes pubblica «The Glacier Theory».
xxxiv	1843	James Forbes pubblica «Travels through the Alps of Savoy, and other parts of the Pennine Chain; with observations of the phenomena of glaciers». dove presenta per la prima volta delle misure di spostamento dei ghiacciai.
xxxv	1844	Rodolphe Blanchet, a partire da osservazioni compiute nel bacino del Lemano, è uno dei primi a osservare che i depositi attribuiti ai ghiacciai non sono solamente glaciali ma anche fluvio-glaciali (vedi Arn, 1992).
xxxvi	1840-1845	Diverse note a carattere regionale nelle riviste scientifiche dell'epoca (Agassiz, 1840b, 1840c, 1842, 1843; Renoir 1840, 1841; Buckland, 1841; Lyell, 1841; Leblanc, 1843; Rendu 1844; Collegno, 1845; Collomb, 1845 e Hogard, 1845).

Tabella 3: Principali elementi cronologici relativi allo sviluppo della teoria glaciale III: il contributo di Johann Wolfgang Goethe alla teoria glaciale. Compilazione da Cameron (1965), von Engelhardt (1999), Chiadò Rana (2003), Goethe (1983, 2005) e osservazioni personali degli autori.

N°	Anno	Avvenimento
i	27.10.1779	Goethe incontra Horace-Bénédict de Saussure a Ginevra (Chiadò Rana, 2003: 63).
ii	05.11.1779	Goethe visita il ghiacciaio della Mer de Glace (Chiadò Rana, 2003: 69).
iii	12.11.1779	Goethe visita il ghiacciaio del Rodano (Chiadò Rana, 2003: 96).
iv	1780	Goethe discute con Carl Johann Wilhelm Voigt dell'origine dei massi erratici del nord della Turingia.
v	07.9.1786	Goethe descrive le «colline di ghiaia» della valle dell'Isar, che discende dalle Alpi Bavaresi fino a Monaco (Goethe, 1983: 8).
vi	14.9.1786	Goethe descrive gli anfitetri morenici del Lago di Garda (Goethe, 1983: 35).
vii	07.10.1797	Goethe descrive i massi erratici di Küssnacht sul Lago dei Quattro Cantoni (Chiadò Rana, 2003: 184).
viii	1816-1827	Goethe riprende interesse verso i massi erratici della Turingia. Ha degli scambi epistolari e di campioni di roccia con C.A. Vulpius (1816), F. Nicolovius (1819), K.A. von Preen (1820), K.E.A. von Hoff (1822) e A. Nicolovius (1827).
ix	III.1828	Goethe scrive la nuova versione di « <i>Wilhelm Meisters Wanderjahre</i> » (che sarà pubblicata nel 1829), dove espone l'idea che in un periodo passato di terribile freddo massi erratici furono trasportati dal ghiaccio (Goethe, 2005, 251).
x	VI.1828	Goethe pubblica nella rivista « <i>Kunst und Altertum</i> » un articolo concernente l'utilizzo dei blocchi granitici nell'architettura e nell'arte berlinesi.
xi	XI.1829	Goethe, nella pubblicazione « <i>Zur Geologie, November 1829</i> », propone che i blocchi granitici che si trovano attorno al Lago Lemano sono stati trasportati dai ghiacciai in un'epoca dal clima più freddo.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano Géraldine Regolini-Bissig ed Emmanuel Reynard per aver fornito diverse informazioni sul rapporto di Johann Wolfgang Goethe con le geoscienze. Un ringraziamento particolare anche a Fosco Spinedi per la rilettura del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- Agassiz L. 1835. Quelques observations sur la distribution des blocs erratiques sur les pentes du Jura. Bulletin de la Société géologique de France, 7: 7.
- Agassiz L. 1837. Discours prononcé à l'ouverture des séances de la SHSN à Neuchâtel le 24 juillet 1837. Actes de la Société helvétique des Sciences naturelles réunie à Neuchâtel les 24, 25 et 26 juillet 1837, 22ème session, Neuchâtel: v-xxxii.
- Agassiz L. 1838. Upon glaciers, moraines and erratic blocs, being the address delivered at the opening of the Helvetic Natural History Society, at Neuchâtel, on the 24th July 1837. Edinburgh New Philosophical Journal, 24: 364-383.
- Agassiz L. 1840a. Etudes sur les glaciers. Neuchâtel et Soleure, Jent & Gassmann, 346 pp.

- Agassiz L. 1840b. On the polished and striated surfaces of the rocks, which form the beds of the glaciers of the Alps. Proceedings of the geological society of London, 3: 321-322.
- Agassiz L. 1840c. On glaciers, and the evidence of their having once existed in Scotland, Ireland, and England. Proceedings of the geological society of London, 3: 329-332.
- Agassiz L. 1842. The glacial theory and its progress. Edinburgh New Philosophical Journal, 33: 217-283.
- Agassiz L. 1843. A period in the history of our planet. Edinburgh New Philosophical Journal, 35: 1-29.
- Arn R. 1992. Les invasions glaciaires dans la région lémanique. Vision d'hier et d'aujourd'hui. Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles, 81: 21-33.
- Blanchet R. 1844. Distribution des dépôts erratiques dans le bassin du Léman. Bulletin des séances de la Société vaudoise des Sciences naturelles, 1(7): 258-270.
- Boylan P.J. 1998. Lyell and the dilemma of Quaternary glaciation. In: Blundell D.J. & Scott A.C. (eds), Lyell: the past is the Key to the Present. Geological Society Special Publications, 143: 145-159.
- von Buch L. 1837. Objections à la théorie glaciaire. Bibliothèque universelle de Genève, 10: 378-380.
- Buckland W. 1841. On the evidences of glaciers in Scotland and north of England. Proceedings of the geological society of London, 4: 333-337/345-348.
- Cameron D. 1965. Goethe – Discoverer of the ice age. Journal of Glaciology, 41: 751-754.
- Castiglioni G.B. & Pellegrini G.B. 2001. Note illustrative della carta geomorfologica della pianura padana. Torino, Comitato Glaciologico Italiano, 207 pp.
- Charlesworth J.K. 1957. The Quaternary era, with special reference to its glaciation. London, Edward Arnold, 1700 pp.
- de Charpentier J. 1835a. Annonce d'un des principaux résultats des recherches de Mr. Venetz, ingénieur des Ponts et Chaussées du Canton du Valais, sur l'état actuel et passé des Glaciers du Valais. Verhandlungen der schweizerische naturwissenschaftliche Gesellschaft Luzern: 23-24.
- de Charpentier J. 1835b. Sur les causes probables du transport des blocs erratiques de la Suisse. Annales des Mines, 3(8): 219-236.
- de Charpentier J. 1836a. Anzeige eines der wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen des Herrn Venetz über den gegenwärtigen und früheren Zustand der Walliser Gletscher. Mitteilungen aus dem Gebiete der Theoretischen Erdkunde herausgegeben von J. Fröbel et O. Heer, 1: 482-495.
- de Charpentier J. 1836b. Account of one of the most important Results of the Investigations of M. Venetz, regarding the Present and Earlier Condition of the Glaciers of the Canton Valais. Edinburgh New Philosophical Journal 21: 210-220.
- de Charpentier J. 1841. Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône. Lausanne, Ducloux, 363 pp.
- Chiadò Rana C. 2003. Goethe en Suisse et dans les Alpes. Genève, Georg, Collection «Le Voyage dans les Alpes», 263 pp.
- Collegno H. 1845. Note sur le terrain erratique du revers méridional des Alpes. Bulletin de la Société géologique de France, 2: 284-303.
- Collomb E. 1845. Sur les traces du phénomène erratique dans les Vosges. Bulletin de la Société géologique de France, 2: 506-511.
- Darwin C. 1839. Journal of researches in geology and natural history. London, Hafner Pub. Co., 615 pp.
- Droz Y. & Miéville-Ott V. (2005). La polyphonie du paysage. Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 225 pp.
- Elie de Beaumont J.B. 1829. Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe. Annales des Sciences naturelles, 18/19: 1-240.
- Ellenberger F. 1994. Histoire de la géologie. Paris, Lavoisier Technique et Documentation, 381 pp.
- von Engelhardt W. 1950. Goethes geologie. Die Naturwissenschaften, 9: 205-210.
- von Engelhardt W. 1999. Did Goethe discover the ice age ? *Eclogae geologicae Helvetiae*, 92: 123-128.
- von Engelhardt W. 2000. Goethe et la géologie. In: Valentin J.-M. (dir.), Johann Wolfgang Goethe. L'un, l'Autre et le Tout. Paris, Klincksieck, pp. 459-473.
- Escher von der Linth H.C. 1819. Neue Alpina, vol. 1.
- Fontana G. & Scapozza C. 2007. Johann Wolfgang Goethe et sa contribution à la connaissance de la morphogénèse alpine. Institut de Géographie, Université de Lausanne (non pubblicato), 37 pp.
- Forbes J. 1842a. The Glacier Theory. Edinburgh Review, 75: 49-105.
- Forbes J. 1842b. On a remarkable structure observed in the Ice of glaciers. Edinburgh New Philosophical Journal, 32: 84-91.
- Forbes J. 1842c. Historical remarks on the first discovery of the real structure of glacier ice. Edinburgh New Philosophical Journal, 34: 133-152.
- Forbes J. 1843. Travels through the Alps of Savoy, and other parts of the Pennine chain; with observations on the phenomena of glaciers. Edinburgh, A. & C. Black, 424 pp.
- Forel F.-A. 1899. Jean-Pierre Perraudin de Lourtier. Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles, 35: 1-9.
- Forel F.-A. 1900. Jean-Pierre Perraudin de Lourtier, le précurseur glaciairiste. *Eclogae geologicae Helvetiae*, 6: 169-175.
- Gard J.-M. 1988. 16 juin 1818. Débâcle du Gétro. Bagnes, Collection du Musée de Bagnes No. 1, 200 pp.
- Gilliéron H. 1818. Journal d'un voyage dans l'Entremont. Manuscrit non publié (vol. 30 du Fonds Gilliéron, Bibliothèque cantonale et universitaire de Lausanne – IS 1939).
- Gnam A. 2001. Geognosie, Geologie, Mineralogie und Angehöriges. Goethe als Erforscher der Erdgeschichte. In: Luserke M. (ed.), Goethe nach 1999, Positionen und Perspektiven. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht, pp. 79-89.
- Godeffroy C. 1840. Notice sur les glaciers, les moraines et les blocs erratiques des Alpes. Paris et Genève, A. Cherbuliez, 112 pp.
- Goethe J.W. 1983. Viaggio in Italia. Milano, Mondadori (traduzione di Emilio Castellani), 850 pp.
- Goethe J.W. 2003. Voyage en Italie. Paris, Bartillat (traduction de Jacques Porchat et Jean Lacoste), 642 pp.
- Goethe J.W. 2005. Gli anni di viaggio di Wilhelm Meister. Milano, Medusa (a cura di Rosita Copioli), 462 pp.
- Gohau G. 1990. Les sciences de la Terre aux XVIIIe et XIXe siècles. Naissance de la géologie. Paris, Albin Michel, 420 pp.
- Grandgirard V. 1997. Géomorphologie, protection de la nature et gestion du paysage. Thèse de doctorat, Université de Fribourg, 420 pp.
- Guyot A. 1883. Observations sur les glaciers. Procès-verbal d'une communication faite à la Société géologique de France, réunie à Porrentruy, août 1838. Bulletin de la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel, 13: 156-169.

- Haeckel E. 1874. Histoire de la création des êtres organisés d'après les lois naturelles. Paris, Reinwald et Cie (traduction de l'allemand par C. Letourneau), 680 pp.
- Hogard L. 1845. Note sur les traces d'anciens glaciers dans les Vosges. Bulletin de la Société géologique de France, 2: 249-255.
- Hölder H. 1985. Goethe als geologe. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 136: 1-21.
- Hutton J. 1795. Theory of the Earth. Edinburgh, 2 vol.
- Imbrie J. & Imbrie K.P. 1979. Ice age, solving the mystery. London, MacMillan, 224 pp.
- Lacoste J. 1997. Goethe. Science et philosophie, «Perspectives germaniques». Paris, Presses Universitaires de France, 242 pp.
- Leblanc F. 1843. Sur la relation qui existe entre les grandes hauteurs, les roches polies, les galets glaciaires, les lacs, les moraines, le diluvium, dans les grandes montagnes et dans une large zone autour des pôles de la Terre. Bulletin de la Société géologique de France, 14: 600-608.
- Lescouret M.-A. 1999. Goethe. La fatalité poétique. Paris, Flammarion, 520 pp.
- de Luc J.A. 1827. Mémoire sur le phénomène des grandes pierres primitives alpines, distribuées par groupes dans le bassin du lac de Genève et dans la vallée de l'Arve ; et en particulier des groupes qui sont entièrement composés de granite, suivi de conjonctures sur la cause qui les a ainsi distribués. Mémoires de la Société de Physique et d'histoire naturelle de Genève, 3: 139-200.
- de Luc J.A. 1832. Mémoire sur plusieurs espèces de roches éparses dans le bassin de Genève et en particulier sur les cailloux calcaires et des grès. Mémoires de la Société de Physique et d'histoire naturelle de Genève, 5: 89-118.
- de Luc J.A. 1837. Examen de la cause probable à laquelle M. J. de Charpentier attribue le transport des blocs erratiques de la Suisse, dans sa notice sur ce sujet. Actes de la Société helvétique des Sciences naturelles réunie à Neuchâtel les 24, 25 et 26 juillet 1837, 22ème session, Neuchâtel: 29-38.
- Lyll C. 1841. On the geological evidences of the former existence of glaciers in Forfarshire. Proceedings of the geological society of London, 4: 337-345.
- Penck A. & Brückner E. 1909. Die Alpen in Eiszeitalter. Leipzig, Tauschnitz, 3 vol.
- Portmann J.P. 1975. Lois Agassiz (1807-1873) et l'étude des glaciers. Denkschriften der schweizerische naturwissenschaftliche Gesellschaft, 89: 115-142.
- Reichler C. 2002. La découverte des Alpes et la question du paysage. Genève, Georg, Collection «Le Voyage dans les Alpes», 256 pp.
- Reynard E. 2004. La géomorphologie et la création des paysages. In: Reynard E. & Pralong J.-P. (eds), Paysages géomorphologiques. Compte-rendu du séminaire de 3ème cycle CUSO 2003. Lausanne, Institut de Géographie, Travaux et Recherches, 27: 9-20.
- Reynard E. 2005a. Géomorphosites et paysages. Géomorphologie : relief, processus, environnement, 3: 181-188.
- Reynard E. 2005b. Paysage et géomorphologie : quelques réflexions sur leurs relations réciproques. In: Droz Y. & Miéville-Ott V. (eds.), La polyphonie du paysage. Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, pp. 101-124.
- Rendu M. 1841. Théorie des glaciers de la Savoie. Mémoires de la Société royale académique de Savoie, 10: 39-158.
- Rendu M. 1844. Théorie sur les glaciers en général avec l'application au transport des blocs erratiques. Bulletin de la Société géologique de France, 1: 631-636.
- Renoir E. 1840. Note sur les glaciers qui ont recouvert anciennement la partie méridionale de la chaîne des Vosges. Bulletin de la Société géologique de France, 11: 53-65.
- Renoir E. 1841. Sur les traces des anciens glaciers qui ont comblé les vallées des Alpes du Dauphiné et sur celles de même nature qui paraissent résulter de quelques unes des observations faites par M. Robert dans la Russie septentrionale. Bulletin de la Société géologique de France, 12: 68-82.
- de Saussure H.-B. 1796. Voyages dans les Alpes précédés d'un essai sur l'histoire naturelle des environs de Genève. Neuchâtel, 4 vol.
- de Saussure H.-B. 2002. Voyages dans les Alpes. Georg, Genève, Collection «Le Voyage dans les Alpes» (édité et présenté par Julie Boch), 320 pp.
- Schaer J.-P. 2000. Agassiz et les glaciers. Sa conduite de la recherche et ses mérites. Eclogae geologicae Helvetiae, 93: 231-256.
- Schimper K. 1837. Auszug aus dem Briefe des Herrn Dr Schimper über die Eiszeit, an pr. Agassiz, Präsident der Gesellschaft. Actes de la Société helvétique des Sciences naturelles réunie à Neuchâtel les 24, 25 et 26 juillet 1837, 22ème session, Neuchâtel: 38-51.
- Semper M. 1914. Die geologischen Studien Goethes. Leipzig, Verlag von Veit & Cie, 389 pp.
- Studer B. 1838. Über die neuen Erklärungen des Phänomens erratischer Blöcke. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefaktenkunde: 278-287.
- Studer B. 1839a. On some phenomena of the Diluvian epoch. Edinburgh New Philosophical Journal, 29: 274-279.
- Studer B. 1839b. Notice sur quelques phénomènes de l'époque diluvienne. Bulletin de la Société géologique de France, 11: 49-52.
- Vander Gucht D. & Varone F. 2006. Le paysage à la croisée des regards. Bruxelles, La Lettre Volée, 193 pp.
- Venet I. 1829. Sur le déplacement des glaciers. Bibliothèque universelle de Sciences, belles arts et lettres, 41: 263-264.
- Venet I. 1830. Sur l'ancienne extension des glaciers, et sur leur retrait dans leurs limites actuelles. Actes de la Société helvétique des Sciences naturelles, Réunion à l'Hospice du Grand Saint-Bernard 1829, Lausanne: 31.
- Venet I. 1833. Mémoire sur les variations de la température dans les Alpes de la Suisse. Mémoires de la Société helvétiques des Sciences naturelles, 1(2): 1-38.
- Venet I. 1861. Mémoire sur l'extension des anciens glaciers renfermant quelques explications sur leurs effets remarquables. Nouvelles mémoires de la Société helvétique des Sciences naturelles, 18: 1-33.
- Voigt J.K. 1785. Drei Briefe über die Gesteinlehre. Weimar, 55 pp.
- Weidmann M. 1972. A propos d'Ignace Venetz (1788-1859). Bulletin de la Murithienne, 89: 5-9.
- Zryd A. 2001. Les glaciers. Saint-Maurice, Pillet, 325 pp.